

津山工業高等専門学校紀要 第49号 2007

目 次

論文

斜め配置ゴム複合板の変形拘束と損失正接	阿部武治・森兼靖公・小石正隆・海藤博幸・加部和幸	1
流体ダイオードを用いたバルブレスマイクロポンプの研究		
一流体ダイオードの整流特性とポンプ性能の理論解析	吉富秀樹・井上和宏	9
超高強度 TBF 鋼の遅れ破壊特性に及ぼす γ_R 特性の影響	北條智彦	17
Study of Amorphous Carbon Nitride Films Aiming at White Light Emitting Devices		
	伊藤國雄・岩野祐太	23
高電圧半導体モジュール樹脂ケースの汚損耐電圧特性の研究	田辺 茂・小川友也・井上和哉	29
高周波専用蛍光ランプの電極スポット位置に関するシミュレーション	植月唯夫・三宅秀明	35
Preparation of AgInS ₂ Thin Films by Sulfurization of Ag/In Precursors for Solar Cell Application		
	Shigeyuki NAKAMURA and Dai OKAMOTO	43
セキュリティに配慮したインターネット応用システムの構築	松本哲始・岡田 正	47
動的ネットモデルの性能改善に関する基礎的検討	藪木 登・古林佑介・鷺見育亮・福本善洋	53
津山高専における迷惑メールの独自対策とその効果	平田克己・岡田 正	61
階層型ニューラルネットワークを用いた短時間先の簡易風速予測法	曾利 仁・安野 卓	67
H ₂ O ₂ 処理黒鉛の繰り返し高温処理による Ar 吸着への影響	三浦和久・柳沢 寛	73
技術哲学の可能性	稲田知己	79
高専低学年英語学習者の受容語彙力測定 ―語彙サイズテストの効率的な実施法の提案―	古樋直己	89

研究調査報告

サイクロン状渦室を有する排水管の研究開発		
一渦室内旋回流動場における突起状リングと流れ特性に関する一知見	吉富秀樹・梶原豪介	95
A V R マイコンと市販模型を活用した実践的メカトロニクス教材の開発	吉富秀樹	101
モデルロケットを教材とした公開講座・出前授業の実施について	佐藤紳二・塩田祐久・加藤 学	107
小中学生を対象としたものづくり・体験教室の実施		
	井上浩行・佐藤 誠・八木秀幸・寺元貴幸・徳方孝行	111
月の落下に要する時間	佐藤 誠	117
Construction of a Web Server with a Database Facility Using Open Source Software		
	Munkhjargal Purevdorj and Tadashi OKADA	121

校外における研究発表等

校外における研究発表等	127
-------------	-----

論文

斜め配置ゴム複合板の変形拘束と損失正接

阿部武治* 森兼靖公** 小石正隆***
海藤博幸*** 加部和幸***

Loss Tangent and Constraint of Deformation of Composite Rubber Plate with Inclined Layers

Takeji ABE, Yasuhiro MORIKANE, Masataka KOISHI, Hiroyuki KAITOU,
and Kazuyuki KABE

Tensile deformation of composite rubber plate with inclined layers to the stress axis is analysed. The complex stress and strain components are considered and the transfer of the components between two layers is assumed in the normal and the shear directions to the layers. The loss tangent is estimated based on different analytical models. The analytical results are compared with the experimental data and discussion is made on the assumption in the analysis.

Key words : Loss tangent, Composite rubber plate, Constraint of deformation

1. 緒 言

粘弾性体であるゴムの複合体の解析は、タイヤの動的性能などの基礎的研究としても重要である^{1) - 6)}。粘弾性に対する重要な材料定数として、複素弾性率と損失正接 (loss tangent) がある。複素 (動的) 弾性率は、静的弾性力学における Hooke の法則の弾性係数を、粘弾性体の動力学の挙動に対して拡張したものである。また損失正接はタイヤなどゴム材料の重要な材料特性値となっている。

本報告では、粘弾性体としてゴムを考え、それが不均質であるとした場合に考えられる2種類のゴムからなる複合体について、損失正接などを解析的に求めるとともに実験結果と比較検討する。応力軸に対して斜めに配置するゴム積層板を考え、1軸方向に対する弾性定数を線形複合則を用いて求める方法を拡張することにより、種々の斜め角度に対するゴム複合体の複素弾性率および損失正接を求める。解析に用いる仮定を変えた場合の解析を示し、実験結果と比較することによって、解析方法の妥当性を検証する。

2. 解 析 方 法

Fig. 1 に示すように、一方向に配列された2種類

のゴムからなる複合体を考える。このとき、繊維方向 (配列の方向) から角度 θ だけ傾いた方向に x y 座標を取り、 x 方向の複素弾性率 (E^* , 実数部 E' , 虚数部 E'') の理論値を θ の変化に対して求める¹⁾。すなわち、

$$E^* = E' + iE'' \quad (1)$$

であり、このとき損失正接は次のように与えられる。

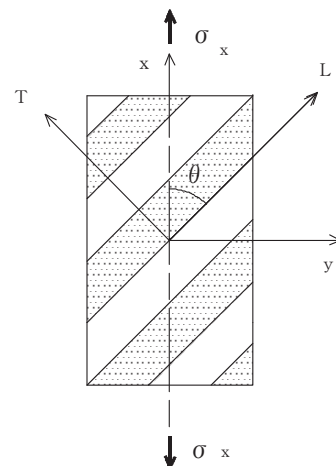
$$\tan \delta = E'' / E' \quad (2)$$

2. 1 線形複合則の複素表示

一方向に配列された複合体の繊維方向と繊維直角

Fig. 1 Model of rubber composite plate with inclined layers

方向における動的特性は、複合体の動的特性が各構



原稿受付 平成19年8月31日

* 校長

** 兵庫県庁 神戸市中央区山手通5-10-1

*** (株)横浜ゴム 平塚市追分2-1

成要素の複素弾性率から線形複合則を用いて求められるとすると次のように与えられる。なお、以下の式において添字 f と m は各構成要素を表しており、後に述べる実験の黒ゴム、白ゴムに対応する。

- (1) 繊維方向の複素弾性率 E_L^* と損失正接

$$\tan \delta_L$$

$$E_L^* = E_L' V_f + E_m' V_m \quad (3)$$

$$E_L' = E_f' V_f + E_m' V_m \quad (4)$$

$$E_L'' = E_f'' V_f + E_m'' V_m \quad (5)$$

$$\tan \delta_L = \frac{E_f'' V_f + E_m'' V_m}{E_f' V_f + E_m' V_m} \quad (6)$$

- (2) 繊維直角方向の複素弾性率 E_T^* と損失正接

$$\tan \delta_T$$

$$E_T^* = \frac{1}{\frac{V_f}{E_f^*} + \frac{V_m}{E_m^*}} \quad (7)$$

$$E_T' = \frac{\frac{E_f' V_f}{|E_f^*|^2} + \frac{E_m' V_m}{|E_m^*|^2}}{\left(\frac{E_f' V_f}{|E_f^*|^2} + \frac{E_m' V_m}{|E_m^*|^2} \right)^2 + \left(\frac{E_f'' V_f}{|E_f^*|^2} + \frac{E_m'' V_m}{|E_m^*|^2} \right)^2} \quad (8)$$

$$E_T'' = \frac{\frac{E_f'' V_f}{|E_f^*|^2} + \frac{E_m'' V_m}{|E_m^*|^2}}{\left(\frac{E_f' V_f}{|E_f^*|^2} + \frac{E_m' V_m}{|E_m^*|^2} \right)^2 + \left(\frac{E_f'' V_f}{|E_f^*|^2} + \frac{E_m'' V_m}{|E_m^*|^2} \right)^2} \quad (9)$$

$$\tan \delta_T = \frac{|E_m^*|^2 E_f' V_f + |E_f^*|^2 E_m' V_m}{|E_m^*|^2 E_f' V_f + |E_f^*|^2 E_m' V_m} \quad (10)$$

- (3) 複素剛性率 G_{LT}^* と損失正接 $\tan \delta_{LT}$

$$G_{LT}^* = \frac{1}{\frac{V_f}{G_f^*} + \frac{V_m}{G_m^*}} \quad (11)$$

$$G_{LT}' = \frac{\frac{G_f' V_f}{|G_f^*|^2} + \frac{G_m' V_m}{|G_m^*|^2}}{\left(\frac{G_f' V_f}{|G_f^*|^2} + \frac{G_m' V_m}{|G_m^*|^2} \right)^2 + \left(\frac{G_f'' V_f}{|G_f^*|^2} + \frac{G_m'' V_m}{|G_m^*|^2} \right)^2} \quad (12)$$

$$G_{LT}'' = \frac{\frac{G_f'' V_f}{|G_f^*|^2} + \frac{G_m'' V_m}{|G_m^*|^2}}{\left(\frac{G_f' V_f}{|G_f^*|^2} + \frac{G_m' V_m}{|G_m^*|^2} \right)^2 + \left(\frac{G_f'' V_f}{|G_f^*|^2} + \frac{G_m'' V_m}{|G_m^*|^2} \right)^2} \quad (13)$$

$$\tan \delta_{LT} = \frac{|G_m^*|^2 G_f'' V_f + |G_f^*|^2 G_m'' V_m}{|G_m^*|^2 G_f' V_f + |G_f^*|^2 G_m' V_m} \quad (14)$$

- (4) 複素ポアソン比 ν^*

繊維方向の複素ポアソン比 ν_{LT}^*

$$\nu_{LT}^* = \nu_f^* V_f + \nu_m^* V_m \quad (15)$$

繊維直角方向の複素ポアソン比 ν_{TL}^*

$$\nu_{TL}^* = \nu_{LT}^* \frac{E_T^*}{E_L^*} \quad (16)$$

2. 2 複合体の任意方向の動的特性

Fig. 1 において、繊維方向から θ だけ傾いた $x-y$ 座標における応力—ひずみ関係は、複素コンプライアンス C^* を用いて次式のように与えられる。

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_x^* \\ \varepsilon_y^* \\ \gamma_{xy}^* \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11}^* & C_{12}^* & C_{16}^* \\ C_{21}^* & C_{22}^* & C_{26}^* \\ C_{61}^* & C_{62}^* & C_{66}^* \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{Bmatrix} \quad (17)$$

境界条件が $\sigma_y = \tau_{xy} = 0$ のとき、複素ひずみ ε_x^* は次のように与えられる。

$$\varepsilon_x^* = C_{11}^* \sigma_x \quad (18)$$

ここで、 C_{11}^* は次式で示される。

$$C_{11}^* = \frac{\cos^4 \theta}{E_L^*} + \frac{\sin^4 \theta}{E_T^*} + \cos^2 \theta \sin^2 \theta \left(-\frac{\nu_{LT}^*}{E_L^*} - \frac{\nu_{TL}^*}{E_T^*} + \frac{1}{G_{LT}^*} \right) \quad (19)$$

これから、 x 方向の複素弾性率 E_x^* の実数部、虚数部および損失正接 $\tan \delta_x$ は次式で与えられる。

$$E'_x = \frac{C'_{11}}{C'^2_{11} + C''^2_{11}}, \quad E''_x = \frac{C''_{11}}{C'^2_{11} + C''^2_{11}}$$

$$\tan \delta_x = \frac{C''_{11}}{C'_{11}} \quad (20)$$

3. 複合体の構成要素の動的特性から求めた計算結果

ここでは、実験から求めた複合体の各部材の動的特性値（複素弾性率の実数部 E' と損失正接 $\tan \delta$ ）を用いて、実際の計算を行ってみる。はじめに部材がゴムであり、一般にポアソン比が 0.5 とおけることから、各部材の複素弾性率の虚数部 E'' および複素剛性率 G^* の実数部と虚数部が次式で求められる。

$$E'' = E' \tan \delta, \quad G' = \frac{E'}{3}, \quad G'' = \frac{E''}{3} \quad (21)$$

これらを 2.1 節で示した式に代入することによって、繊維方向および繊維直角方向の複素弾性率などが求められる。さらに、2.2 節で示した関係を用いることにより、複合体の x 方向の複素弾性率および損失正接が求められる。なお、この場合においては複素弾性率などを次のようにおく。

$$E_L^* = E'_L (1 + i \cdot \tan \delta_L),$$

$$E_T^* = E'_T (1 + i \cdot \tan \delta_T),$$

$$G_{LT}^* = G'_L (1 + i \cdot \tan \delta_{LT}),$$

$$\nu_{LT}^* = \nu'_{LT} (1 + i \cdot \tan \delta_L) \quad (22)$$

このとき、複素コンプライアンス C_{11}^* の実数部と虚数部として次式を得る。

$$C'_{11} = \frac{\cos^4 \theta}{E'_L (1 + \tan^2 \delta_L)} + \frac{\sin^4 \theta}{E'_T (1 + \tan^2 \delta_T)}$$

$$+ \cos^2 \theta \sin^2 \theta \left(-2 \frac{\nu'_{LT}}{E'_L} + \frac{1}{G'_{LT} (1 + \tan^2 \delta_{LT})} \right) \quad (23)$$

$$C''_{11} = \frac{\cos^4 \theta}{E'_L (1 + \tan^2 \delta_L)} \tan \delta_L$$

$$+ \frac{\sin^4 \theta}{E'_T (1 + \tan^2 \delta_T)} \tan \delta_T \quad (24)$$

$$+ \cos^2 \theta \sin^2 \theta \frac{\tan \delta_{LT}}{G'_{LT} (1 + \tan^2 \delta_{LT})}$$

4. 複素ポアソン比 ν^* の検討

以上の検討において、ポアソン比を複素数として設定しているが、このことの妥当性について考えてみる。

まず第 1 に、後に Fig. 3 に示すように、実験結果は E_x'' と E_x' が θ がある値に対して極値をとるような変化をするが、先の計算においてはそのような結果が得られていない点がある。第 2 に、 E_x' と E_x'' の計算結果のグラフの形状は、式 (20) からそれぞれ C'_{11} 、 C''_{11} によって決まることがわかる。そこで式 (23)、(24) を見てみると、第 1 項と第 2 項はそれぞれ類似しているが、第 3 項が異なっており、これがグラフ形状の差違を作り出していると考えられる。さらに、第 3 項の違いは、式 (22) のように複素ポアソン比 ν_{LT}^* をおいたために、 C'_{11} 、 C''_{11} を求める時に、虚数部による項が消えてしまうことから生じている。これらの点を合わせて考えると、 ν_{LT}^* をどのような形で与えるのが適当であるのかを考える必要がある。

そこで次のように考えてみる。複合体の各部材の複素ポアソン比 ν^* がどちらの部材についても同じであるとして、それを次のように置く。

$$\nu^* = \nu' (1 + i \alpha) \quad (25)$$

この場合、 G' 、 G'' については式 (21) ではなく次式を用いて求めることになる。

$$G' = \frac{E' (1 + \nu') + E'' \nu' \alpha}{2 \{ (1 + \nu')^2 + \nu'^2 \alpha^2 \}}$$

$$G'' = \frac{E'' (1 + \nu') - E' \nu' \alpha}{2 \{ (1 + \nu')^2 + \nu'^2 \alpha^2 \}} \quad (26)$$

また、 ν_{LT}^* は次式のようになる。

$$\begin{aligned}\nu_{LT}^* &= \nu'(1+i\alpha)V_f + \nu'(1+i\alpha)V_m \\ &= \nu'(1+i\alpha) \\ (\because V_f + V_m &= 1)\end{aligned}\quad (27)$$

5. 複素弾性率 E_x^* を直接的に求める方法

これまでの考え方においては、まず複素コンプライアンス C_{11}^* を求め、それから E_x^* を求めていたが、ここでは応力-ひずみ関係から直接的に E_x^* を求めることを考える。

$$\begin{Bmatrix} \sigma_x^* \\ \sigma_y^* \\ \tau_{xy}^* \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} E_{11}^* & E_{12}^* & E_{16}^* \\ E_{21}^* & E_{22}^* & E_{26}^* \\ E_{61}^* & E_{62}^* & E_{66}^* \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix} \quad (28)$$

ここで、 E^* は角度によって変化する複素弾性率である。このとき、 x 方向の複素応力 σ_x^* は次式で表せる。

$$\sigma_x^* = E_{11}^* \varepsilon_x + E_{12}^* \varepsilon_y + E_{16}^* \gamma_{xy} \quad (29)$$

ここで、式(17)において $\sigma_y = \tau_{xy} = 0$ であることから

$$\varepsilon_x^* = C_{11}^* \sigma_x^*, \quad \varepsilon_y^* = C_{21}^* \sigma_x^*, \quad \gamma_{xy}^* = C_{61}^* \sigma_x^* \quad (30)$$

であり、ポアソン比 ν_{21}^*, ν_{61}^* を

$$\nu_{21}^* = -\frac{\varepsilon_y^*}{\varepsilon_x^*} = -\frac{C_{21}^*}{C_{11}^*}, \quad \nu_{61}^* = \frac{\gamma_{xy}^*}{\varepsilon_x^*} = \frac{C_{61}^*}{C_{11}^*} \quad (31)$$

とすると³⁾、式(29)は次のように書き換えられる。

$$\sigma_x^* = [E_{11}^* - \nu_{21}^* E_{12}^* + \nu_{61}^* E_{16}^*] \varepsilon_x \quad (32)$$

よって、 x 方向の複素弾性率 E_x^* とし次式を得る。

$$E_x^* = E_{11}^* - \nu_{21}^* E_{12}^* + \nu_{61}^* E_{16}^* \quad (33)$$

ここで、慣用材料については ν_{61}^* がほとんど現れないことからこれを無視して

$$E_x^* = E_{11}^* - \nu_{21}^* E_{12}^* \quad (34)$$

とした。さらに、この式中の複素弾性率、およびポアソン比を求めるための複素コンプライアンスは次式により求められる。

$$\begin{aligned}C_{11}^* &= \frac{\cos^4 \theta}{E_L^*} + \frac{\sin^4 \theta}{E_T^*} \\ &+ \cos^2 \theta \sin^2 \theta \left(-\frac{\nu_{LT}^*}{E_L^*} - \frac{\nu_{TL}^*}{E_T^*} + \frac{1}{G_{LT}^*} \right)\end{aligned}\quad (35)$$

$$\begin{aligned}C_{21}^* &= -\frac{\nu_{LT}^*}{E_L^*} \cos^4 \theta - \frac{\nu_{TL}^*}{E_T^*} \sin^4 \theta \\ &+ \cos^2 \theta \sin^2 \theta \left(\frac{1}{E_L^*} + \frac{1}{E_T^*} - \frac{1}{G_{LT}^*} \right)\end{aligned}\quad (36)$$

$$\begin{aligned}E_{11}^* &= \frac{E_L^*}{1 - \nu_{LT}^* \nu_{TL}^*} \cos^4 \theta + \frac{E_T^*}{1 - \nu_{LT}^* \nu_{TL}^*} \sin^4 \theta \\ &+ \cos^2 \theta \sin^2 \theta \left(\frac{E_L^* \nu_{TL}^*}{1 - \nu_{LT}^* \nu_{TL}^*} + \frac{E_T^* \nu_{LT}^*}{1 - \nu_{LT}^* \nu_{TL}^*} + 4G_{LT}^* \right)\end{aligned}\quad (37)$$

$$\begin{aligned}E_{12}^* &= \frac{E_L^* \nu_{TL}^*}{1 - \nu_{LT}^* \nu_{TL}^*} \cos^4 \theta + \frac{E_T^* \nu_{LT}^*}{1 - \nu_{LT}^* \nu_{TL}^*} \sin^4 \theta \\ &+ \cos^2 \theta \sin^2 \theta \left(\frac{E_L^*}{1 - \nu_{LT}^* \nu_{TL}^*} + \frac{E_T^*}{1 - \nu_{LT}^* \nu_{TL}^*} - 4G_{LT}^* \right)\end{aligned}\quad (38)$$

6. 実験方法

次に、計算結果と比較するための実験として、2種類のゴムを積層し、積層方向と応力軸方向のなす角 θ を種々変えた場合について、損失正接 $\tan \delta$ と弾性係数 E' を専用の測定機器によって求めた。なお、Photo 1 に示す白いゴムが軟らかいゴムに、黒いゴムが硬いゴムに、それぞれ対応している。実験方法は、Photo 1 に示す短冊状の試験片を長手方向に 10% 一軸伸長させた状態から $\pm 2\%$ のひずみ振幅で強制振動を与えて測定した。振動周波数は 20 Hz、温度は 20 °C である。実験は2回行ったが、それらの実験結果はそれぞれ以下の通りである。なお、体積率の測定には画像処理を利用した。

6. 1 第1の実験

体積率： 白 $V_m = 0.565$,

黒 $V_f = 0.435$

実験結果を Table 1 に示す。

Table 1 Results of the first experiment

	White	Black	$\theta = 0^\circ$	20°	45°	90°
$\tan \delta$	0.093	0.258	0.211	0.157	0.111	0.118
E'	2.96	15.15	7.84	6.27	4.46	4.87
E''	0.275	3.909	1.654	0.984	0.495	0.575

Table 2 Results of the second experiment (five experiments)

		White	Black	$\theta = 0^\circ$	20°	45°	70°	90°
E'	Experiment	2.771	14.969	8.181	6.269	4.114	4.306	4.452
		2.851	15.574	7.613	6.731	4.268	4.396	4.480
		2.751	14.484	7.631	5.711	4.323	4.464	4.554
		2.760	14.913	7.965	6.188	4.442	4.349	4.472
		2.735	15.957	7.909	6.468	4.349	4.631	4.438
	Average	2.774	15.179	7.860	6.273	4.299	4.429	4.479

		White	Black	$\theta = 0^\circ$	20°	45°	70°	90°
$\tan \delta$	Experiment	0.0856	0.2531	0.2061	0.1665	0.1095	0.1187	0.1210
		0.0859	0.2558	0.2049	0.1678	0.1060	0.1117	0.1181
		0.0882	0.2445	0.2052	0.1582	0.1249	0.1106	0.1148
		0.0884	0.2560	0.2048	0.1668	0.1011	0.1121	0.1175
		0.0875	0.2548	0.2076	0.1612	0.1052	0.1155	0.1176
	Average	0.0871	0.2528	0.2057	0.1641	0.1093	0.1137	0.1178

Table 3 Results of the second experiment

	White	Black	$\theta = 0^\circ$	20°	45°	70°	90°
E''	0.242	3.837	1.617	1.029	0.4699	0.5036	0.5276

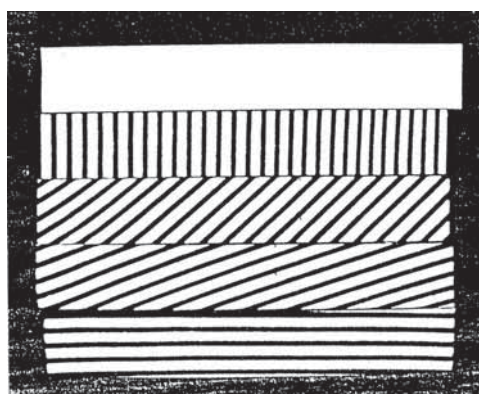


Photo 1 Test pieces of rubber composite plates with inclined layers

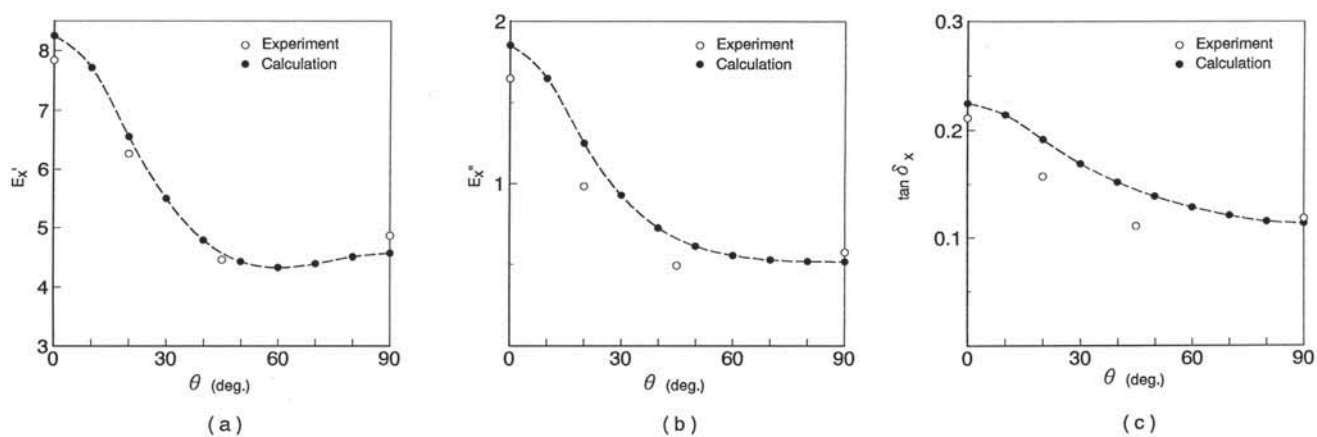


Fig. 2 Elastic constants and loss tangent of inclined composite rubber plate
[The first experiment]

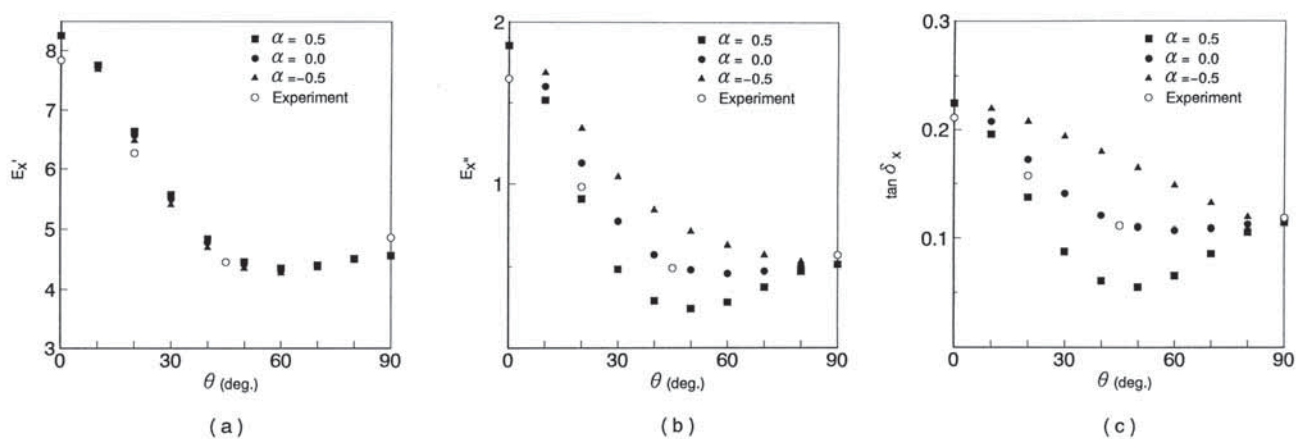


Fig. 3 Elastic constants and loss tangent of inclined composite rubber plate and
effect of Poisson's ratio [The first experiment]

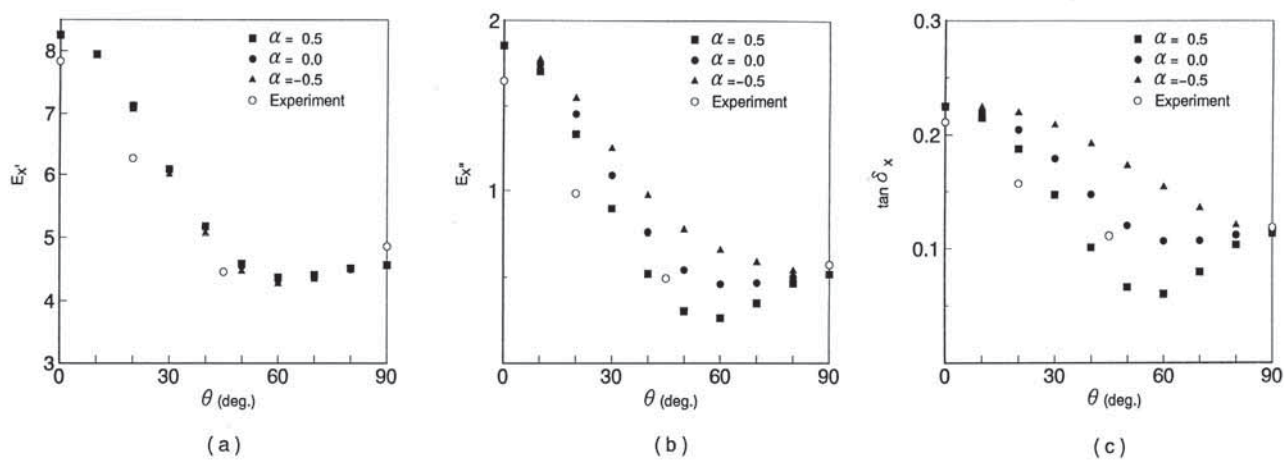


Fig. 4 Elastic constants and loss tangent of inclined composite rubber plate and
effect of Poisson's ratio calculated directly from complex elastic constants
[The first experiment]

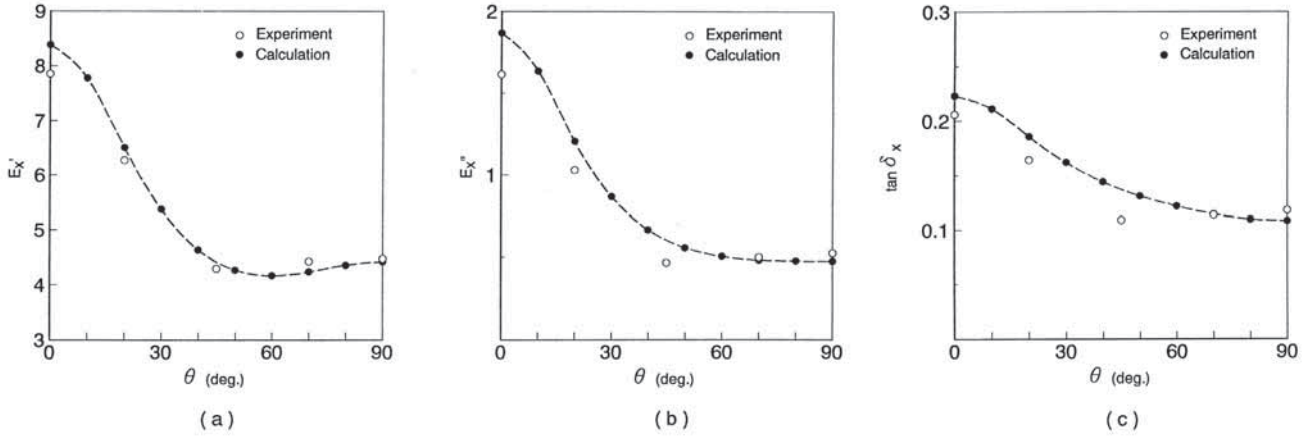


Fig. 5 Elastic constants and loss tangent of inclined composite rubber plate
[The second experiment]

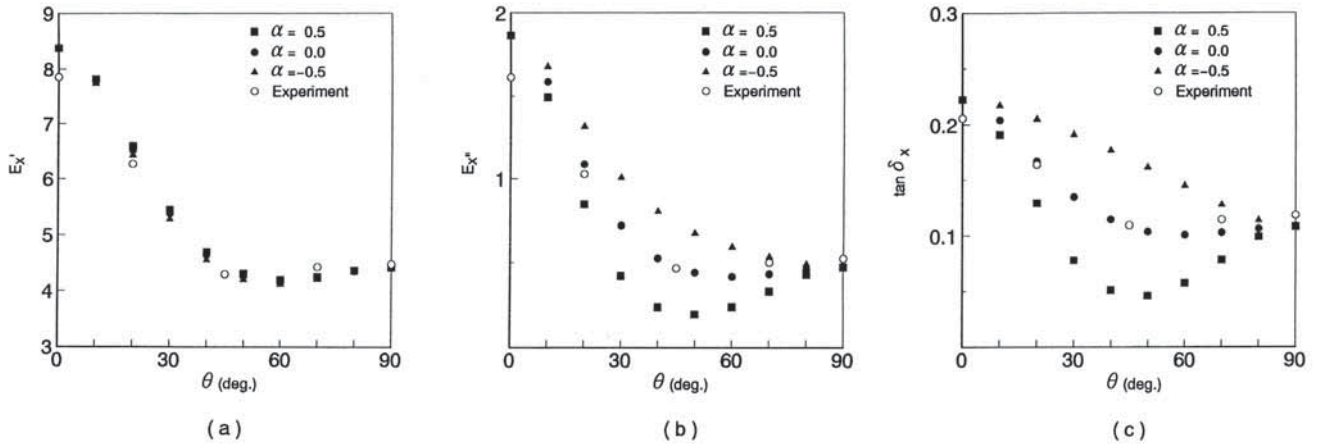


Fig. 6 Elastic constants and loss tangent of inclined composite rubber plate and
effect of Poisson's ratio [The second experiment]

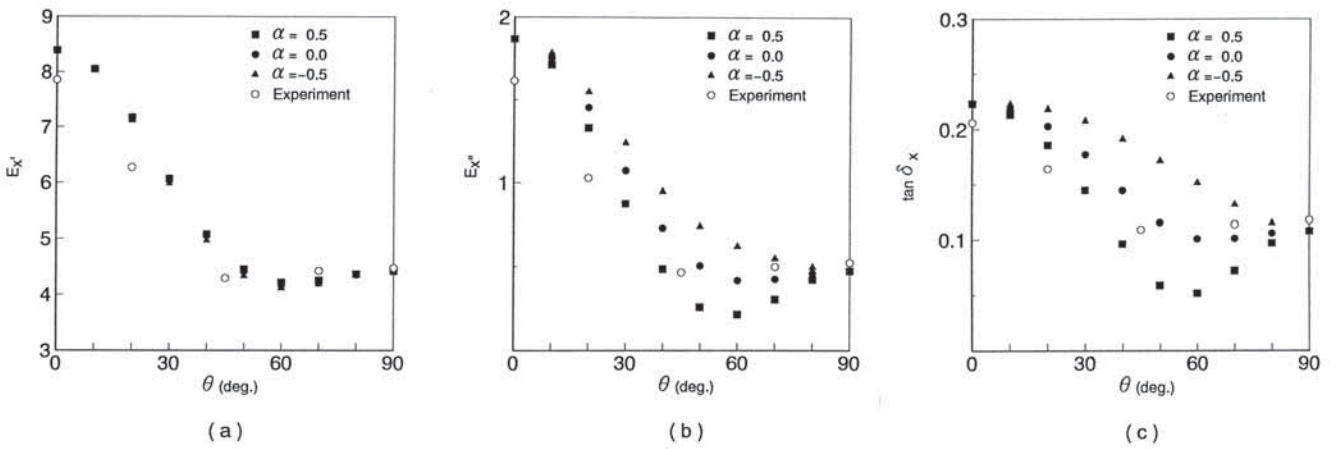


Fig. 7 Elastic constants and loss tangent of inclined composite rubber plate and
effect of Poisson's ratio calculated directly from complex elastic constants
[The second experiment]

6. 2 第2の実験

体積率： 白 $V_m = 0.547$,

黒 $V_f = 0.453$

実験結果を Table 2, 3 に、それぞれ示す。

7. 計算結果と実験結果の比較

7. 1 第1の実験結果との比較

まず、3章で求めた関係を用いて計算した結果と実験結果の比較を Fig. 2 (a)~(b) に示す。これらから、 E'_x については実験結果と一致しているが、 E''_x および $\tan \delta$ については実験結果とはやや異なっていることがわかる。また、 E'_x については $\theta = 0^\circ$ の場合に比べて $\theta = 90^\circ$ に近づくにつれて実験値よりも下回る結果となっていることがわかる。このことについて、2. 1 節の線形複合則においては $\theta = 90^\circ$ の場合には両方の部材にかかる応力が一定であるとして計算されているが、実際の変形においては複合体の構成要素相互の変形の拘束によって、そのような状態から多少ずれていることが考えられる⁶⁾。したがって、 $\theta = 90^\circ$ の場合において1軸引張りにおける複合体の各部材の変形状態を静的および動的な場合について調べておく必要があると思われる。

次に、4章で求めた結果を用いて、3章と同様の計算を行った。その結果を Fig. 3 (a)~(b) に示す。これによると、 E'_x は α による影響をほとんど受けないが、 E''_x は α による影響を受け、それに伴って $\tan \delta_x$ も変化している。また、 $\alpha = 0$ のときが実験結果に最もよく沿っていることから、3章の計算においては複素ポアソン比 ν^* は実数とみなすことができ、複素弾性率と同様の変換はしないと結論づけてもよいと考えられる。

なお、この点に関して、Tabaddor らの論文²⁾においてもポアソン比は実数として扱われているが、複素数で表示する方がよいと主張している報告⁴⁾もある。

この点について原理的に考えると、弾性率あるいはコンプライアンスは、応力とひずみの相互関係を規定するものであり、粘弾性体について複素数で表示することには妥当性があると考えられる。これに対して、ポアソン比はある方向のひずみと別の方向のひずみとの関係を規定するものであって、複素数を導入すべき必然性はないと考えられる。

さて、5章で述べた考え方を用いて、複素ポアソン比を4章のように、複素弾性率を用いて直接的に求める方法で計算した結果を Fig. 4 (a)~(c) に示す。こ

れらを見ると、複素コンプライアンスから求めた計算結果に比べると傾向は似ているが、あまりよい結果とは言えない。したがって、複素コンプライアンスを用いて計算する方が妥当な解が得られると考えられる。

7. 2 第2の実験結果との比較

以上の傾向を確認するため、第2の実験結果と計算結果の比較を Fig. 5 ~ 7 に示す。Fig. 5 ~ 7 に示される傾向は、Fig. 2 ~ 4 について述べた結果と同様な傾向を示しており、第1の実験結果に対する考察の妥当性を確認することができる。

8. 結 言

これまでの計算によって得られた結果をまとめると、次のようになる。

(1) 2種類のゴムからなる一方向配列複合体の、配列方向から θ だけ傾いた1軸方向に対する複素弾性率および損失正接は、線形複合則の複素表示によって求められる。

(2) 複素ポアソン比は実数で計算すると実験結果とよく一致する結果が得られる。すなわち、ポアソン比に複素数を導入する必然性は見当たらなかった。

(3) 複素弾性率に直接複合則を当てはめて解を求めることも試みたが、結果は複素コンプライアンスを用いて求める方法の方が実験結果とのよい一致が得られた。

終わりに、本研究に協力された岡山大学工学部清水一郎博士に謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 藤本邦彦, 加部和幸, 石上俊弥, FRPの複素弾性率に関する研究, 日本複合材料学会誌, **12**-4 (1986), pp. 163-170.
- 2) F. Tabaddor, S. K. Clark, R. N. Dodge and J. M. Perraut, Viscoelastic Loss Characteristics of Cord-Rubber Composites, Tire Science and Technology, TSTCA, Vol. 14, No. 2, April-June (1986), pp. 75-101.
- 3) S. W. Tsai and H. T. Hahn, 複合材料の強度解析と設計入門, (1986), 日刊工業新聞.
- 4) A. Agbossou, A. Benzarti, K. Benzarti and N. Alberola, J. Mat. Sci., **28** (1993), pp. 1963-1972.
- 5) 阿部武治, 橋爪雅彦, 武居邦彦, 越智 衛, 清水一郎, 長岐 滋, ゴム複合版の引張変形挙動, 材料, **45**-6 (1996), pp. 650-655.
- 6) 阿部武治, 三宅哲也, 不均質材料の弾性変形における変形拘束の解析, 津山高専紀要, **48** (2006), pp. 1-8.

流体ダイオードを用いたバルブレスマイクロポンプの研究

—流体ダイオードの整流特性とポンプ性能の理論解析—

吉富秀樹* 井上和宏**

A Study on a Valveless Micro-Pump using Fluidic Diode

- Rectification Characteristics of the Fluidic Diode and Theoretical Analysis of the Pump -

Hideki YOSHITOMI, Kazuhiro INOUE

The investigation described in this paper was undertaken to clarify the feasibility of a valveless micro-pump using fluidic diode. This micro-pump control the flow by the two vortex type fluidic diode instead of the usual mechanical valve. First, in this paper, rectification characteristics of the micro fluidic diode are verified experimentally. Secondly, a theoretical method of performance prediction is discussed to obtain the flow capability of the pump. From the results of this study, the relationship between the performance of the fluidic diode and the Reynolds number is clarified. And, the expected flow rate and pump efficiency are revealed.

Key Words: Valveless Micro-pump, Fluidic Diode, Rectification Characteristics, Theoretical Analysis

1. はじめに

近年、パソコン等情報処理端末のCPU冷却用のマイクロポンプ⁽¹⁾、あるいは、超小型化学分析システム(μ -TAS)用のマイクロポンプ⁽²⁾など、超小型の送液システムの技術開発が重要な課題となっている。特に今後急速に進むであろう宇宙開発においても、宇宙船等の電子機器から熱を除去するため、信頼性の高いマイクロポンプの必要性が高まってくると考えられる⁽³⁾。ところで、ポンプを実現するためのキーとなる技術は、逆流を阻止する機構である。この逆流阻止機構としては、一般的にはチェック弁が用いられる。このチェック弁として機械的可動弁を用いると、ポンプのマイクロ化に伴い弁の作動部の摩擦力が流体力(慣性力)に比べて相対的に増大し、マイクロポンプの安定な作動を妨げる要因となると言われている⁽²⁾。また、機械的な弁は当然ながらメンテナンスが必要であり、このことも、宇宙などでの長期の運転を考えると機械的可動弁の欠点と言えよう。

そこで、本研究では、機械的可動弁を用いることなく、流体ダイオードで整流することによりバルブ

レス機構を実現する。流体ダイオードはフルイデックス(流体素子)の一種で、流れ方向によって異なる流動抵抗を示すものである⁽⁴⁾。流体ダイオードのうち、ノズル型流体ダイオードを用いたマイクロポンプについては、既にいくつかの研究が成されている⁽⁵⁾。本研究ではノズル型流体ダイオードより高性能である渦流型流体ダイオード⁽⁴⁾を用いてポンプの高性能化を図る。しかし、渦流型流体ダイオードは、逆流を阻止する機能を渦巻き流れの効果に依存しているため、サイズを小さくすると粘性力が支配的となり慣性力が相対的に小さくなるため性能が低下する。したがって、超小型化学分析システム(μ -TAS)用マイクロポンプのようなミクロンオーダーのマイクロ化においては渦流型流体ダイオードは不利と言えよう。しかし、ミリオーダーのマイクロ化においては従来のノズル型流体ダイオードよりも高性能化が図れる可能性がある。しかし、ミリオーダーのマイクロ化における渦流型流体ダイオードの特性について系統的に調べた研究は見当たらない。

そこで、本研究では、渦流型流体ダイオードをマイクロ化したときにレイノルズ数が下がることによる整流効果の変化を実験的に検討する。次に、この実験データをバルブレスマイクロポンプの理論解析に適用して、渦流型流体ダイオードを用いたバルブレスマイクロポンプの可能性を検討する。

原稿受付 平成19年8月31日

* 機械工学科

** 専攻科 機械・制御システム工学専攻

主な記号

C_p	: 水の比熱
D_e	: 接線ノズルの水力直径
D_v	: 渦室直径
f	: ポンプサイクル数
g	: 重力加速度
H	: 位置ヘッド
L	: 発熱量
M	: 冷却水量
P	: 圧力
Q	: 流量
Q'	: 1 サイクル当りの送液量
q	: 単位時間当りの流量
R	: 流れ抵抗
Re	: レイノルズ数
t	: 時間
V	: 流速
V_n	: 接線ノズルの断面平均流速
W	: ポンプシリンダ排除容積
W'	: ポンプシリンダの正味排除容積
W_v	: 流体ダイオードの渦室容積
β	: 容積比
ΔH	: 損失ヘッド
ΔP	: 圧力損失
ΔT	: 温度上昇
ζ	: 損失係数
η_{th}	: 理論容積効率
η_v	: 容積効率
ν	: 水の動粘性係数
ρ	: 水の密度
X	: 容積効率と理論容積効率の比
Ψ	: ダイオード比

添え字

d	: 吐出行程
f	: 順方向流れ
i	: 吸込側
o	: 吐出側
r	: 逆方向流れ
s	: 吸込行程
1	: 第1段階
2	: 第2段階

2. 渦流型流体ダイオードとバルブレスマイクロポンプ

2.1 渦流型流体ダイオード

渦流型流体ダイオードを Fig.1 に示す. このダイオードは, 薄い円筒状の渦室と, この渦室の中心に軸方向に取り付けられた軸ノズル, および渦室外周

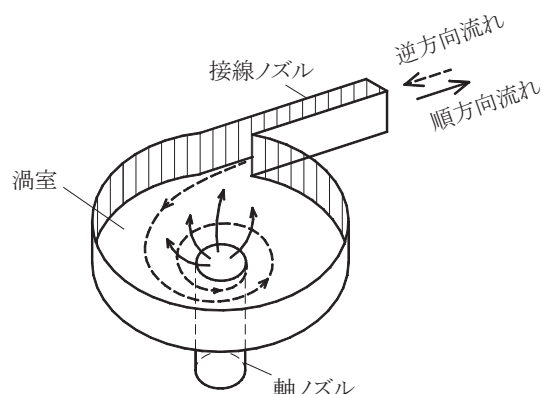


Fig.1 Vortex Diode

に接線方向に取り付けられた接線ノズルより構成されている. 軸ノズルから流入し接線ノズルへ流出する流れを“順方向流れ”と呼び, これと逆方向の流れ, すなわち接線ノズルから流入する流れを“逆方向流れ”と言う. 順方向流れは抵抗が小さいが, 逆方向流れでは渦室内に強い渦巻き流れが生じて大きな流動抵抗を示す. したがって, 順方向流れと逆方向流れで流動抵抗が異なるため, 順方向と逆方向のサイクリックな流れに対して, 逆流を完全には阻止できないもののある程度の整流効果を発揮する. これが電気回路のダイオードの作用に似ていることから流体ダイオードと呼ばれている. 本研究では, この流体ダイオードをチェック弁の代わりに用いてバルブレスマイクロポンプを実現する.

2.2 バルブレスマイクロポンプ

バルブレスマイクロポンプの概念図を Fig.2 に示す. このポンプは形態としては容積型ポンプであり, 前述のようにバルブレス機構を実現するためチェック弁の代わりに流体ダイオードを用いている. 吸込側ダイオードは吸込行程において順方向流れとなる向きに取り付ける. 一方, 吐出側ダイオードは吐出行程において順方向流れとなるように取り付ける. ポンプの駆動はピストンまたは可撓性ダイアフラムで行う.

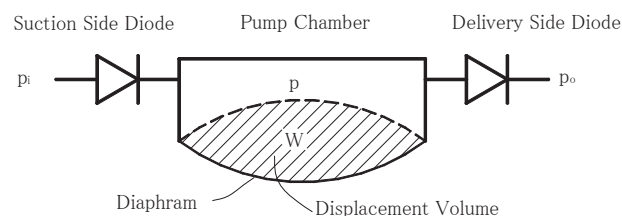


Fig.2 Schematic diagram of valveless micro-pump

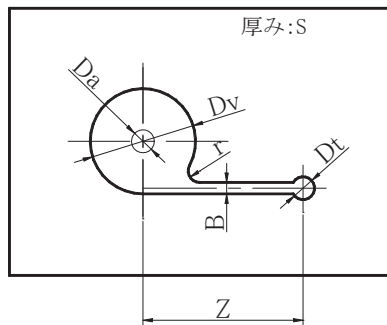
3. 渦流型流体ダイオードのマイクロ化と整流特性

冒頭でも述べたが, 渦流型流体ダイオードは整流効果を渦巻き流れによって得ており, 流体の慣性力

に依存している．このため，寸法が小さくなると慣性力に比べて粘性力が相対的に大きくなり，整流効果が低下してくると予想される．そこで，寸法の異なる流体ダイオードを用いて，渦流型流体ダイオードのマイクロ化と整流特性の関係を実験的に調べる．

3. 1 実験装置および方法

実験用に製作した 4 種類の流体ダイオードの通路寸法を Fig.3 に示す．一番大きい No.1 の寸法は，渦室直径 $D_v=46[\text{mm}]$ ，渦室厚み $S=5[\text{mm}]$ ，軸ノズル直径 $D_a=10[\text{mm}]$ ，接線ノズルは断面が $B \times S=5[\text{mm}] \times 5[\text{mm}]$ の正方形流路となっている．この寸法の 1/10 のサイズが一番小さい No.4 のダイオードとなっている．Fig.3 の形状を真鍮板にワイヤ放電加工によって加工し，この真鍮板を厚さ $10[\text{mm}]$ の透明アクリル板で上下からサンドイッチ状に挟んで流路を形成した．



	D_v	S	D_a	D_t	B	r	Z
No.1	46	5	10	10	5	5	70
No.2	27.6	3	6	6	3	3	42
No.3	9.2	1	2	2	1	1	14
No.4	4.6	0.5	1	2	0.5	0.5	7

Fig.3 Measurements of test diodes (unit : mm)

また，特性計測のための実験装置を Fig.4 に示す．実験方法は，高所に設けたタンクより水を供試ダイオードへ流入させ，ダイオードの入口と出口の間の圧力損失を測った．圧力計測は軸ノズルおよび接線ノズル端部の流路壁面に静圧孔を設け，水柱マンノメータによって計測した．また，流量はメスシリンダとストップウォッチによる体積法によって求めた．

3. 2 実験結果

(1) 圧力損失と流量の関係

まず，圧力損失と流量の関係を Fig.5 に示す．グラフの縦軸の圧力損失 ΔH は次式から求めた全損失を水柱[mmAq]で表したものである．

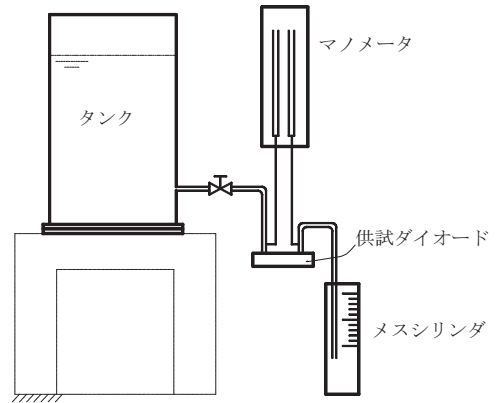


Fig.4 Experimental apparatus

$$\Delta H = \left(\frac{P}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + H \right)_{in} - \left(\frac{P}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + H \right)_{out} \quad \text{----- (3-1)}$$

渦室直径が $46[\text{mm}]$ と $27.6[\text{mm}]$ のものは，順方向流れと逆方向流れの圧力損失に大きな差が認められ，流体ダイオードとして機能していることが分かる．一方，渦室直径が $9.2[\text{mm}]$ とサイズが小さくなると圧力損失の差が減少しており，渦室直径 $4.6[\text{mm}]$ ではさらに差が小さくなっている．渦室直径 $4.6[\text{mm}]$ の流体ダイオードは，接線ノズルの通路寸法が一辺 $0.5[\text{mm}]$ の正方形断面となっておりサブミリのオーダーであるが，順方向流れと逆方向流れにおいて明らかに抵抗差が認められることから，流体ダイオードとしての整流機能は持っていることになる．

(2) 損失係数とレイノルズ数の関係

本研究のレイノルズ数 Re は接線ノズルで定めており次式で定義する．

$$Re = \frac{V_n D_e}{\nu} \quad \text{----- (3-2)}$$

ここで， D_e は接線ノズルの水力直径であり正方形断面の一辺の長さに等しい．

ダイオードの損失係数 ζ は次式で定義する．

$$\zeta = \frac{\Delta P}{\frac{\rho V_n^2}{2}} \quad \text{----- (3-3)}$$

ここで，圧力損失 ΔP は式(3-1)の ΔH を圧力に換算したもので，次式で求められる．

$$\Delta P = \rho g \Delta H \quad \text{----- (3-4)}$$

実験した 4 種類の流体ダイオードについて，損失係数とレイノルズ数の関係を Fig.6 に示す．図中の凡例の中の数値は渦室直径を表す．

Fig.6 より，順方向流れの損失係数は，レイノルズ数が 2000 以上ではほぼ一定値となっており，2000 以下の低レイノルズ数領域ではレイノルズ数が小さいほど大きい値を示している．これは，いわゆる管路の損失係数の傾向と同じである．一方，逆方向流れの抵抗係数は高レイノルズ数の領域では大きな値となっているが，レイノルズ数が低下するにつれて損失係数が下がっている．流体ダイオードにおいて

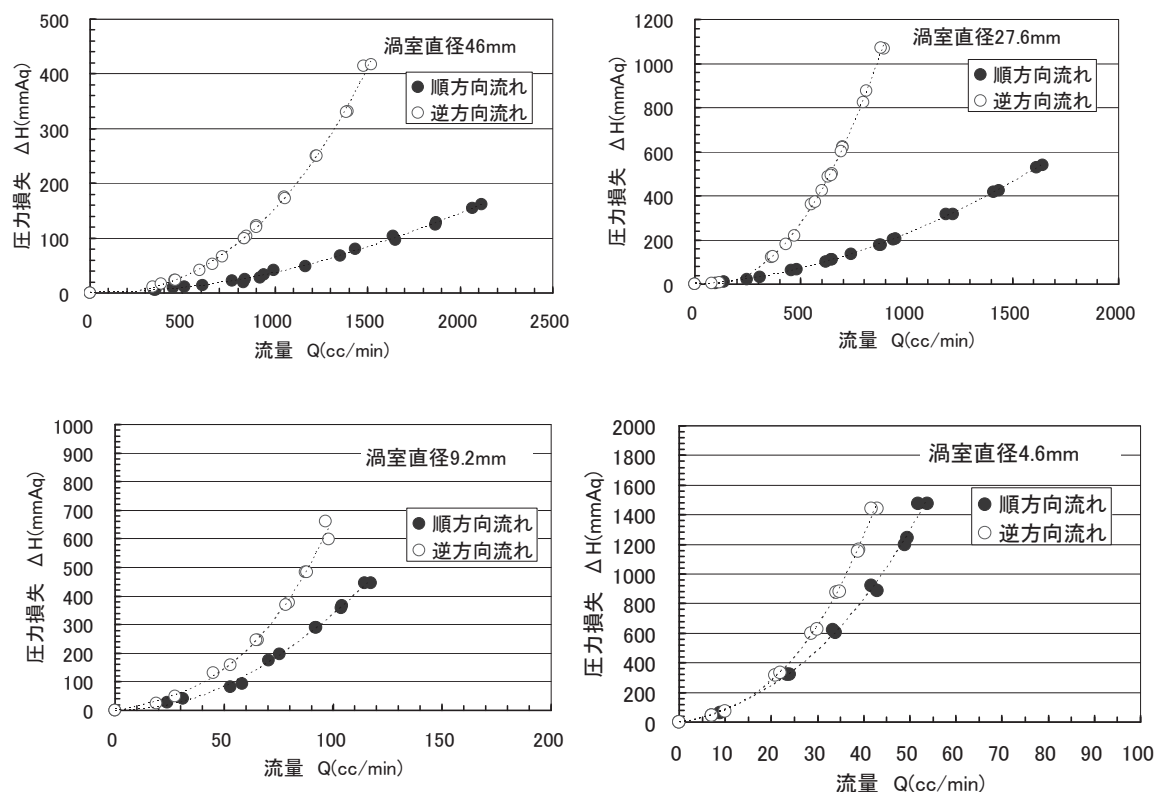


Fig.5 Characteristics between the pressure loss and flow rate

重要なのは、逆方向流れと順方向流れの抵抗比、すなわちダイオード比であるが、Fig.6 よりダイオードの寸法が小さくなるとダイオード比が小さくなるのが分かる。特に、渦室直径 4.6[mm]の逆方向流れの損失係数は他のものより一段と低下しており、レイノルズ数の低下に伴い粘性力が強くなって、渦が弱まっているものと考えられる。

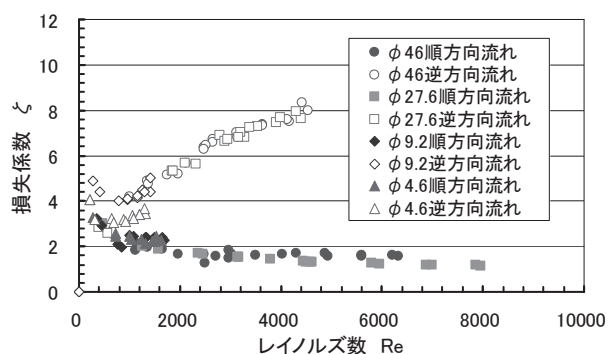


Fig.6 Loss coefficient versus Reynolds number

(3) 圧力損失と流れ抵抗の関係

流体ダイオードを流れる流量 q [m³/s]と圧力損失 ΔP [Pa]および流れ抵抗 R [Pa.s/m³]との関係を次式で定義する。

$$\Delta P = R \cdot q \quad \text{-----(3-5)}$$

流体力学では、圧力損失と流量（または流速）の関係は通常は式(3-3)のように非線形な形で表すが、こ

こでは後の解析を簡単化するため式(3-5)の線形関係で表している⁽⁶⁾。式(3-5)を変形すると流れ抵抗は以下のように書き表せる。

$$R = \frac{\Delta p}{q} \quad \text{----- (3-6)}$$

(4) ダイオード比

流体ダイオードの逆方向流れ抵抗 R_r と順方向流れ抵抗 R_f の比をダイオード比 ψ といい、次式で定義する。

$$\psi = \frac{R_r}{R_f} \quad \text{----- (3-7)}$$

実験した4種類の流体ダイオードのダイオード比を Fig.7 に示す。Fig.7 に示したダイオード比は、同じ圧力損失における逆方向流れ抵抗値と順方向流れ

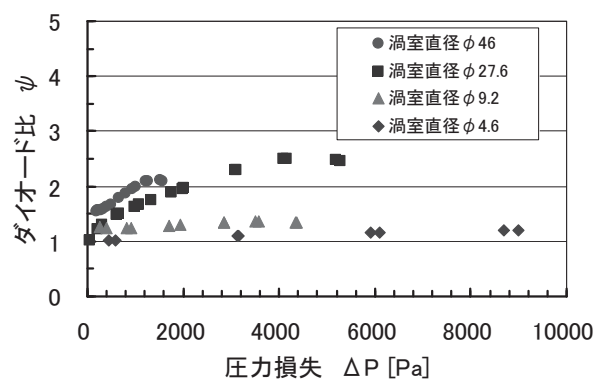


Fig.7 Diode ratio

抵抗値を Fig.5 の実験データより内挿法で求め、その比を計算したものである。渦室直径 46[mm]と 27.6[mm]のものはほぼ同じで、圧力損失が大きい領域では 2.0～2.3 となっている。また、渦室直径 9.2[mm]のものが約 1.3, 渦室直径 4.6[mm]のものは約 1.1 となっている。

4. ポンプ性能の理論解析

ここでは、バルブレスマイクロポンプの特性を理論解析し、前記の実験で得られた流体ダイオードの特性を適用して、バルブレスマイクロポンプの送液性能について可能性を検討する。

なお、渦流型流体ダイオードは流れが順方向流れから逆方向流れに切り換わった時に、渦室内に渦巻き流れが生じて初めて本来の逆流抵抗を発揮する。このため、逆流を阻止するまでに若干の応答遅れがある。この応答遅れを考慮した場合については後の 4.2 項で解析するが、まず、ポンプの基本特性を明らかにするため応答遅れが無いとした理想的な場合について解析する。

4. 1 渦生成の応答遅れを考慮しない場合

(1) 吐出行程

まず吐出行程について解析する。解析モデルを Fig.8 に示す。

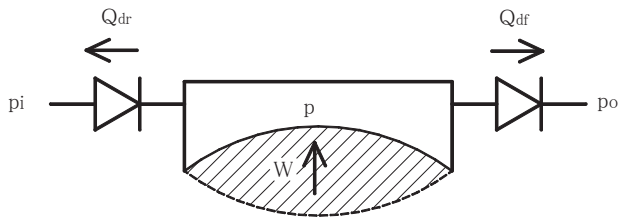


Fig.8 Discharge stroke

以下の理論解析において吐出側と吸入側にヘッド差はないものとする。すなわち、

$$P_i = P_o \quad (4-1)$$

である。よって、吐出行程における吸入側と吐出側の圧力差は等しいから次式が成り立つ。

$$\Delta P_d = P - P_i = P - P_o \quad (4-2)$$

吐出行程においては、吐出側ダイオードは順方向流れ、吸入側ダイオードは逆方向流れとなるから、吐出側への吐出量 $Q_{df}[\text{m}^3]$ 、および吸入側への逆流量 $Q_{dr}[\text{m}^3]$ は吐出行程の所要時間を $t_d[\text{s}]$ とすれば次式となる。

$$Q_{df} = q_{df} \cdot t_d = \frac{\Delta P_d}{R_f} t_d \quad (4-3)$$

$$Q_{dr} = q_{dr} \cdot t_d = \frac{\Delta P_d}{R_r} t_d \quad (4-4)$$

一方、ポンプの 1 サイクルにおける排除容積を $W[\text{m}^3]$ とすれば、

$$W = Q_{df} + Q_{dr} \quad (4-5)$$

が成り立つ。よって、式(4-5)に式(4-3)と式(4-4)を代入して吐出時間を求め、これを式(4-3)および式(4-4)に代入すれば吐出量と逆流量は次式で求められる。

$$Q_{df} = \frac{WR_f}{R_f + R_r} \quad (4-6)$$

$$Q_{dr} = \frac{WR_r}{R_f + R_r} \quad (4-7)$$

(2) 吸入行程

次に吸入行程について解析する。解析モデルを Fig.9 に示す。

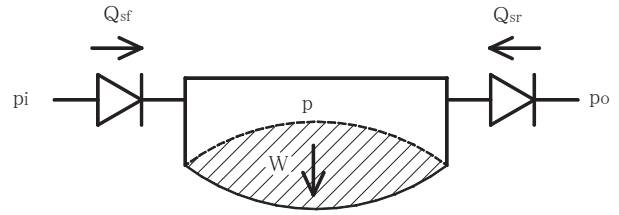


Fig.9 Suction stroke

吸入行程ではダイヤフラムが膨らんだ時に、吸入側からの吸入量 $Q_{sf}[\text{m}^3]$ および吐出側からの逆流量 $Q_{sr}[\text{m}^3]$ が発生する。これらの量は、吸入行程の所要時間を $t_s[\text{s}]$ とすれば次式で得られる。

$$Q_{sf} = q_{sf} \cdot t_s = \frac{\Delta P_s}{R_f} t_s \quad (4-8)$$

$$Q_{sr} = q_{sr} \cdot t_s = \frac{\Delta P_s}{R_r} t_s \quad (4-9)$$

ここで、 $\Delta P_s = P_i - P = P_o - P$ である。詳細は省略するが吐出行程と同様の解析を行えば、吸入量と逆流量は次式で求められる。

$$Q_{sf} = \frac{WR_f}{R_f + R_r} \quad (4-10)$$

$$Q_{sr} = \frac{WR_r}{R_f + R_r} \quad (4-11)$$

(3) ポンプ性能

1 サイクル当りの送液量 $Q'[\text{m}^3]$ は、吐出側へ吐き出される正味の量であるから次式で得られる。

$$Q' = Q_{df} - Q_{sr} = W \left(\frac{R_r - R_f}{R_r + R_f} \right) \quad (4-12)$$

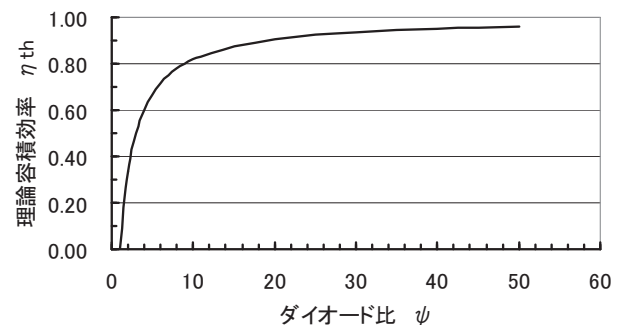


Fig.10 Theoretical volumetric efficiency

ここで、式(3-6)のダイオード比 ψ を用いると、式(4-12)は次式となる。

$$Q' = W \left(\frac{\psi - 1}{\psi + 1} \right) \quad (4-13)$$

よって、容積効率 η_v は、

$$\eta_v = \frac{Q'}{W} = \frac{\psi - 1}{\psi + 1} \quad (4-14)$$

となる。この渦生成の応答遅れを無視した場合の容積効率を理論容積効率 η_{th} と呼ぶことにする。よって、

$$\eta_{th} = \eta_v = \frac{\psi - 1}{\psi + 1} \quad (4-15)$$

ダイオード比と理論容積効率の関係を Fig.10 に示す。ダイオード比が 10 以下に低下すると理論容積効率は急激に減少する。したがって、ダイオード比は 10 以上が望ましいことが分かる。

4. 2 渦生成の応答遅れを考慮した場合

渦流型流体ダイオードの応答遅れに関する特性は解明されていないが、これと同様の形状をした渦室付排水管の応答遅れに関する筆者らのこれまでの研究⁽⁷⁾によると、応答遅れ時間は渦室内の水が入れ代わるに要する時間にほぼ等しいという知見が得られている。そこで、この知見に基づいて、応答遅れを考慮した場合のポンプ性能を解析する。

(1) 吐出行程

まず吐出行程について解析する。解析モデルを Fig.11 に示す。

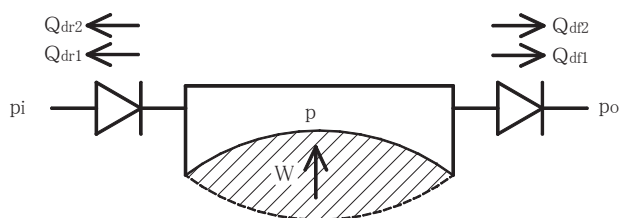


Fig.11 Discharge stroke (with response delay)

渦が生成するまでの過程を第 1 段階、渦が生成して本来の逆流抵抗を示している状態を第 2 段階と呼ぶことにする。

(a) 第 1 段階

逆流側流体ダイオードは、解析を簡単化するため、渦が生成するまでは順流と等しい抵抗を示すものとする。すなわち、第 1 段階においては、

$$R_r = R_f \quad (4-16)$$

とみなす。Fig.11 において、吐出行程では吸込側ダイオードが逆流状態となるので、吸込側への逆流量が渦室容積に等しくなるまでが第 1 段階である。よって、渦室容積を W_v とする。

$$Q_{dr1} = W_v \quad (4-17)$$

一方、式(4-16)の関係を考慮すると、第 1 段階の所要

時間を t_{d1} とすれば、

$$Q_{dr1} = \frac{\Delta P_d}{R_f} t_{d1} \quad (4-18)$$

の関係があるから、式(4-17)と式(4-18)より、

$$t_{d1} = \frac{R_f W_v}{\Delta P_d} \quad (4-19)$$

となる。また、第 1 段階における吐出側への流量 Q_{df1} は、

$$Q_{df1} = \frac{\Delta P_d}{R_f} t_{d1} = \frac{\Delta P_d}{R_f} \cdot \frac{R_f W_v}{\Delta P_d} = W_v \quad (4-20)$$

となり、第 1 段階における吸込側および吐出側への流量は渦室容積に等しい。

(b) 第 2 段階

第 1 段階における吸込側および吐出側への流量は、それぞれ渦室容積に等しいから、第 2 段階の正味のシリンダ排除容積 W' は、

$$W' = W - 2W_v \quad (4-21)$$

である。以降は、4. 1 項で示した応答遅れを考慮しない場合の式において、 W の代わりに W' と置けばよいから、

$$t_{d2} = \frac{W' R_f R_r}{\Delta P_d (R_f + R_r)} \quad (4-22)$$

$$Q_{df2} = \frac{W' R_r}{R_f + R_r} \quad (4-23)$$

よって、第 1 段階と第 2 段階を合わせた吐出側への送液量は、

$$Q_{df} = Q_{df1} + Q_{df2} = W_v + \frac{R_r}{R_f + R_r} W' \quad (4-24)$$

となる。

(2) 吸込行程

渦生成の応答遅れを考慮した場合の吸込行程の概念図を Fig.12 に示す。

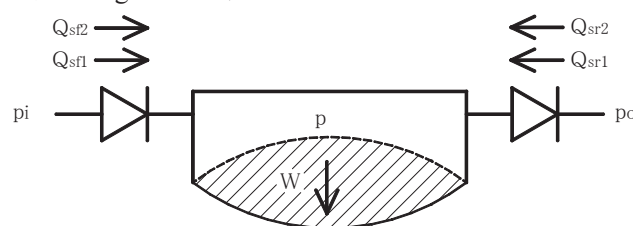


Fig.12 Suction stroke (with response delay)

解析方法は吐出行程と同様であるので詳細は省略するが、第 1 段階と第 2 段階を合わせた吐出側からの逆流量は、

$$Q_{sr} = Q_{sr1} + Q_{sr2} = W_v + \frac{R_f}{R_f + R_r} W' \quad (4-25)$$

となる。

(3) ポンプ性能

1 サイクル当りの送液量 Q [m³] は吐出側への正味の吐き出し量であるから、

$$Q' = Q_{df} - Q_{sr} = W' \left(\frac{R_r - R_f}{R_r + R_f} \right) \quad (4-26)$$

で得られる．ここで，ダイオード比 ϕ を用いると式(4-26)は以下となる．

$$Q' = W' \left(\frac{\psi - 1}{\psi + 1} \right) = (W - 2W_v) \frac{\psi - 1}{\psi + 1} \quad (4-27)$$

ここで，式を少し変形し，シリンダ排除容積と流体ダイオードの渦室容積の比を容積比 β とおくと，

$$\beta = \frac{W}{W_v} \quad (4-28)$$

となり，式(4-27)は次式となる．

$$Q' = W_v (\beta - 2) \frac{\psi - 1}{\psi + 1} \quad (4-29)$$

よって，容積効率 η_v は，

$$\eta_v = \frac{Q'}{W} = \frac{Q'}{\beta W_v} = \left(1 - \frac{2}{\beta} \right) \frac{\psi - 1}{\psi + 1} \quad (4-30)$$

となり，容積効率はダイオード比 ϕ だけでなく，容積比 β の影響を受けることが分かる．

また，式(4-15)で示した理論容積効率と式(4-30)の容積効率の比を χ とおくと，

$$\chi = \frac{\eta_v}{\eta_{th}} = \left(1 - \frac{2}{\beta} \right) \quad (4-31)$$

となり，容積比の影響が明確になる．

容積効率に及ぼす容積比 β の影響を Fig.13 に示す．容積比 β は 10 以下では容積効率に与える影響が大きいが，容積比 10 において容積効率は理論容積効率の 80% 程度となり，容積比が 10 以上では容積効率が横ばい状態となる．したがって，シリンダ容積はむやみに大きくする必要はなく，排除容積が渦室容積の 10 倍程度になるようにすればよいことが分かる．

次に，ポンプのサイクル数を f [c/s] とすると，単位時間当たりの送液量 Q [m³/s] は，

$$Q = fQ' = fW\eta_v = fW \left(1 - \frac{2}{\beta} \right) \frac{\psi - 1}{\psi + 1} \quad (4-32)$$

となる．

実験で使った渦室直径が 27.6[mm]，9.2[mm] および 4.6[mm] の 3 つのダイオードについて，ダイオード比をそれぞれ実験で得られた値である

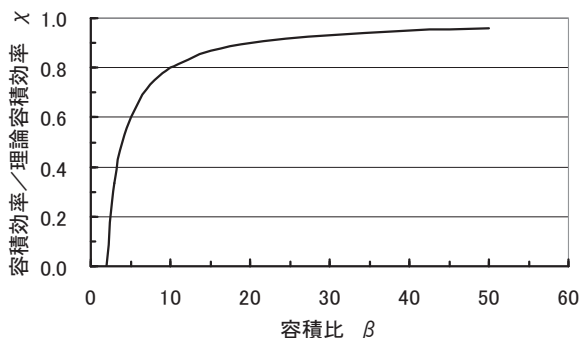


Fig.13 Effect of the volume ratio β

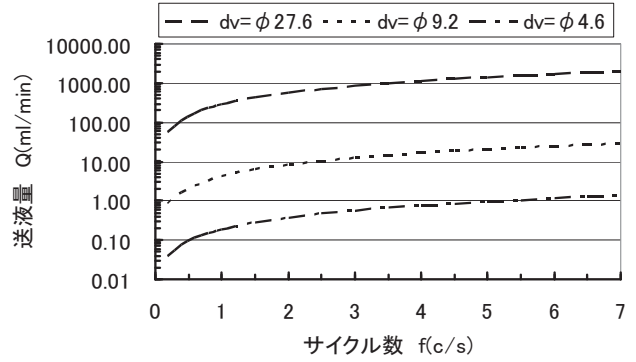


Fig.14 Calculated flow rate

2.0, 1.3, 1.1 とし，容積比 β は 10 としたときの送液量の計算値を Fig.14 に示す．サイクル数にもよるが，渦室直径が 27.6[mm] のものは送液量は 1000[ml/min] のオーダーであり，9.2[mm] のものが 10[ml/min]，および 4.6[mm] のものが 1[ml/min] のオーダーである．

5. まとめ

本報では，渦流型流体ダイオードを用いたバルブレスマイクロポンプの可能性を検討するため，渦流型流体ダイオードのマイクロ化に伴う性能変化を，渦室直径 46[mm] から 4.6[mm] までの 4 種類の相似形状をした渦流型流体ダイオードを用いて実験的に調べた．また，この実験結果をバルブレスマイクロポンプの理論解析に適用して，送液ポンプとしての可能性を検討した．

その結果，最も小さい渦室直径 4.6[mm] のものでも整流効果が認められた．また，ポンプ性能の理論解析によると，送液量は，渦室直径 27.6[mm] のものが 1000[ml/min] のオーダーであり，9.2[mm] のものが 10[ml/min]，および 4.6[mm] のものが 1[ml/min] のオーダーが期待できることがわかった．

参考文献

- 1) 横田，徐，吉田，枝村：電界共役流体(ECF)を応用した電子チップ液冷用平面薄形ポンプ，日本機械学会論文集(C 編)，Vol.71, No.709(2005)，pp.2798～2804
- 2) 木寺，塚本，宮崎：圧電素子をアクチュエータとするバルブレスマイクロポンプ，ターボ機械，Vol.31, No.7(2003)，pp.435～439
- 3) <http://www.all-waseda.com/news/research/862>
- 4) 尾崎省太郎，原美明：純流体素子入門，日刊工業新聞社，(1967)，pp.34～37
- 5) Nam-Trung Nguyen, Steven T. Wereley: Fundamentals and Applications of Microfluidics, Artech House, (2002)，pp.308～311
- 6) 増渕正美：システムのモデリング，計測と制御，Vol.45, No.1(2006)，pp.2～7
- 7) 吉富，田中，井上：流体自身の流れで吸引力を制御する渦室付排水管の研究（第 4 報）流れ状態の変化に伴う吸引力の動的応答性，空気調和・衛生工学会平成 18 年度学術講演会講演論文集，(2006)，pp.789～792

超高強度 TBF 鋼の遅れ破壊特性に及ぼす γ_R 特性の影響

北條智彦*

Effects of Retained Austenite Characteristics on Delayed Fracture Properties of Ultra High-Strength TBF Steels

Tomohiko HOJO

To develop the ultra high-strength steels having excellent delayed fracture resistance, effects of retained austenite characteristics on hydrogen absorption properties and delayed fracture properties of ultra high strength low alloy TRIP-aided steels with bainitic ferrite matrix (TBF steels) were investigated. The hydrogen concentration of TBF steels were increased with increasing volume fraction of retained austenite. It was considered that the hydrogen which charged to the TBF steels was mainly trapped in retained austenite and/or on retained austenite/matrix interface. The TBF steel with high carbon concentration of retained austenite indicated high delayed fracture strength. This was expected that (1) hydrogen-assisted and/or stress-assisted martensite transformation of retained austenite was suppressed by existence of the stabilized or carbon enriched retained austenite, (2) hydrogen was trapped in refined interlath retained austenite films and (3) localized stress concentration was relaxed by strain induced plasticity of retained austenite.

