

ISSN 2760-0572 (Online)

津山工業高等専門学校研究報告

第 67 号

BULLETIN
OF
NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, TSUYAMA COLLEGE
NO.67

2026

津山工業高等専門学校研究報告 第67号 (2026)

目 次

論文

- Autonomy and emancipation of linguistic norms in international English
..... Kadoya Hidenori 1
- 深層学習を用いた人物の関節点時系列データからの動作推定の一提案
..... 下山朗弘・藪木登 12

研究調査報告

- 全系横断演習Ⅰ・Ⅱにおける英語学習デジタルゲーム開発と2025年度の成果
..... 山口均・神尾虎太郎・山本裕介・圓山佳槻 20
- 英作文指導におけるAIと「トビタテ！留学JAPAN」の活用 山口均 27
- 紙製の自律型ロボット作りを取り入れたPBL授業の実践
..... 細谷和範・野中摂護・山田貴史・西川弘太郎 38
- 自然や生体のシステムに着想を得た複雑な流れの可視化と工学応用 細谷和範 46
- 1970年前後における千葉県高等学校教育研究会保健体育部会の保健科教育の取り組みに関する
事例的研究 -『保健と体育』(1967-1973)を手がかりとして- 近藤雄大 53
- 電子オルガンを用いた小学生向け出前授業 西尾公裕 60

校外における研究発表等

(<https://www.tsuyama-ct.ac.jp/kyousyokuin/kyouin/kiyou.html>)

論

文

Autonomy and emancipation of linguistic norms in international English

KADOYA Hidenori *

Aŭtonomiĝo kaj liberigo de lingvaj normoj de la angla lingvo internacia

KADOYA Hidenori

Kiel oni scias, la angla lingvo havas historie escepte tre specialan rolon kaj funkcias kiel preskaŭ unusola komunikilo inter malsamlingvanoj en la mondo, kaj la fakto grandigas maljustecon en komunikado, foje eĉ subfosas la bazon de homrajto. La aŭtoro klarigas ĉi tie la mekanismon de la fenomeno de novaj vidpunktoj, kritikante disvastigatajn diskutojn pri "la internacia-angla". La baza problemo estiĝas kiam oni miksas "la interna-angla" kaj "la internacia-angla." La du malsamaj anglaj ne devas kunhavi samajn lingvajn normojn, kaj per severe distingi la du normarojn, la uzantoj de la internacia angla povas teni lingvan aŭtonomion. Sen la distingo anglalingvanoj ĉiam teni privilegian sociolokon kun monopolia povo pri lingva normo, maljusta komunikadosituacio daŭros ĉie esti trovebla. Fine la aŭtoro montras konkretajn solvmanierojn, nome povigado de neanglalingvanoj kaj malpovigado de anglalingvanoj por realigi komunikadon inter malsamlingvanoj kun plena justeco.

Keywords: international English, domestic English, microaggression, linguistic human rights, linguistic discrimination, assimilationism, social exclusion, appropriation of diversity

1. The locus of the issue

When considering the issues of inclusion and exclusion surrounding language, one cannot ignore the impact of English. With the hegemony of nation-states within the English-speaking world, accompanied by the expansion of quasi-English-speaking regions, English, which is just one of the Germanic languages, has become the predominant language for interlingual communication among non-native speakers. Its status as the predominant language in the world needs no statistical confirmation here. Consequently, proficiency in English has acquired socioeconomic significance beyond mere language ability, and this trend shows no sign of weakening. For instance, it is exceptionally rare in regions with well-established educational systems to pursue higher education without having learned or acquired English at some stage of primary or secondary education¹⁾. Similarly, attaining a professional position without tertiary education and achieving a socioeconomically advantageous position without higher education is typically difficult (hence, exceptional success garners attention). Recent research has highlighted the disadvantages faced by non-native English speakers in the scientific community, where publishing research findings in English is virtually a requirement²⁾. Similar data could be obtained across various fields where English is the standard language, showcasing the disadvantages experienced by non-native speakers, regardless of the academic world.

As the proficiency in English, as a single language, increasingly impacts the distribution of individuals' socioeconomic resources on a global scale, the inclusion in and exclusion from English-mediated communication are now recognized as socio-economic issues. It has become difficult to remain indifferent to the reality that proficiency in English, or the lack thereof, significantly influences the distribution of various advantages and resources.

In light of such circumstances, the asymmetrical relationship between the supposed English native speakers, or first language speakers, and non-native speakers of English becomes a significant issue³⁾. In general, English native speakers, who are considered to have sufficient proficiency in English, are often regarded as superior to non-native speakers in terms of English language proficiency. However, language proficiency also depends on educational level and learning ability, therefore it is possible for non-native speakers to surpass native speakers in certain cases. The issue arises when comparing native and non-native speakers. Non-native speakers who acquire English after another first language acquisition are positioned as unable to provide or guarantee the basis of English language norms as native speakers do — this is often seen as the position where descriptive linguists recognize them as informants. In reality, it's believed that non-native speakers cannot occupy this position. Expressions such as "that's incorrect" "wrong" "I don't understand" "not beautiful" "we don't say that" from English native speakers are considered to provide the

*Professor, National Institute of Technology, Tuyama College, kadoya@tsuyama-ct.ac.jp. This work was supported by JSPS KAKENHI

Grant Number JP22K00822.

basis for English norms, whereas if non-native speakers make the same statements, they are often dismissed as simply reflecting linguistic incompetence or baseless judgment. This decisive asymmetry between native and non-native speakers is what creates problems within the aforementioned societal context. Despite the influence of English on the distribution of socioeconomic resources, if there is an asymmetrical relationship among English users, it will be directly replicated into socioeconomic asymmetry. When English is used as the medium of communication among speakers of different languages worldwide, native English speakers can enjoy a socially and economically advantageous position over non-native speakers, and this position is often monopolized. This relationship, which undermines socioeconomic opportunities and equality of outcomes, contradicts the fundamental values of modern society and is perceived as unjust and a violation of equal rights. Thus, English becomes a social issue. The aim of this paper is to consider what has not been examined or addressed in discussions surrounding English as a social problem and to present new perspectives necessary for understanding this issue.

2. From English assimilationism and imperialism to the third possibility, *Setuei*

The approach to understanding English as a social problem is not new, and since the latter half of the 20th century until the present, there has been considerable debate on how to perceive and address this issue. Much of this discussion can be categorized into two opposing currents. One current accepts the situation surrounding English as an irreversible given and seeks to adapt to it. This stance aims to emulate English native speakers as models, with the goal of approaching their level of proficiency. Arguments advocating for the officialization of English or the promotion of English usage in non-English-speaking regions fall within this current. Here, the emphasis is on thorough assimilation into the international community, where English dominates as the predominant language for interlingual communication, achieved through enhanced English education not limited to public education, the development of more effective teaching methods, and increased awareness of English learning, all with the aim of maximizing socioeconomic benefits or minimizing disadvantages resulting from English's overwhelming hegemony. Significant criticisms and proposals for fundamental improvements to current English education

persist because it is perceived as unsuccessful, yet this current continues to thrive, contributing to the growth of the English education industry. Those driving this current believe that correcting socioeconomic injustices can be achieved through a higher level of English proficiency among non-native speakers. However, attaining high-level English proficiency poses a significant challenge, requiring substantial learning even for those whose first language is linguistically close to English. Looking at Japanese society, where children's English classes and English programs in the private sector have proliferated for decades without yielding any positive results, it is evident that achieving fairness by rectifying injustices through this strategy is impractical for non-English speakers. Even if successful attainment of high-level English proficiency is possible, the issue of the unilateral burden of language learning costs cannot be ignored. The idea that more equitable interlingual communication among non-native speakers can be achieved through linguistic assimilation overlooks the phenomenon of exclusion perpetuated using such assimilationist approaches. It is totally failing⁴⁾. The lack of widespread recognition of this reality is perpetuated by the education industry, English teachers in public education, and their training institutions, in collaboration with education administration, which collectively reinforce and disseminate the discourse that "past English education has failed, so we need better and more English education"⁵⁾.

Another perspective is known as English imperialism, which views the dominant position of English as unjust and criticizes its unethical nature. Acquiring English proficiency equivalent to that of native speakers through learning is extremely challenging. Moreover, the feasibility of acquiring English proficiency is determined by factors such as the distance between one's native language and English, as well as the availability of economic and cultural resources for learning. As a result, equal communication in English between native and non-native speakers is not achievable, leading to socioeconomic inequalities between them. In this perspective, strengthening English education is criticized as perpetuating linguistic imperialism that results in inequality.

The theory of English imperialism compellingly exposes the unethical nature of English occupying a position of overwhelming linguistic dominance. However, in today's world, where it is almost impossible not to choose English as the lingua franca for intercultural communication among non-native speakers, this theory faces the challenge of

not providing concrete policies or practical methods for individuals to change this current situation. Consequently, there arises a resignation that, despite recognizing the unfairness of English's international use, acceptance is the only viable option. Ultimately, this resignation tends to lead back to the former perspective, advocating for the improvement and promotion of English education and linguistic assimilation into English⁶⁾.

The third possibility, named "*Setuei*" in Japanese, presents an alternative approach to the pressing social issue of how non-English speakers should navigate their relationship with English, which holds the de facto position of an international lingua franca⁷⁾. This perspective advocates for a moderate engagement with English. Within this framework, it is acknowledged that English will likely maintain its dominant status for the foreseeable future. Therefore, rather than completely abandoning English learning, individuals are encouraged to reap the benefits of language acquisition while also being mindful of the communication barriers and social injustices that may arise from the predominance of English as a medium of communication. The concept proposes strategies for engaging with English in a balanced manner, minimizing reliance on English when possible. It emphasizes the recognition of the drawbacks of dependency on English and advocates for the complementary use of English while promoting other linguistic or non-linguistic communication methods. While the *Setuei* provides groundbreakingly practical guidance for individuals in their language practices, it does not directly address the fundamental question of how interlingual communication mediated by English should ideally be conducted⁸⁾.

When communication occurs among speakers of different languages, the choice of language is always inevitable. Given the overwhelming dominance of English today, the options are limited, and it is difficult not to use English. In such a scenario where the choice of not using English is not available, what actions are necessary in the immediate context, and what has not been done so far?

3. Repositioning International English

The situation surrounding English has been approached positively by acknowledging the diverse modes of existence of English worldwide and advocating for a departure from English assimilationist learning by detaching English from its native speakers and English-speaking communities.

In addition, there have been arguments proposing the repositioning of international English as a global common asset, distinct from "ethnic English," aiming to advocate for English as merely a tool. However, these discussions have not fully captured the issues of injustice and exclusion from communication that exist in the context of modern English.

For example, in the context of Japan, the following assertions are made: "We must consider the logic that 'Japanese-style English is acceptable,'" "The more non-native speakers use English with each other, the more it will be de-Americanized," and "Japanese also need to recognize their own English as part of non-native speaker English⁹⁾". These claims are indeed quite valid and are also echoed in the concept of *Setuei*. However, as we will see below, these discussions have significant omissions.

English spoken by native speakers as a primary language within an English-speaking community is referred to here as "domestic English," while the English used for communication between speakers of different native languages is termed "international English." What kind of relationship exists between these two types of English?

International English does not precede domestic English. Domestic English-speaking communities already exist, and their language norms and practices are referenced, learned, and utilized as a medium of communication to become international English. The starting point for the language norms, pronunciation, vocabulary, grammar, etc., of international English is the domestic English used by English native speakers, and it cannot originate from any other source. International English emerges as non-native English speakers learn and adopt domestic English, using it widely. Typically, this international English is heavily influenced by learners' first languages and becomes distinct from domestic English.

This section examines what happens in such international English communicative situations, where speakers of domestic English may also be present. It is common for domestic English speakers to react in some way to the international English of non-native speakers of English. Especially when there are communication barriers, the English used by international English speakers may be viewed as "violating language norms," "incorrect," "poorly executed," or "incomprehensible" by domestic English speakers. This criticism may not always be explicitly verbalized but can manifest through expressions of bewilderment or confusion. If communication fails, the responsibility is often attributed to non-native speakers who

struggle with English. Conversely, native speakers are not held accountable in the same way. When attempting to assess the validity of international English used in a particular context, non-native speakers are typically excluded from participation or voicing objections. This is because authoritative judgments, such as "Native speakers wouldn't express it that way" or "Native speakers wouldn't pronounce it like that," are made without allowing input from non-native speakers, rendering native speakerhood an uncontested power in the validation process.

Furthermore, even in communication settings where English native speakers are absent, such as when Korean and Japanese native speakers interact in international English, it may seem that such issues would not arise. However, this is not always the case because non-native speakers may act as proxy native speakers. Often, speakers who have acquired domestic English at a relatively high level may assume the role of surrogate native speakers when interacting with those who have not. They may assert authority over English validation based on the exclusive status of native speakers by stating phrases like "Native speakers wouldn't say that," "It's not in the dictionary," or "I don't understand," acting as representatives of native speakers.

The unfairness of targeting "insufficiently acquired international English" for negative evaluation or sanctions is widely recognized and described in sociolinguistic research on international English. However, the current state of affairs is that such recognition remains largely theoretical. Discussions surrounding international English lack concrete proposals and practices aimed at elucidating the mechanisms behind these issues and devising strategies for resolution. Consequently, injustices in communication mediated by English continue to be perpetuated.

4. English and microaggressions

As seen in the previous section, there exists a structure wherein non-native speakers have their autonomy in judging language usage compromised when domestic English is employed as international English. Non-native speakers cannot establish the criteria for correct English or the English to be accepted. When linguistic autonomy is denied or stripped away, individuals are inevitably stifled. This experience is common among language learners. This stifling leads to communication breakdowns and exclusion from social interactions, resulting in socioeconomic losses for non-native speakers and expanded benefits for

English native speakers. Moreover, the responsibility for communication failures is often attributed to the perceived inadequacy or reluctance of non-native speakers, further entrenching the acceptance of the resulting disadvantages as an unavoidable reality. Presently, society continues to tolerate and perpetuate this negative cycle as if it were inevitable.

The role played by the inherent advantage of being a native English speaker in maintaining this one-sided relationship can be conceptualized as microaggressions, subtle acts of violence. While the concept of microaggressions has been extensively studied in the context of racism and gender discrimination, it is widely applicable to all societies when a group is relegated to a second-class status and marginalized¹⁰⁾. In the discourse surrounding English, those relegated to second-class status and marginalized are non-native English speakers. While native English speakers may be a numerical minority in terms of population, the power allocated based on nativeness treats non-native speakers as a vast minority¹¹⁾. Microaggressions, due to their subtlety, are easily overlooked and therefore repeated frequently over the long term. The negative effects on groups not benefiting from power distribution accumulate over time. Pointing out deviations from the norms of non-native speakers' language can sometimes be interpreted as an expression of goodwill from native speakers, leading to responses like "there's no need to make such a fuss." As a result, behaviors resembling past instances of sexual harassment — specifically, the repeated subtle disparagement of English by non-native speakers — become normalized. While overt actions such as explicit corrections or revisions of non-native speakers' speech or writing may be avoided, imbuing interactions with negative evaluations is not considered problematic¹²⁾. This normalization resembles judgments like "it's okay to touch someone a little to express intimacy or to correct their bad posture," illustrating the prevalent dynamics of English as a mediating language in interlingual communication.

The microaggressions in English communication described above take the form of depriving non-native speakers of autonomy in language usage and excluding them from communication. Learning a foreign language inherently involves a sense of having one's autonomy taken away and being rendered powerless. Language norms are complex habits accumulated over a long period, and while they may change, such changes are perceived to occur only within native speaker communities or through

their collective acceptance, with non-native speakers not recognized as having the right to participate in the process of change. Even if learners point out the irrationality of the language norms they are learning and propose changes, they are often dismissed with a laugh. While it may not be problematic to exclude non-native speakers considering that everyone has some native language and considers it a component of their identity, this exclusionary practice is unacceptable for English, which has become widely used as a lingua franca in intercultural communication worldwide. Due to historical circumstances, English has acquired functions and roles that other languages do not possess and cannot easily change in the short term.

When norms of language within the English native speaker space, namely those of domestic English, are upheld and the privileges assumed to be held by English native speakers regarding English language norms are exercised, communication injustice occurs, and fundamental rights violations occur when the autonomy of non-native speakers in judging English language norms is denied¹³⁾.

It's commonly observed that learners aspiring towards linguistic assimilation into English-speaking communities often welcome actions based on the privileges of English native speakers to facilitate their own assimilation. Actively seeking out native speakers for communication and striving for linguistic proximity to them are common strategies in language learning. For those intending to learn, study, or live within English-speaking communities, such approaches are highly effective and reasonable methods for learning domestic English¹⁴⁾. However, in situations where English serves as a medium of international communication among non-native speakers, denying the autonomy of non-native speakers regarding linguistic norms can be considered ethically unacceptable, akin to microaggressions or language discrimination.

5. What should be done: liberation of language norms

When considering English as the inevitable medium of communication among speakers of different languages, what specific measures are necessary to prevent injustice, namely rights violations or exclusion from communication, based on the way language is used? Here are several points to consider:

5-1. The necessity to bifurcate English

Firstly, it is imperative to make a sharp distinction between domestic English and international English. The

coexistence of these two in communicative contexts can result in the imposition of domestic English norms onto international English, leading to the subordination, intimidation, or exclusion of the latter's users. To prevent this, it must be clarified that English native speakers can only enjoy their privileged status within domestic English settings, and crossing over into the realm of international English should be explicitly recognized as discriminatory. Furthermore, these principles need to be socially shared as ethical guidelines to prevent rights infringements. Additionally, as discussed in the discourse of World Englishes, merely affirming the existence of diverse Englishes distinct from domestic English holds little significance if hierarchies are established between them or if groups not counted as members of World Englishes are excluded¹⁵⁾. Acts, behaviors, or implications that promote or affirm such hierarchization must be classified as microaggressions or linguistic discriminatory acts, with the perpetrators identified as practitioners of discriminatory behavior.

The demarcation between domestic and international English signifies the liberation of linguistic norms in international English for its entire user base. The question of "who owns English internationally used" has long been debated, with only one plausible answer: "it belongs to all its users." This assertion underscores the right of all participants in international English usage to engage in the reproduction and reconstruction of linguistic norms. International English users acquire and adopt linguistic norms from various English varieties, including domestic English, utilizing English not as a native tongue but as a means of international communication. Within this context, the concern is solely whether communication occurs as intended or not; questions of correctness or legitimacy are rendered meaningless. The absence of universal grounds for establishing correctness underscores the impossibility of attributing legitimacy based on any singular criterion.



A notice found in a highway service area restaurant in Japan (photographed by the author in February 2023).

The figure represents an example of international English. While the origin of the linguistic norms adopted by the creator remains unclear, considering contextual factors beyond language, "Please Eat quietly" sufficiently facilitates communication in English. To dismiss this as "nonstandard" English would constitute a microaggression stemming from referencing domestic English norms.

Such international English labeled as deviant based upon domestic English norms is often the subject of ridicule in everyday casual communication. A well-known Japanese comedian, Akasiya Sanma, for instance, used the typical Japanese English phrase "I am orange juice," spoken by his colleague comedian, as a comedy bit. Similarly, in the 1990s, the author encountered anecdotes, now outdated and quite vulgar, where multinational non-native English speakers would laugh at individuals who could not distinguish the pronunciation of "erection" and "election"¹⁶⁾ at drinking parties¹⁷⁾. These instances represent a type of linguistic microaggression.

A Japanese sociologist, EHARA Yumiko, conducted a detailed analysis of the mockery directed towards the women's liberation movement as early as 1981¹⁸⁾. She asserts that fundamentally and structurally, words of mockery claim to be "play" towards the audience, while presenting to the target of mockery a universal, anonymous, and self-evident assertion. Through this dual semantic designation, the mocker gains superiority over the target of mockery, and the language of mockery is able to make assertions about the actions or attributes of the target of mockery. As for the case above concerning English, for example, the mocker presents the lack of drawing a distinction between erection and election as "play" by anticipating laughter while simultaneously establishing it as a universally and self-evidently valued judgment that it should be mocked as English. Even if the target of mockery is not present, the group of mockers mutually confirms their judgment, leading to the mix-up of norms between domestic English and international English or the normalization of the denial of independent norms for international English itself. Furthermore, mockery, taking the form of humor, conceals the intention of attack or sanction behind laughter and can also be used as a means of confirming intimacy or expressing kindness, saying that it helps those who are made fun of to improve their behavior. Therefore, protesting against it is structurally difficult. These dynamics are directly observable in the mechanisms of microaggressions

involving English.

The liberation of language norms for all international English users, essentially democratization, will promote further diversification of international English, possibly leading to instances where communication may fail to materialize. For example, failure to exclude international English that contradicts the norms of domestic English, such as "The thief will immediately call the police"¹⁹⁾, " could lead to confusion in international English communication. However, this is a cost to be borne for ensuring fairness in communication, a necessary confusion. Resorting to exclusionary actions to avoid this would be a serious reversal of priorities.

5-2. Pretended linguistic diversity

It is likely that current discourse in the field of international English studies is advancing towards acknowledging and affirming the diversity of English worldwide. However, the following judgment may approximate a general consensus among scholars in international English studies:

"Of course, accepting all forms of diversity in English raises the difficulty of determining where to draw the line on what constitutes "English." Therefore, while acknowledging diversity, there remains a dilemma in advocating for the diversity of English, as not everything can be fully embraced."²⁰⁾

"From the perspective of international English discourse, which treats all varieties of English as equal, any variety of English that is closer to Standard English can serve as a model of English education. However, it is necessary to ensure that the international comprehensibility of that variety is sufficiently maintained without absolutizing it."²¹⁾

What does limited diversity, which does not accept everything, signify? Are those whose English is not considered acceptable within the limited diversity forced to endure exclusion from English-mediated interlingual communication? Who determines what is classified as 'English'? Who is placed in the position of deciding 'not everything can be acknowledged'? Is it acceptable to exclude international English that is not deemed to have sufficient international utility?

These statements reserve the possibility of exclusion by implying that varied international English must conform to the standards of native speakers and dominant domestic English norms; it's nothing short of an appropriation of diversity²²⁾. The stance of immediately adding restrictions right after mentioning diversity and equivalence is a paradoxical attempt to appear as if acknowledging diversity while actually denying it. This approach may stem from an intention to acknowledge any incremental progress towards diversity, reflecting a forward-looking intention and a conscientious attitude. However, this is essentially akin to praising the capricious mercy of colonialists or the arbitrary tolerance of discriminators and amounts to nothing more than endorsing discriminatory practices. As various movements against discrimination have highlighted over time, the challenge in international English discourse lies in how to confront the "mask of benevolence" as articulated by Harlan Lane²³⁾.

5-3. Discriminatory practices in international English

In communication using international English, when one party cannot comprehend the other party's English, rather than dismissing it as "not English," efforts should be made to convey the areas of misunderstanding. There is no other alternative to continuing communication. If communication still fails, both parties bear the responsibility for its failure. However, if there is a socioeconomic power imbalance between them, the responsibility must be disproportionately assigned to the more powerful party²⁴⁾. This effort is necessary for fair communication among users of different first languages. Native English speakers or those with relatively high proficiency in English should not overlook this effort and should not insist on referring to the norms of domestic English to achieve efficient communication only for themselves. Taking actions or adopting attitudes critical of insufficient effort in studying domestic English constitutes discriminatory behavior that leads to the exclusion of relatively weaker participants in international English communication.

The crucial element lacking in traditional discourse on international English is the clear recognition that the intrusion of domestic English into international English, without a distinct boundary between the two, constitutes microaggressions and linguistic discrimination. SUZUKI Takao, who advocated for the distinction between

"international English and ethnic English" and wrote that "the struggle for citizenship rights of international English shares the same structural characteristics as the history of the Black Movement in the United States²⁵⁾," exhibited keen insight²⁶⁾. It has been almost 40 years since his arguments were presented, and fundamentally, there has been no progress. This is because there has been no equivalent movement to the Black Liberation Movement²⁷⁾. It is important for the discriminated, namely non-native English speakers, to seek technical innovations, such as lowering the cost and enhancing the efficiency of English learning, and cognitive shifts, embracing the idea that "Japanese-style English is acceptable," to alleviate their discriminatory situations. However, relying solely on these measures will only defer the problems. Furthermore, without a clear distinction between domestic and international English, there is an increasing risk of assimilationist discrimination, advocating for further English proficiency with the aim of assimilating into native speaker norms, which ignores the "glass ceiling" created by native speakerness²⁸⁾. The phenomenon of domestic English norms transcending boundaries is not limited to face-to-face communication between individuals. For instance, in English texts or books intended for international circulation beyond domestic English circles, demanding adherence to the norms of domestic English approved by native speakers can also be considered a form of linguistic discrimination. For example, the author once heard of a narrative from an international English advocate who mentioned his experience at a symposium of a certain academic society. He shared that when submitting a manuscript to an academic publication in the UK, linguistic revisions were made; however, "the editors showed a willingness to respect the original English text" written by the non-native English speaker "as much as possible." This experience should not be narrated in a positive light but interpreted as a typical example of discriminatory behavior under the mask of benevolence. The accumulation of experiences of continued discrimination robs individuals of their autonomy and often involves assimilation or enslavement to the framework of recognition held by discriminators. Despite being subjected to rights violations, individuals feel grateful for such treatment, a phenomenon that has a tragic twist.

5-4. The international English discourse as an anti-discrimination movement towards the disempowerment of English native speakers

Summarizing the discussion thus far, it is imperative to distinguish and avoid conflating international English and domestic English. Also necessary is establishing the prohibition of transgressing boundaries by incorporating domestic English linguistic norms into international English as a communicative ethical standard. Even if international English norms are rooted in domestic English in origin, we should not acknowledge the privileged status of English native speakers but rather liberate the linguistic norms of international English for all speakers. What sets this apart from existing discourse on international English is its direct interrogation of the awareness and actions of English native speakers when considering objections raised by non-native speakers, such as “the use of English as an international lingua franca is unjust.” Primarily, English native speakers or their proxies, shielded by the notion of exclusive monopolization of linguistic norms by native speakers, deprive non-native speakers of autonomy over international English, thereby excluding them from communication through international English. This phenomenon, where English native speakers infringe upon the communication rights of non-native speakers, must be perceived as linguistic discrimination. This discrimination is propagated by English native speakers, and its perpetration is independent of attributes related to non-native English speakers. Therefore, the responsibility for addressing and eliminating this discriminatory phenomenon lies solely with native speakers and their advocates²⁹⁾.

Arguments like “Japanese-style English is acceptable” or *Setuei* are entirely valid as an emergency survival strategy for the discriminated. If *Setuei* were to become a global trend, English would lose its dominant position, and international English would become a thing of the past. However, during the considerable period before such a shift occurs, exclusionary phenomena caused by English native-speakerness will persist. From another perspective, these long-term strategies may be seen as complicit in discrimination by neglecting to address the short-term resolution of countless microaggressions and discriminatory acts currently taking place. Therefore, in addition to these long-term strategies, there must be concurrent efforts to confront discriminators directly by explicitly identifying current discriminatory acts as such. Focusing on the actions and thoughts of discriminators and revealing the mechanisms and injustices of their conscious and unconscious discriminatory behavior, as well

as seizing opportunities to demand correction directly from the perpetrators of discriminatory acts, are aspects lacking in existing discourse on international English and *Setuei*. While it is often acknowledged that “native speakers also need to make efforts to accommodate non-native speakers’ English³⁰⁾,” such a discourse on international English has failed to critically examine the quantity and quality of these “efforts” and has left the perpetrators untouched, who constitute the unfair reality.

Generally, when considering the elimination of existing discrimination, it is necessary to establish two vectors, which are empowerment, i.e., restoration of self-esteem, and disempowerment, i.e., deprivation of privilege³¹⁾. Discriminated individuals are often compelled to perceive the social and economic disadvantages and experiences of exclusion they face under discriminatory conditions as their own responsibility alone. In this line of thinking, being excluded from communication through international English is attributed to one’s own responsibility for inadequate English learning. Affirming Japanese-style English and *Setuei* can alleviate such self-blame and encourage non-native English speakers. This constitutes empowerment.

When aiming for empowerment in non-native English-speaking societies, it becomes a challenge for international English studies to address the unethical nature of assimilationist behavior among many English education stakeholders who fail to or refuse to present stances other than “learn English harder.” Such assimilationist attitudes hinder empowerment. The mask of benevolence of English education stakeholders is also a result of their failure to differentiate between international English and domestic English, leading to confusion in their educational practices. They too may be victims of disempowerment through linguistic assimilationism. English education should be developed by clearly distinguishing between materials, methods, and practices for international and domestic English, respectively³²⁾.

Empowerment must be accompanied by the disempowerment of those benefiting from exclusion. This includes actions such as English native speakers’ intervening in the language norms of international English, behaving as if they hold the same exclusive status in international English as they do in domestic one, and failing to acknowledge responsibility for communication breakdowns in international English. These actions should be consistently criticized as microaggressions. Naturally,

there will be significant resistance against relinquishing the privileged status of the native speakers, who may lose the source of socio-economic benefits, i.e., the very cash cow. Various rationalizations can be expected to emerge. Users of international English who adhere to norms different from domestic English may face stigmatization.

For instance, reflecting on the resistance and rationalizations faced during past instances of sexual harassment allegations or *Buraku* liberation movements can provide valuable insight³³⁾. Studying past anti-discrimination movements and their outcomes can also contribute to envisioning the ideal state of international English. This process presents one of the challenges in international English studies.

Furthermore, considering the history of English as an international lingua franca, which has also been a history of microaggressions and exclusions, it is necessary to recognize that the ethical norms mentioned above may not be sufficient. For instance, English native speakers may inadvertently intimidate participants in English communication settings simply by being present, even without making any statements or expressing any attitudes. This is because the presence of native speakers can lead to their intervention in evaluating or judging the norms applied to the English spoken there, which may result in the erosion of autonomy for non-native speakers. All English native speakers inevitably carry the negative historical baggage of linguistic discrimination and exclusion, which can give rise to a sense of impending violence. It is important to recognize that the mere presence of a male individual, for example, can potentially intimidate non-males, particularly those who have experienced harm originating from masculinity. To develop such sensitivity is the ethical norm that should be imposed on English native speakers, who have continued to benefit from the accumulation of microaggressions.

Intent of use:

(D.E.) Participation in linguistic spaces constituted by native English speakers

(I.E.) Achieving communication between speakers of different languages

Rationale of linguistic norms:

(D.E.) Depends on the linguistic practices and judgements of native English speakers.

(I.E.) Depends on the practice and judgement of all communication participants, except native English speakers. It is confirmed and built upon by the mutual action of the moment.

Oriented value:

(D.E.) Securing privileged status against non-native speakers

(I.E.) Guaranteeing rights and maintaining autonomy over language norms

Table: Characteristics of domestic (D.E.) and international English (I.E.)

6. Conclusion

This paper presupposes the ongoing status quo, wherein English serves as the predominant lingua franca in interlingual communication, and has explored what is necessary for achieving fair communication in this context. It delineates the trajectory that international English discourse valuing accusations against English imperialism and the realization of diversity should take. It is acknowledged that this discourse primarily addresses the hegemony of English, and should another language replace it in the future, similar scrutiny will be required for that language. The democratization of access to language norms for all users may introduce confusion into English language norms, yet it is deemed a necessary process. Embracing this confusion and actively positioning oneself within it underscores the enormity of the intent to transform a single language held by native speaker groups into an exclusive medium of communication in international contexts while simultaneously aiming for equitable and democratic communication³⁴⁾.

Notes

¹⁾ For example, in Japan, it's widely known that even in the entrance exams for art universities or sports universities, English is a requirement, and universities offering options other than English are extremely limited.

It's not uncommon for English to be compulsory from the elementary education level onwards. While some countries allow students to choose languages other than English from secondary education and complete their education up to university level, they are required to specialize in the language itself or in academic fields specific to that region, which limits career opportunities.

²⁾Tatsuya, Amano et al., "The manifold costs of being a non-native English speaker in science", *PLOS Biology*, 2023. <https://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.3002184>

³⁾If we consider even slightly multilingual societies or lifestyles, it becomes apparent that the category of English native speakers or first language speakers is not clearly defined and cannot be definitively categorized. The boundaries are always fluid. Even arguments suggesting that a mother tongue or first language can change are not immediately dismissible. cf. Davies, Alan, *The Native Speaker: Myth and Reality*, 2003, Skutnabb-Kangas, Tove, *Linguistic genocide in education or worldwide diversity and human rights?*, 2000, p.105ff. etc. However, this paper acknowledges the existence of English native speakers, or first language speakers, and of English-speaking communities where these individuals consider English as part of their identity and use it as their everyday language. It also recognizes the inherent nature of first language acquisition, which cannot be acquired later in life by non-native speakers. The arguments presented in this paper are based on this recognition.

⁴⁾The problematic nature of promoting linguistic assimilation is clearly elucidated in my paper, "Gengo ken kara keikaku gengo e (From Language Rights to Planned Language)" in MASIKO H.(ed.) *Language/Rights/Discrimination: Liberation of Information Disadvantaged from the Perspective of Language Rights*, 2006/2012, Sangensya, Tōkyō, pp.121–124 (All texts are in Japanese). In a section of this paper, titled "Does English bring equality?" I have demonstrated the inherent issues associated with linguistic assimilation. Its Esperanto version, "Planlingvo kiel unu el la konsekvencoj de lingva rajto: el lingva rajto al planlingvo" is also available online. <https://tsuyama-ct.academia.edu/HidenoriKadoja>

⁵⁾The lack of understanding among English education stakeholders regarding the inherent contradictions, akin to the advertising of laundry detergents that continually promote "better new products," is likely due to the same reasons of vested interests. Much like detergent advertisements, tools and methods for English education have already been extensively developed. It's high time to realize that the main reason for the lack of visible progress in English education cannot solely be attributed to English education itself.

⁶⁾At the same time, the stance of strengthening English education may not be viewed as effective. For instance, it is not easy to accurately assess the English proficiency of Japanese native speakers. However, based on our lived experiences and numerical data, it is evident that English proficiency has not improved as much as expected, as seen in the distribution of English scores in high school and university entrance exams. Therefore, the effectiveness of enhancing English education is questionable.

⁷⁾KIMURA Gorō Christoph, *Setuei no susume: Datu eigoizon koso kokusaika, Gurōbaruka taiō no kagi!* (Towards Reducing the Use of English Decreasing Dependence on English is the Key to Responding to Internationalization and Globalization), Yorozu syōbō, Tōkyō, 2016. 'Setu' means 'moderate' or 'reducing' and 'Ei' means English.

⁸⁾KADOJA H. "Book review: 'Setuei no susume': setuei to yū hikaeme de radikaru na ēi (setuei, a reserved yet radical endeavor)", *Syakai gengogaku (Sociolinguistics)*, XVII, 2017, pp.147–156.

⁹⁾HON'NA Nobuyuki, *Eigo wa sekai o musubu (English bridges Asia)*, Tamagawa daigaku syuppanbu, 2006, p.44.

¹⁰⁾Derald Wing Sue et al., *Microaggressions in Everyday Life*, Wiley, 2020

¹¹⁾Indeed, in this regard, the structures of gender discrimination, which marginalize women despite comprising half of the population, exhibit similarities to the marginalization of non-native English speakers.

