

ISSN 0287 - 7066

津山工業高等専門学校紀要

第 53 号

BULLETIN
OF
TSUYAMA NATIONAL COLLEGE OF TECHNOLOGY
NO. 53

2011

目 次

論文

超高圧水銀ランプの電極温度測定システムの構築	植月忠夫・辻林貴司	1
基礎的な電子回路設計を学習するための 生体の情報処理に基づくアナログ電子回路	西尾公裕・岩本 瞬	7
単鞭毛型アクチュエータにおける流速特性の考察	山本吉範・池内雄大	11
変則三目並べゲームライトスリーの必勝手順	和田祥司・大西 淳	17
哲学と建築の学術的研究-ハイデッカー居住論とモダニズム建築における「住む」-	稲田知己	21
Planlingvo kiel unu el la konsekvencoj de lingva rajto - el lingva rajto al planlingvo -	KADOJA Hidenori	33
水平線俯角による地球半径測定	岡本成二・佐藤 誠	45
On an estimate of the Kloosterman zeta function	Eiji YOSHIDA	51
天文台構築と天文教育活動	佐々井祐二	59
曲線の特異点に付随する局所環の余次元によるイデアルの分類について注意	渡利正弘	65

研究調査報告

熱電発電によるディーゼル機関の排熱回収	福田昌准	69
電気電子創造演習への LED マトリックスの表示制御の導入	前原健二	73
ウェブユーザインタフェース評価基準を適用した ウェブサイトのユーザビリティ評価	大谷 舞・岡田 正	79

校外における研究発表等

校外における研究発表等	85
-------------------	----

論文

Tsuyama-castle Function and Matrix Art	Shigeru ARIMOTO	107
--	-----------------------	-----

論文

超高圧水銀ランプの電極温度測定システムの構築

植月 唯夫* 辻林 貴司**

Study on the measurement system to evaluate the electrode temperature in super-high-pressure mercury lamps

Tadao UETSUKI and Takashi TUJIBAYASHI

Thoriated tungsten ($\text{ThO}_2\text{-W}$) is popularly used for the electrodes in super-high pressure mercury lamps (SHPs) used in semi-conductor processing. However, $\text{ThO}_2\text{-W}$ is not desirable for the global environment because of its radioactivity. Therefore it would be very valuable to make a new non-radioactive material to replace $\text{ThO}_2\text{-W}$ as the electrode, and many research efforts have been attempted for this purpose. However, the materials which were researched till now could not improve upon $\text{ThO}_2\text{-W}$ lifetime when they were used as the electrode in the lamps. To evaluate the lamp life the electrode temperature and its distribution are very important, because the lamp life has the close relations with them. However to measure the electrode temperature of a SHP is very difficult because of its plasma radiation. We report the new optical method to evaluate the tungsten electrode temperature of SHP.

Key words: Super-high pressure mercury lamp, Thoriated tungsten, Radioactivity, Electrode temperature

1. 緒 言

半導体製造の一工程のフォトリソグラフィには超高圧水銀ランプが使用されている(図1参照)。



図1 超高圧水銀ランプの外管

このランプは数 mm の電極間距離に数 A~数十 A の電流を流す必要があり、電極性能がランプの性能・信頼性に大きな影響を及ぼす。現在このランプに使用されている電極材料はトリエーテッドタングステンであるが、この材料は微量ではあるが放射性を有している。そのためにそれに代替されるべき電極の創出が望まれている。これまでに数

多くの研究がなされてきた^{1)~4)}が未だにトリエーテッドタングステンに代替できる電極材料は創出されていない。津山高専ではこの課題に対して、電極材料だけでなく電極の粒界形状に着目して研究を行っている。この研究を進める上で、電極温度や電極温度の分布を把握することは非常に重要である。電極温度は、高すぎると蒸発が激しくなり、寿命に大きな影響を及ぼす。また温度分布は、ランプの性能を左右するプラズマの広がり把握するのに非常に重要である。フォトリソグラフィではこのランプからの紫外線放射を集光して利用しており、プラズマが広がると集光効率が悪くなり性能が悪くなるためである。我々は、ランプ点灯中の電極温度・温度分布を測定するために、スペクトル測定から温度を求める計測システムの構築を行ったので報告する。本報告の構成であるが、2節で物体の温度と物体から放射されるスペクトルの関係についての基礎知識を整理し、3節で現在利用されている測定方法の紹介、およびその測定方法により点灯中の超高圧水銀ランプの電極温度を測定することの難しさを述べる。そして4節でその困難さを克服して構築した測定方法とその結果を5節で考察を述べ、最後に6節でまとめを行う。

原稿受付 平成 23 年 8 月 31

*電気電子工学科

**電気電子工学科 5 年

2. 温度計測に関する基礎知識

物体はその温度に応じた光(電磁波)を放射する。物体が黒体である場合、その光の分光放射輝度(波長 λ での単位波長幅あたり、単位立体角あたり、単位投影面積あたりの放射束) $L(\lambda, T)$ と熱力学的温度 T との関係を表したものがプランクの放射則であり次式で与えられる⁵⁾。

$$L(\lambda, T) = \frac{C_1}{\lambda^5} \frac{1}{\exp\left(\frac{C_2}{\lambda T}\right) - 1} \quad (1)$$

$L(\lambda, T)$; 分光放射輝度($\text{W} \cdot \text{m}^{-3}$)

λ ; 物体から発散する放射の波長(m)

T ; 物体の絶対温度(K)

$C_1 = 2\pi^5 c^2 h^6 / 15 = 3.75140 \times 10^{-16} \text{ W} \cdot \text{m}^2$

$C_2 = hc/k = 0.014388 \text{ m} \cdot \text{K}$

c ; 真空中の光の速度($c = 3.0 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)

h ; プランク定数($h = 6.6256 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$)

k ; ボルツマン定数($k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$)

この $L(\lambda, T)$ と λ の関係を図 2 に示す。黒体以外の物質からの分光放射輝度はその物質固有の分光放射率 $\varepsilon(\lambda)$ をこの $L(\lambda, T)$ に掛けた値となる。

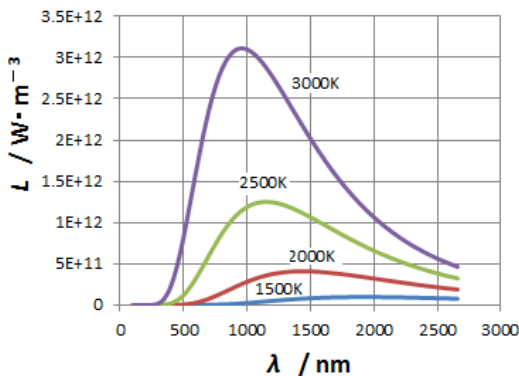


図2 黒体からの分光放射輝度(理論値)

3. 一般的測定方法およびその問題点

まず、一般の赤外温度放射計に用いられる原理を説明する。式(1)において波長 λ が数100nmと小さいとき、 $\exp(C_2/\lambda T) \gg 1$ という関係が成立するため、次式(2)に変形できる。

$$L(\lambda, T) = \frac{2C_1}{\lambda^5} \frac{1}{\exp\left(\frac{C_2}{\lambda T}\right)} \quad (2)$$

実際には、分光放射輝度はスペクトル強度として測定できる。それを $M(\lambda, T)$ とすると、次式(3)で示される。

$$M(\lambda, T) = A \frac{\varepsilon(\lambda)}{\lambda^5} \frac{1}{\exp\left(\frac{C_2}{\lambda T}\right)} \quad (3)$$

ここで A は分光スペクトル測定器の感度などを考慮した定数であり、 $\varepsilon(\lambda)$ は物体の分光放射率であ

る。スペクトル λ_1 、 λ_2 での分光スペクトル強度(測定値)を M_1 、 M_2 とするとそれらは以下の関係式で示される。

$$M_1(\lambda_1, T) = A \frac{\varepsilon(\lambda_1)}{\lambda_1^5} \frac{1}{\exp\left(\frac{C_2}{\lambda_1 T}\right)} \quad (4)$$

$$M_2(\lambda_2, T) = A \frac{\varepsilon(\lambda_2)}{\lambda_2^5} \frac{1}{\exp\left(\frac{C_2}{\lambda_2 T}\right)} \quad (5)$$

式(4),(5)より次式(6)が得られる。

$$\frac{M_1(\lambda_1, T)}{M_2(\lambda_2, T)} = \frac{\varepsilon(\lambda_1)}{\varepsilon(\lambda_2)} \frac{\lambda_2^5}{\lambda_1^5} \frac{\exp\left(\frac{C_2}{\lambda_2 T}\right)}{\exp\left(\frac{C_2}{\lambda_1 T}\right)} \quad (6)$$

ここで λ_1 、 λ_2 を近い値にとると $\varepsilon(\lambda_1) = \varepsilon(\lambda_2)$ が成り立つ。したがって、式(6)を変形させることで温度 T を次式のように求めることができる。

$$T = \frac{C_2 \left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} \right)}{\ln \frac{M_1(\lambda_1, T)}{M_2(\lambda_2, T)} - \ln \left(\frac{\lambda_2^5}{\lambda_1^5} \right)} \quad (7)$$

実際に電極からのスペクトルを測定し、式(7)により温度を計算した。測定は図3に示すようにレンズで結像させ、スペクトル測定には大塚電子株式会社のMCPD-3700を使用した。この測定器の仕様を表1に示す。この機器の校正は基準光源のスペクトル測定により行った。

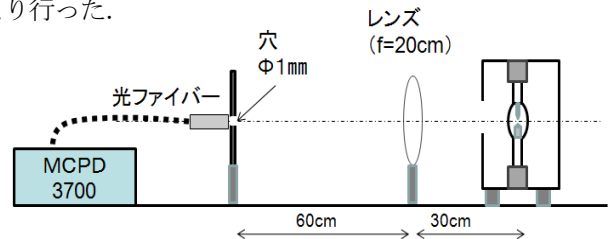


図3 電極からの放射スペクトル測定システム模式図

表1 MCPD-3700の仕様

測定可能波長範囲	320nm~820nm
分光器	ブレードドホログラフィック型 F = 3、f = 135 mm
検出器	電子冷却型 フォトダイオードアレイ 1024ch
1素子あたりの波長幅	0.6nm/素子
オプティカルファイバー	石英製ファイバー、口金径φ12nm、長さ約1m
スキャン時間	16msec ~ 20sec

温度を計測したスペクトル強度を図 4 に示す。測定したランプは純粋なタングステン電極で作成されたもので 200 時間点灯したものを使用した。図 4 のスペクトル波形は図 2 の連続スペクトルに強烈な輝線スペクトルが加わったものになっている。この輝線スペクトルはプラズマ中の水銀からのスペクトルであると考え、その影響のない場所（図中の λ_1 , λ_2 の 2 点）での強度から式(7)を用いて温度を計算した。この測定を図 5 に示す先端から 1.5 mm 毎に 5 点について行い、電極上の温度分布を求めた。その結果を図 6 に示す。

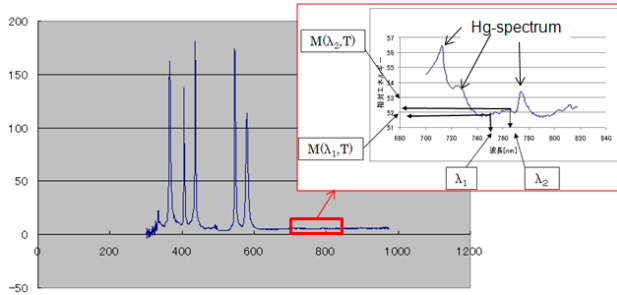


図 4 超高圧水銀ランプからの放射スペクトル

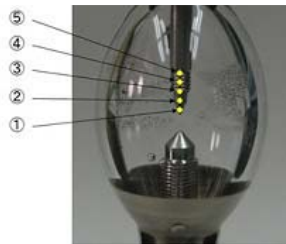


図 5 電極温度の分布を把握するための測定点

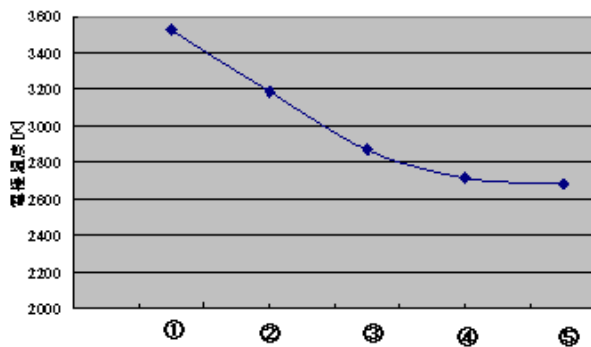


図 6 従来の測定方法で測定した電極温度分布

図 6 では先端温度がタングステンの融点近くになっており、かつ電極の根元付近でも 2700 K を示している。この温度は一般常識から考えて高温すぎる。このように高温になった原因は水銀スペクトルを除去することができなかったためと考えた。そこで水銀スペクトルを除去して正確な温度測定をするための測定システムを構築する必要性を生じた。

4. 新測定システムの構築

4. 1. 電極部分の観察結果

ランプから放出される水銀スペクトルを除去することは非常に困難であるため、ランプを消灯してからの測定が可能かどうかを調査した。使用している分光器 MCPD-3700 (大塚電子株式会社製) のデータ測定スピードが約 20ms であることから、ランプの消灯時の電極部分の赤熱状態がどう変化するかを知るために市販品のランプ (図 5 の W 電極ランプとは異なる) をスピードカメラで撮影した。その結果を図 7 に示す。

この図からランプ消灯後も数 10ms の間は十分に赤熱していることが確認できた。したがって、MCPD-3700 で消灯前後のスペクトルデータを測定することにした。

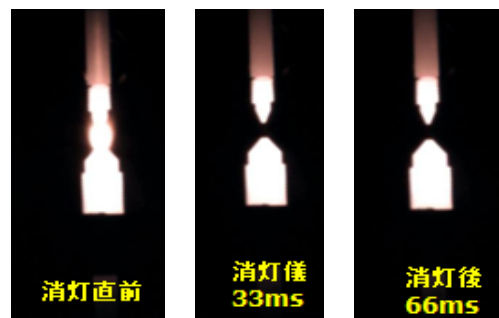


図 7 超高圧水銀ランプの消灯前後の様子

4. 2. 分光器での測定結果

図 8 にスペクトル測定結果を示す。この結果から、消灯後は水銀スペクトルが除去でき、かつ温度放射による放射スペクトルが観察できているのが確認できる。

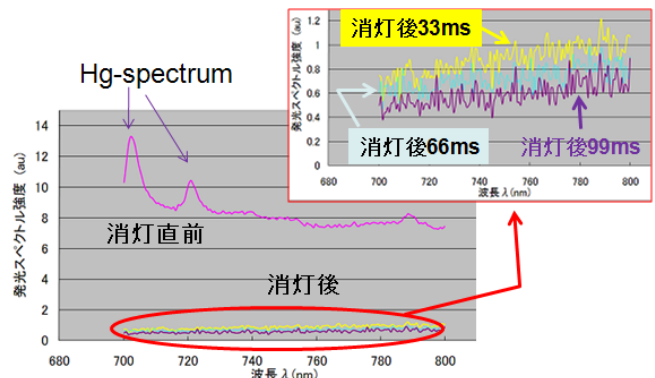


図 8 超高圧水銀ランプ消灯前後の電極からの放射スペクトル

ここで、スペクトル測定の時間が数 10ms と非常に短いためホワイトノイズが非常に大きい。そのため 2 節で述べた 2 点のスペクトル強度から求める計算方法は誤差が大きいため、以下のようにして求めた。式(3)を変形すると次式(8)のようになる。

$$\log_e \left(\lambda^5 M(\lambda, T) \right) = \log_e \left(A \varepsilon(\lambda) \right) - \frac{C_2}{T \lambda} \quad (8)$$

式(8)の左辺は測定値から求めることができる。その左辺の値を縦軸にとり、横軸 $1/\lambda$ としてグラフ

化すると、式(8)は直線となり、その傾きを α とすると、次式(9)より電極温度 T が求まる。

$$\alpha = \frac{C_2}{T} \quad \therefore T = \frac{C_2}{\alpha} \quad (9)$$

4. 3. 電極温度の時間的な変化

図8の測定結果を式(8)に基づいてグラフ化したものを図9に示す。図9の直線の傾きから温度を求めた結果を表1に示す。

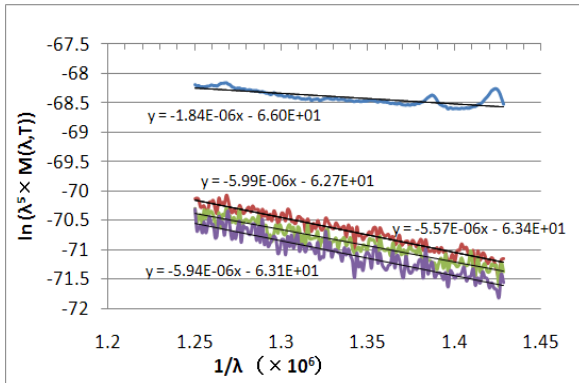


図9 プランクの放射則に基づいて計算したデータ

表2 タングステン電極先端温度の時間変化

測定時間	点灯中	消灯後 33ms	消灯後 66ms	消灯後 99ms
電極温度 (K)	7819	2402	2583	2422

表2の結果から、点灯中は水銀スペクトルの影響で電極温度が正確に測れないこと、消灯後の約100ms間はさほど電極温度の低下がないこと、の2つのことが確認できる。表2において、消灯後の3つの温度のばらつきは、ホワイトノイズによる測定誤差だと考えている。

4. 4. 放射率の影響について

3節で述べたようにタングステンは放射率を有している。3節では2つの波長(λ_1 , λ_2)を近い値に取れば放射率はほぼ一定であると考えることができた。4.2節と4.3節での結果も放射率を一定とみなして行った。しかし、ここで使用した温度測定方法は、700~800nmの広い波長領域を使用しており、この広い領域では放射率が一定ではない。

タングステンの放射率に関してはJ.C.De Vosがタングステンリボンについて報告している⁶⁾。(図10参照)。それを用いて図9、表2の消灯後の電極温度を補正した結果を図11、表3に示す。

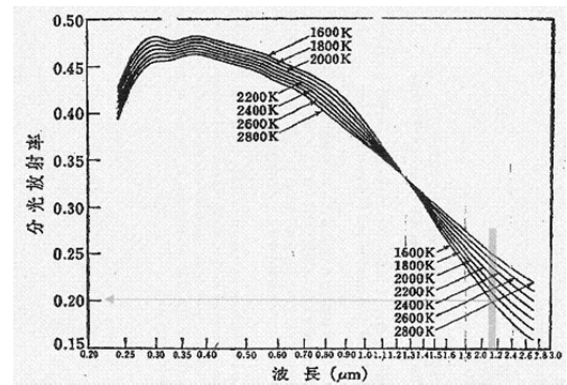


図10 タングステンリボンの放射率

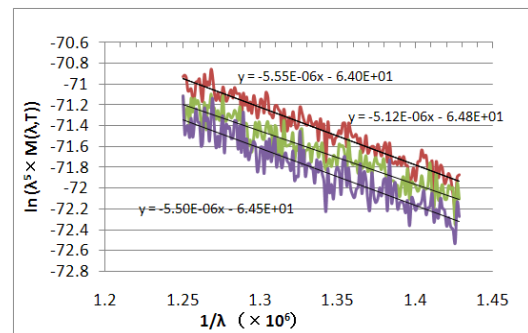


図11 放射率を考慮して計算したデータ

表3 放射率補正後のタングステン電極先端温度の時間変化

測定時間	消灯後 33ms	消灯後 66ms	消灯後 99ms
電極温度(K)	2592	2810	2616

5. 測定結果と考察

5. 1. 電極温度分布測定結果

4節で述べた測定方法で求めた結果を図12に示す。図12に示した値は、消灯後33ms, 66ms, 99ms時点で求めた温度を平均した値である。

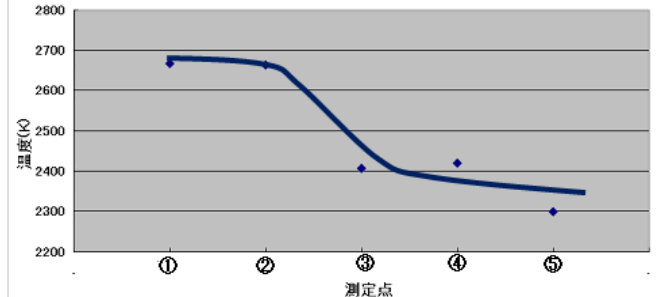


図12 提案した測定方法で得られた電極温度分布(放射率補正済)

この図から先端付近の2点は温度がさほど変化せず、先端から離れた3点目で急に温度が低下しているように見える。その原因を考察するために、陰極を拡大した写真を図13に示す。(a)はランプが新品時の陰極写真であり、(b)は200時間点灯時の陰極写真である。この図より、200時間時点の陰極

先端が放電によりかなり丸くなっているのがわかる．電極先端部分（図 13 中①，②部分，各測定位置の間隔は 1.5mm）の電極温度差が小さかったのは，プラズマがかなり広がっているのが原因だと考えている．残念なことに新品時の測定ができていない，かつ特別仕様のランプで新品ランプが手元にないために比較ができない．今後，陰極先端形状とプラズマの状態（広がり方）を観察して確認していく予定である．

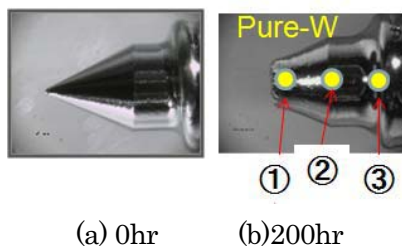


図 13 初期と 200 時間点灯時の陰極形状

6. ま と め

本研究で，超高压水銀ランプの新電極の開発のために必要な電極温度測定方法について検討した結果を述べる．電極温度を非接触で測定する方法として最も一般的なのは，Plank の放射則に基づき 2 つの波長に対する分光輝度を求め，それから計算する方法である．この方法は，光学的に薄い空間中で輝線スペクトルを含まない場合には非常に有効であるが，本研究対象としているようなプラズマ密度の濃い放電空間中では正しい温度を測定することは困難であった．本研究では，ランプ消灯直後の電極からの温度放射スペクトルを測定す

ることで，プラズマからの放射の影響を除去し，測定する方法を確立した．ただし，この測定には高速（約 20ms）で広範囲のスペクトル測定が可能な分光器が必要であり，MCPD-3700（大塚電子株式会社製）を使用した．点灯中（プラズマ密度が濃い状態）で，従来の測定方法では正しい値が測れないこと，我々が考えた方法では妥当な値が測定できることを確認した．

謝辞

本研究にとって欠かすことのできない MCPD-3700 という高価な設備をお貸しいただいた大塚電子株式会社に心から御礼を申し上げる．

参考文献

- 1) F.Matsuda et al., "Role and Behaviors of Rare Earth Metal Oxides During the Operation of Tungsten Doped Electrodes", Transactions of the Japan Welding Society, Vol. 21, No. 2, pp. 75-84, October 1990R
- 2) F.Matsuda et al., "Consumption and "Rim" Formation of Gas Tungsten Arc Cathode", Vol. 6, No. 2, pp. 205-209, 1988
- 3) K.Tanaka et al., "Effect of Additives in Tungsten Electrode", Japan Welding Society, Vol. 13, No. 4, pp. 524-531, 1995
- 4) F.Matsuda et al., "Comparative Study on Fundamental Arc Characteristics with La-, Y- Ce-Oxide Tungsten Electrode", Vol. 6, No. 2, pp. 199-204, 1988
- 5) 深尾保ほか：改訂電気応用 I，コロナ社（2005）3-5
- 6) J.C.DeVos, "A NEW DETERMINATION OF THE EMISSIVITY OF TUNGSTEN RIBBON", Physica XX, pp.690-714 (1954)

基礎的な電子回路設計を学習するための 生体の情報処理に基づくアナログ電子回路

西尾 公裕* 岩本 瞬**

Analog circuit based on information processing of the biological system for studying the basic electronic circuit design

Kimihiro NISHIO and Syun IWAMOTO

We proposed in this study the analog complementary metal oxide semiconductor (CMOS) circuit based on the information processing of the biological system for studying the basic electronic circuit design. The structure of the circuit is simple. The circuit is constructed with the integrator, the circuit for threshold processing, and the reset circuit. The circuit is evaluated by a student of the Nishio's laboratory. It was clarified from the simulation results of the simulation program with integrated circuit emphasis (SPICE) that the output voltage of the proposed circuit is corresponding to the output signal of the biological model. By using the proposed circuit, it is possible to study the basic biological model and the basic electronic circuit design.

Key words: Analog circuit, Biological system, Electronic circuit design

1. 緒 言

本学の電気電子工学科の西尾研究室では、生体の脳機能に学んでシンプルな Complementary Metal Oxide Semiconductor (CMOS) 電子回路の設計・構築を行っている。これにより、現在のコンピュータを用いた典型的な処理システムと比較して、コンパクト、低消費電力、高速処理の特長を有する新しいシステムの実現を目指している。これまでに、視覚機能に基づく輪郭検出・動き検出電子回路¹⁻³⁾、聴覚機能に基づく音源方向検出電子回路^{4,5)}、嗅覚機能に基づく匂い源検出電子回路⁶⁾を構築してきており、良好に動作することが確認された。

以上のように、本研究室では、電子回路の知識と生体機能の知識が必要になる。電気電子工学科の学生にとって、電子回路の知識はある程度はあるものの、研究室配属当初は、その設計技術はあまり身につけていないように考えられる。また、生体機能・モデルに関

しての知識はほとんどないため、生体と電子回路が研究としてつながることは、想像もできていないと考えられる。この部分をうまくつなげることができれば、学生の理解は進み、卒業研究も充実する上、本研究はさらに発展すると考えられる。

生体の基礎的なモデルとそれに基づく基礎的な電子回路があれば、それを学習・実験することで、ある程度の知識は身につけることができると共に、電子回路の設計技術なども身につけることが可能になる。そのためには、研究室配属される時期に、簡単に触れることができる程度の生体の機能に基づく簡単な電子回路を学生に与えられる環境にしておく必要がある。

生体の脳は、神経細胞で構成され、いろいろな機能を有する。これまでに、神経細胞に学んだモデル⁷⁾が考案されている。このモデルは、パルス信号を扱い、信号の積分、しきい値処理、リセットなどを行う比較的シンプルなモデルである。この基礎モデルをしっかりと理解することで、生体機能に興味を持つようになると考えられる。また、このモデルは、以上のような機能を持つため、電子回路設計を学習するための基礎的な電子回路を構築することが容易にできると考えられる。この基礎的な電子回路を学生らは扱うことで、電子回路の学習と生体のモデルを学ぶことができるよう

原稿受付 平成 23 年 8 月 31 日

*電気電子工学科

**電気電子工学科学生 5 年

になる。

生体のモデルを学習すると共に、基礎的な電子回路設計を学習するためのアナログ電子回路の構築を目指した。本内容は、電気電子工学科4年生の課題研究で実施した。実際に学生によって設計した回路の評価などが行われており、学生にとっても十分に扱うことができる電子回路になっている。

以下、2章には神経細胞モデルについて説明があり、3章には電子回路について述べられている。いずれの章の執筆の大部分を第2著者である学生(当時4年生)の岩本が下書きしており、神経細胞モデルと電子回路の内容を十分に理解できていることがわかる。4章は、電子回路の評価結果を示し、5章をまとめとする。

2. 神経細胞モデル

脳の中には百数十億もの数多くの神経細胞があり、これらが複雑につながりあって、大きな神経回路を形成している。脳の中の個々の神経細胞は、多いものではほかの 10^4 以上もの細胞から信号を受けとり、またその細胞自身もほかの 10^4 以上もの細胞へ信号を送りだしている。このことから、脳の神経回路は大規模な超並列回路であることがわかる。

神経細胞が持っている諸機能のうちで重要なのは、シナプスにおいて多数の入力が空間的な並びに時間的に加算されるという性質と、細胞体の発火のしきい値の作用であると考えられる。このことから神経細胞は多くの細胞から入力を受けて出力を出すことに注目すると、多入力1出力の素子として考えることができる。他の細胞の出力はシナプス結合を介して入力として与えられるが、このときシナプス前部の細胞からシナプス後部の細胞へ及ぼす影響の強さは各細胞によって異なっていると考えられる。

図1に神経細胞の基本機能⁷⁾を示す。1つの神経細胞が n 個の細胞から入力 $x_n (1 \leq n)$ を受けているとする。シナプス前細胞の出力をそれぞれのシナプス結合の強さを w_n と表すと、最も単純には、 n 番目の細胞からの影響は $w_n x_n$ と表される。各細胞からの影響 $w_n x_n$ が単純に加算されたものが細胞の入力とするとこの和がしきい値 θ を超えたときに細胞が興奮し、発火する。

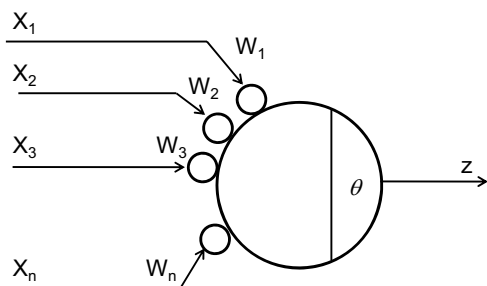


図1 神経細胞の基本機能

図2に神経細胞モデル⁷⁾を示す。図3に神経細胞モデルの出力信号を示す。 X が1つの細胞であり、入力信号は I である。 V_{out} が出力信号である。基礎的な電子回路の設計を目的としており、モデルを簡単にするために、図1のすべての w を同じ値になるように1に設定した。各入力信号をパルスとし、入力信号は積分器により積分され、信号 V_1 を得る。 V_1 がしきい値 V_{th} を超えると V_{out} を出力する。同時にリセット回路により Δt 秒後で V_1 を減少させる。この V_1 が V_{th} より下がると V_{out} は0となる。このモデルでは、入力信号があるしきい値を超えると、パルス信号を生成することができる。

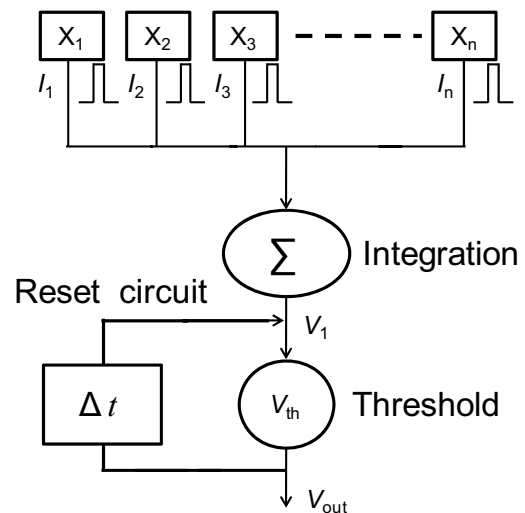


図2 神経細胞モデル

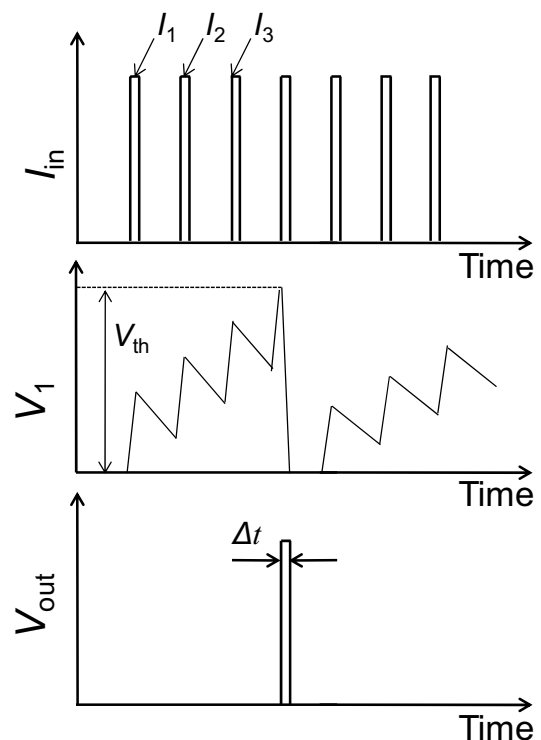


図3 神経細胞モデルの出力信号

3. 電子回路化

図4に考案した電子回路を示す。回路図で示してある積分器(Integration)、しきい値処理回路(Threshold)、リセット回路(Reset)は図2のモデルの各部分とそれぞれ対応させている。また、電圧 V_1 および V_{out} も図2の信号 V_1 および V_{out} とそれぞれ対応している。

入力電流 I をパルス電流とする。図2のモデルでは、 x_1 から x_n までの複数の x が用いられているが、図4の回路ではこれらを1つの電流源で代用した。これは、回路を簡単に設計するためであり、電流源1つでもモデルと同等の入力パルス信号を生成することが可能だからである。 I がキャパシタ C_1 と nMOS トランジスタ M_{n1} で構成した積分器に入力されると電圧 V_1 が上昇する。 C_1 の容量や M_{n1} などのチャンネル長や幅を変化させることで V_1 の上昇速度を変化させることが可能である。 V_1 が上昇すると M_{n2} に電流が流れる。それによって電圧 V_2 が0に近い値になり、pMOS トランジスタ M_{p5} に電流が流れ、同時に V_{out} が V_{DD} を示す。キャパシタ C_2 にも電流が流れることになる。 C_2 と M_{n4} は積分器と同様な働きをして電圧 V_3 を変化させる。なお、 C_2 の容量を変えることにより V_3 の上昇する時間を変化させることができる。 V_3 が上昇すると M_{n5} に電流が流れ、 V_1 が0まで減少する。 V_1 が減少することで M_{n2} に電流が流れなくなり、 V_2 が電源電圧 V_{DD} に近い値になる。これにより、 V_{out} は0になる。

以上のことから V_{out} はパルス電圧になる。よって、本回路はパルス電流の入力があるとき、パルス電圧 V_{out} を出力することができる。

4. シミュレーション結果

考案した電子回路を電子回路シミュレータ (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis : SPICE) を用いて評価した。電源電圧 V_{DD} を5Vとし、 V_g を4.0V、 V_s を1.04Vに設定した。

キャパシタ C_1 および C_2 をそれぞれ20pF および190pF に設定した。このときのシミュレーション結果を図5に示す。図5(a)は入力電流であり、パルス電流が与えられた。図5(b)は電圧 V_1 を示す。パルス電流が入力されると上昇することがわかった。 $t=300\mu s$ のとき約650mV になることが確認できた。図5(c)は出力電圧 V_{out} を示す。 $t=300\mu s$ のときパルス信号が出力され、正常に動作することが確認できた。

以上より、本回路の出力電圧とモデルの出力信号がある程度一致することがわかった。また、学生によって十分に回路を動作させることができることも示すことができた。

5. まとめ

生体のモデルを学習すると共に、基礎的な電子回路設計を学習するためのアナログ電子回路を構築した。考案した回路には、信号の積分、しきい値処理、リセットなどの処理を行う比較的基礎的でシンプルな回路が用いられている。これにより、電子回路の学習を容易とする電子回路を構成できたと考えられる。また、実験結果から、回路の出力信号とモデルとの出力信号の様子が同様であることが確認できており、本回路を

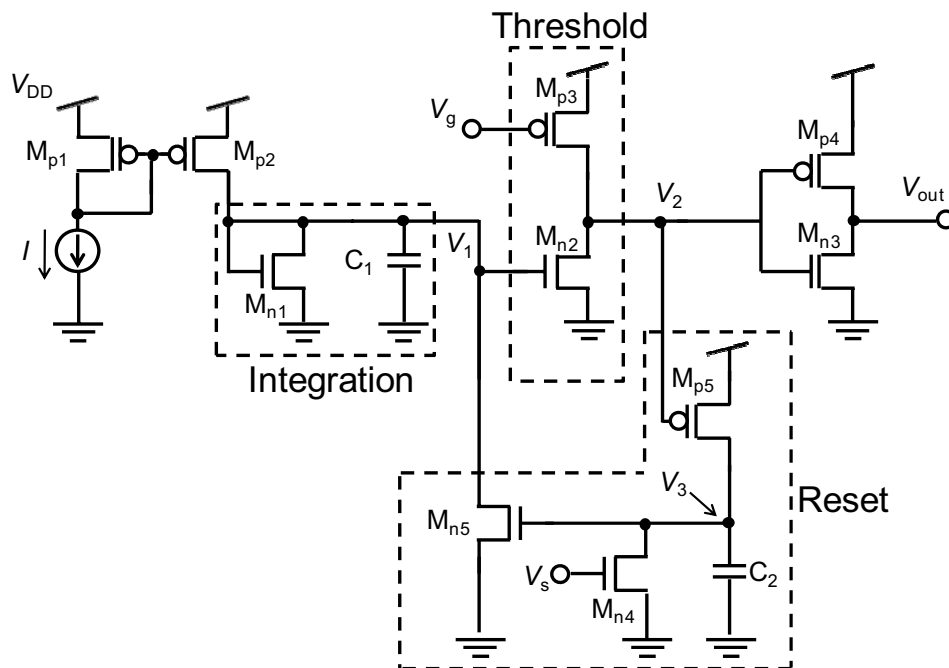


図4 電子回路

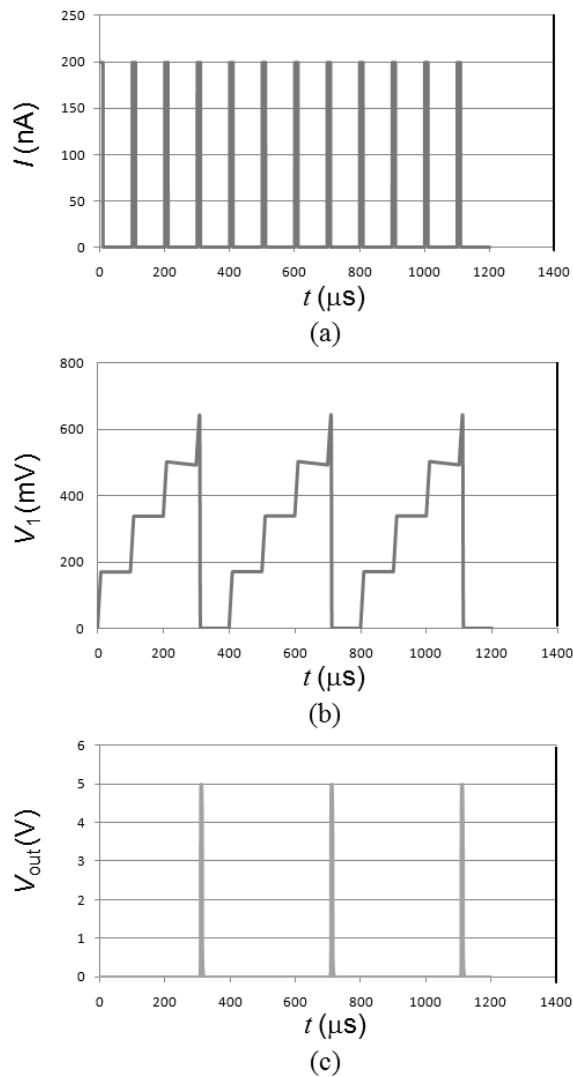


図5 シミュレーション結果 (a) 入力電流 (b) 電圧 V_1 (c) 出力電圧 V_{out}

扱うことで、生体モデルに興味を持ち、学習するようになることが期待できる。

本内容は、電気電子工学科4年生の課題研究で実施した。実際に学生によって、設計した回路の評価などが行われ、学生にとっても十分に扱うことができる電子回路になっていることが確認できた。今後、学生には本回路を利用して、生体の情報処理に基づく電子回路を学習してもらい、新たな機能を有する電子回路の設計ができるようになることを期待している。

参考文献

- 1) K. Nishio and T. Yamamoto, "Simple Analog-Digital Motion Detection Circuit and Its Application to Target Tracking System", *Artificial Life and Robotics*, vol. 16, pp. 57-60, 2011.
- 2) K. Nishio, Y. Kondo, T. Yamasaki and T. Furukawa, "Analog Circuit for Motion Detection Using CCD Camera Based on a Biological Vision System and Its Application to Mobile Robots", *Artificial Life and Robotics*, vol. 16, pp. 61-64, 2011.
- 3) K. Nishio and T. Yasuda, "Application System Using Simple Analog Motion Detection Circuit and Mobile Robot", *Far East Journal of Electronics and Communications*, vol. 4, pp.15-24, 2010.
- 4) K. Nishio and T. Tomibe, "Analog-Digital Circuits for Sound Localization Based on the Biological Auditory System", *Artificial Life and Robotics*, vol. 15, pp. 73-79, 2010.
- 5) T. Tomibe and K. Nishio, "An Analog-Digital Circuit for Sound Localization Based on the Biological Auditory System", *Proc. of The 15th Int. Symp. on Artificial Life and Robotics*, pp. 802-805, 2010.
- 6) 井原, 西尾, "蚕蛾のフェロモン源定位に基づくにおい検出電子回路の構築", *The 12th IEEE Hiroshima Student Symposium*, B-13, 2010.
- 7) 福島, 大串, 斉藤, 視聴覚情報処理, 森北出版, 2001.

単鞭毛型アクチュエータにおける流速特性の考察

山本 吉範* 池内 雄大**

Considerations of Flow Characteristic relative to Simple Flagella-Shaped Actuator

Yoshinori YAMAMOTO and Yuta IKEUTI

In recent years, bio-mimetic fields are attended to various field scientists from the usefulness. The purpose of this study is considering a flow characteristic producing from regular vibrating motions of a flagella model. It is showed that flows to be produced almost don't depend on vibrating frequency, however, depend on inclination of flagella tip.

Key words: Bio-mimetic, Flow characteristic, Flagella motion, Actuator

1. 結 言

約 30 年前，生物の優れた特性を人工的に取り入れ，より優れた機能や性質を有するシステムや物質を研究するバイオミメティクスと呼ばれている分野が出来上がった¹⁾．近年は，この分野がさらに発展し生物の形状や生体内のプロセスにまで対象を広げてきている²⁾．本研究もこの考えに基づくものであり，微小な生物の鞭毛に着目した．

マイクロ・ナノロボットは小さな場所や危険な環境での活躍が期待されている．特に，その小ささを利用して生物の体内を探索するといった応用に注目されている．しかし，マイクロ・ナノロボットの開発には多くの課題が存在している．例えば，サイズが極小であるため非常に限られた電源での動きを強要され，大掛かりな駆動系を搭載することも出来ない．従って，マイクロ・ナノロボットの実用化において，小型で高効率な推進機関の開発は重要なテーマの一つである．そこで本研究では，マイクロ・ナノロボットに適用可能な駆動系（アクチュエータ）の提案とその性能評価を行う．

前述したバイオミミクリーの概念から，極小生物の持つ運動器官のなかでも比較的ポピュラーな真核生物の鞭毛に着目し，マイクロ・ナノロボットの駆動系に用いることを提案する．小林等は，ダイニン

の動きを電磁石を用いて再現した人口アクチュエータを開発し，高粘度液体中でも屈曲が可能になるように改良を行った³⁾．これらは真核生物鞭毛の構造を忠実に再現したものであり意義深い．しかしながら，真核生物鞭毛における流速や推進力の発生メカニズムを重点的に取り扱った研究は多くない．そこで本研究では小型化および簡素化を念頭において，1本の細い鋼線を左右に振動させて，その往復運動の駆動はステッピングモーターで行うアクチュエータを提案し，このモデルを用いて発生流速の考察を行なったので報告する．

2. 水槽実験

2. 1. 実験装置

鞭毛の振れ運動を再現する上で，振れ角度や角速度を制御し易い事もあり，ステッピングモーターを使用する．振れ運動はモーターの正転、逆転を切り替えることで実現する．また，振れ角度や角速度を任意に設定・変更することが出来るため，必要な多数の実験データを得ることが可能となり，本実験用としてステッピングモーターは適切であると考えられる．

著者等は真核生物であるマウスの精子について，液体窒素で冷凍保存されたものを手に入れ，それを解凍・蘇生させ，HTF 溶液中で運動している様子を位相差顕微鏡で観察した．その観察で，精子の移動速度を求め，ストークスの低抗則から近似的に推進力を求めた⁴⁾．また，同時にレイノルズ数とフルー

原稿受付 平成 23 年 8 月 31 日

* 津山工業高等専門学校電子制御工学科

** 平成 22 年度津山高専機械・制御システム工学専攻修了，
萩原工業（株）会社勤務

ド数も求めた⁵⁾。これらの観察結果をもとに作成したモーター実験装置は水槽に取り付け、水中での振動実験を行えるようにする。図1は水槽に取り付けられたモーター実験装置の概略を示す。

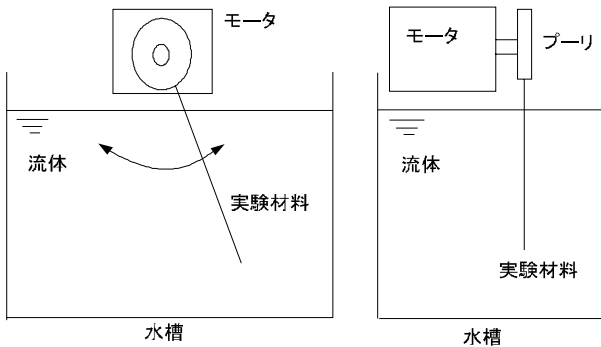


図1 実験装置概略

2. 2. 鞭毛用実験材料

実験には鞭毛部に相当する、振動させるための細い棒状の材料を用意する。モーターの振動により鞭毛運動を再現するため、材料は弾性を持っていることが必要になる。そのため実験材料はいくつかの弾性材を用いて行うこととする。対象はいくらでも選定できるが、今回は解析結果との比較を考慮して以下の5種類の材料を使用する。

①ベリリウム銅 ②ばね用ステンレス線 ③ばね鋼鋼線 ④ピアノ線 ⑤硬鋼線

上記の材料を細い棒状に加工したものを実験で使用する。太さは直径1mmとし、長さは前述のフルード数から390mmとした。

2. 3. 実験方法と測定結果

実験では材料ごとにモーターで反復振動を行い、振れ運動の周波数を変化させた際の発生する流速を計測し推力を計算により見積もる。

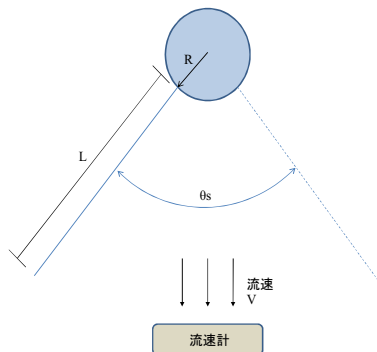


図2 再現実験の流速測定

上記の図2のように流体中で長さLの実験材料を振り子のように反復振動させ、そのときに発生する流速Vを流体中に置いた流速計にて測定する。このときの実験材料が振れる角度を振れ角 θ_s とする。Rはモーターに取り付けているプーリの半径を示し、50mmである。また、厚さは10mmとした。角度 θ_s は30degとして周波数は1~10Hzまで変化させて測定する。同様に60deg, 90degと測定を行う。振れ角 θ_s が30deg時の各材料における振動数に対する流速値を図3に示す。

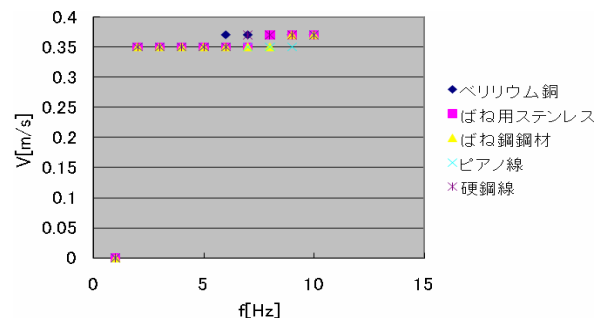


図3 各材料における流速値

図3に示す流速の測定結果より、流速は振れの振動数にあまり依存しない。

なお、推力を F_s として運動量理論から以下の式を用いて算出する。

$$F_s = \rho Q V \quad (1)$$

ここで、 ρ は水の密度、 Q は発生流量、 V は発生流速である。

発生流量 Q は実験材料の振れ面積 A に発生流速 V との積で求める。

$$Q = AV \quad (2)$$

振れ角 θ_s が30deg時の各材料ごとの推力 F_s の計測結果を図4に示す。

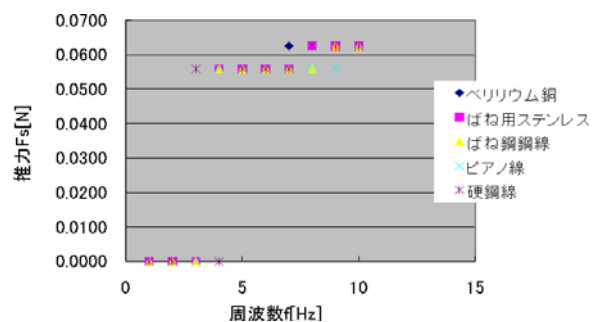


図4 各材料における周波数と推力

図 4 から推力についても振れの周波数にはほとんど依存しない．また，1～3Hz 間は推力が発生していない．これは流速が測定できなかったためであるが，実際には極微小な流速が発生していると思われる．この確認は流れの可視化を行うことで可能となる．

ここに示す流速値は振れの周波数にほとんど依存しないことが分かったが，鞭毛の先端におけるしなり角（曲がり角）に依存することが考えられる．従って，次に先端のしなり角と流速との関係について考察する．

3. 先端のしなり角

前述の結果より材料ごとに発生推力にいくらかの差異があることが分かる．予測として材料の弾性力によるしなりが影響がしているのではないかと考えられる．以下にその測定と考察を行う．

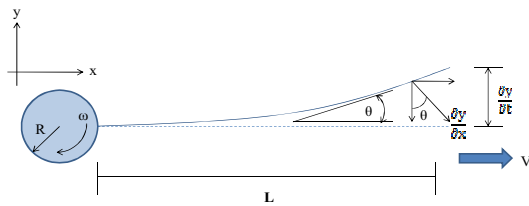


図 5 しなりの影響

図 5 において，横軸を x ，縦軸を y ，時間を t と取る．今，モーターの各周波数における角速度を ω とし，鞭毛としている実験材料が全振れ角 θ_0 のちょうど中間（鞭毛の固定位置が x 軸上にある）に来た時，即ち，流速計と直線で結ばれる地点に来た時，長さ L の鞭毛材料には角 θ のしなりが発生している．この時，先端部の傾きは

$$\tan \theta = \partial y / \partial x \quad (3)$$

で表され，先端部の表面付近における x 方向流速を V ， y 方向流速を $\partial y / \partial t$ と仮定すると表面付近の流速は鞭毛の接線方向に垂直な方向を向くと考えられる．従って，式 (3) を考慮して

$$\partial y / \partial x = \tan \theta = V / (\partial y / \partial t) \quad (4)$$

と表すことができる．この関係より表面から離れた x 方向の流速 V は修正係数を k として

$$V = k (\partial y / \partial t) (\partial y / \partial x) \quad (5)$$

と表すことができる．ここで $\partial y / \partial t$ について考えると

$$\partial y / \partial t = \omega (L + R) \quad (6)$$

である．図 3 で示した結果より，流速値は周波数にほとんど依存しないことから式 (6) の $\partial y / \partial t$ を一定値と仮定して修正係数 k の中に含めると式 (5) から流速は

$$V = k (\partial y / \partial x) \quad (7)$$

と表すことができる．ここで k は m/s の次元を持つある定数と考え，その値は測定値から決める．

3. 1. しなり角の測定

式 (7) で示される関係を調べるため振れ運動実験時の各実験材料のしなり角 θ を測定する．水槽に取り付けたモータ実験装置に高速度カメラを設置し，前述の振れ実験と同様 1～10Hz の振れ周波数で実験装置を動作させる．その際の実験材料の軌道を高速度カメラで撮影し，その画像を記録・保存する．

図 6 に撮影した高速写真の一例を示す．図のように写真に 2 点を打ち，2 点間の角度を測定する．撮影を行った際，図 6 のように被写体が傾いている．正しいデータを求めるため計測を行うときは，実験材料が右曲がり，左曲がりの写真からそれぞれ 10 枚ほど選出し角度を計測する．その後，平均値を求めることで傾きの影響を無くし正確なデータに近づけた．

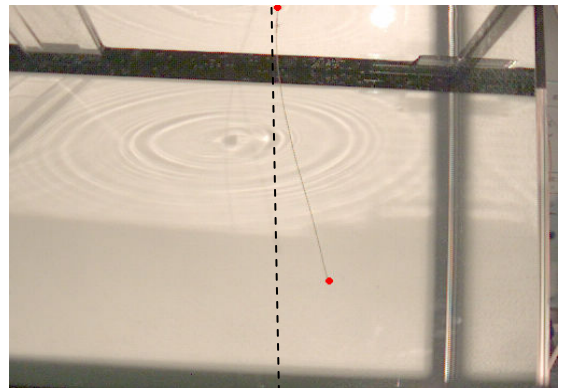


図 6 撮影した高速写真の一例

測定した角度を各材料と周波数ごとにまとめ、表1に測定結果を示す。

表1 しなり角 θ の測定結果

f [Hz]	θ [deg]				
	ベリリウム銅	ばね用ステンレス	ばね鋼鋼材	ピアノ線	硬鋼線
1	6.68	6.56	4.12	0.04	2.64
2	9.78	8.31	6.61	7.98	4.97
3	9.78	8.57	6.86	7.96	5.22
4	11.11	10.75	8.64	9.72	7.45
5	12.51	12.10	10.35	11.46	8.41
6	12.58	11.46	10.46	11.77	8.47
7	13.36	12.22	11.03	11.75	9.26
8	13.39	11.97	11.17	11.64	9.23
9	13.25	12.26	11.80	9.75	9.82
10	13.24	12.36	11.83	10.61	10.14

表1の結果をもとに式(3)より傾きを求め、周波数と傾きを各材料において計算した結果を図7に示す。

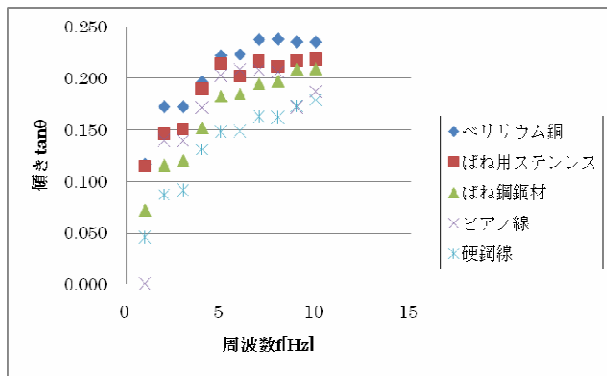


図7 周波数と傾きの関係

3. 2. 流速測定結果の考察

次に、流速測定結果(図3)と傾き(図7)との関係を考察する。式(7)における修正係数 k を適当に与えることにより、図3に示す測定結果との対応をとってみる。例えば $k=1.7\text{m/s}$ に設定した結果を以下に示す。

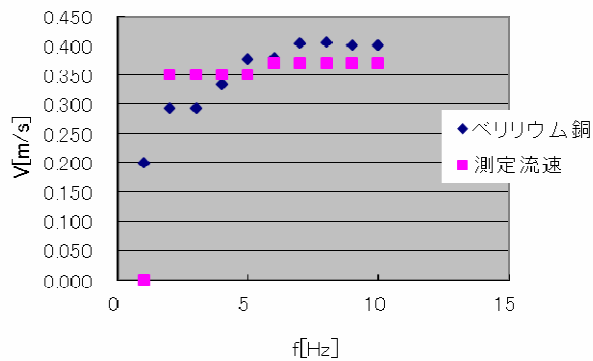


図8 ベリリウム銅と測定値

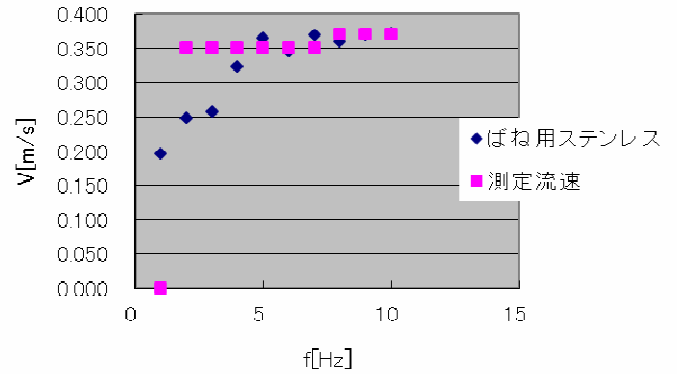


図9 ばね用ステンレスと測定値

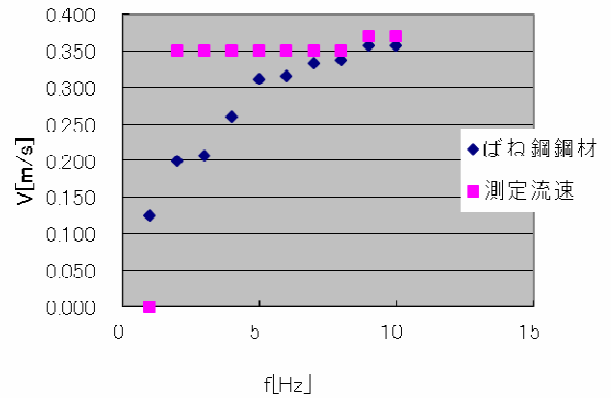


図10 ばね鋼鋼材と測定値

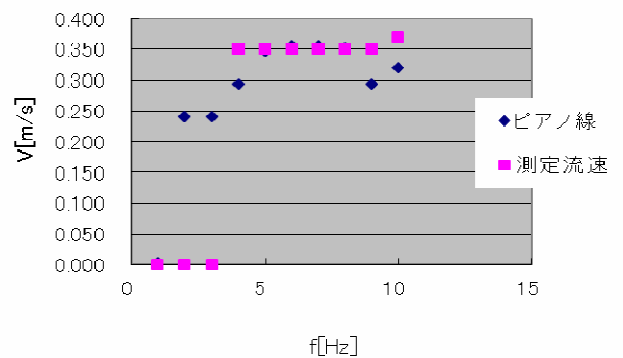


図11 ピアノ線と測定値

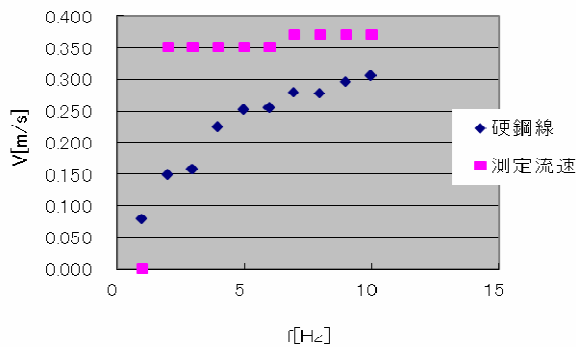


図 12 硬鋼線と測定値

以上 5 つの例を上げてみた．ベリリウム銅，ばね用ステンレス，ばね鋼鋼材，ピアノ線については振動数が 5Hz 以上の範囲で比較的良好一致しているが，硬鋼線についてはあまり一致していない．硬鋼線については修正係数 k の値が 1.7m/s では一致しなく，もう少し大きい値になることが予想できる．

5Hz 以下の領域では流速計の測定値が不連続化していることから分解能（精度）に問題があると考えられる．

4. ま と め

一本の鞭毛を取り付けた振子運動方式のアクチュエータを構成し，水槽内で鞭毛を振らせることにより発生する全振れ角 θ_s の中央方向における円板の半径方向の流速を流速計で測定した．流速は円板の振れの周波数を変化させたときの値を測ると共に鞭毛の先端の曲がり角について高速度カメラを用いて測定した．

アクチュエータは半径 50mm の円板と直径 1mm で長さが 390mm の弾性鞭毛により構成した．また，水槽内の液体は水を用いた．これらの条件で流速値の測定を行った結果，図 3 に示す測定値が得られた．これから流速値は振れの振動数にあまり依存しない．また，低周波数領域で値に不連続性が見られることから使用したプロペラ方式の流速計の精度（分解能）が使用流体（水）に対してやや低いことが考えられる．硬鋼線を除いて 2Hz 以上からはほぼ一定値になっており，25Hz くらいまでは一定値を維持するこ

とも確認できたことから得られた流速値の信頼性は高いと考えられる．

以上の流速測定値に対して定量的な考察を試みた．その結果は式 (5) に示す．ここでは前進に必要な推力に関する流速ベクトルが重要であることから全振れ角 θ_s の中央方向の流速を問題としている．この方向の流体の運動について，鞭毛の先端の周速度は上記の方向に対してほぼ垂直になるために問題としている流速にはあまり関与しないことが予想される．そこで式 (6) で示される鞭毛先端の周速度を定数と考えて修正係数に含め，当該流速値を式 (7) と表す．ここで k を新たな修正（流速）係数とした．定量化した速度（式 (7)）を検証する目的で，先端の傾き角 θ について高速度カメラを用いて測定した．修正係数 $k=1.7\text{m/s}$ として各材料における式 (7) の値と流速測定値を図 8～図 12 に示した．この結果から振れの周波数が比較的大きい領域では硬鋼線を除き，傾向がよく一致していることが理解できる．低周波数領域ではほとんど一致が見られない．これは流速計の精度（分解能）が低いことや流体の粘度および渦の影響などが関与していることが考えられる．これらの影響を調べるためには流体運動の可視化が不可欠であり，今後の課題である．

謝 辞

本研究は科研費（課題番号 21651065）の助成を受けて実施している．ここにお礼を申し上げます．

参考文献

- 1) Bejan, A. : Heat Transfer, John Wiley and Sons, (1993)
- 2) Benyus, J. M. 山本監訳：自然と生体に学ぶバイオミクリー，オーム社，(2006)
- 3) 小林俊一等：纖毛，鞭毛を規範としたアクチュエータの開発，文科省 21 世紀 COE プログラム「先進ファイバー工学研究教育拠点」研究成果報告書 13：(2007) 135-136
- 4) 高野泰斉：水棲生物の推進の研究，バイオエンジニアリング部門報，No. 27，日本機械学会バイオエンジニア部門(1999)
<http://www.jsme.or.jp/bio/news/27/27-2-1.html>
- 5) 国清行夫，木本知男，長尾建：最新機械工学シリーズ 6 水力学 改訂・SI 版，p273，森北出版(1971)

変則三目並べゲームライトスリーの必勝手順

和田 祥司* 大西 淳**

Winning Ways for an Anomalous Tic-tac-toe Which Is Called Lite3

Shoji WADA and Atsushi ONISHI

Lite3 is an anomalous game of tic-tac-toe. Lite3 has a special rule that the earliest piece will be taken away after each player places his own 3 pieces. So, over seven pieces will never be placed on the game board. We report in this paper that Lite3 has some winning ways for the first move under the premise that each player can recall the process of playing game completely. And we also report a feature of those winning ways. In the future, by using our fruits in this paper, we want to find another winning ways under the realistic premise that the player will forget the process of the game.