Key Words: TRIP-aided steel, ultra high-strength steel, retained austenite, hydrogen, delayed fracture

1. 諸言

近年、自動車の衝突安全性と車体軽量化による燃費向上を目的にピラー類やメンバー類、シートフレームには 590~980MPa 級の高強度鋼板が用いられている。しかし、将来的にはこれらの部材には 980MPa 超級の超高強度鋼板の適用が予想され、980MPa 超級においても優れたプレス成形性を有する超高強度鋼板の開発が要求されている。

残留オーステナイト (γ_R) の変態誘起塑性 (TRIP)¹⁾ を有効に利用した低合金 TRIP 鋼は極めて優れたプレス成形性^{2), 3), 4), 5), 6) 7)} を有する。この低合金 TRIP 鋼としては、これまでに母相組織をそれぞれポリゴナルフェライト、ベイニティックフェライトおよび焼鈍マルテンサイトとした TRIP 型複合組織鋼 (TDP 鋼)^{2), 3)}、TRIP 型ベイニティックフェライト鋼 (TBF 鋼)^{4), 5)} および TRIP 型焼鈍マルテンサイト鋼 (TAM 鋼)^{6), 7)} が開発されているが、980MPa 超級の引張強さは TBF 鋼でのみ期待ができる。このような超高強度範囲では、遅れ破壊の発生^{8), 9), 10), 11), 12)} が懸念され、TBF 鋼についても遅れ破壊特性を調査する必要がある。著者ら¹¹⁾ はさきに、低ひずみ速度引張試験法 (ひずみ速度 1.1×10^{-5} /s) および一定荷重法によって 0.4%C-TBF 鋼の水素脆化特性および遅れ破壊特性を調査し、TBF 鋼は水素吸蔵後も大きな全伸びと高い遅れ破壊強度を示すこと、およびこれは γ_R が多くの水素をトラップし、旧 γ 粒

界でのき裂の発生、進展を抑制したことに起因したためと報告した。TBF 鋼の遅れ破壊特性は γ_R 特性に大きく影響されるが、TBF 鋼の遅れ破壊特性に及ぼす γ_R 特性の影響を調査した報告はない。

そこで本研究では、0.2%C-1.5%Si-1.5%Mn の化学組成を有する鋼板に γ 域焼鈍とオーステンパー処理温度およびオーステンパー処理時間を変化させた熱処理を施して γ_R 特性の大きく異なる超高強度 TBF 鋼を作製し、超高強度 TBF 鋼の水素吸蔵特性および遅れ破壊特性を調査した。また、これら特性と金属学的組織因子との関係を検討した。

2. 実験方法

供試鋼には 0.20C-1.50Si-1.50Mn-0.015P-0.0024S-0.039Al (mass%) の化学組成を有する冷延まま鋼板 (板厚 1.2mm) を用いた。これらの鋼板に、Fig. 1 (a) の条件で厚さ 30mm のスラブを厚さ 3.2mm まで熱間圧延後、室温で厚さ 1.2mm まで冷間圧延を施した。次に 900℃の塩浴中で γ 域焼鈍後、250~350℃、0~10000s のオーステンパー処理を施し (Fig. 1 (b))、TBF 鋼を製造した。ここで、 M_s 点は式 (1)¹³⁾ により求めた。

$$M_s (^\circ\text{C}) = 550 - 361 \times (\%C) - 39 \times (\%Mn) - 0 \times (\%Si) + 30 \times (\%Al) \quad (1)$$

ここで、%C, %Mn, %Si, %Al はそれぞれの合金元素の添加量 (mass%) である。

γ_R 初期体積率 (f_{γ_0}) は Mo-Ka 線によって測定さ

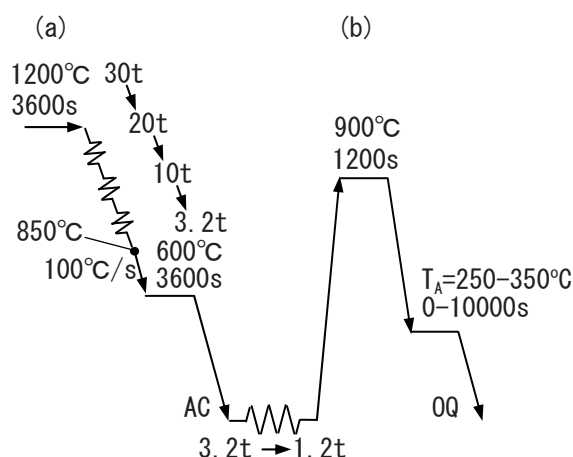


Fig. 1 Hot and cold rolling and heat treatment process of TBF steels.

れた (200) α , (211) α , (200) γ , (220) γ , (311) γ 回折面ピークの積分強度より計算した¹⁴⁾. また, γ_R 初期炭素濃度 ($C_{\gamma 0}$) は Cu-K α 線によって測定した (200) γ , (220) γ , (311) γ ピーク角度から求めた格子定数 a_γ ($\times 10^{-1}$ nm) を式 (2)¹⁵⁾ に代入して求めた.

$$a_\gamma = 3.5780 + 0.033C_\gamma + 0.00095Mn_\gamma + 0.005Al_\gamma + 0.0220N_\gamma \quad (2)$$

ただし, Mn_γ , Al_γ , N_γ は γ_R 中のそれぞれの元素濃度 (mass%) である. 本研究では便宜上, 添加量を用いた.

引張試験には圧延方向に平行に切り出した JIS14B 号試験片 (ゲージ長さ 15mm, 幅 6mm, 厚さ 1.2mm) を用い, 試験温度 25°C, クロスヘッド速度 1mm/min (ひずみ速度 8.3×10^{-4} /s) で試験を行った.

水素チャージは陰極チャージ法 (陰極: 白金)¹⁶⁾ により行った. チャージ浴の組成および吸蔵条件を Table 1 に示す. チャージ後の全吸蔵水素量は, 水素を不活性ガス中—インパルス加熱溶融法により抽出し, カラムによる分離後, 熱伝導度法により定量した. また, 拡散性水素量は昇温脱離法を用いて測定した. なお, 全吸蔵水素量測定および拡散性水素量測定の際には水素チャージから水素量測定までの間,

Table 1 Hydrogen charging conditions.

Charge solution	H ₂ SO ₄ 0.5mol/L KSCN 0.01mol/L
Current density	500A/m ²

Table 2 Tensile properties and retained austenite characteristics of TBF steels.

T_A	t_A	YS	TS	TEI	$f_{\gamma 0}$	$C_{\gamma 0}$
—	0	1277	1565	13.9	2.8	0.55
250	10	1237	1537	14.9	3.5	0.27
	100	1192	1511	15.7	3.9	0.46
	1000	1232	1457	16.2	3.3	0.64
	10000	1241	1445	13.5	2.3	0.68
300	10	1172	1534	15.1	3.8	0.61
	100	1125	1473	16.9	3.5	0.56
	1000	1179	1380	15.7	2.4	0.84
	10000	1248	1405	15.0	1.5	0.63
350	10	1075	1412	10.1	4.2	0.67
	100	1147	1362	15.2	3.5	0.95
	1000	1132	1323	13.9	2.6	1.00
	10000	1084	1222	15.2	2.1	1.01

T_A (°C): austempering temperature, t_A (s): austempering time, YS (MPa): yield stress or 0.2% offset proof stress, TS (MPa): tensile strength, TEI (%): total elongation, $f_{\gamma 0}$ (vol%): volume fraction of γ_R , $C_{\gamma 0}$ (mass%): carbon concentration of γ_R

試料からの水素の放出を防ぐため, 試料を液体窒素中で保存した.

遅れ破壊試験は水素チャージ 4 点曲げ試験¹⁶⁾ により行った. 試験には長さ 65mm, 幅 10mm, 板厚 1.2mm の長方形試験片を用い, 試験温度は 25°C とした. 遅れ破壊特性の評価は, 5 時間破断しない最大の応力を遅れ破壊強度 (DFL) として評価した.

3. 実験結果

3.1 微細組織と引張特性

Fig. 2 に TBF 鋼の熱処理後の組織の SEM 写真 (ナイタル腐食) を示す. いずれの TBF 鋼も M_S 点以下でオーステンパー処理されているため, 母相組織

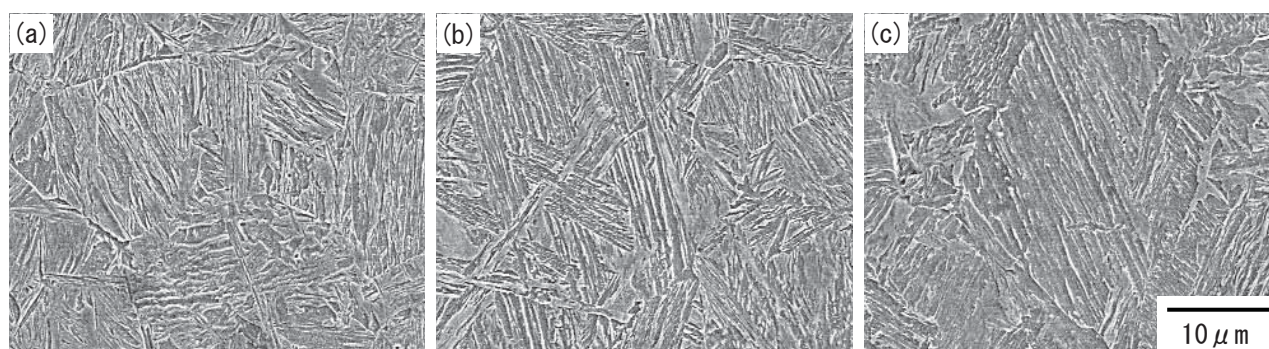


Fig. 2 Typical scanning electron micrographs of TBF steels austempered at (a) $T_A=250^\circ\text{C}$ for 10s, (b) $T_A=350^\circ\text{C}$ for 10s and (c) $T_A=350^\circ\text{C}$ for 10000s.

は基本的には転位密度が極めて高いベイニティックフェライト (α_{bf}) ラスとマルテンサイト (α_m) ラスからなり、 γ_R はそれらのラス境界に沿ってフィルム状に存在している。オーステンパー処理温度の違いによる微細組織の大きな差はみられないが、オーステンパー処理時間が長くなるにしたがってラス母相は若干粗大化したようにみられる。

Table 2 に TBF 鋼の熱処理後の引張特性および γ_R 特性を示す。TBF 鋼の γ_R 初期体積率 ($f_{\gamma 0}$) は 1.5 ~ 4.2vol% の範囲にあり、その初期炭素濃度 ($C_{\gamma 0}$) は 0.27 ~ 1.01mass% の範囲にある。オーステンパー処理温度 (T_A) が高くなると $f_{\gamma 0}$ 、 $C_{\gamma 0}$ とも上昇し、オーステンパー処理時間 (t_A) が長くなると $f_{\gamma 0}$ は低下し、 $C_{\gamma 0}$ は上昇する傾向がある。

TBF 鋼の引張強さ (TS) は 1222 ~ 1565MPa の範囲にある。また、全伸び (TEI) は 10.1 ~ 16.9% の範囲にある。

3.2 水素吸蔵特性

Fig. 3 に TBF 鋼の全吸蔵水素量 (H_T) と引張強さ (TS) の関係を示す。TBF 鋼は、引張強さが上昇するにしたがって全吸蔵水素量は増加する傾向が認められる。

昇温脱離分析法によって測定した室温から 300°C までの範囲の水素放出曲線を Fig. 4 に示す。いずれの TBF 鋼も 50°C から 200°C 付近で多くの水素を放出

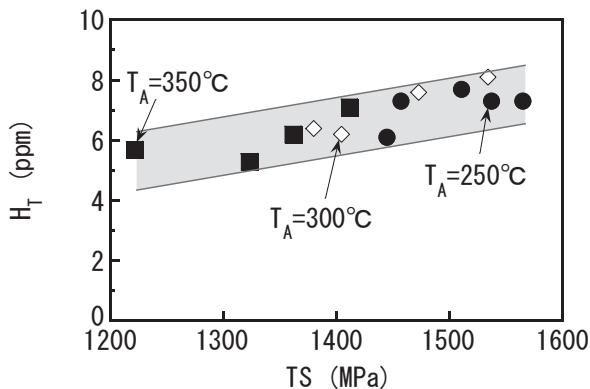


Fig. 3 Variations in total charged hydrogen concentration (H_T) as a function of tensile strength (TS) in TBF steels.

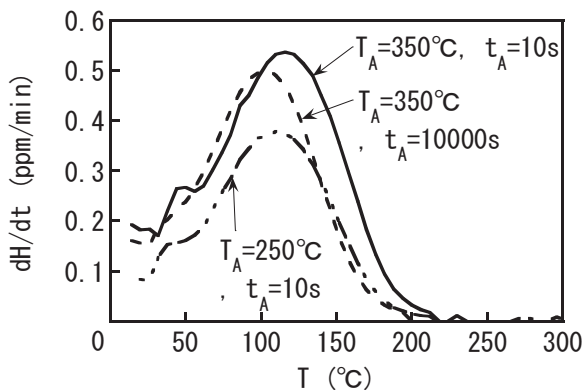


Fig. 4 Comparison of hydrogen evolution curves of TBF steels.

している。 $T_A=350^\circ\text{C}$, $t_A=10\text{s}$ の TBF 鋼は他の TBF 鋼と比較して水素放出のピークが高く、ピーク温度は高温側にシフトしている。

3.3 遅れ破壊強度

Fig. 5 に曲げ応力 (σ_A) と破断時間 (t_f) 曲線の代表例を示す。また、TBF 鋼の遅れ破壊強度 (DFL) を引張強さ (TS) で整理して Fig. 6 に示す。TBF 鋼の遅れ破壊強度は、引張強さが高くなるにしたがって低下する傾向がみられ、 $TS \geq 1400\text{MPa}$ の範囲で顕著となる。

TBF 鋼の遅れ破壊試験後の破面および縦断面の SEM 写真の代表例を Fig. 7 に示す。 $T_A=250^\circ\text{C}$, $t_A=10\text{s}$ の TBF 鋼は粒界破壊を示し、き裂は結晶粒界を進展する。一方、 $T_A=350^\circ\text{C}$, $t_A=10\text{s}$ および $t_A=10000\text{s}$ の TBF 鋼は粒界破壊が抑制され、擬へき開破壊を示す。

4. 考察

4.1 水素吸蔵特性に及ぼす γ_R 特性の影響

一般に、鋼中に侵入した水素は炭化物¹⁶⁾、格子欠陥⁹⁾、結晶粒界¹⁷⁾、ラス境界¹⁸⁾や転位¹⁹⁾などにトラップされる。高強度鋼板は、炭化物の析出、母相の転位密度の上昇や結晶粒微細化によってその強度が得られるため、強度レベルが上昇するにしたがって吸蔵する水素量は増加する。しかし、TBF 鋼のベイニティックフェライト母相には炭化物は存在

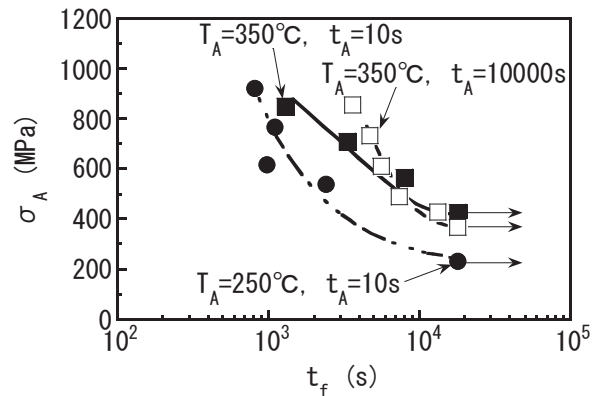


Fig. 5 Typical applied bending stress (σ_A) - time to fracture (t_f) curves of TBF steels.

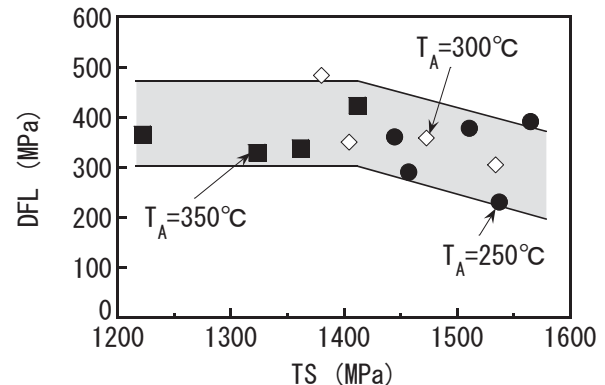


Fig. 6 Variations in delayed fracture strength (DFL) as a function of tensile strength (TS) in TBF steels.

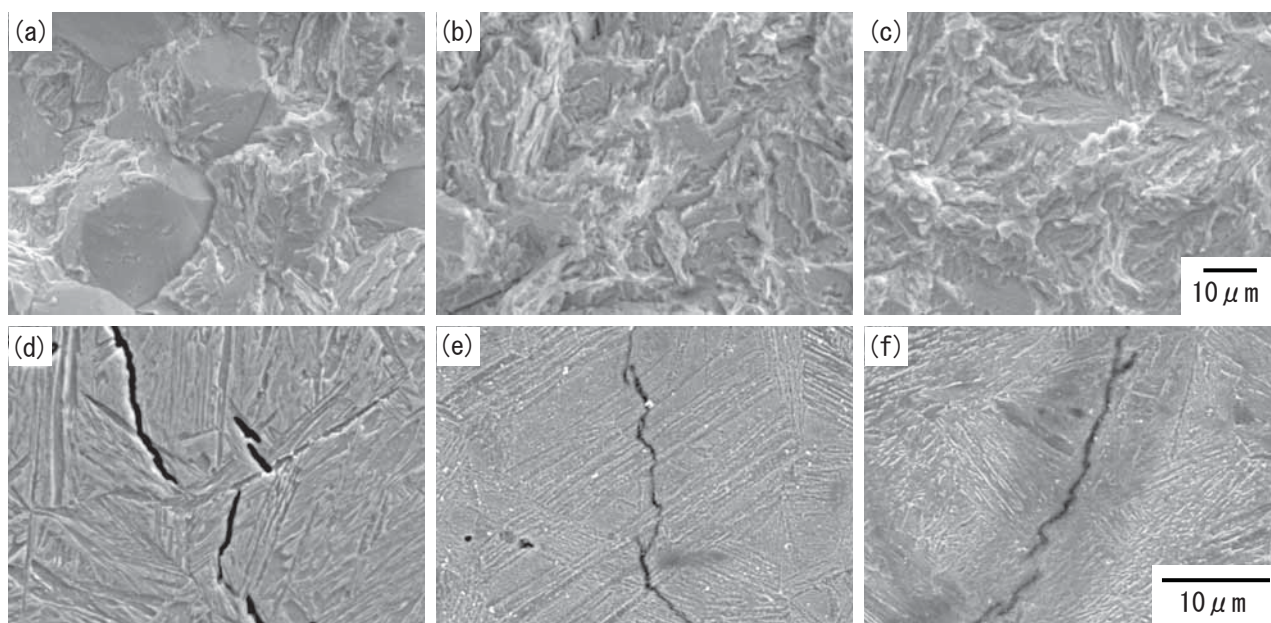


Fig. 7 Scanning electron micrographs of (a, b and c) fracture surface and (d, e and f) cross sectional area of fracture region of typical TBF steels austempered at (a and d) $T_A=250^\circ\text{C}$ for 10s, (b and e) $T_A=350^\circ\text{C}$ for 10s and (c and f) $T_A=350^\circ\text{C}$ for 10000s.

しない。また、オーステンパー処理条件によって、微細組織に大きな差はみられない (Fig. 2)。本 TBF 鋼は、ベイニティックフェライトラス境界に 1.5～4.2vol% の γ_R が存在している。椿野ら⁹⁾は、 γ_R はフェライトなどと比較して多量の水素を吸蔵することを報告している。これは、fcc 構造の γ_R は bcc 構造のフェライトよりも結晶格子の隙間が大きいことによると考えられる。さらに、Chan ら²⁰⁾は γ_R を含むマルテンサイト鋼と含まないマルテンサイト鋼に水素チャージすると、 γ_R を含むマルテンサイト鋼は含まないマルテンサイト鋼よりも多くの水素を吸蔵すること、およびこれは多量の水素が γ_R /マルテンサイト界面にトラップしたためと報告している。

Fig. 8 に TBF 鋼の γ_R 初期体積率 ($f_{\gamma 0}$) と全吸蔵水素量 (H_T) の関係を示す。TBF 鋼の全吸蔵水素量は γ_R 初期体積率が高くなるにしたがって増加した。さきの研究^{11), 12)}においても、超高強度低合金 TRIP 鋼の全吸蔵水素量は γ_R 初期体積率と正の相関があることが報告されており、本研究でも同様の結果を示している。

本研究では、オーステンパー処理条件の違いによって水素放出曲線が変化した。すなわち、 $T_A=350^\circ\text{C}$ 、 $t_A=10\text{s}$ の TBF 鋼は他の TBF 鋼と比較して水素放出のピークが高く、とくに高温側で多くの水素を放出している。椿野ら⁹⁾によると、昇温速度 $1.67^\circ\text{C}/\text{min}$ で水素分析を行ったとき、 $87\sim 92^\circ\text{C}$ のピークは粒界、セメンタイト界面、転位または原子空孔などから放出された水素、 127°C 付近のピークは γ_R から放出された水素であり、 γ_R からの水素は、他の水素トラップサイトからのものよりも高温で放出されると報告している。本研究においても、昇温速度は異なる (昇温速度 $12^\circ\text{C}/\text{min}$) が、 γ_R 初期体積率の高い TBF 鋼の方が高温で水素を多く放出していた。

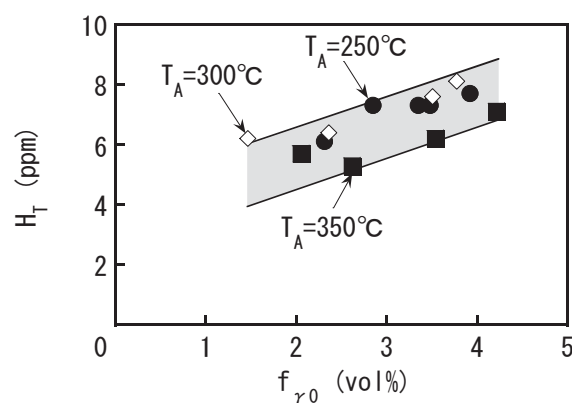


Fig. 8 Relationship between total charged hydrogen concentration (H_T) and initial volume fraction of retained austenite ($f_{\gamma 0}$) of TBF steels.

これらのことより、TBF 鋼はラス境界に存在する γ_R または γ_R /ベイニティックフェライト界面に多くの水素がトラップしたために、オーステンパー処理によって高 γ_R 初期体積率の TBF 鋼の水素吸蔵量が増加したと考えられる。

4.2 遅れ破壊特性に及ぼす γ_R 特性の影響

オーステナイト系ステンレス鋼は、他のフェライト系やマルテンサイト系ステンレス鋼と比較して高い耐遅れ破壊特性を有している。しかし、水素を吸蔵すると γ の安定性は低下してマルテンサイト変態しやすくなり (水素誘起マルテンサイト変態)、遅れ破壊が発生しやすくなる。本 TBF 鋼においても、鋼中に 1.5～4.2vol% の γ_R 初期体積率を有している。この γ_R は多くの水素を吸蔵することができるが、その水素に誘起されてマルテンサイト変態すると、 γ から放出されてマルテンサイトに固溶しきれなかった水素は旧 γ 粒界などにトラップされ、旧 γ 粒界

からき裂が発生・進展して遅れ破壊強度を低下させると考えられる．そこで，代表的な TBF 鋼の各負荷応力での遅れ破壊試験前後の γ_R 体積率の変化を Fig. 9 に示す．また，Fig. 10 に TBF 鋼の遅れ破壊強度 (DFL) を γ_R 初期炭素濃度 ($C_{\gamma 0}$) で整理して示す．Fig. 9 より，いずれの TBF 鋼も負荷応力が高く

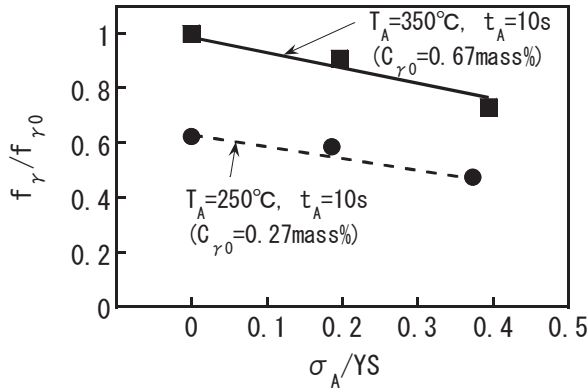


Fig. 9 Relationship between ratio of applied stress to yield stress (σ_A/YS) and volume fraction ratio ($f_\gamma/f_{\gamma 0}$) of TBF steels.

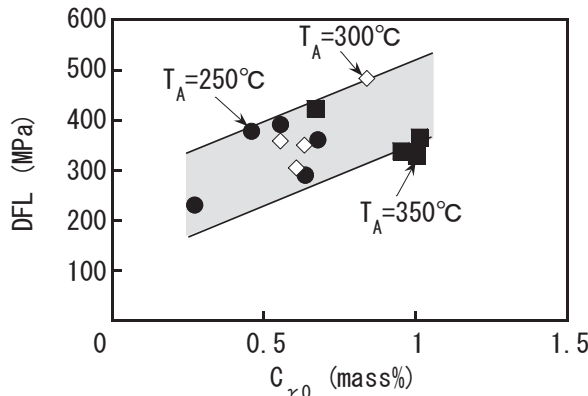


Fig. 10 Relationship between total charged hydrogen concentration (H_T) and initial volume fraction of retained austenite ($f_{\gamma 0}$) of TBF steels.

なるにしたがって γ_R 体積率は低下したことがわかる．しかし， γ_R 初期炭素濃度の比較的高い TBF 鋼は水素吸蔵による γ_R のマルテンサイト変態は抑制され，遅れ破壊試験による γ_R の体積率低下も小さい．さらに，TBF 鋼の遅れ破壊強度は， γ_R 初期炭素濃度と正の相関がみられる (Fig. 10)．この結果は，TBF 鋼の遅れ破壊強度が γ_R の安定性に大きく影響を受けることを示唆する．超高強度低合金 TRIP 鋼の遅れ破壊特性と γ_R の安定性の関係は，Fig. 11 に示すマルテンサイト変態のメカニズムと自由エネルギーの変化の模式図²¹⁾から以下のように説明することができる．

γ_R 初期炭素濃度の低い， $T_A=250^\circ\text{C}$ ， $t_A=10\text{s}$ の TBF 鋼は，式 (1) より求めた γ_R の M_S 点が $T_A=350^\circ\text{C}$ ， $t_A=10\text{s}$ の TBF 鋼よりも高い．いずれの TBF 鋼も，水素を吸蔵すると γ_R は不安定となり，オーステナイトの自由エネルギーは上昇して M_S 点は上昇する (Fig. 11 (b))． $T_A=250^\circ\text{C}$ ， $t_A=10\text{s}$ の TBF 鋼は， γ_R が非常に不安定となり，水素吸蔵や負荷によってマルテンサイト変態しやすくなる (水素+応力誘起マルテンサイト変態)．一方， $T_A=350^\circ\text{C}$ ， $t_A=10\text{s}$ の TBF 鋼は， γ_R の安定性が比較的高いため，水素によって M_S 点は若干上昇するが， $T_A=250^\circ\text{C}$ ， $t_A=10\text{s}$ の TBF 鋼よりも低い M_S 点を維持すると考えられる．そのため，高 γ_R 初期炭素濃度を有する TBF 鋼の遅れ破壊試験中の水素および応力誘起マルテンサイト変態は低 γ_R 初期炭素濃度の TBF 鋼ほど起こらないと考えられる．

以上のように，高 γ_R 初期炭素濃度を有する TBF 鋼は，ラス境界および鋼中に微細均一に存在する γ_R が水素を吸蔵することによって旧 γ 粒界などへの水素トラップを抑制し，旧 γ 粒界からのき裂が発生・進展を抑制したと考えられる．また，安定な γ_R がマルテンサイト変態を抑制して遅れ破壊試験中の γ_R からの水素の放出を抑制したことによって高い遅れ破壊強度を示したと考えられる．さらに， γ_R のひずみ誘起変態が局所的応力集中を緩和し，き裂の進展を抑制したことも遅れ破壊強度の上昇に寄与

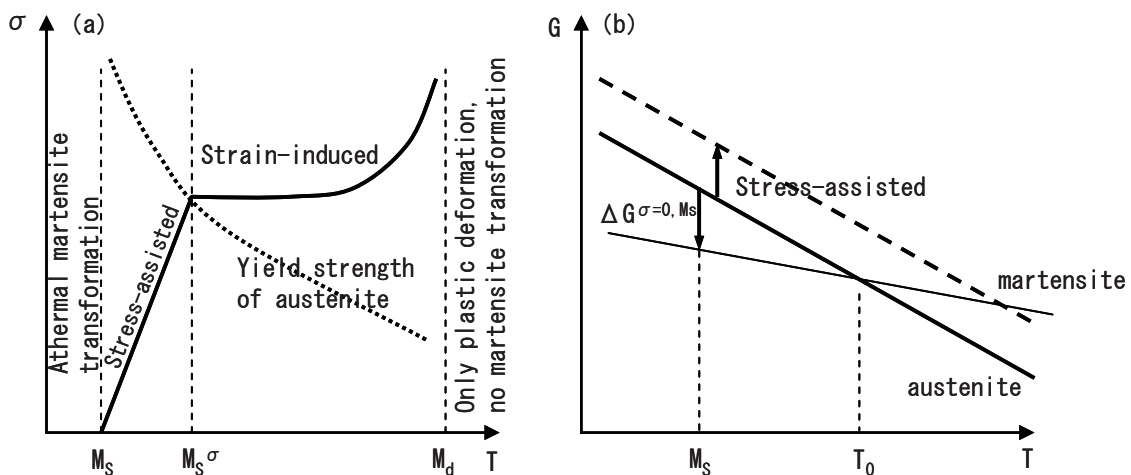


Fig. 11 Influence of temperature on (a) martensite transformation mechanisms and (b) free energy change.

したと考えられる。

5. 結言

超高強度 TBF 鋼の遅れ破壊特性を改善することを目的として、 γ_R 特性を変化させた超高強度 TBF の水素吸蔵特性および遅れ破壊特性を調査した。得られた主な結果は以下のとおりである。

(1) TBF 鋼の全吸蔵水素量は、引張強さが上昇するにしたがって増加した。また、拡散性水素は、 $T_A=350^\circ\text{C}$, $t_A=10\text{s}$ の TBF 鋼が他の TBF 鋼よりも高温側で多く放出していた。これは、ラス境界に存在する γ_R または γ_R /ベイニティックフェライト界面に多くの水素がトラップしたことに起因したと考えられた。

(2) TBF 鋼は、 $TS \geq 1400\text{MPa}$ の範囲で引張強さが高くなるにしたがって遅れ破壊強度が低下した。これは、鋼中に微細均一かつ安定に存在する γ_R が水素を吸蔵したこと、および γ_R のマルテンサイト変態が抑制され、遅れ破壊試験中の γ_R からの水素の放出が抑制されたことに起因したと考えられた。

なお、本研究は 2007 年 3 月 6 日の (社) 日本機械学会中国四国学生会第 37 回学生員卒業研究発表講演会にて一部発表を行っている。

謝 辞

本研究をご支援いただきました、(財) 天田金属加工機械技術振興財団ならびに供試鋼を提供していただいた信州大学工学部教授杉本公一先生に深く感謝の意を表するとともに、津山工業高等専門学校卒業研究生の酒本晃希氏に併せてお礼いたします。

参考文献

- 1) V. F. Zackay, E. R. Parker, D. Fahr and R. Bush: The Enhancement of Ductility in High-Strength Steels, *Trans. Am. Soc. Met.*, 60 (1967), 252-259.
- 2) K. Sugimoto, M. Kobayashi and S. Hashimoto: Ductility and Strain-Induced Transformation in a High-Strength Transformation-Induced Plasticity-Aided Dual-Phase Steel, *Metall. Trans. A*, 23A (1992), 3085-3091.
- 3) O. Matsumura, Y. Sakuma, Y. Ishii and J. Zhao: Effect of Retained Austenite on Formability of High Strength Sheet Steels, *ISIJ Int.*, 32 (1992), 1110-1116.
- 4) K. Sugimoto, J. Sakaguchi, T. Iida and T. Kashima: Stretch-flangeability of a High-strength TRIP Type Bainitic Sheet Steel, *ISIJ Int.*, 40 (2000), 920-926.
- 5) K. Sugimoto, M. Tsunazawa, T. Hojo and S. Ikeda: Ductility of 0.1-0.6C-1.5Si-1.5Mn Ultra High-strength TRIP-aided Sheet Steels with Bainitic Ferrite Matrix, *ISIJ Int.*, 44 (2004), 1608-1614.
- 6) K. Sugimoto, R. Kikuchi, M. Tsunazawa, S. Hashimoto, T. Kashima and S. Ikeda: The Effects of Heattreatment Conditions on Stretch-flangeability and Bendability of High-strength Low Alloy TRIP-aided Sheet Steels with Annealed Martensitic Matrix, *Tetsu-to-Hagane*, 89 (2003), 1065-1070.
- 7) K. Sugimoto, A. Kanda, R. Kikuchi, S. Hashimoto, T. Kashima and S. Ikeda: Ductility and formability of Newly Developed High Strength Low Alloy TRIP-aided Sheet Steels with Annealed Martensite Matrix, *ISIJ Int.*, 42 (2002), 910-915.
- 8) 松山晋作: 遅れ破壊, 日刊工業新聞社, (1989), 18.
- 9) 椿野晴繁, 原田 久: 鋼中水素透過挙動に対する残留オーステナイトの影響, 遅れ破壊解明の新展開, 日本鉄鋼協会編, (1997), 138.
- 10) T. Hojo, S. Song, K. Sugimoto, A. Nagasaka, S. Ikeda, H. Akamizu and M. Mayuzumi: Hydrogen Embrittlement of Ultra High Strength Low Alloy TRIP-aided Steels, *Tetsu-to-Hagane*, 90 (2004), 177-182.
- 11) T. Hojo, K. Sugimoto, Y. Mukai, H. Akamizu and S. Ikeda: Hydrogen Embrittlement Properties of Ultra High-Strength Low Alloy TRIP-Aided Steels with Bainitic Ferrite Matrix, *Tetsu-to-Hagane*, 92 (2006), 83-89.
- 12) T. Hojo, K. Sugimoto, Y. Mukai and S. Ikeda: Effects of Aluminum on Delayed Fracture Properties of Ultra High-strength Low Alloy TRIP-aided Steels, *Tetsu-to-Hagane*, 93 (2007), 234-239.
- 13) 田村今男: 鉄鋼材料強度学, 日刊工業新聞社, (1970), 40.
- 14) H. Maruyama: 残留オーステナイトの X 線測定方法, *J. Jpn. Soc. Heat Treat.*, 17 (1977), 198-204.
- 15) D. J. Dyson and B. Holmes: Effect of Alloying Additions on the Lattice Parameter of Austenite, *J. Iron Steel Inst.*, 208 (1970), 469-474.
- 16) T. Tsuchida, T. Hara and K. Tsuzaki: Relationship between Microstructure and Hydrogen Absorption Behavior in a V-bearing High Strength Steel, *Tetsu-to-Hagane*, 88 (2002), 771-778.
- 17) A. Kimura and H. Kimura: Effect of Carbon on the Hydrogen Induced Grain Boundary Fracture in Iron, *J. Jpn. Inst. Met.*, 47 (1983), 807-813.
- 18) J. L. Gu, K. D. Chang, H. S. Fang and B. Z. Bai: Delayed Fracture Properties of 1500MPa Bainite/Martensite Dual-phase High Strength Steel and Its Hydrogen Traps, *ISIJ Int.*, 42 (2002), 1560-1564.
- 19) 櫛田隆弘: 昇温分析法で観察される鋼中からの水素放出挙動と水素脆化の相関, 遅れ破壊解明の新展開, 日本鉄鋼協会編, (1997), 35-40.
- 20) S. L. I. Chan, H. L. Lee and J. R. Yang: Effect of Retained Austenite on the Hydrogen Content and Effective Diffusivity of Martensitic Structure, *Metal. Trans. A*, 22A (1997), 2579-2586.
- 21) G. B. Olson and M. Arzin: Transformation Behavior of TRIP Steels, *Metall. Trans. A*, 9A (1978), 713-721.

Study of Amorphous Carbon Nitride Films Aiming at White Light Emitting Devices

Kunio Itoh* and Yuta Iwano**

The possibility for white light emitting devices using carbon nitride (CNx) thin films has been studied. Microwave ECR-plasma CVD and RF-sputtering apparatuses have been used for the formation of CNx thin films. In both cases, CH₄ was used as the source or sub-source of carbon in order to investigate the effect of hydrogenated carbon nitride for luminescence. The cathodeluminescence (CL) measurement of the film grown by ECR-plasma CVD method showed three peaks of R/G/B. The photoluminescence (PL) measurement of the film grown by RF-sputtering also showed the red peak, which could not be observed in the film without hydrogen. Together with the X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS) analysis data, we concluded that the red peak originates from C-H bonds and blue peak from C-N bonds.

KEYWORDS: white light emitting device, hydrogenated carbon nitride, spectrum, C-H bond, C-N bond

1. INTRODUCTION

1.1. Background

Recently blue LEDs (Light Emitting Diode) using GaN semiconductor are commercialized and we can compose the white light by using the red, green and blue LEDs. Today the white LEDs composed by applying the yellow phosphors to the blue LEDs are put to practical use. The white LED has great advantages, compared with the conventional light sources such as fluorescent lamps. For example, the power consumption is expected to be almost the half of a fluorescent lamp, toxic substance such as mercury is not used in the device, and it has long lifetime of about 100,000 hours, that is, 11years. However white LED has also disadvantages to be solved. For example, it is high cost because the blue LED that is used for composing white light uses sapphire substrate, and it has not a good color rendering property due to being composed by applying only yellow phosphors to the blue LED.

Meanwhile, optical characteristics such as photoluminescence:PL¹⁾, cathodeluminescence:CL²⁾ and electroluminescence:EL³⁾ as for amorphous carbon nitride (a-CN_x) have been reported.

Especially, R.Reyes et al. showed the white-blue EL emission at room temperature using a-CN_x for an applied voltage of 6V.³⁾ The EL structure is shown in Fig. 1, in which an indium tin oxide (ITO) layer is used as transparent anode while an Al film is used as the cathode and the emitting layer is an a-CN_x thin film.

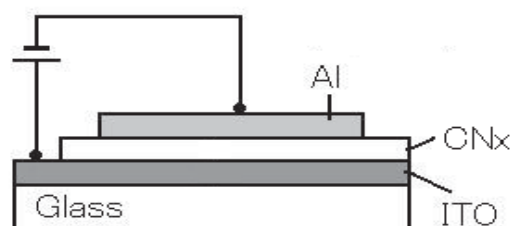


Figure 1 Emitting light device configuration³⁾

They showed that the EL spectra peaked at 475nm (2.6eV), but red emission was not observed. On the other hand, H.K.Jang et al. observed the 2.16eV yellow peak for a-CN_x film. In this case methane (CH₄) gas was used as the source of carbon.

Nitta et al.⁴⁾ suggested the model of density of state about a-CN_x shown in Fig. 2. They reported that the transition whose energy is 1.4eV~1.9eV is interband transition between π^* conduction band and lone-pair valence band of nitride. This is equivalent to the optical energy gap (Tauc Energy). According to this model, the transition whose energy is more than 2eV occurs between π^* conduction band and π valence band, or σ^* conduction band and lone-pair valence band.

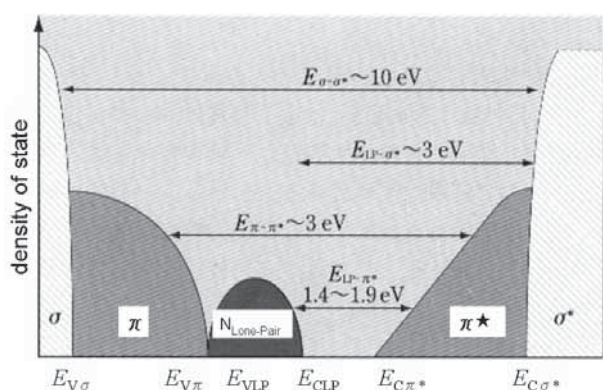
Received July 19, 2007

* Department of Electrical and Electronic Engineering

**Advanced Electronic and Information System Engineering

Course 1st Grade

This study was performed in collaboration with Dr. K. Takarabe of Okayama University of Science and S.Kunitsugu of Industrial Technology Center of Okayama Prefecture.


 Figure 2 Model of density of state about a-CN_x⁴⁾

1.2. Background

Under these backgrounds, the purpose of this study is to investigate the possibility for white light emitting device using a-CN_x. In this paper, we report on a-CN_x thin films prepared by using ECR-plasma CVD apparatus and RF-sputtering apparatus. In both cases, CH₄ was used as the source or sub-source of carbon in order to investigate the effect of hydrogenated carbon nitride for luminescence in more detail.

2. EXPERIMENT

2.1. Fabrication by Microwave ECR-plasma CVD

Figure 3 shows the ECR-plasma CVD apparatus that was used for this study. N₂ and CH₄ were used as reactive gases and flowed into the evacuated plasma chamber. We applied Microwave (2.45GHz) power to mix gas in the condition of ECR and made plasma in the chamber and deposited a-CN_x on the aluminum substrate. Deposition of a-CN_x was performed in the condition that microwave power was 180W and synthesis time was 24hour, and gas flows of N₂ and Ar are 100sccm and 0.8sccm, respectively.

Cathode Luminescence (CL) measurement was performed in the case of CN_{1.04} film. In measuring CL intensity, we used CL-SEM in the conditions that accelerating voltage is 15kV, current is 1nA, temperature is RT, and measured area is 185×220μm². The result is shown in Fig. 4. As seen in Fig. 4, CL spectrum of a-CN_x has three peaks. The peak of 2.14eV is red (580nm), and 2.56eV is green (480nm), and 3.10eV is blue (400nm). This spectrum includes three colors of R/G/B covering the

white color region, as shown in Fig. 5.

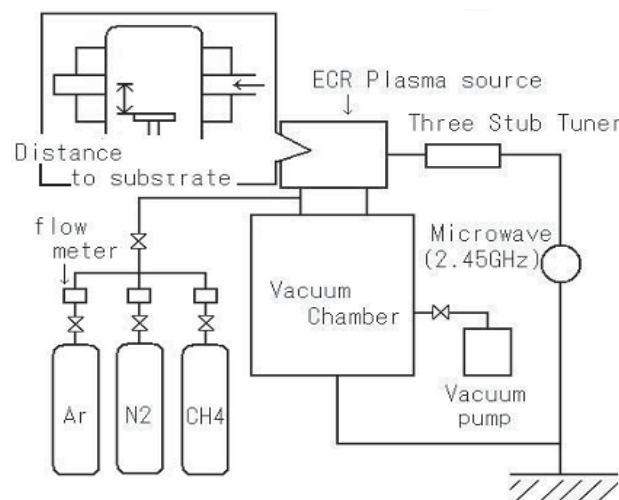


Figure 3 ECR-plasma CVD apparatus

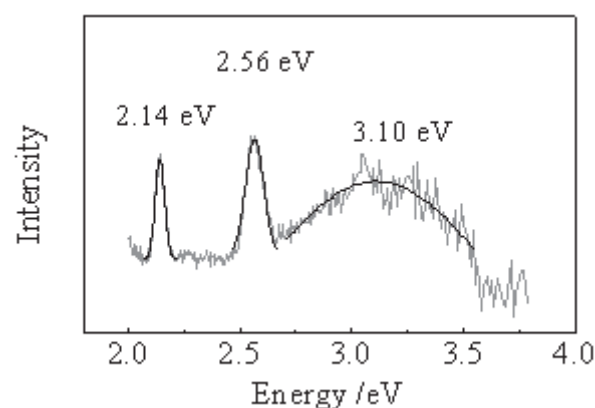


Figure 4 Cathode Luminescence measurement result

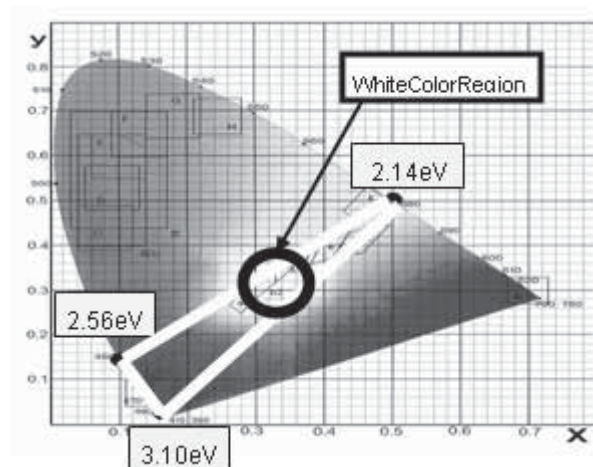


Figure 5 Plot of 3 peaks on Color Diagram

As for the Electroluminescence (EL) emission reported by R.Reyes³⁾, C-H bond is not included because it is composed in no hydrogen condition. As a result, only the blue emission was observed due to C-N bonds. On the other hand, the CN_x film that was composed using microwave ECR-plasma CVD in this time has the emission of red light possibly due to C-H bonds¹⁾ because it is composed in a condition including hydrogen. Therefore, we can expect white light emission with good color rendering by controlling the red peak originated from C-H bonds, and green and blue peaks originated from C-N bonds.

2.2. Fabrication by RF-sputtering

The feature of the film fabricated in this time by using RF-sputtering method is the use of CH₄ gas in addition to the N₂ and Ar gases. The reason is that the use of CH₄ may increase the C-H bonds, which is considered to be the origin of red light, as described in 2.1.

N₂ and Ar and CH₄ were used as reactive gases and flowed into the plasma chamber. After the chamber was evacuated until 2.0×10^{-3} Pa, N₂ and Ar gas were flowed into the chamber and the pressure was kept to 0.8 Pa. Ar gas was flowed to make the discharge stable. The ITO deposited glass substrate was etched under the condition that RF-power was 100W×10min and the carbon target was pre-sputtered under the condition that RF-power was 500W×60min. The substrate bias was -100V and the substrate temperature were 100V.

Figure 6 shows the experimental result of nitrogen concentration in the grown film as a function of flow gas ratio of N₂/Ar. It is seen that the higher the ratio of N₂/Ar the higher the nitrogen concentration in the film. But nitrogen concentration seems to saturate at about 30%. It might be difficult to increase the nitrogen concentration more than 30% by using N₂ and Ar gases simultaneously in RF-sputtering method.

The characteristics of a-CN_x(H) films which were obtained under the condition that N₂ and Ar gas flows were 8.0sccm and 2.0sccm respectively (N₂/Ar =4.0) were investigated by using the X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS) and optical absorption. In this case, CH₄ gas flow was changed as a parameter.

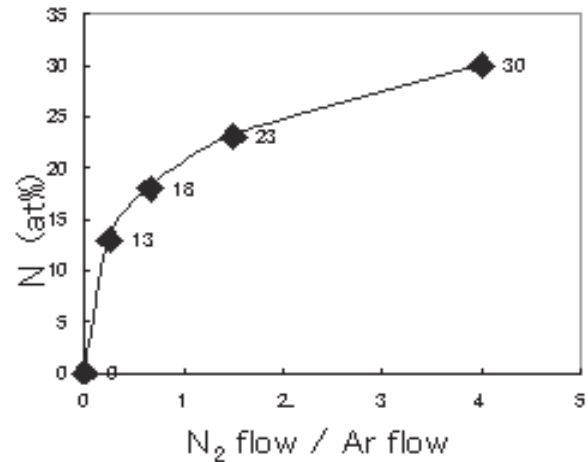


Figure 6 Nitrogen concentrations in the film vs. N₂/Ar flow rate

Table I XPS measurement result

Sample	Flow / sccm			XPS / at %		
	N ₂	Ar	CH ₄	C1s	N1s	N/C
CN1	8.0	2.0	0	75	25	0.33
CN2			1.0	85	15	0.18
CN3			5.0	90	10	0.11
CN4			10.0	92	8	0.09

Table I shows the XPS measurement result. It is seen that the ratio of N/C in the film decreases as the flow of CH₄ increases. This means that the C in CH₄ as well as the carbon target contributes to the growth of a-CN_x.

Figure 7 shows the XPS N1s core-level spectra of a-CN_x(H) films shown in Table I. In order to investigate the bonding chemistry from N 1s spectra, each spectrum was decomposed into two peaks as shown in Fig.7. These peaks originate from C-N sp³ bond (398.3eV) and C-N sp² bond (399.9eV).

Figure 8 shows the optical absorption data. The relationship between $(\alpha h\nu)^{1/2}$ and $h\nu$ are plotted in this figure. Here α , h and ν are absorption coefficient, Planck's constant and optical frequency, respectively. From these curves, we can obtain the Tauc energy gaps which corresponds to the E_{LP- π *} energy band in Fig.2.

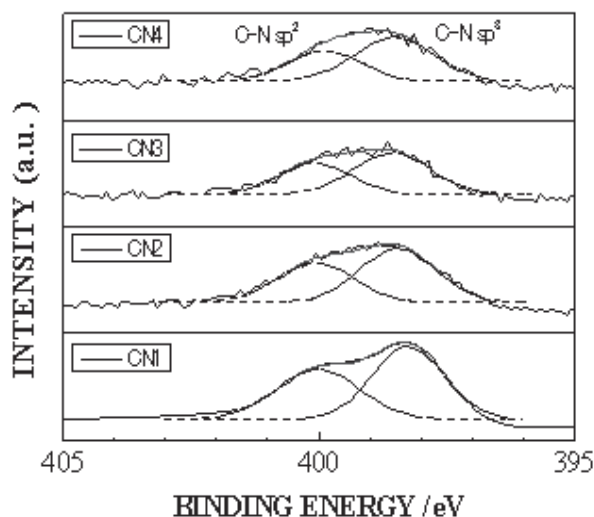
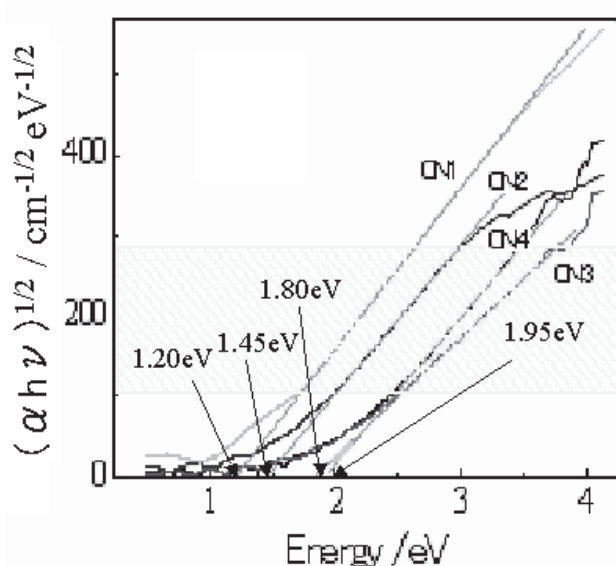

 Figure 7 N 1s XPS spectra of a-CN_x (H) films


Figure 8 Optical absorption data

Table II summarizes the results of Fig.7 and Fig.8. From this table, we understand that the ratio of C-N sp³ increases as the ratio of N/C decreases and the increase of C-N sp³ result in the increase of Tauc gap.

Figure 9 shows the C-N sp² fraction and optical energy gap E_g as a function of N/C ratio. It is well known that the C-N sp² phase clusters together and decrease the energy gap⁴⁾. Therefore the smaller the N/C ratio, the smaller the C-N sp² clustering, which result in the increase of C-N sp³ bond and energy gap.

Table II Summary of decomposed two peaks

Sample	XPS / at %			
	N/C	C-N sp ² %	C-N sp ³ %	E ₀ eV
CN1	0.33	44.1	55.9	1.20
CN2	0.18	42.2	57.8	1.45
CN3	0.11	41.2	58.8	1.80
CN4	0.09	38.8	61.2	1.95

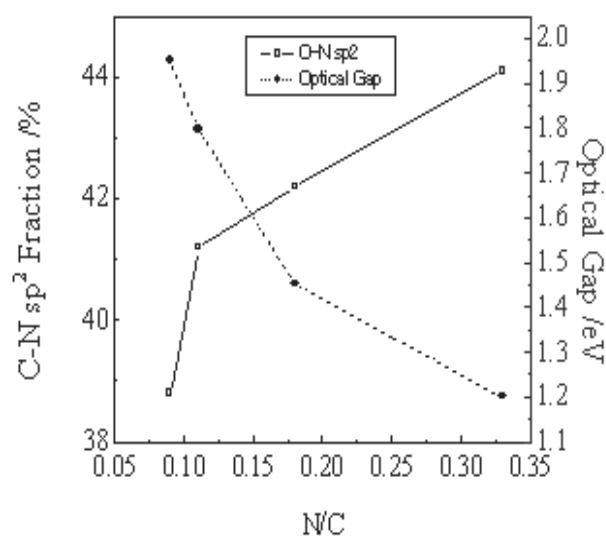


Figure 9 Relationship between N/C ratio and optical characteristics

Photo-Luminescence (PL) characteristic was investigated at room temperature by using Ar ion laser whose wavelength is 515nm. Figure 10 shows the PL result of Sample CN2 in Table I.

As seen from this data, the longest wavelength is about 850nm (1.45eV), which corresponds to the tauc energy, and the peak wavelength is 590nm (2.1eV) corresponds to either π - π^* transition or N_{LP} - σ^* transition. On the other hand, PL result of sample CN1 that contains no H does not show the 590nm peak wavelength. From these results, the origin of 590nm red emission seems to be due to the radiation recombination through localized states relating C-H bonds.

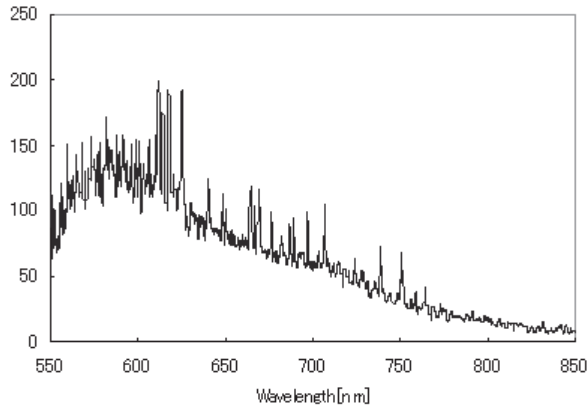


Figure 10 PL characteristics of a-CN_x(H) composed by RF-sputtering

3. CONCLUSION

We fabricated a-CN_x thin films aiming at white light emitting devices by using ECR-plasma CVD and RF-sputtering apparatuses. In order to investigate the effect of hydrogen in CN_x film, we used methane (CH₄) gas as the source or sub-source of carbon.

As a result of CL measurement of a-CN_x that was composed by ECR-plasma-CVD, three peaks of 2.14eV, 2.56eV and 3.10eV were observed. The peak

of 2.14eV is supposed to be due to the C-H bonds in the film.

As for the PL measurement of the samples, which were composed by RF-sputtering, 2.14eV (590nm) red peak was observed only in the sample which contain hydrogen in the films. From these two results, the origin of 2.1-2.14eV red peaks seems to be due to the radiation recombination through localized states relating C-H bonds.

Optical gap decreases as the N/C ratio increases, due to increase of C-N sp² content.

We can expect a-CN_x as a white light emitting device by controlling content of C-N bonds and C-H bonds

REFERENCES

- 1) H. K. Jang, G. Kim, Y. S. Lee, S. W. Whangbo : J. Vac. Sci. Technol. A 17, 5 (1999) 2607.
- 2) W. J. Hsieh, P. S. Shih, C. C. Liu, C. Y. Wang, H. C. Shih : Diamond. Relat. Mater. 14 (2005) 93.
- 3) R.Reyes, C. Legnani, P. M. Ribeiro Pinto, and M. Cremona : Appl. Phys. Lett. 82 (2003) 4017.
- 4) S.Nitta : Appl. Phys. 69. 7 (2000) 782.
- 5) A.C.Ferrari, S.E.Rodil, and J.Robertson : Phys. Rev. B67 (2003) 155306-1

高電圧半導体モジュール樹脂ケースの汚損耐電圧特性の研究

田辺 茂* 小川友也** 井上和哉***

Study on dielectric characteristics of Contaminated Resin Case For High-voltage Semiconductor Module

Shigeru TANABE, Tomoya OGAWA and Kazuya INOUE

The purpose of this study is to clarify insulation characteristics of contaminated resin case for high-voltage semiconductor modules under dc voltage. Also this study plans to develop a novel design of resin case which has higher insulation performance. 3 kinds of model are prepared for the test made of PBT and PPS resin. The tests were carried out under the conditions of 50 °C and 80%RH. We found out that the design now used for 1700V IGBT maintain enough dielectric strength for 30 years under 0.06mg/cm² contamination. We also evaluated new case models and they showed little improvement.

Key words: creepage insulation, contaminated surface, semiconductor module, resin case

1. 緒 言

近年の電力用半導体オンオフ制御素子は、その設計・製造技術などの進歩により高電圧化がめざましく進展している。例えばトランジスタの低オン電圧特性と MOS-FET の容易な制御性を兼備した IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) は、現在では耐電圧が 3300V のものまで容易に入手可能になり、産業部門や電力部門で盛んに使用されるようになってきた。^{1), 2)} さらには、シリコンの限界を超えるパワー半導体素子を開発するため、ワイドバンドギャップの炭化ケイ素 (SiC) をはじめとする半導体材料の研究が盛んであり、すでに SiC を用いたショットキーバリアダイオードの小容量品は市販が始まっており、また MOS-FET の試作などが発表されている。^{3), 4)} こうした材料が開発されれば電力用半導体オンオフ制御素子の高耐圧化は一段と進展すると予想される。

一方、パワー半導体素子には平形とモジュール形の形状がある。平形はディスク状で両面から冷却ができることと直列接続が容易という利点があるが、ケースが高価という欠点がある。他方のモジュール形は樹脂製ケースを用い、冷却面と端子を備える面が別々である。この形状は素子の取り付けが容易でケ

ースが安価に製作可能という利点がある反面、樹脂をケースとして使用しているため、絶縁信頼性については十分な注意が必要である。

パワー半導体素子を用いた電力変換装置は海岸近くあるいは鉄鋼の圧延現場など汚損環境の厳しい場所に設置される機会が多い。こうした場所でモジュール形半導体素子を使用すると、端子間が長年の使用により汚損されて部分放電が発生し、絶縁特性が劣化することが懸念される。

本研究の目的は、高電圧半導体モジュールに用いる樹脂ケースの汚損状態での耐電圧特性を明らかにすることであり、特に長期間の課電により耐電圧が低下する特性 (長時間 V-t 特性) を把握することにある。さらには、外形を大型化することなく現状のケースよりも絶縁信頼性の高い、高電圧に長時間耐えることができる樹脂ケースの形状を提案することを目的としている。

2. 対象としたケースとそのモデル

図 1 に 1700V 定格で、1つのケースに2つの IGBT が収納されている 2 in 1 タイプの素子の外形を示す。本研究が対象とするケース外形はこれと同じ寸法とした。このタイプが最も汎用性が高いと考えられるからである。この電圧定格のケースは標準化が図られており、メーカーによる外形の差はほとんどない。

実際に絶縁試験をする場合には、内部に半導体チップが入っている必要はないので、樹脂性ケースと端子のみを模擬したモデルを作成して、試験に用い

原稿受付 平成 19 年 8 月 31 日

* 電気電子工学科

** 電子情報システム工学平成 19 年 3 月終了

*** 電気電子工学科 5 年生

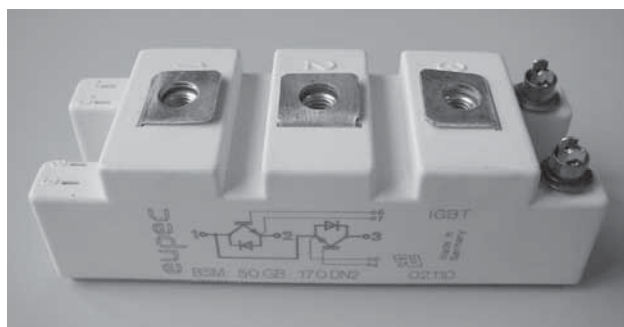


Fig.1 Outline of a 1700V IGBT

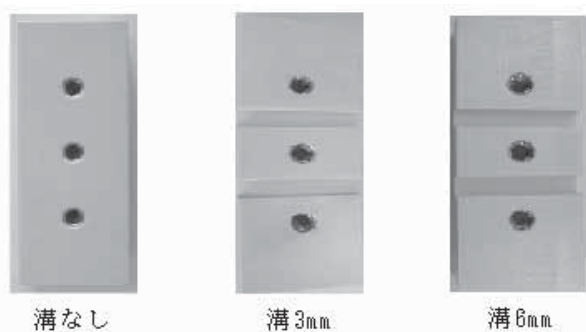


Fig.2 Outlines of case models under test

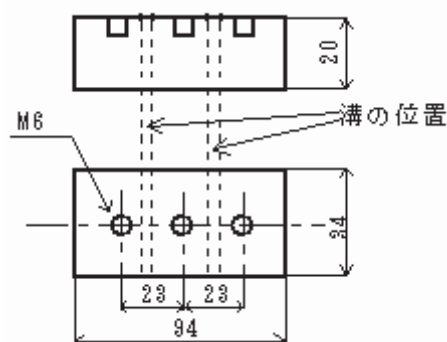


Fig.3 Dimensions of the case model

た。その外形を図2に示す。モデルは端子間の沿面形状を種々変えて作成したが、ここには基本的な3種類を示している。溝なしモデルは端子間が平坦な基本形であり、溝3mmおよび溝6mmモデルは、沿面絶縁距離を伸ばすために端子間にそれぞれ深さ3mmおよび6mmの溝を設けている。図3はモデルの寸法を示す。外形と端子の位置は現状の1700V素子と同じにしてある。

また樹脂は一般に半導体モジュールの材料として用いられているPPS (Poly Phenylene Sulfide) とPBT (Poly Butylene Terephthalate) の2種類を比較した。⁵⁾

3. 試験方法

試験回路を図4に示す。印加電圧は、電圧形インバータでの適用を想定して直流とした。使用した電源は定格10kV-0.2Aである。試料は恒温恒湿器内に置き、周囲条件は50℃-80%RHとした。この条件は一般に屋内に設置される盤の内部環境の最悪を想定している。⁶⁾

汚損条件は主に0.06mg/cm²の等価塩分付着密度としたが、比較のために0.03mg/cm²でもいくつかの試料については試験をした。この汚損度は実際にフィールドで測定した値をもとに決定した。⁶⁾ 表面は、所定の汚損度に相当する汚損液をふでで塗布して自然乾燥させることにより汚損した。⁷⁾

電圧は上昇法により昇圧していき、フラッシュオーバーする電圧を測定した。課電時間は10秒、100秒、10分、30分の4種類とし、試料数は1条件あたり5ヶとした。

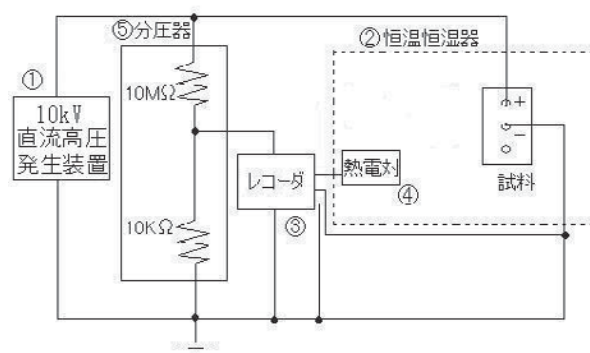


Fig.4 Test circuit

4. 試験結果と考察

4.1 材料による絶縁特性の比較

2つの材料それぞれについて、図2に示した3種類のモデルを試験した結果を両対数グラフにまとめると図5と図6のようになった。プロットした各データは5ヶの試料の平均値である。どの試験条件も全て直線で近似でき以下の式で表現できる。

$$E = k t^{-n} \dots (1)$$

ここでE：フラッシュオーバー電圧

k：縦軸の切片、主に沿面形状に依存

n：直線の傾き、主に絶縁材料に依存

各試験条件について、傾きnの値をまとめると表1のようになる。どちらの材料もn値は試料の形状

TABLE 1 Test results

材料	形状	傾きn	傾きnの平均値	傾きnの標準偏差
PPS	溝なし	0.0138	0.0322	0.0133
	溝3mm	0.0451		
	溝6mm	0.0376		
PBT	溝なし	0.0294	0.0326	0.0025
	溝3mm	0.0328		
	溝6mm	0.0355		

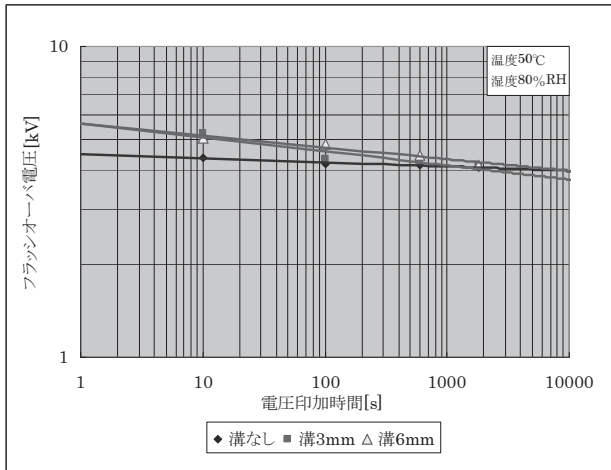


Fig.5 Test results of PPS

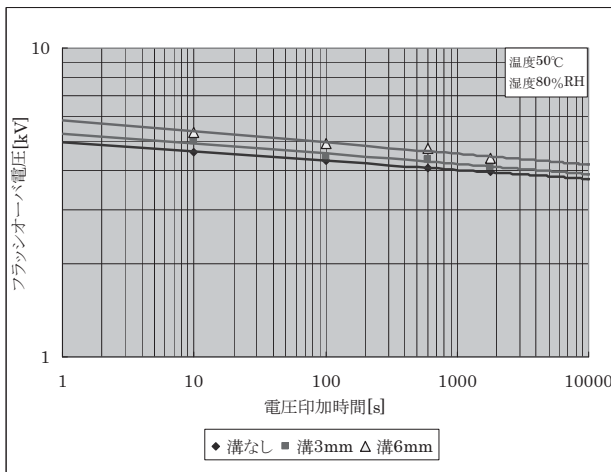


Fig.6 Test results of PBT

ごとにその値は異なっているが、3種類の平均でみると両者に有意差は見られない。ところがnの標準偏差をみると両者には大きな差があることがわかる。すなわち PPS の材料はn値の試験条件ごとのバラツキが非常に大きい。このことは図5では、3本の直線の傾きが大きく異なってみえることから容易に判断ができる。また、試験後の試料表面を目視で観察すると PPS 樹脂製のモデルのほうが、アーク痕が深く削られるように残ることがわかった。以上の結果より、高電圧半導体モジュールのケース材料としては、PPS よりも PBT の方が優れていると考えられる。

4.2 沿面絶縁距離の影響

図5と図6の結果をV-tカーブにおける切片kについてまとめると表2のようになる。表2にはkと合わせて端子間沿面絶縁距離のデータも示した。表2より、溝を設けたモデルは、沿面絶縁距離が長くなった割合ほどには、耐電圧の改善がなされていないということがわかる。例えば溝6mmのモデルは沿面絶縁距離が溝なしモデルに比べて1.71倍になっているにも関わらず、k値は1.21倍にしかっていない

のである。

TABLE 2 relationship between k and creepage distance

形状	材料	切片 k [kV]	k の平均 [kV]	k の比率 (*)	Cd(**) の比率
溝なし	PPS	4.52	4.73	1.00	1.00
	PBT	4.94			
溝 3mm	PPS	5.65	5.47	1.16	1.35
	PBT	5.28			
溝 6mm	PPS	5.65	5.73	1.21	1.71
	PBT	5.81			

(*)比率は溝なしを 1.00 としている
 (**)cd：沿面絶縁距離

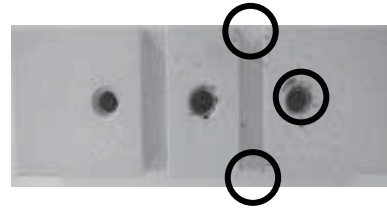


Fig.7 Concentration of Electric Field

沿面絶縁距離に比例して耐電圧が改善されない理由の一つが電界の集中であると考えられる。図7に溝6mmモデルの放電痕を○印で示す。端子部周辺とベースプレートに対して垂直なコーナー部に電界が集中して放電痕が認められる。ここでは示さないが、高速度カメラを使用して放電の様子を観測した結果絶縁破壊の前にこれらの部分における部分放電が認められた。

4.3 絶縁信頼性の評価

今回評価した3種類のPBT製モデルについて、その絶縁信頼性を考察する。図6のように得られたV-tカーブから、このカーブを延長することにより長期間経過後のフラッシュオーバー電圧を予測することができる。ここでは、一般に電力機器に求められる設計寿命を考慮して30年後を予測する。その結果を表3に示した。どの形状でも2.7kVから2.8kVのフラッシュオーバー電圧と予想することができた。これは定格電圧の1.7kVの約1.6倍である。さらに、取得したデータのばらつきを正規分布と仮定して、30年後にフラッシュオーバー電圧が1.7kVを超える確率を求めた結果を同じく表3に示した。実用上十分な信頼性で30年後も1.7kVの電圧に耐えると予想することができた。

TABLE 3 Evaluation of insulation reliability

材料	形状	予測耐電圧 [kV]	1.7kVを上回る確率
PBT	溝なし	2.69	99.99
	溝 3mm	2.68	99.99
	溝 6mm	2.79	99.87

4.4 汚損度の影響

以上述べてきた実験は全て等価塩分付着密度 $0.06\text{mg}/\text{cm}^2$ で行った。汚損度の影響を調べるために $0.03\text{mg}/\text{cm}^2$ でも試験を行った。⁸⁾ PBT の樹脂を材料とした試料の結果を $0.06\text{mg}/\text{cm}^2$ の場合と比較して表 4 に示す。表 4 より、傾き n は 3 種類の形状を平均してみると $0.03\text{mg}/\text{cm}^2$ のほうが大きくなっていることがわかる。これは $0.03\text{mg}/\text{cm}^2$ のほうが表面にドライバンドが形成しやすいので部分放電が発生しやすくそのために材料の劣化が早いと推定されるが、原因を特定するには詳細な観察が今後必要である。一方切片 k は $0.03\text{mg}/\text{cm}^2$ のほうが 3 種類のモデルの平均で 11%ほど大きくなっている。これは、k が短時間領域の絶縁破壊電圧を表していることから妥当な結果と考えられる。

TABLE 4 Contamination effects on PBT resin

形状	傾き n		切片 k [kV]	
	0.03 [mg/cm ²]	0.06 [mg/cm ²]	0.03 [mg/cm ²]	0.06 [mg/cm ²]
溝なし	0.0469	0.0294	5.82	4.94
溝 3mm	0.0533	0.0328	6.14	5.28
溝 6mm	0.0345	0.0355	5.81	5.81

5. ケースの高耐圧化の検討

前章で、現状のケース形状でも定格電圧 1.7kV に対する絶縁信頼性は十分であることが明らかになった。しかし今後の SiC などの新素材の登場により、ケース寸法を大きくすることなく従来以上の高電圧に耐えうる樹脂ケースが要求されると予想される。そこで、前章で明らかになった電界集中部分の形状を変更することにより電界を緩和し、 3.3kV 定格の IGBT まで現状の 1.7kV 用のケースと同じ外形で対応できないかを検討することにした。⁹⁾

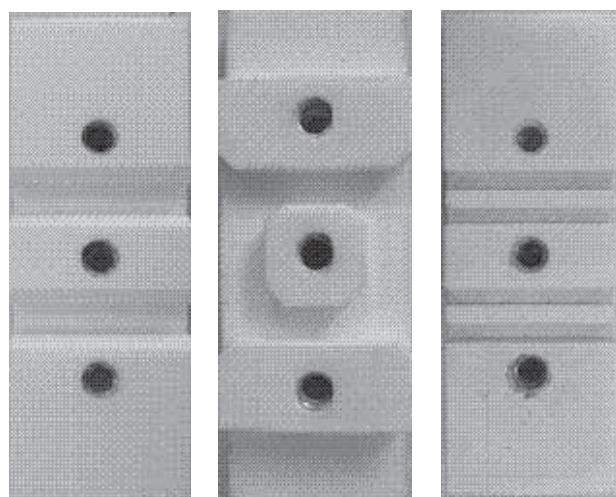
5.1 改善案モデル

図 8(a), (b), (c) に 3 種の改善案モデルの外形を示す。また図 9, 10, 11 にはそれぞれの寸法図を示す。図 8(a) は溝側面改善モデルと称したもので、ベースプレートに対して垂直になる面と、端子のある平面が形成する直角の部分の電界を緩和することを意図した形状になっている。端子のある平面部に C (平面面取り) をとっているが、理想的には R (曲面面取り) をとりたいところであった。加工性を考慮して C 加工とした。

図 8(b) は溝エッジ改善モデルと称したもので、溝の端部のみを C 加工して電界緩和を図ると共に、さらに電界緩和の効果を高めるために、中央の端子を

島のように孤立させ、その四隅を C 加工した。これにより、ベースプレートに対して垂直のコーナー部同士の絶縁距離を長くすることができる。

図 8(c) は絶縁障壁モデルと称した改善案で、溝の中に障壁を設けることで沿面絶縁距離を約 1.2 倍伸ばし、またアークの進展を阻止することをねらった。障壁の高さは、溝の深さ 6mm の半分の 3mm とした。これは障壁高さが溝深さと同じ場合には、アークが障壁をブリッジして相手端子に伸びることで、溝と障壁の効果が低減することを防止するためである。なお、試料の樹脂材料は 3 種類の改善案すべて PBT とした。



(a) 溝側面改善 (b) 溝エッジ改善 (c) 絶縁障壁
(a) Slot side modified (b) Slot edge modified (c) Barrier added

Fig.8 Three types of modified model

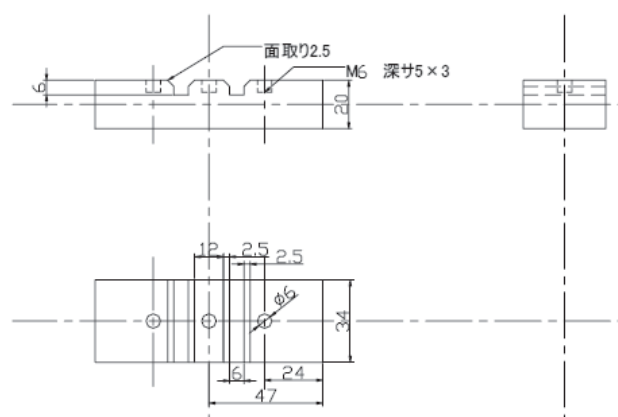


Fig.9 Slot side modified model

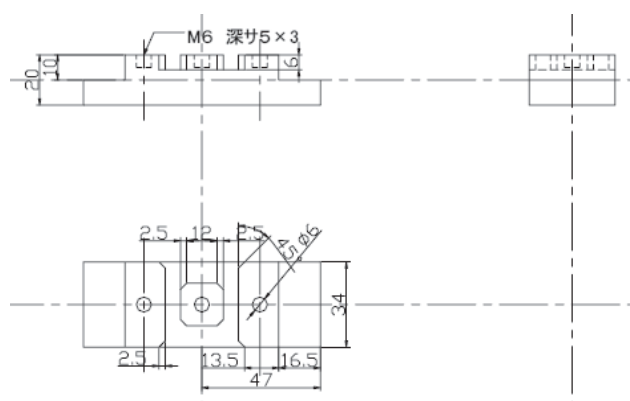


Fig.10 Slot edge model

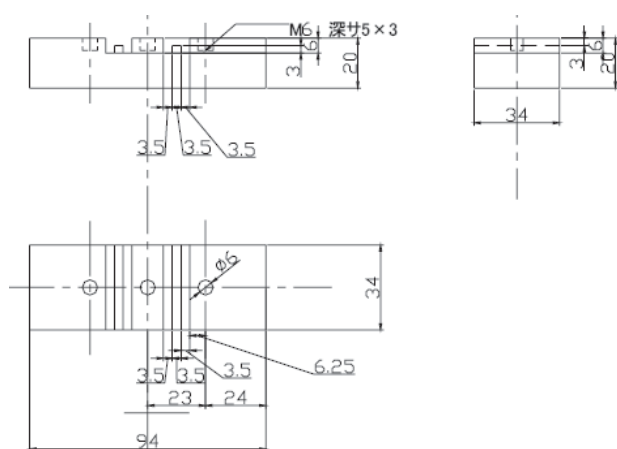


Fig.11 Barrier added model

5.2 試験方法

試験は3章で述べた方法と全く同様に行った。

5.3 試験結果

3種類の改善モデル試験結果をまとめて図12に示す。また得られたV-tカーブから傾きnと切片kの値を求めたものを表5に示す。表には参考として、溝6mmモデルの結果も合わせて示している。

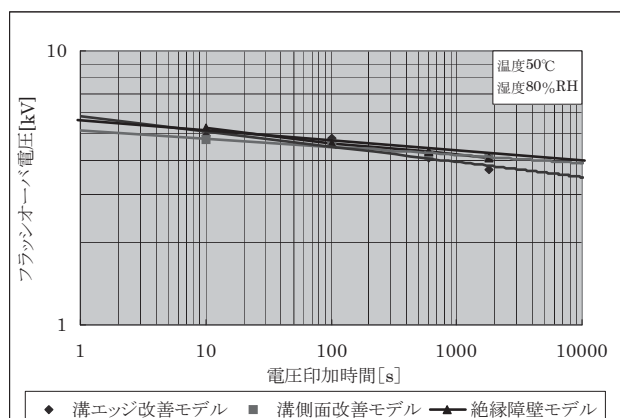


Fig.12 Test results of modified models

TABLE 5 Comparison of k and n

モデル形状	傾き n	切片 k [kV]
溝 6 mm	0.0355	5.72
溝側面改善	0.0304	5.15
溝エッジ改善	0.0559	5.8
絶縁障壁	0.0478	5.83

5.4 改善モデルの評価

得られた結果から、30年後の予想耐電圧とフラッシュオーバー電圧が1.7kVを上回る確率を求めると表6のようになる。この表からどの改善モデルも溝6mmのモデルに比較して絶縁特性が改善されたとはいえないことがわかる。以下にそれぞれのモデルについての問題点を考察する。

TABLE 6 Evaluation of insulation reliability

試料	予測耐電圧 [kV]	1.7kVを上回る確率
溝 6mm	2.79	99.9
溝側面改善	2.75	99.0
溝エッジ改善	1.83	79.1
絶縁障壁	2.17	97.4

溝側面改善モデルは切片kが溝6mmモデルより10%も低下した。この理由は高速度カメラによるアークの進展具合の観測から明らかになった。図13に代表的なアークの進展の様子を示す。時刻5msから電界緩和のために設けた溝の斜めの面にアークが走り、それが時間と共に大きくなって最終的に全路破壊へと進展していく様子が明瞭に示されている。つまり、溝6mmモデルでは端子のある面に対して垂直な面が6mmあったのに対して、この改善モデルでは垂直な面の半分が斜めの傾斜面となったためこの部分にアークが走りやすくなったのである。

溝エッジ改善モデルは、V-tカーブの傾きnが他のモデルに比べて非常に大きくなったので、30年後の予想耐電圧が低い値となった。切片kは溝6mmモデルと差はほとんどない。つまり、長時間領域でのフラッシュオーバー電圧の低下の割合が、溝エッジ改善モデルは大きいといえる。その原因は、電界緩和の目的で行った溝エッジ部のC面取りであった。試験後に試料を観察すると、図14に示すようにC面取りした部分に放電痕が認められた。面取りをした分だけ、電界集中部と端子との距離が近づき、かえって逆効果となりn値を大きくしてしまったと考えられる。

絶縁障壁モデルもnとkの傾向は溝エッジ改善モデルと同様に、両者ともに値が大きくなった。これは、短時間フラッシュオーバーに対しては障壁が有効に作用して耐電圧を向上させたが、長時間領域では障壁がアークのバリアとして効果を発揮していないためと考えられた。これを確認するため、高速カメラ

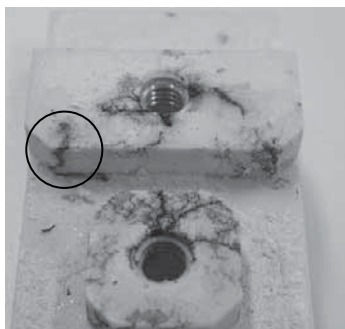


Fig.14 Arc trace after flash-over

により、アークの進展具合を観察した。これによってアークが端子から絶縁障壁の上端を經由して反対側の端子へ延びていく様子を確認できた。現状の端子間距離では、端子間に絶縁障壁を設けてアークのバリア効果を発揮させるのは困難であることが確認できた。

6. ま と め

高電圧半導体モジュールの樹脂ケースは、今後さらに高耐圧化が求められると予想されることから、その汚損時の直流電圧に対する耐電圧特性を実験により求めた。その結果現状のケースの形状および材料は、1.7kV という現状の電圧定格に対して、現実的な汚損条件下において、一般に求められている 30 年という長期間の絶縁信頼性を満たすことを明らかにした。

また今後の更なる高耐圧化に、ケース外形を大きくすることなく対応することを検討するため、3 種類

の改善モデルを提案した。試験の結果、提案したモデルは現状の形状と比較して絶縁特性は顕著には改善されないことが明らかになった。しかしこの検討から改善のためにはベースプレートと垂直な面の長さが重要であり、端子間の絶縁障壁は現状の絶縁距離では効果がないなどの知見を得ることができた。

今後は、現状の外形寸法を増加させる絶縁信頼性を向上させる対策の検討を更に進める予定である。

参 考 文 献

- 1) Infineon HP, <http://www.infineon.com>
- 2) 東芝半導体社 HP, <http://www.semicon.toshiba.co.jp>
- 3) 土田秀一, 辻 崇 他: 高速成長 4H-SiC エピタキシャル単結晶膜を用いた高電圧ショットキーダイオードの開発, 電気学会論文誌 B, 122 巻 5 号 (2002) 637-643
- 4) 大井健史, 今泉昌之: 大幅な損失低減を実現した SiC インバータ, OHM, (2006) 8-9
- 5) W.W.Sheng and R.P.Colino: "Power Electronics Modules", CRC Press p.p84-90 (2005)
- 6) S.Tanabe, et.al: "Insulation Characteristics of Water Cooled Thyristor Valve for HVDC Transmission" 電気学会論文誌 B, 117 巻 6 号, (1997)
- 7) 絶縁試験法ハンドブック 電気学会 pp287-297 (1971)
- 8) 小川友也, 田辺茂: 半導体モジュールパッケージの汚損耐電圧特性の検討, 平成 17 年電気学会電力・エネルギー部門大会 No. 405 (2005)
- 9) 小川友也, 田辺茂: 半導体モジュールパッケージの汚損耐電圧特性の検討-第 2 報 沿面形状の検討-, 平成 18 年電気学会電力・エネルギー部門大会 No. 289 (2006)

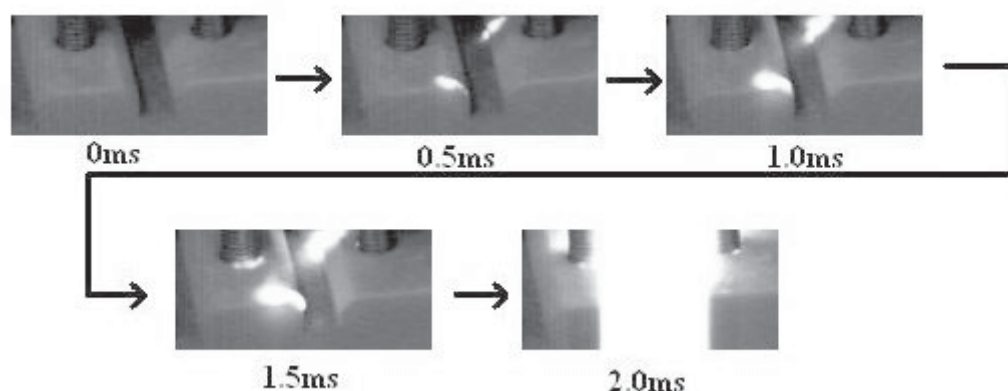


Fig.13 Arc progress during flash-over

高周波専用蛍光ランプの電極スポット位置に関するシミュレーション

植月唯夫 三宅秀明

Simulation as for Position of Electrode spot of Fluorescent Lamp for High Frequency Operation

Tadao Uetsuki and Hideaki Miyake

It is very useful for thinking the lamp life to grasp the spot position of the electrode filament of the fluorescent lamp. In this research, the spot position on the electrode of the fluorescent lamp was grasped by regarding the electrode as the electric circuit, which consisted of the resistance and inductance. The calculated result showed the following two things. Firstly, the spot position at cathode cycle moves as the lighting time increases. Secondly the spot position at the anode cycle does not move as much as at the cathode cycle.