¹²⁾The significance of the concept of microaggressions lies in its ability to highlight the subtlety of phenomena that are dismissed with phrases like "just a little." In this regard, attention to such elements is necessary not only in the context of English but also in general exclusionary phenomena in communication.

¹³⁾Microaggressions that deny autonomy can also take the form of praise because they are essentially exercises of unequal power distributed in unalterable ways. Statements like "Your English is excellent, your pronunciation is perfect, or you sound like a native speaker from an

English-speaking country" also constitute discriminatory acts by revealing the locus of evaluative power concerning the dominant language. Just as comments like "You're beautiful / feminine" directed at women can be seen as acts of approval or evaluation, reminding us of how they can easily turn into harassment.

¹⁴⁾In a given context, there may be women who feel joy and encouragement when complimented with "you look beautiful" and derive motivation from it. However, the fact that such instances exist without inherent issues does not contradict the premise that the utterance is generally considered harassment. This scenario shares a similar structure.

¹⁵⁾"...presenting 'Indian English' while also generating English judged to deviate from 'Indian English' for individuals who are Indian themselves..." (Shibata M., Naka K., Huziwaru Y., *Eigo kyōiku no tame no kokusai eigo ron: eigo no tayōsei to kokusai kyōtūgo no siten kara (International English Theory for English Education: From the Perspectives of English Diversity and International Lingua Franca)*, Taisyūkan syoten, 2020, p.7). This is one example of such a phenomenon.

¹⁶⁾This anecdote has long been widely recognized in both informal discussions about English and formal academic contexts, similar to the well-known difficulty of distinguishing the pronunciations of expressions such as "rice/lice" and "right/light".

¹⁷⁾These individuals are serving as proxies for English native speakers. They are akin to the colonial elites who acted as vanguards of colonial rule.

¹⁸⁾EHARA Yumiko, "Karakai no seizigaku", *Sisō to site no feminizumu* ("politics of mockery", *Feminism as Thought*), Keisōsyōbō, 1985, p.178ff.

¹⁹⁾This is the English translation shown below the Japanese text that says, "Theft is a crime. If found, it will be reported to the police immediately," on an attention-grabbing poster in a household appliance retailer. twitter.com/lsa_rentacs/status/1654618805002473472

The poster creator, likely a non-native English speaker, presents this text as acceptable English, perhaps using an automatic translation site. Criticizing, mocking, or excluding it as a deviation from language norms would be discriminatory. However, for example, deviations from standard Japanese found in signage, tattoos, T-shirts, etc. outside Japan may be seen as unusual by native Japanese speakers. Even if they were to critique, exclude, or mock such deviations, it would not necessarily be considered discriminatory. This is because Japanese is not overwhelmingly dominant as a language used among non-native speakers worldwide.

²⁰⁾Sibata, Naka, Huziwaru, *op.cit.*, p.7. Translated by the author.

²¹⁾Siozawa, Tadasi et al. '*Kokusai ēgo ron' de kawaru nihon no ēgo kyōiku (Changes in Japan's English education under the international English discourse)*, Kurosio syuppan, 2016, p.21. Complimentarily translated by the author.

²²⁾The importance of ensuring diversity lies in its role as one of the necessary conditions to prevent fundamental rights violations. Imposing limitations on diversity would be tantamount to restricting rights protection.

²³⁾Lane, Harlan, *The Mask of Benevolence: Disabling the Deaf Community*, San Diego, DawnSignPress, 1999.

²⁴⁾For instance, in communication between an individual lacking socioeconomic resources and an organization possessing such resources, if the failure of communication leads to a violation of the individual's rights, then all responsibility should be attributed to the organization.

²⁵⁾SUZUKI Takao, *Buki to site no kotoba (Words as a weapon)*, Sintyōsha, 1985, p.148.

²⁶⁾He argues that idiomatic expressions and similar linguistic elements that exacerbate the burden of learning English should be prohibited for international English use. In this context, it implies the need to eliminate the intrusion of domestic English norms into international English. However, Suzuki's arguments have been largely overlooked, at least in Japan. While his long-running bestseller, which has undergone numerous reprints, seems to have been widely read by English educators in Japan, it has been completely ignored. He has also failed to advance the discussion to the next stage, which involves recognizing such intrusions as acts of discrimination and pressing for corrective action against the discriminators.

²⁷⁾In cases of gender discrimination, racial discrimination, and similar issues, specific instances have been litigated, raising social awareness through the objection of the discriminated individuals, thereby advancing social movements. However, concerning international English, the nature of its transcending national borders and the difficulty for individuals not directly involved with English to recognize exclusion present challenges to a similar development.

²⁸⁾ No matter how much emphasis is placed on learning domestic English, it is rare for non-native speakers to reach the proficiency level of native speakers. Moreover, the associated learning costs and missed opportunities are immense. Even if they were to achieve such proficiency, they could not break the privileged monopoly of language norms held by native speakers. Even if discriminated individuals aim to become like the discriminators, they will never truly be the same, and they will continue to be categorized as “those who were originally different,” potentially facing sudden exclusion.

²⁹⁾ The “women’s issue” is a men’s issue, the “black issue” is a white issue, and the root of the “English issue” lies with English native speakers.

³⁰⁾ Siozawa et al., *op.cit.*, p.73

³¹⁾ This perspective is essential when envisioning universal design to minimize exclusion from communication. My article, “Sikizi / zyōhō no yunibāsaru dezain to iu kōsō — sikizi, gengoken, syōgaigaku (The concept of universal design for literacy/information: literacy, language rights, and disability studies),” published in *Kotoba to syakai: tagengo syakai kenkyū (Language and Society: Studies in Multilingual Societies)* in 2012, pp.141–159, discusses this approach.

³²⁾ Just as in Japanese language education, delving deeply into

international English education could lead to the conclusion that it is not necessarily essential to teach English. In his article, “Kokusai kyōtūgo to site no eigo kyōiku no ‘kabe’,” *Azisa Eigo Kenkyū*, 20, 2018, pp.80–98 (The ‘wall’ of English education as an international lingua franca,” *Asian English Studies*), NAKA Kiyosi explores the essentialism of English education and the theoretical inability to establish linguistic models that English education is supposed to achieve. The current English education system exhibits a de facto contradiction, emphasizing diversity while denying it. What English education stakeholders can immediately do is to cease the deception of diversity and international English and instead temporarily retreat to domestic English education.

³³⁾ <http://www.bll.gr.jp/en/index.html>

³⁴⁾ The immense difficulty in achieving this goal testifies to the significance of considering the option of not using languages, such as English, which are associated with native speaker groups, as the standard medium of communication in interlingual contexts. It guides us towards the significance of adopting communication norms — not to use such languages but a planned language unrelated to native-speakerness.

Final remark: the content of this text was originally generated and published in Japanese, critically arguing the communication structure and ideologies around international English. The author is seriously conscious that the very act of writing and publishing in English itself reinforces the unjustifiable domestic-English-centered structure that this text seeks to criticize. As can readily be inferred from the prevailing norms and ideologies of translingual communication that English serves as the primary medium, the mere fact that the text is not written in English provides a strong justification for native speakers of English and their representatives to disregard it, even when it is addressed to them. Placed under these contradictory conditions, the author was compelled to render the text into English despite the conviction that translingual communication should resist English-centrism and instead conform to universal justice, respecting both linguistic and communicative human rights. Forcing the less powerful to suffer a unilateral double bind lies at the very core of discrimination.

深層学習を用いた人物の関節点時系列データ からの動作推定の一提案

下山 朗弘* 薮木 登**

A Proposal for Human Motion Estimation from Time-series Skeletal Joint Data Using Deep Learning

SHIMOYAMA Akihiro, YABUKI Noboru

This study proposes a human motion estimation system using AI for welfare applications, aiming to facilitate real-time recognition and detection of potentially hazardous movements. Unlike conventional sensor-based methods, the system utilizes standard color cameras and deep learning models to reduce user burden.

Skeletal joint data is extracted from video input using the OpenPose library. These data are then used to train motion estimation models based on Recurrent Neural Networks (RNN) or Long Short-Term Memory (LSTM), using the STAIR Actions dataset, which includes categorized daily activities relevant to caregiving.

Experimental results show that LSTM outperforms RNN in estimation accuracy due to its ability to handle long-term dependencies. However, LSTM is more sensitive to missing data, especially when body parts are occluded. Category-specific analysis revealed that motion categories involving occlusions had lower accuracy, likely due to limitations in joint detection.

Finally, the trained model was applied to live camera input, confirming the system's capability for real-time motion estimation and individual tracking.

Key Words: Neural Network, Recurrent Neural Networks (RNN), Long Short-Term Memory (LSTM), Deep Learning

1. 緒 言

現在、高齢化が進む日本において全体の高齢者が占める割合や一人暮らしの高齢者が増加している。また、世界でも少子高齢化は問題となっており、中国では高齢者人口の増加が深刻になってきている。また、近年 AI 技術は急速に発展し、福祉分野においても AI 技術が注目され活用されている。そこで AI を用いた人物の動作推定システムを福祉に用いることで、対象者を認識し動きを推定することが容易になる。さらにシステムを用いてリアルタイムな動作記録や危険な動きを検知して介護ロボットや通知システムへの活用などが考えられる。

人物の動作推定を行う方法としてはセンサーを用いた方法がある。例えば、スマートフォンを身につけて内蔵の加速度センサーから取得した加速度

データからの行動推定¹⁾や室内に設置したビーコンや対象者が身につけるスマートタグから得られるセンシングデータと動画画像解析で取得した骨格データを用いた行動認識²⁾などがある。しかし、これらの方法では対象者がセンサーなどを身につけ、あるいは、室内の各所にビーコンやセンサーなどを設置してデータを取得する必要がある、装置の装着や設置が利用者の負担となってしまう。

本研究では、室内に設置したカメラの入力映像から人物の関節点データを取得し、深層学習モデルを用いてリアルタイムで処理が可能な動作推定システムの一手法を提案する。本提案より、加速度センサーなどの特殊センサーなどを使用せずに一般的なカラーカメラのみを用いた人物の動作推定を行うことができるようになり、利用者の負担を軽減することができる考える。

そのためにまず、動画画像から人物の関節点データを取得する。その人物の関節点データの取得には姿勢推定ライブラリである OpenPose³⁾を用いる。これにより、関節点データを動画画像から抽出する作業を

原稿受付 令和 7 年 9 月 10 日

*専攻科 電子・情報システム工学専攻 令和 7 年 3 月修了

**総合理工学科 教授

削減することができる。

次に、動画画像から抽出した人物の関節点データから動作推定を行うために動作推定モデルの学習を行う。深層学習モデルには、時系列データを扱うことができる Recurrent Neural Network (RNN)⁴⁾と Long Short-Term Memory (LSTM)⁵⁾を使用し、深層学習モデルの比較を行う。この時、学習時のデータセットには福祉分野での活用を想定しているため、STAIR Actions⁶⁾を使用する。STAIR Actions には日常生活における動作カテゴリ別に分類された動画画像が含まれている。

最後に、動作推定システムに学習済みのモデルを適用して実際のカメラからの入力映像に対してリアルタイムに動作推定を行うことができるか確認を行う。

2. 関連技術

2. 1 STAIR Actions

本研究でのモデルの学習に使用するデータセットである STAIR Actions について説明する⁶⁾。図 1 に動作カテゴリリストを示す。STAIR Actions とは約 10 万本の日常の人間の動作シーンの動画画像で

Kitchen related	
drinking	
eating meal	
eating snack	
washing dish	
throwing trash	
washing hands	
opening refrig door	
pouring tea or coffee	
cutting food	
cooking	
Washroom related	
setting hair	
drying hair with blower	
making up	
manicuring	
gargling	
brushing teeth	
washing face	
shaving	
Object manipulation	
wearing glass	
playing with toy	
playing board game	
using computer	
listening to music with headphones	
playing computer game	
taking photo	
using smartphone	
using tablet	
operating remote control	
watching TV	
telephoning	
gardening	
playing guitar	
playing piano	
blowing flute	
standing on chair or table or stepladder	
throwing	
opening or closing container	
smoking	
ironing	
knitting or stitching	
polishing shoe	
wearing shoes	
sewing	
hanging out or capture laundry	
folding laundry	
wearing tie	
putting off cloth	
putting on cloth	
housecleaning	
wiping window	
drawing picture	
doing origami	
reading newspaper	
studying	
reading book	
writing	

Multipayer action
changing baby diaper
bottle-feeding baby
piggybacking someone
holding someone
feeding baby
assisting in getting up
assisting in walking
teaching
nodding
shaking head
speaking
hearing
pointing with finger
caressing head
kissing
doing high five
hugging
stroking animal
shaking hands
bowing
giving massage
passing something
doing paper-rock-scissors
fighting
Solo action
walking with stick
walking
going up or down stairs
jumping on sofa or bed
baby crying
baby crawling
exercising
dancing
running around
clapping hands
sitting down
standing up
sleeping on bed
lying on floor
leaving room
entering room
being angry
being surprised
crying
smiling

図 1 STAIR Actions データセットのカテゴリ⁷⁾

構成されたデータセットである。100 種類の動作カテゴリが存在し、それぞれの動作カテゴリにつき、約 1000 本の動画画像で構成されている。含まれている動画画像は料理や読書のような日常生活における動作の動画画像となっている。

2. 2 OpenPose

動画画像からの姿勢推定に使用する姿勢推定ライブラリである OpenPose について説明する³⁾。OpenPose とはカーネギーメロン大学などによって開発された深層学習を用いて人の関節点などのキーポイント情報をリアルタイムに抽出する姿勢推定ライブラリである。人の関節点の座標値情報の取得は従来の技術であれば、対象の人物にセンサーなどを取り付けたり、Kinect などの三次元情報を取得することができるカメラなどを利用したりして取得していた。しかし、OpenPose では加速度センサーや三次元カメラなどの特殊な機材を使わずに、一般的なカラーカメラによる画像や動画画像から関節点の座標値を抽出することができる。STAIR Actions の動画画像に対して関節点の座標値抽出を行い、人物の 25 個の関節点を動画画像内から推定し、座標値を出力する。図 2 に OpenPose で推定する各関節点と部位の対応図⁸⁾を示す。

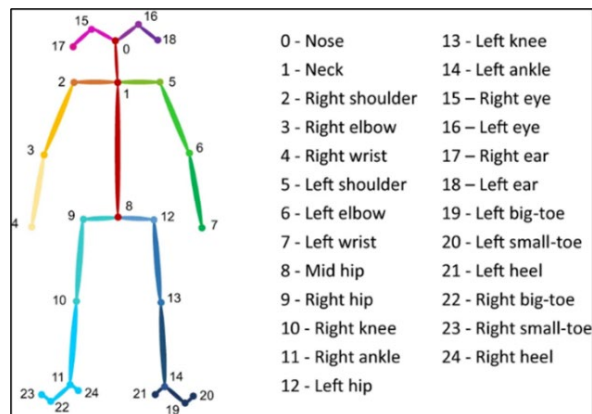


図 2 各関節点の対応図⁸⁾

3. 動作推定システムの提案

3. 1 動作推定システムの概要

提案する動作推定システムの概要⁹⁾について説明する。図 3 に提案システムの概要図を示す。本研

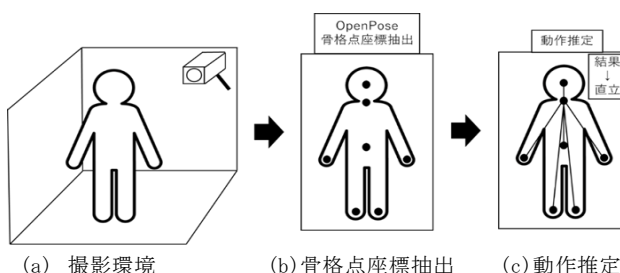


図 3 提案システムの概要図

究では屋内での利用を前提にしている．図 3(a)のように室内に設置されたカメラの入力映像から OpenPose を用いて関節点を検出し，関節点の座標値を取得する(図(b))．次に取得した座標値データを学習済みの深層学習モデルを用いて動作推定を行い，推定結果を出力する(図(c))．

3. 2 動作推定ネットワークの構造

動作推定のネットワーク構造⁹⁾について説明する．図 4 にネットワーク構造を示す．データは図の下側から上側に向けて移動する．入力データは t 時間のフレーム F の関節点データがモデルレイヤに入力される．モデルレイヤには，動作を推定するために時系列データである関節点の座標値変化を扱うため，RNN モデルまたは LSTM モデルを使用する．モデルレイヤからの出力は次フレームの入力とともに次のモデルレイヤに入力される．そして最後のモデルレイヤからの出力を全結合層に入力し，その出力を Softmax 層に入力する．Softmax 層に入力することで全結合層の出力値を 0.0~1.0 の範囲の確率値に変換する．そして変換後の値で最も推定確率の高いカテゴリを推定結果として出力する．なお，図 4 では，最終フレーム以外の全結合層は利用していない．

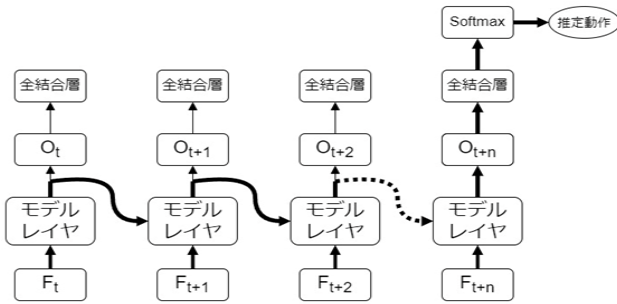


図 4 動作推定のネットワーク構造

4. 実験方法

4. 1 動作推定の深層学習モデルの学習

まず，動作推定モデルの学習プログラムについて説明する．プログラムはプログラミング言語に Python を使用し，PyTorch という機械学習のオープンソースライブラリを使用した．深層学習モデルである RNN と LSTM は PyTorch のクラスとして定義されており，これを用いて図 4 のネットワーク構造を実装した．

次に，学習に用いるデータセットについて説明する．使用した動作カテゴリは 78 カテゴリとなっている．STAIR Actions の動作カテゴリは図 1 に示したように 100 カテゴリに分類されているが，一部の動作カテゴリが非公開となっているため，本研究では公開されている 78 個の動作カテゴリを使用している．

さらに，この 78 カテゴリを動画像内に存在する人数ごとに選別したデータセットを構築した．動画像内に一人のみのカテゴリは 50 カテゴリ，二人存在するカテゴリは 28 カテゴリとなっている．表 1 に各カテゴリのデータ数を示す．学習データとテストデータは各カテゴリで 8 : 2 の割合とした．

深層モデルの学習では OpenPose の出力である関節点の座標値を使用する．学習時に OpenPose を実行すると GPU のメモリを消費するため，事前にデータセットの各動画像に対して OpenPose を実行し，次の 4.2 で説明する変換を行って関節点の座標値データを抽出してデータセットを構築したのち，学習を行った．

表 2 に実験条件を示す．構築した三つのデータセットを用いてそれぞれ RNN と LSTM の場合の学習を行う．モデルに入力するフレーム数は 60 フレームとしている．STAIR Actions の各動画像は 30FPS の約 5 秒となっており，総フレーム数は約 150 となるが，動画像ごとにフレーム数がバラバラで一定の秒数で切り出すと動作の一部が抜けるため，本実験では各動画像の総フレーム数から等間隔に 60 フレームを抜き出して入力データとしている．

RNN と LSTM の隠れ層は 512 とし，過学習を抑制するためのドロップアウトは 0.5，バッチサイズは 128 としている．バッチサイズとは 1 回の学習において一度に処理を行うデータ数を意味する．学習回数は 3000 回とし，一回の学習を終えるごとにテストデータでモデルの推定精度と Loss の計測を行う．なお，Loss とは損失関数によるモデルの予測値と正解値の差である．

表 1 学習用データセットのデータ数

	全カテゴリ	一人のみ	二人
カテゴリ数	78	50	28
学習データ数	37,129	23,440	13,689
テストデータ数	9,296	5,861	3,435

表 2 各カテゴリにおける実験条件

データセット	全カテゴリ		一人のみ		二人	
深層学習モデル	RNN	LSTM	RNN	LSTM	RNN	LSTM
カテゴリ数	78		50		28	
入力フレーム数	60		60		60	
隠れ層	512		512		512	
ドロップアウト	0.5		0.5		0.5	
バッチサイズ	128		128		128	
学習回数	3000		3000		3000	

4. 2 データセットの座標変換処理

データセットの座標変換処理について説明する．学習時には関節点の座標値データを使用するが，STAIR Actions データセットは動画像データとなっているため，座標値データへの変換を行う．図 5

に座標変換処理の全体の流れを示す。図の上側から、まず、データセットを読み込み、各動画をフレームに分割する。その後、分割したフレームに対して OpenPose の関節点抽出を行う。OpenPose の出力には検出した人物ごとに 25 個の関節点の X 座標と Y 座標、推定の信頼度が出力される。しかし、フレームごとに実行するためフレーム間の統一された ID などの情報がなく、複数の関節点データが抽出された場合、人物ごとにまとめることができない。そこで、PersonID(PID)を付与するプログラムを作成する。

図 6 に PID 付与のプログラムを示す。このプログラムでは PID と最後に検出された関節点データを保持する PID リストを作成してフレーム間で統一した ID を付与する。まず、OpenPose で抽出した関節点が入力されると、PID リスト内に要素がなければ、新規の PID を発行して関節点とともにリストに追加する。PID リスト内に要素が存在する場合 PID リストに保持されている各 PID の直前の関節点データと入力された関節点データを式(1)を用いて各関節点のユークリッド距離を計算する。i は各関節点を表しており、(X2,Y2)は入力された関節点座標、(X1,Y1)は直前の関節点座標を表している。

$$\sum_{i=1}^{25} \sqrt{(X_{2i} - X_{1i})^2 + (Y_{2i} - Y_{1i})^2} \quad (1)$$

本実験ではフレームレートが 30FPS となっており、同一の人物が映っていた場合、前後のフレーム間で座標値は大きく変わらないと考えられる。そのため、前後のフレームで関節点座標のユークリッド距離を求め、最小値の PID が同一の人物であるとして PID リストの更新を行う。もし、すべての PID の関節点座標とのユークリッド距離が閾値より大きい場合は新たに検出された人物として新規の PID を発行する。

PID を付与した後は関節点座標の変換⁹⁾を行ってから、PID ごとに蓄積する。座標変換を図 7 に示す。座標変換を行う理由としては、OpenPose から出力される関節点の座標は画面左上からの絶対座標となっているため、この座標を用いて学習を行うと画角の変化に対して座標の値が大きく影響を受ける。そのため、本実験では座標を図 7 に示すように画面左上からの絶対座標から首の関節点を基準にした相対座標に変換して使用する。その後、使用するデータセットの各動画の縦横比率がバラバラなため、画像の縦幅値と横幅値で座標データの x 値と y 値をそれぞれ割り、座標データの正規化を行う。なお、関節点が画像に映っていない場合は、x,y の各値が 0 になっており、この場合、関節点は座標変

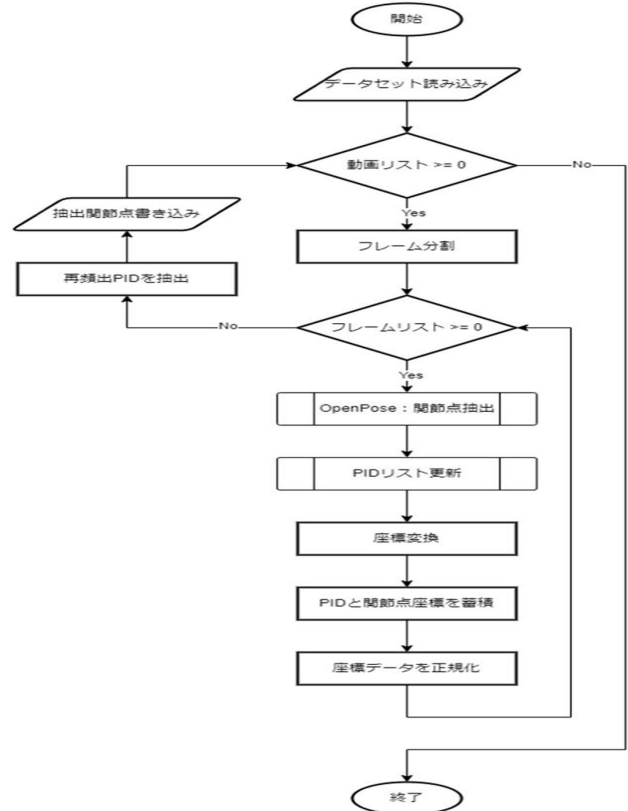


図 5 データセット処理の全体の流れ

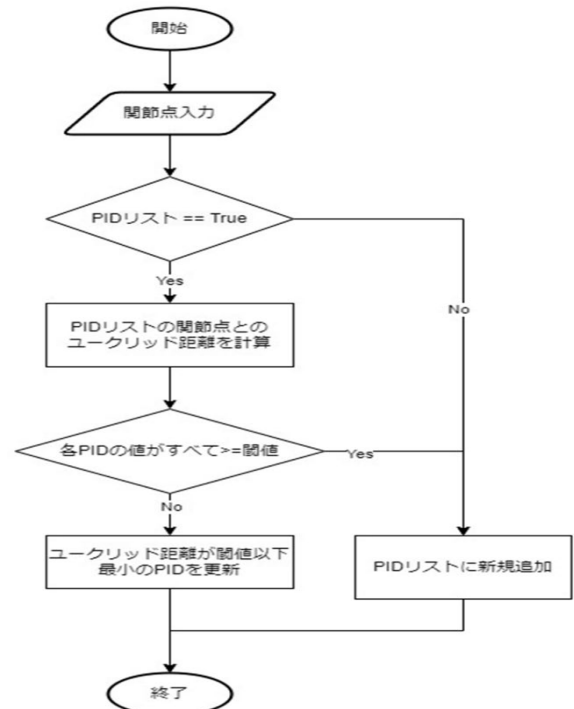


図 6 PID 付与プログラムの流れ

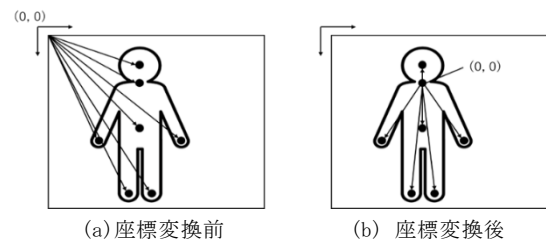


図 7 関節点の座標変換

換を行わず、そのまま各値を0としている。

図8に1フレーム分のOpenPose出力時と座標変換と正規化後の人物の関節点出力の例を示す。

すべてのフレームを処理した後は、関節点データのファイルへの書き込みを行う。しかし、PIDリストの中には人物ではない物体などをOpenPoseが人物だと誤検出した値も含まれている。この例では図左側の蛇口を誤検出している。それらの値は継続的ではなく、数フレームのみ検出されるため、PIDリストの中で全フレーム中、最も検出されたPIDの関節点データを抽出してファイルに書き込む。



図8 1フレーム分の関節点データの出力例

5. 実験結果

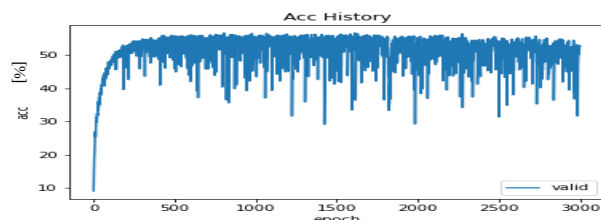
5.1 RNNモデルの学習状況推移

深層学習モデルにRNNを使用して学習したときの、モデルの推定精度を図9に、Lossの推移図を図10に示す。それぞれの推定精度(acc[%])を見ると学習回数が500回付近ですでに頭打ちとなっており、その後はドロップアウトを適用しているため、精度の大きな低下と上昇を繰り返していることがわかる。

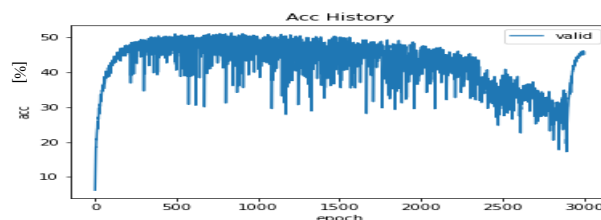
図9(a)全カテゴリーでは、データ数が多いためか、他のデータセットと比べ、推定精度は下がっていないことがわかる。また、図10(a)Lossの推移図を見ると、学習回数が250回付近で下がりきっており、その後は上昇して横ばいとなっている。

図9(b)一人のみの場合は推定精度のグラフから頭打ちとなってから徐々に低下し2800回付近まで低下していることや、図10(b)Lossの推移図を見ても、2500回から3000回の間で推定精度のグラフと反比例していることがわかる。図9(c)二人の場合を見ると推定精度のグラフが頭打ちになってから時々、緩やかな減少と上昇を繰り返している箇所がある。これはデータ数が最も少ないためだと思われる。

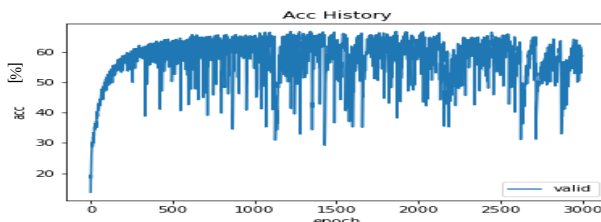
表3に推定精度とLossの最高値の比較表を示す。



(a) データセット：全カテゴリー

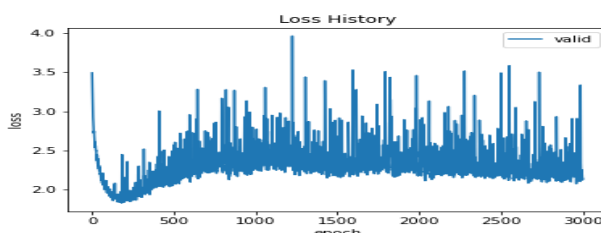


(b) データセット：一人のみ

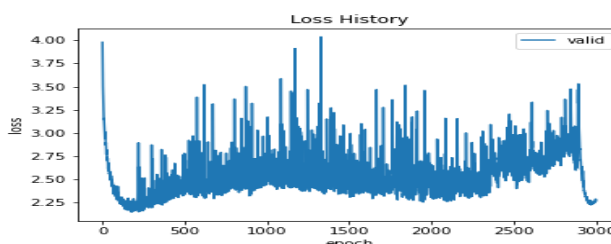


(c) データセット：二人

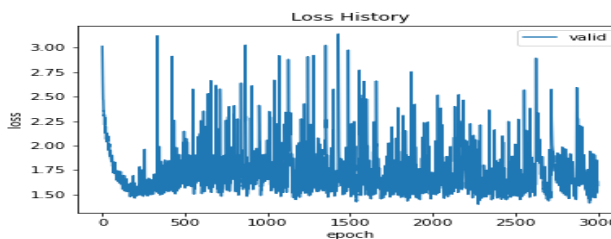
図9 RNNの推定精度



(a) データセット：全カテゴリー



(b) データセット：一人のみ



(c) データセット：二人

図10 Lossの推移図

表3 推定精度の比較表

データセット	全カテゴリー	一人のみ	二人
推定精度	51.320 %	56.744 %	66.928 %
Loss	2.144	1.829	1.401

表 1 と表 2 からデータ数が少ないデータセットほど推定精度が高くなっており、Loss が小さくなっていることがわかる。

推定精度と Loss のデータだけでは判断できないが、過学習の影響も否定できないと考えられる。

5. 2 LSTM モデルの学習状況推移

次に LSTM を使用して学習したときのモデルの推定精度を図 11 に、Loss の推移図を図 12 に示す。それぞれの推定精度を見ると学習回数が 150 回付近で上昇しきっており、その後はドロップアウトの影響でために大きく精度が低下している箇所があるが全体的に横ばいとなっている。一人のみと二人の場合を見ると上昇しきってから数百回学習している間は RNN と同じようなグラフとなっているが、その後は一定周期で推定精度が大きく低下と素早い推定精度の回復を繰り返している。RNN と比べて精度低下の回数が少なく安定している。

LSTM は、RNN の時と比べ緩やかな精度の低下は、推定精度のグラフからは見られない。しかし、Loss の推移図を見ると異なる動きとなっている。通常だと推定精度が上昇すると Loss は低下し反比例しているようなグラフになるが、それぞれのデータセットで共通して推定精度が上昇中は反比例しているが、その後は上昇している。考えられる原因としてはデータセットに含まれる各カテゴリーが持つ動画像データ数がバラバラで多いカテゴリーと少ないカテゴリーが存在していることや OpenPose で検出できなかった関節点の欠損値の影響が RNN と比べて大きく出たのではないかと考えられる。

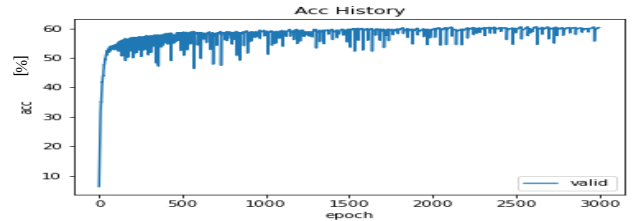
LSTM は RNN と比べ長い時系列データを扱う能力が高いとされているため、データセットに含まれる欠損値が RNN では情報が長期間にわたって保持されないため、欠損値の影響が少ないが、LSTM だと長期間にわたって情報を保持する特徴によって欠損値の影響が大きく出たと思われる。

前節最後でも述べたが、推定精度と Loss のデータだけでは判断できないが、過学習の影響も否定できないと考えられる。

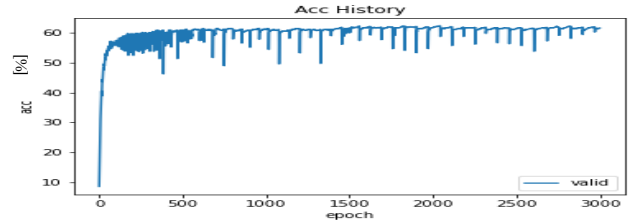
表 4 に推定精度と Loss の最高値の比較表を示す。この表から RNN と同様データ数が少ないデータセットほど推定精度が高くなっており、Loss が小さくなっている。

5. 3 カテゴリーごとの推定精度

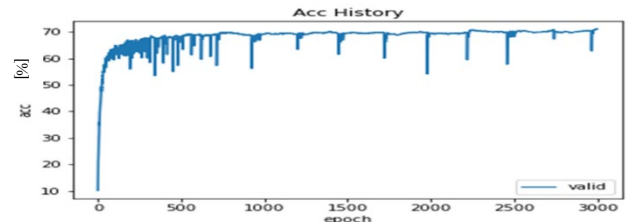
次に各カテゴリーの推定精度を測定した。表 5、6 にそれぞれ RNN、LSTM を用いた場合の各データセットの推定精度上位 5 カテゴリーと下位 5 カテゴリーを示す。同じデータセットを用いて学習を行った場合 RNN と LSTM のどちらも推定精度の高いカテゴリーと低いカテゴリーは同じようなカテゴリーに分類されており、深層学習モデルの違い



