ISSN 0286−0503

Research Reports of Tokyo National College of Technology

東京工業高等専門学校

研 究 報 告 書

第 39(1) 号

2008.1

東京工業高等専門学校研究報告書　第39（1）号　目次

Research Reports of Tokyo National College of Technology No. 39 (1)

CONTENTS

高専間の学習状況比較
——交流事業から見えるもの——

小中澤　聖　二*

A Report on Comparison between the Two Colleges
——A survey of the Exchange Program——

Seiji KONAKAZAWA

The author was delegated to Kisarazu National College of Technology from Tokyo National College of Technology by the teacher exchange program that was enacted in 2006. In this note, we report the outline of the exchange program and some differences we found out in the questionnaires that were filled in by the students of Kisarazu and Tokyo.

(Keywords: Exchange Program, Contingency Table, Test of Hypothesis)

１．はじめに

平成１８年度から高専間の教員交流制度が導入された。筆者はこの第１期派遣者のひとりとして、派遣先である木更津高専において１年間の交流の機会を得た。

木更津高専では、実績のある３年生に対する一般科目特別研究をはじめとする幾つかの授業を実際に担当させて頂いた。本レポートは、これらの経験と授業アンケートに基づく報告である。

２．参加状況

この高専間教員交流制度だが、筆者が参加した教員交流制度の１年目の状況について簡単に記しておく。

先ずその創設趣旨について、機構から発表された「高専間教員交流制度実施要項」第１項の「趣旨」では「各国立高等専門学校の教員を、教員交流派遣者として他校へ一定期間派遣し、他校において教育研究活動に従事させることにより、教員の力量を高め、各学校における教育及び研究の向上を図り、もって国立高等専門学校全体の活性化及び人事の流動性の確保に資するため、高専間教員交流制度を設ける。」と定めてある。また同様に本制度の導入に関して、高専機構の広報委員会の企画による「国立高専だより」創刊号で機構本部だよりとして、「高専間教員交流制度の創設について」という記事の中で「派遣された教員には、派遣先の高専や外から見た派遣元の高専の良さを感じてもらい、また、他の高専の教員との交流を深めることで教員の力量を高め、復帰後、派遣元高専の教育力の向上を図ってもらいたいと考えています。」としている。

次に、機構から出された第１回目の高専間教員交流の派遣者名簿から参加教員の概要をあげる。派遣に際しては、先にあげた機構から発表された高専間教員交流制度実施要項の中の第３項には（１）に「各学校の校長は、原則毎年１名ずつ、派遣の前年の８月３１日までに派遣者を理事長へ推薦するものとする。」とあり、また、同項（２）に「派遣者は、原則５０才未満で、かつ高専教員として５年以上の経験を有する者とし、専門分野は問わない。」とある。

実際に第一回目の派遣教員となった者は総勢４２名であり、年齢別に見ると下記の表の通りであった。このうち、最年少の方は３２歳で最年長の方は５８歳（それぞれ申請時点。以下も同様。）であった。

＊機械工学科

年齢	人数
５０歳～５９歳	６名
４０歳～４９歳	２２名
３０歳～３９歳	１４名
計	４２名

また、高専教員経験年数について５年きざみに見たのが次の表である。このうち、最も経験年数の長い方は３１年の方であった。

経験年数	人数
２６年以上	１名
２１年～２５年	６名
１６年～２０年	９名
１１年～１５年	１６名
６年～１０年	７名
１年～５年	３名
計	４２名

年齢、経験年数の両方において上記の原則から外れた方も居たわけである。更に、当時の派遣教員の職名について見ると次の表の通りであった。上記のふたつの表から見ても大方が当時の助教授であるのは自然であり、本事業を立ち上げた機構の意図するものでもあろう。

職名	人数
教授	５名
助教授	３０名
講師	４名
助手	３名
計	４２名

また、次の表は派遣教員の所属学科についての内訳である。

所属学科	人数
一般系（理数、人文）	１７名
電気・電子・情報系	１２名
機械工学科	８名
物質・土木・商船系	５名
計	４２名

派遣の期間については、高専間教員交流制度実施要項の中の第２項の（２）に「派遣期間は原則１年以上とし、派遣の開始時期は４月とする。」とあるが、実際の第１回目の派遣期間に関する内訳は次の表の通りであった。

派遣期間	人数
３年間	２名
２年間	１３名
１年間	２７名
計	４２名

これらから、ほぼ実施要綱に沿った平均的派遣教員像というものがうかがえる。その反面、かなり多様な教員が第１回目の派遣教員となったこともわかる。

なお、この第１回目の交流にかかわった高専の校数については次の通りである。

<table>
<tr><th colspan="2">派遣元</th><th colspan="2">派遣先</th></tr>
<tr><td rowspan="2">４０校</td><td rowspan="2">１名派遣</td><td>１６校</td><td>１名受入</td></tr>
<tr><td rowspan="2">７校</td><td rowspan="2">２名受入</td></tr>
<tr><td rowspan="2">１校</td><td rowspan="2">２名派遣</td></tr>
<tr><td>４校</td><td>３名受入</td></tr>
<tr><td>計４１校</td><td>計４２名</td><td>計２７校</td><td>計４２名</td></tr>
</table>

このうち、派遣元でありかつ派遣先である高専は２２校で、派遣元ではあるが派遣先ではない高専は１９校、派遣元ではないが派遣先ではある高専は５校となっている。

以上、少なくとも派遣元または派遣先のいずれかとしてこの第１回目の教員交流制度にかかわった高専は、全部で４６高専であった。

なお、派遣者は調書において派遣先に関して、第一希望、第二希望の２校の希望校を示すことができるのだが、このことの助けとして前もって「高専間教員交流制度　～大型委託研究等調書～」という書類が各校に配布された。これは高専間教員交流制度実施要項において第８項（１）「各学校の校長は、派遣者の受入れを希望する特色ある教育プログラム、教材の開発及び大型の委託研究や共同研究等の実施計画がある場合には、当該事業の実施の前年の５月３１日までに大型委託研究等調書（様式４）を理事長へ提出するものとする。理事長は、本調書を取りまとめ、派遣者の推薦の参考に資するために、各学校へ送付するものとする。」という項目に基づくもので、第１回目の交流には３３校から６８件の事業案が示された

３．授業アンケートから

次に、筆者の勤務した２つの高専において担当したクラスの授業アンケートの結果を以下に示す。

ここでは２つの高専を、Ａ高専、Ｂ高専と記し、また担当した学年・学科についてはＡ高専では２年・Ｗ学科、２年・Ｘ学科，３年・Ｗ学科、Ｂ高専では２年・Ｗ学科，３年・Ｗ学科、３年・Ｙ学科とする。アンケート内容は木更津高専で行われている標準的なものを使用させて頂いた。アンケート実施時期は全て前期中間試験直後である。アンケート内容は以下の通りである。

設問１：あなた自身の授業に対する取り組みは十分だと思いますか？
①不十分　②やや不十分　③どちらでもない
④やや十分　⑤十分

設問２：本講義の予習または復習は週あたり平均何時間行なっていますか？
①１時間未満　②１～２時間　③２時間程度
④３時間程度　⑤４時間以上

設問３：板書事項はどの程度ノートに取っていますか？
①７０％未満　②７０％以上　③８０％以上
④９０％以上　⑤板書事項以外も

設問４：授業の進度はどうですか？
①遅い　②やや遅い　③どちらでもない
④やや速い　⑤速い

設問５：内容の説明や解説について満足していますか？
①不満　②やや不満　③どちらでもない
④やや満足　⑤満足

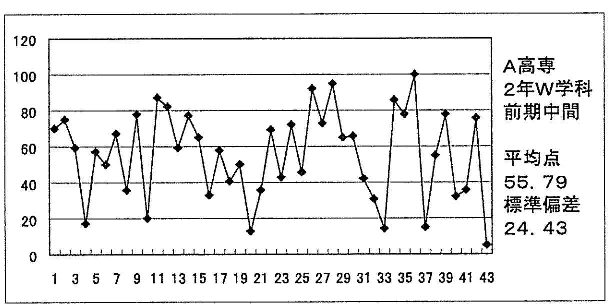
設問６：講義のレベル（難易度）についてどう思いますか？
①易しい　②やや易しい　③どちらでもない
④やや難しい　⑤難しい

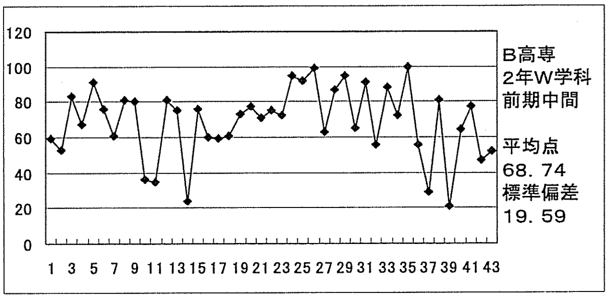
いずれも設問に対して、回答として①段階から⑤段階までの選択肢から選択させる形式である。
なお、設問７として自由記述欄が設けてあった。
設問１から設問３までが学生自身の学習に対する取り組みの姿勢を問うもので、設問４から設問６までが学生から見た、対教員の授業の感想をたずねるものである。
先ずＡ・Ｂ両校の同じ２年Ｗ学科のクラスにおけるアンケート結果を見てみる。ちなみに授業内容はともに線形代数学であるが、内容は多少異なったものとなっている。

A高専 2・W	回答①	回答②	回答③	回答④	回答⑤	合計
設問1	10%	27%	34%	22%	7%	100%
設問2	69%	12%	12%	7%	0%	100%
設問3	29%	10%	3%	44%	0%	100%
設問4	0%	0%	56%	22%	22%	100%
設問5	5%	15%	46%	27%	7%	100%
設問6	0%	2%	52%	24%	22%	100%

B高専 2・W	回答①	回答②	回答③	回答④	回答⑤	合計
設問1	10%	17%	19%	33%	21%	100%
設問2	79%	19%	2%	0%	0%	100%
設問3	5%	5%	12%	71%	7%	100%
設問4	0%	12%	69%	19%	0%	100%
設問5	0%	2%	24%	38%	36%	100%
設問6	7%	5%	81%	7%	0%	100%

設問２の回答からわかるように、かねてから言われている自主的な勉強量の不足は残念ながら両高専ともに共通のようである。レポートを課すなどの工夫はいずれの教員も行っていることとは思うが、限界があるようだ。学生各自が机に向かわせざるを得ないようなシステム作りが必要だろう。
設問５の満足度と設問６の難易度の関係においては、難しいと感じれば満足度は低く、易しいと感じれば満足度は高い傾向があるとは言えそうだが完全に逆の関係ではない。彼らにとって難しいことでも（避けて通れない以上）解らせる授業により満足度の高い授業が展開できる可能性は感じている。
なお、この２クラスの前期中間時点における成績の分布は以下の通りであった。





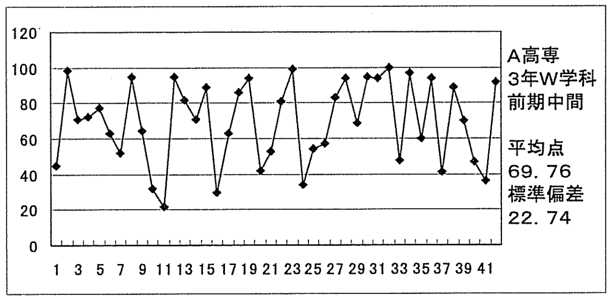
試験問題が異なるので平均点は比較対象にならないが、設問５、設問６の満足度、難易度の感じ方のバラつきがそのまま偏差に数値として現れるというのが実感である。

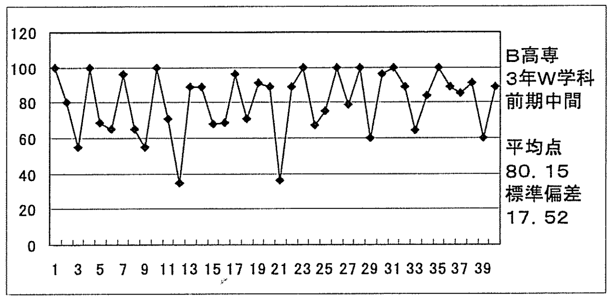
次に同様にA・B両校の３年W学科のクラスにおけるアンケート結果及び試験結果を見る。A高専は微積分、B高専は線形代数と授業内容は異なったものとなっている。

A高専 3・W	回答①	回答②	回答③	回答④	回答⑤	合計
設問1	0%	21%	31%	24%	24%	100%
設問2	76%	12%	12%	0%	0%	100%
設問3	22%	13%	9%	50%	6%	100%
設問4	0%	0%	49%	30%	21%	100%
設問5	9%	15%	55%	9%	12%	100%
設問6	0%	6%	49%	27%	18%	100%

B高専 3・W	回答①	回答②	回答③	回答④	回答⑤	合計
設問1	0%	18%	18%	44%	20%	100%
設問2	95%	5%	0%	0%	0%	100%
設問3	25%	5%	10%	50%	10%	100%
設問4	0%	8%	87%	5%	0%	100%
設問5	0%	0%	10%	30%	60%	100%
設問6	0%	43%	54%	3%	0%	100%

前に見た両校の２年生の同一学科どうしのものと比べて気になるのは、設問２の当該授業に対する予習・復習の時間だが、回答①の１時間未満であるとした者が、A高専では２年W学科で６９％であったものが同校３年W学科では７６％に、また、B高専の同じく２年W学科で７９％であったものが同校３年W学科では９５％になっている点である。同様の意見を耳にすることは多いが、一般科目では学年が進むにつれて勉強の平均時間は下がる傾向にあるようである。また、上記の４つのクラスの中ではB高専の３年W学科が満足度において非常に高い傾向にあるがこれは内容の定着を図るために要点をまとめたプリント形式の演習を多く取り入れたことが多分に影響しているように思われる。提供する補充教材の工夫と学生の受け取り方、また、成績の関連も今後の課題である。なお、このA・B両校３年W学科の前期中間時点における成績分布は以下のようであった。





ここにおいても満足度や難易度の感じ方のバラつきが偏差のバラつきに関連していると言えそうであるが、これについてはより多くの事例での検討を期したい。

また、A高専の２年W学科と２年X学科において、及び、B高専の３年W学科と３年Y学科においてはそれぞれ全く同じ授業を行ったがこれらについて見てみる。それぞれの学習時間調査の設問２、授業に対する満足度の設問５、そして前期中間時点での成績結果を比較する。先ず次の表はB高専の３年W学科と３年Y学科の設問２の結果の実数である。

設問2	回答①	回答②	回答③	回答④	回答⑤	合計
B３W	38人	2人	0人	0人	0人	40人
B３Y	33人	4人	2人	0人	1人	40人

χ２乗検定、有意水準５％で有意の差があるとは言えない。同様に設問５の結果は次の表の通りであり、やはり有意の差があるとは言えない。

設問5	回答①	回答②	回答③	回答④	回答⑤	合計
B３W	0人	0人	4人	12人	24人	40人
B３Y	0人	1人	10人	11人	18人	40人

そして、これら２クラスの試験結果では、共に受験者数４０人で、３年W学科の平均点が８０.１５点、標準偏差が１７.５２点、３年Ｙ学科は平均点が８１.３５点、標準偏差が１４.８２点で平均点に有意の差があるとは言えない。つまり、この２クラスは質的にほとんど区別がないと言って良いと考えられる。これに対して、Ａ高専の２年W学科と２年Ｘ学科では同様に設問２と設問５の結果は、

設問2	回答①	回答②	回答③	回答④	回答⑤	合計
A２W	28人	5人	5人	3人	0人	41人
A２X	30人	6人	2人	0人	0人	38人

設問5	回答①	回答②	回答③	回答④	回答⑤	合計
A２W	2人	6人	19人	11人	3人	41人
A２X	1人	5人	11人	15人	6人	38人

であり、これらについても差があるとは言えないが、成績については、受験者数が共に４３人で、２年W学科の平均点が５５.７９点、標準偏差が２４.４３点、２年Ｘ学科は平均点が６７.０２点、標準偏差が２０.５３点で平均点に有意の差が認められる。このようにときとして学科間に本質的な学力差が認められる場合が特に最近目立つように思われる。習熟度別クラス編成や混合学級等、各高専で様々な試みがなされているがこれらシステムやカリキュラム上の手立てと授業現場におけるクラス状況に応じた授業組み立ての対応が必要だろう。

参考文献

（１）国立高等専門学校機構：高専間教員交流制度実施要項

（２）国立高等専門学校機構：国立高専だより、創刊号 (2006)

（３）小中澤聖二：高専間教員交流に参加して、日本高専学会誌、Vol.12,No.1,6-8 (2007)

（平成１９年９月２７日　受理）

A Study on the Differences between Japanese and English Cultures in Media English

Shintaro SEKINE*

In general, it can be said that language and culture are closely linked. It could also be said that it is through language that a person first begins to understand culture. Nevertheless, misunderstandings still arise among people who use a common language but have different cultural heritages. The fact is that even people who share a common language have little idea how other individuals think and feel about each other.

Now we are well into the era of Information, and thus we can easily obtain information about things or world events through media such as TV news, newspapers, and the Internet. In those media, however, there are so many points that we need to consider in terms of the differences between Japanese and English cultures.

This paper will examine media reports regarding Daisuke Matsuzaka, a Japanese Major League Baseball [MLB] player, and explore cultural aspects which are revealed in the language used. This analysis will clearly show how deeply culture is rooted in language.

(Keywords: language, culture, communication)

I. Introduction

Communication could be defined as a transmission of understandings or the exchange of common meanings by participants using a shared symbol system like language. Communication may be established only if the communicator transmits intended meanings or understandings to the receiver(s). However, the meanings attached to words are a collective phenomenon and are representative of the groups who use the words. He/She speaks the language of his/her group and thinks in the manner in which his/her group thinks. He/She uses only certain words and their meanings. Therefore, the same word or concept may mean very different things for members of different groups. For example, Japanese often disclose only a small amount of information at a time, and give only information they feel is needed. This often annoys Americans who tend to need information more than is necessary from a Japanese viewpoint. In addition, personal opinions are usually avoided in Japan and, when forced to present them, the Japanese convey them indirectly or in ambiguous way. In contrast, Americans are ready to express a personal opinion clearly and directly. In fact, if someone asks a Japanese to do something and he/she does not want to do it, he/she may say “muzukashii”, literally translated as “difficult” in English. On the other hand, an American may say just “no” and explain why he/she cannot do it in a clear manner. This may cause misunderstandings between participants who do not have a shared symbol system. A Japanese understands “muzukashii” as meaning “no” or “not available”, and they try to avoid “unnecessary confrontation”, but if an American knows that the meaning of “muzukashii” is

* Department of General Education (English)

literally just “difficult”, he/she will think it is still available or possible. Similarly, if a Japanese is said to be “sekushii”, literally “sexy” in English, he/she may be embarrassed because “sekushii” only implies sexual phenomenon in Japanese.

The use of a particular word is a reflection of its denotative (dictionary or conceptual) meaning, in combination with its connotative (associative) meaning. Denotative and connotative meanings are influenced by a social group or an environment which a communicator belongs to or is surrounded by.

Thus, the choice of particular words or expressions by the communicator is a reflection of an indicator of the social group or the environment, in a word, “culture”. In this sense, word usage can be conceived as a cultural phenomenon and the word usage changes across cultures.

Recently, many Japanese professional baseball players have joined MLB. Some of them have had a great impact on the American media and the American media evaluate those players from a significantly different point of view to the Japanese media. Daisuke Matsuzaka, a Japanese Major League Baseball player, can be considered one of the most significant players since he has drawn considerable attention from both media.

The aim of this paper is to examine how Japanese and American media evaluate Matsuzaka, to select some words and expressions that they use to describe him, and to analyze differences in the word usages.

II. Evaluation of Matsuzaka in Japanese media reports

In observing evaluations of Matsuzaka in Japanese and American media, some differences can be seen on a game by game basis. In his Major League debut against the Kansas City Royals on April 5, 2007 at Kauffman Stadium, Kansas City, most Japanese media saw his debut as “kaito” [*1] (literally translated as great pitching), “senretsu debyu”[*2] (strong/striking debut), “akkan”[*3] (overwhelming), and so on. On the other hand, many American reports evaluated him using such phrases as “terrific performance”[*4], “striking impression”[*5], “dominant”[*6] and so on. These evaluations look similar but it turns out that there are noticeable differences between them.

(1) kaito

As mentioned above, “kaito” is usually translated as “great pitching”, or sometimes “pitch superbly/overwhelmingly” in the verbal phrase. In Japanese “kai” literally means “comfortable”, which indicates appearance or manner. In this point, “kaito” was used by Japanese media because Matsuzaka looked comfortable and seemed to enjoy himself in that game. In fact, Japanese always try to read people’s feelings and emotions in their cultural context while many Japanese want to hide their feelings and emotions in public. However, it is not easy for American (media) to read an internal part of Matsuzaka through just his appearance and behavior since they do not share the same cultural context as Matsuzaka. Therefore, American media need to evaluate him by use of statistics, and then expressions such as "terrific performance" and "striking impression" were utilized to describe his pitching.

According to Merriam-Webster Online dictionary, "performance" means "an execution of action" and "something accomplished", which are strongly associated with some "results", and "results" can be based on analysis of data or statistics. While "impression" means "a characteristic, trait, or feature resulting from some influence". With this in mind, it is reasonable for American media to use "performance" or "impression" which is related to "results" in evaluating Matsuzaka. On that day when Matsuzaka struck out ten Royals, allowing just one run on six hits and a walk in seven innings. His performance was surely deserving of the praise using the words mentioned above.

(2) akkan

"Akkan" can be translated as "overwhelming", "highlight", and so on. In Japanese "akkan" usually indicates the best part of something. For example, "akkan" is used as to describe a marvelous sequence at the end of a movie. However many Japanese media often use "akkan" for a large part of a sports event. In this sense "akkan" for Matsuzaka refers to his pitching from the beginning to the end, not just the best part of his game. By contrast, Matsuzaka's pitching on his debut was reported as "dominant" by most American media. In Merriam-Webster Online dictionary "dominant" is defined as "commanding, controlling, or prevailing over all others". If this definition is basically true for the Matsuzaka's pitching, it can be said that the American media used "dominant" because he was in total command of his skills throughout and as a result, he controlled the game.

(3) oazuke

In Japanese if someone missed or lost an opportunity to accomplish something, but he/she still has a chance, "oazuke" will be used to describe that kind of situation. Some Japanese media also used this word to refer to Matsuzaka when he missed a chance to pick up his tenth win of the season. On June 27, 2007 at Safeco Field, Seattle, Washington, Matsuzaka made great pitches to Mariners hitters, allowing three hits and a run while striking out eight. However, he did not achieve his goal in spite of his efforts. After this game, many Japanese media reported "Matsuzaka no jyu-sho me wa oazuke",[*7] usually translated as "Matsuzaka missed his tenth win". In fact Japanese media always expect him to win, and his tenth win was considered merely a small milestone. So it can be argued that "oazuke" is used appropriately here to describe his no-decision.

On the other hand, American media reported that Matsuzaka was strong that night. One American report said that "he deserved a better fate than a no-decision" and "Matsuzaka stifled the Mariners through eight innings, allowing just one run on three hits while striking out eight".[*8] This difference shows that the American media tried to evaluate Matsuzaka on the basis of the data while the Japanese media responded to expectations in Japan regarding his tenth win, although he did not live up to those expectations.

III. Evaluation of Matsuzaka in American media reports

(4) courageously

Some significant differences can also be observed on another of Matsuzaka's games. On May 26, 2007 at Rangers Ballpark, Arlington, Texas, Matsuzaka faced the Texas Rangers. Matsuzaka had benefited from strong run support in his last six starts and he was also named AL player of the week, but he had to battle more than the Rangers sluggers such as Sammy Sosa.

Matsuzaka left the game early because of nausea and gave up five runs and seven hits through the five innings. While Japanese media mainly reported that he picked up six consecutive wins though he had stomach cramps during the game, American media saw how well he did in spite of his sudden illness. The difference shows that Japanese media wanted to focus on whether he won or lost, but American media emphasized his pitching performance in the game.

For example, American media said, "but (Matsuzaka) courageously pitched on"[*9] while Japanese media claimed that "Matsuzaka go-kai, go-shitten mo roku-rensyo"[*10] (translated to "Matsuzaka picked up six consecutive wins though he gave up five runs in five innings") or "fukutsu norikoe nana-shome"[*11] ("earned the seventh win despite pitching with stomach flu"). It is clear that Japanese media basically wanted to tell the result of the game and his record, and American media were more concerned with a lively reporting of his way of pitching during the game.

(5) sufficient

In that game there was another significant difference between two media in terms of their word usages. Matsuzaka suffered from a stomach cramp during the game, but he threw eighty-five pitches in five innings. One Japanese media said that "Matsuzaka koremade-de saitan-no go-kai, saisho-no 85 kyu de koban-mo, shori-toshu ni"[*12] (Matsuzaka left the game after five innings with 85 pitches, his shortest outing and lowest pitch count of the season, but he still picked up the win). In contrast American media reported that "after Matsuzaka escaped a two-on, none-out jam in the bottom of the inning, Francona decided Matsuzaka's 85 pitch effort was sufficient".[*13] Since the word "sufficient" (usually translated to "jyubun") is defined as "enough to meet the needs of a situation or a proposed end" according to Merriam-Webster online, it can be said that Matsuzaka achieved what was expected of him as a starter. This shows that Francona, Red Sox manager, thought he exited early not because he pitched badly but because he deserved to get out. In this point the Japanese media had higher expectations than the American media had, and it seems that they were a little disappointed with his early exit although he earned the win. On the other hand, the American media was concerned about his performance regarding the number of innings pitched, runs allowed, earned runs, hits, bases on balls, strikeouts, home runs, walks, pitch counts and so on. Then they concluded that Francona believed Matsuzaka had done enough for the night.

From this point of view, it can be argued that use of the word "sufficient" tells us that the Japanese media expected more of Matsuzaka than the American media. The American media considered his pitching as satisfactory for the purpose which was to complete five innings.

(6) efficient

Clear differences can be seen on May 30, 2007 at Fenway Park, Boston, Massachusetts. Matsuzaka was expected to dominate Cleveland hitters and pick up his eighth win in the game. Matsuzaka was strong early on, but left more pitches over the plate than the opponent pitcher. As a result, he allowed four runs and twelve hits, and took his third loss of the season before completing six innings.

Japanese media mentioned that Matsuzaka allowed his season-high twelve hits and emphasized that he had had his seven-game win streak snapped. On the other hand, American media described Matsuzaka as follows: "Dice-K was putting together an effective, if not efficient, outing against the Tribe through four innings of work."[*14] In English "effective" contains a sense of "result", so it can be said that the American media thought Matsuzaka pitched OK for the first four innings of the game. From these points, it is clear that the American media tried to show how he pitched that night while the Japanese media merely reported the result of the game. In fact the American media use of the word "effective" indicates that they evaluated his scoreless innings.

IV. Cultural differences between Japanese and English through media reports

A people or a race tends to think according to their own cultural patterns or codes. When a Japanese expects something from an American, expectation is based on experience in his/her own culture. Thus, misunderstanding is likely to occur because he/she will be naturally conditioned by the Japanese way of thinking. This Japanese thought process may appear unfathomable or even strange to the American. The reverse is also true.