Key words fluorescent, lamp life, electrode spot

1. 緒 言

蛍光ランプの電子放出する場所（エミッションポイント）が点灯時間と共にどのように変化するかは、蛍光ランプの信頼性、特に寿命評価（予測）に関する信頼性を高めることを目的として、1950～1960年代にかけて多くの研究がなされた^{1)～4)}。これらの研究対象はグロースタータを利用した商用周波数点灯のランプに対するものであった。以下、この商用周波数点灯のランプをFLタイプと呼ぶ。

現在の蛍光ランプシステムの多くはインバータを利用した高周波点灯システムであり、これらのために設計されたランプをHFタイプと呼ぶことにする。HFタイプはFLタイプとは以下の2点で異なっている。

(1) 点灯周波数が異なるため、電極近傍の陽極サイクル時と陰極サイクル時とで電極近傍のプラズマ状態が異なり、電極へのエネルギー注入機構が異なる可能性がある。つまり電極温度などに差がある。そのため、従来のFLタイプの電極（ダブルコイル）ではなく、高周波点灯の

ために設計された電極（トリプルコイル）が使用されている。ダブルコイルとトリプルコイルの形状の違いを図1に示す。

(2) FLタイプは点灯中に電極を流れる電流は放電電流だけであり、それに即した電極設計がされている。一方、高周波点灯システムでは放電電流と同時に電極加熱のための循環電流を流す設計になっており、この循環電流の位相が放電電流と異なっている。

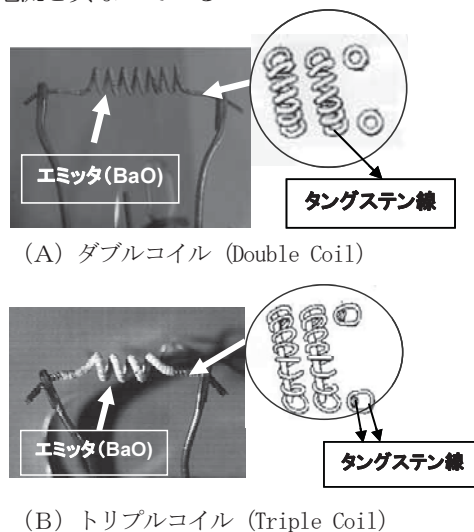


図1 FLタイプの電極 (A) HFタイプの電極 (B)

Fig.1 (A) Double filament coil for FL-type
(B) Triple filament coil for HF-type

このようにHFタイプとFLタイプでは、点灯条件が異なる。そのため従来のFLタイプに対する研究結果が現在の点灯システムであるHFタイプのランプに適用できないという問題点があった。そのため、高周波点灯時の電極からの電子放出の状況がどう変化するか、渡辺⁵⁾や御園⁶⁾、植月等^{7)~9)}によって研究なされてきた。そしてそれらの研究によって、ランプの電極や電極近傍プラズマの状況に関する物理的な違いが明確になった。しかしながら、それらは物理的な現象の解明であって、実際にどのように応用するかについては未検討である。たとえば、インバータの種類に対しても数多く存在し、その各々に対して上述した2つが物理的にどのように影響を受けるかを調べるのは非常に困難な状況である。本研究では、現在主流となっているインバータ点灯システムでのランプ寿命の評価を行うことを最終目的として、現行の点灯システムでエミッションポイントを把握できるかどうかの検討を行ったので報告する。

2. 実 験

2.1 点灯装置および測定結果

点灯実験に用いたランプ点灯システムの回路図の一部(概略図)を図2に示す。そして各電流(ランプ電流と図2のa端子、b端子の電流)波形とa b端子間のフィラメント電圧波形を図3に示す。

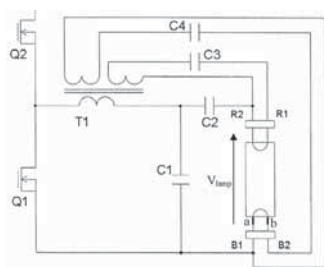


図2 ランプ点灯システムの回路図の一部
Fig.2 Part of the lamp operating system

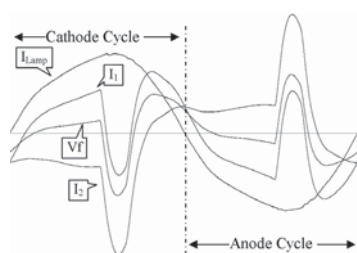


図3 各電流波形とフィラメント電圧波形
Fig.3 Measured wave-form

使用したインバータは「Hf 蛍光灯電子安定器：National FZ32192970」であり、蛍光灯ランプは「TOSHIBA FHF32EX-N」である。図3のデータは未点灯(新品)のランプを定格点灯した場合の波形である。

2.2 電極の発光状態の観察

上述したインバータ点灯システムで点灯させ、点灯時のフィラメントの発光状態を観察した。そして電極にスポット(輝点)ができていることを観察した(図4参照)。その発光状態より電極のある一点(輝点に相当する部分)に放電電流が流れ込む、あるいはそこから流れ出すと考えた。

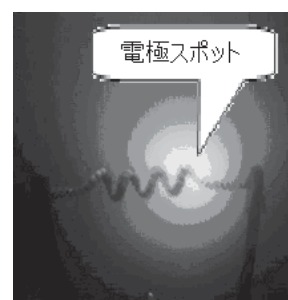


図4 電極近傍の発光状態
Fig.4 Discharge near the electrode

3. シミュレーション方法

3.1 電極の等価回路モデル

フィラメント形状は図1に示されるようにコイル形状をしており、そのためインダクタンス成分が存在している(これを寄生インダクタンスと呼ぶことにする)と考える。その回路を図5に示す。図4で示された結果から、放電電流が電極のある一点に流れ込む(あるいは流れ出す)と考えた。そこで放電電流は、図5中に示すようにフィラメントコイルのある一点(電極スポットと呼ぶ)から流れ出し、かつその点に流れ込むと考えた。

図5中に示している R_1 、 L_1 はそれぞれバラスト端子①から電極スポット位置まで抵抗、インダクタンスである。これはバラスト端子①に接続されているランプ端子(この場合はa端子)から電極スポットまでの距離(l_1)に比例する。同様に R_2 、 L_2 はバラスト端子②から電極スポットまでの抵抗、インダクタンスであり、これはバラスト端子②に接続されたランプ端子(この場合はb端子)から電極スポットまでの長さ(l_2)に比例する。

フィラメント全体のインダクタンスを L ，抵抗値を R とすると， R_1 ， L_1 ， R_2 ， L_2 はそれぞれ以下の式で表される．

$$R_1 = \frac{\ell_1}{\ell} R, \quad R_2 = \frac{\ell_2}{\ell} R$$

$$\therefore R_1 = k_1 R, \quad R_2 = k_2 R \quad \cdots \cdots (1)$$

$$L_1 = \frac{\ell_1}{\ell} L, \quad L_2 = \frac{\ell_2}{\ell} L$$

$$\therefore L_1 = k_1 L, \quad L_2 = k_2 L \quad \cdots \cdots (2)$$

ここで， ℓ はフィラメントコイル全体の長さであり， $\ell = \ell_1 + \ell_2$ である．また， $k_1 + k_2 = 1$ である． R ， L はフィラメントコイル全体の抵抗値とインダクタンスである．

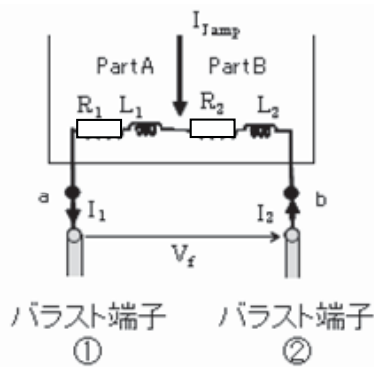


図5 電極フィラメントの等価回路
Fig.5 Equivalent circuit of the filament

3.2 電極スポットの位置の求め方

式(1)，式(2)の関係を用いて図5の等価回路に基づいて計算した a-b 端子間の電圧を $V_{f-cal}(t)$ とすると，それは次式で表される．

$$V_{f-cal}(t) = R_1 I_1(t) + L_1 \frac{d}{dt} I_1(t) + R_2 I_2(t) + L_2 \frac{d}{dt} I_2(t)$$

$$\begin{aligned} V_{f-cal}(t) &= \left\{ k_1 I_1(t) + (1 - k_1) I_2(t) \right\} R \\ &+ \left\{ k_1 \frac{d}{dt} I_1(t) + (1 - k_1) \frac{d}{dt} I_2(t) \right\} L \quad \cdots (3) \end{aligned}$$

式(3)中の $I_1(t)$ ， $I_2(t)$ は，図3に示されるような，実際の測定値の瞬時値を用いる．

実際の測定値である $V_f(t)$ と式(3)で求められた $V_{f-cal}(t)$ との誤差が最も少なくなるような k_1 ，

R ， L を求めることで，電極スポットの位置を把握する．

誤差の求め方は，式(4)で示すように計算値と実測値の差の2乗の一周期積分とした．この $\delta(k_1, R, L)$ が最小となる， k_1 ， R ， L を求め，そこから電極スポットの位置を推測する．

$$\delta(R, k_1, L) = \int_0^T (V_f(t) - V_{f-cal}(t))^2 dt \quad \cdots \cdots (4)$$

3.3 計算手順

計算全体のアルゴリズムを図6に示し，その後各部分について詳細に説明する．

まず，データの読み込みに関して述べる．計算は一周期分のデータを読み込み，それを図6に示す計算手順に従って計算し，電極スポットの位置を求める．従って，一周期のデータ数が計算結果の精度に影響を及ぼす．この測定ではサンプリング速度は 40 Ms/s （本実験で用いたインバータでは，一周期 800 ポイントに相当）で行った．ここで一周期の決定の仕方であるが，図3に示すランプ電流を例にとって説明する．ランプ電流のデータ値を計測し始めて，始めて負から正に変化した時点を陰極サイクルの始まり（つまり一周期の始まり）とし，次に正から負に変化した時点を陽極サイクルの始まりとした．そして再び負から正に変化した時点を二周期目の始まりとした．

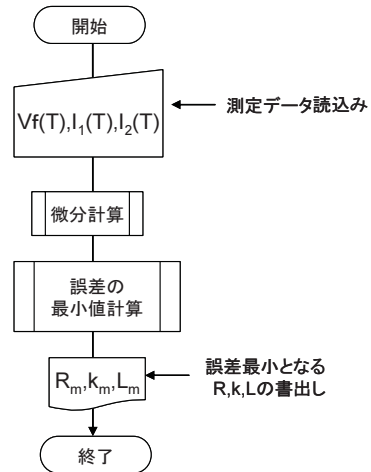


図6 計算全体のアルゴリズム

Fig.6 Algorithm for the calculation

(1) 微分計算

式(3)に示される電流の微分係数の求め方であるが，これは求める点（時間を $t = T_m$ とする）とその前後のポイント（ $t = T_{m-1}$ ， $t = T_{m+1}$ ）の3点での近似直線の傾きを用いた．従って，一周期が始まるポイントの一つ前のポイントから二周期目が始まった最初のポイントまでのデータ（合計

で802ポイント)を取り込んでいる。

(2) 誤差の最小値の計算

まず R を $2 \sim 17 \Omega$ とし, L を $0 \sim 1 \mu\text{H}$ とした。

誤差の最小値計算のアルゴリズムを図7に示す。

誤差の求め方に関しては次の式を用いた。

$$\delta(R, k, L) = \sum_{m=1}^{800} (V_f(T_m) - V_{f\text{-cal}}(T_m))^2 \Delta t$$

$$\Delta t = 2.5 \times 10^{-8}$$

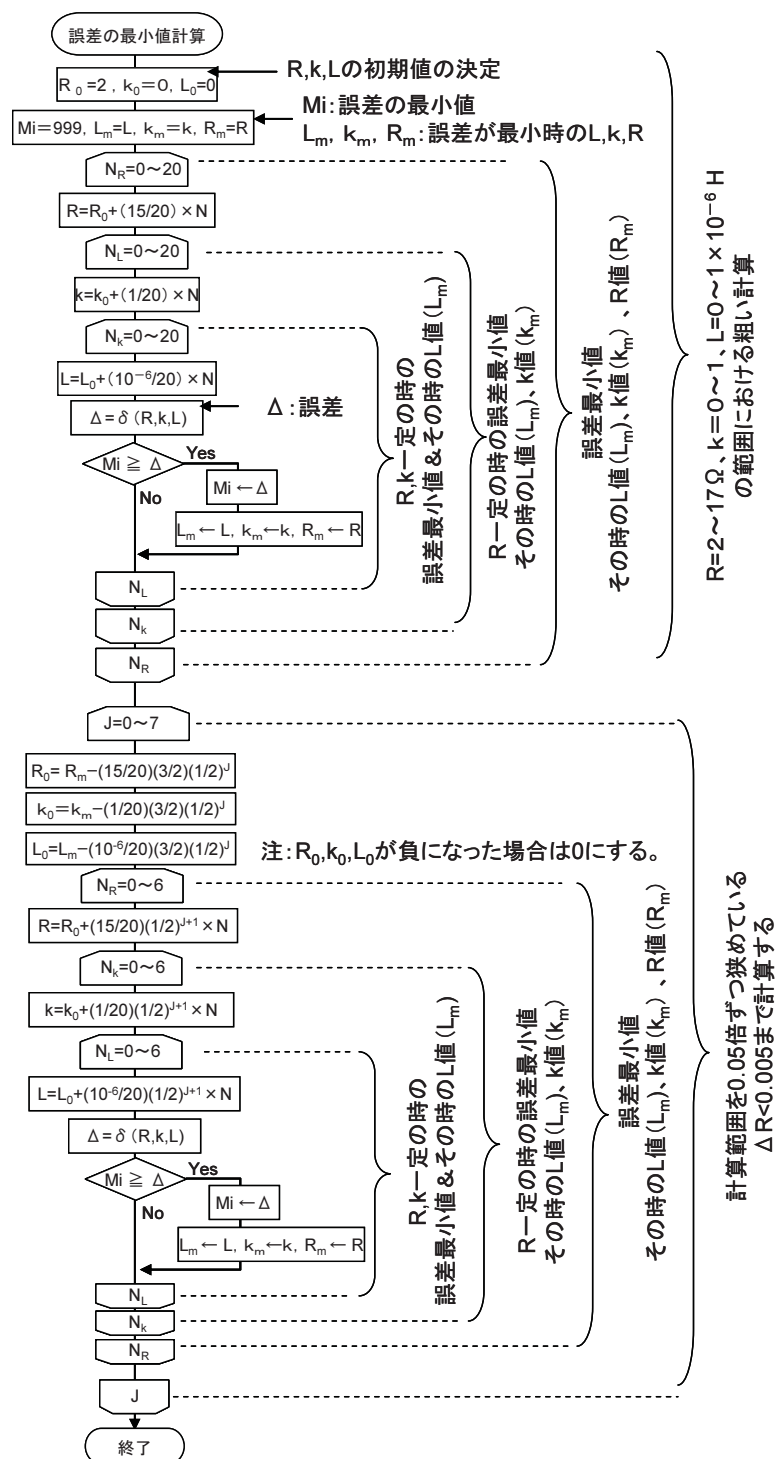


図7 誤差計算のアルゴリズム

Fig.7 Algorithm to get the difference between the calculation and measurement results

4. 結 果

ランプを定常点灯し、その波形を測定し、上述の計算方法により R_1 , R_2 を求めた. 測定波形と、計算によって求められた波形を図 8 に示す. 非常によく一致しているのが確認できる.

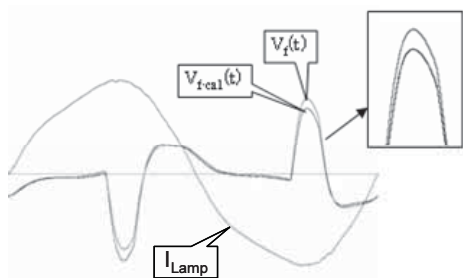


図 8 測定波形と計算による波形

Fig.8 Measured and calculated wave-forms

電極スポットの位置を計算するためのフィラメント電流・電圧の測定に於いて、バラストへのランプの接続の仕方が 2 通り考えられる. したがって電極の端子 (a 端子, b 端子) とバラストの出力端子 (バラスト端子①, ②) の接続が図 9(a) (b) に示すような 2 通りについて実験を行った.

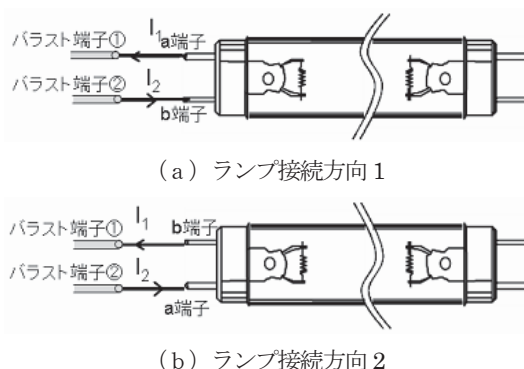


図 9 バラストへのランプ接続方向

Fig.9 How to connect the lamp to the ballast

その計算結果を図 10, 図 11 に示す.

図 10 は新品ランプの R_1 , R_2 の計算結果である. この結果から、新品ランプではバラストへの接続端子 (則ち a 端子と b 端子) を入れ替えても R_1 , R_2 の値はさほど変化しないことがわかる. これはランプの端子を入れ替えても電極スポットの位置がさほど変化していないことを示していると考えられる.

図 11 に数千時間点灯のランプの計算結果を示す. 新品のランプと比較すると, R_1 , R_2 の大小の関係が異なっていることが確認できる. これは点灯時間によって電極スポットの位置が変化して

いることを示していると考えられる.

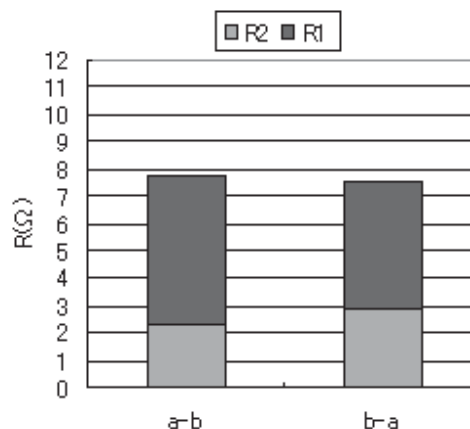


図 10 新品ランプのスポット位置の計算結果

Fig.10 Calculation results of the spot position for a new lamp

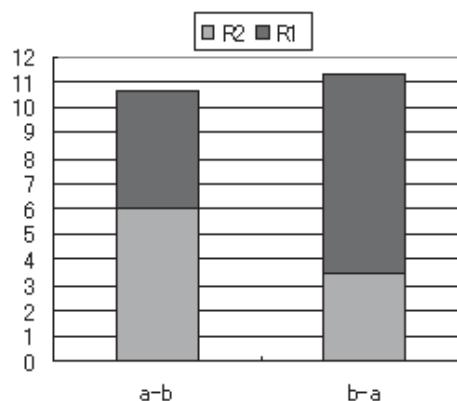


図 11 数千時間点灯のランプのスポット位置計算結果
Fig.11 Calculation results of the spot position for the lamp used for a few thousand hours

5. 考 察

5.1 寄生インダクタンス値と抵抗値の妥当性

寄生インダクタンスを考慮に入れず, 図 12 に示すようにフィラメントコイルを抵抗だけで計算した結果, 図 13 に示すように位相にずれが生じた.

実際に L C R メーター (HIOKI 3532-50LCR HITEATER, 日置電機株式会社製) でフィラメントの L 値を測定した結果は約 $0.4 \mu\text{H}$ であり, 今回の計算結果から求めた L 値は約 $0.3 \mu\text{H}$ であった. これより, 寄生インダクタンスが存在すると見なすのは妥当であると考えられる.

また, 計算結果で得られた抵抗値は約 10 数 Ω であった. これは点灯時の放電電流 (0.4A) と同じ値の電流をランプのフィラメントに加熱電流とし

て流した場合の抵抗値（このときのフィラメント端子電圧は約 4.5V であり，抵抗値は約 11Ω となる）に近い値であり，「実際の点灯では加熱電流と放電電流が同時にフィラメントに流れること」「電極スポット部分の温度がイオン衝撃による加熱で高くなっていること」の2点を考慮すると妥当な値であると考えている。

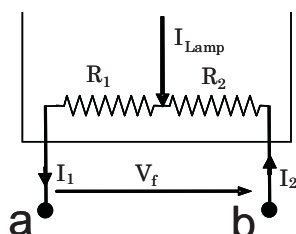


図 12 フィラメントを抵抗だけとした等価回路
Fig.12 Equivalent circuit of the filament when thinking of the filament as resistance

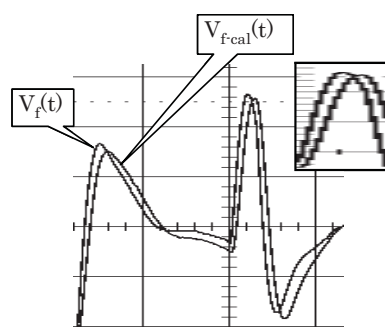


図 13 V_f の測定波形とフィラントを抵抗として計算した波形

Fig.13 Measurement and Calculated waveforms of the filament voltages when thinking of the filament as resistance

5.2 抵抗値より求まる電極スポットの位置について

まず新品のランプについて考える。図 10 の計算結果（新品ランプ）に関しての電極スポットの位置は図 14 に示すようになっていいると考えられる。新ランプはエミッタが豊富に存在しているために，ランプの a - b 端子とバラスト端子との接続を逆にしても，電極スポットの位置は変化しない（図 14(a), (b)）。

次に長時間点灯ランプ（点灯時間は数千時間）について考える。これはエミッタが減っているため，ランプ端子（a - b）とバラスト端子との接続を逆にすると電極スポットの位置は変化すると考えられる。この変化の仕方を図 11 の結果より推測すると，図 15 に示すように電極スポットの位置

が変化していると考えられる。

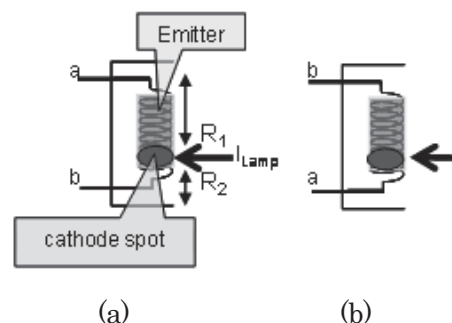


図 14 新品ランプのスポットの様子
(新品ランプ)

Fig.14 States of the filament (a new lamp)

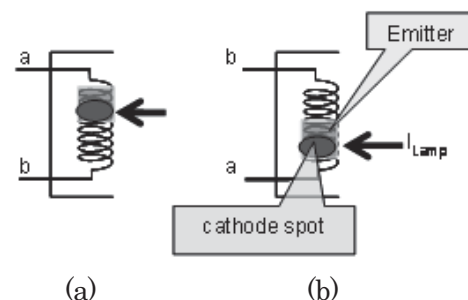


図 15 長時間点灯ランプでのスポットの様子
Fig.15 States of the filament (a used lamp)

6. 結 論

本研究では，現在主流となっているインバータ点灯システムでのランプ寿命の評価を行うことを最終目的として，現行の代表的な点灯システムで電極スポットの位置を把握できるかどうかの検討を行った。

ランプの電極フィラメントを抵抗とインダクタンスからなる回路（等価回路と呼ぶ）と見なし，ランプ電流が流入（あるいは流出）する点（スポット）の前後でフィラメントを流れる電流が I_1 から I_2 に変わると考える（ I_1, I_2 は測定可能）。そして I_1, I_2 がフィラメントの等価回路を流れることにより計算される電圧 $V_f(I_1, I_2)$ が，フィラメントの電圧波形 V_f （測定値）と等しくなるような等価回路を求めることで，電極スポットの位置を求めることが可能であることを確認した。

参 考 文 献

- 1) 中村純之助:「蛍光放電管の寿命の推定」, 照学誌, 第 37 卷, 第 10 号, pp. 347-355 (1953)
- 2) 中村純之助:「蛍光放電管の寿命に関する研究」, 日立評論, 第 40 卷, 第 6 号, pp. 85-89 (1958)
- 3) 福本努他:「蛍光ランプの寿命に関する諸因子」, 日立評論, 別冊 17 号, pp. 21-26 (1958)
- 4) 木崎泰作:「けい光放電管の黒化に関する実験的研究」, 照学誌, 第 42 卷, 第 11 号, pp. 14-21 (1958)
- 5) Yoshio Watanabe et al, “Cathode Fall Characteristics of Fluorescent Lamps under High-Frequency operation”, Jpn. J. Apply. Phys. Vol. 32, pp. 3593-3600 (1993)
- 6) Katsuhide Misono et al, “Effect of Operating Frequency of Fluorescent Lamp on Barium Sputtering from Electrode”, J. Light&Vis. Env. Vol. 25, No. 2, pp. 1-9 (2001)
- 7) Tadao Uetsuki et al, “Dependence on the operation Frequency of Negative Glow”, J. Light&Vis. Env. Vol. 23, No. 1, pp. 10-19 (2000)
- 8) 植月唯夫他:「低圧放電の高周波点灯に於ける希ガスの陰極降下電圧に及ぼす影響」, 照学誌, 第 83 卷, 第 11 号, pp. 827-838 (1999)
- 9) 植月唯夫他:「電極加熱が蛍光ランプのクレストファクターと陰極降下電圧の關係に及ぼす影響」, 照学誌, 第 84 卷, 第 8A 号, pp. 480-485 (2000)

Preparation of AgInS₂ Thin Films by Sulfurization of Ag/In Precursors for Solar Cell Application

Shigeyuki NAKAMURA* and Dai OKAMOTO**

This paper describes preparation of AgInS₂ thin films as an absorption layer material for a top cell of tandem solar cells. The film has been prepared by sulfurization of evaporated Ag/In metal precursors. Ag/In ratios in the films were controlled by changing Ag/In ratios in the vacuum chamber. The annealing temperature of 300 °C was found to be appropriate for sulfurization in our case.

Keywords: AgInS₂, solar cell, sulfurization, Ag/In precursor

1. Introduction

Recently, I-III-VI₂ chalcopyrite semiconductors are developed as promising materials for high efficiency thin film solar cells. Cu(InGa)Se₂ thin film solar cells have the best efficiency of 19.5 % [1]. However, a higher efficiency is hardly obtained with a single junction solar cell. Hence, in order to obtain higher efficiency, a tandem solar cell is considered to be effective. AgInS₂ has appropriate bandgap energy of 1.9 eV for an absorber layer for a top cell of the tandem solar cell [2]. Thin AgInS₂ film has been synthesized by chemical spray pyrolysis [3], vacuum evaporation [4] and hot wall epitaxy [5]. However, thin AgInS₂ films grown by sulfurization of metal precursors have not been reported yet. This method is successfully applied to CuInS₂ thin film preparation [6]. In this work, we have prepared AgInS₂ thin films by sulfurization of evaporated Ag/In precursors.

2. Experiments

The Ag/In precursors were deposited by vacuum evaporation on glass substrates. Ag/In ratios in the films were controlled by changing Ag/In ratios in the vacuum chamber so that the ratios in the films were ranging from 0.4 to 1.4. The precursors were sulfurized in an H₂S atmosphere at 300 to 600 °C for 60 min. Composition and crystallinity of the films were evaluated with an EPMA and an XRD, respectively. Resistivity was measured by van der Pauw method. Transmittance spectra were measured to estimate the band-gap.

3. Results and Discussion

Figure 1 shows a relationship between the composition in the films and that of the evaporation source in the vacuum chamber annealed at 500 °C. Ag/In ratios in the films are found to be proportional to those of the evaporation sources. On the contrary, S/(Ag+In) ratios decreased with increasing the Ag/In ratios of the sources. Figure 2 shows annealing temperature dependence of Ag/In ratios in the films with those in the chamber as a parameter.

Received August 31, 2007

*Department of Electrical and Electronic Engineering

**Advanced Electronic and Information System Engineering Course (Present affiliation: Nara Institute of Science and Technology)

Annealing temperatures hardly affect film compositions except in the case of 300°C. Films with Ag/In=1.0 are obtained with the Ag/In source ratio of around 1.2. This suggests that evaporation rate for In during the deposition process is larger than that for Ag.

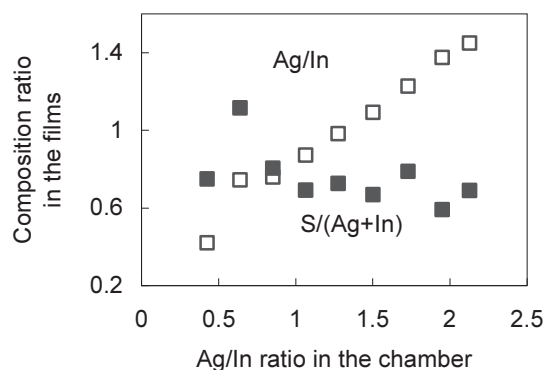


Figure 1 Relationship between composition ratios in the films and those in the chamber.

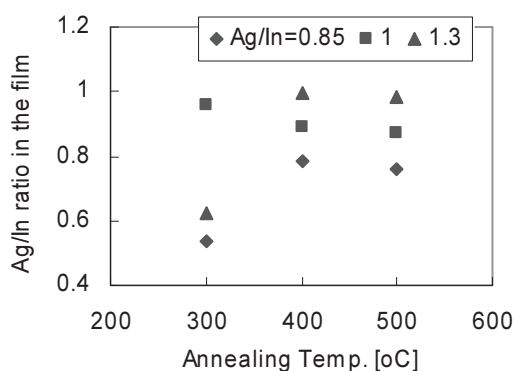


Figure 2 Annealing temperature dependence of Ag/In ratios in the films. Parameter is Ag/In ratio in the chamber.

XRD patterns for the films annealed at 300 to 600 °C shown in Fig. 3 reveal that the peak from (112) of chalcopyrite phase is observed at each temperature. The peaks from orthorhombic phase become higher as the annealing temperature increases. This is probably due to the stability temperature difference between these forms. That is, the chalcopyrite form is stable below 620 °C while the orthorhombic form above 620 °C [7].

Secondary phases, such as InS, can be contained in the films. The temperature of 300 °C is appropriate for annealing in this work because the composition of secondary phases including the orthorhombic form increases with increasing the annealing temperature.

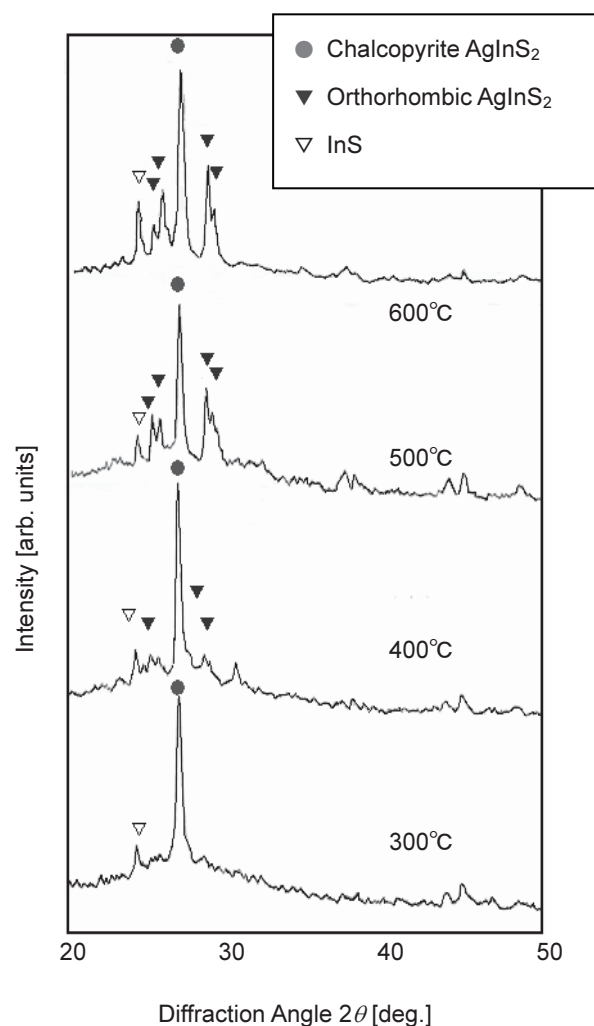


Figure 3 XRD patterns of films annealed at 300 °C to 600 °C. Closed circles indicate the peaks from chalcopyrite (112) phase.

Figure 4 shows surface morphology of Ag-rich (a) and In-rich (b) films. These films have Ag/In ratios of 1.23 and 0.74, respectively. When the largest grains of each film are compared mutually, the Ag-rich film has a larger grain than the In-rich film. The largest grain sizes for Ag- and In-rich films were about 6 μm and 1 μm, respectively.

However, uniformity of the In-rich film in grain size is superior than that of the Ag-rich film.

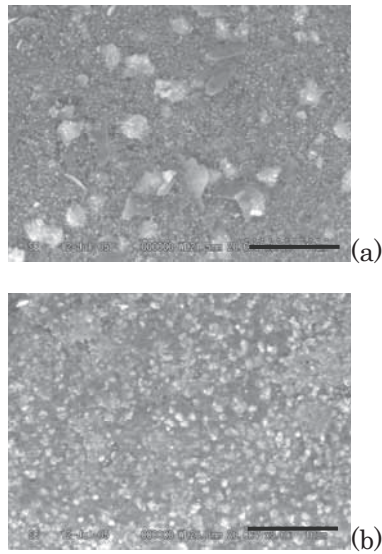


Figure 4 SEM images for Ag-rich (a) and In-rich (b) films. The bars denote 10 μm .

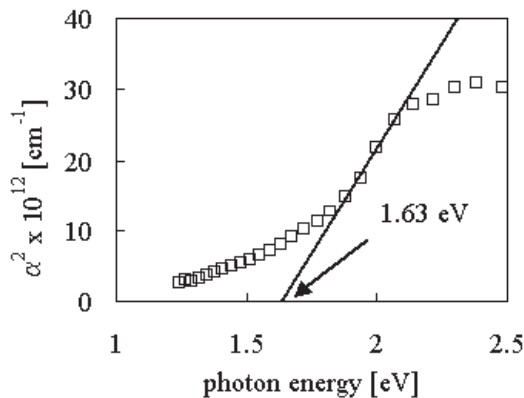


Figure 5 Typical $\alpha^2\text{-}h\nu$ plot for estimating bandgap.

Resistivities of almost stoichiometric films (Ag:In:S=0.98:1:1.69, 1.05:1:1.79, 1.00:1:1.75) are ranging from 1.5 to 3.5 Ωcm . Those of non-stoichiometric films were too high to measure.

Figure 5 shows a typical $\alpha^2\text{-}h\nu$ plot. The absorption coefficients were calculated from transmittance measurement data with a constant reflectivity of 0.42. The bandgap for the stoichiometric film is estimated to be 1.63 eV from the figure. The value is fairly less than that for bulk crystal (1.9 eV). Further investigation is required to understand such decrease.

4. Summary

In conclusion, AgInS₂ thin films have been prepared by sulfurization of evaporated Ag-In precursors. Ag/In ratios in the films are controlled by changing Ag/In ratios in the vacuum chamber. The annealing temperature of 300 $^{\circ}\text{C}$ is found to be appropriate for sulfurization with respect to crystallinity at the present time. Further annealing is required to investigate the crystallinity of the films annealed below 300 $^{\circ}\text{C}$.

Acknowledgement

This work is partially supported by the Yakumo Foundation for Environmental Science.

References

- [1] T. Nakada, Oyo Buturi 74 (2005) 333-337 [in Japanese]
- [2] K. W. Mitchell, Tech. Dig. PVSEC-1 (1984) 691-692.
- [3] M. Ortega-Lopez et al., Thin Solid Films 385 (2001) 120-125.
- [4] K. Hattori et al., J. Appl. Phys. 71 (1992) 3414-3418.
- [5] S.H. You et al., J. Crystal Growth 245 (2002) 261-266.
- [6] T. Nakabayashi et al, Sol. Energy Mater. & Sol. Cells 49 (1997) 375
- [7] K. Yoshino et al., J. Phys. Chem. Solids 64 (2003) 1839-1842

セキュリティに配慮したインターネット応用システムの構築

松本哲始* 岡田 正**

Construction of the Internet Application Systems Designed in Consideration of Security

Satoshi MATSUMOTO and Tadashi OKADA

When designing the Internet application systems, it is important to consider in security. This paper deals with causes and measures where security holes happen. On the basis of our experience of constructing the systems, we report our practices such as a note in regard to Web-based programming, a code review for programs developed, an adoption of safe mechanisms.

Keywords. Internet application system, Security, Web-based system

1. はじめに

我々の研究室では、以前から地域企業と共同でインターネットを利用した種々のシステム開発を行っている¹⁻⁴⁾。最近開発したシステムはインターネットに常時接続で公開運用されており、セキュリティ面の脅威に常にさらされている。さらに、設置先の企業に情報通信に関する高度な知識を持った技術者がいる場合は少なく、地域と連携したシステム開発において、セキュリティの確保と安全な保守への配慮は重要な課題である。

本論文では、地域企業と共同で安全なシステムを安価に開発するための手法と実践例を取り上げている。インターネットを利用したシステムは、中核となるネットワークサーバとその上で動作するプログラムが重要なので、これらの安全性を高める方法を検討する。さらにこれらの検討結果が、実際のシステムにおいてどのように活かされているかを具体的に報告したい。

2. では安全性を保つ上で重要なセキュリティホールの発生要因を整理し、3. においてセキュリティに配慮したシステム開発の要点を述べる。4. で地域企業と共同で開発したシステムにおいて、セキ

ュリティ対策がどのように適用されているか具体的に述べる。

2. セキュリティホールのできる要因

セキュリティホールとは、何らかの要因により生じるシステムのセキュリティ上の弱点のことをいう⁵⁾。セキュリティホールは、不正行為の糸口として使われることが多く、特にソフトウェアの欠陥によるセキュリティホールの場合、修正に時間がかかり、その間無防備となってしまうことが多いため問題である。ここでは、セキュリティホールのできる一般的要因と、我々が構築するシステムで重要な Web アプリケーションに対する問題を検討する。

2.1 一般的なセキュリティホール

セキュリティホールのできる一般的要因として、次の3つが重要である。

- (1) 設定のミス
- (2) セキュリティ意識の不足
- (3) システムの欠陥やメーカーの対応の不備

セキュリティ侵害の主な原因が(1)の設定ミスによるもので、約半数は設定ミスに起因すると言われている。設定ミスをなくすために、セキュリティ機能をすべて使えば安全なコンピュータとなる。しかし、使い勝手が悪くなることが多いので、広く使われているパソコンではデフォルトで制限をかけていない。そのため、無意識のうちに脅威にさらされたり、制限をかけるときに設定ミスを引き起こしやすい。いずれにしても、セキュリティ対策と使い勝手

原稿受付 平成19年8月31日

*専攻科電子・情報システム工学専攻科修了生(平成18年度)

**情報工学科

のバランスをとることが大切となる。

次に、(2)のセキュリティ意識の不足がある。これはソーシャルエンジニアリングといわれるもので、電話で管理者になりすましてパスワードを聞き出すといった手口がある。電話以外にも、ゴミ置き場に積んであるゴミの中やサーバールームに忍び込んでパスワードのメモを探したり、パスワードを入力しているところを後ろからのぞき見たりして入手する。管理用パスワードが重要であるのはもちろんのこと、一般ユーザのパスワードであっても入手できればLANやサーバへのアクセスが容易になるため、どのようなパスワードであっても漏れることがあってはならない。しかし、パスワードの管理はユーザ個人に委ねられるため、各個人のセキュリティ意識の問題となり対策が難しい。

最後に、(3)のシステムの欠陥やメーカの対応の不備がある。これはセキュリティ問題の中で設定ミスに次いで多い問題で、しかもエンドユーザでは対処できないこともあり困った問題である。プログラムにセキュリティ問題が発覚すると、メーカはパッチを配布して問題を解決している。しかし、問題が発見されてからパッチがリリースされるまでの間は無防備な状態にさらされる。さらに、パッチを入手し、適用する作業はユーザが行わなければならない。パッチを当てることでほかの不具合が起きることもあるし、パッチを入手して当てるには手間がかかるため、面倒くさがるのユーザならたいした問題ではないとパッチを当てず、セキュリティホールが放置される可能性がある。

2.2 Web アプリケーション開発に対する注意

2004年の調査では、Web アプリケーションの約6割に致命的な欠陥があり、それ以外にも何らかのバグがあり、安全なWeb アプリケーションは数%しかなかったという報告がある⁶⁾。それだけでなく、脆弱なWeb アプリケーションに対して修正を行ったとしても、98%は脆弱性が残ってしまうというショッキングな調査結果もある⁶⁾。Web アプリケーションの開発では、正しい知識と手法を理解しておかなければならない。

Web アプリケーションに対する代表的な攻撃手法に、次のようなものがある⁷⁾。

- Path Traversal
- SQL Injection
- OS Command Injection
- Session Hijacking/ Replay
- Buffer Overflow
- Cross Site Scripting
- Parameter Manipulation
- Backdoor & Debug Options

- Forceful Browsing
- Client Side Comment
- Error Codes

これらの攻撃は従来のOSやHTTPデーモンへの攻撃と異なり

- 必ずしもサーバの管理者権限を奪うことが目的ではない
- Web アプリケーションごとに攻撃のパターンが違う
- 必ずしもファイルを改ざんするわけではない
- ウイルスやワームを送りつけているわけではない
- ほとんどの攻撃がログに残らない

などの特徴があり、基本的な対策に加えて、利用段階だけでなく開発段階でも、攻撃意図に応じた対策をとる必要がある。

例えば、Cross Site Scripting (XSS) は、なりすましなどの問題を引き起こす脆弱性の一つである。掲示板やフォームの入力確認画面で、ユーザが入力した値をそのまま表示しているアプリケーションで起こりうる。HTMLタグを入力した際にタグが有効な表示をする作りになっているプログラムは、非常に危険であると認識すべきである。XSSの脆弱性をついたなりすまし攻撃が問題となるのは、ユーザは特に被害に遭うようなことを行っていないのに被害に遭ってしまうことがあるためである。XSS対策として、入力値チェックをシステムレベルで行わなければならない。

安全なプログラムを作成するためには、設計段階からセキュリティについて確認を行い、すでに完成された安全性の高いモジュールがある場合、それを流用する。また、再利用できるような形でサブルーチンを設計し、セキュリティに重点を置いて開発することで、後の開発に役立てることができる。一方、システムを一から開発する場合は、安全性を考慮したプログラミング言語を利用することで、比較的簡単にセキュリティ性能を上げることができる。

プログラムを実際を書く上での最も重要な留意点は、わかりやすいプログラムを書くことである。読みにくいプログラムでは、作っている本人もミスをしやすくなるし、後からコードレビューをしている人も分かりづらく、バグを発見することが困難になる。わかりやすく、バグを作りにくいプログラムを書くためのポイントとして、次のようなものがある。

- (1) 変数に明示的に初期値を代入する。
- (2) 生成した変数やオブジェクトは、必要がなくなれば明示的に解放する。
- (3) 変数を宣言して使用しているか確認する。変数宣言の必要がないPerlであっても、変数名を{ }で囲んで明確にする。

- (4) 必要のないグローバル変数を使っていないか確認し、できるだけローカル変数を使うようにする。
- (5) コメントが書かれているか確認し、他人が読むことを想定してコメントをつけるようにする。
- (6) プログラムのあちこちで定数を定義していないか確認し、定数はプログラムの初期化部分に変数に入れて利用するようにする。
- (7) インデントの方法や深さなど、書式はそろっているか確認する。

3. セキュリティに配慮したシステム開発

安全なシステムを実現するためには、基盤となるプログラムにセキュリティホールがあってはならない。この問題には我々は、オープンソースソフトウェアを活用することで対応している（詳細については文献4）に譲る）。

次に、システムを実現するのに必要で適切な技術を採用し、プログラム作成での注意を守りながら開発する。さらに、開発したプログラムは、動作確認だけでなく、セキュリティ配慮を含めたコードレビューを行うべきである。最後に、実運用に入るときは正しい設定を行って安全な運用を始めるとともに、その後に発見されたセキュリティホールを速やかにふさぐ体制を準備しなければならない。

3. では我々が採用した技術の概要とコードレビューの方法について述べる。

3.1 セキュリティに関連した利用技術

先にも述べたように、システムを安全に保つためには、適切な技術を選択し正しく使わなければならない。ここでは、インターネット応用システムの構築で採用した技術の概要を取り上げる。

まず、サーバマシンの基盤となる OS に関連したことを述べる。我々は従来から OS として FreeBSD⁸⁾を採用している。FreeBSD は、ネットワークやセキュリティなどに関して最新機能を実装し、かつ高負荷時にも安定で強力な Unix 系 OS である。オープンソースソフトウェアとしてセキュリティパッチも迅速に提供されるため、安全で安定なサーバを構築するための基盤になっている。

さらに、FreeBSD には安全を高める技術が実装されており、その一つに chroot がある。これは Unix システムコールの一つで、ファイルシステムのルートディレクトリの位置を変更するというものである。この機能を活用することで、ユーザがシステムファイルや他のユーザのディレクトリへアクセスすることを完全に防止できる。さらに chroot の概念を拡張して、FreeBSD には Jail が実装されている⁹⁾。

Jail とは、仮想 FreeBSD マシンを実現する機能で、FreeBSD マシン内に、もう一つの FreeBSD 環境を作ることができる。Jail は chroot を拡張したもので、ネットワークプロセスを含めて、全プロセスを完全に隔離できるようにしたものである。Jail の仮想マシンを利用することで、攻撃やシステムダウンがあった場合でも被害を局所空間に閉じこめることが可能となる。

今回構築したシステムは、WWW を応用したものである。この中心技術は実績を積み、安全な運用に問題は出ない。しかし、データベースとの連携やマルチメディア処理の付加機能など、拡張が容易なことが問題を引き起こすことがある。例えば、CGI (Common Gateway Interface) は Web サーバの機能を補助する仕組みで¹⁰⁾、WWW クライアントから WWW サーバ上のプログラムを起動して処理を行うことにより、動的 HTML コンテンツを生成できる。CGI は標準出力の使える言語であれば、どのような言語を使っても実現可能である。一般的に Larry Wall 氏が開発した Perl¹¹⁾と呼ばれる言語で使われており、我々もこれを使っている。

WWW サーバは、オープンソースソフトウェアである Apache¹²⁾を使って構築する。Apache は、バーチャルドメインという機能をもっている。この機能を使うと、1 台のサーバマシンに最低一つの IP アドレスを割り振るだけで、複数台の WWW サーバと同じ役割を果たすことができる。Apache のバーチャルドメインには 2 種類の方式がある。一つは IP アドレスでホストを区別する方式であり、もう一つは Web ブラウザがサーバに送信するホスト名を元にして応答するホストを決定するネームベース方式である。

最後に、暗号化技術を取り上げる。ネットワークを介して安全なデータ交換を行うためには、暗号化して通信を行うことが欠かせない。このために一般的に使われているのは、SSH (Secure SHell) である¹³⁾。SSH を使えば、暗号化された安全な通信が行えるほか、ポートフォワーディングによる接続の拡張ができ、多様で安全な利用方法を容易に実現できるものとなっている。さらに、ファイル送受信に一般的に利用されている FTP は、暗号化が行われておらず、データが盗聴されてしまう可能性がある。それを改善するために開発されたのが SFTP (SSH File Transfer Protocol) で、パスワードやデータを SSH で暗号化して送受信するため、安全なファイルの送受信が可能となる。

3.2 コードレビュー

セキュリティホールやバグを発見するための手段として、コードレビューがある。コードレビューと

は、ソースコードを読み、問題点がないか検証することである¹⁴⁾。コードレビューには、ツールを使って行う自動検査と、人がソースコードを読んでチェックを行う手動検査がある。自動化ツールについて、今回は Rats¹⁵⁾を使って調査を行った。Rats は、“C, C++, PHP, Perl, Python” コードの調査を行うことができるツールである。一方、手動検査は、人が仕様書やソースコードを読み、データの扱いをチェックするほか、あえて不正な入力を行い、動作をチェックすることも行われる。

自動検査の特徴として、チェックする人の技量に依存しないというメリットがある一方で、検査漏れや検査不能の場合がある。それに対して手動調査は、ソースコードだけではなく、仕様書などに基づく詳細なチェックが可能になる上、実際に動作させてチェックすることが可能となる。しかし、時間がかかる上、チェックする人の技量に大きく左右されるという問題がある。

4. セキュリティ対策の適用事例

4.1 コードレビューの結果

これまでの調査を元に、学内掲示板システム³⁾のコードレビューを行った。学内掲示板システムは、学生への連絡事項を従来の張り紙による告知から、液晶画面を利用した電子的な表示に切り替えることで、掲示板管理の効率化を図るシステムである。なお、このプログラムは Perl で書かれており、掲示板管理プログラムと新規投稿プログラムの2つの CGI からなる合計 500 行程度のプログラムである。

手動でのコードレビューを行った結果、大きなセキュリティ上の問題点はなかったものの、下記のような小さな問題点が見つかったので、ただちに修正した。

- (1) チェックが不完全なため png ファイル以外がアップロード可能
- (2) エラーになった場合でもエラーメッセージの表示なし
- (3) 排他処理が不完全なためファイルが上書きされてしまう可能性あり

次に、ネットプリントシステム³⁾の CGI についてもコードレビューを行った。ネットプリントシステムは、インターネットを利用したデジカメ画像プリント注文システムで、4つの CGI (注文プログラム、ユーザ登録プログラム、サムネイル表示プログラム、履歴表示プログラム) からなる合計 2000 行程度のプログラムである。

まず、Rats による自動検査を行ったところ、Open 関数の警告が 15 カ所、Mkdir 関数の警告が 11 カ所、

Rand 関数の警告が 2 カ所表示された。Open 関数と Mkdir 関数については、引数にユーザ入力値を利用している場合、パスの乗り越えなどの問題を引き起こす可能性があることを示している。一方、Rand 関数については、標準の乱数ジェネレータは性能が悪く、結果が偏りがちになるため、セッション ID を推測しやすくなってしまったことが指摘された。

指摘された部分をチェックしてみたところ、Open 関数と Rand 関数とについて、ユーザ入力を引数としているものはなかった。一方、Rand 関数の問題は、FreeBSD の Ports から別の乱数ジェネレータをインストールすることで改善した。

続いてコードレビューを手動で行ったところ、Rats で検出されていない Open 関数や Mkdir 関数がいくつもあった。調べてみると、

```
open(FH,filename)
```

のように括弧でくくって書いた場合はチェックの対象となり、

```
open FH,filename
```

のように括弧でくくらずに書いた場合はチェックの対象となっていなかった。表現の自由度の高い Perl の検査には、あまり向かないツールといえるかもしれない。

その他の部分についてもチェックを行い、不審な部分には実際に不正な入力を行ってみたところ、いくつかの問題点が見つかったため、改善できる部分は改良を行った。見つかった問題点を以下に示す。

- (1) ユーザ登録のメールアドレス欄に改行コードを挿入すると、任意のタイトル・本文を挿入することが可能
- (2) サニタイジング文字の不足
- (3) XSS 対策が無意味
- (4) JPEG ファイル以外のものがアップロード可能
- (5) ログイン失敗時のエラーメッセージが不適切
- (6) 操作画面や HTML の Hidden フィールドにメールアドレスを表示
- (7) 操作画面のアドレスバーやステータスバーの表示なし
- (8) ユーザ登録時・ログオン時のデータを平文で送信
- (9) JavaScript を有効にする必要があることが未表示

4.2 インターネット応用システムと採用技術

我々は、デジカメカメラで撮影した画像と枚数・サイズの情報をインターネットで送信し注文を受け付け、注文 30 分後に写真を受け取ることができるネットプリントシステムを開発した (Fig.1)³⁾。このシステムは、画像登録から注文までの一通りの機能を完成させ、写真店へ光ファイバによるインターネット接続環境を準備し、店舗に設置したサーバで

運用してきた。その後、1台のサーバで複数店舗へ対応することや、運用で生じた問題を解消する機能拡張の要望があり、種々の対応を行っている。この過程で採用した技術を、主にセキュリティ確保の観点から述べる。



Fig.1 Order picture of the NetPrint System

現在のシステムは1社のみが運営するサービスである。これを、他のカメラ店からも利用したいという要望があった。このとき、コストを削減する必要があるため、1台のサーバマシン上で複数の店舗を稼働させることとなった。1台のマシンで複数のシステムを動作させる方法として、Jail とバーチャルドメインが考えられる。

開発当初 Jail を用いてシステムを構築した。Jail を使うと店舗情報を完全に分離できるものの、ネットワークが独立しているため、各店舗ごとに IP アドレスが必要となる。現状では固定 IP アドレス取得費用がかなり負担となっているため、一つの IP アドレスで済むバーチャルドメインを利用することとなった。バーチャルドメインでは、Web ブラウザがバーチャルドメイン対応である必要がある。この点は、当システムの推奨ブラウザがバーチャルドメインに対応した Internet Explorer 6 以上、Opera Ver 6 以上となっているため、バーチャルドメインを用いてシステムの構築を行った。

バーチャルドメインを利用すると、同じサーバマシンに複数店舗からのアクセスがある。標準状態では他店舗の情報へもアクセスすることが可能となるため、対策を施す必要がある。また、画像のダウンロードを行う人がコンピュータに詳しいとは限らず、システムファイルを書き換えたり、削除したりしてしまうとシステムトラブルの原因となる。

この問題を避けるため、chroot を用いてアクセス制限を行った。まず、各店舗ごとに chroot を設定

し、他店舗へのアクセスを禁止した。さらに、各店舗領域の中の、ホームページ・価格データ・注文画像の各ディレクトリに chroot を設定し、用途ごとのユーザを作成することで操作ミスによるシステムトラブルを防いでいる。また、データ転送はすべて SFTP を使い、端末パソコンに必要なプログラムや鍵を自動で導入できるように、インストール CD も作成した。

現在バーチャルドメインを用いたシステムを構築し、インターネット上で運用を開始した。この検討と並行してコードレビューによりプログラムを見直し、多店舗対応が容易に行えるよう、店舗固有情報の分離統合を行った。この他に、パスワードの変更機能や古い画像の自動削除機能の実装など、より使いやすくする機能の追加も行っている。

今後は、店舗を追加して運用したとき、複数店舗のアクセスが1台のマシンに集中するため、どの程度まで1台のマシンで対応可能なのかについて検証しなければならない。

5. あとがき

本論文では、インターネット応用システムを構築するとき、セキュリティ面で何に注意しどう検証すれば良いかを、具体的なシステム構築や改良の経験をもとに述べた。現在、複数のサーバが実際に安全に稼働しており、我々の開発が適切に行われていると考えている。

開発したシステムは、システム本体と管理を外部に移転しているものも多い¹⁶⁾。このため、これからは運用管理の面から連携先企業と共同して、安全で安定なシステム運用に努力しなければならないと考えている。

謝 辞

ここで取り上げたシステムの開発には、地元企業関係者の多大なご協力をいただきました。この場を借りて深く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 岡田・近藤: 津山工業高等専門学校紀要 No.41 (1999) 5-11.
- 2) 岡田・野村: 津山工業高等専門学校紀要 No.44 (2002) 21-24.
- 3) 宮岡・衣笠・岡田: 津山工業高等専門学校紀要 No.46 (2004) 59-66.
- 4) 田渕・佐野・岡田: 津山工業高等専門学校紀要 No.48 (2006) 55-60.
- 5) D. Russell and G.T.Gangemi Sr. (山口監訳): コンピュータセ

- キュリティの基礎, アスキー出版局 (1994).
- 6) Web アプリケーションの脆弱性は修復してもなお 93 %に脆弱性が残る, <http://internet.watch.impress.co.jp/cda/news/2004/06/30/3698.html>.
 - 7) Web アプリケーションに潜むセキュリティホール 第1回～第12回, <http://www.atmarkit.co.jp/fsecurity/rensai/Webhole01/Webhole01.html>.
 - 8) The FreeBSD Project: <http://www.freebsd.org/>
 - 9) Jails: http://www.freebsd.org/doc/en_US.ISO8859-1/books/handbook/jails.html.
 - 10) CGI とは何か: http://mtlab.ecn.fpu.ac.jp/scripting/about_cgi.html
 - 11) The Source for Perl: <http://www.perl.com/>.
 - 12) The Apache HTTP Server Project: <http://httpd.apache.org/>.
 - 13) D.J. Barrett, R.E. Silverman, R.G. Byrnes (小島監訳): 実用SSH 第2版, オライリー・ジャパン (2006).
 - 14) M.G. Graff, K.R. van Wyk (新井, 一瀬訳): セキュアプログラミングー失敗から学ぶ設計・実装・運用・管理, オライリー・ジャパン (2004) 120-137.
 - 15) Secure Software: <http://www.securesoftware.com/>.
 - 16) 岡田: 第5回全国高専テクノフォーラム予稿集 (2007-8) 62-63.

動的ネットモデルの性能改善に関する基礎的検討

藪木 登* 古林 佑介** 鷺見 育亮*** 福本 善洋***

A study on performance improvement of Active Net model

Noboru YABUKI*, Yusuke KOBAYASHI**, Yasuaki SUMI*** and Yoshihiro FUKUMOTO***

We have studied about the structure and the performance about Active Net model. Active Net is a two dimensional network model which is a expanded version of the snakes model. In Active Net, when the extraction target object and the other small region, is called noise in this paper, exist in an input image, there is a problem such as a target can't be captured or iterative operation's not ending because the energy of Active Net isn't minimized right. We propose the method, the lattice points of the net model are moved by compulsorily changing energy of the net model at random. As a result, reducing the influence of the noise becomes possible. Some experimental results are also described.

Key words : Active Net, region extraction, image processing

1. はじめに

近年、コンピュータを用いた画像処理が盛んに行われており、医療機器、製品生産工程での検査機器、セキュリティや個人識別などの分野で広く利用されている。その中で、対象となる物体の検出や形状認識は重要な処理であり、それを変形可能なモデルを使って実現しようとする方法が知られている。そのアプローチの一つが動的ネットモデルと呼ばれるものである¹⁾。これは、対象に関する制約条件を付加したエネルギー最適化問題として定式化することで行う方法であり、一般的に最適化原理に基づく手法は、画像雑音に強いという特徴をもつ。さらに、動的ネットモデルは対象物体の内部情報（濃度、テクスチャ等）を検出に利用できるのも、安定した形状抽出が可能である。従来の研究において、このモデルのいくつかの適用例がある²⁾⁻⁴⁾。またこれまでも、動的ネットモデルの対象捕捉能力の向上について、網の格子ブロックの等面積化や、対象のサイズ・位置の関係における捕捉能力の関係が検討されてきた⁵⁾⁻⁷⁾。

従来の方法においては、入力画像中に抽出対象であるターゲットの他に小領域(以下雑音と呼ぶ)が存

在する場合に、網のエネルギーが正しく最小化されず、ターゲットのみの捕捉ができない、あるいは反復演算が終了しないといった問題点がある。

そこで本研究では、動的ネットモデルの捕捉能力の改善に対して、網のエネルギー（格子点に対応する濃度値）をランダムに変動させ格子点を強制的に変動させることで雑音の影響を軽減する手法の提案と、その提案手法を用いた雑音を含む画像、実画像、標識画像に対する従来手法との捕捉の比較を行う。また、比較を行っていく中で提案手法の改良も同時に行う。

以下では、まず2. において動的ネットモデルの原理について述べる。3. では今回提案した濃度値変動型動的ネットモデルについて説明する。4. では提案手法と従来手法の比較として、雑音を含む画像に対する捕捉、実画像に対する捕捉、さらに内部情報を持ったターゲット（規制標識画像）に対する捕捉の検討を、シミュレーション実験を通して行う。

2. 動的ネットモデル

動的ネットモデルは、2次元的な面モデルを採用した、エネルギー最小化原理に基づいた手法である。このモデルの採用によって、画像のテクスチャ情報もエネルギー関数の中に取り込むことができ、エッジ抽出法と領域分割法を分けることなく多様な領域抽出を行うことができる。

網のモデルは、2次元の点列パラメータ表現とし

原稿受付 平成 19 年 8 月 31 日

* 情報工学科

** 東和ハイシステム(株)

*** 鳥取環境大学

て表される. すなわち, Fig. 1 に示すように網は格子点 $v(p, q) = (x(p, q), y(p, q))$ からなり, 各格子点は隣り合う 4 近傍の点 $v(p, q-1)$, $v(p-k, q)$, $v(p+k, q)$, $v(p, q+1)$ と結合されて網を形成している. ここで, p, q は網のパラメータ表現のための 2 つのパラメータで, $0 \leq p \leq 1$, $0 \leq q \leq 1$ である. また, $k = 1 / (p \text{ 方向の格子点の数})$, $l = 1 / (q \text{ 方向の格子点の数})$ であり, x, y はそれぞれ画像の水平, 垂直方向の座標を表している.

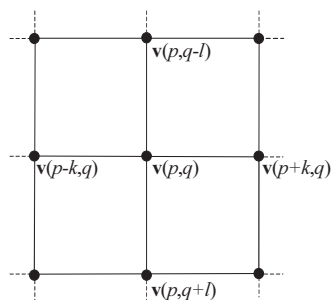


Fig. 1 Lattice points of Active Net.

この網に対し, 3 種類のエネルギー関数を考える. まず, 網自身の内部歪みエネルギーを E_{int} とする. 次に, 網と画像の適合性エネルギーを E_{image} とする. 直観的には E_{int} を小さくする力は網を収縮させ, 形状を滑らかに保とうとする力に対応し, E_{image} を小さくする力は画像内の特徴的な領域に網を引きつける力に対応する. これらは, 網が対象を検出するのに不可欠なエネルギーであり, 動的ネットモデルのアルゴリズムの中で, 最も基本的かつ重要な要素である. 3 つ目のエネルギーは, 外部からの強制力に対応するエネルギー E_{con} であり, これは, 必要に応じて設定するエネルギーである. したがって, 網のエネルギーはこれらの線形結合として, 以下のような汎関数として表される.

$$E_{net} = \int_0^1 \int_0^1 \{E_{int}(v(p, q)) + E_{image}(v(p, q)) + E_{con}(v(p, q))\} dp dq \quad (1)$$

式(1)のように, パラメータを使った 3 種類のエネルギー汎関数の線形結合によってモデルのエネルギーを表現する. なお, 本稿では, 動的ネットモデルの基本となるエネルギーのみで評価したいので, E_{con} は無視する. 式(1)の極小化は, 反復法に基づく数値解法として, インプリメントする¹⁾. 動的ネットモデルは, 初期網 (初期設定した網) の位置を初期値とし, 反復演算によって順次求まる近似解に対応し, 最終的に得られる解に向かって網がダイナミックに動くことになる. 最終的に平衡状態にある網が覆っている領域が抽出された領域となる. この平衡状態は, モデル自体の性質と領域に引き付けられる力とのバランスによって決まる. このとき, 後者が抽出したい領域形状の情報と合致すれば, 安定な領域抽

出が可能となる.

動的ネットモデルの構造にはいろいろあり, 本稿では, 代表として, 同心四角網を等面積構造にした同心四角等面積網を用いる (Fig. 2). なお, このネット構造は格子ブロック面積を等しくするために, 網の格子点を内側から外側に寄せた構造になっているので, 領域抽出能力の向上, また網を入力画像全体に張ることができるという利点があり, 全体の捕捉能力の向上が期待できる.

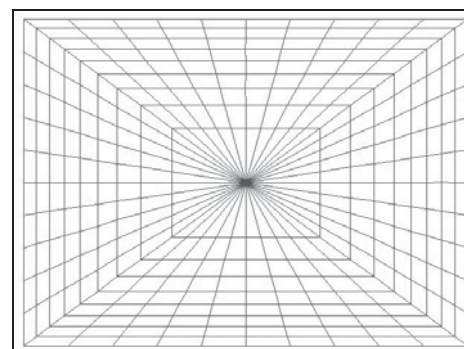
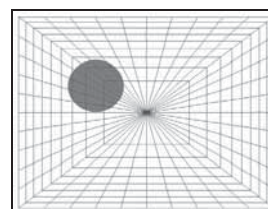


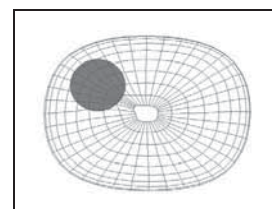
Fig. 2 Concentric square net with equal area.

630×480[pix]の画像を使って, 動的ネットモデルの基本動作を以下に示す. 式(1)の適合性エネルギー E_{image} において, 最外郭格子点は抽出したい画像以外の部分に適合し, 内部の格子点では対象物に適合するように設定した. これにより, 最外郭格子点が対象物の輪郭を包むように網は変形する.

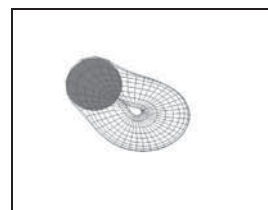
Fig. 3 に動的ネットモデルの収束の様子を示す. 使用したネットは, 格子点数 400 (層数: 10, セクタ数: 40) の同心四角等面積網 (Fig. 2) であり, 入力画像は背景及びターゲット (大) の濃淡レベルはそれぞれ 255 (白), 100 (灰色) である. (a) はターゲット画像と網の初期形状であり, (b) と (c) は, 収束の途中で, 網が対象領域の内側に引き付けられる



(a) 入力画像と初期ネット



(b) 反復演算 100 回



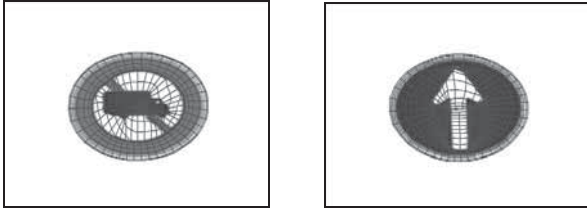
(c) 反復演算 400 回



(d) 最終形状 (1304 回)

Fig. 3 Active Net applied to a test pattern.

ように動いて、ターゲットの形状に合っていく。(d)は、最終形状で、この時点で対象物体の捕捉が成功したことになる。また、Fig. 4 に規制標識画像に対する捕捉結果の例を示す。動的ネットモデルは形状と同時に内部の情報を格子点の疎密情報として、網に取り込むことができる。Fig. 4 のそれぞれの捕捉結果においては、暗い領域では、明るい領域に比べて格子点が集まっているところが多く、画像の特徴を表現していることがわかる。



(a) 大型貨物自動車通行止め (b) 左折, 右折禁止

Fig.4 Applications to road signs.

3. 濃度値変動型動的ネットモデルの提案

3.1 提案手法の原理

従来手法においては、ターゲットの他に雑音が存在してしまった場合、後述のシミュレーション実験の結果 (Fig. 9) で示すように、ターゲットと雑音の両方を捕捉し、ターゲットのみをそのままでは正しく検出できない場合がある。これは、網のエネルギー E_{net} が正しく最小化されず局所的な解に陥っているためであると解釈することができる。そこで本稿では、動的ネットモデルにおいて、式 (2) を用いて網のそれぞれの格子点に対応する画素の濃度値を変動させる手法を提案する。

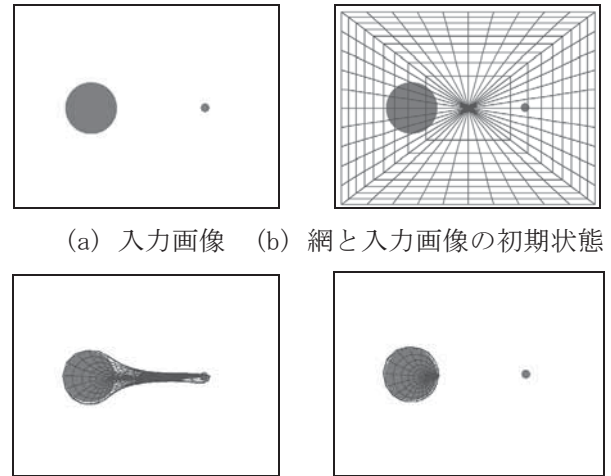
$$E_{image_new}(v(p, q)) = E_{image_old}(v(p, q)) + KR(t) \quad (2)$$

ここで、 $E_{image_new}(v(p, q))$ は変動前後の各格子点における画像の濃度値 ($E_{image}(v(p, q))$)、 K は重み係数、 $R(t)$ は任意の時間における乱数値 ($-1 \leq R(t) \leq 1$) である。式 (2) のように乱数値を加算することで、 E_{net} は局所解から抜け出すことができる。網はランダムに微小変動しながら、網は雑音の影響を軽減し、雑音を回避してターゲットを捕捉する。この手法により、従来手法においてターゲットのみの捕捉が困難な状況下においての物体抽出が可能となり、動的ネットモデルの捕捉能力の改善が期待できる。

3.2 重み係数と適用タイミングに関する検討

予備実験より、式 (2) において K の値を大きくし

すぎると、画像中の濃度差が大きくなりターゲットを捕捉できなかつたり、捕捉結果に歪みがでてしまうことがあった。そのため、重み係数 K を 1~10 まで変化させることとし、Fig. 5(a) の入力画像に対して捕捉演算を行い、捕捉成功率と平均演算停止回数を測定する。Fig. 5(b) に網の初期状態を示す。入力画像中の背景及びターゲット(大)、雑音(小)の濃淡レベルはそれぞれ 255 (白)、100 (灰色)、100 である。また、画像の中心を (0, 0) としたときのターゲット及び雑音の重心座標はそれぞれ (-135, 0), (0, 135) である。捕捉には格子点数 400 (層数: 10, セクタ数: 40) の同心四角等面積ネット (Fig. 2) を用いる。シミュレーション実験において、提案手法では乱数を用いているため、各重み係数 K において 20 回ずつ行う。また、演算開始から提案手法を適用した場合 (方法 1) とある程度演算が進んだ時点 (1000 回目の演算) から提案手法を適用した場合 (方法 2) の 2 通りのシミュレーション実験を行い、提案手法の適用タイミングの検討を行う。Fig. 5(c), (d) にそれぞれターゲットのみの捕捉に成功した場合と失敗した場合の、網の最終形状の一例を示す。



(a) 入力画像 (b) 網と入力画像の初期状態

(c) 捕捉失敗例 (d) 捕捉成功例

Fig.5 Results of Active Net applied to a test pattern.

I. 方法 1: 演算開始から提案手法を適用した場合

演算開始から提案手法を適用した場合の実験結果をそれぞれ Table 1 に示す。Table 1 で、「MAX」とは演算が終了しなかったことを示しており、以下のシミュレーション実験でも同様である。Table 1 から見て、 K の値を大きくすると演算に必要な回数が減っていることがわかる。これは K を大きくしたことで、早い演算の段階で雑音を回避できる確率が高くなったためだと考えることができる。また、 K の値が小さいところではあまり捕捉ができていないことがわかる。これは、演算開始から網の格子点に対応する濃度値を変動させたことにより、乱数の効

果として雑音が存在している方へ網の格子点が集中してしまい、雑音を回避できない場合があったものと考えられる。

Table 1 Experimental result.

重み係数K	捕捉成功率[%]	平均演算停止回数
1	0	MAX
2	70	11855
3	65	7226
4	70	6329
5	65	4384
6	90	4356
7	100	4197
8	100	3504
9	100	2988
10	100	2733

II. 方法2：演算途中から提案手法を適用した場合

従来手法においては、Fig. 6 に示すように、1000 回目の反復演算時点で動的ネットモデルはターゲットと雑音の両方を捕捉して網が動かなくなってしまう。そこで、ここでは1000 回目の演算から提案手法を適用した場合にどのような結果が得られるかを、シミュレーションを通して考察する。つまりは、Fig. 6 のように雑音とターゲットの両方を捕捉してしまった状態から提案手法を適用することになる。シミュレーション実験の結果を Table 2 に示す。Table 2 から見て、方法1と同様にKの値を大

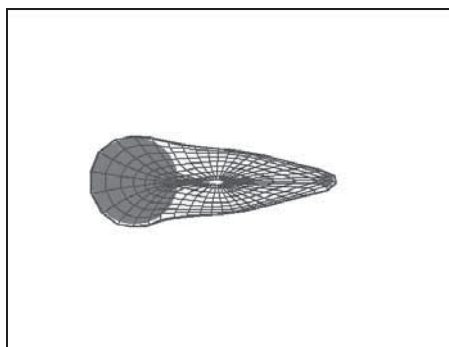


Fig.6 Result of iterations 1000.

Table 2 Experimental result.