(a) データセット：全カテゴリー

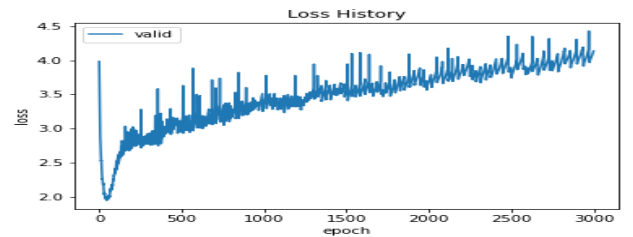


(b) データセット：一人のみ

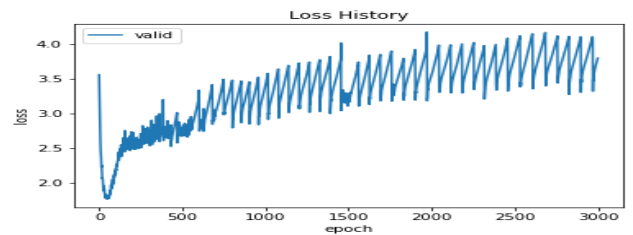


(c) データセット：二人

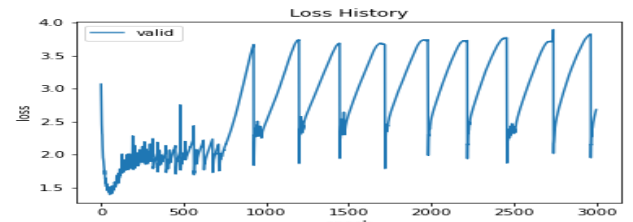
図 11 LSTM の推定精度



(a) データセット：全カテゴリー



(b) データセット：一人のみ



(c) データセット：二人

図 12 Loss の推移図

表 4 推定精度の比較表

データセット	全カテゴリー	一人のみ	二人
推定精度	60.586 %	62.307 %	71.237 %
Loss	1.950	1.762	1.395

表 5 RNN でのカテゴリ推定精度

データセット	上位	下位
	5 カテゴリ	5 カテゴリ
全カテゴリ	lying_on_floor [78.3%]	eating_meal [13.7%]
	baby_crawling [76.7%]	throwin [11.3%]
	wearing_shoes [73.3%]	using_computer [4.2%]
	wadhing_dis [69.4%]	reading_book [3.4%]
	jumping_on_sofa_or_bed [68.7%]	telephoning [0.0%]
一人のみ	lying_on_floor [87.4%]	reading_newspaper [22.6%]
	washing_face [80.3%]	throwing [22.5%]
	bowing [79.8%]	cutting_food [22.0%]
	washing_dish [78.1%]	reading_book [13.8%]
	wearing_shoes [76.4%]	using_computer [8.3%]
二人	jumping_on_sofa_or_bed [82.0%]	listening_to_music_with_headphones [45.6%]
	assisting_in_getting_up [81.4%]	shaking_head [43.4%]
	baby_crawling [79.5%]	hugging [42.5%]
	maniburing [78.1%]	caressing_head [39.3%]
	polishing_shoe [76.1%]	telephoning [0.0%]

表 6 LSTM でのカテゴリ推定精度

データセット	上位	下位
	5 カテゴリ	5 カテゴリ
全カテゴリ	washing_face [84.3%]	throwing [16.9%]
	bowing [78.6%]	eating_snack [16.7%]
	lying_on_floor [77.6%]	eating_meal [15.1%]
	walking_with_stick [75.0%]	reading_book [9.2%]
	washing_dish [73.2%]	telephoning [0.0%]
一人のみ	wadhing_face [81.1%]	eating_snack [19.2%]
	lying_on_floor [79.0%]	drinking [16.7%]
	sitting_down [78.1%]	cutting_food [14.6%]
	wearing_shoes [76.4%]	using_computer [12.5%]
	washing_dish [75.4%]	reading_book [6.9%]
二人	jumping_on_sofa_or_bed [86.0%]	shaking_head [33.7%]
	baby_crawling [80.8%]	hugging [32.5%]
	holding_someone_on_back [78.8%]	passing_something [29.7%]
	assisting_in_getting_up [76.8%]	listening_to_music_with_headphones [27.8%]
	assisting_in_walking [75.2%]	holding_someone [26.2%]

によるカテゴリの推定精度に大きな違いはない。

各カテゴリの推定精度において、上位カテゴリの下位カテゴリで大きく推定精度に差が発生している。下位カテゴリにおいて、reading_book（読書の動画像）や using_computer（パソコンの使用）、eating_meal（食事）などのカテゴリの推定精度が低くなっている。この理由としてこれらのカテゴリの動画像に映る人物は机や物によって体の一部が隠れている動画像が多く含まれているためだと思われる。物体によって人体が遮られている場合、OpenPose でうまく関節点の抽出ができない場合が多く、欠損値として出力されるため、これらのカテゴリが上位のカテゴリと比べ学習データに多くの欠損値が含まれているため推定精度が低くなったと思われる。

今後は物体に遮られた場合の推定向上に取り組む必要がある。考えられる対策としては人物の関節点の抽出とともに空間の物体認識を行い、検出した人物に近い物体の情報を推定の特徴量として利用すれば精度を上げられるのではないかと考えられる。

例えば、読書をしている人物が椅子に座り机によって下半身が遮られているような場合、現状だと上

半身の関節点のみで推定を行っているが、物体認識によって机と本を検出し、人物の関節点の近くに机があり、手の関節点と本が近くにあるというように特徴量を使うことで推定精度を上げられるのではないかと考えられる。

6. カメラ入力における動作推定システムの構築

6. 1 システムの構成について

図 3 をベースにカメラからの入力映像による動作推定システムの流れを図 13 に示す。まず、カメラから入力された動画像は静止画像として分割し、OpenPose で関節点データを抽出する。抽出したデータはPID付与の処理を行い、PIDリストに同じPIDで関節点を保存していく。

ここで、図 3 のシステムを長時間動作させるため、図 6 において、「ユークリッド距離が閾値以下最小のPIDを更新」の処理の次に、2つの処理を追加した。「ライフカウントが0のPID削除」、「スタックカウントの更新」である。ライフカウントとは、OpenPose の誤検出や画像外へ移動した人物のPIDをカウントするものであり、前者は、その数が連続して既定数以上になると対象がないとして、その関係するPID数を削除する。また、スタックカウントは、保存した関節点データの数を表し、後者は、この数が既定した数値を超えると、保存した関節点データを学習済みモデルに送る。

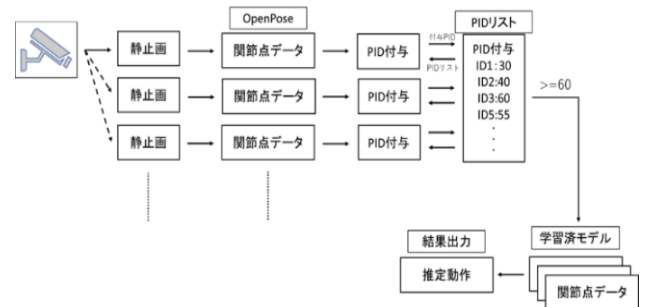


図 13 動作推定システムの流れ

6. 2 動作確認

実際に作成したシステムを用いて動作確認を行った。図 14 に、例として、椅子に座り、本を持っている様子を撮影し、動作推定を行ったときの 1 フレームの画像結果を示す。学習済みモデルには一人のみのデータセットで学習した LSTM モデルを使用した。動作推定結果は図下側に現在の PID とその推定動作が出力される。推定結果としては standing_up や wearing_shoes など椅子に座った姿勢やそれに近い姿勢のカテゴリと推定することが多かった。

5.2 のカテゴリの推定精度でも指摘したとおり、読書という動作カテゴリの推定精度が低いこと



図 14 実行画面

が原因だと思われる。しかし、OpenPose で検出した関節点データの PID 管理がうまく動作しており、実際にカメラ入力からの映像に対して動作推定を行えることが確認できた。

7. まとめ

本研究ではカメラからの入力映像から人物の関節点データを取得し、深層学習モデルを用いてリアルタイムな処理が可能な動作推定システムの一手法を提案した。

まず、姿勢推定ライブラリである OpenPose を用いて、動画像から人物の関節点データを取得する。取得した関節点データから動作推定を行うために深層学習モデルの学習に取り組んだ。深層学習モデルには RNN と LSTM を用いてネットワークを構成し、学習用のデータセットを作成して学習を行った。

各モデルの学習後のテストデータに対する動作の推定精度は、RNN と比べて LSTM の方が高い結果となった。LSTM は RNN と比べて長い系列データを扱う能力が高く、フレーム間の関節点データの変化量をより効果的に学習できたためだと思われる。しかし、この長時間にわたって情報を保持する特徴によってデータセットに含まれる欠損値が Loss の推移に大きく影響したと思われる。

動作カテゴリー別の推定精度を計測した結果は、モデルによって大きな推定精度の差は見られなかったが、カテゴリーの推定においては、大きく差が出る結果となった。理由としては、カテゴリーに含まれる動画内の人物が物体によって遮られているようなカテゴリーの推定精度が低くなる傾向から、OpenPose によって関節点を抽出できない場合が多く、欠損値が多く含まれてしまうからだと思われる。

この問題に対して今後は物体に遮られた場合の推定精度向上に取り組む必要がある。例えば、OpenPose の関節点抽出とともに YoLo などを用いて物体検出を行い、各関節点との距離と種類を特徴量

として用いることが考えられる。

最後に、本提案システムに学習済みモデルを用いて、実際にカメラからの入力映像に対して動作推定を行った。入力映像に対して OpenPose で関節点抽出を行い、PID で検出人物を管理することで動画像内の人物に対してリアルタイムな動作推定ができ、提案したシステムの有効性を確認した。

今後の課題としては、学習済みモデルの推定精度の向上があげられる。学習時のパラメータの調整や物体に遮られた場合の対策として空間の物体情報の利用、学習に利用している STAIR Actions のデータセットのカテゴリーの選別、福祉や介護の分野に特化した動作カテゴリーの自作データセットの作成などが今後の課題となる。

AI を用いた動作推定システムを福祉に用いることで、対象者を認識し動きを推定しリアルタイムな動作記録や危険な動きを検知して介護ロボットや通知システムへの活用などが考えられる。

参 考 文 献

- 1) 植田智明, 杉村博, 松本一教, 一色正男, “センサデータからの人間の行動推定”, 2013 年度人工知能学会全国大会, 2013.
- 2) 小村皓大, 堀川三好, 岡本東, “センシングデータと骨格データのマルチモーダル学習による作業者の動作推定”, 日本経営工学会論文誌, pp. 31-39, 74 巻, 2 号, 2023.
- 3) Zhe Cao, Gines Hidalgo, Tomas Simon, Shih-En Wei, Yaser Sheikh, “OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, pp.172-186, vol.43, 2021.
- 4) Jeffrey L. Elman, “Finding structure in time”, Cognitive Science, pp.179-211, vol.14, No.2, 1990.
- 5) Sepp Hochreiter, Jürgen Schmidhuber, “Long short-term memory”, Neural Computation, pp.1735-1780, Vol.9, No.8, 1997.
- 6) 吉川友也, 竹内彰一, “家庭やオフィス内の動作認識用大規模動画像データセットの構築”, 平成 29 年度人工知能学会全国大会 (JSAI2017), 2017.
- 7) Yuya Yoshikawa, Jiaqing Lin, Akikazu Takeuchi, “STAIR Actions: A Video Dataset of Everyday Home Actions”, arXiv preprint arXiv:1804.04326, Apr.2018.
- 8) Mingming Zhang, Yanan Zhou, Xinye Xu, Ziwei Ren, Yihan Zhang, Shenglan Liu, “Multi-view emotional expressions dataset using 2D pose estimation”, Sci Data 10, 649, 2023.
- 9) 下山朗弘, 藪木登, 築谷隆雄, “深層学習を用いた日常生活における人物の動作推定”, 2024 年度 (第 75 回) 電気・情報関連学会中国支部連合大会, R24-24-04, 2024

研 究 調 査 報 告

全系横断演習Ⅰ・Ⅱにおける英語学習デジタルゲーム開発と 2025年度の成果

山口 均* 神尾 虎太郎* 山本 裕介* 圓山 佳槻**

The Development of English Learning Digital Game in Trans Exercise of All Program I, II and Results in Fiscal Year 2025

YAMAGUCHI Hitoshi*, JINO Kotaro*, YAMAMOTO Yusuke*, MARUYAMA Kazuki**

Three fourth-year students developed a digital game in this school year's "Trans Exercises of All Program I and II". In this class, the theme of "English Learning Game and Software Development" has been established by the first author, Hitoshi Yamaguchi since 2020. This paper provides overviews of the developed game and examines its learning effects based on questionnaires when it was actually used at Tsuyama Kosen in fiscal year 2025.

Key Words: English Learning, Application Game, English Grammar, Honeycomb Structure

1. はじめに

津山高専の「全系横断演習Ⅱ」の授業は、3年生時の1年間の「全系横断演習Ⅰ」の取り組みを継続発展させ、4年生前期でそのプロジェクトを完成させるものである。本稿で報告する実践の内容は、先進科学系2名、機械システム系1名の学生計3名がチームを組んで協働し、筆頭筆者の山口が開発した「ハニカム英文法」の理論を活用し、英語学習ゲームの開発をするという取り組みの成果である。

2020年度以降、山口が開発した「英語学習ゲーム・ソフトウェア開発」のテーマに、のべ36名10チームの学生が参加し、それぞれがゲームを制作し、それを研究報告書として研究報告書にまとめ発表してきた。

今回の報告では、まず、2024年度の全系横断演習Ⅰと2025年度前期の全系横断演習Ⅱの、計1年半に及ぶグループJが制作した英語学習ゲームを紹介する。加えて、それを津山高専の1年生に実践してもらい、アンケートによるゲームの評価の結果や利用者の意見について論考する。最後に、本テーマにおける本年度及び5年間にわたる全系横断演習の取り組みを総括する。

2. 本年度の取り組みの概要

ハニカム英文法については山口(2019, 2020)、加えて全系横断演習Ⅰ・Ⅱの取り組みの経緯については、山口他(2021, 2022, 2023, 2024)を参照願いたい。

従来、山口が開発してきた「英語学習ゲーム・ソフトウェア開発」の課題に対し、各年度の学生はボードゲームやカードゲームなど、いわゆるアナログ的なゲーム開発、もしくはWebアプリやiOSアプリなどのデジタルゲーム開発のいずれかを選択し、取り組みをおこなってきた。グループJは、デジタルゲームを選択し、そのテーマとして、麻雀の要素を取り入れ、それをハニカム構造にリンクさせて画面表示させ、さらにDeepLを活用して、解答や添削を行うゲームプロセスを考案した。独自によるプログラミングの部分と、既存の優れたAI機能を連結させた点が、新たな特徴と特異点である。

グループJは、昨年度の4年生の実践に習い、ゲーム開発からアンケート調査の効果検証までの開発・研究プロセスを達成することができた。本報告では、ゲーム使用者の感想をリカートスケールによるアンケート調査で数値化及びグラフ化の処理をおこなった。被験者のゲーム使用は、2025年8月6日、津山高専1年生2クラスの81名に対しておこない、アンケートの回答は71名から得た。次に本研究の実践及び成果と課題などについて神尾、山本、圓山より報告する。

原稿受付 令和7年9月11日

*総合理工学科 先進科学系

**総合理工学科 機械システム系

3. グループJの実践

3. 1 目的と構成員

近年の英語教育の必要性は高まる一方であり、グローバル化に適応すべく小学校から英語学習が導入されている。しかし一般的に英語には苦手意識が強い学習者が多い傾向がある。自らの経験からも、英語に対する苦手意識があり、それが原因で積極的な学習姿勢が得られず、日常会話などは中学生レベルに留まる傾向もある。ではなぜこのような苦手意識が生まれやすいのだろうか。それは英語を学習する際に生じる目的意識が低く、かつ、学習方法の単調さがその原因の一部ではないかと考えた。解決策として、英語に触れるハードルを下げ、楽しく英語学習をおこない、学習機会を増やすことで苦手意識を低減させることが効果的であると考えた。英語学習ゲームはその最適な学習方法の一つであろう。今回は限定された期間の中で英語学習ゲームを開発するにあたって、ターゲット層を中学生に絞り、ゲーム中に出てくる英単語は主に中学校3年間で習うものとした。そのゲームを **English Mahjong** と命名し、全系横断演習Ⅰ及びⅡの1年半をかけて開発した。メンバーは山本、圓山、神尾の3人であり、それぞれデザイン、プログラミング、単語選定の役割で開発をおこなった。

3. 2 アプリゲーム English Mahjong の開発経緯

まず、web等で展開するデジタル形式で作成するかボードゲーム等のアナログ形式で作成するか話し合い、最終的には、デジタルアプリケーション形式でゲーム制作することに決定した。これにより、アプリをパソコンにダウンロードすることで、いつでもゲームを手軽に遊んでもらうことができ、さらにゲームを同時に多くの人に楽しんでもらうことができる。

次に、麻雀の娯楽性やゲーム性をグループで話し合い、それをゲームに落とし込む方法を考えた。実際に開発を進める際は、グループ内で話し合いを重ね、麻雀のルールに加えて、自分たちが遊んだことのある各種のゲームから手掛かりを得て、少しずつルールの改善をおこなった。ゲームの中で英単語が書かれた麻雀牌を集めて、正確な英文を作るという事より、多少文法的に不正確であっても、プレイヤーが主観的な判断基準で自由に英文を作成するという柔軟性を持たせ、ユーザー間での相互点検と DeepL を用いて、できた英文の成果の競争をしやすいようにした。プレイヤーがゲームを進めながらどう感じるかを想像すれば、ルールが簡素である方がゲーム性や競争性がある。なおかつ、常に考える必要があり、繰り返し遊びたいと思えるようなゲームを目指した。多くの試行錯誤を繰り返すことでゲームを完成させた。

使用したプログラミング言語は、Python と JavaScript の2つである。

英単語の選定について、このゲームの構想を始めた際、単語選定担当は、単語を選定するにあたり、2つの基準について検討した。それらは「いくつかの単語が楽しく遊ぶために必要であるか」と「出題する英単語はどの範囲に絞って決めるか」である。グループメンバーと相談を重ねた結果、一つ目に関して、1000単語を基準に選定していくこととなった。その際には、Canva というブラウザ上で使うことのできる編集機能を用いて作成を開始した。二つ目に関して、中学生が高校受験の際に使う英単語を対象にして選定することにした。そのため、図Ⅰに示した7つのチャックごとに単語を分類し、その数だけ画像を作成した。しかし、1000単語もの画像を手作業で作成するのはかなりの時間を要すると考えられたため、プログラミングを用いて、作成できるかどうかを検討した。結果、マクロを利用して、コンピュータ上で複数の操作を記録した後で、簡単に再現・自動化できる機能を用いて作成を行うことにした。この際、最も苦労したのが単純な知識不足であった。それまで、プログラミングについてほとんど触れたことが無かったため、操作方法から学習することとなった。演習開始から半年後の12月頃において、学習や作業の遅れがあり、その後、春期休暇中に至ってもプログラミングでは時間がまだかかりそうであったことから、使用する単語を Excel にまとめ、それらを ChatGPT に入力することで画像の作成をおこなった。単語選定担当のみでは、解決できそうでなかったため、他のグループメンバーと共に、画像を作成することとなり、実際に、被験者にプレイしてもらう日までによりやく完成することができた。

3. 3 ゲームの特徴

(1) **ゲームのルール** 本ゲームは名前の通り、麻雀から着想を得たゲームである。ゲームのステージは、「難易度易しい」と「難易度難しい」の2つを用意した。ゲームの進め方には大きく2つのステップがある。まずは画面上に表れるボタンを押すことでボタンに書かれている単語を変化させ、単語を集める。実際の「難易度易しい」ステージのゲーム画面を図1に示す。

競争的要素を増やすために、単語は設定された時間内に集め終えることを推奨する。ただし、ゲームの本質は英文を作る事であるため、ゲーム開始から翻訳アプリの DeepL 画面が出現するまでの約30秒の時間を超えてでも単語を替えることを可能とした。

次に、集めた単語を DeepL を利用して点検と添削をおこなう。プレイヤーが作成した英文を DeepL に入力し、それを日本語に翻訳し、さらにそれを入れ替えボタンにより英文に戻す作業を行うことで、作成した英文の文法や単語の使い方が正確であることを確認する。

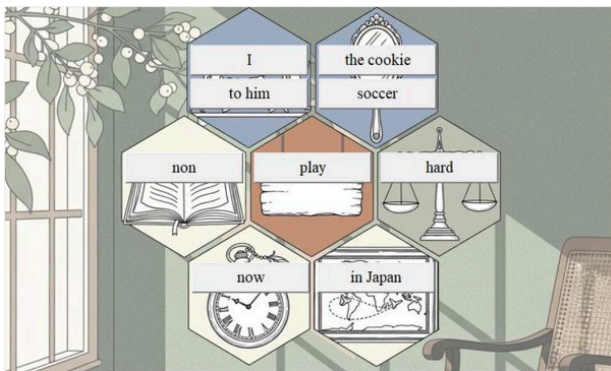


図1 ゲーム画面「難易度易しい」

(2) **ゲームの特異点** 本ゲームはアプリケーションであるため、同時に多くの人に簡単に遊んでもらうことができ、個人で楽しむ他、英語の授業でも活用することができる。このゲームでは常に欲しい単語を考えながら出てきた単語で作れる英文を考える必要がある。つまり、多くの単語に触れながら意味のある英文を作るため、持ち合わせている単語力と文法力を総動員することが必要である。実際にできた英文が正しいかどうかを確認するのはAIであるDeepLを用いることも特徴である。このような作業を繰り返すことで、相手に通じる英文になっているかどうかを考えながら英文作成をすることで、英作文能力を実用レベルにまで高めることが期待できる。

ゲームの「難易度易しい」(図1)は、ハニカム構造の上に該当する単語が配列される。一方、「難易度難しい」(図2)はハニカム構造の補助なく、実際の麻雀卓を模したテーブルの上に単語が配列される。したがって、どちらを選択するかによって、自身のレベルに合わせて英語を学習でき、学習効率を高めることができる。

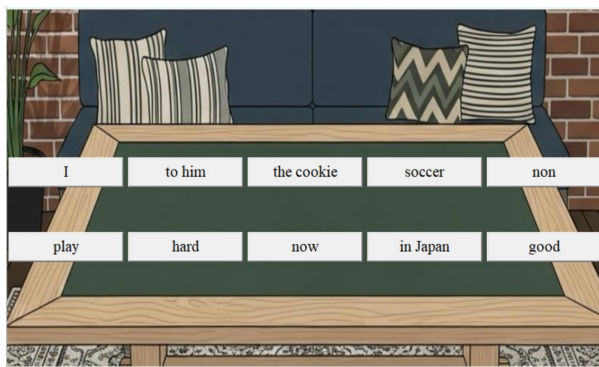


図2 ゲーム画面「難易度難しい」

(3) **ゲームのデザインについて** 本ゲームのデザインに関しては、初期段階ではデジタルを用いた手書きのイラストを使用する予定であり、デザイン担当はibisPaintというアプリを用いてイラストを作成し、その他の画像加工アプリでエフェクトをつけて完成に近づけた。しかし、チームの話し合いの中で、イラストが意

味の明瞭さに欠け、雑感が否めないと判断し、デザインの方向性を検討し直すことにした。客観的な判断を得るためにも2025年5月よりAIを用いてイラストを作成することに決めた。そこからはwhiskというサイトにてAIにイラストを生成してもらい前段階として、だいたいの構想とラフをこちら側で作成し、それをAIに読み込ませ、微調整のためにプロンプトを打ち込む作業を続けた。AIに指示通りのイラストを作成してもらうのは想定よりもかなり難易度が高く、トライアンドエラーを何百回と繰り返すことでやっと形になった。「難易度易しい」のゲーム画面(図1)のイラストに込められた意図としては、ハニカム構造のそれぞれの枠組みに入る単語と合致するようなデザインとなっている。whoには人間、whatには万物を投射できる鏡、howには程度を推し量ることができる天秤、whereには世界地図、whenには時間の象徴である時計、whyには大抵の「なぜ」を知ることができる本、といった具合の意味が込められている。これらをゲームのプレイヤーに直接示すことはしなかったが、彼らの感性がデザインから何かしらの各疑問詞のイメージを受け取り、このゲームで学ぶ上で少しでもヒントになったなら幸いであると考えた。「難易度難しい」に関しては初期のゲーム画面のデザインに少しアレンジを加え、同じくAIを用いて、落ち着いた雰囲気のものよりシンプルなデザインを作成した。リアルな質感のイラストにすることも可能であったが、「難易度易しい」(図2)との統一性を意識し、手描き感、イラスト感のあるデザインを採用した。

3.4 ゲームの実践とその効果検証

(1) **調査対象と調査概要** 今回の調査対象は、津山高専1年生である。2025年8月6日、前期最終の英語表現Iの授業の中で、1年生2クラス81名にゲームをやってもらい、その直後にアンケート調査をおこなった。図3から図10に示す8個の質問項目を設定した。

各質問項目に対し、5段階のリカートスケールを用いた選択肢を設定し、その中から1つを選択してもらう方式で回答を求めた。以下に選択肢の一例を示す。

- 1 とてもそう思う
- 2 そう思う
- 3 どちらでもない
- 4 そう思わない
- 5 とてもそう思わない

さらに「デザイン性についての意見・感想」ならびに「ゲーム全般に関する意見・感想」の2つについて自由記述式で回答を求めた。アンケート実施及び回収は、MicrosoftのFormsを用いた。結果、71人からの回答を得た。

(2) **アンケート調査結果** 以下にその結果を円グラフで記載する。

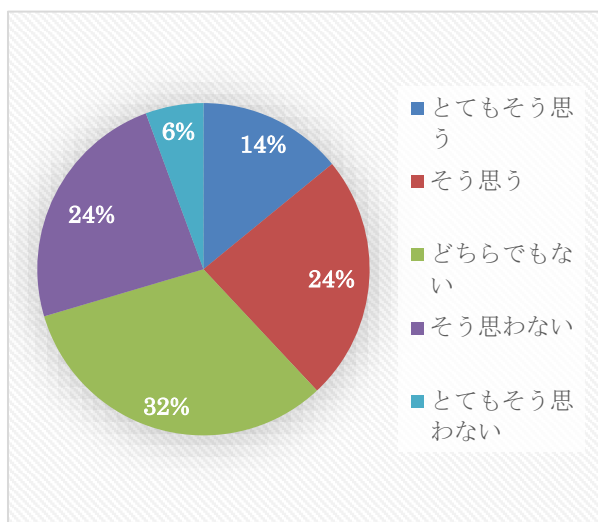


図3 楽しく遊ぶことができましたか

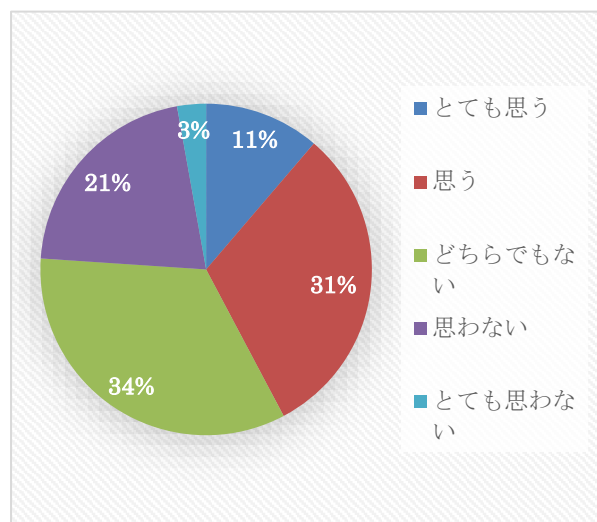


図6 英語学習の意欲向上につながると感じますか

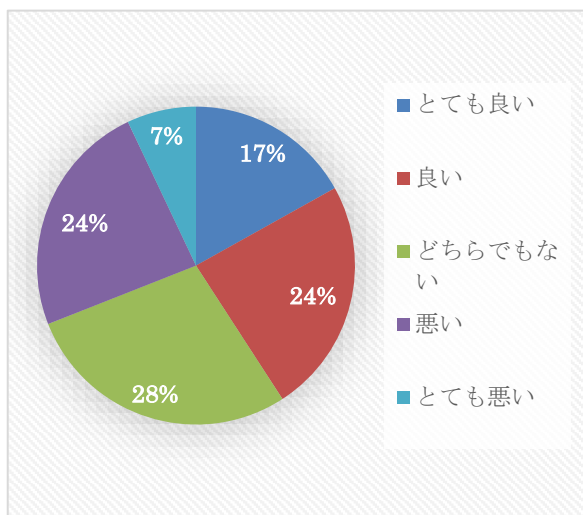


図4 操作性はどうでしたか

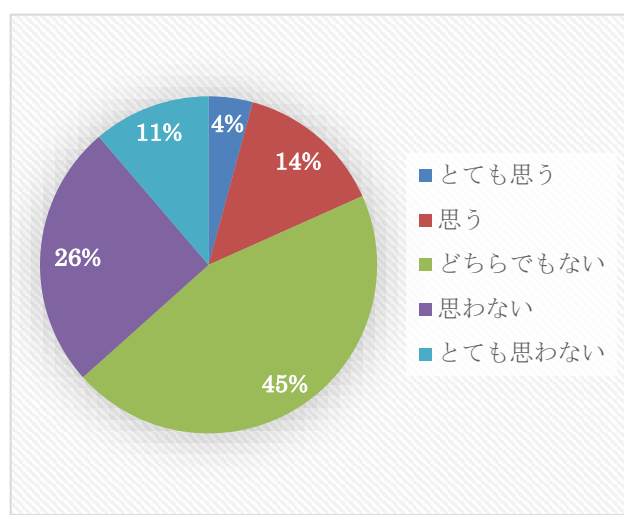


図7 繰り返し学びたいと思いますか

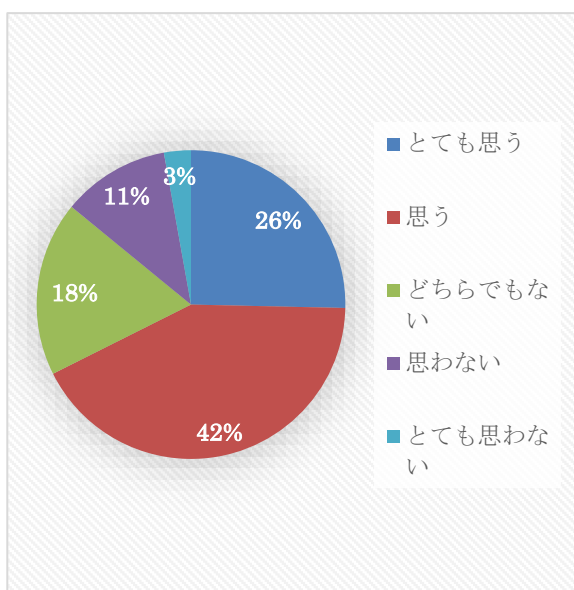


図5 英語の勉強に役立つと思いますか

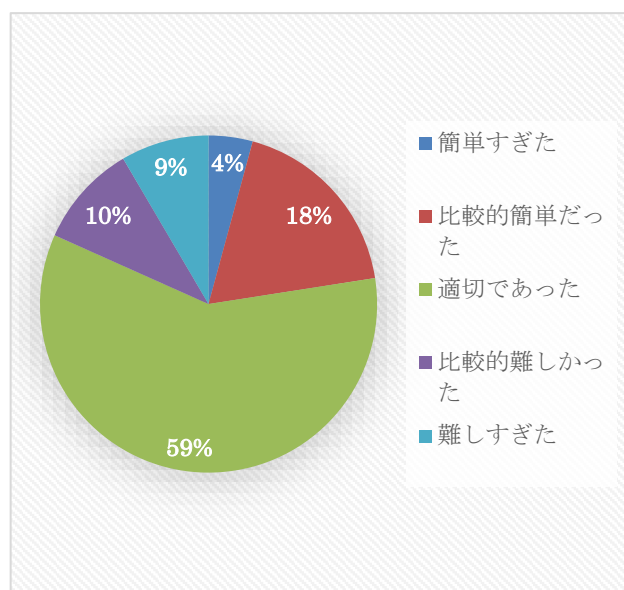


図8 「易しいステージ」の難易度はどうでしたか

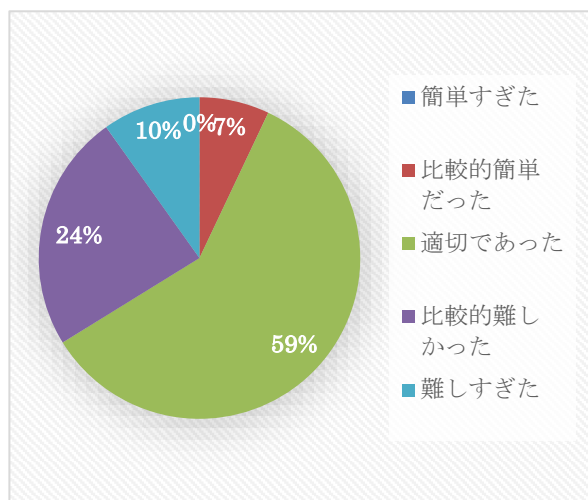


図9 「難しいステージ」の難易度はどうでしたか

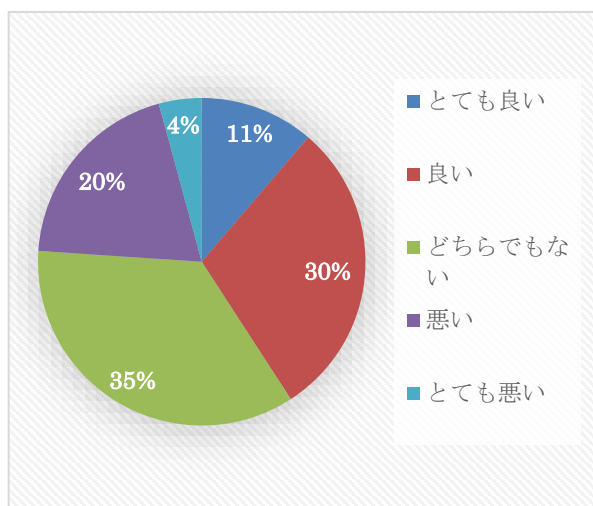


図10 総合的な満足度

次に、このゲームのデザイン等について、文章記述の意見としては、以下の回答があった。

- ・ハニカム英文法でハニカムの後ろに絵が描かれていたのので分かりやすかった。
- ・もっと楽しめる、わくわくするデザインにしたいと思います。
- ・説明欄があった方が絶対に良い。

またゲーム全般に関する自由記述では以下のような回答が得られた。

- ・単語の種類を増やした方が良いかもしれません。
- ・みんなで楽しめて英語力が上がると思う。
- ・出てくる単語が完全にランダムなのが難しいと感じた。
- ・出てくる単語がバラバラで意味が分かる英文を作るのが大変だった。