Key words: Tic-tac-toe, Lite3, Winning ways

1. 緒 言

世界的に有名なゲームの一つに、三目並べ¹⁾、あるいは、三手並べと呼ばれるゲームがある(以下、三目並べと呼ぶ)。このゲームは二人対戦のゲームで、3×3のマスに交互に着手し、縦、横、斜めのいずれか一行に三目並べることができれば勝ちというシンプルなルールのゲームである。このゲームには、上述のルールに変更を加えた変則版がいくつか存在する。その変則版の一つにライトスリー(Lite3)、あるいは、スリーオックス(3OX)と呼ばれるゲームがある(以下、ライトスリーと呼ぶ)。ライトスリーは、Palm搭載のPDA用にダウンロードフリーのゲームプログラムとして公開されたり、ゲームメカより電子ゲームとして発売されたりしている。

ライトスリーは、オリジナルの三目並べのルールに「7手目以降、1手着手するごとに最も古い手が消えていく」というルールを追加したゲームである。このルール追加により、双方が合理的な着手を続ける限り決着がつかないという性質をもつオリジナルの三目並べに対し、先手または後手に必勝手順が生じるかどうか調べることは、興味深

い問題である。

また、必勝手順が生じると仮定した場合、その中の単純な一つの手順は、ゲーム開始時から双方のすべての着手を完全に記憶し続けることができるという前提に基づくものではないかと推測することは容易である。しかし、すべての対戦者にこの前提が成立すると考えるのは現実的でない。そのため、記憶内容がより少ないという前提や、記憶に頼らず盤面上に残っている着手の配置のみ利用できるという前提のもとで必勝手順が存在するか否かを明らかにすることも、興味深い問題である。

本稿では、これらの問題に取り組む手始めとして実施した研究の成果を報告する。この研究の目的は、対戦者が過去の手順を完全に記憶できる、すなわち、次の着手によって空白になるマスが完全にわかっているという前提のもとで、ライトスリーに必勝手順が存在するか否かを判定することと、必勝手順が存在するならば、その手順の特徴を明らかにすることである。著者らが調査した限りにおいては、上述の目的で実施された研究の成果が報告されている例はない。なお、今回の研究は、自作したコンピュータプログラムを使ってライトスリーの局面を初手から順次生成し、生成した局面を追いながら必勝手順を見つけるという発見的方法で実施したが、利用したプログラムの詳細については説明を割愛する。

2. ライトスリーのルール

原稿受付 2011年8月31日

第12回IEEE広島支部学生シンポジウム

*専攻科 電子・情報システム工学専攻 2010年度修了生

**情報工学科

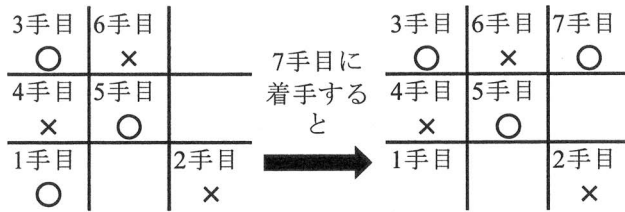


図1 ライトスリーのルール

ライトスリーのルールは、オリジナルの三目並べのルールに「7手目以降、1手着手するごとに最も古い手が消えていく」というルールを追加したものである。このルールについて図1を使って説明する。

図1左図は、○と×が交互に6手目まで着手した局面である。そして、図1右図は、7手目として○が盤面の右上のマ스에着手した局面である。オリジナルの三目並べでは、図1左図の局面で次に○が右上のマ스에着手すると、斜めに三目並ぶため○の勝ちになる。しかし、ライトスリーでは、追加されたルールにより、図1右図のように最も古い手である○の1手目が消えてしまうため勝ちにならない。

3. 成 果

3. 1. 先手の必勝手順の発見

前述の方法により、盤面上の角や中央のマではなく、まず、辺にあたるマに先手が初手を着手した場合について、局面を生成して解析した。その結果、オリジナルの三目並べでは、双方が合理的な着手を続ける限り勝負がつかないのに対し、ライトスリーには、先手に、初手を着手できる利点を活かした必勝手順が存在することがわかった。また、今回発見した必勝手順は、いずれも先手が「次に空白になるマに着手すれば勝てる」という必勝局面を経由するものである、という特徴を見いだした。この先手の必勝局面について図2を例にとって説明する。

図2の局面で、次は後手×の手番であるが、×がどこに着手しても、同時に右下のマにある×の着手が消える。すると、先手○は次の手番でそのマに着手し、勝つことができる。この図2の局面が、先手が「次に空白になるマに着手すれば勝てる」局面の一例である。着手の配置は違うものの、盤面上の角や中央のマではなく辺にあたるマを初手として着手し、かつ、その後、記憶している過去の双方の着手に基づいて先手が間違いなく着手し続けられれば、後手のいかなる着手に対しても、先手は図2と同様の局面に必ず導けることが、今回の研究で明らかになった。

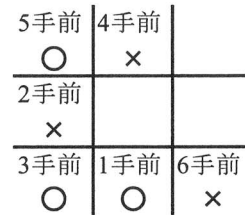


図2 先手○の必勝局面

7	8	9
4	5	6
1	2	3

図3 マスのラベル付け

この必勝局面を経由して先手が勝つ必勝手順の例として、次の五つを示す。

- ・ 4165937814253
- ・ 425619342
- ・ 4356917835261
- ・ 45173296857
- ・ 461795346

ただし、上記手順の各アラビア数字は、図3のようにラベル付けされた盤面上の各マを表わしている。そして、先手と後手が交互に着手するマを左から右に並べて記述している。これらの例は、最長手順となるよう後手が合理的に着手するという前提のもとでの例である。後手がその他の合理的でない着手を行った場合でも、先手が必ず勝つことを確認している。また、後手が合理的に着手するという前提のもとでの先手の他の必勝手順は、盤面の対称性に着目すれば、上記の例をもとに容易に導くことができる。

3. 2. その他の研究成果

続いて、先手が初手で辺以外に着手した場合について解析した結果、わかったことを述べておく。なお、この場合については、今のところすべての局面について解析できているわけではないことを予め断っておく。

先手の初手としては、辺以外に角と中央が考えられる。まず、初手で角に着手した場合について解析した結果、双方が合理的に着手するという前提のもとでは、先手は後手に手順の無限の繰り返し（以下、この手順をループと呼ぶ）を強いることが可能であるとわかった。すなわち、先手は初手を角に着手した場合、負けを回避できることが

わかった。

発見したループの最長手順は、次の 41 手のものである。

15328 74613 95782 14695 78236 49715
32896 41532 8

この手順は 3. 1. と同じ方法で記述しており、手番をカウントしやすいよう、5 手ごとに空白を入れて区切って記述している。この 41 手を着手し終えた局面で盤面上に残っているのは、最後の「415328」という着手なので、逆に、空いているマスは、「6」、「7」および「9」である。また、手番は後手の番である。ここで、後手が「7」に着手した場合、および、「9」に着手した場合の局面は、それぞれ、初手「1」から 6 手目の「7」、および、初手「1」から 34 手目の「9」を着手した局面と同じであり、後手はループを強いられる。また、後手が「6」に着手した場合は、3. 1. で述べた先手の必勝局面に容易に導くことができる。その他、上記の最長手順の途中で後手がここに記述されたもの以外の着手を選択した場合は、すべて先手が勝つことを確認している。

次に、先手が初手で中央に着手した場合について説明する。この場合については、先手が中央に初手を着手したのに続いて後手が辺に着手すると、先手に必勝手順が生じることがわかった。これは、先手の初手が中央であった場合、後手が辺へ着手することは不合理であることを意味している。しかし、後手が角への着手で応じた以降の局面の変

化については未解析のままである。

4. 結 言

以上説明したとおり、本研究により、対戦者が過去の手順を完全に記憶できるという前提のもとでは、ライトスリーに、辺にあたるマスを初手とする先手の必勝手順が存在することと、その手順は「次に空白になるマスに着手すれば勝てる」という必勝局面を経由するという特徴があることがわかった。他に、先手が角に初手を着手した場合、先手は負けを回避できることと、先手が中央に初手を着手した場合、辺に着手するという後手の応じ手は不合理であることが、同じ前提のもとでわかった。

今後の課題の一つとしては、未解析となっている局面について調査を続けることがあげられる。他の課題としては、今回の研究成果を利用して、特に発見した必勝手順の特徴に注目し、記憶内容がより少ない、あるいは、究極的に盤面上に残っている着手の配置のみを利用するという、より現実の対戦者の状況に近い前提のもとで、必勝手順、あるいは、高い確率で勝つことのできる手順などが存在するか否かを明らかにすることがあげられる。

参考文献

- 1) 松原 仁・竹内 郁雄：ゲームプログラミング 共立出版株式会社、(1998) 13

哲学と建築との学際的研究

——ハイデッガー居住論とモダニズム建築における「住む」——

稲田 知己*

Interdisziplinäre Forschung über Philosophie und Architektur

—Wohnen in Heideggers Topologie und der modernen Architektur—

Tomomi INADA

Wir beabsichtigen in dieser Abhandlung, über Philosophie und Architektur im interdisziplinären Kontext zu diskutieren, indem wir sie an einer geistesgeschichtlichen Situation am Anfang des 20. Jahrhunderts erklären. In diesem Zusammenhang stellen wir Betrachtungen insbesondere über Heideggers Topologie und die moderne Architektur an. Dabei handelt es sich darum, „das Wohnen erst lernen zu müssen“.

Key words: Dwelling, Heidegger's Topology, Modern Architecture, Interdisciplinary Approach

1. はじめに

20 世紀を代表する思想家ハイデッガーは、ドイツ工作連盟主催のダルムシュタット建築展で、『建てること、住むこと、考えること (Bauen Wohnen Denken)』(1951)¹⁾と題した講演をおこなった。そのさい「**住む**とは、死すべき者たちが大地のうえに存在するその仕方である」(GA7, 150)。が、事柄をいっそう子細に観察するなら、「《大地のうえに》ということは、《天空のしたに》ということを手で意味している。この両者は、《神的な者たちのまえにとどまること》をともに指示し、《人間たちの相互共同性のうちへと帰属して》いることを含意する」(GA7, 151)。こうしたことから、大地・天空・神々・人々という「四者のこうした一重の壁を、われわれは四方域 (Geviert) なるものと命名する」(GA7, 152)とされた。これが**ハイデッガー居住論 (Topologie)**の中心概念であることは衆目の一致するところだろう。

後期ハイデッガーが〈四方域〉と名づけた居住空間は、われわれ現代人にとってあまりに空想的にひびく。しかしその一方で、この大地に人が住めなくなる危機的状况があらわになるにつれ、「住むことをまず学ばなければならない」(GA7, 163)というかれの提言はわ

れわれに感銘をあたえるようにも思われる。たとえば、上述のダルムシュタット建築展には**モダニズム建築**を主導してきた錚々たる顔ぶれが列席していたが、ハイデッガーの講演はハンス・シャローン——ア・パースペクティブな空間構成による代表作「ベルリン国立図書館」は、ヴィム・ヴェンダース監督の『ベルリン・天使の詩』のロケ地としても有名である〔資料①参照〕——を感激させた²⁾。のちに二人は、いっしょにギリシャ旅行をするほどの親しい友人となった³⁾。

これからわれわれは、哲学と建築という学問領域を学際的に横断しながら、〈住む〉という事柄について考察してみたい。そのためには、ハイデッガー居住論をつらぬく内的思惟動向を解明することはもちろんであるが、たんにそればかりでなく、哲学者がまさにそこに住んでいた〈時代〉という大きな物語テキストを忘れないように留意しよう。つまり、本研究の目的は、20 世紀に勃興したモダニズム建築とハイデッガー居住論とを思想的に対決させることによって、〈**住むことを学ぶ**〉ことである。

2. いつヘルダーリンは ハイデッガーの宿命となったか

原稿受付 平成 23 年 8 月 29 日

*一般科目

『建てること、住むこと、考えること』と同年に、

『詩作的に(dichterisch)人間は住む』も講演された。後者の表題はヘルダーリンの詩句から直接とられており、ハイデッガーが〈住む〉ことについて考えるさい、つねに念頭にあったのはヘルダーリンだった⁴⁾。「ヘルダーリンの詩作はわれわれにとってひとつの宿命である」(GA4, 195)。問題は、いつヘルダーリンがハイデッガーの宿命となったか、ということである。

ふつうには、それは1934年、すなわち、フライブルク大学総長職辞任以後のことであると考えられている。通説のゆるがぬ論拠とみなされるのは、1934/35年冬学期がハイデッガー最初のヘルダーリン講義(GA39)だった、というものである。この点では、ハイデッガーとヘルダーリンの解釈を仕事の中心にすえてきたラクー＝ラバルト⁵⁾にせよ、つぎのペグラーの解釈にせよ同断である。ペグラーは『芸術作品の根源』(1935/36)という論文について、「芸術作品論文は——現実の国家社会主義革命にたいする幻滅のあとで——政治的なものとの対決から芸術へと撤退しているから」、それは「ロマンティック」であると特徴づけた⁶⁾。ハイデッガーは政治の舞台で挫折したから芸術や詩に逃避したというわけである。

しかしこうした解釈では、ハイデッガーのナチス加担という問題を解き明かすことはできない。1933年、もともと非政治的だったハイデッガーが、弟子たちもおどろくほど唐突に⁷⁾、政治参加を決意したのはなぜか。また、あの時代状況のもとでは相当な覚悟が必要だったはずだが、なぜかれは1年足らずのあいだに総長職からしりぞいたのか。この謎を解く唯一の鍵がヘルダーリンなのである。

師リッケルトの1913/14年冬学期講義のさいに、若きハイデッガーはヘルダーリンの再発見者ヘリングラートについてすでに聞きおよんでいた⁸⁾。この詩人は「ひとつの新しい体験」⁹⁾となった。1925年においても、「ぼくは多くの時をヘルダーリンとともに生きています」¹⁰⁾と、『存在と時間』草稿執筆中のハイデッガーは恋人アーレントに告げている。そして、その主著が未完のまま途絶したのち、1931/32年冬学期講義『真理の本質について』において、「学」よりも「芸術」(GA34, 63)が、とりわけ「詩作(Dichtung)」(GA34, 63)が、かれにとって重要となった。「現実的なものの発見という本質的なものが生じたのは、また生起するのは、諸学によってではなく、根源的な哲学によって、偉大な詩作とその企投(ホメロス、ヴェルギリウス、ダンテ、シェークスピア、ゲーテ)によってである。詩作は存在者をいっそう存在者的にする」(GA34, 64)。

ここではまだヘルダーリンの名はあげられていないけれども、すでに重大な転機がおとずれていたのだろうか。ハイデッガー自身の回想では、「……原存在(Seyn)それ自身とその真・理とが究極的な問いにあ

たいするものにはじめてなった瞬間(『真理講演』1929/30年[ママ])、ヘルダーリンの語が、すでに以前からほかの詩人たちとならんでさしあたりは知られていたのだが、運命となった」(GA71, 89)。指示された現行テキスト『真理の本質について』(1930)のなかで、当の詩人が言及されているわけではない。が、ともかく、〈存在の意味への問い〉から〈存在の真理への問い〉へとハイデッガーの思惟が変貌した「瞬間」、¹¹⁾ たしかに**総長職就任以前**に、かれはヘルダーリンと宿命的に出会っていた。

この関連で決定的に重要なのが、刊行者によって成立年代が1931/32年とされる¹²⁾、前掲『芸術作品の根源』の「初稿」である。ハイデッガーはここで、「民族」という歴史的共同体の生成の現場をヘルダーリンのうちに看取した。「ヘルダーリンの詩作は、どんな舞台や映画や戯れ歌よりも、われわれの民族の言葉のなかで——たとえほとんど予感されていなくとも——いっそう現実的である」¹³⁾。「現(Da)に存在している、という、この仕方を、われわれは歴史と名づける」¹⁴⁾のだが、「民族はみずからの現のうちへとつねにすでに投げられている(詩人ヘルダーリン)」¹⁵⁾。そして草稿の末尾で、かれの詩句「根源の近くに住むものは、その場所(Ort)を去りがたい」が引用されるとともに、「この大地のうえでの真正な**土着性(Bodenständigkeit)**としての、真に根拠づけられた歴史的現存在」¹⁶⁾について語られた。ヘルダーリン的な〈住む〉こと、大地に歴史的に根づくこと、すなわちハイデッガー居住論への注目すべき一歩が、このときはっきりと踏みだされた。

とすれば、すでに明白だろう。ハイデッガーが政治の表舞台へ挺身しようとしたのは、ヘルダーリンという宿命に殉じるためだった。総長辞職直後の発言では、「ヘルダーリンはこの隠蔽された困難なこと、すなわち〈ドイツ人の詩人〉としての〈詩人の詩人〉であるがゆえに、それゆえかれはわれわれの民族の歴史においてまだ力をえていない。かれはまだそうならないのだから、そうならなければならない。これと行動をともにすることこそ、最高かつ本来的な意味における《政治》である」(GA39, 214)。つまるところ、ハイデッガー哲学における**政治**とは、ヘルダーリンの詩作を歴史創設の中心にすえる居住論にほかならなかった。

しかも看過できないのは、ナチス加担へと決断させた当のものがナチスからの離反をうながすものだった、ということである。ハイデッガーはヘルダーリンによって政治参加を決断したのであって、ニーチェではなかった。「ムッソリーニもヒトラーも……ニーチェによって本質的に規定されている」(GA42, 40f.) ことがはっきりするにつれ、かれはニーチェへの批判を強めるとともに運動からも遠ざかった。

「政治は国家の造形芸術だ」とはゲッベルスの周知の言葉だが、ナチ国家体制のきわだった特色は、政治が芸術を屈服させたところにあるだけでなく、政治みずからが最高の芸術たろうとしたところにあった¹⁷⁾。ラクー＝ラバルトがベンヤミンに依拠しつつ論じたように、「《政治の美学化 (esthétisation de la politique)》」が、本質的に、国家 - 社会主義の綱領をなしていた¹⁸⁾。ハイデッガーもこの現実がよくわかっていたし、だからこれと哲学的に対決しようとした。たとえば、『哲学への寄与論稿』(1936-38)では、「美学の超克という課題」(GA65, 503; usw.)が提起されている。1936/37 年冬学期講義『ニーチェ、芸術としての力への意志』では、ハイデッガーは芸術を考察するさいに創造者や受容者の立場からではなく〈作品〉から出発するのであるから、「ニーチェの生理学的美学」(GA43, 78)、すなわち「芸術は芸術家から把握されねばならない」とする「男性美学」(GA43, 82)が問いに付されている。また同学期のゼミナールでは、シラーの『人間の美的教育についての書簡』が取り上げられ、「美学的なもの、美、芸術は、文化の道具である」¹⁹⁾とする「政治的国家という美学的国家」²⁰⁾の現状が揶揄されている。

この点で、1938/39 年に由来するつぎの文献は、示唆にとんでい。「どんな様式における《芸術》も、たんに形而上学の内部に、形而上学とともにあるにすぎない。それゆえ、《世界観》には芸術政治が、《芸術》の続行がある。だが、どこにも《詩作》はない。原存在の根拠づけ (Gründung) —— 創建 (Stiftung) としての詩作。このことから、芸術作品についての諸講演のなかで問われていたことがいっそう鋭敏に明らかになる。もはや芸術としてではなく、詩作。形而上学の終末とともに《芸術》の終末」(GA67, 108)。この文章はハイデッガーの自己批判でも自己弁明でもあっただろう。かれはヘーゲルと同じく「芸術の終末」を説きながら、ナチスの「世界観」「芸術政治」を批判し、国家社会主義の形而上学的背景を洞察するとともに、しかしあくまで歴史の「詩作」的な「根拠づけ」「創建」は正しいと考えていたのである。総長時代のかれの過誤は、この詩作が美的芸術政治と両立しようと判断したところにあった。だが、かれはみずからの誤りに気づくやいなや、この同じ詩作という立脚点から、ナチズムの哲学的基盤を超克しようとしたのである。

以上から、ヘルダーリン的な〈住む〉がハイデッガーにとっていかにかけがえのないものだったか、その来歴から明瞭になった。それは、たんに後期ハイデッガーが偏愛した詩語にすぎないのではなく、現実の政治への参加とそれからの離脱をもたらした当のものが、〈存在の真理への問い〉さらには〈存在歴史的 (seinsgeschichtlich) 思惟〉の生誕地にほかならなかった²¹⁾。この場所が最後まで放棄されることはなかつ

た。1931/32 年の文献ですでに引用されていたように、「根源の近くに住むものは、その場所を去りがたい」のである。

3. ヴァイセンホーフ・ジードルンク、あるいはモダンな住まい

哲学の伝統的な諸問題のうちに〈住む〉は属していない。とはいえ、現代哲学のなかでまったく注目されなかったわけでもない。とくに、「言葉は存在の家である。この住まいのうちに人間は住む」(GA9, 313)とした『《ヒューマニズム》についての書簡』(1946)はよく知られており、サルトルの実存主義批判の文脈でなんらかの影響をあたえた。たとえば、『《世界に投げ出されて》いるまえに……人間は家の揺籃のなかにおかれている」²²⁾とバシュラールはのべたし、ボルノウは「実存主義者は……住むということを知らない」²³⁾と論難した。ここに通底しているのは、人間が日常的に家に住む、その内密なやすらぎの先行性の強調であり、それは、「女性が……家 (Maison) の内面性および住むことの条件である」²⁴⁾とするレヴィナスにおいても同様かもしれない。しかしながら、これら少数の哲学者のあまりに専門的な論争史に終始することには、〈住む〉という事柄をかえって見失う危険性がひそんでいるのでないだろうか。そこで本研究がこころみたいのは、ハイデッガー居住論をその時代という巨大な物語テキストから眺めることである。すると風景は一変する。

ちょうど『存在と時間』(1927)が公刊されたとき、シュトゥットガルト郊外で「住まい」と銘打たれた住宅展が開かれた。建築史の分野で著名な**ヴァイセンホーフ・ジードルンク**である。これを主催したのは、建築家ヘルマン・ムテジウスらが 1907 年に「芸術、工業、手工芸の協同による産業製品の向上」²⁵⁾を目的として設立したドイツ工作連盟であり、ソファから都市計画まであつかった。このとき、ルートヴィッヒ・ミース・ファン・デル・ローエ、ル・コルビュジエ、ヴァルター・グロピウス、ブルーノ・タウトをはじめとして、数カ国から 16 人の前衛建築家が招待され腕を競った。会場には、「ノイエ・ザッハリヒカイト運動」²⁶⁾を彷彿させる、無装飾で白い陸屋根の住宅が建ちならび、さながらモダニズム建築の実験場の観を呈した。のべ 50 万人以上もの観客が来訪し、賛否両論がわきおこった。たしかに、〈**建てること**〉〈住むこと〉への新しい提案がここにはあった〔資料②③参照〕。

この国際住宅展は、計画段階では、「新時代 (Neuzeit) の住まい」²⁷⁾とよばれていた。「われわれの生活の全領域にたいする**合理化 (Rationalisierung)**は、住宅問題においても容赦しない」²⁸⁾のであって、いまや「**合理的な建てることと住むこと**」²⁹⁾が要求されており、

「現時点において合理的な住むことを諸事例にそくして示すことが重要である」³⁰⁾ ところが、この目的を実行しようとした建築家には、以下に一瞥するように、さまざまな立場³¹⁾があった。

まず、もっとも影響力のあるモダニズム建築家として、ル・コルビュジエの名をあげることができるだろう〔資料④⑤参照〕。かれの晩年の傑作「ロンシャンの教会堂」(1955)にはハイデッガーも訪れたことがあって、「ここには、ゴシック以来はじめて、『聖なる空間』がふたたび存在している」³²⁾と賞賛したと伝えられる。ヴァイセンホーフ・ジードルングにおいても、ル・コルビュジエの住宅は建築的価値の高いものとみなされ、現在は博物館となっている。かれはモダニズムの論客としても有名であって、「家は住むための機械 (machine à habiter) だ」³³⁾という、『建築をめざして』(1924)の主張は、よく知られている。かれのモデルハウスは、ドイツ工作連盟の機関誌『形式 (Die Form)』に寄稿された「新しい建築のための5つの論点」で提唱された理論にしたがって、「ピロティ〔支柱〕」「屋上庭園」「自由な平面構成」「横長の窓」「自由な正面構成」からなる「根本的に新たな美学」³⁴⁾を具体化したものである〔資料⑥参照〕。

つぎに、〈合理化〉という問題にもっとも関心を寄せていたのが、当時デッサウのバウハウス校長だったグロピウスである〔資料⑦参照〕。「すっかり仕上げられ、しかも可変的な、倉庫からの住宅建造物が、今後数十年のうちに、産業の主要製品になるだろう」³⁵⁾。この予言は、バウハウスの機能主義的なデザインがしばしば批判されてきたように、きわめて不幸なかたちで現代社会に実現したというべきだろうか。けれども、「そのような合理的な建築方式の特別な長所は、経済性がいっそうよくなったり生活水準がいっそう高くなったりする」³⁶⁾だけではない。かれは「モダンな家の美しさ」を「空間的な調和、落ち着き、端正な比例」のうちにみとめ、「われわれの時代の生を純粹で単純化された諸形式のうちに表現することを、われわれは学んできた」³⁷⁾。

さらに、何人かの建築家の思想をたどっておこう。桂離宮を絶賛した『ニッポン』で知られているタウトは、ベルリンで多くの集合住宅を手がけたモダニズム建築家だったが、この展示会場に並んだ住宅のなかで「プロレタリアート」³⁸⁾ともいうべき低廉な家建てた。また、ウィーンの建築家ヨーゼフ・フランクは、ル・コルビュジエなどとは異なり、「エンジニアと建築家との共同作業などというものは……みこみがない」³⁹⁾と主張して、ゆずらなかつた。そして、ヴァイセンホーフ・ジードルングの芸術監督をつとめたミースによれば、「《合理化と類型化 (Typisierung)》といった合言葉も、住宅業の経済性への訴えも、たんなる部分問題にかかわるにすぎない。……これらとならんで、

あるいはいっそう適切には、これらを超えているのが、ある新たな住まいの創造という、空間にかかわる問題である。これは、ひとつの精神的な問題であって、ただ創造的な力によってのみ解決することができるが、計算や組織といった手段で解決できるものではない」⁴⁰⁾。ミースの確信するところでは、「ただいきいきとした内面のみが、いきいきとした外面をもつ」⁴¹⁾。

このように把握するなら、ヴァイセンホーフ・ジードルングを総括した、つぎのシャロンの言葉は、きわめて適切だといえるだろう。すなわち、「展示会の獲得成果として確定しているのは、さまざまな個性と国家にもとづき個々の建物を個人的に造作したにもかかわらず、ジードルングの全体像に統一性があることである」⁴²⁾。しかし他方で、「願望と希望として残りつづけるのは、……生命あるものを機械化することなしに類型化することである」⁴³⁾。この願いは、ポストモダンの時をこえて、現代のわれわれにまで届いていたとしても、おかしくはなかった。だが、新たな建てることと住むことをもとめたドイツ工作連盟の夢は、ナチスの政権掌握とともに、あえなくついでた。ネルディンガーが指摘しているように、「ヴァイセンホーフ・ジードルングへの道は……工作連盟の誤りだった」と、1933年には回顧されることになる⁴⁴⁾。

最後に、前衛建築家たちの思想的背景をさぐっておきたい。前述のグロピウスやミースの発言において察知できるのは、**モダニズム思想家としてのニーチェ**の影響である。まだバウハウスがヴァイマルにあったころ、ニーチェアーナーのグロピウスは、その地のニーチェ資料館——ニーチェの妹がいまだ君臨していた——と良好な関係をたもっていた⁴⁵⁾。また、バウハウス最後の校長となったミースは、ニーチェ資料館に近い関係の雑誌『未来 (Die Zukunft)』の定期購読者であり、「建造物は時代意志の純粹な担い手である」と確言した⁴⁶⁾。かれらを鼓舞したニーチェによれば、「文化とはなによりもまず、一民族の生の表現すべてにおける芸術的様式の統一である」(KSA1, 163)。〈生〉の創造する〈様式〉と〈形式〉が重要なのであって、「芸術家の偉大さは、かれが引き起こす《美しい感情》によって測られるのではない。……そうではなく、かれが偉大な様式にどれだけ近づいているか、偉大な様式にどれだけふさわしいかという程度によってである。……人がそれであるカオスを支配すること、みずからのカオスを形式になるように強いること、形式において必然性となること、すなわち、論理的に、単純に、一義的に、数学となること、法則となるということ——このことがここでは大きな野心である」(KSA13, 246f.)。

これらの引用文について、ハイデッガーもとりわけ詳細に論じている (GA46, 54-65; GA43, 145-169)。偉大な様式においては、ディオニュソス的なものとアポ

ロンのなものとの、「陶酔と美との、創造・享受と形式との交互的関与の統一」(GA43, 168f.)が実現されねばならず、「ニーチェが偉大な様式として思惟し要求するものへの展望とともに、われわれはかれの《美学》の頂点に到達した」(GA43, 168)。しかしこの様式概念のうちに「存在と生成との区別」(GA43, 166)という伝統的存在把握をかぎとるのが存在歴史的思惟の立場であり、「ニーチェ哲学は西洋形而上学の終末である」(GA43, 283)というニーチェ観がやがて確立されることになる⁴⁷⁾。

ところが、モダニズム建築家やハイデッガーの思惑をよそに、「偉大な様式」はナチ国家体制のもとでおぞましい様相をおびはじめた。すぐに思い浮かぶのは、アルベルト・シュペーアがベルリンのシュプレー・ボーゲンに計画した、誇大妄想的な権力欲の表現以外のなにものでもない、直径 290 メートルにもおよぶ巨大ドームの大会堂である。こうした時代の趨勢のもとで、ハイデッガーは、当時もてはやされた新古典主義の代表的建築家カール・フリードリヒ・シンケルの遺稿の一節に批判的論評を加えたし (GA65, 506)、ナチ芸術との関連でよく語られる「《キッチン》」(GA66, 31)についても言及した。たとえかれがモダニズム建築について論じた形跡はなくとも、まぎれもなく両者は同じ困難な時代を生きていた⁴⁸⁾。

4. 〈技術の時代〉における 〈詩作と思惟〉

工業化の進展によって鉄やガラスなどの建築素材が新たに登場し、それとともに人々の〈住む〉仕方も変わっていった。19 世紀以来の、このような住環境の変貌にきわめて明敏な感覚をもっていたのが、『パサージュ論』のベンヤミンだった。「温室庭園やパサージュ、つまりもともとはぜいたくな施設とともに、鉄骨建築ははじめた。だが、またたくまに鉄骨建築はその真なる技術的かつ産業的な適用領域を見いだすことになった。そして、市場用ホール、駅、博覧会会場といったまったく新しい需要から生まれた、過去に手本をもたない建造物が成立した。先駆的な仕事をしたのはエンジニアたちだった」⁴⁹⁾。縷説するまでもなく、われわれのあらゆる生活空間を刻印する、いわゆる「**技術の時代**」(GA66, 175; GA11, 107; usw.)が到来した。

興味深い事例をあげておこう。さきのヴァイセンホーフ・ジードルングと同年のこと、「1927 年というこの年に、《技術の哲学 (Philosophie der Technik)》はその 50 周年記念祭を祝うことができる」⁵⁰⁾と、ドイツ工学士協会の機関誌『技術と文化』所収の論文が告げていた。ここで触れられているのはエルンスト・カッパの『〈技術の哲学〉の基本線』(1877)であり、これが書名として登場した最初とされる。しかし上記論

文の現状分析によれば、「技術は文化要因として、文化のほかの諸要因との交互作用において提示されねばならない」⁵¹⁾のだが、「この本〔カッパ上掲書〕ばかりでなく後の同名の諸著作も、ほんとうの〈技術の哲学〉をいまだ提供してはいない」⁵²⁾。たしかに、『技術の哲学』と題された本にはエーベルハルト・チンマー (1914) やフリードリヒ・デッサウアー (1927) によるものがあつたけれども⁵³⁾、技術を文明からではなく文化から精神的に把握しようとする時代の要請は、とくにドイツで強かった。

もちろんハイデッガーはこの時代動向を熟知していた。かれが技術について論じるさい、エルンスト・ユンガーが重要である⁵⁴⁾。が、そればかりではない。かれは高名な経済史家ヴェルナー・ゾンバルトの技術論を評価していたし (GA76, 208, 299, 344)、シュペングラーの友人マンフレッド・シュレーターの『技術の哲学』(1934)にも言及している (GA76, 331, 367)。シュレーターによれば、「技術の哲学とは、技術が創造的な人間精神の文化所産としてまずは理解されるべきであるから、一般的な文化哲学を構成する一章としてあつかうことができる」⁵⁵⁾。このような影響関係を重く受け取るなら、ハイデッガーが〈技術の本質〉とした〈組み・立て (Ge-stell)〉という根本語が上述のカッパに由来する⁵⁶⁾、とする解釈が正しいと考えられるかもしれない。しかしじっさいは、ハイデッガーは〈技術の哲学〉を手厳しく批判しており、「あらゆる〈技術の哲学〉は、すでにその発端からして、本質の誤認である」(GA76, 294; vgl. GA54, 128)。

本論文に関連するかぎり、ハイデッガーの技術思想を集約的に掲げておこう。技術はたんなる文化形成物ではなく、むしろ「《文化》は、形而上学的には、《技術》と同じ本質のものである」(GA66, 170; vgl. GA76, 298)。また、「芸術が形而上学的活動である」(GA87, 12)とするなら、「美しいものの《美学的》把握が完全な支配権をはじめてにぎるのは、またも技術によってである」(GA66, 175)。たとえば、「建築術 (Baukunst) の《新たな技術的な》諸可能性——建築術もあらゆる芸術 (τέχνη) と同様に《技術的なもの》のうちでつねに動いている」(GA76, 364)。さらにハイデッガーは、ナチズムと共産主義を同一平面にとらえるような、おどろくべき政治的見解に達していた。「《人種》とは、技術的 - 主観性適合的な概念」(GA90, 99)なのであり、「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」(GA90, 67)。同様に、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」⁵⁷⁾という言葉からすれば、「《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」(GA90, 231; vgl. GA90, 40; GA54, 127; GA69, 210)。ようするに、「主観性の本質帰結が諸民族の国家主義であり、民族の社会主義である」(GA69,

44)。

上述から明らかなように、ハイデッガーほど〈技術〉を威力あるものとして思惟しようとした思想家はいない。技術は、人間の意のままになる生産手段や文化事物などではなく、われわれを圧倒する〈存在〉の歴史的現実にはかならず、「技術とはそれゆえ《形而上学》の本来的な完成である」(GA76, 294)。しかも、決して逸することができないのは、こうした技術が〈住む〉ことと根本でかかわっているということである。すなわち、「技術を制御したり抑制したりしようとするのではなく、技術を極限にまで助成すると同時にその本質を熟思すること、つまり、**原生起(Ereignis)のうちで住むことに備えること**」(GA76, 255)、これがハイデッガーの意図だった。「原生起のうちで住む」とは、『建てること、住むこと、考えること』によれば、こう描かれていた。「大地を救うことにおいて、天空を受け取ることに、神的な者たちを期待することにおいて、死すべき者たちを同行とすることにおいて、住むことは、四方域を四重に思いやること(Schonen)として原生起する」(GA7, 153)。

われわれは、あらためて〈住む〉を、とくに〈建てる〉との関連において考えることにしたい。「人間が所属している諸領域のうちに家郷的に(heimisch)滞在することを、われわれは住むことと命名する」(GA50, 92)のであり、つまり「住むとは、死すべき者たちがそのように存在している存在の、まさにその根本動向である」(GA7, 163)。〈住む〉とは「人間の実存」(GA7, 192)にほかならず、〈建てる〉ことはこれに根ざしていなければならない。「家は住むことによってはじめて家となる」(GA13, 138; GA16, 537)のであり、「われわれが住むことをなしあうばあいにはのみ、われわれは建てることができる」(GA7, 162)。だが、逆にいえば、われわれが〈建てる〉ことができるばあいにはのみ、ほんとうに〈住む〉ことができるようになる。というのは、「建てることの本質は〈住まわせること(Wohnenlassen)〉だ」(GA7, 162)からである。約言すれば、住むことと建てることは、相互循環的にかかわりあっている。

また、もうひとつ重要な関連を指摘しておくと、〈建てる〉ことは、それが〈住まわせる〉ことであるかぎり、本質において〈詩作〉である。というのも、『詩作的に人間は住む』で、このべられていた。すなわち「詩作すること(Dichten)は、人間が住むことをなによりもまずその本質うちへと放ち入れる。詩作することは、根源的な〈住まわせること〉である」(GA7, 206)。したがって、「詩作することは、住まわせることとして、建てることである」(GA7, 193)。いいかえれば、ハイデッガーは、「沈黙する語」(GA54, 172)による〈建築〉に詩作との本質的な近さを認識していたがゆえにこそ、〈建てる〉ことを主題化しようとしたといえるだ

ろう。このように解釈することによって、『建てること、住むこと、考えること』が成立しえた問題圏域が、はじめて判然となる。ほかでもない、〈詩作・と・思惟〉である。

ヘルダーリンとつねに対話したハイデッガーであれば、〈詩作と思惟〉はいつか逢着する根本問題だったが、かれがこの問題に集中的に取り組んだのは、讃歌『回想』や『イスター』について講じた1940年代になってからだった。とりわけ、「四方域」(GA71, 51)や「組み立て」(GA71, 52f.)といった術語が登場する『原生起』(1941/42)において、この問題は詳論された。ここでも「ヘルダーリン——原存在歴史的思惟の命運」(GA71, 88)という立場に変更はない。が、それにもかかわらず、かれの詩作とハイデッガーの存在歴史的思惟とが「火」と「水」にたとえられているように(GA71, 322)、以前の論述と比較するなら、「形象化する(bildend)語」(GA71, 330)による詩作と「形象なき(bildlos)語」(GA71, 330)⁵⁸⁾による思惟とが、すどく対比されるようになった。

概観すると、「詩作することは、祝祭——聖なるもののしばしのあいだ——を回想・思惟すること(An-denken)である」(GA71, 239)が、「思惟することは、到来するものの来着へと先行・思惟すること(Vor-denken)である」(GA71, 312)。また、「詩人は、聖なるものを言うことによって、とどまるもののとどまることを、存在者という家郷的なもののうちに住むことを創建する(stiften)」(GA71, 329)。だが他方、「思惟者は……原存在という深淵を根拠づける」(GA71, 329)のであって、「思惟することは、非家郷的に存在すること(Unheimischsein)のうちに家郷的となること(Heimischwerden)である」(GA71, 330)。いいかえれば、「とどまるものを創建することとしての詩作すること」(GA71, 239)にたいして、「原存在歴史的思惟は、脱・創建すること(Ent-stiften)である」(GA71, 239)。このように、詩作と思惟の両者は、存在者と存在との〈差異〉および〈あいだ〉で⁵⁹⁾、遠く隔たっている。

しかしながら、『パトモス』のなかで「最愛の者たちは、遠く隔てられた山々のうえに、[だが]近くに住む」と詠われていたように、詩作と思惟とはきびしく対置されながらも、やはり共属しあっている。「詩作することと思惟することとの極限的な相克の親密性は、感謝すること(Danken)のうちにある」(GA71, 330)。つまり、両者はもはや主観性の能動的な意志活動などではなく、乏しき時代にあっても天空と大地と神々からひそかな祝福を受けた「パンと葡萄酒という贈り物にたいする感謝」(GA75, 53)⁶⁰⁾であり、「……両者とも原存在の歴史から原生起させられている」(GA71, 327)。

ここまで論じて、ついにわれわれは〈技術と詩作〉

の関係に立ち入ることができる。つぎの一節を読みたい。「詩作の反本質は計画すること (Planung) である。[しかしそれでも] 詩作的に人間は住む——。人間がただかろうじて計画するときでさえもなお、すなわちそのとき人間は非詩作的に (undichterisch) 《住む》、ということはつまり、非本質において詩作的に《住む》」(GA71, 321)。われわれの時代を計画や計算によって駆り立てる「技術のうちには、詩作はない」(GA76, 390)。しかし、たとえ「あらゆる技術の非詩作的なもの」(GA76, 313) の闇夜がどんなに深くとも、「詩作的に人間は住む」⁶¹⁾。「住むことが本質において詩作的であるがゆえにのみ、とある住むことが非詩作的でありうる」(GA7, 206)。ここに、ハイデッガーは技術支配からの救済の可能性を読み取ろうとした。われわれ人間の実存が根本において詩作的であるかぎり、**詩作**の本質が〈住まわせる〉ことであるかぎり、その詩作に耳を傾ける**思惟**があるかぎり、そして詩作と思惟とのうちに「学ぶこととしての**感謝**」(GA75, 301) が生きつづけているかぎり、〈**住むことを学ぶ**〉可能性はわれわれにまだ残されている。

5. おわりに

本研究の目的は、モダニズム建築とハイデッガー居住論とを思想的に対決させることによって、〈住む〉という事柄について学ぶことだった。ヴァイセンホーフ・ジードルングを時代の例証として取り上げたわれわれは、最終的に、〈詩作と思惟〉〈技術と詩作〉という問題に突き当たった。ハイデッガーの確信では、「ただひとつのことが芸術に該当する。芸術においては、詩作的なものが本質的に規定する力である」(GA76, 375)。この詩作のうちに、技術の時代を突破する可能性をかれは洞察していた⁶²⁾。

だが、本論文にたいして、こう反論する人がいるかもしれない。シュヴァルツヴァルトの魔術師がモダニズム建築を理解できたはずもなく、両者の関係をあつかう問題設定には無理がある、と。なるほどそうかもしれないが、かれくらい「合理的な建てることと住むこと」というモダニズムの本質を考えようとした思想家はいないのではないか。晩年の対談によれば、「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もしませんでした。そうではなくて、わたしは技術の本質を理解しようところみているのです」(GA16, 706)。否定的な存在本質の圧倒的な力に耐え抜くこと、非家郷的なもののうちに家郷的となること、これが思惟の課題である。〈技術の時代〉にあっても「《非詩作的》なものの中に《詩作的》なものは消失しない」(GA13, 218) のであって、「**非詩作的なもののうちに詩作的なものを思惟すること**」(GA13, 220)こそ、ハイデッガーの思

想的営為だった。

詩「**住むこと**」(GA81, 328) という一種のパロディのなかで、ハイデッガーは、当今の「住宅難」(GA7, 191) などについて語るはるか以前に、われわれの住むことが深部において危殆に瀕していると警告する。

功業もなく、非詩作的に
こんにち人間は住む、
星々から疎遠となりつつ、
大地を荒廃させつつ。

本論文の行論をたどってきたわれわれからすれば、これがけっして絶望的な時代診断でないことは明らかだろう。だから、住むことを学ぼうとするわれわれは、あらためてつぎのように問おう。もともとたんなる職人たちの技術ではなく、それら諸技術を原理的な知によって監督指導する技術だった〈建築 (ἀρχιτεκτονική τέχνη)〉は、こんにち、詩作たりうるか。現代の建築は、死すべき者たちを住まわせる〈建てること〉、すなわち、大地と天空、神々と人々を思いやる〈詩作〉たりうるか、と。

6. 謝辞

本研究のために、文部科学省科学研究費補助金基盤研究 (C) として採択された「〈住む〉ことを学ぶ ―ハイデッガー居住論とモダニズム建築」(2010-2012 年度) の助成を受けた。

参考文献

Martin Heidegger からの引用は Vittorio Klostermann 社による全集版からのものとし、GA のあとに巻数と頁数を記し、本文中に挿入した。また、Friedrich Nietzsche からの引用は Walter de Gruyter 社の kritische Studienausgabe からのものとし、KSA のあとに巻数と頁数を記し、同じく本文中に挿入した。

また、引用原典中の強調と引用符は、それぞれ下線と《 》で表記した。筆者自身の強調、術語明示、補足説明には、それぞれ太字、〈 〉, [] を用いた。

なお本稿は、第 5 回ハイデッガー・フォーラム (2010 年 9 月 18 日, 早稲田大学) の発表原稿をもとに、仕上げられた。

- 1) つぎの文献は、『建てること、住むこと、考えること』という表題に、「人間活動のアリストテレス的 3 区分の反響、すなわちポイエーシス・プラクシス・テオーリアの反響」を聞き取ることをみとめているけれども、ハイデッガーと哲学的伝統とを性急にかさねあわせている点で、かれの思想への無理解をしめしている。Jussi Backman, Für das Wohnen denken. Heidegger, Arendt und die praktische Besinnung, in: *Heidegger-Jahrbuch 3 Heidegger und Aristoteles*, Verlag Karl Alber, 2007, S.200.
- 2) Adam Sharr, *Heidegger for Architects*, Routledge, 2007, p.1.
- 3) ハイデッガーとシャローンはベルリンで知り合いとなり、1959 年 4 月 5 日にハイデッガーがシュトゥットガルトの

シャローンを訪問したり、1967年4月のアテネ旅行〔ハイデッガー講演目的〕をいっしょに楽しんだりした。Vgl. *«Mein liebes Seelchen!» Briefe Martin Heideggers an seine Frau Elfriede 1915-1970*, herausgegeben, ausgewählt und kommentiert von G. Heidegger, Deutsche Verlag-Anstalt, 2005, S.332, 365.

ハイデッガーと建築家との交流について、もう一例あげておこう。北欧のアルヴァ・アールトがハイデッガーの『講演論文集』を書き物機のうえにおいていると伝え聞き、ハイデッガーがかれとコンタクトをとろうとしたことがあった。ただし、建築家の死により、これは実現しなかったけれども。Vgl. Heinrich Wiegand Petzet, *Auf einen Stern zugehen*, Societäts-Verlag, 1983, S.197.

- 4) ハイデッガーが〈住む〉を考えるために参照したヘルダーリンの詩句には、以下のものがある (GA75, 385f)。できるだけ簡潔に列挙すると、『詩作的に人間はこの大地のうえに住む』(『うるわしき青空に……』)、『根源の近くに住むものは、その場所を去りがたい』(『さすらい』)、『最愛の者たちは、遠く隔てられた山々のうえに、[だが] 近くに住む』(『パトモス』)、『美しくかれ [イスター] は住む』(『イスター』)、『さらにもっと高く、光のかなたに、浄福そのものの神が住む』(『かれ [神] はひとり静かに住む』(『帰郷』)、『葉を落としたマストのしたで、何年も、孤独に住む』(『追想』)。

同じ箇所 (GA75, 385) で、とりわけハイデッガーが参考をもとめているのが、『存在と時間』における、〈内-存在〉の語源的考察から〈住む〉を取り出すくだり (GA2, 75) である。この点に着目し、トポロギーという根本視座からハイデッガーの思惟の全行程に徹底的な解釈をほどこしたのが、川原栄峰『ハイデッガーの思惟』(理想社, 1981) である。

- 5) ラクー＝ラバルトは、「1934年にヘルダーリンを(メシアとしてではないにせよ) 預言者として選択したことから出発する」ことを、自明なこととしている。Philippe Lacoue-Labarthe, *la pauvreté (die Armut)*, Presses universitaires de Strasbourg, 2004, p.27.
- 6) Otto Pöggeler, *Neue Wege mit Heidegger*, Verlag Karl Alber, 1992, S.174f. Vgl. auch O. Pöggeler, *Philosophie und Politik bei Heidegger*, Verlag Karl Alber, 1972, S.157.
- 7) Vgl. Hans-Georg Gadamer, Oberflächlichkeit und Unkenntnis. Zur Veröffentlichung von Victor Farias, in: *Antwort Martin Heidegger im Gespräch*, Neske, 1988, S.153.
- 8) Vgl. Martin Heidegger/ Imma von Bodmershof, *Briefwechsel 1959-1976*, herausgegeben von Bruno Pieger, Klett-Cotta, 2000, S.132f.
- 9) *«Mein liebes Seelchen!» Briefe Martin Heideggers an seine Frau Elfriede 1915-1970*, a.a.O., S.77.
- 10) Hannah Arendt/ Martin Heidegger, *Briefe 1925-1975*, Vittorio Klostermann, 3., durchgesehene und erweiterte Auflage 2002, S.20.
- 11) つぎの回顧も参考のこと。「1932年春以来、『原生起から』『哲学への寄与論稿』という草稿のなかでその最初の形態を獲得した構想が、その根本諸動向において確定している」(GA66, 424)。
- 12) Vgl. Martin Heidegger, Zur Überwindung der Aesthetik. Zu „Ursprung des Kunstwerks“, in: *Heidegger Studies vol.6*, Duncker & Humblot, 1990, S.5, Anm. また、「時間上、それ『芸術作品の根源』は、1931と32年の幸運な研究時間に由来する」とあるのも参照 (Martin Heidegger/ Elisabeth Blochmann *Briefwechsel 1918-1969*, herausgegeben von Joachim W. Störck, Marbach am Neckar, 1990, S.87)。
- 13) Martin Heidegger, Vom Ursprung des Kunstwerks, Erste Ausarbeitung, in: *Heidegger Studies vol.5*, Duncker & Humblot, 1989, S.15.
- 14) A.a.O., S.19.
- 15) A.a.O., S.20.

- 16) A.a.O., S.22. なお、「土着性」概念は、GA34, 209にも登場する。
- 17) この観点からのナチズム研究として、田野大輔『魅惑する帝国——政治の美学化とナチズム』(名古屋大学出版会, 2007)をあげておく。
- 18) Philippe Lacoue-Labarthe, *La fiction du politique*, Christian Bourgois Editeur, 1987, p.92. 周知のように、ベンヤミンは『複製技術時代の芸術作品』において、「ファシズムが推し進める政治の美学化に堪えては、このような事情である。このファシズムにたいしてコミュニズムは、芸術の政治化をもって応酬する」と主張した。Walter Benjamin, Das Kunstwerk im Zeitalter seiner technischen Reproduzierbarkeit, in: *Gesammelte Schriften Bd.1-2*, Suhrkamp, 1991, S.469. この発言の前半ならばハイデッガーもみとめただろうが、その後半には反対したことだろう。
- 19) Martin Heidegger, *Übungen für Anfänger. Schillers Briefe über die ästhetische Erziehung des Menschen*, Wintersemester 1936/37, herausgegeben von Ulrich von Bülow, Deutsche Schillergesellschaft, 2005, S.131.
- 20) A.a.O., S.39.
- 21) ハイデッガーの思惟の道には「意味——真理——場所 (τόπος)」(GA15, 344) という道標が立っており、それぞれ〈存在の意味への問い〉、〈存在の真理への問い〉、〈存在の場所もしくは所在場所への問い〉と定式化されたことは、だれでも知っていよう。ところが、これらの3段階を当然のように前期・中期・後期とよびならわし、そのためしらずしらずのうちに、それらを直線的に継起する時間秩序にもとづいて理解していたとしたらば、それはほとんどハイデッガーの思惟の内的動向とは無縁な、あまりに通俗的な解釈というべきではないだろうか。〈存在の場所への問い〉もしくは〈居住論〉は、むしろ事柄上は〈存在の真理への問い〉に先行ないし同行し、政治的な過誤があったにもかかわらず、けっして放棄しえなかったハイデッガー哲学の立脚地なのである。

なお、ハイデッガー哲学の全道程にかんする詳細は、拙著『存在の問いと有限性——ハイデッガー哲学のトポロギー的究明』(晃洋書房, 2006)を参照されたい。

- 22) Gaston Bachelard, *La poétique de l'espace*, Presses Universitaires de France, 1957, p.26. 引用文は、サルトルの名はあげられていないが、「意識的形而上学」を批判したもの。
- 23) Otto Friedrich Bollnow, *Mensch und Raum*, Verlag W. Kohlhammer, 1963 (10. Auflage 2004), S.125.
- 24) Emmanuel Lévinas, *Totalité et infini*, Kluwer Academic, 2008 (Original edition: Martinus Nijhoff, 1971), p.166. もちろん、これは苛烈なハイデッガー批判の書。
- 25) Zit. nach: Hans M. Wingler, *Das Bauhaus 1919-1933. Weimar-Dessau-Berlin und die Nachfolge in Chicago seit 1937*, DuMont Buchverlag, 2009 (sechste Auflage), S.26.
- 26) Kenneth Frampton, *modern architecture A CRITICAL HISTORY*, Thames & Hudson, 2007 (fourth edition), p.115.
- 27) *Briefe zur Weißenhofsiedlung*, ausgewählt und herausgegeben von Karin Kirsch, Deutsche Verlags-Anstalt, 1997, S.39.
- 28) A.a.O., S.41.
- 29) Ebd.
- 30) A.a.O., S.55.
- 31) 代表的なモダニズム建築家群像については、ピーター・ブランデル・ジョーンズ『モダニズム建築——その多様な冒険と創造』(中村敏男訳, 風土社, 2006)が、興味深いサーヴェイを提供してくれる。
- 32) Dieter Jähni, Die Kunst und der Raum, in: *Erinnerung an Martin Heidegger*, Verlag Günther Neske, 1977, S.136.
- 33) Le Corbusier, *VERS UNE ARCHITECTURE*, Les Édition G. Crès et Cie, 1924, p.83.
- 34) *Die Form*, Zeitschrift für gestaltende Arbeit, Verlag Herman

- Reckendorf, 1927, S.272-274.
- 35) A.a.O., S.277.
- 36) Walter Gropius, *Die neue Architektur und das Bauhaus*, Neue Bauhausbücher, herausgegeben von Hans M. Wingler, Gebr. Mann Verlag, 2003, S.18.
- 37) Ebd.
- 38) *Die Form*, a.a.O., S.282.
- 39) Josef Frank, Was ist modern?, in: *Die Form*, Zeitschrift für gestaltende Arbeit, Verlag Herman Reckendorf, 1930, S.402.
- 40) *Die Form*, Zeitschrift für gestaltende Arbeit, Verlag Herman Reckendorf, 1927, S.257.
- 41) A.a.O., S.59.
- 42) A.a.O., S.294.
- 43) Ebd.
- 44) Winfried Nerdinger, Neues Bauen – Neues Wohnen, in: *100Jahre Deutscher Werkbund 1907/2007*, Architekturmuseum der TU München, 2007, S.145.
- 45) Peter Bernhard, »Ich-Überwindung muß der Gestaltung vorangehen.« Zur Nietzsche-Rezeption des Bauhauses, in: *Esoterik am Bauhaus*, herausgegeben von Christoph Wagner, Verlag Schnell & Steiner, 2009, S.32.
- 46) A.a.O., S.31. 『未来』という雑誌については、『建築家の講義 ―ミース・ファン・デル・ローエ』(小林克弘訳, 丸善株式会社, 2009) 49 頁に関連記事がある。なお、ドイツ工作連盟設立者のひとりムテジウスへのニーチェの影響については、つぎを参照のこと。Reiner K. Wick, Der frühe Werkbund als »Volkserzieher«, in: *100Jahre Deutscher Werkbund 1907/2007*, a.a. O., S.52.
- 47) 「ハイデッガーによれば、ニーチェの形式概念は、まったく数学的で論理的なものにとどまった」という解釈は、どうだろうか。John Salls, Die Verwindung der Ästhetik, in: *Heidegger-Jahrbuch 2 Heidegger und Nietzsche*, Verlag Karl Alber, 2005, S.205.
- 48) ナチズム時代にモダニズム建築が完全に抹殺されたわけではない。ネルディンガーによれば、国家表象を目的とするさいは新古典主義、ヒトラーユゲント・ハイムや学校などのためには「血と土地の建築」、工場などの実用建築には機能主義的モダニズム建築というように、様式の定められた用法があった。ヴィンフリート・ネルディンガー『建築・権力・記憶』(海老澤模奈人訳, 鹿島出版会, 2009) 204 頁, 参照。
- 49) Walter Benjamin, *Das Passagen-werk, Gesammelte Schriften Bd.5-2*, Suhrkamp, 1991, S.1061.
- 50) P. K. Engelmeyer, Vorarbeit zur Philosophie der Technik, in: *Technik und Kultur*, Zeitschrift des Verbandes Deutscher Diplom-Ingenieure, 1927, S.86.
- 51) A.a.O., S.88.
- 52) A.a.O., S.86.
- 53) Eberhard Zschimmer, *Philosophie der Technik*, Ferdinand Enke Verlag, dritte völlig umgearbeitete Auflage 1933 (erste Auflage 1914).
- Friedrich Dessauer, *Philosophie der Technik*, Verlag von Friedrich Cohen, 1927.
- 54) 拙稿「グローバル／ローカルな場としての技術哲学 ―カッシーラー・三木・ハイデッガー」, 寄川路編著『インター・カルチャー』(晃洋書房, 2009) 所収, 参照。
- 55) Manfred Schröter, *Philosophie der Technik*, Druck und Verlag von R. Oldenbourg, 1934, S.3.
- 56) つぎの文献中の注釈に「……こうした事柄を《組み立て》とよぶのは, 1877 年のエルンスト・カッパ『技術の哲学』の基本線』に由来するといつてよからう」とある。Ernst Jünger - Carl Schmitt Briefe 1930-1983, herausgegeben, kommentiert und mit einem Nachwort von Helmuth Kiesel, Klett-Cotta, 1999, S.719. ただし, この解釈に信憑性はないようだ。ハイデッガーがカッパの書の内容を知っていたのはまちがいないが, 管見では, 現時点で公刊されたハイデッガーの全著作のなかに言及箇所が見あたらない。そればかりか, 当該著書のなかで, Gestell という言葉はほとんど登場しない。「まるごとの人間は形態 (Gestalt) である。骨格それじたいは Gestell である」といった文章では, 説得力のある論拠とはいえない。Vgl. Ernst Kapp, *Grundlinien einer Philosophie der Technik*, Druck und Verlag von George Westermann, 1877, S.219.
- 57) レーニンのこの言葉については, 以下を参照。Guido Huß/ Michael Tangemann, Die Bedeutung der Elektrotechnik in der Gründungsphase der Sowjetunion, in: *Technik und Staat*, herausgegeben von Armin Hermann und Hans-Peter Sang, VDI Verlag, 1992, S.120-136.
- 58) Bild [形象／イメージ] という語は, 危険な伝統的用語であるから, 慎重に使用されている。Vgl. GA71, 262, 283, 286, 322, 333. なお, 『哲学への寄与論稿』で時間と空間を記述した (vgl. GA65, 385f.) さいの根本語, すなわち〈脱自すること (Entrückung)〉と〈脱然となること (Berückung)〉とが, この関連で使用されているのが注目される。「思惟することは〈形象 - なし〉で, 〈脱然となること〉なしにある」(GA71, 311) のにたいし, 「詩作することは, 脱自して言いつつも, 脱然となることとして」(GA71, 321) ある。
- 59) これまでの引用から, 思惟と詩作とが存在と存在者との〈差異〉という〈あいだ〉に張り渡されていることが, 明らかだろう。このとき, 存在と存在者のどちらかが優位を占めるということはない。超越論的思惟様式が放棄されて以降, 「原生起は, 原存在と存在者のための時空間的な等時性である」(GA65, 13) とのべられていた。この存在と存在者との等時的な〈あいだ〉ないし〈差異〉が, さらに, 〈差し担い (Austarg)〉や〈分かちあい (Unterschied)〉という術語で一貫して思惟されていく。「思惟するとは, 〈分かちあい〉の〈差し担い〉へと脱 - 創建することである」(GA71, 239)。
- 60) ハイデッガーは 1943 年に『パンと葡萄酒』の解釈をこころみている (GA75, 45-56)。
- 61) 「ありきたりのひとつの条件などといったものではまったくなく, 詩作的なものは人間にとって根本的な条件である」。Cf. Dominique Pierson, Sur l'habitation poétique de l'homme, in: *Heidegger Studies vol.6*, Duncker & Humblot, 1990, p.107.
- 62) 現代芸術にたいするハイデッガーの理解をしめす言葉に, 「こんにちの芸術, すなわち, シュールレアリスム＝形而上学, 抽象芸術＝形而上学, 非対象芸術＝形而上学」というものがある。Günter Seubold, Heideggers nachgelassene Klee-Notizen, in: *Heidegger Studies vol.9*, Duncker & Humblot, 1993, S.10. なかなか手厳しいが, こうした状況のなかでかれがもっとも期待をかけたのが, パウル・クレーだった。周知のように, クレーを題材に『芸術作品の根源』の「第二部」ないし「続編」をかれが書こうとしたといううわさもある。この問題を調査したゾイボルトは, かれのつぎの文章を伝えている。「セザンヌにおいて準備され, クレーにおいてはじまるもの, つまり, 〈こちらへともちきたらすこと (Hervorbringen)〉」。Günter Seubold, *Kunst als Entgegnis*, Bouvier Verlag, 1996, S.130. 〈こちらへともちきたらすこと〉で念頭にあったのは, ギリシャ語のポイエーシスであろう。ポイエーシスには制作などの意味のほか詩作という意味がある。ハイデッガーはクレーのなかに, 技術の時代を内側から突きやぶる〈詩作〉をみとめていたのだろうか。クレーにかんするハイデッガーのテクストがさらに公刊されることを期待したい。この関連で, つぎの論文も参照のこと。Siegbert Peetz, Welt und Erde: Heidegger und Paul Klee, in: *Heidegger Studies vol.11*, Duncker &

Humblot, 1995, S.167-187.