重み係数K	捕捉成功率[%]	平均演算停止回数
1	0	MAX
2	95	11155
3	100	6065
4	100	4638
5	100	3898
6	100	3856
7	100	3698
8	100	3504
9	100	3332
10	100	2736

きくすると、演算に必要な回数が減っている。また、方法1では、 $K=2, 3, 4, 5$ の時にあまり捕捉ができていなかったが、ある程度演算が進んだ状態から提案手法を適用したことにより、網の格子点が初期の演算の段階で雑音の方に集中してしまう現象が起こる確率が減少したため、 K が小さいときにおいても捕捉ができることがわかる。

3.3 提案手法の改良

3.2 の実験結果から、 K の値を大きくすることで雑音を含む画像に対する捕捉の演算回数を減少することができ、また方法1よりも方法2のようにある程度演算が進んだ状態から提案手法を適用するほうが良好な結果が得られ、無駄な計算を行わなくて済むことがわかる。しかし、このシミュレーション実験で用いた画像に対する捕捉では、1000 回目の演算から適用を行ったが、実際には画像によってこのタイミングを変える必要がある。一方、Fig. 5(a)の画像に対する提案手法の捕捉結果に注目すると、Fig. 7(a)に示すように最終的な形状が歪んでしまうため、正しい形状抽出ができていないことがわかる。

そこで、これらの問題点を解決するために、次の①、②の改良を行った。

①雑音を同時に捕捉（網のエネルギーが変化せず一定値に収束した状態）してから提案手法を適用する

②ターゲット検出後に従来手法を用いて冗長な演算を行う

①では、具体的にはN回前の反復演算での網のエネルギーと、現時点での反復演算のそれとの差を算出し、その値がある閾値以下であればエネルギーの変化がないと見なし、提案手法を適用するようにしている。これにより、入力画像毎に提案手法の適切な適用タイミングを設定することができるため、その都度タイミングを決める必要がなくなる。また雑音の影響を受けるまでは、網は従来手法により捕捉を行うため、無駄な計算(乱数値の加算)を省くことができる。さらには雑音が存在しない場合においても、エネルギーの値が最小化されず反復演算が終了しないような場合が時折あるが、そのような場合でもこの改良によってエネルギーの値を最小値に収束させることができると予測される。

さらに②によって、Fig. 7(a)のように歪んだ網の状態を、Fig. 7(b)に示すように整形することができ、提案手法を用いる場合においても正しい形状抽出を行うことが可能となる。

これらの改良によって、提案手法は、入力画像中に雑音を含む・含まないに限らずターゲットのみを抽出し、かつ形状情報を正確に抽出することが期待できる。以下、シミュレーション実験では、この改

良後の提案手法を用いることにする.

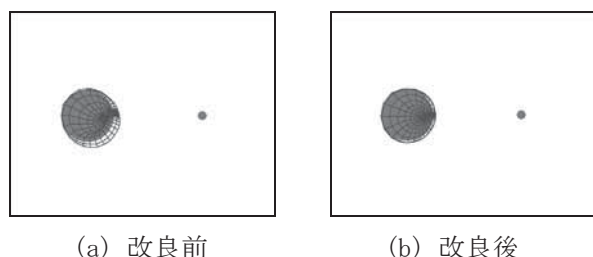


Fig.7 Experimental results of Active Net applied to a test pattern.

4. 提案手法を用いたシミュレーション実験

シミュレーション実験では, 提案手法と従来手法との比較として, 雑音を含む画像, カメラで撮影した雑音を含む実画像, 「規制標識画像」それぞれに対する捕捉の実験を行った. 入力画像は8ビットグレースケールの画像 (630×480[pix]) を使用した.

4.1 雑音を含む画像に対する捕捉

Fig. 8(a)～(d)の雑音を含む画像に対して, 提案手法と従来手法の両方を適用し, 捕捉結果を考察する. 提案手法では, 式(2)の重み係数 $K=10$ とし, 背景及びターゲット(大), 雑音(小)の濃淡レベルはそれぞれ255(白), 100(灰色), 100である. ここで Fig. 8(c)は雑音(小)の代わりに濃度値平均30, 濃度値分散15のホワイトノイズを付加した画像である. シミュレーション実験に用いた網は格子点数400(層数:10, セクタ数:40)の同心四角等面積ネット(Fig. 2)である. また Table 3 に各画像中のターゲット及び雑音の座標(画像の中心:(0,0))を示す. さらに従来手法による捕捉結果を Fig. 9(a)～(d), 提案手法による捕捉結果を Fig. 10(a)～(d)に示す. またそれぞれの捕捉結果の, 横の[]内の数字は演算回数であり, (a)～(d)はFig. 8のそれぞれの画像に対応している. ここで, [MAX]は演算が停止しなかったことを示している.

Fig. 9, 10の結果から(a), (b), (c)のそれぞれの画像において, 従来手法では雑音までも捕捉してしまっているが, 提案手法では, ターゲットのみの捕捉に成功していることがわかる. しかし, (d)のターゲットと雑音間の距離が小さい画像においては, 提

Table 3 Coordinates of target and noise region.

	画像 1	画像 2	画像 3	画像 4
ターゲット座標	(-135, 0)	(-145, 80)	(-135, 0)	(-145, 80)
雑音座標	(135, 0)	(10, -85)		(-70, -5)

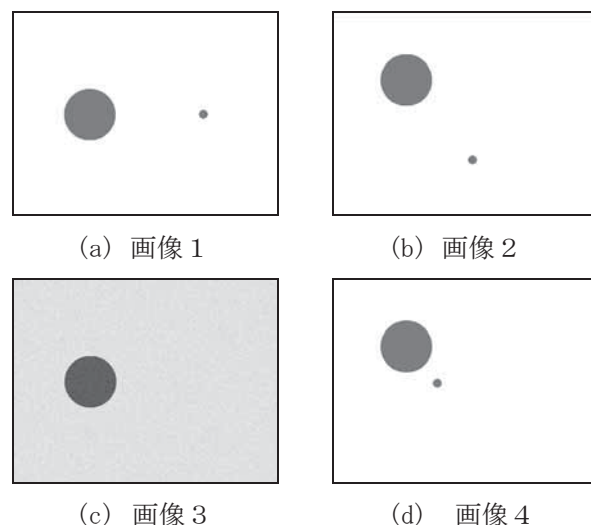


Fig.8 Sample images for experiments.

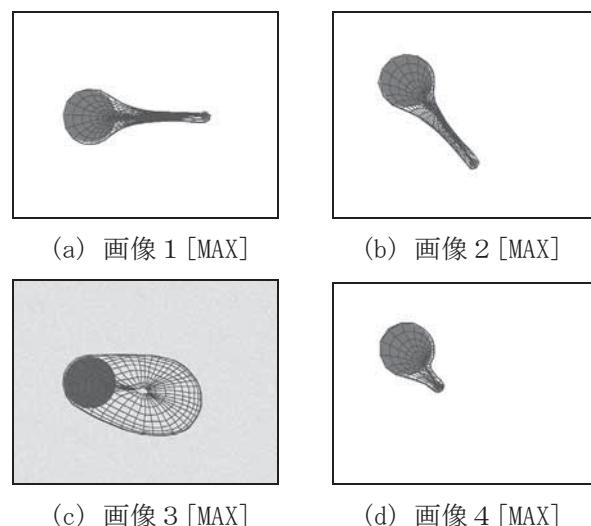


Fig.9 Experiment results (conventional method).

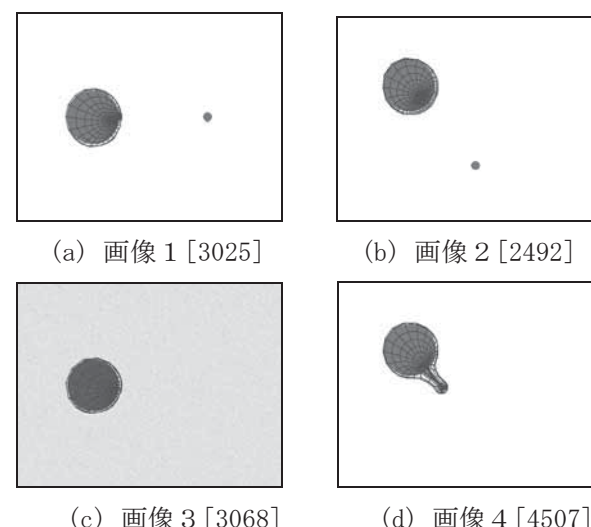


Fig.10 Experiment results (proposed method).

案手法を用いた場合でもターゲットのみの捕捉ができていない。過去の研究においても、それぞれの対象の距離や位置によってはターゲットのみの捕捉が困難な場合がある⁷⁾。

4.2 雑音を含む実画像に対する捕捉

ここでは、Fig. 11(a)～(d)のターゲットと雑音の2物体を含む実画像を用いて、4.1と同様に提案手法と従来手法の両方を適用し、捕捉結果を考察する。ここで、用いる画像はホワイトボードに円形(ターゲット)と四角形(雑音)の絵を貼り付けて撮った単純な画像である。提案手法では、式(2)の重み係数 $K=10$ とする。網は4.1と同様に格子点数400(層数:10, セクタ数:40)の同心四角等面積ネット(Fig. 2)を用いる。Table 4に各画像中のターゲット及び雑音の座標を示す。従来手法による捕捉の結果をFig. 12(a)～(d)、提案手法による捕捉の結果をFig. 13(a)～(d)に示す。(a)～(d)はFig. 11のそれぞれの画像に対応している。Fig. 12の従来手法における捕捉結果からわかるように、(a)の画像中のターゲットの捕捉は成功しているが、(b)～(d)の画像に対しては、4.1と同様ターゲットと雑音の両方を捕捉してしまっている。(a)の画像においては、雑音は画像の端に存在するために、その影響が小さくなったため、従来手法においても捕捉ができたと思われる。しかし、(b)、(c)ではターゲットと雑音の位置が(a)の画像のそれに比べて近い、また(d)の画像においてはターゲットが画像の端に存在し、雑音の方が画像の中心に近い位置に存在していることで、雑音の影響が大きくなってしまい、従来手法ではターゲットのみの捕捉ができなかった。

一方、Fig. 13の捕捉結果からわかるように、提案手法においては、(a)～(d)全ての画像中の、ターゲットの捕捉に成功している。このように、実画像に対

しても、提案手法は従来手法と比較して、雑音に対してロバストな捕捉を行えることがわかる。ここで、Fig. 10(d)画像4およびFig. 13(c)画像7は両方ともターゲットと雑音が近接している場合であるが、画像7が捕捉に成功し、画像4が捕捉に失敗している。これは、式(1)のエネルギー関数が距離だけでなく濃度値も関係しているため、実画像の画像7とシミュレーションの画像4においては濃度値も異なり、エネルギーにおける安定点が変わり、捕捉結果が異なったものと考えられる。

Table 4 Coordinates of target and noise region (real image).

	画像5	画像6	画像7	画像8
ターゲット座標	(-90, 20)	(-90, 20)	(-90, 20)	(155, -70)
雑音座標	(245, -160)	(175, -100)	(65, -50)	(-155, 80)

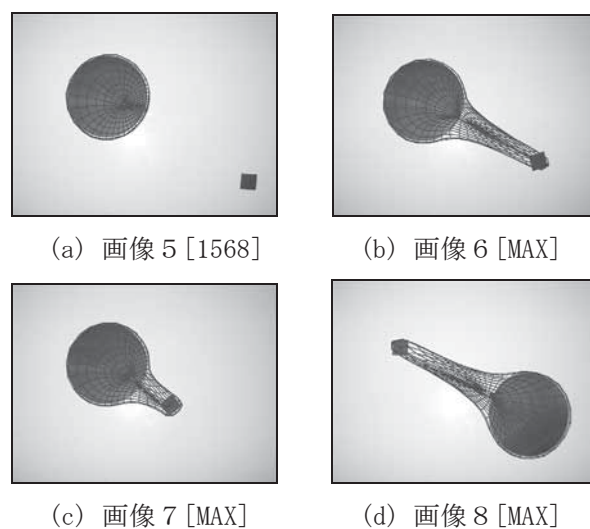


Fig.12 Experiment results (conventional method).

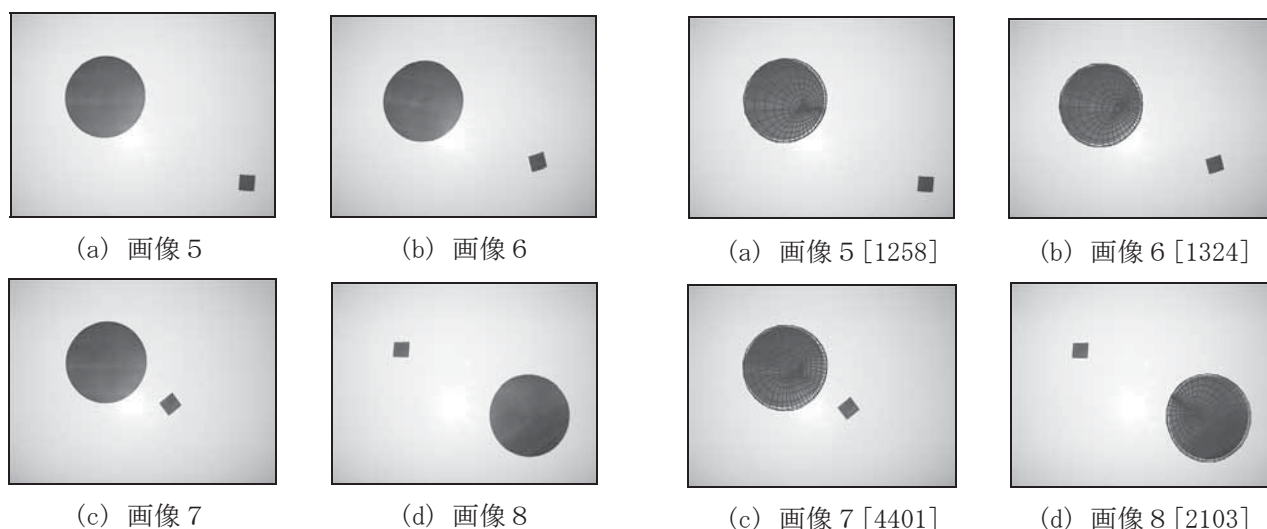


Fig.13 Experiment results (proposed method).

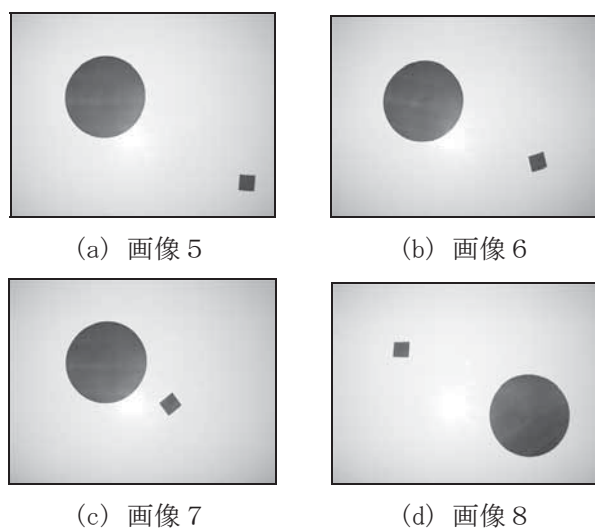


Fig.11 Real images captured by digital camera.

4.3 規制標識画像に対する捕捉

4.1, 4.2において提案手法が、雑音を含む画像に対する捕捉に対して優位性を持つことを示すことができた．ところで、提案手法では、式(2)に示した通り、濃度値を強制的に変動させているため、網がターゲットの内部情報を反映できない可能性がある．そこで、提案手法($K=10$)と従来手法を用いて、規制標識画像に対して捕捉を行い、その結果を比較する．ここでは、ターゲットの内部情報の反映に優れている、格子点数1000(層数:25, セクタ数:40)の同心円ネット(Fig. 14)¹⁾を用いる．従来手法における捕捉結果をFig. 15(a)～(d)に、提案手法における捕捉結果をFig. 16(a)～(d)に示す．

まず、Fig. 15, 16(a)～(c)を見ればわかるように、演算回数と捕捉結果が両手法において同じ結果であることより、提案手法において3.3の①の処理が行われていないことがわかる．ここで、Fig. 15, 16の各(c)において、標識の左上部分が捕捉からはみ出しているが、これは、エネルギー関数のパラメータの設定によるところが大きく今回はこの部分についての言及はしない．一方(d)の画像では、従来手法においては捕捉には成功しているが、エネルギーが正しく最小化されず、反復演算が終了しなかった(Fig. 15(d)の演算回数が[MAX]より)．しかし、提案手法では濃度値変動を行い、その問題を改善できている．また、提案手法が適用された(d)の捕捉結果を両手法で比較しても、さほどの違いはないため、提案手法においても従来手法と同様に、内部情報を反映できることがわかる．これらの結果から、提案手法を用いることで、ターゲットの内部情報が失われることはなく、かつ網のエネルギーを最小の状態へと遷移させることができることがわかった．

5. おわりに

本稿では、画像中のターゲットの検出・認識処理を行うために動的ネットモデルの捕捉性能改善方法の提案と検討を行った．

動的ネットモデルを適用することにおいて、入力画像の雑音の影響を軽減するために、網の格子点に対応する画素の濃度値を変動させる手法を提案し、重み係数 K と提案手法の適用タイミングについて考察を行い、問題点の改善のために提案手法の改良を行った．そして提案した手法を適用してシミュレーションを行った．その結果、提案手法により雑音の影響を軽減し、雑音を回避してターゲットを捕捉することが可能であること、また従来手法において反復演算が終了しないという問題を改善できることが

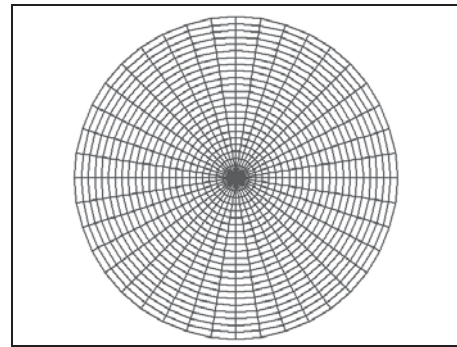
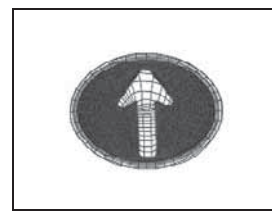
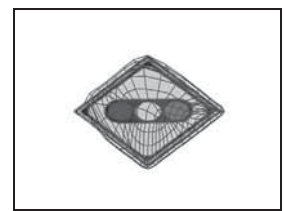


Fig. 14 Radial Active Net.



(a) 左折, 右折禁止 [356]



(b) 信号機あり [451]

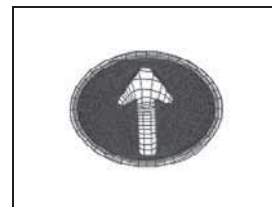


(c) 一旦停止 [639]

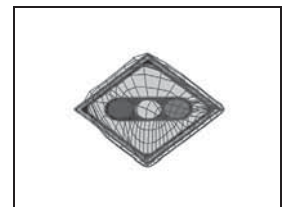


(d) 歩行者通行止め [MAX]

Fig. 15 Experiment results (conventional method).



(a) 左折, 右折禁止 [356]



(b) 信号機あり [451]



(c) 一旦停止 [639]



(d) 歩行者通行止め [630]

Fig. 16 Experiment results (proposed method).

示せた．今後の課題は、複雑な実画像やカラー画像に対する適用結果の検討を行っていくことである．

参考文献

- 1) 坂上勝彦, 山本和彦: 動的な網のモデル Active Net とその領域抽出への応用, テレビジョン学会誌, 45, 10 (1991)

1155-1963

- 2) 坂上勝彦：遺伝的アルゴリズムとアクティブネットの組合せによるステレオマッチング，電子情報通信学会論文誌 D-II, J77-D-II, 11 (1994) 2239-2246
- 3) 吉野和芳，真木みお，川嶋稔夫，青木由直：色特徴エネルギーによる対象物体の抽出，電子情報通信学会論文誌 D-II, J77-D-II, 10 (1994) 1993-1999
- 4) N. Yabuki, Y. Matsuda, H. kimura, Y. Fukui, S. Miki :Region Extraction Using Color Feature and Active Net Model in Color Image, IEICE Trans., E82-A, 3 (1999) 466-472
- 5) N. Yabuki, Y. Matsuda, M. Ota, Y. Sumi, Y. Fukui, S. Miki : Improvement of Active Net Model for Region Detection in an Image, IEICE Trans., E84-A, 3 (2001) 720-726
- 6) 竹久香，薮木登，鷺見育亮，三木成彦，副井裕：Active Net の捕捉能力の検討，平成 14 年度電気・情報関連学会中国支部第 54 回連合大会, , 10 (2003) 487
- 7) 古林佑介，薮木登，鷺見育亮，松前進，福本善洋，副井裕：動的ネットモデルにおける捕捉能力の改善に関する検討，第 19 回 回路とシステム 軽井沢ワークショップ論文集 (2006) 507-512

津山高専における迷惑メールの独自対策とその効果

平田 克己* 岡田 正*

TNCT Independently Blocking of Spam E-Mail and Its Effects

Katsumi HIRATA and Tadashi OKADA

E-mail has become a necessary means of communication for various businesses and daily lives. In recent years, spam e-mail has increased as e-mail has become more popular, and now, the spam is an object of public concern. Like a letter or a card, an e-mail should not be censored and restricted. Without blocking the spam, however, unmanageable spam or computer virus attached the spam may damage computers and their networks. In our college, blocking of the spam has been implemented on our mail servers since 2004. We adopted not content-based but IP-based filtering to respect the privacy of users. The blocking only needs functions of Postfix mail server program without optional software and/or hardware. And it can be configured, maintained, and monitored by our own hands. In this paper, after basic policies of the blocking and actual configurations of Postfix are explained, effects and problems are discussed.

Key words: blocking spam e-mail, Postfix, no optional software and/or hardware, independently administration

1. はじめに

電子メール（以下、メールという）は様々な業務や日常生活において欠かすことのできない通信手段の一つとなりつつある。一方、これを悪用して、相手に望まないメールを送り付ける、いわゆる迷惑メールが爆発的に増えてきており、社会問題にまで発展している¹⁾。

メールの歴史は古く、インターネットが一部の研究者の間で使われていたころから用いられてきた。はじめはUUCP (Unix to Unix Copy Protocol) などのプロトコルが使われていたが、1980 年頃からはSMTP (Simple Mail Transport Protocol)²⁾が広く使われるようになり、その後基本的な仕組みはほとんど変わらずに現在に至っている。SMTP は、その名前が示すようにシンプルであるため、広く実装されてきたが、その反面、悪用もしやすい。特に、近年家庭でのインターネット常時接続が普及し出したのを境に、迷惑メールをまき散らすようなウイルスの蔓延もあり、急激に迷惑メールが増えてきている。これに対し、メールサーバやメールを読み書きするメールソフトで迷惑メールを遮断が試みられているものの、迷惑メールを送る側とそれを遮断する側との

いたちごっこが続いており、いずれも決め手となるものがない状況にある。

迷惑メールを遮断する方法としては、メールの送信元 (From ヘッダ) によりフィルタリングしたり、メール内容を解析するという方法がよく使われている。送信元フィルタリングでは、送信元を簡単に詐称することができるため、それほど効果はないようである。また、本文の内容によりフィルタリングするためには、メールサーバで通信内容にまで立ち入ることになり、あまり好ましくない。本来メールは、手紙やはがきのように信書である側面も持っていると考えられるからである。さらに、ある人にとっては迷惑なメールであるかも知れないが、別の人にとっては有用な情報である可能性もある。したがって、メールサーバなどの通信経路で一括して何らかの制限をかけることは、できれば実施すべきではない。

本校では、従前より極力規制をしない方針でネットワークを運用してきた³⁾。しかし、数年前からウイルスの蔓延によるコンピュータやネットワークへの被害に頭を悩ませてきた。このことを受けて、2004 年度から段階的にメールの受信制限を導入してきた。本校で実装した方法は、追加のソフトウェアやハードウェアを導入することなく、メール配送プログラム Postfix⁴⁾が本来持っている機能だけで実現可能であり、学内のシステム管理者だけで簡単に設定・保守・監視できるものである。

本論文では、本校で実施している迷惑メール対策

原稿受付 平成 19 年 8 月 27 日

* 情報工学科

の基本方針とメールサーバの具体的設定内容について説明した後、その有効性と問題点について、実際のメール受信状況のデータの評価を通して検討する。

2. 迷惑メール対策方法

2. 1 基本方針

外部から送られてくる迷惑メールの受信制限を導入するにあたり、以下の基本方針をたてた⁵⁾。

(1) プライバシーの保護

本校における電子メールは、公の設備を用いたサービスとはいえ、そのほとんどが個人宛の私信であり、業務上の機密事項や個人のプライバシーに関わるような事項が含まれている。そのため、システム管理者といえどもみだりにその内容に立ち入るべきではない。このような考えのもと、本文の内容による制限は行わない。ただし、差出人や宛先といった、手紙に例えたときに、封筒の外側に書かれるような情報は用いることにする。

(2) 設定内容と制限結果の完全な把握

商用の遮断ソフトなどでは、どのような方法で遮断がなされているかが隠匿され、ブラックボックスになっている場合が多い。これは、商業上の都合であり、その方法を開示することによって、悪者に手の内を見せることになるし、あるいは特許にかかわる技術が含まれている場合もある。しかし、メールという重要なサービスに制限を加える以上、システム管理者はその制限状況に責任を持つ必要がある。このようなことから、我々自身の手で設定からログの監視までを行うことができ、どのような設定をしていて、その結果どのメールを遮断したかを完全に把握できるようにする。

(3) 管理・保守の容易さ

(2)を達成するためにも、システム管理者に過度の負担がかからないよう、特別なソフトを用いなくとも、容易に設定することができ、通常のログファイルの監視だけで、その状況を簡単に把握できるものにする。

(4) 管理や導入に追加の経費が不要

これまで用いている OS とそれに付随して通常インストールされているプログラム、およびメール配送プログラム以外に追加でソフトウェアの導入をしたり、定期的にブラックリストを更新するために契約を結んだりする必要がないものにする。また、高性能なハードウェアを導入しなければ、配送遅延が生じるような方法は避ける。つまり、通常のシステム管理にかかる人手以外に、新たに費用がかからないようにする。

(5) 完全性を求めない

迷惑メールとはいえ、最低限決められたメール

配送規則にのっとって送られてくるため、迷惑でないメールとを見分けて、完全に自動で遮断することは困難である。迷惑メールを送る側も日々工夫をしており、また、完全性を求めすぎるあまり受信制限を厳しくし過ぎて、正当なメールまでも遮断してしまう可能性もある。迷惑メールが1通や2通届いたからと言って、即被害が出るというものでもない。迷惑メールが気にならない程度まで遮断できれば良いものとする。

(6) 2系統での同一の制限が可能

本校ではインターネット接続回線を2系統有しており、それぞれで外部向けメールサーバが稼働している。そのため、両系統に同一の制限を容易にかけられるものにする。

2. 2 メール配送過程と受信制限

(1)～(6)の基本方針を全て満たすものとして、本校にて従来から用いていたメール配送プログラムである Postfix の機能を用いることにより十分実現可能であると考えた。メール配送プログラムとしては、Sendmail⁶⁾が古くから広く用いられ、多くのサーバに標準でインストールされてきた。様々な環境に対応できるように幾多の改良がなされ、多くの機能が追加されている。その結果、プログラムが非常に複雑化し、セキュリティホールも次々と発見されるようになった。また、その高機能さゆえ、設定ファイルが非常に複雑で、相当高度な技術を持った者でないと、完全な管理が難しいとまで言われている。例えば、設定ファイルを作るための専用のプログラムが、別に開発されているくらいである。

このような問題に対処するために、qmail⁷⁾や Courier⁸⁾、exim⁹⁾といった、安全で管理がしやすく、現在のインターネット環境に合ったメール配送プログラムが開発された。Postfix もその一つであり、特に Sendmail からの移行がしやすいという特長がある。さらに、他の後発のメール配送プログラム同様、設計段階よりセキュリティや機能拡張を考慮して開発されているため、簡単な設定により迷惑メールや不正アクセスに対処することができる。

Postfix の設定のほとんどは、main.cf という設定ファイルを編集するだけで済む。このファイルは極めてシンプルなテキストファイルであり、メールサーバとしての基本設定から、ホストやドメインごとのアクセス制御、その他迷惑メールの拒否設定に至るまで、多数の細かい制御を簡単に設定することができる。特に、迷惑メールの拒否設定に関しては、送信元ホストの IP アドレスやドメイン名に応じた不正中継対策や、DNS を利用したブラックリストデータベースによる制限、さらにはメール本文の内容によるフィルタリングも可能となっている。本校では、メールの内容による制限はしないとの基本方針を立

ているので、特に送信元ホストの IP アドレス等により制限する機能を採用している。

ここで、メールを送信するクライアントと受信するサーバの間におけるメール配送過程について説明する。クライアントは、プロバイダや各機関が提供するメール送信用サーバであったり、個人で構築した自宅メールサーバであったり、あるいは、迷惑メールを大量に送信するように悪者によりウイルスを仕掛けられたクライアント PC であったりする。一方、サーバはメールを受信するサーバであり、本校で学外からメールを受け取る場合は、外部向けに設置されたメールサーバを指すことになる。クライアントもサーバもいずれも、メール配送プログラムがその処理を担っており、逆に学内から学外に向けてメールを送信するような場合は、立場が逆になるだけである。ここでは、学外からメールを受信する場合に的を絞って述べる。

クライアントのうち、勝手に迷惑メールを送信するようなウイルスを仕掛けられた PC のことを俗に「ゾンビ PC」と言う。悪者が複数のゾンビ PC を裏でコントロールし、ボットネットと呼ばれるネットワークを形成して、組織的に迷惑メールをばらまいていることが知られている。近年の常時高速接続環境の普及により、このボットネットがますます蔓延し、問題となっている。

Fig.1 は、メールの配送過程を示したものである。まず、クライアントからサーバに TCP/25 で接続要求を出す。この時、クライアントの IP アドレスがサーバに伝わる。サーバから接続 OK の応答が来たら、クライアントは HELO (Hello) コマンドでクライ

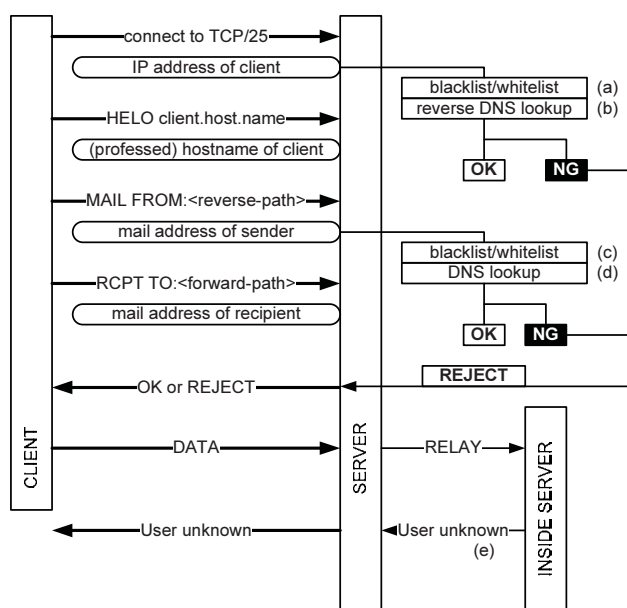


Fig.1 A diagram illustrated of receiving an e-mail from a client by a Postfix server and accepting or rejecting according the configurations from (a) to (e).

ントの FQDN (完全修飾ドメイン名) を、MAIL FROM コマンドで送信元のメールアドレスを、RCPT TO コマンドで宛先のメールアドレスを順次送る。HELO コマンド以降で得られる、クライアントの FQDN と送信元および宛先メールアドレスとは、いずれも“自己申告”であり、嘘を付いている可能性があることに注意しなければならない。つまり、通常信用できるのは、接続要求の段階で得られる IP アドレスだけである。これらのやりとりのあと、クライアントは DATA コマンドに続けてメールの本体（ヘッダと本文）を送る。さらに、本校の場合は、外部向けメールサーバで受け取るようになったすべてのメールは、内部向けサーバへ転送される。

以上のやりとりの中で、メール本文に立ち入らずに迷惑メールかどうかを判定する材料としては、クライアントの IP アドレス（または FQDN）と差出元のメールアドレスである。まず、はじめの接続要求で得られるクライアントの IP アドレスから、

(a) 特定の IP アドレスまたは FQDN の制限

(b) FQDN を持たないクライアントの制限

が可能である。次に、MAIL FROM で得られる送信元メールアドレスから、

(c) 特定のメールアドレス／ドメイン名の制限

(d) 存在しないドメイン名の制限

が可能である。さらに、RCPT TO で得られる宛先のメールアドレスから、

(e) 存在しないユーザ向けのメールを制限

が可能である。最後の (e) については、ユーザ情報が登録されている内部向けメールサーバに転送されて初めて判定できるものである。それ以外の (a) ～ (d) に関しては、いずれも、外部向けサーバにてメール本体を受信する前に判定し、受け取りを拒否することができる。

2. 3 Postfix における実際の設定

前節で挙げたそれぞれの制限に対する、Postfix の実際の設定について述べる。なお、これらの制限はすべて、Postfix の設定ファイルである main.cf に記述し、必要に応じてテキストベースのリストファイルを作成することによって実現できる。設定ファイルの中で、smtpd_client_restrictions パラメータを設定することによって TCP/25 への接続要求段階での制限 ((a) と (b)) を、smtpd_sender_restrictions パラメータを設定することによって MAIL FROM コマンド段階での制限 ((c) と (d)) とを、それぞれ設定することができる。これらのパラメータに多数の制御パラメータを付加することによって、その動作を細かく制御可能である。

(a) 特定の IP アドレスまたは FQDN の制限

check_client_access パラメータを設定し、hash 形式か CIDR (Classless Inter-Domain Routing) 形式でその

配送可否を指定したリストを用意しておけば、IP アドレスやホスト名またはドメイン名ごとに配送の可否 (OK か REJECT) を指定することができる。制御パラメータは、その記述順序が優先順序となるので、次の (b) の制限より優先させて、特定のクライアントだけ配送可とすることもできる。つまり、このリストは、ブラックリストとホワイトリストとの両方の働きをするものである。

(b) FQDN を持たないクライアントの制限

`reject_unknown_client` パラメータを設定すれば、IP アドレスを DNS に問い合わせた (逆引きした) 結果、FQDN が見つからないか、見つかったとしても A レコードがない場合に、配送を拒否することができる。

(c) 特定のメールアドレス／ドメイン名の制限

`check_sender_access` パラメータを設定すれば、hash 形式で記述されたリストに従って、送信元のメールアドレスやドメイン名ごとの配送可否を指定することができる。また、(a) と同様に、次の (d) の制限によらず優先的に配送可と指定することもできる。

(d) 存在しないドメイン名の制限

`reject_unknown_sender_domain` パラメータを設定すれば、送信元メールアドレスのドメイン部分が、A レコードでも MX レコードでもない場合に、配送を拒否することができる。

(e) 存在しないユーザ向けのメールを制限

外部向けメールサーバには、インターネット側と学内側とのメールの中継機能しか持たせていない。そのため、外部向けメールサーバはユーザ登録情報を持っていない。存在しないユーザ向けのメールは内部メールサーバに配送された際、User unknown が外部向けサーバに返され、エラー通知メッセージが送信元アドレスに送られる。

2. 4 リストファイルの保守

本校には学外接続が2系統あり、それぞれに外部向けメールサーバが稼働している。その両方の Postfix に対して上記 (a) ～ (e) の制限を設定している。このうち、(a) と (c) に対しては、拒否したい IP アドレスや FQDN、あるいはメールアドレスやドメイン名のリストを作成し、適切に更新する必要がある。これについては、管理者がメールの中身を確認可能な管理者自身宛てに届いた迷惑メールや、存在しないユーザ宛てに送られてきた迷惑メールの送信元情報を用いて適宜リストを更新している。

また、本来届くべきメールが上記の制限により迷惑メールであると誤判定される場合がある。これは、送信元ホストが DNS サーバに正しく設定されていないことにより、(b) によって配送拒否されてしまうことがそのほとんどである。これについては、ログ監視や利用者からの連絡により発見し次第、拒否したくないクライアントとして、その IP アドレスを

(a) に追加するようにしている。(a) や (c) については、十分に吟味をして拒否したいクライアントを追加することにより、誤判定による拒否がないように注意する必要がある。

3. 受信制限の効果

本校では、2. で述べた迷惑メール制限を 2004 年度から導入した。最初の 1～2 年は、送信元ホストの状況や効果を確認しながら、段階的に制限を強めてきた。すべての制限を導入した後も、ログや管理者宛てに届いたメールを継続的に監視し、その効果を確認している。

3. 1 迷惑メール件数の推移

Fig.2 は、システム管理者の一人 (岡田) に届いた迷惑メールの件数とその 1 件あたりの平均バイト数について、2001 年 1 月から 2007 年 7 月にわたる推移を示している。件数 (棒グラフ) を見ると、2002 年ごろからじわじわと増え始め、2003 年後半ごろから爆発的に増えてきていることがわかる。その後、2004 年 4 月から段階的に減り始め、2005 年後半以降はおおよそ 100 件／月のレベルで落ち着いている。本論文で報告している迷惑メール制限をちょうど 2004 年 4 月から段階的に導入したことを考えると、この制限により迷惑メールを効果的に遮断できていると言えることができる。2007 年に入ってから平均が約 95 件／月で、1 日あたりに換算すると、3～4 件程度である。最も多く迷惑メールを受け取っていると考えられる管理者で、2007 年 7 月では全受信メールの 3.3% が迷惑メールであり、ほとんど気にならないレベルである。

次に、迷惑メール 1 件あたりのバイト数 (折れ線グラフ) を見ると、2004 年くらいまでは月によって非常に大きくなっていることがわかる。このような月は、サイズの大きなウイルスが添付されたメールを受け取っていたと考えられる。その後は月によって多少山があるものの、以前ほど大きくなることはなくなった。このことは、効果的に迷惑メールが遮断できている結果であるともいえる。一方、迷惑メールの形態自体が変わってきていることの反映でもある。日々進歩している迷惑メール対策に対抗して、迷惑メール送信者もその内容や送信手法を工夫していることも事実である。

最近では、メール本文の検査による迷惑メール遮断を回避しようと、内容を全て画像ファイルにしたものや、文字を並べて意味のある言葉や絵の形を作る、いわゆるアスキーアートを用いたものなど、様々な手法が現れている。さらには、画像ファイルを PDF 形式にしているものも報告されている^{10), 11)}。最近では PDF 形式の書類を添付して送る場合が増えてきてお

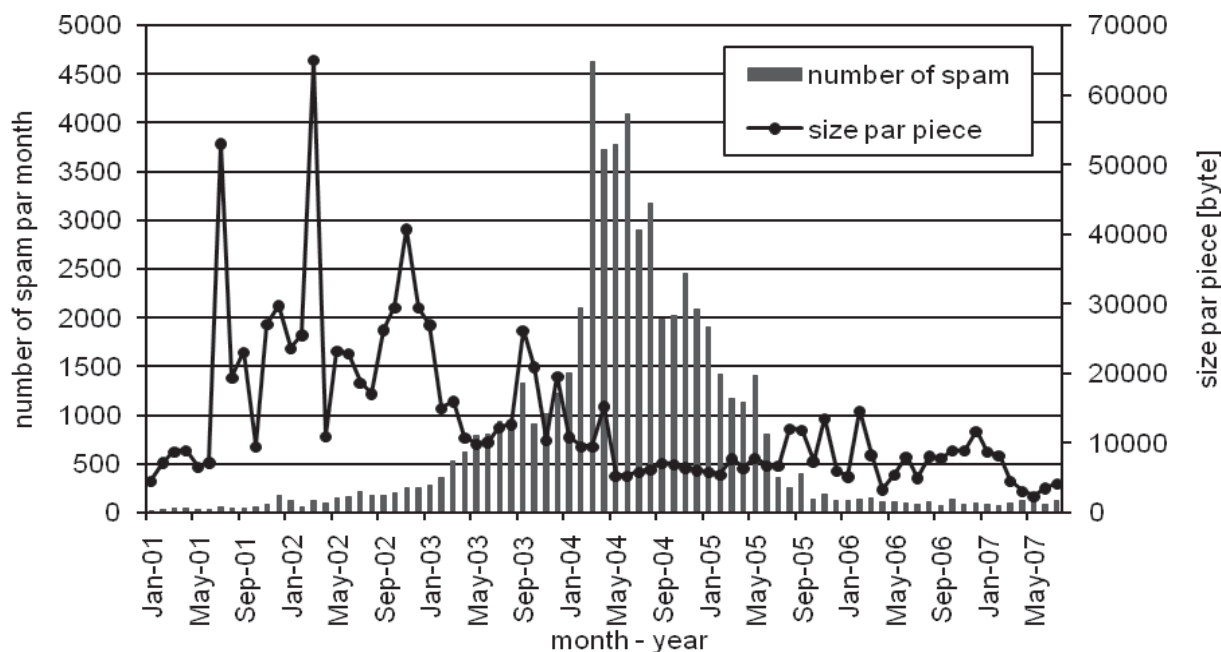


Fig.2 Changes in number of spam mail (bar chart) and size of the mail (line chart) between January 2001 and June 2007.

り、メールの中身の検査だけでは迷惑メールかどうかを判定するのはなかなか難しいようである。

3. 2 受信制限状況

本制限により、外部から送信されてきたメールがどのように処理されているかについて検討する。

Fig.3 は、2007 年 6 月 16 日～23 日の一週間に本校外部向けのメールサーバにあったアクセスのうち、どのような理由でどれだけが拒否あるいは配送されたかの内訳を示したものである。これは、Postfix の標

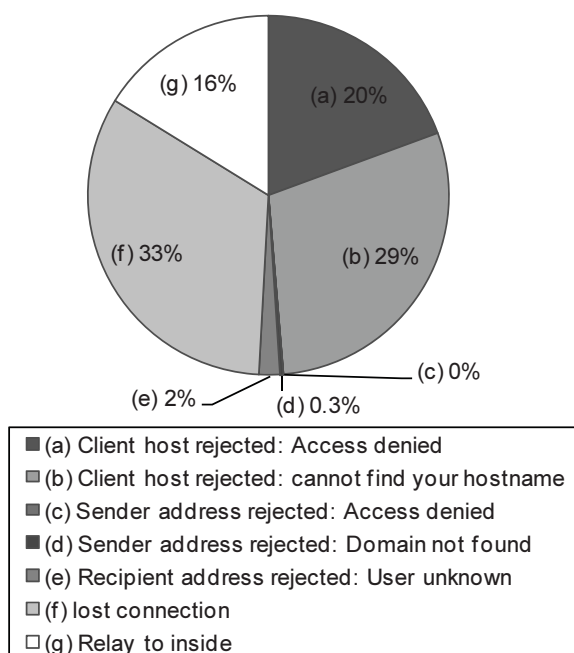


Fig.3 The details of processing for incoming SMTP connection from outside by Postfix between June 16 and June 23, 2007.

準的なログから簡単に解析できるものである。(a)～(e)は、それぞれ2.で述べた制限(a)～(e)に対応している。(f)は、クライアントが接続を切ったもの、(g)が内部のメールサーバに配送されたものである。すなわち、(g)は迷惑メールではないと判定され、内部に転送したものである。この内訳を見ると、送られてくるメールの内8割強が迷惑メールであることになる。実際、世間では全メールに占める迷惑メールの割合は6～8割にもものぼると言われており、これと比べても本制限による迷惑メールの判定は妥当なものであると言える。

(a)と(b)は、TCP/25 接続要求の際のIPアドレス情報を使った制限であり、これらの占める割合が比較的大きい。一方(c)と(d)の割合は非常に小さい。これは、(c)と(d)がいくらでも詐称できるMAIL FROM コマンドで渡される差出元メールアドレスの情報をを用いているからである。迷惑メール送信者は、メールアドレスを次から次へと変えている、あるいは、実在するドメイン名を騙っていることが多く、これらによる制限にはあまり引っかからない。この内訳の中で最も大きい(f)については、HELOやMAIL FROM, RCPT TO コマンドに対するサーバからの応答待ちの最中に、クライアント側から切断しているものである。迷惑メール送信者は、できるだけたくさんのメールをばらまきたいため、少しでも時間がかかるような場合は、すぐに切断して次へ行くように設定しているようである。実際、メールサーバにわざとディレイの設定をして、迷惑メールを遮断しようとする試みも報告されている¹²⁾。

3. 3 今後の課題

本迷惑メール対策により、ユーザに届く迷惑メールを気にならないレベルにまで抑えることができた。送信元 IP アドレスやメールアドレスのブラックリスト（またはホワイトリスト）は管理者により適宜更新されているものの、Fig.2 を見る限り、ここ 1 年半くらいは一か月当たりの迷惑メール件数が 100 件前後を行ったり来たりで、なかなかこれ以上減少させることができていない。今以上に減少させるためには、今後、新たな制限設定の導入が必要であると考えられる。例えば、現在は用いていない HELO コマンドで得られるクライアントの FQDN 情報の利用である。この FQDN は自己申告であり、迷惑メール送信者はこれを詐称している可能性が高い。これと、TCP/25 接続要求時に得られる IP アドレス（から得られる FQDN）とを比較して、食い違っている場合は迷惑メールであると判断して、配送拒否するような方法が考えられる。

一方、本来は届くべき迷惑ではないメールに対する、誤った拒否も少しではあるが存在する。2006 年度の例では、年間で 15 件が過剰制限されている。一か月あたりに換算すると 1 件程度と、年間 140 万件（推定）のメール件数に比べて十分な精度であるとはいえず、できればなくしたい。この点については、正当なメールサーバの挙動を自動的に検出し、報告するシステムを導入するなど、さらに精度を高める必要がある。

4. おわりに

近年問題となっている迷惑メール対策に対して、本校では独自に受信制限を導入している。これは、メール送受信者のプライバシーを保護しつつ、学内のスタッフだけで導入・運用でき、特別な追加費用が不要であるといった特長を持っている。この受信制限により、迷惑メールをピーク時の 2004 年 3 月に対して、およそ 45 分の 1 も抑えることができていた。また、誤った過剰制限もほとんどないことから、本校においてこの迷惑メール対策は非常に効果的であることが確認できた。

本論文の手法は、追加費用が必要なく、オープンソースソフトウェアベースの仕組みであるため、地域連携で構築したサーバ¹³⁾へも適用して効果を上

げている。こちらのログ情報からもフィルタリング用のデータを得ている。しかし、迷惑メール送信者も、工夫を凝らして日々新しい手法で対抗してくることが予想される。このような攻撃に対して、今後も継続して柔軟に対処してゆく必要がある。

謝 辞

本論文の執筆は、独立行政法人国立高等専門学校機構で実施された高専間教員交流による活動の一環として行われたものである。同機構並びに両高専をはじめとする関係者の皆様のご協力に深く感謝いたします。また、迷惑メール対策に関係された、本校総合情報センター関係者を始めとする、多くの教職員の皆様にも、この場を借りてお礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 迷惑メール相談センター, <http://www.dekko.or.jp/soudan/>, (財) 日本データ通信協会
- 2) RFC2821, <http://www.ietf.org/rfc/rfc2821.txt>
- 3) 岡田, 日下, 寺元: 津山高専の情報通信環境の運用管理, 津山工業高等専門学校紀要, 40 (1998) 7-15
- 4) The Postfix Home Page, <http://www.postfix.org/>
- 5) 岡田, 寺元, 日下, 最上: プライバシーと視認性を考慮した迷惑メール対策と効果, 第 25 回高等専門学校情報処理教育研究発表会論文集 (2005) 56-59
- 6) Sendmail.org -Sendmail Home-, <http://www.sendmail.org/>
- 7) qmail: the Internet's MTA of choice, <http://cr.yp.to/qmail.html>
- 8) Courier Mail Server, <http://www.courier-mta.org/>
- 9) exim Internet Mailer, <http://www.exim.org/>
- 10) Symantec Messaging and Web Security : シマンテックマンスリースパムレポート 2007 年 2 月, http://www.symantec.com/ja/jp/enterprise/security_response/whitepapers.jsp (2007)
- 11) Symantec Messaging and Web Security : The State of Spam A Monthly Report - July 2007, http://www.symantec.com/enterprise/security_response/whitepapers.jsp (2007)
- 12) 鈴木: ブロッキング, スロットリング (技術的側面から見た spam メール対策), 情報処理, 46, 7 (2005) 754-757
- 13) 田淵, 佐野, 岡田: Web サイト公開支援システムの構築とオープンソースの効果, 津山工業高等専門学校紀要, 48 (2006) 55-60

階層型ニューラルネットワークを用いた 短時間先の簡易風速予測法

曾利 仁* 安野 卓**

Simple Wind Speed Prediction Method after A Short Time using Hierarchical Neural Network

Hitoshi SORI and Takashi YASUNO

This paper describes a simple wind speed prediction method after a short time using a hierarchical neural network (NN). To reduce the prediction error of the wind speed, deciding a suitable combination of weather informations as the input of the NN is very important. Therefore, we investigate three combinations (Case A, Case B, and Case C) of weather data. Case A is a mean wind speed before the prediction term. Case B is an amount of the the mean wind speed change in addition to the data of Case A. Case C is a mean wind direction in addition to the data of Case B. Some computer simulation results demonstrate the usefulness of the proposed prediction system and the effectiveness of the selection of suitable weather data.

Keywords : Wind Speed Prediction Method, Hierarchical Neural Network, Weather Informations

1 まえがき

1990 年以降、化石燃料の枯渇や地球温暖化問題等によって、無尽蔵でクリーンな自然エネルギーが注目されている。なかでも、風力発電は我が国においても 1990 年代から導入量が急増し、2005 年末で約 100 万 kW に達している。政府としても、2010 年までに 300 万 kW の風力発電導入量を目標としている¹⁾。しかし、風力発電の出力は風速および風向によって大きく変動するため、電力系統と連系された風力発電機が増加した場合の周波数変動等の電力品質に与える影響が懸念されている²⁾。現在は、電力各社が電力系統への風力発電導入量の上限を制限している。

これらの背景を踏まえ、資源エネルギー庁で設置された電力系統連系対策小委員会では、周波数変動対策の一つとして、気象予測に基づく風力発電量予測システムの導入を目標に掲げている。もし、一定期間先の風速を予測することで風力発電出力を事前に把握できれば、電力系統の安定性確保や発電電力の計画的な運用が実現できる。風力発電の導入が進んでいる欧米ではすでに風力発電量予測システムが実用化され、電力系統の安定運用のために風力発電以外の発電源での調整に要する費用が、年間約 60 億円節約できたとの報告もある³⁾。

我が国においては、日本特有の地形の影響で風況が欧米のように安定しておらず、風速・風向の予測は容易でない。しかしながらこれまで、大きく分けて二つのアプローチにより風力発電の出力予測手法の研究・開発が進

められている。一つは、数値予報モデルに基づいて風速を予測し、風力発電機の数学モデルを用いて風力発電の出力を予測する手法である³⁾。この手法は、規則正しく並んだ格子で大気を細かく覆い、格子点における気圧、気温、風速・風向などを世界中から送られてくる気象データを使って予測するものである。このように、数値予報モデルを用いた風速・風向予測では、多くの気象観測データや地形因子などを用い、流体力学や物理学をベースとした複雑な運動方程式を解析する必要がある。それゆえ、多くの時間とスーパーコンピュータのような高性能なコンピュータを必要とする。もう一つのアプローチは、気象庁および気象観測装置から得られる気象データのみを用いて、ニューラルネットワーク（以下、NN と略す。）^{4, 5)}やファジィ推論といったソフトコンピューティング手法を用いたものである。ソフトコンピューティング手法は、風速・風向データなどの気象データを入力情報として与えるだけで、複雑な運動方程式の解析や計算を必要とせず、風速・風向を予測するのが特徴である。近年、NN を用いた風速予測法に関する研究も幾つか行われている^{6, 7, 8)}。

筆者らもこれまで、対象地点における一定時間先の風速を、対象地点の局地的気象データを用いた階層型 NN により予測する手法を提案してきた⁹⁾。本論文では、気象庁から 10 分毎に提供される気象データのみを用いて、簡単な構造の階層型 NN により短時間先（ここでは 10 分先）の風速を予測するシステムを提案している。また、ソフトコンピューティング手法を用いた場合にこれまであまり検討されていなかった予測精度についても、定量的な評価と考察を行っている。さらに、風速の予測

原稿受付 平成 19 年 8 月 31 日

*情報工学科

**徳島大学大学院 ソシオテクノサイエンス研究部

精度向上のために必要となる、階層型 NN の入力として与えるべき気象データの適切な組み合わせについても考察している。

2 風速予測システム

2.1 システム構成

Fig.1 に、階層型 NN を用いた簡易風速予測システムの構成図を示す。本予測システムは、気象庁から提供される気象データから、階層型 NN により現時点 x から 10 分先までの平均風速の予測値 $\hat{v}_a(x+1)$ を出力する。予測期間は、予測した風速情報の利用目的によって任意に設定できるが、ここでは、風速・風向データが 10 分毎に提供されることから、予測期間を 10 分に設定している。

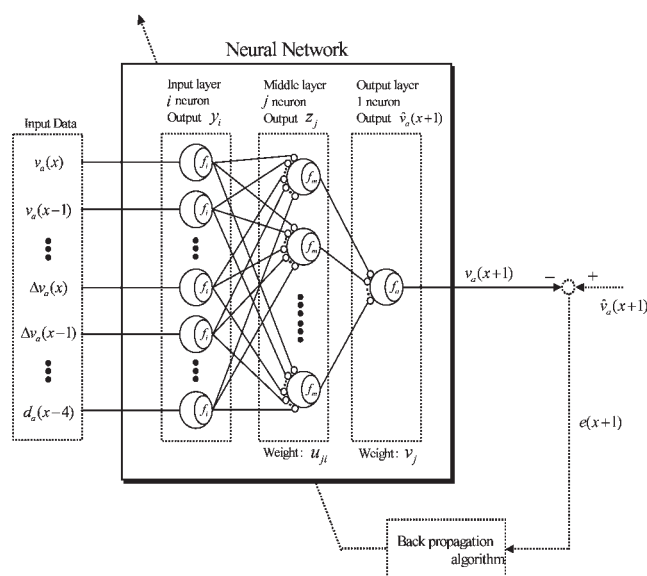


Fig.1 Proposed wind speed prediction system

Fig.1 に示すように、用いた階層型 NN は中間層 1 層の 3 層型であり、各層のユニット数は以下になっている。

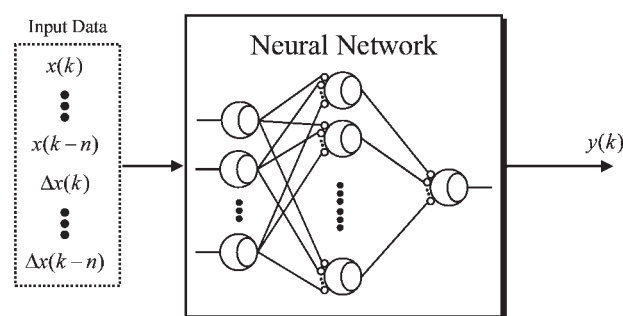
入力層ユニット数 : 気象データ数

中間層ユニット数 : 入力層ユニット数と同数

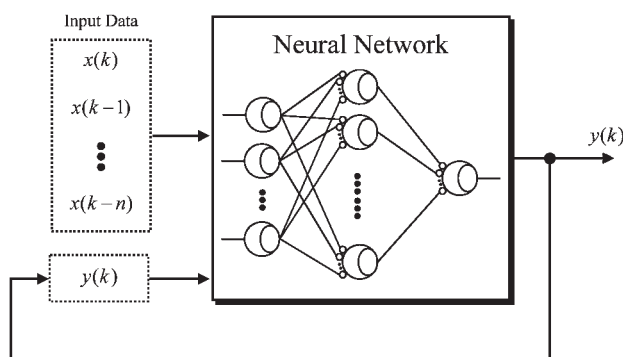
出力層ユニット数 : 1

NN を用いた時系列予測では、NN でダイナミクスを表現するための工夫が必要である。その方法には、Fig.2(a), (b) に示すように、NN の入力として過去の時系列情報や時間微分情報を与え、NN を単なる静的な写像関数として用いる方法と、NN の出力を NN の入力にフィードバックすることにより、NN (この場合は特に、リカレント NN と呼ぶ) 自体でダイナミクスを表現する方法がある。本論文では前者の方法に基づいて、Fig.1 に示すように、NN の入力として気象データの過去の時

系列情報と時間微分 (差分) 情報を与えることにより、階層型 NN で静的な写像関数を学習し、風速の時系列予測を行う。



(a) Temporal derivation NN



(b) Recurrent NN

Fig.2 Dynamics representation by NN

2.2 気象データ

一般に、風速予測に相関のある気象データとしては、風速、風向、気圧、気温などが考えられる。これらの気象データは、気象庁より容易に入手可能である。本論文では、簡易の風速予測システムの実現を目的とし、風速予測に直接関係のある風速および風向データを気象データとして用いている。風速および風向は、風力発電機導入時に必ず設置される風速・風向計から容易に得られることができる。そのため、これら気象データは、提案する風速予測システムの実用化には有用な気象情報といえる。また、風のダイナミクスを提案する風速予測システムで表現するために、風速および風向データから予測時刻までに得られる以下に示す 14 の気象データを生成し、それを階層型 NN の入力情報として与える。

Fig.3 に NN の入力データと予測期間の関係を示す。図中、例えば x は 12 月 31 日の 23:50~1 月 1 日の 0:00 の 10 分間を表し、 $x+1$ は 1 月 1 日の 0:00~1 月 1 日の 0:10 までの 10 分間を表している。

- 現時点から 50 分前までの 10 分間平均風速

$$v_a(x-m) \quad (m=0\sim4) \quad (1)$$

- 現時点から 50 分前までの 10 分間平均風速変化量

$$\Delta v_a(x-m) = v_a(x-(m+1)) - v_a(x-m) \quad (m=0\sim 3) \quad (2)$$

- 現時点から 50 分前までの 10 分間平均風向

$$d_a(x-m) \quad (m=0\sim 4) \quad (3)$$

ここで、 m はサンプリング数を表している。

また、入力データの数と組み合わせが予測精度にどの程度影響を与えるかを確認するために、以下に示す 3 つの入力データの組み合わせを検討している。

Case A : 平均風速

(入力データ総数 : 5)

Case B : 平均風速, 平均風速変化量

(入力データ総数 : 9)

Case C : 平均風速, 平均風速変化量, 平均風向

(入力データ総数 : 14)

本論文では、風力発電機を多く設置している北海道留萌市の留萌測候所で測定された特別値データ（アメダスデータ）を使用している。

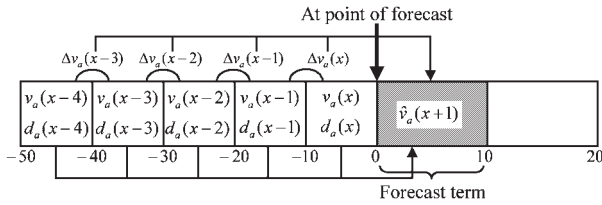


Fig.3 Relation between input data and prediction term

2.3 NN の学習アルゴリズム

Fig.4 に、ニューラルネットワークの構成要素であるニューロンのモデルを示す。図中、 net_j : (4) 式で表されるニューロン j への入力の総和、 u_{ji} : 前層ニューロン i とニューロン j の間の重み、 x_i : 前層ニューロン i の出力、 I : 前層ニューロン数、 y_j : (5) 式で表されるニューロン j の出力、 $f(net_j)$: (6) 式で表されるシグモイド関数を表している。

$$net_j = \sum_{i=1}^I u_{ji} x_i \quad (4)$$

$$y_j = f(net_j) \quad (5)$$

$$f(net_j) = \frac{1}{1 + \exp(-net_j)} \quad (6)$$

階層型 NN の学習は、逆誤差伝播（BP : Back Propagation）法により行う。

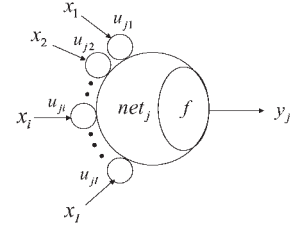


Fig.4 Neuron model

まず、入力情報が入力層に入力され、それが中間層を経て出力層に伝達される。そして、出力層ニューロンの出力 $\hat{v}_a(x+m)$ は教師信号 $v_a(x+m)$ と比較され、(7) 式で二乗誤差を定義する。

$$E = \frac{1}{2} \{v_a(x+m) - \hat{v}_a(x+m)\}^2 \quad (7)$$

ここで、出力層ニューロンの出力 $\hat{v}_a(x+m)$ は、

$$\hat{v}_a(x+m) = f_o(net_o) \quad (8)$$

出力層ニューロンへの入力の総和 net_o は、

$$net_o = \sum_{j=0}^J v_j z_j \quad (9)$$

$f_o(net_o)$ は出力層ニューロンの入出力関数、 v_j は出力層ニューロンの重み、 z_j は中間層ニューロン j の出力、 J は中間層ニューロン数である。

次に、最小二乗平均の原理を利用して、出力層ニューロンの重み v_j の更新量 Δv_j を (10) 式より求める。

$$\begin{aligned} \Delta v_j &= -\eta \frac{\partial E}{\partial v_j} \\ &= -\eta \frac{\partial E}{\partial \hat{v}_a(x+m)} \frac{\partial \hat{v}_a(x+m)}{\partial net_o} \frac{\partial net_o}{\partial v_j} \\ &= \eta \{(v_a(x+m) - \hat{v}_a(x+m))\} f'_o(net_o) z_j \end{aligned} \quad (10)$$

ここで、 η は正の定数である。

中間層ニューロンの重み u_{ji} の更新量 Δu_{ji} は、中間層ニューロン j の出力 z_j 、中間層ニューロン j への入力 net_{mj} がそれぞれ

$$z_j = f_m(net_{mj}) \quad (11)$$

$$net_{mj} = \sum_{i=1}^I u_{ji} y_i \quad (12)$$

と表されることを考慮すると、

$$\begin{aligned} \Delta u_{ji} &= -\eta \frac{\partial E}{\partial u_{ji}} \\ &= -\eta \frac{\partial E}{\partial \hat{v}_a(x+m)} \frac{\partial \hat{v}_a(x+m)}{\partial net_o} \frac{\partial net_o}{\partial z_j} \frac{\partial z_j}{\partial net_{mj}} \frac{\partial net_{mj}}{\partial u_{ji}} \\ &= \eta \{(v_a(x+m) - \hat{v}_a(x+m))\} f'_o(net_o) v_j f'_m(net_{mj}) y_i \end{aligned} \quad (13)$$

と求めることができる．ここで、 $f_m(net_{mj})$ は、中間層ニューロンの入出力関数、 y_i は入力層ニューロン i の出力、 I は入力層のニューロン数である．

以上の操作を設定回数繰り返すことにより、(7) 式で定義した二乗誤差は減少し、NN の学習は完了する．

3 学習結果

入力データの組み合わせ Case A～Case C のそれぞれに対し、留萌測候所で 2000 年～2004 年に測定された 10 分間平均風速を教師データとして 10 万回学習した．その結果を二乗誤差の推移として Fig.5 に示す．Case A の場合、二乗誤差は約 6 万回で約 0.40 まで減少し、一定値に収束しており、Case B, C の場合、二乗誤差は約 8 万回で約 0.36 まで減少し、一定値に収束していることがわかる．

また、この収束値の違いが風速予測誤差にも現れており、Case A の場合、NN では十分学習できないことが確認できる．つまり、平均風速のみを入力とする NN では、風のダイナミクスを十分表現できないと考えられる．よって、今回提案するシステムのように NN でダイナミクスを表現するためには、Fig.2 で示すシステム構成を用いることが必要であると確認できる．

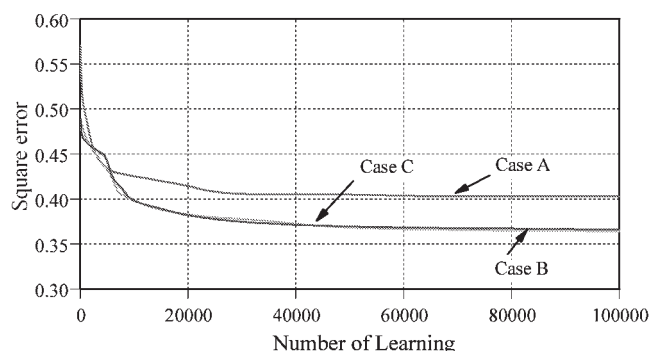
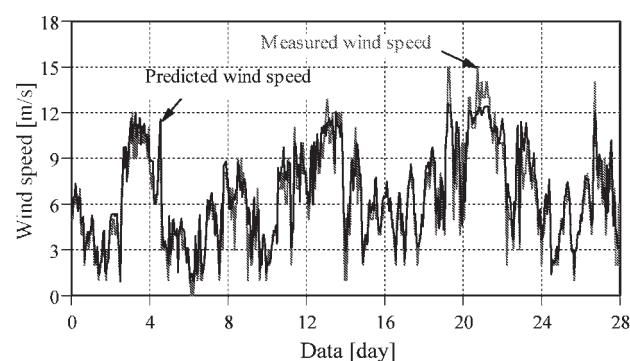


Fig.5 Response of learning error

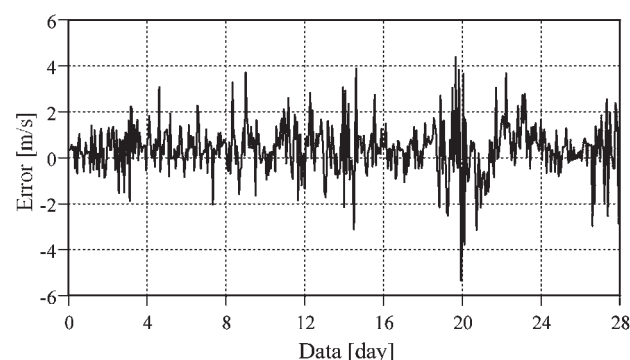
4 風速予測結果

学習によって得られた重み係数を用いて、学習時の教師データには使っていない 2005 年 1 月～12 月における 10 分ごとの平均風速の予測を行った．

Fig.6(a), (b)～Fig.8(a), (b) は、各入力データの組み合わせごとに 2005 年 2 月における 10 分間ごとの平均風速の予測結果と予測誤差を示している．これらの結果から、いずれの入力データの組み合わせにおいても、実測値と予測値はよく一致していることがわかる．しかし、風速の時間的変化が大きいときや風速そのものが大きいときに、予測誤差が顕著に現れていることもわかる．予測期間における最大絶対予測誤差は、Case A : 5.35m/s, Case B : 5.47m/s, Case C : 6.66m/s となり、平均予測誤差率では Case A : 17.50%, Case B : 15.65%, Case

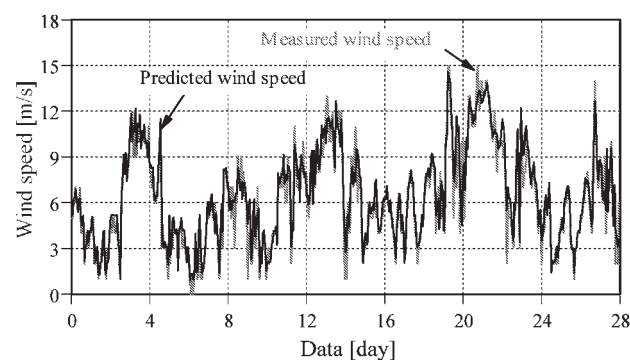


(a) Prediction results of wind speed (February, 2005)

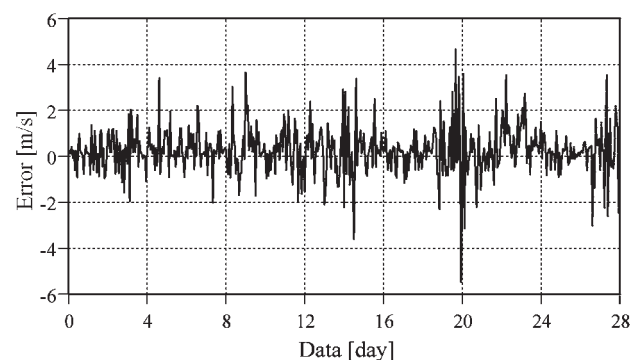


(b) Prediction error of wind speed (February, 2005)

Fig.6 Prediction results (Case A)

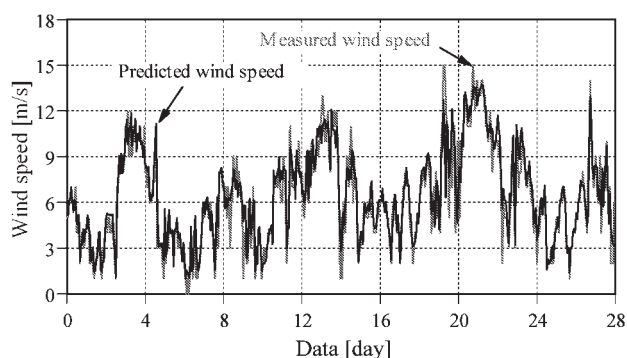


(a) Prediction results of wind speed (February, 2005)

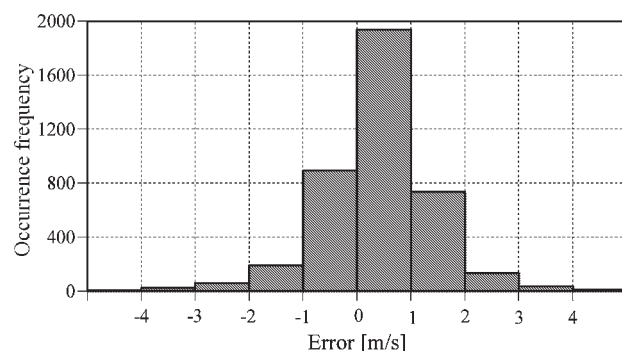


(b) Prediction error of wind speed (February, 2005)

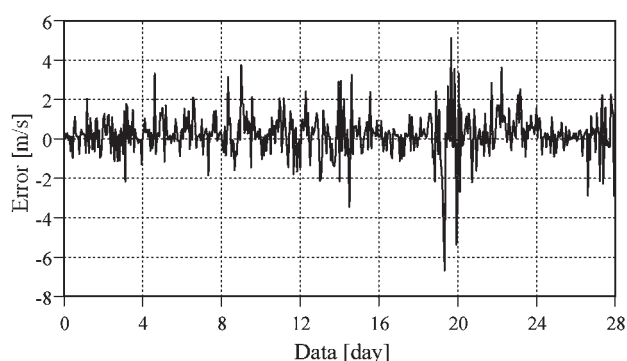
Fig.7 Prediction results (Case B)



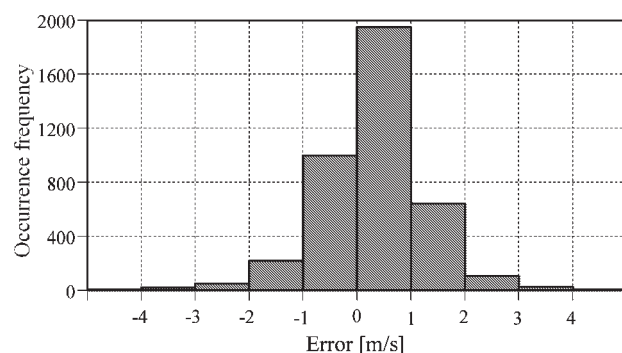
(a) Prediction results of wind speed (February, 2005)



(a) Case A



(b) Prediction error of wind speed (February, 2005)



(b) Case B

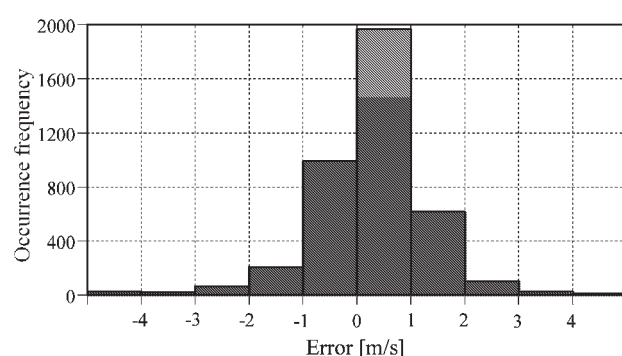
Fig.8 Prediction results (Case C)

C : 16.01%であった。Case A は、他の入力パターンと比べて最大絶対予測誤差を最も小さく抑えているものの、平均して予測誤差が大きく現れることが平均予測誤差率から確認できる。

Fig.9 は、Case A～Case C のそれぞれに対し、2005 年 2 月の風速予測時における実測値と予測値の誤差分布を示している。この結果から、誤差が $-1\text{m/s} \sim 1\text{m/s}$ に収まる予測値が、Case A : 70.24%, Case B : 73.12%, Case C : 73.39%を占めており、いずれの入力データの組み合わせにおいても予測精度が十分高いことがわかる。しかし、Case A の場合は、誤差が 2m/s 以上となる総数が他の入力データの組み合わせより多くなり、また、Case C の場合は誤差が -2m/s 以上となる総数が他の入力パターンより多くなることがわかる。

Fig.10 は、Case A～Case C のそれぞれに対し、2005 年 1 月～12 月までの 1 年間の平均風速予測時における実測値と予測値の誤差分布を示している。誤差が $-1\text{m/s} \sim 1\text{m/s}$ に収まる予測値が、Case A : 78.72%, Case B : 80.53%, Case C : 78.85%を占めることから、ニューラルネットワークの入力に Case B を用いた場合が、年間を通じて予測精度が最も高いことがわかる。

最後に、予測誤差を定量的に評価するために、(14) 式で定義される二乗平均平方根誤差: RMSE (Root Mean



(c) Case C

Fig.9 Distribution of prediction errors (February, 2005) Square Error) を用いる。RMSE は予測誤差の標準的な大きさを示す指数として用いられ、RMSE の値が 0 に近いほど予測精度が高いことを示している。

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{m=1}^n \{\hat{v}_a(x+m) - v_a(x+m)\}^2} \quad (14)$$

ここで、 n : データ数、 $\hat{v}_a$: 予測値、 v_a : 実測値、 x : 時間である。

Fig.11 は、Case A～Case C のそれぞれに対し、2005 年 1 月～12 月の 1 年間の RMSE の推移を示している。1 年間の RMSE 平均値は、Case A : 0.873, Case B : 0.828, Case C : 0.862 となり、どの月に対しても、Case B の RMSE が最も小さいことがわかる。8 月の RMSE は、入力データの組み合わせによって大きく異なっ

いるが、これは2005年8月の平均風速が、学習時の教師データとして用いた2000年～2004年の各8月の平均風速より若干低かったこと、また、風速の変動が他年と比べて激しいことなどが要因で、ニューラルネットワークの汎化能力では十分対応できなかったものと考えられる。しかし、そのような場合においてもCase BはRMSEの値が最も小さく、予測誤差を小さく抑えられていたといえる。

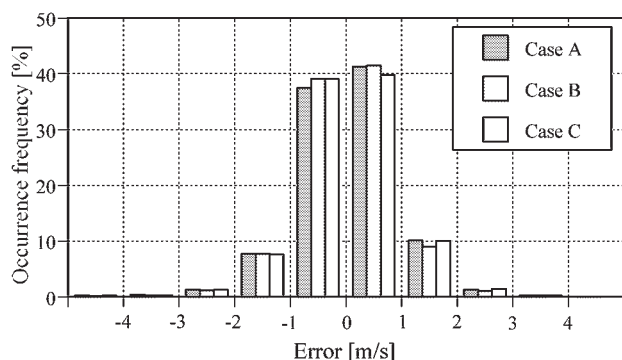


Fig.10 Distribution of prediction errors for one year

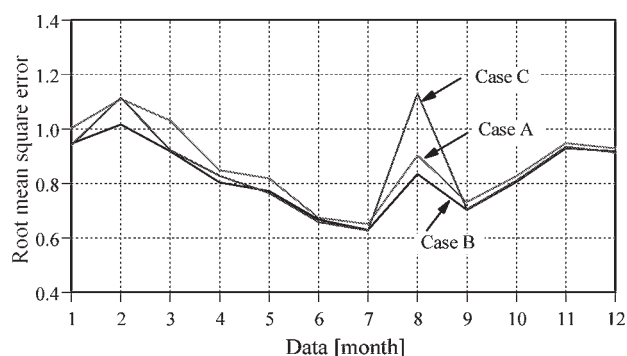


Fig.11 Comparison of RMSE

5 まとめ

本論文では、予測対象地点近傍で観測される気象データのみを用いて、階層型ニューラルネットワークにより10分先の平均風速を予測する手法を提案した。また、予測誤差低減に有効な気象データの組み合わせについて、Case A: 現時点から50分前までの10分間平均風速、Case B: 現時点から50分前までの10分間平均風速、現時点から50分前までの10分間平均風速変化量、Case C: 現時点から50分前までの10分間平均風速、現時点から50分前までの10分間平均風速変化量、現時点から50分前までの10分間平均風向の3つの場合について検討した。

まず、留萌測候所で2000年から2004年の各月に測定された10分間平均風速と平均風向を教師データとして用いて学習を行った。次に、学習により得られた重み係数を用いて、2005年1月～12月における10分間ごとの平均風速の予測を行った。その結果、1年間のRMSE平均値は、Case A: 0.873, Case B: 0.828, Case C: 0.862となり、風速予測システムに平均風速と風速変化量の気象データを入力することで予測精度の向上が確認できた。

今後は、更なる予測精度向上のために、気象データに新たなデータを加えることが考えられる。また、本研究手法は10分先の風速予測を対象としているため、電力会社が実施している経済負荷配分制御に組み込むことは難しい。そのため、この本手法を利用した1時間先～数日先までの風速が予測できるように、システムを拡張することが望まれる。

謝辞

本研究は、文部科学省および日本学術振興会の平成19年度科学研究費補助金と、八雲環境科学振興財団の平成18年度環境研究助成により実施したものである。ここに謝意を表す。

参考文献

- 1) 安藤晴彦:「風力発電の現状と展望」, 第28回風力エネルギー利用シンポジウム, pp.1-13, 2006
- 2) 甲斐隆章:「風力発電の系統連系について」, 電気学会誌, Vol.124, No.1, pp.27-31, 2004
- 3) 荒川忠一:「気象予測に基づく風力発電量予測システムの開発」, 第28回風力エネルギー利用シンポジウム, pp.51-57, 2006
- 4) 萩原将文:ニューロ・ファジィ・遺伝的アルゴリズム, 産業図書, 1994
- 5) 電気学会:学習とそのアルゴリズム, 森北出版, 2002
- 6) 見目喜重, 石井弘樹, 滝川浩史, 河本映, 榎原建樹:「広域の気象データを利用した翌日の風速予測」, 太陽エネルギー学会, Vol.27, No.1, pp.85-91, 2001
- 7) Shuhui Li, Donald C. Wunsch, Edgar A. O'Hair, and Michael G. Giesselmann:「Using Neural Network to Estimate Wind Turbine Power Generation」, *IEEE*, Vol.16, No.3, pp.276-282, 2001
- 8) P.Flores, A.Tapia, and G.Tapia:「Application of a control algorithm for wind speed prediction and power generation」, *Renewable Energy*, Vol.30, No.5, pp.523-536, 2004
- 9) 曾利仁, 安野卓:「階層型ニューラルネットワークを用いた短時間先風速予測」, 平成19年電気学会全国大会, No.7-032, p.48, 2007

H₂O₂ 処理黒鉛の繰り返し高温処理による Ar 吸着への影響

三浦和久* 柳沢寛**

Influence of Repetition of High-Temperature Treatment of H₂O₂-treated Graphite on Adsorption of Ar.