(3) 調査からの考察 アンケート調査による数値と意見から考察できることを以下に記載する。

図3より、楽しく遊ぶことができたかという質問に対し、約4割の学生が肯定的であり、3割の学生はどちらでもない、同じく3割の学生が否定的な回答をした。どちらでもないと回答した学生が3割いた結果から、まだ改善できるところが多くあると考えられる。例えば、自由記述でも指摘があった、ルールの説明手法などが挙げられる。

図4より、操作性に関しては約4割が肯定的であったが、約3割が「どちらでもない」と、約3割が否定的な回答をした。操作性に関して、記述欄に操作が難しかった、遊び方が難しかった、どうやって使うか分からないところがあった等、似通った回答が寄せられていた。そのため、操作性によるストレスがより少なくなるよう試行しながら改良していきたい。

図5の英語の勉強に役立つかという質問に対しては、約7割が肯定的な回答をした。また図6の英語学習の意欲向上につながるかという質問に対しても、約4割が肯定的であり比較的、良好な結果であったと言える。また否定的な回答がどちらも全体の1割と、少数であったことから、多くの高校1年生レベルの学習者にとって、このゲームが英語の学習に役立つことが期待できる。しかし、同様に、「どちらでもない」という回答も多く見られており、図5では2割、図6に関しては4割も占めていた。そのため、もし改善点をしっかり修正することができたら、更に良い評価が得られると考えられる。

図7の繰り返し遊びたいかについて、約半数が「どちらでもない」と回答しており、次に、「思う」が約1割、「思わない」が約2割であった。そして、「とても思う」・「とても思わない」が1割程度であった。この結果と図5、図6から、英語学習の手助けはできるが、継続してプレイできるゲーム性が不足していることがわかる。つまり、このゲームの課題点としてゲーム要素と学習要素のバランスをうまくとることが挙げられる。

次に、2つの難易度についての評価では、まず図8より、約6割が「難易度やさしい」に対して、「適切であった」と回答し、次いで約2割が「簡単すぎた・比較的簡単だった」に収まった。この結果より、上手く難易度の調整を行うことができたと言える。対して、図9での「難易度難しい」について、「適切であった」が同じく全体の6割を占めていたため、2つの難易度に見合った調整が行えたと考えられる。また、図10より総合的な評価として約4割が肯定的であった。この結果から考察できるのは、総合的な満足度が高いと回答した人は、他のアンケート事項でも約4割が肯定的であったことから、このゲームはある一定割合において高く評価されていることがわかる。しかしながら、ここで図7の繰り返し遊びたいと思うかという質問を参照すると、肯定的な回答をしたのは全体の2割と少ない結果だったため、このような肯定的な回答が少なかった質問から得られた改善点を洗い出し、更なる機能の充実・向上をすること

でより高い評価が得られると考えられる。

総括として、今回のアンケート調査では、「どちらでもない」と回答した人が多く見られた。おそらく、ゲーム自体の完成度や、ルールの説明不足等がそのようなことを引き起こしたと考えられる。また、アンケート調査自体に「3 どちらでもない」という選択肢を入れなければ、どのような結果が得られるのかは気になるところである。だが、様々な視点からの改善案を実際にプレイしてもらった人から集めることができた。そのため、チームメイトや指導教員と問題点を修正することで、現時点までに達成できていないゲーム要素と学習要素の両立を図ることが最も重要である。

3. 5 成果と今後の課題

ゲームの考案から開発、公開、アンケート調査までを行うことができた。現在の English Mahjong になるまで何度も試行錯誤を重ね、話し合いをおこなった。初めに考えていたゲーム案では Web 上でプレイすることのできるものを構想していた。しかし、私たちが開発に使うことのできる時間は限られており、一からプログラミングを学ぶことにもかなりの時間をかけていた。そのため、期限内に完成ができるよう、開発を進めていくために、今回のアプリケーション形式のゲームを作ることとなった。この活動を通して、グループメンバー並びに指導教員とゲーム要素や学習要素としてどのようなものが効果的であるかを話し合いの中で探り、形にするために活動をおこなえたと言える。

今後の課題としては、前述の考察でも述べた通り、ゲーム要素と学習要素の両立を上手く図る事である。そのためには、今回実施したアンケート調査の中で得られた意見や改善案を参考にゲームの改良を進めていくことが必要であると考えている。

4. まとめ

筆頭筆者ならびに指導者として、本年度の本テーマにおける取り組みのまとめと、加えて5年間に亘る取り組みの総括を記述する。

本年度の4年生の取り組みの特徴は、アプリケーション形式のゲームを作ることにより、プレイヤーが各自にパソコンにアプリをダウンロードし、同時により多くの人にゲームを提供できることに挑戦したことである。

本校では入学時に学生全員が Windows パソコンを入手し、他の授業でも平素より活用しているため、インターネット接続やアプリのダウンロードは容易に可能である。また一般的に小中学校現場や家庭での Windows パソコンの普及率が高い。

前年度までは、iOS や Web 形式のゲームであったため、本年度はそれらとは異なったオリジナリテ

ィーを出すことができた。開発期間が、3 年時の 1 年間と 4 年時前期の半年間で合計 1 年半と限られているため、ルールと機能を簡素化し、プレイヤーが作った英文の点検のために、DeepL を活用したという点、さらに開発に際して ChatGPT を有効に活用した点においても、効率面で非常に優れた発想となった。さらにアンケート調査をおこなうことにより、客観的にゲームの成果を分析し、今後の改善に役立てようという取り組みもできた。学校現場では ICT 機器の活用が進み、同時にそれをどのように活用するかという点も課題となっている昨今、このゲーム開発は、その活用方法においても貢献できる成果となった。

次に5年間に亘る本テーマの総括を述べたい。

本校の全系横断演習Ⅰ・Ⅱの趣旨は、系を跨いで、学生がチームを作り、それぞれがアイデアを出し合い、仕事分担をしながら協働作業でタスクを完成させ、最終的に校内での発表会でその成果をプレゼン形式で発表することにある。一方、本テーマはそこに留まらず、加えて、出来上がった成果物に対する効果検証を行い、改善点へとつなげるなどの一連の過程を学生が経験することをねらいとしてきた。この効果検証のプロセスは、昨年度の学生から実践に移すことができるようになった。各年度の必須事項として、演習の成果を学生が協力分担し、研究報告書としてまとめ、発表することをプロセスの最終段階としてきた。本稿がそれに該当する。

各年度、本テーマは4年生の前期で修了し、本テーマを選択していた4年生は、後期から各自、別の教員のもとで全系横断演習のテーマをプレ卒研として選択し、新たな取り組みを開始してきた。

昨年度および本年度における研究実践、検証、報告書作成の3つのステップを本テーマのもとで経験することは、必ずや卒研の研究プロセスにも活かされることを信じて取り組みを進めてきた。本テーマではこの5年間に亘り、学生たちはその趣旨を理解し、各年度このステップを可能な限り踏み、最終的に研究報告書までのプロセスへと到達してきた。

筆頭筆者の山口は、本年度末をもち嘱託教授の任が解かれ、全系横断演習の授業を閉じる。したがって、本研究報告の3名が本テーマの演習の最後の履修者であり、本稿が学生との共同執筆の研究報告書の最後のものとなる。

本校は理工系を専門とする学校であるが、本テーマは本来文系領域である英語教育に関するものである。文系領域にあっても文法理論の中に理系的な要素を大いに取り入れ、文理融合的かつ学際的に研究を進めてきた。具体的には認知言語学の知識、情報系の分野であるプログラミング、数学的要素の必要なカードゲームやボードゲームなどがそれに該

当する。さらに学生は統計学の初歩であるアンケート調査における質問紙項目の作り方や、その処理方法まで学び、それらを数値化してきた。最終段階として、学生はそれらを論文や研究報告書としてまとめる方法についても学んできた。これらの一連の取り組みを、研究プロセスを学ぶ入門的な機会としてきた。学生たちは見事にその期待に応えてくれた。本テーマにおける津山高専紀要・研究報告作成までの経験が、卒研をはじめ、将来に亘って技術者・研究者としての彼らの資源となることを願うばかりである。

最後に、筆頭筆者の英語教授法に対する研究に対して、新しいアイデアと弛まぬ努力で共に研究を進めてきた5年間のべ36名の学生たちに、心からの感謝の気持ちを表すと共に、彼らの明るい進路が拓かれることを祈念して本稿を閉じたい。

謝辞

本研究は、独立行政法人学術振興会2020年度科学研究費助成事業「基礎研究(C) 課題番号:20K00910」の助成を受けたものであり、ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 山口均：グラフィック・オーガナイザーを用いた英文法指導法、英語で行う授業改善ガイドブック第3版 第4ブロックグローバル高専事業英語教育法検討部会, (2019) 79-95.
- 2) 山口均：グラフィック・オーガナイザーを用いた新しい学習英文法の開発, 全国高等専門学校英語教育学会研究論集, 39(2020) 59-68.
- 3) 山口均 他：全系横断演習Ⅰ・Ⅱにおける英語学習アプリの開発, 津山工業高等専門学校紀要, 63(2021) 39-46.
- 4) 山口均 他：全系横断演習Ⅰ・Ⅱにおける英語学習ボードゲームの開発, 津山工業高等専門学校紀要, 64(2022) 17-23.
- 5) 山口均 他：全系横断演習Ⅰ・Ⅱにおける英語学習ボードゲームの開発と2023年度の成果, 津山工業高等専門学校紀要, 65(2023) 31-39.
- 6) 山口均 他：全系横断演習Ⅰ・Ⅱにおける英語学習 Web ゲーム及びカードゲームの開発とその効果検証, 工業高等専門学校研究報告, 66(2024) 12-22.
- 7) DeepL : <https://www.deepl.com/ja/translator> (参照 2025-09-11)
- 8) Canva : https://www.canva.com/ja_jp/ (参照 2025-09-11)
- 9) ChatGPT : <https://chatgpt.com/> (参照 2025-09-11)
- 10) whiskhttps : <https://www.labs.google/fx/> (参照 2025-09-11)

英作文指導における AI と「トビタテ！留学 JAPAN」の活用

山口 均*

Using AI and “Tobitate! Study Abroad Initiative” in Writing Instruction

YAMAGUCHI Hitoshi*

One cause of errors in English composition is thought to be the weakness in Japanese writing skills tailored to English, which hinders output. As a countermeasure, after a teacher corrected Japanese compositions, students used AI DeepL for self-correction. The application form for “Tobitate! Study Abroad Initiative” was utilized as the English composition assignment.

Key Words: Errors in English Composition, AI, DeepL, Tobitate! Study Abroad Initiative

1. はじめに

津山高専 1 年生での英語授業は、必修科目として英語 I（英語コミュニケーション）と英語表現 I（英語論理・表現）が各 2 単位ずつある。さらに選択科目として英語検定 1・II（英検準 2 級・2 級以上）が用意され、取得級に応じて各 1 単位が与えられる。

筆者は、英語表現 I をこの 7 年間担当してきた。授業では、文法指導、アウトプットとして英作文や英語スピーチ、さらにはいわゆる日常英会話でも役立つように、さまざまな角度から英語の論理・表現の授業に取り組んできた。前職が中学校教員であり、英語教育の中高接続の中でも、特に英作文におけるエラーについて興味関心がある。エラーの起因と対策に関して、中学校教員の経験と高専での英語授業実践を通じて研究を続けてきた。その中であって近年、アウトプットを困難としている原因の一つとして、英語に即した日本語作文能力の弱さがアウトプットに支障をきたしているのではないかと考えるようになった。

山口 (2022) でおこなったエラー分析とその対策を基盤にしながら、今回、具体的な対策として、まずは日本語作文の添削の後、AI である DeepL を授業で利用した英作文の指導をおこなった。さらに真正性の高い英作文課題として、「トビタテ！留学 JAPAN」の申請書を日本語および英語で作成させ、両言語の添削指導から、更なる分析とエラー対策を考案した。本論では、その取り組みについて報告し、同時に AI 活用時代を迎えている昨今の英作文指導の在り方についても検討及び提案をしていきたい。

2. 英作文指導に対する基本的な考え

山口 (2022) において、エラーの特徴については、意味論的な視点からは、学習者は日本語の影響を大きく受け、英語との相違の理解がないまま直訳しようとする傾向があることを調査した。特に数と量の概念、冠詞の概念、前置詞の概念、主語の設定や状態動詞や動作動詞などの区別などについて特徴的なエラーを起こすことを分析した。統語論の観点からは、否定文や疑問文生成における操作の不十分さを分析した。さらにその解決方法として、筆者が開発したハニカム英文法の利用を提案した。

一般的に、学習者はリーディングやリスニングのインプットに比べ、ライティングやスピーキングのアウトプットには苦手意識を持つ傾向がある。アウトプットのためには、一定の単語力とそれらを文法に沿って英文を生成する能力が必要である。多くの学習者は、単語はたくさん覚えたものの、英文生成では大きな困難を訴える。

論理・表現の授業では、確かな文法力を身につけ、英文をアウトプットさせるまでの能力を育成する。加えて、単に伝われば良いだけではなく、論理的表現力をも育成する。英文のアウトプットでは、場面に応じた正確さと流暢さ、さらに即興性をも必要とする。

単に流暢さや即興性を求めるなら、「習うより慣れる」「日本語を極力廃し英語で英語を学ぶべき」といった主張や「英文法にこだわるあまり英語力がつかない」といった流言にも一理あるように思えるが、英語への接触量が圧倒的に少ない学校での英語授業、特に高専の授業は週に 1 回 90 分授業では、学習間隔も長くなるため、そのような環境であって、

この方法だけでは英語力を伸ばすことは困難を要するのは自明である。

流暢さや即興性だけではなく、正確さをも求めながら英語の接触量を増やすためには、インプットでは大量の英語を読み聞きし、同様に大量の英文で学習者自身のことについてアウトプットすることが必要であり、これが先の方法の主旨に近づくことにもなるであろう。

次章より、高専での週 1 回の授業でできる限り英語の接触量を増やし、流暢さと正確さを備えた英文を産出できる方法について試行した報告をおこなう。

3. 英作文指導の方針

3. 1 方針の概要

英文の正確さを増すためには、確かな文法力が必要である。さらに流暢さを増すためには、それを学習者自らに関連のある真正性のある場面で使うことが効果的である。そのために論理・表現の教科書には文法項目とそれを使ったモデル会話文や演習などが総合的に収められている。しかしながら用意されている英作文やスピーチのタスクは、Paragraph Writing, Show and Tell, Presentation, Debate, Discussion など方法論的には充足されているが、取り扱うテーマに関してはあくまで一般的であり、真正性の点では、授業者の工夫が要求される。さらに語彙数においては大量の英文を書くことが要求されていない。したがって、教科書の指示通りに授業を進めることは、量的質的に不十分であると考えられる。

そこで、本取り組みではこれらの課題を解決するために、英作文に関わって主に以下の 3 点を取り入れ、授業を構成することにした。

- ① スピーキングでは流暢さを優先させ、間違いを恐れずにアウトプットをおこなわせるが、ライティングでは徹底的に正確さを追求した指導をおこなう。
- ② 適切に日本語との比較を用いて、言語間の違いを明示的に認識させるため、AI 翻訳である DeepL を用いて、日本語作文能力の育成と AI による英文添削により効率化を図り、作成する英文量を増やす。
- ③ ライティングでは、前期は津山高専の国際交流事業で推奨されている海外留学の応募書式を活用した真正性のあるタスクを用いる。加えて、後期は 1 年生が受検する GTEC の英作文のタスクを用いて英文作成の必要性を増し、英文の量と質を担保する。

3. 2 流暢さと正確さ

英語のアウトプット活動は、一般的にスピーキング、ライティング、さらにそれらを用いたコミュニケーション活動へと発展する。従来の学校では文法指導を重視しているが、それが英語を話すことへの弊害であるという

誤った流言がある。本来、文法の理解の土台の上、いわゆる英会話と呼ばれる即興性の必要な場面においては、言いたいことを伝達できることが最優先事項であり、その際は文法的な誤りを恐れずにどんどん発話し、会話を継続することが大切である。一般的な会話では、英語を母語としない英語学習者が発話において文法を間違えることは十分に許容される。

一方、ライティングは即興性を必要とせず、時間をかけて作成することができる。特にビジネス文書においては正確さが要求される場合がほとんどである。スピーキングにおける流暢さとライティングにおける正確さの両輪を実際の英語学習で体験し、バランスの良いアウトプット活動ができることが大切である。

3. 3 日本語の有効活用と DeepL

文部科学省は、平成 26 年の「今後の英語教育の改善・充実方策について報告（概要）～グローバル化に対応した英語教育改革の五つの提言～」の改革 2 で、「生徒が英語に触れる機会を充実し、中学校の学びを高等学校へ円滑につなげる観点から、中学校においても、生徒の理解の程度に応じて、授業は英語で行うことを基本とする。」として、英語で英語を教授することを推奨している。その提案に反意はないが、前述の通り現実の教育現場では、授業時間の制限や英語接触量の少なさ等、その手法だけでは能力を伸張させるには限界がある。そこで文法理解に対しては効率化を図るために、高専の英語授業においても日本語を活用することが有効であると考えた。山口（2022）で論述したように、学生のエラーは日本語との相違を理解せずに、日本語を直接翻訳しようとすることで生じることが大きな原因の一つであることがわかった。さらに日本語にない英語の文法構造については、理解そのものが困難である。例えば、主語の欠落や冠詞の欠落及び誤用、名詞の単数複数や数と量の区別、動詞チャンクの仕組みの違いなどがそれらである。

例えば、「～している」の表現は、日本語では状態動詞を表す場合と進行中を表す動作動詞の場合がある。

「私は津山に住んでいる。」は、I live in Tsuyama. となるが、エラーとしては、I am living in Tsuyama. と日本語に引きずられるエラーが多い。さらに現在完了形で「私は 10 年間津山に住んでいます。」では、I am living in Tsuyama for 10 years. のエラーが生じる。この英文では、時制理解に加えて状態動詞の理解と和訳と英語の齟齬を知る必要がある。

冠詞の例では、「私は昨日くじらを食べました。」に対して、I ate whale yesterday. が正解であるが、a whale や whales の誤用が目立つ。これらは英語話者が名詞をどう認知するかを理解しなければ正確さは得られない。

さらに日本人学習者は、まず言いたいことや書きたことを日本語を用いて脳内で構築し、それを英語に置き換える場合が多い。その際に日本語と英語の認知の差異を

知った上で、英語構文に合う形で日本語を構築することが、正確な英文を書くことにつながる。時制の齟齬の例に取れば、これから留学を行うに際し、帰国してから何をするかについての文で、「留学で学んだことを、将来の仕事に役立てたい。」という日本語を考えついたとして、正しい英文例は、I would like to use what I will have learned through the study abroad program in my future career. となる。その際の時制は、「将来の仕事に役立てたい」は現在形であるが、「留学で学んだこと」は、本来将来の出来事であるために will を用いた will have learned の未来完了形、もしくは未来を表す表現 will learn としなければならないが、日本語では過去形を用いるため、時制の不一致が生じる。したがって、英語の時制を強く意識するならば、日本語は「留学で学ぶであろうことを、将来の仕事に役立てたい」という発想にしなければならない。英語は物事が起きる時間帯をそのまま正確に時制に反映し、時制の一致が必要なため、仮に日本語をそのまま DeepL にかけてとしても、その知識がなければ正しい英文は産出されない場合が多いのである。

学習者が大量の英文に触れるためには、教員が 1 学年 160 名を超える学生の不完全な英作文を全て点検し添削するには時間的、労力的に限界がある。その対策として、学生自身が DeepL を用いることにより、教員の個別の添削の代わりに、先ほどの困難な文法事項を除いて、ほとんどの場面において英文の自己添削が可能となるのである。

3. 4 英作文で活用するタスク

真正性を高め、実用面でも活用できるように、実際に必要とされている応募書類の様式をタスクとして利用することとした。津山高専は、国際交流事業が盛んであり、毎年 1 年生も含め、合計 80 名弱の学生が海外へと飛び立っている。そこで、社会的にも信用ある「トビタテ！留学 JAPAN」の応募書類の一部を活用することにより真正性が増すと考えた。さらに書類を作成していく中で、異文化理解も進み、実際に応募しようとする学生が出てくることが期待できる。

トビタテ！留学 JAPAN への正式応募は、毎回 12 月から開始となっているが、津山高専の国際交流では、校内の締切を 7 月とし、入学直後から海外留学や国際交流活動への啓発を行い、より多くの学生がこの事業に参加することをねらいとしている。この事業はパッケージ化された海外研修とは異なり、留学先や探究活動、行動計画など、全てを学生個人で考えて行かなければならないのが特徴であり、難易度は非常に高い。そのため書類を早期に作成し始め、校内締切日も早めることにより、留学担当教員や事務職員が、書類の添削や校正、具体的な留学内容の精緻などに時間をかけ、より綿密に申請書を完成させることにより、採択率を高める工夫を本年度より開始した。トビタテ！留学 JAPAN の申請に要する書類

は膨大であり、高いモチベーションと書類完成までの根気を要する。おそらく中学生の段階でこの応募書類ほど難易度の高い書類を作成したことはないであろうことは容易に推測できる。したがって 1 年生に対しては、他学年以上に支援や指導が必要であると考えた。筆者は、令和 3 年度から 5 年度まで国際交流センター長を務め、この事業を推進していたこともあり、当時から英語の授業を通じても広報、啓発や相談活動もおこなってきた。したがって、英作文の真正性や実用性、さらに異文化理解を高めるためにも、この事業の応募書類の一部を活用することは、英語教育や国際交流事業に複合的に有益に働くと考えた。

4. 英作文指導の具体的な内容

4. 1 前期中間考査までのタスク

授業では、定期考査毎にまとめたタスクを課し、それを成績に反映させることとしている。はじめに 1 年前期中間考査までのタスクについて報告する。

まず 6 月初旬の前期中間考査までのタスクは、トビタテ！留学 JAPAN の趣旨を知り、海外留学の行き先や期間、探求活動などをシミュレーションすることである。

図 1 は、2024 年度応募用紙の書式を模して、作成した課題ワークシートの 1 ページ目である。

【英語表現 I】 Paragraph Writing1 【前期中間試験英作文課題 A1】 /20
1 年 組 番 氏名 提出日 月 日

Task 1 トビタテ！留学 JAPAN の仕組みを知ろう

Task 2 下の 4 つのコースから自分が応募する留学コースを 1 つ選び、☒ しよう。

コース	支援する留学計画
☐ マイ好奇心探究コース	「知りたい」、「明らかにしたい」という自らの興味・関心に基づいた問いを設定し、「未知を既知」にすることや「疑問を解明」することを目的に行う探究活動が含まれた留学計画。
☐ 社会課題探究コース	世界・日本・地域が抱える社会課題を自分ごととして考えた問いを設定し、課題解決や活性化、SDGs、社会貢献に寄与することを目的に行う探究活動が含まれた留学計画。
☐ STEAM 探究コース	STEAM (科学・技術・工学・芸術・数学) 領域における問いを設定した探究活動を含む留学計画や、問いに対して AI や IoT、理科の見方・考え方や数学的な見方・考え方を活用しながら行う探究活動が含まれた留学計画。
☐ スポーツ・芸術探究コース	実技経験や実績の有無にかかわらず、スポーツ・芸術分野における問いを設定し、当該分野の更なる発展に寄与することを目的に行う探究活動が含まれた留学計画。

Task 3 留学先の国と機関名（探求活動）と語学学校（必要に応じて）を調べよう
(例) 1 か所目：語学学校 2 か所目：機関名 (ただし語学学校のみはダメ)

※⑦の活動日数は、夏休み、春休みの期間中の 14 日以上 50 日程度までとする

■ 1 か所目（探求活動：必須）

① 国・地域コード	【省略】	② 国・地域名				
③ 都市名						
④ 受入先機関名	英語表記					
	日本語表記					
⑤ 活動開始日	西暦	年	月	日	⑦ 活動	
⑥ 活動終了日	西暦	年	月	日	日数	日間

■ 2 か所目（語学学校：必要に応じて）

② 国・地域コード	【省略】	② 国・地域名				
③ 都市名						
④ 受入先機関名	英語表記					
	日本語表記					
⑤ 活動開始日	西暦	年	月	日	⑦ 活動	
⑥ 活動終了日	西暦	年	月	日	日数	日間

1

図 1 具体的な留学先を記載する

図2は、Paragraph Writing の手法に則って、まず日本語で論理構成を行うタスクである。

図2 論理的な構成方法に従って日本語で作文する

図3、図4は、図1、図2のワークシートの裏面に印刷された英文作成のフォーマットである。

図3 添削された日本語をもとに自力で英作文する

図4 DeepL に日本語を入力し自己添削する

図4のTask5では、意欲態度、理解、協同（学生の相互点検活動）の3項目について、5段階で自己評価する

とともに、日本語で取り組みをふりかえり、文章表記させる。この自己分析は、客観的に成果と課題を発見するのに非常に役立つとともに、以降のモチベーションを高めるのにも効果がある。

4. 2 前期期末考査までのタスク

期末考査に向けての課題は、「今まで学校の内外で、困難を克服した経験やチャレンジしたことを取り上げ、その内容とそれを通して学んだことについて具体的に紹介する」であり、これも実際の申請書類の中にある項目である。図5は、ワークシートの1ページ目である。

(2 ページ目以降は前回同様の手法につき省略する。) ここで用いた技法は、Show and Tell と Mind Map である。まず、Mind Map を使い、内容に関わって4つの Branch によって、パラグラフ構成させた。発表段階での Show (見せるもの) は作成した Mind Map もしくは写真等とした。

【英語表現 I】Show & Tell 【前期期末試験英作文課題 C: No.7】
/20

1 年 組 番 氏名
提出日 月 日

課題：今まで学校の内外で、困難を克服した経験やチャレンジしたことを取り上げ、その内容とそれを通して学んだことについて具体的に紹介する。

Step 1 マインドマップの作成（日本語）

円の中：オリジナルタイトル
Branch 1：困難やチャレンジした内容は何だったのか？（What, When, Where, Why）
Branch 2：どのようにして克服やチャレンジをしたか？（How）
Branch 3：その結果、どうなったか？
Branch 4：そこから何を学んだか？

①
②

③
④

Step 2 マインドマップをもとに日本語による原稿作成（400 字以上 450 字以内）
①導入：「みなさん、こんにちは。私は～です。今日私は私の経験/挑戦について話したいと思います。そのタイトルは～です。このマインドマップを見てください。」
②本文 1： Branch 1 の内容
③本文 2： Branch 2 の内容
④結論： Branch 3&4 の内容＋「聞いてくださりありがとうございました。」
※ 当時の写真や実際の物（関連する写真やイラストでも可）があれば使用するとより良い。

図5 Mind Map を用いて、日本語でパラグラフ構成する

ワークシートの2ページ目で、学生は Mind Map を元に 400～450 字の制限を設けて日本語文を作成した。前回同様、その段階で一度提出し、教員は学生が自力で英文に直せる日本語文への修正添削をおこなった。学生はその添削された日本語文を元に、3 ページ目で電子辞書を活用しながら自力で英作文し、4 ページ目で最終的に DeepL を利用して英作文を作成し、自己添削をおこなった

後にワークシートを提出する手順を取った。

4. 3 英作文完成までの状況

(1) 日本語作文について 2 回の取り組みによる日本語作文については、教員は添削に相当の労力と時間を要した。第2章で述べた通り、実際に多くの学生は英語と日本語の基本的な相違点を認識しないまま、脳内で考えついたことを日本語として直接アウトプットして作文していた。以下にその主な特徴について3点にまとめて取り上げる。

①一文が長く、節が3節以上となるものが多い。さらに接続詞、副詞句などのディスコースマーカー（つなぎのことば）や主語や目的語、場所や時を表す語句が用いられず、主文と従属節等に論理のねじれが生じている。

②時制の違いが、日本語のアルゴリズムの感覚のまま日本語文として表記されている。

③日本語では推測によって通じるが、英語では通じない曖昧な日本語表現が多い。

まず上記①に関わって、具体例と添削例を以下に示す。（下線は注目点である）

作文例1：まず第一に、私は、車のワイヤレス充電について、どのような構造、技術が使われ、どのような場所に設置するのかなどについて学び、その技術を日本でも行い、日本の産業をより活発なものにできると思ったからです。

添削結果1：まず第一に、私はカミーズで車のワイヤレス充電について学びたい。特に、どのような構造と技術が使われ、どのような場所に設置するかについて学びたい。もし、その技術を日本で行えば、日本の産業をより活発なものにできると思う。

ここでの添削のポイントは、特に緩慢に長くなりがちな日本語文を、なるべく単文もしくは節を2つまでの長さで短縮することである。「特に」「もし」のディスコースマーカーを、続く文頭に置くことで、論理立てをおこなった。

作文例2：第一に、SDGs 達成度が高く、持続可能な社会への貢献をしているから、日本の SDGs の達成度は高いが、年々下がってきているので、1ヶ月留学をし、勉強し、日本にニュージーランドのしている取り組みを広め、達成度の向上を目指したい。
添削結果2：第一に、オークランド市は SDGs 達成度が高く、持続可能な社会への貢献をしている。日本の SDGs の達成度は高いが年々下がってきている。1ヶ月間オークランドへ留学して、日本にニュージーランドがしている取り組みを広め、SDGs の向上を目指したい。

日本人学習者は because 節を多く用いることで文を複雑化させる傾向がある。つまり、理由・原因を

述べる「～だから」「～なので」の多様である。経験上、そもそも、仮に **because** を使わず、2 節を単文に分割しても、読者はその 2 節の因果関係を推測することができるのである。したがって、日本語レベルで、**because** 節になる文を必要以上に使わないように指導した。

次に②の時制に関わる例を示す。

作文例 3：私は、この中学校で学んだことを生かせるように、高専でも〇〇部に入部しました。高専でも、レギュターメンバーになれるように努力していきたいです。

添削結果 3：私は、この中学校で学んだことを役立たせて、高専でも〇〇部に所属しています。これからも、レギュターメンバーになれるように努力していきたいです。

ここでのポイントは、「入部しました」という事実を表す過去形を使うことで、現在とのつながりが弱くなることである。一般的に英語の過去時制は過去の事実と共に、現在は異なることを含有することが多い。学んだことを役立たせた結果として、現在も部に所属していることを表すためには、「所属している」という現在形を使うのが論理的な表現である。

次に③の曖昧な表現の例を示す。

作文例 4：私は中学生の時、陸上部の中距離をしていました。私は 3 つある距離のうち、真ん中の 1500mを走っていました。

添削例 4：私は中学生の時、陸上部の中距離選手でした。私は 3 つある距離種目のうち、2 番目に長い 1500m 種目を選びました。

ここでは「中距離をしていました」の動詞は「する」となり、SVO 構文となり非論理的である、SVC 構文で動詞を「である」に変えることで英語に直せるようにした。「真ん中」を「2 番目に長い」と変えることでより具体性を増した。

他の例としては、過去形において「私は～しました。」のみで、過去の一時点を表す **when** チャンクの語句が欠落している文が多く見られた。また「中学校の頃」という表現により焦点がぼやけてしまう例もあった。過去の一時点を明確にするために、文脈から察し、「中学 3 年生の時」という表現に添削した。特に多かったのは、「～したり、」という表現である。これは、他にも何かをしたことを含有し、文が長くなるため、「～した。」と一度確定させ、文を分割して単文に修正した。

(2) 英作文について 学生は添削された日本語文をもとに、次に自力で英作文を試みる。添削された日本語は、高校 1 年生のレベルで英語に直せる表現に修正され

たため、電子辞書等を活用すれば、英作文を完成させることができるはずである。しかし英語を苦手とする学生にとっては、自力で全てを英語に直すのは困難さを伴う。そのため、自力英作文の次の段階で DeepL を使って英文を生成し、その英文と自力英作文を比較することで、自分の英作文を点検し、知らなかった表現を知り、さらにより良い表現をも学ぶことができるのである。

添削後の日本語を DeepL へ入力することによって、グローバルエラーはほとんどなくなった。しかしながら、自然な日本語表現のままに主語を入力しなかった場合は、自分の事である I が We/You や He/She などになり、それに伴う所有格や目的格にも影響が出る場合が多く見られた。その一例を示す。

日本語入力例：第二に、アスリートとしての総合的な力を伸ばすことができます。

DeepL の生成結果：Second, it will help you develop your overall abilities as an athlete.

添削結果：Second, it will help me develop my overall abilities as an athlete.