In fact Japanese tends to be vague and suggestive, and this holds the writer or editor in media back from expressing things explicitly or specifically and relies on the reader interpreting the meaning or feeling. English is expressive, complete, specific, and precise. In the media the writer or editor, not the reader, is important. Many believe that English communication is conveyed by clearly stated and accurately described meanings that communicate precise attitudes and feelings. In this sense it can be argued that interpretations are of prime importance in Japanese and words are of prime importance in English.

From this point of view, words or expressions in Japanese and English must be assessed within the context of the different ways of thinking or feeling toward things or events.

In the case of the evaluations of Matsuzaka's performance in Japanese media reports, the important point is interpretation by the reader. It seems that "kai" of "kaito" and "akkan" sound suggestive and sometimes implicative since "kai" means literally "good feeling" or "comfortable", and "akkan" implies the best part of the things or events. However it is difficult to use those words in their Japanese meanings if someone can not see the facial expressions, mannerisms or behavior of Matsuzaka. It largely depends on the interpretations of the readers or viewers. Expectations, not interpretations, are essential for using "oazuke" in Japanese. Compared to the previous two words, "oazuke" sounds cognitive because it is believed that a mental picture of his tenth win had already been formed in the minds of his Japanese fans.

In contrast, evaluations of Matsuzaka in American media reports are words or statements that mainly reflect data or statistics. It can be said that "sufficient" and "effective" sound specific and precise although "courageously" is descriptive. The word "sufficient" indicates a quality that can fulfill a requirement, and "effective" one that produces some results. It is claimed that data or statistics usually reinforces the sense of requirement and result. So it is reasonable to say that use of the words "sufficient" and "effective" for Matsuzaka is specific and precise. The word "courageously", which is descriptive, was used for Matsuzaka because he obviously displayed courage in the face of adversity. In short, the courageous manner in which he pitched was clear and explicit.

V. Conclusion

In this paper I analyzed cultural aspects which are highlighted by language and I explored the differences between Japanese and English language usage through analysis of reports on a Japanese pitching star by Japanese and American media.

As I claimed in my previous research paper, misunderstandings occur because people do not usually realize that the language that they choose to use in their daily lives reflects the thoughts, beliefs, and social values which their culture has imprinted upon them. Therefore, to simply assess things or events that occur around them through the surface meaning of language is a profound failure to realize how deeply culture is rooted in language.

Japanese who are accustomed to suggestive or implicative expressions claim that they would avoid complete and accurate communication, and leave ambiguity in their opinions or ideas. On the other hand Americans who are used to specific or precise communication assert that they would state things clearly and completely to facilitate such communication and create an unambiguous path for shared understanding.

As shown above, there are significant differences between Japanese and English in terms of language and culture, and those are strongly influenced by the Japanese and English way of thinking. From this point of view, connotative and denotative differences of the words have to be carefully analyzed and their value and significance weighed. Misunderstandings between Japanese and English speakers can never be resolved otherwise.

Notes

*1 Nikkansports.com (April 7, 2007)
[http://matsuzaka.nikkansports.com/news/p-bb-tp2-20070407-181165.html]

*2 Major.jp (April 6, 2007)
[http://mlb.yahoo.co.jp/score/?gid=2007040604]

*3 Yomiuri Online (April 6, 2007)
[http://www.yomiuri.co.jp/sports/feature/matsuzaka/ma20070406_01.htm]

*4 Nicholl, Conor MLB.com (April 5, 2007)
[http://mlb.mlb.com/news/article.jsp?ymd=20070405&content_id=1881119&vkey=news_bos&fext=.jsp&c_id=bos]

*5 Browne, Ian MLB.com (April 5, 2007)
[http://boston.redsox.mlb.com/news/article.jsp?ymd=20070405&content_id=1881110&vkey=news_bos&fext=.jsp&c_id=bos]

*6 Browne, Ian MLB.com (April 5, 2007)
[http://boston.redsox.mlb.com/news/article.jsp?ymd=20070405&content_id=1881110&vkey=news_bos&fext=.jsp&c_id=bos]

*7 Sponichi Annex (June 28, 2007)
[http://www.sponichi.co.jp/baseball/flash/KFullFlash20070628000.html]

*8 Brown, Patrick MLB.com (June 27, 2007)
[http://mlb.mlb.com/news/gameday_recap.jsp?ymd=20070627&content_id=2052379&vkey=recap&fext=.jsp&c_id=sea]

*9 Daley, Ken MLB.com (May 25, 2007)
[http://mlb.mlb.com/news/gameday_recap.jsp?ymd=20070525&content_id=1985633&vkey=recap&fext=.jsp&c_id=bos]

*10 Sports Hochi (May 27, 2007)
[http://hochi.yomiuri.co.jp/feature/baseball/matsuzaka/news/20070527-OHT1T00079.htm]

*11 Sponichi Annex (May 27, 2007)
[http://www.sponichi.co.jp/baseball/news/2007/05/27/11.html]

*12 Sports Hochi (May 27, 2007)
[http://hochi.yomiuri.co.jp/feature/baseball/matsuzaka/news/20070527-OHT1T00079.htm]

*13 Daley, Ken MLB.com (May 25, 2007)
[http://mlb.mlb.com/news/gameday_recap.jsp?ymd=20070525&content_id=1985633&vkey=recap&fext=.jsp&c_id=bos]

*14 Castrovince, Anthony MLB.com (May 30, 2007)
[http://mlb.mlb.com/news/gameday_recap.jsp?ymd=20070530&content_id=1995614&vkey=recap&fext=.jsp&c_id=cle]

Bibliography

Ikegami, Yoshihiko (1998), *Bunka kigo ron.* Tokyo:Kodansya gakujyutsu bunko

Ishii, Satoshi (1990), *Ibunka Communication.* Tokyo:Yuuhikaku-sensyo.

Sekine, Shintaro (2007), *A Study on the Differences between Japanese and English Language Cultures.* Research Reports of Tokyo National College of Technology No.37(2). pp.35-44.

Yamagishi, Katsuei (1992), *Aspects of Modern British and American English I.* Tokyo:Kobian-shobo

Yamagishi, Katsuei (1995), *Aspects of Japanese-English Languages and Cultures.* Tokyo:Kobian-shobo

Yamagishi, Katsuei (2004), *Hyaku-go de manabu eigo no kokoro.* Tokyo:Kenkyusya

Advanced Favorite English-Japanese Dictionary. Tokyo:Tokyo shoseki.

Advanced Favorite Japanese-English Dictionary. Tokyo:Tokyo shoseki.

Macmillan English Dictionary. Oxford:Macmillan Publishers Limited.

Merriam-Webster Online Dictionary [http://www.merriam-webster.com/]

Super Anchor English-Japanese Dictionary. Tokyo:Gakusyu kenkyusya.

Super Anchor Japanese-English Dictionary. Tokyo:Gakusyu kenkyusya.

WordNet 3.0 [http://wordnet.princeton.edu/]

(Received September 27, 2007)

徳育としてのリスクコミュニケーション

――技術者倫理教育のために――

川　北　晃　司*

Risk Communication as Moral Education

――For the Teaching of Engineering Ethics――

Koji KAWAKITA

While most textbooks of engineering ethics refer to some topics of risk assessment and risk management, that of risk communication does not seem discussed squarely. Risk communication is worth being taught more in detail because we expect engineers to be better, more reliable risk communicators. In this paper, therefore, I collected and commented on some interesting cases and proposals so that we can put them into use in the training of engineering ethics. Other merits of this paper are, for one thing, its focus on the sociological theory that respects "Erzeugung von Unsicherheit" (N. Luhmann), and for another thing, its explicit expectation that the practice of risk communication should add to some moral powers of those risk communicators in the long run.

(Keywords: risk communication, engineering ethics, uncertainty, understanding)

序言

内外の技術者倫理教科書の多くはリスク評価とリスク管理に言及しているが，リスクコミュニケーションについては，比較的手薄なのが実状と思われる．しかし，技術者には今後一段と，リスクコミュニケーションという，公共の場に臨んでの活躍が期待されてよい．したがって，リスクコミュニケーション論の教育意義はかなり大きいと考える．そこで以下に，とくに興味深いと思われる事例・情報を諸文献から抽出し，新たな考察も加え，今後の技術者倫理教育に役立てたい．なお，"大いなる合意"よりも，むしろ"不確実性の生成"にこそリスクコミュニケーションの効果を期待する，社会学的な一視点を本稿は重視する．リスクコミュニケーションの実践が，当事者の誠実さや公正さや共感力らを育む，徳育として結果的に機能することの期待表明も本稿の一特徴である．

1．用語意味

リスクという外来語は近代的な精神と結びつきが強く，十七世紀頃に登場した比較的新しい言葉である．たんなる危険とちがいリスクは，人間が進んで何かに挑戦するという含意を特徴とする．リスクは，自由ないし未決定さと概念的関連をもつ．「科学技術が進み，人間の手にする自由・可能性が増せば増すほど，リスクは増えるというアイロニー」が指摘されるゆえんである．(1)

語源的には，リスクは受動的な危険ではなく，行為者が自ら危険を認知しつつ，あえてその危険に挑むという，能動的な意味を有するわけであるが，一般には，リスクは危険に遭遇する可能性(したがって非確定性)をいう．厳密にはリスクの大きさは，事象の生起する頻度と，望ましくない結果の大きさの程度の，積として表される．これらのリスクには，主として人為起源のリスクもあれば，また台風，地震，紫外線などの自然起源のリスクもある．

＊一般教科（人文社会）

一方，コミュニケーションの語源は“共有する”の意であり，コミュニケーションは“相互理解のために参画者がたがいに情報をつくり，分かち合う過程”と定義可能である．

したがって，リスクコミュニケーションはまさに，上記のリスクについての情報をつくり，分かち合う過程である．大切なのは“つくり合い”，“分かち合い”であり，専門家から非専門家へのメッセージの一方的な伝達ではないことだが，リスクコミュニケーション概念が成立し普及する歴史的背景を，まず確かめることにしよう．

2．歴史背景

リスクコミュニケーションという用語は，1980年代後半から欧米で使われ始めた．リスク情報をどのように伝えるかということについては，1980年代前半から議論が高まったが，用語定着を見たのは1980年代後半，米国研究評議会(National Research Council)による．

リスクコミュニケーションはリスク情報の相互作用過程ともいえたが，この相互作用過程には，吉川肇子(慶応大学)によると次の2種類のメッセージが含まれる．1つは，リスクの性質についてのさまざまなメッセージ（リスクメッセージ）である．もう1つは，厳密にはリスクそのものについてではなくて，リスクメッセージに対する，または，リスク管理のための法律や制度の整備に対する，関心，意見，および反応を表現するメッセージである．商品を安全に使うための情報や，工場や企業の環境報告書などは，企業から消費者へのリスクメッセージの例といえる．これに対して，消費者から企業への問い合わせや，地域住民から行政への要望は，関心を表現するメッセージということができる．両方のメッセージが行き交うことで，“相互作用的”過程が実現するわけである．

リスクコミュニケーションにおいては，科学者や行政，企業などのリスク専門家が情報を独占するのではなく，一般市民も情報を共有し，また情報を発信すると考える．マスメディアやNGOなども，重要な利害関係者としてコミュニケーション過程に参加する．こうした考え方には，次に述べる社会の変化が反映している．

1970年代頃から，さまざまなリスクが社会的に大きな関心事となってきた．公害や薬害，製品事故，環境問題，自然災害の被害の拡大などである．リスク問題が増大することは，リスク削減にかかる費用が増えることにつながる．しかし，すべてのリスクに対して万全の対策をとれるように費用をかけることはできない．“どの分野に対策費用を投じるべきか”を考えねばならない．その判断のためには，何らかの基準となるものがほしい．それが各分野に共通する指標であればなおよい．自然災害のリスクも，科学技術のリスクも，すべて同一の指標で表現することができれば，その指標の高いリスクについて，重点的に費用を投じてリスク削減を行うことが，合理的であるように見える．こうした状況が，“リスク評価”(risk assessment)を必要とする背景にある．

ここでリスクは，被害の重大性（hazard）とその生起確率の積として定義される．これは期待値の考え方でもある．たとえば，1つの事故で何人が死ぬのか（死亡者数）と，その事故の起こる確率をかければ，リスクが計算できる．このようにリスクを期待値として捉える考え方は，保険の分野では伝統的に用いられてきたものである．

しかし，一方でリスク専門家でない人々が，専門家とは異なる判断基準を用いてリスク評価をすることが，現実問題として浮上してきた．こうしたリスクの主観的なとらえ方を“リスク認知”(risk perception)という．一般の人々が，専門家と同様にリスク認知をしないのであれば，専門家がいくら自分たちのリスク評価をリスクマネジメントに生かそうとしても，人々には受け入れてもらえないことになる．このことがリスク認知の“バイアス”(bias，ゆがみ)として，問題視されるようになった．

そこで，こうした専門家の問題意識が，「どうすれば人々にリスクを理解してもらえるのか」という，コミュニケーション技術を必要とすることとなった．これが，1980年代のリスクコミュニケーションという考え方へとつながるわけである．

リスクコミュニケーションが生まれる背景として，人々の考え方の変化も重要である．それは，社会の変化と密接に関係する．それは，1960年代から盛んになってきた消費者運動や，人々の知る権利の尊重などの社会的な価値観の変化である．相次いだ科学技術の事故も，「はたして専門家はリスクを適正に管理し，判断しているのか」という人々の疑念を招いた．また，地域の経済的な格差

の拡大と関係が深いが，リスクが特定地域に偏るという問題も大きくなってきた．地域住民の十分な了解を得ずに，原子力発電所や廃棄物処理場などの施設が特定の地域に集中して建設されるようなことが問題視されるようになってきた．そこで，専門家とともに，一般の人々，あるいはNGOやマスメディアなどの多くの利害関係者が，リスクについての意思決定に参加することが求められるようになったわけである．

この変化は，直接的には公害の減少などのリスク削減として，間接的には制度の変更や整備などのよりよいリスクマネジメントのシステムが整うという結果につながってきた．制度の変更や整備の例としては，自動車のリコール制度，製造物責任法の施行などがあげられる．(2)

日本において1990年代前半までリスクコミュニケーションという用語が多用されたのは，原子力発電所をめぐる問題においてであったが，最近はむしろ化学物質を取り扱う企業に，より多く使われるようになった．そのきっかけの一つがPRTR制度（Pollutant Release and Transfer Registers《環境汚染物質排出・移動登録制度》）の導入である．1992年に地球サミットで提言され，1996年にはOECD評議会の勧告がなされた．その勧告にそって，平成11（1999）年7月，「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律」（通称：PRTR法）が公布されるに至り，リスクコミュニケーションは，化学物質を取り扱う企業の重大な関心事となった．

関連業界においても学会においても，PRTR関連の研究会が盛んに開かれるようになったが，現在かならずしも，その全てが適切な方向に向かっているとは限らないといわれている．有害な化学物質を取り扱っているという情報を開示することによって生じる，誤解や攻撃などへの恐れから，できることなら対策の進んだ面だけを強調し，都合の悪い面は隠したいと考える関係者も少なくないと聞く．そう考える人々にとってリスクコミュニケーションは，法に対処する技であって，自分（あるいは所属する組織，集団）をより都合よく思ってもらうための手段なのである．しかしその方向は，「かつて多くの原子力発電関係者が選んだ道であり，そして行き詰まった道」（別府庸子）であった．(3)

それでは原子力発電関係者はその後，どのような道をえらび直したのか，最近の事例を見てみよう．

3．最近事例

原子力発電関係者に限らず専門家は，リスクコミュニケーションの場においても，専門的技術用語（専門家の知識の大半）を使い，専門家が重要だと考える内容（社会的必要性，有用性，コントロール可能性，経済的メリット）を伝えることに注力しがちであった．しかし，このような情報は，住民にとって本当に求めている情報ではなかった．所属組織への忠誠心や利害関係による心理的バイアスもあって，これまでの専門家の情報にはデメリット・マイナス面・リスクに関わる情報は含まれにくかったので，住民から信頼されることも難しかった．したがって，まず専門家の発信する情報から改善すべきである，という問題意識が生じたのは，自然なことであった．(4)

そうした問題意識のもとで，財団法人電力中央研究所（電中研）が中心となって，新しいプロジェクトが立ち上げられた．「原子力技術リスクC^3（シーキューブ）研究：社会との対話と協働のための社会実験」と名づけられたそのプロジェクトは，東海村で住民・行政・原子力事業者が参加するリスクコミュニケーションの社会実験を行うことになった．研究プロジェクトでは，行政・事業者とのコミュニケーション機会が少ないこと，「言っても何も変わらない」という村民の意識が強いことをとくに問題視し，自発的な参加者によるリスクコミュニケーションの場として「東海村の環境と原子力安全について提言する会」を設置した．専門知識のない住民が原子力事業所を見て回ることについて，一部メンバーは懐疑的であり，また事業所側も素人の意見を聞こうとはしないのではないかとの意見も出されたが

- 現場を実際に見ることは住民にとって有用
- 安全にはいろいろな視点がある
- 住民の目があることが事業所の意識を変える
- 住民が動くことで行政が変わる

といった効果が期待されることから，住民による原子力事業所の安全対策を視察する活動を推進していくことが決まったという．

視察プログラムは，従来の施設見学と一線を画すため，実施にあたってつぎの条件を設定した．

- 事業所職員に質問したり，安全対策について議論したりする時間を十分とる
- 結果をまとめ，公表するとともに，提言や要望事項については，事業所からの返答をもらう
- 継続的に実施する

実施にあたっては，実行委員会（平成16年度より視察ワーキングと改称）を設け，視察場所やスケジュール等について事業所側と最低2回の協議を行った．また，できるだけ議論する時間を多くするために，視察前に「提言する会」会合で事業所からの事前説明を受けることにした．

第1回視察は，平成15年10月20日に核燃料サイクル開発機構東海事業所の再処理工場および放射性廃棄物処分施設を対象に実施された．第2回視察は，平成16年6月14日に日本原子力発電（株）東海発電所廃止措置を，第3回視察は，平成16年7月26日に同社東海第二発電所を対象に実施している．

市民が原子力事業所の安全について何を重視し，何を懸念しているかは，視察当日の議論，視察レポートに反映されている．市民と事業所との見解の違いは，第一に，労働安全衛生をどの程度重視するかということであった．視察参加者は再処理工場における放射線安全管理について「十分行われている」と発言している．しかしながら，再処理工場内の労働安全衛生については，平常時の業務に慣れた従業員を対象にしており，緊急時や不慣れな従業員の問題があまり考えられていないことが指摘された．これは，どんなリスクを評価するかについて，市民はより広い視点でみていることを示す一例である．サイクル機構では，視察参加者の指摘を受けて，「見慣れた目では気づかない点を指摘していただいた」と述べ，早急に対処できるものについては対応をとったという．

第二の問題として，リスク管理の十分さをどのように判断するかがあげられる．サイクル機構は，いくつかの視察参加者の指摘に対して「基準を守っている」「法律や規制にのっとっている」ので安全対策は十分と判断していると述べた．しかしながら，視察参加者からは，「基準ではなく，自ら考えて十分安全だと判断したのか」との意見が出された．

以上は一例であるが，原子力事業所のリスク評価やリスク管理が放射線安全を中心にしているのに対して，視察参加者側は事業所全体の安全管理や労働安全衛生，ハード面の安全管理だけでなく組織や人の問題を懸念するなど，広い視野で考えていることが示されている，というのが電力中央研究所員らの所見であった．

こうした所見は，他の多くの識者たちによっても共有されているものと思われる．実際そうした分析と提言の例を以下に示そう．

4．リスクコミュニケーションの諸提言

リスクコミュニケーションは，リスクマネジメントのための一技術たる面をもっている．こうして，「リスクコミュニケーションはリスク情報を共有して適正なマネジメントを行うことによって，予想されるリスクを回避，予防・防止し，生じた場合の被害を軽減させるためのものである」との一理念が成立し得る．(5)

そのリスクマネジメント業務に長年携わってきた野口和彦（三菱総合研究所）は，1998年に以下のような興味深い指摘をなしていた．「我が国の技術者は，（中略）職人堅気と呼ばれるまじめさと情熱で自分の担当するシステムを運営してきた．そのことが，かつての日本の安全神話に大きく寄与してきたことは間違いない．しかし，それが担当者主義であり，安全の縦割りの弊害，システムとしての総合的判断の必要性から，今大きな変化を要求されてきている．（中略）想定できるリスクの全てに完璧に対処する事は不可能である．最も慎むべき事は，対処可能な事象しか想定しないというこれまでの姿勢である．」(6)

最後の二命題の論理関係が若干見えにくい．「想定できるリスクの全てに完璧に対処する事は不可能である．だから，完璧な対処ができなくてもやむをえない．しかし，被害の拡大防止のためには，たとえ未然防止は不可能でも全ての事象を想定しておくべきだ」の意であると一応，ここでは解釈しておきたい．

というのも，野口は，我が国の企業・組織の安全に対するこれまでの考え方の特徴を，以下のように整理していたからである．

① 規制に対する信頼度や依存度が大きく，企業独自の判断基準を持っていない企業が多数である．規制自体も，仕様規定が多く，最近のグローバルスタンダードに見られ

る性能規定は少ない．

② 安全担当は，各施設の担当者である場合が多く，システム全体を統括できる人が少ない．

③ 絶対安全を目指すとされている場合が多く，定量的な安全目標を掲げたり，安全の限界を明示したりしているシステムは少ない．

④ 安全の重点が未然防止であり，拡大防止という視点が少ない．

⑤ 安全研究は，研究・担当毎の研究が並列して進んでおり，より深くというところに重点がおかれている．安全という分野自体は確立しておらず，個々の専門研究・技術を集合して安全を担保しようとする方式である．システム全体としての評価指標や安全レベルに関する研究は少ない．研究投資やその結果の採用に関して，横並び，前年度対比，経験主義的な傾向が強い．

⑥ 経営と技術・研究が直結しておらず，経営判断の中にシステム的最適化や技術的定量指標を取り込む仕組みができていない．

以上であるが，また野口は，パブリックアクセプタンスをとる際に重要となるリスクコミュニケーションの原則については，以下のように記していた．

① 事実を伝える
② 過去との違いを明確にする
③ 規則の考え方を明確にする
④ 聴衆を選ばない
⑤ 欲しがっている情報を与える

このうち③「規則の考え方」の解釈が難しい．学生たちに考えさせて発表させ，相互批評させてもよいだろう．筆者としては以下のような一連の命題として解釈してみた．すなわち，安全管理上の諸規則がきちんと考案されていること．その規則は地域住民にとっても従業員にとっても必要なものであるがゆえに，存在していること．法規則には安全関連規則以外にも各種あって遵守せねばならないこと．そうしたすべての法規則を最大限整合的に守ろうと考えていること．そしてその考えを対外的にも明確に示すこと．ただし法規則は社会的要請に応じて適宜可変的であること（さもないと,「法令遵守」が日本を滅ぼす，という類の，貴重だが反動的な見方が強まることになる）．以上のような考え方である．

野口は論考をつぎのように締めくくっているが，これは非常に大事な視点である．すなわち彼によれば「技術者は，本来提示された目的を実現する手段の開発に力を注ぐ形で仕事をする機会が多く，また，自分の領域以外には関心を示さない場合が多々見られる．しかし，安全に関しては，これまでの立場を大きく変えて，技術者から経営者に対する積極的な提言が必要である」(7)．

ここからわれわれは，リスクコミュニケーションに関して，それが対外的にばかりか対内的に，とりわけ経営陣に，積極的に行われるべきであることを学びたい．(8) これはリスクコミュニケーションに関する日本の文献では意外と指摘が少ないが，非常に重要な一論点であると考える．なぜなら，企業におけるリスク管理の最高責任者・最大権限者は，経営者だからであり，そしてその経営者に専門的リスク情報を上げるのは，技術者の責任だからである．

しかし，技術者はリスク情報を伝達する前にまず，みずからのまちがった思い込み(もしあれば)を排することから始めるのがよいだろう．インターリスク総研の三島和子と小林誠によれば，リスクコミュニケーションには次のようないくつかの誤った思い込みがあるという．(9)

（1） 詳しく説明すればするほど理解が得られる．
（2） たくさんの情報を提供すれば理解が深まる．
（3） （(1)（2）とは逆に）情報を出すと無用の不安を招く．
（4） 化学物質のリスクについては科学的に大部分解明されている．
（5） 専門家は科学的に客観的にリスクを判断している．
（6） 一般の人々は科学的なリスクを理解できない．
（7） マスコミの情報は信頼される．
（8） 一般の人々はゼロリスクを求めている．

これらがそもそも“誤った思い込み”であることはまた別に論証される必要があるが，一般の人々は，自分やその家族，親しい人々，自分が住む地域がそのリスクによって被害を受けないかに

関心があり，そうした関心にまずこたえ，リスクコミュニケーションの誤った思い込みを排除しながら，コミュニケーションを進めていかなければならない．

そう説く三島らは，たとえば電磁界リスクのリスクコミュニケーションにおける具体的な留意点を次のように記している．

（1） 電磁界のリスクはゼロではないと専門家も認めていることを明らかにする．

（2） 電磁界に伴うリスクと便益を同時に提示する（「絶対安全」は禁句）．

（3） リスクメッセージの送り手に対する信頼感を醸成する．

（4） 特に情報を欲している人々に情報を提供する（関心層は子供を持つ女性や学校関係者かもしれない．どうせわからないだろうという先入観や思い込みは捨てるべきである）．

（5） リスクメッセージを発信するだけで自己満足に陥らない（情報の受け手が疑問や意見，感想などを表明しやすいシステムを整え，真摯に対応する）．

（6） 継続的に情報提供する．

これらは電磁界リスク以外の事例にも応用可能な留意点であり，とりわけ（3）の“信頼感”が重要になると思われる．なぜなら，リスク情報によって引き起こされる不安には，リスクマネジメント責任者への信頼が深くかかわってくるからである．リスクをしっかりと管理することは必要条件であるが，それだけで信頼が得られるものではない．リスクそのものは小さくともリスク情報の表現しだいでは大きな不安や混乱がもたらされるのと同様に，リスク管理状況に大きな問題はなくとも，管理機関に関する情報次第で信頼は大きく損なわれるのである．そして，リスク管理機関への信頼が損なわれている状況では，リスク情報は人々に大きな不安をもたらし，その結果，社会的にも多大な混乱とリスク対策コストを課することになる．中谷内一也（帝塚山大学）らも指摘するように，それを負担するのは，結局，社会を構成する個々人なのである．そもそもリスク管理者に対する人々からの信頼の欠如は制度的な監視や制裁の強化をもたらし，“リスク管理者の管理”のためのコストを増大させてしまう．[10]

リスクコミュニケーションにおいて最も大切なことは相互の信頼であり，信頼を得るために必要なことは，問題解決に対する十分な知識，経験または権限などの面と，人柄，特にその問題に打ち込んでいるという姿勢であるといわれたりする．信頼を得るためには，日常的な努力が必要である．ひとたび信頼を失うとなかなか回復しない．また，リスクコミュニケーションを成功させるためには，早い段階での当事者との接触が望ましい．物事の結論が出た時点よりも，結論を出す過程での協働がより重要である．[11]

さらにいえば，教育がある．「世の中にゼロリスクは存在しないこと，また物事をリスクという概念で考え，判断することなどの教育が必要であり，この意味で，専門家も，よりわかりやすいリスクメッセージを作成する能力が問われている」と北野大（淑徳大学）は指摘している．[12]