資料①



これは、国立図書館の向かいに立つ「ベルリン・フィルハーモニー・コンサート・ホール」(1963)。ハンス・シャロンの代表作のひとつ。(2011年著者撮影)

資料③



シャロン設計の個人住宅。ヴァイセンホーフ・ジードルンクのなかでは異彩を放つ曲線的なエントランス。(2011年著者撮影)

資料②



ヴァイセンホーフ・ジードルンクでミース・ファン・デル・ローエが設計した共同住宅。「建築は、空間のうちに把握された時代意志である」とは、ミースの有名な言葉。(2011年著者撮影)

資料④



これは、パリ郊外の「サヴォア邸」(1929)。初期ル・コルビュジエの傑作とされ、かれの美学の集大成である。(2011年著者撮影)

資料⑤



これは、ル・コルビュジエが第二次世界大戦後にマルセイユに建てた、「ユニテ・ダビタシオン」という名の巨大集合住宅。屋上からの地中海の絶景は、パラダイスにいるかのような。ベルリンにも、よく似た集合住宅がある。(2011 年著者撮影)

資料⑦



ヴァルター・グロピウスによるデッサウの「バウハウス校舎」(1926)。多くのひとがモダニズム建築の典型として思い浮かべるのが、これだろう。開放的な窓が美しいのだが、ナチス政権時には伝統的な勾配屋根がかぶせられ、窓もせまくされていた。(2011 年著者撮影)

資料⑥



ル・コルビュジエがヴァイセンホーフ・ジードルンクのために設計した二世帯住宅。船室のようにコンパクトにまとまった室内は、まさに「住むための機械」といえるだろうか。(2011 年著者撮影)

Planlingvo kiel unu el la konsekvencoj de lingva rajto

— el lingva rajto al planlingvo —

KADOJA Hidenori *

La lengua construida como resultado de los derechos lingüísticos

— de los derechos lingüísticos a la lengua construida —

KADOYA Hidenori

Este artículo analiza, desde un punto de vista teórico, el mecanismo que genera la discriminación lingüística a partir de ejemplos reales entre hablantes de distintos idiomas; y demuestra la existencia de un poder jerarquizado en la comunicación humana que ejerce de telón de fondo en la violación de los derechos lingüísticos. Por otra parte, pone en evidencia la capacidad de la lengua construida para realizar una comunicación imparcial entre los usuarios de diferentes lenguas y por último la contrasta con el idioma inglés, que por ser una lengua no construida, nunca posibilita una comunicación justa y equitativa¹⁾.

Ŝlosvortoj: planlingvo, Esperanto, lingva rajto, lingva diskriminacio

1. La koncepto “lingva rajto” kaj “lingva diskriminacio”

Kiam oni diskutas ĉirkaŭ fundamentaj homrajtoj kaj la stato, ke ili estas nuligitaj, nome diskriminacio, ne ofte menciita estas lingvo. Certe post la moderna epoko, laŭtempe diversformaj diskriminacioj estas problemigitaj. Diskriminacio kontraŭ ĉiu minoritato grade estas vaste agnoskata, ĉefe pro la protestoj de koncernatoj. Kompare kun la socio antaŭ 25, aŭ nur 10 jaroj, oni povas tre facile montri kiom ege nia socio estas progresita. Tamen pri lingva diskriminacio, la temo de ĉi tiu artikolo, ni ne povas trovi grandan socian ŝanĝigon, kaj ĝi okupas tre specialan lokon en diversaj diskriminacio-problemoj.

Ĉi tie “lingva diskriminacio” ne signifas diskriminacion per lingvo, farita uzante diskriminaciajn vortojn aŭ frazojn. Mi uzas la koncepton por indiki iujn fenomenojn ĉirkaŭ lingva ekzistmaniero, kaj statojn, kie rajtoj al lingvoj estas neataj²⁾. Sed nuntempe la difinoj de ĉi tiuj relative novaj konceptoj ne estas memklaraj, kaj la ambigueco devenas de la fakto, ke montri, kia estas lingva rajto, por kiuj kaj kiel ili funkcias, estas malfacile.

Lingva rajto estas unu el la rajtoideoj, kiu estas trovita aŭ kreita por ke lingve minoritataj grupoj ekhavu

teorian bazon por protesti kontraŭ lingve majoritata grupo, kies lingvo estas ofte ŝtato-lingvo. Tiam kiam rajto de socie malfortaj lingvoj problemigis, ankaŭ la ideo de lingva diskriminacio estis kreita. “Lingva rajto estas unu sfero de rajtoj de minoritatoj, kaj rajtoj de minoritatoj estas ... inkluzivitaj en la tuto de homrajtoj”³⁾. Ĉi tiu koncepto tiras atenton de minoritatoj, kiuj uzas malgrandan lingvon socie malavantaĝe traktitan. Sed kiam oni intencas garantii lingvan rajton tra konkreta politiko, oni tuj trovas muron. Ekzemple sociolingvisto en Japanio, SANO Naoko⁴⁾ diras ĉi tiel diskutante lingvan rajton de malgrandaj lingvoj.

Se oni donas “lingvan homrajton” al iu lingvo, kaj la lingvo sukcesas ekhavi sufiĉe da “oficialeco” en ĝia regiono, oni tre malfacile povas diri, ke la lingvo estas “minoritata lingvo”. La celo de lingva rajto estas gardi lingvojn, kiuj riskas esti ekskluzivitaj de la apliko de “oficialeco”. Tamen ju pli konkretan politikon “lingva homrajto” postulas, des pli multe precize oni distingas “lingvon, kies rajto estas garantienda” kaj “lingvon, kies rajto ne estas garantienda”. Al kiu nivelo oni povas utiligi iun lingvon oficiale? Ĉu la koncerna lingvo mem havas tradician geografian regionon? Ĉu la lingvo

Akceptita en aŭg.31a, 2011.

*Prelegisto en Cujama ŝtata kolegio de teknologio, sekcio de ĝenerala eduko. e-poŝto: kadoya@tsuyama-ct.ac.jp. Ĉi tiu teksto estas unue japane skribita por ne esperanto-uzantoj, publikigita

en Japanio en 2006. Sed la argumento estas ankaŭ taŭga por esperanta movado kaj esperanto-uzantoj rekompreni la signifon de la planlingvo, tial ĉi tie reviziita kaj tradukita en Esperanton.

estas gepatra lingvo de la parolantoj? Ĉu la lingvon oni skribas, aŭ povos skribi? Kaj diversaj lingvoformoj, “dialektoj aŭ lingvaj variatntoj laŭ generacioj kaj socioklasoj” k.t.p., ne povas esti elektitaj pro ilia socia ekzistmaniero kaj interna esenco.

Ni pensu konkrete. Komence ni komprenu la ideon, lingva rajto, kiel rajto ne esti malpermesita uzi sian unuan lingvon, kaj rajto ĝui oficialan servon, ekzemple edukadon. Tiam unue problemigas la enhavo de la unua “lingvo”. En kia mezuro de vorto-sono sistemo oni agnoskas kiel lingvo, kiu estas kvalifikita por fariĝi “unua lingvo”? Trovi la neŭtralan normon, al kiu neniu plendas, estas neeble. Ĉu oni akceptas ion parolatan en la Tôhoku-regiono en la norda parto de Japania insularo, kiel “la Kesen-lingvo” aŭ ne⁵⁾? Se jes, necesiĝas politiko por oficiale garantii rajton uzi la Kesen-lingvon al tiuj, kiuj parolas ĝin kiel la unua lingvo. Alie se oni akceptas, ke *malnobra* lingvo de laborista klaso, kiu neniam estas skribita, estas “ilia unua lingvo”, el la vidpunkto de universaleco de rajto-garantiado, necesiĝas instrui la *malelegantan* lingvon kaj eduki uzante la *malelegantan* lingvon. Regiona dialekto kaj klasa dialekto estas ekskluzivita el la objektaro de lingvopolitika zorgado, ĉar ili ne estas onidire *sendependaj lingvoj*. Sed la eliminado havas nenian universalan bazon. Tial ilia porsendependiĝa lukto nepre fariĝas politika agado, senrilate al lingvaj studoj. Ĉi tiel ni ne kapablas respondi al la demando, kio estas lingvo kontentigante ĉiujn. Pro tio lingva rajto, kiu inkluzivas lingvo-koncepton mem, devas resti io arbitra, kaj la koncepto, lingva rajto, ŝajnas esti sen enhavo.

Sed certe ni trovas fenomenojn, ke homrajtoj estas klare atentitaj rilate al lingvo. Kaj tute nei la ideon, lingva rajto, kontraŭdiras nian ĉiutagan senton, kiun ni havas trovinte la atencojn. Ekzemple kelkaj lingvoj estas leĝe malpermesitaj kaj fariĝis objekto de puno. Tia historia sperto ne hezitas nin socie problemigi la fenomenon uzante la koncepton, lingva rajto, kiel atenco kontraŭ lingva rajto. La celo de ĉi tiu diskuteto estas repensi kial ni trovas problemecon en *la klara fenomeno* kiel atenco, kaj montri unu manieron por solvi la problemon, nome Esperanto. Eĉ se ni uzas ambiguan ankoraŭ ne sufiĉe rafinitan lingvan rajton kiel komenco-punkto, ni povas trovi almenaŭ unu kon-

sekvencon teorie. Argumenti la fakton estas la celo. En la sekva sekcio, por konstrui la argumenton, mi prenas ekstremajn ekzemplojn, kiuj ne hezitas nin, ĉu tio estas problemo de lingva rajto aŭ ne.

2. Kiel aperas lingva diskriminacio?

En kia situo evidente problemigas lingva rajto? Kiel utila komencejo de diskuto ni vidu ekzemplojn, kiujn SKUTNABB-KANGAS k.a. kolektis⁶⁾.

- (1) En la norda parto de Skandinavia duoninsulo kaj la Kola-duoninsulo loĝas “minoritata nacio” nomita Sameoj, kaj ili tenas propran kulturon kaj lingvon. Iu Same-ino, kiu laboras en petrolŝipo, skribas leteron al ties naskinto en la norvega lingvo. Ĉar tiu neniam lernis skribi en sia propra unua lingvo. La naskinto ne tre bone komprenas la norvegan, sekve tiu devas peti najbarulon traduki sian respondan leteron. Ili povas interparoli en sia lingvo, sed telefonado tra Atlantiko kostas multe. En unu el la plej riĉaj landoj en la mondo, kie oficiale 100 procentoj da loĝantoj povas skribi kaj legi, la naskinto kaj naskito neniam lernis skribi en sia gepatra lingvo.
- (2) Kurdo el Turkio, kiu loĝas en Danio kaj ekhavis sian unuan infanon. Tiu nomis la infanon Mizgin, kaj provis vojaĝi al Turkio por montri la infanon al siaj geavoj. Por fari tion oni devas kunmeti infanan nomon en la pasporto. Sed turkia ambasado rifuzis meti kurdan nomon en pasporto. Premado de Dania Helsinki-komitato ebligis la kunmetadon post 3 jaroj, kaj dume geavoj ne povis vidi la infanon. Ĉar kurda nomo estas malpermesita en Turkio.
- (3) La elektra kompanio Phillips malpermesis laboristojn en Dania fabriko paroli en la alia lingvo ol la dana en 1990. Turkaj inoj, kiuj ne tre bone parolas la danan estas malebligataj komunikiĝi reciproke. La fabrika ĉefulo estas demandita en televida intervjuo, ĉu ili postulas ankaŭ eksterlandajn gastojn paroli en la dana en la fabriko, kaj tiu respondis, ke “kompreneble la angla estas escepto”.
- (4) Iu juna emigrinto el Finnlando, kiu loĝis en Svedio, restis en malsanulejo en Stockholmo. Tiu prenis multe da medikamento, sed dumnokte

suferis doloregon. Tiu provis klarigi sian doloron al zorgistoj, sed neniŭ komprenis la finnan lingvon. Tiu senesperigis, kaj saltis el fenestro en la 5a etaĝo, kaj mortis.

La ekzemploj (1)–(4) montras fenomenojn, en kiuj oni ne povis fari ion, kion oni sendube devas povi fari, kion multaj homoj en ĉiu koncerna komunumo nature faras ĉiutage. Lingvo kaŭzis la fenomenojn, kaj rezultis, ke homaj fundamentaj rajtoj estis atentigitaj⁷⁾. Eksciinte la supre menciitajn ekzemplojn, tre probable ĉiuj trovos bezonon ŝanĝi la statojn. Interalie en la 4a ekzemplo la rajto sufiĉe komunikiĝi en medicinejo kaj ĝui plenan medicinon, nome vivorajto estas senpere atentita. Ĉi tiuj estas “diskriminaciaj fenomenoj rilate al lingvo”, alivorte “lingva diskriminacio”, kaj tute ne estas “neevitebla tragedio”, nek “nehelpeblaĵo”. Sed kial oni povas atesti, ke ili ne estas neeviteblaj? Ĉi tiu demando estas la temo ĉi tie pripensata.

Unue ni ekzameni la kaŭzojn de ĉi tiuj rajtoatenco. La unuaj 3 okazoj estas relative facile kompreneblaj pri la fonoj. En Norvegio dum longa tempo oni alprenis asimilan politikon kontraŭ homoj ĝenerale nomitaj Sameoj, sub la influo de socia Darŭinismo. Sekve la samea lingvo estas intence ekskluzivita de oficiala edukilo kaj lernoobjekto, kvankam iuj homoj uzas la lingvon kiel la unua lingvo⁸⁾. La ekzemplo (1) estas la rezulto. Nuntempe sub la samea lingvoleĝo farita en 1992 la statuso de la lingvo jam firmiĝis, kaj tra kritika repripensado de koloniisma kaj asimila politiko, lingva rajto estas ankaŭ reakirita, ekzemple edukorajto per ĉiu unua lingvo.

Kiel oni povas klarigi la kazon (2)? La ekzisto de la kurda lingvo estas longe neita kaj uzi la lingvon estas malpermesite de Turkia reĝimo, kiu timas nacian memstarigon de la kurdaĵ homoj. La reĝimo pensis, ke agnoski la ekziston de la lingvo donas bazon de la ekzisto de “kurda nacio”⁹⁾. Rilate ankaŭ la irana reĝimo neas, ke la kurda lingvo estas lingvo, insistante, ke la kurda lingvo estas unu el la dialektoj de la persa lingvo. Tiel ankaŭ la reĝimo mem faras bazon al la insisto, ke la kurda nacio ne ekzistas¹⁰⁾. Ĉi tiuj problemoj estas certe seriozaj, sed koloniisma politiko de la reĝimoj ne povas eviti akran kritikon el eksterlandoj. Tie estas espero de politika pliboniĝo trovebla. Interalie pri la kurda lingvo la turkia reĝimo ne povas ignori kritikojn. La strukturo de premo estas

facile komprenebla, sekve solva vojo trovebla relative simple. Ankaŭ pri la kazo (3) kompaniistoj ne povas trovi leĝan kaj etikan bazon por limigi ĉiutagan parollingvon de siaj laborantoj, en la kunteksto sen rilato al laboro. Tie la maljusteco de malpermeso kaj necesaj kontraŭagadoj estas memklaraj.

Do, kiel ni povas analizi la fonon de la fenomeno (4)? En nuntempa socio kio devas esti farita? Ekde ĉi tie ni pripensu ĉi tiun problemon en pli universala nivelo.

Kiam atenco kontraŭ homrajtoj aperas rilate al lingvo, la enhavo de atenco estas ĝenerale dividebla duone. Unu kategorio estas atenco inter samlingvanoj, kiuj havas komunan unuan lingvon. Ekzemple imagu homojn, kiuj ne kapablas skribi literojn. En nuntempa industria socio ili estas tre minoritataj. Aŭ imagu homojn, kiuj ne kapablas paroli elegante noble, nome tiuj, kiuj ne povas konformi sin al socie reganta lingva normo. Ili ne ĉiam estas minoritataj. En kia socia statuso ĉi tiuj homoj estas metitaj? La alia estas atenco inter malsamlingvanoj. En tiu okazo homrajtoatenco estiĝas depende de tio, ĉu la koncernatoj scipovas iun lingvon alian ol sia unua lingvo. La supra ekzemplo (4) respondas al la dua kategorio. Tio montras, kio okazas, kiam libera kaj egala komunikiĝo estas ekstreme perditaj.

3. Strukturita supereco

Lingva diskriminacio aperas, kiam troa malegaleco en interkomunikiĝo atencas fundamentajn homrajtojn. En la supra ekzemplo, malsame kun la aliaj malsanuloj, iu ne sukcesis komunikiĝi kun zorgistoj, kaj la malegaleco kompare kun la aliaj okazigis rajtoatencon. Do, kial kaj kiel estiĝas malegaleco inter malsamlingvanoj, kies unua lingvo ne koincidas? Kiel la kazo (4) montras, malegaleco inter malsamlingvanoj estiĝas, kiam oni provas komunikiĝi ignorante absolutan kapablecan diferencon pri iu uzata lingvo. Ĉi tiu absoluta diferenco maksimumiĝas, kiam unu partio en komunikiĝo estas denaska uzanto de la koncerna lingvo, kaj la alia ne denaska. UMESAO Tadao¹¹⁾, kiu rimarkigis la fakton tiel frue kiel en la 1970aj jaroj, klarigas la situacion per la esprimo “lingva imperiismo”. Tiu diras, ke lingvokapableca diferenco inter denaska uzanto kaj ne denaska estas grandega kaj nekompensebla, kaj lasi aŭ akcepti tian staton estas imperiisme kaj malegalece¹²⁾. Kaj simila malegaleco aperas ankaŭ en la cirkonstanco, ke ambaŭ ne estas denaskaj, sed unu uzas la porkomu-

nikan lingvon lerte altnivele, kaj la alia ne. Pri ĉi tiu kazo ni revene diskutos poste.

Ĝenerale dirite, lingvo estas unue atendita peri komunikiĝon. Sed kiam lingva kapableca diferenco troviĝas absolute inter koncernatoj, transpasinte la atendon, lingvo mem ofte intervenas en komunikiĝon. Ĉiaspeca komunikiĝo portas celon realigi oportunecon kaj intereson de la iniciatinto, nome realigi la volon informi iun pri io k.t.p. Tial en komunikiĝo tiuj, kiuj havas relative pli altan lingvokapablecon, povas pli facile realigi sian volon. Sekve lingve pli supera komunikiĝanto povas eltiri pli da bono el komunikiĝo mem. Lingve malsupera komunikiĝanto malpli da bono. Ĉi tiu fenomeno ne malaperas, ĉe se lingva superulo tenas bonkoron kaj ne malice utiligas la superecon por si. La bono, kiun superulo povas ĝui, devenas de strukturo de nia ago komunikiĝi, t.e. “strukturita neevitebla bono”. Eĉ kiam “bonkora komunikiĝanto” kun supereco deziras rezigni maljustan bonon kaŭzitan de supera statuso, la strukturo daŭre restas kaj la intenco rezigni ne realiĝas. Ĉar la alia komunikiĝanto relative malsupera sensaĝe tenas interne malsuperecan senton, kaj la situacio, ke malsupera komunikiĝanto relative malpli sufiĉe partoprenas en komunikiĝo, daŭras.

4. Povo de denaska parolanto

Tiuj en la pozicio kun strukturita supereco tenas “povon”. Se temas pri povo, oni unue rememoras politikan povon kiel polico, justico k.t.p., sed alie troviĝas pli ĉiutaga povo. Kiam iu homo aŭ iu grupo povas realigi sian intencon, konscie aŭ senkonscie, kontraŭ volo de aliaj homoj aŭ grupoj, aŭ stari sur pozicio, kiuj ebligas la realigadon, ni povas trovi povon funkciantan kaj povorilaton. Ekzemple povo de gepatroj al iliaj idoj, povo de instruistoj al studentoj. Konservoj kaj realigi povorilaton ne ĉiam bezonas nudan fizikan perforton, kiel politika povo ofte faras. Tio ankaŭ povas realiĝi subiginte aliulojn *laŭ ilia memvolo*, kaj agiginte ilin *ne kontraŭ ilia volo*. Ekzemple ofte fenomeniĝas inter idoj kaj ilia gepatroj, studentoj kaj ilia instruistoj. Tiam ludas tre gravan rolon ideologio, kiel konfuceanisma obeemismo, kaj tute same ankaŭ pri lingvo, kiel mi montras sube.

Ni pripensu konkrete. Kion signifas *uzi povorilaton* pri lingvo? Kio okazas ekzemple kiam interkomunikiĝas unualingvano de iu lingvo kaj ne-unualingvano? Se la ne-unualingvano ne posedas la lingvon sufiĉe,

la komunikiĝo ofte rompiĝas aŭ malsukcesas. En tia okazo oni ofte observas, ke la unualingvano havigas respondecon de la malsukceso sur la ne-unualingvano, al kiu “mankas lernadon” de la koncerna lingvo. Alivorte oni tendencas pensi ke, se ne-unualingvano ne povas kompreni ion skribitan aŭ parolitan, la kaŭzo troviĝas en malsufiĉa posedo de la uzita lingvo. En la penso ni povas trovi du faktorojn. Unu estas, ke la malsukcesa komunikiĝo kaŭzas de malsufiĉe da lingvokapablo de ne-unualingvano, koncerne al la tiam uzita lingvo. La alia estas, ke respondeco de la malsukceso estas sursorigita nur al unu flankulo de la interkomunikiĝo. Ĉi tiuj faktoroj *ne tenas logikan lignon*, tute aliaj aferoj. Malgraŭ la fakto unualingvano eblas eviti respondecon de malsukcesa komunikiĝo, kies respondeco devas esti en ambaŭ flankoj, kaj oni atribuas ĝin al nur mallerta flanko. La unuflankan ŝarĝon de respondeco ankaŭ ne-unualingvano senplende akceptas, kaj foje eĉ hontas tion, sekve firme decidas fari pli da studo kaj konkeri la lingvon. La sento de honto kaj la forteco de decido dependas ankaŭ de influa forteco de diversaj ideologioj kaj mitoj, kiuj akompanas la koncernan lingvon. Ekzemple “ĉar la angla lingvo estas internacia lingvo ĉie uzebla en la mondo, ne kapabli uzi la anglan estas seneduke kaj hontinde”, aŭ “lerni la francan, kiu estas logika”, “lerni la italan, kiu estas bela” multe pli indas k.t.p.

Do, kio okazas kiam komunikiĝo inter unualingvano de iu lingvo kaj ne-unualingvano ne rompiĝas kaj sufiĉe sukcesas? Ankaŭ en ĉi tiu kazo povorilato ne evitas funkcii. La ne planitaj lingvoj, kiel la japana, korea, angla k.t.p., ne estas konstruitaj kun intenco de lernofacileco, tial la enhavo estas terure malsimpliĝinta kaj giganta akumuliĝo de kutimoj. La eco de kutimoj, kiu ne unue respektas logikecon, ekstreme malfaciligas ilian lernadon. Pro tio nur escepte realiĝas, ke iu lernas kaj ekposedas ne-unualingvon samnivele kompare kun la unualingvano de la lernita lingvo. Antaŭ ĉio lingvaj kutimoj estiĝas tra ĉiutaga uzado de la lingvo. En ĉiutaga lingva praktiko novaj vortoj kaj esprimoj estas kreataj kaj iuj ĉesas funkcii fariĝante senvivaj. Tio estas akumuliĝo de kutimoj. Sed ne ĉiuj ajn povas partopreni en la akumuliĝo de lingvaj kutimoj, kiu formas lingvon. Nur la unualingvanoj mem de la koncerna lingvo estas kvalifikitaj partopreni en la akumuliĝo. Formiĝo de kutimoj okazas nur en la fermita kadro, lingva praktiko de unualingvanoj.

Lingvo, kiu estas kutimoj, daŭras ŝanĝiĝi, kaj sencese transformas sin. Sed ŝanĝiĝoj, kies kaŭzo devenas de ne-unualingvanoj, estas malakceptitaj, donite etikedon “nuraj eraroj”. Oni neniam agnoskas la ŝanĝiĝojn kiel parton de akumuliĝo de la koncerna lingvo. En ĉiu lingva komunumo facile troveblaj estas diskutoj ĉirkaŭ iu esprimo, vorto aŭ gramatika normo. “Ĉu ĉi tiu esprimo estas ĝusta aŭ ne?” Interalie nove aperintaj aŭ disvastigantaj vortoj kaj esprimoj fariĝas la temo. Ni pripensu ĉi tie. Kial estiĝas tia diskuto? Ĉar samtempe estas uzantoj kaj ne-uzantoj de iuj vortoj aŭ esprimoj en unualingvanaro de la lingvo. La fakto ebligas la kontraŭstaro. Sed kontraŭe, kiam novaj vortoj aŭ esprimoj estas ekuzitaj nur inter ne-unualingvanoj, sociaj dikutoj ne komenciĝas. Ĉar ili estas ignoritaj kaj malakceptitaj simple kiel lingvaj eraroj. Novaj lingvaj faktoroj aperintaj en uzado de ne-unualingvanoj neniam estas akceptitaj kiel parto de akumuliĝo de lingvaj kutimoj, fare de unualingvanoj.

Sekve unualingvana juĝo pri lingva ĝusteco estas io absoluta, kvazaŭ donita de *la plej alta vidpunkto de dio*. Kaj neniuj postulas logikan klarigon kun objektiva bazo ĉirkaŭ la juĝo pri ĝusteco. Se iu faros tion, tiuj, kiuj preparas la bazon kaj klarigon, estas unualingvanoj mem, tial la unualingvanoj povas kondukti libere kaj arbitre kiom ajn ili volas. En ekstrema okazo kiam unualingvano nur diras, “ni ne esprimas tiel”, “ni ne pronocas tiel”, “mi ne komprenas vin”, tio sufiĉe funkcias kiel absoluta kaj lasta juĝo de ĝusteco por ne-unualingvanoj. Ne-unualingvanoj, kiuj principe estas *eterne mallertaj*, estas devigitaj akcepti la juĝon kaj ne povas kontraŭdiri. La kaŭzo, kial “denaskeco de lingva instruisto” povas esti reklamo de lingvoinstrua industrio, aŭ kial unualingvanoj de instruata lingvo estas donitaj respekton je fremdlingva instruado en lernejoj, estas, ke ni socie komune havas implicitan komprenon, ke kvazaŭdia absoluta vidpunkto de unualingvano pri lingva ĝusteco neniam apartenas al ne-unualingvano. Ĉi tiu malegala nesimetria rilato inter unualingvano kaj ne-unualingvano—la rilato, ke unu flankulo de interkomunikiĝo estas devigita ĉiam senkondiĉe akcepti juĝon de la alia— ne estingiĝas kiel ajn plene la interkomunikiĝo sukcesas.

Unualingvano ĉiam potenciele tenas potencon malestimi ne-unualingvanon juĝinte kaj doninte etikedon “maleleganta, malbela, malĝusta” pri lingvouzado, aŭ arbitre deklari malsukceson de in-

terkomunikiĝo dirinte, ke “mi ne komprenas kion vi diras!”. Ĉi tiu fakto ebligas unualingvanon kun denaskeco de la koncerna lingvo teni psikologian kaj sim-bolan superecon. Kiel jam skribite supre, ĉi tiu supereco estiĝas ĉe se unualingvano intencas rezigni ĝin, ĉar la sento de ne-unualingvano esti malsupera donas relative superecon al unualingvano vole nevole.

5. Alproksimiga potenco

— povo en ĉiu aparta cirkonstanco —

Ni pripensu pli ĝenerale kaj detale pri fundamenta problemo, kio okazas en sukceso aŭ malsukceso de interkomunikiĝo¹³⁾. Kiam iu volas havi komunikiĝon kaj intencas havi sukcesan komunikiĝon, tiu ekagas ĉefe uzante lingvon, alparolante aŭ skribante leteron k.t.p. Sed ne ĉiam tiu povas havi intencitan sukceson. Ni ĉiuj havas similan sperton, ke porkomunikiĝa klopodo alportis nenion.

Tamen la rezulto, sukceso aŭ malsukceso, neniam dependas de hazardo. La decida faktoro estas, ĉu la komunikiĝa intencanto tenas povon aŭ ne, kaj se jes, kiom da povo tiu tenas. Ekzemple ardaĵ studentoj, kiu deziras altan poenton aŭ penas plaĉi al sia instruisto, diligente aŭskultas, kion la instruisto diras. Zorgantoj de infanoj strebas per ĉiuj fortoj kompreni mallertajn asertojn de la infanoj. Vendistoj plej multe dediĉas sian atenton en interparolo kun siaj aĉetontoj. Ĉi tiuj fenomenoj devenas de povorilatoj inter la koncernaj agantoj. Instruisto tenas aŭtoritaton al sia studento aŭ timigas senpere per taksado. Infanoj tenas ekstreman korpan kaj socian malfortecon, kaj havigas al sia zorganto devigan respondecon. Bona kliento akiras povon el estonteca ekonomia profito venonta al la vendisto. Ĉi tie tiuj diverse kun povo kapablas mobilizi la alian partion de komunikiĝo, kaj alproksimigi tiun por kompreni la iniciatinton de komunikiĝo, eĉ se la komunikiĝo estas tute unuflanka, ekzemple enuiga babilado aŭ malagrabra plendo¹⁴⁾. Eĉ kiam tiuj kun povo komencas komunikiĝon nekompreneble aŭ nur malfacile kompreneble, la alia sen povo strebas kompreni iamaniere kaj alproksimiĝi ĝis la lasta ekstremo, ripetante demandojn k.t.p. Se la kaŭzo de nekomprenebleco estas uzata lingvo mem, la senpova partio preparos tradukiston aŭ interpretiston, eĉ volonte pagante multe da kosto.

Sekvante ni pripensu tute inversan situacion. Kiam ni ne tenas sufiĉe da povo entiri iun en interkomu-

nikigon, kiun ni deziras, la rezulto dependas de la grado, kiom ni povas alproksimiĝi al la alia partio. Ekzemple, se la partio ne komprenas nian lingvon, ni devas alparoli en iu lingvo, kiun la partio komprenos. Se ni ne kapablas fari tion aŭ pretigi interpretiston mem pagante, ni estos devigitaj dekomence rezigni komunikiĝon. En la okazo, ke la alia partio ne montras intereson al komunika sukceso, ni eĉ petegas aŭ donas monon.

Ni revene vidu la ekzemplon (4) en la komenco. La finnlanda enmigrinto devigita sinmortigi ne kapablis uzi lingvojn, kiujn kuracantoj komprenas, la svedan lingvon k.t.p., kaj ne tenis povon uzigi al la kuracantoj por si kompreneblan lingvon. Imagu, kio okazus, se la enmigrinto estus reĝo, ĉefministro aŭ populara aktoro. Krom tio la enmigrinto ne havis eĉ poveton envolvi siajn kuracistojn en tre limigitan interkomunikiĝon por informi sian doloron kaj peti sendolorigan kuracadon. Se la paciento estus teninta la poveton, aŭ se la kuracantoj serioze estus sciintaj la problemecon meti sian kuracaton en povorilate malforta situacio, la rezulto estus fariĝinta io alia. Nome la homo devigita sinmortigi estis metita duoble en povorilate malforta situacio, kaj enanguligite perdis vojon travivi.

Se mi resumas la supran diskuton ĝis ĉi tie, estas 2 problemaj faktoroj.

- (1) *potenco, kiu aperas, kiam oni elektas iun specifan lingvon por komunikiĝi,*

kaj krom lingvoelektio,

- (2) *potenco, kiu proksimigas komunikaĵan partion al si en ĉiu propra komunikaĵo.*

Kiam ĉi tiuj 2 povorilatoj estiĝas samtempe samloke, kaj iu(j) homo(j) troviĝas en double pli malforta situacio, la rajto komunikaĵi minimume, necesa por teni fundamentan homrajton, povas esti atencita. En la sekvanta sekcio ni pli profunde pripensu (1) *potenco, kiu aperas, kiam oni elektas iun specifan lingvon por komunikaĵi.*

6. Komunikaĵo sen unualingvanoj

Supre mi menciis, ke kiam unualingvo de unu parto de komunikaĵaj envolvitoj estas uzita en interkomunikaĵo, povorilato aperas en la loko, kaj preparas bazon de lingva diskriminacio. Do, kio okazas, kiam

la elektita lingvo estas unualingvo por neniuj en komunikaĵo? Se neniuj unualingvanoj partoprenas/os tie?

Eĉ se neniuj unualingvanoj partoprenas en komunikaĵo, kiam la enhavo de komunikaĵo estas registrita iumaniere, unualingvanoj povas poste partopreni, tial ni diskutu eliminante tiajn okazojn. Se nenialingvanoj povas atendi potencialan partoprenon de unualingvanoj, unualingvanoj, kiuj ne estas en komunikaĵejo, estas nocie agnoskitaj kiel partoprenantoj, kaj formiĝas magneta kampo de povorilato. En ĉi tiu sekcio pordiskuta fokuso estas tia okazo, ke eĉ enkapo atenditaj unualingvanoj mankas.

Ĉi-okaze ŝajnas, ke ni ne povas trovi tian povorilaton kiel supre menciitan. Ekzemple kiam japanalingvano kaj korealingvano konatiĝas survojaĝe, kaj interkomunikaĵas private en la angla lingvo komencanto-nivela, neniuj unualingvanoj de la angla rilatas. Alivorte tie estas nenia povorilato, kiu devenas de privilegio de unualingvano. Sed manko de unualingvano ne povas garantii eviti lingvan diskriminacion.

Kiel supre montrita, la lingvoj kiel la japana, angla k.t.p. ekzistas kiel grandega akumuliĝo de kutimoj. Pro tio tiaj lingvoj estas nur tre malfacile lerneblaj kaj konkereblaj. Iuj sukcesas fari tion, sed nur per konsumi amason da resurso, tempo, mono k.t.p. Ĉar “kutimoj” enhavas tre limigitan logikecon, kiu faciligas lernadon, tial por lerni ilin oni devas multege ekmemori kaj korpe alkutimiĝi uzi ilin, kio postulas longan tempon. La fakto signifas, ke povi finlerni lingvojn, kiel la angla kaj japana aŭ ne, dependas de ekonomia forto kaj kultura kapitalo de lernanta familio, socia situo de lernanta loĝloko, propra kapablo de lernanto. Nome diversaj faktoroj, kiuj naskas socian ekonomian malegalecon influas la lernorezulton pere kaj senpere. Krome la influo aperas grandigante malegalecon.

Koncerne la ĉefareno de lingva lernado estas publika eduko, lernejo. Sed nuntempa eduko nur garantias formalan *ŝancoegalecon*, aŭ simulas garantii¹⁵⁾. Tial pri lingva lernado la rolo de publika eduko estas nur re-produkti malegalecon kaj donas justecan aspekton al diskriminacia sociostrukturo. Socie oportuna pozicio akirita tra publika eduko estas donita etiketon “justa”, sub iluzio, ke individua lernostrebo kaŭzas ĉiujn edukorezultojn.

Sed estas multaj homoj facile troveblaj ĉie en la mondo, kiuj estas eliminitaj de publika eduko. En historio oni neniam atingis *ŝancoegalecon*, kaj

tio restas ankoraŭ kiel idealo. Interalie landoj fariĝantaj t.n. “nov-liberalismaj” (ek-)perdis ĉe nominalan *ŝancoegalecon* kaj la sintenon teni ĝin kiel idealo¹⁶⁾. Lingvoeduko en tia situo kreskigas burĝonon de lingva diskriminacio. Tio estas rezulto de lingvoeduko en socioj, kie “tute sendube oni reproduktas malegalecon tra edukado”¹⁷⁾.

7. Ĉu la angla lingvo alportas egalecon?

La ekstrema malfacileco finlerti lingvojn kiel la japana kaj angla, kaj diferenco de uzokapablo de tiaj lingvoj — ĉi tiuj 2 faktoj montras, ke memkompreneble restas la strukturo doni superecon al unu partio aŭ parto de komunikaĵaj koncernantoj, tra lingva elekto por komunikaĵo, ĉe kiam unualingvanoj ne rilatas tie. Povo, kiu ne devenas de unualingvana principa privilegio, preparas bazon de lingva diskriminacio. Tiuj, kiuj ne rimarkas la fakton, foje faras ege perversian aserton.

Tipa ekzemplo estas la japanlingva libro, HUNABAŜI Jôichi, *Kuraĝi oficialigon de la angla en Japanio* (2000). En Japanio dum kelka tempo socie diskutita estis oficialigo de la angla, kaj la libro forte jesas tion. La enhavo konsistas el asertoj, kiuj longe estas ripetitaj de multaj en komuna voĉo, nome tipe asertas, ke la angla estas internacia, kaj la angla devas esti uzata en internacia kunteksto. HUNABAŜI provas montri, ke “ekde nuntempo la angla lingvo necesas pli ol ĉio”, kaj diskutas kiel sube¹⁸⁾.

Pri la angla grava estas la egaliga funkcio (*equalizer*). La angla havas efikon egaligi inter klasoj de malnova socio. Tiam ne gravas, ĉu iu apartenas al superklaso aŭ ne, ĉu iu tenas enradikiĝintan intereson aŭ ne. Kaj tiuj, kiuj kapablas uzi la anglan, akiras pli da diversaj ŝancoj. Uzantoj de la angla tenas dungigon, studon en alilando, pli da enspezo, personan reton, kaj ne uzantoj perdas ilin. Ĉi tiu funkcio aliflanke ankaŭ multe helpas memaserton de inoj, minoritatoj kaj malgrandaj nacioj.

Ĉe se oni povas konkeri la anglan “sufiĉe”, ne eble estas, ke la ne-unualingvanoj akiras *diecan vidpunkton* de unualingvanoj de la angla. Tial nuligi povorilaton ĉe interkomunikaĵejo estas principe ne eble.

Krome grande konsumita materialo por finlerti la lingvon neniam estos repagita de unualingvano al ne-unualingvana lernanto, kaj tiuj, kiuj povas konkeri la anglan, estas nur bonŝancaj homoj kun bona socia medio kaj kapablo. Sekve oficialigi kaj internaciigi la anglan en Japanio k.t.p. grandigas diferencon de “dungigo, studo en alilando, enspezo, persona reto”, kaj pli malegaligas socion.

HUNABAŜI direktas sian atenton nur al la fakto, ke nur en la limigita kadro de finlernintoj de la angla oni povas trovi egaligon tra sociaj klasoj, kaj nomis tion “egaliga funkcio”. Ankaŭ HUNABAŜI mem verŝajne apartenas al la limigita grupo. Sed kiam la angla lingvo fariĝas “internacia lingvo”, kiu efiko, egaliga aŭ malegaliga, ĉefe aperas, estas laŭ mia argumento memklare. Kompreneble anstataŭigi la anglan ekzemple per la japana ne solvas problemon¹⁹⁾. Ĉar la strukturo, kiu naskas la premison de lingva diskriminacio ne ŝanĝiĝas.

Ŝajne HUNABAŜI naive kredas, ke lernoŝanco de la angla estas ĉiam ĉie egale garantiita, kaj tiuj, kiuj ne povis konkeri la anglan devas mem respondeci pri sociekonomia malavantaĝo. Sed se la malavantaĝo kaŭzas ion kiel supre menciita ekzemplo (4), nome estiĝas lingva diskriminacio kaj atenco kontraŭ homrajto, kaj individuoj devas eltenante respondeci tion, la signifo de uiversala homrajta koncepto estos nuligita.

Aliloke HUNABAŜI laŭdegas uzadon de la angla²⁰⁾.

Eble la plej malforta flanko de diskuto pri “angla-lingva imperiismo” estas la fakto, ke tiuj, kiuj plej deziras la anglan ne estas forta Usona kaj Britia flanko de “reganta centro”, sed “regita periferio”, kiu estas malgrandaj nacioj kaj minoritat-lingvaj uzantoj.

La angla lingvo havas faktoron funkcii egaligi kontraŭ superrega nacio kaj superrega lingvo (*equalizer*). Por malgranda nacio, kiu estas premata de supera majoritata nacio, la angla lingvo foje fariĝas efika protestilo kaj kontraŭstarilo, kaj fakte estas utiligita kiel tia ilo.

Ĉi tiu aserto tute ignoras la fakton, ke minoritataj nacioj ne povas havi elektelecon alian ol “deziri la anglan” pro sociekonomia povorilato, kaj sur la fono ekzistas rega kaj deviga strukturo en la masko de pro-

pravoleco. Lingvaj malfortuloj lernas pli superregan lingvon *volonte*, ĉar ili estas devigitaj intence maksimumigi sian profiton sub malegala kondiĉo, aŭ minimumigi atenton kontraŭ siaj rajtoj. Kaj HUNABAŜI aldone forgesas pripensi, kiu en minoritataj nacioj kaj lingvanoj deziris la anglan kaj kiu utilis ĝin kiel kontraŭilo. La supozitaj “minoritataj nacioj” neniel povas esti “ĉiuj en la koncerna grupo”, sed nur limigitaj homoj kun bonŝanca medio kaj kapablo, kiuj eblas fariĝi *koloniaj elitanoj*.

Laŭ la argumento de ITOGAŬA Miki²¹⁾, similaj pensoj al HUNABAŜI estas ofte troveblaj ĉe feministoj kaj esploristoj de ina studo, kiuj devas lukti kontraŭ diskriminaciaj fenomenoj.

Ekzemple JOŜIHARA Rêko²²⁾ diras ĉi tiel.

Kiom ajn oni kritikas “angla-lingvan imperiismon”, ni bezonas la anglan. Por konstrui fratinecon (*sisterhood*) kaj kontraŭi “povon”, la angla estas nia ilo.

Kiom foje ripete mi aŭdis voĉon de inoj, “ni partoprenis en Ina Kongreso de la Unuiĝintaj Nacioj, sed ne povis tre bone interkomunikiĝi kun inoj el tuta mondo. Se ni kapablus pli pri la angla”(...)

La angla estas necesa por ni kiel kontraŭilo. Nigrula feministo, bell hooks²³⁾ klarigas necesecon posedi la anglan por lukti kontraŭ kultura imperiismo, kiu kredigas, ke nur parolantoj de laŭnorma angla-lingvo estas “ĝustaj”. Por senmaskigi ŝajne naturan kutimon kaj kulturon kaj kontraŭi, la angla estas ankoraŭ efika ilo.

Certe por malfortuloj la angla estas efika ilo por kontraŭi. Sed tio estas adaptebla nur al tiuj, kiuj povis sufiĉe finlarni la anglan. Por ne malmultaj homoj, kiuj ne povis, la angla ne povas esti ilo. Krome la aserto, ke la angla ne estas mankebla por kontraŭi, kaj praktikoj laŭ tiu diskurso povas funkcii kiel nova premo, ke ne angla-uzantoj ne rajtas partopreni en kontraŭado. Ĉar ili estas devigitaj pensi, ke ili ne plenumas sufiĉe la necesan kondiĉon por kontraŭi. Ĉu tiaj ne malmultaj ne-anglalingvanoj, kiuj ne povas partopreni en kontraŭmovado, estos lasitaj kiel necesa ofero?

La bedaŭra voĉo, “se ni povus uzi la anglan pli”, venas el lingvaj malfortuloj, kiuj senkondiĉe akceptis

povorilaton de interkomunikiĝo, kaj prenis tutan respondecon de malsukcesa komunikiĝo. Tre probable multaj el vi spertis havi similan senton memrespondecan kaj sinkritikan. Sed la vera problemo estas povrilato kaj maljusta utiligo de la rilato. Neniel kapablo de lingvaj malfortuloj estas problemo.

Krom tio JOŜIHARA ignoras intence la kuntekston, kie bell hooks klarigas necesecon posedi la anglan por lukti kontraŭ kultura imperiismo, kiu kredigas, ke nur parolantoj de laŭnorma anglalingvo estas “ĝustaj”. La aserto de hooks aperis en la socio, kie la angla estas unue uzita. Sed JOŜIHARA insistas tion al unualingvanoj de la japana. Se ni lernas ion el vortoj de hooks, ni devas trovi “necesecon posedi la japanan por lukti kontraŭ kultura imperiismo, kiu kredigas, ke nur parolantoj de laŭnorma japanlingvo estas “ĝustaj”. Pro ĉi tiu radikala miskompreno JOŜIHARA mem reproduktis kulturen imperiismon, ke nur tiuj, kiuj povas uzi la anglan, povas kontraŭi. La invertita sinteno verŝajne rezultis el sinkonservo kaj memprofito kiel instruisto de la angla lingvo. Posteno kaj mono, kiujn la angla lingvo donas, naskigis rompiĝan neeban aserton.

Simile al HUNABAŜI tiu rekomendas arde lerni la anglan, uzante la limigitan fenomenon, ke ekstreme privilegiaj malmultaj homoj, kiuj konkeris la anglan, povas solidariĝi, kaj starante sur senbaza premiso, ke ĉiuj kapablas finlarni la anglan. Ĉi tiu pensomaniero ne estas escepta²⁴⁾. Feministoj, kiuj ne estas kritikemaj kontraŭ JOŜIHARA pri ĉi tiu punkto, ne povas kvalifiki sin kritiki seksan diskriminacion. En la praktikoj de feminismo, kie oni problemigas diskriminacion kaj premon, troviĝas sinteno rezulte grandigi lingvan diskriminacion. Ĉi tiu situacio montras, kiom profunde nuntempa lingva diskriminacio estas severa.

8. La elekteleco, planita lingvo

Mi resumas la diskuton ĝis ĉi tie. Uzi la lingvojn kiel la japana, angla k.t.p. en interkomunikiĝo de homoj kun malsamaj unualingvoj, aŭ pozitive uzi ilin por fari internacian situacion²⁵⁾, estas praktiko de malegalismo en 2 signifoj, nome pretigi kondiĉon okazigi lingvan diskriminacion.

α Estas absoluta diferenco inter unualingvano kaj ne unualingvano pri la lingvouzado. Senrilate al intenco unualingvano tenas povon en komunikiĝo, kaj oni ne problemigas la fakton.

β Tendencas esti granda diferenco ankaŭ inter ne unulingvanoj pri la lingvouzado, kaj tio naskas povorilaton, kiu influas komunikigon.

Ambaŭ α kaj β estas kondiĉoj, kiuj faras ekstreman malfortulon en komunikigo kaj estas naskejo de lingva diskriminacio. Konsiderante ĉi tion, ni pripensu manieron malgrandigi eblecon de lingva diskriminacio. Se ni serioze akceptas 2 kondiĉojn, ŝajnas, ke ni devas tute rezigni komunikigon inter malsamaj lingvanoj, aŭ unu partio devas akcepti malavantaĝon kaj malegalecon. Ĉi tiu rezignosento ebligas povopraktikon de uzantoj de superrega lingvo. Sed la fono de α estas ekzisto de unulingvanoj kaj la fono de β estas malfacileco de lingvoj, tial konvene estas trovi manieron, kiu eliminis 2 kondiĉojn, nome planitan lingvon²⁶⁾. En historio aperis multe da planitaj lingvoj, sed nur malmultaj el ili estas utiligitaj skribe kaj parole en interkomunikigo²⁷⁾. Kaj nur Esperanto sukcesis montri realan uzeblecon tra praktiko dum pli ol 100 jaroj. Foje oni diras, ke Esperanto malsukcesis kaj malaperis k.t.p. Sed la vero estas, ke unu planlingvo el unu kreinto ekde 1887 daŭre disvastiĝis ĝis nuntempa grado. La pontlingvo Esperanto neniel akiras novan uzanton *nature*, kaj la uzantoj reproduktiĝas nur per konscia lernado de homoj, kiuj uzas iun alian lingvon kiel sia unulingvo. La kaŭzo, kial Esperanto sukcesis kompare kun aliaj planlingvoj, estas unue la strukturo facile lernebla kaj funkciebla, kaj la fakto, ke L.L.ZAMENHOF kiel la kreinto rezignis sian propran rajton al la lingvo, kaj aliaj historiaj hazardoj.

Pri Esperanto estas diraĵoj, ke ĝi estas unu speco de eŭropaj linvoj, kaj ne povas kontribui al lingva egaligo, aŭ lerni ĝin ne estas facile. Sed la realo kontraŭdiras ilin. Esperanto principe ne povas havi unulingvanon, kiu povas praktiki privilegion, nome kiu donas juĝon pri lingva ĝusteco sur dieca vidpunkto, kaj la relativa lernofacileco estas klara en nenombrebla ekzemplaro²⁸⁾. Simpligita gramatiko kaj prononco, kiu ne perdis praktikecon, kaj regula vortofarsistemo, kiu ebligas riĉan esprimon per malgranda vortoprovizo. Ĉi tiuj faktoroj realigas verŝajne la plej malmulte da lernokosto en jam ekzistantaj lingvoj.

En tiu ĉi momento Esperanto estas ilo, kiu povas elimini la faktorojn α kaj β , kaj sendiskriminaciigi komunikigon inter malsamaj lingvanoj, nome Esperanto estas unusola lingvo kun egaliganta funkcio²⁹⁾. Sekve

Esperanto ne nur funkcias kiel rimedo, kiu subpremas lingve diskriminacian situacion en internacia komunikigo, sed ankaŭ la agado uzi Esperanton kun konscio, ke Esperanto tenas egaligantan funkcion, nepre fariĝas praktiko kontraŭ diskriminacio, nome egalisma praktiko. Kompreneble ebla kontribuo de Esperanto estas nuligo de nur kelkaj specoj de diskriminacio, montrita en la komenco. Kaj eĉ se Esperanto ege disvastiĝos, tio ne povos nuligi povorilaton en apartaj cirkonstancoj, pri kio ni vidis en la sekcio 5. Ĉar povo, kiu proksimigas la alian komunikigan partion, kreiĝas subeksterlingva kondiĉo. Tial Esperanto restas nur kiel *unu necesa kondiĉo* por totale nuligi lingvan diskriminacion. Sed la karaktero de Esperanto, ke uzi ĝin mem signifas kontraŭdiskriminacian praktikon, atendiĝas nin, ke disvastiĝo de Esperanto konsciigos homojn ĝenerale pri lingva diskriminacio, kaj ankaŭ eknuligos diskriminacion, kiun Esperanto mem ne kapablas nuligi. Pro tio se ni deziras nuligi lingvan diskriminacion kaj garantii lingvan rajton, disvastiĝo de Esperanto estas nuntempe neevitebla socia tasko.

Tamen nuntempa malpopulareco de Esperanto aŭ lingva situacio en la mondo, kie nur la forto ĉiam pravas, pensigas nin, ke Esperanta disvastiĝo estas tro kontraŭreala. Ekzemple malsupraj sentoj ŝajnas esti ĝeneralaj.

Esperanto devis esti “esperita” kiel forta kandidato de “internacia komuna lingvo”. Sed vante espere finfine Esperanto ne atingis al la nivelo, kie oni uzas ĝin internacie. Kaj ankaŭ nuntempe estas nenio espero aŭ simptomo, ke oni ekuzas Esperanton sur “internacia nivelo”³⁰⁾.

Certe estas, ke Esperanto estas tre simpligita kompare kun naturaj lingvoj, kiuj fariĝis Esperanta bazo. Malgraŭ tio ĉi tiu lingvo ankoraŭ ne akiris pozicion de vera mondlingvo, kiun Zamenhof deziris (ekzemple fariĝi komuna lingvo en Unuiĝintaj Nacioj). Estas kelkaj kaŭzoj pri tio. Unu el ili estas, ke se ne angla-lingvanoj lernas nur unu lingvon el la angla kaj Esperanto, elekti la anglan estas ege pli praktike kaj avantaĝe³¹⁾.

Kompreneble en nuntempa mondo ŝancoj utiligi Esperanton en komunikigo estas limigitaj. Sekve kiel in-

dividua elekto “racie” kaj neebiteble estas, ke lingvomalfortuloj *volonte* mem elektas la plej superregan lingvon, kaj tra konsumado de multe da lernomaterialo provas maksimumigi sian avantaĝon³²⁾. Sed ne estas kontraŭdiro paralele utiligi Esperanton laŭeble. Cetere multaj lingvomalfortuloj sentos, ke Esperanto estas plia ŝarĝo, kaj devigi ilin lerni Esperanton estas maljuste³³⁾. Sed ĉiam eblas, ke ni tenas disvastigon de Esperanto kiel socia politika tasko. Teorie la elekto, ke politiko ne faras tion, ne devas esti, se ni gardas lingvan rajton kiel atingendan valoron³⁴⁾.

En nia socio ekzistas diversaj diferencoj, kaj ili devenas de diverseco de homoj. Ni ne povos imagi sion sen diferencoj. Sed foje diferenco naskas diskriminaciojn, unu el kiuj estas lingva. Kaj nepre ekzisto de diferencoj ne signifas, ke oni devas permesi komunikigan povopraktikon de uzantoj de superrega lingvo. Ĉar lasi iun diferencon el diversaj diferencoj, kiu kondukas al homrajta atenco estas diskriminacio. La grava premiso de moderna socio estas justigi la malegalecon al la nivelo, ke homrajtoj sekuriĝas. Tial se ni intencas perfekte garantii homrajton, disvastigi kaj utiligi Esperanton estas neevitebla rezulto, eĉ se tio realiĝos en forega estonteco. SIMURA skribas “nenia espero aŭ simptomo”, sed senesperi kaj sensimp-tomeco ne povas doni kialon ne fari tion. Se ni faras nenion dirante “nenian realigan eblecon”, kaj lasas tion, tiu sinteno estas tute sama al la penso, ke “movado kontraŭ diskriminacioj estas sensenca, ĉar diskriminacioj neniam malaperas”.

Ni ĉiam devas rememori, ke historio de homrajta garantiado estis la procezo realigi idealojn, kiuj komence havis nenian esperon aŭ simpton. Necese esas komune havi komprenon pri la granda valoro de Esperanto, kiu almenaŭ parte malfaciligis aperon de lingva diskriminacio. Se ni deziras homrajtan garantiadon, tio estas unu konsekvenco.

En bibliografia informo ĉiuj estas origine skribitaj en la japana lingvo, se mankas speciala indiko.

Rimarkoj kun bibliografia informo

¹⁾ La resumo estas tradukita en la hispanan kaj reviziita fare de TUKAHARA Nobuyuki kaj LÍDIA SALA CAJA.

²⁾ MAŠIKO Hidenori, “Diskuto pri lingvodiskriminacia fenomeno — starigo de ‘etiko de lingvistiko kaj spirito de sociolingvistiko’”, *Syakaigengogaku*, 1, 2001.

³⁾ PHILLIPSON Robert, SKUTUNABB-KANGAS, Tove, (tradukita de KIMURA Gorō), “Lingva maljusteco kaj lingva rajto”, *Rajto al lingvo — kio estas lingva rajto*, 1999, p.97.

⁴⁾ SANO Naoko, “Kritika konsidero pri ‘lingva homrajto’”, *Nagoya siritu daigaku zimbun syakai kagakubu kenkyū kiyō*, 11, 2001, p.155.

⁵⁾ JAMAURA Harucugu, *Enkonduko al la kesenlingvo*, 1986.

⁶⁾ PHILLIPSON, Robert, SKUTUNABB-KANGAS, Tove, “Enkonduko”, *Lingva homa rajto*, 1995, pp.1–25. (teksto en la angla)

⁷⁾ La enhavo de tio, kion majoritato nature faras, dependas de ekzistmaniero de la lingvokomunumo, kaj la enhavo de lingva rajto varias laŭ ĝi. Ekzemple en senliteraj socioj, lingva rajto ne inkluzivas povi ekhavi lego-skribo-kapablon.

⁸⁾ JAMAĤAŬA Ako, “Situo de la sama lingvo en Nordio”, *Kotoba to syakai*, 2, 1999, pp.105–6.

⁹⁾ Ĉu la kurda lingvo kaj la kurda nacio ekzistas aŭ ne, estas politika problemo. Laŭ la kampolingvisto KOZIMA Gōiĉi homoj en “kurdaĵ-regionoj” ne povas parole interkompreniĝi per sia propra lingvo, kaj kurdaĵ politikaj agantoj interparolas en la turka lingvo. Vidu KOZIMA Gōiĉi, *Alia vizaĝo de Turkio*, 1991, KOZIMA Gōiĉi, *Drivanta Turkio*, 2010. Sed la fakto tute ne influas la diskuton ĉi tie. Oni povas diri, ke la kurda lingvo estas grupo de lingvoj diversaj, foje ne interkompreniĝeblaj. Similaj fenomenoj estas facile troveblaj en multaj landoj. Ekzemple parolantoj de la japana lingvo okaze ne povas interkompreni, sed la parolataĵoj estas agnoskitaj kiel subvariantoj de unusama lingvo, tute politike. Ĉi tie mi uzas la esprimon la kurda lingvo, ĉar ĉiuj parolantoj tenas rajton nomi sian lingvon laŭvole, la rajto ankaŭ apartenas al lingva rajto.

¹⁰⁾ NAKAGAŬA Kijoŝi, *Kurdoj kaj Kurdio*, 2001, pp.153–5.

¹¹⁾ 1920–2010. Etnologo kaj arda uzanto de Esperanto. <http://eo.wikipedia.org/wiki/Umesao.Tadao>

¹²⁾ UMESAO Tadao, “Lingva imperiismo kaj Esperanto — par-topreninte en monda kongreso”, *Esperanta sperto*, 1994, p.8.

¹³⁾ La diskuto de KANAŬA Takajuki, kiu analizas komunikigon inter surdulo kaj malsurdulo, donas al ni bonan gvidon por ĝenerale pensi pri komunika interago. KANAŬA Takajuki, “Surkomunikaĵa premo por surduloj”, *Syakaigengogaku*, 3, 2003.

¹⁴⁾ JAMADA Kanto nomis la agrablecon, kiun grandlingvano sentas en lernado de malgranda lingvo, *dankoeŝiko*. Ekzemple japanlingvanoj, kiuj lernas la korean lingvon, foje trovas dankemon de korealingvanoj. Laŭ la aserto la fenomeno similas al agrableco de malinoj, kiuj faras domlaboron. Ĉi tio ankaŭ devenas de povorilato en ĉiu komunikaĵa situo, kiu alproksimigas la alian pli malfortan partion. JAMADA Kanto, “Faltro de lingvolernado/eduko/studo fare de grandlingvanoj”, *Syakaigengogaku*, 1, 2001.