Kazuhisa Miura* and Hiroshi Yanazawa**

A natural-graphite powder previously oxidized in H₂O₂ aq. soln. was heated under flow of 1 atm Ar at 1000°C repeatedly, and measured volumetrically for its adsorption-desorption isotherms of Ar at -196°C after each heat treatment. It was found that the more often the graphite was heated, the less the amount of Ar adsorbed became. Every sample gave the adsorption isotherm with a remarkable step over the relative pressures from 0.3 to 0.4. And besides, the hysteresis between the adsorption branch and the desorption one did not change in shape through repetition of the heat treatment at 1000°C. These facts are briefly discussed in terms of porosity for the graphite samples.

Key words: natural graphite, treatment in H₂O₂ solution, pyrolysis under Ar flow, Ar adsorption, porosity

1. 緒 言

黒鉛のプリズム面の末端に位置する炭素原子には種々の官能基が結合し、吸着サイトとして働くと共に¹⁻³⁾、それらの内で嵩高くプリズム面から張り出しているものは細孔の形成に関与している⁴⁾。著者らは長年、天然黒鉛表面の官能基の種類と量を変化させ、それへのN₂吸着・脱離等温線を測定し、等温線にはステップやヒステリシス等の吸着異常が現れる事を見出して来た。著者らはこの原因を細孔構造にあると考え、既に幾つかの報告をして来た⁴⁻⁸⁾。

今回、従来用いて来た天然黒鉛を過酸化水素水で液相酸化し、官能基組成を変えた黒鉛試料を得た。これを出発試料としてAr気流下で数回1000°C処理を施し、その都度、-196°CにおいてAr吸着を行っ

た。その結果、興味ある新事実を得たのでここに報告する。

2. 実 験

原試料の天然黒鉛(スリランカ原産、日本黒鉛商事販売の黒鉛 ACP、純度 99.5%、灰分 0.5%、粒度 1~30 μm)をここでも G25⁴⁾と略記する。この G25 を乾燥 N₂ 中、2800°C で 1 時間熱処理後、1 atm の H₂ に 1000°C で 1 時間曝し(HYG25³⁾)、さらに 31% H₂O₂ 水を用いて 99°C で 1 時間処理した。これを濾過し、室温乾燥して HPG25⁹⁾と名付けた。その後、Ar を 50 ml/min の条件下で流しながら 1000°C で 5 時間の熱処理を施し試料 HPG1000-1 を調製した(以後、試料名 HPG1000-N は N 回の Ar 気流中での 1000°C、5 時間処理を経た試料を表す)。

HPG25 の第 1 回目の熱処理では、表面官能基が熱分解し種々の気体となり脱離して来る。いわゆる

原稿受付 平成 19 年 8 月 31 日

*一般科目

**MEMS-CORE

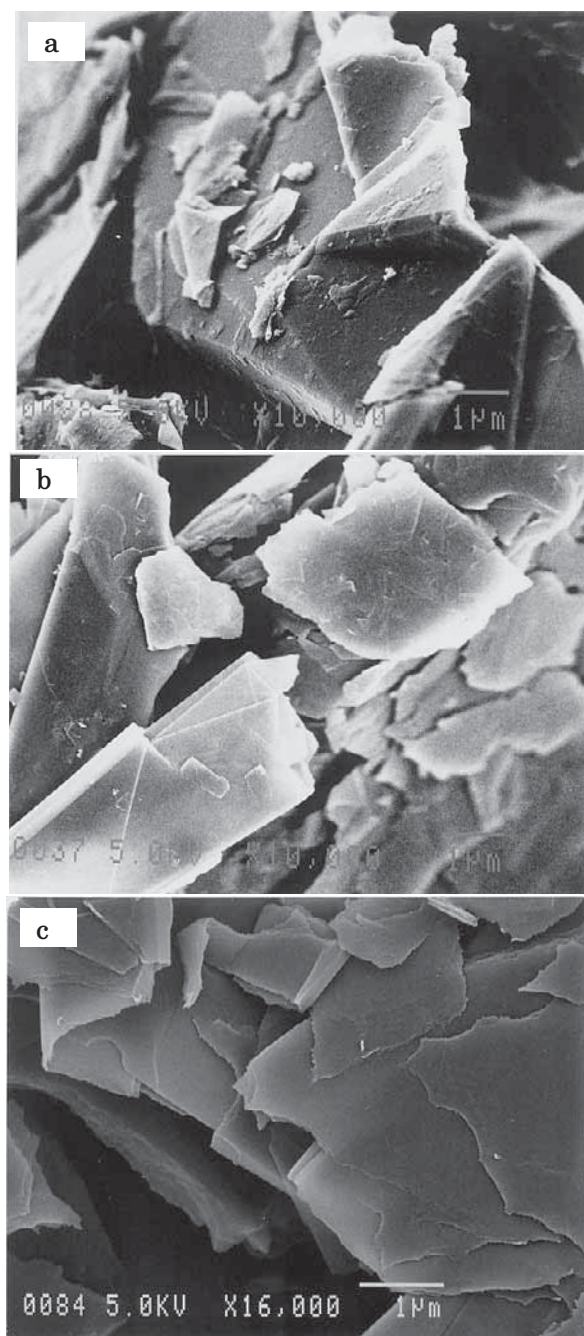


Fig.1 SEM images of graphite samples; a: G25, b: HPG25, c: HPG1000-6. 1μm

昇温脱離であるが、この測定原理ならびに手法の詳細については前報⁹⁾において詳述した。

試料への -196°C における Ar の吸着とそれに続く脱離の測定には日本ベル社製の BEL-SORP 吸着装置を用いた。吸着操作の詳細は前報に記述の通りである^{5,6,8)}。吸着等温線測定において相対圧(X)が約 0.95 近傍に到達したら、脱離操作に入り、 $X=0.05$ 付近まで脱離等温線を測定した。

吸着等温線の相対圧 0.5~0.35 のデータに BET 理論を適用して Ar による比表面積値を求めた。その際の Ar 分子断面積は 0.138nm^2 を用いた¹⁰⁾。

また、黒鉛試料の電子顕微鏡観察は JEOL

JSM-890 型を用い、加速電圧 5kV で行った。

3. 結果と考察

Fig.1 に試料の SEM 観察イメージを示す。同じ倍率に設定している。原料黒鉛 G25 は明らかにフレーク状である。ベール面とプリズム面とははっきりと区別できる。種々の熱処理を経て HPG25 となっても、この morphology に大きな変化が認められない。それが、 1000°C 処理を 6 回受けた後には、両表面の差異がより際立ち、しかもプリズム面が浸食を受けた様になっている。さらに、HPG25 より粒子が大きくなっている様にも見える。周知の事であるが、プリズム面にはスリット型細孔が存在している。このような変化は液相酸化後の 1000°C 処理の繰り返しが細孔の状況に重大な影響を与えた事を十分に推測させる。

HPG25 を真空中で昇温脱離処理をすれば、 CO_2 と H_2O が放出される⁹⁾。従って HPG25 の表面には液相酸化によって生成された嵩高い表面官能基が存在していると言える。嵩高い官能基とはカルボキシル基やラクトン基、ヒドロキシル基である。しかし、その放出量は黒鉛 1g 当たり CO_2 が 5.13×10^{17} 分子

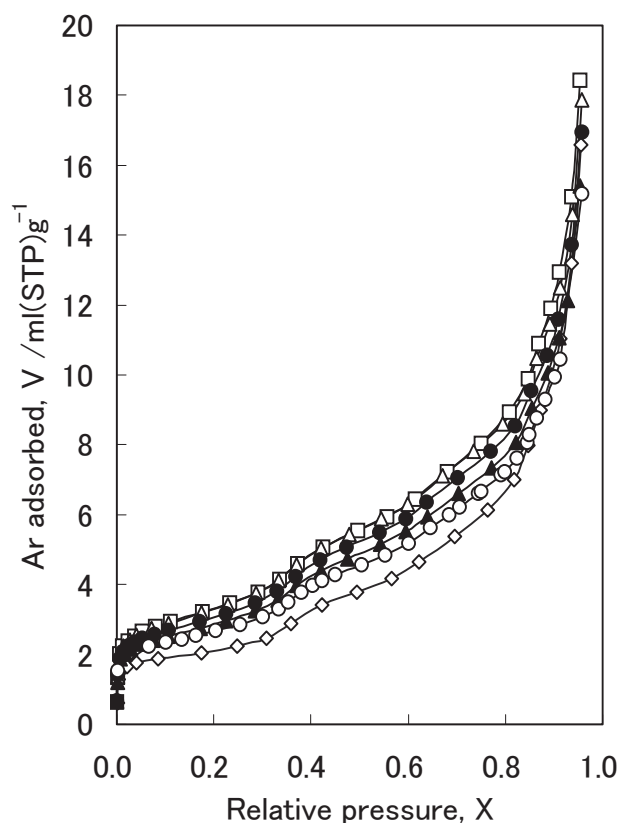


Fig.2 Adsorption isotherms of Ar on graphite samples at -196°C . $\diamond$:HPG25, $\square$:HPG1000-1, $\triangle$:HPG1000-3, $\bullet$: HPG1000-6, $\blacktriangle$:HPG1000-7, $\circ$:HPG1000-9.

であり、H₂O が 1.21×10^{18} 分子である。著者等が今まで扱ってきた黒鉛試料と比較すれば、液相酸化をしたにも拘わらず意外なほど少量である。1000℃ 処理を経ればこれらの官能基は熱分解するため、すべての HPG1000 試料にはこの種の表面官能基は存在しなくなる。これらの含酸素官能基はスリット型細孔の形成に密接に関係している⁴⁾。HPG25 のプリズム面では HPG1000-N 試料に較べて、黒鉛層間の

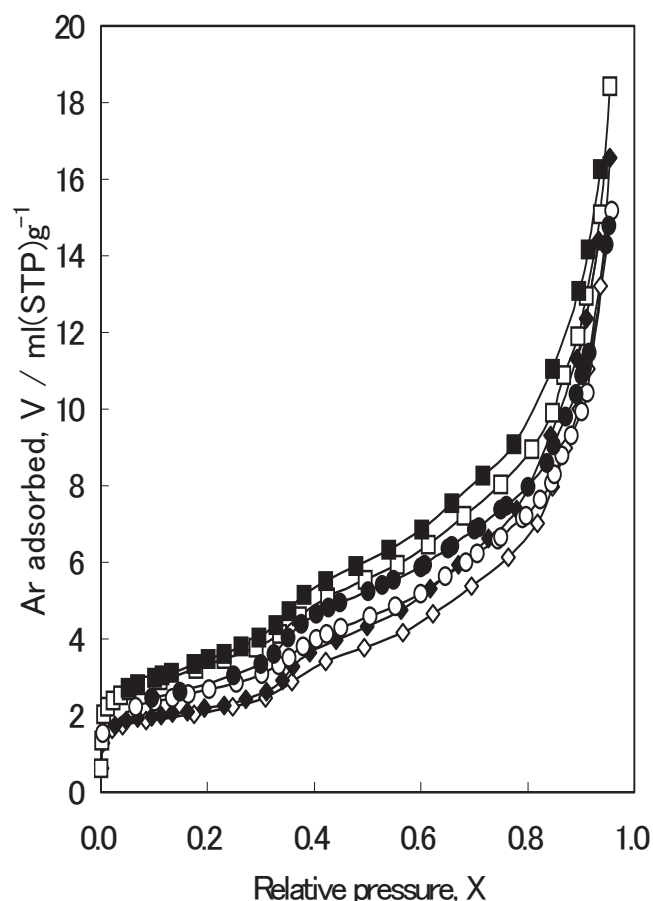


Fig.3 Adsorption-desorption isotherms of Ar on graphite samples at -196°C : $\diamond, \blacklozenge$:HPG25, $\square, \blacksquare$:HPG1000-1, $\circ, \bullet$:HPG1000-9. Open symbols : adsorption, closed ones: desorption.

スリット型細孔の上に表面官能基が張り出し、覆い被さる様に存在している事が十分に考えられる。

Fig.2 は黒鉛への繰り返し 1000℃ 処理が与える液体窒素温度における Ar の吸着等温線への影響を示したものである。吸着等温線は横軸に相対圧(X)を、縦軸に 1g 当たりの試料に吸着する Ar の量を標準状態における体積として表している。HPG25, HPG1000-1 および HPG1000-9 については Fig.3 として脱離等温線も加えて、繰り返し熱処理がヒステリシスに及ぼす影響を示した。

まず、Fig.2 から明らかに、

- ① 低圧域の吸着等温線の概形は Brunauer 等の分類による II 型に属すると思われるが、相対圧が高くなるとステップが現れる階段型でもある事、
- ② 最初の 1000℃ 処理後、 $X < 0.35$ の低圧域の吸着量が 2 倍近くに増大する事、
- ③ すべての等温線において、相対圧 (X) 0.35 ~ 0.40 の間に顕著なステップが現れる事、

が見て取れる。①は、Ar 吸着が活性なサイトから順に生じている事を表している。黒鉛は異方性固体であるから、ベーサル面の末端の集合体であるプリズム面から吸着が起きて行く事は容易に想像できる。②にさらに加えると、HPG1000-1 の吸着等温線は全圧力領域にわたって HPG25 のそれよりも大きく上回っている。上述の様に $X < 0.35$ の低圧域の吸着量は第 1 回目の 1000℃ 処理で倍近く増加しているが、粒子間凝縮が顕著になる高圧部では HPG25 も熱処理済み試料もほぼ同じ吸着量を示す。従って、前報⁶⁾に述べた吸着量増加の原因は劈開にあるとする考えは有効ではなくなった。それよりも、プリズム面の状況、すなわちスリットの開閉、深さや幅がこの様な低圧部に見られる大きな吸着量の差をもたらすと考えた方が妥当と思える。③に関連しては、相対圧 0.4 近傍に現れるステップを著者等は第 2 吸着層の形成過程と捉えている⁴⁻⁹⁾。すなわち、ステップ部分は第 2 層形成過程に相当し、この終了点での吸着量は第 1 層吸着量と 2 層完成点における吸着量を合算したものであると考えている。ステップ終了点吸着量を B 点法と同様の手法⁴⁾で求めて、これを

Table 1 Parameters calculated from the adsorption isotherms of Ar on graphite samples at -196°C .

Sample	C_c	$V_m / \text{ml}(\text{STP})\text{g}^{-1}$	$\Sigma / \text{m}^2\text{g}^{-1}$	C	V_{step} / V_m
HPG25	0.9999	1.701	6.31	1536	1.93
HPG1000-1	1.0000	2.700	10.01	261	1.87
HPG1000-3	1.0000	2.686	9.96	287	1.90
HPG1000-6	1.0000	2.496	9.26	270	1.90
HPG1000-7	1.0000	2.325	8.62	299	1.93
HPG1000-9	1.0000	2.168	8.04	306	1.91

単分子吸着量(第1層吸着量)で割る. もし我々の考え通りならば, この値はほぼ2となるであろう. この値の意味については, 以下で取りあげる.

次に, Fig.3 から明らかな事は, 1000℃処理を繰り返すとヒステリシスの幅が大きくなるという事実である. いずれの試料においても吸着過程での最終到達圧は同じ $X=0.95$ にセットしているので, ヒステリシスの幅の大小は相互に比較できる.

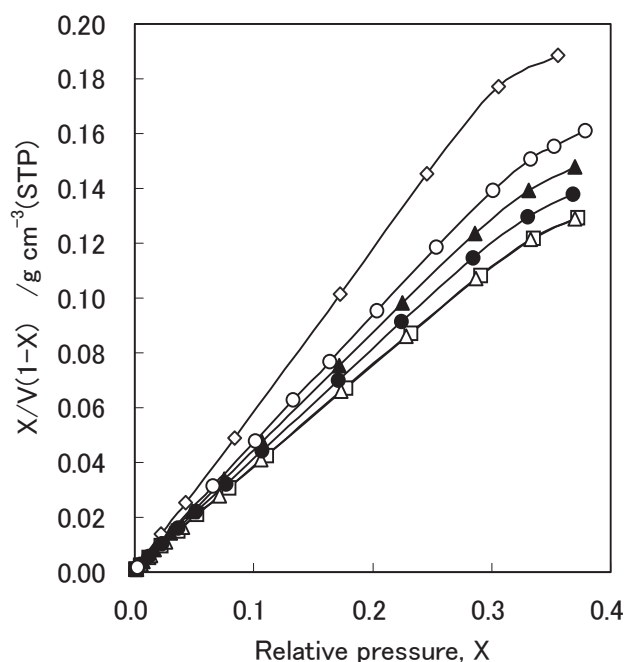


Fig.4 BET plots of Ar on graphite samples at -196°C . $\diamond$:HPG25, $\square$:HPG1000-1, $\triangle$:HPG1000-3, $\bullet$: HPG1000-6, $\blacktriangle$:HPG1000-7, $\circ$:HPG1000-9.

Fig.4 は, Fig.2 に示した各吸着等温線に BET 理論を適用して得た所謂 BET プロットである. この図から $X<0.3$ の領域では各試料の測定点は良い直線性を示していることが見て取れる.

Table 1 は BET 理論に基づいて厳密に計算した吸着パラメーターの一覧である.

まず, C_c は BET プロットの相関係数である. この値が 1.0000 に近いほど直線性が良いことを示している. $C_c=1.0000$ は測定点が一直線上にある事を意味し, BET 理論に最も適合しているという事である. いずれの試料の場合も, 最適合領域の相対圧は BET 式が成立すると言われている 0.05 から 0.35 の間に含まれている.

V_m は BET プロットから求めた単分子吸着量であり, それから算出した比表面積が Σ である. C は BET 式中の C 値である. C 値は HPG 試料表面と Ar の第 1 吸着層との相互作用の大きさに比例する. HPG 試料の場合も, 前報と同様^{4,8)}, V_m が小さくなるに従い, C 値は逆に大きくなっている.

また, V_{step}/V_m 値は, 相対圧 0.3~0.4 に認められるステップ終了点の吸着量, V_{step} , を V_m で割って得た商である⁴⁾. この値は, 上の様な変動傾向の中にあって, 約 1.9 でほぼ一定している.

今までに, 同種のステップを持つ多くの吸着等温線について, この種の値を計算してきたが, 2.08⁸⁾ が最大値で, 2 を大きく越えることはなかった. いま, この値がほぼ一定である事は, HPG 試料上への第 1 吸着層と第 2 吸着層の吸着 Ar 分子の詰まり具合が, 1000℃処理を経ているか否かに拘わらず, 変わらないという事を示唆している.

これら 3 つの図と Table1 にまとめたデータから, 次の事が言えよう. まず, 比表面積の倍増は, 1000℃熱処理を行うと表面官能基が熱分解し, プリズム面にあるスリット型細孔が開き, その結果プリズム面の凹凸が熱処理前よりも著しくなる事を示唆する. 次に, 1000℃処理を経るごとに, V_m 値が減少し, C 値が大きくなる事から, スリット壁と吸着した Ar 分子との相互作用が大きくなる, 換言すれば, 相互接触が密になる. この事はヒステリシス幅の増加も支持する. すなわち, 黒鉛表面との相互作用が強まれば, 吸着分子のポテンシャルがそれだけ安定になっていることを意味し, 脱離が生じにくくなるわけである.

同時に, 1000℃を何度も経る間に, 細孔の入り口付近を形成する, 不安定な末端炭素原子が熱振動で外れて行き, 細孔が徐々に浅くなる. すなわち, 熱処理によって細孔が破壊されて行く. 著者等は, 結局, この様にして比表面積は減少して行くと考えている.

5. 結 論

繰り返し 1000℃処理による Ar 吸着量の大きな減少傾向はスリット型細孔の縁からの崩壊が原因と考えられる. 1000℃処理を経た黒鉛試料では嵩高い含酸素表面官能基がないため, プリズム面の物理的な凹凸すなわち細孔の形状の変化という物理的な要素の方が吸着能に大きな影響を持つことが分かった.

謝 辞

電子顕微鏡観察において, 岡山理科大学理学部化学科の森重国光教授に多大のご助力を賜った. ここに謝意を表する次第である.

参 考 文 献

- 1) T.morimoto, K.Miura: Adsorption sites for water on graphite. 1 . Effect of high temperature treatment of sample., Langmuir,1,(1985), 658–662.
- 2) K.Miura, T.morimoto: Adsorption sites for water on graphite. 4. Chemisorption of water on graphite at room temperature., Langmuir, 4,(1988), 1283–1288.
- 3) K.Miura, T.morimoto: Adsorption sites for water on graphite. 5. Effect of hydrogen treatment of graphite., Langmuir, 7,(1991), 374–379.
- 4) K.Miura, H.Yanazawa: Anomalies in standard gas adsorption isotherms of N₂ and Ar on graphite at 77K., Carbon, 41,(2003),151-156.
- 5) 三浦和久, 柳沢寛: 気相酸化処理黒鉛への窒素およびアルゴンの 77K における吸着, 津山工業高等専門学校紀要, 46,(2004), 107– 112.
- 6) 三浦和久, 柳沢寛: 過酸化水素処理黒鉛への水, 窒素およびアルゴンの吸着, 津山工業高等専門学校紀要, 48,(2006), 85– 90.
- 7) 三浦和久, 柳沢寛: 過酸化水素処理黒鉛への水蒸気, 窒素およびアルゴンの吸着等温線, 第 11 回高専シンポジウム(長岡)講演要旨集,(2006), 131.
- 8) K.Miura, H.Yanazawa, K.Nakai: The effect of burn-off on the adsorp-adsorption of N₂ and Ar on a natural graphite., Adsorption, accepted.
- 9) 三浦和久, 柳沢寛: 黒鉛の繰り返し高温処理と N₂ 吸着等温線の形状変化, 第 12 回高専シンポジウム(沼津)講演要旨集,(2007),101.
- 10) I.M.K.Ismail: Cross-sectional areas of adsorbed N₂, Ar, Kr and O₂ on carbons and fumed silicas at liquid nitrogen temperature., Langmuir, 8,(1992), 360–365.

技術哲学の可能性

— カッシーラ・三木・ハイデッガー —

稲田知己*

Die Möglichkeit der Technikphilosophie

— Cassirer・Miki・Heidegger —

Tomomi INADA

Da die Technik ein sowohl zentrales wie bedrängendes Problem unseres gesamten Lebens geworden ist, so ist sie damit auch Sache der Philosophie geworden, und in Wahrheit ist so etwas wie eine ‚Philosophie der Technik‘ konzipiert worden. In dieser Abhandlung geht es darum, die Möglichkeit der Technikphilosophie zu erörtern, die den Herausforderungen der modernen Technologien gerecht wird. Dazu wird geschichtlich auf die schon in den 30er Jahren behandelten technikphilosophischen Überlegungen von E. Cassirer, K. Miki, und M. Heidegger zurückgegangen.

Keywords. Technik, Philosophie der Technik, Engineering Ethics

はじめに

われわれを取り囲むすべてのものが、技術によって媒介されている。自動車やコンピュータをはじめとして、われわれの誕生から死にいたるまで、地球環境のすみずみまで、技術に関係していないものはまったくないといっている。だから、哲学がいまなお健在であるとしたら、〈技術哲学〉ないし〈技術の哲学〉が存在しなければならない。ハンス・ヨナスもいうように、「……技術は大地のうえで人間が存在するすべてにかかわる中心的かつ急迫的な問題なのだから、それゆえまた技術は哲学の事柄になったのであり、そうするとテクノロジーの哲学といったものが存在しなければならない」¹⁾。しかし、「なければならない」という要請は、むしろそうした哲学がいまだ存在しないこと、その存在がきわめて困難であることを暗示しているにち

がいない。

なるほど、今日、技術にかんするさまざまな学問がある。たとえば、技術社会学であるとか、工学倫理であるとか、科学技術社会論(STS)であるとか、社会科学的なテクノロジー・スタディーズは隆盛をほこっている。その影響を受けて、現代の技術哲学は経験論的転回を遂行しなければならない、と考えられるかもしれない。だが、諸技術の社会的事例の分析が哲学的省察をそれだけで豊かにするとは、かならずしもいえないだろう。わたしは本研究で〈技術哲学の可能性〉について論じたいのだが、その手がかりを哲学の歴史のうちに、じっさい 1930 年代に試行された「技術の哲学」のうちに探索してみたい。

技術の起源は科学より古く、人類の誕生とおなじくらい古い。周知のように、テクネー [= 技術知] についての哲学的考察は古代ギリシャからあった。しかし、〈技術の哲学〉が書名として登場するのは、産業革命後、発達した技術による社会問題が顕在化した 19 世紀後半においてのことだった。エルンスト・カッパの『技

原稿受付 平成 19 年 8 月 31 日

* 一般科目

術哲学綱要』(Grundlinie einer Philosophie der Technik, 1877)が、その最初の例とされる。そして20世紀初頭になると、多くの著名な哲学者が〈技術〉について主題的に論じはじめる。このころ書かれたカール・ヤスパースの『時代の精神的状況』によれば、「技術の時代における意識と機構の支配とは、人間を豊かにすることによって人間を息苦しくするように思われる」²⁾。ヤヌスのように二つの顔をもつ技術は、まさに時代の課題となった。

ここで検討しようとするのは、20世紀の哲学者のなかで卓抜な技術論を唱えたことで知られるマルティン・ハイデッガーと、かれと面識のあった2名の哲学者、すなわち、エルンスト・カッシーラーと三木清とである。カッシーラーとハイデッガーとは1929年にスイスのダヴォスで伝説的な公開討論をおこなった論敵であり、たがいに『シンボル形式の哲学』第2巻(1925)と『カントと形而上学の問題』(1929)という著作にたいして書評を書きもした。また、留学中の三木は1923年10月から24年8月まで、マールブルクに赴任したばかりのハイデッガーから教えを受けた。わたしが興味深いと思うのは、この3名がおおよそ1930年代から、それぞれ自分なりの仕方、〈技術〉を自分の哲学の主題としている事実である。そこには共通点もあれば相違点もあるだろう。このなかから〈技術哲学の可能性〉が浮かび上がってこないかどうか、以下の論考で検証したい。

1. カッシーラーの「形式と技術」

カッシーラーは『シンボル形式の哲学』第3巻(1929)を出版した直後に、「形式と技術」(1930)と題された論文を書いた。かれはこの冒頭で、「技術の優位」(C17, 139)という事実を承認する。「人間的文化の個々の領域が有する意義をはかる尺度がまず第一にその領域の現実的有効性に求められるとしたら、……われわれ現代文化の構築において技術が第一位を獲得することはほとんど疑いようがない」(ibid.)。技術の影響力がこのように拡大するにともなって、そのころ、さまざまな技術についての議論があった。カッシーラーはこの論

文で丹念に先行文献にあたっている。そのなかには、技術を慨嘆するもの(たとえばジンメル)も、礼賛するものもあった。後者の代表が、『技術の哲学』という表題を付した著書(1914, 1927)をあいついで出版したエーベルハルト・チンマーやフリードリッヒ・デッサウアーなどである。かれらはもともと技術畑の専門家であり、たとえば、「技術の原産地は……理念のうちにひそんでいる」(C17, 143)というデッサウアーの言葉に見られるように、プラトニズムにつらなるきわめて理想主義的な「技術の哲学」を説いていた。

このような同時代の〈技術哲学〉に敏感に反応しつつ、カッシーラーはそれをさらに哲学的に厳密に基礎づけようとする。いいかえれば、当時のそうしたところみにもかかわらず、「技術は哲学的自己省察というこの圏域にまだほんとうには組み込まれていない。技術は依然として独自の周縁的性格をもち続けているように思われる」(C17, 141)。技術知は哲学的伝統においても周縁的地位をあてがわれていたのであって、現代の哲学も「技術の精神的《本質》への洞察」(ibid.)をまだなしとげていない。かれはこの点に時代の混迷の一因を読み取っているのだが、それでは、かれ自身は技術をどのような立脚点から把握しようとするのか? 「技術についての本来的判断はただ技術それ自身から、ただ技術にそもそもそなわっている内在的法則についての洞察からのみ獲得することができる。技術の哲学なるものは、少なくとも、こうした要請にむすびついている」(C17, 147)とするなら、かれのめざす〈技術の哲学〉はどのようなものでなければならなかったか?

すでに『シンボル形式の哲学』第2巻(1925)において、カッシーラーは上記カップの有名な「器官投射説」³⁾にふれて、こう述べていた。「技術の哲学は、人間がそれによって外界にその特定の形態と特性とを与える直接的または間接的な感性的一身体的諸器官と関係するのであるが、シンボル形式の哲学はその問いを精神の表現機能の全体へと向けるのである。この哲学はそうした表現機能のうちにも、存在の複製や複写をではなく、形態化のもろもろの方向や様式を見る。つまり、支配の《器官》をではなく《意味付与》のそれを見る」

(C12, 255). 明らかに、ここでカッシーラーはカント的な構成主義とむすびついている。人間の精神は存在をたんに模写しているのではなく、自らが能動的に産出するさまざまな〈形式〉〈シンボル形式〉によって世界の〈意味〉を理解している。

技術はこの立場から把握されているのであり、「哲学は——理論的認識や言語や芸術の《可能性の条件》を問うのと同様に——技術的活動や技術的形態化の《可能性の条件》を問うのでなければならないだろう。哲学はここでも、意味の問いを根本から説明したあとではじめて、存在の問いと権利の問いを立てることができるだろう」(C17, 142). 存在に先立つこの〈意味〉を付与するものこそ〈形式〉である。技術も、精神の根源的な形態化活動の特定の様式にほかならず、それゆえ「あらゆる技術は、精神の所産である」(C17, 164). したがって「求められているのは、精神生活の全体にたいする技術の関係、すなわち精神生活の全体性と普遍性とにたいする技術の関係である。しかしこの関係は、自然科学の存在概念ではなく、むしろ形式概念を中心に据え、この概念の根拠と根源、この概念の内容と意味に立ち戻って省察することによってのみ、見いだされ確認されるのである」(C17, 145).

そこで、カッシーラーはおもに体系的な関心から、世界理解の諸形式としてのさまざまなシンボル形式を、それら相互の関係から解明していく。言葉と道具、呪術 [= 神話] と技術、技術と芸術、といった諸問題が縷説されているのであるが、ここでその詳細を検討するいとまはない。かれの所説の特徴のみを、おおづかみにとらえておきたい。かれは技術を祝いも呪いもしない。それをつとめて理解しようとする。「精神は、たとえ自分がその影響下にある力を回避することも征服することもできないとしても、まさにこの力を認識し、この力をそれがそうであるとおりのものとして見ることを要求する」(C17, 139). つまりカッシーラーのめざす〈技術哲学〉の特質は、なによりも、可視性を付与する形式を手がかりにして〈見る〉こと、「技術が何であるかについて直観すること」(C17, 147)にある。ハイデッガー同様、カッシーラーの技術哲学においても「技術の本質について問われねばならない」

(C17, 148)とされるのだが、それはあくまで〈見る〉という基本姿勢によってつらぬかれていたといえるだろう。じっさい、かれは種々のものを見分ける鋭敏な目をもっていた。しかし、〈見る〉という理論的態度の優位は、結局、技術をそれにふさわしい仕方であつかうことをさまたげたのではないだろうか？

とりわけこうした疑念がわきおくるのは当該論文の末尾においてである。そこでは、技術と倫理との関係が論じられており、現代文化の中心問題として「技術の倫理化(Ethisierung)」(C17, 182)について論及されている。このこと自体は卓見である。「技術がまず第一に問題にするのは、存在しているものではなくて、存在しうるものである」(C17, 176)とすれば、この可能性にどこかで限界が設定されねばならないだろう。いうまでもなく、巨大化した技術をいかにコントロールすべきかという問題に、今日のわれわれは直面している。この問題にカッシーラーはただちにこう答える。すなわち、「技術はいつでも奉仕者となることができるだけであり、指導者にはなりえない。技術は、諸目標の成就に参加できるし参加すべきであるとしても、諸目標を自分から立てることはできない」(C17, 182). また、「技術は《奉仕の思想》の支配下にあり、最終的には全体は1人のために1人は全体のために働くという労働の連帯性という理想の支配下にある」(C17, 182f.). この発言は、技術をたんなる手段とみなす、今では陳腐となった技術観から、そんなにへだたっていないのではないか？ カッシーラーの立場においても、精神の所産としての技術は精神生活全体のうちでそもそも周縁的な位置しか占めていなかったのではないか？

カッシーラーはハイデッガーの『カントと形而上学の問題』にたいする書評のなかで、その著書におけるカント解釈が一面的であることを批判して、つぎのように論じた。すなわち、「かれ [= カント] の問題は《存在》と《時間》という問題ではなく、《存在》と《当為》、すなわち《経験》と《理念》という問題である」(C17, 239). この指摘は、道徳哲学をも含んだカント哲学の全体を視野に入れた正当な論評であると考えるが、そのことによって同時に、カッシーラー当

人の問題意識もきわめて鮮明に露見している。この哲学からすれば、「技術に方向を指し示し、技術のうちで最後に出現すべく任ぜられているのは、自由それ自身の理念である」(C17, 173)。技術は啓蒙主義以来の歴史哲学の理念に包摂されているかのようだ。かれの技術論がデッサウアーなどの同時代の理想主義的な「技術の哲学」にしばしば言及するのも、しごく当然のことといえよう。

2. 三木清の『技術哲学』

三木は1938年に『構想力の論理』第3章「技術」を書き上げ、1941年に『技術哲学』を発表した。だが、三木独自の「新しい技術哲学の樹立」(M7, 301)構想は、「技術学の理念」(1936)と題された小論にうかがうことができる。その基本的な主張を列挙するなら、「一般的にいうと、技術は行為の形である」(M7, 306)。「技術はもと主観的・客観的なものである」(M7, 307)。「技術は因果論と目的論との統一であると考えることができる」(M7, 310)。「現在技術の統制或いは計画化といわれるものは、社会技術、とりわけ政治の自然科学的技術に対する支配を意味している」(M7, 312)。「技術は物を作る行為として歴史的である。歴史はすべて技術的に作られてゆく」(M7, 314)。ここで三木の〈技術哲学〉を構成する諸要素のほとんどすべてが登場している。以上の諸点を、われわれは主として『技術哲学』によりながらたどっていくことにしよう。

技術とは、三木の本質規定によれば、〈行為の形〉である。われわれの行為は主体と環境とのあいだで成立するのだが、「主体と環境、主観的なものと客観的なものとを媒介するということが技術の本質に属している」(M7, 202)。こうした技術の媒介的性格をあらわしたものが道具であり、「技術は元來行為の形であるが、その中にはつねに道具が含まれている」(M7, 202)。しかしこのことは、われわれが道具を使って環境をたんに作りかえるということを意味するのではない。というのも、「技術は人間の内在的・超越的本質に基いている。我々の行為は主体的に規定されると共に環境的に規定され、単に客観的なものでないと同様、単に

主観的なものでなく、元來主観的・客観的なものであって、主観的・客観的な行為は弁証法的なものとして媒介的であり、従って技術的である」(M7, 210f.)。

「技術論論争」としてよく知られているが、当時の日本の論壇には、技術を生産手段とみなす見方があった。技術についてのこうした客観的な見方を三木はそれだけでは不十分なものとしてしりぞける。「実際、もし技術が単なる手段であるとする、技術哲学という如きものは存在し得ないであろう」(M7, 303)。なぜなら、「目的は技術のイデーである」(M6, 217)からであり、これらの全体を技術哲学はとらえる必要があるからである。したがって、「技術は因果論と目的論との統一である。機械のメカニズムといわれるものも単なる因果論ではなく、因果論と目的論との統一である。この統一は形において与えられる。……技術は行為の形として全体的規定を得るのである」(M7, 218)。

主体と環境、主観的なものと客観的なもの、因果論と目的論、これらを統合するものが、三木のいう〈形〉である。さらに『構想力の論理』では、「形はもとより単なる物質ではなく、物質と精神との、パトス的なものとロゴス的なものとの統一である」(M8, 232)という、〈構想力〉の視点が提供されている。技術は形を生み出す構想力の所産にほかならず、「技術とはパトスとロゴスとを統一するものである」(M8, 249)。ここまで見てくると、前節のカッシーラーとの類似性が顕著であると考えられるかもしれない。というのは、〈シンボル形式〉というかれの哲学的出発点は、「感性的・個別的なものが……純粹に精神的な意味の担い手となりうる」(C11, 39)ということだからである。ところが、管見では、この二人の直接的な影響関係はないようだ。むしろ三木はハイデッガーからこの点を学んだ⁴⁾。

三木はこう告白している。「合理的なもの、ロゴス的なものに心を寄せながらも、主観性、内面性、パトス的なものは私にとってつねに避け難い問題であった」(M8, 4)。ロゴスに先立つパトス、内面的・主体的なものに着目すること、これが三木の全著作に通底する根本的な発想であり、それが得られたのは留学中のことだった。1924年5月14日付けの森五郎〔のちの

羽仁五郎]宛の手紙で、つぎのように述べられている。すなわち、「私達は概念を破壊してこの *Grunderfahrung* を掴まねばならぬ。従て *Interpretation* は *Destruktion* であるとも云い得る。この根本経験を自ら捉えるとき、この根本経験を言葉で現わす *Möglichkeiten* を見定めることが出来る」(M19, 269)。そして帰国後、論文「人間学のマルクスの形態」(1927)において、「日常の経験がロゴスによって支配されているのに反して、基礎経験はロゴスに指導されることなく、却てみずからロゴスを指導し、要求し、生産する経験である」(M3, 5)、と記される。

しかし、ハイデッガー哲学の地盤のうえでマルクスまで論じてしまうことに——このことが文字どおり三木の命取りになったとも考えられるのだが——、三木とハイデッガーとの相違点、三木の三木らしさがあった。このことを端的にしめす概念が〈行為〉であり、『歴史哲学』(1932)ではハイデッガーがこう批判されている。「最初に行為がある。事実はハイデッガーのいう人間に於ける現存在よりも一層根源的なものであり、この現存在を規定し、現存在の有限性なるものもそれによって初めて可能になる。存在理解の仕方は、行為によって規定されるのである」(M6, 234)。もちろん、「存在論的とは主体的な存在理解ということである」(M6, 232)と注釈する三木のハイデッガー理解のかたより、すなわち人間学に編入しうるハイデッガーしか理解しえないということは、今日のわれわれからすれば容易に批判できる点なのだが、それはさておき、三木のめざす哲学はなにより〈行為〉の哲学だった。以上のような背景のもとに、「技術の本質を捉えるためには行為というものから考えてゆかねばならぬ」(M7, 197)、という『技術哲学』初頁の文章は読まれねばならないのだった。

この〈行為〉という立脚点において、はじめて歴史と技術とがむすびつく。つまり、「人間は環境から作られたものでありながら独立なものとして逆に環境を作つてゆく。このように形成的なものとして我々の行為は歴史的である。歴史的行為は技術的である」(M7, 211)。また、行為がつねに社会的であるかぎり、「技術の社会性」(M7, 264)が着目されるのは必然的なあゆ

みといえよう。三木は技術概念を拡張しつつ、つぎのようにいう。「我々の環境であるのは自然のみではなく、社会も環境である。自然に対する技術があるように、社会に対する技術がある。自然技術に対して社会技術 *Sozialtechnik* 即ち政治の如きものが存在している」(M7, 208)。この場合の〈政治〉についてさらに説明しておけば、「諸技術を総企画的に支配するものはそれ自身一つの技術であり、政治はかくの如き技術である」(M7, 222)。この〈社会技術〉の提唱は重要であり、われわれはここに三木〈技術哲学〉のもっともユニークな論点を見ることができる。

ある工学倫理の教科書が述べているように、「社会的実験としてのエンジニアリング」⁵⁾という工学技術の把握が正しいとすれば、社会技術の成熟が現代の最重要の課題であるといえるだろう。三木の時代診断によれば、「いわゆる技術的時代の悲劇は、技術は単に自然科学技術のみでなく社会技術というものの存在すること、両者の間には因果的に密接な関係があること、従つて諸技術の間に正しい目的・手段の自律的・依存的関係が樹立されねばならぬことを理解しないところにある」(M7, 282)。

3. ハイデッガーのユンガー論

現代の〈技術哲学〉の提唱者のひとりフィーンバーグは、ハイデッガーを20世紀でもっとも影響力のある技術哲学者として認めはするが、その立場を〈本質主義〉の技術哲学として批判する。本質主義とは、歴史現象を歴史汎通的もしくは固定的な概念構造によって説明する立場であり、抽象によって技術的行為の社会的歴史的次元を逸している、とされる⁶⁾。たしかにハイデッガーは技術の〈本質〉を問う。晩年の対談でかれはこう述べている。「まず最初についておかなければならないことは、わたしは技術に反対していない、ということです。わたしはけっして技術に反対して語ってはいませんし、技術のいわゆる悪魔的なものに反対していませんでした。そうではなくて、わたしは技術の本質を理解しようとしてみているのです」(H16, 706)。このようなハイデッガーの技術論がフィ

ーンバーグの論難するとおりのものかどうか、2004年に出版された『エルンスト・ユンガーについて』（全集90巻）によりながら検証してみたい。

ユンガーの『総動員』（1930）『労働者』（1932）といったエッセイが出版されるやいなや、ハイデッガーはニーチェを継承するユンガーの思想的重要性をただちに認め、かれについての論考を書き残した。この著書は、1934年から40年ごろの——若干の50年代の草稿も含まれているけれども、ほとんどの草稿が前節であつかった三木の諸論文と同時期であると考えてよい——そうしたユンガー関連文書の集成である。したがって、ハイデッガーの思惟の全行程のなかでは、この書は『哲学への寄与論稿』（1936-38）に代表される後期ハイデッガーの存在歴史的思惟に所属している。本研究がとりわけこの著作に注目するのは、もちろんここで〈技術〉について論及されているからであり、この書によって「ブレーメン講演」（1949）や「技術への問い」（1955）へと結実するハイデッガー技術哲学をその生成過程から解明できると期待するからである。

この著作の付録に、ハイデッガーによる『労働者』の手沢本がその欄外注記も含めて再現されている。そこには、「技術とは、労働者という形態が世界を動員する、その様式である」（H90, 376）、また、「全体的な労働性格とは、労働者という形態が世界を貫徹しはじめる、その様式である」（H90, 363）〔下線ハイデッガー〕、とある。そして後者に、「なんとこれは、ほとんど正確に《技術》の定義だ」（H90, 363）という注記がなされている。第一次世界大戦の英雄ユンガーは凄惨きわまりない戦場から何度も負傷をおいながら生還したのだが、「かれにとって近代的な戦争技術の投入は市民道徳の矛盾を論証するものだった」⁷⁾。そして、技術という苛烈な現実に応答する新たな人間〈形態〉こそ、〈労働者〉にほかならなかった。すなわち「労働者という形態が、人間的または世界的な用象(Bestand)にたいする無制約的かつ惑星的な支配者である」（H90, 165）。いいかえれば、「労働者という形態のうちで人間存在という主観性が達成するのは、自らが無制約的なものへと完成し惑星的なものへと拡大することである」（H90, 40）。

ハイデッガーは、労働者という形態が世界を動員する様式としての技術、というユンガーの技術理解の根底に、西洋形而上学を貫通する「形態というプラトンの形而上学」（H90, 167）、さらには近代以降の「無制約的な主観性」（H90, 168）を読み取った。「近代的には、労働の本質は技術という形而上学的本質から規定されている」（H90, 109）のであって、「主観—客観関係という本質的な関与が《技術》である。技術とは動員の仕方ではなく、真理という根拠（すなわち労働者と労働ということの存在可能性）である」（H90, 80）。ハイデッガーは西洋近代にひそんだある支配的な力を嗅ぎとっており、これこそ「全体における存在者を（人間をも）その制作可能性のうちで計画しつつ—訓練しつつ—計算しつつ確保すること、という意味での技術」（H90, 6）にほかならない。かれはこの意味での技術を〈作為性(Machenschaft)〉——のちに〈組み・立て(Ge-stell)〉とも呼ばれる——という概念で把握する。つまり、「あらゆる存在者の無制約的な制作可能性（作為性）」（H90, 174）であり、同時期の別の著書によるなら、「技術とは、存在者それ自体（自然および歴史）を算定可能な制作可能性へと作り立てること(Herstellung)、すなわち制作性を制圧しつつす作為性である」（H66, 173）。

ハイデッガーはユンガーを超えて思惟するけれども、逆に、このことはユンガーを経由して思惟することでもある。この点を確認するだけで、ハイデッガーの技術論を没社会的・没歴史的として特徴づけることがそもそも誤りであることは容易に推測できるだろう。「国家社会主義ドイツ労働者党」という名をあげるまでもなく、〈労働者〉には政治的な含意があった。たとえば、「近代の諸可能性、すなわち個人主義、自由主義、社会主義、ナショナリズム、共産主義、労働者」（H90, 66）と述べられており、「そのつどの国家機構は、民主主義的な、ファシズム的な、ボルシェヴィズム的なそれであれ、またそれらの混合形式であれ、うわべだけのものである」（H90, 231）。これらの政治体制の深層構造にあたると考えられたのが〈技術〉にほかならない。

重要な論点であるから、もっと具体的な論拠をあげ

ておこう。レーニンの「社会主義（すなわち共産主義）とはソヴィエト権力＋電化である」という言葉について、こう評されている。すなわち、「《社会主義》にとって技術の完成とその支配とがすべてである」(H90, 231, vgl. H90, 40, H54, 127, H69, 210)。また、ナチズムの人種概念にたいしても、それが近代哲学の一重種にすぎないことがあばかれている。すなわち、「主観はひとつの惑星的な人間存在、すなわち新たな人種でありうる。人種——ひとつの純粋に主観的な概念」(H90, 67)、「《人種》とは、技術的—主観性適合的な概念」(H90, 99)である。「惑星的に支配する人種の類型論と技術のうちで、人間の主観性は絶対的となる」(H90, 67)。このように見るなら、ある論者もいうように、「ハイデッガーがとくに 1933 年ごろにナチだったということがセンセーショナルなのではない。……むしろセンセーショナルなのは、ハイデッガーが技術哲学的にナチズムから何を学んだかということである」⁸⁾。

こうした政治的次元を思惟するさいに、ユンガーの著作からハイデッガーが支援を受け取ったのはまちがいない。「エルンスト・ユンガーの著作における決定的な点は、その手助けで、本質的かつ歴史的な経験（労働者という形態）によって形態的なものを知へと一般的かつ本質的に高め、そのようにして存在の理—解すなわち存在企投(Seinsentwurf)を、人間存在の根拠としていっしょに経験できるように根拠づけることができるようにする、というところにある」(H90, 76)。ユンガーの歴史的意義が前期ハイデッガーの術語〈存在企投〉によって説明されている。これは「本質企投」(H90, 115)ともいいかえられている。それゆえこの全集 90 巻においてもハイデッガーは「技術の本質」(H90, 159)を問うのだが、三木のように存在者との行為的交渉の立場から問うのではない。あくまで、存在者との交渉を先行的にみちびく存在論的な本質企投の次元で、技術の本質を問うのである⁹⁾。

他方しかし、ハイデッガーが技術の本質を理解しようとするさいに、カッシーラのように形式を産出する人間精神の能動性に依拠するのでもない。むしろ後期ハイデッガーの根本経験とはつぎのようなものであ

る。すなわち、「この思惟がはじめてはじまるのは、人間が存在者の存在の企投のうちに自らを投げ放ち、原存在(Seyn)を問いつつ、自分が問い求めているもの——原存在——によって投げられたものであることを経験する場合である」(H90, 277)。後期ハイデッガーの存在歴史的思惟は企投の〈被投性〉を承認するところで成り立つのであって、「全体における存在者のこの企投は、形而上学の歴史としてまだほとんどこれまで知られていなかった、ある隠蔽された投げ軌道に由来する」(H90, 279)。

最後に、よくある誤解に立ち戻っておきたい。たしかにハイデッガーは技術の〈本質〉を問う。しかしこのことは、〈本質主義〉という言葉でイメージされるように、「ハイデッガーは技術に異なる未来の余地を認めない」¹⁰⁾、ということではけっしてなかった。むしろまったく逆であって、このような伝統的な〈本質〉理解の破壊こそ、かれ自身の本意だった。「われわれが形而上学を原存在の歴史のそれ自身のうちで閉じられた時代として把握するなら、われわれはすでに……この歴史のある別の《エポック》のなかに立っている」(H90, 281)。つまり、「原存在の開蔽(Entbergung)は全体における存在者の変貌となる」(H90, 281)であり、「作為性という極限的な存在忘却」(H90, 78)が変転する将来的可能性をハイデッガーは一貫して模索していた。いうまでもなく、技術の本質の変貌は、かれの重要な概念的区別によるなら、技術の否定でもなければ、ディストピアでもない。

おわりに

西洋の大学制度において、技術は、19 世紀後半に遅れてやってきた得体の知れない新参者だった。だから技術がすぐに受け入れられたのは、伝統的な諸学問が健在な西洋よりも後進国日本であって、世界で最初の工学部をもった総合大学は東京帝国大学だった（1886 年）。こうしたことから、技術が 20 世紀初頭の哲学者にとってひとときわ挑発的な問題でありえた、その時代的背景が推測できるだろう。

カッシーラは当時のヨーロッパ最高の知性の持ち

主だったが、かれはこの新現象をとにかく〈見る〉ことにつとめた。われわれのたどったところでは、カッシーラーの哲学的立場は技術をきわめて高く評価しているように見えて、じつは技術を技術として尊重していないのだった。技術はたんなる手段として伝統的な諸学問に従属していた。これにたいして、三木なら、こういったことだろう。「技術の独自性を認めないものが技術を真に尊重することができないのは当然である」(M7, 304)。三木は〈行為〉の立場から技術概念を拡張し、「技術を馴らし得るものは技術である」(M7, 282)とし、社会技術 [= 政治] による技術の馴致を説いた。今日のわれわれのなかには、三木の主張のうちに〈技術哲学の可能性〉を看取するひとも多いことだろう。ところが、ハイデッガーなら三木にこう反論したのではないだろうか？ 三木のいうような社会技術の支配は、自分の直面していたナチ国家の現実そのものだった、と。三木のそれをふくめて、「技術にかんする《諸哲学》は、あたかも《技術》と《人間》とがそれ自体で物在する二つの《量》や物であるかのよう」にふるまっている」(H54, 128)、と。

現代の若者はケータイをつねに利用している。メールが届くと即レスする。ハイデッガーはタイプライターという道具においてさえ、「手の、文字への、すなわち語への、すなわち存在の非隠蔽性への、タイプライターによって変貌した近代的な関与」(H54, 126)を読み取ることができたが、現代のケータイにおいてもなにかが生起しているはずだ。このことを哲学的に語ることは非常に困難であるだろう。このようなとき、つぎのハイデッガーの言葉は依然として啓発的であるとわたしには思われる。「われわれは技術への本質的な関与をまだもっていない」¹¹⁾。これはけっして技術にかんするペシミズムではない。技術を操作しようとして、じつは技術によって操作されてしまう、技術の本質にひそむ圧倒的力を、問うにあたいするものとして尊重する思想家の言葉である¹²⁾。ハイデッガーは亡くなる直前においても、「テクノロジーによって刻印された世界文明の時代のなかでは、存在の問いを問うことにとって、存在忘却はある特別な仕方では急迫的である」(H16, 747)と告げており、〈技術の本質〉はか

れにとって終生かわらぬ思惟の事柄でありつづけた¹³⁾。

注

Ernst Cassirer からの引用は Felix Meiner 社による全集版(Hamburger Ausgabe 1998-)から、Martin Heidegger からの引用は Vittorio Klostermann 社による全集版(1975-)からのものとし、それぞれ C と H のあとに巻数とページ数を記し、本文中に挿入した。また、三木清からの引用は、『三木清全集』(岩波書店, 1984-1986)からのものとし、M のあとに巻数とページ数を記した。なお、三木からの引用にさいして、旧漢字と旧仮名遣いは新しいものにあらためた。

なお、本稿は、平成 19 年度～21 年度科学研究費補助金の基盤研究(C)として採択された筆者の単独研究「技術哲学の新歴史主義的研究——カッシーラー・三木・ハイデッガーの 1930 年代——」に関連する、研究成果の一部である。

参 考 文 献

- 1) Hans Jonas, *Technik, Medizin und Ethik. Zur Praxis des Prinzips Verantwortung*, Insel Verlag, Frankfurt am Main 1985, S.15.
- 2) Karl Jaspers, *Die geistige Situation der Zeit*, Walter de Gruyter, Berlin-New York 1999 (1932 bearb. 5. Aufl.), S.41. なお、ヤスパーズのこの記述についてのハイデッガーと三木のコメントとして、H48, 14 および M7, 274f.を参照せよ。
- 3) この学説はあらゆる原始的道具が身体器官の働きの拡張であることを意味している。カッシーラーはこの説に深い哲学的意義を認め、人間は外部の人工物という迂路をとおして自分の身体についての自己知にはじめて達すると主張する(C12, 253f., C17, 167f.)。とすれば、カッシーラーは『存在と時間』における〈道具〉分析にきわめて近い地点に立っていたことになる。もう一点、技術史の事項を補足しておく、現代の機械技術はこの学説では理解できない。飛行機が翼の羽ばたきといった自然の模倣から自由であるように、カール・マルクスのいう「有機体的な限界からの解放」(C17, 169)が、現代技術の基本法則であるとされる。

- 4) 三木と西田幾多郎との思想的関係については、つぎの文献を参照のこと。秋富克哉「第二章 技術思想——西田幾多郎と三木清」、『京都学派の思想』（大橋良介編，人文書院，2004年），158-176 ページ。
- 5) Roland Schinzinger, Mike W. Martin, *Introduction to engineering ethics*, McGraw-Hill's BEST, 2000, pp. 71-105.
- 6) アンドリュウ・フィーンバーク『技術への問い』（直江清隆訳，岩波書店，2004年），23, 24, 267, 329 ページ参照。
- 7) Konrad Otto, Technik und Ethik, in: *Angewandte Ethik, Die Bereichsethiken und ihre theoretische Fundierung. Ein Handbuch*, Stuttgart: Kröner 1996, S. 666.
- 8) Reiner Maurer, Das eigentlich Anstößige an Heideggers Technikphilosophie, in: *Heidegger: Technik—Ethik—Politik*, Würzburg: Königshausen und Neumann, 1991, S. 25. さらにこの点について，轟孝夫「技術と国家——ハイデッガー技術論の射程——」，『ハイデッガーの技術論』（加藤尚武編，理想社，2003年）所収，59-143 ページ参照。
- 9) ヒューバート・L・ドレイファスは，「技術の本質（技術的な存在の理解）」と注釈している。Cf. Hubert L. Dreyfus, Heidegger on the connection between nihilism, art, technology, and politics, in: *The Cambridge Companion to Heidegger*, Cambridge University Press 1993, p. 305.
- 10) フィーンバーク，前掲書，24 ページ参照。
- 11) Martin Heidegger, Technik und Kunst—Ge-stell, in: *Kunst und Technik, Gedächtnisschrift zum 100. Geburtstag von Martin Heidegger*, Frankfurt am Main: Klostermann, 1989, S. XIII.
- 12) Vgl. Pascal David, Die Würdigung des Wesens der Technik im Denken Martin Heideggers, in: *Vom Rätsel des Begriffs: Festschrift für Friedrich-Wilhelm v. Herrmann zum 65. Geburtstag*, Berlin: Duncker und Humblot, 1999, S.91-100.
- 13) 筆者はかつてこの事柄を〈有限性〉に見さだめて，ハイデッガー哲学の全体に解釈をほどこしたことがある。これについては，拙著『存在の問いと有限性——ハイデッガー哲学のトポロギイ的究明——』（晃洋書房，2006年）を参照のこと。

高専低学年英語学習者の受容語彙力測定 ——語彙サイズテストの効率的な実施法の提案——

古樋直己*

More Effective Ways for Conducting a Receptive Vocabulary Test for the First and Second Grade Students of College of Technology

Naoki FURUHI

This paper aims at developing more efficient ways to perform a receptive vocabulary test of English. Measuring word knowledge is almost equivalent to deciding participants' English skills, though English proficiency has a variety of aspects such as the abilities of reading, writing, speaking, and listening. When conducting a vocabulary examination, the shorter the time to complete it is, the more comfortable the test-takers and examiners feel, as long as the results are not skewed. This study offers a suggestion to omit some part of the test so as to realize a short-time word test with affecting the results as little as possible.

Key words: vocabulary, word, receptive, test, examination

1. はじめに

本研究では、結果への影響を抑えながら、受容語彙サイズテストの実施時間を短縮する方策を検討する。

高専生は英語が苦手であるとよく言われる。そこで、実際にどの程度苦手なのかを把握するためには、英語力を測定する必要性が生じる。

データ入手が容易で、ある程度信頼性の高い英語力測定方法があれば大変有益である。英語力の指標として、実用英語技能検定、TOEIC、TOEFL など様々な試験があるが、学生の大部分に受験させ、データを入手することは実務的に難しい。また、英語力というだけでは、英語運用能力のどの面を指しているのか曖昧である。そこで、語彙力に限定して考えることにする。これはつぎのように、語彙力が、英語の総合的な力の重要な位置を占めているからである。

英語力という場合、英語がどれほど読めるのか、読んで理解できるのかという読解力が、少なくとも主要な要素のひとつであることに異議を唱える者は少ない。

その読解力と密接関係を持つのが語彙力である。

門田¹⁾では、読解力は、単語認識力、単語認識速度、語彙力、統語処理力、文意味処理力、ワーキングメモリ能力からなると説明されている。さらに、語彙力が読解力を構成する諸要因の中でも重要な位置を占めると述べられている。また、Nation²⁾や Nassaji³⁾においては、語彙力の重要性がとくに高いとされている。

このように、語彙力を測定することで、部分的にはあるが英語力との関連を推定できそうである。しかし、語彙知識には様々な側面があり、語彙力と言うだけではまだ曖昧である。

よく用いられる分類として、受容語彙と発表語彙がある。受容語彙とは読んだり聴いたりして理解できる語彙であり、発表語彙とは書いたり話したりするのに使える語彙のことである。

また、日常よく用いられる限られた数の語について、様々な用例を知っている場合、語彙力があると言えるか。また、母国語話者でさえふつうは知らないような専門用語は知っているが、基本動詞を上手に使いこなせない場合、語彙力があるのかないのか。最初に挙げた例では、語彙のサイズは小さいかもしれないが、語彙の知識の深さは認められる例である。また、2 つ目は、語彙のサイズは大きい、語によっては知識の深さはあまりないという例である。

なお、このような語彙知識の様々な側面について整理したものとして、たとえば、Nation⁴⁾が挙げられ

原稿受付 平成 19 年 8 月 31 日

* 一般科目

る。

本研究では、受容語彙の測定に限定し、さらに、語彙知識の深さではなく、サイズの測定に特化した。これは使い勝手のよい語彙テストが存在するからである。

2. 語彙サイズテスト

語彙サイズテストには、門田⁵⁾が示すように様々なものがある。下表およびその説明は石川⁶⁾が整理した語彙テストの主要形態の表をもとにしている。

表 2.1 語彙力テストの主要形態

タイプ	概要
英和型	英語の意味を日本語語群から選択
和英型	日本語の意味を英語語群から選択
英英型	英語の意味を英文定義群から選択

英和型は、研究での使用は少ない。和英型にはいわゆる望月テスト^{7,8)}がある。英英型には、Nation 語彙レベルズテスト⁹⁾がある。

今回使用したのは、望月テストである。上表のうち、高専低学年の学生には、英英型は対象とする語彙以外が解答の支障となる可能性などもあること、また、望月テストは日本人英語学習者向けであることから、望月テストを採用した。

望月テストでは、日本語 2 語に対して、英語 6 語の選択肢が与えられている。また、1000 語レベルの vst11 から 7000 語レベルの vst71 まで各レベル 30 問、合計 210 問用意されている。今回使用した 3000 語レベルまでの問題例をつぎに示す。

(問題例)

日本語の意味を表す英語を(1)～(6)の中から選び、その番号を答えなさい。

vst11

- 小麦粉で焼いた菓子
- 集まり、会
- (1) birthday (2) cookie (3) fork
- (4) party (5) star (6) sweater

vst21

- 旗
- 丸く大きい緑色野菜
- (1) cabbage (2) campus (3) flag
- (4) railway (5) tin (6) tournament

vst31

- 巻き毛
- 肉、肉体
- (1) beach (2) curl (3) economy
- (4) flesh (5) glory (6) worker

学習者の語彙知識に応じて、必要なテストを選ん

で使用すればよい。たとえば、今回のように、3000 語までを測定するなら、vst11 から vst31 までを実施し、正答数を問題数 90 で割り、3000 を掛ければ、その学習者の語彙サイズを推定できる。

なお、望月テストには実施時間はとくに定められておらず、単語認識速度までは考慮されていない。

3. 研究目的

本研究では、日本人高専生低学年英語学習者の受容語彙力測定の効率化について検討する。下記の事項を明らかにしようと試みるのが目的である。

(1) 受容語彙力測定を効率化するにはどのような工夫が考えられるか。

(2) (1)の効率化を図った場合、結果にどの程度影響を及ぼすのか。

4. 研究方法

4.1 対象者

調査対象は、本校(国立工業高等専門学校)の 1 年生、2 年生のうち、それぞれ 75 名、93 名である。

中学校卒業後、高専に入学し、調査時(2006 年 12 月)において、それぞれ約 8 か月、20 か月経過した学生である。1 年生、2 年生ともに英語の授業は 5 単位分である。

4.2 実験素材

受容語彙力の測定には望月テストの 1000 語レベル vst11、2000 語レベル vst21、3000 語レベル vst31 を用いた。

vst41 以降を省略したのは、高校 1 年生、2 年生に相当する高専 1 年生、2 年生にとって、難しすぎるからである。

たしかに、高専は学習指導要領に必ずしも従う必要はない。しかし、被験者の場合、英語については、現行の学習指導要領にほぼ準拠している。

現行の学習指導要領では、中学校で 900 語程度¹⁰⁾、高等学校では、教育課程にもよるが、英語 I で 400 語程度、英語 II でさらに 500 語程度¹¹⁾の範囲内と定められている。

したがって、本研究においては、vst41 以降を課すことは、ほとんど意味がないと考えられたので省略した。

4.3 研究手順

2006 年 12 月に、1 年生については英語 IA、2 年生については英語 IIA の 1 コマ 50 分の授業時間に、それぞれ行った。それぞれ高等学校学習指導要領の

英語 I および II に相当する内容である。

実施したのは、上述したように、望月テストの vst11 から vst31 までの 90 問である。実施時間はとくに定められていないので 30 分程度と指示した。ただし、基本的には全員が解答を終えるまで数分待った。

なお、テスト問題は A3 用紙 1 枚片面に収め、解答用には、別にマークシート用紙を用意した。

5. 結 果

学年別の得点状況は下表のとおりである。

なお、総合欄は、vst11 から vst31 までの合計である。また、語彙力欄は 2.語彙サイズテストの項で解説した方法で算出された受容語彙力である。

表 5.1 1 年生各レベルの得点状況

レベル	vst11	vst21	vst31	総合	語彙力
平均	28.3	16.8	14.0	59.1	1970
標準偏差	1.46	3.73	3.38	7.31	244
最小値	25	6	6	39	1300
最大値	30	24	21	74	2470
問題数	30	30	30	90	-----
正答率	0.94	0.56	0.47	0.66	-----

表 5.2 2 年生各レベルの得点状況

レベル	vst11	vst21	vst31	総合	語彙力
平均	28.8	18.0	15.7	62.5	2080
標準偏差	1.11	3.30	3.34	6.26	209
最小値	25	6	6	41	1370
最大値	30	24	21	75	2500
問題数	30	30	30	90	-----
正答率	0.96	0.60	0.52	0.69	-----

6. 考 察

まず、1 年生と 2 年生の語彙力の差の有無を対応なし t 検定によって行った。

表 6.1 学年間の同一性の帰無仮説と対立仮説

仮説	内容
帰無仮説	各学年間の語彙力は等しい
対立仮説	各学年間の語彙力に差がある

表 6.2 レベル間による差

($p < 0.001$ (両側), t の境界値=2.61)

比較レベル	1・2 年生間
t の実現値	3.28

この表から、t の実現値は境界値を上回っており、棄却域にある。したがって、1 年生と 2 年生には語彙力に差があり、別の集団として扱うのが適当であるとわかる。

6.1 1 年生

vst11 が平均正答数 28.3 で満点に近く、vst21 および vst31 それぞれの平均正答数 16.8 および 14.0 に比べ 2 倍程度である。標準偏差は vst11 が vst21 および vst31 と比較して半分以下である。したがって、vst11 については、時間の犠牲を払ってまでテストする必要性は低いのではないかと考えられる。

つぎに、vst21 について検討する。平均正答率は 0.56 であり、vst11 の場合と比較し、はるかに低い。さらに、標準偏差も vst11 の場合と比べかなり大きい。つまり、vst21 は、被験者によって、正答率に大きな違いがある。vst31 についても、vst21 と同様の傾向である。

したがって、vst11・vst21 間には、得点分布に境界の存在が想像でき、vst21・vst31 間にはそのような境界は想像し難そうである。

この事実を確認するために、つぎのように仮説を立て、対応あり t 検定を実施した。

表 6.1.1 レベル間についての帰無仮説と対立仮説

仮説	内容
帰無仮説	各レベル間の平均正答数は等しい
対立仮説	各レベル間の平均正答数に差がある

表 6.1.2 レベル間による差

($p < 0.001$ (両側), t の境界値=3.43)

比較レベル	vst11・vst21 間	vst21・vst31 間
t の実現値	32.3	7.90

この表から、1 年生の場合、vst11・vst21 間、vst21・vst31 間のいずれも、t の実現値は t の境界値より大きく、棄却域にある。したがって、帰無仮説は棄却され、対立仮説が採択され、vst11・vst21 間および vst21・vst31 間には、ともに平均正答数に有意な差があることが統計的に確認できた。

さらに、t の実現値と t の境界値の乖離の度合いを見れば、vst11・vst21 間では t の実現値は 30 を超えており、t の境界値の 10 倍近くもある。これに対し、vst21・vst31 間では 7 前後で、t の境界値の 2 倍程度に留まっている。

まとめると、vst11・vst21 間の平均正答数には圧倒的な差が存在することが確認できた。また、vst21・vst31 間の平均正答数にも差を認めることはできるが、vst11・vst21 間の場合よりもはるかに小

さい。

この結果から、全員に近い被験者は、vst11 レベルの語彙はほぼ完全に習得しており、今後の学習あるいは測定は、vst21 から始めればよいことがわかった。

つまり、研究目的(1)の受容語彙力測定の効率化の一案として、vst11 については、全員が平均正答数である 28.3 問正解したと仮定しても、語彙力の算定には、それほど大きな支障はなさそうである。

そこで、研究目的(1)である効率化のための案のひとつとして、つぎのものを提案する。

効率化案 1 :

vst11 は実施せず、全員 28.3 問正解したと考える。vst21 と vst31 については、通常の方法で実施する。

この効率化案 1 によって、vst11 から vst31 まで実施した場合、30 分程度必要としていたテストが、約 3 分の 2 の 20 分程度で行えることになる。

下表は効率化案 1 を採用した場合の得点状況である。

表 6.1.3 効率化案 1 を採用した場合の得点状況

レベル	vst11	vst21	vst31	総合	語彙力
平均	28.3	16.8	14.0	59.1	1970
標準偏差	1.46	3.73	3.38	7.31	244
最小値	28.3	6	6	39	1300
最大値	28.3	24	21	74	2470
問題数	28.3	30	30	90	-----
正答率	1.00	0.56	0.47	0.66	-----

このデータと、通常の方法で測定した場合とで、語彙力の平均値に差があるのか調べるために、まず、つぎのように仮説を立て、対応あり t 検定を実施した。

表 6.1.4 方法の違いについての帰無仮説と対立仮説

仮説	内容
帰無仮説	各方法間の平均正答数は等しい
対立仮説	各方法間の平均正答数に差がある

表 6.1.5 方法の違いによる差

($p < 0.001$ (両側), t の境界値=1.99)

比較レベル	通常の方法・vst11 実施せず
t の実現値	0.0396

この表から、 t の実現値は t の境界値よりも小さく、帰無仮説は棄却されず、差があるとはいえないことが確認された。

つまり、vst11 から vst31 まで 3 レベルすべて実施する方法と、vst11 を実施せず、vst11 の正答数を全員 28.3 問と仮定する方法で測定した場合の語彙力には差が認められない。つまり、vst11 を実施しなくとも、全体の語彙力算定には影響がほとんどないことが統計的に証明された。

さて、vst11 を実施しない方法は、語彙テスト効率化の手法として考えられることがわかったが、他にはどのような方法が考えられるだろうか。

すぐに、vst21 および vst31 について、実施自体を省略することや、問題数を削減することが思い浮かぶ。

まず、vst11 のみで判定するのが無理であることは明らかである。そこで、vst21、vst31 のいずれか一方のみ実施する方法について検討する。

そのために、vst21 の正答数と、vst31 の正答数の相関を調べた。また、これらと全体の正答数との相関も調べる。なお、vst11 とは相関があるとは考えられないので除外している。ピアソンの相関係数によって確認(データの正規性は確認済み)した結果はつぎの表のとおりである。

表 6.1.5 vst21, vst31, 総合の相関係数行列

レベル	vst21	vst31	総合
vst21	1	0.63	0.92
vst31	0.63	1	0.86
総合	0.92	0.86	1

この結果から、vst21 と語彙力の相関は極めて強いので、回帰式を得れば、vst21 の正答数から容易に語彙力が推測できると考えられる。よって、

効率化案 2 :

vst21 の結果から語彙力を予測する。vst11 と vst31 は実施しない。

この方法を進めていく。単回帰分析を行うと、回帰の F 値は 411, 危険率 0.05 の境界値は 3.97, かつ、 p 値は極めて小さく、この回帰予測は役立つと言える。回帰係数 60.21, 定数項 958.1 であり、回帰式はつぎのようになる。

$$(\text{語彙力}) = 60.21 \times (\text{vst21 の正答数}) + 958.1$$

相関係数の高さから、十分予想されることであるが、実測値と予測値の差である、残差は非常に小さく、平均 0, 標準偏差 94.6 となった。語彙力の結果が 2000 語前後と算出されるなかで、残差がこの程度の標準偏差で収まれば、この回帰式の実用性も高いと考えてよい。

6.2 2年生

表 5.1, 表 5.2 を比べると, vst11 が満点に近く, 他のレベルの正答数や標準偏差も似ているので, 1 年生と同様な効率化を考える。

まず, 効率化案 1(vst11 に見なし正答数 28.8 問を採用)を実施した場合の得点状況を表 6.2.1 に, 通常の方法との比較を対応あり t 検定で検証した結果を表 6.2.2 に示す。

表 6.2.1 効率化案 1 を採用した場合の得点状況

レベル	vst11	vst21	vst31	総合	語彙力
平均	28.8	18.0	15.7	62.5	2080
標準偏差	0	3.30	3.34	6.26	209
最小値	28.8	6	6	41	1370
最大値	38.8	24	21	75	2500
問題数	30	30	30	90	----
正答率	1.00	0.60	0.52	0.69	----

表 6.2.2 方法の違いによる差

(p<0.001(両側), t の境界値=3.40)

比較レベル	通常の方法・vst11 実施せず
t の実現値	0.0337

表 6.2.2 から, 1 年生の場合と同様に, t の実現値は t の境界値よりも小さく, 両者の方法の違いによって, 平均正答数に差があるとはいえないことがわかった。

つぎに, vst21, vst31, 総合の相関係数を調べると, 下表が得られる。

表 6.2.3 vst21, vst31, 総合の相関係数行列

レベル	vst21	vst31	総合
vst21	1	0.53	0.87
vst31	0.53	1	0.86
総合	0.87	0.86	1

この結果から, vst21 あるいは vst31 と語彙力の相関は極めて強いので, 回帰式を得れば, vst21 あるいは vst31 の正答数から容易に語彙力が推測できると考えられる。

単回帰分析を行うと, vst21・語彙力間では, 回帰の F 値は 290, 危険率 0.05 の境界値は 3.95, かつ, p 値は極めて小さく, この回帰予測は役立つと言える。回帰係数 55.27, 定数項 1089.2 である。

また, vst31 を用いた場合, 回帰式はつぎのようになる。F 値は 248, 危険率 0.05 の境界値は 3.95, かつ, p 値は極めて小さく, この回帰予測は役立つと言える。回帰係数 53.50, 定数項 1244.7 であるから,

$$(\text{語彙力}) = 55.27 \times (\text{vst21 の正答数}) + 1089.2$$

$$(\text{語彙力}) = 53.50 \times (\text{vst31 の正答数}) + 1244.7$$

なお, 1 年生の場合と同様に, 残差は非常に小さく, 実用性は高いと考えられる。

7. ま と め

今回の測定だけで, vst11 の見なし正答数や, 回帰式の回帰係数, 定数項を決定するのは, たしかに危険である。しかし, 今回のような測定データを数年分蓄積し, 分析すれば, 実施に要する時間を, 3 分の 1 あるいは 3 分の 2 程度まで短縮することができ, かつ, 簡易的には精度もある程度確保された語彙サイズテストの実施が可能と考えられる。

参 考 文 献

- 1) 門田修平編著：英語のメンタルレキシコン, 松柏社, (2003)134
- 2) I. S. P. Nation: Learning Vocabulary in Another Language, Cambridge University Press, (2001)144
- 3) H. Nassaji: The Relationship Between Depth of Vocabulary Knowledge and L2 Learner's Lexical Inferencing Strategy Use and Success, The Modern Language Journal, 90, 3(2006)389
- 4) I. S. P. Nation: Learning Vocabulary in Another Language, Cambridge University Press, (2001)27
- 5) 門田修平編著：英語のメンタルレキシコン, 松柏社, (2003)39-42
- 6) 石川慎一郎：大学生英語学習者の受容語彙力と発表語彙力の関係, 中部地区英語教育学会紀要, 34, (2005)337-344
- 7) 望月正道：日本人英語学習者のための語彙サイズテスト, 語学教育研究所紀要, 12, (1998)27-53
- 8) 望月正道・相澤一美・投野由起夫：英語語彙の指導マニュアル, 大修館書店, (2003)211-226
- 9) I. S. P. Nation: Learning Vocabulary in Another Language, Cambridge University Press, (2001)416-424
- 10) 文部科学省：中学校学習指導要領第 9 節外国語, http://www.mext.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/990301/03122602/010.htm
- 11) 文部科学省：高等学校学習指導要領第 8 節外国語, http://www.mext.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/990301/03122603/009.htm

研 究 調 査 報 告

サイクロン状渦室を有する排水管の研究開発

－渦室内旋回流動場における突起状リングと流れ特性に関する一知見－

吉富秀樹* 梶原豪介**

Research and Development of a Drainpipe with Vortex Chamber

- A Finding about the Effect of Projected Ring on Rotating Flow in the Vortex Chamber -

Hideki YOSHITOMI, Gosuke KAJIHARA

We developed a new drainpipe with vortex chamber in order to free from the danger of getting caught in drain of swimming pool. This new drainpipe can control the suction force with the working of vortex flow. In this study, we tried to reduce the suction force by using the ring which was attached on the side wall of the vortex chamber to prevent secondary flow. This trial was not successful, but another interesting characteristic was found by the analysis of experimental data. That is to say, it is reasonable to think that the flow should be reduced by the ring, but in this experiment any rings do not affect the flow rate of the drainpipe. This result is very attractive, so we show the experimental results and consider the result from some angle.