北野らの提言をまとめると，リスクコミュニケーションを成功させるために最も大切なこととして，

1）相互の信頼性の確立

2）early involvement

3）risk communicator の養成

がある．1）については，日常的なコミュニケーションの場をもつこと，2）については，対策，方針を最終決定する前に利害関係者に情報を提供し，協働(partnership)の考え方で進めること，3）については，むずかしいことをやさしく表現できる能力と人間的な魅力（人柄）をもった人材の育成が必要であると説かれる

信頼されるリスクコミュニケーターになるためには，何に注意すべきか，広瀬弘忠(東京女子大学)の所見も参考になる．[13] すなわち，リスクコミュニケーションの送り手側が，科学的なメッセージの発信者で，かつ中立な立場を保持していればいるほど受け手によって信頼される，という事実が判明したという．リスク情報の提供者，すなわちリスクメッセージの送り手への信頼感が，リスクコミュニケーションの成否を左右する．リスクメッセージの送り手が科学者などの専門家で，かつ中立の立場に立っていると見られるとき，受け手はメッセージの内容を信用して，それを受け入れる傾向がある．また，リスクメッセージの送り手が，受け手の態度や行動に影響を与えようとす

る意図が露骨すぎると感じられる場合には，メッセージは,受け手によって拒否される傾向がある．さらにまた，リスクコミュニケーションは，送り手が自分たちの利益をはかるためではなく，かえって自分たちの威信の低下や経済的損失などを度外視して行われていると見られるとき，受け手側からより信頼されるのである．

“中立的立場”というのがここでの鍵であろうが，しかし多くの場合，社会的立場がそれを許さない．実態とはかけ離れた中立性の偽装は反倫理的ですらある．だが，こちらから歩み寄ることは可能だし，それが正しい．というのも，リスク情報を社会で共有して，リスクを民主的に管理するというリスクコミュニケーションの精神を理解していなければ，公共的話し合いは失敗すると考えておいた方がよいからである．

それでは，優れたリスクコミュニケーターが遵守すべき，一般的ルールの例を以下に挙げよう．米国公衆衛生総局(U.S.Public Health Service)のホームページを見ると，その Prevention report, February/March 1995 と題する記事のなかで，米国環境保護局(U.S.Environmental Protection Agency)の提案による，リスクコミュニケーション遂行に当たっての“七大規則”(Seven Cardinal Rules)なるものが見出せる．すなわち，

1. 公衆を適切な一協働相手と見なして受け入れ関われ(Accept and involve the public as a legitimate partner.)
2. 入念に計画し，そして自己の努力（の成果）を評価判定せよ(Plan carefully and evaluate your efforts.)
3. 公衆が特に何を懸念しているのか傾聴せよ(Listen to the public's specific concerns.)
4. 正直，率直，公明であれ(Be honest,frank,,and open.)
5. 信用の置ける他の情報源と協調，協力せよ(Coordinate and collaborate with other credible sources.)
6. メディアのニーズに応えよ(Meet the needs of the media.)
7. 明確かつ同情的に語れ(Speak clearly and with compassion.) (14)

なぜこの七つなのか，そしてこの順序に込められた意味は何か，論じ合うのとよい．まず教師が教室でランダムにこの七つを示した後，各自が何らかの基準で並び替えるよう指示して，その理由を考えさせてもよいだろう．この七つとその順序が唯一の「正解」例ではないことが判明するだろうが，ここでは2番目に挙げられたような「入念な計画と事後評価」の必要性は,やはり強調に値する．リスクコミュニケーションは，それ自体が目的のたんなるコミュニケーションとはちがい，やはりひとつの戦略的行為（現代ドイツの社会学者J.ハーバーマスらの言う strategisches Handeln）だからである．

しかしこの種の（いずれも道徳的といってよい）ルールに基づくリスクコミュニケーション習慣が，結果的に当事者をよそでもいくぶん道徳的にすることは，期待されてよいことだろう．アリストテレスやモンテーニュが言いそうなことだが，よき習慣（並びにそのよき見本）が道徳(心)を生み，そして今度は道徳が人を習慣づける力にもなる．こうして人は有徳者としてつくられ，また彼ないし彼女とコミュニケートする人々も多少とも徳化する傾向をもつだろう．

“徳育としてのリスクコミュニケーション”という本稿のタイトルは，こうした予想ないし期待を表現したものである．

さきの“七大規則”とは独立に表明されたもので，したがって明確な論理的対応関係は存在しないが,“公衆とのコミュニケーションで問うべき十問”(Communicating With the Public:10 Questions To Ask)と題する，C.チェスらによる以下の一連の問も参考になるだろう．

1. なぜわれわれはコミュニケーションしようとしているのか
2. われわれの聞き手(audiences)はだれか
3. われわれの聞き手は何を知りたいのか
4. われわれは何をわかってもらいたい(want to get across?)のか
5. どのようにわれわれはコミュニケートするか
6. どのようにわれわれは傾聴するか
7. どのようにわれわれは応答するか
8. 諸計画の実行者は誰で，実行時期はいつか
9. どんな問題ないし障害をわれわれは想定(planned for) してきたか
10. われわれは成功を収めたか

これらについては，専門家による自問自答用のチェックリストとしてのみ最初は考えていたが，“われわれ”を“貴方がた”に置き換え，聞き手に対しても発問可能なものがあることに筆者は考え及んだ.[15] というのも，行政やリスクコミュニケーションへの参与の機会が，人々(われわれ)の単なる私利私欲（組織益）を社会に強制する手段に堕するとしたら，それは人々（われわれ）の本意ではないだろうからである.

5．リスクコミュニケーションの諸限界

なるほど社会心理学の研究成果は，一般の人々がリスク専門家とは異なるリスクのとらえ方をすることを明らかにしている．リスク認知の“バイアス”である．しかし専門家にもバイアスないし弱点があることを忘れてはならない.[16]

吉川肇子らによれば，以下は，一般人に代表的なリスク認知のバイアスである．その第1は，生起確率の小さいリスクについては過大評価をする一方で，生起確率の大きいリスクについては過小評価をするという傾向である．このことは，年間死亡者数を推定させて，それを実際の死亡統計と比較することで明らかになる．第2は，個人的なリスクを過小評価するということである.これは，楽観主義バイアスとして知られている．危険なことはまさか自分には起こらないだろうと考えるということである．リスク問題について議論されるときに，しばしば「人々のリスク認知が高すぎる」（人々が心配しすぎる）ということが，科学者や行政などから主張されることがあるが，現実はむしろ逆だという．電気製品についている注意書きを読まない，危険な使い方をするなどのいわゆる不安全行動も，こうしたリスクを甘く見る楽観主義バイアスにもとづくとものと考えられる．

一般人は専門家が用いるリスク評価基準以外の基準を用いて，リスク認知をしがちであり，専門家はそれを“非論理的である”とか“感情的である”として，取り合わなかったり否定したりしがちであった．このようなリスク認知のバイアスを改めるには，一般の人々の科学的な知識水準をあげればよいと考えられてきた．このことは端的に「啓蒙」ということばで表される．しかし，そうした試みは現実にはそれほど成功しなかった．

その理由はいろいろあるあるだろうが，１つには，リスクは多種多様であるために，そのすべてについて専門家と同程度の知識をもつことが不可能なことがあげられた．プロといえども専門外の知識についてはその習得が容易でないことを考えれば，こうした考え方にほころびがあることは十分予想された．

また，リスクコミュニケーションは，科学的事実だけが情報としてやり取りされるわけではない．そこに人間が介在している以上，送り手の専門家が，知識のない人々のリスク認知を間違ったものとして見下す姿勢でコミュニケーションしていては，誠実さが疑われ，信頼を得ることは難しい．「たとえ科学的知識がないと自覚している人であっても，相手から“非論理的だ”と決めつけられては，その話を聞く気になれるとは到底思われない」（吉川肇子）のである

専門家のリスク評価が必ずしも客観的で正しいものではないということも，人々の間で実感されるようになってきた．専門家が周到にリスクマネジメントの計画を立て，その削減に努力したとしても，人間はミスを犯すかもしれないし，間違いも起こりうる．こうしたことは，ヒューマンエラーの問題としてシステムに組み込まれてはいるが，十分とはいえない．事故やミスは往々にして，専門家の想定外のところで起こる．JCO の例もそう．専門家は人間にまつわるエラーを過小に評価しがちである．また，本来科学的真実であるはずのリスク評価も，どういう測定器具や測定方法を用いるのか，あるいはどういう予測モデルを採用するかなどの前提によって，容易に変化する．

こうして，一般市民だけがリスク認知のバイアスを持っており，それを改めるべきだという考え方は，徐々に否定されるようになってきた．リスク問題には「正解」はない．人々のリスク認知の特徴について知っておくことは重要だが，だからといって，それを「バイアス」としてはねつけるのでは，コミュニケーションは成り立たない.「お互いの価値観や意見に配慮しながら，合意を目指していくことが求められる」と吉川肇子はまとめている．

ただし,「合意」という概念の無条件な称揚には，合意が得られていないのも事実である．吉川らがこの「合意」という言葉で一番伝えたかったこと，それは「リスクコミュニケーションはリスクについての知識を伝えるための単なる広報技術ではな

いし，まして特定の科学技術の受容を目的とした説得手法でもない」ということかと思われる．たとえ「合意」と言うにしても，何に関する，何のための，何を経ての合意であるかが大事なのである． 合意と言っても，大きな限界がある．

それは過去の貴重な経験が教えている．従来型の説得的リスクコミュニケーションにおいては，受け手に専門家・推進者の意見や主張を受け入れさせることが目的であり，それが達成されることをもって成功とみていた．しかし，この一方的な説得型のコミュニケーションはかならずしも成功せず，かえって反感を買うことも多かった．そこで，米国研究評議会委員会が検討を重ねた上に出した新しい見解は「関連した問題や行動の理解のレベルが上がり，使える情報が十分に伝えられたと受け手に納得してもらうことができた」ことをもってリスクコミュニケーションが成功したとする解釈である．「受け手が専門家の意見に同意したかどうかは別問題」(別府庸子)なのである．(17)

徹底した討議の結果，決定的な意見の相違がはっきりする，ということこそ，大いにあり得ることであり，コミュニケーションのはたらきは，こうしたお互いの間での意見の相違を認め合い，調整することにある，とさえ言えるであろう．

山口節郎（大阪大学）らも強調するように，一つはっきりしているのは，リスクの評価とそれに対する許容度は，それをリスクという観点(意思決定者の観点)から観察するか，それとも危険という観点（決定の影響を被る側の観点）から観察するかによって異なってくるということである．人は自らの決定や行為がもたらした帰結に対しては寛容であることが多く，そのリスクに対する許容性も高くなる傾向がある，というより，すすんでリスクを冒すことすらある．それにまた，人は一般に自分の専門領域の事柄についてはそのリスクを過小評価し，逆にその管理能力については過大に評価する傾向もある．ところが，他者から強要され，押し付けられる負の効果については敏感で，非寛容である場合が多い．意思決定を行なう側と決定の結果を甘受させられる側とは可能な危害を異なった視点から観察し，それぞれの視角は他方にとっての死角を構成する．それゆえ，原発やゴミ焼却場の建設をめぐる対立でも明らかなように，「科学的根拠に基づくいかなる安全性の保証も，周辺住民の不安を払拭することは難しい」(山口節郎）のである．(18)

同じひとつの社会のなかに生活しながら，何をリスクと見，それがどの程度リスキーであり，これにどう対処すべきか，ということについては人びとの間に意見の相違がみられる．この相違は“文化理論”（cultural theory)と呼ばれる社会学的理論では，人びとの“生活様式”（way of life)の違いに帰せられる．「リスクの選択といかにいきるか(how to live)の選択は一体のものとして行なわれる．それぞれの社会生活の形態はそれ自身の典型的なリスク・ポートフォリオをもつ．共通の価値は共通の恐怖へと導く（と同時に，その含みとして，他の事柄を恐れないという共通の合意へと導く）」(19)というわけである．

ドイツの社会学者 U.ベックも，著書『リスク社会』(1986 年)のなかで以下のように述べている．リスクが数値や数式の形で提示されても，その内容は基本的に個々人の規範的な見方次第で大きく違う．生きるに値する生活への侵害が，数値や数式に圧縮されてしまう．そして，どのように生きたいのか，という古くて新しいテーマが浮上してくる．つまりわれわれが守らなくてはならない人間のうちの人間的なるものとは何か，自然のうちの自然なるものとは何かという問題といってもよい．「破局的事件」(Katastrophe)の可能性をいろいろ語るということは，この種の近代化の進展を望まないという規範的な判断を，極端な形で述べることに他ならない．(20)

いずれにせよ，完全な合意が成立するとはみられていない．しかも，合意が成立し得ないことは社会全体にとって必ずしも不幸なことではなく，むしろポジティヴな意味を持ち得る，と「文化理論」は教えている．それというのも，それぞれの生活文化様式は他の様式の「盲点」を見ていることになり，互いに盲点をカヴァーし合うことによって，＜大いなる合意＞がもたらし得るリスクや悲惨な結果を回避することができる．「分かれているからいいのであって，一つになればダメになる」(Divided we stand ;united we fall)．そう考えられているからである．(21)

この考えには大きな福音と同時に，場合によっては，あやうさも若干あるだろう．無理に合意しなくても良いというのは，良い知らせである．し

かし合意のための努力をもし放棄してかかるとしたら，安易すぎてあやうい．そして合意のメリットも忘れてはならないはず．完全な合意は望外だが，「重なり合う合意」（J.ロールズ）を探し，広げること，その価値は，「他者とのちがい」を競い，深めることと同じくらい，（健康的な）人類にとっては普遍的価値をもつ可能性がある．しかし，そうした価値論はここでの主題ではない．あくまでもリスクコミュニケーション論を技術者倫理としてどう教えるかが主題であった．

吉川肇子著『リスクコミュニケーション』(1999年)によると，Fishhoff という学者は 1995 年に，リスクコミュニケーションの目標は葛藤を避けることではなく，より少ない，よりよい葛藤をもつことであると述べている．さらにいえば，リスクメッセージをわかりやすく明快にする努力がかえってバイアスをつくることさえあると Stern は 1991 年に指摘している．つまり，わかりやすくするためにどの情報を強調するかを考えるとき，その選択如何によって，政治的効果は別なものとなりうるのである．たとえそれは，情報の送り手が善意であったとしてもである．ましてや，送り手に政治的な意図があればなおさら問題は多い．そこで，Stern は，明確なリスクメッセージや単一の信頼できる情報源を探すことは無意味だとして，二つの提案をしている．

一つめは，教育することである．この教育とは，科学的な見解の違いについて理解することができるようにさせるということである．そして，強調やフレーミングなどのテクニックがいかに判断に影響するかも理解させる必要があるという．

二つめは，十分に知らされた上での民主的な選択が行われるように，対話を向上させるということである．具体的には，情報の送り手が組織の利益に偏らないように，公的組織内のリスクコミュニケーションの内部告発者を守るシステムを作ること，リスクメッセージを独立した機関によって評価させる，ある利益を代表する正確な情報を提供する機関（例：消費者団体）の容認，素人が論争に参加できるシステム作り，情報センターやホットラインの設置などを提案している．[22]

以上要するに，リスクコミュニケーションは葛藤とバイアスによって構造的に限界づけられており，それらをなるべく無害化するためには，教育，対話，告発，論争などの量と質，システムと個別意識を改善していく，長い途のりが考えられよう．

むすび

リスクをともなう新しい科学技術の社会的導入を進めるには，その科学技術に伴うリスクの大きさや期待される便益についての情報を広く共有し，一般の人々から一定の理解を得ること，そのためのリスクコミュニケーションが今や欠かせないと思われる．リスク情報の共有化と相互理解への努力なしでの一方的な強行は，手続き的に不正義として反対運動を招き，導入計画は難航もしくは白紙化するリスクが大きいという現実もある．[23]

社会心理学の知見によると，リスクマネジメント実務において重要な，リスク管理責任者への信頼は大きく分けて二つの要素で決まってくる．一つ目は送り手に専門知識や経験，資格などが備わっていると見なされるかどうか，という要素で，これは「能力についての認知」といえる．二つ目は，送り手が正直な性格の持ち主で，公正な立場からメッセージを伝える意図があると見なされるかどうか，という要素で，これは「動機づけについての認知」といえる．簡単に言うと，有能で公正に情報を伝えようとする送り手が信頼されるということである．

有意なデータをごまかしたり隠したりしない「正直」さや「公正」さが大切なのは当然として，さらに言えば，特にその問題に打ち込んでいるという姿勢であり，そのための早期からの日常的な努力であり，もっと大切なのが，相手の価値観や意見の理解に努め，もし自らに不足や不徳があれば進んで正していこう，正してもらおうとする，倫理的革新性，進取性であろう．[24]

専門家のリスク評価が必ずしも客観的で正しいものではないということも実証されてきた．事故やミスは往々にして，専門家の想定外のところで起こる．また，本来科学的真実であるはずのリスク評価も，どういう測定器具や測定方法を用いるのか，あるいはどういう予測モデルを採用するかなどの前提によって，容易に変化する．実際，専門家とよばれる人たちのリスク認知も一様ではなく，同じ専門的なトレーニングを受けながら，アカデミックポジションにいる人と企業でポジションを得ている人とでは，リスク認知が系統的に異なると報告されている．[25] したがって，一般市

民だけがリスク認知のバイアスを持っているという考え方は，否定すべきである．

かくして，お互いの価値観や意見に配慮しながら，合意を目指していくことが求められるが，“大いなる合意”は必ずしも正しくない．合意が“groupthink”（集団愚考ないし集団浅慮）と呼ばれる，社会心理上の危険な現象としてほとんどの技術者倫理教科書に紹介されている，有名な事象に基づくこともある．リスクコミュニケーションにおいては，当事者間におけるさまざまに異なる視点についての暫定的了解，あるいはプラグマティックな相互了解が得られれば，それで成功と考えるべきであろう．

ドイツの社会学者ルーマンも言うように，困難の克服は，少なくとも次のことを前提にするだろう．すなわち，全ての関係者が相手側にとっての欠かせないものを理解し，それらに配慮するように努め，自己自身の立場の決定にそれらをとり入れることである．そのためには，「情報提供的(informativ)だが説得調ではなく，刺激的(irritierend)だが管理的ではないコミュニケーションスタイルを試し尽くす(ausprobieren)」（N.ルーマン）ことであろう．

そのようなスタイルは，ルーマンらが「了解(Verständigung)志向的コミュニケーション」と呼ぶところのものある．それの対概念は「成果(Erfolg)志向的コミュニケーション」であろう．“リスクと危険に関する了解”と題された，注目すべき論考(1991 年)における N.ルーマンの言葉を，勘所なので以下にそのまま引用すると「了解志向的コミュニケーションは，相手側を説き伏せて，相手側の立場を放棄させようとする野望を，はじめから断念すべきである．そもそも，確実性の生成ではなく，不確実性の生成(Erzeugung von Unsicherheit)をこそ目指すべきである．そのような話し合いから生まれるのは，人を芯から納得させるような解決ではないだろう（すべての経験はその挫折を教えている）．[しかし]人は安心できなくなることで(verunsichert)，自己のシステム点検に立ち返り，その不確実性を取り去るにはどうすればよいだろうかと考えるきっかけを得ることになるだろう」．(26)

なぜ相互に不確実性の生成を目指すべきか．それはやはり，議論の深まりにもとづく認知の進歩，そして「リスク情報を共有して適正なマネジメントを行うことによって，予想される被害を回避，予防・防止し，生じた場合の被害を軽減させる」という，あの最終目的を達するためである．「正直は最善の政策」という格言があるが，リスクコミュニケーションも，技術者側からすれば政策のひとつであり，目的は前述の通りであった．人を道徳的にする（その意味が何であれ）ことが目的ではない．

しかし，本稿でこれまで見てきたような提言とルールを遵守しつづけるうちに，リスクコミュニケーターは，人格が無意識下に道徳化する，と予想してはいけないだろうか，思考習慣により脳の配線が一部，特異な変化を遂げることで．いや，たとえば哲学者カント(1724~1804)なら否定するだろう．行為は外見的には道徳的に見えるが，物質なみの傾向性（習慣）に従うまでだから，動機から見て有徳者ではない，と．しかし技術者倫理で重要なのは，動機よりもいっそう，技術者および関係者の行動であり，その結果である．

技術者倫理的に考えるかぎり，よきリスクコミュニケーションは，当事者を「道徳」的に，いや，他の条件にして等しければ，少なくともより「倫理」的に，教育してくれるものと信じていけない理由は，ないだろう．

技術者倫理の授業を念頭に本稿はこれまで，序言につづき，1.用語意味，2.歴史背景，3.最近事例，4.リスクコミュニケーションの諸提言，5.リスクコミュニケーションの諸限界，そしてむすび，の順に論じてきた．この中から授業に際して，さきのルーマンの言うような情報と刺激をいくつか提供できれば幸いである．

註

（1）　神里達博「我々の社会における『安心』と『リスク』---主として「食」の問題を題材に---」『農林水産政策研究所レビュー』No.23，2007.3.30，p.42

（2）　吉川肇子「リスク認知とリスク・コミュニケーション---民主的にリスクを管理する---」『電気評論』Vol.444,2002年5月，pp.27-28

（3）　別府庸子「安全・安心指向リスクコミュニケーションの落し穴」『システム

農学』21(1)，2005年，p.10
（4）　土屋智子「リスクコミュニケーションの実践に向けて…理解し学ぶべきは誰か…」『安全工学』Vol.43 No.5 (2004),pp.287-289
（5）　別府，前掲論文，p. 11
（6）　野口和彦「リスクマネジメント手法を用いた安全の推進とその課題について」『日本信頼性学会誌』vol.20.No.2, 1998，通巻86号，p.123
（7）　野口，前掲論文，p.128
（8）　米国原子力規制委員会（U.S.NRC）のホームページでは Effective Risk Communication と題した特集の中で Guidelines for Internal Risk Communication を載せており，参考になる．
（9）　三島和子・小林誠「リスクの社会的受容におけるリスクコミュニケーションの役割…電磁界リスクを例に…」『日本機械学会誌』vol.106 No.1020, 2003.11
（10）中谷内一也『リスクのモノサシ』日本放送出版協会，2006年，pp.32，179-180
（11）「諸外国政策機関の事例研究からの食品のリスクコミュニケーション機能に関する研究」（『年次学術講演要旨集』21(1)2006，研究・技術計画学会，p.262）によると，上野伸子（未来工研）が，BSE問題発生時に政策側として関与したイギリス保健省のピーター・ベネットにインタビューを行ったところ，彼は「プロセスをオープンにすること“Open the Process”，そのことがリスクコミュニケーションにおいて最も重要である」と指摘した．
（12）北野大「リスクコミュニケーションのあるべき姿」『労働の科学』58巻2号，2003年，p.74
（13）広瀬弘忠「リスクコミュニケーションのプロセスと送り手の信頼性」『リスク学事典』TBSブリタニカ，2000年，p.281
（14）Seven Cardinal Rules of Risk Communication. Pamphlet drafted by Vincent T.Covello and Frederick H.Allen. U.S.Environmental Protection Agency, April 1988
（15）Communicating With the Public:Ten Questions Environmental Managers to ask. Caron Chess, Billie Jo Hance, and the Center for Environmental Communication,Cook College, Rutgers The State Univ.of New Jersey.
（16）吉川，前掲論文，p.29
（17）別府，前掲論文，p.10
（18）山口節郎『現代社会のゆらぎとリスク』新曜社，2002年，pp.187-189. 本書からは U.ベック，M.ダグラス，N.ルーマンらの言説について特に多くを学べた．
（19）M.Douglas・A.Wildavsky,*Risk and Culture*,California,1983,p.8
（20）Ulrich Beck,*Risikogesellschaft*,1986, Suhrkamp,S.37(ウルリヒ・ベック『危険社会』東廉・伊藤美登里訳，法政大学出版局，1998年，p.38)なお，この引用文は邦訳書では「暗黙の論理」と訳された小見出しのなかにあるが，実のところ原文では Implizite Ethik，すなわち「暗黙の倫理」となっている．「リスクを確定するということは，倫理(Ethik)が，哲学や文化や政治とともに…近代化の中心である…経済や自然科学や技術の分野で再び注目されるという事態を意味する」（*Ibid.*）というわけである．
（21）M.Schwarz&M.Thompson,*Divided we stand*,Harvester,1990,p.13(山口節郎，前掲書，pp.206-207)これは「団結すれば栄え，分裂すれば倒れる」(United we stand; divided we fall.)という有名な格言を逆にしたもの．もとの格言は古代ギリシャで奴隷として生きたと伝えられるイソップ(Aesop,BC620~BC560)の寓話が源流．

「父親と息子たち」等と題された話の中で，束ねた枝を教材にして，仲違いの激しい息子たちに協力の必要性を説いた．毛利元就(1497~1571)の「三本の矢」の逸話の源流とも言われるが，『伊曽保物語』（天草本）が日本でたぶん最初に刊行されたのは 1593 年であり，「三本の矢」の逸話自体が後世の創作であるという説が有力である．

（２２）吉川肇子『リスクコミュニケーション』福村出版，1999 年,pp.158-159. なお内部告発に関しては以下の拙稿参照.「責任ある内部告発とは何か…技術者倫理教育のために」『東京工業高等専門学校研究報告書』38(2)，2007 年，pp.45-56

（２３）成田空港問題とその打開の歴史は，リスクコミュニケーションの失敗とやり直しの事例としても学習価値が高く思われる．文献（隅谷三喜男『成田の空と大地』岩波書店，1996 年）によると，政府は空港用地決定に際し，地元の意見も聞いたという建前をとったが，住民の意見を聞くシステムを欠いていた．閣議決定の前後に「地元の納得」を得るということが語られたが，それは具体的には知事の承諾ということであった(p.162)．また以下のような報告もある．「隅谷調査団」主催の第 14 回シンポジウム(1993 年 4 月 27 日)で提出された反対同盟側文書によると「1960 年（昭和 35 年）8 月から航空局監理部長を勤め，1963 年（同 38 年）6 月から航空局長になった栃内一彦氏は，新空港建設を率先して提唱して推進したのは，当時の飛行場課長（のちに飛行場部長）の M 氏[原文では実名]であったと，述べています．／M 飛行場課長の「はったり」から生まれたのが新空港構想です．／「羽田がいっぱいだから第二空港を」というのが「普通の考え，筋道なんだけれども，これではなかなか予算がとれない」．だから「SST が羽田に離発着できるかどうか，SST というのはできていないので実はよくわからないのだけれども」，「SST というものができたら羽田ではもう離発着できないということにせにゃいけませぬ」ということで，国際線の第二空港が構想されたというのです．／[中略]そして最初の「ハッタリ」どおり，どうしても羽田とは別に国際線の第二空港が必要という答申を出すためにか，航空審では極めて過大な航空需要予測がたてられていました」(pp.195-196)．以上が概ね事実と仮定して，ここで学ぶべきこと，それは，リスクだけでなく，ベネフィットやメリットもまた，情報のバイアスがかかるだろうということ，そして（リスクを相殺して余りあるとされる）「需要」なり「効用」なり「利便性」なりの情報に関しては，割り引いて考えておくのが安全だろう，ということである．この点はリスクコミュニケーション論ではたぶん珍しい方の指摘だろう．

（２４）以下の拙稿では公正概念について分析した．「公正の条件…合成としての公正」『イギリス哲学研究』第 19 号，日本イギリス哲学会，1996 年，pp.49-62

（２５）中谷内一也「住民参加の心理学」『合意形成論』土木学会誌編集委員会編，土木学会，2006 年，p.122

（２６）Niklas Luhmann,"Verständigung über Risiken und Gefahren," *Die Politische Meinung*,Jg.36,(1991)S.94

（付記）本論文は平成 18 年度科学研究費補助金（基盤研究Ｃ、「工業高専および企業における人材育成と技術者倫理教育の現状と課題」川北晃司・河村豊・浅野敬一・木村南・庄司良）による研究成果の一部である。

（平成 19 年 9 月 28 日　受理）

応用英文法学序説(1)
――ネクサスと動詞語彙文法を中心にした英文法自学自習オンライン教材開発の可能性――

相　澤　俊　行*

Applied English Grammar (1)
――Web-based self-study programs for English grammar based on nexus and verb-lexicogrammar――

Toshiyuki AIZAWA

It is evident that many English learners have an insufficient understanding of English grammar. However, many junior and senior high schools are currently void of English grammar courses. Therefore, there seems to be a great need for independent grammar learning/teaching for English learners as well as teachers. One solution is to use web-based self-study programs to teach verb-lexicogrammar based on nexus to students in order to improve some weaknesses in their English proficiency. This article will consider these three points; the error analysis in standardized grammar tests for 20,000 high school students, the realization of significance in Jespersen's 'nexus' and the possibility of web-based self-study programs for English grammar centered on nexus and verb-lexicogrammar.