¹⁵⁾ La situo de edukosistemo dependas de landoj. Sed pli malpli ĉiu socio ankoraŭ tenas problemon pri substancia egaleco de eduko.

¹⁶⁾ SAITŌ Takao, *Malegaleco de ŝanco*, 2000, SATŌ Toŝiki, *Malegala socio*, Japanio, 2000.

¹⁷⁾ KARIJA Takehiko, *Estonteco de popoleduka socio — postmondmilita historio de lernokarierismo kaj egalisma mito*, 1995, p.202.

¹⁸⁾ HUNABAŜI Jōiĉi, *Kuraĝe oficialigon de la angla en Japanio*, 2000, pp.103–4

¹⁹⁾ SUZUKI Takao donas la aserton internaciigi la japanan. SUZUKI Takao, *Vortoj kiel armilo*, 1985.

²⁰⁾ HUNABAŜI Jōiĉi, *Kuraĝe oficialigon de la angla en Japanio*, 2000, p.114.

²¹⁾ ITOGAŬA Miki, “Rakonti en siaj propraj vortoj — Sociolingvistika analizo de lingva elekto en inostudo”, *Zyosēgaku nenpō*, 24, 2003.

²²⁾ JOSIHARA Rēko, *Feminismo en la angla lingvo facila*, 2002, pp.2–3.

²³⁾ Ĉi tiu feminisma aganto ne skribas sian nomkapon majuskle.

²⁴⁾ Detale en ITOGAŬA (2003).

²⁵⁾ Ekzemple skribi titolon de japanlingva gazeto uzante superregan lingvon kiel la angla, aŭ skribi japanlingvan propran nomon latinliter en maniero de la angla lingvo. Tio postulas de legantoj konon de la angla.

²⁶⁾ Kiel logika solvebleco estas malmultekosta kaj kapabla traduk-interpret-maŝino, sed la realigo estas probable ne ebla. Eĉ se oni sukcesus fari la maŝinon, povus aperi nova diferencigo inter maŝinaj dependantoj kaj aliaj.

²⁷⁾ HUTACUGI Kôzô, *Historio kaj ideo de internacia lingvo*, 1981, HUTACUGI Kôzô, *Revo de internacia komuna lingvo*, 1994.

²⁸⁾ Ni scias, ke escepte ekzistas homoj, kiuj denaske uzas Esperanton. Sed pro la pontlingveco ili estas tre malmultaj, kaj ne reproduktiĝas aŭtomate. Grave estas, ke ili tenas nenian privilegian povon en Esperantujo. Krome Esperanto montras nenian simpton kreoliĝi inter denaskaj uzantoj. KADOJA Hidenori, “Problemario pri denaskigo de Esperanto”, *Hurôtyô Dajori*, 3, 1998, pp.40–43.

²⁹⁾ Se ni trovos iun alian rimedon kun pli supere egaliganta funkcio, Esperanto devos fariĝi nura historiaĵo.

³⁰⁾ SIMURA Tadao, *La angla en kampo de naturscienco*, 1995, p.3.

³¹⁾ IMAI Kunihiko, “Kio estas lingvo?”, *Enkonduko al scienco de lingvo*, 2004, p.33.

³²⁾ KAMEI Nobutaka enkondukas afrikan socion kun multege da lingvoj, kaj skribas pozitive ĉi tiel. “Nun popola atendo ne di-

rektiĝas al multlingviĝo, sed klare al la angla lingvo.” (KAMEI Nobutaka, “Lingvo kaj feliĉo — 3 faktoroj, kiujn lingva rajto devas enhavi”, *Sentan Syakai Kenkyû*, 1, 2004.) Ĉi tiu penso-maniero aspektas bonkora, ĉar tiu rigardas *popolan memvolan elekton* grava. Sed la ago de lingvaj malfortuloj estas devigita per politik-ekonomia povo. Tial se oni taksas la elekton alte, la taksado mem subtenas maljustan povorilaton kaj koloniismon. KAMEI ne rimarikas la fakton.

³³⁾ Sed tia *racia* elekto de lingvomalfortuloj estas ankaŭ praktiko, kiu pli superigas jam superregan lingvon, kaj preparas situacion, kie lingva diskriminacio facile aperas. Tial ni ne devas jesi senkondiĉe la elekton de malfortuloj. Eĉ malfortuloj respondas etike. Imagu infanojn, kiuj molestas aliajn por eviti esti molestitaj. Eĉ se oni ne lernas kaj utiligas Esperanton, ĉiuj povas pozitive jesi politikon disvastiĝi Esperanton. Tial ankaŭ lingva malfortuloj neniel povas esti senrilataj al Esperanto.

³⁴⁾ La efikeco de Esperanto por garantii lingvan rajton kondukas al rajto de Esperanta eduko (MAŜIKO Hidenori, “Esperanta lernado en oficiala eduko kaj lingva rajto”, *Japana Esperantologio*, 2, 2003). Tio ne estas malfacila politika tasko almenaŭ ekonomie.

水平線俯角による地球半径測定

岡本成二*, 佐藤誠**

Estimation of the earth's radius by measuring depressive angle of the horizon

Seiji OKAMOTO and Makoto SATO

Estimating the earth's radius from depressive angle of the horizon is not thought to be effective because of refraction in the atmosphere. Actually a measured depressive angle of horizon in our field work at Mt. Daisen is much smaller than a geometrically estimated value. However, after calculating angle shift by refraction in the atmosphere, observed depressive angle can be corrected with an error of 0.01 degree which gives an accuracy of a few percent to the earth's radius.

Key words : earth's radius, depressive angle, horizon, refraction

1. はじめに

平成22年度チャレンジゼミナールのテーマとして太陽の質量と直径を、実際に自分たちで測定できる物理量から求めることを設定した。目的を達成するためのシナリオは、Fig.1に示すように、地球半径の測定から出発して、月までの距離、太陽までの距離を順に求め、これに重力定数 G と地球の公転周期を加えることで、最終的に、太陽の直径と質量を求める構成である。このシナリオでは地球半径が最も基本的な数値であり、これを2桁程度の精度で求めることが要求される。

ゼミ参加の学生に地球半径 R の測定方法の提案を課して調査させ、以下のアイデアが挙がった。

(1) 同一経度の二点間の距離 L と緯度の差 δ から

ら R を求める ($R = L/\delta$)

(2) 高い山 (高度 h) から水平線を見たときの俯角 θ から R を求める ($R = h \cos \theta / (1 - \cos \theta)$)

(3) 朝夕の太陽光のスペクトルシフト $\Delta v/v_0$

(ドップラー効果) から R を求める ($R = c \Delta v / (2 \omega v_0)$, c は真空中の光速, ω は地球の自転角速度)

最初のアイデア (1) は、最もオーソドックスな方法で、エラトステネスが、初めて地球の半径を求めた方法である。すなわち、夏至時にアスワンでは井戸の底まで太陽光が届くという見聞から、アスワンのほぼ真北に位置するアレクサンドリアでの夏至時の影角度を測定し、両都市間の距離 800Km から地球半径を決定した。我々はこれを実行的に行うため、同経度でない任意の2地点間で行える計算を用い、2地点の緯度経度は、GPSを用いて決定する方

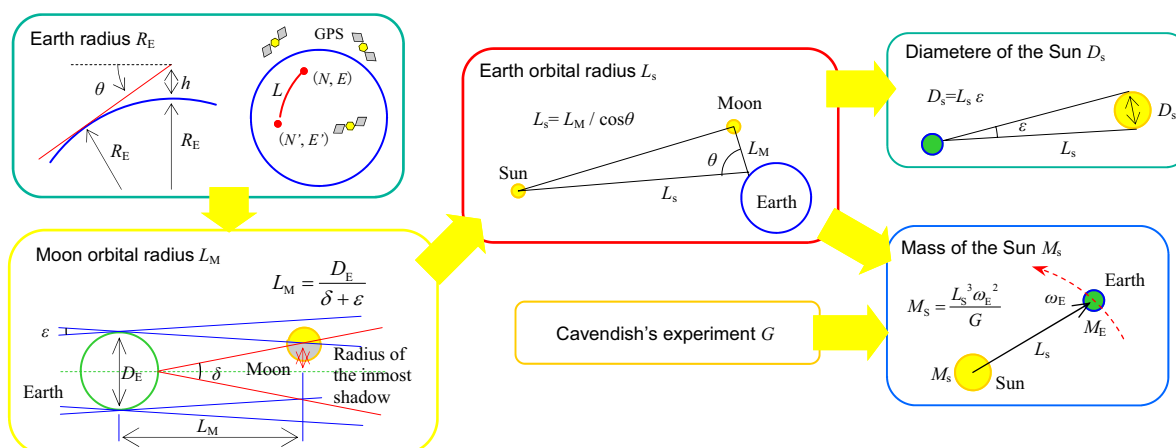


Fig.1 A scenario for the estimation of radius and mass of the Sun.

原稿受付 平成23年8月31日

*一般科目非常勤講師

**一般科目

法を採用した。携帯電話等に組み込まれているGPSは0.1秒程度の精度があり、数百m程度の2点間の距離をもとに2桁程度の精度で地球半径を求められると推測された。水平で数百mの直線距離を安全に計測できる場所として、本校の北西に位置するグリーンヒルズ公園内を横切る直線道路を選定した。

2番目の方法は、思いつき易い方法だが、実際にこの方法で実測したという報告は無い。大気による屈折が邪魔をして測定できないのではないかとこの疑念はあったが、やってみないと分からないだろうということで、山陰の大山に登り測定を試みた。本報告はその結果と考察である。

3番目の方法については、自転速度で見積もられるドップラーシフト量が、 $\Delta v/v_0 = 3.1 \times 10^{-6}$ と極めて小さく、高分解能の分光器でも検出は困難であることが判明し断念した。公転速度であればドップラーシフトを検出可能なので、公転軌道半径を求めることには利用できるだろう。

2. GPSによる測定

直線距離400mを50m長の金属製巻尺で測り、開始点と終点の経緯度をGPSで確認した。2点の経緯度は、 $(\theta, \phi) = (35^\circ 5' 34.8'', 134^\circ 0' 38.5'')$, $(\theta', \phi') = (35^\circ 5' 46.0'', 134^\circ 0' 46.6'')$ であった。地球中心からの開き角は、 $\eta = 0.0038^\circ$ と算出され、地球半径は、 $R = 6.26 \times 10^6 \text{m}$ と見積もることができた。

開き角 η はベクトル内積より、以下の計算式で2点の経緯度より算出される。

$$\eta = \cos^{-1} \left(\begin{aligned} &\cos \theta \cos \phi \cos \theta' \cos \phi' \\ &+ \cos \theta \sin \phi \cos \theta' \sin \phi' \\ &+ \sin \theta \sin \theta' \end{aligned} \right) \quad (1)$$

さらに、開き角 η と2点間距離 L から、地球半径 R は、次のように算出される。

$$R_E = \frac{L}{\eta} \quad (2)$$

GPSで高度も同時に記録し、2点間の高度差7.2mを確認したが、直線距離を補正したところ、ほとんど影響は無い (Fig.2)。

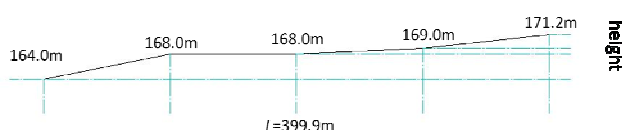


Fig. 2 Height map. Every distance to each neighbor point is 50.0m.

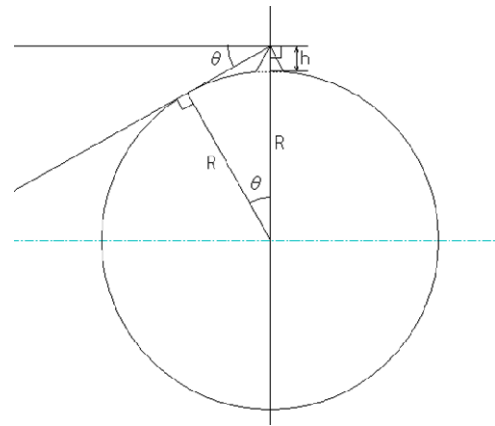


Fig. 3 Geometrical relation between a depressive angle of the horizon θ and the earth's radius R .

この方法で、2%程度の精度で地球半径を求めることができた。2点間距離をさらに大きくとることで、3桁の精度を得られるように改善したい。GPSの精度は0.1秒なので、これに対応する地表での距離が約3mとなる。2点間距離400mの場合、約1%の精度と見積もられ、今回得た値の誤差が妥当であることがわかる。3桁の精度を得るには、最低3kmの距離を3m程度の精度で計測する必要がある。2点間の距離が1kmを超えると三角測量を行うことになるが、距離を3桁の精度で求めるのは難しい。これは、今後の課題とした。

3. 水平線俯角測定

地球が丸いことの証として、海岸に近づく船は水平線上にマストから見えてくることが挙げられる。著者はそのような情景を残念ながら見たことはないが、那岐山頂上 (標高1255m) から日本海を望んだとき、水平線がペットボトル内の水面で確認した水

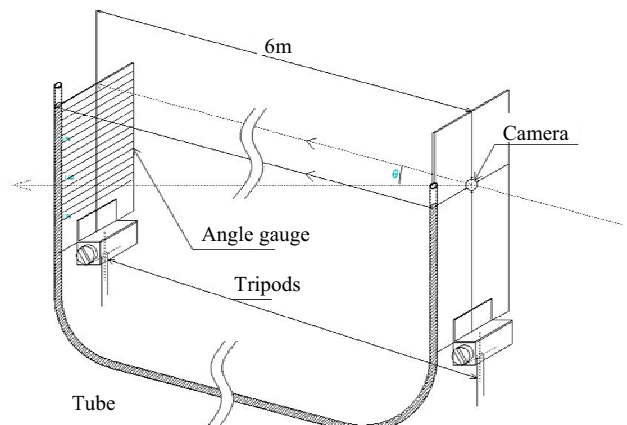


Fig. 4 A gauge for measuring depressive angle of the horizon. Water level is given by water in a tube.

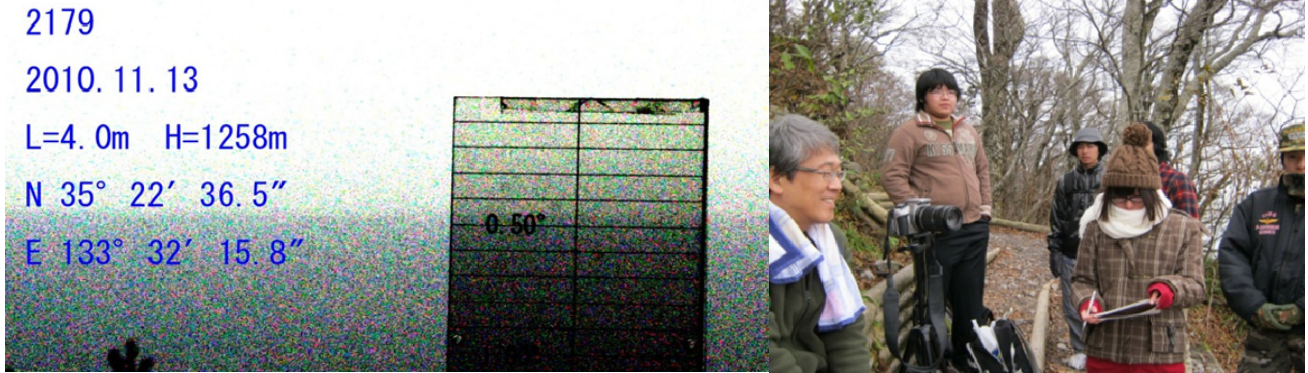


Fig. 5 Left: A photograph of the horizon and a angle gage, whose contrast is extremely enhanced. Right: A snapshot of our field work at 1258m in height on the summer climbing rote of Mt. Daisen.

平面より1度程度下方に見えることを経験したことがある。水平線が低く見えるのは、Fig.3に説明するように、地球が丸いからで、この水平線の俯角（水平から下方への角度）と観測位置の高度がわかれば地球半径を求めることができる（ $R = h \cos \theta / (1 - \cos \theta)$ ）。しかし、蜃気楼などの現象からも分かるように、大気中では見える角度と実際の角度が大きく異なることは普通に起きうことで、また、途中の大気の状態、すなわち温度や湿度、気圧（これらは空気の屈折率に関係する）を把握できないため、水平線の俯角を実測から補正して求めることは困難だろうと推測された。

しかし、地球半径の決定に不向きな方法であることを確認することも重要と考え、実際にずれを測ってみることにした。チャレンジゼミナールの受講生6名と準備し、フィールドワーク登山を2011年11月13日に実施した。測定に用いるゲージは、透明アクリル板に6m離れた位置での角度目盛りを刻んだものである（Fig.4）。6mでは0.1度はおよそ1cmになり、山頂（標高1720m）での測定を想定し、2.0度までの目盛りを準備した。水平はビニルチューブ内の水面を利用して決定することにした。チューブ内の水の濡れを良くし、両端での水面高さにずれが生じないように、泡立たない程度に洗剤を添加した。

あいにく当日は黄砂の影響で遠方の景色がかすみ、水平線を肉眼で確認することが難しく、記録用に撮影した写真を後日解析することにより、水平線俯角を決定した。撮影時は、カメラの光軸を水平にするため、目盛りの0度とカメラレンズの中央を同じ高さに保ち、目盛りの0度を画面の中央において撮影した（Fig.5）。また、山腹では6mの距離を確保することができず、距離を4mに短縮して計測を行った。距離6m用の目盛りで読み取った角度

（0.48°）を、6/4倍して正しい読み（0.72°）に換算した。GPSによる位置座標は、N35°22'36.5"、E133°32'15.8"、標高は1258mであった。

測定された水平線俯角0.72°は、地球半径 6360km

として見積もられる1.14°に比べ0.42°も小さく、水平線がかなり高く見えていたことになる。

4. 測定誤差

前節の結果から、水平線俯角から地球半径を求めるのは無理と直ちに結論付けることも可能であるが、さらに検討してみる。まず、測定の精度について考察する。

俯角測定の精度 $d\theta$ と地球半径精度 dR/R の関係は、次の式で近似できる。

$$\frac{dR}{R} = -\frac{4h}{R\theta^3} d\theta \quad (3)$$

今回の計測では、0.01°の角度読み取り精度なので R については2%程度の誤差と推定される。

同様に、標高測定の精度 dh による誤差は、次の式に近似される。

$$\frac{dR}{R} = \frac{2}{R\theta^2} dh \quad (4)$$

2桁の精度すなわち $dR/R = 0.01$ を確保するには、 $dh = 13m$ の精度で十分であることが分かる。ただし、上記誤差の見積もりには、 $R = 6.36 \times 10^6 m$ 、 $\theta = 1.14^\circ$ 、 $h = 1258m$ の値を用いた。

水平線までの距離は $R\theta$ で算出され、上記条件では約130kmとなる。水平線が界面に漂う霧などで高めに観測される可能性もある。130km先の100mは、角度にして0.04°に相当するので、今回の測定のずれをすべてこれが原因とすると、海面から1km高い位置を海面と見誤っていたことになる。海上の様子が分からないので、可能性は排除できない。

5. 大気の屈折の影響

空気の屈折率は、圧力、温度、湿気で変化するが、高い位置から水平線を観測する場合、高度によ

る圧力変化が最も俯角測定に影響を与えと考えられる。なぜなら高度による空気の密度変化が他の要因より大きいからである。ここでは、まず高度による気圧変化を考慮し、観測高度と観察される水平線俯角の関係を明らかにする。そののち、温度変化と湿度の影響を考慮する。

空気の屈折率 n は、圧力 P 、温度 T 、水蒸気分圧 F から次の式により算出することができる¹⁾。

$$(n-1) \times 10^8 = C(\lambda) \times \frac{P}{T} \left[1 + P \left\{ 57.90 \times 10^{-8} - 9.3250 \times 10^{-4} \times \frac{1}{T} + 0.25844 \times \frac{1}{T^2} \right\} \right] \times \left(1 - 0.16 \times \frac{F}{P} \right) \quad (5)$$

ここで、

$$C(\lambda) = 2371.34 + 683939.7 \left(130 - \frac{1}{\lambda^2} \right)^{-1} + 4547.3 \left(38.9 - \frac{1}{\lambda^2} \right)^{-1} \quad (6)$$

である。式中の単位は、それぞれ、温度 T は K、圧力 P 、水蒸気分圧 F は hPa、波長 λ は μm である。この式は屈折率の1からのずれを、波長に関する要因、圧力と温度による要因、水蒸気分圧による要因の3つの積から構成されている。したがって、湿度の影響を考慮しない場合は3番目の項を1として計算すればよい。湿度100%であれば、その温度における飽和水蒸気圧を水蒸気圧として算出する。

任意の標高 h での気圧 P は、国際民間航空機関 (ICAO) が定めた ICAO 標準大気では、以下の式で算出される²⁾。

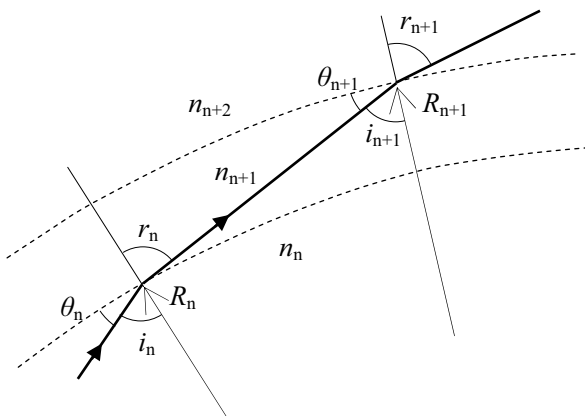


Fig.6 Layered model of atmosphere with gradient of refractive index along height for calculating depressive angle of the horizon.

$$P = P_0 \left(1 - \frac{\alpha h}{T_0} \right)^{5.25588} \quad (7)$$

ここで P_0 、 T_0 は標高 0m での気圧と温度、 α は温度の低減率である。この計算式は気圧高度計で用いられる関係式である。気温は 100m あたり 0.65K 低下すると仮定している。式(6)中の水蒸気圧の設定が不明なので、屈折率の算出に不安はあるが、湿度の影響は無視し、表計算ソフトで標高 0m より 10m 刻みで水平線俯角を計算した。計算方法は、Fig.6のように高度毎に同心円状の屈折率の異なる層を仮定し、水平線から水平に出た光線が各層の境界で順次屈折するとして、観測する高度における水平線俯角を逐次計算で求めた。標高 0m では、水平線俯角は 0 である。地球の曲率を考慮した計算である。高度に対する気圧の計算結果を Fig.7 に示す。標高 0m での気圧を $P_0 = 1013.25 \text{ hPa}$ 、気温を $T_0 = 15^\circ\text{C}$ とした。これらの条件設定は測定当日の状況にほぼ一致している。また、高度の刻みを 5m と 2m に変更して同様の計算を行ったが同じ値が得られることを確認している。

蒸気圧の影響を無視して計算すると、 $h = 1258 \text{ m}$ での俯角は、 $\theta = 1.040^\circ$ と算出される。高度による気圧の変化により、見かけ上、角度にして 0.10° ほど水平線俯角が減少すると見積もられる。

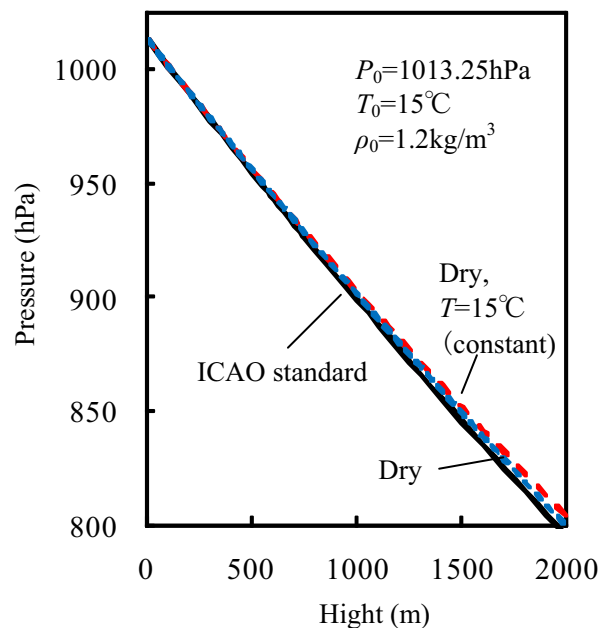


Fig.7 Calculated atmospheric pressure. Solid line: ICAO standard atmosphere. Red broken line: dry and constant temperature condition. Blue broken line: dry air. $P_0 = 1013.25 \text{ hPa}$, $T_0 = 15^\circ\text{C}$, $\alpha = 0.0065 \text{ K/m}$.

6. 温度と湿度の影響

ICAO標準大気は、実用的な気圧の算出式であるが、温度の影響や湿度の影響が式中に陰に含まれる経験式なので、それらの影響を抽出して調べるには都合が悪い。ここでは、まず温度と湿度の影響を無視した気圧の高度分布を求め、その後、温度の影響、湿度の効果を加えてその影響を見積もることにする。湿度、温度に関係なく、空気の密度 ρ は、マックスウェル分布として次式のように高度 h の関数として与えることができる。

$$\rho = \rho_0 \exp\left(-\frac{\rho_0 g h}{P_0}\right) \quad (8)$$

ここで、 ρ_0 , P_0 は標高 0m での空気の密度と大気圧である。屈折率の1からの変位は密度に比例するので、任意の高度 h における空気の屈折率 n は、次式に表せる。

$$n - 1 = \frac{\rho}{\rho_0} (n_0 - 1) \quad (9)$$

標準大気については水平線の俯角の計算を大気を高度毎に層に分けて順次屈折することで行ったが、Fig.6の入射角 i の漸化式から、面白いことに途中の空気層の屈折率分布に関わりなく、高度 0m での屈折率 n_0 と観測高度での屈折率 n だけから水平線の俯角が決定されることが分かった。すなわち次のようである。

n 番目の層境界での屈折の関係式は、

$$n_n \sin i_n = n_{n+1} \sin r_n \quad (10)$$

であり、また、余弦定理より、

$$R_{n+1} \sin i_{n+1} = R_n \sin(\pi - r_n) \quad (11)$$

なので、入射角 i_n の漸化式は、

$$\sin i_{n+1} = \frac{R_n}{R_{n+1}} \frac{n_n}{n_{n+1}} \sin i_n \quad (12)$$

となる。初項は水平線なので $i_0 = \pi/2$ であり、 n 項目は、

$$\sin i_n = \frac{n_0}{n_n} \frac{R_0}{R_n} \quad (13)$$

と表すことができる。したがって、高度 h における水平線の俯角 θ は途中の屈折率分布に関係なく、高度 0m での空気の屈折率 n_0 と観測高度での空気の屈折率 n から直接に算出できることが分かる。地球半径を R とすると次のように表せる。

$$\theta = \frac{\pi}{2} - \sin^{-1} \frac{n_0}{n} \frac{R}{R+h} \quad (14)$$

式(8)を用い、高度 0m から順次積算して求めた乾燥空気の場合の気圧と高度の関係を、温度変化を考慮した場合と温度変化がない場合についてFig.7に示す。ICAO標準大気に比べ、気圧の変化がわずかに少ない。高度による温度変化、および湿度の影響は気圧の変化をわずかだが増加させることが分かる。気圧の変化が大きいほど、屈折の影響も大きくなるように思えるが、式(5)に温度と湿度を考慮して屈折率を算出し、式(14)にしたがって水平線の俯角を計算すると、温度変化は屈折の影響を強めるが、湿度は逆に弱めるようである(Table 1)。しかし、その影響はわずかで、今回の測定条件では、俯角に対して温度の影響は、 -0.002° 、湿度の影響は最大で $+0.021^\circ$ と見積もられる。計算の条件は、波長 $\lambda=550\text{nm}$ である。湿度の影響が最も強く表れるのは、高度 0m で乾燥、観測高度で湿度 100% の場合である。湿度を考慮した俯角計算では、この条件で行った。飽和水蒸気圧は理科年表に依った。

以上のように、水平線の俯角は、大気による屈折で 0.10° ほど低く観測され、湿度の影響は一桁小さく、温度の影響はさらに一桁低いことがわかった。大気圧の高度変化は一か所の高度での気圧を与えれば計算でもとまるので、水平線俯角を測定する際に、観測高度での気圧を記録しておけば湿度や温度分布などの情報がなくても、大気の屈折の影響は 0.01° 程度の精度で補正可能であると結論される。

今回の計測では、この補正を施してもなお 0.30° ほど水平線が高く見えていることになる。考えられる原因として、一つには、前述したように、海上に漂う厚い霧の上面を水平線と見做した可能性が挙げられる。また、計測作業で最も不安を感じるの

Table 1 Estimated depression angle of horizon.

θ at 1258m		temperature	
		fix	considered
humidity	dry	1.036°	1.034°
	considered	1.057°	1.055°

(1.14° for no refraction, and 1.040° for ICAO standard)

が、カメラ中心と角度ゲージの原点の水平設定である。今回の測定では、水を入れた 10m 長の内径 5mm のビニールチューブを用いている。両端で 1cm 以上水面がずれるとは考えにくいではあるが、最初の調整のみで、チューブをゲージやカメラに常時固定しなかったため、水平位置が保たれていなかったか確信が持てないのも事実である。角度 0.3° は 4m の距離では水平の 2cm のずれに対応しており、水平調整のミスの可能性も否定できない。

さらに、ここでは考慮していない他の原因がないとも限らない。たとえば、上記の考察では地球は真球と仮定しているが、実際には自転の影響のため赤道付近が膨らんだ回転楕円体である。このことを考慮すると南北方向に水平線を観察する場合、高緯度では水平線が高く、低緯度では低く見えることが予想される。大山からの観測では、北の方向に日本海を望む形になっているので影響があるかもしれない。これに関連して北緯 35 度付近では、遠心力で重力の方向が地球中心に対して 0.1° 程度外側へずれており、その影響で水平の基準がずれている懸念もある。計算の詳細は別の機会に譲るが、重力の方向のずれと地球の真球からの変形は関連しており、実際、地球の極半径と赤道半径から地球の形状を回転楕円体として、北緯 35 度付近での水平面の地軸とのなす角を算出すると重力方向のずれと一致していることが確認できる。北緯 35 度付近での曲率半径を算出して水平線俯角測定への影響を推定すると南北方向ともに 0.01° 程度であり重要ではないことが確認できた。この例のように、水平線の俯角という単純な測定対象であっても、思いもよらない様々な要

因が絡んでいることを改めて認識させられる。

7. まとめ

チャレンジゼミナールの活動の中で地球半径の測定を試みた。水平線の俯角から地球半径を求めることは、大気による屈折により困難であると当初思われた。実際、大山の中腹（標高 1258 m）からは、大気の影響が無いとした場合の水平線の俯角 1.14° に対して 0.42° も低い 0.72° と測定された。高度による気圧の変化から推定される屈折の影響、温度変化による影響、および湿度の影響を見積もったところ、気圧の影響が最も大きく、水平線の俯角は見かけ上 0.10° 低くなると推測された。温度と湿度の影響は気圧による影響に比較すると一桁以上小さく、今回の測定における角度測定精度に隠れる。気圧の高度変化は容易に推定できるので、大気による屈折の影響を補正して、地球半径を数%の精度で決定できるはずである。今回の測定では、屈折の補正以上の角度で水平線俯角が低く計測され、その原因は不明である。計測時の水平の設定、海面の見誤りなどの可能性もあり、再度の計測により確認を行い、水平線俯角測定により地球半径を計測できることを実証したい。

参考文献

- 1) 国立天文台編, 「理科年表」, 天文大気差, もしくは, Owens: Applied Optics, 6(1967)51
- 2) ISO Standard Atmosphere, たとえば, M. Cavcar, 'The International Standard Atmosphere (ISA)', <http://home.anadolu.edu.tr/~mcavcar/common/ISAwweb.pdf>

On an estimate of the Kloosterman zeta function

Eiji YOSHIDA*

In this paper we state an estimate of the Kloosterman zeta function $Z_{m,n}(s, \Gamma)$. Especially we consider the case that Γ is the Hecke congruence group $\Gamma_0(N)$. This case allows us to use the Weil estimate for the Kloosterman sum. From this we can derive an estimate for a certain Dirichlet series consisting of absolute values of Kloosterman sums. Moreover we state two estimates for the K -Bessel function $K_0(y)$. By virtue of these estimates we can obtain an improvement for the order of $|m|$ and $|n|$.

Key words : Kloosterman sum, Kloosterman zeta function

1. Introduction

The Kloosterman zeta function $Z_{m,n}(s, \Gamma)$ plays an important role in the spectral theory of automorphic functions (cf. 5), 8), 10)). In particular its evaluation for $|s|$, $|m|$ and $|n|$ in $\Re(s) > 1/2$ is closely related to the problem of estimating “sums of Kloosterman sums”. Probably motivated by the works of Bruggeman 1) and Kuznetsov 7), Goldfeld and Sarnak presented a method for evaluating $Z_{m,n}(s, \Gamma)$, and established an estimate (see 2:Theorem 1)). Remarkably their result is applicable to any Fuchsian group Γ of the first kind with a cusp ∞ . For this result see also the papers 3:Appendix E) and 14).

In this paper we state the results which hold for the case that Γ is the Hecke congruence group $\Gamma_0(N)$:

$$\Gamma_0(N) = \left\{ \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \in PSL(2, \mathbf{Z}) \mid c \equiv 0 \pmod{N} \right\},$$

and this restriction gives us an improvement for the order of $|m|$ and $|n|$ (see Theorem 1.1 and 1.2) when they are compared with those of Goldfeld-Sarnak 2), Hejhal 3) and Yoshida 14).

Let Γ be an arbitrary Fuchsian group of the first kind with a cusp ∞ , and let q be the smallest positive number such that the transformation $\begin{pmatrix} 1 & q \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$ belongs to Γ . For arbitrary nonzero integers m and n , we denote by $S(m, n, c, \Gamma)$ the Kloosterman sum:

$$S(m, n, c, \Gamma) = \sum_{0 \leq a, d < qc} e^{2\pi i \frac{ma+nd}{qc}}, \quad (1.1)$$

where the sum is taken over the elements $\begin{pmatrix} a & * \\ c & d \end{pmatrix} \in \Gamma$ for any fixed $c > 0$. If Γ is the Hecke congruence group $\Gamma_0(N)$, then $q = 1$, and it is well known that the Kloosterman sum (1.1) satisfies the Weil estimate:

$$|S(m, n, c, \Gamma)| \leq (|m|, |n|, c)^{1/2} d(c) c^{1/2}, \quad (1.2)$$

Received August 31, 2011

* Department of General Education

where $(\cdot, \cdot, \cdot)$ denotes the greatest common divisor, and $d(c)$ the divisor function.

For an arbitrary Fuchsian group Γ of the first kind with a cusp ∞ and for $s \in \mathbf{C}$, Selberg 11) defined the Kloosterman zeta function $Z_{m,n}(s, \Gamma)$ as follows

$$Z_{m,n}(s, \Gamma) = \sum_{c>0} \frac{S(m, n, c, \Gamma)}{c^{2s}}. \quad (1.3)$$

If $\Gamma = \Gamma_0(N)$, the summand c runs over all positive integers such that $c \equiv 0 \pmod{N}$, and the Weil estimate (1.2) implies that the series converges absolutely and uniformly for $\Re(s) > 3/4$.

Let $\mathcal{H} = \{z = x + iy \in \mathbf{C} \mid y > 0\}$ be the complex upper half plane given the hyperbolic measure $d\mu(z) = dx dy / y^2$, and $L^2(\Gamma \backslash \mathcal{H})$ the Hilbert space consisting of all functions which are Γ -automorphic and square-integrable for the inner product

$$\langle f(z), g(z) \rangle = \int_{\Gamma \backslash \mathcal{H}} f(z) \overline{g(z)} d\mu(z), \quad (1.4)$$

where $\Gamma \backslash \mathcal{H}$ is a fundamental domain of Γ and $\bar{g}$ the complex conjugate of g .

The Laplace operator $D := y^2(\partial^2/\partial x^2 + \partial^2/\partial y^2)$ acts on the space $L^2(\Gamma \backslash \mathcal{H})$ and has spectral decomposition. Then it is known that the eigenvalues $\{\lambda_j\}_{j \geq 1}$ under $Df_j = -\lambda_j f_j$ of the discrete spectrum in $L^2(\Gamma \backslash \mathcal{H})$ are real and positive. Here if there exists an eigenvalue such that $0 < \lambda_j < 1/4$, it is called an exceptional eigenvalue. In the paper 11), Selberg has conjectured that if Γ is a congruence subgroup, then the space $L^2(\Gamma \backslash \mathcal{H})$ has no exceptional eigenvalues with respect to the action of D . This conjecture has been proved for $\Gamma = PSL(2, \mathbf{Z})$ by Maass or Roelcke, and by Huxley 4) for Hecke congruence groups $\Gamma_0(N)$ with $N \leq 17$ (cf. 5)).

We write $\lambda_j = s_j(1 - s_j)$. If λ_j is exceptional, it gives a real value s_j with $1/2 < s_j < 1$. Let us denote by T_0 the set of such points s_j . Then for

any positive ε_0 chosen so that $(1/2, (1/2)+2\varepsilon_0) \cap T_0 = \emptyset$, we define the domain U_{ε_0} in the complex s -plane to be

$$\left\{ \sigma \mid \frac{1}{2} < \sigma < \frac{1}{2} + \varepsilon_0 \right\} \times \{ \tau \mid |\tau| \leq 1 \} \quad (1.5)$$

for $s = \sigma + i\tau$.

We show that

THEOREM 1.1. *Let Γ be the Hecke congruence group $\Gamma_0(N)$, and m and n be nonzero integers. Moreover put $s = \sigma + i\tau$. Then the Kloosterman zeta function $Z_{m,n}(s, \Gamma)$ is continued meromorphically to the domain $\Re(s) > 1/2$ with at most a finite number of simple poles at $s = s_j$ and satisfies the estimate:*

$$\begin{aligned} Z_{m,n}(s, \Gamma) & \quad (1.6) \\ &= O\left(\frac{|mn|^{1/4} d(|m|N) d(|n|N)}{N^{2\sigma-1/2}} \right. \\ & \quad \left. \times |\tau|^{1/2} \frac{1}{(\sigma - \frac{1}{2})^4} \right) \end{aligned}$$

for $1/2 < \sigma < M$ and $|\tau| \geq 1$, where $d(\cdot)$ denotes the divisor function, M is an arbitrarily fixed positive number such that $M > 1/2$ and the implied constant depends only on M , and

$$\begin{aligned} Z_{m,n}(s, \Gamma) & \quad (1.7) \\ &= O\left(\frac{|mn|^{1/4} d(|m|N) d(|n|N)}{N^{2\sigma-1/2}} \right. \\ & \quad \left. \times \frac{1}{(\sigma - \frac{1}{2})^4 \sqrt{\tau^2 + (\sigma - \frac{1}{2})^2}} \right) \end{aligned}$$

for $s \in U_{\varepsilon_0}$, where the implied constant is an absolute constant.

For the case of $T_0 = \emptyset$, we may take $\varepsilon_0 = M$ in the estimate (1.7), and then the implied constant depends only on M .

Concerning the estimate (1.6) for example, the result of Goldfeld-Sarnak 2:Theorem 1) is $O(|mn||\tau|^{1/2}/(\sigma - 1/2))$. Hejhal 3:pp.709 obtained more strict one $O(|m||n|^{1/2}|\tau|^{1/2}/(\sigma - 1/2)^2)$, and we proved $O(|mn|^{1/2}|\tau|^{1/2}/(\sigma - 1/2)^3)$ in 14:Theorem). As we noted above these results are applicable to any Fuchsian group Γ of the first kind with a cusp ∞ . Moreover we shall mention that Goldfeld-Sarnak and Hejhal have considered the same problem and obtained similar results for more general Kloosterman zeta function associated with the Hilbert space $L^2(\Gamma \backslash \mathcal{H}, k, \chi)$, $k > 0$ and χ being a multiplier for this k .

The following two estimates, plus the basic formulae (2.4) and (2.7), are crucial in the proof of Theorem 1.1. One is the estimates for the K -Bessel function $K_0(y)$ as in Lemma 3.1, and the

other is that in (3.14) for a certain Dirichlet series, which has been proved by Iwaniec 6) using the Weil estimate (1.2) as an essential tool. To prove Theorem 1.1 we need to evaluate the norms of the non-holomorphic Poincaré series (see Lemma 3.2) and the term $R_{m,n}(s, s+1/2)$ (see (3.2)). Then the norms of the non-holomorphic Poincaré series are evaluated by using these two estimates. So the results of Lemma 3.2 hold only for Hecke congruence groups (or probably for congruence subgroups), while the estimate of the lemma in 14) holds for any Fuchsian group of the first kind with a cusp ∞ .

From elementary arguments together with Theorem 1.1 we derive the following estimate for sums of Kloosterman sums:

THEOREM 1.2. *Let Γ be the Hecke congruence group $\Gamma_0(N)$ with $N \leq 17$. Then since there exists no exceptional eigenvalues, we have*

$$\begin{aligned} \sum_{c < x} \frac{S(m, n, c, \Gamma)}{c} & \quad (1.8) \\ &= O\left(\frac{|mn|^{1/4} d(|m|N) d(|n|N)}{N^{1/2}} x^{\frac{1}{6} + \varepsilon} \right) \end{aligned}$$

for any $\varepsilon > 0$, where the implied constant is absolute.

2. Notations and basic Formulae

Let Γ be a Fuchsian group of the first kind with a cusp ∞ , and $\mathcal{H}$ the complex upper half plane. For $\gamma = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \in \Gamma$ and $z \in \mathcal{H}$, we denote the linear fractional transformation by $\gamma z := (az+b)/(cz+d)$, and put $\gamma z = x(\gamma z) + iy(\gamma z)$, i.e., $x(\gamma z)$ or $y(\gamma z)$ is real or imaginary part of $\gamma z \in \mathcal{H}$. Moreover let $\Gamma_\infty := \{ \begin{pmatrix} 1 & \ell \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \mid \ell \in \mathbf{Z} \}$ be the stabilizer group of a cusp at infinity.

For $m \in \mathbf{Z}_{\neq 0}$, $z \in \mathcal{H}$ and $s \in \mathbf{C}$, the non-holomorphic Poincaré series is defined by

$$\begin{aligned} P_m(z, s, \Gamma) & \quad (2.1) \\ &= \sum_{\gamma \in \Gamma_\infty \backslash \Gamma} e^{2\pi i \frac{m}{q} x(\gamma z)} e^{-2\pi i \frac{|m|}{q} y(\gamma z)} y(\gamma z)^s. \end{aligned}$$

This series converges absolutely and uniformly for $\Re(s) > 1$ and belongs to the Hilbert space $L^2(\Gamma \backslash \mathcal{H})$. Let $a_m(y, s, n, \Gamma)$ be the n th Fourier coefficient of the series $P_m(z, s, \Gamma)$:

$$a_m(y, s, n, \Gamma) = \frac{1}{q} \int_0^q P_m(x + iy, s, \Gamma) e^{-2\pi i \frac{n}{q} x} dx.$$

Here we know that the $a_m(\cdot, y, \cdot)$ is expressed as

$$a_m(y, s, n, \Gamma) = \delta_{m,n} y^s e^{-2\pi i \frac{|n|}{q} y} \quad (2.2)$$

$$\begin{aligned}
 & + \frac{1}{q} \sum_{c>0} \frac{S(m, n, c, \Gamma)}{c^{2s}} y^{1-s} \\
 & \times \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{(1+x^2)^s} \\
 & \times e \left(\frac{|m|}{qc^2} \cdot \frac{\epsilon_1 x + i}{y(x^2 + 1)} \right) e^{2\pi i \frac{n}{q} xy} dx,
 \end{aligned}$$

where $\delta_{m,n}$ is the Kronecker symbol, ϵ_1 indicates 1 or -1 according to $m > 0$ and $m < 0$, and $e(x) = e^{2\pi i x}$.

As is developed in Goldfeld-Sarnak 2), we consider the inner product of the non-holomorphic Poincaré series: $\langle P_m(z, s, \Gamma), P_n(z, \bar{w}, \Gamma) \rangle$ for $m, n \in \mathbf{Z}_{\neq 0}$ and $s, w \in \mathbf{C}$ (see (1.4)). Then the Rankin-Selberg method yields that

$$\begin{aligned}
 & \langle P_m(z, s, \Gamma), P_n(z, \bar{w}, \Gamma) \rangle \\
 & = q \int_0^\infty a_m(y, s, n, \Gamma) y^{w-2} e^{-2\pi \frac{|n|}{q} y} dy
 \end{aligned} \tag{2.3}$$

for $\Re(s) > 1$ and $\Re(w) > 1$. Substituting the expression (2.2) into the integrand we obtain

$$\begin{aligned}
 & \langle P_m(z, s, \Gamma), P_n(z, \bar{w}, \Gamma) \rangle \\
 & = q \delta_{m,n} \left(4\pi \frac{|m|}{q} \right)^{1-s-w} \Gamma(s+w-1) \\
 & + \sum_{c>0} \frac{S(m, n, c, \Gamma)}{c^{2s}} \int_0^\infty y^{w-s-1} e^{-2\pi \frac{|n|}{q} y} dy \\
 & \times \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{(1+x^2)^s} \\
 & \times e \left(\frac{|m|}{qc^2} \cdot \frac{\epsilon_1 x + i}{y(x^2 + 1)} \right) e^{2\pi i \frac{n}{q} xy} dx
 \end{aligned} \tag{2.4}$$

for $\Re(s) > 1$ and $\Re(w) > 1$.

We return to the expression (2.2). Following the idea of Goldfeld-Sarnak 2) we decompose the second term into two terms:

$$\begin{aligned}
 & \frac{1}{q} \sum_{c>0} \frac{S(m, n, c, \Gamma)}{c^{2s}} y^{1-s} \\
 & \times \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{(1+x^2)^s} e^{2\pi i \frac{n}{q} xy} dx \\
 & + \frac{1}{q} \sum_{c>0} \frac{S(m, n, c, \Gamma)}{c^{2s}} y^{1-s} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{(1+x^2)^s} \\
 & \times \left(e \left(\frac{|m|}{qc^2} \cdot \frac{\epsilon_1 x + i}{y(x^2 + 1)} \right) - 1 \right) e^{2\pi i \frac{n}{q} xy} dx.
 \end{aligned} \tag{2.5}$$

Let K_ν be the K -Bessel function. One knows from 6:pp.60, (3.19)) that

$$\begin{aligned}
 & K_\nu(|y|) = 2^{\nu-1} \pi^{-\frac{1}{2}} |y|^{-\nu} \Gamma(\nu + \frac{1}{2}) \\
 & \times \int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{iyx}}{(1+x^2)^{\nu+\frac{1}{2}}} dx
 \end{aligned} \tag{2.6}$$

for $\Re(\nu) > 0$ and $y \in \mathbf{R}_{\neq 0}$. Using this we see that the first term in the above is equal to

$$\begin{aligned}
 & \frac{1}{q} 2\pi^{\frac{1}{2}} \left(\pi \frac{|n|}{q} \right)^{s-\frac{1}{2}} Z_{m,n}(s, \Gamma) \\
 & \times \frac{1}{\Gamma(s)} y^{\frac{1}{2}} K_{s-\frac{1}{2}}(2\pi \frac{|n|}{q} y).
 \end{aligned}$$

Moreover we know the formula

$$\int_0^\infty K_\nu(y) e^{-y} y^{s-1} dy = \pi^{\frac{1}{2}} 2^{-s} \frac{\Gamma(s+\nu)\Gamma(s-\nu)}{\Gamma(s+\frac{1}{2})}.$$

Therefore if we substitute the expression (2.5) into (2.3), we have

$$\begin{aligned}
 & \langle P_m(z, s, \Gamma), P_n(z, \bar{w}, \Gamma) \rangle \\
 & = q \delta_{m,n} \left(4\pi \frac{|m|}{q} \right)^{1-s-w} \Gamma(s+w-1) \\
 & + 2^{2-2w} \pi \left(\pi \frac{|n|}{q} \right)^{s-w} \\
 & \times \frac{\Gamma(s+w-1)\Gamma(w-s)}{\Gamma(s)\Gamma(w)} Z_{m,n}(s, \Gamma) \\
 & + R_{m,n}(s, w)
 \end{aligned} \tag{2.7}$$

for $\Re(s) > 1$ and $\Re(w) > 1$, where

$$\begin{aligned}
 & R_{m,n}(s, w) := \sum_{c>0} \frac{S(m, n, c, \Gamma)}{c^{2s}} \\
 & \times \int_0^\infty y^{w-s-1} e^{-2\pi \frac{|n|}{q} y} dy \\
 & \times \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{(1+x^2)^s} \\
 & \times \left(e \left(\frac{|m|}{qc^2} \cdot \frac{\epsilon_1 x + i}{y(x^2 + 1)} \right) - 1 \right) e^{2\pi i \frac{n}{q} xy} dx.
 \end{aligned} \tag{2.8}$$

Formulas (2.4) and (2.7) with (2.8) are the main tools in our proof of Theorem 1.1.

The non-holomorphic Poincaré series P_m defined by (2.1) satisfies the recursion relation

$$\begin{aligned}
 & \{s(1-s) + D\} P_m(z, s, \Gamma) \\
 & = -4\pi \frac{|m|}{q} s P_m(z, s+1, \Gamma)
 \end{aligned}$$

for $\Re(s) > 1$. This is equivalent to

$$P_m(z, s, \Gamma) = -4\pi \frac{|m|}{q} s \mathcal{R}_\lambda P_m(z, s+1, \Gamma), \tag{2.9}$$

where $\mathcal{R}_\lambda := (\lambda + D)^{-1} (\lambda = s(1-s))$ is the resolvent of D . It is known that $\mathcal{R}_\lambda$ is holomorphic for $\Re(s) > 1/2$ except for simple poles at $s = s_j$ and satisfies the estimates:

$$\|\mathcal{R}_\lambda\| \leq \frac{1}{|\tau|(2\sigma-1)} \tag{2.10}$$

for $\sigma > 1/2$ and $|\tau| \geq 1$, and

$$\|\mathcal{R}_\lambda\| \leq \frac{1}{(\sigma - \frac{1}{2})\sqrt{\tau^2 + (\sigma - \frac{1}{2})^2}} \quad (2.11)$$

for $s \in U_{\varepsilon_0}$, where U_{ε_0} is the set defined by (1.5). Concerning this property the reader is referred to 2:pp.248)(see also 3:pp.672), 9), 10)).

3. Proof of Theorem 1.1 and 1.2

Throughout this section we always assume that Γ is the Hecke congruence group $\Gamma_0(N)$. Thus $q = 1$ in the formula (2.7). Moreover putting $w = s + 1/2$ we have

$$\begin{aligned} & 2^{1-2s} \pi (\pi |n|)^{-\frac{1}{2}} \\ & \times \frac{\Gamma(2s - \frac{1}{2}) \Gamma(\frac{1}{2})}{\Gamma(s) \Gamma(s + \frac{1}{2})} Z_{m,n}(s, \Gamma) \\ & = -\delta_{m,n} (4\pi |m|)^{\frac{1}{2}-2s} \Gamma(2s - \frac{1}{2}) \\ & + \langle P_m(z, s, \Gamma), P_n(z, \bar{s} + \frac{1}{2}, \Gamma) \rangle \\ & - R_{m,n}(s, s + \frac{1}{2}) \end{aligned} \quad (3.1)$$

for $\Re(s) > 1$, where

$$\begin{aligned} & R_{m,n}(s, s + \frac{1}{2}) \\ & = \sum_{c \equiv 0 \pmod{N}} \frac{S(m, n, c, \Gamma)}{c^{2s}} \\ & \times \int_0^\infty y^{\frac{1}{2}-1} e^{-2\pi |n|y} dy \\ & \times \int_{-\infty}^\infty \frac{1}{(1+x^2)^s} \\ & \times \left(e \left(\frac{|m|}{c^2} \cdot \frac{\epsilon_1 x + i}{y(x^2 + 1)} \right) - 1 \right) e^{2\pi i n x y} dx. \end{aligned} \quad (3.2)$$

It follows from (2.9) that

$$\begin{aligned} & \langle P_m(z, s, \Gamma), P_n(z, \bar{s} + \frac{1}{2}, \Gamma) \rangle = -4\pi |m|s \\ & \times \langle \mathcal{R}_\lambda P_m(z, s + 1, \Gamma), P_n(z, \bar{s} + \frac{1}{2}, \Gamma) \rangle, \end{aligned}$$

where $\lambda = s(1-s)$. Thus the left-hand side is continued meromorphically to the domain $\Re(s) > 1/2$ by the right-hand side since $\mathcal{R}_\lambda$ is meromorphic there. Moreover by the Cauchy-Schwarz inequality we have

$$\begin{aligned} & |\langle P_m(z, s, \Gamma), P_n(z, \bar{s} + \frac{1}{2}, \Gamma) \rangle| \\ & \leq 4\pi |m| |s| \cdot \|\mathcal{R}_\lambda\| \\ & \times \|P_m(z, s + 1, \Gamma)\| \cdot \|P_n(z, \bar{s} + \frac{1}{2}, \Gamma)\| \end{aligned} \quad (3.3)$$

for $\Re(s) > 1/2$. We need to evaluate the norms of P_m and P_n . To do this we prepare the following lemma.

Recall that the K -Bessel function is defined by

$$K_\nu(y) = \frac{1}{2} \left(\frac{y}{2} \right)^\nu \int_0^\infty e^{-t} e^{-\frac{y^2}{4t}} t^{-\nu-1} dt \quad (3.4)$$

for any $\nu \in \mathbf{C}$ and $y > 0$. Then we have

LEMMA 3.1. *Let $y > 0$ be a positive number and $\nu = 0$ in (3.4). Then the K -Bessel function $K_0(y)$ satisfies the following two estimates:*

$$K_0(y) \ll y^{-3/2} \quad (3.5)$$

and

$$K_0(y) \ll y^{-1/2} \quad (3.6)$$

for any $y > 0$, where the implied constants are absolute.

PROOF. We first prove (3.5). To the formula (2.6) for K_ν if we apply partial integration, it is transformed into

$$\begin{aligned} K_\nu(y) & = -2^\nu \pi^{-\frac{1}{2}} i y^{-\nu-1} \Gamma(\nu + \frac{3}{2}) \\ & \times \int_{-\infty}^\infty \frac{x e^{i y x}}{(1+x^2)^{\nu+\frac{3}{2}}} dx \end{aligned}$$

for $\Re(\nu) > -1/2$ and $y > 0$. Repeating this transform we obtain

$$\begin{aligned} K_\nu(y) & = O \left(\left| \Gamma(\nu + \frac{1}{2} + k) \right| \right. \\ & \left. \times y^{-\Re(\nu)-k} \left(1 + \frac{1}{\Re(\nu) + \frac{k}{2}} \right) \right) \end{aligned} \quad (3.7)$$

for $\Re(\nu) > -k/2$ and $y > 0$, where the implied constant is absolute, and the integer k is $k \geq 0$ if $\Re(\nu) > 0$ and $k \geq 1$ if $\Re(\nu) = 0$. Choosing $k = 1$ we have $K_0(y) \ll y^{-1}$. However it is clear that $y^{-1} \leq y^{-3/2}$ if $y \leq 1$. So we have $K_0(y) \ll y^{-3/2}$ for $y \leq 1$. If $y \geq 1$, we first have $K_0(y) \ll y^{-2}$ by choosing $k = 2$ in (3.7). But $y^{-2} \leq y^{-3/2}$ since $y \geq 1$. Hence we obtain $K_0(y) \ll y^{-3/2}$ for any $y > 0$. Next we prove another estimate (3.6). One knows the integral representation:

$$\begin{aligned} K_{\nu-\mu}(y) & = 2^\mu \Gamma(\mu+1) y^{\mu-\nu} \\ & \times \int_0^\infty x^{\nu+1} \frac{1}{(x^2+y^2)^{\mu+1}} J_\nu(x) dx \end{aligned}$$

for $-1 < \Re(\nu) < 2\Re(\mu) + 1/2$ (see 12:pp.434,(2))), where J_ν is the Bessel function defined for example by

$$\begin{aligned} J_\nu(x) & = \pi^{-\frac{1}{2}} \frac{1}{\Gamma(\nu + \frac{1}{2})} \left(\frac{x}{2} \right)^\nu \\ & \times \int_{-1}^1 e^{i x t} (1-t^2)^{\nu-\frac{1}{2}} dt \end{aligned} \quad (3.8)$$

for $\Re(\nu) > -1/2$ and $x > 0$. Put $\nu = \mu = 1/4$. Noticing $(x^2 + y^2)^{-(1/4+1)} \leq x^{-2}y^{-1/2}$ we have

$$K_0(y) \ll y^{-\frac{1}{2}} \int_0^\infty x^{\frac{1}{4}-1} |J_{\frac{1}{4}}(x)| dx.$$

For the Bessel function $J_{1/4}$ we derive from (3.8) that $J_{1/4}(x) \ll x^{1/4}$, and moreover it is well known that $J_\nu(x) \ll x^{-1/2}$ as x tends to ∞ . Thus the integral over x is convergent with an absolute constant. Therefore we obtain $K_0(y) \ll y^{-1/2}$ for any $y > 0$. $\square$

For the norms of P_m and P_n we state the following

LEMMA 3.2. *Let M be a positive constant such that $M > 1/2$. Then we have*

$$\begin{aligned} & \|P_m(z, s+1, \Gamma)\| \\ &= O\left(\frac{|m|^{-3/4} d(|m|N)^{1/2}}{N^{\sigma-1/4}} \sqrt{1 + \frac{1}{(\sigma-\frac{1}{2})^2}}\right) \end{aligned} \quad (3.9)$$

for $1/2 < \sigma < M$, and

$$\begin{aligned} & \|P_n(z, \bar{s} + \frac{1}{2}, \Gamma)\| \\ &= O\left(\frac{|n|^{-1/4} d(|n|N)^{1/2}}{N^{\sigma-1/4}} \sqrt{1 + \frac{1}{(\sigma-\frac{1}{2})^2}}\right) \end{aligned} \quad (3.10)$$

for $1/2 < \sigma < M$, where the implied constants depend only on M .