Key Words: Rotating Flow, Ring, Secondary Flow, Flow Rate, Suction Force, Swimming Pool, Drain Pipe

1. はじめに

最近、遊泳用プール等において水循環用の排水口に遊泳者が吸込まれたり吸着されるという事故が起っており大きな社会問題となっている。このような事故は、何らかの人的ミスによって格子状の排水口カバーが外れることによって起こる。また、格子状の排水口カバーが付いていた状況においてさえも、排水口に張り付き動けなくなるという事故も発生している⁽¹⁾。著者らは、このような排水口事故の危険性を以前より指摘し、万一排水口カバーが外れた場合でも、吸い込まれたり吸着されたりすることのない安全な排水管を提案している⁽²⁾。この排水管は、主要な構成要素としてサイクロン状渦室を有していることから渦室付排水管と称している。また、この渦室付排水管は、弁などの機械的可動部を用いることなく、流体自身の流れで吸引力を制御できるという特徴がある。

これまでの研究において、提案する渦室付排水管の吸引力低減機能を実証するとともに⁽²⁾、形状パラメータが特性に及ぼす影響を明らかにして形状最適

化を図り⁽³⁾、渦室付排水管内流れの理論モデルに基づく特性予測法を開発した⁽⁴⁾。また、渦室付排水管に吸着された時に、流れ状態が変化し、吸引力が弱まるまでの動的応答性についても解析した⁽⁵⁾。

本報では、吸着されたときの吸引力をさらに低減することをねらって、渦室内旋回流動場における2次流れを防止するための突起状リングを渦室側壁に設け、その効果を実験的に検討した。その結果、当初の目的であった吸引力低減については突起状リングの効果はほとんど認められなかったのであるが、実験結果の解析において当初目的とは別の興味深い特性が認められた。すなわち、この実験では渦室側壁に大きさの異なる数種のリングを設置したわけであるが、いずれのリングも流量特性にほとんど影響を及ぼさないという結果が得られた。例えば、渦室通路の約半分を塞ぐようなリングを設置した場合でも、渦室付排水管の圧力損失と流量の関係が、リングが無い場合と比べてほとんど変化しないのである。このことが流体力学的にみて興味深いと思われるので、本報において実験結果を示し、若干の考察を加える。

2. 渦室付排水管と突起状リング

2. 1 渦室付排水管

まず、従来から一般的に用いられている排水管の概念図を Fig.1-(a)に示す。通常は、このように1本

原稿受付 平成19年8月31日

* 機械工学科

** 専攻科 機械・制御システム工学専攻

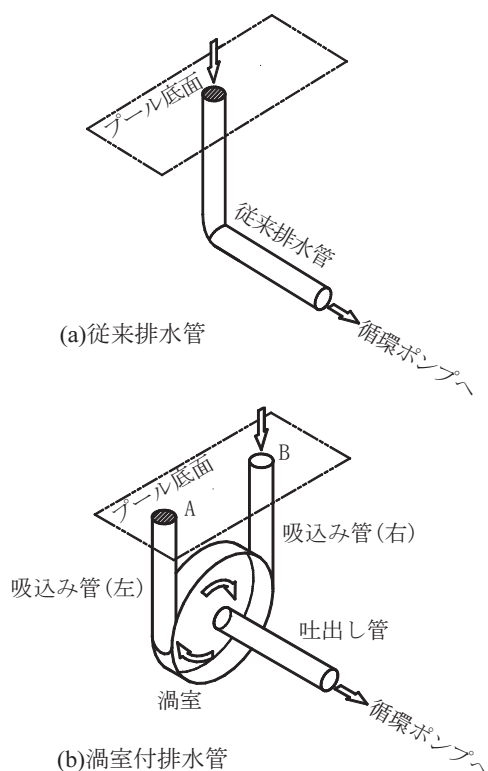


Fig.1 Diagram of drainpipe

の排水管で水を吸引しており、これを従来排水管と呼ぶことにする。従来排水管では、プール底面の排水口に遊泳者が吸着されると、循環ポンプの吸引によって排水管内の圧力が真空に近い値まで低下する。このとき、圧力降下が起きている部分は吸着部であり、このため吸着された身体に極めて大きな吸引力が作用することになる。

一方、提案している渦室付排水管の概念図を Fig.1-(b) に示す。薄い円筒状の渦室の外周に接線方向に取り付けられた左右2本の吸込み管がプール底面の2個の排水口 A, B につながっている。また、渦室中心に軸方向に取り付けられた吐出し管が循環用ポンプにつながる。通常は2本の吸込み管から同時に水が流入するが、もし一方の排水口 A に遊泳者が吸着されたら、もう一方の排水口 B から渦室へ流入する流れが強い渦巻き流れを発生する。この渦巻き流れによる遠心力場により、渦室内は外周から中心に向かって強い圧力こう配が生じ、中心部の圧力は低下するものの外周部の圧力はプール水圧に近い値に保たれる。つまり、圧力降下は、吸着部ではなく渦室内の半径方向において起こる。ここで、排水口 A の吸着部の吸込み管内圧力は渦室外周部の圧力にほぼ等しいのでプール水圧に近い値となり、吸着部の内面と外面の圧力差が減少し吸引力が弱まるのである。これが渦室付排水管の原理である。

ところで、吸着されたときの吸引力をさらに低減させるには、排水口 A の吸着部の吸込み管内圧力を

できるだけ高い値、すなわちプール水圧の値にさらに近づける必要がある。このためには、吸着部の吸込み管内圧力は渦室外周部の圧力にほぼ等しいことから、渦室外周部の圧力を高めればよい。一方、渦室外周部の圧力は、プール水圧から渦室外周部の動圧と排水口 B につながる吸込み管の流入損失 ΔP_s を差し引いたものである。よって、この流入損失 ΔP_s を小さくすることが必要となる。流入損失 ΔP_s は吸込み管の損失係数を ζ 、吸込み管内流速を V 、水の密度を ρ とすると、

$$\Delta P_s = \zeta \frac{\rho V^2}{2} \quad (1)$$

と表せる。よって、流速 V の自乗で効くので、流速を小さくすること、すなわち流量を少なくすることの効果が大きい。つまり、吸着状態という緊急状況においては排水性能は考慮する必要がないので、排水管の流量を小さく抑えようとするのが本研究の2次流れ防止のための突起状リングの考え方である。

2. 2 2次流れ防止のための突起状リング

前項で述べたように、渦室付排水管に吸着されたときの吸引力を弱めるためには、吸着時の流量を小さくする必要がある。吸着時の渦室内流れは旋回流動をしており、その概念図を Fig. 2 に示す。渦室内の主流は強い旋回流動をしておりエネルギー消散が大きい。よって、このエネルギーロスによって主流の流量は小さく抑えられる。一方、この主流とは別に、渦室側壁の境界層に沿ってあまり旋回することなく吐出し管へ向う流れが存在するはずである。これを2次流れと称す。主流に対する2次流れの流量割合は明確ではないが、本研究の渦室付排水管は渦室が薄い境界層の占める割合が大きく、2次流れの影響が大きいものと考えられる。そこで、この2次流れを抑制するため、Fig.3 に示すように境界層内の流れを遮る突起状のリングを側壁に設ける。これを突起状リングと呼ぶ。本研究では、突起状リングの設置位置や高さを変えて実験し、その効果を検討した。なお、このような突起状リングは通常時の排水性能を悪化させるものであるが、その対策につ

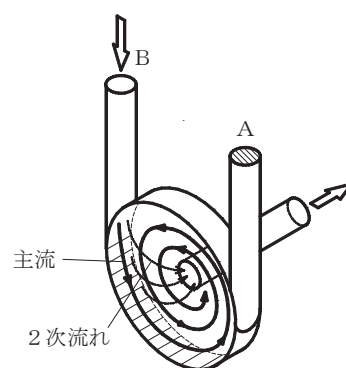


Fig.2 Main flow and secondary flow

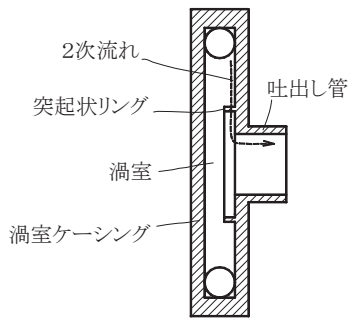


Fig.3 Ring preventing the secondary flow

いては別途検討することとし、本報では第1段階として突起状リングの効果を検討したものである。

3. 実験装置および実験方法

実験装置の構成を Fig.4 に示す。試験水槽⑨はプールに相当しており、水槽の底部に供試排水管①を取り付けている。供試排水管までの水位は、遊泳用プールのほぼ平均的水深である 1.2 m に設定してある。水槽から供試排水管中心までの距離は 200mm である。また、実際のプールで吸い込み事故が問題となるのは、循環ろ過用ポンプや起流ポンプで吸引されている排水口であるので、本実験装置も循環ポンプ⑤による強制吸引方式としている。循環ポンプは小型マグネットポンプを使用しており、その主な仕様は、最高揚程 9.7m、最大吐出し量 97L/min、定格出力 180W である。また、吸着流れを実現するため、吸込み管 A の排水口は塞いである。吸込み管内の圧力は圧力センサ②で測定する。渦室付排水管の出口圧力は、旋回流の旋回成分を整流器③で除いた後に、排水管の下流 475mm の位置に設けた静圧

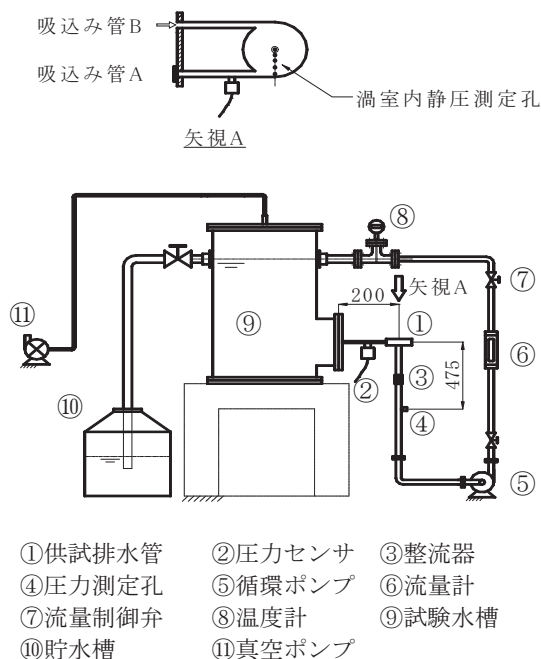


Fig.4 Experimental apparatus

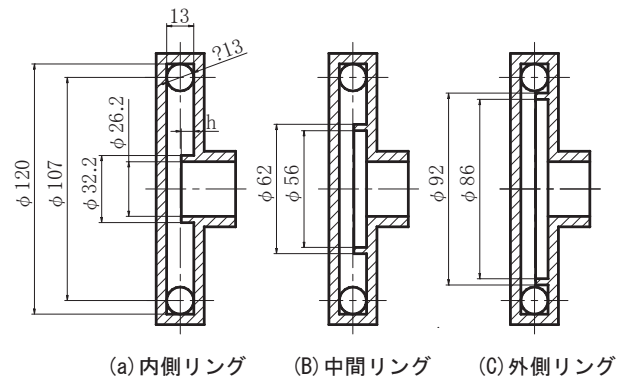


Fig.5 Shape of each ring

孔④で測定した。

実験に使用した渦室付排水管の主要寸法と突起状リングの設置位置を Fig.5 に示す。渦室形状は、これまでの研究で得られた最適形状⁽³⁾を採用しており、外径がφ120mm、軸方向厚みが13mm、吐出し管径はφ26.2mmである。また、吸込み管径は、渦室厚みと同じ13mmとなっている。突起状リングは、吐出し管側の渦室側壁に設けてある。形状パラメータはリング径とリング高さである。リング径は、Fig.5 に示すように、リングの外径でφ32.2mm、φ62mm、φ92mmの3種類であり、それぞれ内側リング、中間リング、外側リングと称することにする。内側リングは吐出し管を渦室内部に突き出させた形状である。リング高さは、いずれも6mm、4mm、2mmと変化させて実験した。また、比較のためにリングが無い場合についても実験した。また、渦室内の静圧は、Fig.4の矢視Aに示すように、リングとは反対側の渦室側壁に直径0.8mmの静圧孔を設けて測定した。静圧孔の設置位置は半径方向に5ヶ所あり、それぞれの半径は、0mm、12mm、24mm、39mmおよび53.5mmである。

4. 実験結果

4. 1 突起状リングが吸引力に及ぼす影響

内側リング、中間リングおよび外側リングそれぞれの吸引力に及ぼす影響を Fig.6 に示す。吸引力の比較の方法は、渦室付排水管に同じ水压ヘッドがかかった時の吸引力を比較するのが妥当である。すなわち、Fig.6 のように、渦室付排水管での圧力損失に対して吸引力を示せばよい。ここで、吸引力 F は、圧力の測定値より次式で計算したものである。

$$F = \frac{\pi D_s^2}{4} (P_1 - P_s) \quad (2)$$

ここに、 D_s は吸込み管直径、 P_1 は吸込み管位置の試験水槽水压、 P_s は吸込み管内圧力である。また、渦室付排水管の圧力損失 ΔP は、次式で求めた。

$$\Delta P = P_{1t} - P_{2t} \quad (3)$$

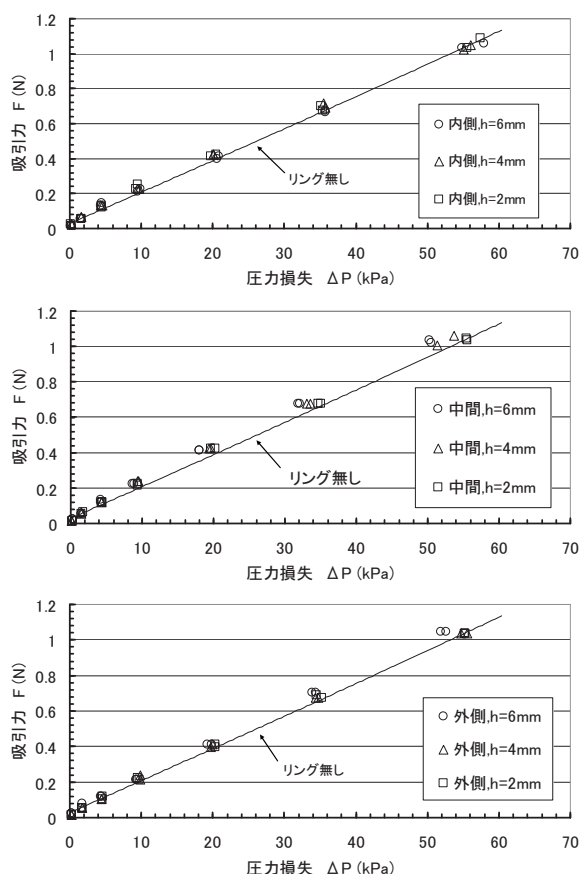


Fig. 6 Suction force versus pressure loss

ここに、 P_{1t} は吸込み管入口の全圧、 P_{2t} は、Fig.4に示したように、渦室から475mm下流の位置で計測した吐出し管の静圧に動圧と位置ヘッドを加えた全圧である。

Fig.6の図中の実線は、突起状リングが無い場合のデータを滑らかに結んだ近似曲線である。3つのグラフは、上段から内側リング、中間リングおよび外側リングのデータとなっている。記号は、○がリング高さ6mm、△が4mm、□が2mmの実験データである。記号の意味とグラフの順番は、以降の図でも同じである。

さて、本研究の当初の目的は、突起状リングによって吸引力を弱めることであったが、Fig.6をみると吸引力はほとんど変わっていない。これは、リングを設置しても流量がほとんど変化していないことを示唆している。ただし、中間リングの場合は、リング高さ4mmと6mmにおいて、同一圧力損失に対して吸引力がわずかに増加する傾向であり、研究目的とは逆に吸引力が強くなってしまっている。これは次項で示すように、流量が増加することによって流入部の圧力損失が増加し、吸着側吸込み管内圧力が低下してしまったものと考察できる。しかし、いずれにしても突起状リングによる吸引力の改善効果は認められないことになる。

4. 2 突起状リングが流量特性に及ぼす影響

突起状リングが渦室付排水管の流量特性に及ぼす影響を Fig.7 に示す。図中の実線は、リングが無い場合の流量特性データの近似曲線である。前述したように、今回の研究の目的は、突起状リングによって2次流れをせき止め、同じ圧力損失条件において流量を減らすことであった。逆に言えば、同じ流量に対しては、圧力損失を増やすことである。しかし、Fig.7を見るとリングを設置しても流量はほとんど変わっていない。ただし、中間リングのリング高さ4mmと6mmにおいては同一流量に対して圧力損失が減っている。つまり、同じ圧力損失に対しては流量が増加する結果となっている。この傾向は前記4.2項の結果と整合性がある。

以上のように、突起状リングを設置しても流量特性がほとんど変化しないこと、また、中間リングでは逆に流量が増えたこと、このことが当初の研究目的とは異なるものの流体力学的にみて興味深いと思われる。つまり、渦室の厚みは13mmであるから、リング高さ6mmにおいては、渦室の軸方向スペースの46%すなわちほぼ半分がリングによって塞がれていることになるのであるが、それでも流量が減らないのである。直管等の管内流れであれば、オリフィスや弁で通路を半分近く絞れば流量は当然ながら減

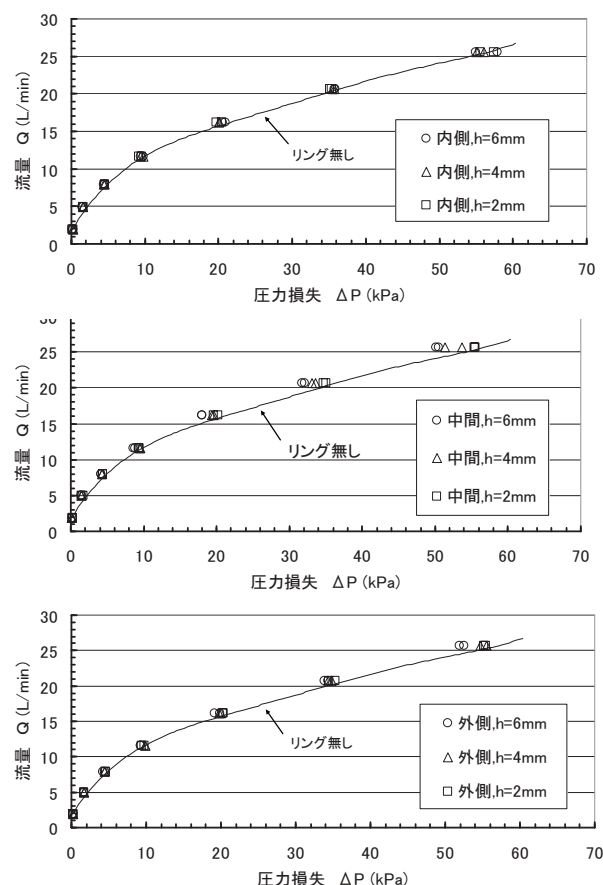


Fig.7 Flow rate versus pressure loss

少する．しかし，この渦室付排水管の旋回流動場では減らないのである．

この原因としては，本研究のリングは渦室内通路に突き出た形状であることから，この突起状リングによって渦室内の流動が妨げられ，その結果として渦の旋回の強さが弱まったとも考えられよう．つまり，旋回流動によるエネルギーロスが減って，その結果として，流量が変わらなかったのではないかと推察した．そこで，このことを次項において渦室内静圧分布の計測結果から検討してみる．

4. 3 突起状リングが渦室内静圧分布に及ぼす影響

本研究の実験では，流体は渦室内において旋回運動をしている．一般的に容器内で回転する流れ，すなわち渦運動について検討する場合，流動様式はランキンの組合せ渦⁽⁶⁾と仮定するのがシンプルな考え方である．この考え方を本研究の渦室付排水管に適用した場合の速度分布と圧力分布の概念図は Fig.8 のようになる⁽⁶⁾．

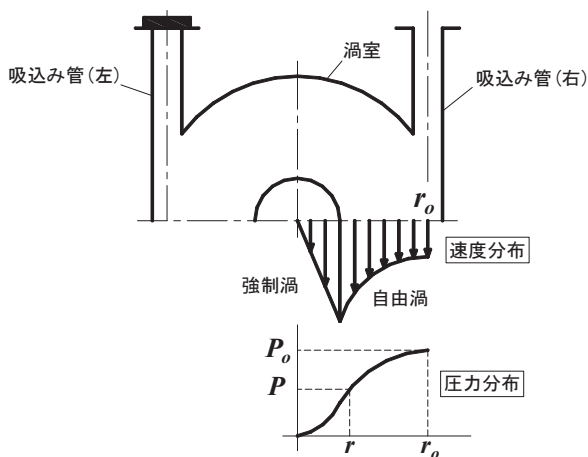


Fig.8 Flow in the vortex chamber

さて，ここで渦室内静圧分布の実験結果を Fig.9 に示す．流量条件は，いずれも 20.7 L/min である．横軸は半径比であり，基準の r_o は Fig.8 の吸込み管中心の半径すなわち 53.5 mm としている．縦軸は圧力比であり，基準の P_o は半径が r_o の位置での静圧である．図中の縦の実線は中間リングの設置されている位置（突起状リングの外径位置）を示す．また，図中の曲線はリングが無い場合のデータの近似曲線である．

Fig.9 を見ると，Fig.8 の圧力分布と同様の傾向を示しておりランキンの組合せ渦に近い流動をしていることが確認できる．ここで，注目すべきは突起状リングによって静圧分布が変化するかどうかである．つまり，前記 4.2 項の最後で考察したように，突起状リングによって強い渦の生成が妨げられているかどうかを検討する必要がある．このような観点から

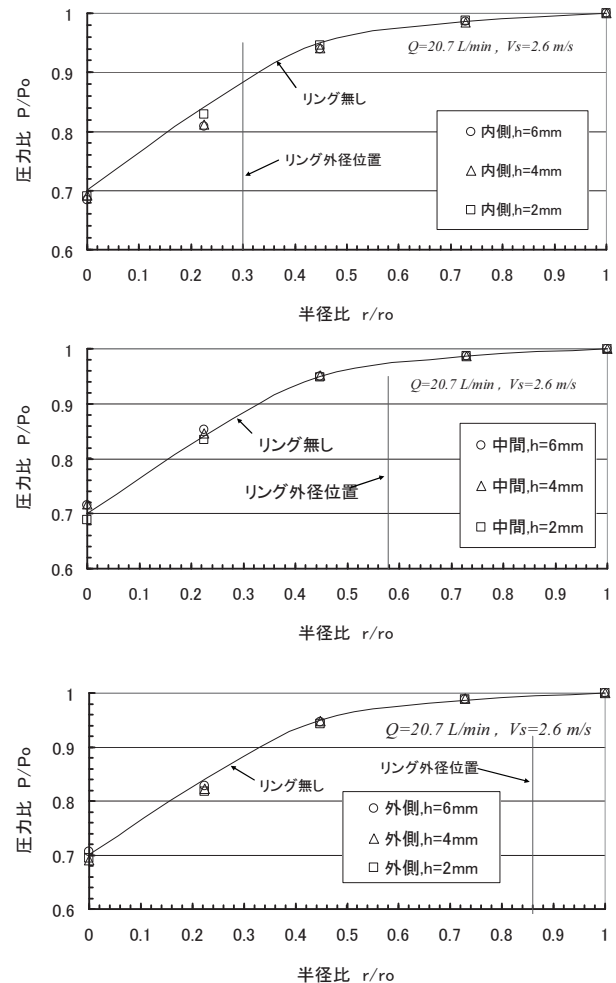


Fig.9 Pressure distribution in the vortex chamber

Fig.9 を見ても，リングによって静圧分布が変化しているという顕著な傾向は認められない．

5. まとめ

渦室側壁に突起状リングを設けて吸引力低減を図ったが効果は無かった．しかし，この当初目的とは異なるが，このような突起状リングは渦室内の旋回流動場にほとんど影響を及ぼさないという結果が得られた．この原因は本研究では解明できなかったが，流体力学的に興味深いので紹介した次第である．

参考文献

- 例えば，<http://www.yomiuri.co.jp/national/news/20060805i303.htm>
- 吉富，佐藤，小原：空気調和・衛生工学会論文集，No.85 (2002)，pp.31～39
- 吉富秀樹：空気調和・衛生工学会平成 15 年度学術講演会講演論文集，(2003)，pp.805～808
- 吉富秀樹：空気調和・衛生工学会平成 17 年度学術講演会講演論文集，(2005)，pp.777～780
- 吉富，田中，井上：空気調和・衛生工学会平成 18 年度学術講演会講演論文集，(2006)，pp.789～792
- 小川明：渦学，山海堂，(1981)，pp.3～8

AVR マイコンと市販模型を活用した実践的メカトロニクス教材の開発

吉富秀樹*

Development of Teaching Material to learn Mechatronics using AVR Microcomputer and Toy Model

Hideki YOSHITOMI

Mechatronics is composite technology which is combined mechanics with electronics. In technical education, it has been discussed how to teach the mechatronics to beginner students. In this field of education, hand-making practice attracts our attentions as the effective education method. Some years ago, the author developed the teaching material that was the remodeling exercise of a toy model into the autonomous mobile robot by using microcomputer. This mobile robot used the Z80 microcomputer for CPU and assembly language for programming. But, in recent years, new microcomputer such as AVR microcomputer has been presented in this technical field. The AVR microcomputer is simple and highly efficient device compared with the Z80 microcomputer. So, the author improved the previous mobile robot system by altering the Z80 system to AVR one. And also, the assembly language was changed into the BASIC language. This paper shows the improved system about the mobile robot.

Key Words: Mechatronics, AVR, Microcomputer, Mobile Robot, Practical Education, Toy Model

1. はじめに

メカトロニクスという言葉は機械工学と電子工学が融合した和製英語であるが、その技術的裾野は情報工学など多岐の分野にまたがり、いわゆる複合的技術分野を形成している。この複合技術であるメカトロニクスを初心者にとどのように教えるべきかという検討が従来から行われてきた⁽¹⁾。筆者も高専の機械工学科の学生を対象としてメカトロニクス関係の教育に携わっており、以前からロボットを題材とした”もの作り”を通してのメカトロニクス教育に興味を持ち、そのための教材開発を進めてきた⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾。また、メカトロニクスの中枢となる技術がマイクロコンピュータ(マイクロコントローラとも言うが、以下、マイコンと略称する)である。近年、このマイコンが安価で高性能かつ高信頼性になったことから、ロボットはもとより自動車や家庭用電気製品など身の回りの多くの製品に組み込まれるようになった。これは、機械にマイコンを組み込むことで、機械の高機能化や知能化が図れるためである。したがって、機械技術者といえども制御用マイコンの基礎知識は必要な時代となっている。

しかしながら、マイコンを実際に使うには、マイコン自体や電子回路等のハード面の知識、プログラミングの知識、そしてプログラム開発環境の整備などが必要であり、初心者にはなかなかハードルが高いものである。マイコンを使ったことがない者にとっては、どこから手を付けたらよいのか分からないのが実状ではなかろうか。筆者の経験では、あまり難しい本を読むよりも、まず使ってみることが大切である。つまり、簡単なライントレースロボットなどのマイコン搭載ロボットを一度自作してみれば、マイコン、センサ、アクチュエータ、インタフェース回路そしてプログラミングというメカトロニクスの全体像がある程度見通せるようになる。

このような観点から、筆者は、市販されている玩具模型(いわゆるプラモデル)にセンサやマイコンを組み込んでライントレースロボットに改造するという教材を開発し、これを前報⁽⁴⁾において紹介した。この教材は、マイコンに Z80 マイコンを使い、プログラミングはアセンブラ言語を使うシステムであった。マイコンの基礎を学ぶには十分なシステムであるものの、使い勝手の点でそろそろ時代遅れの感が否めないと感じていた。最近の高専ロボコンでも、マイコンはルネサス社の H8 や Microchip 社の PIC(Peripheral Interface Controller)などが使われているようである。本校の電子制御系の実験実習教材

原稿受付 平成19年8月31日

* 機械工学科

についても、中尾⁽⁵⁾によって Z80 マイコンから PIC への転換が検討されている。また、プログラミングにしても、アセンブラよりも高級言語である C 言語や BASIC(Beginners All-purpose Symbolic Instruction Code)言語の方がプログラム開発は圧倒的に能率的である。そこで、マイコンとプログラム開発環境を新しいものに転換することにした。マイコンについては、PIC を使うことも考えたが、最近注目されている Atmel 社の AVR マイコンを使ってみることにした。AVR マイコンは、PIC と同じく RISC(Reduced Instruction Set Computer)型のマイコンであり、命令系統がシンプルで使いやすい。また、プログラム開発環境として C 言語に対応しているほか、BASIC 言語に対応したシステムが整っていることも大きな魅力であった。筆者が所属する機械工学科では、数値解析用のプログラム言語として FORTRAN を教えているが、C 言語は今のところ授業には取り入れていない。このため、FORTRAN に比較的近い高級言語である BASIC が使えれば学生にも分かりやすいと思える。このような事情から、前報⁽⁴⁾の Z80 マイコンとアセンブラ言語のシステムから、AVR マイコンと BASIC 言語のシステムに転換した。これと同時に、ハンダ付けの要らない試作回路基板すなわちブレッドボードを利用したシステムも新たに取り入れた。この結果、予想以上に安価で使いやすいシステムが構築でき、学習内容をさらに進展させることができたので、この改良したシステムについて本報で紹介する。なお、市販模型を活用する意義等については前報⁽⁴⁾を参照されたい。

2. AVR マイコンの概要

AVR マイコンは、米国の Atmel 社が開発した 8 ビットのワンチップマイコンであり、PIC と同様に RISC 型のマイコンであることから使いやすいものとなっている。AVR マイコンの外観を Fig.1 に示す。AVR と PIC を比べると、AVR の方が後発であるため PIC よりも使い勝手が向上しているようであるが、一長一短の面もあり優劣は一概には言えない。寸法外観はほぼ同じであり、価格もどちらも 1 個 100 円～1,000 円程度で購入できる。性能面では、AVR の最高動作クロック数は 8～16MHz であるが、一つの命令を 1 クロックで処理するので PIC より高速である。しかし、AVR の命令数は、RISC 型という割には 118 個もあって、必要最小限の命令数(35 個)に抑えている PIC に比べるとかなり多い。なお、AVR のプログラムはフラッシュ ROM に書き込むが、1000 回の書き込み・消去が可能となっている。また、AVR マイコンには ISP(In System Programming)という機能があり、この機能を使うとマイコンを基板から取り外すことなく数本の信号線をつ

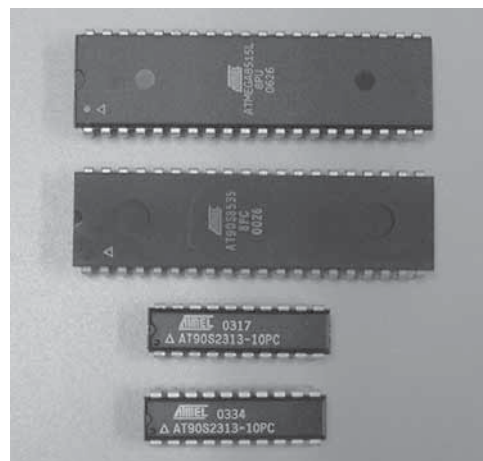


Fig.1 AVR Microcomputer

ながだけでプログラムが書き込めるので非常に便利である。

現在、AVR マイコンのシリーズは次の 3 つに分類されている。

■AT90S シリーズ：AVR の基本的製品群である。初期に開発されたものであるが、今でも多く使われている。このシリーズの AT90S2313 は使用例等の資料が豊富であるので本報でも AT90S2313 を使っている。

■Atmega シリーズ：メモリ容量や機能を拡張したシリーズで現在の AVR の主力製品群となっている。メモリは 4k バイト～128k バイトで、ピン数は 28 ピン～64 ピン程度である。

■Attiny シリーズ：mega シリーズとは逆に、小規模化したシリーズで、メモリは 2k バイトまで、ピン数は 8 ピン～32 ピン程度となっている。

なお、これらの詳細については Atmel 社の Web サイト⁽⁶⁾を参照されたい。また、日本語データシート⁽⁷⁾や AVR-Wiki⁽⁸⁾も公開されている。

3. プログラム開発環境

マイコン用の制御プログラムを作るためには、プログラム言語によって作成したプログラムを機械語に翻訳するソフトウェアであるコンパイラ、そしてコンパイルされたプログラムをマイコンのメモリに書き込むためのライターが最低限必要である。さらに、複雑なプログラムを開発する場合には、プログラムが正常に機能するかどうかシミュレーションする装置なども必要になる場合がある。これらを開発環境と呼んでいる。AVR マイコン用にも、インターネット上を探せばさまざまなソフトウェアを見つけることができる。これらの中には、Atmel 社の Web サイト等から無償で提供されているものもある。

3. 1 コンパイラ

AVR マイコンのプログラム開発には、アセンブラ言語、C 言語および BASIC 言語が対応している。

AVR 用に提供されている主なコンパイラとしては以下のものがある。

■AVR Studio : Atmel 社の Web サイトから入手できる純正の統合開発環境であり, Windows 環境で動作する。なお, 標準で付属している言語はアセンブラである。

■WinAVR : AVR 用の C コンパイラであり, フリーソフトとなっている。上記の AVR Studio と組み合わせて使う。

■BASCOM-AVR : AVR 用 BASIC コンパイラの定番である。本報では, このコンパイラを使っている。BASCOM-AVR には, 無償のデモ版も用意されている。デモ版はプログラムサイズが 2k バイトに限定されているものの, フラッシュ ROM の容量が 2k バイトまでの ATtiny シリーズなどのプログラム開発には, このデモ版で間に合うわけである。上記以外のコンパイラもいくつか販売されているが, ここでは省略する。

3. 2 ライタ

AVR マイコン用に提供されているライタも, 単にプログラムの書き込みをするだけのものから, プログラムの動作確認の機能を持つものなど, いくつかの種類がある。例えば, 以下のようなライタが入手可能である。

■STK500 : Atmel 社純正のライタとして, Fig.2 に示す STK500 がある。これは, 多くの種類の AVR マイコンに対応しており, プログラムの動作確認の機能も持つ。ただし, マイコンの種類によってボード上のジャンパー線をつなぎ変える必要があるなど取り扱いはやや面倒である。本報では, この STK500 を使用している。

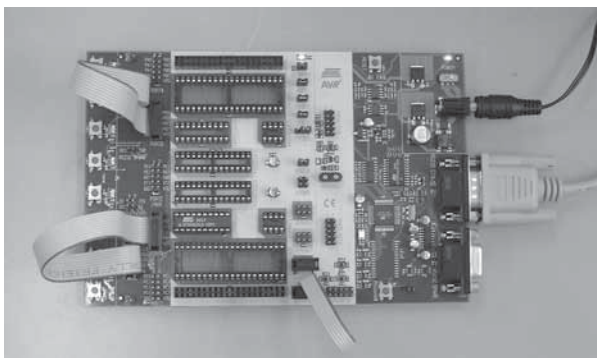


Fig.2 STK500

■簡易型 AVR ライタ : AVR の ISP 機能を使ってプログラムの書き込みを行うシンプルなライタである⁽⁹⁾。この簡易型ライタのベースとなった ISP アダプタは, Elm-Chan 氏のサイト⁽¹⁰⁾に詳しく載っているので参考になる。

4. 開発した実践的メカトロニクス教材

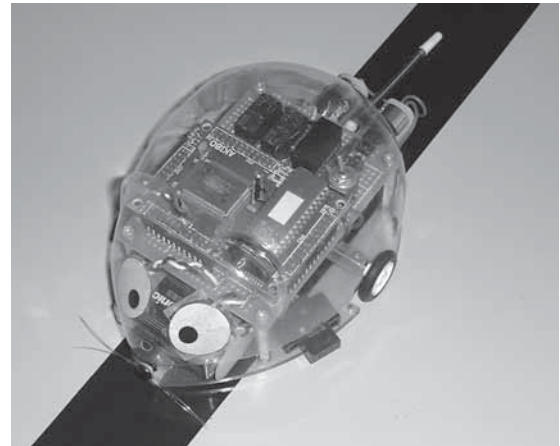
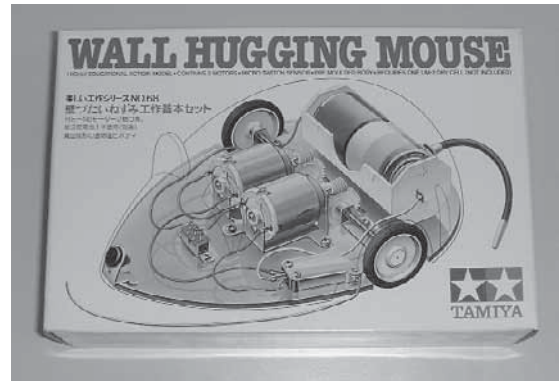


Fig.3 Original Toy Model and Line Tracing Robot

既に述べたように本報で示す教材は, いわゆるライントレースロボットである。ロボットを題材としたメカトロニクス教材としては, 一般的にライントレースロボットがよく使われる。筆者自身もライントレースロボットが適していると思う。その理由としては, ライントレースロボットには, ラインを検出するセンサ, 車輪を動かすアクチュエータ, 全体を制御するマイコン, これらのデバイス間のインタフェース回路, そしてプログラミングというメカトロニクスの 5 大要素が全て含まれており, しかも完成したときに動くので達成感が得られることが挙げられよう。以下では, 今回改良した新しいシステムを前報⁽⁴⁾の旧システムと比較しながら紹介する。

4. 1 市販模型とライントレースロボット

本報で紹介するライントレースロボットは, 左右 2 個の車輪を独立に ON-OFF させて操縦する単純な方式なので, ベースとなる市販模型は左右独立に駆動できるモータと車輪が備わっていればどのようなものでもよい。前報⁽⁴⁾では, Fig.3 上図に示す“壁づたいねずみ工作模型”を利用した。これは, 左右独立にモータと車輪を持っており, 構造もシンプルで使いやすいので本報でもこれを使用した。この模型にマイコンを組み込んでライントレースロボットに改造したものを Fig.3 下図に示す。

4. 2 システム構成と回路および使用部品

ライントレースロボットのシステム構成を Fig.4

に示す。台車部分は前述のように市販模型を利用している。また、ロボットの前部にラインを検出するための光センサを2個搭載し、後部左右の駆動用モータで車輪を回転させて走行する構成となっている。

次に、このロボットの回路図を Fig.5 に示す。図のように、回路は左側よりセンサ部、マイコン、インタフェース回路、アクチュエータ駆動回路となっており、上部が電源回路である。この回路図を機械工学科の学生にいきなり見せてもなかなか理解しようとしないので、学生に説明する際には、この回路を学生と一緒に黒板上に作って行きながらトランジスタ回路の考え方やダイオードの意味、抵抗値の決め方などを教えるという方法を採用している。

次に、使用している電子部品について説明する。マイコンは AVR マイコンの AT90S2313 を使用して

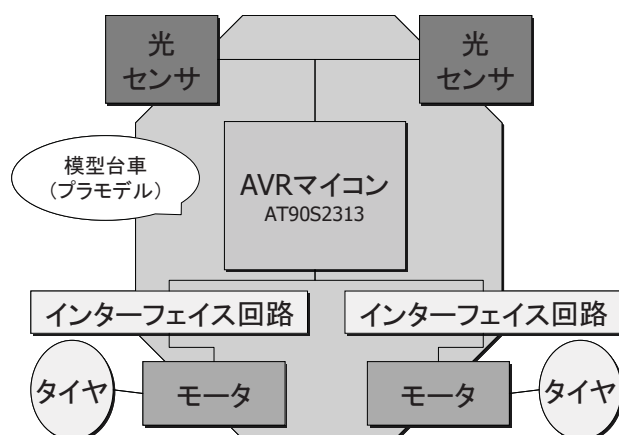


Fig.4 System Configuration

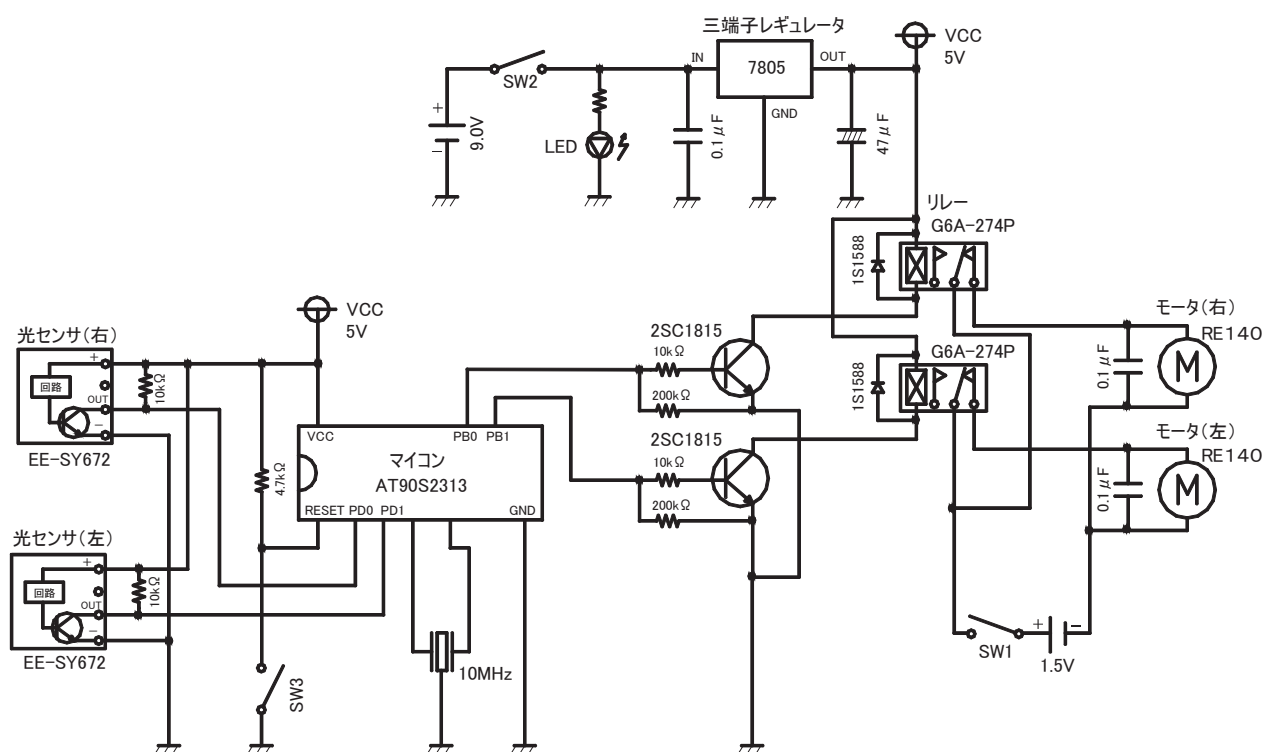


Fig.5 Circuit Diagram

いる。これは、最高動作クロック数が 10MHz、フラッシュ ROM が 2k バイトと小容量であるが、このような用途には十分な性能である。光センサは O 社の反射型フォトマイクロセンサ EE-SY671 を用いた。この光センサは、発光素子と受光素子が一体となって樹脂製筐体に入っており構造的に丈夫であるうえに、アンプも内蔵されており使いやすい。アクチュエータである駆動用モータとしては、模型に付属している M 社の RE-140 をそのまま使用している。モータの駆動回路はリレーを用いており、リレーにはコイル操作電圧が 5V のミニリレー (例えば、O 社の G6A 型など) を採用している。また、マイコンとリレー

のインタフェース回路にはスイッチングトランジスタ 2SC1815 を用いた。電源は、モータ駆動用に単三乾電池を使用し、制御機器駆動用として 006P 乾電池を搭載している。なお、マイコン等の制御機器用の 5V 電源は、前報⁽⁴⁾では 006P 乾電池から DC-DC コンバータを介して供給したが、本報ではより安価にするため三端子レギュレータ 7805 を用いている。

4. 3 新旧ロボットの比較

Z80 マイコンを搭載した旧型ライトレースロボットを Fig.6 の左側に示す。このマイコンは秋月電子の AKI-80 を使用しており、Z80 のマイコンボードとしては比較的小型であるが、外付けの EPROM を搭載

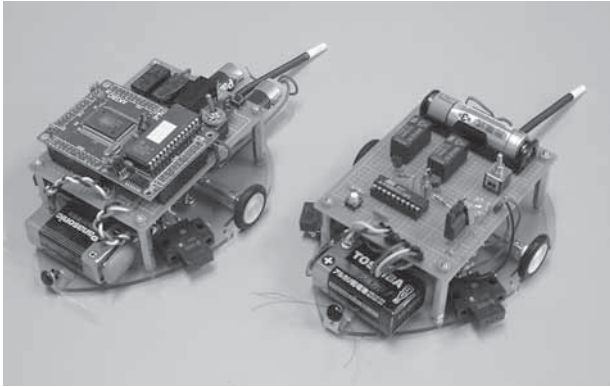


Fig.6 Old Robot(left side) and New Robot(right side)

しているため、マイコンボードがかなりのスペースを占めている。

一方、AVRマイコンのAT90S2313を使用した新しいロボットをFig.6の右側に示す。AVRマイコンは小型のワンチップマイコンであり、フラッシュROMも内蔵しているため、スペース的にかなり余裕があるのが分かる。基板スペースに余裕があるので、モータ駆動用の単三乾電池も基板上に設置している。

4. 4 新旧プログラムの比較

Fig.4に示したシステムにおいて、前方の2つの光センサの信号に応じて、左右の2つのモータをON-OFFさせるプログラムをFig.7-(a)とFig.7-(b)に示す。プログラムの説明は省略するが、Fig.7-(a)はアセンブラ言語で作成したプログラムである。わずか30行程度のプログラムであるが、アセンブラ言語の場合はマイコンのレジスタなどの知識がないとなかなか理解が難しい。一方、同じ働きをさせるプログラムをBASIC言語で作ったのがFig.7-(b)である。文法がFORTRANと似ており、理解しやすいのではないだろうか。また、高級言語であるのでレジスタなどはあまり意識することなくプログラミングできるので、マイコン自体の知識はそれほど無くても作成可能である。

5. ブレッドボードを用いたロボットへの展開

前節までで示したロボットは、ユニバーサル基板に電子部品をハンダ付けしたものであった。メカトロニクス技術の習得においては、ハンダ付けを経験しておくことも必要である。しかし、ハンダ付けしてしまうと、当然ながら、電子部品は1回しか使えないので毎回人数分の部品が新たに必要になり費用がかかる。また、ハンダ付けしてしまうと回路が間違っていたときの修正が大変である。このような手間はできるだけ掛けたくないし、経費削減の面から電子部品も再利用したいものである。

ハンダ付けしないで電子回路を作るには、試作回路基板いわゆるブレッドボードを使うことになる。筆者は、これまでもブレッドボードとレゴ・マイ

```

0000          0000          ORG 0
0000 3E 0F      LD A,0FH
0002 D3 1D      OUT (1DH),A
0004 3E CF      LD A,11001111B
0006 D3 1F      OUT (1FH),A
0008 3E 03      LD A,00000011B
000A D3 1F      OUT (1FH),A
000C          L1:
000C DB 1E      IN A,(1EH)
000E CB 47      BIT 0,A
0010 C2 1F 00   JP NZ,L2
0013 CB 4F      BIT 1,A
0015 C2 32 00   JP NZ,L4
0018 3E 00      LD A,00000000B
001A D3 1C      OUT (1CH),A
001C C3 0C 00   JP L1
001F          L2:
001F CB 4F      BIT 1,A
0021 C2 2B 00   JP NZ,L3
0024 3E 01      LD A,00000001B
0026 D3 1C      OUT (1CH),A
0028 C3 0C 00   JP L1
002B          L3:
002B 3E 03      LD A,00000011B
002D D3 1C      OUT (1CH),A
002F C3 0C 00   JP L1
0032          L4:
0032 3E 02      LD A,00000010B
0034 D3 1C      OUT (1CH),A
0036 C3 0C 00   JP L1
0039          END
    
```

(a) Assembly Language

```

' Sample Program
Config Portb = Output
Config Portd = Input
Do
If Pind.0 = 1 And Pind.1 = 1 Then Goto Led00
If Pind.0 = 1 And Pind.1 = 0 Then Goto Led01
If Pind.0 = 0 And Pind.1 = 1 Then Goto Led10
If Pind.0 = 0 And Pind.1 = 0 Then Goto Led11
Led00:
Portb.0 = 1
Portb.1 = 1
Goto Ledend
Led01:
Portb.0 = 0
Portb.1 = 1
Goto Ledend
Led10:
Portb.0 = 1
Portb.1 = 0
Goto Ledend
Led11:
Portb.0 = 0
Portb.1 = 0
Goto Ledend
Ledend:
Loop
End
    
```

(b) BASIC Language

Fig.7 Program

ンドストームを組み合わせせた教材を開発し⁽³⁾、現在も機械工学科3年生の創造演習授業で使っている。AVRマイコンもピンピッチが2.54mmであるのでブレッドボードに差し込んで使用することができる。そこで、本報のライントレースロボットについても、ユニバーサル基板をブレッドボードに変更したバージョンを新たに導入した。

5. 1 ブレッドボードを用いたロボット

ブレッドボードバージョンのライントレースロボットを真上から見た写真をFig.8に示す。ブレッド

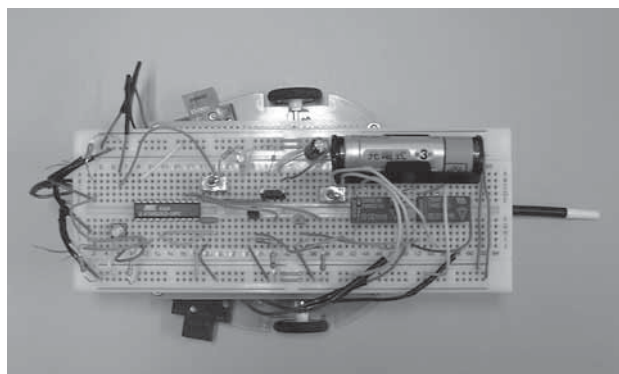


Fig.8 Upper Side View of Breadboard Version Robot

ボード上にはFig.5の回路を組んである。Fig.6のユニバーサル基板を用いたロボットよりかっこうは良くないが、ハンダ付けが不要なので短時間で製作できる。マイコンやセンサ等のデバイスも全く問題なく機能し、ライントレースが可能である。

5. 2 ブレッドボードによる学習内容の進展

ブレッドボードバージョンを用いると、単にハンダ付けが不要になるということだけにとどまらず、さまざまな回路を簡単に試作できるので、学習内容もさらに発展させることができる。

例えば、メカトロニクスの教科書によく出てくる直流モータの駆動回路⁽¹¹⁾についても、回路をブレッドボード上に組んで実際にライントレースロボットを動かしてみることで、実践的に学ぶことが可能となる。その具体的例としては、直流モータを単にON-OFF させるだけでなく、正転・逆転させる回路を取り入れてもよい。直流モータを正転・逆転させるには、H型ブリッジ回路⁽¹¹⁾をトランジスタやFETで組めばよいが、小型モータを駆動するのであれば専用ドライバ素子を使うのが便利である。筆者は、Fig.9に示すドライバ素子 TA7291Pを用いた直流モータ駆動回路を卒業研究の予備教育などで指導している。さらに、マイコンのプログラムを改良すればPWM(Pulse Width Modulation)制御による速度制御まで発展させることも可能である。

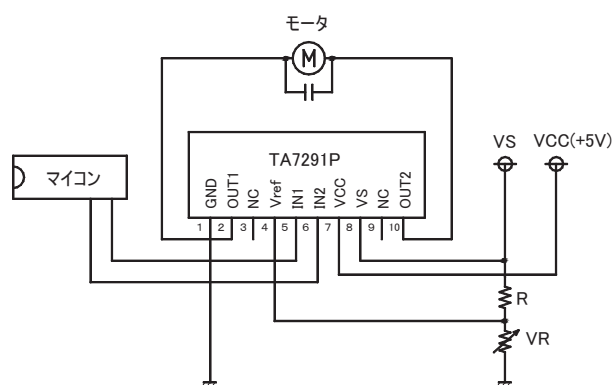


Fig.9 Motor Driver Circuit

6. おわりに

メカトロニクスは複合技術であるがゆえに、教え方の難しい技術であるとも言えよう。メカトロニクスの教科書を見ても、リンクや歯車などの機構学から電子回路、マイコン、そしてプログラミングまで出てくる。このようなメカトロニクスに興味を持ち理解するには、単に教科書を読むだけでなく、実際に手を動かしてロボットを作ってみることが大切である。先人たちが開発したメカトロニクスのハイテク部分を、学生自ら追体験してこそ理解が深まるのである。

ここで紹介した教材は、AVR マイコンを活用して玩具模型をライントレースロボットに改造するというものであるが、マイコン、センサ、アクチュエータ、インタフェース回路そしてプログラミングというメカトロニクスの5大要素が全て含まれており、メカトロニクスの基本を一通り手軽に実体験できる内容となっている。また、ロボットの台車として市販模型を使うので部品加工の必要がないこと、つまり実習工場を使わなくて済むことから、学生はもとより指導者側の負担も比較的軽い。このように、本報のメカトロニクス教材は、いろいろな教育現場で利用できるものと考えられることから紹介した次第である。

参考文献

- 1) 例えば、特集 ロボットと教育、日本ロボット学会誌、Vol.16, No.4, (1998)
- 2) 吉富秀樹：市販模型のマイコン化実習を通してのメカトロ実践教育、日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'01 講演論文集、(2001-6)、2A1-A3
- 3) 吉富、仲井、川村：レゴ・マインドストームを教材に使ったメカトロニクス教育とその教育的効果 第2報—ブレッドボードと組み合わせたメカトロニクス教材と創造演習教育、津山工業高等専門学校紀要、第46号、(2005)、pp.5~10
- 4) 吉富秀樹：マイクロコンピュータをもの作りを通して実践的に学ぶための教材研究、津山工業高等専門学校紀要、第44号、(2002)、pp.95~100
- 5) 中尾三徳：制御用マイコン PIC 等を使ったマイクロコンピュータ実験・実習、津山工業高等専門学校紀要、第48号、(2006)、pp.125~130
- 6) <http://www.atmel.com/jp/default.asp>
- 7) <http://reef.path.ne.jp/%7Ehero/hero.htm>
- 8) <http://avrwiki.jpn.ph/wiki.cgi?page=FrontPage>
- 9) <http://www2.strawberry-linux.com/products/avrsp/>
- 10) <http://elm-chan.org/docs/avr.html>
- 11) 安田仁彦監修、田中泰孝ほか編：入門電子機械、コロナ社、(2005)、pp.105~107

モデルロケットを教材とした公開講座・出前授業の実施について

佐藤紳二* 塩田祐久* 加藤 学*

The Extension Course Using Model Rocket as Teaching Material

Shinji SATO*, Hirohisa SHIOTA* and Manabu KATO*

Recently, it becomes a serious problem in some advanced nations that students lose interest in science. For this problem, Tsuyama National College of Technology has organized extension courses and exhibitions which provide opportunities to perceive the interest of science and technology for schoolchildren and junior high school students. Especially, Department of Mechanical Engineering has provided production guidance for robots, solar cars, and wind cars. In this report, we deal with a model rocket as a new teaching material. The model rocket is well known as safe superior science teaching materials all over the world if handled according to the rule for the model rocket. In addition, because a model rocket's flight is based on the same theory as a genuine rocket, a model rocket is the best teaching material to encourage interest in science. Therefore, we prepared the new teaching material which used handmade model rocket and two types of model rocket kits in 2006. The present report outlines the extension courses which used model rockets as teaching material and shows the result of questionnaire survey acquired from the participants.

Key words: Extension Course, Teaching Material, Model rocket, Publicity

1. はじめに

近年、科学や理科に対する興味・関心が薄れるという青少年の理科離れが深刻化している。このことを背景に本校、津山工業高等専門学校は岡山県北地域にある唯一の工学系高等教育機関として、公開講座や各種イベントへの出展等を通じて、県北地域を中心に数多くの児童・生徒に科学技術に接する機会を提供してきた。その中で、機械工学科では特に「ものづくり」をキーワードとして、ロボット、ソーラーカー、ウィンドカーなどの製作指導¹⁾を行ってきた。今後、継続的に教材を充実させ、対象年齢、時間、使用スペースなど様々な条件に合わせていくつかの教材の中から最適なものを選択できるようにしておけば、効率的な実施が可能になる。このような観点から、2006年度は新たにモデルロケットを教材にした公開講座と出前授業を実施し、好評を得た。

本報では、2006年度に機械工学科において新しい取り組みとして実施した「モデルロケット」を用いた公開講座・出前講座「作ろう・飛ばそう！モデルロケット」について、これらの概要および実施状況を紹介するとともに講座終了時に実施したアンケート結果等をもとに、その教育効果と今後の課題について検討する。

2. モデルロケットについて

現在、一般にモデルロケットと呼ばれているものは1958年にアメリカ合衆国で発売されたものが原型であるが、同年にはアメリカロケット協会（NAR）が設立され、後に米空軍や米航空宇宙局（NASA）にモデルロケット統轄機関として承認されている。日本でも1990年に日本モデルロケット協会（JAR）²⁾が設立されて以後、モデルロケットは科学教材として普及しつつある。

モデルロケットは、本体が紙、木、プラスチックから作られ、これにカートリッジ式の固体燃料エンジンおよび回収装置（パラシュートなど）を取り付け、電氣的に点火して打ち上げるものであるが、模型とはいえ、実際のロケットと同じ原理、すなわちロケット工学、航空工学の理論に基づいて飛行するもので、小型のエンジンでも最高高度は100 m程度にまで達する。日本国内においてモデルロケットを打ち上げる際には『火薬類取締法施行薬則第56条の3の2』およびJARが定める『自主消費基準』に則って行われなければならない。また、エンジンは専門工場で生産されたもの以外は使用が禁じられており、国内ではJARの検査済みシールが張られたものの以外は使用できない。

自ら製作・組み立てたモデルロケットが一気に高

Table 1 List of the model rocket extension courses and their outlines

	開催場所	製作ロケットとエンジン	日数	講義	人数	参加費
津山高専 公開講座 (2006 7/27,28,29)	津山高専 (教室, グラウンド)	手作りロケット(¥1,900) +A8-3(¥500x3)	3.0	有	15	¥3,700
学童保育ひなづる (2006 8/8)	津山市立北小学校 (教室, グラウンド)	キット Alpha III(¥3,360) +A8-3(¥500)	1.0	有	32	¥1,800
美咲町 青少年体験 セミナー(2006 10/21)	美咲中央総合体育館 および多目的広場	キット Viking(¥2,100) +A8-3(¥500)	0.5	無	16	¥1,000

度 100m 程度まで上昇し、パラシュートを開いて無事帰還したときの感動と喜びは想像以上に大きなものである。その一方で、前述のような規則・ルールに則って取り扱う限り、モデルロケットは安全であり、青少年に科学への興味をもたせるための極めて優れた科学教材といえる。

3. 指導講師ライセンスの取得

モデルロケットの打ち上げを行うには JAR が発行するモデルロケット従事者ライセンスを取得する必要がある。ライセンスは 4 級から 1 級まで 4 段階あり、ライセンスの段階によって使用するエンジンの火薬量が異なる。さらに、公開講座や出前講座などにおいてライセンスを所有しない人にモデルロケットの製作や打ち上げ指導を行うには、従事者ライセンスとは別に指導講師ライセンスを取得しなければならない。そこで、まず機械工学科では教員二名が指導講師ライセンスを取得することとした。指導講師ライセンスの取得には、モデルロケットの 3 級ライセンスが必要なため、4 級から順次取得した。指導講師ライセンスは、JAR が定める講義を受けた後、法令および自主消費基準に関する筆記試験、モデルロケットの組立および打ち上げの実技試験に合格しなければならない。

4. 公開講座・出前授業の実施状況

モデルロケットを題材とした公開講座・出前講座を 2006 年度は 3 件行った。それぞれ時間や費用などの条件が異なることから、条件に合わせて講義内容や取り扱うロケットの種類などを変えて実施した。Table 1 にそれらをまとめたものを示す。講座全体は基本的には講義、製作、打ち上げの 3 つのパートから構成されており、指導講師ライセンスをもつ講師による 1 時間程度の講義部分を含めて受講した場合

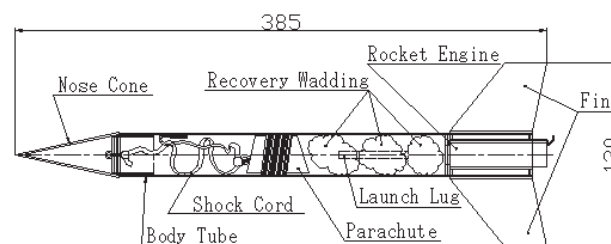


Fig.1 Schematic of a handmade model rocket



Fig.2 View of the room for making model rocket

は 4 級ライセンス取得資格が得られる。美咲町での講座のように全体の時間が半日しか取れない場合には、講義は行わず安全面だけの説明にとどめた。ロケットの製作において、キットを使用する場合は約 1 時間、参加者が低学年の場合は 2 時間程度の時間を要する。公開講座のように時間が十分取れる場合は、すべて手作りのモデルロケットを製作することが出来る。いずれの場合も、ロケットのペインティングのための時間を設け、それによって時間調整をした。Fig.1 に公開講座で作成した手作りモデルロケットの構造を、Fig.2 に製作の様子を示す。



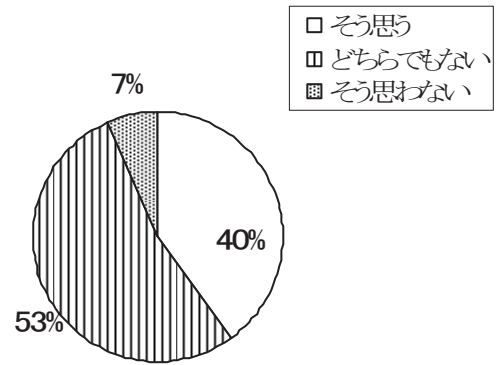
Fig.3 Photograph of the launch of model rocket

Fig.3 は公開講座でのロケット打ち上げ時の写真である。打ち上げは打ち上げ準備、打ち上げ、回収を入れて 1 回に 5 分程度を目安にすれば無理なく行える。参加者の年齢構成はいずれの講座もほぼ同様であったが、モデルロケットのキットを使った出前講座では、公開講座の手作りモデルロケットよりも、はるかに打ち上げ成功率が高かった。特に Alpha III ではほぼすべての機体についてきれいなパラシュートによる回収が行えた。一方、Viking ではロケットのフィンの取り付けを自身で行うことができフィンの枚数や取り付け方に自由度があるが、その反面フィンの取り付けが正確にできていないロケットは飛行が安定せず、打ち上げ地点にロケットを着地させることが困難であった。また、公開講座の手作りモデルロケットでは回収装置のパラシュートが開かず、そのまま落下して破損するロケットが多かった。これは参加者の多くが小学校低学年で、いくつかの作業に雑な部分があったためと考えられる。中学生では 3 回の打ち上げでいずれも回収まですべて完璧に行えた。

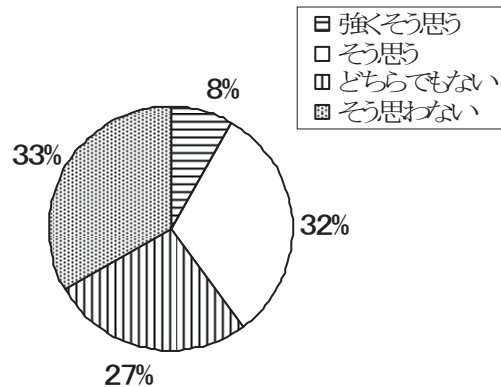
5. アンケートの結果について

公開講座では同時期に開催される他の講座と合わせて全体で共通のアンケートを実施しているが、出前講座でも参加者に対しアンケートへの協力をお願いした。これらの結果の一部を整理したものを Fig.4 ~Fig.6 に示す。尚、公開講座のアンケートでは、「強くそう思う」という選択肢は設定されていない。

まず Fig.4 に示した『この講座は難しかったですか』という設問に対する回答結果をみると、出前講座における回答の「強くそう思う」と「そう思う」の総計は公開講座の「そう思う」という回答と全く同じ 40%を示す。反面、60%の受講者は「そう思わない」、または「どちらでもない」と回答して



(a) Extension course



(b) Delivery lecture

Fig.4 The answer of the questionnaire about the degree of difficulty

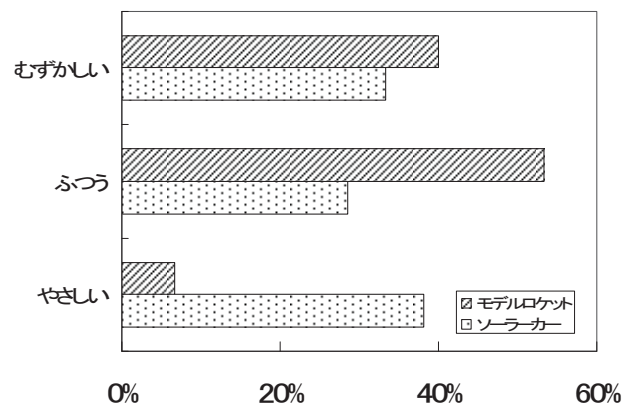


Fig.5 Comparison of the questionnaire result between solar car and model rocket

いる。この結果は、モデルロケットが小・中学生を対象とした場合にやや高度であるものの、教材として十分使用できることを示しているものと考えられる。Fig.5 に 2005 年度に実施したソーラーカーを教材とした場合の公開講座のアンケート結果と 2006 年度実施のモデルロケットを教材とした場合の結果を比較して示す。この結果からもソーラーカーに比べてモ

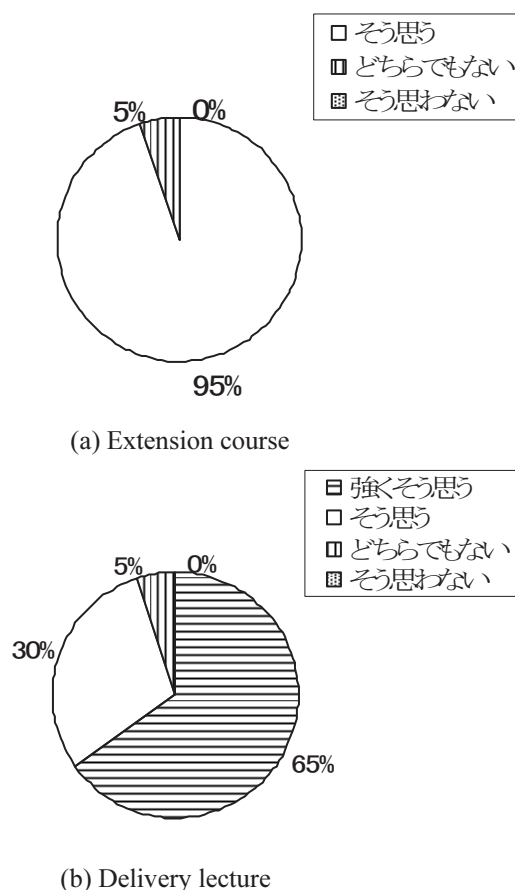


Fig.6 The answer of the questionnaire about the pleasure

デルロケットの難易度がやや高いこと伺えるが、これには受講者に小学校低学年を多く含んでいることも影響している。

次に Fig.6 に示した『この講座はおもしろかったですか』という設問に対する回答についてみると、実に 95%の受講者が「そう思う」または「強くそう思う」と回答しており、ほとんどの参加者がモデルロケットの講座を楽しんだことが分かる。公開講座の後、美咲町の体験セミナーに再度参加したり、4 級ライセンスを取得した児童もいた。今後、出前講座参加者が公開講座に参加するケースも期待でき、津山高専を中心に県北地域にモデルロケットの輪が広まっていくことが期待される。

6. 課題と教育的効果

前項で示したアンケート結果から、モデルロケットは小学生を対象とした場合に、やや高度な部分があったと思われる。特に公開講座で製作した手作りロケットは、前述のように打ち上げ時に回収装置のパラシュートが開かない機体が多かったことから、小学校低学年にとっては難易度が高い部分があった

ことは否めない。今後、手作りモデルロケットを教材とする場合は、受講者を小学校高学年以上に制限したり、低学年を含めて実施する場合には難しい工程をキット化するなどの方策が必要であると考え。またこの場合には、機体のペイントだけでは、十分な時間調整をはかれないことが予想されるので、関連ビデオの視聴や打ち上げシミュレーション等の補足資料を検討する必要がある。またそうすることで、さらに様々なケースでモデルロケットを教材として利用できる可能性が広がるものとする。

一方で、受講者のほとんどが講座を楽しんでいると感じており、パラシュートが開いて無事にロケットが着地したときに拍手がわいたり、一気にロケットが上昇するときには歓声があがったりする打ち上げ時の様子からは、受講者に大きな感動を与えていることが伺えた。このことから、モデルロケットは青少年に科学や理科への興味をもたせる教材として極めて有効であるといえる。

7. ま と め

津山高専機械工学科が、2006 年度に新たな取り組みとして実施したモデルロケットを用いた公開講座・出前講座について、その実施状況とアンケートの結果から、モデルロケットの教材としての教育効果・今後の課題等について論じた。

以下に、その結果を示す。

1. モデルロケットは、紙、木、プラスチックといった身近な素材で作られるものでありながら、スピード感・高度達成感など大きな感動を呼び起こすことができる優れた科学教材である。
2. 手作りモデルロケットを教材とした公開講座等では、小学校低学年を受講者に含む場合、難しい工程をキット化するなどの方策を取ることが望ましい。
3. 機体のペイント以外に、関連ビデオの視聴や打ち上げシミュレーション等、時間調整に用いることができる補足資料の充実をはかれば、モデルロケットを教材として利用できる可能性はさらに広がるものと思われる。

終わりに、本報における公開講座等の実施に当たり、指導講師ライセンス取得費用の一部がマツダ財団からの補助金によったことを記し、謝意を表す。

参 考 文 献

- 1) 加藤学, 佐藤紳二, 吉富秀樹: ものづくりのおもしろさを伝える「小学生向けウィンドカーの製作」, 津山工業高等専門学校紀要, 47(2005), 93-97
- 2) 日本モデルロケット協会ウェブサイト: <http://www.ja-r.net/>

小中学生を対象としたものづくり・体験教室の実施

井上 浩行 * 佐藤 誠 ** 八木 秀幸 *** 寺元 貴幸 **** 徳方 孝行 *****

Practice of Handicraft and experimental Classes for Schoolchildren

Hiroyuki Inoue, Makoto Sato, Hideyuki Yagi, Takayuki Teramoto and Takayuki Tokuho

Tsuyama National College of Technology has continued every effort to increase the number of applicants for admission. Despite holding the open campus event and the extension lectures, we have still struggled to find out the effective way to achieve this objective. We participated in the JFE festival as a publicity activity in the southern area of Okayama prefecture on November 3, 2006. We conducted three handicraft classes and one experimental class, aiming at schoolchildren to have interest in science and technologies. In this report, we described how to conduct and carry out them. With the results of this event, we conclude that the classes successfully gave many schoolchildren fun of technologies and provoked them to learn science.

Key Words : handicraft class, experimental class, schoolchildren

1. はじめに

近年、理科離れが話題になっているが、今後の日本産業界の発展を考えると非常に大きな問題である。本校においても理科離れを防止する方策として、小中学生を対象とした公開講座の開催や各種のイベントに出展している^{1) 2)}。小中学生が公開講座やイベントに参加することで、ものづくりの楽しさを体験し、理科の学習意欲が向上するのを期待している。

従来から、県北地域を中心としてオープンキャンパス、公開講座、出前授業など入学志願者の確保に向けた取り組み³⁾を行っているが、ここ数年は少子化の影響もあり入学志願者が減少している。本校にとって入学志願者の確保は重要な課題であり、新たな試みもなされているがさらなる努力が必要である。中学生に本校を志願してもらうためには、まず中学生に興味を持ってもらうことが重要であるが、

県南地域での PR 活動としては中学校訪問が主となっている。この場合、中学生には担任の先生を介して PR がなされるため、本校の教職員や学生が直接小中学生や保護者に対して PR 活動を行う機会はほとんどない。そこで、積極的にこちらから小中学生や保護者に本校を PR する一つの方策として、人が集まるイベントに出展することが考えられる。小中学生に対する説明や指導は主として学生が行い、参加者に本校の学生を見てもらう。学生にとっては、小中学生を指導することで教育的な効果が期待できるとともに、地域貢献を行うことができる。

本稿では、「2006 JFE 西日本フェスタ in くらしき」に出展した「ものづくり・体験教室」の実施状況を紹介します。県南地域における本校の PR 活動ならびに地域貢献の効果について検討する。

2. 実施内容

2.1 概要

出展した「2006 JFE 西日本フェスタ in くらしき」(JFE フェスタ)について述べる。

日時：平成 18 年 11 月 3 日(金) 9:30～16:00

会場：JFE スチール西日本製鉄所

住所：倉敷市水島川崎通り 1 丁目

JFE フェスタは JFE スチール西日本製鉄所が主催する企業祭であり、関連企業を含めた家族や地域住

原稿受付 平成 19 年 8 月 31 日

* 機械工学科

** 一般科目

*** 電気電子工学科

**** 情報工学科

***** 教育研究支援センター

民のなどが来場する 10 万人規模の大イベントである。また、水島工業地帯という地域性を考慮すると工学ならびにもものづくりに対する来場者の関心は他の地域に比べて高いと思われる、本校を PR する一つの方策として有効と考える。

主な催しとしては、芸能人によるライブや漫才、キャラクターショー、工場見学会など多くのイベントが開催され、135 の模擬店が出展していた。このうち本校には、出展スペースとして H4 号 (12 畳) テント二つが割り当てられた。PR 用の資料としては、学校紹介のパネル 4 枚、学校案内、募集要項を持参し掲示を行った。「ものづくり・体験教室」では、以下の 4 テーマを実施した。

- (1) CD でスペクトロスコープを作ろう
- (2) ウインドカーを作ろう
- (3) クリップモータを作ろう
- (4) 合成写真でオリジナルシールを作ろう

「ものづくり・体験教室」のスケジュールを Table 1 に示す。(1) から (3) は順番に行い、(4) は常時開放とした。(1) から (3) の定員は 20 名で、25 分程度で作品が作れるように工夫されている。(4) は 15 分程度で一連の工程を体験することができる。参加者は予め希望するテーマを予約し、10 分前にテント前に集まってもらった。

Table 1 Schedule

テーマ	実施時間		
CDでスペクトロスコープを作ろう	9:50~10:25	11:50~12:25	13:50~14:25
ウインドカーを作ろう	10:30~11:05	12:30~13:05	14:30~15:05
クリップモータを作ろう	11:10~11:45	13:10~13:45	15:10~15:45
合成写真でオリジナルシールを作ろう	9:30~16:00		

2.2 スタッフ

今回参加したのは、教職員 5 名と学生補助員 14 名 (機械工学科 6 名、電気電子工学科 6 名、情報工学科 2 名) である。機械工学科と電気電子工学科の学生を 4 名 1 グループの 3 グループに分け、交代で 2 グループがものづくりの指導を担当し、情報工学科の学生 2 名が体験教室を担当する。基本的には、学生補助員が 2~3 名の参加者の指導者となり、作業工程を口頭で説明しながら必要に応じて手伝う。教職員は全体を統括しながらスケジュール管理を行う。

3. ものづくり・体験教室の内容

3.1 CD でスペクトロスコープを作ろう

CD のトラックピッチは $1.6\mu\text{m}$ であり、レーベル面の金属箔を剥がすと透過型回折格子として手軽に利用できる。本テーマでは、厚紙に印刷した分光器 (スペクトロスコープ) の展開図を定規とカッターナイフで切り取り、糊やセロテープで組み立て箱

型の分光器を作製する。身近な材料で、波長を読み取ることのできる本格的な分光器を作ることができる驚きと、スペクトルの色の美しさを感じてもらうことを期待しての出展である。

分光器設計の詳細については別の機会に譲り、ここでは Fig.1 に展開図のみを示す。遮光性のある紙として板目紙を採用し、B4 サイズに印刷し配布した。小学校高学年以上を想定し、カッターナイフによる切断作業を前提に設計したのであるが、実際には、低学年、就学前の子供の参加が主であったのではさみを使用したり、指導者がほとんどの切断作業を行うという状況になってしまった。組み立ても見栄えは悪くなるが外周をセロテープで固定する簡易な方法に変更せざるを得なかった。次回の出展では、想定する対象年齢を下げたはさみで作れ、見栄えをカラフルにするなどの工夫が必要である。

光入射方向とスペクトル観察方向がずれているため慣れないとはっきり色を観察することは難しいようだが、出来上がった分光器を空に向けて虹色のスペクトルが確認できると歓声を上げて喜んでもらった。しかし、基本的に低学年の子供には興味の対象となりにくいことがあげられる。

遮光性を重視して厚紙を使ったが、小さな子供に作らせるには、A4 サイズに縮小して薄い紙を用いたほうがよかった。はさみで作れる設計が好まれることも今回の出展で学んだことである。

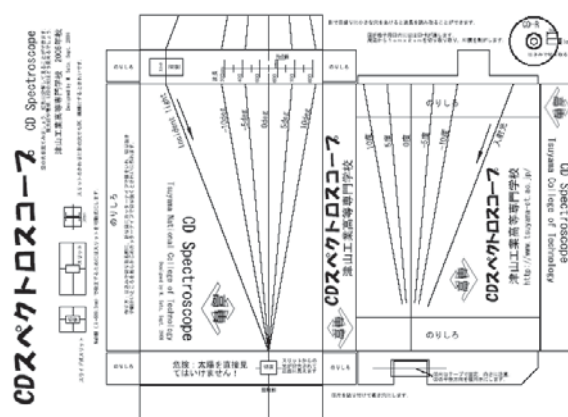


Fig.1 Paper pattern of the CD spectroscopy

3.2 ウインドカーを作ろう

本テーマは、風の力を利用して風上に向かって進む車を作るものである。このテーマは、本校機械工学科 4 年生の科目である「設計製作課題演習」で実施しているものである。本科目は、学生が設計・製作と一連の作業を行うことでデザイン能力の育成を目標としている。しかし、今回はものづくりの楽しさを体験してもらうことを主とするため、小学校の低学年でも作れるように以下の点を考慮した。

- (1) 構造を簡略にして部品を少なくする。

(2) 怪我がないように、使用する工具を限定する。

(3) 自宅の扇風機や団扇などの風で走行する。

そこで、Fig.2 に示すように基本的な部品と組み立て方を書いた説明書を提供することにした。完成したウインドカーの外観を Fig.3 に示す。作製に用いる工具ははさみであり、参加者は指導者が口頭で説明する作業工程に従って作業を行う。しかし、タイヤに竹串の軸を挿入する作業については力を必要とするので、一部の参加者については指導者が行った。Fig.4 にウインドカーの作製風景を示す。完成したウインドカーは、扇風機で風を発生させて長机の上を走行させた。多くの参加者は風によって得られた回転を車軸に伝えるために用いたゴムの長さを調整するのに苦労していたが、風上に向かって進むと歓声が上がった。本テーマは、準備した 80 キットが出るなど、大変好評であった。



Fig.2 Component parts of windcar

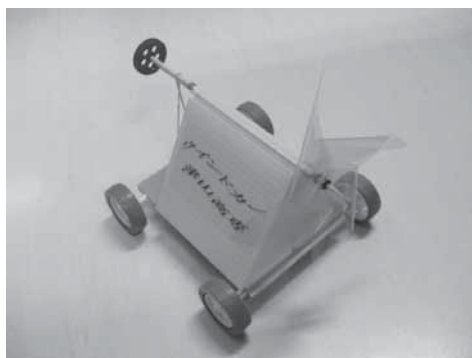


Fig.3 Produced windcar



Fig.4 View of making windcar

3.3 クリップモータを作ろう

本テーマは、広く知られているクリップモータの作製を通じて小中学生に電気工作の楽しさを伝えることを目的としている。クリップモータは電磁力の原理をむき出しの状態を確認できることから、小中学校での実験や教材などで多く使われている。このテーマは、平成 15 年に美作中学校で行った出前授業³⁾の内容をもとに、小学校の低学年以下の年齢を対象にアレンジをした。

Fig.5 にクリップモータの外観を示す。クリップモータの部品は、電池・電池ケース・磁石・エナメル線・ゼムクリップからなる。主な工程は以下の通りである。

- (1) エナメル線をコイル形状にする。
- (2) コイル両端の被膜を部分的に削り取る。
- (3) ゼムクリップで軸受を製作する。

(1) の工程は巻き枠（アルミ角材）にエナメル線を巻いて整形するため比較的簡単に作製できる。

(2) の工程が特に難しく、削り方によってコイルの回転に影響を与える。カッターを使って被膜を部分的に削るという行為に危険を伴うため、指導者の監視の下で作業を行うよう注意する必要がある。また、(3) の工程もペンチを使って加工するため、小学生の低学年には時間と手間のかかる作業となると考えられる。そこで、Fig.6 に示すような軸受を作製しておき、作製時間の制限の関係からそのときの状況により使い分けることとした。

さらに参加者の興味を引くため、Fig.7 のようにコイル部分にソーマトロップ（両面に異なる絵を描き、回転させることで二つの絵が重なって見える現象のこと）も作製してもらうこととした。コイル部分に紙を巻きつけ、マジックペンで絵を描いてもらうようにした。Fig.8 にクリップモータの作製風景を示す。

当日は準備した 80 キットのうち 73 キットが出ており、大変好評であった。子供たちには回転原理よりもソーマトロップの方に興味があったようで、参加者を募る受付周辺では時間を忘れてずっと眺めて

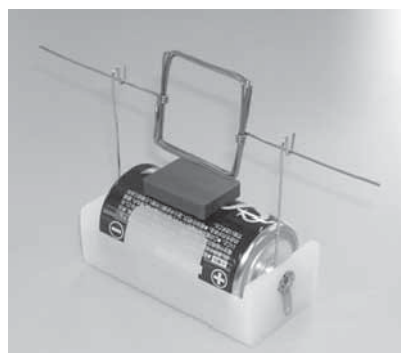


Fig.5 Clip motor



Fig.6 Substitutes of clip bearings

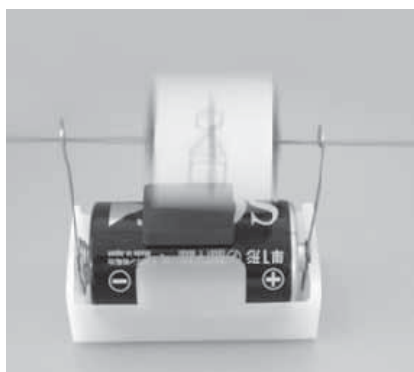


Fig. 7 View of the clip motor with thaumatrope



Fig.8 View of making the clip motors

いた子供たちが多くいたのが印象的だった。ただ動くだけではなく、おもしろいと感じてもらえる要素を取り入れたことがよかったのではないかな。

3.4 合成写真でオリジナルシールを作ろう

本テーマは、ビデオカメラで撮影した参加者の映像と、あらかじめ用意した観光地などの風景写真をリアルタイムで合成し、合成写真を作成するというものである。合成写真はシールとしてカラー印刷し、記念品として参加者に持って帰ってもらった。このテーマは情報工学科の画像処理の応用分野であり、1年生の「情報課題演習」の一部、3年生の「情報創造演習Ⅱ」の一部で実施している。本科目では、学生にコンピュータと画像処理に関する関心を持ってもらい、実際に放送局などで行われる画像合成技術（クロマキー合成）を体験的に理解することを目的としている。今回は、合成写真を撮影するために、Fig.9 に示すような撮影環境を用意した。撮影用に

は市販の DV カメラを使用し、クロマキー合成を行うための緑色のスクリーンを用意した。また、参加者が合成映像を確認しながら撮影できるように、確認用のディスプレイをカメラのすぐ隣に配置した。

Fig.10 に実際の合成写真の例を示す。クロマキー合成はテレビニュースやコマーシャルでは頻繁に利用される技術であるが、なかなか普段の生活では経験することは少ない。参加者には簡単な原理を紹介したうえで、作品を作ってもらった。このような作業を通して画像合成のおもしろさを体験できたと思う。



Fig.9 Environment of the photography



Fig.10 Composite picture

4. 参加状況および課題

4.1 参加状況

主催者側の発表では、来場数が 16 万人と県北地域では考えられない大イベントであった。「ものづくり・体験教室」には JFE フェスタが終了するまで小中学生たちが参加してくれ、食事時間を除いてスタッフの休憩時間が取れない状況であった。参加者の多くが小学生でほとんどが保護者同伴であったため、参加者の延べ人数は 600 名以上となり、今回の出展は大盛況であった。特に「合成写真でオリジナルシールを作ろう」では多くの保護者の方が参加していた。参加者は各テーマに対して一生懸命に取

り組んでおり、指導者に質問する場面も見受けられた。また、学生も熱心にそして丁寧に指導してくれたので保護者への印象も良く、本校の PR 効果も大きいと思われる。スケジュールやスペースの関係で参加できなかった小中学生やその保護者に対しても、少しは本校を印象づけたのではと思う。

4.2 課題

ものづくりについては3テーマを順番に行ったため、希望するテーマに参加するために1時間以上待っていただくケースもあり、3テーマを同時に実施するのが望ましい。今回は予想を超える参加者があったために、学校紹介のパネルや学校案内などの説明を行う担当者を確保することができなかったのが課題である。しかし、持参した募集要項はなくなっており、入学志願者の確保という観点からも重要である。PR用の配布資料としては、持ち運びの負担にならないように簡素化と小型化を図り、ポケットなどに入るものが好ましい。来場者数も10万人規模であるため、スタッフはおそろいのはっぴやブルゾンを着用したり、テント前に看板やのぼりを設置して来場者の注意を引くことも重要である。スペース的には、混雑を避けるためにもう一つテントがあった方が好ましいが、機材や材料の搬入およびスタッフの移動手段が課題である。

5. おわりに

今回、JFE フェスタに出展して「ものづくり・体験教室」を実施し、就学前の子供から多くの小中学

生が積極的に各テーマに取り組んでいた。そして、これを機会に少しでもものづくりに興味を持ってもらえたなら、理科離れの防止に貢献できたのではと考える。参加者の延べ人数は保護者を含めて600名を越えることから、県南地域における本校の PR 活動の一つとして重要である。また、地域貢献という立場から、参加していただいた方々に喜びと感動を与えることができ、JFE フェスタに出展する価値は大いにある。

謝 辞

教務委員会ならびに教育研究支援センター技術職員をはじめ多くの皆様のご協力をいただき、「ものづくり・体験教室」が盛況のうちに終えることができましたことに、深く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 加藤 学, 佐藤紳二, 吉富秀樹: ものづくりのおもしろさを伝える「小学生向けウィンドカーの製作」, 津山工業高等専門学校紀要, 47(2006)93-98
- 2) 佐藤紳二, 塩田祐久, 加藤 学: モデルロケットを教材に用いた公開講座の実施報告, 計測自動制御学会中国支部津山地区計測制御研究会講演論文集, (2007) 7-8
- 3) 八木秀幸, 伊藤國雄, 下西二郎, 田辺 茂, 植月唯夫, 原田寛治, 中村重之, 長井 聡: 津山高専志願者の確保のための電気電子工学科の試み, 津山工業高等専門学校紀要, 48(2007)103-106

月の落下に要する時間

佐藤誠*

How many days does it take if the moon falls to the Earth?