(Kewords: grammar, nexus, verb-lexicogrammar)

はじめに

正確さよりも流暢さを重視するコミュニカティブアプローチが主流になって依頼、中学高校英語教育から、文法指導は排除される傾向があった。しかし、近年文法指導の重要性が改めて認識されている確かな事例が目に付く。

例えば、NHKラジオおよびテレビの語学講座において、ここ数年文法指導単独講座が誕生している。NHKテレビ「新感覚わかる使える英文法」(2007 年現在放映中、慶応大、田中茂範)、「ハートで感じる英文法」(2005,2006 年、東洋英和大、大西泰斗)。中学３年生を対象にしたラジオ、「レベルアップ英文法」(2005, 2006, 2007, 駒沢女大、大田洋) 等である。

中学高校の英語科指導要領から文法が無くなって久しいが、ここへ来て定評のあるNHKの語学講座が文法を主体として番組を作る背景には、学習者および教師側に文法学習への強いニーズが存在しているからであろう。高専の英語教育に視野を限定しても、岐阜高専の亀山太一の開発した品詞理解と後置修飾に着目した英文法オンライン教材は、高い評価を受けている。

本稿では、高校生の英文法標準化英文法テストの誤答分析をしたうえで、イェスペルセンのネクサスの重要性を再確認し、最後にネクサス構造を含んだ動詞語彙文法に焦点化した「ネクサスと動詞語彙文法」の自学自習オンライン教材開発の可能性を論じる。

1．問題の所在

永らく英語教師をしていると、学生の躓く箇所に共通点があることが見えてくるようになる。以下の２つの文は筆者の記憶に今なお残る学生の間違いと質問である。

（1）Greg had found <u>the response puzzling</u>. "Not like her" was the phrase he used, I think.
（グレッグは彼女の返答に首をひねった。「彼女らしくない」というのが彼の言った台詞だと思う。）

（2）He helped her <u>remove t</u>he broken vase.
（彼は彼女が割れた花瓶を片付けるのを手伝っ

＊一般教科（英語）

た。）　〔４択適語選択問題〕

（１）における学生（高専４年生）の下線部理解の誤りは、現在分詞を後置修飾と考え、「グレッグは困っている返答を見つけた」と理解したものであった。

話者が find を「後で気がつく、理解する」の意味で選択して文を生産する時、統語上は

find+名詞+形容詞・過去分詞・現在分詞・to do

の形式を採択する。この形式を学習するのは高専入学後だが、名詞とその後に来るべき形容詞等には意味上の主語述語の関係があることを理解させることが指導上のポイントである。ところが、この知識が見事に習得されていない。聞くと、５文型の学習をした記憶はあるという。

しかし、従来の伝統的学校文法のＳＶＯＣの第５文型というアプローチは、無数に存在するこの文型を取る個々の動詞を実際に使用する際には、実はほとんど有効性を持たない。文を構成する際に人は第何文型を構築しようと考えて発話するわけではない。伝えたい意味が先にあり、次に統語の中心機能を担う動詞を選択することで自然発生する制限性にしたがって文を構築するのである。

重要なことは find というこの動詞語彙が前述の意味で用いられる時には、名詞とその後に来るべき語句の間に意味上の主語・述語の関係(これをイェスペルセンはネクサス(nexus)といっている)があることを理解させることだ。しかもネクサスは単に動詞の構文に表れるだけではなく、英文構造全般に見られる重要な原則概念であるが故に、第５文型でＯＣの関係だ、という限定された概念ではない。

（２）における学生の質問は、「下線部の remove は原形なのはおかしい。her の後は名詞が来るはずだから、removing か removal のはずだ」というものだった。この誤りの原因は help という基本的な動詞の用法と意味知識が身についていないことにある。すなわち、

help +名詞+(to) do

の形式で使い、やはり名詞と(to) do の間にはネクサスの構造があることを知らないのである。これは統語を決定する最重要要素である動詞を学習する際に、どのようにその動詞の後に置くかという点への学習意識が乏しいことに起因する例である。

以上わずか２つの筆者の体験的実例ではあるが、英語文法を通底する「ネクサス」構造への無理解と動詞学習の感どころとも言うべき、動詞語彙文法（筆者の言う verb-lexicogrammar）への意識の欠如が広く高専生に認められことが伺える事例である。では一般的に現在の高校生の英文法の誤りはどのようになっているのであろうか。

２．高校生レベルの標準文法テスト誤答分析

果たして文法授業が原則的に存在しない中学、高校生の文法力はどのようになっているのだろうか。ここに部分的とはいえ、全国約２万名の高校生が受験した「ＮＰＯ英語運用能力評価協会：ＥＬＰＡ(English Language Proficiency Assessment)」の ACE（Assessment of Communicative English)２００６年度第１回と、BACE (Basic Assessment of Communicative English)の文法テストの正答率の低かった問題分析を参照して(ELPA Express, 2007)[1]、筆者なりに論じてみたい。

（１）"The concert was boring."
"Well, I found it (　　)."
① excite
② excited
③ exciting
④ excitingly
(2006-1ACE 文法語彙　問 10)

正解は③だが、学年別正答率は以下のとおり。

学年	正答率
高１	46 %
高２	50 %
高３	50 %

まさに筆者が前述した find ＋名詞＋Ving の

理解を問う基本的問題にもかかわらず、最終的に高校生の半分はこの知識を習得していないことになる。さらに興味深いのは、全体の４割弱が②の excited を選択していたとされることである。これは find という動詞がＳＶＯＣの第５文型を取る動詞であるという知識からも、また find+ 名詞 + 分詞という語彙文法(lexicogrammar, Halliday, 1978)[2)] の知識からも正解には至らない。つまり、it=concert とその次に来るべき語に意味上の主語、述語の関係がある、すなわち「ネクサス」が存在し、しかもそれが能動の関係でなければならないことが理解されないために起こった誤りと推測される。

他方、以下の４問は全て動詞に関る語彙文法、即ち筆者の言う「動詞語彙文法(verb-lexicogrammar,VLG と略す)の知識がない結果、正答率が著く低かった問題であると考えられる。

（2）The English course was hard. The teacher made us (　　) reports every week.

① to write
② write
③ writing
④ wrote

(2006-1ACE 文法語彙　問 32)

正解は②だが、学年別正答率は以下のとおり。

学年	正答率
高１	18.3 %
高２	31.7 %
高３	34.9 %

この結果にも驚かされる。make という使役動詞の代表的な動詞についての学習は、その特徴からしても教える側はかなり意識的に教えているにも拘らず、結果的にはほとんど習得されていないことになる。興味深いのは、誤答の約３５％が①の to write を、２０％弱が③の writing を選んでいるとされることだ。即ち、この誤りは make + 名詞+do の VLG が全く身についていないこと起因すると考えられる。

（3）I regret (　　) for Ann after the class. She looked for me for about half an hour.

① not having waited
② no to have waited
③ not to wait
④ not waited

(2006-1ACE 文法語彙　問 48)

正解は①だが、学年別正答率は以下のとおり。この問題は該当テスト中最も正答率低い問題であったという。

学年	正答率
高１	14.3 %
高２	19.2 %
高３	20.1 %

正答率が低い原因は３つ考えられる。regret という語彙そのものを学習していない、したがってその語彙文法（ＶＬＧ）も知らない上に、さらに完了動名詞の否定形の知識までをも問うているからであろう。

しかし次の問題の低い正答率はどう解釈すべきであろうか。

（4）"Honey, did you finish (　　) the dishes?" "Yeah."

① to wash
② wash
③ washed
④ washing

正解は④だが、学年別正答率は以下のとおり。

学年	正答率
高１	55 %
高２	35 %
高３	35 %

これはＢＡＣＥ文法問題１６問中最低の正答率だったという。これは基本中の基本とも言うべき問題である。即ち、多くの動詞は目的語には

不定詞も動名詞も両方取れるが、高校生は不定詞のみを取るものと、動名詞のみを取る個別の動詞それぞれに具体的用法知識を学習していないことが、この結果から透けて見える。しかも興味深いのは学習が進んだ高２、高３生の正答率が高１生より低いことだ。このことは finish の用法に触れる機会は増えたにも拘らず、学習者は finish+Ving の知識には気づかないでいることを示している。言い換えると、文法は一度学習・指導しただけでは効果が薄く、何度も繰り返し螺旋状に学習・指導する必要が伺えるデータである。いずれにせよ、これもＶＬＧの未習得の結果である。しかもこの知識は通常中学２，３年生までに学習されることになっていることを考え合わせると、この問題が最低正答率であったという事実は、動詞語彙文法指導の必要性を強く示すものであると考える。

最後は、2006 年度ＢＡＣＥ問題中最も正答率の低い問題をあげる。

（5）We'll (　　) the top of the mountain before noon.　Let's have lunch there.

① catch
② come
③ get
④ reach

正解は④だが、学年別正答率は以下のとおり。

学年	正答率
高１	28 %
高２	23 %
高３	36 %

これは自動詞、他動詞の区別化ができないことに原因があるのではない。そもそも多くの英語動詞は他動詞機能が中核的意味（core meaning）であり、自動詞としての機能も同時にあわせ持つものが多い、と理解すべきである。他動詞を使うか自動詞を使うかを決めるのは、話者であって動詞自体にあるわけではない。そうすると、この問題は the top of the mountain が場所を示す名詞である以上、「～に到着する」の意味の語を入れるべく、４つの異なる動詞の適切性を判断するに過ぎない。意味的に直ちに除外されるのが、①catch。次に、come to＋ 場所、get to＋ 場所、reach+場所といった個々のＶＬＧが習得されていれば容易に、正解に至る問題である。

以上５つの誤答分析から言えることは、高校生の文法学習において「ネクサス」と動詞語彙文法（ＶＬＧ）の知識が極めて欠如していることである。つまり１．で述べた高専生の誤答例は、単に高専生固有の問題ではなく広く高校生一般に見られる英文法学習上の共通の問題点だったのである。

３．どの文法？

一般に文法（Grammar）と言った場合、どの文法を指すのかを明らかにしないと議論は困難である。一般には prescriptive grammar（規範文法）descriptive grammar（記述文法） pedagogical grammar 教育文法）がある。さらには、生成文法(generative grammar)、機能文法(functional grammar)などの文法理論にのっとったもの、コミュニカティヴ・アプローチなど教授法の考え方を取り入れたものなどがある。（英語教育用語辞典、大修館、p.213）[3)]

さらに従来の文法学習は、習慣形成と捉えられたり、規則の創造と捉えられたり、多様な学習理論に影響を受けてきた。研究対象も、形態素（morpheme）や統語（syntax）などの文法能力から、言語使用の適切さ (appropriateness) といった語用的な能力にも焦点が当てられてきた。それらと相まって、文法指導も文法構造シラバスや概念機能シラバスが登場した。さらに正確さよりも流暢さを重視するオミュニカティブ・アプローチが登場すると、文法指導は不用なものとされた。しかし、近年の第２言語習得研究では、いくら文法指導しても学習が促進されない事例(learnability and teachability)もある一方、文法学習は直線的ではなく、螺旋状に繰り返し学習すべきである、という主張もある。したがって以下の DeCarrico and Larse-Freeman が主張するように、文法学習の必要性とその複雑さは必然的に多面的で、多様な指導アプローチが必要とされるゆえんである。

Finally, due to the multifaceted nature of grammar and the learning process, we must recognize that the teaching of grammar itself is complex and multidimensional and may require a variety of teaching approaches.

(DeCarrico & Larsen-Freeman, p.32 2002)[4)]

4．応用文法学

筆者は英語を使えるために有効な教育文法を構築するには、以下の３つの原則が必要だと考える。

（1） 有限の原理を学習すれば無限の文の理解と生成が可能な文法（有限学習原則）

（2） 学問的真偽より、英語を使う上で有効か否かで構築された文法（実用主義の原則）

（3） 統語の中心をなす動詞語彙文法(verb-lixicogrammar)を機軸にした文法(verb-lexicogrammar 中心原則)

（1）として例えば、to 不定詞の使用原理について触れてみよう。伝統的教育文法では to 不定詞には「名詞的用法」「形容詞的用法」「副詞的用法」の３つがあるとした上で、「副詞的用法」をさらに目的、結果、判断根拠、感情の原因の４つに分類して説明される。しかし、to do という形式をこのように複雑に分類した知識では、記憶の負担が増すだけで、実際に英語を使用する際にはほとんど有効とは言えない。英語母語話者がそのような煩雑な分類に従って、to 不定詞を使用しているとは到底思えない。そうではなくて、一つの原理があるはずで、それさえ学習すれば英語を使える際に有効な文法知識となる。

to 不定詞に通底する原則は、大西（2007 p.p.23-24)[5)]が主張するように、メイン情報だけでは「十分に語られてはいない」のでそこに情報を動詞的に付け加える際に使用する、という原則があるだけなのだ。

次に（2）としては例えば、伝統的教育文法では、動名詞と現在分詞をはっきり区分して教えるが、本来「動名・分詞」とすべき用法であり、両者にはっきりとした境界はない(Huddleston and Pullman, 2002)[6)]。さらに、直読直解のリーディング、リスニングの指導上、現在分詞は動名詞から発生したと考えたほうが有効である。従って、現在分詞のいわゆる「後置修飾」という説明も採択しない。なぜなら、「後置修飾」という概念はスタティックな分析ツールであって、英語を使う際には極めて有効性が乏しい概念だからである。実用主義(pragmatism)に主眼をおいた点で、このような筆者の視点は応用文法学の提案ということもできる。

最後に（3）としては、英語の基本構造は田中(2003,p.53)[7)]が言うようにＳ（主役）＋ｖ（ふるまい）＋α（影響範囲：ふつうは相手）であることは間違いない。しかし、筆者はさらにこのなかで５番目に分類される、Ｖ＋Ａ＋Ｂ（名詞・形容詞）の下位区分に入る形式こそ、日本人英語学習者にとって重要だと考える。なぜならば、これら全ては先にも見た高校生段階英語学習者の弱点であるネクサス構造を含んでいるからである。

i) V+A+B(名詞・形容詞)
ii) V+A+to do
iii) V+A+do
iv) V+A+B+doing
v) V+A+done

英文法の重要な原理の一つにネクサスがあることは明らかであり、改めてそれを動詞構文の中に見据えて指導する価値が大きいことをここで主張したい。pedagogical grammar（教育文法）の中心に、Otto Jespersen(1860-1943)が始めて *Modern English Grammar* (1913)で提示したネクサス(nexus)という概念を中心に置くべきだと考える。次にそのネクサスとは何かを改めて簡単に述べることにしよう。

5．ネクサス(nexus)と基本動詞構文

ネクサスとは、意味上の主語述語関係のことを言う。例えば、

a. They called【their boy Tom】.

b. We say【John come】.
c. He made【John come】
d. He made【his wife happy】..
e. He acknowledged【himself beaten】.
f. I like【boys to be quiet】.
g. He believes【me to be guilty.】

（以上 Jespersen (p.10.1913, pp.114-119,1924)より）ネクサスの部分には筆者が鍵カッコをつけた。

すなわち、ネクサスは英語の文を形成する駆動力(driving force)になっているのである。

筆者が本稿で注目したいのは、動詞、その動詞の意味上の主語、その動詞の補語(complement)の関係のネクサスである。無論以下の様な述語動詞意外のチャンクにもネクサスは存在する。

【With things reasonably calm in the global economy,】 few want to change in the status quo.
(The International Herald Tribune, 2004.3.2)

しかし、英語を「使える」ための教育文法の視点からは、述部動詞を含んだネクサスに焦点を当てることに指導の優先順位を与えたいと考える。なぜならば、統語を司る中心が動詞だからである。

S ＋ V ＋ α
（主役）（ふるまい）（影響範囲・状態）
（田中 (p.53, 2003 を参考に一部改変）

即ちここに至って、ネクサスと本稿で私の言う動詞語彙文法（田中のいう動詞チャンクと一部重なる）が合成概念となった。

田中(2003)は『チャンク英文法』の中で、英語の基本構造は

S ＋ V ＋ α
（主役）（ふるまい）（影響範囲：普通は相手）

として以下の５パターンを区分けしている。

（ア）ｖ＋Φ（必要情報無し）
（イ）Ｖ＋前置詞＋Ａ
（ウ）Ｖ＋Ａ（名詞・形容詞・副詞）
（エ）Ｖ＋Ａ＋前置詞＋Ｂ
（オ）Ｖ＋Ａ＋Ｂ（名詞・形容詞）

しかし筆者は、２でも明らかになった日本人学習者にとって最も習得困難である（オ）に焦点を絞ってこの中をさらに下位分類した以下の５パターンこそ重要な学習項目だと考える。

i) V＋A+ B（名詞・形容詞）
ii) V＋A+ to do
iii) V＋A+ do
iv) V＋A+ doing
v) V＋A+ done

実際田中も、（オ）で一括するより ii)〜iv)は「個別に捉える方が実践的」（田中、p.55）と述べている。ただしその理由は明白ではない。田中はネクサスに関しては全く言及していない。他方筆者がこの下位区分を重要視するのは、このパターンにネクサス構造があり、個別に動詞語彙文法を学習する際にネクサスと関連させて学習させることで、学習が容易になる教育的メリットがあると考えるからである。

最後に

英文法の重要な原則としてのネクサスに注目してそれと動詞構文を中心に置いた文法学習の重要性を述べてきた。統語の中心である動詞を学習する際に、旧来の第５文型の枠組みではなく、ネクサス構造を有する動詞語彙文法を５つの型に分類して学習することの可能性を示した。今後はこの考え方に則って、コーパス資料等を活用しつつ、「ネクサスと動詞語彙文法」自学自習オンライン教材開発を目指したいと考える。

引用文献

１）ELPA Express Vol.2, Apr.1, 2007.「２００６年度テストデータ分析②高校生はこんな文

法・語彙問題が苦手」pp.10-13, 東京：ＮＰＯ英語運用能力評価協会.
２）Halliday, M.A.K. 1978. *Language as Social Semiotic*, London:Arnold.
３）白畑知彦、村野井仁、富田祐一、若林茂則. 1999.『英語教育用語辞典』東京：大修館書店.
４）DeCarrico & Larsen-Freema, 2002. Grammar. *An Introduction to Applied Linguistcs* edt. by Norbert Schmitt, London;Arnold, p.32.
５）大西泰斗 2007.「捨てること、拾うこと」『英語教育』３月号　pp.23-24.
６）Huddleston, H and Pullman, G. K. 2002. *The Cambridge Grammar of the English Language*　Cambridge University Press.
７）田中茂範、佐藤芳明、河原清. 2003.『チャンク英文法！』東京：コスモピア p.53, p.55.

(平成１９年９月２８日　受理)

サーモグラフィによる 熱物性値測定に関する研究

筒　井　健太郎*

Thermal Properties Measurment by Thermography

Kentaro TSUTSUI

It is important about the design of the heat machine, the heat process in the new material manufacture, and so on to measure the thermal properties. A measure temperature has two types, one is a contact type that contains the Thermo Couple, the other is a non contact type that contains the Thermography to touch each other can separate from the contact process, and it is compared so far high precision handling thermocouple temperature sensor representative contact process temperature measurement.

Recently, the new material such as a thin film or foil by the CVD or Spattering is being developed, and those Thermal Properties is strongly asked. It is difficult to get those thermal properties by thermocouple. Because of it's heat capacity. So the thermal properties of the plane metal which becomes a standard sample from the digital data which could get it by Thermography that is measured, and it tries to apply Thermography to the thermal properties measurement by this research

(Keywords: thermal properties, Thermography, CVD, spattering, thin material)

1. はじめに

物質の熱物性値、なかでも熱伝導率や熱拡散率の値を測定することは、熱機器の設計や素材製造の熱プロセスなどに関して特に重要なことである。一般的な物質の熱物性値やその測定方法に関しては各種のハンドブックや文等献[1,2,3]で幅広く公開されている。一般的に伝熱測定において、特に熱物性値に関して実験的に測定を行う場合には温度測定が非常に重要となる。

温度測定法は大きく分けて被測定物に測温部を接触させて計測を行う接触計測法と、被測定物の温度と放射率によって決まる赤外線の計測から温度を求める非接触測定法とに大別される。熱電対は接触法の代表的な温度センサーであり、測温精度は高く、温度範囲、形状などもJIS規格に基づいて幅広く作成されている[4]。一方非接触法では、一般に放射温度計、色温度計を含みいずれも物体の温度と放射率によって決定される電磁波をセンシングすることによって温度を測定する。

サーモグラフィは物体が放射する赤外線を赤外線カメラでとらえリアルタイムにとらえた表面温度を色や濃度の階調として２次元的な温度分布の表示を行うため、測温原理から物体に接触する必要がなく、非測温物に影響を及ぼさない。そのような特徴から、工場における運動している物体の表面温度や、製鉄産業に代表される重厚長大な熱プロセスの温度モニターに用いられてきた。そのため先に述べた測温原理から定性的な温度分布の観察が主な用途であった。しかし非接触で２次元の温度データを取得できる特徴か

*機械工学科

ら熱物性測定を初めとして様々な応用実験の試みが見られる。また、人体の皮膚の放射率に関しては、ほぼ一様として扱えるためにサーモグラフィを用いた皮膚の熱物性値測定なども試みられている[5]。

近年新素材としてCVDやスパッタリングによって高付加価値の新素材が開発されており、熱物性値も同時に必要とされている。これらは製法の原理から基盤に薄膜として生成されるため、その熱容量はきわめて微少である。そのため接触法による温度測定を用いることは大変困難とされている。そこで本研究ではサーモグラフィを用いた熱物性測定の基礎研究を行い、その有効性と問題点について考察を行った。

2.測定原理

本研究では熱伝導を一般的に取り扱うフーリエの熱伝導方程式(1)を解くことにより、非定常状態での熱伝導率を求める。

$$\frac{\partial\theta}{\partial t}=a\left(\frac{\partial^2\theta}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\theta}{\partial y^2}+\frac{\partial^2\theta}{\partial z^2}\right)\cdots(1)$$

θ : 温度、 t : 時間、 a : 熱拡散率

$$\left.\frac{\partial^2\theta}{\partial x^2}\right|_{m,n}\approx\frac{\theta_{m+1,n}+\theta_{m-1,n}-2\theta_{m,n}}{(\Delta x)^2}\quad\cdots(2)$$

サーモグラフィは二次元の温度データのみが得られることと、試験片が十分薄いことからZの項を無視することができる。また、線形熱伝導の数値解析法に関しては。差分法を始めとして種々の方法が考案されているが[6]、本研究では最も単純な前進型の差分法を用いて数値解析を行った。図1に二次元熱伝導温度場と計算に用いたノードとの関係を示す。まず

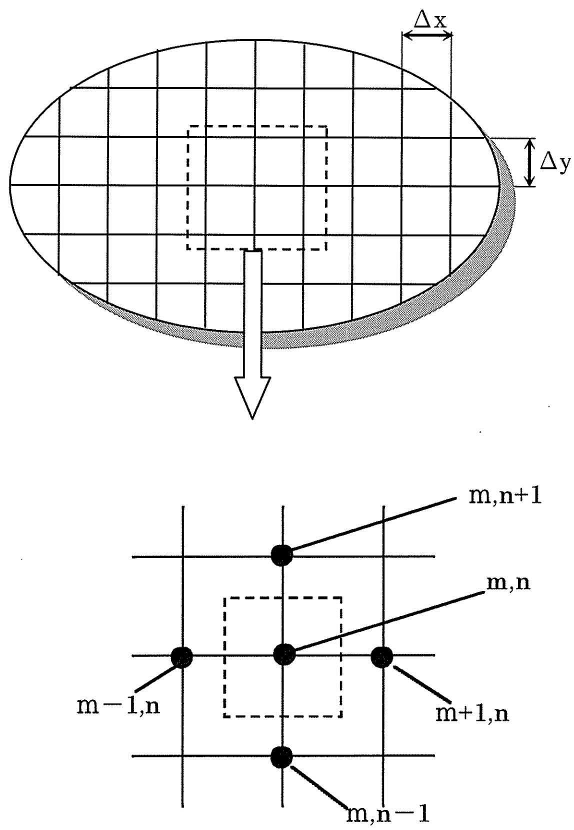


図1 二次元ノード

$$a\approx\frac{\left(\theta_{t=k}-\theta_{t=k-1}\right)(\Delta x)^2}{\left(t_k-t_{k-1}\right)\left(\theta_{m+1,n}+\theta_{m-1,n}+\theta_{m,n+1}+\theta_{m,n-1}-4\theta_{m,n}\right)}\cdots(3)$$

xの2階微分式については(2)式となりyについても同様であるが本実験過程では計算の簡略化のためΔy=Δxとメッシュをとることによって最終的には(3)式によって表される式となる。

3.実験装置および方法

3-2.測定機器とデータの流れ

測定機器は日本アビオニクスのサーマルビデオシステム TVS-2000（水平×垂直×温度：256 × 100 × 8bit、カラー 256 階調）および同社のリアルタイムレコーダ TV-2002（最小測定時間：1/30 秒、最大記

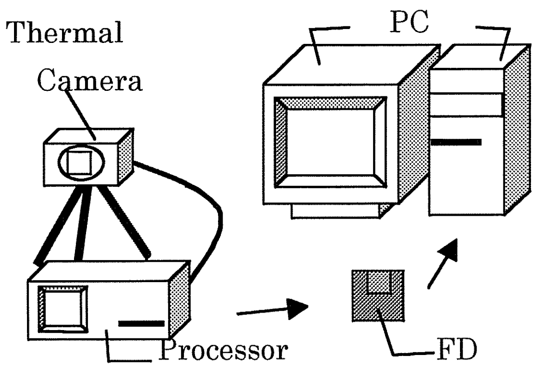


図2　測定機器概要

録フレーム：300フレーム）を用いる
測定間隔を1/30秒とし、10秒（300フレーム）測定する。測定温度範囲は予備実験を行い、適切な範囲を設定する。

その後図2に示すようにフロッピーディスクを介してPCにデータを入力、保存、計算を行う。

3-3.試験片と放射率ε

試験片は銅、アルミニウム、鉄、真鍮の4種類を用い、すべて板厚を0.2㎜、寸法は50㎜×50㎜及び100㎜×100㎜の2種類とした。純金属の銅、アルミ、鉄の純度を99.5％、99.2％、9.96％、合金の真鍮は銅と亜鉛の比率6：4を用いる。測定では試験片表面のε一様にするために黒の艶消しラッカーを薄く塗布した。