これは、1 回目の英作文でのエラーであり、提出前の点検が不十分であったことが考えられる。2 回目の英作文提出に際して、特に主語に伴う人称代名詞の点検、及び時制の点検を念入りに行うように指示した。また授業では 4 人班を作り、相互点検をおこなった。その結果、学生が提出前にエラーを発見し、修正をすることで提出時の DeepL との齟齬は格段に減少した。

この方法での成果は、学生が DeepL を使って自己点検をおこなうことで、ほぼ正確な英文にまで達することができることである。教員は、1 学年 160 名以上の自力英作文を添削する時間と労力から解放される。さらに教員は、自力英作文と DeepL 利用の英作文を比較することで、各学生の英作文能力やエラー状況を分析的に観察することができるのである。

4. 4 取り組みの分析

(1) 取り組みのふりかえり方法 学生はワークシート提出の際に、各自の取り組みをふりかえり、図 4 の Task 5 で示した数値化と文章表記をおこなった。「意欲態度」「理解」「協同」の 3 項目に対して 5 段階で回答し、文章表記では、感想や意見、または質問などについて記入する。今回、文章記入では日本語作文の添削に対しての否定的な意見は皆無で、取り組みの報告、難しかった点の自己分析、今後の課題、取り組みで感じた情意面についての記載が多くを占めた。次に、文章表記から代表的なものを数例ずつ抽出し分析する。

(2) ふりかえりからの分析との効果 初めに 1 回目の取り組みから、6 項目に分けて分析をする。なお□の枠内に学生のふりかえりから特徴的なものを抽出し

て掲載する。

①自力英作文と DeepL 翻訳を比較することで理解が進む。自力では産み出せない英文も DeepL によって知ることができ、自力英作文と比較することで文法の違いの詳細についての学生自身での考察が可能となった。

・自分が考えた英文が全く違い、自分の英語が、何が違ったかを知ることができた。もっと自分で正しい英語を作れるようになりたいと感じた。

・自力で翻訳するとかなりひどくなっていた。DeepL を使うことできれいになったから、自分の力じゃないのにうれしかった。調べるときに、けっこう調べたから少し詳しくなれた。

②新しい単語、文法や表現を知ることができた。さらに既習ではあるが、実際には使えていなかった文法事項を思い出すという復習の効果が出た。

・日本語から自分でわかりやすいように考えることができた。また自力で英単語を調べながら英作文も書けた。DeepL で英文を作ったときに、あまり知らない表現があったから勉強しようと思った。

・DeepL では自分の考えていなかった文法を使っていたので、新しい知識をつけることができました。DeepL を使用することで忘れていた文法を復習することができました。

・自分で辞書を使いながら翻訳したのと、DeepL 翻訳したので使っている単語が異なっていることに気づいた。また自分の事なのに your になっていたりするので、その部分に注意していきたいと思った。

③自分の英作文能力を客観的に認知できた。単語や文法力の弱点を実際の取り組みの中でメタ認知でき、構成力や文法力強化についての意欲へつながった。

・自分で書いた日本語の文を英文へ変換するとき、自分の英語力の低さに驚いた。もっとシンプルでよいので、短い英文を組み立てられるようになりたい。また英単語も頑張りたい。

・自分で英文を作ると、簡単な単語を使い、同じような文法しか使っていなかったが、DeepL を使うと詳しく、今まで習ってきた文法を活用し書かれていたので、復習し、自分でももう少し詳しく書くようにしたい。

④日本語力が英語力につながる事が認識できた。日本語力と英語力では能力に格段な違いがあり、思いついた日本語をそのまま直訳するのは無理があり、まずは短く端的で、英語の構造に即した日本語を構築することの重要性に気がついた。DeepL には一度生成された英文を日本語に変換し直す機能があり、両言語を行き来することで比較検討することができた。

・先生の添削通りに DeepL で翻訳すると、結構簡単にかつ正確な英語ができたので、すごいなと思いました。主語を重視して書いていくことや簡潔に日本語を書くことの大切さを知りました。

・英文を書くときに、今までは一から英語で考えて書いていたからすごく時間がかかっていたけど、一度日本語で英語に直しやすいような文を書くと、英文がとても書きやすかった。

・英語にしやすい日本語を作るには端的な文を考えるのが大切だった。自力の英文と DeepL の英文を比べると、DeepL の方が読み手により感情が伝わりやすいなと思った。

・日本語がしっかりしたものに変わったので、英語に直しやすかった。DeepL を使うと、自分の英文と比べて理解しやすい文になった。

・英文を書くとき、英語に直せる日本語を書くことが大切だと知った。英語に直すとき、時制や主語に特に気をつけた。

・翻訳したものをもう一度、日本語に戻してみると自分の伝えたい意味とは異なっていることが多くあった。その言語に直すと英語に直せる日本語が返ってくるので、日本語の力も身についた。

⑤DeepL 翻訳の前に自力英作文を行うことの重要性に気がつき、電子辞書を活用することにもつながった。

・日本語を英語に直すときは、一度自力で英作文してみることが大事だと気づけた。なるべく主語をつけて、誰がしたのか的確にする。

・英語に直せる日本語を考えることが難しかったです。自力で英作文する時に、わからない単語があったときは、電子辞書などを使いながら英作文をすることができました。

・自分で長文の英文を作るのは思っていた以上に大変でもっと頑張らなくてはと思った。もっと上手に電子辞書を使えるようになりたい。自分の考えを文に表す難しさを知れたため、これから文を書いていきたい。

・主語をちゃんとつけたりした日本語には違和感があったけど、英語にする時に、ある方がやりやすくて、主語とかは結構大事だなと思った。電子辞書を使いながら自分で文を考えたら、DeepL を使うと全然違って、単語や表現の仕方はたくさんあるんだなと思った。いくつか自分で書いたのと同じ単語が出てくると、間違っていなかったんだなとうれしかった。

⑥英作文の取り組みを通じて、海外文化や海外留学についての興味や関心が向上した。

・トビタテ留学ジャパンに本気で行きたいと思えるようになった。「行きたい国、その理由、まとめ」の構成で英作文することができた。

・今回パラグラフを作ったことによって、海外にはどんな留学先があるかと、そこで何をするかについて明確な目標を決められた気がする。積極的に取り組むことができた。

・日本語で書いた文を自分の力で英文に直すことはとても難しかったです。また DeepL を使うことで、こん

なに文を簡単にできるんだと知りました。英文を書いていくうちに外国に興味も出てきました。

- ・日本語で文を書く時点で、できるだけ文を短くすると英語に翻訳しやすかった。DeepL にかけてらボコボコにされるかなと思ったけど、意外と似ているような気がした。留学したいです！！
- ・行きたい国に興味を持って調べることができた。友達や家族に情報やアドバイスをもらえた。
- ・英作文を書くうちに留学に興味湧いた。AI と協働した。

次に 2 回目の英作文の取り組みから 1 回目と比べての変化について 3 項目を紹介する。

⑦2 回目の取り組みで力の向上を自ら感じることができた。さらに今後も引き続き取り組みたいという意欲の向上が見られた。

- ・英作文を複数回することで、なんとなくだが、接続詞他の言い換える文などがつかめてきて、進歩がしっかりと実感できた。

・前回に比べて日本語から英語までで、文章が上達してきているのでうれしかったです。また知らなかった単語もあり、それらを新しく学ぶことができました。

・今回は前より、手順を意識しながら自分の力で英文を書くことができました。わからない単語は辞書で調べ、文章を書くことができました。DeepL で自分のミスを見直すことで、自然な表現や間違いに気づくことができ、とても勉強になりました。

・自分で英語を書くところはできるだけ一人でがんばった。自分の英作文と比べて DeepL の方が、はるかに(単語数が)多い。できるだけ電子辞書に頼らずにした。以前より自分で英文が書けるようになりました。

・前回の英作文から少し時間が過ぎ、いろいろなことを習ったので、自力で作るやつも、だいぶスムーズに書けるようになりました。でも DeepL ほどの文字数もなかったの、次はもっとできるようにがんばりたいです。

・前回の自力作文よりも、自力で書ける分が多くなったように感じたけど、DeepL で書いた文と比べたら、単語とかが全く違って勉強になった。一人でスラスラ書けるようになりたいと思った。

・DeepL は関係代名詞を多く使うため、次回は自分でも使ってみたいです。先生の直してくださった部分と自分の書いた部分の違いを確かめられました。前回より文の構成を理解することができました。

・前回よりも日本語をしっかりと英文に直せるようになったと思います。これをしたおかげでわかる英語が増えたので良かったです。

⑧自己添削やクラス内での相互添削での気づきを取り組みに有効に働いた。また相互交流により他の学生の努力が見えたことでモチベーションの向上に役立った。

- ・単語だけ調べて自力で書くことができた。DeepL は確

実に正しいとは限らないので、何度も翻訳することが大切。友達と見せ合って感想を言えた。

・適当にやらず、DeepL で不適切である箇所を積極的に探して修正した。過去を語るときは、どんな文章であろうと全て過去形にする必要があると知った。他の人の原稿を見て、どのような表現が不適切であるのか新たに知ることができた。前回の反省を活かして、翻訳しやすいように工夫、そして曖昧な表現を避けて作文できた。

・分からないところは全て電子辞書を使い、最後まで諦めずに文を作った。自分が訳すのと DeepL が翻訳している文は似ているようで違うから、もっと文法力を高める。周りの人の作文を回し読みして、いろんな人の努力を知れて良かった。前回より日本語力も上がったから、実はもっと(添削の)赤字が減らせるように頑張る。

・自分の考えを表現できるよう、構成を練った。単語の選び方に気を使った。互いの文を読み合い、内容の確認を重ねた。DeepL に振り切らず、自分の力も使って文を作っていた。

⑨課題の内容が自己理解に役立ち、さらに難しい課題をやり切ることで自信の向上につながった。

・自分の体験をふりかえることによって、そこから学んだことを再確認することができてとても良かった。

・自分を見つめ直す良い機会だった。まだ変な部分も多いけど、単語さえわかれば、文は作れるようになってきた。いつか単語を調べなくてもできるようになりたい。

・自分が中学校でチャレンジしてきたことを振り返ることができた。この時のモチベを高専生活でしっかり発揮していきたいと思った。また、知らない単語がたくさん出てきたので、単語帳で勉強しようと思った。

・自力で添削するのがとても難しく、何度も投げ出しそうになったけど、なんとかできて、達成感でいっぱいになって嬉しかった。DeepL も結構大変だったけど、賢いんだなあと思いながら添削した。

・やはり自力で英文を書くのは難しい、難しすぎると思った。同時にやはり難しいものをやり遂げた後の達成感がやめられない、とまらない状態でした。こういう長文を自分で直すのも、いずれ自分の力になるかと思うと、にこにこします。楽しかったです。

5. 国際交流への波及効果

5. 1 留学先と探求活動の選定

1 回目の課題では、留学先の国名と都市名及び機関名を調べ記入し、それに即した具体的な探求活動についても論述する必要がある。学生は作文を書く以前に、どこで何をするかについての決める際、おそらく今まで海外留学するという想定をしていないために、多くの学生がその決定に困難を抱えた。そこで、困っている学生は研究室で個別に相談に応じることにした。その際、本人が

好きなことや高専を選んだ理由、さらに将来どのような進路を考えているかなどについてインタビューし、本人のやりたいことやそれに伴う行き先を引き出すようにした。しかしながら、相談に来る学生の一部には、そもそもこれらのアプローチだけでは目標が明確にならない場合があった。そこで、個人の興味関心を超えて、出身地域の産業について考えるように指示をした。トビタテ！留学 JAPAN では、帰国後のエバンジェリスト活動として、経験したことを所属校へ還元したり、出身小学校や中学校で講演活動をしたり、さらには地域へ何らかの貢献をすることが要求されている。このアプローチは、自分という枠を超えて、地域の再発見にも役立つと共に、地域貢献の視野を持たせることに役立った。指導の結果、全員が探求課題を見つけ出し、それを作文にすることができた。以下にその行き先（国名）、受け入れ先機関（分類）、探求活動（分類）について示す。

表1に示す留学先の国として人気があるのはアメリカやイギリスをはじめとする英語圏の国々である。ヨーロッパやアジア圏では、探求活動を重視してインターネット等で探求目的に合致する機関と国を選定している。

表1 選んだ留学先の国名と人数

国名	人数	オランダ	2
アメリカ	55	デンマーク	2
イギリス	13	フィリピン	2
カナダ	11	マレーシア	2
ドイツ	10	トルコ	2
フランス	8	アイスランド	1
オーストラリア	8	オーストリア	1
シンガポール	8	ギリシャ	1
ニュージーランド	7	スイス	1
韓国	6	スコットランド	1
イタリア	5	タイ	1
スペイン	4	ベトナム	1
フィンランド	4	ペルー	1
スウェーデン	3	ロシア	1
中国	3	合計	164

表2に示す受け入れ先機関としては、大学が圧倒的に多く、研究が目的とされている。企業では仕事体験や視察、インタビュー活動などを計画している。専門学校では、具体的な技術を身につけるための学習が目的とされている。実際のところ、高校および高専2年生の段階で受け入れてくれる大学はほとんどないものの、今回はあくまでやってみたいことを自由に発想することを重視したので、あえて現実的な制約は設けなかった。

表2 受け入れ機関の分類

機関分類	人数
大学	62
企業	41
研究所	13
行政機関	13
一般施設	13
専門学校	10
博物館・美術館	8
図書館	1
植物園	1
国立公園	1
高校	1
合計	164

表3に示す探求活動では、高専らしく工学、理学での研究や体験が多くを占めた。一方、農業や酪農業など、出身地域や家業に直結した体験を希望する学生が多かった。またSDGsに関わった環境学や社会学なども多いのが特徴的であった。

表3 探求活動の分類

工学研究	人数	産業体験	人数	学術研究	人数
IT, AI, 情報工学	15	農業, 酪農業	13	スポーツ	13
ロボット, 機械, 自動車工学	12	自動車産業	9	環境学	12
エネルギー, 電気工学	8	IT, AI, 情報産業	5	生物学	11
宇宙工学	4	エネルギー, 電気産業	3	社会, 教育学	11
都市, 建築工学	3	ゲーム産業	3	生活文化学	10
福祉機器工学	1	軍事産業	1	化学, 数学, 物理, 天文学	9
		航空産業	1	美術, 音楽	6
		ロボット産業	1	気象, 火山, 地震学	3
		福祉産業	1	医学, 医療	3
		玩具産業	1	考古学, 歴史学	3
				観光学	2
小計	43	小計	38	小計	83

5. 2 トビタテ！留学 JAPAN への応募状況

トビタテ！留学 JAPAN 日本代表プログラムは、2013年度から文部科学省、独立行政法人日本学生支援機構を中心として開始された。第1ステージを終えた後、コロナ禍で大きく落ち込んだ日本人学生の海外留学者数をコロナ禍前の水準に回復することを目標として、2023年度から第2ステージとして再開された。

本校では、2022年度後期より、2023年度実施向けの募集からいち早く学生に広報し、応募を行ってきた。表4は応募書類作成を開始した年度の各学年における応募者数及び採択数の一覧である。従って1年、2年は応募した年度の次年度での留学実施となり、新1年コースは入学して直後に応募し、その年度内での留学実施となるため、1年と同じ学年の枠に記載した。

2022年度応募の取り組み（2023年度留学実施）は、この事業が再開直後であったこともあり、応募数7に対して採択数5と高い率での採択となった。2023年度以降においては、書類審査合格後に実施される面接試験において、面接会場での人数が前年度より格段に多かつ

たと面接を受けた学生から情報が得られた。事業再開 2 年目からは高倍率になったことが推測される。

前期を終えた現在、本年度の 1 年生の応募予定者数は 9 名となり、12 月からの応募開始に向けて応募書類を作成している最中である。

前年度までと比較して 3 倍の 1 年生 9 名に応募予定者が増加したのは、本年度より国際交流センターが、4 月当初からトビタテ!留学 JAPAN への取り組みを開始し、併せて、これを活用した英作文指導を開始したことによる効果が、少なからず影響していることが、結果から十分に推測できるであろう。

表 4 応募（予定を含む）者の推移

年度	新 1 年 次年度応募	1 年	2 年	合計	採択数
2022	1	3	3	7	5
2023	0	1	6	7	2
2024	0	3	2	5	2
2025 予定	0	9	1	10	2026 年 春に発表
	1	16	12	29	9+ ?

6. まとめ

この取り組みを通じて、冒頭で示した「英語に即した日本語作文能力の弱さがアウトプットに支障をきたしているのではないか」という仮説への確信と、その具体的な対策についての効果を実感することができた。

第一の成果は、英語学習へのモチベーションが高まったことである。高専 1 年生の段階において、日本語を英語に直すという作業は、短文や短文ではある程度可能であろう。しかし、テーマに沿った長文を論理立てて書くという作業は、形式面では論理的な構成員が必要であるし、様式面では申請書などに沿った記入が必要となる。英語を苦手として入学してきた学生に対して、仮に「日本語を介さず初めから英語で書く」という課題を出したとしたら、多くの学生が挫折感を味わうことになったであろう。その対策として授業では学生に、「英語ができないわけではなく、英語に直せる日本語力が弱いだけである」と明言して学生を励まし、実際に日本語作文を英語に直せるレベルにまで徹底的に添削をおこなった。添削結果を返された学生たちの多くは、ボールペンで真っ赤に添削された結果を見て驚き、納得し、日本語での難しく長すぎる発想を修正し、シンプルで論理的な発想に切り替えることを学んでいったのである。添削された日本語文を見て、自力で英作文ができるかもしれないという可能性を感じながらチャレンジし、DeepL を使って自己添削をすることで、新たな発見や自分の英語力をメタ認知できたのである。

ふりかえりの文章の中で学生が「DeepL と一緒にがんばれた」と感想を述べている。「AI を利用して」ではなく、友人や先生とのように、「AI と」という表現は印象的である。またある学生は「AI に書き直してもらったのを直して自分で修正するのは、まるで生徒に教える教師のようで、確かに普通に使うよりためになると思ったし、英語以外でもやってみたいと思った。」と述べた。AI の不完全さを認識した上で、さらに自分で AI の結果を修正し、AI を多方面でも活用していくという段階まで意識が高まったことがわかる。これらは、今後さまざまな方面での AI 活用の示唆ともなる意見である。

本取り組みでの英作文の課題の文章量は、かつてなく膨大であった。本来は学習発達段階に応じて語数を 50 語程度から徐々に増やしていくと言うのが定番の指導法であろう。しかし初めから難しい課題をやり切らせることで、多くの学生は 150 語以上の英文を作成したことで、自信と新たな英語学習へのモチベーションが築けたのである。初めは易しいものからではなく、学生を信じ、初めからハードルの高い課題を全員クリアさせることの重要性和その効果を感じることができた。学生一人ひとりの努力も大変であったろうが、正直、164 名の日本語作文を添削する時間も労力も大変であった。学生は自分のワークシートが大量に添削されていることから、同様に教員は 164 名の作業をおこなったということは容易に想像ができたことである。教員の苦労が伝わり、学生も情意的にも頑張らざるを得ない状況を生んだという側面もあるだろう。その結果、学生と教員が共にやり切ろうという運命共同体のような気運が生じたことも事実である。

第二に、外国語学習は単なる日本語と英語の置き換え作業ではないということである。学生は自分が留学したい国や機関、探求活動を考え、調べ、それを作文することで自分の目標を再認識し、調査することで外国文化についての知識を得ることもできたのである。外国語を学ぶことは言語習得を目標とするだけではなく、同時に異文化理解も重要である。さらに中学生時代の自己を振り返り、それを現在の生活状況につなげ、改善して行こうという意識を高めることにも役立った。また翻訳活動を通じて、英語と日本語の認知や発想、表現方法の違いにも気づくことができたのである。

第三に、結果として留学の興味、関心や意欲を高める波及効果を生んだことである。前述の通り、現在 9 名の学生が応募準備をしている。国際交流センターが主催する帰国報告会、留学説明会の後日に行われたトビタテ!留学 JAPAN 説明会では、申請する気持ちがある学生は 15 名であった。しかし実際に校内での申し込みがあったのは 9 名であった。この申請書類は膨大な文書量があり相当な努力を要する上に、留学資金も全額支給ではなくあくまで部分的な支援金であるため、ある程度まとまった自己資金も必要となる。そのため家庭の経済状況に

より本年度の申請は諦めたという学生の声も聞いた。しかしながらそのような学生が、来年度春休みに予定されている韓国語学留学には資金面で目処がつくのでぜひ行きたいと言う。トビタテ！留学 JAPAN 高校生コースへの応募は、1 年生で見送ったとしても 2 年生でもう一度チャンスがある。来年度はぜひ応募したいという声も聞く。過去の例を見ると語学留学での自信と意欲向上をもとに、2 年生でトビタテ！留学 JAPAN にチャレンジした学生もいる。その意味でも今回の取り組みは、留学への興味、関心や意欲を高めることに役立ったと確信している。

最後に、本取り組みに対して現任の国際交流センター長をはじめ教員スタッフ並びに国際交流担当事務職員の方々がこの取り組みに賛同し、情報提供や精神面でも支援してくださった。心より感謝の辞を述べたい。加えて、難しい課題を 2 回とも全員クリアしてくれた 1 年生 164 名の学生諸君に、敬意とエールを送り本稿を締め括りたい。

参考文献

- 1) 山口均：英作文のエラー分析から見る中高接続と指導法の改善，全国高等専門学校英語教育学会研究論集，全国高等専門学校英語教育学会，41(2022)95-104.
- 2) 山口均：グラフィック・オーガナイザーを用いた英文法指導法，英語で行う授業改善ガイドブック第3版，第4ブロックグローバル高専事業英語教育法検討部会，(2019)79-95.
- 3) 伊東治己他：APPLAUSE ENGLISH LOGOC AND EXPRESSION I，開龍堂出版，(2022)26-27, 42-43.
- 4) DeepL：<https://www.deepl.com/ja/translator>（参照 2025-09-11）
- 5) 文部科学省：今後の英語教育の改善・充実方策について報告（概要）～グローバル化に対応した英語教育改革の五つの提言～，(2014)，https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/102/houkoku/attach/1352463.htm（参照 2025-09-11）
- 6) トビタテ！留学 JAPAN：<https://tobitate-mext.jasso.go.jp/>（参照 2025-09-11）

紙製の自律型ロボット作りを取り入れた PBL 授業の実践

細谷 和範* 野中 摂護* 山田 貴史* 西川 弘太郎*

Implementation of PBL Classes Incorporating Autonomous Paper Robot Construction

HOSOTANI Kazunori, NONAKA Shogo, YAMADA Takafumi, and NISHIKAWA Kotaro

Robot fabrication in project-based learning (PBL) is recognized as effective for enhancing student motivation and interdisciplinary problem-solving. However, conventional robot projects often involve high costs and limit individual design opportunities. To resolve these issues, we developed a PBL course titled “Robot Creative Practice,” combining low-cost paper materials with microcontroller-based sensors and actuators to build autonomous robots. This approach enables students to design and fabricate competitive robots within a limited timeframe, fostering creativity and practical skills without complex machining or extra instructors. The course has been implemented for six years with fourth-year students in the Mechanical Systems Program at NIT, Tsuyama College, and students design and build autonomous air hockey robots under material constraints. Effectiveness was evaluated via questionnaires.

Key Words: Interactive design, air hockey robot, PBL, paper robot, origami structure

1. 緒 言

我が国では IoT (Internet of Things) や Society 5.0 に代表されるデジタル技術の深化に伴いさまざまな教育が展開されている¹⁾。最近では自律型ロボットや AI (Artificial Intelligence), ビッグデータなどの先端技術が教育に取り入れられ, 問題解決能力を育む教育に活用されている他, 文理融合による横断的な取り組みも行われている。このうち, ロボット製作を題材とした教育は学生の学習意欲を向上させ, 分野横断的な知識と実践的な課題解決能力の育成にある程度有効であると報告されている^{2,4)}。その一方, 高価なロボット教材は大人数でのグループ作業になりやすい。また, ロボット製作には多大な時間と労力がかかり, 試行錯誤のプロセスを学生が安価かつ容易に経験することが難しい課題を有している。加えてロボットの設計から製作にわたるプロセスには, 設計製図や材料力学の他, 電気系科目の習得やプログラミング, 加工技術など, 数多くの知識とスキルが必要となり, グループで協働するロボット製作は, 経験の浅い学生のアイデアが採用されず, 作業もものづくり経験が豊富な一部の学生に偏る心配がある。さらに, 機械加工や電気回路, マイコンプログラミングなど分野横断的な指導が必要なものづくり教育では複数の教員によるサポートが必要になることもある。この課題を解決

するための方法の一つに加工のしやすい紙素材を利用して設計と製作を行うことができる「折り紙ロボット」による教育が提案されており, 多様なアイデアを試すことが可能であることが報告されている⁵⁾。

筆者らは少ない教員で授業を運営でき, 個々の学生が協働しつつ自身のアイデアを具現化できるプロジェクト演習 (PBL : Project Based Learning) 科目として, 安価な紙教材とマイコン教材 (センサとアクチュエータ) を組み合わせた自律型ロボット製作授業を考案した⁶⁾。本報告では, この授業を筆者が所属する津山工業高等専門学校 (以後, 津山高専と呼称する) 機械システム系で学ぶ 4 年生を対象に 6 年間実施した。本稿では, 安価な紙素材とマイコンを用いた自律型競技ロボット (エアホッケーロボット) を設計するアクティブラーニング形式の授業「ロボット創造演習」について, 2019 年度の運用開始時から 2024 年度までの様子と授業評価アンケートによる教育効果について述べる。

2. 「ロボット創造演習」の基礎科目

2. 1 機械システム系のロボット関連科目

津山高専はそれまでの機械工学科, 電気電子工学科, 電子制御工学科, 情報工学科の 4 学科制から 2015 年度に総合理工学科の 1 学科 4 コース制 (機

械システム系、電気電子システム系、先進科学系、情報システム系)に改組し、分野横断的な課題解決能力の育成を目標とする工学教育を実施している。学生は1年次に全系共通科目と基礎科目を習得し、2年次から各系のコースに分かれて専門を深化させていくが、5年間にわたり全系横断演習などの横断科目も設定されている⁷⁾。さらに各系の専門科目にも分野横断的要素を有し、座学による知識を発展させる実践的科目が開講されており、学生は幅広い知識を得ることができる。一方で習得すべき内容も幅広くなることから、学生は一方的に授業を受けるスタイルから自ら興味を持って取り組む必要がある。機械システム系では4年次から機械設計コースとロボティクスコースのカリキュラムが用意され、ロボティクスコースでは図1に示すように、メカトロニクス分野の科目群が幅広い学年に配置されている。また実験実習では、従来の機械工学分野のテーマだけでなく、座学と並行した電気回路の基礎やマイコンプログラミングなどによるメカトロニクスに関するテーマが設定されるなど、関連科目との接続性が考慮されている。このような背景から本稿で述べる4年次の「ロボット創造演習」に先立って、3年次に計測・制御の基礎を習得する実験などを習得することができる。

2. 2 ロボット製作に関連する実験実習科目

本校における実験実習科目は機械工学分野の座学科目との接続が考慮され、自律型ロボットの設計で重要となる計測・制御の基礎は、2年次および3年次に開講されている機械システム工学実験実習Ⅰ及びⅡで実施され、ロボット製作に必要な機械加工や材料強度に関する実験やリレー回路やICを用いた論理回路など、電気基礎に関するテーマの実験が実施されている。また制御やプログラミングに関する実験として、LEGO ロボットやマイコンを用いたテーマが扱われている。このうちマイコン実験は表1の上段に示すとおり、8ビットマイコン(Arduino UNO)と配線が容易なGrove シールド(図2)を用いて表2の各種センサモジュールから取得されるアナログ信号またはデジタル信号の処理やDCサーボモータの時間シーケンス制御などを習得することができる。課題にはマイコンプログラミングによる測定値の取得、データのばらつきを考慮した統計処理(平均値、最大・最小の算出)を学ぶほか、DCサーボモータの制御や超音波測距センサの性能評価などを行い、実験を通じてハードウェア制御の基礎を習得し、ロボット製作に不可欠な知識を身につけることができる。このマイコン実験では、1グループ5名から10名の学生が3週間にわたり課題に取り組み、1名の教員が指導を担当する。学生は実

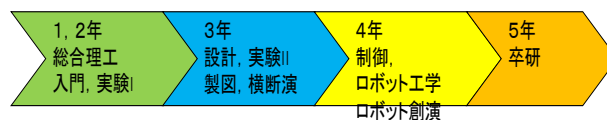


図1 ロボティクス科目の接続 (2024年現在)

表1 実験実習とロボット創造演習の概要

3年次 実験実習 「マイコン」 必修科目 (実験)	開講時間数: 3コマ/週×3回
	受講者数: 5名~10名/グループ
	教材: Arduino UNO, Grove シールド
	担当教員数: 1名
4年次 「ロボット創造演習」 必修科目	概要: マイコンボードを用いた計測実験を行い、プログラミングによるハードウェアの簡単な制御やアナログ・デジタルデータの統計処理を学ぶ。
	開講時間数: 2コマ/週×15回
	受講者数: ロボティクスコースを選択する約20名
	教材: Arduino UNO, Grove シールド, ケンラン紙
	担当教員数: 1名
	概要: 学生が個別に自律的に動作するエアーホッケーロボットを設計し、装置の構想から設計製作までの過程を体験し、プレゼンテーションにより自身のロボットの見どころを発表する。材料には加工しやすく安価な紙素材を用い、前年度に習得したマイコンセットを用いる。

験日までにマイコンの仕組みやC言語の基礎課題、自己保持回路などの回路の仕組みと信号を示すタイムチャートの予習が課せられる。第一週目と二週目にデジタル信号、アナログ信号に関する課題をチュートリアルに従って操作し、課題を解決するためのプログラム作成や各種センサの出力をグラフに整理して考察する課題を与えている。図3は実験テキストから抜粋した課題である。この課題ではスイッチ動作によりリレーが動作し続ける自己保持プログラムを作り、動作の考察を課している。第三週目には超音波測距センサの指向性や応答など、ロボット製作にも活用できるセンサの特性を知る。機械分野の学生にとって、この実験課題は難しく感じている様子が見られ、毎年、授業開始時にマイコン課題への印象を問うと、苦手意識があると答える学生が大半を占めた。そこで、実験授業中は学生同士が積極的に教え合うよう促し、課題を一つずつ解決しながら苦手意識を和らげる雰囲気づくりを行った。また動機付けとして、自動車などの身近な機械を設計したり、メンテナンスする際に扱うであろうセンサ・アクチュエータ類への応用を授業の冒頭で考えさせる工夫を行った。実験開始当初は手が動かなかった学生も後半になると独自にコードを作成する様子が見られた。

3. 「ロボット創造演習」の設計と運用

3. 1 課題設定と到達目標

4年次の「ロボット創造演習」は、3年次に習得したメカトロニクスの基礎に加え、設計・製図や機構学、プログラミングを組み合わせた設計製作課題

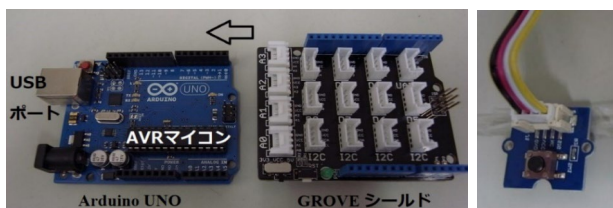


図2 Arduino マイコン (左) と接続される回路モジュール (右)

表 2 マイコン実験で使用される回路モジュール

デジタル信号用	LED モジュール
	押しボタンモジュール
	タッチセンサモジュール
	ブザーモジュール
	リレーモジュール
	超音波測距センサモジュール
アナログ信号用	DC サーボモータモジュール
	回転角度モジュール
	音センサモジュール
	光センサ (CdS) モジュール
I2C	温度センサ (熱電対)
	液晶モジュール

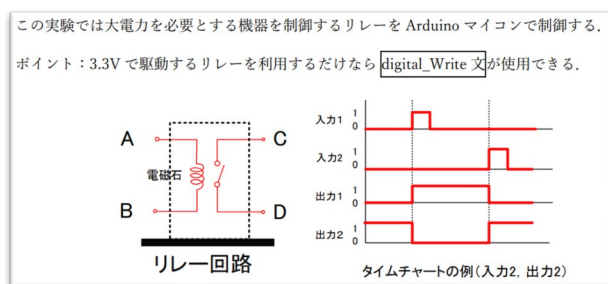


図3 実験テキスト (抜粋)

を設定している。表 1 の下段にロボット創造演習の概要を示す。この科目は、以下の座学科目との接続を考慮して運用されている。

- ・力学Ⅰ～Ⅲ (3 年次)
- ・材料力学 (3 年次)
- ・設計製図 (3 年次)
- ・ロボット工学概論 (4 年次)
- ・機械システム工学実験実習Ⅰ～Ⅱ (2・3 年次)

ロボット創造演習における 2019 年度から 2024 年度までの課題は、図 4 に示す自律的に動作する「人と対戦できるエアホッケーロボット」の製作とした (エアホッケーとは、スマッシャーと呼ばれる器具を用いて盤上をすべるように移動する円盤状のパックを打ち合い、得点を競うゲーム)。この競技を忠実に実現するためには勢いよく移動するパックの軌道や打ち返す動きを実現する高速ビジョンと高速マニピュレーションによるロボット制御の他、高度な信号処理を伴う戦略的な制御技術が必要となる^{8) 9)}。また、このエアホッケーは数学や物理、メカトロニクス、ロボティクスを横断的に学べる教材としても期待でき¹⁰⁾、学生が協働して対戦

型のロボットを製作するプロジェクトベースの活動にも利用されている¹¹⁾。ただし、高度なロボット製作は一人では難しいため、多くの事例ではグループによる分担作業となっており、また複数の教員によるサポートも必要のようである。

一方、筆者らが開発したロボット創造演習では、学生が設定した工程表に沿って製作し、試行錯誤を経ながら自身のアイデアを具現化するロボット作りに重点を置いた。さらに、アイデア創出のためのブレインストーミングを取り入れ、プログラミングに苦手意識を持つ学生が多いことへの対応として、周囲の学生と協働する環境作りに努めた。以上の方針を実現するため、ロボット創造演習では、各学生によるロボットの設計製作が可能になるよう、3 年次に習得したマイコン実験教材を利用し、ロボットを構築するための材料に加工が容易な紙を用いて「自律型エアホッケーロボット」を設計する課題とした。また本科目はアクティブラーニング授業として、教員は基礎的な内容の教示やアドバイスはするが、極力作業には手を貸さず、周囲の学生と協働するよう促すこととした。

本科目は半期科目として設定し、次の学習目的と到達目標を掲げている。

- ・学習目的：機械工学の課題に対して、マイコンと汎用的なソフトウェアを活用して問題を解決する能力を身に付ける。
 - ・到達目標：次の①～④を設定した。
- ① マイコンや設計ツールを使って機械工学に関する課題を解決するために必要な情報収集・分析・整理して解決策を提案できる
 - ② 情報を収集・分析し、適正に判断し、情報の加工・作成・整理、発信ができる
 - ③ 得られた情報を理解し、効果的かつ創造的に技術的な課題解決のために活用することができる
 - ④ チームの一員として、他者の意見を尊重し、適切なコミュニケーションをもって共同作業を進めることができる

3. 2 授業運営と評価方法

ロボット創造演習は、構造材に身近にあり安価で加工がしやすい紙素材を使用することで、設計・試作・改善のプロセスを容易にするとともに、使用部品を一律に制限し、3 年次の実験で用いた Arduino Uno とセンサ・アクチュエータ類のみを使用する制約を課し、学生が創意工夫によって課題を解決することができるよう配慮した。なお、マイコンの導入費用は 1 セットあたり約 1.5 万円 (マイコン 3 千円、センサキット 1 万円、超音波測距計 2 千円) である。授業では図 5 に示される各工程を経て、各自がロボ

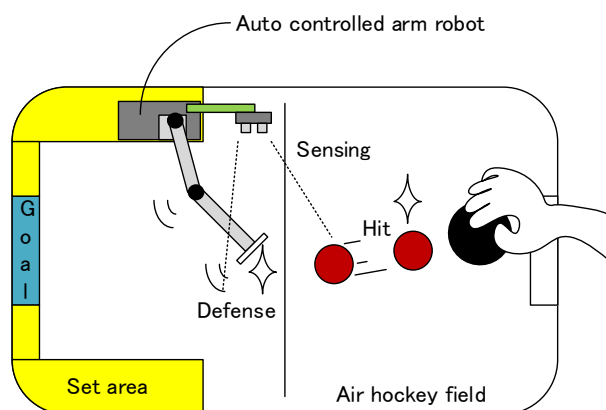


図4 競技の概要 (幅 60 cm, 長さ 80 cm, パック径 4.5 cm)

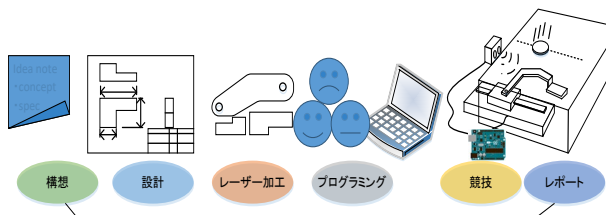


図5 ロボット製作の流れ

表3 授業スケジュール

2024年度 ロボット創造演習 4M (月曜日)3-4限 (第4共通実験室)
1 9月30日 ガイダンス 物理エンジン(Argodoo基礎①)
2 10月7日 物理エンジン(Argodoo基礎②)
3 10月21日 物理エンジン(Argodoo基礎③), マイコン基礎①
4 10月28日 マイコン基礎②
5 10月31日 マイコン基礎③
6 11月11日 全体構想と試作
7 11月18日 全体構想と試作, 中間報告書作成
8 11月25日 中間報告書作成
9 12月2日 競技用ロボットの設計製作
10 12月9日 競技用ロボットの設計製作
11 12月16日 競技用ロボットの設計製作
12 12月23日 競技用ロボットの設計製作, 競技(撮影)
13 1月20日 競技(撮影), 最終報告書作成
14 1月27日 プレゼン資料作成, 最終報告書作成
15 2月12日 プレゼン(相互評価)