Makoto SATO

The moon goes around the Earth with a period of about 4 weeks. If the relative velocity of the moon to the Earth suddenly became zero, how many days would it take the moon falls and collides with the Earth? This simple question is unexpectedly beyond the high-school level physics. In this report, a numerical computation and an analytical solution are presented which 4th grade students performed in the Mathematical Science I class as free theme studies.

Key words : the moon, the Earth, Newton's law of gravity, the equation of motion

1. はじめに

ことのはじまりは、桜井邦朋著「物の理」¹⁾に記載された次の一節に疑問を感じたことからである。

「月も地球の周囲を公転しているが、実は常に地球に向かって自然落下の状態にある。もしこの横すべりの運動がなかったら、月は地球に向かって垂直に落ちてきて、一週間ほどで地球に衝突するはずなのである。月が横すべりしているために、一週間ほどすると、真上に見えた月は九〇度回って横方向に見えるようになる。この時間の一致が何を意味するのか、じっくり考えてみていただきたい。」

この啓蒙書は現代物理全般に渡り、物理学の重要な考え方をコンパクトに教えてくれる好著である。また、上記のような示唆に富む指摘も随所に見られ読者の知的興味を喚起してくれる。物理好きの学生にぜひ読んでもらいたい一冊である。

月は約4週間で地球を一巡りするので1/4周するのに1週間ほどかかる。月が公転をせずに地球に対して軌道の位置から自由落下すると、この1週間と同じ時間で地球に落下するという推測である。つまり、横方向（円周に沿った方向）と動径方向（重力の方向）とに分けて考えれば真上の月が真横に来るのと垂直に落ちてくるのと同じ時間であるということである。

なるほどと感心される方もおられるかもしれないが、この考え方は少しおかしい。図1を参照いただきたい。月にはたらく重力は軌道半径が一定であれ

ば大きさ一定である、真上から横方向に移動すれば、図の上下方向（重力方向の意味ではない）の重力は減少する。一方、もし、垂直に落下してくると、地球に接近すればするほど重力は増大してくる。したがって、月が地球に激突するまでの時間は明らかに、月が公転軌道を1/4周する時間つまり1週間より短いはずである。

4年生の選択科目「数理科学I」においてこの話を紹介し、月が落下するに要する時間を計算することを課題研究テーマとして取り上げることを提案したところ2名が参加してくれた。

彼らは、万有引力の法則および微分方程式としての運動方程式を3年生の応用物理Iで学ぶので、運動方程式を立てることに困難はない。地球の中心を原点として、月の中心までの距離を r とすると、運

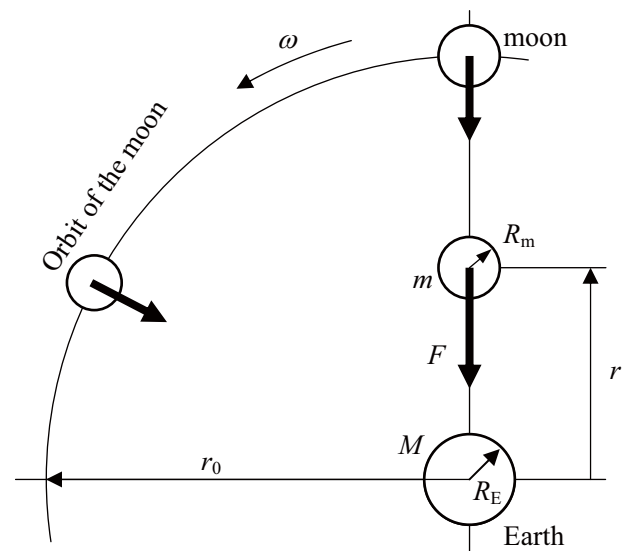


Fig. 1 The moon and the Earth.

原稿受付 平成19年8月31日

*一般科目 satom@tsuyama-ct.ac.jp

動方程式は、次式に表される。

$$m \frac{d^2 r}{dt^2} = -G \frac{mM}{r^2} \quad \dots (1)$$

ここで、 m は月の質量、 M は地球の質量、 G は万有引力定数である。この微分方程式は速度については位置 r を変数にして簡単に解くことができる。このことは重力が保存力のため力学的エネルギー保存則をもとに計算できることから容易に分る。しかし、速度の時間変化、位置の時間変化を解析的に求めることは難しい。一見簡単そうに見える問題設定であるが、この積分を行うことはおそらく4年生の平均的な数学の能力を超えている。実際、大学初学年を対象とした物理の教科書や問題集でこの計算を取り扱ったものは見当たらない。激突する速度を力学的エネルギー保存則から計算させる問題に留まっている。2名の学生にはそれぞれ数値計算による方法と、解析解を求める方法とに分けて取り組んでもらうことにした。数値解が得られれば上出来であろうとの目論見である。

本報告では、2名の学生のレポートをもとに数値計算の方法と、解析解の求め方を解説し、両者の結果の比較を行う。本報告の内容は学生が自律的に行うテーマとして適当で興味深い。また、類似の力学系に適用して議論の幅を広げることが可能である。

2. 数値計算の方法

まず、数値計算の方法について説明する。式(1)の運動方程式より、距離が r における加速度 a は、

$$a = -g \frac{R_E^2}{r^2} \quad \dots (2)$$

と表せる。ここで、 g は地表での重力加速度であり、 $GM=gR_E^2$ の関係を用いた。時刻 t における速度を v 、位置を r とすると、 Δt ほど時間が経過したときの速度 v' 、位置 r' は次のように表される。

$$v' = v + a \Delta t \quad \dots (3)$$

$$r' = r + v \Delta t \quad \dots (4)$$

したがって、時刻 $t=0$ における位置と速度、および加速度を与え、時刻を Δt ずつ増加させながら各時刻における速度 v と位置 r を順次計算する。これは運動方程式を数値計算で解く際の一般的な手法で、加速度 a がどのような関数であっても一意に決まるものであれば適用できる。すなわち、物体に働く力が定義できれば計算可能である。

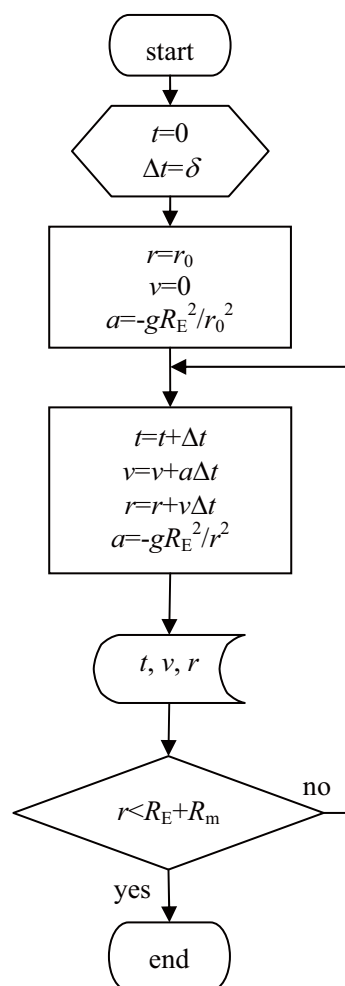


Fig. 2 Flowchart of calculation for falling of the moon to the Earth.

計算の手順を図2のフローチャートに示す。月と地球の距離 r が地球と月の半径の和 $R_E + R_m$ を下回った段階で衝突とみなし、計算を完了する。単純な繰り返し計算であるが、どのような運動方程式にも適用できるので、3年生の物理のプログラミングの演習として経験させておきたい課題である。なお、計算は、10進BASIC²⁾を用いておこなった。

3. 数値計算の結果

数値計算で求めた時間 t と距離 r の関係を図3にグラフで示す。用いた数値は、以下の通りである。

地球半径：	$R_E = 6.4 \times 10^6 \text{ m}$
月半径：	$R_m = 1.7 \times 10^6 \text{ m}$
月の公転軌道半径：	$r_0 = 3.84 \times 10^8 \text{ m}$
重力加速度：	$g = 9.8 \text{ m/s}^2$

月が地球に激突するまでの時間は、116時間、すなわち、4.8日と計算される。図3のグラフ形状が

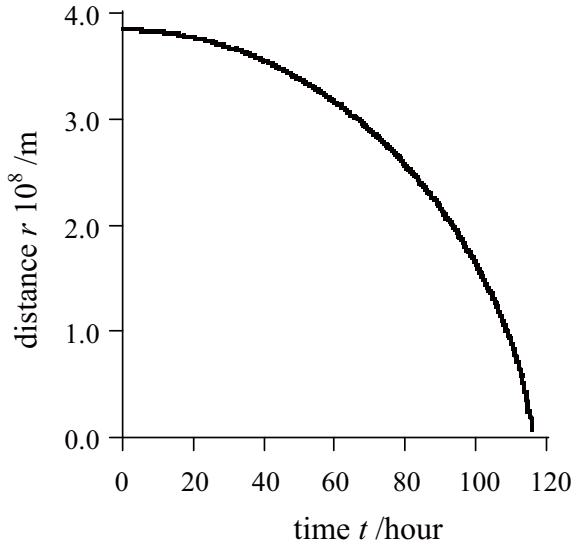


Fig. 3 A time-distance result of the numerical calculation.

ら判るように、落下の仕方は放物形状とは異なり、最初ゆっくりと加速し、地球に接近するにしたがい加速が増している。位置を時間の単純な関数で表すことは困難であることが予想される。

数値計算で求めた速度 v と時間 t の関係を図 4 に示す。衝突する直前に急激に速度が増大していることがわかる。激突する際の速度は、 $9.9 \times 10^3 \text{ m/s}$ と求まった。激突時 $r=R_E+R_m$ より、力学的エネルギー保存則から求めた激突速度 v_c は、

$$v_c = R_E \sqrt{2g \left(\frac{1}{R_E + R_m} - \frac{1}{r_0} \right)} \quad \dots (5)$$

であり、数値を代入すると、 $9.9 \times 10^3 \text{ m/s}$ と算出され、計算結果は一致している。

この種の数値計算で問題になるのは時間の増分 δ の設定方法である。値が大きいと誤差が大きくなるので適切な細かさに時間増分を設定する必要があるが、必要以上に細かくすると計算に時間がかかるだけでなく誤差が積算されて返って誤差が大きくなる虞がある。計算結果が妥当な値で安定する δ の値を実際の計算で確認するのが最も現実的である。今回の落下問題の場合、距離 r が小さくなると急激に加速度 a が大きくなるので、 δ を加速度の増大に応じて小さな値に変え、繰り返し計算における速度の変化分を常に一定にする操作が本来有効であると思われるが、誤差の見積もりについては少し高度な処理となり、そこまでは要求しなかった。

時間の増分を 1000 秒、100 秒、10 秒、1 秒、0.1 秒とした場合の計算結果を激突するまでの時間 t_c で

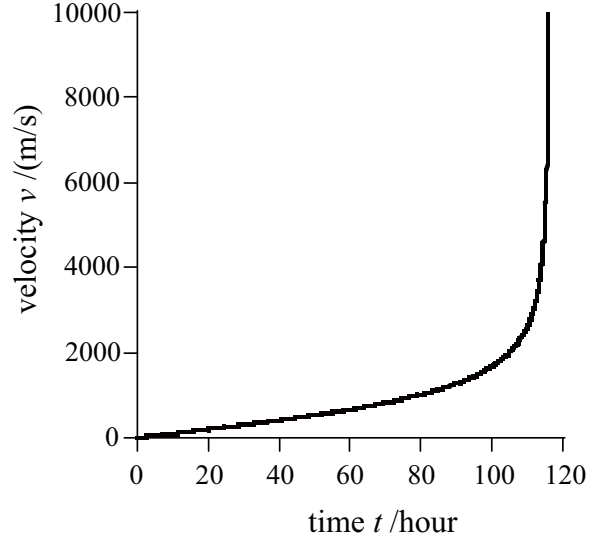


Fig. 4 A time-velocity result of the numerical calculation.

比較してみる。もちろん増分が大きいとその数値以下の精度は得られないので、時間単位で比較し、計算結果の妥当性を確認する。

$\delta=1000$ 秒	$t_c=116.4$ h
$\delta=100$ 秒	$t_c=115.8$ h
$\delta=10$ 秒	$t_c=115.7$ h
$\delta=1$ 秒	$t_c=115.7$ h
$\delta=0.1$ 秒	$t_c=115.7$ h

この結果より、100 秒以下であれば精度良く計算できることがわかる。1000 秒以上での誤差は激突時刻の読み取り精度が落ちることが原因であり、計算の誤差にはあまり影響がないようである。これは時刻が小さいときに速度が小さいことによると思われる。

4. 解析解

次に解析解の求め方であるが、式(1)の運動方程式の両辺に $2dr/dt$ を乗じて式を変形する。

$$2 \frac{dr}{dt} \frac{d^2 r}{dt^2} = -2 \frac{dr}{dt} \frac{GM}{r^2}$$

$$\left(\frac{dr}{dt} \right)^2 = \frac{2GM}{r} + C \quad \dots (6)$$

ここで C は積分定数である。初期条件 $t=0$ で $r=r_0$ より、 $C = -2GM/r_0$ と算出されるので、

$$\left(\frac{dr}{dt}\right)^2 = 2GM\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_0}\right)$$

$$\frac{dr}{dt} = -\sqrt{2GM\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_0}\right)}$$

となる。落下なので速度は負の値をとる。このように速度については距離 r を変数として容易に求まる。さらに、変数分離して、

$$\int_0^t dt = -\frac{1}{\sqrt{2GM}} \int_{r_0}^r \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{r} - \frac{1}{r_0}}} dr \quad \dots (7)$$

と計算され、距離 r を変数として時刻 t が求まる。右辺の距離の積分は面倒で、学生は以下の積分公式を参照した。

$$\int \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{x} - \frac{1}{a}}} dx = a^{3/2} \sin^{-1} \sqrt{\frac{x}{a}} - \sqrt{ax(a-x)} \quad \dots (8)$$

この積分は $x=a\sin^2\theta$ と置いて置換積分により、高校レベルの数学で求めることが出来る。積分の不得意な場合、Web上の計算サービスを利用するのも有効な手段であろう³⁾。最終的には、距離 r の位置に達するまでの時刻 t は、以下のように表せる。

$$t = \sqrt{\frac{r_0}{2GM}} \left\{ \sqrt{r(r_0-r)} + r_0 \left(\frac{\pi}{2} - \sin^{-1} \sqrt{\frac{r}{r_0}} \right) \right\} \quad \dots (9)$$

激突する時刻 t_c は、 $r=R_E+R_m$ として、

$$t_c = \sqrt{\frac{r_0}{2gR_E^2}} \left\{ \sqrt{(R_E+R_m)(r_0-R_E-R_m)} + r_0 \left(\frac{\pi}{2} - \sin^{-1} \sqrt{\frac{R_E+R_m}{r_0}} \right) \right\} \quad \dots (10)$$

と求まる。ここで $GM=gR_E^2$ の関係を用いた。数値を代入すると、 $t_c = 4.16 \times 10^5 \text{ s} = 116 \text{ h} = 4.8 \text{ 日}$ と算出され、数値計算で得た値と一致する。

5. 結果の比較とまとめ

計算の出発点にあたる運動方程式は同じなので解析解の値と数値計算による値が一致するのは当然のことではある。しかし、学生には印象として計算手法が大きく異なるように映るらしく、数値が一致することに意外性を感じているようであった。

学生の感想としては、数値計算では位置と速度が時間の関数として視覚化されるため理解できたような気になるが、しかし問題を解いたという感覚は乏しい。逆に解析解の場合は解けたという達成感はあるものの定量的な把握に乏しい。特に、今回の報告では、距離と速度を時間の関数として求めることは行っておらず不満を感じるようである。幸運にも式(7)で変数分離できたため、衝突までの時間の計算ができたが、このような簡単な系でも解析解を求めるのは困難であることを知ってもらえたのは効果的であったと思う。同時に、数値計算により、運動方程式さえ立てることができればどのような系でもとりあえず簡単な手順で計算機を用いて数値計算して運動の様子を調べることができることを知ってもらえた。

数理科学 I 受講生の他の課題研究テーマとして、「机の上に立てた物差しの倒れ方」、「ペットボトルロケットの飛び方」など、運動方程式をもとに解析するテーマがあり、この月の落下問題が例題として数値計算により解析を進める参考になったようである。残念ながらこの2テーマについては07年度は結論をまとめるまでには至らなかったが、次年度の学生に引き継いで解析を深めてもらうよう指導する予定である。また、本報告の問題は数値計算による運動方程式の解法を3年生の物理の授業の中に取り入れる際に適した例題である。授業への導入を進める予定である。

謝辞

数値計算と解析にチャレンジしてくれた電気電子工学科、森本竜治君と電子制御工学科、神崎政人君に感謝します。

参考文献

- 1) 桜井邦朋, 「物の理」, 白日社, 東京, 2003年
- 2) <http://hp.vector.co.jp/authors/VA008683/>, 十進 BASIC ホームページ
- 3) <http://integrals.wolfram.com/index.jsp>, Web上の積分計算サービスサイト“The Wolfram INTEGRATOR” など

Construction of a Web Server with a Database Facility Using Open Source Software

Munkhjargal Purevdorj* and Tadashi OKADA**

This report is about using an open source operating system for constructing a web server. We chose the FreeBSD open source operating system. The following covers the installation and configuration of this operating system including MySQL database, Apache2.0 server and PHP5.0 script applications.

Keywords: Web Server, FreeBSD, Database, Open Source Software

1. Introduction

This report explains my research of information technology at Tsuyama National College of Technology for six months. I conducted research work and professional development for information technologies including server construction, database technology, Java language, etc. This report is about using an open source operating system for constructing a web server with a database facility. We chose the FreeBSD open source operating system. The report covers the installation and configuration of this operating system including MySQL database, Apache2.0 server, PHP5.0 script "phpMyAdmin" applications; all of open source software¹⁾.

2. FreeBSD and its Installation

FreeBSD²⁾ is an open source operating system derived from BSD, the version of UNIX developed at the University of California, Berkeley. FreeBSD is widely used to support the core infrastructure of many companies worldwide. Because it can be built with a small footprint, it is also seeing increased use in embedded applications. The licensing terms of FreeBSD do not require the distribution of changes and enhancements to the system unlike the licensing terms of Linux. Thus, we can distribute our developed result at

ease³⁾.

2.1 FreeBSD Installation⁴⁾

We are able to select from two boot methods that use a CD-ROM or a floppy disk on a stand-alone machine. We have opted for booting from the CD-ROM because of its high-speed and stable process. The bootable CD-ROM is made from the ISO images that can be downloaded from many FreeBSD mirror sites²⁾. After setting the BIOS for booting from CD-ROM, we set the bootable CD-ROM and are able to start up from it.

After the Installer start, a keyboard setting is required. Many keyboard types exist, such as English and Japanese versions, so we have to configure the keyboard setting for better convey potential. Below is a Japanese version of the keyboard settings. We chose Country Selection, 110 Japan (Fig.1), then Japanese 106.



Fig.1 The Country Selection

We have to create partitions on FreeBSD. An FDISK partition area is created for operation and installation of FreeBSD. Here is the hard disk capacity of the entire FreeBSD area. This can be set using the Custom Installation. We select Custom from the Main menu and

Received December 3, 2007

* Mongolian University of Science and Technology (MUST),
Technology School in Uvurkhangai aimag

** Department of Electronics and Computer Engineering
[the advisor of M. P.]

then select Partition menu.

Partition: hard disk partitioning

We are not using other operating systems, so we create the partitions at once. If we want to delete slice first, we will be continuing to Delete Slice.

Delete Slice -- Deleting old partition: shortcut - [D]

Create Slice -- Creating new partition for FreeBSD:
Shortcut-[C]

We have to select the Bootable Set to the disc from start to Standard Install. We selected a standard MBR (no boot manager) because the boot manager is not necessary in our case.

We next set Label allocated disk partitions. Here, we selected "AUTO". If AUTO is selected, there is no need for later processing. The hard disk partitioning is terminated.

Then we deploy a distributed file selection Actual use and disk space according to the clued-up installation choices.

Distributions: distribution to be installed

Select Developer menu: Ports are unnecessary, so "No" is chosen. Select Window System, and then enter "X EXIT". The choice is terminated.

We chose the media used during the installation.

Media: "Choose Install Media" menu boot. This is a CD-ROM installation procedure, "a CD/DVD" menu is selected (Fig.2). At this point, we select the end of the installation.

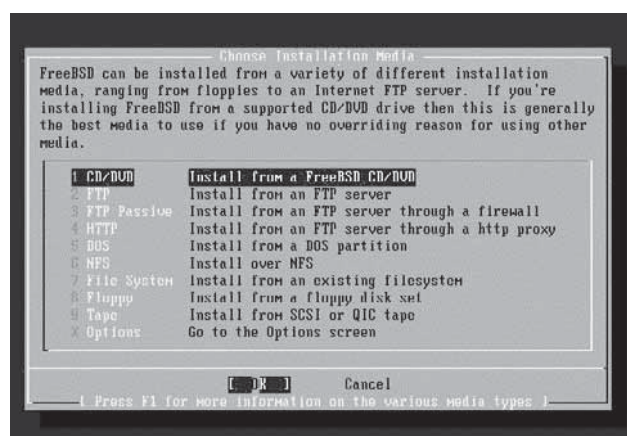


Fig.2 Choose Install Media

We go into practice final confirmation expansion after the partition labeling. We select Commit by selecting "Yes", and then the installation process will begin.

After a while FreeBSD's hard disk installation is complete at a state of minimum requirement. So the "Requested User Configuration" menu is running. Select the "Yes" and press Enter, a "Configuration" menu

begins. Here, we will explain environment settings and other important settings.

Now the minimum installation completed. However, it is necessary to set the "root" password. "root" is an administrator user to be able to manage all environments. Therefore, we have to set carefully the root password. Others can modify the system for the firm if the password is set aside.

2.2 FreeBSD Configuration

(1) User Configuration Management

It is undesirable to access the entire root system environment by a normal user account. So we have to use a general account user. Here, we added general user registration. Using "User Add" we are able to add a new user to select the system (Fig.3, Table 1).

Table 1 Adding new user to FreeBSD

Fields	Values	Notes
Login ID	munj-mn	User's login name
Group	wheel	User's group you can create new user group
Password	xxxxxxx	User's login password
Home directory	/home/munj-mn	
Login shell	/bin/csh	

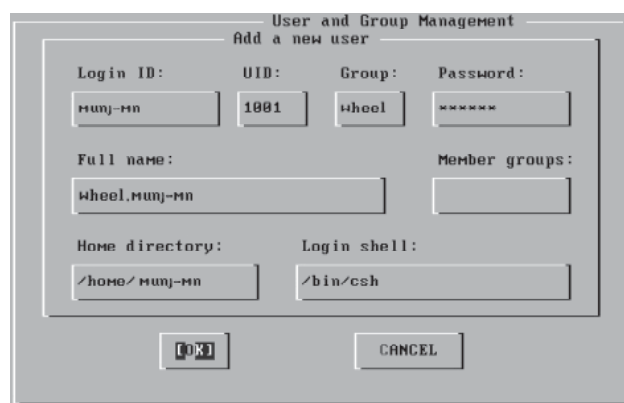


Fig.3 Adding new user to FreeBSD

In the console settings we select "Saver" and choose "Daemon".

For time zone settings, the following is selected. The first time a local setting is required, select "NO". The set ends with a CMOS clock to set the world standard time, or the time in Japan. Here, we choose the local time by answering "Yes" for "Asia", "Japan" and the "Confirmation". This is the end of the time zone selection.

Then Network Configuration is required. We set Networking using the Network Services Menu to select

from the Interface. Network Configuration is shown in Table 2 and Fig.4. This is an example used in a private network only.

Table 2 Network configurations values

Fields	Values	note
Host:	coka07	Enter to host name
Domain:	center.tsuyama-ct.ac.jp	Enter to domain name
IPv4 Gateway:	172.20.20.101	Internet gateway's IP
Server Name:	172.20.20.102	Name server's IP
IPv4 Address	172.20.45.7	Own IP
Netmask	255.255.0.0	This is a B class

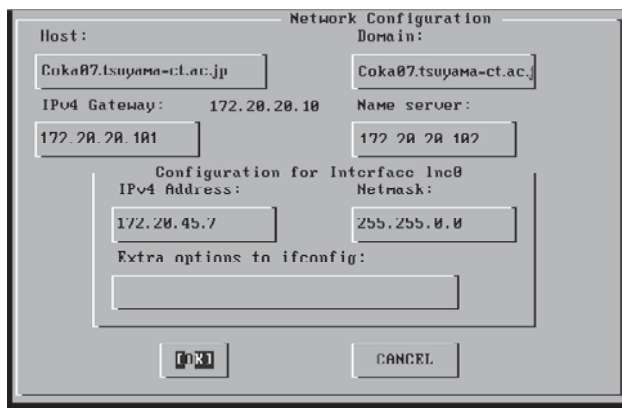


Fig.4 Network configuration

3. Installation of Server Applications

We have installed all of the open source server applications: MySQL⁵⁾ 5.1.22-rc, Apache⁶⁾ 2.0, PHP⁷⁾ 5.2.4 (latest versions). The installation was done by using following standard commands^{8,9)}.

```
% cd - changing directory
% tar zxvf - extract archive
% cp or mv - coping or moving file
% vi - opening file with editing
% ./configure - setting to configure of
  installation
% make - making file list
% su - changing general user to root
# make install - making install
# chmod - changing mode of file and
  directory permission
```

3.1 MySQL Installation

First, we added the following user and group by using Sysinstall tool.

```
User: mysql
Group: mysql
```

Next, we extracted the source of mysql5.1.22-rc.

```
%tar zxvf mysql5.1.22-rc.tar.gz
```

Then, we created a Make file to compile by configure script, and then made and installed it as follows.

```
% cd mysql5.1.22-rc
% ./configure - with-charset=utf8
  - with-exrta-charsets=all-with-mysqld-user
  -mysql-prefix=/usr/local/mysql
  -localstatedir=/pub/mysql/data
% make
% su
# make install
```

We made a Configuration file.

```
# cp [Mysql source directory]/support-files/
  my-large.cnf.sh/etc/my.cnf
```

Then we added this line to our cnf file.

```
Datadir=/pub/mysql/data
```

At the end, we initialized MySQL.

```
# /usr/local/mysql/bin/mysql_install_db-user
  =mysql
# chown -R mysql /usr/local/mysql
# chgrp -R mysql /usr/local/mysql
# /usr/local/mysql/bin/mysqld_safe
  -user=mysql&
# /usr/local/mysql/bin/mysqladmin -u root
  password xxxxxxxx
```

Note: xxxxxxxx - this is mysql root password, we are able to set to this password.

3.2 Apache 2.0 Installation

First, we extracted the source of httpd-2.0.61.

```
% tar zxvf httpd-2.0.61.tar.gz
```

Then, we created a Make file to compile by configure script, and then made and installed it.

```
% cd httpd-2.0.61
% ./configure - enabled so-module=so
% make
% su
# make install
```

We have to install two libraries for character manipulation. First the libxml installation was done as follows.

```
% tar zxvf libxml
% cd libxml
% ./configure
% make
% su
# make install
```

Second we installed libiconv (conversion code library).

```
% tar zxvf libiconv-1.11
% cd libiconv-1.11
% ./configure
% make
% su
# make install
```

3.3 PHP 5.2.4 Installation

First, we extracted the source of php-5.2.4.

```
% tar zxvf php-5.2.4.tar.gz
```

Then, we created a Make file to compile by configure script, and then made and installed it as follows.

```
% cd php-5.2.4
% ./configure --with-mysql=/usr/local/mysql
--with-apxs2=/usr/local/apache2/bin/apxs-wit
h-tdsrm
--pth --enabled --mbsrting --enabled mbstr
--trans --enc --enabled --trans --sid --enable
--versioning --with-dom --with-zlib --dir -
% make
% su
# make install
```

```
# cp php.ini-dist /usr/local/lib/php.ini
```

We changed the path for Sendmail in php.ini.

```
# vi php.ini-dist /usr/local/lib/php.ini
```

```
# sendmail_path = /usr/sbin/sendmail-t
```

And we modified the httpd.conf file.

```
# cd /usr/local/apache2/conf
```

```
# vi httpd.conf
```

* Adding a module (second row in front of the line)

```
Loadfile /usr/local/mysql/lib/mysql/libmysql
client.so
```

```
loadModule php_5 modules/libphp5.so
```

* Setting up directory index

```
directoryIndex index.php, index.html, index.
htm
```

Add the following lines AddType

```
AddType application/x-httpd - php.php
```

```
AddType application/x-httpd-php-source.phps
```

At the end of the PHP installation, we installed and configured "phpMyAdmin". The phpMyAdmin is a tool written in PHP intended to handle the administration of MySQL over the Web¹⁰⁾. We extract the source, and then open the configuration file in order to set the MySQL username and password.

```
% tar zxvf phpmyadmin.tar.gz
% cd phpmyadmin
% vi [phpmyadmin source directory]/config.in
```

```
c.php
```

* Setting to mysql username and password

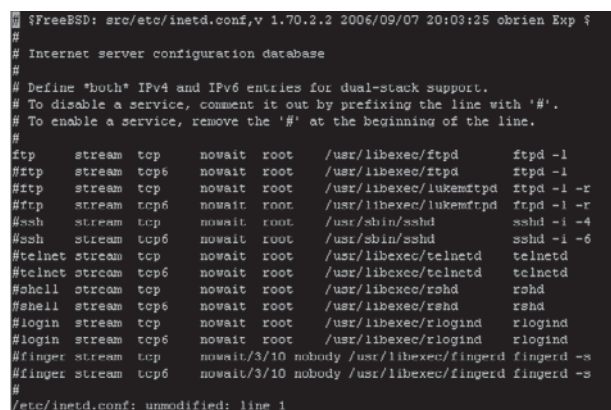
```
$cfg['Servers'][$i]['user'] = 'root';
//mysql user name for example: root
$cfg['Servers'][$i]['password'] = 'xxxxxxxxx'
//your mysql user password;
```

3.4 Some System Configurations

Because the FreeBSD is installed with the minimum function that can be used, we have to make several system configurations for system security, significant alterations, record of logs and so on. Here we report some system configurations by using the Sysinstall tool and vi editor.

(1) Setting up FTP log

The Select configure --> networking --> inetd from Main menu in the Sysinstall. Then you can see inetd.conf file with editor (Fig.5). If you want to disable a service, comment it out by prefixing the line with '#'. If we want to enable a service, then remove the '#' at the beginning of the line.



```
#FreeBSD: src/etc/inetd.conf,v 1.70.2.2 2006/09/07 20:03:25 obrien Exp
#
# Internet server configuration database
#
# Define "both" IPv4 and IPv6 entries for dual-stack support.
# To disable a service, comment it out by prefixing the line with '#'.
# To enable a service, remove the '#' at the beginning of the line.
#
ftp      stream  tcp     nowait  root    /usr/libexec/ftpd      ftpd -l
#ftp     stream  tcp6    nowait  root    /usr/libexec/ftpd      ftpd -l
#ftp     stream  tcp     nowait  root    /usr/libexec/lukemftpd ftpd -l -r
#ftp     stream  tcp6    nowait  root    /usr/libexec/lukemftpd ftpd -l -r
#ssh     stream  tcp     nowait  root    /usr/sbin/sshd         sshd -i -4
#ssh     stream  tcp6    nowait  root    /usr/sbin/sshd         sshd -i -6
#telnet  stream  tcp     nowait  root    /usr/libexec/telnetd   telnetd
#telnet  stream  tcp6    nowait  root    /usr/libexec/telnetd   telnetd
#rsh     stream  tcp     nowait  root    /usr/libexec/rshd      rshd
#rshell  stream  tcp6    nowait  root    /usr/libexec/rshd      rshd
#login   stream  tcp     nowait  root    /usr/libexec/rlogind   rlogind
#login   stream  tcp6    nowait  root    /usr/libexec/rlogind   rlogind
#finger  stream  tcp     nowait  3/10    nobody /usr/libexec/fingerd   fingerd -s
#finger  stream  tcp6    nowait  3/10    nobody /usr/libexec/fingerd   fingerd -s
#
```

Fig.5 Setting to FTP log

(2) Configuration of rc.conf file

rc.conf file contains about FreeBSD operating system information for the main configuration. It is impossible to explain this in detail here, so we will mention one example of configuration to set FreeBSD to a hostname and a global IP address (Fig.6).

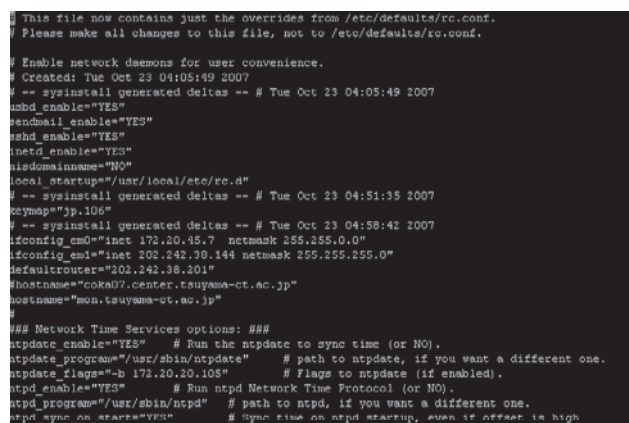
1. Open /etc/rc.conf file using text editor such as vi:

```
# vi /etc/rc.conf
```

2. Set to following lines

```
ifconfig_em0="inet 172.20.45.7 netmask 255.2
55.0.0
ifconfig_em1="inet 202.242.38.144 netmask 25
5.255.255.0"
defaultrouter="202.242.38.201"
#hostname="coka07.center.tsuyama-ct.ac.jp"
```

```
hostname="mon.tsuyama-ct.ac.jp"
```



```
# This file now contains just the overrides from /etc/defaults/rc.conf.
# Please make all changes to this file, not to /etc/defaults/rc.conf.

# Enable network daemons for user convenience.
# Created: Tue Oct 23 08:05:49 2007
# -- sysinstall generated deltas -- # Tue Oct 23 04:05:49 2007
nmbd_enable="YES"
sendmail_enable="YES"
sshd_enable="YES"
inetd_enable="YES"
nisddomainname="NO"
local_startup="/usr/local/etc/rc.d"
# -- sysinstall generated deltas -- # Tue Oct 23 04:51:35 2007
keymap="jp.106"
# -- sysinstall generated deltas -- # Tue Oct 23 04:58:42 2007
ifconfig_em0="inet 172.20.45.7 netmask 255.255.0.0"
ifconfig_em1="inet 202.242.30.144 netmask 255.255.255.0"
defaultrouter="202.242.30.201"
hostname="coka07.center.tsuyama-ct.ac.jp"
hostname="mon.tsuyama-ct.ac.jp"
### Network Time Services options: ###
ntpdate_enable="YES" # Run the ntpdate to sync time (or NO).
ntpdate_program="/usr/sbin/ntpdate" # path to ntpdate, if you want a different one.
ntpdate_flags="-b 172.20.20.105" # flags to ntpdate (if enabled).
ntpd_enable="YES" # Run ntpd Network Time Protocol (or NO).
ntpd_program="/usr/sbin/ntpd" # path to ntpd, if you want a different one.
ntpd_sync_on_start="YES" # Sync time on ntpd startup, even if offset is high
```

Fig.6 Setting up to hostname and global IP address

(3) Automatically start up MySQL server at system initial boot time

Make sure that MySQL server starts automatically whenever FreeBSD comes up after reboot. FreeBSD provided this facility via `/etc/rc.conf` file (system configuration information). This file lists which services should be started up at system initial boot time. The `rc.conf` file contains the global system configuration information referenced by the startup scripts, while `rc.conf.local` contains the local system configuration.

We configured FreeBSD to start up MySQL Server at system initial boot time as following.

1. Open `/etc/rc.conf` file using text editor such as `vi`:
`vi /etc/rc.conf`
2. Append following line, so it will be enabled that MySQL server starts automatically after each reboot:
`Mysql enabled="YES"`
3. Save file and exit to shell prompt.

4. Conclusion

From July through December 2007 I conducted research work and professional development at Tsuyama National College of Technology in Japan. During this time, I completed the following tasks.

- * Installing and configuring the FreeBSD open source operating system
- * Installing packages and applications necessary for a fully operational web server with a database facility

using MySQL, Apache and PHP

- * Installing fully operational Dynamic web services based on PHP, Java script, etc.

These were experimental efforts and were very successful. During these six months, I have gained extensive knowledge in Java programming, database (MySQL), PHP script language and so on.

Acknowledgment

I would like to express my gratitude for both the opportunity to expand my technical knowledge and also for the many wonderful memories I will carry with me always. In particular, I would like to thank President Takeji Abe, Professor Masanori Fukuda, Professor Tadashi Okada, the Mayor of Shoo town Mr. Takashi Nishida and all of the staff of Tsuyama National College of Technology.

Furthermore, I wish all of the students of Tsuyama National College of Technology every success in their studies.

I sincerely hope that Tsuyama National College of Technology in Japan and Mongolian University of Science and Technology in Uvurkhangaï will continue their cooperation and build a bright future for us all.

References

- 1) Open Source Initiative: <http://opensource.org/>
- 2) The FreeBSD Project: <http://www.freebsd.org/>
- 3) FreeBSD Kernel Internals: <http://www.unex.berkeley.edu/cat/course927.html>
- 4) DJE Systems, FreeBSD Installation Tips Page: <http://www.djesys.com/freebsd/instips.html>
- 5) MySQL: <http://www.mysql.org/>
- 6) The Apache Software Foundation: <http://www.apache.org/>
- 7) PHP: Hypertext Preprocessor: <http://www.php.net/>
- 8) nixCraft: <http://www.cyberciti.biz/>
- 9) Eric Posebbrock, Eric Filson: Setting Up LAMP: Getting Linux, Apache, MySql and PHP Working Together, (2000) <http://gbookpool.com/gp/0504sybex/0782143377.pdf>
- 10) phpMyAdmin: http://www.phpmyadmin.net/home_page/index.php

校 外 に お け る 研 究 発 表 等

(2 0 0 6 年 9 月 1 日 ~ 2 0 0 7 年 8 月 3 1 日)

【阿部武治】

(論文)

題名 Quantitative Description of Microscopic Plastic Deformation of Polycrystalline Aluminum using Laser-Scanning Microscope

著者名 Hualin SONG , Takeji ABE

学会誌名等 Key Engineering Materials, Vols. 340-341
pp. 803-810

発表年月 2007 年 1 月

概要

The microscopic plastic deformation behavior of polycrystalline aluminum sheet during uniaxial tension is experimentally investigated by a confocal laser-scanning microscope. The grain rotation is measured from images of specimen surface before and after deformation is proposed. Digital image processing technique is applied to the surface grain image taken by the CCD camera. The experimental data obtained from many grains are statically processed. It is shown that the grain rotation is large when the shape of grain is close to a circle. Discussions are made on the relation between grain rotation, strains of grains and various factors affecting them, such as grain size, grain shape and slip-line angle.

【吉富秀樹】

(講演発表)

題目 流体自身の流れで吸引力を制御する渦室付排水
管の研究 (第4報) 流れ状態の変化に伴う吸引力
の動的応答性

講演者名 ○吉富秀樹, 田中秀和, 井上和宏

学会名等 平成 18 年度空気調和・衛生工学会大会講演
論文集, pp. 789-792

発表年月日 2006 年 9 月 28 日

概要

遊泳用プールなどで, 排水口に身体を吸着される事故が起こっている. 本研究は, このような事故を未然に防止するため, 流体自身の流れで吸引力を制御できる安全性の高い渦室付排水管を研究開発するものである. 本報では, 渦室付排水管に吸着された時に, 流れ状態が変化し, 吸引力が弱まるまでの動的応答性について解析した. まず, 渦室付排水管の小型モデルを用いて実験的に応答を計測した. そして, 実験結果を解析し, 流体システムと電気回路との数学的モデリングに関する相似性から, 寸法の大きい実機サイズ渦室付排水管の応答を推定する手法を示した. また, 応答時間と渦室充填時間との相関性の面からも応答時間の推定を試みた.

題目 流体ダイオードを用いたバルブレスマイクロポンプの研究 —流体ダイオードのマイクロ化と整流特性—

講演者名 ○井上和宏, 西江俊介, 吉富秀樹

学会名等 計測自動制御学会中国支部津山地区計測制御研究会平成 18 年度学術講演会講演論文集,
pp. 5-6

発表年月日 2007 年 2 月 3 日

概要

近年, パソコン等情報処理端末の CPU 冷却用のマイクロポンプなど, 小型の送液システムの技術開発が課題となっている. ポンプに機械的な弁を用いると, マイクロ化に伴い, 弁の摩擦力が流体力に比べて相対的に増大し, マイクロポンプの安定な作動を妨げると言われている. そこで, 著者らは機械的可動弁を用いることなく, 流体ダイオードで整流するバルブレスマイクロポンプを提案している. 本研究では, まず流体ダイオードのマイクロ化に伴う整流性能を実験的に検討した. 次に, バルブレスマイクロポンプの特性を理論的に解析し, 流体ダイオードを用いたバルブレスマイクロポンプの可能性を検討した.

【佐藤紳二】

(講演発表)

題目 遠心ポンプの回転数制御による気液二相流性能改善について

講演者名 ○佐藤紳二, 鳥越裕貴, 高田大喜, 古川明徳

学会名等 第 56 回ターボ機械協会 (函館) 講演会講演
予稿集 pp. 13-18

発表年月日 2006 年 11 月 11 日

概要

遠心ポンプの回転数制御による気液二相流性能改善について, 気液二相流時のポンプ回転数と軸動力および揚程の関係について検討した.

題目 遠心ポンプの回転数制御による気体混入時の揚程改善効果について

講演者名 ○高田大喜, 鳥越裕貴, 佐藤紳二

学会名等 計測自動制御学会中国支部津山地区計測制御研究会 平成 18 年度学術講演会 予稿集
pp. 1-2

発表年月日 2007 年 2 月 3 日

概要

遠心ポンプの回転数制御による揚水性能改善効果を検証するために, 気液二相流時のポンプ回転数と軸動力および揚程の関係について検討した.

題目 モデルロケットを教材に用いた公開講座の実施報告

講演者名 佐藤紳二, 塩田祐久, 〇加藤学

学会誌名等 計測自動制御学会中国支部津山地区計測制御研究会 平成18年度学術講演会 予稿集 pp. 7-8

発表年月日 2007年2月3日

概要

2006年度に開催したモデルロケットを用いた公開講座・出前講座について, これらの概要および実施状況と各講座終了後に実施したアンケートの結果を紹介した。

【小西大二郎】

(講演発表)

題目 Frictional characteristics of a slide guide with hardened mirror-like surfaces

著者名 〇Kazutake UEHARA, Fumio OBATA, Daijiro KONISHI

学会誌名等 Proceedings of the third Asia International Conference on tribology, Japanese Society of Tribologists, T16-226, 665-666p

発表年月日 2006年10月16~19日

概要

To realize a high-performance linear slide guide with lower friction coefficient in the wide sliding velocity range and high damping performance, recently the authors have proposed a linear slide guide having hardened mirror-like sliding contact surface. In this paper, using linear slide guide models, the effects were examined of the sliding contact surface roughness, the surface texture and the guide materials on the friction coefficient in the sliding velocity range from 1 mm/min to 50 m/min. Fine finishing of hardened sliding contact surfaces and setting up rounded narrower sliding contact surfaces on each side of the slider were effective means to reduce the friction coefficient in the wide range of sliding velocity.

【井上浩行】

(講演発表)

題名 視線を用いたロボット操作インタフェースの開発と評価

著者名 〇林田泰明, 井上浩行, 藪木 登

学会誌名等 第15回計測自動制御学会中国支部学術講演会論文集 pp. 24-25

発表年月日 2006年11月18日

概要

本研究では, 高齢者や障害者の自立を支援するため, 視線により生活支援ロボットを操作することを試みた。視線インタフェースの多くは, 予め配置されているコマンドやメニューを正確に注視しなければならないため, 使用者の負担は大きい。そこで, 視線の動きに基づいてロボットの目標速度を生成する視線インタフェースを提案した。また, 2自由度の直交型ロボットに対し, 提案する視線インタフェースと汎用的に使用されているジョイスティックを用いて位置決め作業実験を行い, 操作時間と位置決め精度から操作性を評価した。

題名 視線を利用した環境制御装置の開発

著者名 〇井上浩行, 藪木 登, 則次俊郎

学会誌名等 ロボティクス・メカトロニクス'07講演論文集 1A1-K10

発表年月日 2007年5月11日

概要

本研究では, 高齢者や障害者の生活の質を向上させるため, 視線により家電製品を操作する環境制御装置の開発を試みた。この装置は, 使用者が視線を移動させて階層的に構成されている視線領域メニューの項目を選択することで, メニューの切換えや家電製品の操作を行うものである。家電製品の制御方式としては, 汎用性と導入の簡便さを重視してリモコン制御方式とした。また, テレビ操作を対象として電源, 音量ならびにチャンネル操作実験を行い, 構築した環境制御装置の有効性を確認した。

【塩田祐久】

(講演発表)

題名 ジルコニア単結晶用強制振動内部摩擦測定法の開発

講演者名 〇塩田祐久, 近藤淳哉

学会名 日本金属学会秋期大会 pp181

発表年月日 2006年9月16日

概要

本研究では, 多結晶で開発した手法を応用することにより, ジルコニア単結晶について一軸応力下で内部摩擦の周波数分散や温度依存性を測定できる手法を開発した。それを用いて, 長手方向の方位が[100]の試料について次のような実験結果を得た。

1. 弾性率から算出された動的ヤング率と本研究の静的ヤング率を比較すると, 静的ヤング率の方が小さい。
2. 内部摩擦の大きさ自由減衰法で測定されたものとはほぼ同程度であった。

3. 温度依存性から得られた緩和の活性化エネルギーは自由減衰法から得られたものとはほぼ同程度であった。

題名 立方晶安定化ジルコニアの時効及び静水圧による弾性定数変化と結晶結合変化

講演者名 ○近藤淳哉, 塩田祐久, 佐々木重雄, 清水宏安

学会名等 日本金属学会秋期大会 p. 180

発表年月日 2006 年 9 月 16 日

概要

本研究では、イオン伝導度と格子歪みの関係を調べる一環として、導電率の顕著な低下を示す温度における時効前後のイットリア完全安定化ジルコニア単結晶における弾性定数の温度依存性を超音波パルス法によって、弾性定数の静水圧依存性をブリルアン散乱によって調べ、それらの結果から時効に伴う点欠陥の配置及び結合状態の変化を調べた。静水圧負荷とともに各弾性定数は上昇するが、弾性定数に関するコーシーの関係に近づくことを見いだした。この傾向は時効前後においてより顕著であり、時効後の室温ではほぼコーシーの関係が成り立った。

【橋本 淳】

(論文)

題名 学生会による交通安全意識向上に関する主体的取り組み

著者名 ○橋本淳, 鳥家秀昭, 岡田正

学会誌名等 論文集「高専教育」第 30 号 pp. 611-616

発表年月 2007 年 3 月

概要

津山高専では現在、交通問題等に関して大幅な規制緩和が行われている。技術者としての人間性育成を期待したものであるものの、近年では、校内および周辺地域における迷惑行為の増加がみられる。このような背景の下、基本的な意識向上の必要性を学生会と共に議論した。本論文では、学生による新たな取り組みを紹介すると共に、その達成過程における教育効果について考察した。議論の結果、学生会は継続的・自主的活動の一つとして交通安全講話会の企画を行い、平成 17 年度から実施した。本校の規則の変遷、また高専生が係わった交通事故等を話題とした講話会は学生にも好評であり、交通安全意識の向上に対する一つの役割を果たせるものとなった。さらには、困難な問題を分析し、解決方法を導き出して実践することができる、そのような学生を育成する過程において、学生会活動は教科的教育を補完するものとして重要な役割を担うことが確認できた。

(講演発表)

題名 水素・炭化水素混合燃料火炎の伸張応答特性

講演者名 ○橋本淳

学会名等 日本機械学会 2006 年度年次大会

発表年月 2006 年 9 月

概要

本研究では、窒素希釈により層流燃焼速度を揃えた水素・炭化水素（メタン／プロパン）混合燃料火炎に対して反応動力学計算を行い、その燃焼機構、また、流体力学的伸張が燃焼特性に及ぼす影響について検討を行った。その結果、水素混合割合の増加に伴い、火炎維持に対する低温領域反応群の寄与率が高まること、マークシュタイン数により乱れ場での燃焼特性が概ね説明できること、また、マークシュタイン数の適切な評価・予測には、燃焼混合気のルイス数に加え、膨張比およびゼルドビッチ数の差異を加味する必要があることを示した。

題名 水素・炭化水素二成分混合燃料火炎の伸張応答特性

講演者名 ○橋本淳

学会名等 第 44 回燃焼シンポジウム

発表年月 2006 年 12 月

概要

本研究では、層流燃焼速度を揃えた水素・メタン・プロパンの二成分混合燃料火炎に対して反応動力学計算を行い、その燃焼機構、また、流体力学的伸張が燃焼特性に及ぼす影響について検討を行った。その結果、炭化水素に対する水素混合割合の増加に伴い、火炎維持に対する低温領域反応群の寄与率が高まること、炭化水素同士の混合時には、このような反応群の支配性に差異は見られないこと、マークシュタイン数の適切な評価・予測には、ルイス数に加え、接線方向流速成分に伴う拡散の特性時間およびゼルドヴィッチ数の差異を加味する必要があることを明らかにした。

題名 津山高専におけるバイオガスをを用いた教育活動

講演者名 ○青山正太郎, ○斎藤峻志, ○橋本淳

学会名等 計測自動制御学会中国支部津山地区研究会

発表年月 2007 年 2 月

概要

計測自動制御学会 中国支部津山地区研究会の特別講演プログラム（環境調和型エネルギー・バイオマス）の一つとして、津山高専機械工学科の卒業研究として取り組んでいる活動について報告を行った。そこではまず、教員研究とバイオマスエネルギー、卒業研究との関連について説明がなされた後、卒業研究生二名により研究報告が行われた。研究は、理化学機器により構

成された簡易な嫌気性発酵槽を用いて実験的に行われており、炭水化物を主たる有機物とし、牛糞由来および豚糞由来のメタン菌を用いた場合について、異なる最適発酵条件が得られたことを報告した。

【北條 智彦】

(論文)

題目 超高強度低合金TRIP鋼の遅れ破壊特性に及ぼすAlの影響

著者名 北條智彦, 杉本公一, 向井陽一, 池田周之

学会誌名等 鉄と鋼・日本鉄鋼協会 pp234~239

発表年月 2007年3月

概要

To improve the delayed fracture strength of ultra high-strength low alloy TRIP-aided steels with bainitic ferrite matrix (TBF steels), the effects of aluminum content on hydrogen absorption behavior and delayed fracture properties of 0.2%C-0.2-1.5%Si-1.5%Mn TBF steel were investigated. When aluminum was added to the TBF steel, the diffusible hydrogen increased. It was expected that the hydrogen was charged not only in retained austenite films but also on lath boundary. Delayed fracture strength of aluminum bearing TBF steels was significantly increased, compared with conventional TBF steel. This was mainly caused by suppression of the stress-assisted martensite transformation resulting from the stabilized or carbon-enriched retained austenite and hydrogen trapping to refined interlath retained austenite films and lath boundary.

題目 超高強度 TRIP 鋼板の伸びフランジ性に及ぼす YAG レーザ加工の影響

著者名 長坂明彦, 杉本公一, 窪田優一, 小山敦史, 向井陽一, 北條智彦

学会誌名 熱処理・日本熱処理技術協会 pp71~77

発表年月 2007年4月

概要

In the present study, the effect of YAG laser cutting on the stretch-flangeability of 0.1-0.4%C TRIP steels was investigated. The stretch-flangeability (λ) of holes obtained by either laser cutting or hole-punching decreased with the increasing carbon content in the conventional TRIP steels (PF and BF steels). On the other hand, we demonstrated that YAG laser cutting contributed to the improvement of the stretch-flangeability balance ($TS \times \lambda$) of 900MPa class AM steels with 0.3%C compared with the hole-punching, as well as the stretch-langeability.

題目 TRIP 型ベイニティックフェライト鋼板の伸びフランジ性に及ぼす YAG レーザ切断パルスエネルギーの影響

著者名 長坂明彦, 窪田優一, 川尻将洋, 三尾敦, 北條智彦, 榎井浩一

学会誌名等 長野工業高等専門学校紀要 pp1-5

発表年月 2007年6月

概要

In the present work, effect of YAG laser cutting pulse energy on stretch-flangeability in 0.2C-1.5Si-1.5Mn ultra high-strength TRIP-aided sheet steel with bainitic ferrite matrix (TBF steel) which were austempered at 375 or 450°C was investigated for automotive applications. When a suitable condition of laser cutting is selected, the stretch-flangeability of laser cut hole is better than that of punched hole.

(講演発表)

題目 Al 添加超高強度低合金 TRIP 鋼の遅れ破壊特性

講演者名 北條 智彦

学会名等 日本材料学会中国・四国・九州支部合同講演会

発表年月日 2006年11月18日

概要

超高強度低合金TRIP鋼の遅れ破壊特性を向上するため、TRIP 型ベイニティックフェライト鋼 (TBF 鋼) の水素吸蔵特性および遅れ破壊特性に及ぼすAl添加の影響を調査した。TBF 鋼の拡散性水素量は、Al 添加によって増加した。これは、Al 添加によってベイニティックフェライトラス間隔が狭くなったことにより増加したラス境界に多くの水素がトラップしたためと考えられた。Al 添加 TBF 鋼は、従来の TBF 鋼と比較して高い遅れ破壊強度を有した。これは、微細均一かつ安定に存在する残留オーステナイトおよびラス境界が多くの水素を吸蔵したこと、および残留オーステナイトのひずみ誘起変態によって局所的応力集中が緩和されたことに起因したと考えられた。

題目 0.2C-超高強度低合金 TRIP 鋼の遅れ破壊特性

講演者名 ○酒本 晃希, 北條 智彦, 杉本 公一, 向井 陽一, 池田 周之

学会名等 国四国学生中会第 37 回学生員卒業研究発表講演会・日本機械学会 p. 94

発表年月日 2007年3月6日

概要

遅れ破壊特性に優れた超高強度低合金TRIP鋼を開発するために、TRIP 型ベイニティックフェライト鋼 (TBF 鋼) の水素吸蔵特性および遅れ破壊特性に及ぼす残留オーステナイト特性の影響を調査した。TBF 鋼は、残留オーステナイト初期体積

率が上昇するにしたがって全吸蔵水素量は増加した。これは、残留オーステナイトに多くの水素がトラップされたためと考えられた。また、残留オーステナイト初期炭素濃度が上昇するにしたがって TBF 鋼の遅れ破壊強度は上昇した。これは、安定な残留オーステナイトは遅れ破壊試験中のマルテンサイト変態が抑制され、旧オーステナイト粒界などへの水素の放出を抑制したためと考えられた。

題目 0.4%C-超高強度低合金 TRIP 鋼の遅れ破壊特性
講演者名 ○北條智彦, 杉本公一, 向井陽一, 池田周之

学会名等 中国四国支部第 45 期総会・講演会・日本機械学会 pp 41-42

発表年月日 2007 年 3 月 7 日

概要

0.4%C-超高強度低合金 TRIP 鋼の水素吸蔵特性および遅れ破壊特性を調査した。TBF 鋼の全吸蔵水素量は、残留オーステナイトを含まないベイナイト鋼、マルテンサイト鋼よりも多かった。これは、TBF 鋼は鋼中に存在する残留オーステナイトに多量の水素がトラップしたためと考えられた。TBF 鋼はベイナイト鋼、マルテンサイト鋼よりも高い遅れ破壊強度を示した。これは、残留オーステナイトが水素を吸蔵したこと、残留オーステナイトのマルテンサイト変態が抑制されたことおよび残留オーステナイトのひずみ誘起変態により局所的応力集中を緩和したことに起因したと考えられた。

題目 TRIP 鋼板の伸びフランジ性に及ぼす YAG レーザ切断条件の影響

講演者名 ○窪田 優一, 三尾 敦, 戸谷 卓, 杉本公一, 北條 智彦, 楨井 浩一, 長坂 明彦

学会名等 北信越学生会 第36回学生員卒業研究発表講演会・日本機械学会 pp 19-20

発表年月日 2007 年 3 月 8 日

概要

TRIP 鋼板の伸びフランジ性に及ぼす YAG レーザ切断条件の影響を調査した。TRIP 鋼板の伸びフランジ性は、レーザ切断の入熱を制御することにより、パンチ打抜き穴のそれより改善できた。これは、レーザ切断により、切断面にパンチ打ち抜き断面にみられるだれ、線断面、破断面に鋼種による差がみられないことに起因したと考えられた。

題目 低温オーステンパー処理を施した超高強度 TRIP 型ベイニティックフェライト鋼の遅れ破壊特性

講演者名 ○北條智彦, 村田宗央, 杉本公一, 向井一,

池田周之

学会名等 日本鉄鋼協会 第 153 回秋季講演大会

p. 498

発表年月日 2007 年 3 月 27~29 日

概要

優れた遅れ破壊特性を有する超高強度低合金 TRIP 鋼を開発するために、TRIP 型ベイニティックフェライト鋼 (TBF 鋼) の水素吸蔵特性および遅れ破壊特性に及ぼすオーステンパー処理の影響を調査した。TBF 鋼の全吸蔵水素量は、残留オーステナイト (γ_R) 初期体積率が増加するに従って多くなった。これは、TBF 鋼中に吸蔵された水素が γ_R にトラップされたためと予想された。TBF 鋼の遅れ破壊強度は、 γ_R 初期炭素濃度が高くなるに従って上昇した。 γ_R 初期炭素濃度の TBF 鋼は水素誘起および応力誘起マルテンサイト変態が抑制され、結晶粒界などへの水素の放出が抑制されたため、高い遅れ破壊強度が得られたと考えられた。

【伊藤國雄】

(講演発表)

題目 白色発光素子を目指した窒化炭素薄膜の作製とその評価 (I)

講演者名 ○日向敏文, 岩野祐太, 田渕秀和, 國次真輔, 財部健一, 伊藤國雄

学会名等 電気情報関連学会中国支部第 57 回連合大会
講演番号 3-4

発表年月日 2006 年 10 月 21 日

概要

白色発光素子用材料として $a\text{-CN}_x$ 合成条件の検討を行った。その結果、RF スパッタ法で作成した $a\text{-CN}_x$ の N は最大 30 at% であった。基板として ITO 付ガラスを用いたがバイアスを -100V 程度印加することにより成長薄膜との間の歪が緩和されて $a\text{-CN}_x$ 薄膜成長が可能となった。次に $a\text{-CN}_x$ 薄膜の光学吸収特性の評価を行った結果、 $a\text{-CN}_x$ 薄膜の 1.5eV での α は N が増すにつれ増加し、 α が $2 \times 10^4 \text{cm}^{-1}$ の時のエネルギーは N が増加するにつれてエネルギーが減少する事がわかった。これは本来の N 増加とともに光学エネルギーギャップは大きくなるが、その効果以上にアモルファス化に伴うバンドテールのレッドシフトが強く表れた為と考えた。

(平成 18 年度電気学会優秀論文発表賞受賞)

題目 CuGaAlS_2 半導体を用いた青色発光素子の検討-結晶成長-

講演者名 ○甲田隆志, 清原浩之, 中村重之, 伊藤國雄

学会名等 電気情報関連学会中国支部第 57 回連合大会

講演番号 3-2

発表年月日 2006年10月21日

概要

Si 及び GaAs 基板上に青色 LED 発光層の基本となる CuGaS_2 の薄膜成長をスパッタリング法と熱 CVD 法でおこなった. X 線回折スペクトルの結果よりどちらの場合も CuGaS_2 の成長が観測された. 今後は成長方法の改善やアニールの導入により単結晶化を目指す必要がある. (平成 18 年度電気学会中国支部奨励賞受賞)

題目 不純物を添加した超伝導体 Y123 の特性に関する研究

講演者名 ○平田真之, 木山拓也, 原田寛治, 伊藤國雄

学会名等 電気情報関連学会中国支部第57回連合大会
講演番号 3-3

発表年月日 2006年10月21日

概要

超伝導体である $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ (Y123) に相当量の不純物 (Ag_2O) を加えバルク特性にどのような影響があるか研究を行なった. その結果 Ag を大量に添加しても, 焼成を行えば Ag の検出量が添加量に比べて相当少なくなることがわかった. Ag 無添加時と Ag 添加時, また, Ag を 1 モル添加時に比べ Ag を 2 または 3 モル添加時のほうが浮上時間が向上した. これは Ag の添加が特性向上に大きく関係し, また添加量が多いほど, バルクの特性向上に必要な Ag 量が多く残るためだと考えられる. (平成 18 年度電気学会中国支部奨励賞受賞)

題目 超格子バッファ層を用いた Si 基板上への青色発光素子の作製に関する研究

講演者名 大森靖之, ○浦上法之, 中村重之, 伊藤國雄

学会名等 電気情報関連学会中国支部第57回連合大会
講演番号 3-5

発表年月日 2006年10月21日

概要

本研究では Si を青色 LED の基板として使用し, 従来の青色 LED の発光層である InGaAlN との間に, 格子定数の差により生じる歪や転位を防ぐため, CuGaS_2 と ZnIn_2S_4 をそれぞれ数 nm の厚さで交互に約 100 層成長することによる超格子バッファ層を用いることにし, その基礎検討を行った. まず CuGaS_2 薄膜の作製を, 薄膜成長に適しているイオンビームスパッタ法によって行った. 成長薄膜は $\text{Cu}_x\text{Ga}_{1-x}\text{S}_2$ となっていたが所望の 1:1:2 ではなかった. また酸素の含有が多

かった. 今後は基板温度の最適化と, 所望の組成比の形成条件を見つけることである. (平成 18 年度電気学会中国支部奨励賞受賞)

題目 CuGaAlS_2 を用いた青色発光素子の基礎検討

講演者名 ○甲田隆志, 清原浩之, 中村重之, 伊藤國雄

学会名等 The 8th IEEE Hiroshima Student Symposium
講演番号 A-50

発表年月日 2006年11月25日

概要

本研究では青色 LED の基板として最終的には低価格な半導体である Si, 又は GaAs を使用する. しかし, Si 又は GaAs と現在の発光層に使用されている GaN との間には格子定数のミスマッチがある. そこで I-III-VI 族化合物半導体を発光層に使用することでこの問題を解決することを目指した. ここでは, 第一段階として, Si 又は GaAs 基板上に CuGaS_2 の薄膜成長を行ったので結果を報告する. (The 7th IEEE Hiroshima Section HISS 優秀プレゼンテーション賞受賞)

題目 Y123 超伝導バルクへの酸化銀添加効果に関する研究

講演者名 ○平田真之, 木山拓也, 原田寛治, 伊藤國雄

学会名等 The 8th IEEE Hiroshima Student Symposium
講演番号 A-51

発表年月日 2006年11月25日

概要

近年, $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ (Y123) などの超伝導体内に不純物を添加し, 超伝導体にどのような影響をおよぼすかの研究が盛んに行なわれている. 超伝導体内に不純物を添加した際の超伝導特性の測定はホール効果などによって測定が行われている. また, マイスナー効果により, 超伝導性の良し悪しや試料の均質性などの判断ができることが知られている. 希土類系 123 材料 (RE123 系材料) への Ag 添加は, 包晶温度を低下させる働きがあること, 何種類かの RE123 系材料の磁気特性を向上できること, RE123 系バルク超伝導体の超伝導に転移する温度 (T_c) は Ag 添加により向上することなどが報告されている. 本研究では, Y123 に Ag_2O を加え, マイスナー効果による浮上特性を測定することにより, 簡単に不純物添加効果による特性の変化を測定したので報告する.

題目 窒化炭素薄膜の白色発光素子としての応用

講演者名 ○田淵秀和, 日向敏文, 岩野祐太, 川原文明, 國次真輔, 財部健一, 伊藤國雄

学会名等 The 8th IEEE Hiroshima Student Symposium

講演番号 A-53

発表年月日 2006 年 11 月 25 日

概要

本研究は $a\text{-CN}_x$ を用いた白色発光素子の開発を目的とする。本報告ではマイクロ波 ECR プラズマ CVD 装置と RF スパッタ装置 の 2 種類で $a\text{-CN}_x$ 合成を行い、合成条件の検討、光学測定結果について述べる。マイクロ波 CVD 合成した $a\text{-CN}_x$ の CL 測定を行った結果、 $a\text{-CN}_x$ は C-H 結合と C-N 結合の含有量をコントロールする事で白色発光材料として期待できる。

RF スパッタ装置 で $a\text{-CN}_x$ を合成した結果、N が最大 30 at% の $a\text{-CN}_x$ が ITO 基板上に合成できた。光学エネルギーは従来の報告と異なり N 増加にともないレッドシフトした。これは N 増加にともなうブルーシフトより LP による状態密度の乱れが強く表れた為と考えている。

題目 CuGaAlS_2 を用いた新青色発光素子の結晶成長に関する研究

講演者名 ○清原浩之、松岡弘憲、中村重之、伊藤國雄

学会名等 電子情報通信学会関西支部学生会研究発表講演会 講演番号 C1-1

発表年月日 2007 年 3 月 7 日

概要

本研究では、基板を Si や GaAs の半導体に変え I-III-VI 族半導体を発光層とした青色 LED を作製し従来の問題を解決することを目指した。自作熱 CVD 装置で実験の結果、基板に $\text{Cu}_x\text{Ga}_y\text{S}_z$ の付着に成功した。これは、Ar ガスで Cu と S を付着させ、 H_2S ガスで Ga と S を付着させた結果であると考えられる。しかし、Ar と H_2S を二回に分離して流すために 2 層化されている可能性があり、適当なアニール条件をみつける必要がある。結晶性の改善も今後の課題である。

題目 白色 LED の高演色性化に関する研究

講演者名 ○福井洸太郎、桑名勇次、岩野裕太、清原浩之、伊藤國雄

学会名等 電子情報通信学会関西支部学生会研究発表講演会 講演番号 C1-2

発表年月日 2007 年 3 月 7 日

概要

現在一般的に使用されている白色 LED は、YAG-LED である。しかし、平均演色評価数 Ra は 70 と低いので照明として用いるには、その演色性を改善する必要がある。昨年、我々は単一 LED の上に各種蛍光体を塗布して演色性の向上を図ったが今回はそれぞ

れ発光スペクトルが異なる 2 つの LED の組み合わせによりスペクトル幅を広げ、演色性の更なる向上を試みた。具体的にその 2 つの LED とは、紫外 LED 上に市販の赤、青、緑、黄色の蛍光体を塗布したものともう 1 つは YAG-LED である。我々は、この方法により $R_a=96.4$ という高い演色性を得ることが出来た。本講演では 2LED での演色性改善に関するシミュレーション結果と実験結果を報告する。(平成 18 年度電子情報通信学会関西支部支部長賞受賞)

題目 超格子バッファ層を用いた Si 基板への青色発光素子の作製に関する検討 (I)

講演者名 ○大森靖之、浦上法之、中村重之、伊藤國雄

学会名等 電子情報通信学会関西支部学生会研究発表講演会 講演番号 C1-3

発表年月日 2007 年 3 月 7 日

概要

本研究では Si を青色 LED の基板として使用し、従来の青色 LED の発光層である InGaAlN との間に、格子定数の差により生じる歪や転位を防ぐため、 CuGaS_2 と ZnIn_2S_4 をそれぞれ数 nm の厚さで交互に約 100 層成長することによる超格子バッファ層を用いることにする。ここでは、第一層目となる CuGaS_2 の作製と SEM, EPMA および XRD による試料評価について述べる。

題目 Y123 超伝導バルクへの不純物添加効果に関する研究

講演者名 ○木山拓也、平田真之、原田寛治、伊藤國雄

学会名等 電子情報通信学会関西支部学生会研究発表講演会 講演番号 C2-1

発表年月日 2007 年 3 月 7 日

概要

超伝導体内に相当量の不純物を添加した際の超伝導特性の研究は現在のところほとんどされていない。そこで我々は、超伝導体である $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ (Y123) に相当量の不純物 (Ag_2O) を加えバルク特性にどのような影響があるか研究を行なった。その結果 Ag を大量に添加しても、焼成を行えば Ag の検出量が添加量に比べて相当少なくなった。しかし浮上特性には Ag の添加が特性向上に大きく関係することがわかった。今後は、Ag の添加量がそのままバルクの組成比に再現される作製条件を見つけ、浮上特性等、不純物多量添加の効果を追っていきたい。

題目 窒化炭素薄膜の白色発光素子としての応用

講演者名 ○井上晃登, 岩野祐太, 田淵秀和, 財部健一, 國次真輔, 伊藤國雄

学会名等 電子情報通信学会関西支部学生会研究発表
講演会 講演番号 C5-1

発表年月日 2007年3月7日

概要

本研究は $a\text{-CN}_x$ にHを加えた $a\text{-CN}_x\text{:H}$ の白色発光素子開発を目的とする。本報告では RF スパッタ装置 を用いて合成を行なった。RF スパッタ装置で合成した $a\text{-CN}_x$ の PL 測定を行った結果, $a\text{-CN}_x\text{:H}$ が 650nm (赤色) 付近で PL 発光した。よって $a\text{-CN}_x$ 白色発光材料の作製は C-H 結合と C-N 結合の含有量をコントロールする事で期待できることがわかった。

題目 塗布熱分解法による CuInS_2 薄膜の作製

講演者名 ○柳澤潤一, 中村重之, 伊藤國雄

学会名等 電子情報通信学会関西支部学生会研究発表
講演会 講演番号 C5-3

発表年月日 2007年3月7日

概要

薄膜太陽電池の有望材料として CuInS_2 がある。現在では作製法として真空蒸着法が主流であるが、これに変わる低コスト製膜法として塗布熱分解法の開発を目指した。その結果、酢酸化合物、メトキシエタノール、モノエタノールアミンを混合した溶液を用いる塗布熱分解法により CuInS_2 薄膜を作製することが可能であることがわかった。

題目 Application for White Light Emitting Diode
using Carbon Nitride

講演者名 ○Yuta Iwano and Kunio Itoh

学会名等 2006 Kosen Convention Record I.E.E.Japan
pp. 35-36

発表年月日 2007年3月10日

概要

w The purpose of this study is to make white emitting light device using $a\text{-CN}_x$. In this paper, we report on $a\text{-CN}_x$ thin films prepared by using ECR-plasma-CVD apparatus and RF-sputtering apparatus, and discuss the experimental results of the optical characteristics.

As a result of CL measurement of $a\text{-CN}_x$ that was composed by ECR-plasma-CVD, we can expect $a\text{-CN}_x$ as a white light emitting device by controlling content of C-N combination and C-H combination.

As for the PL measurement of the sample which as made by RF sputtering, 650nm red peak was observed.

Optical gap decreases as the N/C ratio increases, due to

increase of C-N sp^2 content.