3-4.実験手順

試験片表面のεを設定するために実験

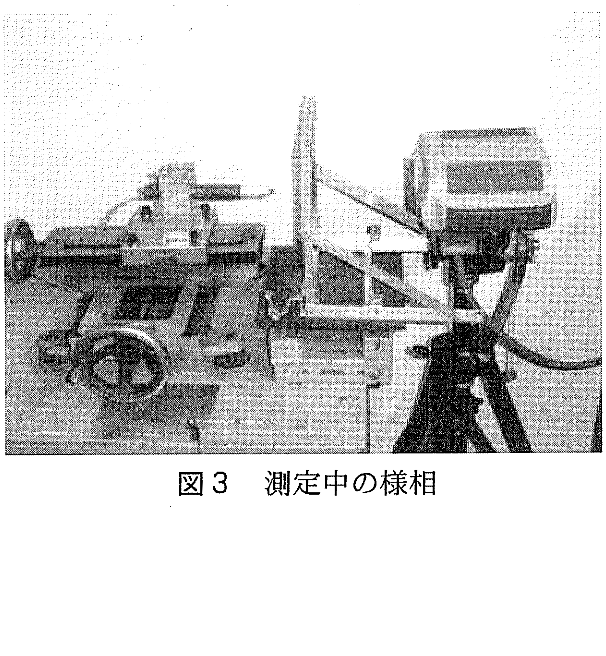


図3　測定中の様相

室の大気温度が定常になったときの温度と試験片表面の温度が同一となるようにプロセッサのεの調整を行う。

図3に実験中の様相を示す。εの検定が終わり次第、カートリッジヒータの加熱を行い試験片裏面中央に接触を行いステップ加熱を行う。プロセッサから出力された温度分布の様相例を図4に示す。

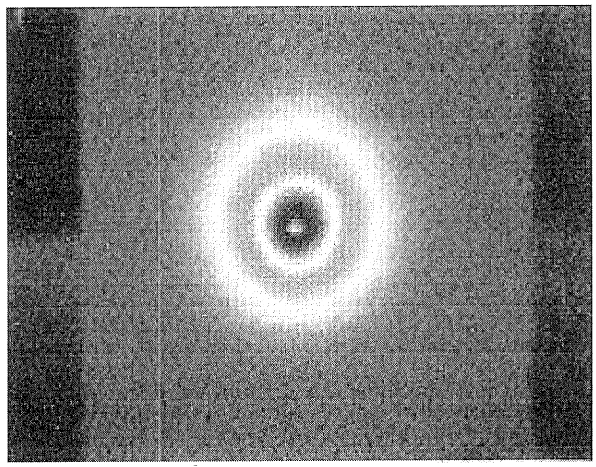


図4　加熱中の温度分布の一例

3-5.測定データの最適化処理

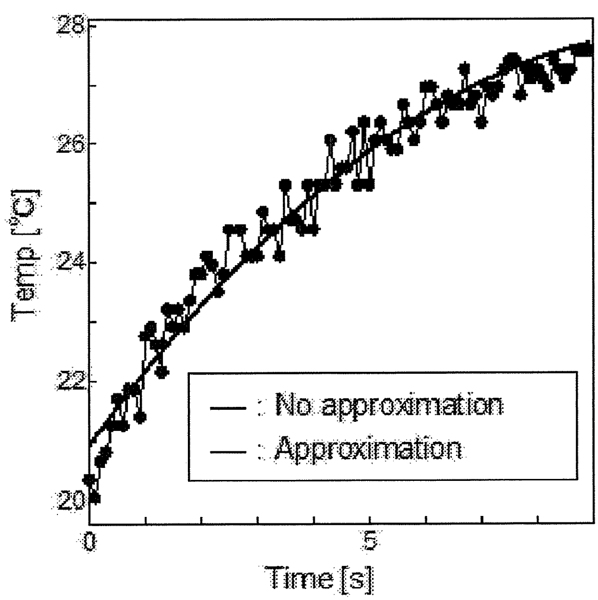


図5　温度データの一例

熱入力による試験片任意の位置における時刻による温度データの一例を図5に示す。プロセッサより得られる温度データは、プロット点で示されるように大ま

かには物理現象に従って温度が上昇してゆくが、ばらつきが温度計測範囲内でかなり大きくなった。これは温度データに変換する際に生じるビット誤差および測定温度範囲によるレンジ誤差によるものであり、設定した温度レンジとそのビット誤差のシミュレーションからもばらつきの度合いが確認された。

そのため図5中に示す線のように、各温度データをガウス･ジョルダン法を用いた最小二乗法によるフィッティングを行った。

.実験結果と考察

試験片寸法は予備実験の 50 ㎜× 50 ㎜から 100 ㎜× 100 ㎜に変更することにより、熱拡散率の比較的大きい試料にも対応が可能となった。4種類の試料で、10秒間測定した熱拡散率と経過時間の関係の一例を図6～9示す。それぞれの測定データは時間が経過するにつれて熱拡散率が銅の場合を除いて一様に下降している。しかし複数回の測定における4種類それぞれの温度変化において300Kにおけ

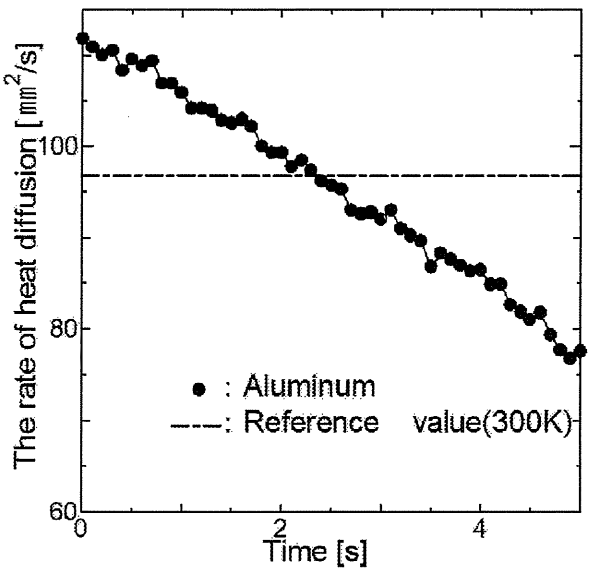


図6　アルミニウムの熱拡散率

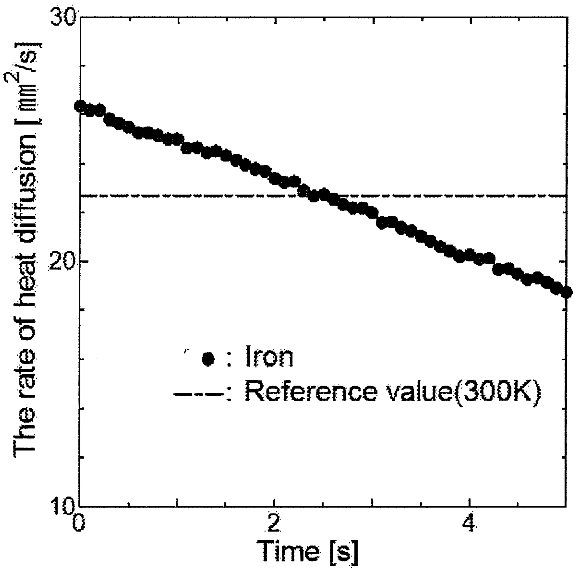


図8　鉄の熱拡散率

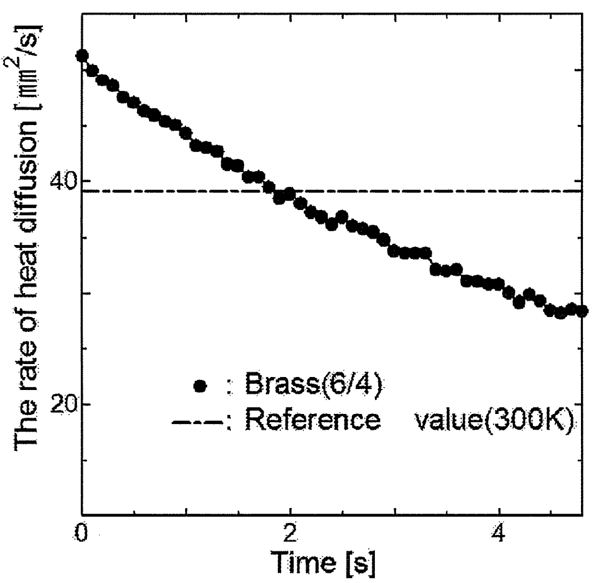


図7　真鍮の熱拡散率

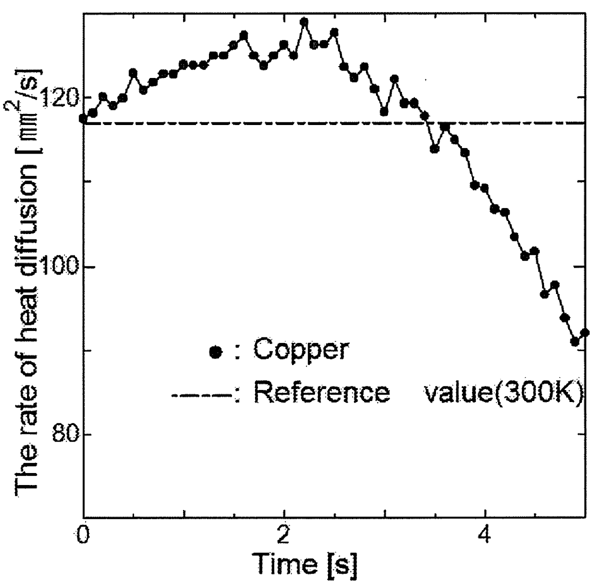


図9　銅の熱拡散率

表１　複数回の実験値平均と文献値[7]との比較

	Aluminum	Brass	Iron	Copper
Average[mm^2/s]	95.4	37.2	22.6	117.1
Reference[mm^2/s]	96.8	35.8	22.7	117.0
Deviation [%]	1.5	3.9	0.6	0.1

る熱拡散率と文献値との比較を表１に示した。

これらの結果から実験データと文献値との偏差はすべて４％以内となった。

これらの結果からデータの最適化と試料寸法によって信頼性のおけるデータが取得できることを示すことが可能となった。

5.まとめと課題

サーモグラフィを用いた温度測定による熱物性値測定の基礎実験を行い、温度データの取り扱いと実験条件によってある程度の実用性を示すことが可能となった。

一方は基礎実験段階および目指した目的に対して次の代表的な課題が指摘された。

(1)ヒータ接触による加熱状況の不均一
(2)大気への対流伝熱による熱損失
(3)試料表面の放射率 ε の不均一
(4)温度分解能と時間分解能および撮像素子の画素数の問題
(5)温度データの PC への転送方法および速度の問題

(1)に関しては、機器の都合からカートリッジヒータを微動装置で接触させる方法を用いた。しかしある程度の訓練と慣れが必要とされ実験初期の段階ではデータの再現性が低かった。また実験は一畳程度の専用実験室で行われたが、気候と天候によって計測初期条件がそろうことに相当の時間が費やされた。(2)との関連から測温カメラの赤外線に支障を及ぼさないガラス窓付き真空容器を用いたレーザーフラッシュによるスポット加熱の必要性が解決策として考えられた。

(3)に関しては、表面を研磨しても酸化や研磨の不均一性がどうしても残り、測温面上での ε の不均一を回避するためにやむを得ず艶消し黒色ラッカの塗布を行った。この解決策の一つとしては、熱入力を与える前の ε のキャリブレーションに関して、試験片の温度を均一にしておき、測温表面任意のスポットでの ε の更正を行いこの一点を基準とする。それ以外の ε が異なるカメラの画素に対応する測温データに対応する ε は、基準点の温度偏差をなくすように、計算にて ε に補正を加え画素それぞれに割り当て直す方法を行えば試料表面の ε の不均一による温度データの誤差をキャンセルすることが可能になると考えられる。

そのためには(4)の課題と(5)の課題を解決する必要がある。今回実験に用いたサーモグラフィは 10 年以上の旧型機種であり現行の主な機種では、画素数は 2 倍から 4 倍また温度分解能は一桁向上(8bit → 12bit)している、さらにリアルタイムで PC に温度データを転送するインターフェースが備わっている。

今回の実験では転送機能がないため一回の測定につき記録は最長十秒間で３０

0個のデータを FD にて 10 回に分けてそれぞれ PC へ入力を行っていた。そのため大変な手間と時間がかかっていたがそのような問題は最近の機種ではほぼ解決されている。

最後に FD による転送も含めてこの研究に精力的に取り組んでくれた私共の研究室の学生であった、秋本渓三、中智章の両君に多大な感謝の意を表します

（平成１９年9月２８日受領）

参考文献

1)日本機械学会:伝熱工学資料改訂第４版、日本機械学会(1986)、pp.307-311

2)甲藤好郎,佐藤俊,西川兼康,水科篤郎，森康夫編:伝熱学特論、養賢堂(1984)、PP.370-379

3)日本熱物性学会編:熱物性ハンドブック養賢堂(1990)

4)山里産業株式会社:熱電対カタログ(2002)

5) 石和田健,瀬下仁志,黄　健,斉藤浩一，戸川達男，土屋喜一:サーモグラフィによる 皮膚熱物性値の測定，日本機械学会第 72 期通常総会講演会講演論文集(I)，(1995)，pp.328-329

6)日本機会学会編：熱物性値測定法養賢堂(1991),PP.1-3.

7)小林清志,飯田嘉宏：新版　移動論，朝倉書店（1989），pp.242-247

高専における小型ヒューマノイドロボットの設計と試作

多羅尾　進*，小岩俊彦**

Design and Prototyping for a Small-Sized Humanoid Robot in College of Technology

Susumu TARAO and Toshihiko KOIWA

A small-sized humanoid robot for a practical training of robotics and mechatronics (especially oriented toward an embedded system) can readily be made and effectively be controlled with a general-purpose embedded computer system. A prototype of the small-sized humanoid robot, which consists of a main body, two legs and two arms, is driven by sixteen radio control servo motors and equipped with total of eight tactile sensors under the soles. The prototype is controlled by a microprocessor (main control unit) and a microcontroller (sub control unit). The main control unit is implemented on the Linux-based system packaged into the compact CPU board. This paper presents the outline of the prototype of the small-sized humanoid robot, and the architecture of the Linux-based control unit hardware and the system software.

(Keyword: System Development, Small-Sized Humanoid Robot, Robotics Education)

1. はじめに

近年，人体を摸倣して構成されたハードウェアを有するヒューマノイドロボットの研究開発が盛んに行なわれている[1]．これを人体の数分の１程度の規模に小型化した小型ヒューマノイドロボットは，比較的取り扱いが容易であり，かつ低コストで製作することができる．このような特徴を活かして，実際にヒューマノイドロボットのハードウェア，ソフトウェア構築の研究用[2)～5)]として，あるいは，アミューズメント用[6]として，それぞれの用途に対応した小型ヒューマノイドロボットの開発が行なわれている．これらの小型ヒューマノイドロボットは，人間を摸倣した多自由度の運動を実現する機構を小型化されたボディ内に有し，これを制御するために必要な処理を行うコンピュータをロボットの体内または体外，あるいは双方に装備している．

我々は，ロボティクス・メカトロニクスのシステムおよびこれに実装される汎用組み込みシステム等の様々な試行を主目的としたスモールサイズ人間型ロボットのプロトタイプを試作してきた．これは，高専に備えられた一般の工作機械で短期間に容易に自製できることを重視し，規格材に単純な加工を施す程度の部品で構成されたハードウェアにいくつかの汎用マイクロコンピュータを組み込んだものである．本稿では，このハードウェア設計とシステム構築，およびその開発の過程に関して述べる．加えて，本システムの予備実験として，静歩行に準じた二足歩行を取り扱い，実際に行った実験およびその結果と考察について述べる．

2. 小型ヒューマノイドロボットの機構

2·1 基本要素

多自由度の比較的大規模なシステム構成を要する小型ヒューマノイドロボットの機構部分について，極力短期間で，容易にかつ，確実に高専内で自製できることを念頭に置いた設計開発を行う．

これに基づき，アクチュエータには，モータ，減速機，モータドライバ，角度センサ等がコンパクトに内蔵されたラジコン用サーボモータを利用し，かつ，アルミ規格材に単純な加工を施す程度の部品を介して各アクチュエータ間を結合してリンク機構を構成する．このような設計思想で人間型ロボット本体プロトタイプの機構を構築をする．

実際に製作した機構の基本要素を図１に示す．これらは，脚，腕部分の各モータ取り付け用部品，モータの回転軸結合用のフランジ等に相当する部分であり，アルミ製角パイプ，アングル，チャンネル等の規格材を一般的な卓上ボール盤，立てフライス盤等の工作機械で，容易に加工できる仕様となっている．隣り合う二つのモータの回転軸が直交する部分は，やや機構が複雑になるが，本プ

＊機械工学科　＊＊一関工業高等専門学校

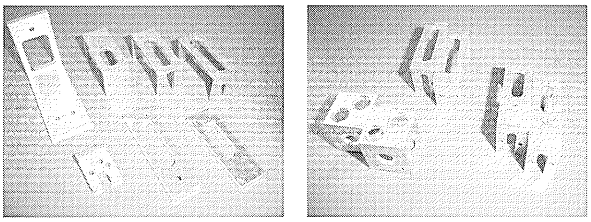


図 1　機構の基本要素

ロトタイプでは，この部分を敢えて片持ち支持にして，角パイプに穴開け等の加工を施したもので，二つの回転軸を結合する構造とし，製作の容易さと可動範囲の確保を優先した．結合部分の機構を図 2 に示す．

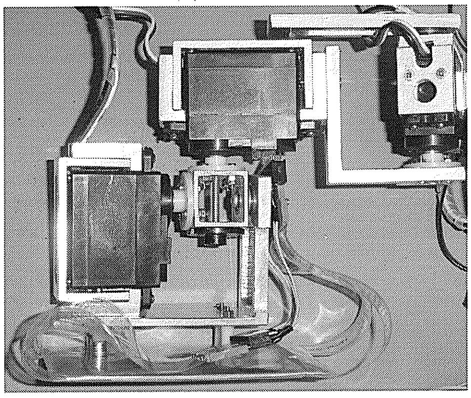


図 2　回転軸が直交した結合部分

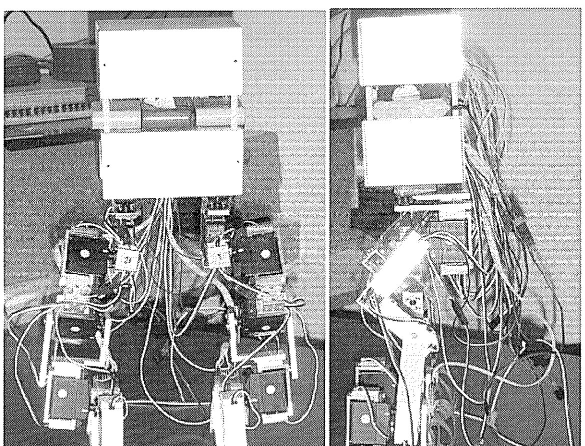


図 3　1 号機の脚機構外観

2·2　ロボット全身の製作の過程

前述した基本要素を組み合わせて小型ヒューマノイドロボットの全身を作り上げる．ここでは，開発の途中段階で製作したものの概要にも触れながら，小型ヒューマノイドロボットの全身の製作過程について述べる．

● **1 号機脚部** (平成 13 年度，卒研生 3 名が担当した．) 開発を開始した当初は，ヒューマノイドロボットを構築する技術の核のひとつとなる脚部分に注目し，片脚 6 自由度× 2 の全 12 自由度を備えた脚機構を製作した．機構の外観を図 3 に示す．バッテリを含んだ全質量は，1.7[kg] である．本機構を用いて片足立ち，屈伸運動等の実験を行った．

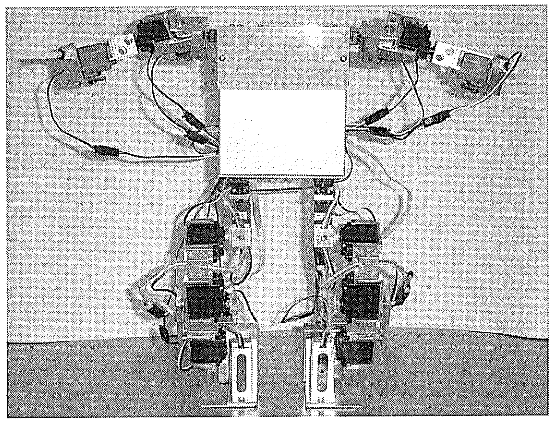


図 4　1 号機全身の機構の外観

● **1 号機**[7] (平成 14 年度，卒研生 2 名，専攻科生 1 名が担当した．) 上述のものに上半身を付加した．片腕 4 自由度× 2 が追加されて全 20 自由度を備えている．全身の外観を図 4 に示す．バッテリを含んだ全質量は，2.2[kg] である．本機構を用いて二足歩行の実験を行った．

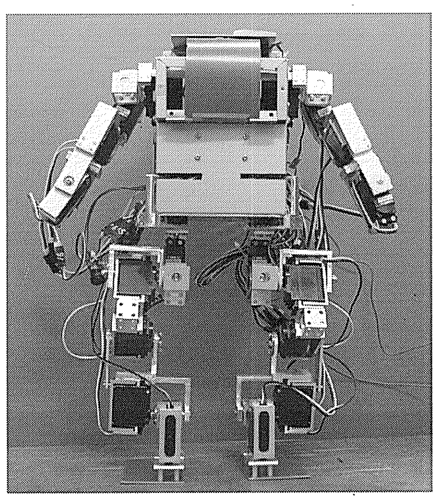


図 5　2 号機全身の機構の外観

● **2 号機** (平成 15 年度，卒研生 4 名が担当した．) 1 号機と同様に全 20 自由度を備えている．全関節が両端支持によって隣接するリンクに結合される

ように配慮し，剛性の改善が行われている．全身の外観を図 5 に示す．バッテリを含んだ全質量は，3.6[kg] である．本機構を用いて二足歩行および全身を用いた運動の実験等を行った．

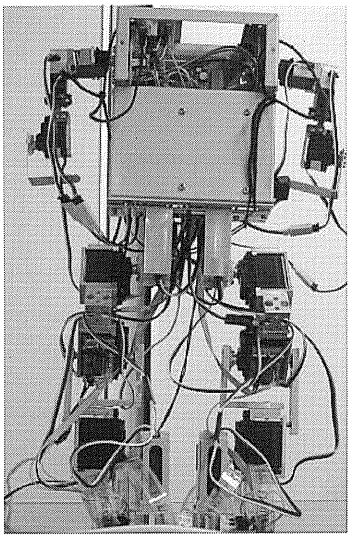


図 6　1 号機 ver. 2 の外観

• **1 号機 ver. 2**[8] (平成 16 年度，卒研生 3 名，専攻科生 1 名が担当した．同専攻科生は継続して平成 17 年度も担当した．) 片脚 5 自由度× 2，片腕 3 自由度× 2 の全 16 自由度を備えている．これは，2 号機に比べ，モータ数を減らす等，軽量化を重視して製作されたものであり，自由度，剛性等は低下しているが，脚部各関節の可動範囲を広げ，これに対応した比較的大きな動作の表現ができる．ロボット全体の外観を図 6 に示す．バッテリを含んだ全質量は，1.8[kg] である．本機構を核とした運動実験システムを構築し，運動の評価を行った．

以降では，最終的に構築された 1 号機 ver. 2 の機構の詳細および搭載されたセンサについて述べる．

2·3　1 号機 ver. 2 の機構

図 7 にプロトタイプ 1 号機 ver. 2 を構成する機構の要素を示す．本ロボットは，17 個のリンク（リンク 0 ～ リンク 16），および 16 個の回転関節（関節 1 ～ 関節 16）を備え，図 8 に示す自由度の配置によって，全体が構成されている．

脚部分は，股部に 2 自由度，膝部に 1 自由度，足首部に 2 自由度それぞれ備え，片脚 5 自由度（両脚で 10 自由度）となっている．また，腕部分は，肩部に 2 自由度，肘部に 1 自由度それぞれ備

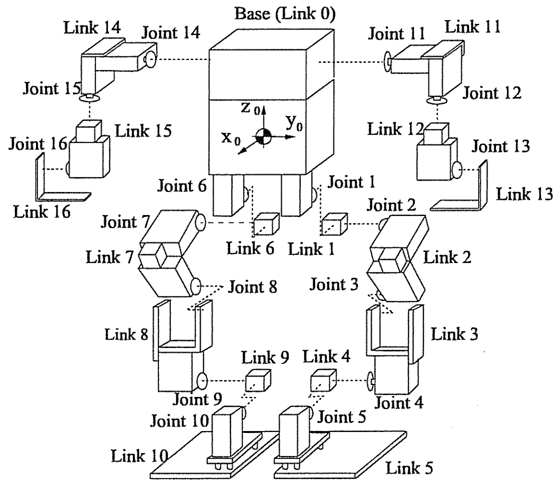


図 7　ロボットの機構要素

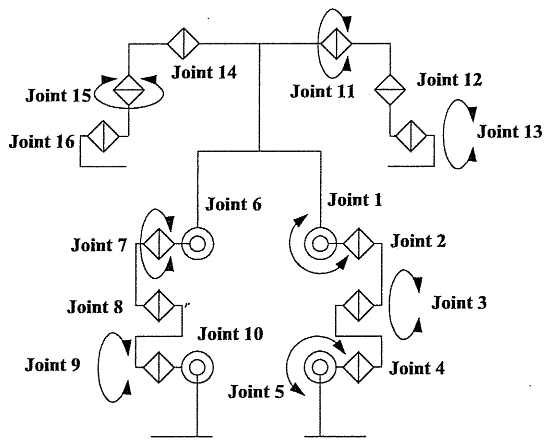


図 8　自由度構成

え，片腕 3 自由度（両腕で 6 自由度）となっている．以上より，本ロボットの機構は，全体として 16 自由度を備えている．なお，一般に二足歩行ロボットの多くが，片脚 6 自由度となるよう設計されている．これに対し，本ロボットは，まず第一段階として，方向転換を考慮しない二足歩行レベルの運動が実現できることを狙い片脚 5 自由度としている．

各関節を駆動するアクチュエータには，ラジコン用サーボモータを使用している．脚部の 10 個の関節には，近藤科学（株）製の PDS-2144FET を，また腕部の 6 個の関節には，双葉電子工業（株）製の S3101 をアクチュエータとしてそれぞれ使用している．

各関節の可動範囲を表 1 に示す．同表では，初期状態における各関節角度を 0 [deg] とし，各関節軸に対して右ねじ方向を回転の正の向きとして

表 1　各関節の可動範囲

Joint no. k		Movable range [deg]	Joint no. k		Movable range [deg]
Left leg	1	-36 ～ $+15$	Right leg	6	-15 ～ $+36$
	2	-69 ～ $+60$		7	-60 ～ $+69$
	3	-110 ～ $+28$		8	-28 ～ $+110$
	4	-69 ～ $+68$		9	-68 ～ $+69$
	5	-69 ～ $+53$		10	-53 ～ $+69$
Left arm	11	-90 ～ $+90$	Right arm	14	-90 ～ $+90$
	12	-90 ～ $+90$		15	-90 ～ $+90$
	13	-90 ～ $+90$		16	-90 ～ $+90$