PROOF. Since $\|P_m(z, s+1, \Gamma)\|^2 \leq P_m(z, s+1, \Gamma), P_m(z, s+1, \Gamma) >$, the formula (2.4) yields that

$$\begin{aligned} & \|P_m(z, s+1, \Gamma)\|^2 = (4\pi|m|)^{-2\sigma-1} \Gamma(2\sigma+1) \\ & + \sum_{c \equiv 0 \pmod{N}} \frac{S(m, m, c, \Gamma)}{c^{2(s+1)}} \\ & \times \int_0^\infty y^{-2i\tau-1} e^{-2\pi|m|y} dy \\ & \times \int_{-\infty}^\infty \frac{1}{(1+x^2)^{(s+1)}} \\ & \times e\left(\frac{|m|}{c^2} \cdot \frac{\epsilon_1 x + i}{y(x^2+1)}\right) e^{2\pi i m x y} dx \end{aligned}$$

for $s = \sigma + i\tau$. Then the absolute value of the multiple integral over y and x is majorized by

$$\begin{aligned} & \int_0^\infty y^{-1} e^{-2\pi|m|y} dy \\ & \times \int_{-\infty}^\infty \frac{1}{(1+x^2)^{(\sigma+1)}} \\ & \times \exp\left(-2\pi \frac{|m|}{c^2(x^2+1)} \frac{1}{y}\right) dx. \end{aligned} \quad (3.11)$$

Here from (3.4) we see that the integral over y is equal to $2K_0(4\pi \frac{|m|}{c} \frac{1}{\sqrt{x^2+1}})$. Thus we derive the inequality:

$$\begin{aligned} & \|P_m(z, s+1, \Gamma)\|^2 \\ & \ll |m|^{-2\sigma-1} \Gamma(2\sigma+1) \\ & + \sum_{c \equiv 0 \pmod{N}} \frac{|S(m, m, c, \Gamma)|}{c^{2\sigma+2}} \\ & \times \int_{-\infty}^\infty \frac{1}{(1+x^2)^{(\sigma+1)}} K_0(4\pi \frac{|m|}{c} \frac{1}{\sqrt{x^2+1}}) dx. \end{aligned} \quad (3.12)$$

We apply here the estimate (3.5) to (3.12). Thus we have

$$\begin{aligned} & \|P_m(z, s+1, \Gamma)\|^2 \\ & \ll |m|^{-2\sigma-1} \Gamma(2\sigma+1) \\ & + |m|^{-3/2} \sum_{c \equiv 0 \pmod{N}} \frac{|S(m, m, c, \Gamma)|}{c^{2\sigma+\frac{1}{2}}} \\ & \times \int_{-\infty}^\infty \frac{1}{(1+x^2)^{(\sigma+\frac{1}{4})}} dx. \end{aligned} \quad (3.13)$$

For the sum over c , Iwaniec 6:pp.169) has established the following by using the Weil estimate (1.2):

$$\begin{aligned} & \sum_{c \equiv 0 \pmod{N}} \frac{|S(m, n, c, \Gamma)|}{c^{2\sigma+\frac{1}{2}}} \\ & \ll \min(d(|m|N), d(|n|N)) \\ & \times N^{\frac{1}{2}-2\sigma} \left(1 + \frac{1}{(\sigma-\frac{1}{2})^2}\right) \end{aligned} \quad (3.14)$$

for $\sigma > 1/2$, where $d(\cdot)$ is the divisor function and the implied constant is absolute. Combining this estimate with (3.13) we conclude (3.9). We turn to the estimate (3.10). From (2.4) we have

$$\begin{aligned} & \|P_n(z, \bar{s} + \frac{1}{2}, \Gamma)\|^2 = (4\pi|n|)^{-2\sigma} \Gamma(2\sigma) \\ & + \sum_{c \equiv 0 \pmod{N}} \frac{S(n, n, c, \Gamma)}{c^{2\bar{s}+1}} \\ & \times \int_0^\infty y^{2i\tau-1} e^{-2\pi|n|y} dy \\ & \times \int_{-\infty}^\infty \frac{1}{(1+x^2)^{(\bar{s}+\frac{1}{2})}} \\ & \times e\left(\frac{|n|}{c^2} \cdot \frac{\epsilon_1 x + i}{y(x^2+1)}\right) e^{2\pi i n x y} dx \end{aligned}$$

for $s = \sigma + i\tau$. By similar process to (3.11) and (3.12) we obtain

$$\begin{aligned} & \|P_n(z, \bar{s} + \frac{1}{2}, \Gamma)\|^2 \ll |n|^{-2\sigma} \Gamma(2\sigma) \\ & + \sum_{c \equiv 0 \pmod{N}} \frac{|S(n, n, c, \Gamma)|}{c^{2\sigma+1}} \end{aligned} \quad (3.15)$$

$$\times \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{(1+x^2)^{(\sigma+\frac{1}{2})}} K_0(4\pi \frac{|n|}{c} \frac{1}{\sqrt{x^2+1}}) dx.$$

Applying the estimate (3.6) to (3.15) we have

$$\begin{aligned} & \|P_n(z, \bar{s} + \frac{1}{2}, \Gamma)\|^2 \ll |n|^{-2\sigma} \Gamma(2\sigma) \\ & + |n|^{-1/2} \sum_{c \equiv 0 \pmod{N}} \frac{|S(n, n, c, \Gamma)|}{c^{2\sigma+\frac{1}{2}}} \\ & \times \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{(1+x^2)^{(\sigma+\frac{1}{4})}} dx. \end{aligned}$$

Hence from using the estimate (3.14) we deduce (3.10). $\square$

From this lemma and (3.3) we derive that

$$\begin{aligned} & | \langle P_m(z, s, \Gamma), P_n(z, \bar{s} + \frac{1}{2}, \Gamma) \rangle | \quad (3.16) \\ & \ll \frac{|m|^{1/4} |n|^{-1/4} d(|m|N)^{1/2} d(|n|N)^{1/2}}{N^{2\sigma-1/2}} \\ & \times |s| \cdot \| \mathcal{R}_\lambda \| \left(1 + \frac{1}{(\sigma-\frac{1}{2})^2} \right) \end{aligned}$$

for $\Re(s) = \sigma > 1/2$.

We next consider the quantity $R_{m,n}$ in (3.2). Making a change of variable $|m|^{1/2}|n|^{-1/2}y$ for y we have

$$\begin{aligned} & R_{m,n}(s, s + \frac{1}{2}) \quad (3.17) \\ & = |m|^{1/4} |n|^{-1/4} \sum_{c \equiv 0 \pmod{N}} \frac{S(m, n, c, \Gamma)}{c^{2s}} \\ & \times \int_0^\infty y^{\frac{1}{2}-1} e^{-2\pi |mn|^{1/2} y} dy \int_{-\infty}^\infty \frac{1}{(1+x^2)^s} \\ & \times \left(e \left(\frac{|mn|^{1/2}}{c^2} \cdot \frac{\epsilon_1 x + i}{y(x^2+1)} \right) - 1 \right) \\ & \times e^{2\pi i n |m|^{1/2} |n|^{-1/2} x y} dx. \end{aligned}$$

We decompose the path of integration over y as follows

$$\begin{aligned} & |m|^{1/4} |n|^{-1/4} \sum_{c \equiv 0 \pmod{N}} \frac{S(m, n, c, \Gamma)}{c^{2s}} \quad (3.18) \\ & \times \int_0^{1/c} y^{\frac{1}{2}-1} e^{-2\pi |mn|^{1/2} y} dy \int_{-\infty}^\infty \frac{1}{(1+x^2)^s} \\ & \times \left(e \left(\frac{|mn|^{1/2}}{c^2} \cdot \frac{\epsilon_1 x + i}{y(x^2+1)} \right) - 1 \right) \\ & \times e^{2\pi i n |m|^{1/2} |n|^{-1/2} x y} dx \\ & + |m|^{1/4} |n|^{-1/4} \sum_{c \equiv 0 \pmod{N}} \frac{S(m, n, c, \Gamma)}{c^{2s}} \\ & \times \int_{1/c}^\infty y^{\frac{1}{2}-1} e^{-2\pi |mn|^{1/2} y} dy \int_{-\infty}^\infty \frac{1}{(1+x^2)^s} \\ & \times \left(e \left(\frac{|mn|^{1/2}}{c^2} \cdot \frac{\epsilon_1 x + i}{y(x^2+1)} \right) - 1 \right) \\ & \times e^{2\pi i n |m|^{1/2} |n|^{-1/2} x y} dx. \end{aligned}$$

Since

$$e \left(\frac{|mn|^{1/2}}{c^2} \cdot \frac{\epsilon_1 x + i}{y(x^2+1)} \right) - 1 \ll 1, \quad (3.19)$$

the first term is majorized by

$$\begin{aligned} & |m|^{1/4} |n|^{-1/4} \sum_{c \equiv 0 \pmod{N}} \frac{|S(m, n, c, \Gamma)|}{c^{2\sigma}} \\ & \times \int_0^{1/c} y^{\frac{1}{2}-1} dy \int_{-\infty}^\infty \frac{1}{(1+x^2)^\sigma} dx \\ & \ll |m|^{1/4} |n|^{-1/4} \\ & \times \sum_{c \equiv 0 \pmod{N}} \frac{|S(m, n, c, \Gamma)|}{c^{2\sigma+\frac{1}{2}}} \left(1 + \frac{1}{(\sigma-\frac{1}{2})} \right) \end{aligned}$$

for $\Re(s) = \sigma > 1/2$. Thus by using the estimate (3.14) we conclude that the first term in (3.18) has the estimate:

$$\begin{aligned} & O \left(|m|^{1/4} |n|^{-1/4} \right. \quad (3.20) \\ & \times \min(d(|m|N), d(|n|N)) \\ & \left. \times N^{\frac{1}{2}-2\sigma} \left(1 + \frac{1}{(\sigma-\frac{1}{2})^3} \right) \right) \end{aligned}$$

for $\sigma > 1/2$. For the second term in (3.18) we divide the sum over c into $c \leq |mn|^{1/2}$ and $c > |mn|^{1/2}$. Applying the estimate (3.19) again we see that the sum over $c \leq |mn|^{1/2}$ is majorized by

$$\begin{aligned} & |m|^{1/4} |n|^{-1/4} \quad (3.21) \\ & \times \sum_{c \equiv 0 \pmod{N}, c \leq |mn|^{1/2}} \frac{|S(m, n, c, \Gamma)|}{c^{2\sigma}} \\ & \times \int_{1/c}^\infty y^{\frac{1}{2}-1} e^{-2\pi |mn|^{1/2} y} dy \int_{-\infty}^\infty \frac{1}{(1+x^2)^\sigma} dx. \end{aligned}$$

Here we have by partial integration

$$\int_{1/c}^\infty y^{\frac{1}{2}-1} e^{-2\pi |mn|^{1/2} y} dy \ll |mn|^{-1/2} c^{1/2}.$$

Thus the quantity in (3.21) is majorized by

$$\begin{aligned} & |m|^{1/4} |n|^{-1/4} |mn|^{-1/2} \\ & \times \sum_{c \equiv 0 \pmod{N}, c \leq |mn|^{1/2}} \frac{|S(m, n, c, \Gamma)|}{c^{2\sigma+\frac{1}{2}}} c \\ & \times \left(1 + \frac{1}{(\sigma-\frac{1}{2})} \right) \\ & \leq |m|^{1/4} |n|^{-1/4} \\ & \times \sum_{c \equiv 0 \pmod{N}} \frac{|S(m, n, c, \Gamma)|}{c^{2\sigma+\frac{1}{2}}} \left(1 + \frac{1}{(\sigma-\frac{1}{2})} \right). \end{aligned}$$

Therefore we obtain the same estimate as that of (3.20) by using (3.14). We turn to the sum over

$c > |mn|^{1/2}$. Since $y > 1/c$ and $c > |mn|^{1/2}$ we have

$$e\left(\frac{|mn|^{1/2}}{c^2} \cdot \frac{\epsilon_1 x + i}{y(x^2 + 1)}\right) - 1 \ll \frac{|mn|^{1/2}}{c^2} \frac{1}{y} \frac{|x| + 1}{(x^2 + 1)}.$$

Thus the term in question is majorized by

$$\begin{aligned} & |m|^{1/4} |n|^{-1/4} |mn|^{1/2} \\ & \times \sum_{c \equiv 0 \pmod{N}, c > |mn|^{1/2}} \frac{|S(m, n, c, \Gamma)|}{c^{2\sigma+2}} \\ & \times \int_{1/c}^{\infty} y^{-\frac{1}{2}-1} dy \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{(1+x^2)^\sigma} \frac{|x|+1}{(x^2+1)} dx \\ & \leq |m|^{1/4} |n|^{-1/4} |mn|^{1/2} \\ & \times \sum_{c \equiv 0 \pmod{N}, c > |mn|^{1/2}} \frac{|S(m, n, c, \Gamma)|}{c^{2\sigma+\frac{3}{2}}} \\ & \times \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{(1+x^2)^\sigma} \frac{|x|+1}{(x^2+1)} dx \\ & \ll |m|^{1/4} |n|^{-1/4} \\ & \times \sum_{c \equiv 0 \pmod{N}} \frac{|S(m, n, c, \Gamma)|}{c^{2\sigma+\frac{1}{2}}} \end{aligned}$$

for $\sigma > 1/2$. Hence we obtain the estimate which has $(\sigma-1/2)^2$ instead of $(\sigma-1/2)^3$ in (3.20). From these arguments we conclude the fact that the function $R_{m,n}(s, s+1/2)$ defined by (3.2) or (3.17) is holomorphic for $\Re(s) > 1/2$ and satisfies the estimate (3.20).

We are ready to prove Theorem 1.1. In (3.1), Stirling's formula gives $\Gamma(2s-1/2)/\Gamma(s)\Gamma(s+1/2) \sim |\tau|^{-1/2}$ and $\Gamma(2s-1/2) \sim |\tau|^{2\sigma-1} e^{-\pi|\tau|}$ for $s = \sigma + i\tau$ and $|\tau| \geq 1$. Hence the estimates (3.16), (3.20), (2.10) and (2.11) deduce our assertion.

We next prove Theorem 1.2. Let x be a sufficiently large positive number, and T a positive number satisfying $1 \leq T \leq x^{1/2}$. Then the Weil estimate (1.2) and the arguments similar to those of Hejhal 3:pp.697-699 yield that

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2\pi i} \int_{\frac{1}{2}+\varepsilon_0-iT}^{\frac{1}{2}+\varepsilon_0+iT} Z_{m,n}\left(\frac{1+s}{2}, \Gamma\right) \frac{x^s}{s} ds \quad (3.22) \\ & = \sum_{c < x} \frac{S(m, n, c, \Gamma)}{c} \\ & + O\left(\frac{(|m|, |n|)^{1/2}}{N} \cdot \frac{x^{\frac{1}{2}} \log x}{T}\right), \end{aligned}$$

where $\varepsilon_0 = (\log x)^{-1}$. Let E be the rectangle defined by $E = [\varepsilon_0, \frac{1}{2} + \varepsilon_0] \times [-T, T]$. Since $N \leq 17$ the space $L^2(\Gamma_0(N) \backslash \mathcal{H})$ has no exceptional eigenvalues, and this implies that the Kloosterman zeta function $Z_{m,n}$ is holomorphic in E . Thus we have

$$\frac{1}{2\pi i} \int_{\partial E} Z_{m,n}\left(\frac{1+s}{2}, \Gamma\right) \frac{x^s}{s} ds = 0.$$

Here the Phragmén-Lindelöf principle based on Theorem 1.1 and (3.14) gives

$$\begin{aligned} & \left| Z_{m,n}\left(\frac{1+s}{2}, \Gamma\right) \right| \\ & = O\left(\frac{|mn|^{1/4} d(|m|N) d(|n|N) N^{-1/2}}{\varepsilon_0^4} \times |\tau|^{\frac{1}{2}+\varepsilon_0-\sigma}\right) \end{aligned}$$

for $\varepsilon_0 \leq \sigma \leq \frac{1}{2} + \varepsilon_0$. By using this estimate and (1.7) we derive that

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2\pi i} \int_{\frac{1}{2}+\varepsilon_0-iT}^{\frac{1}{2}+\varepsilon_0+iT} Z_{m,n}\left(\frac{1+s}{2}, \Gamma\right) \frac{x^s}{s} ds \quad (3.23) \\ & \ll \frac{|mn|^{1/4} d(|m|N) d(|n|N)}{N^{1/2}} \\ & \times \left(\frac{x^{\frac{1}{2}+\varepsilon}}{T} + T^{1/2} x^\varepsilon \right) \end{aligned}$$

for $\forall \varepsilon > 0$. Since $|mn|^{1/4} d(|m|N) d(|n|N) \geq (|m|, |n|)^{1/2}$, the formulas (3.22) and (3.23) deduce Theorem 1.2 by taking $T = x^{1/3}$.

References

- 1) R. W. Bruggeman: Fourier coefficients of cusp forms, *Invent. Math.*, **45**(1978) 1 – 18
- 2) D. Goldfeld and P. Sarnak: Sums of Kloosterman sums, *Invent. Math.*, **71**(1983) 243 – 250
- 3) D. A. Hejhal: The Selberg Trace Formula for $PSL(2, \mathbf{R})$ vol.2, *Lect. Notes Math.* 1001, Berlin-New York, Springer, 1983
- 4) M. N. Huxley: Introduction to Kloostermania, Banach Center Publ., **17**, PWN-Polish Scientific Publ., 1985 pp.217 – 306
- 5) H. Iwaniec: Non-holomorphic modular forms and their applications, *Modular forms*, edited by R. Rankin, Ellis Horwood Ltd, 1984 pp.157 – 196
- 6) H. Iwaniec: Spectral Methods of Automorphic Forms, 2nd ed., *Graduate Studies in Mathematics* vol.53, AMS, 2002
- 7) N. V. Kuznetsov: Petersson's conjecture for cusp forms of weight zero and Linnik's conjecture: sums of Kloosterman sums, *Math. Sb.*, **39**(1981) 299 – 342
- 8) Y. Motohashi: Spectral Theory of the Riemann Zeta-Function, vol.127, Cambridge Univ. Press, 1997
- 9) P. Sarnak: Additive number theory and Maass forms, *Lect. Notes Math.* 1052, Berlin-New York, Springer, 1983 pp.286 – 309
- 10) P. Sarnak: Some Applications of Modular Forms, vol.99, Cambridge Univ. Press, 1990

- 11) A. Selberg: On the estimation of Fourier coefficients of modular forms, Proc. Symp. Pure Math., vol.8, AMS, 1965 pp.1 – 15
- 12) G. N. Watson: A treatise on the Theory of Bessel Functions, Cambridge Univ. Press 2nd ed., 1944
- 13) A. Weil: On some exponential sums, Proc. Nat. Akad. Sci. USA, **34**(1948) 204 – 207
- 14) E. Yoshida: On the order of growth of the Kloosterman zeta function, J. Math. Soc. Japan., No.1, **44**(1992) 53 – 73

天文台構築と天文教育活動

佐々井 祐二*

Construction of an Astronomical Observatory and Educational Activities of Astronomy

Yuji SASAI

In the International Year of Astronomy 2009, we built an astronomical observatory and started astronomy education. We have already held eleven sessions of open lectures entitled "Astronomical Observation Meeting - You are a Future Galileo, too! -" for elementary and junior high school students. An "Internet Astronomical Observatory" is equipment that a user can operate remotely in real time using an Internet web browser. We have constructed the "Tsuyama Internet Astronomical Observatory", which is equipped with a 35cm diameter Schmidt-Cassegrain telescope and a cooling CCD camera.

Key words : astronomy education, open lecture, internet astronomical observatory

1. 緒 言

世界天文年 2009¹⁾の目的は、ガリレオ・ガリレイによる天体望遠鏡を用いた初めての天体観測から 400 年目であることを記念し、世界中の人々に天文学と宇宙への関心を持ってもらうことであった。国内でも様々なイベントがあり、子供達に天文や宇宙への興味を喚起する非常に意味のある年であった。応用物理研究室では 2009 年 3 月に、口径 35cm シュミットカセグレン式望遠鏡と口径 4cm H α 太陽望遠鏡を装備するスライドルーフ天文台を構築し、5 年卒業研究において天体の測光・分光観測に関する天文学の教育的研究を行っている。そこで、卒業研究生の天文基礎教育も兼ねて、小中学生を対象とする天体観測会^{2), 3), 4)}を計画した。

本校は小中学生を対象とする公開講座を活発に開催している。しかし、天体観測会は通常の公開講座と違い、天候に左右され、思うほど簡単な講座ではない。また、教育講座とするためにも入念な事前準備が必要である。

2010 年 6 月に小惑星探査機「はやぶさ」が帰還し、我々に大きな感動を与えた。理科離れが叫ばれて久しいが、本研究では、天文・宇宙分野の教育により、小中学生や本校学生の自然科学に対する興味を喚起することも目的としている。

本研究では、本校管理・一般科目棟屋上に、ネットワーク経由で完全遠隔制御可能な天文台を構築し、教育・研究活動を行う「津山インターネット天文台プロジェクト」を進めている。インターネット天文台と言うと、近年の IT 社会では結構ありそうな気がするが、それはプロ用の大天文台や、動画や画像の受信のみ可能な天文台が大半である。また、専門業者に依頼すると完全遠隔制御システムの構築のための費用はハードウェア整備費と同額程度掛かるようである。そのため、予算の限られた教育現場の天文台においては、制御系の開発が必要となる。工夫をしながらなるべく安価に構築を行うことが、ひいては学生教育にも繋がるであろう。制御システム構築には、制御 PC からスライドルーフ、望遠鏡や冷却 CCD カメラへのシリアル制御技術、ネットワーク上のクライアント PC からの指令を制御 PC に中継するソケット通信技術などが必要である。制御 PC 上では、望遠鏡や冷却 CCD の制御コマンドを、Perl による CGI プログラムで操る必要がある。また、天文学の基礎知識も欠くことはできない。インターネット天文台とは「天体観測ロボット」⁵⁾のようなものである。

本稿では、天体観測会について、その活動内容と受講生アンケートの簡単なまとめについて報告する。また、津山インターネット天文台の開発状況についても報告する。

2. 公開講座「天体観測会」

2. 1 公開講座の目的

天体観測会の目的としては、本校の口径 35cm 望遠鏡、口径 25cm 望遠鏡、口径 12.5cm 望遠鏡などを用い、様々な天体の様子を観察する、また、簡単な望遠鏡を自作するなど、興味をもって楽しみながら天文の世界にふれることとしている。

2. 2 公開講座の年間スケジュール

表 1 2011 年度スケジュール

回	開催日時	内容	備考
1	5/18(水) 19:15~20:45	口径 35cm 望遠鏡で土星を見よう	月齢 14.8 予備日 5/20(金)
2	8/4(木) 18:15~20:45	夏休みスペシャル 手作り望遠鏡で月を見よう	月齢 4.3 予備日 8/5(金)
3	10/31(月) 18:45~20:15	接近した木星を見よう	月齢 4.3 予備日 11/2(水)
4	12/13(火) 17:45~20:15	宵の明星 金星を見よう	月齢 17.9 月球儀も作成 予備日 12/15(木)

年間の興味深い天文現象を調べ、以下の点にも留意して表 1 のように今年度の開催日程を決めた。

- ① 対象は小学校 3 年生～中学校 3 年生
- ② 基本的に無料講座とした。費用は組み立て望遠鏡キットの実費のみ
- ③ 観測可能な天体中に惑星と月があるか
- ④ 小中学校の夏休みの行事予定を考慮
- ⑤ 当日が雨天・曇天の可能性があるので、予備日を設ける

2. 3 実施体制と実施方法

実施体制は年度により異なるが、2011 年度は教員 1 名、補助学生として望遠鏡操作・双眼鏡担当の 3 年チャレンジゼミ生 5 名と研究室 OB の専攻科生 1 名の合計 7 名の体制としている。教員は公開講座企画・準備と当日の説明・運営を行った。観測会は校舎管理棟屋上で行われるので、今までは念のため、屋上手すりにアニマルネットを張り巡らし、不測の事態に備えていた。現在は、屋上

手すりに耐久性のあるネットを張り巡らしている。図 1 に天文台の外観を示す。

小学生の場合、保護者同伴を要請している。小学生の受講生に対し、保護者に加え兄弟も参加することが多く、実際は受講生定員の 2 倍程度が参加している。また、なるべく沢山の天体の観測をしてもらうために、受講生を 20 名程度に絞ってある。本校テクノセンターは近郊小学校に講座案内を配布するだけでなく、新聞のイベント案内にも掲載している。初年度は受講生集めに苦労もあったが、段々と天体観測会が地域に浸透してきたせいか、2011 年度第 1 回は定員に対する申込が 3 倍、第 2 回は 4 倍もあった。

2. 4 当日のスケジュール

表 2 当日のスケジュール

30 分間	開会、諸注意と見所説明、星座早見使用法説明、プラネタリウム上映(10 分程度)、屋上へ移動
55 分間	望遠鏡や双眼鏡、眼視により天体観測、大講義室に移動
5 分間	アンケート、閉会

単なる観測会でなく簡単な天文学習も行うため、受講生には毎回学習資料を配付している。当日のスケジュールとしては表 2 のように、観測会のみ場合は 1 時間半の公開講座とし、最初に大講義室にて、今夜の見所説明、諸注意、ミニプラネタリウム上映の後、参加者は屋上に上がり各種望遠鏡で約 1 時間程度観測し、最後にアンケートを採り終了となる。ただし、工作を伴う場合は 1 時間追加して、2 時間半の公開講座としている。

2. 5 公開講座の実施内容

2011 年度に実施済みの公開講座について紹介する。

第 1 回 口径 35cm 望遠鏡で土星を見よう

5 月 18 日 (水) 19:15~20:45 無料
受講生 20 名+保護者他約 22 名

「今夜の見どころ」と「恒星と惑星」についての説



図 1 天文台外観



図 2 2011 年度公開講座の様子 ((a) は第 1 回, (b) は第 2 回)

明、短いプラネタリウム上映の後、参加者約 42 名は屋上に上がった。晴天に恵まれ、段々暮れていく空を見上げながら、北斗七星からたどって「春の大曲線」「春の大三角」「春のダイヤモンド」、さらに「ししの大がま」を確認した。

望遠鏡では、うしかい座アルクトゥールス、おおぐま座 2 重星ミザール、ヘルクレス座球状星団 M13、うみへび座木星状星雲 NGC3242 などを観測していったが、やはり一番人気は、輪が綺麗に見えるようになってきた土星だった。また、20 時 20 分過ぎには東の空から赤い月が昇って来る様子も観望できた。新聞社の取材も 2 社あり、地域版ではあるが新聞誌面にて本校の広報に一役買うこともできた。公開講座の様子を図 2(a)に示す。

第 2 回 手作り望遠鏡で月を見よう

8 月 4 日(木) 18:15~20:45
組み立て望遠鏡キット 1,900 円
受講生 23 名+保護者他約 17 名

諸注意とケプラー式望遠鏡の仕組み説明の後、受講生は木工ボンドを使用して組み立て望遠鏡の作成に取り組んだ。約 1 時間の熱心な作業の後、受講生全員がケプラー式とガリレオ式兼用の望遠鏡を完成させた。今夜の見所のプラネタリウム上映の後、19 時 45 分頃から、参加者約 40 名は晴天の屋上に登り、望遠鏡を月齢 4.3 の月に向けた。ピントが合った綺麗な月を見た後、横の土星観察にも成功した参加者もいた。また、本校の口径 35cm 望遠鏡などでヘルクレス座 球状星団 M13、こと座リング星雲 M57 など観望した。公開講座の様子を図 2(b)に示す。

2. 6 第 2 回のアンケート結果

2009 年度は本校テクノセンターのアンケートを詳細に分析でき、5 回の公開講座の肯定的な評価が 96%であった。詳細については参考文献 4) を参照されたい。ここでは、2011 年度第 2 回のアンケートを分析した。受講生 24 名に対し、回答数 27 である。保護者の回答も含んでいるようである。図 3

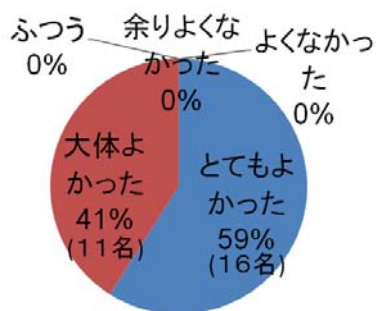


図 3 この公開講座を受けてよかったと思いましたが？

のように、肯定的評価が 100%であった。

また、以下のような感想が得られた。肯定的感想、要望、少し考えさせられる感想を含んでいる。

- ① 土星が月の隣にあるのがすごいと思った
- ② 今日作った望遠鏡で星は結構見れた
- ③ 望遠鏡がどういう仕組みで大きく見せるのかがよく分かった
- ④ 大人・成人向け講座もあったらいいな・・・
- ⑤ もっといろんな星を見たい
- ⑥ 望遠鏡づくりが少し難しかったです
- ⑦ もう少し時間が欲しい

3. 津山インターネット天文台プロジェクト

3. 1 インターネット天文台とは

我々は「インターネット天文台」とは「観測の開始から終了までを、インターネット経由のユーザがリアルタイムに遠隔操作できる設備」だと考えている。しかし、「インターネット天文台」と呼ばれているものには、「(1) 天体望遠鏡から CCD カメラ等で撮像した画像（動画）をインターネット経由で不特定多数のクライアントに配信するタイプ」が大半であり、「(2) 天体望遠鏡や天文台ルーフのコントロールまでインターネット経由で行い、オペレーターに加えて、その他のクライアントも天体画像（動画）の配信を受けることができるタイプ」の天文台は少ない。

完全遠隔制御方式である(2)のタイプの天文台としては、現在 JAXA 所属の佐藤毅彦教授のグループが慶應高校、東京理科大学、熊本大学⁶⁾、海外のガーナに構築したインターネット天文台がある。2003 年 12 月に完成したガーナ天文台⁷⁾を利用すると、ガーナの夜空を日本の昼間の教室で観察することができる。「地球の裏側から夜空を教室へ！」が実現できるわけである。

佐藤グループのインターネット天文台のホームページでは、グループの 4 箇所の天文台の中から、晴れている場所の天文台を選択し使用することができる。これら天文台では口径 20cm~25cm のシュミットカセグレン式望遠鏡 Meade LX-200GPS が装備されており、望遠鏡操作には予約が必要である。また、この熊本大学方式の天文台ではスライドルーフの開閉を伴い、終了の際には望遠鏡がホームポジションに収まっているか、スライドルーフが完全に閉じているか、応答信号だけでなくモニタカメラで監視を行っている。現在利用できるものはガーナ天文台のみのものである。また、同グループはアクリルドームを載せた一辺 30cm のアルミ立方体に CCD カメラを格納する「星座カメ

ラ i-CAN」を世界的に展開している。

高度なルーフ制御を伴わずメンテナンスフリーを実現しているものとして、2003 年から始まった慶應義塾大学インターネット望遠鏡プロジェクトがある (図 4)。ガラスピラミッドを載せたスチールボックスに、口径 20cm と 6cm の天体望遠鏡と広角カメラを格納している。将来的にゲストアカウントも用意されるらしい。プロジェクトでは、東京都府中市とニューヨークに 2 台の望遠鏡を設置している。



図 4 慶應義塾大学インターネット望遠鏡 (サイトより引用)

3. 2 天文台整備

本研究では 2008～2010 年度の科学研究費、2008 年度本校重点整備費他により、口径 35cm シュミットカセグレン式天体望遠鏡 (経緯台式) と冷却 CCD カメラ、口径 4cm H α 太陽望遠鏡等の装備品からなる天文台を津山工業高等専門学校校舎屋上に設置した。

天体観測用スライドルーフ観測室は協栄産業製 SR23DA であり、そのサイズは縦 2m×横 3m×高さ 1.8m (ルーフオープン時 1.4m)、重量約 0.8 トンである。また、ルーフ電動開閉対応である。2008 年 12 月 22 日、校舎屋上にコンクリート基礎工事を行った。また、観測室をクレーンにて屋上に吊り上げ (図 5 (a))、仮置きした。コンクリート基礎が固まった 2009 年 1 月 13 日、観測室を基礎の上にアンカーボルトで固定した (図 5 (b))。2 月 9 日には電源と LAN を金属管で配線する工事を行い、ルーフが電動開閉するようになった。主望遠鏡については、国内総代理店に事情があり遅れたが、当初の目的のため中古品を 3 月 19 日に納入、設置した (図 5 (c))。

主望遠鏡としてはミード社製の口径 35cm LX-200GPS を使用している。LX-200GPS は天体の自動導入・自動追尾が容易で、業界標準の制御コマンド系を有している。また、8cm 屈折式望遠鏡を同架しており、これはガイドスコープとしての利用の他に、視直径の大きい太陽・月を観察するために利用される。また、昼間の太陽面観察のために口径 4cm H α 太陽望遠鏡も同架されている。通常天文台として利用可能になったので、2009 年度

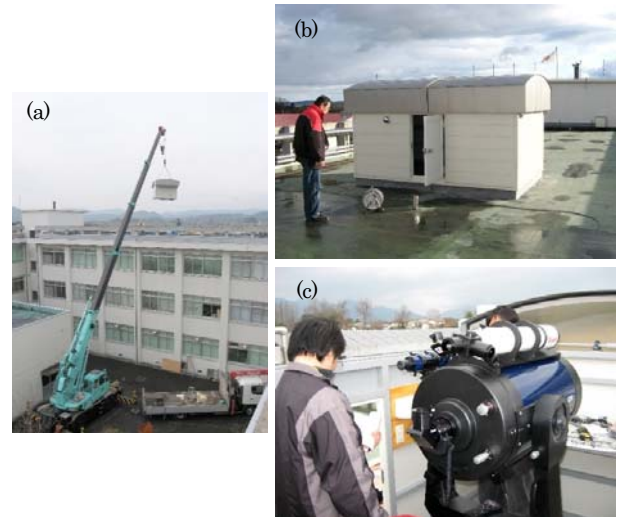


図 5 天文台設置工事 (a) スライドルーフ吊上 (b) 屋上設置 (c) 望遠鏡据付)

から、5 年卒業研究生や 3 年チャレンジゼミ生を補助学生として、天体観測会を開催している。

3. 3 インターネット天文台機能構築

図 6 の天文台構成図⁸⁾を説明する。電動スライドルーフの中には Linux を OS (Fedora) とする制御 PC がある。制御 PC には望遠鏡と室内モニタカメラからの映像を切り換えながら取り込むビデオカード (ViewCast 製) と望遠鏡、冷却 CCD カメラ、気象観測装置、制御 BOX を制御するための 4 ポートシリアルカード (IBSJapan 製) を増設している。取り込んだビデオ画像是 ffmpeg+ffserver によりストリーミングされ、WWW ブラウザからアクセスしたクライアントの Real Player 画面に表示される。

自作制御 BOX には共立電子製リレーボード RBIO-1 と高出力リレーが内蔵されており、スライドルーフ制御や装置の電源制御、ビデオ信号の切り換えを行う。天体を視野中央に導入するためには視野の広い (低倍率の) ガイドスコープを利用する。ガイドスコープに天体を導入した後、視野の狭い (高倍率の) 望遠鏡で、天体を視野中央に導入する。現在、切替機能によりビデオ信号をモニタカメラ、ガイドスコープと主望遠鏡のどれか一つと切り替えて、動画を配信するようになっている。また、準備中の星座カメラも増設する予定である。

主望遠鏡の撮像装置として、SBIG 社製冷却 CCD カメラ STV を使用する。CCD チップを電子冷却することで、長時間露光が可能であり、画像是常時ビデオ出力される。この冷却 CCD カメラは、夜モードでは口径 35cm シュミットカセグレン式望遠鏡に接続し、昼モードでは口径 4cm 太陽望遠鏡に接続し使用される。冷却 CCD カメラで撮影した RAW 画像と PNG 画像はメールの添付ファイルと

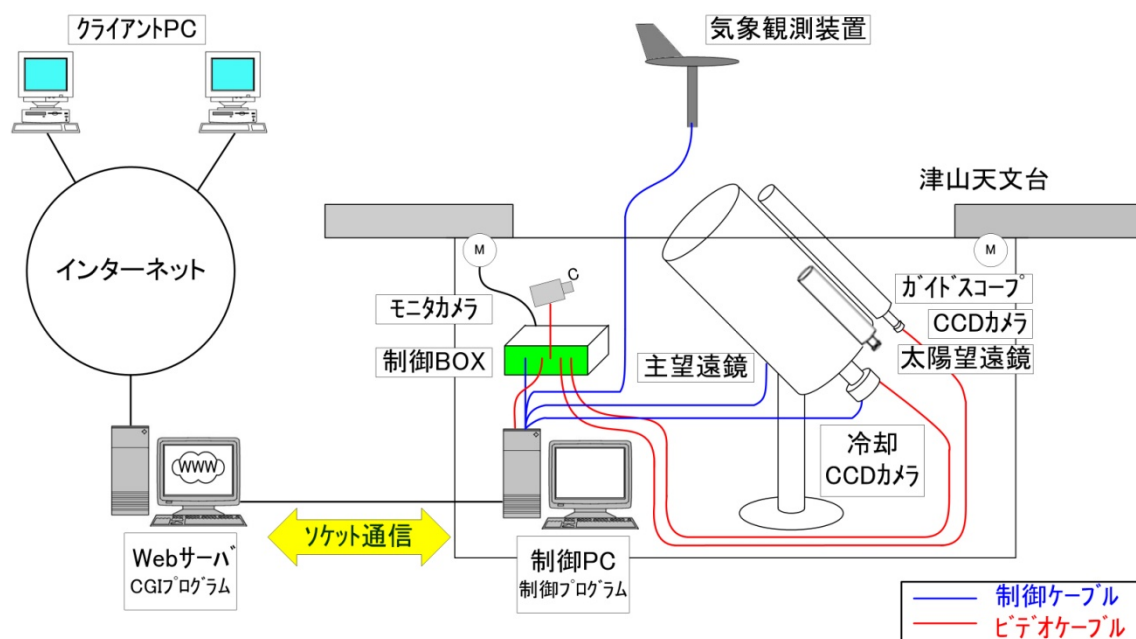


図 6 津山インターネット天文台構成図

して、登録してあるメールアドレスに送信される。

インターネット経由で天文台を遠隔制御する際、雨天や強風の中で、スライドルーフを開けてしまうと天文台を危険に晒すことになる。そのため気象情報を知るウェザーモニターセンサ Davis Vantage Pro2 を設置している。

制御 PC に Web サーバ機能を持たせて外部に公開しても良いのだが、セキュリティを考慮して、Web サーバ (CentOS) を別に立ち上げている。Web サーバと制御 PC の間は TCP/IP のソケット通信により、コマンド、データのやり取りを行っている。従って、インターネット上のクライアント PC がアクセスできるのは Web サーバのみとなっている。

ここで肝心の制御プログラムについては、佐藤グループが天文学会で配布した根幹プログラム (RedHat 用) をベースとし、現在の機器 (Fedora と CentOS) で利用できるよう変更を加えている。

3. 4 天文台操作方法

津山インターネット天文台の操作方法について概略を説明する。ここでは、例として土星観察を紹介する。

(1) 「津山インターネット天文台」へアクセス

ネットワーク上の PC のブラウザから、天文台トップページ (図 7)

URL : <http://gpc180.center.tsuyama-ct.ac.jp/ASOB-i/> へアクセスする。ただし、この URL は校内限定ページなので、今後変更される。また、「いま見えている天体」の全天画像をクリックすると、AstroArts 社の安喰修氏作成 Xplns により、現在の天体の様子を表示する。



図 7 天文台トップページ

(2) ユーザ認証

「お名前」と「パスワード」を入力し、ユーザ認証を行う。認証後は「開けゴマ!」ボタンをクリックすると、望遠鏡、CCD カメラ、照明に電源が入り、ルーフが開く (図 8(a))。

(3) 土星選択

選択カテゴリの「惑星・月」を選択し、「惑星と月の選択画面」を表示する。その中で「土星」を選択し、「Submit Job」ボタンをクリック、さらに赤経・赤緯を確認の後、「Submit Job」ボタンを再度クリックする (図 8(b))。最初、望遠鏡は北のホームポジションを向いているが、土星を自動導入するためその向きを変えていく。この時、その様子をクライアント PC の Real Player でモニタリングできる。

(4) 土星観察

望遠鏡が土星の方向を向くと、まず、ガイドス

コープで撮像された CCD カメラのビデオ映像が Real Player に表示される (図 8 (c)). 土星が Real Player 画面中央に来るように, 操作画面上で望遠鏡の微動を行う. 次に, 「シナリオ」中で「主望遠鏡へ切替」を選択すると, 主望遠鏡の冷却 CCD カメラのビデオ映像が Real Player に表示される. 操作画面上で冷却 CCD カメラのフォーカスと明るさの調整をして, 「ズーム」から「ズーム望遠」を選択すると, 拡大された土星を観察することができる. また, 「静止画」を選択すると, 冷却 CCD カメラにより天体の精緻な RAW 画像を撮像することができる.

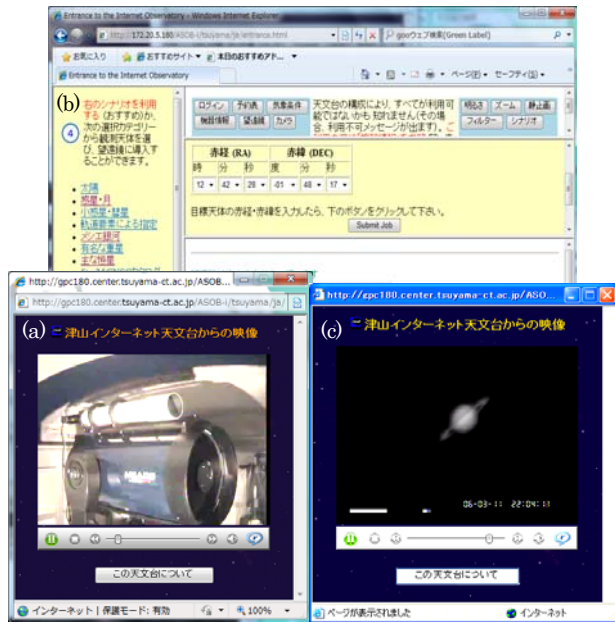


図 8 操作例 ((a)ルーフオープン, (b)土星導入操作, (c)土星ビデオ映像)

(5) 観測終了

観測が終了したら, 操作画面左側の「観測終了」ボタンをクリックする. まず, 望遠鏡がホームポジションへ向きの移動を開始する. 室内照明が点灯し, Real Player 上には室内の様子が表示される. 望遠鏡はスリープモードへ移行し, 冷却 CCD カメラの電源が OFF となり, ルーフが閉じていく. 室内照明が消灯, ビデオ配信が停止, それぞれの機器の電源状態を表示して, 終了となる.

4. 結 言

本稿では応用物理研究室が取り組んでいる公開講座「天体観測会」, 津山インターネット天文台プ

ロジェクトについて紹介した. 天体観測会については, 殆どが肯定的評価であり, 成功しているといえる. 天候に左右される天体観測会について, 予備日設定は現状通りで良いが, 天文講座や裏メニューの蓄積が必要だと考える. また, 参加者が望遠鏡を操作できる「体験型観測会」も目指し, 未来のガリレオ達の育成活動をさらに発展させていきたい. ブラウザからコントロールできる津山インターネット天文台を構築した. 現在の天体導入精度は 20 分角程度である. 面積の小さい CCD カメラのチップ面 (1/3 インチ) に対して天体を導入するためには, 主望遠鏡では 6 分角程度, 副望遠鏡では 38 分角程度に天体を導入する必要がある. 現在, 天体導入精度の調整中であり, 早期の外部公開と教育における活用を図りたい.

なお, 本取組は科学研究費補助金 (20500769) と 2009-2010 年度マツダ財団科学技術振興関係事業助成, 2008 年度本校重点整備事業費を受けて行ったものであり, ここに謝意を表します.

参考文献

- 1) 世界天文年 2009 サイト, <http://www.astronomy2009.jp/>
- 2) 佐々井祐二: 津山高専「天体観測会—君も未来のガリレオだ!—」の紹介, 第 24 回天文教育研究会集録 (2010) 166-169
- 3) 佐々井祐二: 未来のガリレオ育成のための天文教育活動, 平成 23 年度 全国高専教育フォーラム 教育研究活動発表概要集 (2011) 349-350
- 4) 佐々井祐二, 最上勲: 公開講座「天体観測会—君も未来のガリレオだ!—」—教員と学生が取り組む小中学生向け天文啓蒙活動について—, 論文集「高専教育」, 第 34 号 (2011) 601-606
- 5) 佐々井祐二, 辻啓介: 大島インターネット天文台の構築, 論文集「高専教育」第 29 号 (2006) 719-724
- 6) 佐藤毅彦, 前田健悟, 大中敦, 松本康裕, 高橋庸哉, 児島紘, 坪田幸政, 松本直記: 熊本大学インターネット天文台の構築—その新機軸—, 熊本大学教育学部紀要, 自然科学第 51 号 (2002) 1-7
- 7) 佐藤毅彦, 前田健悟, 坪田幸政, 松本直記, 榎原保志, 山崎良雄: 地球の裏側から夜空を教室へ!, 天文月報, 第 96 巻第 11 号 (2003) 565-571
- 8) 佐々井祐二, 最上勲: 津山インターネット天文台実現へ向けて, 日本物理学会講演概要集第 65 巻第 1 号第 2 分冊 (2010) 430

曲線の特異点に付随する局所環の余次元による イデアルの分類についての注意

渡利正弘*

Remarks for a classification of ideals with fixed codimension in the local rings for irreducible curve singularities

Masahiro Watari

We discuss a classification problem of ideals by codimension in case the ring is the local ring for irreducible curve singularity. Our aim is to introduce an effective method for computing order sets for fixed codimension. The order sets admit us to decompose the set of all ideals with given codimension into some families. We determine the normal forms of such families for the A_{2d} singularity.

Key words: local ring, ideal, codimension, irreducible curve singularity

大イデアルを $\mathfrak{m}_{\mathcal{O}}$ で表す. 局所環 $\mathcal{O}$ の元の位数の集合

$$\Gamma := \{\text{ord}(f) \mid f \in \mathcal{O}\}$$

1. 導 入

基礎体 k を標数 0 の代数閉体とする. 既約特異曲線の特異点に付随する局所環 $\mathcal{O}$ を考える. 本稿では, $\mathcal{O}$ は完備であるとし, 余次元による局所環 $\mathcal{O}$ のイデアルの分類問題を考える. このようなイデアルの分類は, r 点のヒルベルトスキームの研究にとってとても重要である. (r 点のヒルベルトスキームについては, 参考文献 1) と 4) を参照.) 特に $\mathcal{O}$ が実際に与えられた時, 与えられた余次元を持つイデアルをどのようにして求めていくかが問題となる. このような計算は, 参考文献 2) や 3) において実行されているがそのやり方については詳しい説明がなされなかった. 本稿ではその方法を紹介する.

まず第 2 節では記号や補題の準備を行なう. またイデアルの位数集合を定義し, 与えられた余次元に対してその余次元を実現するイデアルの位数集合は有限個しかないことを証明する. 第 3 節では位数集合の Γ -加群としての生成元の計算アルゴリズムと余次元が i のイデアル全体の位数集合から余次元が $i+1$ のイデアル全体の位数集合を求めるアルゴリズムを紹介する. 最後に第 4 節で具体例として A_6 型の特異点を考え, 前節までの結果を使って局所環 $\mathcal{O}$ のイデアルの余次元による分類を考える.

2. 準 備

まず最初に記号の準備をする. 局所環 $\mathcal{O}$ の正規化を $\overline{\mathcal{O}}$ と表す. すなわち $\overline{\mathcal{O}} = k[[t]]$ である. 局所環 $\mathcal{O}$ の極

を, 局所環 $\mathcal{O}$ に付随する半群と呼ぶ. 半群 Γ の部分集合 S が Γ -加群であるということを, 次の 2 つの条件を満たすことで定義する.

- (i) $s_1 + s_2 \in S$ for $\forall s_1, s_2 \in S$,
- (ii) $s + \gamma \in S$ for $\forall s \in S, \forall \gamma \in \Gamma$.

Γ -加群 S が, Γ -加群として集合 $A = \{\alpha_1, \dots, \alpha_m\}$ によって生成されるとき (i.e. $S = \{\gamma + \sum_{i=1}^m \alpha_i \mid \gamma \in \Gamma\}$), $S = \langle A \rangle = \langle \alpha_1, \dots, \alpha_m \rangle$ と表す. Γ の導体を, $c := \min \{n \mid \bar{I}(n) \subset \mathcal{O}\}$ により定義する. I を 0 でない $\mathcal{O}$ のイデアルとする. この時, $\tau(I) := \dim_k \mathcal{O}/I$ を, I の余次元という. 余次元が r である $\mathcal{O}$ のイデアルの集合を

$$\mathcal{I}_r := \{I \mid I \text{ は } \tau(I) = r \text{ を満たす } \mathcal{O} \text{ のイデアル}\}$$

とおく. また $\Gamma(I) := \{\text{ord}(f) \mid f \in I\}$ をイデアル I の位数集合と呼び, $G(I) := \Gamma \setminus \Gamma(I)$ とおく. 位数集合 $\Gamma(I)$ は, Γ -加群の構造を持つことに注意する.

補題 1. イデアル I の余次元が r であることと, $\sharp G(I) = r$ であることは同値である.

Proof. イデアル I の余次元が r であることは, 次の条件が成り立つことと同値.

$$(1) \quad \mathcal{O}/I = \left\{ \sum_{i=0}^{r-1} a_i t^{d_i} \mid a_i \in k, d_0 = 0, d_i < d_{i+1} \right\}$$

条件 (1) は, $\sharp G(I) = r$ を意味する. $\square$

原稿受付 平成 23 年 8 月 31 日

*専門学科共通科目

補題 2. $\mathcal{I}_r$ の元の位数集合と成り得る Γ -加群は有限個である.

Proof. 任意の $\mathcal{I}_r$ の元 I に対して, $G(I) = \{0, d_1, \dots, d_{r-1}\}$ は条件 (1) を満たす. 明らかにこのような数 $d_1, \dots, d_{r-1}$ は有限個であるから, $\Gamma(I) = \Gamma \setminus G(I)$ も有限個である. $\square$

Γ -加群 S を位数集合として持つようなイデアル全体を $\mathcal{I}(S)$ で表す. この時, $\mathcal{I}(S)$ に属する任意のイデアルは全て同じ余次元を持つ事に注意する. $\mathcal{I}_r$ の元の位数集合と成り得る Γ -加群を $S_1, \dots, S_l$ とすると, $\mathcal{I}_r$ は次の様に分解される.

$$(2) \quad \mathcal{I}_r = \bigcup_{i=1}^l \mathcal{I}(S_i).$$

ここで $i \neq j$ ならば, $\mathcal{I}(S_i) \cap \mathcal{I}(S_j) = \emptyset$. 分解 (2) に対して, $\mathcal{I}_r$ の位数集合全体を

$$(3) \quad \mathfrak{S}_r := \{S_1, \dots, S_l\}$$

と表す. また各 S_i の生成集合を A_i としたとき, その全体を $\mathfrak{A}_r := \{A_1, \dots, A_l\}$ と表す.

I を, $I \neq (1)$ かつ $I \neq (0)$ を満たす $\mathcal{O}$ のイデアルとする. $G_1(I) := G(I) \setminus \{0\}$ とおく. $b_1 := \min\{G_1(I)\}$ に対して, 集合 $B_1(I) := G_1(I) \cap (b_1 + \Gamma)$ を考える. もし $G_1(I) \neq B_1(I)$ であれば, $b_2 := \min\{G_1(I) \setminus B_1(I)\}$, $B_2 := \{G_1(I) \setminus (b_1 + \Gamma)\} \cap (b_2 + \Gamma)$ とおく. 以下, この過程を帰納的に繰り返す. すなわち $G_1(I) \neq \bigcup_{i=1}^{j-1} B_i(I)$ であれば, $b_j := \min\{G_1(I) \setminus \bigcup_{i=1}^{j-1} B_i(I)\}$ かつ $B_j(I) := \{G_1(I) \setminus \bigcup_{i=1}^{j-1} B_i(I)\} \cap (b_j + \Gamma)$ とおく. $\sharp G_1(I) < \infty$ であるから, ある正整数 n が存在して, $G_1(I) = \bigcup_{i=1}^n B_i(I)$ となる. このとき各 i に対して, $d_i := \max\{B_i(I)\}$ とする.

3. 位数集合の計算法

Γ -加群の生成元の計算法 (以下, 計算法として参照)
与えられた Γ -加群 S の (Γ -加群としての) 生成元を求める. まず $\alpha_1 := \min\{S\}$ に対して, 集合 $\alpha_1 + \Gamma = \{\alpha_1 + \gamma \mid \gamma \in \Gamma\}$ を考える. もし $S \neq \alpha_1 + \Gamma$ であれば, $\alpha_2 := \min\{S \setminus (\alpha_1 + \Gamma)\}$ とおき, 集合 $\bigcup_{i=1}^2 (\alpha_i + \Gamma)$ を考える. もし $S \neq \bigcup_{i=1}^2 (\alpha_i + \Gamma)$ であれば, $\alpha_3 := \min\{S \setminus \bigcup_{i=1}^2 (\alpha_i + \Gamma)\}$ を考える. この操作を帰納的に繰り返していく. つまり $S \neq \bigcup_{i=1}^{j-1} (\alpha_i + \Gamma)$ であれば, $\alpha_j := \min\{S \setminus \bigcup_{i=1}^{j-1} (\alpha_i + \Gamma)\}$ とおき, 集合 $\bigcup_{i=1}^j (\alpha_i + \Gamma)$ を考える. この結果, 次のような降下列を得る.

$$S \supsetneq S \setminus (\alpha_1 + \Gamma) \supsetneq \dots \supsetneq S \setminus \bigcup_{i=1}^j (\alpha_i + \Gamma) \supsetneq \dots$$

今, 無限集合 $\{a \in \mathbb{N} \mid a \geq \alpha_1 + c\}$ が S と $\alpha_1 + \Gamma$ の両方に含まれることから, $\sharp\{S \setminus (\alpha_1 + \Gamma)\} < \infty$ であるこ

とが従う. よって $S = \bigcup_{i=1}^m (\alpha_i + \Gamma)$ を満たす正整数 m が存在する. この操作で得られた $A = \{\alpha_1, \dots, \alpha_m\}$ が, $S = \langle A \rangle$ となる最小の生成集合であることは明らかである.

ここで次の補題を証明する.

補題 3. 位数集合 $\Gamma(I) = \langle \alpha_1, \dots, \alpha_m \rangle$ を持つ $\mathcal{I}_{r-1}$ の元 I に対して, $G(I') = G(I) \cup \{\alpha_i\}$ (i は任意) となるイデアル I' が $\mathcal{I}_r$ の元として存在する. 逆に $G_1(J) = \bigcup_{i=1}^n B_i(J)$ を満たす, $\mathcal{I}_r$ の元 J を考える. 各 i に対して, $G(J') = G(J) \setminus \{d_i\}$ を満たすような J' が $\mathcal{I}_{r-1}$ の中に存在する.

Proof. I を $\Gamma(I) = \langle \alpha_1, \dots, \alpha_m \rangle$ をもつ $\mathcal{I}_{r-1}$ の元とする. 任意の i に対して

$$S = [\Gamma(I) \setminus \{\alpha_i\}] \cup \{\alpha_i + \gamma \mid \gamma \in \Gamma \setminus \{0\}\}$$

は, Γ -加群の構造をもつ. ここで

$$f_\gamma = t^\gamma \quad (\gamma \in S)$$

全体で生成されるイデアルを I' とすると, 明らかに $\Gamma(I') = S$ である. つまり $G(I') = G(I) \setminus \{\alpha_i\}$. $I \in \mathcal{I}_{r-1}$ であることから, 補題 1 により $\sharp G(I) = r - 1$ である. よって $\sharp G(I') = r$. 再び補題 1 より, $I' \in \mathcal{I}_r$ を得る.

次に J を $\mathcal{I}_r$ の元で, $G(J) = \bigcup_{i=1}^n B_i(J)$ を満たすものとする. ここで各 i に対して $\Gamma(J) \cup \{d_i\}$ は, Γ -加群となることに注意する. この時,

$$f_\gamma = t^\gamma \quad (\gamma \in \Gamma(J) \cup \{d_i\})$$

で生成されるイデアル J' を考えれば, $\Gamma(J') = \Gamma(J) \cup \{d_i\}$ かつ $G(J') = r - 1$ を満たしている. 補題 1 により $J' \in \mathcal{I}_{r-1}$ となる. $\square$

補題 3 を用いて, $\mathcal{I}_{r-1}$ の位数集合全体 $\mathfrak{S}_{r-1}$ から $\mathcal{I}_r$ の位数集合全体 $\mathfrak{S}_r$ を求める方法を考える.

$\mathfrak{S}_{r-1}$ からの $\mathfrak{S}_r$ 構成法 (以下, 構成法として参照)

$\mathfrak{S}_{r-1} = \{S_1, \dots, S_l\}$ が与えられたとき, 各元 S_i の生成集合を計算法により求めておく. それを $A_i = \{\alpha_{i,1}, \dots, \alpha_{i,m(i)}\}$ ($i = 1, \dots, l$) と表す. 補題 3 の証明にあるように, 各 $i \in \{1, \dots, l\}$, $j \in \{1, \dots, m(i)\}$ に対して,

$$(4) \quad S := [S_i \setminus \{\alpha_{i,j}\}] \cup \{\alpha_{i,j} + \gamma \mid \gamma \in \Gamma \setminus \{0\}\}$$

を考えれば, これは $\mathfrak{S}_r$ の元である. 再び補題 3 の証明より, $\mathcal{I}_r$ の元 I の位数集合 $\Gamma(I)$ に対して, $\Gamma(I) \cup \{d_i\}$ は $\mathcal{I}_{r-1}$ に対する位数集合であったから $\mathfrak{S}_r$ は, (4) の形の元でつくされる.

計算法と構成法を組合わせることにより、余次元 r に対する位数集合全体 $\mathfrak{S}_r$ を次の定理により求めることができる。

定理 4 ($\mathfrak{S}_r$ の計算法). 集合 $\mathfrak{S}_r$ は次の操作 1 と操作 i から、帰納的に得られる。

操作 1 $\mathfrak{S}_1 = \{\Gamma(\mathbf{m}_O)\}$ とおき、計算法により $\Gamma(\mathbf{m}_O)$ の生成集合を求める。

操作 i ($i = 2, \dots, r$): $\mathfrak{S}_{i-1}$ から、構成法を用いて $\mathfrak{S}_i$ を求める。次に $\mathfrak{A}_i$ を計算法により求める。

Proof. 明らかに $\mathcal{I}_1 = \{\mathbf{m}_O\}$ である。よって $\mathfrak{S}_1 = \{\Gamma(\mathbf{m}_O)\}$ 。その他の部分は、計算法と構成法から従う。 $\square$

定理 4 により求められた $\mathfrak{S}_r$ に対して、 $\mathfrak{S}_r$ の各元を位数集合に持つようなイデアルを決定する必要があるが一般にこれは簡単でない。だが A_{2d} 型の特異点に付随する局所環 $k[[t^2, t^{2d+1}]]$ のイデアルに関して、次の補題が成り立つ。

補題 5. 局所環 $k[[t^2, t^{2d+1}]]$ のイデアル I に対して、 $\Gamma(I) = \langle \alpha_1, \alpha_2 \rangle$ ($\alpha_1 < \alpha_2$) であれば、 I は

$$(5) \quad f_1 = t^{\alpha_1} + \sum_{j \in G(I), j > \alpha_1} a_j t^j, \quad f_2 = t^{\alpha_2}.$$

により生成される。他方、もし $\Gamma(I) = \langle \alpha_1 \rangle$ であれば、 I は上記の f_1 のみで生成される。

4. 例

前章までの結果を使い、 A_6 型の特異点に付随する局所環 $k[[t^2, t^7]]$ のイデアルを、 $1 \leq \tau \leq 6$ の余次元に関して分類する。この節では Γ -加群の集合 (3) を

$$\mathfrak{S}_r = \{S_{r,1}, \dots, S_{r,l}\}$$

と表し、この表記に対して $\mathcal{I}_r$ の分解 (2) の要素を

$$\mathcal{I}_{r,i} = I(S_{r,i}) \quad (i = 1, \dots, l)$$

とおくことにする。今、 $\Gamma = \{0, 2, 4, 6, 7, 8, \dots\}$ である。

定理 4 を用いることにより、次の表を得る。

τ	order sets
1	$S_{1,1} = \langle 2, 7 \rangle$
2	$S_{2,1} = \langle 4, 7 \rangle, S_{2,2} = \langle 2 \rangle$
3	$S_{3,1} = \langle 6, 7 \rangle, S_{3,2} = \langle 4, 9 \rangle$
4	$S_{4,1} = \langle 7, 8 \rangle, S_{4,2} = \langle 6, 9 \rangle, S_{4,3} = \langle 4 \rangle$
5	$S_{5,1} = \langle 8, 9 \rangle, S_{5,2} = \langle 7, 10 \rangle, S_{5,3} = \langle 6, 11 \rangle$
6	$S_{6,1} = \langle 9, 10 \rangle, S_{6,2} = \langle 8, 11 \rangle, S_{6,3} = \langle 7, 12 \rangle$ $S_{6,4} = \langle 6 \rangle$

上記の表の位数集合に対して、補題 5 を用いることにより次の分類結果を得る。

τ	ideals
1	$\mathcal{I}_{1,1} = (t^2, t^7)$
2	$\mathcal{I}_{2,1} = (t^4, t^7), \mathcal{I}_{2,2} = (t^2 + at^7)$
3	$\mathcal{I}_{3,1} = (t^6, t^7), \mathcal{I}_{3,2} = (t^4 + at^7, t^9)$
4	$\mathcal{I}_{4,1} = (t^7, t^8), \mathcal{I}_{4,2} = (t^6 + at^7, t^9)$ $\mathcal{I}_{4,3} = (t^4 + at^7 + bt^9)$
5	$\mathcal{I}_{5,1} = (t^8, t^9), \mathcal{I}_{5,2} = (t^7 + at^8, t^{10})$ $\mathcal{I}_{5,3} = (t^6 + at^7 + bt^9, t^{11})$
6	$\mathcal{I}_{6,1} = (t^9, t^{10}), \mathcal{I}_{6,2} = (t^8 + at^9, t^{11}),$ $\mathcal{I}_{6,3} = (t^7 + at^8 + bt^{10}, t^{12})$ $\mathcal{I}_{6,4} = (t^6 + at^7 + bt^9 + ct^{11})$

参考文献

- 1) G. Pfister, J.H.M. Steenbrink: Reduced Hilbert schemes for irreducible curve singularities, J. Pure and Applied Algebra. (1992) **77** 103-116
- 2) 相馬芳紀: 平面曲線の単純特異点に対する r 点のヒルベルトスキーム, 埼玉大学理工学研究科数理電子情報専攻 修士論文 (2010)
- 3) 相馬芳紀, 渡利正弘: Punctual Hilbert schemes for irreducible curve singularities of E_6 and E_8 types, arXiv:math.AG/1109.4991
- 4) 渡利正弘: 単項曲線の特異点に対する r 点のヒルベルトスキームについて, 津山高専紀要 (2010) 63-65

研 究 調 査 報 告

熱電発電によるディーゼル機関の排熱回収

福田 昌 准*

Diesel Exhaust Heat Recovery by Thermoelectric Power Generation

Masanori FUKUDA

Diesel engines have higher thermal efficiency compared to other heat engines, so that they have been widely used for power sources such as automobiles and ships. Their thermal efficiencies are around 30-40 %, which indicates that the rest of the fuel energy supplied to the engine is consumed as heat losses to the exhaust gas and others. Therefore, in addition to the improvement of thermal efficiency, the recovery of the energy wasted as these losses is also important from the standpoint of effective energy utilization. In this study, thermoelectric power generation tests were attempted at different engine conditions in order to clarify the availability of thermal energy included in the diesel engine exhaust gas. As a result, it was experimentally demonstrated that thermoelectric power generation is a practical method to convert the engine exhaust heat into electric energy. And a couple of concerns to resolve before practical applications are also mentioned.