ットを設計・製作できるよう, 15回の授業のうち前半を設計ツールの習得と構想を描く期間に充て, 後半に製作および競技, プレゼン発表を充てた(表3)。

(1) 設計課題と競技ルール 図4に示す競技課題の「自動エアホッケーロボット」では, 紙製のロボットが製作者から打ち込まれるパック(円盤)を1回でも自動的に「止めるか跳ね返すこと」を要件とした。製作材料は配布されるマイコン(センサ, DCモータ2個)とA3サイズのケンラン紙2枚(225 kg/m², 0.28 mm厚)を用いることとした。この他, 締結用クリップやネジなど, 紙で作ることができない止め具などの使用を認めた。パックは直径4.5 cmで高さ1.5 cmとし, 打面となるスティック面は幅5 cm×厚1 cm×高さ5 cm以内とした。競技はパフォーマンスを披露する形で行われ, ロボットは自身の設計思想が反映され, 図4の概要図に例示された構造やデザインと異なる, 特異な目的や機能, 外見, 技術的特徴を持つユニークなロボットを推奨した。

(2) 授業運用と評価方法 本科目では表3の15回の授業を設定した。前半はArduinoマイコン操作の復習とロボットの構想と試作に費やし, ロボット構築のスキルを得た時点で, 中間報告書を提出する(図6)。2024年度からは前半の構造に2次元物理シミュレータ(Argodoo)の講習を加え, パックを打ち返すために必要な力やリンク機構を静力学的および動力学的にシミュレートできる環境を整備した。授業活動の成果はレポートとスライドプレゼンテーション資料にまとめるよう指導し, 学習成果の成績評価のために, 前半にロボットの構想とスケジュールを記した中間報告書を, 後半に詳細な設計や感想を記した最終報告書を課した。報告書については, 手書きスケッチレベルのロボットの構想や開発スケジュールを工程表に記すことを求め, 作業の進捗とともに計画変更を行うことも認めている。各報告書に記載する内容は以下の内容である。

- ・設計コンセプト(基本概念)
- ・アイデア(新規性)
- ・特に注目してほしい点
- ・感想
- ・図面と構造設計や制御設計の根拠資料

ここで, 中間報告書では作業工程表が加わる。さらに, 最終報告書の提出時に3分以内で自身のロボットのプレゼンテーションを行い, 発表点は学生同士

ロボット創造演習 最終報告書				
提出年月日 2024年2月7日		機械システム 系4年 00番 氏名 00_00		
ロボット創造演習の課題提出の際には以下のものを提出すること 提出時にチェック				
① 装置の製作品		☐	(提出済み)	
② 最終報告書		☐	(提出済み)	
③ 装置の組立図面		☐	(提出済み)	
④ 装置の部品図面		☐	(提出済み)	
⑤ 設計に関する計算や解析レポート		☐	(提出済み)	
開発した装置に関する情報				
重量[g] (概)	幅[mm]×高さ[mm]×奥行き[mm]	部品数[個]	ネジの数[個]	ナットの数[個]
*	* [mm]×*[mm]×*[mm]	*	*	*
製作した装置のアピール				
設計コンセプト(基本概念) ...移動装置の設計・製作の基本概念を説明				
アイデア(新規性) ...図を用いる。「自分が工夫したところ」「他の移動装置とは違うと思う点」など				
特に注目してほしい点 ...「自分の作品で評価してほしいところ」ない場合は「動作原理や移動方法」				
感想				
構造設計 <開発の詳細や値をどのように決定したか根拠などを示す。(多い場合は別紙可)> ・機構設計 ・制御設計				
(設計仕様作成のための根拠となる計算や解析の過程がわかる資料, 様式自由)				

図6 報告書様式

の相互評価とした。評価項目はスライドの出来栄や語り方、ロボットの完成度を三段階評価するものである。以上の評価に基づき、以下の割合で総合成績を算出した。

- ・ 中間報告：30%
- ・ 最終報告書と作品：30%
- ・ 最終発表および相互評価：30%
- ・ 取り組み（安全配慮や積極的な協働）：10%

ロボット作品の評価では、設計した機構の種類や複雑さは問わず、単純な構造であっても、必要な設計コンセプトや設計の根拠が報告書に記されていれば80点以上を与え、さらに自身が考える課題解決方法に基づく試算やシミュレーションなど、具体的な設計プロセスが説明されていれば加点した。さらに報告書や発表で「注目してほしい点」も記載できるように工夫し、各自のアイデアや努力をアピールできるよう工夫を施した。授業を活性化させ、作業が進むよう、教員は学生間の議論や、教え合いがスムーズに進むよう促すとともに、課題がなかなか解決できずにいる学生の技術相談に乗るなどして、各学生が試行錯誤を繰り返してロボット作りを行える環境構築に注力した。

3. 3 学生の作品と授業の様子

2019年度の開講から2024年度までの授業の様子を概観すると、テーブル上に設置した紙製アームロボットが移動するパックを検出し、打ち返す（または止める）課題において、多くの学生が構想段階で設計方針を決めかねる様子が見られた。特にロボット形状を自由に設定できる条件は、設計経験の少ない学生には迷いを生じさせる傾向があった。そこで、学生に対して装置設計の方針決定についてアドバイスを行った。装置設計には、将来予測から構想を組み立てるフォアキャスティング（forecasting）と、理想像から逆算して設計を進めるバックキャスティング（backcasting）の二つの発想がある。本授業では、紙素材という制約のもとで、これまで経験したことがないロボットの完成を目指すため、後者のアプローチを重視することが望ましいと説明した。これは、限られた授業期間内では、試行錯誤を繰り返しながらアイデアを創出しても構造的に実現不可能な設計となる可能性があるためである。また、過去の経験やデータに基づく計画立案が求められるフォアキャスティングは、経験不足の学生には難しい。一方、先に完成形を明確にして必要な要素と工程を逆算するバックキャスティングは、設計の方向性を早期に決定できる。このため、バックキャスティングは限られた授業時間内における目標設定と計画立案の学習効果を高める上で有効であると考えた。以上より、筆者らはこの方針を授業に取

り入れ、学生に対して、「板ばねの反発力を利用して強く打ち返すロボット」、「パックの進行先を遮蔽するロボット」、「授業で学んだH型断面やラーメン構造を取り入れたロボット」などのように、掲げたコンセプト（完成形）から逆算して構造や制御システム、製作工程を見積もるようアドバイスを行った。なお、このアプローチの教育効果については、後述するアンケート結果により検証する。

授業では、ガイダンスに続いて試作設計のチュートリアルを実施し、超音波測距センサによって移動するパックまでの距離を検出し、紙の構造体をサーボモータで駆動する回路とサンプルプログラムを提示した。学生はこれを参考に、パックの検出方法や紙製パーツの動作機構について構想を組み立てた。それでも学生はなかなか構想がまとまらず、報告書締切が近づく時期になって初めて試作を行い、意を決し設計を固める様子が見られた。製作の様子や競技時の様子、設計コンセプト図の例を図7から図9にそれぞれ示す。中間報告書を提出し、設計製作にとりかかる後半過程になると、作業に慣れてきたためか、試作と修正を繰り返す学生が増え、互い

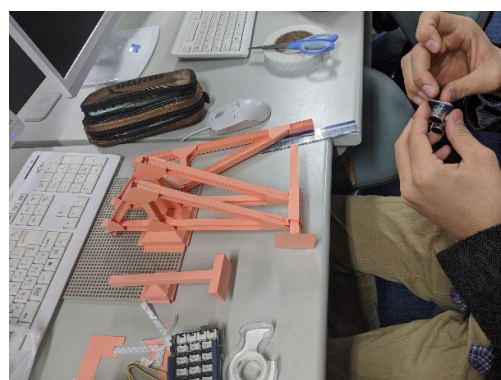


図7 ロボット製作の様子



図8 競技（撮影会）においてパックを打ち返す様子

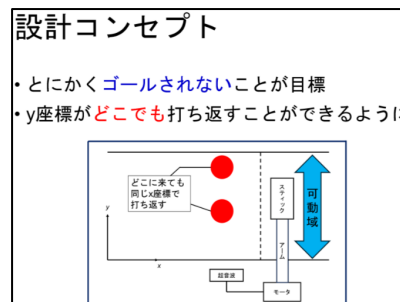


図9 設計コンセプトの例

に助言しあい、一緒に試走を行う様子が見られた。中には活発な設計の議論を交わす学生や、試走が成功すると周囲の学生を巻き込んで歓喜する様子も見られ、学生同士の協働が強まった。

2019 年度から 2024 年度までに製作されたロボッ

トの一例を図 10 に示す。毎年、多様なロボットが製作され、その特徴を分類すると以下のように大別できる。

(1) シンプルなアーム型 (図 10 (a), (b)) 測距センサによってバックを検出し、直線状のアーム



図 10 学生による作品例

を回転させて打ち返すが、回転半径が固定されているために、対戦者（製作者）が打ち返しやすい位置にバックを送り込む必要がある。

（２）門型（図 10(c)-(e)） 門型クレーン構造で、スライド機構にクランクやワイヤ駆動を用いる。

（３）スライド機構型（図 10(f)-(j)） 紙製の歯車やベルトを用いて打面を往復運動させるタイプで、ラック・ピニオン機構やベルト駆動する精緻なものや、構造部材の断面を H 型にしたもの、トラス構造、ラーメン構造を採用して歪みが生じないようにする工夫したものが見られた。

（４）反発力増強型（図 10(k),(l)） 紙製の板ばねや折り紙の技術で反発力を高めた構造を採用したものであり、これも対戦者が打ちやすい位置にバックを送り込む必要があるが、強力な打ち返しに周囲の学生は驚いた。

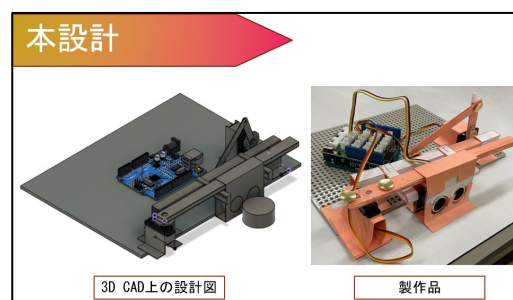
（５）その他（図 10(m)） 円筒シリンダを用いた、他に例がみられないものもあった。

完成したロボットは「競技」を行い、動きを確認するとともに、最終プレゼンテーション用の動画収録を行った。様々な形のロボットがフィールド内で動くと学生は活気にあふれるが、自信が持てず、あきらめる学生も見られるようになる。そこでロボコン部などのものづくり関連の課外活動に参加している学生に声掛けをし、作業に遅れが出ている学生の支援に回るよう依頼し、学生間の協力で完成するよう促した（これは 3.1 節に掲げた到達目標④の「チームの一員として（略）」にあたる）。授業の最終週はスライド発表を行うが、評価を学生間の相互評価としたこともあり、各学生は互いのロボットの見どころを積極的にアピールしていた（図 11）。毎年、個性的で独創的なプレゼンテーションが増える印象を持った。

以上のとおり、本科目では設計・製作から報告書作成に至る作業には多くの知識とノウハウが必要となるが、基礎となるスキルのほとんどは過年度までに習得したものであるため、授業運営は 1 名の教員で実施可能であった。

3.4 授業評価アンケートによる授業評価とレポートに記載された感想から伺える本授業の特徴

授業参加者数の推移と評価アンケートの結果を表 4 および表 5 に示す。また、授業への関心と評価に相当する設問 10 および 14 の経年変化を図 12 に示す。過去 6 年間にわたるアンケートスコアを見ると、各設問への回答は授業時間外の取り組み時間の項目を除き、4 以上と高く、平均値はおよそ 4.5 であり、授業への満足度や理解度は高いといえる。図 12 に示す設問 10 および 14 のスコアの経年変動を見ると一定の傾向はみられない。



(a) CAD 図と完成品の説明を行うスライド



(b) 注目点を紹介するスライド

図 11 最終報告会におけるスライド説明の例

表 4 過去 6 年間に履修した学生の構成

開講年度	2019	2020	2021	2022	2023	2024	平均
受講者数	18名	23名	21名	19名	22名	15名	19.7名
女子学生割合	6%	13%	14%	16%	5%	24%	13.0%
留学生割合	0%	0%	0%	11%	9%	7%	4.5%

表 5 過去 6 年間の授業評価アンケートスコア

年 度	2019	2020	2021	2022	2023	2024	平均
回答者数	18	23	21	19	22	15	19.7
設 問	女子学生割合						
	6%	13%	14%	16%	5%	24%	13%
1	4.3	4.8	4.7	4.3	4.7	4.4	4.5
2	4.3	4.8	4.6	4.1	4.6	4.4	4.5
3	4.1	4.8	4.6	4.3	4.7	4.4	4.5
4	4.3	4.7	4.4	4.4	4.7	4.3	4.5
5	4.5	4.7	4.7	4.6	4.6	4.3	4.6
6	4.4	4.6	4.6	4.5	4.6	4.3	4.5
7	4.4	4.8	4.6	4.6	4.7	4.4	4.6
8	4.4	4.8	4.5	4.6	4.7	4.5	4.6
9	4.0	4.6	4.3	4.4	4.4	4.1	4.3
10	4.3	4.7	4.6	4.4	4.6	4.5	4.5
11	3.9	4.5	4.4	3.9	4.4	4.1	4.2
12	4.3	4.7	4.5	4.4	4.6	4.3	4.5
13	2.6	2.9	3.2	2.6	3.2	3.3	3.0
14	4.0	4.6	4.4	4.0	4.6	4.0	4.3

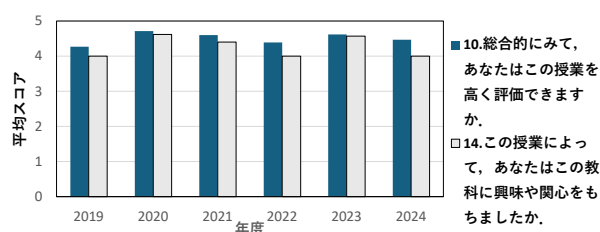


図 12 授業に対する評価と興味や関心に関するスコア

レポートに記された学生の感想には以下の記述が複数見られた。

- ・ 開始当初は紙で自律ロボットを作ることには無理だと思っていたが、完成することができた。
- ・ システムを構想から製作までの一連を開発した経験がなかったため、貴重な体験となった。
- ・ 他の学生の独創性やアイデアに驚いた。
- ・ 想定通りに作業が進まず、特に不具合の修正が大変だった。
- ・ プログラミングが重要であることがわかった。

以上のアンケート評価や学生の感想から、本授業は紙という制約の中で自律ロボットを設計・製作するという挑戦的課題を通じ、達成感と専門能力の向上に寄与していると判断することができる。他者の作品から刺激を受けるなど、教員が一方的に教えるのではなく、学習者同士が対話を通じて知識やスキルを深めるピアラーニングの促進も観察された。一方で、設計経験の少ない学生にとっては試作・改良の過程が大きな負荷となる場面もあり、序盤での段階的課題や早期試作の促進が有効と考えられる。

4. 結 言

本報告では、学生が個別に自律動作するエアホッケーロボットを製作する「ロボット創造演習」の取り組みについて説明した。通常、ロボット製作は多くの時間とコストを要するが、本授業では加工しやすく安価な紙素材を用い、前年度までに修得した座学や実習の知識を活かすことで、一人の教員による半期科目として実施可能であった。2019年度の開講以来、受講者は毎年特色あるロボットを製作し、H形断面構造やラーメン構造、紙製ばねの利用など、授業で得た知識を応用した多様な工夫が見られた。難易度の高い課題に対して学生同士が教え合う場面も多く、協調性やコミュニケーション力の向上に加え、主体性や意欲の向上にもつながった。授業評価アンケートでは満足度が概ね高く、レポートからも「紙での製作は不可能だと思っていたが完成できた」「構想から製作まで通した経験が貴重だった」といった達成感を示す感想が得られた。今後は、序盤での段階的課題や早期試作を進めるほか、AI機能を搭載した画像認識対応マイコンの導入による高度情報技術の活用を試みたい。

謝 辞

本研究は公益財団法人NSKメカトロニクス技術高度化財団の助成（2016年度）を受けて実施した。

参 考 文 献

- 1) 内閣府：第6期科学技術・イノベーション基本計画<<https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index.html>>（参照日2023年2月28日）
- 2) 堤博貴，福田勝己：学習意欲向上のための創造的ロボット教育の試み，工学教育，2010，58（2010）27-32.
- 3) F. Ouyang and W. Xu: The effects of educational robotics in STEM education: a multilevel meta-analysis. IJ STEM Ed 11, 7 (2024). <https://doi.org/10.1186/s40594-024-00469-4>（参照2025-08-13）
- 4) N.A. Selcuk, S. Kucuk and B. Sisman: Does really educational robotics improve secondary school students' course motivation, achievement and attitude?. Educ Inf Technol 29, 23753–23780 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12773-1>（参照2025-08-13）
- 5) Rus, Daniela & Tolley, Michael. (2018). Design, fabrication and control of origami robots. Nature Reviews Materials. 3, 1. 10.1038/s41578-018-0009-8.
- 6) 細谷和範，山田貴史，野中摂護，西川弘太郎：紙素材を用いて自律型ホッケーロボットを製作する課題解決型授業の展開，ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集，ID1P1-C03（2023）1P1-C03（ISSN 2424-3124）.
- 7) 津山工業高等専門学校シラバス：https://syllabus.kosen-k.go.jp/Pages/PublicDepartments?school_id=32（参照2025-08-13）
- 8) A. Namiki and S. Matsushita: Hierarchical processing architecture for an air-hockey robot system, IEEE Int. Conf. Robotics and Automation (2013) 1187-1192.
- 9) K. Igeta and A. Namiki: Algorithm for Optimizing Attack Motions for Air-Hockey Robot by Two-step Look Ahead Prediction, IEEE/SICE International Symposium on System Integration (2016) 465 - 470.
- 10) M. Shinjo, C. C. Beltran-Hernandez, M. Hamaya, and K. Tanaka: Low-Cost Air Hockey Robot Using a Five-Bar Linkage Mechanism Driven by Position-Control Servomotors, Proc. the 2024 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), DOI:10.1109/IROS58592.2024.10801458.
- 11) 福岡工業大学短期大学部「エアホッケーロボット（i-STEM連携）プロジェクト」：<https://www.fit.ac.jp/jc/news/archives/4538>（参照2025-08-13）

自然や生体のシステムに着想を得た複雑な流れの可視化と工学応用

細谷 和範*

Visualization of Nature-Inspired Complex Flows for Engineering Applications

HOSOTANI Kazunori

This study investigates the visualization of complex flows observed in natural and biological systems, with the dual goals of elucidating their underlying mechanisms and translating these insights into engineering applications. Case studies include: a fish-inspired actuator array, where wake interactions inform the design of a directional airflow fan; a jellyfish-inspired robot that exploits vortex rings and induced flows for underwater debris collection; the hydrodynamic behavior of azalea and rhododendron flowers during free fall, applied to the development of robust fluidic markers; and a pulsatile cerebrospinal fluid (CSF) phantom, visualized by MRI to clarify mixing mechanisms and support diagnostic modeling. Collectively, these examples highlight how flow visualization facilitates intuitive understanding, unveils fundamental fluid-dynamic structures, and bridges disciplines to advance innovative engineering solutions.

1. 緒 言

流体現象は自然界の至るところに存在する。屋内や屋外に目を向けると、送風機からの風の流れや河川を流れる水流の他、体内を拍動しながら循環する血流など、微小スケールの生命現象から地球規模の循環まであらゆる場面に流れは存在する。流れを生む液体や気体は、「流体」と呼ばれ、静止状態においてせん断応力が発生せず、外力を加えると容易に流れる連続体として力学的に定義される。この流体の流れを扱う水理学や流体力学は、古くからある学問分野で、古代における経験則に基づく理解から発展を続けている。現代では、これまでに多くの研究者が見出した法則¹⁾と高度な測定技術や数値解析の発展によって、より複雑な乱流現象や混相流等の理解が進んでいる。それとともに、目に見える形で把握できる可視化技術も発展を続けている。近年ではコンピューターグラフィックス (CG) を活用したリアルな流れの表現手法や人工知能 (AI) を援用した流動現象の推論も精力的に研究が進められている。このようなデジタル技術を駆使して複雑な流動現象の理解や洞察が進んでいる。また CG 作品の中には紙のキャラクター群が空中を華麗に舞う「ORIGAMI」(作者: Kanamori Kei 氏²⁾) など優れた表現力で見る者を圧倒するものもある。他方で歴史上の偉人たちの作品の中にも流れに対する優れた観察力や洞察力を垣間見ることができる。万能の天才

と言われるレオナルド・ダ・ヴィンチ (1452–1519) は水や空気の流れを詳細にスケッチし、複雑な流動現象の特徴を記載している³⁾ (図 1)。また、浮世絵で有名な葛飾北斎 (1760–1849) の「富嶽三十六景、神奈川冲浪裏」が描く大波⁴⁾は世界中で知られている。同図に描かれる波高や碎波の描写には物理的な裏付けはないと思われるが、見る者を惹きつけるのは、観察と表現力によってもたらされる魅力によるものだろう。さらにユニークな視点と物理学的手法で身近な自然現象の理解を試みた寺田寅彦 (1878–1935) は、椿の花が常に上を向いた状態で落花する挙動を観察し、空力による落下姿勢であることをモデル実験によって明らかにし、科学論文のほか



図 1 レオナルド・ダ・ヴィンチが描いた水流の様子³⁾
(流線のような軌跡により渦の形成が表現されている)

原稿受付 令和 7 年 8 月 20 日

*総合理工学科 機械システム系

文学作品にもこのユニークな落花現象の観察を織り込んでいる⁹⁾。物理学者で随筆家でもある寺田博士の視点は、分野横断的であり、現在における文理融合研究にあたる。優れた観察力と洞察力を持った偉人たちが残した作品は今なお魅力的であり、さまざまなレビュー記事のほか、解析研究の対象となっている⁹⁾。流れの可視化は複雑で理解しにくい流動現象を図画や言語化により理解しやすく、情報を伝達することを目的としている。さらに、隠れていた現象の発見の喜びやそこに宿る美しさを共有する一種の宝探しのような楽しみがあり、得られた発見が他分野に応用される発展性もある。筆者も生物が進化の過程で獲得した機能が、新たな工業製品の設計に示唆を与えることがあると考え、水生生物や植物の流動現象をヒントに新規の工学応用を試みてきた。本報告では、筆者らがこれまで取り組んできた、生物の機能に着想を得て開発した装置とその流れの可視化事例を紹介するとともに、観察者に強い印象を与える可視化が、科学研究において最も重要とされる客観性に及ぼす影響について考察する。本稿では、2.1 節で魚群推進器と圧電ファン、2.2 節でクラゲ型ロボット、2.3 節および2.4 節で花や生体内流れの可視化事例を紹介し、工学応用の観点から議論する。

2. 流れの可視化の効果と事例

複雑な流れの可視化は、現象の理解を深め、他者との情報共有を容易にするだけに止まらず、応用へのアイデア創出にもつながるきっかけにもなる。たとえば、魚やクラゲなどの水生生物は運動によって水を押し出して推力を発生するが、同時に放出渦や圧力場によって誘起流も生じる。こうした流れ特性は、水流ポンプのような機能や、流体を混合・攪拌するためのせん断流や旋回乱流を提供する。ただし生物が持つ複雑な動きや機能の一部を模倣して設計したポンプは、既往の軸流ポンプや遠心ポンプなどに比べてエネルギー効率が劣ることもある。しかしながら、目的に合致した生物の機能を利用することで、既往のポンプでは適用できない流体輸送を可能にする。たとえば、空気圧式の人工筋肉を用いて腸の蠕動運動を応用したポンプ機構⁷⁾は、異物や気体等が混入した混相流の輸送が可能であり、高粘度の流体の搬送にも対応できることが示唆されている。また、生命維持に極めて重要な心臓ポンプでは溶血や血栓の発生を抑える設計がなされているが、血球を破壊しにくい優れた特性を持つ心臓の機能から学ぶことが重要である必要性が示唆されている⁸⁾。筆者らも、クラゲの傘の開閉運動による吸引と吐出した流れを応用したバルブレスポンプ¹⁰⁾を提案している。本稿では以上の例のように、身近な動植物の動きをきっかけとして、層流から乱流にわたる遷移領域を含む低速域の流動を対象とし、流れ

の可視化から着想を得て工業製品への応用を試みた例について述べることにする。

流れの可視化手法には様々なものがあるが、筆者の所属する研究室では主に、水槽内に蛍光剤を滴下して拡散挙動を観察する方法や、パウダー状の粒子をレーザーシート光源で照射し、トレーサーの動きを観察する方法をよく用いている。また、流速ベクトル場のような定量的データの取得には熱線式流速計のほか、連続撮影された画像から流速ベクトル場を求める粒子画像流速測定法 (PIV: Particle Image Velocimetry, 図 2) も活用している。

2. 1 魚群推進器のヒレ配置による後流場の可視化と風向制御が可能な圧電ファンの開発

複数配置された魚型のヒレ推進器による推進効率向上の研究を通じて、可視化されたヒレ後流の流れ場の特徴を応用し、送風機開発に発展した事例を述べる。これまでの研究によって、図 3 のような複数の魚体モデルのヒレが同期して駆動される場合、千鳥状に配置すると単体の魚体モデルに比べて抗力を何割か低減できることが知られている^{10,11)}。筆者らは図 4(a)に示す長さ 30 cm の魚型推進器を千鳥状に配置した際の推進効率を水理実験により評価した¹²⁾。この結果、千鳥配置のケースでは並列配置よりも推力効率がおおよそ 20% 向上することを確認した。さらに筆者らは後流場にも注目した。PIV 法によって計測された後流の平均流速分布 (図 4(b))を見ると、同じ千鳥配置でも中央の魚体を前方に突出させる条件 (図中 F1R2 配置と記載) では噴流状の流れが卓越し、逆に後方に突出させる条件 (F2R1 配置) では帯状の流れが二方向に分岐することを発

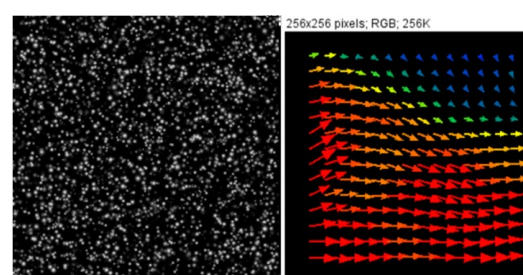


図 2 連続画像から流速ベクトル場を算出する PIV 法

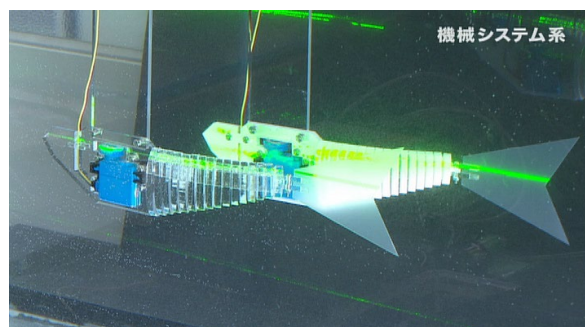


図 3 複数の魚ロボットによる配置と推力の計測シーン

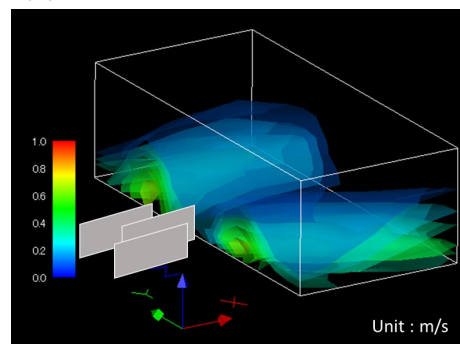
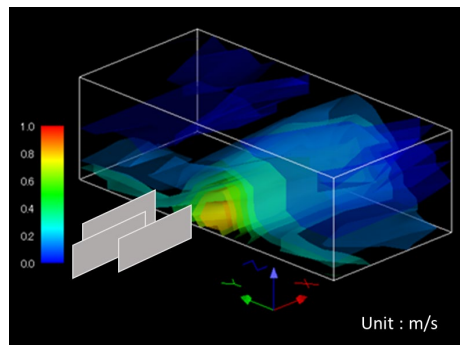
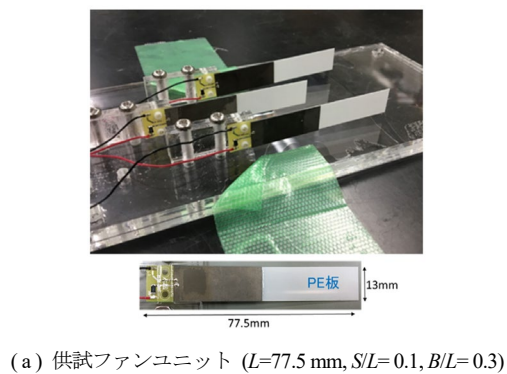
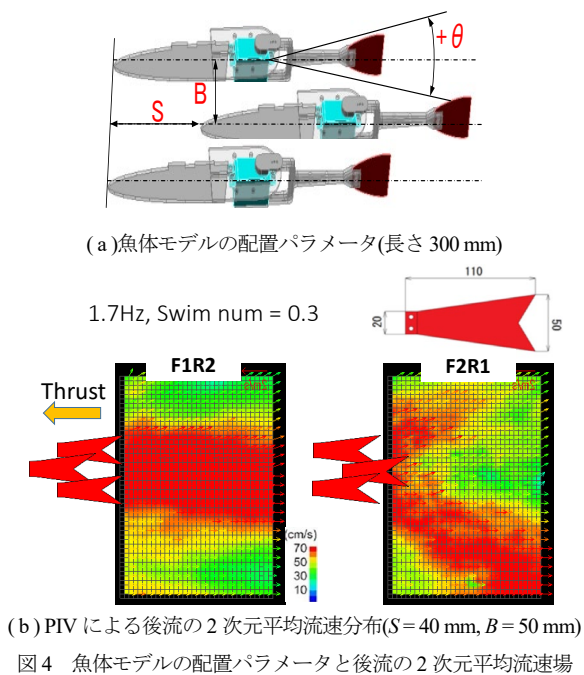


図 5 PZT ファン後流における平均流速分布の等値面図

見した。このユニークな現象の応用として、筆者らは流向制御が可能な送風ファンを考案した。評価のための実験として、図 5(a)に示す長さ 77.5 mm の圧電ファン (PZT: Piezoelectric Transducer) ファンを千鳥状に配置し、その下流の平均風速分布を熱線風速計により測定した¹³⁾。配置パターンは魚型推進器と同様に、前方 1 枚・後方 2 枚の F1R2 配置、前方 2 枚・後方 1 枚の F2R1 配置、並列配置の三条件とし、平均風速分布を可視化した。図 5(b)および(c)は各配置条件での平均風速分布の等値面図を示す。図より、両配置とも床面に沿って移流する筒状の噴流と二方向に 80° 程の開き角で分岐した流れを確認することができる。このファンユニットが発生する風速はおよそ 1 m/s (ファン長さを基準とするレイノルズ数 (Re) はおよそ 5000) で、下流断面を通過する流量はおよそ $1000 \text{ cm}^3/\text{s}$ である。本事例では、ファンの千鳥配置により、風向を制御することができ、流量が並列配置よりも 10% 向上することが確認された。現在、このユニークな流れを電子機器の基板冷却に応用するため実験を進めている。

2.2 クラゲ型ロボットによる渦輪や誘起流を伴う流れを利用した水中ごみ捕集装置の開発

湖沼や沿岸域を漂流するマイクロプラスチックや懸濁性のごみ回収を目的に、本研究ではクラゲの運動に着想を得た水中ごみ回収ロボットの開発を行った。水中でゴミを吸引するには、インペラを有するポンプがよく用いられるが、ゴミによる閉塞やメンテナンス性の課題がある。これに対して、クラゲは図 6 に示すように、単純な傘の駆動によって周囲の水塊を吸引し、下方に噴流状の流れを吐出する。この水塊輸送はシンプルな一種のバルブレスポンプとみなすことができる。また図の根口クラゲ (*Rhizostomeae* 目) などの種は、傘下部に触手のような口腕を有し、プランクトンなどを捕え傘内部の口に輸送して採餌する。筆者らはこの機構をごみ捕集に応用し、二次元性の強い流れを発生する幅 15 cm のグリッパー型電動水中ロボット(図 7)と、直径が約 20 cm の空圧駆動型のクラゲ型ロボット(図 8)を開発した⁹⁾。これらのロボットはおよそ 3 秒周期で傘が開閉される。図 7(a)の二次元流モデルにおける傘の開閉運動により周囲の水を取り込む流れを可視化した結果を図 7(b)に示す。開傘時(図中"Opening")では傘内で双子状の渦を形成するとともに傘下部への流れが誘起されている。また閉傘時(図中"Closing")は下部に吐出される流れとともに、周囲の水塊が口腕を模した整流板の間に取り込まれるように流れが誘起していることがわかる。この研究では、吐出した流れを逆流させないよう口腕を模した整流板の設置条件を検討した。整流板の取

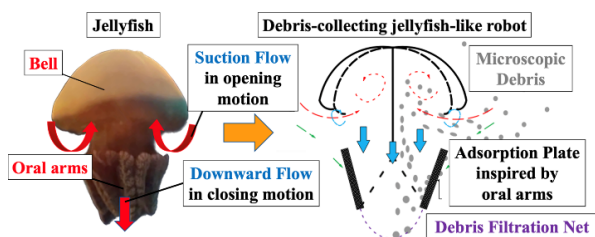
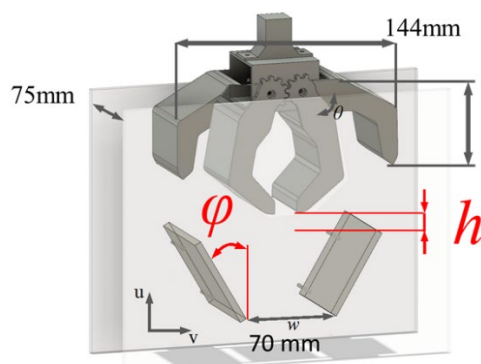
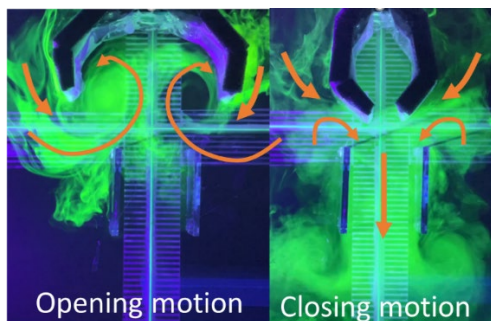