いる．

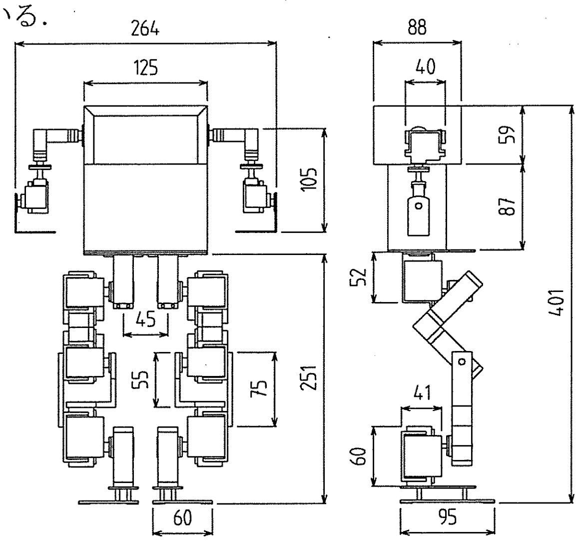


図 9　組立図

ロボット全体の外形寸法は直立時において，高さ 0.401 [m]，幅 0.264 [m] である．なお，ロボットの電源は，モータ駆動用 ＋ 5[V]，ロボット制御用 ＋ 5[V] をそれぞれ別々に用意し，外部から供給する．図 9 にロボットの組立図を示す．

2·4　1 号機 ver. 2 のセンサ

実行された運動に関する情報を計測するために，いくつかのセンサを本ロボットに搭載する．ロボットの足裏に生じる床からの垂直反力（垂直床反力）を計測するため，ニッタ（株）製の触覚センサ FlexiForce SSB-T A101-25 を右左各脚の足底の四隅に 1 個ずつ，合計 8 個取り付けている．このセンサは，加えられた力に応じて直線状に抵抗の逆数が変化する．そこで，触角センサを抵抗として＋ 5[V] の単電源に対応した非反転増幅回路に組み込み，抵抗変化を電圧変化に変換する．なお，このセンサに加えられた力と電圧との関係式は，それぞれのセンサ毎に数種類の既知の荷重を加えて電圧値を測定し，そのデータから最小二乗法によって求めている．4 章で述べる歩行実験では，その関係式を用いて床反力を求めている．図 10 に触角センサの配置を示す．これら 8 個の触角センサには，S1 ～ S8 までの番号が割り振られている．

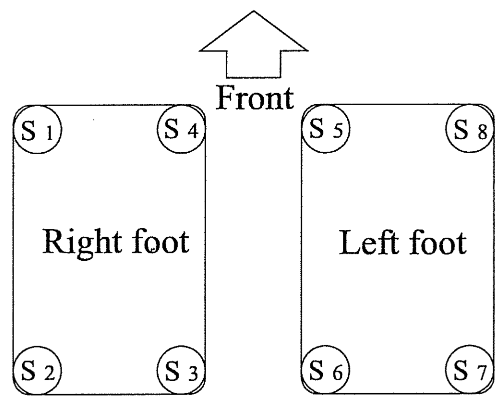


図 10　触角センサの配置

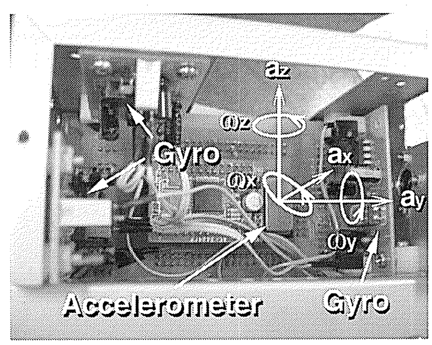


図 11　角速度・加速度センサの配置

また，ロボット胴体の角速度，加速度を計測することを考え，（株）村田製作所製の 1 軸角速度センサ ENC-03J を 3 個，およびマイクロストーン（株）製の 3 軸加速度センサ MA3-04Aa を 1 個，それぞれ胴体部に取り付けている．図 11 にその配置を示す．なお，角速度センサ，加速度センサは，2·3 節の図 7 に示した座標系と計測軸がほ

ぼ同じ向きとなるように注意して取り付けている．ENC-03J は角速度の検出感度が 0.67 [mV/(deg/s)] であり，MA3-04Aa は加速度の検出感度が 50 ± 10% [mV/(m/sec^2)] であることがそれぞれのデータシートに記載されている．これらに従い角速度センサ，加速度センサの出力電圧から各成分の値に変換している．

3. 制御システム

ここでは，プロトタイプ 1 号機 ver. 2 本体の運動制御，コンピュータネットワークを経由した外部コンピュータへの接続，および実行された運動に基づく情報の計測等に対応できるように構築した制御システムの概要について述べる．本制御システムは，汎用のマイクロコンピュータ，インタフェース等，必要となるいくつかのハードウェアを組み合わせて構成され，胴体部分に搭載される．本システムでは，外部ネットワークとの通信，2·3 節で述べた各アクチュエータへの目標角度指令，および各センサからの運動情報取得等の処理を行う．

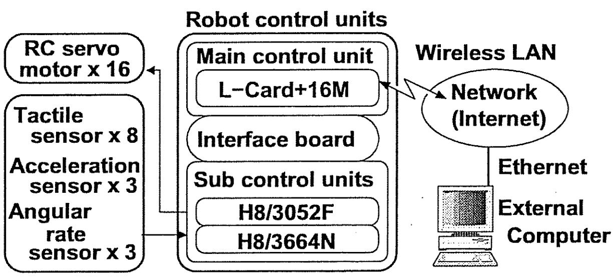


図 12　制御システム

なお，今回，ロボットに目標値として与える運動情報は，各アクチュエータの目標角度データであり，これは，外部計算サーバで用意し，無線 LAN を通じてロボットに送信する．また，運動実行時にロボットが取得する運動情報は，力データ 8 個，角速度データ 3 個，および加速度データ 3 個の計 14 個のセンサデータであり．ロボットは，これらを取得して，外部計算サーバに送信する．これらを考慮して，ロボットに実装する制御システムでは，行うべき処理を外部ネットワークとの通信，およびロボット内部システムとのデータの送受信等の上位の処理と，各アクチュエータ，センサ等に対して直接処理を行う下位の処理とに区別し，上位，下位それぞれの処理専用に，主制御ユニット，および副制御ユニットを割り当てる．これらによって構成される制御システムの概要を図 12 に示す．

3·1 主制御ユニット

主制御ユニットは外部計算サーバおよび副制御ユニットと連携をとり，各アクチュエータへの目標角度データ，およびセンサ値の送受信を行う．このため主制御ユニットには，ネットワークの機能が充実し，かつソフトウェア開発が自在に行えるシステムとなることを重視し，OS として，Linux を搭載した小型のサーバを利用する．この Linux ベースの小型サーバとしてレーザーファイブ（株）製の L-Card+16M を用いる．主制御ユニットは，無線 LAN を通じて外部計算サーバから，16 個の目標角度データ（各 1 バイト）を受信し，同データを 3·2 節で述べる副制御ユニットに送信する．その後，副制御ユニットから各 3 個の角速度，加速度データおよび 8 個の力データ（各 2 バイト）を受信して，全データを無線 LAN を通じて外部計算サーバに送信する．主制御ユニットと副制御ユニットとは，パラレルインタフェースボードを介して接続されている．

3·2 副制御ユニット

本ロボットに搭載されている各アクチュエータ，センサ等に対して直接処理を行う副制御ユニットには，I/O ポート，A/D 変換機等が多く用意されたマイクロコントローラを利用する．ここでは，副制御ユニットとして，（株）ルネサステクノロジ製マイクロコントローラ H8/3052F を搭載した（株）秋月電子通商製マイコンボード AKI-H8/3052F を用いる．H8/3052F には 78 個の入出力端子を備えた I/O ポート，および 8 チャネル 10 ビット分解能の A/D 変換機等が用意されている．一方，各センサから取得するべき運動情報は，力データ 8 個，角速度データ 3 個，加速度データ 3 個の計 14 個のセンサデータであるが，H8/3052F の A/D 変換機は 8 チャネルしか用意されておらず，A/D 変換機が不足する．これを補うため，（株）ルネサステクノロジ製マイクロコントローラ H8/3664N を搭載した（株）秋月電子通商製マイコンボード AKI-H8/3664N を上記マイコンボード AKI-H8/3052F と併用する．H8/3664N には 8 チャネル 10 ビット分解能の A/D 変換機が備えられている．

H8/3052F および H8/3664N のそれぞれには，

μ ITRON4.0 準拠のリアルタイム OS である HOS-V4 を搭載している．

4. 歩行実験

本システムの予備実験として，静歩行に準じた二足歩行を取り上げる．水平な平面上で，この運動を実際に実行し，その際，ロボットに搭載された各種センサ（2·4 節参照）により，20 [ms] 周期毎（3·2 節参照）に計測された運動情報の解析を通じて，実行された運動についての考察を行う．静歩行を規範とする歩行パターンは，4·2 節で述べる手法によって事前に作成し，ロボットは，これに追従した運動を行う．

4·1 ZMP の計測

ZMP（Zero Moment Point）とは，重力，慣性力，床反力等が作用して運動しているロボットにおいて，ロボットと床との接触部分（支持脚足裏）で作られる支持多角形内に存在するべき点であり，その点に床反力が集中して作用し，床面からのトルクが作用しないと見なせる点である [9),10)]．コンピュータ上で計画された歩行パターンについては，ZMP が支持多角形の内側に収まっていることがその実現可否の判定の指標となり，また，実際の歩行運動を評価する際は，運動の特徴を抽出するための指標として利用できる．

実際の歩行運動においては，適当に配置された複数の力センサ等によって計測した床反力データから ZMP を求めることができる [10)]．本ロボットには，両脚の足裏に 1 軸力センサに相当する触覚センサが合計 8 個搭載されている（2·4 節参照）．これら各センサについて，ある基準に対する位置を $\boldsymbol{p}_j = [p_{jx}\ p_{jy}\ p_{jz}]^T$（$j = 1 \sim 8$）とし，各センサから床面に垂直な軸方向の床反力 f_{jz} が得られたとき，ZMP の位置 p_x, p_y は次式で求めることができる．

$$p_x = \frac{\sum_{j=1}^{8} p_{jx}\, f_{jz}}{\sum_{j=1}^{8} f_{jz}}\,,\quad p_y = \frac{\sum_{j=1}^{8} p_{jy}\, f_{jz}}{\sum_{j=1}^{8} f_{jz}} \qquad (1)$$

4·2 歩行パターンの作成

二足歩行を周期的な運動として実現する場合，例えば，両脚支持（フェーズ I）→左脚支持（フェーズ II）→両脚支持（フェーズ III）→右脚支持（フェーズ IV）等のフェーズ一連で構成されるひとつの周期を繰り返し実行することが考えられる．フェーズ I は，右脚から左脚へ支持脚を切り換えるフェーズであり，その後フェーズ II へ遷移する．さらに，フェーズ III へ遷移し，左脚から右脚へ支持脚を切り換える．最後にフェーズ IV へ遷移して歩行の 1 周期が完了する．ここでは，静歩行を規範とした歩行パターンの作成を行うため，各フェーズにおいて，静的なバランスが維持されている（床面上でロボットの静止が保たれている）ことに注意してパターンを作成する必要がある．

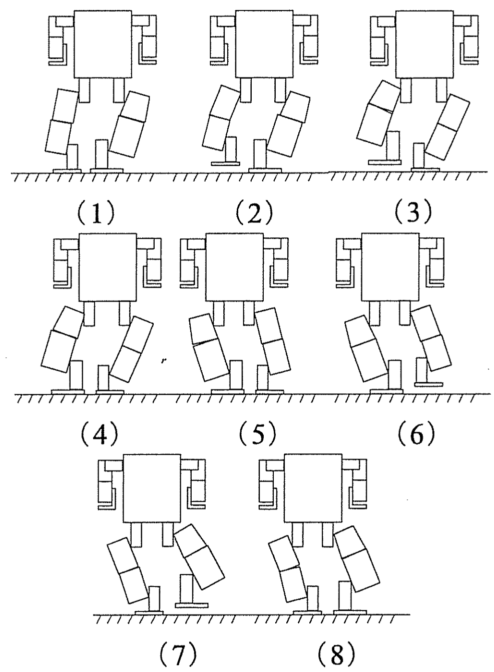


図 13　歩行パターン 1 周期からポーズへの分割

これを踏まえて，本実験では，ロボット実機を実際に動かしながら，以下の手順で，歩行パターンを作成する．まず静歩行 1 周期の運動を以下のように 8 分割したポーズ（1）～（8）を決める．（1）両脚支持の状態でロボットの重心の床面への垂直投影点を左足に合わせる，(2) 右足を上げて床面から離す，(3) 上げた右足を前方に動かす，(4) 右足を下げて両脚支持の状態にする，(5) ロボットの重心の床面への垂直投影点を右足に合わせる，(6) 左足を上げて床面から離す，(7) 上げた左足を前方に動かす，(8) 左足を下げて両脚支持の状態にする．図 13 にこれらポーズ（1）～（8）の例を示す．次に，分割された各ポーズ（1）～（8）

それぞれについて，静的にバランスが取れる適当なものを実際にロボット実機を動かしながら探索する．この手法によって，順次，各ポーズ（1）～（8）に対応したロボットの全関節角度を決定していく．なお，次節で実行する歩行運動においては，胴体の上下移動量が極力小さくなるように注意して各ポーズを決定している．各ポーズに対応したロボットの全関節角度を結ぶ途中経路は，直線補間によって結合し，各関節について時系列の目標軌道を作成する．

4·3　歩行運動の実行

ここで実行する歩行運動は，1 ステップの歩幅 0.14 [m] とし，4·2 節で述べた手順によって作成された全関節の目標軌道に従うものである．各ポーズ間の所要時間は，全て均等に 0.6 [s] とし，8 ポーズを経由した 1 周期は，4.8 [s] となっている．また，2 ポーズで構成される各フェーズ I ～ IV は，1.2 [s] 間隔で次のフェースに遷移する．

4·4　歩行運動における床反力と **ZMP**

計測された各床反力データから，各フェーズ毎について，式（1）を用いて ZMP を算出した．図 14 に歩行運動の 2 周期目における ZMP の軌跡と支持多角形との関係を示す．図 14 では，ZMP の軌跡を実線，支持脚の床面との接触部分 (足) を破線で示し，それぞれ床面裏側からロボットの足を見あげる視点でプロットされている．同図中の丸記号（◯）と四角記号（□）は，それぞれ各 ZMP の軌跡の始点と終点を表し，また矢印は，ZMP の遷移方向を示している．なお，ZMP の軌跡は，支持脚の足に固定された座標系を基準として算出している．

図 14 よりフェーズ I からフェーズ II，フェーズ III，フェーズ IV へ順に遷移する歩行運動に対応して ZMP が移動していることが分かる．各フェーズにおける ZMP の軌跡には，重複する余分な動きが見られるが，これは，歩行運動時に生じたロボット本体の意図していない振動の影響によるものと考えられる．しかし，各フェーズにおいて ZMP の軌跡は，支持多角形の境界から十分に余裕を持った範囲内に分布しており．ある程度の外乱に耐え得る比較的安定した歩行が実現できていると考えられる．

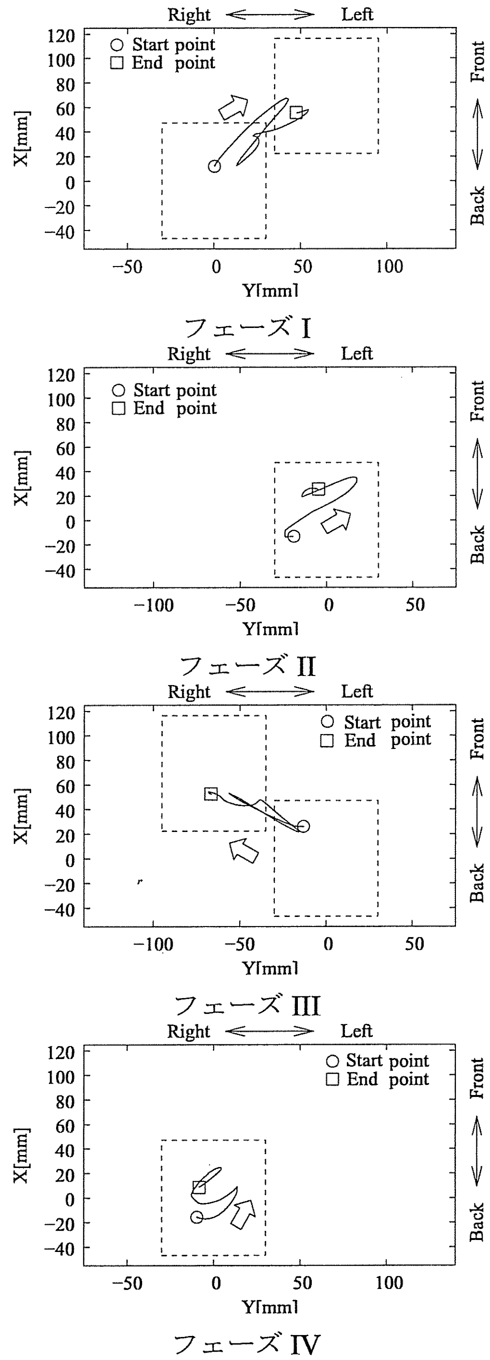
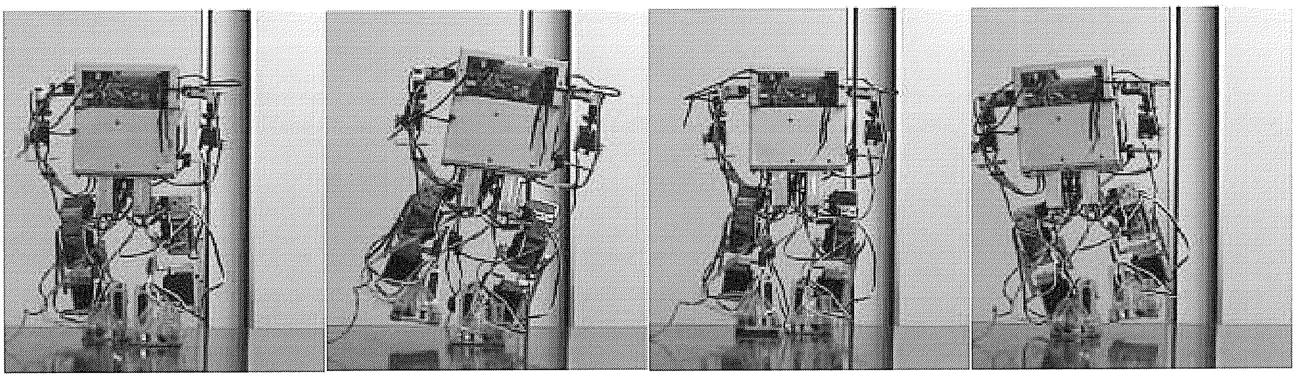


図 14　二足歩行時の ZMP の軌跡

ここで作成された歩行パターンを使用し，実際に，1 ステップの歩幅 0.14 [m]，1 周期 4.8 [s] の二足歩行を行っている様子を図 15 に示す．

5.　おわりに

ロボティクス・メカトロニクスのシステムおよびこれに実装される汎用組み込みシステム等の様々な試行を主目的としたスモールサイズ人間型ロボットのプロトタイプについて述べた．高専の本科 5



フェーズ I　　フェーズ II　　フェーズ III　　フェーズ IV

図 15　二足歩行実験

年生，および専攻科生が役割を分担して，そのシステム構築を行い，最終的に構築したロボットには，全身で 16 自由度を備えさせ，また，床反力，角速度，加速度等，呈示した運動情報を計測するためのセンサを搭載し，これに制御システムを実装した．予備実験を通じて，ロボットの特性等に起因すると考えられる意図しない運動の要素を一部含みながらも，静歩行を規範とした歩行パターンに対応した二足歩行の運動を実現できることを確認した．今後は，計測される運動情報をコンピュータ上での運動情報に反映させ，新たな運動を生成する手法等を検討する計画である．

なお，本研究の一部は，科研費 (課題番号 15760187) の助成を受けて行われたものである．加えて，平成 13 年度～平成 17 年度，多羅尾研究室 (一関高専) に所属していた片山公宏君，庄司拓也君，橋本将樹君，菊地昭宏君，荒川拓也君，木川田亘君，菅原英俊君，若生大輔君，佐藤智君，佐々木光君，鈴木玲人君，塚越英斗君は，本システムの開発に取り組み，大きな貢献をした．これら関係機関，研究協力者に対し，ここに謝意を表す．

参考文献

1) 特集ヒューマノイド，日本ロボット学会誌，vol. 15, no. 7, pp. 961–992, 1997.
2) 稲葉雅幸，金広文男，井上博允：“脳を持ち歩かない２足２腕ロボットの開発”，第 11 回日本ロボット学会学術講演会予稿集，pp. 623–624, 1993.
3) 山崎文敬，松井龍哉，宮下敬宏，北野宏明：“ヒューマノイド PINO －ヒューマノイドプラットホームとしての外装と構造－”，第 18 回日本ロボット学会学術講演会予稿集，pp. 921–922, 2000.
4) 古田貴之：“階層制御系実装のための小型ヒューマノイド Mk.5 とそのプラットフォームシステムの開発”，日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会論文集，2P1-79-128, 2000.
5) 村瀬有一，安川裕介，境克司，植木美和：“研究用小型ヒューマノイドの設計”，第 19 回日本ロボット学会学術講演会予稿集，pp. 789–790, 2001.
6) 黒木義博，石田健蔵，山口仁一：“小型二足歩行エンターテインメントロボット”，第 19 回日本ロボット学会学術講演会予稿集，pp. 1093–1094, 2001.
7) 多羅尾進，橋本将樹：“人間型ロボットに対するインタラクションシステム－小型実モデルの設計・製作－”，計測自動制御学会東北支部第 209 回研究集会資料，資料番号 209-5, 2003.
8) 多羅尾進，佐藤智，小岩俊彦：“人間型ロボットに対するインタラクションシステム－小型実モデルと数値モデルの運動－”，計測自動制御学会東北支部第 221 回研究集会資料，資料番号 221-5, 2005.
9) 高西淳夫，石田昌巳，山崎芳昭，加藤一郎：“２足歩行ロボット WL-10RD による動歩行の実現”，日本ロボット学会誌，vol. 3, no. 4, pp. 325–336, 1985.
10) 梶田秀司：ヒューマノイドロボット．オーム社出版，pp. 65–80, 2005.

（平成１９年９月２８日　受理）

講義資料としての新聞技術情報の構築

木 村　南*

Development of News Database for Mechanical Engineering

Minami KIMURA

It has been continued to make the short text quoted from the newspaper article of every day for six years, and to be going to introduce technological topics in about five-ten minutes at the beginning of each lecture. The technological news published in technological information web site of 38 every day was inspected, and important news was saved up to the Microsoft one note that was a simple data base. The web news saved up between September, 2004 and October, 2007 became 30253 totals and those web news was classified into the folder of 94 in total separately for the field of 11. It has been continued to make the short text quoted from the web news of every day from 2002 to 2007, and to use it as aids to learning in the text because of the practice of Mechanical Engineering Section, the material study, and the class of metalworking.

(Keywords: news paper, web news, data base)

1. はじめに

2002年に日本人がノーベル物理学賞と化学賞を受賞した際に学生たちにタイムリーな話題を提供しようと授業の開始時に新聞の切り抜きやネット記事を資料として，5 分から 10 分くらいで情報を伝える試みを続けてきた．本論文では 2002 年度から 2007 年度にかけて継続的に取組んできた新聞情報を利用した講義資料づくりとそのための新聞技術情報の構築について述べる．

2. 新聞資料の活用

2-1 新聞技術情報の収集

2002年度では，メールマガジンで検索したwebサイトから，必要なページをコピーして自分宛にメールに HTML 形式で添付送信して AL-mail 上に技術データを蓄積し，wordに貼り付けて講義資料とした．

2003年度からは日本工業新聞を購読してその中から必要な記事を切り抜き A4 台紙に貼り付けて，講義資料とした．その後，日本工業新聞がフジサンケイビジネス i に新聞名が変更されてから技術記事が減少したので，駅の売店で販売されていることの多い日経産業新聞に切り替えた．通勤電車内で必要な記事をチェックし，研究室に到着後，直ちに記事を切り取り，A4 台紙に貼り付けて講義資料とした．講義後にその資料をスキャナーで読み取り PDF 化してデータを保存するようにしたが，手間がかかるので，2006年度以降は日経産業新聞の表紙を切り取り，それ以外の紙面は原則として廃棄するように切り替えた．ただし新素材や電子技術，商品動向や 2007 年問題のような技術者育成に関する連載記事など，webサイトには掲載されていない新聞独自の記事については切り抜いて紙袋ファイルに分類するようにした．

2-2 出版社系技術情報の収集

各種展示会では「メカトロニクス」，「日工フォーラム」等の無料の製品カタログ雑誌が多数紹介されており，著者にも毎月 8 誌が配達されてくる．検索エンジンでいちいち企業の HP を探さなくても，ある程度製品のカテゴリー別に記事と広告がレイアウトされているので 2，3 ヶ月単位での技術動向を探る上では重要な情報源である．また必要に応じてカタログが請求できるというメリットもある．

2-3 採録新聞webサイト

表 1 にwebサイトのアドレスリストをまとめて表記した．

表 1 新聞社・出版社系 HP アドレス一覧

略称	アドレス
朝日	http://www.asahi.com/
読売	http://www.yomiuri.co.jp/
日経	http://www.nikkei.co.jp/
リリース	http://release.nikkei.co.jp/
毎日	http://mainichi.jp/
産経	http://sankei.jp.msn.com/
フジB-i	http://www.business-i.jp/index.nwc
日刊工業	http://www.nikkan.co.jp/
日工工具	http://www.nikkan.co.jp/mt-navi/index.php
日工ロボット	http://www.robonable.jp/
東京	http://www.tokyo-np.co.jp/
日経BP	http://nikkeibp.jp/
トレンディ	http://trendy.nikkeibp.co.jp/welcome.html
日経デザイン	http://nd.nikkeibp.co.jp/nd/index.shtml
日経 tech on	http://techon.nikkeibp.co.jp/
日経エレ	http://techon.nikkeibp.co.jp/NE/
セミコン	http://www.semicon-news.co.jp/
自動車新聞	http://www.njd.jp/

一方 IT 系の技術情報サイトを表 2 に示す．

* 機械工学科

表 2 IT 系技術情報 HP のアドレス一覧

略称	アドレス
BSN	http://www.computernews.com/
CNET	http://japan.cnet.com/
インプレス	http://www.watch.impress.co.jp/
アスキー	http://ascii.jp/
マイコミ	http://pcweb.mycom.co.jp/
@IT	http://www.atmarkit.co.jp/
ITmedia	http://www.itmedia.co.jp/news/
テクノバーン	http://www.technobahn.com/
designNews	http://www.designnewsjapan.com/index.html
EE	http://www.eetimes.jp/
CARVIEW	http://www.carview.co.jp/news/
セミコン	http://www.sijapan.com/
JIN	http://jp.jinbn.com/

表 3 工業会系 HP のアドレス一覧

略称	アドレス
自工会	http://www.jama.or.jp/
日工会	http://www.jmtba.or.jp/
工具会	http://www.kouguko.com/
超硬工具会	http://www.jctma.jp/
工作機器会	http://www.jmaa.or.jp/
ダイヤ工会	http://www.alles.or.jp/%7Eidajapan/
歯車会	http://www.jgma.org/

2-4 メールマガジンの利用

2001 年度から 2003 年度まではメールマガジンとメールソフト(AL-mail)を利用してメールマガジンのデータを中心としたデータベースの構築を試みた.メールマガジンの登録数が増加し,新聞社系のメールマガジンでは現在毎日 70〜100 通ぐらいが蓄積され,メールソフトでのデータベース化は容量的に困難になった.また東京高専のグループウェアが xhythos になり使い勝手は向上したが,個人で使用できるデータに限りがあるので,メールマガジンでは有用なサイト情報を検索後に廃棄するように変更した.