Key Words : Heat Recovery, Thermoelectric Power Generation, Diesel Engine, Thermal Efficiency

度変化への対応も必要であることを示唆した。

1. はじめに

ディーゼル機関は他の熱機関に比べて熱効率がよく、地球温暖化防止の点においても優れた資質を有しているため、自動車や船舶などの動力源として広く用いられている。しかし、熱効率は30～40%程度であり、残りの燃料エネルギーは損失として排気や冷却水に捨てられている。このため燃焼改善による熱効率の向上とともに、これらエンジン廃熱の活用はエネルギー有効利用の見地からも重要である。

このうち排ガスから放出される排熱の回収方法としては、スターリングエンジン⁽¹⁾、熱交換器、排気タービンなどの利用や熱電素子による熱電発電などが提案されている⁽²⁾。熱電発電は、熱エネルギーを電気エネルギーに直接変換でき可動部を持たないことから、自動車用への適用を考慮して燃費への効果⁽³⁾や省エネルギーと経済性⁽⁴⁾の検討なども行われているが、実用化には課題も多い。

本研究では、ディーゼル機関の排気管に熱電素子を取り付けてエンジン排気熱による熱電発電の有効性を確認するとともに発電特性および問題点などを調査した。その結果、熱電発電はディーゼル機関の排熱回収として有望な方法であるが、負荷などの変動に伴う温

2. 熱電発電と実験機関

2.1 熱電発電

熱電素子⁽⁵⁾⁽⁶⁾は、熱と電気を関係付ける素子の総称であり、その原理はペルチェ効果やゼーベック効果に基づいている。ペルチェ効果は2種類の異種金属に電流を流すと一端に発熱、多端に吸熱を起こす現象を言い、ワインクーラーや小型冷蔵庫などに実用化されている。一方、ゼーベック効果は2種類の異種金属または半導体の両端を接続し、その両端に温度差を設けると起電力が発生する現象である。ゼーベック素子を用いて熱エネルギーを電気エネルギーに変換する発電方法を熱電発電と言い、工場などの廃熱や最近では自動車の排熱回収への適用も進められている⁽⁷⁾。このため高温で使用可能な熱電素子が開発されている⁽⁸⁾⁽⁹⁾。

本研究で用いた熱電素子ユニット（高木製作所、SU-05B）の仕様を表1に示す。発電素子はBi-Te系で加熱部と冷却部の温度差が200℃のもとで最高出力5Wを発生する。外形寸法は60×60×21mmで加熱面およ

Table 1 Specifications of thermoelectric element

型式	高木製作所 SU-05B
発電能力	5 W (温度差 200 °C)
外形寸法	60 × 60 × 21 mm

原稿受付 平成23年8月30日

*機械工学科

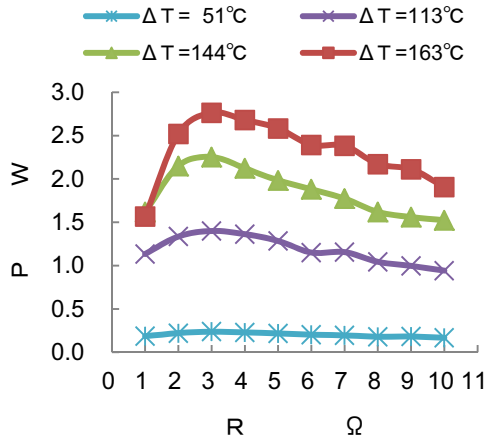


Fig.1 Characteristics of thermoelectric power generation

び冷却面は銅製であり、冷却部には冷却水の流路が設けてある。このユニットをディーゼル機関の排気管に取り付け、排ガスを高熱源とする熱電発電を試みた。

ディーゼル機関の排気管に取り付ける前に、専用の加熱ユニット（高木製作所、HU-200C）を用いて調査した熱電素子の熱電発電特性を図1に示す。高温部の温度は、加熱ユニットに加える電圧を調整して変化させ、K型熱電対（シース外径3.2mm）とデジタル温度計（YOKOGAWA, 2572）を用いて読み取った。熱電素子の出力電力は、素子へ負荷する抵抗値を変化させ回路の電流と電圧から求めた。このとき低温側は流量3L/min一定の水道水で冷却しており、図は高温部と低温部の温度差 ΔT で整理してある。回路の抵抗 R が大きくなると素子を流れる電流が低下し電圧は増加する。その結果、電力 P は実験の範囲ではいずれの温度差でも負荷抵抗 $R=3\Omega$ で最大となっている。また温度差が大きいほど出力は高くなり、温度差 $\Delta T=163^\circ\text{C}$ で最高2.8Wの電力を発生している。このときの電流、電圧は、約1A、2.8Vである。

2.2 実験機関

実験には水冷単気筒の四サイクル間接噴射式ディーゼル機関IDI（三菱NM5H）を用いた。その主要諸元は表2に示すとおりである。図2は実験機関の正味熱効率 η を正味平均有効圧力 p_e に対して整理した結果である。直接噴射式機関DI（クボタE1250-NB、 $\phi 92 \times 90$ 、行程体積0.598L）の結果も併せて示してある。IDI機関の熱効率はDI機関に比べると低い、全負荷に相当する $p_e=0.57\text{MPa}$ では約29%に達している。残りの燃料エネルギーは、排気損失、冷却損失、摩擦損失などに消費されている。本研究で回収を目指している排気損失は、負荷の上昇によって排気温度が増加するため増大し、全負荷では燃料エネルギーの約25%に達する⁽¹⁰⁾。これは正味熱効率に相当するエネルギー損失である。

Table 2 Engine specifications

エンジン型式	三菱 NM5H
燃焼室形式	予燃焼室式
内径×行程	$\phi 68 \times 80\text{ mm}$
行程体積	0.290 L
圧縮比	23.0
連続定格出力/回転数	3.0 kW / 2200 rpm

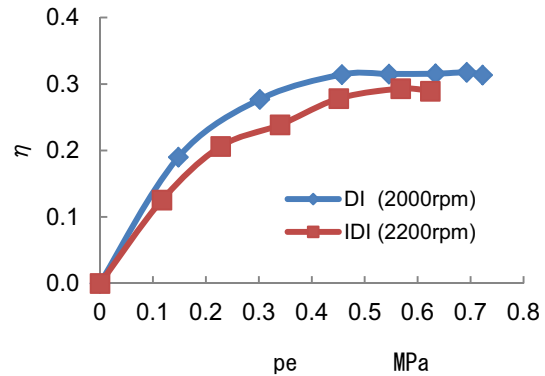


Fig.2 Thermal efficiency of diesel engines

表1に示す熱電素子ユニットを排気管に取り付けるため、排気管の一部を内径28mmの鋼管から、60mm×60mmの平面を持つ長方形断面に変更した。そして熱電素子取り付け面は、空気層の発生に伴う熱伝導の低下を抑えるため研磨を施した。排気管表面温度 T_s を排気出口から約350mmの位置となる排気管と熱電素子の密着面の中央にシース外径1mmのK型熱電対を取り付けて測定した。また排気温度 T_e は、排気出口から T_s と同じ距離の排気管中央で測定した。実験は表2に示す機関を回転数 $n=2200\text{rpm}$ 一定で運転し、エンジン負荷や冷却水温度の熱電発電特性への影響について調査した。

3. 実験結果および考察

3.1 エンジン負荷の影響

熱電素子に加わる負荷抵抗 R に対する電力 P の変化を5段階のエンジン負荷で比較した結果が図3である。正味平均有効圧力 $p_e=0.57\text{MPa}$ が、機関の連続定格出力に相当する負荷である。電力は負荷の上昇に伴って増大し、いずれの負荷でも $R=3\Omega$ で最大となっている。最高出力は $p_e=0.62\text{MPa}$ で得られ、その値は2.6Wである。

このときの排気温度 T_e と排気管表面温度 T_s の変化を正味平均有効圧力 p_e に対して図4に示す。HR付が熱電素子を用いて排熱回収を行った場合の結果を表す。排熱回収を行わない場合には、排気管に熱電素子ユニットと同寸法の鋼板を取り付けて温度測定を行った。

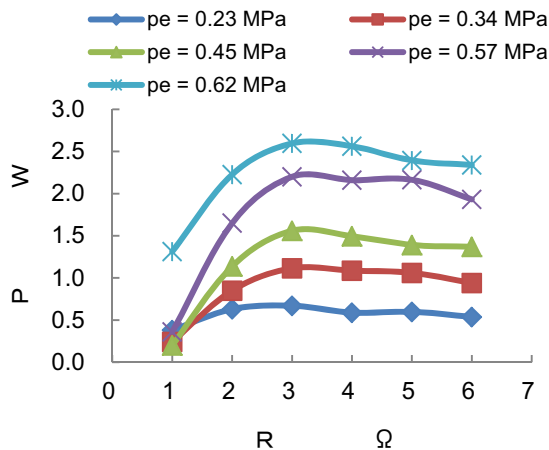


Fig.3 Effect of engine load on thermoelectric power

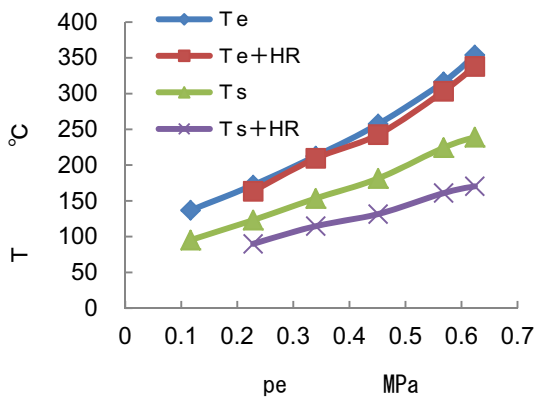


Fig.4 Exhaust gas and exhaust pipe surface temperature

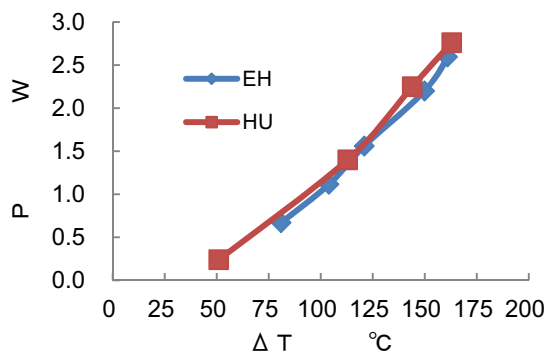


Fig.5 Relationship between temperature difference and thermoelectric power

エンジン負荷が増加すると排気温度が上昇し、これに伴って表面温度も増大するために図3のように高負荷ほど出力電力は高くなる。排熱回収 HR の場合には、熱電素子の低温側を流量 3 L/min 一定の水道水（温度 9 °C）で冷却しており、これにより表面温度が排熱回収を行わない場合に比べて高負荷では 50 °C 以上も低下している。また排気温度と表面温度には高負荷では大きな温度差が認められ、排熱の有効利用の観点からは

排気管の形状や断熱等に工夫が必要となる。これが熱電素子の出力増大に繋がるが、熱電素子には耐熱温度があるため限界も生じる。なお本実験では排気管表面の断熱は行っていない。

図3における各負荷での最高出力を熱電素子の高温部と低温部の温度差 ΔT に対して整理した結果を図5に示す。高熱源にエンジン排熱 EH を用いた場合の結果に加えて図1の加熱ユニット HU を用いた結果も併記してある。2つの結果は同じ特性を示し、熱電素子から得られる電力は熱源の種類に関わらず温度差のみに依存することが確認できる。そしてエンジン負荷によって排気温度が変化するため、出力電力は変動する。例えば、エンジン負荷が $pe=0.62\text{MPa}$ から 0.23MPa に低下すると、温度差は 1/2 になり電力は 1/4 に低下する。このように温度差の低下は大きな出力低下となり、実用化の際にはエンジン負荷や回転数の変化に対する出力電力の変動や応答も問題となる。

また、この結果から温度差を 200 °C にまで増大させると約 4 W の電力が得られると推定できる。これは表1に示す熱電素子の最大電力の約 80% であり、熱電素子ユニットと排気管との接触面における熱損失が出力低下の原因と推察される。また熱電発電の出力は、高熱源と低熱源の温度差のみに依存することから、熱電発電はディーゼル機関に限らずガソリン機関やその他の廃熱の回収に有効な手法であることも示唆される。

3.2 冷却水温度の影響

以上の結果は、熱電素子の低温側は水道水を用いて冷却しているが、ディーゼル機関を用いた閉じたシステムにするには、冷却をエンジンに求めなければならない。そこで、エンジン冷却水を低温側に用いて実験を行った。図6は、 $pe=0.57\text{MPa}$ のもとでエンジン冷却水温度 T_w を通常の 80 °C から 50 °C まで低下させて熱電素子の出力電力 P を測定した結果である。 $T_w=10\text{°C}$ は、図3に示す冷却に水道水を用いた場合の結果である。エンジンの冷却水温度はウオータージャケットで測定し、

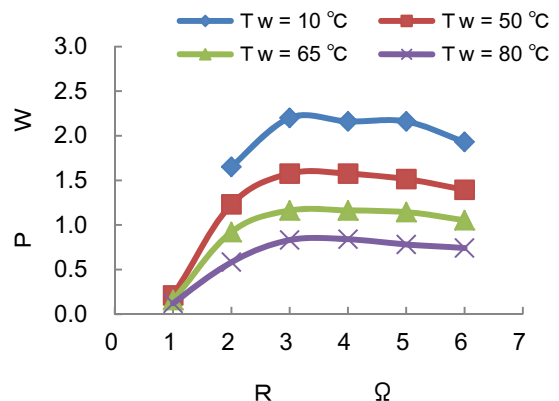


Fig.6 Effect of cooling temperature on output power

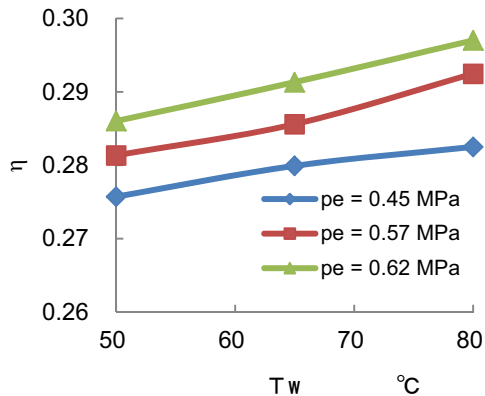


Fig.7 Effect of cooling water temperature on thermal efficiency

冷却水の循環流量を変えて調整した。熱電素子の低温側での温度低下により、高温側である排気管表面温度もごくわずかに温度低下が認められるが、実験の範囲では 10°C 以下である。冷却水温度が低下すると高熱源との温度差が大きくなるため出力は増大している。しかし出力電力は、冷却に水道水を用いた場合に比べて低い。

ところで、エンジン冷却水温度が低下すると燃焼室からの冷却損失が増大して、熱効率が低下する。その影響をエンジン冷却水温度 T_w に対して3種類の負荷で比較した結果が図7である。冷却水温度が 80°C から 50°C に低下すると、熱効率 η は $0.7\sim 1.1\%$ 減少している。このときの熱電発電の出力増加は、 $0.45\sim 0.82\text{W}$ である。熱効率 1% は、 $n=2200\text{rpm}$, $p_e=0.57\text{MPa}$ の運転条件の下では 102W の燃料エネルギーに相当し、これに比べると冷却温度低下に伴う熱電発電の出力増大は、はるかに小さい。

実際機関の冷却水温度は 80°C 以上に達しており、エンジン冷却水を低温部に用いるには熱交換器等で冷却する必要がある。冷却水温度を $40\sim 50^{\circ}\text{C}$ まで低減できたとしても、ディーゼル排熱を高熱源とする閉じたシステムとした場合の出力電力は図3の結果よりも低下する。その割合は、冷却水温度 40°C として図5を用いて推測すると全負荷では 35% に達する。出力増大には、温度差の確保が重要であることが再認識できる。

ところで、本研究の結果から判断すると、エンジン

を全負荷で運転するとして、熱効率を 5% 改善するには約230個の熱電素子が必要となる。つまり、十分な電力を得るには、温度差を確保するために効率の良い加熱および冷却システムを構築するとともに複数の熱電素子を積層する必要がある。

4. おわりに

ディーゼル機関の排気管に熱電素子を取り付けて、排熱を電力とし回収することを試みた。その結果、ディーゼル機関の排熱で熱電発電が可能であることを実証できた。十分な電力の確保には複数の熱電素子の積層が必要であり、エンジン負荷や回転数などの熱負荷の変化に伴う熱電発電電力の変動への対応も重要となる。また発電力は高熱源と低熱源の温度差のみに依存することから、熱電発電はディーゼル機関に限らず温度差がある廃熱の回収に有効な方法であることも確認できた。

最後に、卒業研究として実験に意欲的に取り組んだ平成22年度本校機械工学科卒業生、池晃平氏および磯山浩史氏に深く感謝する。

参考文献

- (1) 矢口寛ほか、排気熱回収スターリングエンジンの研究、自動車技術会学術講演会前刷集、45-10 (2010.5)、5-10。
- (2) 排熱利用のテクノロジー、モーターファン・イラストレーテッド、28 (2009.2)、32-59。
- (3) 森正芳ほか、熱電素子を利用した自動車の排熱回生技術の燃費効果シミュレーション、自動車技術会学術講演会前刷集、45-10 (2010.5)、11-14。
- (4) 工藤博之・縫部綴、高速バス用熱電変換システムの開発、電気学会全国大会講演論文集、4-187 (2004.3)、300-301。
- (5) 熱電素子の基礎知識、
<http://motorshow777.jp/tokyo/netsudensoshi/>
- (6) 熱電素子、日本冷凍空調学会 web サイト、
<http://www.jsrae.or.jp/annai/yougo/72.html>
- (7) 向島美香ほか、熱電発電による自動車の排熱回収、自動車技術、64-4 (2010.4)、79-84。
- (8) (株) KELK web サイト、<http://www.kelk.co.jp/news/090128.html>
- (9) 昭和電工 (株) web サイト、
http://www.sdk.co.jp/news/2010/aanw_10_1207.html
- (10) 草薙友陽・久松建也・福田昌准、ディーゼル排気を用いる熱交換器の性能、計測制御学会中国支部津山地区計測制御研究会講演論文集 (2010.2)、35-36。

電気電子創造演習へのLEDマトリックス表示制御の導入

前原 健二*

Introduction of LED matrix display control to Electrical and Electronic Creativity Exercises class

Kenji MAEHARA

This paper reports introduction of display of flip-flip animations on 8x8 LED matrix display used PIC micro-controller to Electrical and Electronic Creativity Exercises class.

Students have no knowledge about PIC micro-controllers, and so teacher gives them the circuit drawing and a prototype program. Students had made the circuit on a through-hole circuit board and displayed a prototype flip-flip animation at the present time. From now on, students are going to design original flip-flip animation, furthermore design original display program.

Students are hoped for the acquirement of the skill using PIC micro-controller and a pleasure in this subject.

Key Words : LED matrix display, PIC, display control, flip-flip animation, creativity exercises

1. はじめに

津山工業高等専門学校電気電子工学科では3年生に対し電気電子創造演習を実施している。この授業は問題を発見し解決する能力を学生に涵養することを目的とし、電気電子工学実験の発展的な課題を学生自らが設定して計画立案や資料収集し、回路試作や実験に取り組み、成果を報告書にまとめてPowerPiontによる発表をする1単位の授業である。この授業は学生を3班に分けて、3人の教員がそれぞれの班ごとに大まかな課題を示し、学生はその目的に沿って自ら創意工夫を凝らして創造を進めていく。

授業担当者に加わった筆者は、専門分野のマイコン制御を学生に馴染みやすい課題として導入するために、PICによる8x8 LEDマトリックス表示制御を採用することとした。8x8 LEDマトリックス表示制御については各所で色々な作品が発表されているが、表示制御が単純で内容を自由に变化せられるものとして、明和電機の「ビットマン」という玩具のようにぱらぱらアニメさせるものが分かりやすい。

本報告では、電気電子創造演習の授業へ導入した8x8 LEDマトリックスにぱらぱらアニメを表示する課題の内容と授業展開例を示す。

2. 課題に対する背景と制約

本学科の2年生までに教えているデジタル関係の内容は、2年生の制御基礎での24単位時間と電気電子工学実験Ⅱでの2テーマで行っている無接点シーケンスのみであり、3年生開始時点では基本論理回路とフリップフロップおよびそれらを用いた優先回路や時間制御回路が分かる程度である。

マイコンに関する知識が皆無である学生に対しマイコン制御を課題とするには困難が予想される。このため、本課題では8x8 LEDマトリックス表示制御回路の図面およびプロトタイププログラムを学生に与えている。PICや使用部品のICなどについて大まかな説明をした後、それらについて学生にインターネットや書物で調査をさせ報告させることで各部品の役割と働きについて理解を深めさせる。プログラムについては具体的な個々の命令ではなく構成内容を解説して、どうやって表示を自由に変えるかを理解することだけを求める。

本課題の目的とするところは、学生自身によりLEDマトリックス表示制御を製作することを通してマイコン制御の手法と面白さを体験してもらうことを主眼として、その過程で生じる問題を自ら発見し突きとめ創意工夫を凝らして解決することを期待している。勿論、授業の目的には、成果を報告書にまとめてPowerPiontによる発表まで修得させることも含まれる。

3. 8x8 LEDマトリックス表示制御回路

PIC による 8x8 LED マトリックス表示制御の回路構成を図 1 に示す。

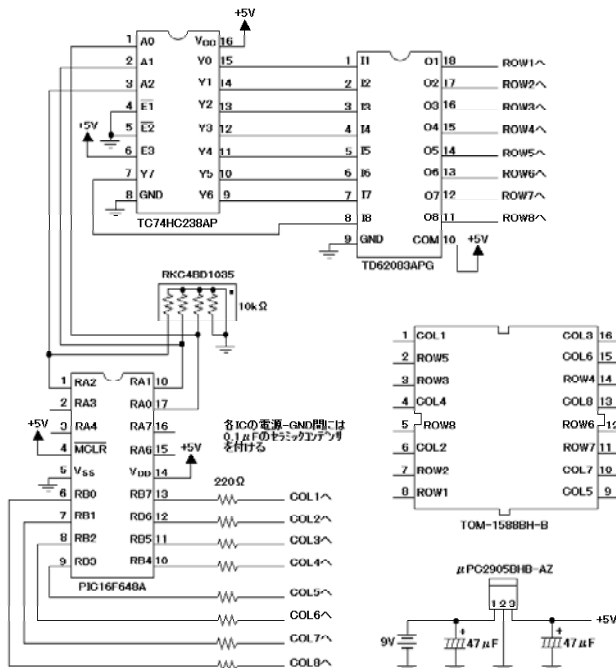


図1 8x8 LED マトリックス表示制御回路

PIC16F648A¹⁾ が PIC マイコン、TC74HC238AP がラインデコーダ、TOM-1588BH-B が 8x8 LED マトリックス、TD62083APG がシンクドライバである。

PIC を選択する上で最重要視したのは、PIC16F84 に準拠していることである。これは学生に PIC マイコンについて理解させるため、PIC16F84A について書かれた教科書²⁾ を勉強させているためである。また、表示データを十分確保するためにメモリ容量が大きいこと、部品点数を減らすためクロック回路を内蔵しているものを選んだ。

LED マトリックス表示制御は、行表示を順番に進めていくラインスキャン方式であり、PIC の A ポートで行指定を行い B ポートからラインデータを出力している。この方式では同時に 8 個までの LED が点灯して 100mA 以上の電流が流れ、ラインデコーダの端子許容電流 (20mA) を超えるため、シンクドライバを使用している。

4. 表示制御プログラムの構成

8x8 LED マトリックス表示制御プログラムの流れを示すフローチャートを図 2 に示す。

ユーザレジスタ設定部は、アセンブラ疑似命令により作業レジスタと表示データを入れる vram 領域

を定義する部分である。表示データは 8 ビットの 8 行のデータで構成されるフレーム内パターンの集まりである。表示データは、表示パターンの書き込み部で間接アドレッシングによる方法で 1 行ずつ vram 領域に書き込んで行く。

8x8 LED マトリックス表示制御は表示フレームの制御部とタイマ割り込み処理ルーチンで行っており、前者で表示フレームの移動を後者でフレーム内パターンの表示の繰り返しを行っている。

この方法により、表示内容の制御は表示パターンの書き込み部および vram 領域の範囲指定だけに依存し、学生はプログラム全体の内容や細かい命令を知らなくてもぱらぱらアニメを自由に変更できる。

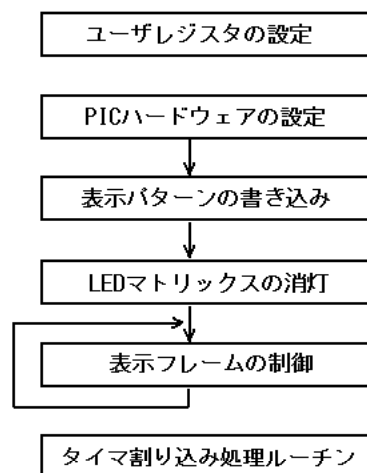


図2 表示制御プログラムの流れ

タイマ割り込み処理ルーチンを図 3 に示す。

割り込み回数のカウントアップは 1 フレームの表示時間を測るために行っている。

タイマ割り込みは約 1ms 毎に発生し、その都度 1 行の表示を行っている。8 行のフレーム内パターンの表示は約 8ms で繰り返されるため、人間の目の残像蓄積時間に対し十分速く、ちらつきは生じない。

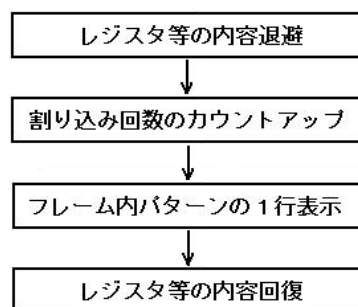


図3 タイマ割り込み処理ルーチン

フレーム内パターンの 1 行表示部を図 4 に示す。

タイマ割り込み発生毎に、それまで表示していた行の表示を消して新たに次の行の表示データを読み

出しその行を表示していく。これにより、1 行の表示が約 1ms 点灯、約 7ms 消灯を繰り返す。表示データの場所はフレームデータの先頭番地と行番号で管理されている。

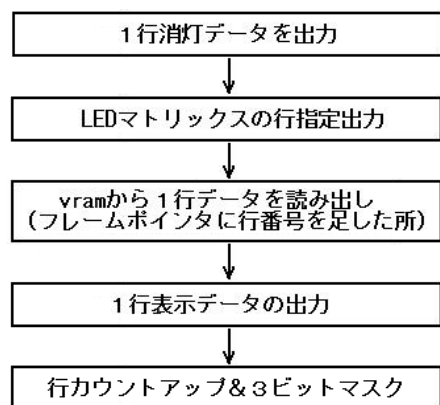


図4 フレーム内パターンの1行表示部

メインルーチンの表示フレームの制御部を図5に示す。

1 フレームの表示時間はタイマ割り込みの回数で判断しており、この回数が設定値になるとフレームポインタを次のフレームデータの先頭番地に変えて8x8 LED マトリックスの表示内容を変更している。

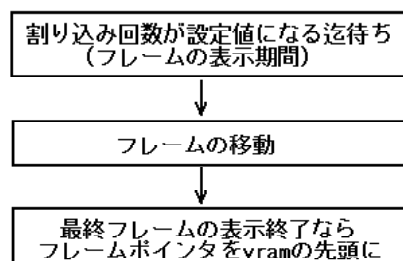


図5 表示フレームの制御部

5. 電気電子創造演習の授業展開

電気電子創造演習のPICによる8x8 LED マトリックス表示制御の課題についての授業展開について説明する。

電気電子創造演習の第1回目授業では、学生に対し3人の教員により課題の説明があり、希望調査および班分けが行われる。第2回目授業から各班に分かれ別な実験室でそれぞれの授業が進められていく。

本課題グループの第2回目授業で行う課題の詳細説明では、まず概要として「8x8 LED マトリックスに時分割表示パターンを送り簡単なアニメを表示する」、「PIC と I/O デバイスを勉強し制御方法を理解する」、「プログラムの概要を理解し独自の表示内容

を考える」ことを具体的に説明する。そして、図6の作業プロセスを見せて、課題に関する3週目以降の授業の流れを説明する。



図6 作業プロセス

次に、電気電子創造演習全体の目的および課題を図7により説明する。そして、教員によるアドバイスを基に年間計画を考えさせる。電気電子創造演習では与えられた課題の製作・実験だけでなく報告および発表が必要であり、さらに出来れば課題内容について中学校への出前授業も行う。



図7 授業全体の課題

その後、学生に8x8 LED マトリックス表示制御回路の図面を渡して部品の大まかな役割を説明をし、さらに演習室のパソコンでインターネットを使って各部品について学生に調査をさせる。この調査は課題として授業時間外に引き続きやらせている。

第3回から5回目までの授業では、教科書に沿ってPICのハードウェアと命令および2進数などのデータ表現や論理操作について簡単に説明する。

第6回目と第7回目の授業では、PIC プログラム開発ツールのMPLABの使用法について説明と実習をする。ここでは教科書にある簡単なLED点滅制御のプログラムを入力させてシミュレーションまでさせている。

第8回目と第9回目の授業では部品についての調査発表をさせた後、再度教員から8x8 LED マトリックス表示制御回路の詳細と表示制御プログラムの概要を説明する。

第10回目の授業から回路製作にかかる。8x8 LED

マトリックス表示制御回路の図面を基に自分で部品配置を考え、穴あき基板上に IC ソケットを差し込んでジャンフロン電線により回路を製作していく。なお、学生はハンダ付けに慣れていないため使用済み基板で事前にハンダ付け練習をさせている。

殆どの学生は回路製作を夏休み前まで(13 回目授業+授業時間外の補習)に終了し、プロトタイププログラムを書き込んだ PIC により動作を確認している。図 8 に回路製作の様子を、図 9 に学生が製作した 8x8 LED マトリックス表示制御回路を示す。

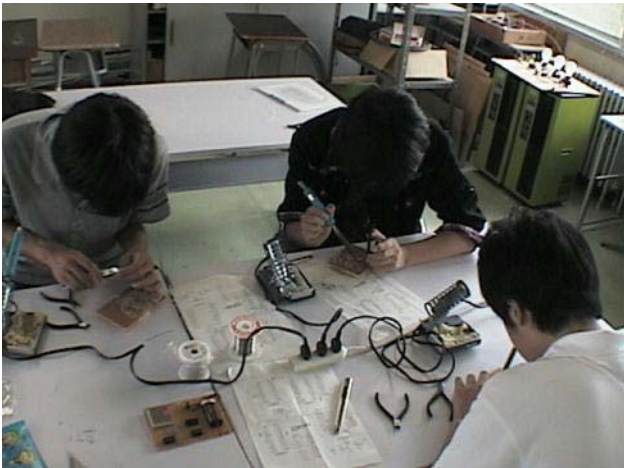


図 8 回路製作の様子

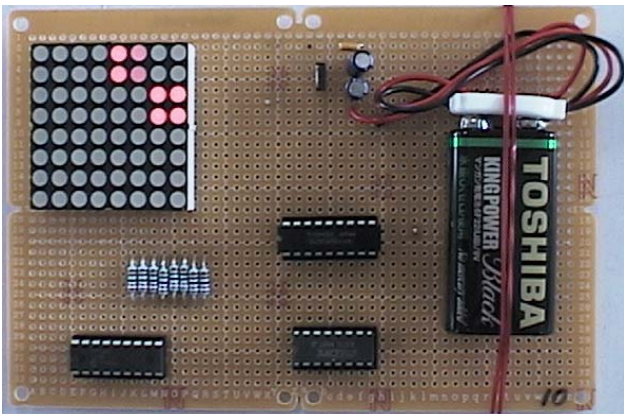


図 9 製作した 8x8 LED マトリックス表示制御回路

本報告作成時点での授業内容はここまでであり、この後述べる内容は予定である。

9 月の 2 回の授業では、5mm 罫方眼紙を配布して独自の表示パターンを設計させ、その内容でプログラムの表示パターン書き込み部を修正させて PIC に書き込み、動作させる。プロトタイププログラムでは、ファイルレジスタのバンク 0 のみを用いているため、9 フレームまで表示できる。

10 月からは、報告や発表に向けてオフィスソフト等 (Word, Powerpoint, Paintshop, スキャナー) の解説と課題内容に基づいた資料作成実習を行い、

少しずつ発表に向けたまとめをさせていく。筆者は昨年度まで津山工業高等専門学校電気電子工学科旧カリキュラムの電気電子実験課題演習 (3 年生後期に実施) を担当しており、そこで実施していた内容がこれにあたる。

後期ではさらに、8x8 LED マトリックス表示制御プログラムについて勉強させ、ばらばらアニメだけでなく新たな表示制御を考えさせる。例えば、単純に LED を順番に点滅させていくなどで、タイマ割り込みを利用した応用プログラムにトライさせる。

この部分については学生がどのくらいまでやれるか未知な部分であるが、本科目は創造演習であるので学生自ら問題を発見し解決するための創意工夫を引き出させることを重視しており、プログラムの具体的な修正例を教員から教えることはせずアルゴリズムのレベルでヒントを与え、学生の質問に答えながら指導していく。プログラムの修正が難しい学生は、ばらばらアニメの内容をより複雑なものにしてもらえばよい。PIC16F648A のファイルレジスタの容量は 256 バイトあり、バンク切り替えの手法をプログラムに追加することで、PIC 設定用の特殊レジスタおよび作業レジスタを除く領域に 27 フレームまでの表示データを書き込むことができる。

なお、中学校への出前授業も未定であるが、受講学生を通じて出身中学校に問い合わせをし、2 校ほどに出かけられればと思っている。対象中学校の状況にもよるが、4 人程度受講学生を引率し製作した 13 台の回路を持参して、学生に Powerpoint による回路説明や作品例を発表させた後、5mm 罫方眼紙を配布して独自の表示パターンを中学生に設計させ、その内容でプログラム修正させて PIC に書き込み、動作させるものである。

6. ま と め

津山工業高等専門学校電気電子工学科の電気電子創造演習 (3 年生対象) の授業の 3 班の内の 1 つに、PIC による 8x8 LED マトリックス表示制御の製作を導入した。この授業は問題を発見し解決する能力を学生に涵養することを目的とし、電気電子工学実験の発展的な課題を学生自らが設定して計画立案や資料収集し、回路試作や実験に取り組み、成果を報告書にまとめて PowerPiont による発表をする 1 単位の授業である。課題の内容は 8x8 LED マトリックスでばらばらアニメを表示するものである。

受講開始時の学生は基本論理回路など初歩のデジタル回路の知識しかいないため、PIC マイコンのハードウェアと命令や PIC プログラム開発ツール MPLAB の使用法について解説した後、回路製作に

取り組ませた。学生には、課題製作を通じてマイコン制御の手法と面白さを体験してもらいつつ、その過程で生じる問題を発見し自ら創意工夫を凝らして解決することを期待している。

7月までの授業等で殆どの学生たちは、8x8 LEDマトリックス表示制御回路の製作を終え、プロトタイププログラムでの表示動作を確認した。今年度からの取り組みなので9月以降の内容は予定であるが、今後は各自でばらばらアニメの表示パターンを設計しプログラム修正して表示動作をさせること、

さらには独自の方法によりパターン表示するプログラムに修正させることなどを予定している。

参 考 文 献

- 1) Microchip Technology Inc. : PIC16F627A/628A/648A Data Sheet , (2005)
- 2) 堀桂太郎 : 図解 PIC マイコン実習 ―ゼロからわかる電子制御―, 森北出版(株), (2011)

ウェブユーザインタフェース評価基準を適用した ウェブサイトのユーザビリティ評価

大谷 舞* 岡田 正**

Usability Evaluation of Website Using Web User Interface Criterion

Mai OTANI* and Tadashi OKADA**

Various people deal with websites as their users or designers. Therefore, it is necessary to define general usability, and to design websites according to general usability. We checked the website of Tsuyama city from the viewpoint of grammar, reading out and appearance using the general usability criterion. Then we made a check list about Web usability with suggestions to problems based on the result from this study. By referring this check lists, website designers can find potential problems in their own websites and know how to improve them.

Keywords. Usability Evaluation, Web Usability, Web User Interface, Website Designer

1. はじめに

インターネットの普及により、ウェブサイトはコンピュータに詳しい一部の専門家だけのものではなく、多くの人々にとっても身近なものになった。さらにウェブサイトは、単に情報を掲載して提供するだけでなく、ユーザが自由に文章や画像を投稿できるものや、買い物ができるものなど利用の幅が広がっている。こうした発展に連れ、一般のユーザにとってウェブサイトが見やすいか、利用がしやすいかといった、アクセシビリティやユーザビリティに関する事項の重要性が増している。一方、ウェブサイトの作成や運営に、さまざまな人々が関わるようになり、インターネット専門知識を学んだ専門家だけでなく、専門知識を持たない人でも簡単にウェブサイトを通して情報発信できるようになっている。

こうしたことから、ウェブサイトの制作者には、さまざまなユーザを想定した「使いやすい」ウェブサイトの設計が求められる。「使いやすさ」に関するこれまでの研究において、ユーザビリティ評価法の一つであるヒューリスティック評価法と、先行研究によって開発されたウェブユーザビリティ評価ス

ケール（WUS : Web Usability evaluation Scale）というアンケート式ユーザビリティ評価法との関係の検証が行われている¹⁾。

本報告では、検討されたウェブサイトのユーザビリティに関する規格や評価方法・指針・技術に基づき、現在運用されている自治体ウェブサイトについて実際にユーザビリティ評価を行った結果を述べる。評価結果を制作者に報告し状況を確認するとともに、改善すべき問題が見つかった場合は、改善方法の案を提示する。その後、調査と実際にユーザビリティ評価を行った結果から、ウェブサイトを作成するときにユーザビリティの観点から注意すべきことをリストアップし、企業または個人がウェブサイト作成の際に確認できるようなチェックリストと、問題があった場合の改善方法の案をまとめている。

本報告書では、2章でユーザビリティの定義とアクセシビリティとの関係および公式な規格について述べ、3章でユーザビリティおよびアクセシビリティに関する指針や、障がい者のインターネット利用状況、検索エンジン最適化について述べる。4章では津山市公式ウェブサイトに対して行ったユーザビリティ評価の方法と、実施結果について報告し、5章では作成したチェックリストについて述べる。

2. ユーザビリティと規格

ユーザビリティという考え方は、国際規格 ISO

原稿受付 平成23年8月31日

*情報工学科平成22年度卒業生

**情報工学科

9241-11 として 1998 年に定義され、翌 1999 年には JIS Z8521 として JIS 化された²⁾。ISO 9241-11 では、ユーザビリティは「特定のコンテキストにおいて、特定のユーザによって、ある製品が、特定の目標を達成するために用いられる際の、効果・効率・ユーザの満足度の度合い」と定義されている³⁾。

ISO 9241-11 の定義には、「特定の」という言葉が何度も登場する。すなわちユーザビリティは、ある製品やウェブサイトに対して、それが一般的に使いやすいかどうかを評価するものではない。まずユーザ・利用状況・目標を定め、その上で効果・効率・ユーザの満足度という尺度を用いて評価する。この評価の尺度について、次のようにまとめることができる³⁾。

- (1) 効果：ユーザが目標を達成できるかどうか
- (2) 効率：ユーザが目標を達成できる場合において、むだな手順を踏まず、なるべく最短経路で目標を達成できたかどうか
- (3) ユーザの満足度：効果や効率に大きな問題がなかったとき、ユーザに不快な思いにさせていないかどうか

ユーザビリティは、日本語で「使いやすさ」と訳される。日本語の「使いやすさ」に当たる別の言葉に、アクセシビリティがある。アクセシビリティとは、高齢者や障がい者などを含むできる限り多くの人々が使えるかどうかを意味する。つまり、「使えない」状態を「使える」状態にすることに焦点を絞っている⁴⁾。それに対してユーザビリティは、使える状態のものに対して、想定するユーザが使いやすいかどうか、すなわち「使いにくい」状態を「使いやすい」状態にすることに焦点を絞っている。

このように、ユーザビリティとアクセシビリティは、対象とする問題が少し異なっているものの、アクセシビリティに関する配慮があるからこそユーザビリティに関する配慮が有効になるという場面が数多く存在する。

2004 年 6 月に、ウェブコンテンツのアクセシビリティに関する規格「JIS X 8341-3 高齢者・障がい者等配慮設計指針—情報通信における機器、ソフトウェア及びサービス—第 3 部：ウェブコンテンツ」が制定された。この JIS 規格は「ウェブコンテンツ JIS」とも呼ばれており、「高齢者・障がい者が、情報通信機器、ソフトウェア及びサービスを支障なく操作又は利用できる機能」と定義されている⁵⁾。

厚生労働省「平成 18 年身体障がい児・者実態調査結果」によると、全国の 18 歳以上の身体障がい者数は約 348 万人と推計される⁶⁾。障がいを持つ人の多くは、パソコンやインターネットなどの情報機器やサービスを利用する際に、何らかの障壁があるため、スムーズに情報を取得できない場合があると

考えられる。

一方、平成 22 年 8 月 1 日現在の総務省統計局の人口推計によると、日本の高齢者つまり 65 歳以上の人口は 2938 万人であり、これは総人口の 23.1 % を占めている⁷⁾。高齢者の多くは、視覚・聴覚をはじめ、加齢に伴う何らかの不自由を抱えている。

日本工業標準調査会が提言してまとめた「高齢者・障がい者への配慮に係る標準化の進め方について」では、高齢者と障がい者の身体や行動の特性における問題点として、次の 4 点を挙げている。これらの問題点は、高齢者・障がい者に対する配慮の標準化によって解決できるとされている⁸⁾。

- (1) 高齢者・障がい者は、新技術の導入によって、かえって使いにくくなることが多い。
- (2) 高齢者・障がい者の間で、IT 機器を使える人と使いこなせない人との情報格差が一段と広がる。
- (3) 高齢者・障がい者は、新しい技術や製品が出てきても行動パターンを変えにくい。
- (4) 高齢者・障がい者は、さまざまな面で製品や生活環境の利用規約が大きく、利用しにくさが使用上の安全を脅かし、生活の自立などの行動を制限したりする。

インターネットの普及に伴い、仕事や生活に必要な情報の送受やコミュニケーション、サービスの提供が、ウェブを通じて行われるようになった。これまで社会との接点が少なくなりがちであった高齢者や障がい者にとって、ウェブは自立し活動範囲を広げるために欠かせない手段となっている。しかし、高齢者・障がい者は上に記した 4 つの問題点のため、障壁のない人々と比べ、ウェブコンテンツを使いこなすことが困難である。こうした背景から、高齢者・障がい者のためのバリアフリーなウェブサイト作りが重要視されるようになり、JIS X 8341-3 が制定された⁹⁾。

高齢者や障がい者に対する配慮が標準化されたことにより、高齢者・障がい者に使いやすく考えられたウェブコンテンツが、結果的には障壁のない大多数の人々にも使いやすいものとなる場合が多いと考えられている。特にインターネットに不慣れなユーザは、構成が複雑なウェブサイトなどを「難しい」と考え、遠ざけがちである。そのため、アクセシブルなデザインを標準化することにより、新たな経済効果をもたらすとも期待されている。

JIS X 8341-3 では、ウェブコンテンツを企画・設計・開発・制作・保守および運用するときに配慮すべき要求事項が明示されており、アクセシビリティを確保したウェブサイトならば、それらの事項を満たすことができる。JIS X 8341-3 の各要求事項は、語尾が「～しなければならない」となっていて必ず満たさなければならないレベル 1 の事項と、語尾が

「～することが望ましい」となっている極力満たすことが望ましいレベル 2 の事項に分かれている。すべての要求項目を満たすことが困難な場合においても、少なくともレベル 1 の事項を満たしている必要がある¹⁰⁾。

3. ユーザビリティ関連事項

2 章で述べた公式な規格以外に、有益な指針や配慮すべき事項がある。

まず、富士通ウェブ・アクセシビリティ指針は、富士通株式会社により、JIS X 8341-3 をはじめとする国内外のウェブアクセシビリティに関するさまざまな動向と整合性を保ちながら定められた指針である¹¹⁾。この指針は富士通グループのウェブサイト、さまざまなユーザにとって利用しやすくするために定められたもので、現在インターネット上に公開されている。この指針を基に作られた富士通株式会社のウェブサイトは、日経パソコンが行っている「企業サイト ユーザビリティランキング」などで高い評価を得ている¹²⁾。

次に、視覚障がい者と音声読み上げ支援技術を取りあげる。財団法人電気通信普及財団が平成 19 年に実施した、視覚障がい者のパソコン・インターネット・携帯電話の利用状況調査によると、視覚障がい者の 93.5%が、パソコンを使ってインターネットに接続した経験がある。そのうち 77.7%もの人が、ほぼ毎日インターネットを利用するという。視覚を使った文字の読み書きの可否別に見たところ、視覚的に文字を利用できない人の方が利用率・利用頻度が高く、95.8%の人がインターネットに接続した経験があり、そのうち 82.2%がほぼ毎日使用している¹³⁾。このように、視覚障がい者の間にも、インターネットは広く浸透している。しかし、視覚に障がいがある人、特に視覚的に文字を読むことができない人は、健常者と同じようにウェブサイトを閲覧することは困難である。

視覚障がい者のインターネット利用を助けるために用いられるのが、音声読み上げ支援技術である。これはウェブサイトのテキスト情報を音声化し、聴覚的にウェブサイト内の情報を受け取れるようにする技術であり、音声化ソフトウェアには、音声での利用に特化したウェブブラウザである音声ブラウザと、他のソフトウェアも含めた画面内の情報を読み上げるスクリーンリーダーがある。音声ブラウザやスクリーンリーダーにはさまざまなものがあり、最も多く用いられているのが IBM の「ホームページ・リーダー」で、高知システム開発の「PC-Talker」がそれに続いている¹³⁾。

音声読み上げ支援技術により、視覚に障がいのあるユーザでも、ウェブサイト上のテキスト情報を得られる。しかし、視覚障がい者ユーザは音声化ソフトウェアの仕様に関して、いくつか問題を抱えているのが現状である。例えば、画像や動画に代替テキストがつけられていない場合、音声化ソフトウェアのユーザは、その画像・動画の内容を把握できない。また、ナビゲーションが分かりづらいと、目的の情報にたどり着くことが困難であり、さらに、ナビゲーションが読み飛ばせない場合、毎回ナビゲーション部分が読み上げられて煩わしい。音声対応の不十分などソフトウェアの性能による原因以外に、2 章で述べた規格 JIS X 8341-3 のアクセシビリティに関する要求項目に配慮することによって、改善できるものが多い。

最後に、検索エンジンとアクセシビリティの関係を述べる。2 章で述べたように、アクセシビリティとは、できるだけ多くの人がそれを使えるかどうかということを意味する。アクセシビリティのうち、特にインターネットを通じて利用されるウェブコンテンツのアクセシビリティのことを「ウェブアクセシビリティ」と呼ぶ。このウェブアクセシビリティに大きく関わる要素として、検索エンジン最適化 (SEO : Search Engine Optimization) がある。

検索エンジン最適化とは、Google や Yahoo! に代表されるロボット型検索エンジンの検索結果表示画面において、自分のウェブサイトへのリンクを上位に表示させるために施策することである¹⁴⁾。現在、ユーザがウェブサイトを訪問する際に検索エンジンが多く使われるため、特に初めて訪問するウェブサイトへの入り口として、検索エンジンは大きな役割を担っている。しかし、検索エンジンでウェブサイトを検索するユーザの多くは、最初のページに表示されたウェブサイトにはしか訪問しない場合が多いため、上位に表示されないウェブサイトはユーザから訪問されにくい。すなわち、検索結果表示画面で上位に表示されないウェブサイトは、サイトへの入り口が狭くアクセスしにくいという点において、アクセシビリティの配慮に欠けていると言える。

検索エンジン最適化を行うには、ウェブサイト作成の工程の中に、さまざまな要素を盛り込む必要がある。その例として、検索キーワードを登録する、被リンク数を増やす、見出し等のタグを正しく使用する、などが挙げられる。例えば、HTML ファイルの<head>部に、<meta name="keywords" content="キーワード 1, キーワード 2, …">といったタグを書き加えることで、記述したキーワードを登録し、検索エンジンでこれらのキーワードが検索されたときに、そのウェブサイトをより上位に表示させることができる。

検索エンジン最適化の手段の中には、ユーザビリティの面にも良い効果をもたらすものがあり、反対にユーザビリティに関する配慮が検索エンジン最適化につながることもある。しかし、過度に最適化を行うことは、ユーザの目的の達成を妨げることになる。検索エンジン最適化の技術を悪用し、検索エンジンの適合度を計算する能力に影響を及ぼす人為的な試みのことを、SEO スパムという。SEO スパムと判断されると、検索結果表示画面の上位に表示されなくなり、悪質な場合には検索結果から完全に除外されることもある¹⁵⁾。

検索エンジン最適化の技術の悪用は、自分のウェブサイトが訪問されにくくなるだけでなく、ユーザが本当に必要としている他のウェブサイトを下位に表示させることになる。そのため、ウェブサイトの制作者は、検索エンジン最適化に関する正しい知識を学び、適切な対策をとらなければならない。

4. ユーザビリティ評価の実施

これまで述べてきたユーザビリティの定義や関係する規格や技術に基づいて、具体的なユーザビリティ評価を行った。今回のユーザビリティ評価では、主に津山市公式ウェブサイト¹⁶⁾が、JIS X 8341-3や富士通ウェブ・アクセシビリティ指針第 2.01 版といった規格・指針で定められている事項を満たしているかどうかを確認する。

規格や指針と見比べての評価だけでなく、ソフトウェアを用いた評価も行う。今回は、富士通株式会社が無償で提供している、「WebInspector」

「ColorSelector」「ColorDoctor」という3つのソフトウェアからなる診断ツール群「Fujitsu Accessibility Assistance」を使用する。「WebInspector」ではソースを点検してウェブサイトのアクセシビリティを診断することができ、「ColorSelector」では背景色と文字色の見やすさを判定することができる。

「ColorDoctor」では、各色覚特性に応じたシミュレーションを行うことができ、色覚に障がいを持っているユーザからどのような色で見えているのかを確認することができる。

一方、3章で取り上げた検索エンジン最適化がなされているかどうかに関しては、「WebInspector」の文法チェックで、ある程度確認することができる。今回はソフトウェアでの確認に加え、実際に主な検索エンジンで検索し、適切でない場合はソースを見することで、最適化されているか評価する。

今回は津山市という自治体のウェブサイトの評価するため、他の自治体のウェブサイトも参考にした¹⁷⁾。具体的には、名古屋市公式ウェブサイト¹⁸⁾や

浜松市公式ウェブサイト¹⁹⁾など、ユーザビリティに関して高い評価を得ている自治体ウェブサイトと津山市公式ウェブサイトを見比べ、参考にすべき点を見つける。

音声化ソフトウェアへの対応については、実際にソフトウェアを使用し、問題がないかを確認する。今回は、音声化ソフトウェアの中でも最も多く使用されている、IBM の「ホームページ・リーダー」を使用した。

津山市公式ウェブサイトに関してユーザビリティ評価を行った結果、「ColorSelector」と「ColorDoctor」を使用して、テキストや画像の内容が認識しにくい配色が使われていないか確認した。津山市公式ウェブサイトでは、背景色が白で文字色が黒、あるいは背景色がエンジで文字色が白の配色を基本としており、緑と赤の組み合わせなど、色盲のユーザにとって見にくい配色は使用されていないことが確認できた。「WebInspector」で記法の診断を行ったところ、修正が必要であると診断された点が見つかった。しかし、実際にソースを見ると問題がないことを確認できた。「WebInspector」では検索エンジン最適化に関する問題は発見されず、実際に Google 等の主要な検索エンジンで確認したところ、「津山市」や「津山」といったキーワードで検索したとき上位に表示されることが確認できた。

以上の点については問題がなかったものの、JIS X 8341-3 や富士通ウェブ・アクセシビリティ指針で要求されている項目を満たしているかどうかを確認したところ、いくつか問題点が見つかった。また、音声化ソフトウェアへの対応についても、いくつか問題が見つかったので、以下で取り上げる。なお、これらの問題点については、改善方法の案とともに、津山市のウェブサイト担当者に報告し適切に対応していただいた。

見つかった問題点と提案した改善方法の例は以下のとおりである。

- (1) 1 ページあたりの項目数・情報量が多すぎる。
→適切な階層化とグルーピング化
- (2) 機能・リンクが小さなアイコンのみで表示されている。
→文字と画像を併用
- (3) 表示スタイルが統一されていない。
→スタイルシートを用いて統一
- (4) ワイドタイプのディスプレイを使用した場合、表示領域が広すぎて文章が読みにくい。
→文章を表示する領域を、最大で 800px 程度になるよう設定
- (5) 白黒を白黒反転させて表示した場合、画像の中の文字が読みにくい。
→画像の背景に透過色を使用しないよう変更

音声化ソフトウェアへの対応に関しては、4つの

問題点が見つかった。

- (1) 単語内にスペースが挿入されているという問題がある。「日 時」や「理 由」のように、レイアウトを美しくする目的で、単語の中にスペースが挿入されている場合、音声化ソフトウェアは1つの単語を複数の単語として認識し、意図した通りに読み上げない。→レイアウト目的での単語内のスペースは削除
- (2) 「1 参加資格」や「2 便利帳の携帯」のように、リストの番号と文字を続けて書くと、番号を読み上げてから間を置かず文字が読み上げられるため、聞き取りにくい。→「1.参加資格」のように、番号と文字が区別されるように記述
- (3) 「9:00 ～ 13:00」のように、記号を使用して時間を表現すると、「きゅう ぜろぜろ から じゅうさん ぜろぜろ」のように読み上げられ、内容を把握しにくい。→時間は「9 時～ 13 時」などと表現
- (4) 「※結果は通知します」のように、注意を促すために記号を使用すると、「こめじるし」など記号の名称を読み上げるので、注意を引けない可能性がある。→重要な事柄は「(注)」などと表記して注意喚起

5. チェックリストの作成

津山市公式ウェブサイトのユーザビリティ評価で得た結果を、より一般的なものにすることがある。そこで、ウェブサイトの制作者が、自らのウェブサイトに潜んでいる問題を発見できるような、チェックリストを作成した。このチェックリストは、3章で取り上げた、ウェブユーザビリティに関する規格や指針で要求されている項目などを参考にして作成している。それらに加え、検索エンジン最適化の技術や、日経の調査等でユーザビリティに関して高い評価を得ているウェブサイトの間に見られる共通点なども、チェックリストに組み込んでいる。

このチェックリストは 69 項目と多く、最終的にチェックリストをウェブブラウザ上で閲覧できるよう、HTML ファイルすなわちウェブサイトの形で作成した。69 のチェック項目は、以下の 10 分類とし、階層的に表示できるようにした。

1. 全体要件
2. 構造及び表示スタイル
3. 操作及び入力
4. 非テキスト情報
5. 色及び形
6. 文字
7. 音

8. 速度

9. 言語

10. 検索エンジン最適化

これにより、チェックリストの使いやすさを向上させることができた。トップページページの左端に配置したメニューの「チェックリスト」をクリックすることで、チェック項目の分類一覧ページを表示させることができる。図 1 に、チェック項目の分類一覧ページを示す。分類名をクリックすることで、分類ごとの項目一覧ページを表示することができる。それぞれの項目については詳細ページを設け、その項目についての配慮しなければならない理由や、具体的な問題の例などの解説と、その項目について問題があった場合の改善方法を記述している。

チェックリストをウェブサイトの形で作成することができたものの、項目の検討や、個別に対応すべき技術についての解説作りが不十分である。このチェックリストを実用的なものとするためには、盛り込んだ内容のうち、JIS X 8341-3 で言及されていない部分については、検証する必要があると考える。

6. あとがき

本報告では、自治体公式ウェブサイトのユーザビリティ評価において、規格・指針との比較や、シミュレーションソフトウェアなどでの評価に加え、音声化ソフトウェアを使用した評価を実施することができた。さらに、その結果を公式ウェブサイト担当者に報告し、ユーザビリティ改善への参考にしてもらうことができた。

この検討をもとに、ウェブブラウザ上で閲覧できるチェックリストを作成し、規格や既存の指針で要求されている項目に加え、検索エンジン最適化や、高い評価を得ているウェブサイトの間に見られる共通点などを盛り込むことができた。このチェックリストに関しては、さらなる検討と改善が必要がある。

ウェブユーザビリティに関する配慮は、技術の発展やハードウェアの形状の変化によって、少しずつ変化していくものである。そのため、今後のウェブユーザビリティに関するさまざまな動向に、着目し続けるとともに、ウェブサイトだけでなく広く製品に適用すべきものであることを意識していかなければならない。

謝 辞

津山市公式ウェブサイトの評価において、評価を快く許していただき、結果に真摯に対応いただいた津山市の関係の皆さんに感謝申し上げます。

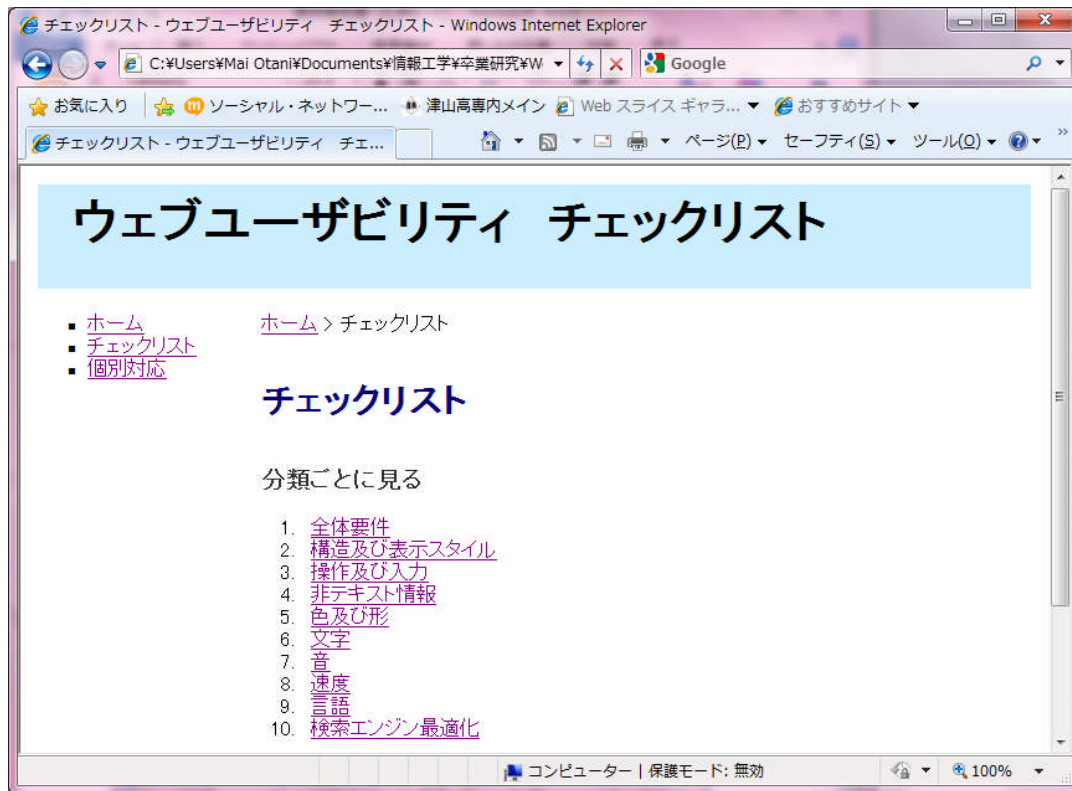


図1 チェック項目の分類一覧ページ

参考文献

- 1) 重兼千明, 岡田正: Web ユーザインタフェースの評価基準と対応技術, 津山工業高等専門学校紀要 第51号, pp.53-57 (2009)
- 2) 富士通株式会社総合デザインセンター: よくわかる Web アクセシビリティ&ユーザビリティ<改訂版>, FOM 出版, pp.153-157 (2006)
- 3) 樽本徹也: ユーザビリティエンジニアリング・ユーザ調査とユーザビリティ評価実践テクニック, オーム社, pp.2-5 (2005)
- 4) 渡辺洋之: Web アクセシビリティ JIS 規格完全ガイド, 日経 BP 社, pp.8-41 (2004)
- 5) JIS C 日本工業標準調査会: <http://www.jisc.go.jp/> (2005)
- 6) 厚生労働省 統計調査結果: <http://www.mhlw.go.jp/toukei/index.html> (2006)
- 7) 総務省ホームページ/人口推計: <http://www.stat.go.jp/data/jinsui/index.htm> (2010)
- 8) 高齢者・障がい者への配慮に係る標準化の進め方について(提言書): <http://www.jisc.go.jp/newstopics/2003/koureisya-vision.pdf> (2003)
- 9) 渡辺洋之: Web アクセシビリティ JIS 規格完全ガイド, 日経 BP 社, pp.54-59 (2004)
- 10) 渡辺洋之: Web アクセシビリティ JIS 規格完全ガイド, 日経 BP 社, pp.71-72 (2004)
- 11) 富士通ウェブ・アクセシビリティ指針: http://img.jp.fujitsu.com/downloads/accessibility/fujitsu_webaccessibility_v2.01.pdf (2006)
- 12) 日経パソコン「企業サイト ユーザビリティランキング 2006」で富士通が「3 年連続の首位」を獲得: <http://jp.fujitsu.com/topics/npc2006/> (2006)
- 13) 視覚障害者のパソコン・インターネット・携帯電話利用状況調査 2007: http://www.nise.go.jp/kenshuka/josa/kankobutsu/pub_d/d-267.html (2007)
- 14) SEO 検索エンジン最適化ソーシャルニュース: <http://www.searchengineoptimization.jp/>
- 15) SEO 対策 e-search: <http://seosearch.biz/>
- 16) 津山市公式ウェブサイト: <http://www.city.tsuyama.lg.jp/>
- 17) 日経 BP コンサルティング調べ「全国自治体サイト・ユーザビリティ調査 2007/2008」より: <http://consult.nikkeibp.co.jp/consult/release/hp070926.html> (2007)
- 18) 名古屋市公式ウェブサイト: <http://www.city.nagoya.jp/>
- 19) 浜松市公式 Web サイト: <http://www.city.nagoya.jp/>

校 外 に お け る 研 究 発 表 等

(2 0 1 0 年 9 月 1 日 ～ 2 0 1 1 年 7 月 3 1 日)

著書(専門分野)

北川能, 香川利春 (監修), 中村克孝, 檀和秀, 増淵寿, **佐藤紳二**, 坪根弘明, 上代良文, 近藤邦和, 菊川裕規, 野沢正和, 早水庸隆, 江頭竜, DAVAA GANBAT, 見藤歩, 小谷明, 高尾学, 小杉淳, 本村真治, 藤松孝裕, **加藤学**, 矢口久雄, 大北裕司, 柴田裕一, 白野啓一, 岡田敬夫 (著): 学生と技術者のための水力学問題演習, パワー社, 2011 年 4 月.