図6 クラゲをヒントにした水中ごみを捕集するメカニズム



(a) グリッパー型ロボットの構造



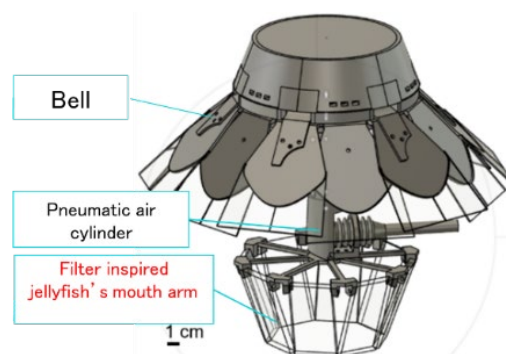
(b) 染料を使った流れの可視化

図7 二次元性の強い流れを発生するグリッパー型ロボット

付角度を 0° と 20° とするとともに、傘先端部の素材に剛体と弾性体とを用い、流れ構造や吐出流量に与える影響を2次元 PIV 計測により測定した。この結果、素材や整流板の設置角度によって渦形態や逆流の抑制能力、整流板まわりのよどみ領域の大きさや位置が大きく変化した。各条件を比較した結果、傘先端を弾性素材にし、整流板の設置角を 20° にすると上流側への逆流を抑制する流体ダイオードとして機能し、吐出流量が条件中最も大きくなった。ただし、整流板によどみ領域が発達するため、整流板上に付着したごみを吸着させる場合は、設置角を調整する必要がある。以上の成果に基づき、現在、図 8(b)に示す遊泳しながら水中ごみを捕集するクラゲ型ロボットを開発中である。このロボットは口腕を模した整流板下端に捕集ネットを設置して、サイズの大きなごみの回収も行うことができる。

2. 3 落花後のツツジ・サツキの挙動と飛ばされにくいマーカの開発

植物は花粉や種子の運搬に風や水流を利用する



(a) ロボットの構造



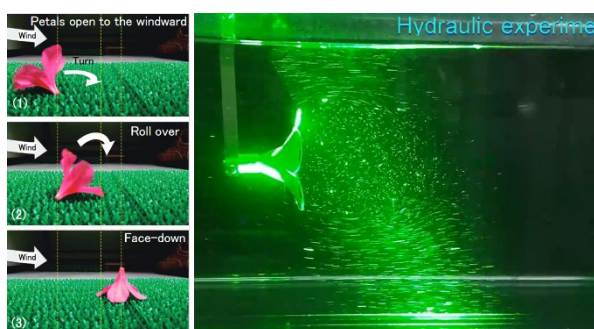
(b) 染料を使った流れの可視化

図8 空圧駆動のクラゲ型水中ごみ捕集ロボット

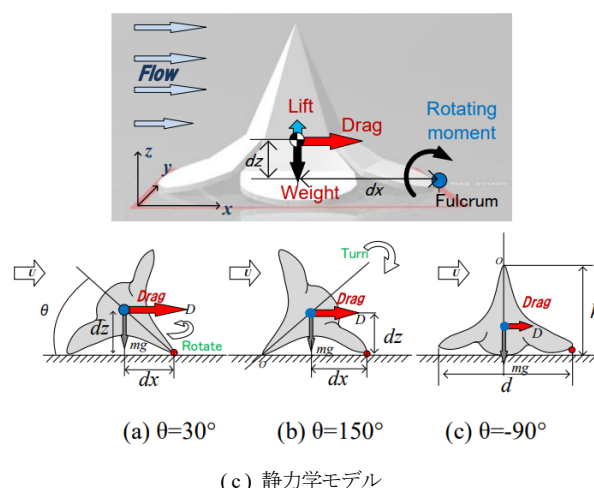
ことが知られているが、落花後の花冠の流体的な挙動に着目した研究は非常に少ない。この研究では、図 9(a)に示す花冠直径が $5 \sim 10 \text{ cm}$ で 0.4 g 程度のツツジやサツキが落下後、図 9(b)に示すように、風速 3 m/s 以上の風を受けると裏返しの姿勢となり、その場に留まる現象に注目し、流れの可視化による観察と水理模型による流体力の計測および図 9(c)のモデル図に示す静力学的な視点での評価を行った¹⁴⁾。この結果、花の姿勢に対する揚力係数および抗力係数が、裏返しに転倒する際の重要なパラメータであることが明らかとなった。さらに裏返しになる条件として、花冠が五枚の合弁花であることも重要であることや、花冠直径と高さの比が約 $8:5$ であること、重心が高さの約 $1/3$ の位置にあることなどがわかった。現在、このユニークな現象の工学利用を検討しており、防災・減災用の軽量 IoT センサや発光マーカーの試作を進めている¹⁵⁾（試作例を図 10(a)に示す）。花型の IoT センサは状況に応じて花弁部を閉じることができる構造とし、3D プリンターで製作したモデルの流体力学的特性を水理実験により評価した結果、抗力・揚力および回転モーメントはツツジ型モデルと類似していることがわかった。現在、老朽化する水路や暗渠の壁面変状を検出するロボットに花型マーカーを搭載し、壁面の凹凸が大きい箇所にマーカーを落下させる実験を行っている（図 10(b)）。課題として花型モデルに発光体やセンサを搭載することによる重量増加があり、例え



(a) 落花後に花冠が伏せていたサツキ (*Rhododendron indicum*)



(b) 風による挙動の観察と水理実験による流れの可視化



(c) 静力学モデル

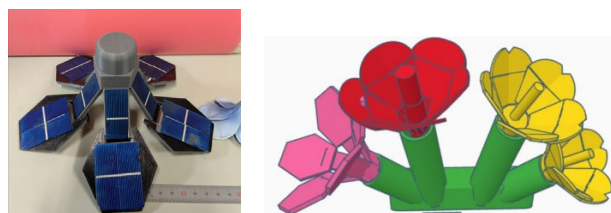
図9 ツツジやサツキ合弁花冠が落花後に示す流体挙動

ば直径 80 mm で質量 10 g のモデルでは、空気中で転回するには風速が約 6.5 m/s 必要となる。現在、軽量化対策の他、新たに椿の花をモデルとした研究を進めている。藪椿は寺田虎彦博士⁵⁾が示したように、10 g 程の花冠が落下時に受ける空力により、花冠を上に向けて落花するが、この仕組みを利用したセンサ開発を進めている。

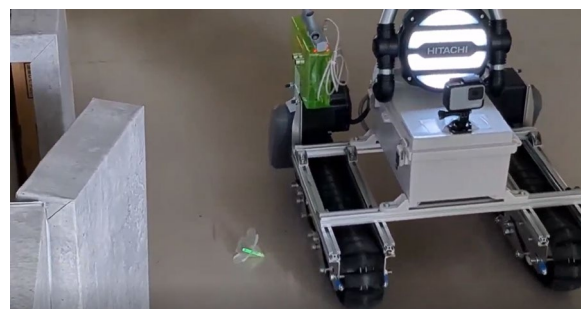
以上のとおり、落花に伴う流体力学的挙動はユニークなものがあり、自然現象の観察と工学的応用を結びつけるアプローチにおいて、筆者は自然の不思議さや美しさも重要な要素となると考える。

2.4 拍動する脳脊髄液ファントムによる流れの可視化と流体混合装置の開発

図 11(a)は脳と脊髄を取り巻くヒトの体の断面イメージである。本研究では、現在において不明な点



(a) IoT センサや落花型マーカの構想図 (必要に応じて落花)

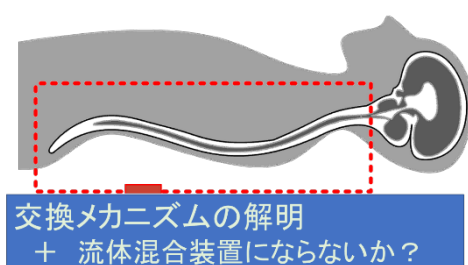


(b) 壁面変状検出口ボットに搭載された落花型マーカー

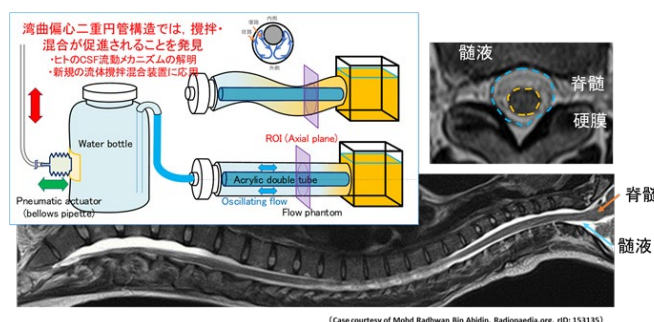
図10 ツツジやサツキの落花後の流体挙動を応用した研究例

が多い拍動するヒトの脳脊髄液 (CSF: Cerebrospinal Fluid) の流動メカニズムと新旧の CSF の交換過程を S 字状に湾曲する偏心二重円管モデルにより物理的な視点から調査するもので、流れの可視化が現象把握に大きく寄与している。無色透明で水様のヒトの CSF は、脳室で 1 日あたり 500 ml 産生され、主に頭蓋内のくも膜顆粒から静脈系へ吸収されるとされる¹⁶⁾。CSF は心拍や呼吸による圧力変動により脊柱管内を数 cm の振幅で往復流動するが、頭蓋内で産生された CSF がどのように脊柱管の末端までいきなり交換されるのかは未だ十分に解明されていない¹⁷⁾。筆者らは図 11(b)に示すような長さ 50 cm の二重円管構造の弾性管による流動ファントムに 1 秒周期の拍動を与え、染料や核磁気共鳴画像診断装置 (MRI) による可視化を行った¹⁸⁾⁻²⁰⁾。この結果、湾曲部において二次流れが発生し、流体の乱流混合を示唆する様子が観察された。図 11(c)は、湾曲部での流れをより観察しやすいように透明のアクリル管 (長さ 250 mm, 内径 26 mm) を S 字状に加工し、内管に PVC 管 (直径 19.5 mm) を挿入した流路モデルである。可視化実験では、作動流体を水道水とし、内管の配置は同心および偏心二重円管構造とした。流路右側は紫外線で励起発光するフルオレセイン溶液の液溜りがあり、管の左側には 1 秒周期の往復流 (二重円管内の最大流速: 150 mm/s) を与える空圧ペローズアクチュエーターが接続される。以下に S 字管の軸管距離を 60 mm に設定した流路での結果を述べる。図 11(c)の各図は実験開始から 60 秒後経過後における染料の広がりを示す。内管のない単管では、往復流の流速が小さく、染料の混合はわずかであるが、二重円管構造では染料が上流側に拡散

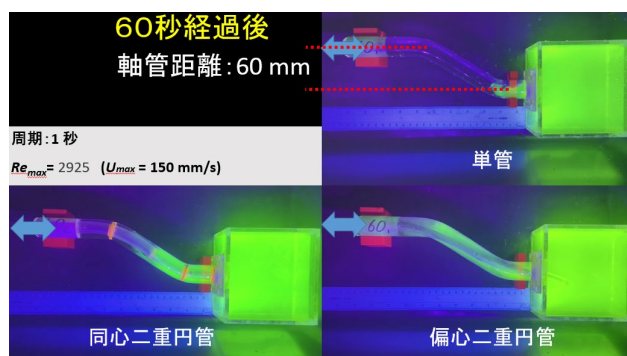
している様子がわかる。特にヒトの脊髓構造と同じ偏心二重円管では、染料が上流側の入り口にまで達しており、染料の動きをよく観察すると、湾曲する管内で内管を回り込むように流れる二次流れが発達し、同心構造よりも染料の混合が促進される様子が確認された。この実験は、ヒトの CSF 流動をヒントとした、インペラやプロペラなどの回転攪拌機構を持たない新規の流体混合装置として工学応用が期待でき、現在数値シミュレーションや PIV 計測、MRI 撮像を通じて流れのメカニズムをより詳しく調査している。併せて、脊髓疾患をモデル化した流路の MRI 撮像により、患部にかかる流動圧の推算や医師の診断を支援する資料としての活用を目指している。この例でも複雑に思われる流れを可視化することにより現象の理解を深め、臨床研究や工学応用につながっている。



(a) CSF 流動の課題と工学応用



(b) ヒトの脊髓構造をヒントにして設計した流動ファントム



(c) S 字状の円管内の水塊に拍動を与えた際の染料の混合状況
(レイノルズ数: 2900, Womersley 数: 24.4)

図 11 CSF 流動ファントムと流れの可視化

3. 考察

これまでに示した例から、可視化技術は流体の見えない動きを定量的かつ直感的に描写し、複雑な流体挙動を誰もが理解しやすい形で提示することで、研究者や技術者が現象の本質を捉える手がかりとなる。さらに、その視覚的なインパクトは分野の異なる人々との共感や価値の共有を可能にし、科学的理解に加えて強い印象や感動をもたらす可能性がある。ただし、美しさや感動に基づく感覚的評価は、エビデンスに基づく科学的な論理的評価とは対極に位置する。これらを混同したり、感覚的評価を優先して解釈を行うと、事実をねじ曲げる似非科学に陥る危険性があるため、注意が必要である。

また可視化により見えた流れは必ずしも現象の主要な構造とは限らない点にも注意が必要である。たとえば、図 5 に示した PZT ファン後流の可視化画像は時間平均化された流速分布を示しており、ファンの振動に伴う強い乱れや干渉の詳細は把握できない。現象の理解にあたっては、可視化条件や手法の限界を十分に認識する必要がある。特に、視覚的演出や感覚的な要素が含まれる場合には、流動現象の支配方程式や解析に基づく直観的理解を満たさない解釈は、誤解を招く危険性があるだろう。

4. 結 言

流れの可視化の魅力は、見えない価値あるものを探し出す宝探しのように、複雑な流れの中に秩序やパターンを見出すことで、別の現象や用途との関連を連想するきっかけとなる。本稿では、装置開発の着想につながった具体例を紹介した。興味を引く可視化画像は、現象の理解を促進するとともに、新たな応用や発展の可能性を想起させる力を持つ。一方で可視化はあくまで理解を補助する手段であり、理解の根拠そのものではないことを十分に認識する必要もある。

COI について

本報告事例において開示すべき COI はない。またヒトを対象とする CSF 流動ファントム開発については、本学研究倫理委員会の承認を受け実施した。

謝 辞

本報告で紹介した研究に対して、協働による研究を推進した広島大学の尾形陽一教授、大阪工業大学の谷口浩成教授、岡山医療センターの竹内一裕医師ほか、関係する全ての皆様に感謝申し上げます。また、卒業研究を通じて精力的に研究を進

めた細谷研究室の学生諸君の努力に敬意を表します。なお、本研究の遂行に際し、学術振興財団科研費（20K12636）、NSK メカトロニクス技術高度化財団、岡山工学振興会、中国電力技術研究財団、ウエスコ学術振興財団ほか、支援くださった皆様に対してここに謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 日野幹雄: 水理学・流体力学を創った人々, 水工学に関する夏期研修会講義集, 19 (1983), A.6.1-A.6.17.
- 2) Meet the 2024 Student Academy Awards Finalists (2024): <https://www.oscars.org/news/meet-2024-student-academy-awards-finalists> (参照 2025-08-26).
- 3) Wikipedia: Science and Inventions of Leonardo da Vinci, https://en.wikipedia.org/wiki/Science_and_inventions_of_Leonardo_da_Vinci (参照 2025-08-26)
- 4) Wikipedia: The Great Wave off Kanagawa, https://en.wikipedia.org/wiki/The_Great_Wave_off_Kanagawa (参照 2025-08-26)
- 5) 寺田寅彦: 寺田寅彦随筆集, 岩波文庫 (1910), https://www.aozora.gr.jp/cards/000042/files/2490_11025.html (参照 2025-08-26).
- 6) Okumura, O.: Structural Analysis of Hokusai's "The Great Wave off Kanagawa" Using the C4 model and PlantUML. 10.13140/RG.2.2.11363.87845 (2025).
- 7) Watanabe, N. et al.: Deformability of Red Blood Cells and Its Relation to Blood Trauma in Rotary Blood Pumps, *Artif. Organs*, 31, 5(2007), 352-8.
- 8) Suzuki, K. and Nakamura, T.: Development of Aperiodic Pump Based on Bowel Peristalsis Using for Artificial Rubber Muscle, *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, WeCT3.4* (2010), 3085-3090.
- 9) Manakijisirisuthi, P. et al.: An Experimental Study of the Flow Structure Around the Oral Arms of a Jellyfish-inspired Pump Mechanism, *Artificial Life and Robotics*, 30 (2025), 107-117.
- 10) Kelly, J., Pan, Y., Menzer, A. and Dong, H.: Hydrodynamics of Body-body Interactions in Dense Synchronous Elongated Fish Schools, *Physics of Fluids*, 35 (2023), 031904.
- 11) Yoshida, K. et al.: Numerical Study of the Correlation Between Fish School Arrangement and Propulsive Performance, *Artificial Life and Robotics*, 28 (2023), 21-30.
- 12) Hosotani, K. et al.: Contracting Flow Pattern Induced by the Staggered Arrangement of Oscillating Fish-like Fin Propulsors – Time-averaged Flow Structure Obtained by 2D PIV Measurement, *Proc. of IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics* (2016), 904-909.
- 13) Mizumoto, N. et al.: Three-dimensional flow structures of fish-school-inspired piezoelectric fans in a rectangular housing, *Proc. of the 30th AROB Conference* (2025).
- 14) Hosotani, K.: Hydrodynamic Characteristics of Azalea Flowers After Falling on the Ground, *Journal of Advanced Experimental Mechanics*, 7 (2023), 27-33.
- 15) 細谷和範: 風に飛ばされにくい落下後のツツジを模した花型ロボットの検討, 計測自動制御学会第 25 回システムインテグレーション部門講演会(SI) (2024), 3902-3905.
- 16) Cerebrospinal Flow Dynamics Flow and Transport in the Central Nervous System, <https://asanchez.ucsd.edu/research/cerebrospinal-flow-dynamics/> (参照: 2025-8-31)
- 17) Kulaczewski, S. D. et al.: Gärtner, J. Frahm, Identification of the Upward Movement of Human CSF In Vivo and its Relation to the Brain Venous System, *J. Neurosci*, 37, 9 (2017), 2395-2402.
- 18) 細谷和範ほか: 心拍と呼吸によって駆動される脳脊髄液の動きを想定した MRI 用流動ファントムの試作, 機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2A2- G05, 2022.
- 19) Yamamoto, R. et al.: Fluid Phantom with Curved Double Circular Tube Structure Modeled After the Spinal Cord, *International Workshop on Advanced Experimental Mechanics for Students and Young Researchers (IWAEM(2024))*, PS006 (A006).
- 20) 細谷和範ほか: 拍動する脳脊髄液の流れに着想を得た偏心湾曲二重円管における流体混合特性の可視化, 第 24 回日本生活支援工学会大会 (LIFE2025), 177-180.

1970 年前後における千葉県高等学校教育研究会保健体育部会の 保健科教育の取り組みに関する事例的研究 - 『保健と体育』(1967-1973) を手がかりとして -

近藤 雄大*

A Case Study of School Health Education Efforts in the Health and Physical Education Subcommittee of the Chiba Prefecture High School Education Research Association around the 1970s -Focusing on “*Hoken to taiiku*” (1967-1973)-

KONDO Yuta

The purpose of this study was to elucidate some aspects of school health education efforts of the Health and Physical Education Subcommittee of the Chiba Prefecture High School Education Research Association around 1970 as a case study. The results of this study show that the school health education efforts of the Health and Physical Education Subcommittee of the Chiba Prefecture High School Education Research Association around 1970 have attempted to enhance health education from multiple aspects: renewing educational content in response to social issues, building a training system that is in tune with on-site issues, and improving the quality of education through independent studies. These efforts can be seen as a model case of regional educational practice in school health education, aiming at a shift from “health as a subject” to “health education that is connected to students' lives and society.”

Key Words: Health Guidance, Health Learning, School Health Education, Health and Physical Education

1. はじめに

本稿は、千葉県高等学校教育研究会保健体育部会
注 1) (以下、千葉高校保体部会と略す) が発刊した
『保健と体育』(1967-1973) を手がかりとして、1970
年前後における千葉高校保体部会の保健科教育注 2)
の取り組みを事例的に明らかにすることを目的と
する。

保健科教育を対象とした代表的な歴史研究とし
て、七木田の研究¹⁾がある注 3)。七木田は、教科と
しての保健(衛生)を中心的対象に置きつつ、制度
や政策といった社会システム(予測可能性の中を生
きる空間)の成立を描いている²⁾。しかしながら、
当該システム(制度・政策)は、稼働すべきメカニ
ズム(実践)と相即するものである³⁾。すなわち、

戦後において、学校現場ではどのような保健科教育
が展開されてきたのかを一方で解明しなければなら
ない⁴⁾。

この課題に対してアプローチした研究としては、
有間⁵⁾と近藤⁶⁾の研究がある。有間は健康教育の
モデル学校、近藤は実験学校といった学校単位の視
点からアプローチし、戦後における各学校の健康教
育や保健科教育の具体的な様相や実践の変容につ
いて明らかにしている。有間と近藤の研究は、歴史
研究において資料の発掘と整理が重要な研究課題
であることを踏まえると、貴重な研究である。しか
しながら、有間⁷⁾が課題に挙げているように、戦後
日本における保健科の実践の全体像を明らかにす
るために、同時期に各学校を含む地域全体がどの
ような実践を展開し、いかなるプロセスを辿ったの
かを検討していかなければならない。そのため、各学
校の保健科教育の個別事例を蓄積しつつ、各地域の
保健科教育の取り組みの事例を研究資料として整

原稿受付 令和7年8月11日

*総合理工学科 機械システム系

理・提示することは、戦後における保健科教育がどのように展開されてきたのかを今後さらに考究していく上で、重要な研究課題である。

この事端として、本研究では、千葉高校保体部会が1967年から1973年までに発刊した『保健と体育』に掲載された論考を対象として、1970年前後の千葉県という地域における千葉高校保体部会の保健科教育の取り組みの一端を事例的に解明することを主眼とする。具体的には、まず、千葉高校保体部会の発足経緯と活動内容を整理する。次に、『保健と体育』(1967-1973)に掲載された保健科教育に関する論考を整理し、千葉高校保体部会の保健科教育の取り組みを検討する。

岡崎は、「戦後保健科教育小史」と題して通史を編纂した際に、様々な保健科教育の研究的蓄積が不足している中でも、特に保健科教育の実践史が蓄積・整理されていないことを指摘している⁸⁾。本研究の成果は、岡崎の指摘した課題の解決に好個な資料を提示できると考える。一方で、教科教育学としての歴史研究は、資料をもって説明可能な結論の範囲に限定して研究目的を設定せざるを得ない⁹⁾。そのため、資料の限界上、1970年前後の千葉県における千葉高校保体部会の保健科教育の取り組みに着目し、それ以外の年代、団体、地域等の取り組みについて言及できないことが本研究の限界点である。

2. 史料解題

2-1. 千葉高校保体部会の発足経緯

千葉高校保体部会は、1966年4月22日に発足した。当時の千葉県における保健体育科教育を取り巻く環境は、第1にクラブ活動、第2に教科指導であり、クラブ活動については、各種競技会を中心に強化策が打ち出されていたが、教科研究の面では、満足な体制ができてはいない状況であった¹⁰⁾。また、一部の保健学習指導者から保健学習の指導や研究は現状のままでよいのかという批判もあった¹¹⁾。そのため、千葉県高等学校体育連盟研究部によって組織的な体育学習の課題と現状の保健学習の課題について、数回議論がなされた。その結果、既に活動している千葉県高等学校教育研究会に高校の教科のほとんどが加入していることから、千葉県高等学校体育連盟研究部内での教科研究ではなく、千葉県高等学校教育研究会に加入し、新たに千葉高校保体部会を発足させ教科研究を実施することが望ましいという結論に至ったようである。具体的な発足経緯については、1966年2月の千葉県高等学校体育連盟代議員会の際に部会加入について提案し、3月の研究部会での千葉高校保体部会の規約案の作成・審議を経て、4月22日に体育科主任会議の承認を

得て発足した¹²⁾。初年度の千葉高校保体部会は、目標を趣旨の徹底と啓蒙活動の促進、研究体制の具体化、に設定し活動しており、その成果の1つとして『保健と体育』(1967年)が発刊された。会員名簿から確認できる千葉高校保体部会の会員数は、1967年度時点で459名であり¹³⁾、千葉県内において大規模な組織であったことがわかる。

一方で、千葉高校保体部会は、1972年に転機を迎える。1972年の終わりごろに、千葉高校保体部会は、財団法人日本学校体育研究連合会高等学校部会と関東地区高等学校保健体育研究会に所属することになった。所属することになった具体的な経緯については判然としないが、従来の全国高等学校保健体育研究会が、1972年10月12日の第11回全国学校体育研究会(福井市)の際に日本学校体育研究連合会高等学校部会へと名称を変更し、また1972年11月24日(箱根町)において関東地区高等学校保健体育研究会を結成したことで、これらの部会や研究会が各都道府県の部会によって組織されることになった¹⁴⁾。これに伴って、必然的に千葉高校保体部会もこれらの組織に所属することになったと考えられる。

地方から全国への組織的な発展を遂げた千葉高校保体部会は、1966年から1973年までにおいて、千葉県内の高等学校における保健体育に関する研究(体育科教育と保健科教育)の中心的な役割を担っていたといえる¹⁵⁻¹⁶⁾ 注4)。また、その活動と成果を資料として残しているのがこの時期に当会が継続的に発刊した『保健と体育』(1967-1973)であると考えられる。

2-2. 千葉高校保体部会の活動内容

千葉高校保体部会は、千葉県高等学校保健体育学習指導者並びに、会の趣旨に賛同するものから組織されており、千葉県高等学校保健体育指導者の資質の向上および保健体育の振興を図ることを目的として活動していた¹⁷⁾。千葉高校保体部会の事業内容は、保健体育に関する研究および研究発表、講演会・講習会の開催、そして本会の目的を達成するために必要な事項で構成されていた¹⁸⁾。例えば、1966年度の事業内容については、1966年9月27日体育研修会「体力を高める学習指導はどのようにしたらよいか」(東総工業高校)、11月9日研究大会・総会「体力づくりについて」(県庁)、11月30日学校体育研究会「体力づくりについて」(佐原中)、1967年1月13日保健学習指導者講習会「労働と健康安全について」(県庁)、1967年3月機関紙発行であった¹⁹⁾ (鈎括弧内は、研修・講習のテーマ、丸括弧内は、開催会場を確認できたもののみ示している)。

保健科教育に関する事業について、特記すれば、

前述した 1967 年 1 月 13 日保健学習指導者講習会「労働と健康安全について」(県庁)に加えて、1967 年 12 月 15 日保健指導者現職教育²⁰⁾(千葉市内 4 カ所)、1968 年 1 月 23 日学校保健学習指導者講習会²¹⁾「公衆衛生の効果的指導について」(千葉商業高校)、1968 年 12 月 11 日保健指導者現職教育²²⁾(千葉商業高校)、1969 年 2 月 5 日保健学習指導者研修会²³⁾(千葉県立中央図書館)、1969 年 12 月 15 日保健指導者現職教育²⁴⁾「公害研究と見学」(千葉商業高校)、1970 年 1 月 27 日保健学習指導者研修会²⁵⁾「保健の学習指導の実践について」(県庁)、1970 年 12 月 11 日保健教材研究会²⁶⁾「高校生の精神衛生について」「血清研究所の仕事について」「ワクチンの製造と副作用について」(式場病院、千葉県立血清研究所)、1971 年 1 月 20 日保健指導者講習会²⁷⁾「高校学習指導要領改正の要点について」「救急法」(県庁)、1971 年 12 月 10 日保健教材研究会²⁸⁾「解剖」(千葉大学医学部)、1972 年 1 月 25 日保健指導者研修会²⁹⁾「救急法」、1973 年 1 月 30 日保健指導者研修会³⁰⁾(佐倉東高校)、1973 年 3 月 13 日保健教材研修会³¹⁾(千葉大学)、があったことを確認する

ことができる(鉤括弧内は、研修・講習のテーマ、丸括弧内は、開催会場を確認できたもののみ示している)。

このように、保健に関する講演や研修・講習が年 1 回以上の頻度で千葉高校保体部会主催によって開催されていた。これらの保健科教育に関する事業は、千葉高校保体部会発足当時の保健学習の課題への取り組みであったと考えられる。

3. 1970 年前後における千葉高校保体部会の保健科教育の取り組み

3-1. 保健科教育に関する論考の整理

『保健と体育』(1967-1973)に掲載された保健科教育に関する論考をまとめた結果を表 1 に示す。千葉高校保体部会が 1967 年から 1973 年までに発刊した『保健と体育』に掲載された保健科教育に関する論考は、計 27 篇であった(1967 年 4 篇、1968 年 9 篇、1969 年 6 篇、1970 年 4 篇、1971 年 2 篇、1972 年 1 篇、1973 年 1 篇)。これらの論考を基に、千葉高校保体部会の取り組みについて考察する。

表 1 保健科教育に関する論考

タイトル	著者	号	頁	年
高校生の交通安全について	学校保健課	1	6	1967
講演要旨 労働と健康安全の効果的指導	東京教育大学教授 大塚正八郎	1	19-26	1967
保健学習に対する一私見	佐原高校 猪股俊二	1	50-52	1967
労働と健康安全の指導についての一考察	千葉商業高校 浅沼義明	1	56-58	1967
講演要旨 公衆衛生の効果的指導について	東京教育大学教授 大塚正八郎	2	9-17	1968
講演要旨 若年層の性病について	千葉中央保健所長 高塚太吉	2	17-24	1968
千葉県高等学校学校保健指導者現職教育に参加して	茂原農業高校 岩淵和子	2	68-69	1968
川端製鉄千葉製鉄所に於ける衛生管理の機構	川端製鉄千葉製鉄所医務課	2	70-71	1968
保健指導者現職教育について	事務局 篠崎兵衛	2	72	1968
高校生の貧血についての一考察	千葉商業高校 大塚吉男	2	73-75	1968
貧血について(保健委員会だよりから)	千葉女子高等学校保健委員会	2	75-78	1968
農村及び都市就業者に於ける 1 日の生活時間調査報告	八街高校 前田晴康他 4 名	2	78-84	1968
農村経営就業者及び都市就業者に於ける疾病等の調査報告	八街高校 穴戸進	2	85-93	1968
講演要旨 学校における性教育の正しいありかた	東京教育大学教授 大塚正八郎	3	2-13	1969
講演要旨 放射線による癌の治療について	放医研 藪本栄三	3	14-21	1969
保健学習の効果的な指導	佐原高校 猪股俊二	3	22-38	1969
保健学習における性教育の位置づけ(問題提起)	印旛高校 山崎岑生	3	38-44	1969
保健指導者現職教育に参加して	安房高校養護教諭 田村きみ江	3	78-79	1969
保健指導者現職教育について	篠崎兵衛	3	79	1969
講演要旨 公害の現況とその対策について	県公害課長 河野平	4	6-11	1970
講演要旨 千葉県公害研究所業務内容について	県公害研究所長	4	11-18	1970
保健学習指導者研修会に参加して	千葉女子高校 荒川昇	4	33-34	1970
保健学習指導者の姿勢	学校保健課補佐 藤森寿男	4	34-37	1970
講演要旨 高校生の精神衛生	式場病院院長 式場聡	5	11-14	1971
講演要旨 ワクチン製造と副作用について	血清研究所研究室長 松井清治	5	14-17	1971
保健学習の効果的なあり方	佐原高校 猪股俊二	6	30-48	1972
保健指導の一考察	千葉女子高校 穴戸進	7	29-31	1973

3-2. 千葉高校保体部会の取り組み

(1) 定期的な講演や研修・講習の取り組み

まず、前述したように、1972年を除き毎年掲載されている保健科教育に関する講演要旨や研修・講習参加記録にみられる保健科教育の取り組みは注目に値する。例えば、1968年の保健指導者現職教育³²⁾では、全国的に流行し、千葉県内の高校生においても問題になりつつあったシンナー遊びについての指導が実施されたことが把握できる。また、1969年の保健学習指導者研修会³³⁾においては、「保健学習が教科書中心で良いのか」³⁴⁾という現場教員の直接的な課題について議論がなされていたことが確認できる。このような保健科教育に関する講演要旨や研修・講習の参加記録から読み取ることができる具体的な講演、研修・講習の内容は、千葉高校保体部会発足当時の保健学習の課題に対する具体的な取り組みと捉えられる。

また、講演、研修・講習に参加することができなかった千葉高校保体部会の会員に対して、保健科教育に関する情報を共有することで、現場教員に対して保健科教育へ取り組む具体的な姿勢を提示する意図があったと考えられる。一方で、当時の保健体育教員の保健科教育に対する意欲が低いことを踏まえれば、現場教員が保健科教育について普段考えることが少ないため、機関紙を通してその機会を提供していた可能性もあったと考えられる。

一方で、保健科教育に関する講演要旨や研修・講習参加記録から、保健学習の課題に対する具体的な取り組みとして実施されていたものが、しばしば現場教員にとっては混乱を生む形があったことも読み取ることができる。言い換えれば、保健科教育に関する千葉高校保体部会の取り組みと現場教育との齟齬があった事例が確認できる。

例えば、性に関する問題について、大塚の講演要旨によれば、「性教育は臨床医学教育の場から出発したものであり、純潔教育は道德面に基盤をおいた健康教育の領域から出発したもの」³⁵⁾と定義され、学校教育の中で性に関する問題を取り上げる時には、純潔教育を主体とし、その内容はモラルの確立、子どもの性疑問の解決、性知識の理解を中心に置くことと示されている。このことから、純潔教育の開始時期と内容、方法、教育の担当者、家庭との協力、教師の再教育といった具体的な性教育の方針が千葉高校保体部会内に共有されていたことが窺える³⁶⁾。しかしながら、現場教員から「保健を中心としてそれぞれの教科の内容にもられた性の内容があれば各教科の立場から学習し、重複する所があっても一向にかまわず、他教科での性教育をふまえての保健での位置づけがあれば指導の範囲が決めやすくなるのではないか」³⁷⁾と、性教育に関する指導上

の保健の立場と性教育における保健の重要性について、問題提起されている。以上のように、現場教員にとっては、性教育に対しての保健科と他教科の関係性についての明確化が最初の課題であり、講演で説明された内容はその次の課題として捉えられていたようである。必ずしも講演や研修・講習が、現場教育に沿った形で進められていたわけではなかった例の1つである。

(2) 高度経済成長による社会的変化への対応

次に、高度経済成長期において社会問題となりつつあった交通安全や労働と健康・安全に関する論考に着目すると、千葉県における高校生の交通違反状況について紹介している論考³⁸⁾、労働災害と職業病を例に挙げ、指導上のあり方について考えている論考³⁹⁾や学校の生徒とその家族を対象に労働と生活状況について実際に調査した結果を紹介している論考⁴⁰⁻⁴¹⁾などが確認できる。交通安全に関する論考については、保健体育を含む関連教科において指導の努力はなされているが、高校生の道路交通法違反が1年間で計2,014件と驚異的だと評価されており、「指導効果を妨げるものは何か、考えなければならぬこと」⁴²⁾と現場教育における実践課題が共有されていたことが把握できる。また、労働と健康・安全に関する論考については、「働くものにとっては、自己の労働力が唯一のものであるということ、そのもとで生みだす生命、身体がおびやかされることがあってはならないということがあり、また自らが好ましい生活条件、環境をつくりだすよう努力せねばならないのである」⁴³⁾と労働者の健康課題に対する自主的な実践力と個人の健康課題ではなく集団の共有健康課題であるという認識の育成の必要性、現実の生徒を取り巻く環境と労働と健康・安全に関する指導を関連付けるための実態調査の結果などを千葉高校保体部会全体に共有していたことが窺える⁴⁴⁾。