3.簡易データベースとしての one-note の利用

10 年ほど前に MS Outlook のメモ機能にデータを貼り付けて簡易データベースとしたことがあったが,非常に PC の動作が重くなった.そこで 2002 年度からは web 記事を word に貼り付けてファイル名により検索することを試みていた. マイクロソフト社から one note2003 がリリースされてから web 記事をそのまま貼り付けることや PDF を貼り付けることも容易なので,one note を簡易データベースとして用いている.

4. 新聞技術情報の構築

4-1 データ収集について

Goggle や Yahoo などのポータルサイトを利用して講義資料のための技術情報の構築を 2002 年度に試みたが, キーワードで絞っていっても, 環境問題や自動車, 半導体・電子技術など非常にデータが多い分野ではタイムリーな話題を検索するのに時間がかかってしまうという問題があった. また実際の HP ではプロの編集者が記事に重みをつけ, レイアウトや関連記事のリンクなど検索エンジンでデータを探しただけではわからない情報が多い. そこで 2003 年度からは新聞社系の web サイトを巡回閲覧しながら自分の目で検索するように変更した.

表 4 に one note の分野別のフォルダ数とファイル数を示した. 2004 年 9 月から 2007 年 10 月までの 3 年間に合計 30523 件の技術情報が得られた. 技術系の web サイトは土日には更新されないことが多く,データ更新されているのは年間 250 日ぐらいと見られる.しかし一日平均 2.5 コマの授業と卒研・専攻科特別研究の指導をあわせると 10 時間ぐらいの勤務が普通であり,なかなか連続してデータ収集することが困難であった.そのため家庭の PC にも one note を導入してデータを USB メモリで共有化するようにした.結果的にデータ収集のために土日も含めて毎日 3.6 時間を要した.またフォルダ数は 2004 年度には約 60 であったが,2007 年 10 月にはフォルダ数は 94 まで増加した.

表 4 分野別フォルダ数とファイル数

分野	フォルダ数	ファイル数
講義・研究	14	423
技術	14	3972
自動車	19	4689
電子製品	18	6673
環境・安全	10	2743
福祉・医療	3	633
デザイン	4	836
政経	10	2679
全般	2	7875
合計	94	30523

図 1 に示したように分野別構成としては電子製品が 28%を占めており半導体, PC, 液晶, 携帯電話などのニュースが数多く配信されていることが分かる. また IT 系サイトの多くが電子製品関連の記事を多く配信することからも自動車よりも記事総数では上回ったと考えられる. その一方で企業のアジアを中心とする海外進出が盛んになり, 政経分野も最近ニュースが増加している.

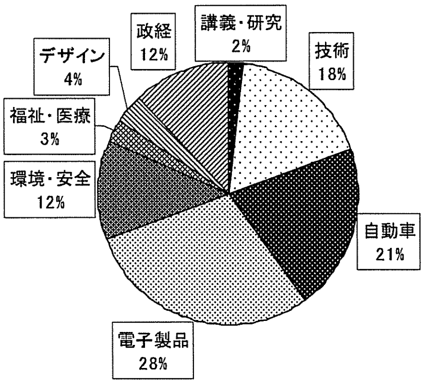


図1　データファイル数の分野別構成比率

4-2 分野別の技術情報動向

図2に電子製品分野の6673件のファイルについて19のフォルダに層別すると半導体・実装技術,IC タグ・認証,携帯・PDA,パソコン周辺機器,IT・ソフト,液晶などの技術情報が多いことがわかる.

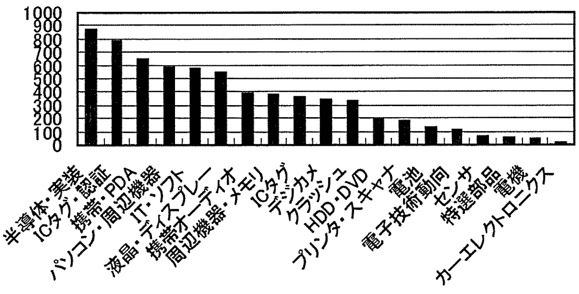


図2 電子製品分野のフォルダ別ファイル数

図3には自動車における4689件のファイルを19のフォルダに分類すると,自動車技術全般が最も多く,次いでドイツ車,ハイブリッド・電気・燃料電池自動車に関する情報が多くその後は生産台数に相応するように,アメリカ車,ホンダ,日産という順に情報が集まった.日本におけるドイツ車人気がweb記事からも裏付けられた格好になった. C02 の排出抑制と最近の原油高を反映して,バイオエタノールやディーゼルエンジン関連の記事も増加している.また欧米におけるハイブリッド車の開発記事も2006年後半から増加している.

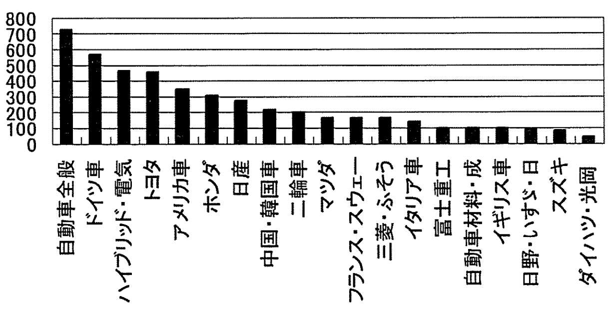


図3 自動車分野のフォルダ別ファイル数

フォルダ名で技術情報を層別してファイル数で構成比率が1.0%以上のものを表5に示した.全般分野については母数から除いて整理した.最も構成比率の高いフォルダは環境・安全分野の安全・事故の1087件であった.航空機・車両・船舶事故,エレベータ事故,工場火災,電池発火など安全と事故に関する事例が最も多かった.

表5　ファイル合計の構成比率が1.0%以上のフォルダ

分野	フォルダ名	ファイル数	構成率
環境・安全	安全・事故	1087	4.89%
電子製品	半導体・実装	876	3.94%
電子製品	ICタグ・認証	785	3.53%
技術	宇宙・航空機	745	3.35%
自動車	自動車全般	728	3.28%
電子製品	携帯・PDA	652	2.93%
政経	社会・国際	601	2.70%
政経	景気	597	2.69%
電子製品	パソコン・周辺機器	587	2.64%
技術	金属素材とその加工	583	2.62%
電子製品	IT・ソフト	575	2.59%
自動車	ドイツ車	564	2.54%
環境・安全	環境・省エネ	558	2.51%
電子製品	液晶・ディスプレー	546	2.46%
技術	産学・教育	530	2.38%
技術	ロボット	520	2.34%
政経	中国・韓国	518	2.33%
福祉・医療	福祉・医療・ユニバーサルデザイン	496	2.23%
技術	プラスチック・セラミックス	495	2.23%
自動車	燃料電池・ハイブリッド	465	2.09%
自動車	トヨタ	457	2.06%
電子製品	携帯オーディオ	397	1.79%
政経	経営・投資	385	1.73%
電子製品	周辺機器・メモリ	384	1.73%
電子製品	ICタグ	370	1.66%
自動車	アメリカ車	348	1.57%
電子製品	デジカメ	345	1.55%
電子製品	クラッシュ	337	1.52%
デザイン	時計	332	1.49%
自動車	ホンダ	299	1.35%
技術	機械・電機・測定機器	288	1.30%
環境・安全	太陽電池・燃料電池	283	1.27%
政経	海外の景気	279	1.26%
自動車	日産	268	1.21%
技術	新規技術・ナノテク	237	1.07%

3 年間の運用で集積された 30253 件のファイルであることから,毎週200件程度のファイルが蓄積されてきたことになる. これらの記事を以下に示すようにシラバス連動型とタイミング重視型に区分して講義資料として活用した.表6に示したように構成比率 3.0%以上の事例では毎週の講義に活用することが出来る可能性が高いが,1%程度の構成比率の記事ではある程度ストックしておいてから講義資料としての応用を考える必要がある.

機械系ものづくり情報として,以下の表6に示すフォルダの記事を中心に講義資料に用いた.

表6　講義資料に用いた主なフォルダと採録ファイル数

分野	フォルダ名	ファイル数
技術	金属素材とその加工	583
技術	プラスチック・セラミックス	495
技術	複合材料	96
技術	機械・電機・測定機器	288
技術	宇宙・航空機	745
技術	ロボット	520
技術	ナノテク・新技術	237
技術	接合技術	61
自動車	自動車全般	728
自動車	燃料電池・ハイブリッド等	465
自動車	車体材料とその加工	97
電子	半導体・実装技術	876
電子	IC タグ・認証	785
環境・安全	安全・事故	1087
環境・安全	環境・省エネ	558
福祉・医療	福祉・医療	496
デザイン	ユニバーサルデザイン	208

表6のファイルを日々の講義での活用を考えると

a) シラバス連動型の技術情報としては, 材料開発や加工技術の動向を取上げ

代表的な事例としては

- 自動車用高張力鋼板の開発
- 航空機用炭素繊維複合材料の開発
- 新型超硬エンドミル
- 車体用レーザ溶接機

などが挙げられる.

b) タイミング重視の技術情報としては, 産業界の基本的な情報として

- 工作機械の売上
- 自動車売上
- 電子機器・半導体売上
- 素材・エネルギー価格の変動

新技術開発として

- ロボット
- 自動車
- 航空・宇宙機の開発記事

また環境・リサイクル問題もこの範疇である.

一方, 4 年時の「工学倫理」科目や専攻科の「技術者倫理」科目との連携を勘案し,耐震偽装問題やエレベータ事故など安全・事故についても講義資料に積極的に取り入れた.

5.活用した授業

表 7 に示す著者が担当した「機械製作実習」,「材料学」,「機械製作法」,「加工学」,「機能材料」などの授業科目で記事資料を用いて各講義の導入時に 5 分から 10 分程度説明した.

表7　web 記事による講義資料を用いた授業科目一覧

年度	授業科目	主な記事	期間
2002 年度	1M 機械製作実習 I	加工	通年
	2M 機械製作実習 II	生産技術	通年
	4M 機械製作法	自動車	通年
2003 年度	2M 材料学	材料	通年
	1M 機械製作実習 I	加工,ロボット	通年
	2M 機械製作実習 II	生産技術	通年
	4M 機械製作法	自動車	通年
2004 年度	1M 機械製作実習 I	ロボット	通年
	2M 機械製作実習 II	自動車	通年
	2M 材料学	材料	通年
	4M 機械製作法	生産技術	通年
2005 年度	2M 機械製作実習 B	生産技術	通年
	3M メカトロニクス I	ロボット	前期
	4M 機械製作法 A	加工	前期
	4M 機械製作法 B	加工	後期
	5M 材料学 II	半導体	前期
	5M 加工学 I	自動車	前期
	5M 加工学 II	航空機	後期
2006 年度	2M 機械製作実習 A	加工	通年
	3M 材料学 A	材料	前期
	3M 材料学 B	材料	後期
	4M 機械製作法 A	加工	前期
	4M 機械製作法 B	自動車	後期
	5M 機能材料	半導体	前期
	5M 加工学	生産技術	前期
2007 年度	3M 機械製作実習 B	加工	前期
	3M 材料学 A	材料	前期
	3M 材料学 B	材料	後期
	4M 機械製作法 A	加工	前期
	5M 加工学	生産技術	前期
	AS 塑性加工学特論	加工	前期

6. 事例研究

6-1 2M 実習用講義資料の事例

2005 年度 2M 機械製作実習 B の 6/22 資料を図 3 に示す. 記事のタイトルと出典を下記に示す.

1) ユニプレス, ハイテン鋼対応の車台ラインを栃木工場に増設　2005/6/17 yahoo

2) 三菱電機, 小型水平多間接ロボット 2005/6/15 日経

3) 災害で活躍, 救助ロボ公開, ロボカップ世界大会に出場 2005/5/30　朝日

4) 大同特殊鋼, 北米子会社に鍛造プレス導入-ギアなど 3 割増産　2005/6/18　日経

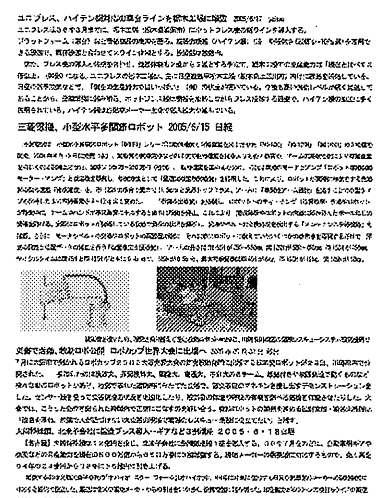


図 3　2005 年度 2M 機械製作実習 B　6/22 資料

6-2 3M メカトロニクス実習用講義資料事例

2005 年度 3M メカトロニクス実習　4/25 講義資料を図 4 に示す. 記事のタイトルと出典を下記に示す.

1) ひざ下の軽量化で動作を素早く-愛知万博「トヨタグループ館」のワイヤー駆動ロボット 2005/3/24 日経 tech-on

2) 神鋼, 小型化しながら可搬能力高めた新型アーク溶接ロボットを発売 2005/4/8 日経 tech-on

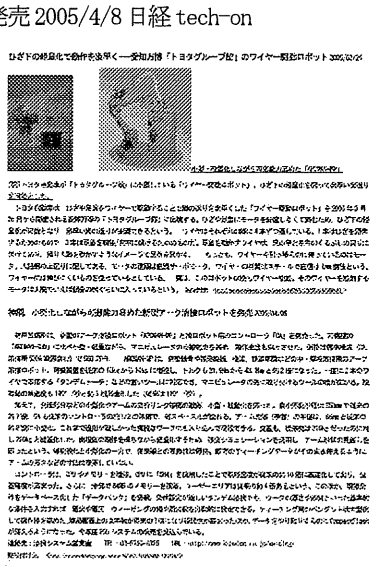


図 4 2005 年度 3M メカトロニクス実習 4/25 講義資料

6-3 3M 実習用講義資料の事例

2007 年度　3M 機械製作実習 A の 5/16 資料を図 5, 6 に示す. 図 5 の記事のタイトルと出典を下記に示す.

1) 次世代旅客機「７８７」主翼　三菱重工、米ボーイング社に出荷 2007/5/14FujiSankei Business i.

2) 平田機工、大型液晶パネル用ガラス搬送ロボット開発 2007/5/15 FujiSankei Business i.

3) 廃家電、１１６２万台を回収　０６年度実績　環境・経産省 2007/5/12 FujiSankei Business i.

4) 米ガソリンが最高値を更新 1 ガロン 3.103 ドル（1 リットル 99 円）2007/5/15 日経

5) 日本ベリサイン、電子メールの時刻を認証 2007/5/15　日経

図５　2007 年度　3M 機械製作実習 A　5/16 資料-1

図６の記事タイトルと出展を下記に示す.

1) 機械受注１兆円割れ　２２カ月ぶり　基調『弱含み』に 2005/5/15 東京新聞

2) コースター事故　振動で車軸に金属疲労か 2007/5/10 産経新聞

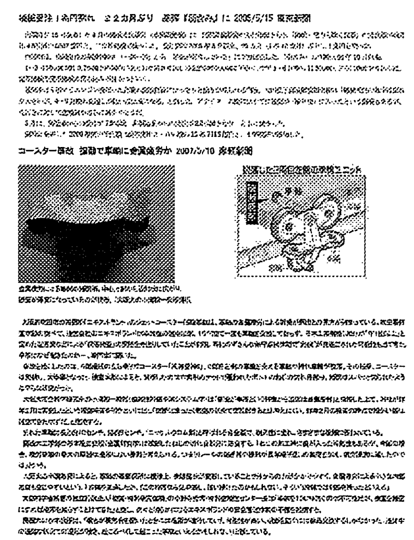


図６　2007 年度　3M 機械製作実習 A　5/16 資料-2

6-4　座学　3M 材料学 B 講義資料

2006 年度材料学 B の 10/20 講義資料の事例を図 7 に示す．シラバス関連記事として鉄鋼，銅合金を学習タイミングだったので 2005 年度の鉄鋼，伸銅品に関する記事を集めた．

1) 2005 年度粗鋼生産、0.2%減・過去 5 番目の高水準 2006/4/17 日経

2) 05 年度の伸銅品国内生産、2.4%減の 100 万トンに 2006/6/5 日経

3) JFE スチール，自動車用高張力薄鋼板の難成形部品への適用を拡大するプレス加工技術「JIM-Form」を開発 2005/8/30 日経 tech-on

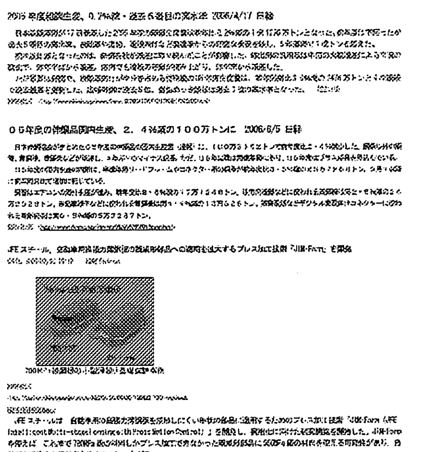


図 7　2006 年度　3M 材料学 B　10/20 講義資料

6-5　2007 年度　4M 機械製作法 A 講義資料

図 8 の記事タイトルと出展を下記に示す

1) 三菱重工と東レ、国産ジェット機体コスト減へ炭素繊維加工の新技術　2007/6/18, 19　Fujisankei i

2) EADS 社の宇宙観光旅行用のスペースプレーン、2012 年にも運用を開始 2007/6/14 mycom

図 8　2007 年度　4M 機械製作法 A　6/21 講義資料

6-5　2007 年度　5M 加工学講義資料

2007 年度 5M 加工学の 7/20 講義資料を図 9, 10 に示す．

1) 薄い Si ウエーハ向けのレーザー・ダイシング装置，XSiL 社が発売　2007/7/14 日経 BP

2) Porsche 社、新型「911 GT2」を出展 2007/7/17 日経 Automotive

3) ＮＹで蒸気パイプ破裂、１人死亡　高層ビルを白煙覆う 2007/7/19 朝日

4) 新潟県中越沖地震　トヨタなど自動車全１２社工場停止 リケン被災で代替品検討 2007/7/19 日経など

5) リケン、コロナが操業再開 2007/07/23 産経

6) 川重、ボーイング「７８７」胴体部分の生産で日本飛行機との連携加速　2007/07/19 日刊工業新聞

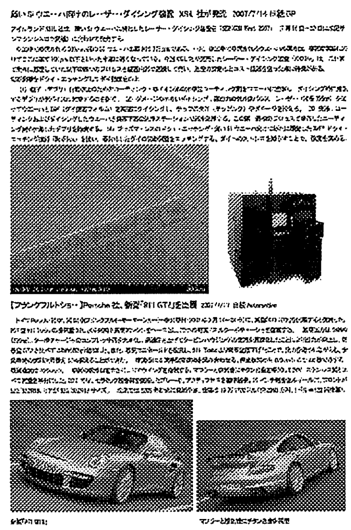


図 9　2007 年度 5M 加工学　7/20 講義資料-1

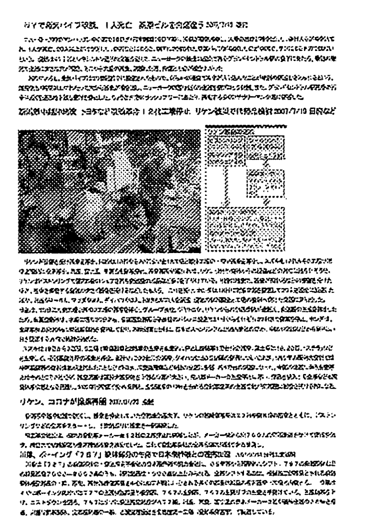


図 10　2007 年度 5M 加工学　7/20 講義資料-2

7. まとめ

2004 年 9 月から 2007 年 10 月までに合計 30253 件の web ニュースを 11 の分野で合計 94 のフォルダに分類し，機械工学科の実習や材料学や加工の授業で補助教材として用いた．学生の授業アンケートでは好評であった．

（平成１９年９月２８日　受理）

PICNICイーサネット・シリアル変換器を使用した広帯域電磁環境測定システム

鈴木　渉*，山内峯生**，大貫繁雄***

Electromagnetic Environment Measurement System using PICNIC Ethernet Serial Converter

Wataru SUZUKI, Mineo YAMAUCHI, Shigeo OHNUKI

The FFT Frequency monitor AOR SR2000 is a low cost but high powerful spectrum display unit with high quality RF front-end for amateur radio. The PICNIC is a PIC microcontroller with a network interface card and a RS232C interface. Using those products, we have developed a wide range electromagnetic wave monitoring system that can be controlled from a remote place. The monitoring range is from 25 MHz to 3 GHz. The SR2000 itself has small range capability such as 10 MHz. In this study, synthesizing multiple small range data has enabled wide range monitoring system. The PICNIC was used as an Ethernet to serial converter for remote operation. Some settings for RS232C cable and software are found to be required for the PICNIC converter to work correctly.

(Keywords: PICNIC, SR2000, Spectrum Analyzer, RS232C, Ethernet to Serial Converter)

1. はじめに

最近、PHS、携帯電話、無線LAN、Bluetooth、地上波デジタル放送など新たな電磁波や周波数の利用が登場してきた。これらの通信等による電磁環境調査のための道具としてスペクトルアナライザ(略してスペアナ)がある。これは受信した電磁波をスーパーヘテロダイン方式で周波数分析して表示する。すなわち局部発信周波数をスイープして周波数に対する電磁波の強度(周波数スペクトル)を測定表示する。最近は周波数スペクトルの時間変化も同時表示するものも発表されている。このスペアナの問題点は価額が高いことであり、一般には購入が容易でない。

最近アマチュア無線用に高機能で安価な受信機が発売されるようになった。またLANとRS232Cを接続する安価な機器としてPICNIC[1]イーサネット・シリアル変換器が発売されている。筆者らは、これらの機器を組み合わせることにより、従来のスペアナと同等な機能を持ち遠隔操作もできる広帯域電磁環境測定システムを作成した。この作成結果およびPICNICイーサネット・シリアル変換器を使用するときに必要となった設定事項について報告する。

2. 使用機器

2．1．SR2000

電磁波を受信して周波数分析する機器としてAOR 社[2]から発売されているアマチュア無線用受信機SR2000を使用した。図1にSR2000の外観を示す。

図1　AOR SR2000の外観[2]

SR2000は受信電磁波の周波数を中間周波数に変換したあとFFT方式で周波数分析して表示する。25MHzから3GHzまで広帯域に電磁波を受信することができ、時間ごとの周波数スペクトルをウオーターフォールと呼ばれるグラフ表示にすることもできる。

*現在、フォーコム株式会社　**東京工業高等専門学校　***東京工業高等専門学校電気工学科

RS232C 経由で操作可能なインターフェースも用意されている。価額も通常のスペクトルアナライザに比べ、それほど高価ではない。この SR2000 の問題点は一度に測定できる最大測定周波数帯域が 10MHz でしかないことである。このため測定周波数帯域を 10MHz とし、その中心周波数を 10MHz ずつずらしながら測定し、その測定結果を合成するという方法により広帯域に電磁波を測定するという使い方をした。表1に SR2000 の RS232C の通信仕様、表2に今回使用した SR2000 のコマンドを示す。

表1　SR2000 の RS232C 通信仕様

通信速度	115k, 57.6k, 38.4k, 19.2k, 9.6kbps から選択式
データ長	8 ビット
パリテイ	なし
ストップビット	2 ビット
フロー制御	RTS/CTS

表2　SR2000 コマンド

コマンド	説明
FP	スペクトラム周波数スパン設定
CF	センタ周波数設定
GD	グラフダウンロード

2．2．PICNIC

LAN 経由で SR2000 を遠隔操作するため PICNIC を使用した。PICNIC は PIC マイコンに NIC (Network Interface Card) と RS2232C インターフェースが付加されたものである。今回この PICNIC をイーサネット・シリアル変換器（略して変換器）として使用した。図2に PICNIC の外観を示す。

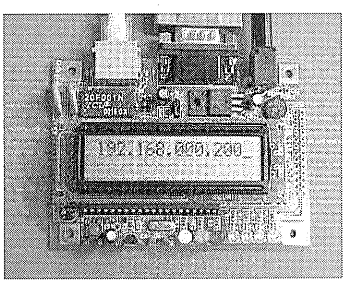


図2　PICNIC の外観[1]

3．RS232C 版

最初にパソコンと SR2000 を RS232C ストレートケーブルで直結したシステム（RS232C 版）を作成した。図3に RS232C 版の構成図を示す。パソコンと SR2000 は RS232C の RTS/CTS フロー制御で通信しその通信速度は SR2000 の初期設定である最高速度の 115kbps を使用した。

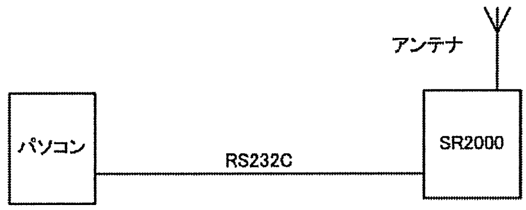


図3　RS232C 版の構成図

図4にパソコンでの主画面を示す。パソコンから SR2000 にコマンドを送信して SR2000 からの測定データを受信してグラフ表示する。

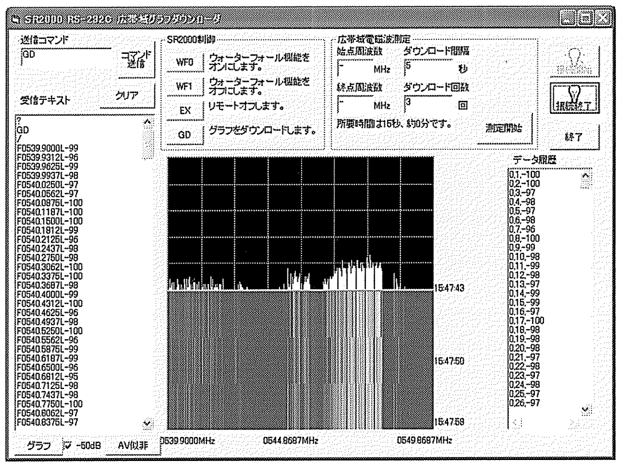


図4　RS232C 版のパソコン主画面

今回使用したコマンドは、“FP”、”CF”、”GD” の3つである。“FP”コマンドは SR2000 での測定帯域を指定する。今回は最大測定帯域の 10MHz に固定設定した。パソコンから指定する測定帯域はこの 10MHz の倍数とする。”CF”コマンドは測定中心周波数を指定する。”GD”コマンドは SR2000 が測定した 10MHz 帯の周波数スペクトルデータを要求する。SR2000 はデータを 320 等分して送り返す。