(概要) 本書は水力学の教科書を補足するための演習書として執筆されたもので, 水力学の基礎的事項を初心者理解させることに最大の力点を置いて執筆されており, 高専学生, 工学系の短大学生や大学生が, 流体力学や流体機械に本格的に取り組む際に十分な準備となるように編成されている. また会社や研究所において, 既に一通りの水力学の知識をもっている一般技術者が, それを復習するためにも活用され得る内容となっている.

中岡尚美, 伊藤國雄, 松田修, Eric Rambo, 細谷和範, 西尾公裕, 寺元貴幸, 菊池洋右, 久保川晴美, 加藤学: 技術英語: Technical English 一実践的技術英語テキスト 中級～上級レベル一, 電気書院, 2011 年 4 月

(概要) 昨年度発行した「技術英語: 初級～中級レベル」に続く実践的技術英語の中級～上級編である. 津山高専の一般英語科の教員と専門学科の教員とからなる「津山工業高等専門学校技術英語テキスト編集委員会」で編集した.

田辺茂: よくわかる送配電工学, 電気書院, 2011 年 1 月

(概要) 大学や高等専門学校の学生向けに, 記述の分かりやすさを重点に執筆した. そのために新しい図を多用し, 章末問題の解説も丁寧に記述した. 本書のもう一つの特長は, 章の始めに「この章で使う基礎事項」と題して, その章の理解に必要な数学, 電気回路, 電気磁気学, 電気機器の復習を記述していることである.

Guangfu Tang, **Shigeru Tanabe**, et al : Components Testing of VSC System for HVDC Applications, CIGRE Publication, 2011 年 2 月

(概要) 従来の直流送電システムは, 交直変換にサイリスタを使用していたが, 2000 年以降, 急速に

IGBT を使用したいわゆる自励式直流送電システムが普及してきた. 本書は, 急速に拡大しているこの新技術に用いられる各種機器 (IGBT バルブ, 連系変圧器, 直流コンデンサなど) の電氣的ストレスや発生損失について述べている. 田辺は, 主に第 4 章定常運転状態でのストレス, 第 6 章試験に関連した機器ストレスを担当した.

岡田正, 駒谷昇一, 西原清一, 水野一徳: IT Text (一般教育シリーズ) 情報ネットワーク, オーム社, 2010 年 10 月

(概要) 情報処理学会の教科書刊行企画の一環で, 大学の一般教育向けに情報ネットワークの概要を学ぶ教科書を刊行した. 全体のとりまとめ役の一人として, 構想段階から内容の決定に参画した. 全 4 章中下記の 2 章を分担執筆するとともに, 著者を代表して「まえがき」を執筆した. 第 1 章 情報ネットワークでできること. 第 2 章 情報ネットワークの活用.

岡田正, 高橋参吉, 藤原正敏 (編), ICT 基礎教育研究会 (**大西淳**ほか) (著): ネットワーク社会における情報の活用と技術 三訂版, 実教出版, 2010 年 10 月

(概要) 後期中等教育段階の情報教育に使用する教科書を, 2003 年 2 月に初版, 2006 年 3 月に改訂版を刊行してきた. 今回は, 新しい学習指導要領等の環境変化に合わせて大幅に見直し, 三訂版として出版した. これまで同様に, 岡田が全体のとりまとめをほぼ一人で行い, 大西は第 1 章の改訂を分担した.

岡田正, 高橋参吉, 藤原正敏 (編), ICT 基礎教育研究会 (**大西淳**ほか) (著): ネットワーク社会における情報の活用と技術 三訂版 学習ノート, 実教出版, 2010 年 10 月

(概要) 情報教育用教科書「ネットワーク社会における情報の活用と技術」に準拠した学習ノートを, 改訂版の出版時から刊行してきた. 教科書の三訂版に合わせて, 引き続き教科書に準拠した学習ノートとして出版した. 岡田が全体のとりまとめをほぼ一人で行い, 大西は第 1 章の改訂に協力した.

岡田正, 大西淳, 他 17 名: ネットワーク社会における情報の活用と技術 [情報教育テキスト] 三訂版, 実教出版, 2010 年 10 月

(概要) ネットワーク社会における情報処理教育において取り上げるべきトピックスを網羅的に説明

してある。前著「ネットワーク社会における情報の活用と技術 [情報教育テキスト] 改訂版」の構成などを全面的に見直し、加筆修正した。

岡田正, 大西淳, 他 17 名: ネットワーク社会における情報の活用と技術 三訂版 学習ノート, 実教出版, 2010 年 10 月

(概要) 「ネットワーク社会における情報の活用と技術 [情報教育テキスト]」の内容に準じた学修ワークブックである。情報教育テキストの改訂にあわせて内容を見直し、加筆修正した。

鈴木康人, 長岡健一, **大西淳**, 原元司, **岡田正**, 牛丸真司, 長谷賢治, 小幡常啓: 平成 22 年度全国高等専門学校情報処理教育研究委員会 高専における次世代情報処理教育検討作業部会による全国高専における情報教育の傾向の報告 (アンケート調査に対する最終報告), 自費出版, 2010 年 12 月

(概要) 2008 年に情報処理学会が発表した大学における情報処理教育の標準カリキュラム J07, 並びに 2009 年に文部科学省が発表した高等学校までの新しい指導要領と, 高専で行われている情報処理教育の実態との関係を, アンケート調査を実施して調査した。本書では, その調査の結果明らかになった実情や問題点について報告している。

かどやひでのり, あべやすし (編著): 識字の社会言語学, 生活書院, 2010 年 12 月

(概要) 識字がもつ社会的な機能について, 社会学・歴史学的な資格から論じ, 社会システムのユニバーサルデザイン化について提示した。

著書(教育分野)

杉山明: 漢文への招待, 桐原書店, 2010 年 11 月

(概要) 入門から実践までの漢文自習用ワークブック。これまでの訓読技術のみの解説の前に, 導入として, 漢文とは何か, なぜ漢文を学ぶのかという理念的な部分を解説したところに新しさがある。

論文(専門分野)

Shinji Sato, Akinori Furukawa: Air-Water Two-phase Flow Performances of Centrifugal Pump with Movable Bladed Impeller and Effects of Installing Diffuser Vanes, International Journal of Fluid Machinery and Systems, Vol.3, No.3, July-September 2010, 2010 年 9 月, pp.245-252

(Abstract) It's known that pump head of centrifugal impeller with lager blade outlet angle is kept higher in air-water two phase flow condition, though the efficiency in water single phase flow condition is inferior. In the present study, a centrifugal impeller with variable blade outlet angles, that has higher efficiencies in both water single phase flow and air-water two phase flow conditions, is proposed. And the performances of the centrifugal impeller with variable blade outlet angles were experimentally investigated in both flow conditions of single and two-phase. In addition, effects of installing diffuser vanes on the performances of centrifugal pump with movable bladed impeller were also examined.

Masaya NAKAHARA, **Jun HASHIMOTO**, Takamori SHIRASUNA and Masayoshi TSUKIKAWA: An Experimental Study on Local Flame Displacement Velocity of Hydrogen added Propane Premixed Turbulent Flames, Journal of Environment and Engineering, Vol. 6, No. 3, 2011, pp. 700-711

(Abstract) This study has examined the influence of the addition of hydrogen to propane mixtures on its local burning velocity. The local flame displacement velocity S_F and curvature of turbulent flames were quantitatively measured as the key parameters on turbulent combustion. The Markstein number Ma was also obtained from outwardly propagating spherical laminar flames. It became clear that the trends of the mean values of measured S_F with respect to H and gave good agreement with the turbulent burning velocity. The trends of Ma with respect to H , and fuel types could also explain qualitatively the local burning velocity and turbulent burning velocity.

Akihiko NAGASAKA, Yuichi KUBOTA, Koh-ichi SUGIMOTO, Atsushi MIO, **Tomohiko HOJO**, Koichi MAKII, Masahiro KAWAJIRI, Mitsunari KITAYAMA: Effect of YAG Laser Cutting on Stretch-flangeability of Ultra High Strength TRIP Sheet Steel with Bainitic Ferrite

Matrix, Vol. 50, No. 10, 2010, pp.1441-1446

(Abstract) The effect of YAG laser cutting on stretch-flangeability of ultra high strength TRIP-aided steels with bainitic ferrite matrix (TBF steel) austempered at 375 or 450 °C, was investigated for automotive applications. Holes of 5 mm diameter for hole-expanding test were produced by YAG laser cutting and mechanical punching and the stretch-flangeability was evaluated by measurement of the hole-expanding ratio (λ). In TBF steel, laser cut specimen shows higher stretch-flangeability than mechanical punched one. The hole-expanding ratio (λ) of TBF steel austempered at 375°C in the case of laser cutting at powers between 50 and 100 W was higher than those austempered at 450°C. Furthermore, the strength—stretch-flangeability balance ($TS \times \lambda$) of TBF steel austempered at 375°C showed the highest value after laser cutting at 100 W. Compared to mechanical punching, YAG laser cutting contributed to the improvement of the $TS \times \lambda$ to 1100 MPa with TBF steel possessing fine bainitic ferrite matrix.

Tadashi KOZUNO, Shinpei KISHIMOTO, Kazuya TACHIBANA, **Kunio ITOH**, Yuta IWANO, Shinsuke KUNITSUGU, Kenichi TAKARABE : Study of White LED Using Amorphous Carbon Nitride Grown by RF-sputtering and ECR-plasma CVD, Journal of Light & Visual Environment, Vol.35, No.1, 2011, pp.86-89

(Abstract) This letter reports on white-LED with high Color Rendering Index (CRI). We realized the single white LED whose average CRI is 81.8 by applying double growth method of amorphous carbon nitride (a-CN_x). The CRI value is approximately equal to that of normal fluorescent lamp. In this letter, we describe the double growth method of amorphous carbon nitride, composition ratio and optical characteristics of the grown a-CN_x film.

植月唯夫, 前原健二, 玄馬勇輝, 神田隆司 : インバータ回路の電極加熱方式が蛍光ランプの陰極スポット位置に及ぼす影響, 照学誌, 第95巻 第5号, pp.255-259, 2011年5月

(概要) インバータ点灯専用の蛍光ランプにおいて, 近年高出力・長寿命のものが開発されている。それらのランプの寿命を点灯システムの電気信号により把握できれば, システム開発に非常に有効である。そのランプ寿命を予測するには陰極の電子放出する部分 (以下スポットと呼ぶ) の位置を把握することが非常に重要である。市販

のある種類の電子安定器のランプ接続端子の電気信号によりスポット位置が把握できることが報告されている。本報告では, 市場に出ている電子安定器を電極加熱方式によって分類し, 全てのバラストにおいて電気信号によりスポット位置が把握できることを確認するとともに, 点灯時間に対するスポット位置の変化が加熱方式によって異なること発見したので結果を報告する。

Toshiyuki Yamaguchi, Yasutaka Asaia, Naoyuki Oku, Shigetoshi Niiyama, Toshito Imanishi and **Shigeyuki Nakamura** : Preparation of Cu(In,Ga)(S,Se)₂ thin films by sequential evaporation and annealing in sulfur atmosphere, Solar Energy Materials and Solar Cells, Vol.95 Issue 1, 2011, pp.274-276

(Abstract) Cu(In,Ga)(S,Se)₂ thin films with high Ga/III ratio (around 0.8) were prepared by sequential evaporation from CuGaSe₂, CuInSe₂, In₂Se₃ and Ga₂Se₃ compounds and the annealing in H₂S gas atmosphere. The annealing temperature was varied from 400 to 500 °C. These samples were characterized by means of XRF, EPMA, XRD and SEM. The S/(S+Se) mole ratio in the thin films increased with increase in the annealing temperature, keeping the Cu, In and Ga contents nearly constant. The open circuit voltage increased and the short circuit current density decreased with increase in the annealing temperature. The best solar cell using Cu(In,Ga)(S,Se)₂ thin film with Ga/(In+Ga)=0.79 and S/(S+Se)=0.11 annealed at 400 °C demonstrated Voc=535 mV, Isc=13.3 mA/cm², FF=0.61 and efficiency=4.34% without AR-coating.

Shigeyuki Nakamura, Yuki Marumoto, Masafumi Mimura, Daiki Sugiyama, Toshiaki Kittaka, Kenta Kametomo, Nozomu Yasui, Ken'ichi Takarabe : Thermoelectric properties of sputtered iron-silicide, Physics Procedia, Volume 11, 2011, pp.103-105

(Abstract) The thermoelectric properties are investigated for oxygen included iron silicide thin films prepared by FT dc sputtering. The highest Seebeck coefficient of 17.84 μ V/K and Z of $0.12 \times 10^{-2} \text{ K}^{-1}$ are obtained. These values are lower than these for bulk FeSi₂ thermoelectric devices. It is, therefore, needed to improve thermoelectric properties. For this we intend to optimize preparation conditions, such as deposition power and pressure.

小林敏郎, 平井悦郎, 津元良公, 平野竜也, 小笠原

弘明, 柳雄二: 低発塵性インライン真空中搬送技術の開発 (第3報, 照明用有機 EL パネル成膜装置の開発), 日本設計工学会誌, Vol.46, No.2(2011), pp89-93 (Abstract) A noble substrate conveying system for the large scale vacuum deposition equipments which can decrease the particles adhesion onto substrate has been proposed and the performance has been investigated. A spin from drive shaft can be transmitted to multiple slave shafts by the new mechanics which consists of bearings, connecting rods and crank shafts. The effects of the particle reduction were confirmed in comparison to a conventional conveying mechanics which transmits a spin to many slave shafts by using bevel gears. The results has shown that the particles having more than $0.3\mu\text{m}$ in diameter adhered onto a substrate from the new system was less than one tenth of that of the conventional system. Furthermore, the almost same performance has been maintained after a long term operation.

Julianti MANU, 西隆一郎, 細谷和範: インドネシアにおける海岸保全事業, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.67, No.4, 2011

(概要) インドネシアでは日本の ODA 事業や民間事業などにより我が国との関わりも深く, 海岸保全に関するインドネシアの地域特性を明らかにすることは, 日本の技術支援・輸出を行う場合に寄与するものと思われる. 本研究では, 世界最大の島嶼兼国家で非常に長い海岸線延長を持つアジア圏のインドネシアを対象に, 海岸保全の状況を文献調査及び現地踏査により明らかにする.

S. Arimoto : Fundamental notions for the second generation Fukui project and a prototypal problem of the normed repeat space and its super spaces, J. Math. Chem., 49, 2011, p.880

(Abstract) Fukui's DNA problem is a long-range target of the First and Second Generation Fukui Project, whose underlying motive has been to cultivate a new interdisciplinary region between chemistry and mathematics. The normed repeat space $X_A(q, d, p)$ and its super space $X_B(q, d, p)$ are special Banach algebras which are fundamental in the second generation Fukui project. In the present article, keeping Fukui's DNA problem in mind, we formulate and solve a prototypal problem (problem I) of the normed repeat space $X_A(q, d, p)$ and its super space $X_B(q, d, p)$. The present article provides also three "Challenging Problems".

S. Arimoto, M. Spivakovsky, E. Yoshida, K.F. Taylor, P.G. Mezey : Proof of the Fukui conjecture via resolution of singularities and related methods. V, J. Math. Chem., 49, 2011, p.1700

(Abstract) The Local Analyticity Proposition (LAP1), which admits a proof via resolution of singularities is a major key to proving the Fukui conjecture via resolution of singularities and related methods. By LAP1, the essential part of the mechanism of the "asymptotic linearity phenomena" is extracted and is elucidated by using tools from the theory of algebraic and analytic curves. Here in the present article, we complete the proof of the LAP1 by using fundamental tools developed in parts III and IV of this series, thus completing the proof of the Fukui conjecture via resolution of singularities and related methods.

山本浩二: 社会性獲得にみる学校運動部活動の教育的有効性に関する考察, 日本高専学会誌, 第16巻 第3号, 2011年7月, pp.153-158

(概要) 本研究では, 部活動存立の危機に直面している今日, もう一度部活動の教育的有効性を考察し, 部活動のあり方を検討することを目的とした. そこで, 高等学校期における部活動への関わりと社会性獲得との関連性について実証的検討作業を行い, 社会性獲得状況にみる部活動の有効性を考察することを目的とした. 部活動所属者と非所属者との比較・検討作業, さらに年次推移に伴う社会性獲得状況の変化を明らかにするために追跡調査を行った.

山本浩二, 荒木祥一, 神野賢治: 学校部活動への関わりと社会性獲得との関連性に関する実証的研究, 津山工業高等専門学校紀要, 第52号, 2010年, pp.95-100

(概要) 津山高専学生を対象に, 質問紙調査を行い, 学年さらには部活動所属の有無と社会性獲得状況との関連性について明らかにすることを目的とした. 社会性得点を学年別に見ると, 5年生が最も高い値を示した. 全体的には2・3年生が低く, 「中だるみ」のような状態が見られた. 部活動所属者においては, 非所属者よりも獲得している社会性は高く, また学年に見られた「中だるみ」の状態は, 部活動所属者には見られず, 社会性得点は年々上がっていた.

松田修: 線織面 S と曲線 D の対のある極小性について, 代数幾何目白セミナー2010, 学習院大学理学部

数学科 飯高研究室編, 2011 年 2 月, pp.71-75

(概要) 我々は、曲面 S とその上の既約曲線 D の対 (S,D) の分類を行うために、対の極小モデルを定義し、その分類を行っている。そして、その数値的研究を行うために、飯高教授の $\#$ 極小対を研究してきた。今回、数値的タイプの合理的研究から、 $\tilde{b}$ 極小対という概念が必要となり、それを定義し、 $\#$ 極小対との関連性について論じた。

松田修: 線織面 S と曲線 D の対数的多種数について、代数幾何目白セミナー2010, 学習院大学理学部数学科 飯高研究室編, 2011 年 2 月, pp.77-82

(概要) 本論文では、曲面 S とその上の既約曲線 D の対 (S,D) の分類を $P_{\{2,1\}}[D]$ という混合多種数を用いて行った。今回の研究対象曲面は不正則数 1 の線織面である。主結果は、極小性を示す不変量 $\tilde{b}$ の存在範囲が $P_{\{2,1\}}[D]$ によって与えたこと、さらに、 D の底曲線への次数 $\sigma(D)$ に関し、 $\sigma(D)=4$ であることと、対の因子 $D+2K$ の 2 乗が 0 であることの同値性を示したことにある。

Naoki FURUHI : Teaching basic collocations for Japanese learners of English through popular movies, 映画英語教育研究 16 号, 映画英語教育学会, 2011 年 2 月, pp.33-44

(概要) 洋画約 70 本の英語字幕に出現するコロケーションに、日本人が習得して有益なものがどの程度含まれているのかを分析した。

Naoki FURUHI : Evaluating the validity of a word list and collocation list for engineering students with PERC corpus, 英語教育研究 34 号, 関西英語教育学会, 2011 年 3 月, pp.11-20

(概要) 先行研究で何例が提示されている単語リストやコロケーションリストに出現する単語がどの程度有益なものであるのかを判定するための根拠を提示した。

Naoki FURUHI : An appropriateness of verb-noun collocations in an English technical writing test, 言語文化共同研究プロジェクト 2010 通時的・共時的英独コーパス言語学のインターフェイス, 大阪大学大学院言語文化研究科, 2011 年 5 月, pp.21-47

(概要) 先行研究で何例が提示されている単語リストやコロケーションリストに出現する単語がどの程度有益なものであるのかを判定するための根拠を提示した。

かどやひでのり: 書評「守口夜間中学編集委員会編『学ぶたびくやしく学ぶたびうれしく』解放出版社, 2010 年」, 部落解放 638 号, 2010 年 12 月, pp.64-65

かどやひでのり: 書評「木村護郎クリストフ・渡辺克義編『媒介言語論を学ぶ人のために』世界思想社, 2009 年」, ことばと社会, 第 12 号, 三元社, 2010 年 12 月, pp.178-190

KADOJA Hidenori : La strukturo de Esperanto kiel faktoro por certigi ĝian funkcion rilate al Lingvaj Rajtoj: ĉefe pri la koncepto de lingvolemado kaj pri konscio de lingva normo (The structure of Esperanto as a factor for attaining its goal in relation to Linguistic Rights), Esperantologio / Esperanto Studies, Vol.5, 2011, pp.7-27

(概要) 言語権概念によって計画言語の普遍性と倫理性が基礎づけられることをしめし、さらにそのことによって計画言語の内容自体の再検証が必要になることを論証した。

KADOJA Hidenori : Vikinga Epoko, Naciismo kaj Historiografio, Internacia Kongresa Universitato, 64-a Sesio, København, Universala Esperanto-Asocio, Rotterdam, 2011

(概要) ヴァイキング史について、史学史的にふりかえり、ナショナリズムと歴史記述の関係について議論した。

論文(教育分野)

小西大二郎, 松田修, 岡田 正: 主体的な学習力の育成を目指した教育プログラム—カリキュラムの設計思想と学生の成果—, 論文集「高専教育」, 第 34 号, 2011 年 3 月, pp.19-24

(概要) 津山高専では、教育を取り巻く内外の変化に対応すべく平成 18 年度に学内で新カリキュラムの検討を重ね平成 21 年度から新カリキュラムをスタートさせた。本報告では、カリキュラム改編の背景やその必要性和新カリキュラムが目指すものについて述べ、具体的なカリキュラム編成やその改編のアウトラインを紹介した。さらに、新カリキュラムのハイライト科目であった「チャレンジゼミナール」, 「シナジーゼミナール」の導入目的と、それぞ

れの科目で得られた成果について紹介した。最後に今後の展開として、新カリキュラムが学年移行中のなかで、現在の動きとその後の方向性について述べた。

佐々井祐二，最上勲：公開講座「天体観測会—君も未来のガリレオだ！—」— 教員と学生が取り組む小中学生向け天文啓蒙活動について —，論文集「高専教育」，第34号，2011年3月，pp.601-606

（概要） 世界天文年2009年，我々は小中学生に対し天体観測の公開講座を5回開催した。天体観測は天候に左右されるが，参加者は7月22日の日食などの天文現象を楽しみ，多くの惑星，星雲，星団や星座などを観望した。補助学生は望遠鏡操作やペーパークラフトの手助けなど，参加者と触れあうことにより価値ある経験をすることができた。本稿では，活動内容，参加者と学生の教育効果，今後の展望について報告する。

古樋直己：Let's try! 工業英検3級，新電気，第65巻第1号～12号，2011年

（概要） おもに工業英検3級受験者対象とした受験対策記事。2011年1月号から2011年12月号まで毎月1年間合計12回連載。毎月4ページから6ページ連載。

古樋直己：eラーニング教材工業英検4級対策，日本データパシフィック株式会社，2011年3月

（概要） おもに工業英検4級受験者対象とした受験対策eラーニング教材。

かどやひでのり：「学習の動機づけ」からみたカンニング，日本高専学会誌，第15巻第3号，2010年9月，pp.97-102

（概要） カンニングが生起するメカニズムをあきらかにし，現行のカンニング防止対策がまとはずれであること，それが教育システム全体の問題であることを論証した。

かどやひでのり：創造性をはぐくむ教育実践の条件について，日本高専学会誌，第16巻3号，2011年，pp.165-168

（概要） 教育現場に於いて曖昧に乱用されている創造性概念について検討をくわえ，それを実質的に教育にとりこむ方法を，一事例を参照しながら論じ

た。

講演・発表(専門分野)

吉富秀樹：流体ダイオードを用いた空気圧駆動バルブレスポンプの送液特性，平成23年春季フルードパワーシステム講演会，2011年5月，講演論文集p.22-24

（概要） 近年，スラリー液移送ポンプやマイクロポンプなどの分野で，バルブレスポンプが注目されている。バルブレスポンプは種々提案されているが，本研究では，整流機構として流体ダイオードを用い，ベローズを空気圧シリンダで駆動する小型バルブレスポンプを取り上げる。本報では，流量200[mL/min]程度の送液能力を持つバルブレスポンプを試作し送液特性を調べた結果，およびマイクロ化の可能性について述べた。

福山飛翔，**小西大二郎**：ディンプル油だまり量がしゅう動摩擦係数に及ぼす影響，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22年度学術講演会，2011年2月，講演論文集pp.43-44

（概要） 滑り案内面の多くはしゅう動面にきさげ加工を施したものをを用いている。きさげ加工の摩擦低減効果は優れており，表面の凹凸が油だまりになって，その油量が摩擦を低減させる要素だと考えられている。しかし，きさげ加工は手作業で行うため時間とコストがかかる。そこですべり案内の低摩擦化に向けてしゅう動面にディンプルを施し，そのディンプルに蓄えられる油量，深さと直径が摩擦係数に与える影響を調べ，きさげ加工に代わるしゅう動面の機械加工表面修飾法を提案した。

池田竜二，**井上浩行**，**藪木登**：4節リンク機構を用いた歩行補助機の設計と評価，第19回計測自動制御学会中国支部学術講演会，2010年11月，講演論文集 pp.160-161

（概要） 本研究では，一つのアクチュエータで歩行時の下肢の動きを補助する人間装着型の歩行補助機を提案した。歩行補助機は下肢の動きを補助する脚部とアクチュエータを配置する腰部で構成し，脚部には4節リンク機構を用いた。歩行実験を行った結果，歩行時における一般的な下肢の動きを脚部で実現できることを確認した。また，被験者の筋活動量から運動補助の効果を確認した。

藤井拓馬, 井上浩行, 藪木登, 寺元貴幸: テレビ操作を目的とした視線インタフェースのデザインに関する研究, 第 19 回計測自動制御学会中国支部学術講演会, 2010 年 11 月, 講演論文集 pp.162-163

(概要) 本研究では, 視線でテレビ操作を行うため, 円形の内部を扇状の領域に分割したものを操作画面とする視線インタフェースを提案した. そして, 操作画面の色相・彩度・明度が使用者に及ぼす影響を調べるため, 正答率を評価指標として実験を行った. 最後に, 最も正答率が高かった操作画面を用いてテレビの操作実験を行い, 構築した環境制御装置の有効性を確認した.

石井雄也, 井上浩行, 八田浩之, 生駒徹志: リンク機構を用いた上肢作業補助機構の開発, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2011, 2011 年 5 月, 講演論文集 1P1-A08

(概要) 本研究では, 腕を上げての作業の負担を軽減するため, 上肢の保持に機能を限定することで低価格化を実現する装着型の作業補助具の機構を提案した. 補助具は, 上肢である上腕と前腕の作業補助を目的とし, ラチェット機構を用いた保持機構を使用者に近いところに配置するためにリンク機構を用いて構成した.

石井雄也, 井上浩行, 曾利仁, 安藤泰宏, 八田浩之, 生駒徹志: 除草ロボットのための静電タッチセンサを用いた稲苗検出, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2011, 2011 年 5 月, 講演論文集 1P1-B01

(概要) 本研究では, 水田の除草作業を自律に行う除草ロボットを開発するための基礎研究として, 静電タッチセンサを用いて稲苗を検出する手法を提案した. まず, 静電タッチセンサによる稲苗検出の基本特性を調べた後, 水が及ぼす影響について調べ, 稲苗検出の可能性について検討した.

塩田祐久, 近藤淳哉: 安定化ジルコニアの 3 次弾性定数測定, 平成 22 年度日本高圧学会第 51 回高圧討論会, 2010 年 10 月, 講演論文集 p.173

(概要) これまで超音波進展法を使って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と時効による変化を報告してきた. 本研究では, 応力負荷の下で超音波進展速度を測定できる試験装置を作製し, 時効前後の安定化ジルコニア単結晶の 3 次弾性定数の測定を試みた. 研究は, まずこれまでより高精度に超音波速度を測定することが可能な装置を作

製した. これを用いて, いくつかの結晶方位について, 一軸負荷のもとで超音波進展速度を測定した.

M. NAKAHARA, J. HASHIMOTO, A. ISHIHARA, K. MURAKAMI: An Experimental Study on Properties of Local Burning Velocity for Hydrogen Added Hydrocarbon Premixed Turbulent Flames, Proceedings of the ASME/JSME 8th Thermal Engineering Joint Conference, March, 2011.

(Abstract) This study is performed to investigate directly the local flame properties of turbulent propagating flames at the same weak turbulence condition, in order to clarify basically the influence of the addition of hydrogen to methane or propane mixtures on its local burning velocity. The local flame displacement velocity S_F is quantitatively obtained as the key parameters of the turbulent combustion. Additionally, the Markstein number Ma was obtained from outwardly propagating spherical laminar flames. It was found that the trends of the mean values of measured S_F with respect to H_2 , the total equivalence ratio and fuel types corresponded well its turbulent burning velocity. The trend of the obtained Ma could explain the local burning velocity of turbulent flames only qualitatively. Based on the Ma , the local burning velocity at the part of turbulent flames with positive stretch and curvature, S_{Lb} , is estimated quantitatively. As a result, a quantitative relationship between the estimated S_{Lb} and the S_F at positive stretch and curvature of turbulent flames could be observed only for mixtures with $Le > 1$.

橋本淳: DME・水素・メタン混合燃料火炎の構造と局所燃焼速度, 日本機械学会 2010 年度年次大会, 2010 年 9 月, 講演論文集 pp. 185-186

(概要) DME・水素・メタン混合燃料火炎の局所燃焼速度について, 反応動力学計算により検討を行った. その結果, 伸張応答感度であるマークシュタイン数は, 希薄条件では概ね有効レイヌ数に依存した単調な傾向を示すこと, 過濃条件では当量比および燃料混合割合のいずれに対しても複雑な傾向を示すことがわかった. 火炎構造について検討を行った結果, 低温領域において発熱量を持つ反応群がいくつか存在し, 伸張応答特性に対して影響を及ぼしている可能性があること, それらはゼルドヴィッチ数を用いて定性的な予測が可能であることを示した.

橋本淳: 水素・メタン・DME 混合燃料火炎の局所燃

焼速度, 第48回燃焼シンポジウム, 2010年12月, 講演論文集 pp.414-415

(概要) DME・水素・メタン混合燃料火炎の局所燃焼速度について, 反応動力学計算により検討を行った. その結果, 伸張応答感度であるマークシュタイン数は, 希薄条件では概ね有効ルイス数に依存した単調な傾向を示すこと, 過濃条件では当量比および燃料混合割合のいずれに対しても複雑な傾向を示すことがわかった. 火炎を構成する素反応群, 反応経路に関する検討結果を踏まえつつゼルドヴィッチ数を評価し, マークシュタイン数との関係について議論を行った.

佐竹聖樹, 岸本慎平, 伊藤國雄, 山本伸一: 白色LED用CN薄膜の合成と評価, 第71回応用物理学会学術講演会, 2010年9月, 講演論文集 p.15-318

(概要) RFスパッタ法, 及びECRプラズマCVD法を用いてシリコン基板上にCN膜を成膜し, 特性を評価することで, 単体で白色に発光する素子へ応用することを目指す. AFM画像観察では成長膜表面は滑らかであった. XRDの測定では 32.6° 付近にCNの(200)面の配向ピークが観測できた. FT-IRでの測定結果を見ると, RF+ECRの2層成長のほうが1層成長に比べて結合のピークが顕著に表れた.

岸本慎平, 亀友健太, 國次真輔, 佐竹聖樹, 伊藤國雄: 水素化窒化炭素薄膜の白色発光素子への応用, The 12th IEEE Hiroshima Student Symposium, 2011年11月, 講演論文集 p. B-17

(概要) 水素化アモルファス窒化炭素(a-CN_x:H)を用いた白色発光素子の開発を最終目的とし, a-CN_x:H薄膜の各種形成法と膜成分比との関係, それらのフォトルミネセンス特性を評価することにより, 白色発光素子材料としての可能性の検討を行う. XPS測定結果より, RF成長a-CN_x:H膜よりもECR成長a-CN_x:Hの方が, N/CおよびC-N結合のsp³/sp²比は大きいことがわかった. またRF成長とECR成長との2層構造a-CN_x:Hは, 膜深さ方向にN/CおよびC-N結合のsp³/sp²比が変化し, かつ深くなるにつれてRF成長の分布に近づくことが確認された. 以上よりフォトルミネセンス測定においては, 2層構造の発光ピーク波長が短波長側にシフトするとともに, 赤色や青色発光も強められて, 結果的に演色評価数を大幅に向上する結果となり, 2層構造が高演色性を有した白色発光素子に適していることが明確になった. (第12回IEEE HISS 優秀研究賞受賞)

片山靖也, 岸本慎平, 日下鉄也, 國次真輔, 亀友健太, 佐竹聖樹, 山本伸一, 伊藤國雄: 水素化窒化炭素半導体の白色発光素子への応用, The 12th IEEE Hiroshima Student Symposium, 2011年11月, 講演論文集 p. B-19

(概要) a-CN_x:HのPN白色発光素子をめざし, そのP型素子の作製のために同材料にIII族のBをドーピングするための初期実験を行った. 具体的な成長法としては, CBC構造(a-CN_x:H膜/BN膜/a-CN_x:H膜の3層構造)をSi(100)基板上にRFスパッタ法で作製し, それを熱処理することによりBを上下のCN_x:H膜中に拡散してBCN_x:H膜を作製することを試みた. SEM-EDXの測定よりB_{0.45}CN_{1.1}膜が出来ていることがわかり, この方法でBCN_x:H膜の作製が可能であることがわかった. またフォトルミネセンスの測定結果からも, 発光のピークはCN_x:Hの650nmからBの導入による550nmへと短波長にシフトしていることが確認された.

金谷英樹, 岸本慎平, 小林大晃, 佐竹聖樹, 山本伸一, 伊藤國雄: 白色LEDを目指した水素化窒化炭素薄膜に関する研究, The 12th IEEE Hiroshima Student Symposium, 2011年11月, 講演論文集 p. B-21

(概要) 新白色LEDの開発を目指して, a-CN_x:H薄膜をECRプラズマCVD法により成長した. 今回の実験では成長時のガス流量の変更をおこない, ガス流量が低いほうがプラズマが安定しa-CN_x:H膜の成長レートが大きくなることが分かった. PL測定では, ガス流量を低くして作製したCNE-6のサンプルで各バンド間遷移に対応した発光ピークが顕著に現れた. この発光ピーク波長と大きさは, 成膜ガス比などの成膜条件によって制御可能であると考えられる.

Tetsuya KUSAKA, Kunio ITOH: Study of white light emitting device using hydrogenated carbon nitride double layers, 2010 Kosen Convention Record I.EE.Japan, March 2011, pp. 39-40

(Abstract) In this work, we analyzed the samples fabricated by double layer growth. C-N sp³ bonding increased with growth time owing to ECR growth in double layer structure. The improvement of color rendering properties was attained by double layer growth. Double layer growth makes it possible to fabricate non-uniform nitrogen distribution thin films.

田辺茂, 吉鷹朋昭, 清水日彬: 熱電素子水分解シス

テムの基礎検討, 平成 22 年度電気学会電力・エネルギー部門大会, 2010 年 9 月, 講演論文集 pp.23-13-14
(概要) 一般にはペルチェ効果を利用した電子冷却に用いている比較的低温領域で動作する, 安価な熱電素子を使って発電し, その電力を水の電気分解に利用するシステムを検討した. 熱電素子で発電した電力を水素に変換する理由は, 多数に分散した小規模な本システムの出力を集合して有効利用するのに水素は都合が良いからである.

梶岡大晃, **田辺茂**: パルス重畳直流電圧に対する汚損沿面絶縁特性の基礎検討, 第 12 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム, 2010 年 11 月, 講演論文集 pp.60-63
(概要) シリコンカーバイト(SiC)を始めとするポストシリコン材料を用いた電力用半導体デバイスが開発中である. こうしたデバイスではその定格電圧が 10kV を超えるものの出現が期待されているが, その半導体チップを収納するモジュールケースの絶縁信頼性の確保が重要である. 本研究では, こうしたデバイスを電圧形インバータ回路で用いたときに加わる実際の電圧を考慮したときの, 汚損状態での沿面絶縁特性を取得した.

新免泰陽, **田辺茂**: PEFC における過渡応答解析のための内部インピーダンス測定, 電気学会中国支部第 3 回高専研究発表会, 2011 年 3 月, 講演論文集 pp.28-29

(概要) 固体高分子形燃料電池 (PEFC) は, 起動停止の容易さなどから家庭用コジェネレーションとして普及が期待されている. その出力電圧は負荷電流の増加とともに低下するとともに, 負荷急変に対して時間遅れの応答 (過渡応答) を示す. こうした特性を数値解析するための等価回路を仮定して, その回路に基づいた定数の算定のしかたについて, 実験結果を例にして検討した.

植月唯夫, 松尾明, 森井克之, 幡中久夫: 酸化トリウムタングステン代替新電極の研究, 第 43 回照明学会全国大会, 講演論文集 p.64(CDR-p.62), 2010 年 9 月 8 日

(概要) 酸化トリウムタングステンは, その電子放出性能が優れているため, 半導体用プロセス用超高压水銀ランプ, 溶接加工用電極などに広く利用されている. しかしながらこの電極材料は放射性を有するため, 環境上, この電極に代替されるべき (放射性を有しない) 新電極が望まれている. 我々は, 金属酸化物を酸化トリウムタングステんに代替でき

る新材料の作成に取り組んできた. そして酸化ネオジウムをタングステンに少量混入することで, 酸化トリウムタングステンより電子放出性能が優れる材料を作ることに成功した.

植月唯夫: 冷陰極放電管の高出力化の可能性について, 第 43 回照明学会全国大会, 講演論文集 pp.290-291, 2010 年 9 月 8 日

(概要) 冷陰極放電管は液晶テレビなどのバックライトとして多く用いられてきた. しかし LED の高性能 (高出力・高効率) 化により徐々に市場を奪われつつある. このような状況においては, 冷陰極放電管もより高効率・高出力化を実現し, 少ない本数でバックライトとして機能することが求められる. また高出力が実現すれば, 本来持っている長寿命という利点を活かして照明用線光源としての市場も期待できる. 本研究では, 現在もっとも多く使用されているランプ (外管) 直径 4mm の冷陰極放電管の高出力化・高効率化についての検討を行ったので報告する.

TADAO UETSUKI, Akira Matsuo, Katsuyuki Morii, Hisao Hatanaka: A study on a new material to replace the thoriated-tungsten electrode, The 63rd Gaseous Electronics Conference (GEC63) & 7th International Conference on Reactive Plasmas (ICRP7), Oct 4-8, 2010, p.57

(Abstract) Thoriated-tungsten (ThO₂-W) is popularly used for the electrodes of a super-high pressure mercury lamp, or for arc-welding, because of its excellent performance as to the electron emission. Because it is radioactive, however, a new material which can replace it would be desirable. We have attempted to find a material to replace ThO₂-W as the electrode. We have found that neodymium oxide or samarium oxide made under certain conditions produces encouraging results.

TADAO UETSUKI, Akira Matsuo, Katsuyuki Morii, Hisao Hatanaka: A study on a new material to replace the thoriated-tungsten electrode, 7th ICRP and 63rd GEC, CTP228, Oct 4-8, 2010, Paris, France

(Abstract) Thoriated-tungsten (ThO₂-W) is popularly used for the electrodes of a super-high pressure mercury lamp, or for arc-welding, because of its excellent performance as to the electron emission. Because it is radioactive, however, a new material which can replace it would be desirable. We have attempted to find a material to replace ThO₂-W as the electrode. We have found that

neodymium oxide or samarium oxide made under certain conditions produces encouraging results.

穴戸崇音, 青山直樹, **植月唯夫**: 冷陰極管のガス圧が高出力化, および電極損耗に及ぼす影響に関する研究, 電気・情報関連学会中国支部第61回連合大会, 2010年10月23日, 講演論文集 p.548

(概要) 冷陰極放電ランプ(CCFL)はバックライト光源として使用されてきたが, LEDの高性能化に対抗するためにさらなる高出力・高効率化が必要となっている. 我々はこれまで60TorrのCCFLへのダメージに関する研究を行ってきた. そして水銀無しだとダメージ大きい, 板形状電極とホロー形状電極では板の方がダメージ大きい, 板形状電極ではNiが8000hrでAr消滅, 不点となったがMoでは20000hrでもAr消失は発生せず点灯しているという結果を得ている. 本研究では, 冷陰極放電ランプの高出力・高効率を可能とするガス圧の調査, およびガス圧が電極に及ぼす影響の2つについて検討したので報告する.

青山直樹, **植月唯夫**: ガス圧が冷陰極ランプ特性に及ぼす影響に関する研究, 電気・情報関連学会中国支部第61回連合大会, 2010年10月23日, 講演論文集 p.547

(概要) 冷陰極ランプ(CCFL)は液晶のバックライト光源として使用されているが, LEDの高出力, 高効率化に対抗するため, CCFLにはさらなるランプの高出力, 高効率化が求められている. 高出力, 高効率化を実現するための手段の一つとしてガス圧を変え, 放電プラズマの電界強度をコントロールすることが考えられる. 本研究では, ガス圧に対する陰極降下電圧(CFV)の影響と陽光柱電界強度を調査した. そしてガス圧を低下させることで陽光柱の発光効率が非常に増加することを確認したので報告する.

藤田将雄, **植月唯夫**, 請川信, 齋見元洋, 掛橋英典: 磁気結合型無電極ランプの始動メカニズムの解明に関する研究, 電気・情報関連学会中国支部第61回連合大会, 2010年10月23日, 講演論文集 p.544

(概要) 現在照明用の多くのランプは電極を有しており, 電極が損耗してなくなったときに寿命となる. それに比べ, 近年発売された磁気結合型無電極ランプは電極を持たないため長寿命である. しかしこのランプの始動が高いため, 高耐圧回路素子が必要となりコストが高い. したがってランプの始動電圧を低減するために, 始動メカニズムの分析を行っ

た. 無電極ランプの始動において, 一般に言われているように, E放電とH放電が観測された. 今回の観測で, そのE放電の発生は比較的低い電圧で生じること, E放電からH放電に移行させるのに高い電圧が必要なことが確認できた.

玄馬勇輝, **植月唯夫**, 神田隆司: 点灯回路の違いが蛍光灯の電極スポット位置に及ぼす影響に関する研究, 電気・情報関連学会中国支部第61回連合大会, 2010年10月23日, 講演論文集 p.543

(概要) 現在, 蛍光灯は主照明として多くの場所で使用されており, 蛍光灯の多くは高周波点灯回路(インバータ回路)により駆動されている. 筆者らは蛍光灯の寿命を把握する上で, 電極上に発生する電極スポットの位置を把握することが重要であると考え, その位置を把握する手法を確立した(1). そして代表的なインバータ回路3種類を用いて蛍光灯の寿命試験を行い, 電極スポット位置が寿命試験時間と共にどのように変化するかを調べた. その結果, 蛍光灯を点灯させているインバータにより, 電極スポット位置の時間的变化に大きな差が生じることを確認したので報告する.

Shigeyuki Nakamura: Photoluminescence Properties of AgInS₂ Thin Films Prepared by Sulfurization of Evaporated Metal Precursors with Various Temperatures, 25th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (25th EU PVSEC) / 5th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC-5), 3BV.2.6, Valencia, Spain, September 6-10, 2010

(Abstract) Recently, I-III-VI₂ chalcopyrite semiconductors are developed as promising materials for high efficiency thin film solar cells. Cu(In,Ga)Se₂ thin film solar cells have attained the best efficiency of 19.9 % so far. To obtain higher efficiency, tandem solar cells are effective. AgInS₂ has an appropriate bandgap energy of 1.9 eV for an absorber layer of a top cell of the tandem solar cells. We have prepared AgInS₂ thin films by sulfurization of vacuum-evaporated Ag/In precursors and characterized with regard to compositional, crystallographical, morphological and optical properties. In this work, we have characterized the films by photoluminescence measurements of the stoichiometric AgInS₂ thin films sulfurized with various temperatures in order to obtain more information to improve the film preparation method.

Yoji Akaki, Yu Kawano, **Shigeyuki Nakamura**, Takahiro Tokuda, Kenji Yoshino : Effect of annealing for CuInS₂ thin films prepared from In-rich ternary compound, Book of Abstract of 17th International Conference on Ternary and Multinary Compound, Baku, Azerbaijan, 2010.9, P1-22 p. 42

(Abstract) Among ternary chalcopyrite semiconductors, CuInS₂ may be the most promising material for photovoltaic applications due to the band gap energy of 1.53 eV, which perfectly matches the solar spectrum for energy conversion. Furthermore, since the material does not contain toxic Se atom, these may have an advantage in comparison with the frequently studied CuInSe₂ and Cu(In,Ga)Se₂. In our previous works, Cu-rich CuInS₂ films have been prepared on glass substrates using the single-source thermal evaporation method, and the films were subsequently annealed from 250 to 500 °C in air or H₂S atmosphere. We reported that the polycrystalline CuInS₂ thin films with other phases were grown above 250 °C by X-ray diffraction (XRD) measurement, and the films annealed at 400 °C exhibited the single phase. In this paper, we report on effect of annealing for In-rich CuInS₂ thin films prepared by the single-source thermal evaporation method using In-rich CuInS₂ powder.

Yoji Akaki, Kyohei Yamashita, Tsuyoshi Yoshitake, **Shigeyuki Nakamura**, Takahiro Tokuda, Kenji Yoshino : Effect of annealing for Ag-rich AgInS₂ thin films prepared by a vacuum evaporation method, Book of Abstract of 17th International Conference on Ternary and Multinary Compound, Baku, Azerbaijan, 2010.9, P1-24 p. 44

(Abstract) AgInS₂-based materials are promised absorbers of the shorter wavelength. However, there are few reports on AgInS₂ films. Therefore, the accurate material characterization of the AgInS₂ films is not well understood. In this paper, we report on effect of annealing for Ag-rich AgInS₂ thin films prepared by the single-source thermal evaporation method using Ag-rich AgInS₂ powder.

山角師之, 赤木洋二, **中村重之**, 吉野賢二 : 真空蒸着法を用いた CuInS₂ 薄膜の Sb 添加効果, 平成 22 年度 応用物理学会九州支部学術講演会, 2010.11, 福岡, p.8, 27Aa-2.

(概要) 現在, 資源の枯渇及び環境問題を解決するために期待されている太陽電池はバルク系と薄膜系に大別される. 薄膜系はバルク系に比べ省資源となることから低コストにつながるという利点がある.

この薄膜系のうち I-III-VI₂ 族化合物半導体である CuInS₂(CIS)は高い光吸収係数と太陽光スペクトルにマッチする 1.53eV のバンドギャップを持つことから, 低コスト・高効率な太陽電池用光吸収層の材料として注目を集めている. これまでの我々は H₂S 中でアニールした Sb 添加 CIS 薄膜は無添加 CIS 薄膜に比べて, より低温で組成がストイキオメトリーに近づくことを報告してきた. そこで本研究では, 更なる高品質化を目指し, Sb 添加量を変えたとき CIS 薄膜の成長にどのような影響を及ぼすか調査を行ったので報告した.

Shigeyuki Nakamura : CuInS₂ thin films prepared by spin-coating for solar cell applications, 第2回 半導体材料・デバイスフォーラム予稿集, 2010.12, 熊本, pp.30-31

(Abstract) This paper describes preparation of CuInS₂ thin films as an absorption layer for thin film solar cells. The films have been prepared by sulfurization of spin-coated Cu/In metal precursors. Cu/In ratios in the films were controlled by changing Cu/In ratios in the solution. The stoichiometric films were obtained at solution ratio of Cu/In=1.7, repetition of 8, sulfurizing temperature and time of 475 °C and 45 min.

林潤一, **中村重之**, 亀友健太, 安井望, 財部健一 : 単膜化した鉄シリサイド薄膜の電気的特性, 第 2 回半導体材料・デバイスフォーラム予稿集, 2010.12, 熊本, pp.130-131

(概要) 対向ターゲット式スパッタ法 (FTS 法) を用いて作成した鉄シリサイド(FeSi_x)薄膜から基板を除去し, その試料のホール効果の測定を行い, その温度特性の結果を報告した.

山角師之, 赤木洋二, **中村重之**, 吉野賢二 : 真空蒸着法による Sb 添加 CuInS₂ 薄膜の作製, 第 2 回半導体材料・デバイスフォーラム予稿集, 2010.12, 熊本, pp.150-153.

(Abstract) Structural, optical and electric properties of Sb-doped CuInS₂ thin films grown by a vacuum evaporation method were studied. The concentration doped of the Sb atom was from 0.60 to 2.94 mol.% for CuInS₂. The films were annealed in H₂S atmosphere from 300 to 500 °C for 1 hour. Property of the films were investigated using X-ray diffraction, UV-Visible-NIE spectrophotometer, electron probe micro analysis and Hall effect measurement. We found that Sb-doped CuInS₂ thin

films have band gap energy of 1.35-1.44 eV. Sb-doped CuInS_2 thin films were high quality at low annealing temperature in comparison with undoped thin films.

高田亮輔, 小林貴広, **中村重之**: 太陽電池のための酸硫化スズ薄膜の作製, 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22年度学術講演会, 平成23年2月7日

(概要) 太陽電池材料として期待されている硫化スズ薄膜を真空蒸着したスズ薄膜を硫化する方法で作製し, その特性を報告した. また, 新しい太陽電池材料として, 硫化スズを酸化した酸硫化スズを作製し, その特性を報告した.

鎌屋竜, 森浦博之, 林潤一, **中村重之**, 安井 望, 亀友健太, 財部健一: 対向ターゲット式スパッタ法で作製した鉄シリサイドのホール効果測定, 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22年度学術講演会, 平成23年2月7日

(概要) 対向ターゲット式スパッタ法 (FTS 法) を用いて作成した鉄シリサイド(FeSi_x)薄膜から基板を除去し, その試料のホール効果の測定を行い, その温度特性の結果を報告した.

亀井譲, 前田美与, **中村重之**: ミスト CVD 法による ZnS 薄膜の作製, 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22年度学術講演会, 平成23年2月7日

(概要) ミスト CVD 法を用いて CIGS 薄膜太陽電池のバッファ層への応用を目指した ZnS 薄膜を作製するための装置の開発について報告した.

杉山大貴, **中村重之**: 対向ターゲット式スパッタ法で作製した鉄シリサイドの熱電能, 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22年度学術講演会, 平成23年2月7日

(概要) 将来の超格子構造鉄シリサイド熱発電素子の開発を見越して, 対向ターゲット式スパッタ法で作製した鉄シリサイド薄膜のゼーベック係数を測定した. 得られた値は, 実用化するには2桁以上の向上が必要であった.

曾我直輝, **中村重之**: 薄膜太陽電池のための酸化亜鉛薄膜の作製, 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22年度学術講演会, 平成23年

2月7日

(概要) CIGS 薄膜太陽電池や SnS 薄膜太陽電池の表面電極としての透明導電膜を目指してスパッタ法によってアルミドープおよびノンドープの酸化亜鉛薄膜を作製した. アルミドープの薄膜は低い抵抗率を示したが, ノンドープの薄膜は高い抵抗率を示さなかった.

澤島淳二, 前島悠佑, **中村重之**, 伊藤國雄, 亀友健太, 財部健一, 山本伸一: アモルファス窒化炭素薄膜におけるフォトルミッセンスの温度依存性, 応用物理学会中国四国支部2011年度支部学術講演会, 2011年7月, 講演予稿集 p.116

(概要) ECR プラズマ CVD 法により製膜したアモルファス窒化炭素薄膜におけるフォトルミネッセンスの温度依存性について調査を行った. PL スペクトルのピーク波長位置に関する温度依存性については, 明確には確認されなかった. この傾向は他のアモルファス材料でも同様に見られることから, アモルファス特有の傾向と考えられる.

N. Mungkung, T. Yuji, K. Nakabayashi, H. Kataoka, Y. Suzuki, **H. Toya**, H. Shibata: Investigation of Surface Properties on Indium Thin Oxide films Modified by MirroTron Sputtering System, Proceedings of International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum, No.C1-P05, Braunschweig, Germany, 2010.09, pp.509-512

見上博美, **山本吉範**: 真核生物における鞭毛運動モデルの解析, 計測自動制御学会中国支部津山地区計測制御研究会, 2011年2月6日, 平成22年度学術講演論文集 pp.41-42

(概要) マイクロ・ナノロボットの駆動系として自然界の極小生物に習ったヒレ, 毛, 体の伸縮運動などが考えられる. 本研究では, 真核生物の鞭毛運動を基に力学モデルを構築し, モデルの解析を行ったのでその結果について報告する.

T. Kobayashi, H. Kanematsu, R. Hashimoto, K. Morisato, N. Ohashi, H. Yamasaki, S. Takamiya: Environment & Energy Related Study using Belonging Materials, The 4th International Symposium on Advanced Technology Education, Sep. 28-30, 2010, Kagoshima, Japan
(abstract) A trial to quantify CO_2 emission by utilizing

our belonging materials has been conducted. For the Polymer electrode membrane Fuel Cell (PEMFC) system, the reduction of more than 23% CO₂ emission was measured under a practical operation in a family of Okayama prefecture. The statistical data of the CO₂ emission obtained from the student's homes has shown that the highest CO₂ emission results from the commercial electric power, then gasoline for automobile and kerosene follow thereafter, which is consistent with the trend of the average aspect in Japan. In terms of the high efficiency lighting, the plane lighting source like Organic LED is ideal in view of heat transfer, and the multiple point lighting source is more advantageous than the small number of point lighting source.

T. Kobayashi, K. Morisato, H. Kanematsu, N. Ohashi : A simulation of thickness distribution on curved substrate for ion beam assisted vapor deposition, The 5th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics(5th ISEM), Nov.4-7, Kyoto, Japan (abstract) A modeling predicting the thickness distribution of BN layer deposited on three dimensional substrate was studied. The empirical boron resputtering yield during c-BN deposition was greater than the calculated boron resputtering yield. The reason has been suggested that the simultaneous deposition and sputtering resulted in a different surface condition. Using the empirical boron resputtering yield and continuous waving method at the waving angle of greater than $\pm 75^\circ$, the whole position on semicircular substrate can be coated.

T. Kobayashi, T. Fukui, R. Hashimoto, H. Kanematsu : Optimizing the Configuration of Graphite Linear Evaporators for Large Scale Vacuum Deposition, The 2nd International Conference on Design Engineering and Science, November 17-19, 2010, Tokyo, Japan (abstract) The thermal stress generated in a graphite linear evaporator for large scale vacuum deposition equipment and the bending strength of the graphite material were evaluated, and optimization of the configuration was statistically studied to prevent the evaporator from fracture. The thermal stress was calculated to investigate the effect of the parameters on the stress using a Finite element method (FEM) code which can handle thermal elasticity and geometric nonlinearity, then regression equations were formed by

multiple regression analysis. Consequently, optimized configuration and dimension to satisfy the allowable stress was determined and the validity was testified by the confirmation calculation using the FEM analysis.

T. Kobayashi, H. Kanematsu, S. Takamiya, T. Fukui : Nuclear reaction analysis for composition measurement of BN thin films, Proceedings of 19th International Conference on Nuclear Engineering, May 16-19, 2011, Chiba, Japan

(abstract) The composition of the BN film was determined using Rutherford backscattering spectrometry (RBS) and nuclear reaction analysis (NRA). A peak from $^{10}\text{B}(\text{d}, \alpha)^8\text{Be}$ in an NRA spectrum of a standard sample appeared clearly without significant background, however a broad signal from $^{11}\text{B}(\text{d}, \alpha)^9\text{Be}$ appeared overlapping with a peak from $^{14}\text{N}(\text{d}, \alpha)^{12}\text{C}$. Therefore the $^{10}\text{B}(\text{d}, \alpha)^8\text{Be}$ and $^{14}\text{N}(\text{d}, \alpha)^{12}\text{C}$ yields were estimated, since the ratio of $^{11}\text{B} : ^{10}\text{B}$ measured by RBS was 0.83 : 17. In the case of calculating the $^{14}\text{N}(\text{d}, \alpha)^{12}\text{C}$ yields, the signal from $^{11}\text{B}(\text{d}, \alpha)^9\text{Be}$ was deconvoluted by taking into account the shape of $^{11}\text{B}(\text{d}, \alpha)^9\text{Be}$ signal. The areal ratio $^{14}\text{N}/^{10}\text{B}$ was 7.73 and the error was -3.5 to +3.2%. The conversion factor allows obtaining the composition of BN thin films on Si substrate.

小林敏郎, 山崎宏晃, 兼松秀行 : 有機 EL 発光パネルの温度分布に関する研究, 広島県機能性薄膜応用研究会, 2011. 3.22

(概要) 有機ELパネルの温度, 温度分布に及ぼす構造, 構成材質, 寸法の影響について解析を行った. 封止物質を熱伝達率の大きい物質に変えることで温度低減でき, また, 空間の厚みが薄ければ放熱効果が大きいため温度低減ができることも確認できた. 面方向では, 中央と端部で温度に差ができ, その結果, 金属板ありの場合の方が中央の変形量が大きかった. これは, 金属板の熱膨張率が大きいためであると考えられるが, 変形量の差は軽微であった.