以上のように、高度経済成長の影響を受け、社会問題となりつつあった交通戦争（交通事故発生数、交通事故死者数の増加）や高度経済成長期に見られた産業人の育成を課題として制度化された学校教育の実情⁴⁵⁾を背景に、現場教育に求められていた交通事故から生徒自身が身を守るための知識や能力の育成に重点をおいた安全教育や産業人育成のための労働教育を地域全体で共有・推進していくといった役割も千葉保体部会の取り組みの1つであったと考えられる。

(3) 猪股俊二による自主研究の萌芽

最後に、1967年、1969年、1972年に継続して掲載されている猪股の論考に着目すると、自作の「学

習ノート」についての紹介が特徴的である⁴⁶⁾。猪股は、「学習ノート」を、①保健学習で必ず習得させたい内容を精選すること、②図表や図式化した内容から理解度を高めるように配慮すること、③余白を取り記述できるようにすること、④自学自習でノートの単調さを克服すること、の4つのことに配慮し作成している⁴⁷⁾。また、猪股は、「学習ノート」を基に、医薬品を例に挙げて、医療問題や医薬品に関する子どもの保健認識調査を実施し、実践案を提案している⁴⁸⁾。その成果は、全国的な雑誌である高等学校保健体育連絡機関紙『月刊 保健体育教室』に掲載されている⁴⁹⁻⁵⁰⁾。さらに、猪股は、実践に対する評価の問題を取り上げ、「生徒の興味は何か、問題意識の実態はどうか。教材、教具の検討は十分だろうか。学習形態はどうしたら望ましいか」⁵¹⁾など、保健科教育に関する実践的課題を挙げている。猪股の実践は、千葉高校保体部会内の保健科教育に関する実践報告が極端に少ないことを踏まえると、個人の実践として高く評価でき、千葉保体部会内において、教員による保健科教育に関する自主研究の形を示した萌芽的な実践であったといえる。これは、千葉保体部会が継続的に取り組んできた保健科教育に関する取り組みの波及効果の1つであったと推察される。

4. まとめにかえて

本研究の目的は、千葉高校保体部会が1967年から1973年までに発刊した『保健と体育』に掲載された論考を対象として、1970年前後の千葉県という地域における千葉高校保体部会の保健科教育の取り組みの一端を事例的に解明することを主眼とした。本研究の目的を達成するために、千葉高校保体部会の発足経緯と活動内容を整理し、『保健と体育』(1967-1973)に掲載された保健科教育に関する論考から、千葉高校保体部会の保健科教育の取り組みを検討した。

まず、千葉高校保体部会は、千葉県高等学校体育連盟研究部内で共有されていた組織的な体育学習の課題と現状の保健学習の課題に対して、千葉県高等学校保健体育指導者の資質の向上および保健体育の振興を図ることを目的に、千葉県高等学校教育研究会の部会として1966年4月22日に発足した組織であった。一方で、1972年の終わりごろに、千葉高校保体部会は、財団法人日本学校体育研究連合会高等学校部会と関東地区高等学校保健体育研究会に所属することになり、地方から全国への組織的な発展を遂げた。そのため、1966年から1973年までにおいて、千葉高校保体部会は、千葉県内の高等学校における保健体育に関する研究(体育科教育と保

健科教育)の中心的な役割を担っており、『保健と体育』(1967-1973)は、その活動と成果を記録している資料として位置づけられる。

次に、千葉高校保体部会が1967年から1973年までに発刊した『保健と体育』に掲載された保健科教育に関する論考は、計27篇であった。これらの論考から1970年前後における千葉高校保体部会は、社会的課題に応じた教育内容の刷新、現場の課題に寄り添う研修体制の構築、自主研究による教育の質向上といった複数の側面から、保健科教育の充実を図ろうとしてきたことが確認できる。これらの取り組みは、教科としての保健だけでなく、子どもの生活や社会とつながる保健への転換を目指した、保健科教育に関する地域教育実践のモデルケースの1つとして捉えることができよう。

最後に、本研究の課題を示す。

第1に、本研究は、資料の限界上、1970年前後の千葉県における千葉高校保体部会の保健科教育の取り組みを事例的に検討するにとどまった。今後、資料(千葉県小中学校研究会保健教育部会の会報等)を発掘・整理し、小中学校や各学校等の実践を加えて、より重層的に分析する必要がある。

第2に、本研究は、1970年前後の日本の一部地域における保健科教育の取り組みの一端を明らかにした研究として位置づけることが可能であろう。しかしながら、本研究では、千葉高校保体部会が発刊した『保健と体育』(1967-1973)を研究資料として整理・提示することを中心としたため、1970年前後の千葉県における千葉高校保体部会の取り組みのみにしか言及できていない。今後、他の都道府県の保健科教育の取り組みも明らかにし、本研究の成果と比較検討することも課題としたい。

第3に、本研究は、千葉高校保体部会が1967年から1973年までに発刊した『保健と体育』を研究資料として提示した。所属組織を変えた後に、当該資料が継続して発刊されているかは、現時点で把握できていない。今後、『保健と体育』の継続号の発掘を試みたい。また、継続号が発刊されていなかった場合、それはなぜなのかも含めて検討していきたい。

謝 辞

本研究はJSPS 科研費JP25K06239の助成を受けたものである。

注

注1) 1981年5月に千葉県高等学校保健体育科教員の資質の向上及び保健体育の振興を図ることを目的として発足した千葉県高等学校教育研究会保健体育部会とは、異なる研

究会であると考えられる。

注 2) 本研究では、「保健科教育」を小学校体育科保健領域、中学校保健体育科保健分野、高等学校保健体育科科目保健の意味で用いる。

注 3) 他に保健科教育を対象とした歴史研究として、藤田や沢山の目標論・教育論に関する研究、数見や小倉の通史的研究、反橋や小磯の性教育や喫煙等に関する学習指導要領の変遷に関する研究などがある。藤田和也：戦後保健教育論の系譜：文献整理・解題を中心に，一橋論叢，77，(1977) 100-107. 沢山信一：保健教育の目標論：科学的保健認識と自主的実践能力の検討，東京大学教育学部紀要，19，(1979) 237-247. 数見隆生：戦後教育の歴史的変遷。大塚正八郎，石河利寛編：新・保健科教育法，講談社，(1974) 38-52. 小倉学：保健教育の変遷。松田岩男，小倉学，高石昌弘編：健康と運動，第一法規，(1974) 113-124. 反橋一憲：戦後の小・中・高等学校保健体育科における性に関する教育内容の変遷：学習指導要領や同解説の検討を中心に，保健科教育研究，5，(2020) 15-31. 小磯透：体育科/保健体育科の学習指導要領や解説等における喫煙防止の内容の変遷，保健科教育研究，7，(2022) 43-66. 近藤雄大：1970 年代「性と人間の生き方」に関する教科横断的保健授業の構想と実践の一事例：東京都立農産高等学校の「家庭科保健」を対象として，体育学研究，69，(2024) 199-212.

注 4) 千葉県内の小中学校の保健体育に関する研究(体育科教育と保健科教育)は、1965 年に発足した小中学校体育研究会が中心的な役割を担っており、千葉高校保体部会が発足したことにより、千葉県における小中学校ならびに高等学校の一貫した研究体制が確立された。また、千葉県小中学校研究会保健教育部会(1967 年に千葉県教育研究会保健教育部会に改称)は、会報の発行等を通して、小中学校の学校保健の推進を図っていた。千葉県教育委員会：千葉県教育要覧昭和 41 年度，千葉県教育委員会，(1967) 207-213..

参 考 文 献

- 1) 七木田文彦：健康教育教科「保健科」成立の政策形成：均質的健康空間の生成，学術出版会，(2010)。
- 2) 同上。
- 3) 近藤雄大：戦後初期における実験学校で展開された健康(保健)教育実践：愛知県岡崎市立六名小学校における事例，保健科教育研究，9，(2024) 50-58。
- 4) 同上。
- 5) 有間梨絵：戦後初期における東京都港区高輪台小学校の健康教育カリキュラムの開発，学校保健研究，63，4 (2022) 251-260。
- 6) 前掲 3)。
- 7) 前掲 5)。
- 8) 岡崎勝博：戦後保健科教育小史，保健科教育研究，1，(2016) 2-13。
- 9) 日本教科教育学会編：教科教育研究ハンドブック：今日から

役立つ研究手引き，教育出版，(2017)。

- 10) 藤森寿男：保健体育部会の発足経緯について，千葉県高等学校教育研究会保健体育部会編：保健と体育，1 (1967) 82。
- 11) 同上。
- 12) 同上。
- 13) 千葉県高等学校教育研究会保健体育部会編：保健と体育，2 (1968) 153-161。
- 14) 鈴木九萬：序文，千葉県高等学校教育研究会保健体育部会編：保健と体育，7 (1973) 1-2。
- 15) 千葉県教育行政二十年史編集委員会編：千葉県教育行政二十年史，千葉県教育委員会，(1969) 548-550。
- 16) 「千葉県教育行政三十年史」編集委員会編：千葉県教育行政三十年史，千葉県教育委員会，(1979) 670-673。
- 17) 千葉県高等学校教育研究会保健体育部会編：保健と体育，1 (1967) 83-84。
- 18) 同上。
- 19) 千葉県高等学校教育研究会保健体育部会編：保健と体育，1 (1967) 88-89。
- 20) 千葉県高等学校教育研究会保健体育部会編：保健と体育，2 (1968) 146-147。
- 21) 同上。
- 22) 千葉県高等学校教育研究会保健体育部会編：保健と体育，3 (1969) 99-100。
- 23) 同上。
- 24) 千葉県高等学校教育研究会保健体育部会編：保健と体育，4 (1970) 72-73。
- 25) 同上。
- 26) 千葉県高等学校教育研究会保健体育部会編：保健と体育，5 (1971) 52。
- 27) 同上。
- 28) 千葉県高等学校教育研究会保健体育部会編：保健と体育，6 (1972) 197-200。
- 29) 同上。
- 30) 千葉県高等学校教育研究会保健体育部会編：保健と体育，7 (1973) 124。
- 31) 同上。
- 32) 田村きみ江：保健指導者現職教育に参加して，千葉県高等学校教育研究会保健体育部会編：保健と体育，3 (1969) 78-79。
- 33) 荒川昇：保健学習指導者研修会に参加して，千葉県高等学校教育研究会保健体育部会編：保健と体育，4 (1970) 33-34。
- 34) 同上。
- 35) 大塚正八郎：講演要旨 学校における性教育の正しいありかた，千葉県高等学校教育研究会保健体育部会編：保健と体育，3 (1969) 2-13。
- 36) 同上。
- 37) 山崎岑生：講演要旨 学校における性教育の正しいありかた，千葉県高等学校教育研究会保健体育部会編：保健と体育，3 (1969) 38-44。
- 38) 学校保健課：高校生の交通安全について，千葉県高等学校

- 教育研究会保健体育部会編：保健と体育，1（1967）6.
- 39) 浅沼義明：高校生の交通安全について，千葉県高等学校教育研究会保健体育部会編：保健と体育，2（1968）56-58.
- 40) 前田晴康,西群順子,江波戸義太郎他：農村及び都市就業者に於ける1日の生活時間調査報告，千葉県高等学校教育研究会保健体育部会編：保健と体育，2（1968）78-84.
- 41) 穴戸進：農村経営就業者及び都市就業者に於ける疾病等の調査報告，千葉県高等学校教育研究会保健体育部会編：保健と体育，2（1968）85-93.
- 42) 前掲 38).
- 43) 前掲 39).
- 44) 前掲 40).
- 45) 小国喜弘：戦後教育史，中公新書，（2023）.
- 46) 猪股俊二：保健学習に対する一私見，千葉県高等学校教育研究会保健体育部会編：保健と体育，1（1967）50-52.
- 47) 同上.
- 48) 猪股俊二：保健学習の効果的な指導，千葉県高等学校教育研究会保健体育部会編：保健と体育，3（1969）22-38.
- 49) 猪股俊二：保健学習の効果的指導(1)，月刊保健体育教室，19（1968）5-9.
- 50) 猪股俊二：保健学習の効果的指導(2)，月刊保健体育教室，22（1969）12-16.
- 51) 猪股俊二：保健学習の効果的なあり方，千葉県高等学校教育研究会保健体育部会編：保健と体育，6（1972）30-48.

電子オルガンを用いた小学生向け出前授業

西尾 公裕*

Visiting Lecture Using Electronic Organ for Elementary School Students

NISHIO Kimihiro

The visiting lecture was proposed by using electronic organ for elementary school students. The electronic organ is the electronic circuit, which is constructed with the electronic parts such as capacitors and resistors. Because the elementary school students can safely create the electronic circuits by using the breadboard, many students can participate in this visiting lecture. The survey results showed that the participating elementary school students enjoyed the visiting lecture and were able to get interested in science. In the future, we can expect to realize more attractive the visiting lecture for elementary school students by using the electronic organ.

Key Words: Visiting Lecture, Electronic Organ, Electronic Circuit

1. 緒 言

近年、少子高齢化が進み、技術発展が進んでいるため、エンジニアの人材不足も続いている。この結果の要因として、小中学生が工学に触れられる場が少ないことが挙げられる。一例として、著者が所属する津山高専の電気電子システム系への希望者も年々減少しており、何らかの対策が必要になっている。

その対策として、多くの高専・大学では小中学生向けの出前授業・公開講座などを実施している。本校においても多くの出前授業・公開講座を実施してきており、著者も多くのことを実施してきている¹⁻³⁾。主に「電子オルゴールを作ろう」、「LED点滅器を作ろう」を実施してきた。ブレッドボードに電子部品を接続して、電子工作を行うといった内容である。抵抗やコンデンサを接続するときに、ニッパーを使って線を切ることが最初は難しいと感じる小学生もいるが、ほぼ受講生全員が完成させることができるといった入門的な内容になっている。この入門的な内容を実施した後、さらに電子工作を体験したいといった小学生や中学生も数多くいる。そのため、LED点滅器のような入門的な工作よりも部品が多くなるなど、多少の難易度はあるが、楽しく安全に実施でき、音楽が流れるなどの高度な機能を有する内容の講座が必要になる。

このような状況の中で、著者は電子オルガン⁴⁾に着目した。紹介されている電子オルガンは、抵抗、コンデンサなどの電子部品で構成された電子回路であり、ドレミ

ファソの5音階の音が鳴るように設計されている。これを改良し、音階を増やすなどすれば、上記の条件を満足する講座が実現できると考えられる。

以上より、本教育研究では、ドレミファソラシドの8音階(1オクターブ)の電子オルガンを作製する内容の出前授業の提案を試みた。本出前授業は、平成30年に開始し、現在も継続している。本研究報告には、この活動の基盤となった平成30年および令和元年に実施した内容を示す。

2. 電子オルガンおよび出前授業の方法

図1に電子オルガン⁴⁾の回路図を示す。並列に接続された抵抗の値によって、ドレミファソラシドの8音階が決まるようになっている。スイッチが鍵盤の役割をするため、スイッチを押すことによって、スピーカから音が出るようになっている。

使用する部品とその数を表1に示す。出前授業の準備としては、表1の部品を袋詰めすることと配布資料の作成である。袋詰めされた部品を図2に示す。部品の中でも特に抵抗がきちんと揃っているかどうかを十分に確認しておく必要がある。すべて詰め終わったときに、部品がきちんとそろっているかどうか確認のため、一つ取り出して、電子オルガンを作製して、うまく動くことを確認して、準備終了とする。

本出前授業を安く実施するためには、特にブレッドボードの価格が問題になる。紹介されている正規のブレッドボードを使うと高価になる。検索した結果、その当時は、秋月電子通商⁵⁾のブレッドボードBB-102が安かったため、これを使用することにした。このブレッドボー

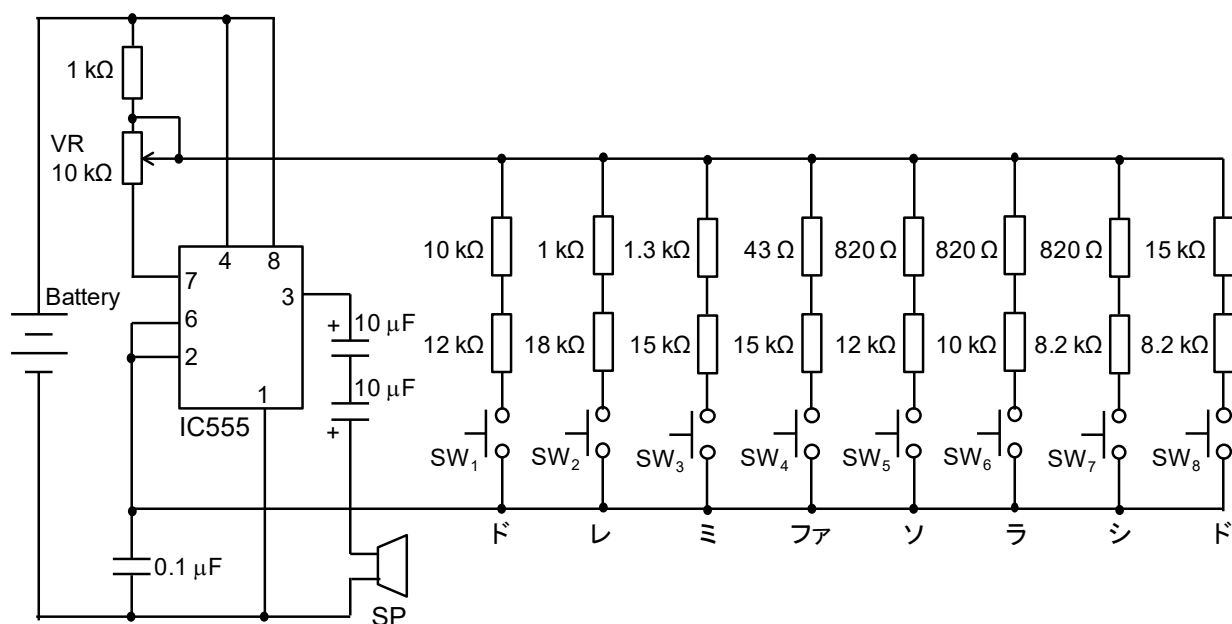


図1 電子オルガンの回路図。

ドに回路を作製できるように回路の配線図を作成した。配線図を図3(a)に示す。この配線図を配布し、これを見ながら、回路を作製するようにした。ブレッドボードの使い方や電子部品に関する資料を作成して配布することにした。一例を図3(b)に示す。また、1オクターブのみで演奏することができる楽譜も作成した。楽譜の一例を図3(c)に示す。本出前授業の内容に興味を持ってもらえるように、かわいらしく資料を作成することを心掛けている。そのため、津山高専マスコットキャラクターである「てくにゃん」を用いて作成している。

出前授業の流れを表2に示す。出前授業の流れは、これまでの公開講座・出前授業とほぼ同じである²⁾。安全に実施してもらうために、授業の最初に工具についての注意点を話すようにする。また、このような講座は、教員1名では実施することが難しいため、高専学生に補助学生として参加してもらうことにする。高専学生の紹介なども最初に行うようにする。それが終わるとすぐに工作を実施することにする。まずは、工作を実施して、楽しい部分を体験してもらい、最終的に、電子回路に興味を持ってもらうことを考えている。工作終了後に、図3(b)の配布資料などを用いて回路や電子部品について説明する。これは、補助学生からグループごとに説明してもらう。この説明などをきっかけに、参加する小学生と高専生らに雑談してもらいたいと考えている。

3. 出前授業の実施

平成30年8月には津山市の公共施設において12名の小学生に対して実施した。平成30年11月には津山市の小学校において27名の小学生に対して実施した。令和

元年8月には津山市の小学校において12名の小学生に対して実施した。令和元年8月に実施した出前授業の様子を図4(a)に示す。完成した電子オルガンを図4(b)に示す。タクトスイッチを押して、音を鳴らしている様子であり、小学生らは楽しく電子工作を実施していたように感じている。

出前授業の各回のアンケート結果を図5から図7に示す。アンケート結果から、参加した小学生らは公開講座を楽しんでくれたことがわかった。また、理科・科学に少しでも興味を持ってもらうことができていたことがわかった。アンケートには、感想やご意見を記述でき

表1 部品の種類と個数。

部品名・型番など	個数
タイマーIC LMC555	1
カーボン抵抗(炭素被膜抵抗) 10 kΩ	2
カーボン抵抗(炭素被膜抵抗) 12 kΩ	2
カーボン抵抗(炭素被膜抵抗) 1 kΩ	2
カーボン抵抗(炭素被膜抵抗) 18 kΩ	1
カーボン抵抗(炭素被膜抵抗) 1.3 kΩ	1
カーボン抵抗(炭素被膜抵抗) 15 kΩ	3
カーボン抵抗(炭素被膜抵抗) 43 Ω	1
カーボン抵抗(炭素被膜抵抗) 820 Ω	3
カーボン抵抗(炭素被膜抵抗) 8.2 kΩ	2
可変抵抗 VR 10 kΩ	1
電解コンデンサ 10 μF	2
積層セラミックコンデンサ 0.1 μF	1
タクトスイッチ(白)	8
圧電スピーカー(圧電サウナ)	1
単3形アルカリ乾電池	4
電池ボックス 単3×4本用	1
ブレッドボード(165 mm × 55 mm)	1
ジャンプワイヤー	数本

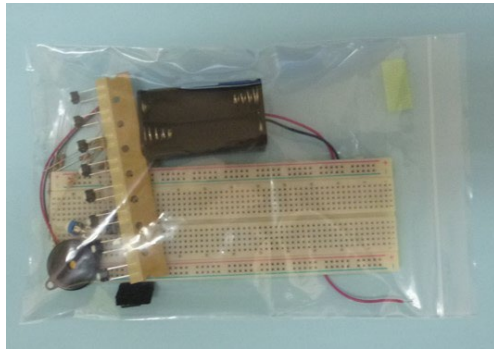
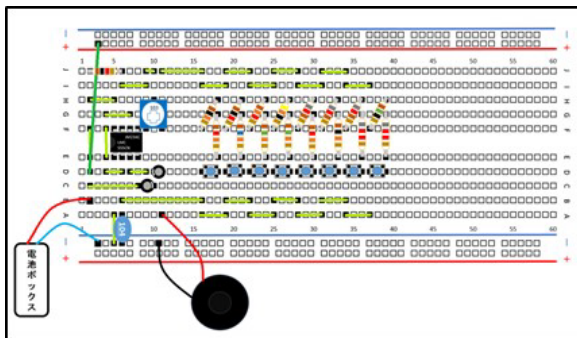


図2 袋詰めされた電子部品.

表2 出前授業の流れ.

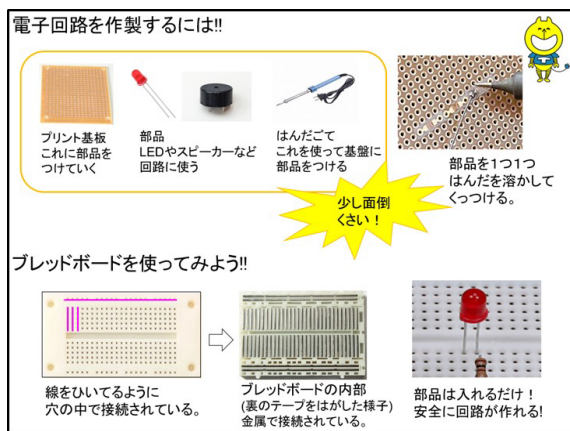
手順	内容
1	電子工作の注意点 工具の使い方の説明など (ニッパー、ラジオペンチ)
2	電子オルガンの作製
3	電子オルガンで演奏
4	補助学生とディスカッション
5	アンケート調査



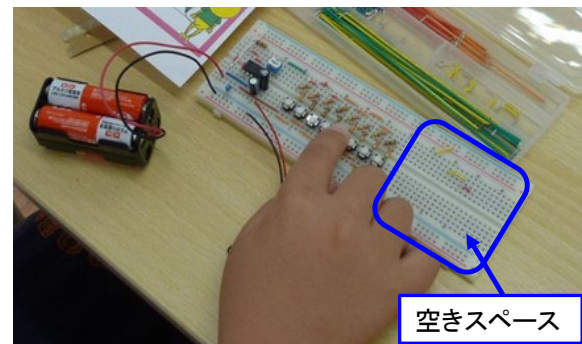
(a)



(a)



(b)



(b)

図4 出前授業の様子. (a) 教室の様子. (b) 作製した電子オルガン.



(c)

図3 配布資料. (a) 電子オルガンの配線図. (b) ブレッドボードの使用法. (c) 楽譜.

る欄を設けた。図5から図7には一部しか掲載されていないが、多くの小学生らが「難しかったけど、楽しかった。」「また参加したい。」など、何らかのコメントを残してくれた。コメントの内容からも多くの小学生らが楽しく電子工作を実施し、少しでも興味を持ってもらうことができたと考えている。注目する点として、「難しかったけど・・・」というコメントを多く見かけたが、LED点滅器よりも難しいけど楽しい電子工作の提案を目標としていたため、このようなコメントから、ある程度の目的は達成できたように感じている。また、注目するコメントとして、図7の「一昨年、高専でLED点滅器を作って、電子オルガンも同じような設計だったので楽しかった。」である。LED点滅器を作った後に、電子オルガンを実施してもらいたいと考えているため、この

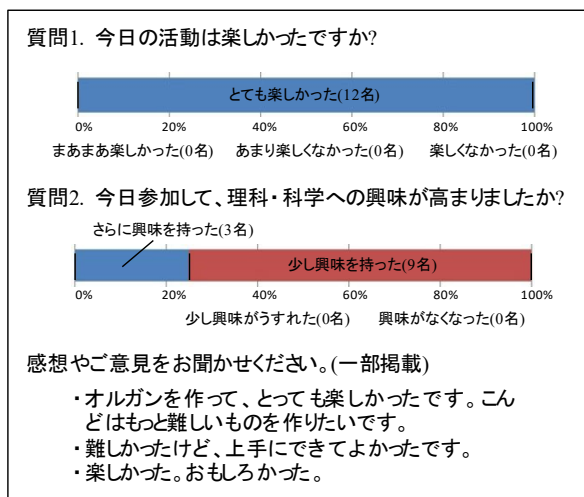


図5 平成30年8月に実施した出前授業のアンケート結果。

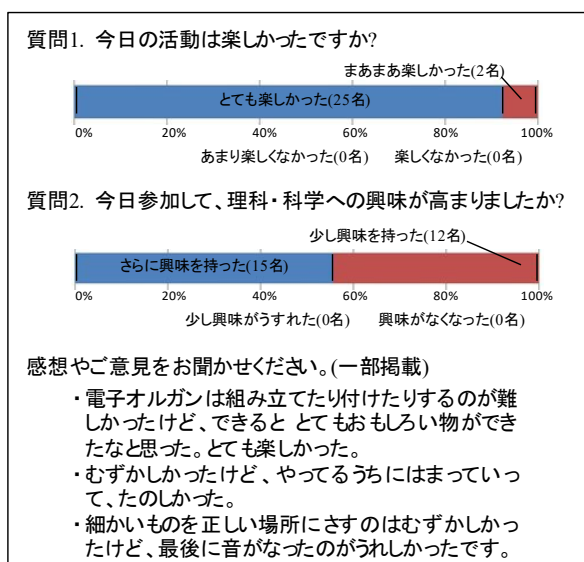


図6 平成30年11月に実施した出前授業のアンケート結果。

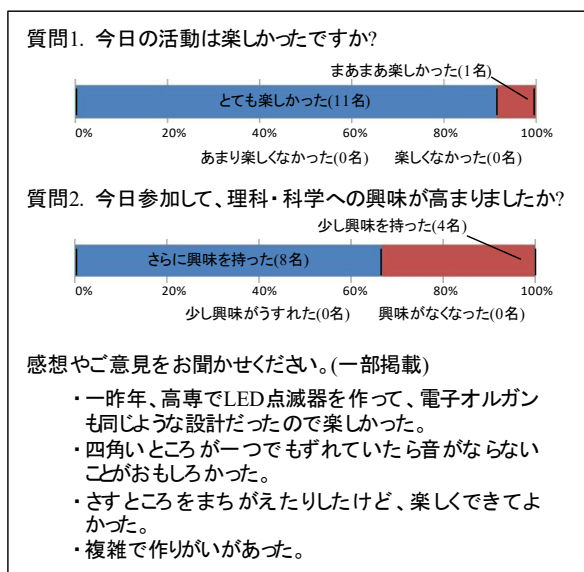


図7 令和元年8月に実施した出前授業のアンケート結果。

ような小学生が増えることを期待している。

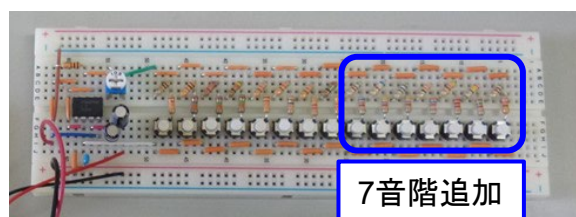
4. 電子オルガンの応用

本電子オルガンは、図4(b)に示すように、右側に多少の空きスペースがある。これは、その他の電子回路も接続できるように空きスペース残している。一例を図8に示す。例えば、LEDを点灯させたいければ、図8(a)のようにLEDを接続する。これにより、オルガンを使っている間、LEDが点灯するようになる。また、これまでの出前授業などで実施したLED点滅器²⁾をこのスペースに作製すれば、電子オルガンを使っている間、LEDが点滅することになる。さらに、図8(b)のように電子オルガンの抵抗の並列接続を増やせば、音階を増やすことも可能であり、本ブレッドボードであれば2オクターブまで増やすことが可能である。以上のように、いろいろな可能性があるため、多少の空きスペースを残している。受講した小中学生にいろいろと興味を持ってもらって、将来的には著者も想像できないような電子回路を作製してもらいたいと考えている。

本校のオープンキャンパス⁶⁾には、体験コーナーがあり、オープンキャンパスに参加した中学生らに本校の実験・実習の一部を体験してもらっている。本電子オルガンを用いた工作を行うことで、中学生に対しても電気電子工学に興味を持ってもらうことができると考えられる。そのため、電子オルガンを令和4年度から体験コーナーの1つのテーマとして用いている。テーマ名は「ブ



(a)



(b)

図8 電子オルガンを用いた応用回路の例。(a) 電子オルガンとLEDの接続例。(b) 15音階の電子オルガン。

レッドボードで電子工作体験！ミニオルガン」である。オープンキャンパスは2日間行われるが、1日15名で実施している。時間の制限があるため、アンケート調査を行うことはできていないが、参加した中学生らの体験している様子から、興味を持って楽しんで本内容に取り組んでいるように感じている。

5. ま と め

電子オルガンを作製する内容の出前授業を提案し、平成30年および令和元年に実施した。アンケート結果から小学生らが電子工作を楽しく実施し、理科・科学に少しでも興味を持つことができていることがわかった。また、これまでの入門的な電子工作の内容とは異なり、提案した電子オルガンは多少の難しさや複雑さはあったが、小学生らは、楽しさ、やりがい、よろこびなどを感じていることがアンケート結果からわかった。本電子オルガンに関しては令和4年度からは、オープンキャンパスの体験コーナーで中学生向けに実施しており、今後も

色々とところで実施できると考えている。また、電子オルガンと違う回路との組み合わせも可能になることから、将来的には、より魅力的な出前授業の実現が期待できる。

参 考 文 献

- 1) 津山工業高等専門学校地域共同テクノセンター公開講座：
<https://www.tsuyama-ct.ac.jp/honkou/shisetsu/chiiki2016/citizen/lecture.html> (2025)
- 2) 西尾公裕：LED点滅器を用いた小学生向け公開講座，津山工業高等専門学校研究報告，66(2025)23-27.
- 3) 西尾公裕：LED点滅器を用いた小学生向け公開講座，津山工業高等専門学校研究報告，66(2025)28-32.
- 4) 西田和明：たのしくできる光と音のブレッドボード電子工作，東京電機大学出版局，(2017) pp. 79-87.
- 5) 秋月電通商：<https://akizukidenshi.com/catalog/default.aspx> (2025)
- 6) 津山工業高等専門学校オープンキャンパス：<https://www.tsuyama-ct.ac.jp/opencampus/opencampus.html> (2025)

校外における研究発表等

教員の校外における研究発表等につきましては、「教育研究業績」として本校ホームページで公開しておりますので、下記URLからご参照くださいますようお願いいたします。

津山高専ホームページ > 教職員関連 > 教員の活動状況 > 津山工業高等専門学校研究報告
<https://www.tsuyama-ct.ac.jp/kyousyokuin/kyouin/kiyou.html>

編集 ワーキング・グループ

座長 横 谷 正 明

(五十音順)

井 上 浩 行 柴 田 典 人

竹 谷 尚 西 尾 公 裕

松 田 修

津 山 工 業 高 等 専 門 学 校 研 究 報 告
第 67 号

2026 年 2 月 20 日 発 行

発行者／独立行政法人国立高等専門学校機構
津 山 工 業 高 等 専 門 学 校
津山市沼 6 2 4 - 1

本誌名は、第 66 号より「津山工業高等専門学校紀要」から「津山工業高等専門学校研究報告」に改称されました。

BULLETIN OF NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, TSUYAMA COLLEGE NO.67 (2026) CONTENTS

Autonomy and emancipation of linguistic norms in international English Kadoya Hidenori	1
A Proposal for Human Motion Estimation from Time-series Skeletal Joint Data Using Deep Learning SHIMOYAMA Akihiro, YABUKI Noboru	12
The Development of English Learning Digital Game in Trans Exercise of All Program I, II and Results in Fiscal Year 2025 YAMAGUCHI Hitoshi, JINO Kotaro, YAMAMOTO Yusuke, MARUYAMA Kazuki	20
Using AI and “ <i>Tobitate!</i> Study Abroad Initiative” in Writing Instruction YAMAGUCHI Hitoshi	27
Implementation of PBL Classes Incorporating Autonomous Paper Robot Construction HOSOTANI Kazunori, NONAKA Shogo, YAMADA Takafumi, and NISHIKAWA Kotaro ..	38
Visualization of Nature-Inspired Complex Flows for Engineering Applications HOSOTANI Kazunori	46
A Case Study of School Health Education Efforts in the Health and Physical Education Subcommittee of the Chiba Prefecture High School Education Research Association around the 1970s -Focusing on “ <i>Hoken to taiiku</i> ” (1967-1973)- KONDO Yuta	53
Visiting Lecture Using Electronic Organ for Elementary School Students NISHIO Kimihiro	60

< Abstracts of Other Research Reports >
(<https://www.tsuyama-ct.ac.jp/kyousyokuin/kyouin/kiyou.html>)