(特許)

題目 アモルファス材料基板を用いた発光素子およびその製造方法

出願者名 ○伊藤國雄, 西本和也, 妹尾匠

公開日 2006年11月9日

公開番号 特開 2006-310527

題目 害虫駆除を伴った花卉の人工栽培方法

出願者名 ○伊藤國雄, 板谷憲治, 松本菜々子

公開日 2006年11月9日

公開番号 特開 2006-304681

【田辺 茂】

(講演発表)

題名 半導体モジュールパッケージの汚損耐電圧特性の検討—第2報 沿面形状の影響検討—

著者名 ○小川友也, 田辺 茂

学会誌名等 電気学会平成18年電力・エネルギー部門大会 No. 289

発表年月日 2006年9月15日

概要

1700V 以上の耐電圧を有する半導体モジュールが出現しており、電力分野の各種用途の電力変換装置に使用され始めている。こうしたモジュールの絶縁パッケージには有機絶縁材料が用いられるが、その絶縁信頼性を他の電力機器用材料と同様な視点で評価した報告は少ない。今回はモジュールパッケージの汚損状態での直流耐電圧特性に、沿面絶縁形状がどのように影響するかを、実験的に検証したので報告する。

題名 VBO フリー光サイリスタの適用技術研究

著者名 ○藤原誠二, 田辺 茂

学会誌名等 平成18年計測自動制御学会中国支部津山地区計測制御研究公演論文集

発表年月日 2007年2月3日

概要

順方向過電圧に対して自己保護機能を有する VBO フリー光サイリスタの電力用変換器への適用が始まりつつある。このサイリスタが連続 VBO ターンオンしたときのスナバ回路損失を、従来から簡便法として行われているターンオン電圧から計算して求める方法では、回路条件によっては大きな誤差がでることを実験により明らかにした。また正確な損失はスナバコンデンサ電圧

から計算すべきであることを示した。

題名 熱電素子によるエネルギーの有効利用—熱電素子水電解システムの検討—

著者名 ○鎌田好裕, 田辺 茂

学会誌名等 平成18年計測自動制御学会中国支部津山地区計測制御研究公演論文集

発表年月日 2007年2月3日

概要

熱エネルギーを電気エネルギーに変換する半導体である熱電素子を使用し、水の電気分解を行うシステムを研究している。今回は基礎検討として熱電素子の電圧—電流特性 (V—I 特性) と電力—電圧特性 (P—V 特性) を測定した。これにより、熱電素子の最大出力電力が得られる最適な出力電圧が存在することを明らかにした。この特性と水電解装置の V—I 特性を組み合わせることで、最適なシステムが構築できる可能性を示した。

【植月唯夫】

(著書)

題名 液晶ディスプレイの高速・高画質・高視野角化技術

著者名 植月唯夫 他22名

出版社等 技術情報協会 (260 ページ中 13 ページ執筆)

出版年月日 2006年12月27日

概要

液晶に関する「光学フィルム・バックライトユニット・大型ガラス基板」な基本技術について整理まとめた本であり、第4章の第2節 (バックライトよう光源としての放電等の高性能化) を執筆担当した。

(論文)

題名 冷陰極ランプの陰極降下電圧と電極材料に関する研究

著者名 武田雄士, 北本良太, 植月唯夫, 福政 修

雑誌名等 照学誌第91巻第11号

採録年月日 平成19年7月26日

概要

For improvement the efficiency of the cold cathode lamp (CCL), it is important to select the optimum electrode material for reducing the cathode fall voltage (CFV). And it is necessary to grasp the relation between the electrode material and the CFV. So we attempt to measure the CCL's CFV with the indirect CFV

measurement method using on the hot cathode fluorescent lamp. And by observing the negative glow on the electrode, the relation between the CFV and the negative glow condition is investigated. As a result of the examination, it is confirmed that the relation between the CCL's CFV and the γ coefficient of the electrode. Moreover it is cleared that the relation between the CFV and the negative glow condition of each electrode material. It is considered that the CFV measurement method is useful for estimating the performance of the CCL's electrode.

(講演発表)

題名 CCFL の陰極近傍プラズマに関する研究

講演著者名 ○大平琢真, 植月唯夫, 武田雄士, 福政 修

学会誌名等 電気・情報関連学会中国支部第57回連合大会

発表年月日 2006年10月21日

概要

冷陰極ランプ (CCFL) は液晶用のバックライト光源として使用されている。CCFL を高出力化するためには大きな電流を流す必要があり、寿命への悪影響が心配される。これを改善するためには、冷陰極ランプ特性の電極材料への依存性を把握することが高出力化を実現するために必要である。本発表では、その最初のステップとして、板電極形状の電極を用いたランプの陰極降下電圧に、電極素材 (Ni 電極と W 電極)、水銀の有無が及ぼす影響を測定したので報告する。

題名 The Influence of the electrode material to the CCFL Characteristics

講演者名 ○Y. Takeda¹, R. Kitamoto², T. Uetsuki², O. Fukumasa³

学会誌名等 Proceedings of the 11th International Symposium on the Science and technology of Light Sources, p.135, May20-24, 2007, Shanghai, China

発表年月日 2007年5月21日

概要

The influence of the difference in the electrode material on the CCFL's characteristics is investigated with the nickel(Ni) electrode, the molybdenum(Mo) electrode, and the tungsten(W) electrode. As a result of the examination, it is confirmed that the cathode fall voltage(C.F.V.) of the CCFL is influenced by the difference in the electrode material. And it is observed that when the electrode material is the only nickel, the negative glow on the electrode surface becomes smaller as

the lamp current is lower.

題名 Study on the Dependence of the Emission Point of
Fluorescent Lamp on the Lighting Time

講演者名 ○Tadao Uetsuki and Hideaki Miyake

学会誌名等 Proceedings of the 11th International
Symposium on the Science and technology of
Light Sources, p.123, May20-24, 2007,
Shanghai, China

発表年月日 2007年5月21日

概要

The filament condition of fluorescent lamp which is dimmed by the inverter ballast has not been grasped clearly. If it could be grasped, the reliable fluorescent lamp system could be designed easily. Then authors studied if the fluorescent lamp system could be expressed by the simple electric circuit. As the result, they grasped the fluorescent lamp system could be expressed by the simple circuit of resistance and inductance for an operating system.

題名 The Characteristics of Electrode-less Lamp's Plasma

講演著者名 ○Masahiro Ueda, Tadao Uetsuki

学会誌名等 Proceedings of the 11th International
Symposium on the Science and technology of
Light Sources, p.243, May20-24, 2007,
Shanghai, China

発表年月日 2007年5月22日

概要

In this paper, authors report on the relationship of the radial distribution of the electron temperature (Te) and the electron density (Ne) of the electrodes-lamp plasma to the operating frequency. They measured both the Te of the plasma at 13.56MHz and that at 135 kHz. As the result, they find out the following things.

(1) The Te at 135 kHz seems to be the same as that at 13.56MHz.

(2) The radial distribution of Ne at 135 kHz is difference from that at 13.56MHz. The maximum of the electron density at 135 kHz exists nearer to the center of the lamp operated with that at 13.56MHz.

題名 Study on the Relationship between the electrode materials and the characteristics of CCFL

講演著者名 ○T. Ohira, T. Uetsuki, Y. Takeda, O. Fukumasa

学会誌名等 Proceedings of the 11th International
Symposium on the Science and technology of

Light Sources, p.211, May20-24, 2007,
Shanghai, China

発表年月日 2007年5月22日

概要

To improve the performance of the Cold Cathode Fluorescent Lamps (CCFLs) used for the backlight of the LC-TV, it is very important to grasp the electron emission ability of the cathode of CCFLs. Authors have considered that the performance of CCFLs is influenced by the electron emission ability determined by the nature of the material, which could be evaluated by the cathode fall voltage (CFV). 3 kinds of electrode materials, namely W, Ni and Mo, were used for this research. The measurement results showed that CFV of Ni was highest and that of W was lowest, and that the mercury influenced the performance of NG's plasma. Authors consider that the gamma-coefficient has an important role for the measurement results.

題名 水銀の有無が冷陰極ランプの特性に及ぼす影響

講演者名 ○大平琢真, 植月唯夫, 武田雄士, 福政修

講演会名等 照明学会全国大会

発表年月日 2007年8月23日

概要

冷陰極ランプは液晶用のバックライト光源として使用されており、さらなる高性能化、特に高出力化が求められている。高出力化するためには大電流を流す必要があり、寿命への悪影響が心配される。これを改善するためには、まずが封入ガスによる冷陰極ランプ特性に差を把握することが重要であると考え。本発表では、板電極形状の電極を用いたランプの水銀の有無が「陰極降下電圧 (CFV) 波形」「CFV vs 放電電流の特性」に及ぼす影響を調べたので報告する。「CFV 波形」に関しては、Hg 有では正規グロー放電領域での点灯であり、Hg 無では異常グロー放電領域で点灯である。「CFV vs 放電電流の特性」に関しては、電極材料でも水銀があるランプのほうが高いCFVの値を示している。この違いはHg イオンとNe イオンの γ 係数の違いであると考えている。

(特許)

題目 低圧水銀蒸気放電灯

発明者名 植月唯夫, 他

登録年月日 2007年1月27日

公開番号 特開 2007-3906696

概要

本発明は、低圧水銀蒸気放電灯に関するものであり、さらに詳しくは、水銀蒸気圧を制御する水銀アマルガムを用いた低圧水銀蒸気放電灯に関する。

題目 蛍光ランプ及び照明器具

発明者名 植月唯夫, 他

登録年月日 2007年3月2日

公開番号 2007-3922072

概要

本発明は、蛍光ランプ及び照明器具に関するものである。

(特許・出願)

題名 放電灯点灯装置および照明器具

発明者名 神田隆司, 植月唯夫

出願番号 特願 2006-291051

出願年月日 平成18年12月7日

概要

フィラメントを有する熱陰極型の放電灯を高周波で点灯するほう放電点灯装置およびそれを用いた照明器具において、放電灯の寿命を早期に推定し、報知することでランプ交換を促して不点の回避、安全性の向上、利便性の向上を図ることのできるものを提供する。

【原田寛治】

(講演発表)

題目 アモルファスシリコン APD を用いた広ダイナミックレンジ・イメージセンサ用回路の設計

講演者名 秋山正弘, 重倉崇良, 山内仁, 宮崎徹, 上倉龍行, 宮崎祐輔, 原田寛治, 中澤達夫, 澤田和明

学会名等 電子情報通信学会技術研究報告 ICD2006-68 p. 47-52

発表年月日 2006年7月28日

概要

a-Si:H APD を用いた低照度対応型広ダイナミックレンジイメージセンサを提案し、基礎的な動作特性を報告した。

題目 Y123 超伝導バルクへの酸化銀添加効果に関する研究

講演者名 平田真之, 木山拓也, 原田寛治, 伊藤國雄

学会名等 電子・情報関連学会中国支部連合大会

発表年月日 2006年10月21日

概要

Y123 バルクに Ag₂O を加え、マイスナー効果による浮上特性を測定することにより、簡単に不純物添加効果による特性の変化が測定できることを報告した。

題目 OHP シートを用いたフォトマスクの作製

講演者名 原田寛治, 岩澤宗一郎, 重倉崇良, 山内仁, 梅澤卓実, 百瀬成空, 三崎幸典, 秋山正弘, 中澤達夫

学会名等 応用物理学学術講演会 28a-P4-3

発表年月日 2007年3月28日

概要

集積回路用に設計した回路パターンを、一般的なイントソフトを用いて作図し、100 μ m 程度の解像度があるフォトマスクを、OHP シートを用いて作製できることをポスター発表した。

【中村重之】

(論文)

題目 Electrochemical etching of CuInS₂ thin films for solar cells"

著者名 Shigeyuki Nakamura

学会誌名等 Physica Status Solidi (phys. stat. sol.) (c) Vol.3, No. 8, 2564-2567 (2006)

発表年月日 2006年9月4日

概要

Cu-rich CuInS₂ thin films for solar cell application were electrochemically etched to avoid a toxic cyanide treatment. Cu/In ratio and conductivity of the films decreased by anodic electrochemical etching.

Although XRD patterns and SEM micrographs have not changed by the etching, Raman spectra revealed that the electrochemical etching was found to be effective for removing Cu-S secondary phases in the Cu-rich CuInS₂ thin films.

題目 Facing Target sputtered Iron-silicide Thin Film

著者名 ○ Shigeyuki Nakamura, Toshiaki Kittaka, Ryohei Hamata, Hidekazu Tabuchi, Takahiro Aoki and Shinsuke Kunitsugu, Ken'ichi Takarabe

学会誌名等 Thin Solid Films, Volume 515, Issue 22, 15 August 2007, Pages 8205-8209

発表年月日 Available online 20 February 2007.

概要

The FeSi_x (x=2.4) thin films with the flatness to an atomic scale for mechanical and optical applications can be grown by a facing target sputtering. The optical properties indicate the films contain nano-crystalline FeSi₂. The nano-indentation hardness of 10 GPa were obtained. The interesting thing is that Young's modulus is larger than that of the carbon-based materials with the same hardness. This means that the FeSi_x is more elastic, which could be characteristic of the chemical

bonding of the FeSi_2 with the large contribution of d-electrons. Furthermore, the electric properties at room temperature were measured for solar cell application.

(講演発表)

題目 Effect of H_2S annealing for CuInS_2 thin films grown by a vacuum evaporation method

講演者名 ○Akaki, Yoji, Nomoto, Keita; Nakamura, Shigeyuki; Yoshino, Kenji

学会名等 17th International Vacuum Congress and 13th International Conference on Solid Surface

発表年月日 2007年1月2日

概要

CuInS_2 thin films were prepared by the vacuum evaporation method. The source materials were CuInS_2 powder grown by a hot-press method. After the vacuum evaporation, the samples were subsequently annealed under air or H_2S atmospheres from 100 to 500 °C. The XRD spectra indicate that the CuInS_2 polycrystalline films were successfully obtained by annealing above 200 °C. We found that the films became close to stoichiometry with increasing annealing temperature under H_2S atmosphere. Furthermore, it is found that maximum grain size of the samples was about 1mm from the SEM photographs. The carrier concentrations and the resistivities of the films were changed in the range of 10^{18} - 10^{23} cm^{-3} and 10^{-3} - $10^0 \text{ } \Omega \text{ cm}$, respectively, at room temperature and all the samples annealed in H_2S indicated p-type conduction by Hall measurement. It is deduced that the almost sulfur vacancy in the films annihilated by the H_2S annealing.

題目 超格子バッファ層を用いたSi基板への青色発光素子の作製に関する検討

講演者名 ○大森靖之, 浦上法之, 中村重之, 伊藤國雄

学会名等 平成18年度 電気・情報関連学会中国支部 第57回連合大会

発表年月日 2006年10月21日

概要

本研究ではSiを青色LEDの基板として使用し, 従来の青色LEDの発光層である InGaAlN との間に, 格子定数の差により生じる歪や転位を防ぐため, CuGaS_2 と ZnIn_2S_4 をそれぞれ数nmの厚さで交互に約100層成長することによる超格子バッファ層を用いることにする. ここでは, 第一層目となる CuGaS_2 の作製とSEM, EPMAおよびXRDによる試料評価について述べる.

題目 $\text{Cu}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)\text{S}_2$ 半導体を用いた青色発光素子の検討 —結晶成長—

講演者名 ○甲田隆志, 清原浩之, 中村重之, 伊藤國雄

学会名等 平成18年度 電気・情報関連学会中国支部 第57回連合大会

発表年月日 平成18年10月21日

概要

CuGaS_2 薄膜をスパッタ法により作製した. 組成比は所望の膜が得られたので, 今後は単結晶化を目指していく要諦である.

題目 $\text{Cu}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)\text{S}_2$ 半導体を用いた青色発光素子の検討

講演者名 ○甲田隆志, 清原浩之, 中村重之, 伊藤國雄

学会名等 IEEE 広島支部 学生シンポジウム

発表年月日 平成18年11月25日

概要

単元素からターゲットを作製し CuGaS_2 薄膜をスパッタ法により作製した. その特性を評価した結果, 化合物混合から単元素へ変えて実験を行っても実験結果に変化はあまり見られなかった. 単元素は化合物に比べて同程度の結果を得たが特出して良いという結果は得られなかった. 単元素の場合ターゲット作製時にGaが漏れる時期がある. Ga融点が低いことから成膜時に放電のエネルギーにより液化して成膜されている可能性も十分に考えられる. これらのことから今後は化合物で実験を進めて行ったほうがよいという結論に達した.

題目 塗布熱分解法による CuInS_2 薄膜の作製

講演者名 ○柳澤潤一, 中村重之, 伊藤國雄

学会名等 計測自動制御学会中国支部津山地区計測御研究会平成18年度学術講演会

発表年月日 平成19年2月3日

概要

酢酸化合物, メトキシエタノール, モノエタノールアミンを混合した溶液を用い塗布熱分解法によって CuInS_2 薄膜を作製することが可能であることがわかった. 熱処理によってCu/In比が減少するため溶液組成はCu過剰である必要があることや, 硫化の温度, 時間が組成に与える影響, 堆積回数が組成に与える影響について調査することができた.

【八木秀幸】

(講演発表)

題目 モデル予測型 PID 制御系の制御性能に関する一考察

講演者名 ○八木秀幸, 波多野崇, 下西二郎, 山本透, 雛元孝夫

学会名等 計測自動制御学会 第 7 回制御部門大会
pp. 72-2-5

発表年月 2007 年 3 月

概要

本報告では, GPC-PID 制御則に含まれる設計パラメータのひとつの重み係数を制御性能評価に基づいて調整する基準について考察した. 定常状態における重み係数と制御性能の関係を示し, 代表的な PID パラメータ調整則と比較検討した. さらに過渡状態における応答波形の性能についても考察した.

【鳥家秀昭】

(論文)

題目 学外指導者の招聘によるクラブ活動の活性化

著者名 ○鳥家秀昭, 西山宗弘, 松田範明

学会誌名等 「高専教育」第 30 号, pp. 605-610

発表年月 2007 年 3 月

概要

本校バドミントン部は, 平成 11~12 年度に中学校の有力な部活動経験者が入部した. これを機に上級生部員の要望もあって, 高校の監督経験者を常任コーチとして招聘し部活動の活性化を図った. この結果, 平成 14~15 年度にも有力な経験者が入部したこともあって, 平成 14 年度から中国地区高専大会団体戦で 5 連覇を達成した. そこで, 低迷期から活性期に在籍した何人かの部員に戦績向上要因や今後の戦績維持のための方策, あるいは下級生に対する助言などのアンケート調査を行い, 部活動の活性化が学生指導に及ぼす効果を考察した.

題目 小型風車における強風時の回転制御の検討

著者名 ○房野敏夫, 湯地敏史, 濱田次男, 鳥家秀昭
須崎嘉文, 稲葉次紀

学会誌名等 電気設備学会誌 Vol. 27, No. 4,
pp. 330-331

発表年月 2007 年 5 月

概要

日本国内における小型風車の導入実績はここ数年急速に伸びており, 一般家庭用小型風車市場の競争が活発化している. これら小型風車は, 自然環境による外的要因, 特に日本特有の気候における突風や台風などによる数多くの故障の報告がある. また, メンテナンス時などにおいて, 風車を緊急に停止させる必要性も

あり, 小型風車における上限回転数制御, 最大負荷追従, 過電圧保護及び過充電保護などの機能を有したブレーキ制御システムの開発が求められている.

本論文では, 小型風車における強風時のブレーキ特性を検討するために小型風車にハイブリッドコントローラを取付けて風車の電気回路において短絡試験を行ない, その際のブレーキ特性を検討した. その結果, 定格風速 8.5m/s において, 定格出力電力を 50%以下まで制御して, 発電能力を抑制することが確認でき, 強風時の故障低減対策が可能と考えられる.

(講演発表)

題目 Preliminary Study on Arc Welding in Vacuum

著者名 ○Hideaki Toya and Tomoya.Saito

学会名等 22th International Symposium on Discharge and Electrical Insulation in Vacuum (Matsue, Japan)

発表年月 2006 年 9 月

概要

Welding technology in space will be required to repair the space station. Arc welding in vacuum should be more conventional than electron beam welding because of low voltage operation. This paper presents a preliminary study on vacuum arc welding. Arc was ignited by separating an arcing electrode (cathode) from the welding piece (anode). The former is composed of a rod with round tip, however the latter of a screw/nut set. Both of them are made of stainless-steel (SUS304). A pulsed-arc current up to approx. 3000A with duration of about 20ms was fed from a power supply that was consisted of a low-voltage LC circuit (135μH/0.04F/550V) with a crowbar diode. The screw/nut seemed to be uniformly melted by eye. The tensile strength of the welded piece was measured after welding test. However it was low in comparison with a TIG welded piece that was done in an atmospheric pressure. One-dimensional thermal conduction was analyzed in a finite welding piece. The calculated result showed that the melting depth could be over 1 mm when the arc current flows for more than 10-15 times longer than that in this experiment. Farther investigation is required to find appropriate conditions (arc current, arc discharge mode, welding material, etc) to realize satisfactory arc welding in vacuum.

題目 マイクロ風力発電機の大出力化に関する基礎研究

著者名 鳥家秀昭

学会誌名等 平成 18 年度 (財) ウェスコ学術振興財団
研究成果発表会

発表年月日 2007 年 1 月 15 日

概要

本研究では、ツバの無い中細ディフューザ（この研究ではシュラウドという）を搭載したマイクロ風力発電機を対象として、平成15年度から発電実験を開始し、平成16年度からはANSYSによるシュラウドの流体解析を実施している。技術的な目標としてはシュラウド内外における風の流路を制御することにより風速増加効果を最大化し、3～5倍程度の出力増大を実現することである。今回の発表会では、これまでにを行った、ラッパ型シュラウド付実験機、円筒型シュラウド付実験機、ANSYSによる各種シュラウドの流体解析、これに基づき設計・製作を行った複合型シュラウド付実験機、及びこれらの実験・解析結果について報告した。

題目 卒業研究での風力発電機用ディフューザの流体解析と性能改善

著者名 ○鳥家秀昭, 明石紀美, 杉山政邦

学会名等 平成19年度国立高等専門学校機構主催
教育教員研究集会

発表年月日 2007年8月10日

概要

CAE (Computer Aided Engineering) とはコンピューター技術を活用して機械装置や電気機器などの製品の設計・製造や工程設計の事前検討の支援を行うこと、またはそれを行うツールであり、計算機支援工学ともいわれる。平成13年度に設置された地域共同テクノセンターに有限要素法の CAE ソフト (ANSYS) が導入され、学生の教育にも使用できるようになった。そこで、平成16～18年度の卒業研究で風力発電機用ディフューザの流体解析を行い、これに基づいてディフューザの構造の最適化、新型構造の考案、試作機の設計・製作・性能確認試験を実施した。これらの CAE ソフトによる流体解析と実験結果、及びアンケートによる設計教育の効果について述べた。

題目 大気圧非平衡DCパルス放電プラズマジェットにおけるラジカルシミュレーション

著者名 ○加藤秀史, 川野泰和, 湯地敏史, 市川幸美, 鳥家秀昭, 赤塚洋

学会誌名等 平成19年度電気学会基礎・材料・共通部門大会

発表年月日 2007年8月27日

概要

大気圧非平衡放電プラズマは材料の表面処理及び表面クリーニング等のいろいろな工業プロセスへの応用が期待されている。しかし、プラズマ特性の把握は難しく、ラジカル密度は全く議論されていないのが現状である。そこで、大気圧非平衡DCパルス放電プラズマジェット中でのラジカルの生成状態を検討するため

に、0次元オイラー法を適用して電子計算機によりシミュレーションを行った結果、大まかな生成状態を把握できた。

【奥山 圭一】

(講演発表)

題目 軽量アブレータの熱応答解析

著者名 ○小林祐介, 酒井武治, 奥山圭一, 鈴木俊之, 藤田和央, 加藤純郎

学会名等 第39回 流体力学講演会 (宇宙航空研究開発機構, 調布市)

発表年月日 2007年6月14-15日

概要

炭素繊維強化プラスチック (CFRP) は宇宙往還機の熱防壁材に用いられているが、最近では比重1.0以下の軽量CFRPの研究が活発化してきた。

本報告は、将来の宇宙往還機設計の資とするため、津山高専が製作した軽量CFRP熱防壁材を高エンタルピ気流中に曝したときの材料の耐熱特性を示すとともに、X線を用いて観察した加熱後の材料中炭素の3次元空間分布などについて示した。

題目 Experimental and Numerical Study of Thermal Response of Ablator in an Arc-Jet Facility

著者名 ○Suzuki, T., Fujita, K., Sakai, T., Okuyama, K., and Kato, S

学会名等 45th Aerospace Sciences Meeting and Exhibit, Reno, January (国際会議1)

発表年月日 2007年1月8-11日

概要

津山高専が製作した軽量CFRP熱防壁材の高エンタルピ流中における表面および内部温度の時間変化と、それを予測することのできる解析手法と解析結果について報告した。

(特許)

題目 高速飛翔体フェアリングの熱応力抑制構造

発明者名 奥山圭一

特許番号 特許3840391

登録年月日 2006年11月1日

概要

大気中を高速で飛翔するロケットの先端部にあるフェアリングの外表面は、空気分子の衝突と断熱圧縮などによる猛烈な空力加熱環境に曝される。この空力加熱のロケット内侵入を防ぐため、フェアリングには耐熱性に優れるCFRPなどが採用される。

この CFRP の内側には、フェアリングの強度メンバーとなるアルミ合金製の金属構体が艤装される。高温下における CFRP と金属構体の熱膨張率は大きく異なるため、その界面では大きな熱応力が発生することが予想される。

本発明は、界面に金属粉粒などを混ぜた耐熱性流動体や伝熱シートを置くことで、大きな熱応力の発生を防ぐ技術に関するものである。

題目 人工衛星

発明者名 奥山圭一

特許番号 特許 3859589

登録年月日 2006 年 9 月 29 日

概要

地球低軌道を周回する人工衛星は進行中に空気抵抗を受け、その速度が低下する。人工衛星はこの減速により高度が徐々に低下し、やがて大気圏に突入して燃え尽きる恐れがある。

本発明はこの課題に応えたものであり、流線形状を有するロケットフェアリングを人工衛星の構造として利用することで、人工衛星の大幅な軽量化を図るとともに、空気抵抗による減速を低減したものである。

題目 姿勢制御装置及び人工衛星

発明者名 奥山圭一

特許番号 特許 3923890

登録年月日 2007 年 3 月 2 日

概要

多くの大型衛星の電源は、太陽電池を用いて賄われている。この太陽電池はパドルに収められ、普通そのパドルは比較的余裕を持った大きさである。超小型衛星の場合、衛星自身が小さいため、太陽電池パドルも大きなものとすることができない。

本発明は、太陽電池パドルの小型化や衛星の更なる軽量化の資とするため、太陽電池パドルそのものを姿勢制御装置として利用するものである。

題目 熱防御・耐損耗複合機能構造体及びそれを備えた高速飛しょう体

発明者名 ○奥山圭一、郡憲司

特許番号 特許 3965175

登録年月日 2007 年 6 月 1 日

概要

固体燃料を使用する小型ロケットなどは、燃焼ガス中に金属粉などの微小デブリが含まれており、このようなデブリが、ロケットエンジン（モータ）内の断熱材に衝突し、断熱材が異常損耗する恐れがある。この

場合、異常損耗箇所から構造への熱流束が大きくなり、構造が溶解することで小型ロケット自体が破壊する恐れがある。

本発明は、燃焼気流のように超高温、超高压の環境下でデブリが衝突したとしても、異常損耗を起こさない断熱材の構造様式などについて示したものである。

【岡田 正】

（著書）

題目 情報通信システム（改訂版）

著者名 岡田正・桑原裕史

出版社等 コロナ社 A5 判 x+192pp

発表年月 2007 年 4 月

概要

情報システム全般について、歴史からインターネット技術までの、実際の具体的な内容を取り上げた教科書を改訂した。旧版の基本事項は残しながら、無線 LAN 等の最新事項や要望のあった事項を追加し、併せて古くなった内容を全面的に更新した。

（論文）

題目 学生教育と密着した地域組織の情報化支援

著者名 ○滝沢陽三・岡田正・大平栄二

学会誌名等 論文集「高専教育」 No. 30
pp. 671-676

発表年月 2007 年 3 月

概要

高専における地域組織の情報化促進に対する支援について、学生の学習・研究活動に焦点を当て、主に 2 件の事例の報告に基づき高専の特徴等の議論を行った。

（講演発表）

題目 OPE プロジェクトと OPE インストール CD-ROM 実装について

講演者名 ○原元司・桐山和彦・山本喜一・白濱成希・本間啓道・岡田正・白石啓一

学会誌名等 第 5 回情報科学技術フォーラム一般講演
論文集 Vol.3 pp.421-422

発表年月日 2006 年 9 月 5 日

概要

情報教育環境をオープンソースソフトウェア (OSS) によって容易に構築可能なインストール CD を開発する OPE プロジェクトに関し、プロジェクトの現状とインストール CD-ROM の実装について報告した。

題目 カスタマイズ可能なユーザー利用環境自動構築ツールの開発

講演者名 ○桐山和彦・白石啓一・原元司・山本喜一・本間啓道・白濱成希・岡田正

学会誌名等 第5回情報科学技術フォーラム一般講演文集 Vol.3 pp. 423-424

発表年月日 2006年9月5日

概要

無償で再配布可能なオープンソースデスクトップ環境(OSDE)を、自動で構築可能なシステムを開発している。このうち、差分情報のみからカスタマイズされたシステム環境を構築する技術を述べた。

題目 地域組織の情報化支援V ―セキュリティに配慮したシステムの構築―

講演者名 ○松本哲始・高橋原野・鳥家康弘・寺元貴幸・岡田正

学会誌名等 平成18年度電気・情報関連学会中国支部第57回連合大会講演論文集 p.343

発表年月日 2006年10月21日

概要

我々の研究室で行っている地域組織への情報化支援活動について、安全・安定なシステムにするための考え方とこれに基づく実践を、ネットプリントシステムと会計処理システムを中心に、具体的に報告した。

題目 協調型教育用コンテンツ開発システムによる教材作成の手法

講演者名 ○桐山和彦・原元司・本間啓道・白濱成希・岡田正

学会誌名等 平成18年度情報教育研究集会講演論文集 pp.714-717

発表年月日 2006年11月25日

概要

教育・研究リソースを制限なしに再利用できる協調型コンテンツを開発するシステムについて、その考え方と授業での利用例ならびに今後の予定を述べた。

題目 OPE プロジェクトと OPE インストール CD-ROM 実装

講演者名 ○原元司・桐山和彦・山本喜一・白濱成希・本間啓道・岡田正・白石啓一

学会誌名等 平成18年度情報教育研究集会講演論文集 pp. 549-550

発表年月日 2006年11月25日

概要

オープンソースソフトウェア(OSS)を使った情報教

育環境を構築する OPE プロジェクトに関し、プロジェクトの特徴とシステムの概要、システムの進捗状況ならびに OPE インストール CD-ROM の作成について報告した。講演発表とともにポスター発表も行った。

題目 ユーザ環境自動構築ツール(urdtools)の開発と検証

講演者名 ○桐山和彦・白石啓一・原元司・山本喜一・本間啓道・白濱成希・岡田正

学会誌名等 平成18年度情報教育研究集会講演論文集 pp. 551-554

発表年月日 2006年11月25日

概要

OS インストール直後からすべての環境を自動で整えるツール urdtools について、その特徴と仕組みならびに構築手順と実行例を説明し、今後の予定や OPE プロジェクトとの関連を述べた。

題目 高専における情報基礎教育の進展 ―教育環境の整備―

講演者名 ○長岡健一・高橋章・新開純子・岡田正

学会誌名等 平成18年度情報教育研究集会講演論文集 pp. 470-473

発表年月日 2006年11月25日

概要

我々のグループが行ってきた高専情報基礎教育について、これまでの活動を教科書改訂や学習ノート刊行を中心に述べ、さらに採用の状況や今後の活動について報告した。

題目 高専における情報基礎教育の進展 ―実施例と課題―

講演者名 ○高橋章・佐藤公俊・竹部啓輔・長岡健一・新開純子・岡田正

学会誌名等 平成18年度情報教育研究集会講演論文集 pp. 474-477

発表年月日 2006年11月25日

概要

高専情報基礎教育に関して、長岡高専の具体的な実施例と学生の感想文などを紹介しながら、情報基礎教育のためのインフラ整備・現状・課題などについて議論した。

題目 OPE プロジェクトとそのインストール CD-ROM 実装―OSS による情報教育環境構築ツール―

講演者名 ○原元司・桐山和彦・山本喜一・白濱成希・

本間啓道・岡田正・白石啓一

学会誌名等 情報処理学会第69回全国大会講演論文集

(4) pp. 409-410

発表年月日 2007年3月8日

概要

情報教育環境をオープンソースソフトウェア(OSS)によって容易に構築可能なインストールCDを開発するOPEプロジェクトについて、プロジェクトの状況とインストールCD-ROMの実装について報告した。

題目 PC ユーザランド環境構築ツール(urdttools)の実証事例について

講演者名 ○桐山和彦・白石啓一・原元司・山本喜一・本間啓道・白濱成希・岡田正

学会誌名等 情報処理学会第69回全国大会講演論文集
(4) pp. 411-412

発表年月日 2007年3月8日

概要

ユーザの所望する完全な環境を最小限の労力で構築するOPEシステムにおいて中核をなすurdttoolsについて、その仕組みを解説するとともにシステム構築を実機で実験した結果を報告した。

題目 OSSによる情報教育環境構築—OPEインストールCD-ROMによるシステム構築の実際—

講演者名 ○原元司・桐山和彦・山本喜一・白濱成希・本間啓道・岡田正・白石啓一

学会誌名等 情報処理学会第69回全国大会デモセッション

発表年月日 2007年3月6-9日

概要

我々はOPEプロジェクトとして、情報教育環境をOSSによって容易に構築可能なインストールCDを開発している。このプロジェクトで作成したインストールCD-ROMを使って、実際のシステム構築のデモンストレーションを行った。

題目 地域連携事業における学生教育・研究活動の役割

講演者名 ○滝沢陽三・岡田正・大平栄二

学会誌名等 平成19年度教育教員研究集会講演文集 pp. 89-90

発表年月日 2007年8月9日

概要

情報化に関わる地域支援プロジェクトの実施例をもとに、高専組織の実情に即した種類・規模の連携事業の体制を提案するとともに、支援内容および教育効果

についての分析や検討の結果を述べた。

題目 情報通信技術を通じた地域の人材育成と技術移転

講演者名 岡田正

学会誌名等 第5回全国高専テクノフォーラム予稿集
pp. 62-63

発表年月日 2007年8月10日

概要

地域と連携した活動に関して、地域ニーズの把握とそれを満たす活動が成り立つ条件から、地域への人材育成と技術移転までを、「ネットワーク研究会」の開催やオープンソースを活用したWeb応用システムなど、情報通信技術を通じた個人ベースの活動をもとに報告した。

題目 教育用コンテンツのOSS化の意義とその取り組み

講演者名 ○桐山和彦・本間啓道・白石啓一・原元司・白濱成希・岡田正・小川伸夫・白石和章

学会誌名等 第27回(平成19年度)高等専門学校情報処理教育研究委員会研究発表会(情報処理教育研究発表会論文集27)
pp. 115-117

発表年月日 2007年8月30日

概要

教育用コンテンツを再利用可能でかつオープンな形で収集・管理するシステムを開発中である。このシステムについて思想や内容を解説し、このシステムを利用した事例として情報処理授業コンテンツを紹介した。

(その他)

題目 デジタル時代における高専図書館の役割

著者名 岡田正

学会誌名等 平成18年度(第92回)全国図書館大会
岡山大会要綱 pp.31-32

発表年月日 2006年10月27日

概要

全国図書館大会第2分科会(大学・短大・高専図書館)高専分散会における事例発表の一つとして、“情報”の意味の考察に基づき高専図書館におけるライブラリ機能・アーカイブ機能の重要性ならびに高専間連携の必要性を提言した。

題目 教育用オープンプラットフォームの構築に関する研究

著者名 ○原元司・岡田正・桐山和彦・白濱成希・本間啓道・白石啓一・山本喜一

学会誌名等 科学研究費補助金(基盤研究(C))研究成果報告書 A4判 vi+47pp

発表年月 2007年3月

概要

科学研究費補助金の支援を受けて2年間行ってきた研究成果を報告書としてまとめた。オープンソースソフトウェアを利用して情報教育環境を構築するための考え方から、実際に作成したインストールCD-ROMまでの活動成果を、発表予稿を中心に整理している。

【薮木 登】

(講演発表)

題目 自己組織化マップを用いた輪郭抽出手法の検討

講演者名 ○植田拓也, 鷺見育亮, 薮木登, 松前進, 福本善洋, 築谷隆雄, 副井裕

学会誌名等 平成18年度電気・情報関連学会中国支部連合大会講演論文集 p. 119

発表年月 2006年10月

概要

画像認識の分野において画像中に存在する物体から輪郭を抽出することは重要な問題であり、多くの論文において取り上げられている。輪郭を抽出する手法としては、動的輪郭モデルやアクティブネットがあり、N.N.を用いたもの、Hopfieldネットワーク、自己組織化マップを用いたものが提案されており、盛んに研究されている。本論文では、自己組織化マップを用いた輪郭抽出手法の応用として、道路標識の形状抽出への適用の検討を行い、また、濃淡画像に対しても適用できるように改良したアルゴリズムについて述べている。

題目 動的ネットモデルによる形状識別手法の検討

講演者名 ○難波福弥, 植田拓也, 鷺見育亮, 薮木登, 副井裕

学会誌名等 平成18年度電気・情報関連学会中国支部連合大会講演論文集 p. 120

発表年月 2006年10月

概要

画像認識の分野において画像中に存在する物体から輪郭を抽出することは重要な問題であり、多くの論文において取り上げられている。その輪郭線を抽出する手法として現在までに動的輪郭モデルやActive Netなど多くの手法が提案されている。本研究ではActive Netによる領域抽出から得られた輪郭線に対してP型フーリエ記述子を適用し、輪郭形状に対して数値化を行い自己組織化マップ(SOM)による形状識別の手法を

検討した。

題目 A Study on Contour Line and Internal Area Extraction Method by Using the Self-Organization Map

講演者名 ○Takuya Ueta, Yasuaki Sumi, Noboru Yabuki, Susumu Matsumae, Yoshihiro Fukumoto, Takao Tsukutani, Yutaka Fukui

学会誌名等 Proceedings of 2006 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS2006), Yonago, JAPAN pp.685-688

発表年月 2006年12月

概要

Recently, Intelligent Transport System (ITS) is actively developed. There are big development areas in it. Within those areas, the research on detection and recognition of the road sign is one of the most important development areas. In this paper, we show the process improvement in order to extract the contour line and recognize the road sign shape from it. We have proposed the new extraction method of the contour line and internal areas from the road sign instantaneously by using the Self Organization Map (SOM).

題目 顔画像からの視線検出に関する検討

講演者名 ○薮木登, 井上浩行

学会誌名等 平成18年度計測自動制御学会中国支部津山地区計測制御研究会講演会論文集 pp. 19-20

発表年月 2007年2月

概要

近年、日常生活にコンピュータを使用することが増えてきており、コンピュータは強力な道具であり、日常生活のあらゆる場面においてコンピュータを利用する社会が到来しつつある。しかしながらコンピュータを使うには作業をするための知識が必要であり、非熟練者には使いこなすために苦勞することが多かった。そこで視線を利用したインターフェースは、このような問題を解決する可能性を持っていると考えられる。本稿では、現在の視線測定における問題点の改善方法の検討のために、2つの視線測定法を用いて視線を検出した結果について報告している。

題目 画像中の物体抽出における動的ネットモデルの適用に関する検討

講演者名 ○古林佑介, 山川紀大, 薮木登, 鷺見育亮

学会誌名等 平成18年度計測自動制御学会中国支部津山地区計測制御研究会講演会論文集 pp. 21-22

発表年月 2007 年 2 月

概要

従来の方法においては、入力画像中に抽出対象であるターゲットの他に小領域(以下雑音と呼ぶ)が存在する場合に、網のエネルギーが正しく最小化されず、ターゲットのみの捕捉ができない、あるいは反復演算が終了しないといった問題点がある。本研究では、動的ネットモデルでの捕捉能力の改善を目的とし、網のエネルギー(格子点に対応する濃度値)に乱数値を加算し、格子点に対してランダムな変動を発生させることで、その問題を改善する手法の提案と、その手法を用いたサンプル画像に対する従来手法との捕捉の比較を行う。

題目 動的ネットモデルのパターン認識への適用に関する検討

講演者名 古林佑介, ○藪木登, 鷺見育亮, 松前進, 福本善洋

学会誌名等 第20回 回路とシステム軽井沢ワークショップ, pp. 209-213

発表年月 2007 年 4 月

概要

本研究では、特徴抽出の一方法として、動的ネットモデルを用いることを考える。すなわち、パターン認識処理に必要な画像特徴として、動的ネットモデルの捕捉結果における網の格子点の疎密度を採用する。本稿では、速度標識に対する動的ネットモデルでの捕捉結果から疎密度を測定し、その値をニューラルネットワークに入力、学習させることでパターン認識を行うための一方法の提案を行っている。動的ネットモデルを用いることで、対象となる物体の輪郭や内部情報をネットの形状や格子点の疎密で表現でき、また、しきい値処理及び2値化処理を必要としないため、認識処理の簡略化や高速化を図りやすいといった特徴がある。

題目 SOMIによる濃淡画像に対応した輪郭線抽出処理の検討

講演者名 ○植田拓也, 鷺見育亮, 難波福弥, 藪木登, 福本善洋, 築谷隆雄

学会誌名等 第20回 回路とシステム軽井沢ワークショップ, pp. 247-252

発表年月 2007 年 4 月

概要

道路交通システムは、高度道路交通システムへの移行が強く期待されている。車両ドライバーは常に走行環境認識と車両の制御を行わなければならない。見落とされがちな道路標識を機械が自動的に検出、認識するシステムができれば、ドライバーの負担軽減につな

がる。すでに従来手法において道路標識の2値化画像に適用する手法について提案している。しかし、従来手法では特定色抽出の結果である色分布関数によって生成された濃淡画像を2値化していたため、色分布関数の有効性を活かすことができていない。そこで、本論文では色分布関数の有効性を活かすため、濃淡画像に対して直接適用できる手法を提案する。

題目 A Study on Road Sign Shape Recognition Using Active Net

講演者名 ○Fukuya Namba, Yasuaki Sumi, Noboru Yabuki, Takao Tsukutani

学会誌名等 Proceedings of International Technical Conference on Circuits/Systems, Computer and Communications (ITC-CSCC2007) pp.267-268

発表年月 2007 年 7 月

概要

On Intelligent Transport Systems, the road sign detection and recognition from landscape images is actively developed. The examination case was only seen on the shape recognition as the preprocessing of extraction by Active Net. So this paper shows the post processing of extraction and we have succeeded a process application on road sign shape recognition by Active Net.

【宮下卓也】

(講演発表)

題目 津山高専におけるネットワークセキュリティに関する現状と取り組み

著者名 ○宮下卓也, 岡田正, 寺元貴幸, 日下孝二, 最上勲

学会名等 平成18年度 情報教育研究集会

発表年月日 2006年11月25日

概要

津山高専では、プライベートIPアドレスでネットワークを運用しているため、セキュリティに関する深刻な事態は発生していない。ただし、コンピュータウイルスについては、時折ではあるが、問題となっている。特に最近では、Windowsのファイル共有機能によるウイルス拡散が確認された。

津山高専としては、セキュリティポリシーを策定し、学内への周知と徹底に注力している。また、セキュリティに関する講習会を年2回実施している。これに加えて、従来は低学年学生に対して行っていた啓蒙活動だけでなく、高学年学生に対する啓蒙活動も行っている。これは学校だけでなく家庭でのP2P利用に対する

注意の必要性が高まったことに因る。

題目 津山高専の新基幹ネットワークシステム (つな
ネット4)

著者名 ○宮下卓也, 岡田正, 寺元貴幸, 日下孝二,
最上勲

学会誌名等 第27回高専情報処理教育研究発表会
pp. 224~227

発表年月日 2007年8月30日

概要

平成19年3月に全面的な更新作業を行った, 基幹ネットワークシステムに関して, システムの概要と仕様について報告する。

ネットワークについては, 予算の都合上, スイッチのみを更新し, 末端まで1000Mbpsの校内通信網を構築した。

また, 併せて無線LAN装置の更新を行い, 以前はIEEE802.11a方式のみのサービスであったが, 現在はIEEE802.11a/b/g方式に対応した。

【寺元貴幸】

(講演発表)

題目 3次元創造システムを活用した解析支援環境の
構築

著者名 寺元貴幸

学会発表等 第8回PSE Workshop 講演論文集
pp. 75-78

発表年月 2006年9月

概要

3次元の形状データや人間の動作を含めた空間データの入力を行う装置を導入し, 高精度なデータを高速に入力することが可能になれば, 専門教育における効果は大きいと期待できる。そこで, 津山高専が新たに導入した3次元創造システムの概要を報告し, 本システムを利用した解析支援について検討した結果を報告する。

題目 地域組織の情報化支援 V-セキュリティに配慮
したシステムの構築

著者名 松本哲始・高橋原野・鳥家康弘・寺元貴幸・
岡田正

学会発表等 平成18年度電気・情報関連学会中国支部
第57回連合大会講演論文集 p. 343.

発表年月 2006年10月

概要

地元企業の依頼により作成したファイル転送システ

ムに関する報告である。データを管理する事務所と取引先との間で頻繁に重要なデータの転送が行われる。このとき, 利便性を維持しつつ高いセキュリティを兼ね備えた転送システムに関して検討を行いシステムの構築を行ったので報告する。

題目 多面的な評価指数を導入した多次元Webブラウ
ザシステムの構築

著者名 田中強・寺元貴幸・岡田正

学会誌発表等 計測自動制御学会中国支部津山地区制
御研究会平成18年度学術講演会講演文集
pp. 13-14.

発表年月 2007年2月

概要

インターネットから情報を収集するために多くの検索サイトや検索エンジンが開発されている。しかし, ユーザが望んでいる尺度で検索結果を表示することは難しく, また個人の検索履歴が検索結果に反映されることはほとんどない。そこで, ブラウザに機能の追加を行い, 多面的な評価指数を導入して多数のデータを相互に判断しながら, 目的の情報へ迅速にたどり着けるブラウザシステムに関して検討を行い報告した。

題目 地理情報システムによる各種情報提供サー
ビスに関する研究

著者名 久手堅未季・寺元貴幸・岡田正

学会誌発表等 計測自動制御学会中国支部津山地区
計測制御研究会平成18年度学術講演
会講演論文集 pp. 15-16.

発表年月 2007年2月

概要

災害時に避難場所や危険箇所を迅速に知ることは大変重要である。そのために多くの防災マップが作成されている。しかし本当に必要な情報は, 限られた地域に密着した非常に詳細な情報であり, これらを十分に整理した防災マップが求められている。今回は地理情報システム(GIS)を活用して, できるだけ利用者の負担を減らしつつ, 精度の高い防災マップを作成する方法について検討を行ったので報告した。

題目 ネットワーク分散型教育用PSEシステムに
おけるデータベース設計に関する考察

著者名 寺元貴幸, 高橋原野, 岡田正, 川田重夫

学会発表等 第12回日本計算工学会計算工学講演会論
文集 Vol. 12 pp. 703-706.

発表年月 2007年5月

概要

教育現場で利用されるPSEシステムにおいて、学生の操作履歴情報の管理は非常に重要なデータとなる。この膨大なデータを管理し、教員に適切な状態遷移を報告するためにはデータベースシステムが不可欠となる。今回はこのデータベースシステムの設計と具体的な運用に関して報告している。

題目 地理情報システムによる各種情報提供サービスに関する研究

著者名 寺元貴幸・下西二郎・宮下卓也・日下孝二・岡田正・最上勲

学会誌発表等 第27回(平成19年度)高等専門学校情報処理教育研究委員会研究発表会
論文集 pp.124-127.

発表年月 2007年8月

概要

現在高専・大学では日本技術者教育認定機構(JABEE)や認証評価のために、定期試験の答案を成績資料として保管することが必要となっている。津山高専でも平成15年度から答案を全てコピーして保存してきたが、コストや保存場所の問題から継続が困難になってきた。そこで、平成17年度に答案を電子化して保存することが検討され、年度末にシステムを購入、18年度の前期中間試験から正式にすべて電子化して保存することとなった。今回は、この答案管理システムの概要と、運用状況について報告したい。

題目 ライセンスマネージメントシステムと3次元造形システムの流体部門への応用

著者名 寺元貴幸

学会発表等 解析支援ネットOKAYAMA第3回セミナー発表資料 pp.31-43.

発表年月 2007年8月

概要

非常に高価で十分な数のライセンスを購入できない場合、限られたライセンスを十分有効利用して使用する必要がある。今回は、このような限られたライセンスの利用率を高めるための支援システムについて報告した。また、このシステムと3次元造形システムを利用して流体分野の解析に応用した例について報告する。

題目 津山高専における定期試験の答案管理システムの概要

著者名 寺元貴幸, 下西二郎, 宮下卓也, 日下孝二, 岡田正, 最上勲

講演者名等 寺元貴幸

学会名等 第27回高専情報処理教育研究発表会
pp.124~127

発表年月日 2007年8月30日

概要

現在高専・大学では日本技術者教育認定機構(JABEE)や認証評価のために、定期試験の答案を成績資料として保管することが必要となっている。津山高専でも平成17年度に答案を電子化して保存することが検討され、年度末にシステムを購入、18年度の前期中間試験から正式にすべて電子化して保存することになったのでこの答案管理システムの概要について報告する。

【菊地洋右】

(論文)

題名 Hamiltonian laceability of bubble-sort graphs with edge faults

著者名 Toru Araki and Yosuke Kikuchi

学会名等 Information Sciences pp2679-2691

発表年月 2007年1月

概要

It is known that the n -dimensional bubble-sort graph B_n is bipartite, $(n-1)$ -regular, and has $n!$ vertices. We first show that, for any vertex v , $B_n - v$ has a Hamiltonian path between any two vertices in the same partite set without v . Let F be a subset of edges of B_n . We next show that $B_n - F$ has a Hamiltonian path between any two vertices of different partite sets if $|F|$ is at most $n-3$. Then we also prove that $B_n - F$ has a path of length $n!-2$ between any pair of vertices in the same partite set.

【平田克己】

(講演発表)

題目 4点検出信号のバイスペクトル解析による3次元音源定位

講演者名 ○平田克己

学会名等 第21回信号処理シンポジウム講演論文集
C9-1

発表年月日 2006年11月17日

概要

有用な音環境認識システムの構築を目指して、4点検出信号のバイスペクトル解析による単一音源の3次元位置推定法を提案した。本手法は検出信号の自己および相互バイスペクトルの振幅と位相から、検出点から音源までの距離比と距離差の情報をそれぞれ抽出し、

最終的に単一音源の3次元位置を推定するものである。バースペクトル解析によれば、従来のパワースペクトル解析に比べて、ガウス性雑音の影響を受けにくいことが期待できる。本稿では提案手法の原理を説明した後、理想的な環境を想定して実施した基礎実験結果の評価を通して、本手法の妥当性と有効性、今後の課題を明らかにしている。

【曾利 仁】

(講演発表)

題目 ニューラルネットワークを用いた風速予測法

講演者名 ○小椋洋介, 曾利 仁

学会誌名等 平成18年度津山地区計測制御研究会講演会講演論文集, pp. 23-24

発表年月日 平成19年2月3日

概要

これまでの風速予測に基づく風力発電量予測法は、大量の気象データや地形データを用いて複雑な微分方程式を解析する必要があった。本稿では、気象データのみを用い数学モデルに拘束されない予測手法として、パターン学習により10分先の風速予測を可能とするニューラルネットワークを用いた手法を提案し、その有効性をシミュレーション結果により確認している。

題目 階層型ニューラルネットワークを用いた短時間先風速予測

講演者名 ○曾利 仁, 安野 卓

学会名等 平成19年電気学会全国大会講演論文集, No. 7-032, p. 48

発表年月日 平成19年3月17日

概要

我が国の風力発電の導入量は1990年代から急増し、2005年末で約100万kWに達しており、さらに、2010年までに300万kWにすることを政府目標として掲げられている。しかし、導入されている風力発電のほとんどが電力系統と連系されているが、風力発電出力は、風によって大きく変動するため、周波数変動問題による電力系統への影響が懸念されている。一定期間先の風速を予測し未来の風力発電量を把握することで、電力系統の安定を保ったり、発電される電力を計画的に運用できることが考えられる。本稿では、ニューラルネットワークを用いて10分先の平均風速を予測する手法を提案しその有効性をシミュレーション結果により確認している。

【佐々井祐二】

(講演発表)

題目 有限密度格子QCDにおけるフェルミオン行列の固有値

発表者名 ○佐々井祐二

講演会名 佐賀大学理工学部特別講演会

発表年月日 2006年10月16日

概要

クォークの閉じ込めなどハドロン物理の簡単な解説を行った後、高エネルギー物理や宇宙物理についての情報を得ることが期待されている有限密度格子QCD(量子色力学)におけるフェルミオン行列の位相、固有値分布の様相について、数値計算の結果を紹介した。講演時間は1時間30分であった。

題目 ActionScriptを利用した教材開発

著者名 ○稲垣知宏, 長登康, 隅谷孝洋, 中村純, 佐々井祐二, 深澤謙次

学会誌名等 平成18年度情報教育研究集会講演論文集 pp. 750-753

発表年月日 2006年11月25日

概要

Macromedia Flashは、現在、最も広く利用されているWeb上のインタラクティブコンテンツ開発環境の一つである。本論ではこのFlash上で私用できるスクリプト言語Action Scriptによる電子教材開発の試みについて紹介し、教材開発の負荷、必要な体制、及び授業での利用について報告した。

題目 シミュレーション物理教材「ePhysics」を用いた実験授業

著者名 ○佐々井祐二, 稲垣知宏, 中村純, 林雅子, 長登康, 隅谷孝洋, 深澤謙次

学会誌名等 平成18年度情報教育研究集会講演論文集 pp. 754-757

発表年月日 2006年11月25日

概要

シミュレーションを可能とする電子教材は、学習者の基礎概念把握や興味喚起に効果的であると期待されている。自然科学の学問体系としては理論と実験に加え、近年のIT基盤の整備と共にシミュレーションも重要な手法となってきた。学習者はシミュレーションによりユビキタスでオンデマンドに自然科学現象を繰り返し確認することが可能である。我々は物理を中心とした数理科学の電子教材「ePhysics」のWebサイトを立ち上げ、内容の充実を図っている。本発表では、2006年2月に大島商船高専と呉高専の5クラスに対して実施した「ePhysics」の実験授業の様子と学生の反応、また、高専の授業における「ePhysics」利用の可

能性について報告した.

題目 有限化学ポテンシャルにおける QCD フェルミオン行列の固有値

著者名 ○佐々井祐二, 中村 純, 高石哲弥

学会誌名等 日本物理学会2007年春季大会講演概要集
第1号第1分冊 p. 14

発表年月日 2007年3月28日

概要

有限密度格子 QCD では、経路積分の測度が複素数となるため、数値積分が困難になる。低密度領域から密度を増していくと、パイオン質量の辺りで共役勾配法の数値計算が収束しなくなるが、高密度領域では再び収束していく。我々は $8^3 \times 4$ 格子上で固有値分布をランダム行列で説明することを目指している。ランダム行列のための準備計算として、 6^4 格子上の固有値分布密度を計算し、Akemann 達のランダム行列の計算結果と一致することを確認した。また、 $8^3 \times 4$ 格子上の固有値分布密度と完全ではないがパラメータフィッティングしたランダム行列の計算結果を比較した。

【三浦 和久】

(講演発表)

題目 黒鉛の繰り返し高温処理と N_2 吸着等温線の形状変化

講演者名 三浦和久, 柳沢 寛

学会名等 第12回高専シンポジウム講演要旨集, p. 101

発表年月日 2007年1月27日

概要

予め 31%過酸化水素水で液相酸化した天然黒鉛を N_2 気流中において 1000°C で熱処理した後、液体窒素温度で N_2 吸着を行った。この熱処理と吸着測定サイクルを6回繰り返した。熱処理回数が増えるに従い N_2 吸着量は漸減して行き、吸着等温線はステップを持つものの、その形状はⅡ型に近いものから、徐々にステップが際立った階段状等温線に近づいた。このような吸着量の減少と等温線形状の変化を黒鉛プリズム面に存在する細孔の容積とその分布の変化で説明した。

【俣野好治】

(その他)

題目 全国図書館大会(岡山大会)によせて-高等専門学校図書館の視点から

著者名 俣野好治

発行所名等 日本図書館協会短大・高専図書館部会

『2007 JLA 短大・高専図書館部会報』

pp. 1-2

発行年月 2007年3月

概要

昨年10月に第92回全国図書館大会が岡山市で開催され、大会運営委員として第2分科会・第2分散会(高専図書館)の企画・運営に従事した関係から、その様子を記した上記の報告の執筆を求められた。まず、3本の事例発表を簡単に紹介したあと、当日の質疑応答をふまえ、特に全国の高専図書館が共通して抱える問題として、図書館職員の減員と、予算の削減があることを指摘し、こうしたなかで、いかにして学生や他の利用者へのサービスを維持・向上させるかが焦眉の課題であり、そのためには全国の高専図書館の連携を図る組織が必要であることを力説した。

題名 高等専門学校図書館

著者名 俣野好治

発行所名等 日本図書館協会『図書館年鑑 2007』

pp. 75-76

発表年月 2007年7月

概要

昨年一年間の高専図書館の概況を、「高等専門学校図書館の動向」と「研究会・会議」の二つの項目に分けて記した。前者においては、高専図書館が置かれている状況と、そうした現状からどのような課題が導き出せるのかを略述した。後者の項目ではこの一年間に全国で高専図書館に関して開催された会議・研修会等をまとめた。取り上げたのは、第92回全国図書館大会高専分散会・第8回高等専門学校および技術科学大学図書館情報シンポジウム・各地区高専図書館協議会・各地区高専図書館懇談会・各地区高専図書館長会議などである。

【大田 肇】

(著書)

題目 「イギリス軍法会議とイラク占領」

著者名 大田 肇

発行所 岡山人権問題研究所

雑誌名等 『人間と社会』第2号 pp109-122

発表年月日 2007年3月25日

概要

アメリカ軍と共にイラク戦争および引き続く占領に参加したイギリス軍であったが、特にその占領に関しては準備不足から、イギリス兵によるイラク民間人殺害、捕虜虐待などの問題が多発した。それらの中から5つの事件を取り上げ、軍法会議その他のイギリス司法

制度が如何に機能したか、しなかったのかを具体的に検証した。

(講演発表)

題目 戦争開始権限をめぐる報告書その他の検討

講演者名 大田 肇

学会名等 イギリス憲法研究会

発表年月日 2007年8月29日

概要

「ウェストミンスターモデルの再検証と立憲主義憲法論の可能性についての総合的研究」をテーマとした共同科研(2006～08年)の2年目の研究会。大田は上記の題目のもと、国王大権にもとづき実質的には首相が行使してきた戦争開始権限につき、国会の関与を認めようとする案につき、庶民院・公行政特別委員会報告書、貴族院・憲法問題特別委員会報告書および最近の『The Governance of Britain』などで提示された内容を比較検討したものを報告した。

【杉山 明】

(講演発表)

題目 津山高専上海研修旅行実施レポート

講演者名 杉山 明

学会名等 国立高等専門学校機構主催

平成19年度教育教員研究集会

発表年月日 2007年8月9-10日

概要

平成16年度から、毎年12月に実施されている津山高専の上海研修旅行に関する実施上のノウハウ、問題点、教育効果等をレポート。特に自主活動においてはリスクが大きい、だからこそ参加学生の人間力向上に資するものは多く、勇気を持って実施する価値を訴えた。

(その他)

題目 お「食」辞海

著者名 杉山 明

発行所名等 中国語世界

発表年月日 2004年5月27日～

概要

「中国語世界」は隔週刊の中国語学習誌である。筆者は中国の食文化紹介のコーナーとして、2004年5月27日号から「お食辞海」という連載を行っている。2004年5月から始まった連載は、2007年8月で、すでに137回に達している。2007年9月以降も連載継続の予定である。

題目 食いしん坊旅行会話

著者名 杉山 明

発行所名等 中国語ジャーナル

発行年月日 2006年4月～2007年3月

概要

「中国語ジャーナル」は月刊の中国語学習誌だが、筆者はバッキー村山のペンネームで、中国語会話の練習コーナーとして、表記の連載を行っている。会話練習とともに、中国におけるレストラン事情、背景知識を紹介し、実際の会話の助けとなるように努めている。2006年4月号から連載が始まり2007年3月号で連載を終了した。

【稲田知己】

(講演発表)

題目 技術哲学の可能性——カッシーラー・三木・ハイデッガー——

著者名 稲田知己

学会誌名等 実存思想協会・ドイツ観念論研究会共催
第15回シンポジウム

発表年月日 2006年9月30日

概要

この研究発表で検討したのは、20世紀の哲学者のなかで卓抜な技術論を唱えたことで知られるマルティン・ハイデッガーと、かれと面識のあった2名の哲学者、すなわち、エルンスト・カッシーラーと三木清とである。きわめて興味深いことに、この3名はおよそ1930年代から、それぞれ自分なりの仕方で、〈技術〉を哲学的に主題化していた。そこには共通点もあれば相違点もあった。この哲学的回想のなかから〈技術哲学の可能性〉が浮かび上がってこないかどうか、こうした問題系を追跡したのが本発表である。

題目 稲田知己著『存在の問いと有限性』の合評会

著者名 稲田知己

学会誌名等 ハイデッガー研究会・2007年春の特別企画

発表年月日 2007年3月24日

概要

筆者が公刊した著書『存在の問いと有限性——ハイデッガー哲学のトポロギー的究明——』(晃洋書房2006年)について、その合評会をハイデッガー研究会が主催した。当日は延々6時間にわたって白熱した討論がおこなわれ、この合評会はなんとか企画倒れにはならなかったようである。なお、同書の書評もあるが、それについては、実存思想協会編『レヴィナスと実存思想・実存思想論集XXII』(理想社 2007年6月) pp.

195-199 を参照されたい。

【松田 修】

(著書)

題目 ドリルと演習シリーズ 微分積分

著者名 阿蘇 和寿, 松田 修, 横谷 正明, 他

発行所名等 石川工業高等専門学校 (TAMS プロジェクト 4)

発表年月 2007 年 3 月

概要

高専数学教員 25 名で構成された TAMS プロジェクト 4 において、微分積分に関するドリルを作成した。このドリルは 1 テーマについて、表裏の 2 ページで構成されており、表面に基本的な問題と解法を載せ、裏面は基本的な問題と演習問題を載せた教育的なものである。

題目 ドリルと演習シリーズ 線形代数

著者名 阿蘇 和寿, 松田 修, 横谷 正明, 他

発行所名等 石川工業高等専門学校 (TAMS プロジェクト 4)

発表年月 2007 年 3 月

概要

高専数学教員 25 名で構成された TAMS プロジェクト 4 で線形代数に関するドリルを微分積分のドリルと平行して作成した。やはりこれも 1 テーマについて、表裏の 2 ページで構成されており、表面に基本的な問題と解法を載せ、裏面は基本的な問題と演習問題を載せた教育的なものである。

(講演発表)

題目 Classification of algebraic curves on ruled surfaces with irregularity one

著者名 松田 修

学会名等 研究集会：射影多様体の幾何とその周辺 2006 (於：高知大学)

発表年月 2006 年 11 月

概要

本発表では、論文「Classification of algebraic curves on ruled surfaces with irregularity one」の研究内容を報告した。その主な内容は、一般型の線織面とその上の代数曲線との対に関する 11 の主系列と 31 の例外系列の合計 42 の分類表に関する結果の概要である。さらにワイエルシュトラスのペー関数による具体的な曲線の構成法と、アフラインバンドル上の超楕円曲線の存在性と対の 2 種数と自交点数による特徴付けについても論じた。

題目 JSEC 参加報告 (k-パスカル三角形の自己相似性の研究)

著者名 松田 修

学会名等 数学教育の会年会 (於：学習院大学)

発表年月 2007 年 1 月

概要

12 月に行われた朝日新聞主催の日本科学技術コンテスト (JSEC2006) において津山高専 3 年生井上・山本の二人がこの三年間に行った k-パスカル三角形の自己相似性の研究を発表し、優秀賞を得た。本講演では、その内容とその教育的意義について述べた。さらにこのコンテストの科学教育全体に与える影響、並びにアメリカで行われる国際科学技術コンテスト (ISEF) の内容について報告した。

題目 JSEC 参加報告 (k-パスカル三角形の自己相似性の研究)

著者名 松田 修

学会名等 木更津高専特別研究発表会

発表年月 2007 年 2 月

概要

木更津高専では毎年この時期に 3 年生による特別研究発表会を行っている。著者はそのゲストとして参加し、本講演を行った。まず、津山高専 3 年生井上・山本のビデオ講演を行った。その後、彼らが取り組んだこの研究のこれまでの経緯を紹介した。

題目 k-パスカル三角形の自己相似性の研究

著者名 松田 修

学会名等 フィボナッチ研究会 (於：東京海洋大学)

発表年月 2007 年 3 月

概要

フィボナッチ研究会において津山高専 3 年生井上・山本の研究が高く評価されぜひその内容を詳しく知りたいという依頼を受けた。それを受けて、津山高専 3 年生井上・山本のビデオ講演と、彼らが取り組んだこの研究のこれまでの経緯を紹介し、さらに K-フィボナッチ数列との関係性についても論じた。

題目 高専における数学教育

著者名 松田 修

学会名等 鈴鹿高専談話会

発表年月 2007 年 3 月

概要

津山高専 3 年生井上・山本の k-パスカル三角形の自己相似性の研究は、どのようにして始められたのか、その教育的方法はどのようなものだったのかを発表し、

高専における数学教育とはどうあるべきかについて議論した。

題目 On the self similarities of the k-Pascal triangles.

著者名 松田 修

学会名等 4th EAST ASIA REGIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS EDUCATION (PENANG, MALAYSIA)

発表年月 2006年6月

概要

We begin by recalling k-Pascal triangles. For example, 2-Pascal triangle, i.e. Pascal triangle, is a triangle of numbers which are coefficients of $(x+1)^n$. The 3-Pascal triangle is a triangle of numbers which are coefficients of $(x^2+x+1)^n$. In the same way, we can get the k-Pascal triangle when $k>3$, too.

It is well known that the 2-Pascal triangle by modulus 2 is Sierpinski's gasket. The two students of mine studied the structure of self similarity of k-Pascal triangle for any k. Consider the first two lines to be one unit, when one wants to see the self similarities of the k-Pascal triangles. The following are conjectures:

(C.1) The k-Pascal triangle by modulus p has the self similarity for any k, when p is prime number.

(C.2) We need to neglect some lines and rows to see the self similarity. For example, 3-Pascal triangle by modulus 5 has seven lines and six rows that should be neglected.

(C.3) Let L be the number of lines that should be neglected, and R the number of rows that should be neglected. Then we have the equality $L-R=k-2$.

(C.4) If $p^{s-1} < k \leq p^s$, we have the equality $L-R=k-2$, where $s=0,1,2,\dots$

Names of the students are Mr. Inoue and Ms. Yamamoto. They were awarded the second prize for the study at the U-18 science research contest of Japan Society for Science Education, in August 2006.

題目 高専第3学年学習到達度試験(数学)の実施と評価について

著者名 ○佐藤義隆, 梅野善雄, 長水壽寛, 松田 修, 柳井 忠

学会名等 日本数学教育学会高専・大学部会

発表年月 2007年8月

概要

全国に55校ある国立高専は、平成16年に独立行政法人国立高等専門学校機構として統合された。基礎学力を重視したいという機構の考えにより、全高専の3年生を対象とした到達度試験を毎年実施することが専

門部会及び教育・FD委員会(理事と校長による委員会)により決定され、平成19年1月に数学の試験を試行することとなった。平成18年4月に理事1名、校長2名、高専数学教員5名を構成委員とする学習到達度試験実施専門部会(数学)が発足し、問題内容について慎重に検討を重ねた上で、平成19年1月に全55高専の参加により試験が実施された。筆者達5名は、平成18年4月に数学の出題委員を依頼された。本論文では、問題作成までの経緯と出題の意図を踏まえながら、試験結果から見えてくる国立高専の学生の現状を高専教員の視点で分析し、今後の課題を述べる。試験結果の詳細な分析は実施専門部会からの報告で公表されている。本論文では、専門部会報告をさらに掘り下げて現状と課題を考察した。

題目 高専3年生の研究(k-パスカル三角形の研とその後)

著者名 松田 修

学会名等 新居浜高専FD研修会

発表年月 2007年8月

概要

津山高専の学生が、どのようにしてk-パスカル三角形の研究を行ってきたかその経緯について述べ、さらに現在課外活動として行っている学生研究である、擬カプレカ数の研究、自然数aのn乗の研究、n次元 lattice pointsの研究、のこれまでの研究結果を紹介した。そして、これらの学生達がどのようにしてこれらの研究に着手していったか、そしてどのような数学的活動を行って自分たちの結論へ到達したかについて講演した。

【横谷正明】

(著書)

題目 ドリルと演習シリーズ2 微分積分

著者名 阿蘇和寿, 松田修, 横谷正明, 他

発行所等 石川工業高等専門学校(TAMSプロジェクト4)

発行年月日 2007年3月31日

概要

拙著「ドリルと演習シリーズ 基礎数学」に続く第2著目、「微分積分」に関するドリルである。前著同様に効果的な活用と実践を踏まえて項目を厳選し、1項目につき表と裏を合わせて1枚になるようにした。表ページには達成項目と例題および解説を載せ、裏ページにはドリルとその発展問題としての演習を載せた。授業中の小テスト、あるいは課題などで使いやすくなるよう試みている。また、問題に極端な偏りがないよう勤めてある。

題目 ドリルと演習シリーズ3 線形代数
著者名 阿蘇和寿, 松田修, 横谷正明, 他
発行所等 石川工業高等専門学校 (TAMS プロジェクト 4)

発行年月日 2007 年 3 月 31 日

概要

拙著「ドリルと演習シリーズ 基礎数学」, 「ドリルと演習シリーズ2 微分積分」に続く第3 著目, 「線形代数」に関するドリルである. 前著同様に効果的な活用と実践を踏まえて項目を厳選し, 1 項目につき表と裏を合わせて 1 枚になるようにした. 表ページには達成項目と例題および解説を載せ, 裏ページにはドリルとその発展問題としての演習を載せた. 授業中の小テスト, あるいは課題などで使いやすくなるよう試みている. また, 問題に極端な偏りがないよう勤めている.

(論文)

題目 Iterated Cyclic Homology

著者名 K. Kuribayashi and M. Yokotani

学会誌名 Kodai Mathematical Journal pp. 19-40

発表年月 2007 年 3 月

概要

From the viewpoint of rational homotopy theory, we introduce an iterated cyclic homology of connected commutative differential graded algebras over the rational number field, which is regarded as a generalization of the ordinary cyclic homology. Let T be the circle group and $\mathcal{H}(T^l, X)$ denote the function space of continuous maps from the l -dimensional torus T^l to an l -connected space X . It is also shown that the iterated cyclic homology of the differential graded algebra of polynomial forms on X is isomorphic to the rational cohomology algebra of the Borel space $ET \times_T \mathcal{H}(T^l, X)$, where the T -action on $\mathcal{H}(T^l, X)$ is induced by the diagonal action of T on the source space T^l .

【古樋直己】

(その他)

題名 一般教養・専門教養の傾向と対策 英語科

著者名 古樋直己

学会誌名等 教職課程増刊号 (協同出版) 2006 年 11 月臨時増刊号 (第 32 巻第 17 号) p. 43

発表年月日 2006 年 11 月 10 日

概要

おもに中学校, 高等学校の英語教員志望者を対象とした教員採用試験についての記事である.

題名 じっくり考える電験第2 種講座 理論 直流回路

著者名 古樋直己

学会誌名等 電気計算 (電気書院) 2007 年 1 月号 (第 75 巻第 1 号) pp. 103-108

発表年月日 2007 年 1 月 1 日

概要

第二種電気主任技術者国家試験の「理論」科目のうち直流回路の一部について解説した.

題名 じっくり考える電験第2 種講座 理論 交流回路

著者名 古樋直己

学会誌名等 電気計算 (電気書院) 2007 年 2 月号 (第 75 巻第 2 号) pp. 103-108

発表年月日 2007 年 2 月 1 日

概要

第二種電気主任技術者国家試験の「理論」科目のうち交流回路の一部について解説した.

題名 じっくり考える電験第2 種講座 理論 過渡現象

著者名 古樋直己

学会誌名等 電気計算 (電気書院) 2007 年 3 月号 (第 75 巻第 3 号) pp. 104-108

発表年月日 2007 年 3 月 1 日

概要

第二種電気主任技術者国家試験の「理論」科目のうち過渡現象の一部について解説した.

題名 電験3 種合格”パスポート”

著者名 古樋直己

学会誌名等 新電気 (オーム社) 2007 年 6 月号付録 (第 61 巻第 6 号) pp. 13-36

発表年月日 2007 年 6 月 1 日

概要

第三種電気主任技術者国家試験受験者向けの直前対策書における「理論」科目全般の解説である. このテキストは, 毎年 6 月にオーム社主催で東京, 大阪などで行われる「電験三種突破研究会」で使用される. 筆者は 2000 年よりおもに大阪会場の講師も担当している.

【穴山朝子】

(著書)

題名 『資料集③』

著者名 穴山朝子, 桜井佳乃, 保延有美, 山川晴美,
若林美佐知

発行所名等 成蹊学園史料館 pp1-213

発行年月日 2007年3月31日

概要

教育者として知られる中村春二の理論実践の場として1906年に設立された東京都吉祥寺の成蹊(学)園の学園史のうち, 第二次世界大戦中の1944年までの史料および年表を編纂したもの。

題名 「シリーズ学園史料を読む」

『成蹊学園広報』vol 65

著者 穴山朝子

発行所名等 成蹊学園 p.20

発行年月日 2007年4月1日

概要

成蹊学園史料館が東京都の博物館相当施設に認定されたことを契機に始まったシリーズで今回は著者が担当した。

主に学園生の父兄および成蹊大学生を読者対象とし, 史料館の所蔵史料について解説したものである。設立者中村春二は「かながき」広め会や, 鍛錬教育などユニークな教育方針で知られるが, そのうち大正期の断食会と修養会と彼の教育思想についてとりあげた。

【かどやひでのり】

(著書)

題名 「言語権から計画言語へ」『ことば／権力／差別
言語権からみた情報弱者の解放』(ましこ・ひでのり編) pp. 107-130.

著者名 かどやひでのり

発行所名 三元社

発行年月 2006年12月

概要

言語権概念の普遍的意義を基礎として, 権力関係に着目したコミュニケーションの一般的分析をおこない, 言語をめぐる差別の一部分は計画言語の採用によってのみ解決可能であることを論証した。1, 言語権／言語差別という概念, 2, 言語差別のあらわれかた, 3, 構造化された優位性, 4, 第一言語話者がもつ権力, 5, あゆみよらせるカーコミュニケーションの個別状況における権力, 6, 第一言語話者不在のコミュニケーション, 7, 英語は平等をもたらすか, 8, 計画言語という選択肢

(論文)

題目 「教育における人格概念の位置と機能—高等専門学校などにおける課外活動の検討をもとに—」

著者名 かどやひでのり

学会名等 『日本高専学会誌』第12巻第2号(通巻第46号) pp. 87-93

発表年月 2007年5月

概要

日本では, 「人格」という概念が教育実践内容の目的・効果を説明するに際して常套的に使われる。とくに学校教育で重視されている課外活動はもっぱら「人格の陶冶」にその教育的意義があるとされている。しかし, 人格・人間性といった高度に抽象的な概念があらわすものの「向上」を教育目標にすえることが教育にもたらしている弊害はちいさくない。かような問題意識のもとで, 本稿は, 高専の課外活動を題材として, 人格概念を教育目標とし, 実践内容の合理化のための手段とすることが教員・教育組織による教育の説明責任放棄を可能にし, 教育の質低下をまねくこと, そのなかには, 体罰肯定などの深刻な弊害もふくまれていることを論じた。

(講演発表)

題目 「言語規範にみるエスペラントの特性」

講演者名 かどやひでのり

学会名等 日本エスペラント学会研究発表会

発表年月日 2006年10月7日

概要

言語規範の根拠をどこにもとめるかという二つの立場(記述主義と規範主義)と言語民主主義の関係については, 一般的に記述主義が言語民主主義と親和的であるとされている。しかし, 平等なコミュニケーションの達成を目的とする

計画言語に関しては, 記述主義の採用が言語民主主義的な計画言語本来の機能そのものをそこねるのであり, 規範主義の採用がのぞましいこと, すなわち, 非計画言語と計画言語では, 言語民主主義という観点からみると, 規範主義・記述主義との関係のしかたが逆転していることをしめした。

題目 「戦後日本における識字運動の構造」

講演者名 ○かどやひでのり

学会名等 日本言語政策学会

発表年月日 2007年6月17日

概要

既存の識字運動が前提としている言語規範は非識字者差別をうんでいる, よみかき能力を自明視する社会すなわち識字者のイデオロギーである。そのため識字運動は差別解消をめざしながら非識字者差別をうみだ

すという矛盾を抱えている。識字運動のイデオロギーには少数者に対し「自分が変わること」(識字者化)によって多数派に加わるべきとする同化主義的な性質がある。ここにはある種の循環構造がみられる。非識字者を排除するイデオロギーとそれにもとづく社会のありかたが社会の「外部」に識字運動をうみだしているが、その識字運動自体も同じ規範を出発点としており、識字運動が必要とされるような社会状況を肯定・再生産しているのである。

(その他)

題目 "ĉu lernomalfacileco de lingvo povas estibonvena?",

著者名 OKADOJA Hidenori

出版社 LaRevuoOrienta, 75-5 (JapanoEsperanto-Instituto), pp. 23-4

発表年 2007

概要

言語学習・習得の困難度と言語権・コミュニケーション権、言語学習観の関係について、スウェーデン語を事例に論じ、社会言語学上のひとつの課題をしめした。

編 集 ワーキング・グループ

座長 中 岡 尚 美

座長（五十音順）

伊 藤 國 雄 大 平 栄 二

里 吉 昭 宣 杉 山 明

三 浦 和 久 吉 富 秀 樹

津 山 工 業 高 等 専 門 学 校 紀 要

第 4 9 号

平成20年 2 月 29 日 発行

発行者 津山工業高等専門学校
津山市沼 6 2 4 - 1

印刷所 株式会社 廣 陽 本 社
津 山 市 田 町 2 2