小林敏郎, 高宮祥平 : イオンビームを用いた薄膜中のホウ素分析に関する研究, 広島県機能性薄膜応用研究会, 2011. 3.22

(概要) Si基板上のBN薄膜の分析を行うために, 特殊基板(炭素基板にZrを中間層として挿入)上のBN薄膜を標準試料として, 高精度のRBS分析を行い, 同一試料をNRA分析することにより, RBS-NRA

間の換算式を作成し、Si 基板上の BN 薄膜の分析を可能とした。

後藤次郎, **小林敏郎**: 燃料電池ハイブリッド飛行体の設計・試作, 機械学会「中国四国学生会第 41 回学生員卒業研究発表講演会」, 2011.3

(abstract) In the present study, the flight vehicle for the fixed point observation of "nara" withering in the village forest was designed and trial-manufactured. The flight vehicle has a helium gas filling envelope of 4.5m in total length. It was confirmed that of photograph the forest observation from the sky could be taken by the vehicle as a result of several test flights.

山崎宏晃, **小林敏郎**: 有機 EL 発光パネルの放熱特性に関する研究, 機械学会「中国四国学生会第 41 回学生員卒業研究発表講演会」, 2011.3

(abstract) The present paper describes the influence of structure, materials and dimensions on temperature distribution of an Organic Light Emitting Diode panel. It has been suggested that materials having high thermal conductivity i.e., Air, He gas, silicone oil, are preferable for the insert material, further metal plate attached to the OLED panel is effective to the reduction of temperature difference in plane direction without serious displacement due to the different thermal expansion between glass panel and metal plate.

大橋紀之, **小林敏郎**: 家庭用固体高分子形燃料電池システムによる CO₂ 排出量低減効果の測定, 機械学会「中国四国学生会第 41 回学生員卒業研究発表講演会」, 2011.3

(abstract) The data of energy balance and CO₂ emission of a family introduced Polymer electrode Fuel Cell (PEFC) power generation system in Tsuyama. It's found that the PEFC system can reduce CO₂ emission more than 22% in comparison with the conventional systems. The reason is suggested that the PEFC system utilizes exhaust heat for hot water of bath and kitchen.

森里邦彦, **小林敏郎**: 自律型ロボットを用いた放射線計測, 機械学会「中国四国学生会第 41 回学生員卒業研究発表講演会」, 2011.3

(概要) 市販の民生用機器の組み合わせで容易に放射線計測を行う技術について検討した。具体的には、自律走行ロボットを、放射線源を設置した実験

フィールド内で自律走行させ、線量率のデータをデータロガーに記録することによりマッピングが可能であることを示した。

福井俊広, **小林敏郎**: 真空蒸着用蒸発源の熱応力に関する研究, 機械学会「中国四国学生会第 41 回学生員卒業研究発表講演会」, 2011.3

(概要) 真空蒸着装置に用いられる大型のグラフィート蒸発源において、非定常時の熱応力等の制約条件を確保する為、熱流束の適正化についての基礎検討も行った。解析結果から制約条件を満たす加熱条件を把握することができた。今後は、非線形な熱流束加熱条件の検討による、加熱時間の短縮化等について検討していく予定である。

二木大輔, **細谷和範**: 岡山県吉井川流域の風場調査, 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 22 年度学術講演会論文集, 2011, pp.33-34

(概要) 岡山県の吉井川ではかつて帆のついた高瀬舟が運行されており、当該地には船を動かすために十分な風力が存在すると推測される。本研究では吉井川流域の和気町周辺において風場調査を行った。本報告では既報に続いて高瀬舟が帆走していたと推測される和気町佐伯体育館に新たに風速計を設置し、当該地付近の風況を調べた結果について報告する。

細谷和範: ウミガメの前肢の動きに学んだ簡単な推進機構に関する実験的研究 (一様流中及び脈動流中での推力の特徴), 日本機械学会講演論文集, 2011, No.115-1, pp.281-282

(概要) 本報告では、簡単な翼素理論を用いて設計した二段型の振動翼を用いて一様流中と脈動流中で推力を計測し、振り下ろしのタイミングによる推進性能の違いの把握を行った。また、羽ばたき型推進機構の応用として、その安全性を活かした水中ロボットを試作し、工学教材に応用した事例についても触れる。

大山祐也, **細谷和範**: 小型回流水槽による脈動流の一様性に関する実験的研究, 日本機械学会中国四国支部第 41 回学生員卒業研究発表講演会, 2011, 前刷集 p.147

(概要) 縮小模型などを用いて一様な定常流中での物体まわりの流れを調べるために風洞や回流水槽がよく利用される。本研究では、開水路状の測定部を持つ小型回流水槽の駆動モーターをシーケンス制

御し脈動流を簡便に発生させる試みを行い、流れ場の一様性や特徴を調べた。

長岡健一，新開純子，高橋章，**岡田正**：高専情報基礎教育の新たな学習教材と教育効果評価への展開，平成 22 年度情報教育研究集会，2010 年 12 月，講演論文集 PT-12 pp.470-473

（概要） 高専の情報基礎教育の確立と普及を推進する活動を行っており，平成 13 年から情報基礎教育の教科書や学習ノートなどの教材開発，ポータルサイト構築などの教育支援環境の整備を行ってきた。最近の活動として，新しい学習指導要領にも配慮しつつ，教科書と学習ノートの改訂や情報基礎教育の評価に関する取り組みを行っているので，この活動をポスターセッションとして報告した。

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**：オープンソースリムーバブルデスクトップ環境の構築システム，情報処理学会第 73 回全国大会 [デモセッション]，2011 年 3 月，講演論文集 Vol.1 pp.215-216

（概要） ノートパソコンの低価格化やフラッシュメモリの大容量化を受けて，種々のリムーバブルなデスクトップ環境を，容易にかつ安価に実現できる環境が整ってきた。この背景から，これまでから提案してきたオープンソースソフトウェア活用の教材開発・提供システムを，SD ブート可能なシステムとして実現することを検討した。実際の構築手順や必要システムとともに，その効果と問題点をデモセッションにおいて報告した。

土居敬幸，**河合雅弘**：高速数値演算のための汎用 GPU プログラミングの研究，第 12 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム テクニカルプレゼンテーション，2010 年 11 月

（概要） PC クラスタのノード PC の高速化を目標に汎用 GPU による高速数値演算のプログラミングについて調査を行った。性能を引き出すには汎用 GPU のアーキテクチャに合わせたプログラミングが必要であること，処理するデータサイズおよびデータの分割方法が高速化に顕著に影響することを確認した。

Shoya Koshii, **Takayuki Teramoto**, **Atsushi Onishi** : The making of the C interpreter - Improvement to use the class -, International Student Conference 2011 in Okayama,

January, 2011, p.70

（概要） We have developed the C interpreter that shows how to behave a given source code. In this lecture, we reported about the improvement of that interpreter for the programming class use.

和田祥司，**大西淳**：変則三手並べ「Lite3」の解析，第 12 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム テクニカルプレゼンテーション，2010 年 11 月

（概要） 変則三手並べ「Lite3」の解析結果として，通常の三手並べに単純なルールを一つ追加することによってゲームの合理的な結末が引き分けから先手必勝に変化することとその手順，および，可能な局面数について発表した。

武下博彦，**大西淳**，**曾利仁**：自動姿勢制御自転車教材の開発，第 3 回中国地区高専テクノ・マーケット高専・企業コラボ成功事例発表，2010 年 12 月

（概要） タマデン工業株式会社（岡山県玉野市）と共同で取り組んでいる自転車ロボットを利用した組込み技術教育用教材の開発について，教材の紹介・今後の展開を中心に紹介した。

高山直紀，**大西淳**：初等プログラミング実験課題のアンケート調査と分析，計測自動制御学会中国支部津山地区計測制御研究会，2011 年 2 月，講演論文集 pp.1-2

（概要） 津山高専情報工学科では，平成 22 年度に 2 年生の情報工学実験の内容を更新し，新たにプログラミング実験を追加した。本講演では，受講者に実施したアンケート結果について検討し，新しい実験課題で学生の興味をひくことに成功した旨，報告した。

笠原遼太，**曾利仁**，**大西淳**，武下博彦：二輪自転車ロボットの姿勢制御と方向制御，電気学会中国支部高専研究発表会，2011 年 3 月

（概要） タマデン工業株式会社と津山高専とで共同で取り組んでいる二輪自転車ロボットについて，姿勢制御のみを行った場合と方向制御もあわせて行った場合の挙動について実験した結果を報告している。

Tomohiro FUKUDA, **Shigeru ARIMOTO** : Matrix Art and the Niagara International Joint Project, International

Students Conference in Okayama, January 23, 2011
(abstract) In a Challenge Seminar of Tsuyama National College of Technology, matrix data of various molecular networks have been visualized using MATLAB software, and the visualized matrix data have been used as a new interface (between science and art) called Matrix Art. This interface played a role in starting a new *international* joint project called the Niagara Project between members of Tsuyama NCT and members of Pennsylvania College of Technology in America, and members in other institutions in France, and Canada.

Yosiki Soma, **Masahiro Watari** : Punctual Hilbert schemes for irreducible curve singularities, International Congress of Mathematicians of Date, 31 December, 2011, Allahabad, India

(abstract) We gave a presentation about Punctual Hilbert schemes for irreducible curve singularities. In particular, we mainly studied Punctual Hilbert schemes for simple irreducible plane curve singularities, A-type, E6-type and E8-type.

松田修 : 線織面上の曲線の混合多種数について 2, 代数幾何目白セミナー2010, 2010年12月

(概要) 本発表は, 不正則数が1以上の線織面上の曲線の分類を, 曲面 S とその上の既約代数曲線 C の対 (S, C) の極小モデルで行った. 特に分類が難しいとされる対の小平次元が2である一般タイプの対の分類を双有理不変量である混合多種数 $P_{\{2,1\}}[D]$ を用いて行った結果を発表した. その結果, 曲線の底曲線に関する次数 $\sigma(D)$ が4である曲線の特徴付けに成功した.

渡利正弘 : On the Punctual Hilbert schemes for curves singularity, 代数幾何小研究集会—宇部—, 2011年1月30日, 宇部工業高等専門学校

(概要) 既約単純曲線芽であるA型, E6型, E8型の3種類の特異点に付随する Punctual Hilbert scheme に関する結果を発表した.

渡利正弘 : On the punctual Hilbert schemes for semi-monomial plane curve singularities, 日本数学会代数分科会, 2011年3月, 早稲田大学

(概要) 準単項曲線芽に対して, それに付随する Punctual Hilbert scheme に関する結果を発表した.

渡利正弘 : Punctual Hilbert schemes for semi-monomial plane curve singularities, 津山代数幾何シンポジウム, 2011年7月27日, 津山工業高等専門学校

(概要) 既約単純曲線芽に対して, 準単項というクラスを定義して, そのクラスの曲線芽に付随する Punctual Hilbert scheme に関する結果を発表した.

古樋直己 : 映画における高頻度基本コロケーションの性質, 映画英語教育学会関西支部第8回大会, 2010年9月

(概要) 洋画約70本に出現するコロケーションのうち, 高頻度のものにはどのようなものがあるのかを明らかにした.

古樋直己 : 工業英語に頻出する動詞—名詞コロケーションとその性質, 外国語教育メディア学会2011年度関西支部春季研究大会, 2011年5月

(概要) 工業英検問題コーパスを自作し, そのコーパス内に出現するコロケーションのうち, とくに動詞—名詞コロケーションのみに注目した.

古樋直己 : 技術英語の頻出動詞—名詞コロケーション: 大規模技術英語コーパスと工業英検問題コーパスの比較, 関西英語教育学会2011年度(第16回)研究大会, 2011年6月

(概要) 世界最大の技術英語コーパス PERC と工業英検問題コーパスに出現する動詞—名詞コロケーションを比較した.

古樋直己 : 高校英語検定教科書のコロケーション: 抽出方法による得られるリストの違い, 全国英語教育学会第37回山形研究大会, 2011年8月

(概要) 高校英語用の英語 I, 英語 II 検定教科書に出現するコロケーションを3つの方法で抽出した. 抽出方法によって, リストが大幅に変わることがわかった.

かどやひでのり : 情報保障論からみたエスペラント, 日本エスペラント学会研究発表会, 2010/10/9, 長崎ブリックホール

(概要) 情報保障論というおおきなわくぐみから計画言語エスペラントを位置付けて, 社会的公正の実現のための不可欠性をしめしたときに問題となるエスペラントの属性についてしめした.

講演・発表(教育分野)

M. Kato, T. Kobayashi, T. Okada, M. Sato, Y. Sasai, D. Konishi, K. Harada, H. Taniguchi, H. Toya, T. Inada, H. Sori, H. Yagi : Progression of Technology Education for Atomic Energy Engineering in Tsuyama National College of Technology , Proceedings of 19th International Conference on Nuclear Engineering, May 16-19, 2011, Chiba, Japan

(abstract) This paper describes the achievements of a program in which technology education is provided to cultivate practical core engineers for low-level radiation. It was made possible by means of (1) an introductory education program starting at an early age and a continuous agenda throughout college days and (2) regional collaboration. In consequence, it has been estimated that there is now a total of fourteen subject areas in atomic energy technology, more than eight-hundred registered students in the department, and thirteen members of the teaching staff related to atomic energy technology.

安信陽平, 小森広平, **八木秀幸** : 倒立二輪車両を用いた小中学生向け公開講座について, 計測自動制御学会中国支部津山地区計測制御研究会, 2011 年 2 月 6 日, 講演論文集 p.29-30

(概要) 現在の日本は, 若年者を中心としたものづくり離れや技能離れ, いわゆる理系離れが進んでいる。この一因は, 幼少期においてもものづくり体験に乏しいこと, ものづくり現場を見る機会が少ないこと, またそのために技能に対する関心が低いことなどが考えられる。そのため自主的に考え行動することが苦手となり, 創造力や問題発見・解決能力, グループ活動能力に乏しくなってしまう。この状況を改善するため, 本校では岡山大学・岡山理科大学・倉敷芸術科学大学・岡山県と連携し, 科学による地域の活性化を目的として「科学 Try アンゲル岡山」という名称で活動を行なっている。その活動内容の 1 つとして科学大好きクラブがあり, 小中学生を対象に科学の面白さを幅広い分野で体験してもらっている。本稿は, LEGO MINDSTORMS NXT を用いた小中学生向け公開講座として倒立二輪車両の製作講座を紹介する。本年度 2 回実施した講座状況を説明し, アンケート結果により有効性を検証する。

Kazunori HOSOTANI, Kotaro NISHIKAWA, Mitsunori

NAKAO : Development of simple underwater robots with oscillating propulsion fins to encourage interest in engineering, Proc. of Techno-Ocean 2010 International Conference, Kobe

(abstract) In this study, we developed simple sequential controlled robots (dolphin type and the sea turtle type) for educational use. Both robots have attachable an oscillating fluke or flippers which are driven by a DC servo motor controlled by PIC microcomputer. Robots swing up the flippers or the fluke slowly and swing them down quickly. In this paper, we first investigate the characteristics of the propulsive force, and then discuss the educational effectiveness using these robots.

Kazunori HOSOTANI, Yasuhiro HARUNA, Kazunori KUROSAWA, Mitsunori NAKAO : A classroom approach encouraging interest in engineering by using a portable wave tank and simple underwater robots -Results of the children's open lecture questionnaire-, Proc. of Techno-Ocean 2010 International Conference, Kobe

(abstract) In this study, an engineering classroom approach for children that consists of a coastal safety education and mechatronics were discussed. In this article, an offshore current simulation and experimental lesson using simple underwater robots were set as the theme of the lesson.

A simple portable wave tank and under water robots were first developed. Through these lessons in the form of games, we tried to encourage developing interests of study to understand the mechanisms of natural phenomena. The effect of the lesson evaluated by the questionnaire taken at the joint science lesson project for elementary and junior high school children is mentioned.

仲矢靖史, **細谷和範** : 水陸両用型ウミガメ教材ロボットの試作, 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 22 年度学術講演会論文集, pp.35-36, 2011

(概要) 水陸両用の ROV としていくつかのウミガメ型ロボットが開発されている。ウミガメは前肢を使い, 水中では遊泳し, 砂浜では歩行することが可能であり, さらにはばたき動作の推進特性スクリーンに比べて安全である特徴を持つ。このウミガメロボットのユニークさや安全性は工学教育の題材としても適していると思われる。そこで本研究では環境とメカトロニクスを学ぶ工学教育用教材を視野に入れ, 簡単な水陸両用のウミガメロボットを試作した。

細谷和範, 仲矢靖史, 影山尚幸: 簡単なウミガメ型ロボット教材の試作—遊泳と歩行動作を取り入れた簡易型ロボット—, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2011, 2A2-H01, 2011, 岡山

(概要) 本研究では水生生物の遊泳に学んだ水中ロボット教材を開発し, 小学生を対象とした工学教育の動機付けを試みた. 本論文でははじめに, 簡単なウミガメ型ロボット等を用いた公開講座のアンケート結果に基づき工学への動機付けについて検討した. 続いて, より幅広い年齢層に対応するための考察と検討を行った.

谷口浩成, **細谷和範**, 桶真一郎, 湊原哲也: 津山高専におけるロボットコンテストを通じたものづくり教育, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2011, 2A2-G04, 2011, 岡山

(概要) 津山工業高等専門学校(以下, 津山高専と略す)電子制御工学科(以下, 本学科と略す)では, 電気・電子・機械・制御の幅広い知識と技術を身につけたメカトロニクス技術者の養成を目指し, ものづくり教育に力をいれている. 本学科では, ものづくり教育を実践するにあたり, ロボットコンテストが有効な手段であると考えており, これまでも様々なロボットコンテストに対する学生の取り組みを学科として支援している. 本報告では, 本学科の学生で構成されているチームによる各種ロボットコンテストへ出場に向けての創造活動を取り上げ, ロボットコンテストを通じたものづくり教育に対する学生の活動状況について紹介する.

岡田正: 工学教育と津山高専のこれから, 平成 22 年度岡山県工学教育協議会「教育シンポジウム—明日の工学教育に向けて—」, 2011 年 2 月

(概要) 岡山県下の工学系高等教育機関が意見交換する岡山県工学教育協議会において, 高専の工学教育の現状や今後のあり方について, 大学教育や外部評価等との関連を含めて紹介した.

藪木登, 黒崎正裕, 井上浩行, 鷺見育亮, 築谷隆雄: 視線を用いた家電製品の制御に関する研究, 平成 22 年度電気・情報関連学会中国支部連合大会, 2010 年 10 月, 講演論文集 p.52

(概要) 障害者や高齢者など, 通常生活で介護が必要な人が視線を利用し, 家電製品を操作できるシステムを検討している. そこで, 利用者がソファやベッド, 椅子等に腰掛けた状態で, 室内の中にあるテレビや照明などの家電製品に視線を送ることによ

り, その製品をコントロール(ON/OFF 等)するシステムを提案している.そして, 提案システムを構築し, 視線を用いた家電製品の制御実験により動作を確認する.

小山将人, 鷺見育亮, 植田拓也, **藪木登**, 築谷隆雄: 自己組織化マップを用いた道路標識の内部情報認識に関する検討, 平成 22 年度電気・情報関連学会中国支部連合大会, 2010 年 10 月, 講演論文集 p.53

(概要) 自己組織化マップ(Self Organizing Maps: SOM)を用いた形状認識・抽出手法について研究を行っている. 本稿では, 従来の開発した道路標識認識システムを改良し, 道路標識の内部情報の認識に関する研究について述べる.

窪田直哉, 鷺見育亮, 小山将人, 築谷隆雄, **藪木登**: OpenCV を用いた動画像による道路標識認識の一検討, 平成 22 年度電気・情報関連学会中国支部連合大会, 2010 年 10 月, 講演論文集 p.54

(概要) 我々は, 自動車の運転アシストに必要な道路標識・車線の自動認識を目指して, SOM による道路標識の研究を行っている. 車載カメラを用いたリアルタイム標識認識に多彩な機能を持つ OpenCV を使用して, 課題であった動画像認識が可能なかの検討を行った. 車載カメラを使い, 目標のオブジェクトの一つである「止まれの標識」の認識実験を, OpenCV でオブジェクト認識に必要な学習ファイルを作成して行った.

徳山亮, **藪木登**, 鷺見育亮, 築谷隆雄: 自己組織化マップを用いた画像における輪郭抽出に関する一検討, 平成 22 年度電気・情報関連学会中国支部連合大会, 2010 年 10 月, 講演論文集 p.55

(概要) 本研究では, 自己組織化マップ(SOM:Self Organizing Maps)のアルゴリズムを応用した輪郭抽出手法である DCDAM(Direct color Distribution Applying Method)によって得られたユニットを, B-spline 曲線によって補間することで, 直接的に輪郭を抽出する方法を検討する.

坂本剛, 築谷隆雄, 恒次秀起, 鷺見育亮, **藪木登**: 回路パラメータ任意設定型 OTA-C フィルタ回路の合成, 平成 22 年度電気・情報関連学会中国支部連合大会, 2010 年 10 月, 講演論文集 p.139

(概要) 本稿では, OTA と接地キャパシタによる損失積分器をもとに, 電流モードフィルタ回路の合成について検討している.

平林克隆, 鷺見育亮, 吉田聡, 名古屋孝明, 西本弘之, 小谷章二, 築谷隆雄, **藪木登**: 遠隔地データ収集のためのネットワーク構築の一検討, 平成 22 年度電気・情報関連学会中国支部連合大会, 2010 年 10 月, 講演論文集 p.326

(概要) 高効率太陽光発電システムの研究開発に向けて鳥取環境大学鷺見研究室と産業技術センターでは共同研究を進めている. 双方の研究設備を有効利用しデータ共有するため, 直線距離約 1.7km 離れている両者を無線 LAN で接続することになった. 今回は, 構築するクライアントーサーバーシステムを利用して無線 LAN 経由で制御する監視システムによるカメラ遠隔操作の概要について述べる.

金田美咲, 鷺見育亮, 小山将人, 築谷隆雄, **藪木登**: 小学生のプログラミング教室～「のりとはさみ」から「えんぴつと消しゴム」へ～, 平成 22 年度電気・情報関連学会中国支部連合大会, 2010 年 10 月, 講演論文集 p.488

(概要) 現在, 子どもの理科離れは深刻化してきている. そんな子どもの理科離れから, 理科好きになってもらうために, プログラミング教室を実施している. 今年のプログラミング教室は, ツールとして「のりとはさみによる」プログラミングから, 「えんぴつと消しゴムによる」プログラミングに変更になった. 3 日間連続の小学 5 年生 20 名によるプログラミング教室を報告する.

Yasuaki SUMI, Takao TSUKUTANI, Hideki TSUNETSUGU, **Noboru YABUKI**: Electrical Tunable Multiple-Mode universal Biquadratic Circuits, 2010 International Conference on Computer Applications and Industrial Electronics (ICCAIE 2010), Kuala Lumpur, Malaysia, Dec.2010, pp.384-387

(abstract) This paper introduces electronically tunable multiple-mode universal biquadratic circuits employing operational trans-conductance amplifiers(OTAs) and grounded capacitors. The basic current-mode circuit configuration is obtained from a second-order integrator loop structure consisting of loss-less integrators. The multiple-mode biquadratic circuits are constructed with additional OTAs to the current-mode one. The circuits can realize low-pass, band-pass, high-pass, band-stop and all-pass transfer functions by suitably choosing the input and output terminals without any component matching conditions. Additionally, the circuit parameters ω_0 , Q and H can be set orthogonally or independently through adjusting the bias currents of the OTAs. The biquadratic

circuit is verified by using PSPICE simulation program.

Takao TSUKUTANI, Hideki TSUNETSUGU, Yasuaki SUMI, **Noboru YABUKI**: Electronically Tunable First-Order All Pass Sections using OTAs, 2010 International Conference on Computer Applications and Industrial Electronics (ICCAIE 2010), Kuala Lumpur, Malaysia, Dec.2010, pp.550-553

(abstract) This paper introduces electronically tunable voltage-mode and current-mode first-order all pass sections (APSS) employing operational trans-conductance amplifiers (OTAs) and grounded capacitor. The circuits can realize two all pass characteristics by choosing the current output of the OTA. Additionally, the circuit parameters ω_0 and H can be set independently through adjusting the bias currents of the OTAs electronically. Some examples are given together with simulated results by PSPICE.

石谷太範, **藪木登**, 鷺見育亮, 築谷隆雄: ジェスチャー認識のためのリアルタイム目的画像領域の検出について, 平成 22 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, 2011 年 2 月, 講演論文集

(概要) 本研究では, ハンドジェスチャーをカメラによりコンピュータに認識させるシステムを構築する. そのために, 目的部位である手をリアルタイムで検出するアルゴリズムを提案する.

高橋章, 長岡健一, 新開純子, **大西淳**, 河野清尊, 松野良信, **岡田正**: 情報基礎教育教材の評価と改訂, 平成 22 年度全国高専教育フォーラム・教育教員研究集会, 2010 年 8 月

(概要) 著者等は高専向け情報基礎教育の確立と普及を推進する活動を行ってきており, その一環として教科書や学習ノートを刊行してきた. そして, 平成 20 年および 21 年に告示された学習指導要領にあわせてこれらの改訂を行った. 本講演では, この改訂作業について報告を行った.

鈴木康人, 長岡健一, **大西淳**, 原元司, **岡田正**, 牛丸真司, 長谷賢治, 小幡常啓: 高専における情報処理教育の現状と今後への提言, 第 30 回高等専門学校情報処理教育研究発表会, 2010 年 8 月

(概要) 平成 21 年度, 専情委では, 全国高専における情報系学科での教育内容を問うアンケートを実施した. 本講演ではこれらの調査結果の総括, そして, 情報処理学会のカリキュラム J07 と高等学校学習指導要領を基にした過不足について報告する.

長岡健一, 鈴木康人, **大西淳**, 原元司, **岡田正**, 牛丸真司, 長谷賢治, 小幡常啓: 高専における情報処理教育カリキュラムデータベース, 電子情報通信学会教育工学研究会, 2011年1月, 講演論文集 pp.51-55
(概要) 2009年, 全国高専の情報系科目担当教員を対象にアンケートを実施した. このアンケートは高専における現在の情報処理教育を大学および高等学校向けのカリキュラムと比較検討することを目的とするものである. 全国の約7割の高専から回答が得られたが, これほどの規模の調査が実行された事例は他にない. 本報告ではアンケート調査およびデータベースの構築と公開について述べ, その集計手法について説明する.

鈴木康人, 長岡健一, **大西淳**, 原元司, **岡田正**, 牛丸真司, 長谷賢治, 小幡常啓: 高専における情報処理教育の現状と今後の課題, 電子情報通信学会教育工学研究会, 2011年1月, 講演論文集 pp.57-61
(概要) 2009年, 全国高専の情報系科目担当教員を対象にアンケートを実施した. このアンケートは高専における現在の情報処理教育を大学および高等学校向けのカリキュラムと比較検討することを目的とするものである. 得られた回答はデータベース化した. 本報告では, 標準カリキュラム J07 や高等学校における学習指導要領の教科内容を切り口として回答を分析した結果を概説し, 高専における情報処理教育の現状と傾向, 今後の課題を述べる.

長岡健一, 鈴木康人, **大西淳**, 原元司, **岡田正**, 牛丸真司, 長谷賢治, 小幡常啓: 高専における情報処理教育カリキュラムデータベースの構築と運用, 電子情報通信学会 2011年総合大会, 2011年3月
(概要) 全国高等専門学校情報処理教育委員会の「次世代情報処理教育検討作業部会」では, 次世代における高専の情報処理教育内容について検討を行っている. まず, 各高専においてどのような教育がなされているのかを明らかにするため, 全国高専の情報系学科・専攻科を対象としたアンケート調査を実施した. 本稿では, その回答結果をデータベース化したのでその構築と運用について概略を述べた.

鈴木康人, 長岡健一, **大西淳**, 原元司, **岡田正**, 牛丸真司, 長谷賢治, 小幡常啓: 標準カリキュラム J07 と学習指導要領からみた高専の情報処理教育, 電子情報通信学会 2011年総合大会, 2011年3月
(概要) 全国高等専門学校情報処理教育研究委員会は, 2008年, 次世代の情報処理教育を検討する作

業部会を立ち上げた. 同年, 情報処理学会は「専門学科に対する標準カリキュラム J07」を, その翌年, 文部科学省は新しい「学習指導要領」を発表している. 作業部会では, これらに対比させて高専における情報処理教育の現状を把握するため, アンケートを実施した. 本報告では, その結果に基づき, 高専のカリキュラムの特徴を指摘した.

曾利仁, 安野卓, 北島孝弘: 複素ニューラルネットワークを用いた短時間先風速風向予測システム, 平成22年度電気関係学会関西支部連合大会, 2010年11月, 講演論文集 pp.877-878

(概要) 著者らはこれまで, 対象地点の局地的気象データを用いて, 階層型ニューラルネットワークにより10分先の平均風速のみを予測する手法を提案している. この予測手法は風向予測を行わないため, 風力発電量予測システムへの気象予測には不十分な予測システムであった. そこで本研究では, 複素ニューラルネットワークを用いた10分先の風速風向予測システムを提案している. 風は, 風速を振幅, 風向を位相として扱うと複素数表現でき, 複素ニューラルネットワークを用いた風速風向予測システムが構築可能と考えられる.

曾利仁, 安野卓, 北島孝弘: 複素ニューラルネットワークを用いた風速風向同時予測システムシステム, 第32回風力エネルギー利用シンポジウム, 2011年11月, 講演論文集 pp.287-290

(概要) 著者らはこれまで, 10分先の風速予測システムをモジュール化し, このモジュールを複数個カスケード接続することにより, 短時間先の予測期間に対応可能な風速予測手法も提案している. しかし, これらの手法は風速のみ予測するものであるため, 風向変化の影響は考慮されておらず風力発電量予測システムへの気象予測としては不十分であった. そこで本研究では, 複素ニューラルネットワークを用いた風速風向同時予測システムを提案している. 予測期間は6時間先の風速, 風向とし, 予測に有効な入力情報についても検討している.

西本安里, **曾利仁**: 階層型ニューラルネットワークを用いた四脚ロボットの走行状況判断システム, 計測自動制御学会中国支部津山地区計測制御研究会, 2011年2月, 講演論文集 pp.17-18

(概要) これまでに著者らは, 四脚ロボットに搭載されているCMOSカメラから得られる1枚の画像情報より, ロボットの取るべき状況判断(前進, 後退,

右折, 左折)の関連付けをニューラルネットワークより求める手法を提案している. しかし, 画像によっては, 人間と同様な状況判断を出来ない場合があり, 移動ロボットの走行状況判断システムとしては不十分であった. そこで本研究では, 四脚ロボットの左, 正面, 右の3方向で撮影した3枚の画像情報を入力とする階層型 NN を用いた状況判断システムを提案している.

笠原遼太, 曾利仁, 大西淳, 武下博彦: 二輪自転車ロボットの姿勢制御と方向制御, 平成 22 年度電気学会中国支部第 3 回高専研究発表会, 2011 年 3 月, 講演論文集 pp.8-9

(概要) 本研究は, 二輪自転車ロボットの教材開発を行っている. 現段階では, 走行時の姿勢制御系が大規模で複雑なため, 制御の流れを理解するのが非常に困難である. そこで現時点での姿勢制御プログラムから, 姿勢制御と方向制御の原理を解析している. さらに, 走行実験を行い, 姿勢制御のみの走行と, 方向制御を含めた走行結果を比較している.

S. Arimoto: 国際共同研究 Niagara Project と Matrix Art, テクノロジー活用と理数系教育に関する会議, 平成 23 年 7 月 2 日, 福井高専

(abstract) The origin of the international joint project Niagara Project and Matrix Art has been expounded in conjunction with the on-going international, interdisciplinary, and inter-generational Second Generation Fukui Project. A brief introduction has been made on a recent article: S. Arimoto, M. Spivakovsky, E. Yoshida, K.F. Taylor, and P.G. Mezey, Proof of the Fukui conjecture via resolution of singularities and related methods. V, J. Math. Chem. 49 (2011) 1700. Here, the theory of analytic (highly smooth) curves and resolution of singularities has been applied to prove the Fukui conjecture originating in chemistry.

佐々井祐二, 最上勲: 津山高専「天体観測会—君も未来のガリレオだ! —」—小中学生向け天文啓蒙活動—, 第 16 回 高専シンポジウム in 米子, 2011 年 1 月, 講演概要集 p.273

(概要) 発表者の研究室では 2009 年 3 月に, 口径 35cm シュミットカセグレン式望遠鏡と口径 4cm Ha 太陽望遠鏡を装備するスライディンググループ天文台を構築しており, 5 年卒業研究において天体の測光・分光観測に関する天文学の教育的研究を行っている. この機会に, 卒業研究生の天文基礎教育も兼ねて,

小中学生を対象とする天体観測会を計画した. 本発表では, 5 回実施した天体観測会について, その活動内容, アンケートを通じた受講者の教育効果について報告する.

佐藤誠, 岡本成二: 学生課題研究における地球半径測定を試み, 応用物理学会, 講演予稿集, 25a-P4-15, 2011 年 3 月

(概要) 文献等に頼らず, 自ら確認できる測定値だけから, 最終的に太陽の質量 M_S と半径 R_S を 2 桁の精度で求めることを目標として, 本科 3 年生を対象とする探究活動を行った. 目的達成の手順は, 地球半径 R_E → 月軌道距離 L_M → 地球軌道半径 L_S とたどり, 太陽半径 R_S を決め, 一方, 重力定数 G の測定を経て, 太陽質量 M_S を決定する. 本報告では, 地球半径の測定のための 2 つのフィールドワークを中心に報告している. 1 つ目は, 水平線の俯角測定による方法, 2 つ目は GPS を用いた緯度経度測定による方法である.

佐藤誠: 津山高専における原子力人材育成プログラムの取り組み, 原子力コア人材育成研究会, 呉高専, 2011 年 3 月

(概要) 原子力人材育成プログラムに採択された本校の「地域連携・早期一貫教育による低線量放射線・原子力に関わる実践的コア人材育成」事業の平成 21 年度から 2 年間の実施内容と助成終了後の継続計画について報告した.

松田修: 「幾何学を中心にした線形代数の演習型授業の紹介 —Maxima と十進 BASIC を使う—」, 第 12 回グラフ電卓研究会, 2011 年 7 月

(概要) 専攻科における線形代数の授業の新しい取り組みを紹介した. 従来, 線形代数は代数色が強く, 代数的な演算計算法だけが強調されやすい. そのため, 固有値や固有ベクトルの求め方はできても, その幾何学的理解がほとんどなされていない現状がある. 本研究では, フリーソフトの Maxima と十進 BASIC を使い, ベクトル変換図を利用しながら, 線形変換, 固有値, 固有ベクトルの意味を理解させる授業プランを提案した.

特許・出願

伊藤國雄，妹尾匠：半導体基板上にモノリシック集積化された三波長半導体レーザアレイ装置，特許第4604189号，2010年10月15日

（概要） GaAs や Si の半導体基板上に赤外，赤，青色発光の3つの半導体レーザをモノリシック集積化するに際し，基板と格子定数のマッチングのよいⅠ-Ⅲ-VI族，Ⅱ-Ⅲ-VI族半導体を組み合わせてバッファ層として基板とレーザ層の間に導入する。

伊藤國雄，岸本慎平：水素化窒化炭素薄膜を用いた発光素子およびその製造方法，特願2011-126714，2011年5月20日

（概要） 電圧印加によって発光させることを目的とした水素化窒化炭素薄膜を成長するに際し，導体，半導体もしくは絶縁体基板上に，薄膜成長方向に成分濃度が変化するようにつくられたことを特徴とする水素化窒化炭素薄膜を用いた白色発光素子。

鳥家秀昭：風力発電装置，特許第4686660号，2011.2

（概要） 筒型のシュラウドで形成された風洞体と，風洞体内部に配されて自動車に装着されるとともに自動車の減速期間でのみ運転されるプロペラ型風車発電装置とからなり，風洞体を，風の入口から内径が狭まる絞りテーパ部と，該絞りテーパ部から連続した同じ内径を有する円筒部と，該円筒部から連続して風の出口まで内径が拡大する広がりテーパ一部で構成した風力発電装置。

伊藤榮基，**小林敏郎**，森賀卓也，佐藤昭男：固体高分子燃料電池用セルの製造方法，特許第4519246号，2010.5.28

（概要） 表面に貴金属を担持した炭素粉末を水及び有機溶媒で分散する工程と，この分散液にイオン交換高分子溶液を1:10～10:1となる混合液を形成する工程と，2枚のシートの片面に前記混合液を塗布し，乾燥する工程と，2枚のシートを，それぞれの混合液の塗布面をイオン交換高分子膜側に位置させた状態で積層し，ホットプレスして単位電池を形成する工程と，両側にセパレータを形成する工程とを具備する固体高分子燃料電池用セルの製造方法。

伊藤榮基，吉田博久，弦巻茂，森賀卓也，山田保，

山田昭彦，**小林敏郎**：固体高分子形燃料電池，特許第4544906号，2010.7.9

（概要） 固体高分子形燃料電池積層体において，接続部は，積層体間に配置された中間フランジとされ，該中間フランジには，燃料ガス流路および／または酸化剤ガス流路を流れるガスから凝縮した凝縮水を除去する凝縮水除去手段が設けられ，凝縮水除去手段は，内部を流れるガスが上方へ向かうように配置された燃料ガス流路および／または酸化剤ガス流路とされていることを特徴とする固体高分子形燃料電池。

小林敏郎，佐藤恵一，小笠原弘明，津元良公，柳雄二：蒸着装置及び蒸着方法，特許第4576370号，2010.8.20

（概要） ガラス基板を搬送しながら，マスク部材を通してガラス基板の蒸着面に蒸着を行う蒸着装置において，ガラス基板を挟んだ蒸着源の反対側であり，蒸着源の両側端部に対向する位置に，ガラス基板の搬送方向に垂直な方向の両側端部を加熱する2組の第1加熱手段を設け，ガラス基板の蒸着面に蒸着を行う際，ガラス基板の蒸着面の反対側の面における両側端部を，第1加熱手段により加熱するようにしたことを特徴とする蒸着装置。

小林敏郎，加藤光雄，佐藤恵一，神川進，和田宏三：真空蒸着装置，特許第4576326号，2010.8.27

（概要） 真空容器に設けられ，蒸発材料を気化又は昇華させて，前記蒸発材料の蒸気を発生させる蒸発室と，前記蒸発室からの前記蒸発材料の蒸気流量を制御する蒸気流量制御手段とを有し，蒸着対象物に前記蒸発材料の蒸気を蒸着させる真空蒸着装置において，開口部の面積を変化させる移動手段とを有することを特徴とする真空蒸着装置。

小林敏郎，伊藤榮基：燃料電池及びその運転方法，特許第4737951号，2011.5.13

（概要） 供給ガスの供給方向上流側に位置するもののほど，内装する前記セルの積層枚数が多くなるように複数に分割された分割スタックからなると共に，各前記分割スタックの前記供給ガスの供給方向下流側が気液分離手段にそれぞれ連絡し，前記供給ガスの供給方向最下流側に位置する前記気液分離手段で分離された前記供給ガスを，少なくとも前記供給ガスの供給方向最下流側に位置する前記分割スタック内に再び流通させるように循環送給する循環送給手段を備えたことを特徴とする燃料電池。

論文

Tsuyama-castle Function and Matrix Art

Shigeru ARIMOTO*

The present paper constructs a class of complex-valued functions $c\text{-MagicMt}_\theta$ and associated operator theoretic tools, which serve as powerful tools for proving the Asymptotic Linearity Theorem Extension Conjecture (ALTEC) in the repeat space theory (RST). The real part of $c\text{-MagicMt}_\pi$ is what is called the Tsuyama-castle function. This function has an interesting inwardly repeating fractal structure and self-similarity, useful in the RST and in the Matrix Art Program of the Niagara Project, which is a special new part of the ongoing international, interdisciplinary, and inter-generational Second Generation Fukui Project.

Key words: the Fukui conjecture, repeat space theory (RST), Asymptotic Linearity Theorem Extension Conjecture (ALTEC), Banach spaces, Banach algebras

1. Introduction

In his later years, Kenichi Fukui (1918 - 1998, Nobel Prize 1981) presented several conjectures concerning the additivity problems of molecules having many identical moieties. Among them is what is called the ‘Fukui Conjecture on repeat sequences’ which has been playing a significant role in the development of the repeat space theory (RST) (cf. [1-20]), which is the central unifying theory in the first (cf. [1,2]) and the second (cf. [2,3]) generation Fukui Project.

The Asymptotic Linearity Theorem (ALT), which proves the Fukui conjecture in a broader context, plays a significant role in the RST. Proving the Asymptotic Linearity Theorem Extension Conjecture (ALTEC) reproduced in Section 3 (cf. [20] for details) is thus a fundamental problem in the repeat space theory. The present paper constructs a class of complex-valued functions $c\text{-MagicMt}_\theta$, and associated operator theoretic tools, which serve as powerful tools for proving the Asymptotic Linearity Theorem Extension Conjecture (ALTEC) in the repeat space theory (RST). The real part of $c\text{-MagicMt}_\pi$ is what is called the Tsuyama-castle function. This function has an interesting inwardly repeating fractal structure, useful in the RST and in the Matrix Art Program of the Niagara Project, which is a special new part of the

ongoing international, interdisciplinary, and inter-generational Second Generation Fukui Project. Theory of Banach spaces and Banach algebras (cf. e.g. [21,22]) are fundamental for constructing the class of functions $c\text{-MagicMt}_\theta$.

2. Preparation

Throughout, let $\mathbb{Z}^+$, $\mathbb{Z}_0^+$, $\mathbb{Z}$, $\mathbb{R}$, and $\mathbb{C}$ denote respectively the set of all positive integers, nonnegative integers, integers, real numbers, and complex numbers. We also need the following symbols for our purpose of constructing the above-mentioned class of functions $c\text{-MagicMt}_\theta$.

Let A be a nonempty set, let

$$A^2 := A \times A, \quad (2.1)$$

where $\times$ denotes the Cartesian product. Let $J := [0, 1] \subset \mathbb{R}$, thus we have

$$J^2 = J \times J \subset \mathbb{R}^2.$$

Let ∂J^2 denote the boundary of the set J^2 in $\mathbb{R}^2$ with the usual Euclidian metric.

Let $C(J^2, \mathbb{C})$ denote the complex Banach space of all complex-valued continuous functions on J^2 equipped with the norm given by

$$\|\phi\| = \sup \{|\phi(x)| : x \in J^2\}. \quad (2.2)$$

Let $C_0(J^2, \mathbb{C})$ denote the closed subspace of $C(J^2, \mathbb{C})$ defined by

$$C_0(J^2, \mathbb{C}) = \{\phi \in C(J^2, \mathbb{C}) : \phi(x) = 0 \text{ for all } x \in \partial J^2\}. \quad (2.3)$$

(**Note:** $C_0(J^2, \mathbb{C})$ is a complex Banach space since it is a closed subspace of the complex Banach space $C(J^2, \mathbb{C})$.)

Let

$$C(\mathbb{R}^2, \mathbb{C}) := \{\varphi: \varphi \text{ is a complex-valued continuous function defined on } \mathbb{R}^2\}. \quad (2.4)$$

Let

$$C_0(\mathbb{R}^2, \mathbb{C}) := \{\varphi \in C(\mathbb{R}^2, \mathbb{C}): \varphi(x) = 0 \text{ for all } x \in \partial J^2 \text{ and } \varphi(x) = \varphi(x+y) \text{ for all } x \in J^2 \text{ and } y \in \mathbb{Z}^2\}. \quad (2.5)$$

Let $\wedge$ denote the linear operator $\wedge: C_0(J^2, \mathbb{C}) \rightarrow C_0(\mathbb{R}^2, \mathbb{C})$ that sends φ to the unique element $\hat{\varphi} \in$

$C_0(\mathbb{R}^2, \mathbb{C})$ with $\hat{\varphi}|_{J^2} = \varphi$, where $\hat{\varphi}|_{J^2}$ denotes the

restriction of the function $\hat{\varphi}$ to the set J^2 . Note that

the linear mapping $\wedge$ is a bijection.

For each $n \in \mathbb{Z}^+$, define the linear operator

$\hat{L}_n: C_0(\mathbb{R}^2, \mathbb{C}) \rightarrow C_0(\mathbb{R}^2, \mathbb{C})$ by

$$\hat{L}_n(\varphi)(x) = \frac{1}{n}(\varphi)(nx). \quad (2.6)$$

For each $n \in \mathbb{Z}^+$, define the bounded linear operator $L_n: C_0(J^2, \mathbb{C}) \rightarrow C_0(J^2, \mathbb{C})$ by

$$L_n(\varphi) = \hat{L}_n(\hat{\varphi})|_{J^2}. \quad (2.7)$$

Note that (2.6) and (2.7) imply that

$$\|L_n\| = \frac{1}{n}. \quad (2.8)$$

Let $\|\cdot\|_\infty$ denote the norm in $\mathbb{R}^2$ defined by

$$\|(x_1, x_2)\|_\infty = \text{Max}\{|x_1|, |x_2|\}. \quad (2.9)$$

Let

$$\gamma := \frac{1}{2}(1,1) \in \mathbb{R}^2. \quad (2.10)$$

Let $\psi \in C_0(J^2, \mathbb{C})$ be the function defined by

$$\psi(x) = 1 - 2\|x - \gamma\|_\infty. \quad (2.11)$$

(Note: $\psi(x) = 0 \Leftrightarrow \|x - \gamma\|_\infty = \frac{1}{2} \Leftrightarrow x \in \partial J^2$.)

Let $\mathbf{B}(C_0(J^2, \mathbb{C})) := \mathbf{B}(C_0(J^2, \mathbb{C}), C_0(J^2, \mathbb{C}))$ denote the complex Banach algebra of all bounded linear operators acting on $C_0(J^2, \mathbb{C})$. For each $n \in \mathbb{Z}^+$ with $n \geq 2$, and $\theta \in \mathbb{R}$, define $\Omega_{2,n,\theta} \in \mathbf{B}(C_0(J^2, \mathbb{C}))$ by

$$\Omega_{2,n,\theta} = \sum_{k=0}^{\infty} e^{ik\theta} L_n^k, \quad (2.12)$$

where L_n^0 denotes the identity operator, and if $k \geq 1$,

$L_n^k := L_n L_n \dots L_n \in \mathbf{B}(C_0(J^2, \mathbb{C}))$, and where L_n is composed with itself k times. Note that

$$\begin{aligned} \|\Omega_{2,n,\theta}\| &\leq \sum_{k=0}^{\infty} \|e^{ik\theta} L_n^k\| \\ &\leq \sum_{k=0}^{\infty} \|L_n\|^k = \frac{1}{1 - \frac{1}{n}}. \end{aligned} \quad (2.13)$$

3. Magic Mountains

For each $\theta \in \mathbb{R}$, we can now define the complex-valued continuous function c-MagicMt $_{\theta}$:

$[0, 1] \times [0, 1] \rightarrow \mathbb{C}$ by

$$\text{c-MagicMt}_{\theta} := \Omega_{2,2,\theta}(\psi). \quad (3.2)$$

For each $k \in \mathbb{Z}_0^+$, define pyramid $_k \in C_0(J^2, \mathbb{C})$ by

$$\text{pyramid}_k = L_2^k \psi. \quad (3.3)$$

Then, we may also define c-MagicMt $_{\theta}$ in terms of the pyramid $_k$ given above:

$$\text{c-MagicMt}_{\theta} = \sum_{k=0}^{\infty} e^{ik\theta} \text{pyramid}_k. \quad (3.4)$$

(Note: The latter way of defining c-MagicMt $_{\theta}$ by (3.4)

is suitable when one constructs computer graphics of the graph of c-MagicMt $_{\theta}$, whereas the former way of

defining c-MagicMt $_{\theta}$ is mathematically more

powerful especially when one utilizes c-MagicMt $_{\theta}$

for proving the ALTEC [20] reproduced below. The detailed development along this line of investigations shall be published elsewhere.)

For each $\theta \in \mathbb{R}$, let MagicMt $_{\theta}: J^2 \rightarrow \mathbb{R}$ denote

the real part of the function c-MagicMt $_{\theta}$:

$$\text{MagicMt}_{\theta} = \text{Re}\left(\sum_{k=0}^{\infty} e^{ik\theta} \text{pyramid}_k\right)$$

$$= \sum_{k=0}^{\infty} (\cos(k\theta)) \text{pyramid}_k. \quad (3.5)$$

Now let us recall:

Asymptotic Linearity Theorem Extension Conjecture (ALTEC $C(I)$ version) *Let $a, b \in \mathbb{R}$ with $a < b$, and let $I = [a, b]$. The Asymptotic Linearity Theorem (ALT) cannot be extended from $AC(I)$ to $C(I)$, where $AC(I)$ denotes the functional space of all real valued absolutely continuous functions defined on the closed interval I , and $C(I)$ denotes the functional space of all real valued continuous functions defined on the closed interval I .*

This conjecture (ALTEC), which was referred to in Section 1, was first proved by the present author, and the second proof of this conjecture was obtained by him in a seminar called "Matrix Art Challenge Seminar" in Tsuyama National College of Technology (TNCT), in conjunction with the above defined continuous function with $\theta = \pi$: $\text{MagicMt}_\pi: [0, 1] \times [0, 1] \rightarrow \mathbb{R}$ and the following Matrix Art picture of this function constructed by using MATLAB. The scale of the function has been changed in the pictures. The graph of the function MagicMt_π has an interesting self similarity and the nickname of the function MagicMt_π is ‘**Tsuyama-castle function**’ (‘津山城関数 **Tsuyama-jyo kansu**’ in Japanese). Details of the applications of the function MagicMt_π

and the proofs of the ALTEC shall be published elsewhere.

Remarks: The picture of the graph of MagicMt_π in the following Fig 1 and the anaglyph picture of the graph of MagicMt_π given in Fig. 2 were first obtained in the Matrix Art Challenge Seminar in TNCT in parallel with the procedure of what is called the Niagara Project, which is a special new part of the on-going international, interdisciplinary, and inter-generational Second Generation Fukui Project. In Fig 2, we provide Anaglyph Matrix Art of the graph of MagicMt_π , which was created in the Matrix Art Challenge Seminar in Tsuyama National College of Technology. The red-blue glasses are needed to see the graph 3-dimensionally. (Cf. ref. [8] and references therein for the origin and background of the Matrix Art, the Niagara Project, and the First Generation and the Second Generation Fukui Project.)

In ref. [8], entitled ‘Proof of the Fukui conjecture via resolution of singularities and related methods. V’, theory of analytic (highly smooth) curves and resolution of singularities has been applied to prove the Fukui conjecture originating in chemistry. We remark that the investigations of highly smooth functions and of highly irregular functions are complementary in the repeat space theory (RST), which is the central unifying theory in the ongoing Second Generation Fukui Project.

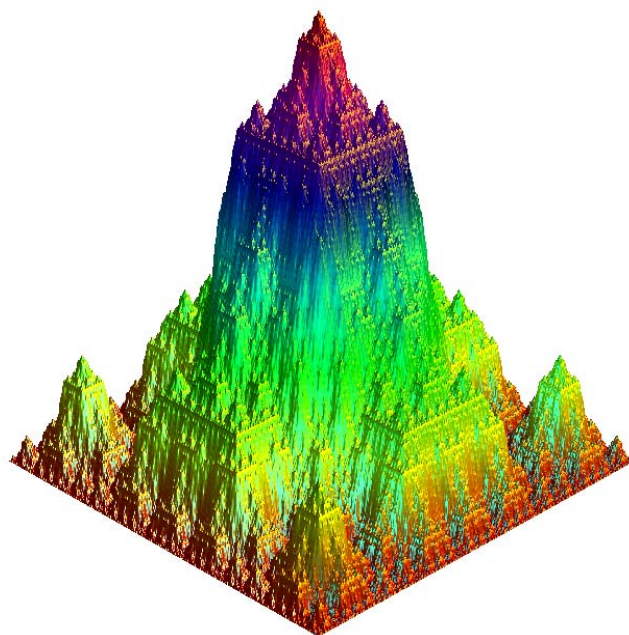


Fig1. Matrix Art picture of the graph of the function MagicMt_π , nicknamed Tsuyama-castle function

津山城関数

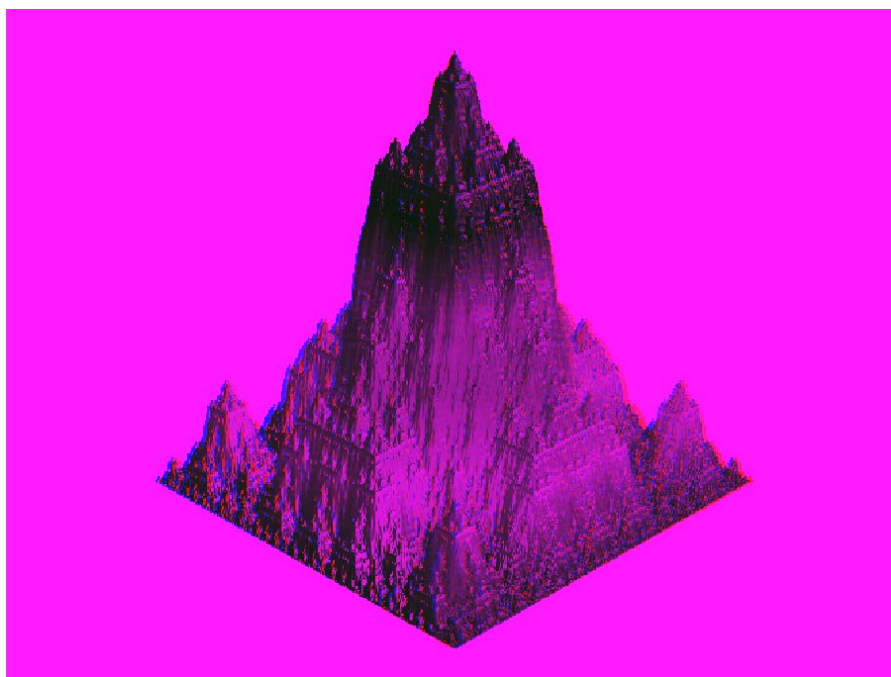


Fig. 2. Anaglyph Matrix Art of the graph of MagicMt_π

References

- [1] S. Arimoto and K. Fukui, Fundamental Mathematical Chemistry, Interdisciplinary Research in Fundamental Mathematical Chemistry and Generalized Repeat Space, IFC Bulletin, Kyoto, 1998, pp 7-13.
- [2] S. Arimoto, Note on the repeat space theory - its development and communications with Prof. Kenichi Fukui, J. Math. Chem. 34 (2003) 253-257.
- [3] S. Arimoto, Normed repeat space and its super spaces: fundamental notions for the second generation Fukui project, J. Math. Chem. 46 (2009) 589.

- [4] S. Arimoto, M. Spivakovsky, K.F. Taylor, and P.G. Mezey, Proof of the Fukui conjecture via resolution of singularities and related methods. I, J. Math. Chem. 37 (2005) 75-91.
- [5] S. Arimoto, M. Spivakovsky, K.F. Taylor, and P.G. Mezey, Proof of the Fukui conjecture via resolution of singularities and related methods. II, J. Math. Chem. 37 (2005) 171-189.
- [6] S. Arimoto, Proof of the Fukui conjecture via resolution of singularities and related methods. III, J. Math. Chem. 47 (2010) 856.
- [7] S. Arimoto, M. Spivakovsky, K.F. Taylor, and P.G. Mezey, Proof of the Fukui conjecture via resolution of singularities and related methods. IV, J. Math. Chem. 48 (2010) 776.
- [8] S. Arimoto, M. Spivakovsky, E. Yoshida, K.F. Taylor, and P.G. Mezey, Proof of the Fukui conjecture via resolution of singularities and related methods. V, J. Math. Chem. 49 (2011) 1700.
- [9] S. Arimoto, K. Fukui, K.F. Taylor, and P.G. Mezey, Structural Analysis of Certain Linear Operators Representing Chemical Network Systems via the Existence and Uniqueness Theorems of Spectral Resolution. IV, Int. J. Quantum Chem. 67 (1998) 57-69.
- [10] S. Arimoto and M. Spivakovsky, The Asymptotic Linearity Theorem for the Study of Additivity Problems of the Zero-point Vibrational Energy of Hydrocarbons and the Total π -electron Energy of Alternant Hydrocarbons, J. Math. Chem. 13 (1993) 217-247.
- [11] S. Arimoto and K.F. Taylor, Aspects of Form and General Topology: Alpha Space Asymptotic Linearity Theorem and the Spectral Symmetry of Alternants, J. Math. Chem. 13 (1993) 249-264.
- [12] S. Arimoto and K.F. Taylor, Practical Version of the Asymptotic Linearity Theorem with Applications to the Additivity Problems of Thermodynamic Quantities, J. Math. Chem. 13 (1993) 265-275.
- [13] S. Arimoto, New proof of the Fukui conjecture by the Functional Asymptotic Linearity Theorem, J. Math. Chem. 34 (2003) 259.
- [14] S. Arimoto, Repeat space theory applied to carbon nanotubes and related molecular networks. I, J. Math. Chem. 41 (2007) 231.
- [15] S. Arimoto, Repeat space theory applied to carbon nanotubes and related molecular networks. II, J. Math. Chem. 43 (2008) 658.
- [16] S. Arimoto, K. Fukui, P. Zizler, K.F. Taylor and P.G. Mezey, Structural Analysis of Certain Linear Operators Representing Chemical Network Systems via the Existence and Uniqueness Theorems of Spectral Resolution. V, Int. J. Quantum Chem. 74 (1999) 633.
- [17] S. Arimoto, M. Spivakovsky, H. Ohno, P. Zizler, K.F. Taylor, T. Yamabe and P.G. Mezey, Structural Analysis of Certain Linear Operators Representing Chemical Network Systems via the Existence and Uniqueness Theorems of Spectral Resolution. VI, Int. J. Quantum Chem. 84 (2001) 389.
- [18] S. Arimoto, M. Spivakovsky, H. Ohno, P. Zizler, R.A. Zuidwijk, K.F. Taylor, T. Yamabe and P.G. Mezey, Structural Analysis of Certain Linear Operators Representing Chemical Network Systems via the Existence and Uniqueness Theorems of Spectral Resolution. VII, Int. J. Quantum Chem. 97 (2004) 765.
- [19] S. Arimoto, The Functional Delta Existence Theorem and the reduction of a proof of the Fukui conjecture to that of the Special Functional Asymptotic Linearity Theorem, J. Math. Chem. 34 (2003) 287-296.
- [20] S. Arimoto, Open problem, Magic Mountain and Devil's Staircase swapping problems, J. Math. Chem. 27 (2000) 213-217.
- [21] J.B. Conway, *A course in Functional Analysis* (Springer, New York, 1985).
- [22] C. Constantinescu, *C*-Algebras, Vol. 2 and 3* (Elsevier, Amsterdam, 2001).

編 集 ワーキング・グループ

座長 大 田 肇

(五十音順)

稲 田 知 己	植 月 唯 夫
河 合 雅 弘	佐 藤 紳 二
佐 藤 誠	山 本 吉 範

津 山 工 業 高 等 専 門 学 校 紀 要

第 5 3 号

平成24年 2 月28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) 三 勝
津山市高野山西2115-15

BULLETIN
OF
TSUYAMA NATIONAL COLLEGE OF TECHNOLOGY
NO. 53 (2011)
CONTENTS

Study on the measurement system of the electrode temperature of super-high-pressure mercury lamp Tadao UETSUKI, Takashi TUJIBAYASHI	1
Analog circuit based on information processing of the biological system for studying the basic electronic circuit design Kimihiro NISHIO, Syun IWAMOTO	7
Considerations of Flow Characteristic relative to Simple Flagella Shaped Actuator Yoshinori YAMAMOTO, Yuta IKEUTI	11
Winning Ways for an Anomalous Tic-tac-toe Which Is Called Lite3 Shoji WADA, Atsushi ONISHI	17
Interdisziplinäre Forschung über Philosophie und Architektur —>Wohnen< in Heideggers Topologie und der modernen Architektur — Tomomi INADA	21
La lengua construida como resultado de los derechos lingüísticos — de los derechos lingüísticos a la lengua construida — Kadoya Hidenori	33
Estimation of the earth's radius by measuring depressive angle of the horizon Seiji OKAMOTO, Makoto SATO	45
On an estimate of the Kloosterman zeta function Eiji YOSHIDA	51
Construction of an Astronomical Observatory and Educational Activities of Astronomy Yuji SASAI	59
Remarks for a classfication of ideals with fixed codimension in the local rings for irreducible curve singularities Masahiro Watari	65
Diesel Exhaust Heat Recovery by Thermoelectric Power Generation Masanori FUKUDA	69
Introduction of LED matrix display control to Electrical and Electronic Creativity Exercises class Kenji MAEHARA	73
Usability Evaluation of Website Using Web User Interface Criterion Mai OTANI, Tadashi OKADA	79
〈Abstracts of Other Research Reports〉	85