パソコンから測定周波数帯、測定回数などのパラメータを設定し「測定開始」ボタンをクリックすると測定を開始する。”CF”コマンドで中心周波数を 10MHz ずつ移動設定し”GD”コマンドで測定データをダウンロードする。画面指定の測定周波数帯を 10MHz で割り算した回数だけこれを繰り返す。この結果を合成して一つの合成周波数スペクトルとして表示する。この測定を周期的に行い

合成周波数スペクトルを時間順に並べて表示する。横軸が周波数、縦軸が時間、色が信号強度を示す。この表示は SR2000 でのウオーターフォール表示に相当する。図５に広帯域電磁環境測定例を示す。

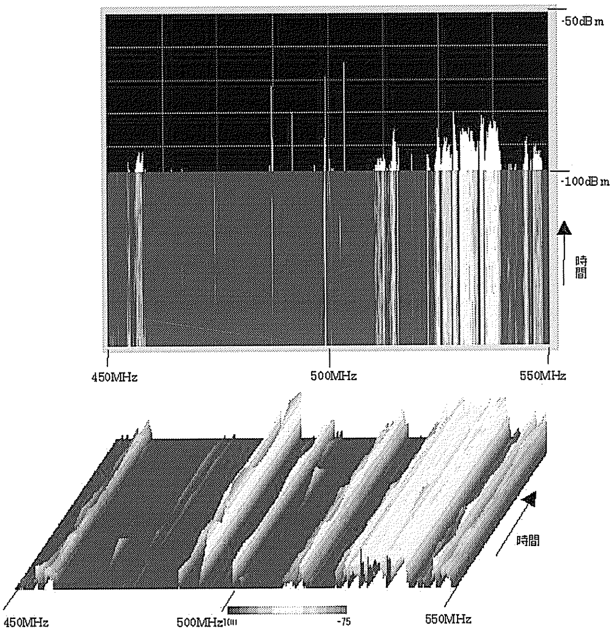


図５　広帯域電磁環境測定例

測定データをより分かりやすいものにするため「AV 似非」ソフトウエア[3]を使用して３次元表示した。「AV 似非」は３次元データを立体的に表示するフリーソフトウエアである。図５の下部にこの表示例を示す。「AV 似非」では信号強度が色だけでなく高さとして３次元表示される。このため信号全体がより分かり易いものになっている。

図５は 450MHz から 550MHz までの電磁波を受信したときの例である。左側（500MHz 以下）は従来のアナログ TV 放送の電波、右側（500MHz 以上）は地上波デジタル TV 放送の電波である。地上波デジタル TV 放送では、各局に割り当てられた周波数帯域（6MHz）全体に均一に電波が出されていて各周波数帯が有効に使用されていることが分かる。

４．PICNIC 版

PICNIC イーサネット･シリアル変換器を使用して LAN 経由で SR2000 を遠隔操作できるシステム（PICNIC 版）を作成した。図６に PICNIC 版の構成図を示す。

パソコンと変換器を LAN 接続する。変換器と SR2000 は共にモデム相当機器であるため RS232C クロスケーブルで接続する。RS232C の通信速度は 9600bps と設定した。

図６　PICNIC 版の構成図

PICNIC 版は、RS232C 版に対して、データ収集（通信）の部分だけが異なっているだけでそれ以外（パソコンでの主画面、測定結果の表示など）は同一である。

変換器を操作するためトライステート社から提供されている PICOCX コンポーネントを使用した。今回この PICNIC 版を動作させるためには以下の３つの設定が必要であった。

(1) **RS232C** の設定

市販 RS232C クロスケーブルで接続したとき PICNIC から SR2000 への送信はできるが SR2000 から PICNIC への送信ができない。これは PICNIC はフロー制御機能が無いため無条件で SR2000 に送信するが、SR2000 は RTS/CTS 制御のため PICNIC が受信可能と認識するまで PICNIC に送信しないことによる。図7に市販クロスケーブルの配線図を示す。

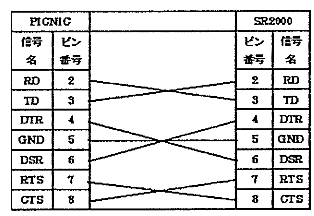


図7　市販 RS232C クロスケーブル配線

この対策の1つは RS232C クロスケーブルを図8のように自作することである。これは SR2000 側で RTS と CTS をショートすることにより SR2000 に対して PICNIC が受信可能であると認識させる。

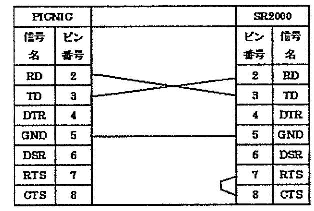


図8　自作RS232Cクロスケーブル配線

別の対策は市販ケーブルを使用するが PICNIC 側で CTS を ON 設定することである。これは SR2000 に対して PICNIC が受信可能であると認識させる。

図9に PICNIC の RS232C 回路部を示す。PICNIC基板上でのジャンパーピン（JP-1）の１番と3番をショートして、ソフトウエアで PIC マイコンの RB1 端子を LOW 設定すればPICNIC 側の CTS を ON 設定できる（CTS は LOW アクティブである）。

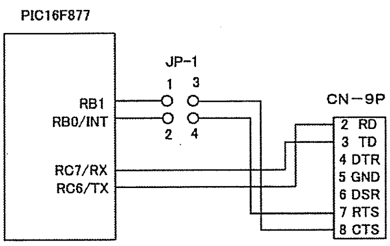


図9　PICNIC の RS232C 回路部

上記の2つの対策をテストしてどちらも動作することを確認した。市販ケーブルが使用できる2番目の対策を採用しプログラム起動時の初期化処理で PIC マイコンの RB1 端子を LOW 設定するようにした。

(2) 初期化処理

変換器は、中断されたり強制終了されたりするとPICNICのシリアルインターフェースが占有状態のままになり電源をリセットしないと再使用できない。プログラム起動時の初期化処理で占有状態を強制解除するようにして、電源リセットをしなくても変換器を使えるようにした。PICOCX コントロールはこの強制解除機能を持っていなかったためWinsockコントロールを使用して解除した。

(3) データ損失対策

PICNIC と SR2000 との RS232C 通信速度を 9600bps に設定した。しかし学内 LAN を使用したとき、"GD"コマンドに対してダウンロードされてくるデータに損失が発生する場合があった。このデータ損失は表示上ではノイズになっていた。

変換器は、RS232C ポートからデータを受信すると、一文字ごとに UDP パケットに変換してパソコンに送り返す。"GD"コマンドは約 5000 文字のデータを一度にダウンロードする。結果として約 5000 個の UDP パケットが発行される。これは LAN のトラフィックを増加させる。また学内 LAN が混雑しているときにはパケットの送信ミス（データ損失）が発生する。

学内 LAN を使用しないで専用 LAN を作成しこれに接続したところデータ損失はほとんど無くなった。これによりデータ損失の主原因は学内 LAN の混雑によることが特定できた。しかしこのデータ損失を無くすにはPICNIC を用いるための専用 LAN が必要であることが明らかになった。

5. まとめ

安価なアマチュア無線用受信機 SR2000 と PICNIC イーサネット・シリアル変換器を組み合わせて広帯域電磁環境測定システムを作成した。SR2000 は最大測定帯域幅が 10MHz しかないため、中心周波数をずらして複数回受信してその結果を合成するという方式で広帯域測定を可能とした。最初に RS232C 版システムを作成した。これはパソコンと SR2000 を RS232C ストレートケーブルで直結するものであり RS232C は115kbps で通信した。測定したデータをスペクトル表示、ウオーターフォール表示、3次元表示するようにした。

次に遠隔操作を可能とするため PICNIC 版システムを作成した。これはパソコンと変換器をLAN接続し、変換器とSR2000をRS232Cクロスケーブルで接続するものである。

PICNIC 版システムを動作させるためには次の3つの設定が必要であった。(1) RS232C の設定。PICNIC がフロー制御無しのため SR2000 の RTS/CTS フロー制御を無効にするようにした。(2) 初期化処理。変換器がシリアルポートを占有したまま終了する場合があるため初期化処理でこれを強制解除するようにした。(3) データ損失対策。データ損失の原因が学内 LAN のトラフィック混雑に起因することが特定できた。専用 LAN を使用することで防止できた。

RS232C 版と PICNIC 版とは通信部分以外は同一である。PICNIC 版は遠隔操作ができるという長所があるが、通信速度が 9600bps であり RS232C 版での通信速度 115kbps に対して劣っている。また PICNIC 版ではデータ損失を防止するため専用 LAN を使用しなければならないという制約がある。

参考文献

[1] PICNIC のひろば，http://www.tristate.ne.jp/picnic/menu.html
[2] AOR 社，http://www.aorja.com/
[3] おりいるの実験室，http://hp.vector.co.jp/authors/VA011972/

（平成１９年９月１１日　受理）

民生部門におけるエネルギー有効利用の検討

土井　淳*，坂本和弥**，高井岳利***

A Study of Effective Utilization of Energy in the Residential and Commercial Sector

Atsushi DOI, Kazuya SAKAMOTO, Taketoshi TAKAI

The energy consumption in the residential and commercial sector is increasing yearly. For the prevention of global warming, it is necessity to use the natural energy and to improve efficiency of the energy use. This paper discusses the following two themes from the 2006 graduation research of TNCT's Power & Energy System Laboratory.
(1) Electric Load Leveling with Photovoltaic Generation
(2) Model of Electric Power Consumption at Home
(Keywords: global warming, electric load leveling, electric power consumption)

1. はじめに

今日のエネルギー問題において，エネルギーセキュリティとともに，地球温暖化への対応などの環境制約が重要な課題となっている。このような背景のもとに，新エネルギーなどRPS（Renewable Portfolio Standard）制度，CO_2など排出権取引，再生・持続可能エネルギーなど循環型資源利用促進といった法的基盤の整備の進むなかで，循環型社会形成に向けて必要不可欠なエネルギーの供給，利用における課題[1]について，卒業研究において継続的に取り組み，その解決策を検討している。

本論文では，東京工業高等専門学校の電力・エネルギーシステム研究室における平成18年度の卒業研究から次の２つのテーマについて報告する。

（1）太陽光発電による電力負荷平準化
（2）家庭における電力消費モデル

2. 平成18年度の卒業研究

平成18年度5学年の6名の学生が取り組んだ卒業研究テーマを図1に示す。この図は，各テーマにおいて，検討する新エネルギー技術が何で，それを如何に活用するか明らかにしている。

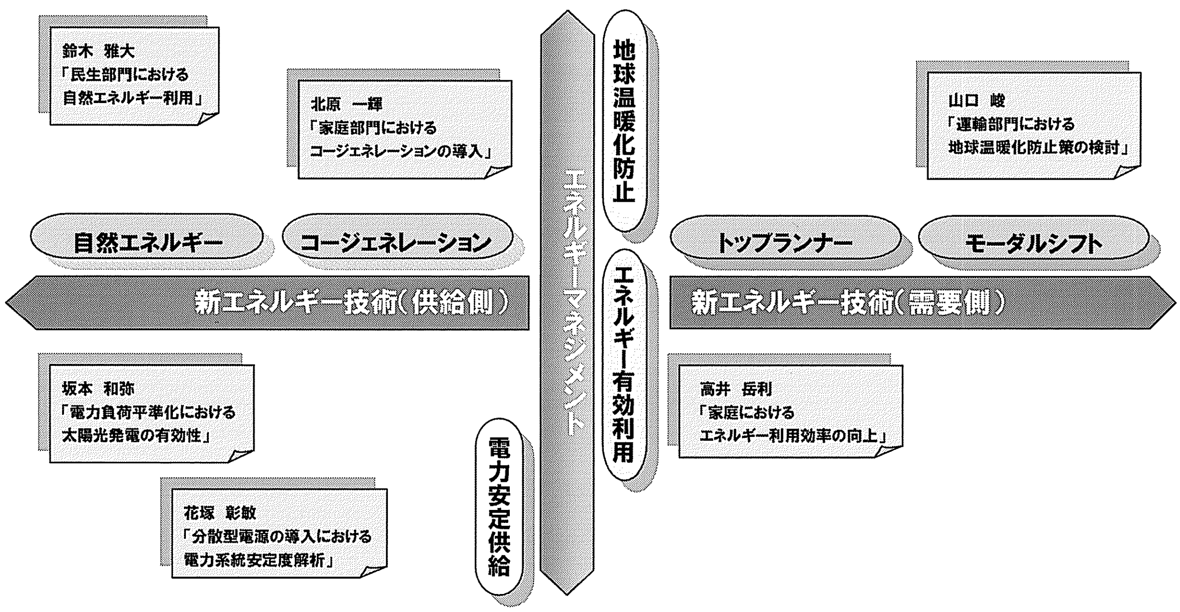


図1　平成18年度の卒業研究テーマ

＊電気工学科　＊＊日信電子サービス株式会社　＊＊＊タカナシ乳業株式会社

鈴木，北原，山口は，地球温暖化防止を評価目標に，民生部門，家庭部門，運輸部門のそれぞれに自然エネルギー，コージェネレーション，モーダルシフトといった新エネルギー技術を導入することで，CO_2排出量の削減にどの程度寄与できるかを検討した。花塚は，電力系統に太陽光発電，風力，燃料電池などの分散型電源が導入された場合の安定度を解析し，分散型電源の導入量と安定度の関係を明らかにした。

以下の３章および４章において，坂本，高井のそれぞれの卒業研究の内容を詳述する。

3．太陽光発電による電力負荷平準化

新エネルギーは，エネルギー自給率の向上や地球温暖化対策に資するほか，分散型エネルギーシステムとしてのメリットも期待できる貴重なエネルギーである[2-1]。そのなかで太陽光発電の導入量は，住宅分野において近年着実に伸びており，2004年度累計で113.2万kW[2-2]まで普及が進んでいる。導入が進むとともにコスト削減が図られ，その発電コストを大幅に低下させ，2010年度に家庭用電灯料金並みの23円／kWh程度の実現[2-3]が期待されている。一方，太陽光発電には天候や日照条件などにより出力が不安定という課題も残されている。

近年，冷房の需要増加に伴い，季節間や昼夜間の電力需要の差が拡大する傾向にあり，一般電気事業者の発電設備などの効率的利用を妨げる要因になっている。この電力需要の格差をできるだけ小さく（負荷平準化）して効率的な設備の稼動をはかることは，中長期的に発電設備の新増設の回避や，CO_2排出の削減効果が期待できる。本章では，晴れた夏の日の午後に電力需要（負荷曲線）がピークとなり，ちょうどこの時に太陽光発電の発電量が最大になる日照と電力需要との相関関係に注目し，受電端において”負荷の形状にマッチング（負荷平準化）させる”太陽光発電の実効負荷負担能力（Effective Load Carrying Capacity: ELCC ）[3]について検討する。

我が国の都市部における電力需要構造をシミュレーションし，得られた日負荷曲線L_sから，都市部に導入された太陽光発電システムの発電電力量E_Pを差し引いた受電端の電力需要曲線D_sを求め，系統電力の受電端における負荷平準化を次式の指標（改善率）により評価する。

$$I = \frac{\varDelta L_s - \varDelta D_s}{\varDelta L_s} \times 100 \quad 〔\%〕 \qquad (1)$$

ただし，

$$\varDelta L_s = max\{ L_s(\mathrm{t}) \} - min\{ L_s(\mathrm{t}) \}$$
$$\varDelta D_s = max\{ D_s(\mathrm{t}) \} - min\{ D_s(\mathrm{t}) \}$$

$$D_s(\mathrm{t}) = L_s(\mathrm{t}) - E_P(\mathrm{t}) \quad 〔\mathrm{kWh}〕 \qquad (2)$$

t：時刻〔時〕
s：季節別（春，夏，秋，冬）

$$E_P(\mathrm{t}) = \frac{H_A(\mathrm{t})}{G_s} \cdot K \cdot P_{AS} \quad 〔\mathrm{kWh}〕 \qquad (3)$$

H_A(t)：アレイ面日射量〔kWh/(m²・h)〕
G_s: 標準状態における日射強度〔kW/m²〕
P_{AS}：標準太陽電池アレイ出力〔kW〕
K: 総合設計係数

都市部の電力需要構造をシミュレーションするため，文献[4]の家庭需要家および事務所ビル，大型店舗，病院，ホテルの業務需要家の負荷パターンをデータベース化し，各需要家における年間の消費電力量または消費原単位から，想定された都市モデルの季節別平休日別日負荷曲線L_sを算出する。都市モデルは，その地域内の家庭需要家数および事務所ビル，大型店舗，病院，ホテルの各床面積をパラメータとする。

太陽光発電システムの発電量試算シミュレーションは，場所，太陽光発電パネルの方位・傾斜角をパラメータに，文献[5]から得られる日射量H_A(t)により，時刻別の発電電力量E_Pを(3)式から算出する。

業務需要家種別毎に，負荷平準化改善率Iが最大となる家庭用太陽光発電システム導入の家庭需要家数，その太陽光発電パネルの角度を求めた結果を表1に示す。太陽光発電システムの出力が最大となる「南・32度」から西方向に傾斜させることで，負荷平準化の改善率が上がることが分かる。

太陽光発電システムによる業務需要家の電力

表1　業務需要家別での太陽光発電の負荷平準化

業務需要家		家庭需	太陽光パネル角度		改善率
種別	床面積	要家数	方位	傾斜角	I〔%〕
事務所	500m^2	10	西南西	50度	8.91
百貨店	1000m^2	21	西南西	50度	6.64
病院	600m^2	5	西南西	50度	37.48
ホテル	1000m^2	6	西南西	50度	0.39

表2　サマータイム導入における業務需要家別での太陽光発電の負荷平準化

業務需要家		家庭需	太陽光パネル角度		改善率
種別	床面積	要家数	方位	傾斜角	I〔%〕
事務所	500m^2	9	南西	40度	21.40
百貨店	1000m^2	26	西南西	50度	27.94
病院	600m^2	4	南	32度	43.36
ホテル	1000m^2	6	西南西	50度	3.51

需要の負荷平準化の改善率を上げるには，夕方の電力需要への更なる対応策の検討が必要であり，サマータイム制度の導入による結果を表2に示す。日照時間に合わせた生活時間の移動により，ホテルを除く業務需要家においても負荷平準化の大幅な改善が期待できることが分かる。

4．家庭における電力消費モデル

家庭部門におけるエネルギー消費は，世帯数と一世帯当たり消費の両方が増え，増加を続けている。世帯当たり消費は，家電製品の普及が主たる要因となって漸増している。今後省エネルギーへの施策が必要とされるが，そのためには家庭におけるエネルギー利用の実態を把握することが不可欠である。しかしながら，家庭におけるエネルギー消費量に関するデータの収集・入手は限られているため，その実態を詳細に把握することは難しい。本章では，家庭におけるエネルギー消費実態が，より詳細に収集され，統計データとして整備されている家計調査結果[6]を用いて，家庭における電力消費モデルを作成し，そのエネルギー利用実態を明らかにする。

家庭におけるエネルギー源は，電気のシェアが約1／2に達している[2-4]。また，最も電気を消費しているのは，ルームクーラーや冷暖房兼用エアコンといった空調機器であり，家庭用電力消費の約1／4を占めている。これに，冷蔵庫および，照明，テレビを加えると，約2／3に達する。卒業研究では，その使用方法によって電力消費量が大きく変化すると推測される空調機器及びテレビの電力消費モデルを作成している。

世帯当たりの月次消費電力量W_mを，次式で表す。

$$W_m = f\ (s,\ t)\ \text{〔kWh〕} \qquad (4)$$

s：世帯人数〔人〕

t：空調機器の世帯当たりの使用時間〔h〕

家計調査結果[6]から世帯人数別の月次の世帯当たり電気代を収集し，22円/kWhから消費電力量に換算し，図2の世帯人数別の月別消費電力量曲線を得る。この消費電力量曲線における季節変動の主因が空調機器の使用によるものと仮定し，

(1) 各年度の月別消費電力量曲線での夏・冬季変動から，その年度の冷・暖房期間を定める。

(2) 各年度，各冷・暖房期間のそれぞれにおける平均および最大消費電力量を算出する。

(3) 各年度の平均および最大冷・暖房時間[7]と（2）項の平均および最大冷・暖房消費電力量のデータから，最小二乗法により$W_s = g_s\ (t)$の関係式を求める。

$g_s\ (t) = a_s \cdot t + b_s$の一次式で近似されたとすると，係数$a_s$および$b_s$（$s$＝2〜6）について，

(4) $a_s = A\ (s)$，$b_s = B\ (s)$の関係式を最小二乗法により求める。

以上の手順により，世帯当たりの月次消費電力量W_mは，次式で表される。

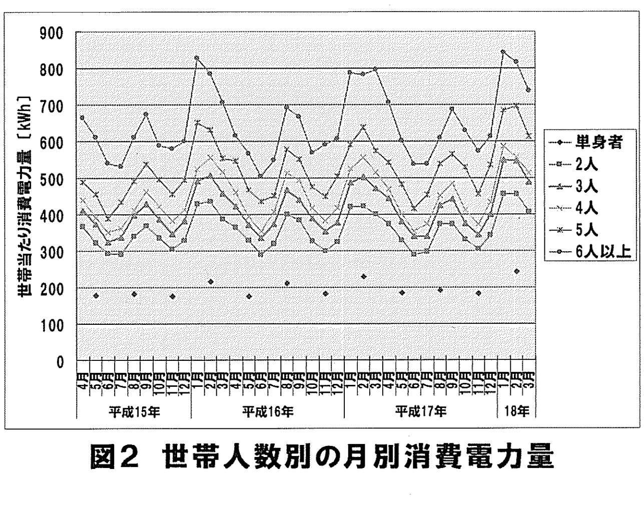


図2　世帯人数別の月別消費電力量

$$W_m=f\ (s,\ \ t)\ =A\ (s)\ \cdot t+B\ (s) \qquad (5)$$

平成15～17年度の統計データを用いて作られた，冷房および暖房期間における月次消費電力量の各々の数式モデル:f_c（s, t），f_h（s, t）を以下に示す。

$$f_c\ (s,\ \ t)\ =\ (-8.65\cdot s+66.20)\ t + (118.41\cdot s-194.53) \qquad (6)$$

$$f_h\ (s,\ \ t)\ =\ (-4.63\cdot s+46.33)\ t + (116.47\cdot s-138.66) \qquad (7)$$

ここで得られた（6）式，（7）式の空調機器の使用時間と世帯当たりの月次消費電力モデルから，世帯人数別（$s=2\sim6$）に，冷房時間および暖房時間と月次消費電力量を算出した結果を，図3および図4に示す。家庭における電力消費実態を明らかにするため，季節変動の主たる要因が空調機器の使用時間と見なし，電力消費モデルが作成された。このモデルにより，冷暖房時間と世帯人数から，家庭における月次消費電力量を算出でき，例えば，都道府県別の世帯人数別世帯数から，冷暖房時間をパラメータに地域毎の家庭部門の消費電力量が得られ，冷暖房時間の削減による省エネルギー量が試算できる。

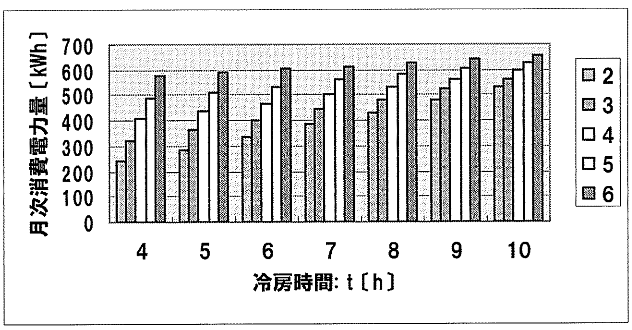


図3 世帯人数別の冷房時間と月次消費電力量

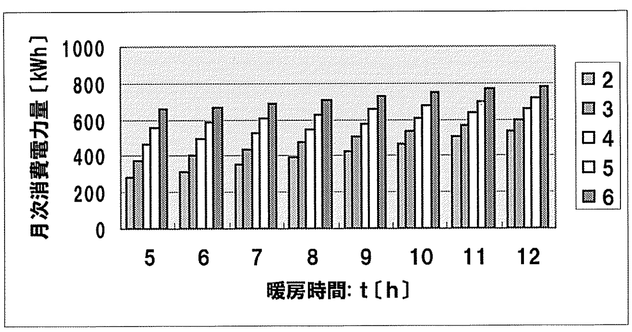


図4 世帯人数別の暖房時間と月次消費電力量

5. まとめ

3章で論じた「太陽光発電による電力負荷平準化」は，地球温暖化問題をはじめとする環境問題への対応といった視点からの太陽光発電の導入に対し，新しい付加価値を生み出すものである。住宅用太陽光発電システムへの設置費用の一部の補助が2006年度に廃止されるなか，業務部門の昼間のピーク負荷の一部を家庭部門での太陽光発電で供給することで，その発電電力量の経済価値を高め，システム導入を促進しようとするための一つの検討を行った。

家庭部門のエネルギー消費は広く分散し，個人の生活様式に大きく影響されるため，エネルギー消費を個々に規制することは難しいとされている。4章では，機器別に家庭単位の電力消費モデルを作成し，その消費構造を明らかにすることで，省エネルギー対策の効果を定量的に評価することを目指している。

参考文献

[1] 土井淳，竹内佐和子，“都市部における地球温暖化対策モデルの評価”，電気学会論文誌 D 分冊 125 巻 11 号，2005.11，pp.1066－1067

[2] 経済産業省，“エネルギー白書 2006 年版”，（株）ぎょうせい，2006.7，(2-1)pp.77－78，(2-2) pp.179－181，(2-3)p.294，(2-4)pp.156－160

[3] エイモリー・B・ロビンス他，“スモール・イズ・プロフィタブル”，（財）省エネルギーセンター，2005.5，pp.223－237

[4] （財）電力中央研究所，“分散型電源活用型地域電力供給システムの調査（Ⅱ）”，平成7年度調査報告書 NEDO－P－9518，1995.5

[5] （独）新エネルギー・産業技術総合開発機構，“NEDO 資料（バーチャル図書館） 技術資料データベース - 標準気象・日射データ(METPV-3)”，http://www.nedo.go.jp/library/index.html

[6] 総務省 統計局，“家計調査 家計収支編 家計調査詳細結果表 - 月次（世帯人数別）”，http://www.stat.go.jp/data/kakei/2.htm

[7] 省エネルギーセンター，“省エネルギー対策実態調査 家庭編（年度） - 3.3.1 空調機器”，http://www.eccj.or.jp/swenqute/index.html

（平成19年9月14日 受理）

交流による過渡現象を理解するための立体図表示

柚　賀　正　光*

The solid figure indication to study transient phenomena by alternating current.

Masamitsu YUGA

Generally we must examine differential equation to understand transient phenomena of electric circuit. In this case, when a power supply is direct current, it gets loose comparatively easily. However, there are too many parameters, it becomes very complicated in the case of the alternating current. Moreover, it is divided into three ways by the answer of characteristic equation, the result which is hard to understand appears in many textbooks. Because the alternating current influences power supply frequency ω and the phase θ, the parameter which exerts on electric current, ω and θ except for R, L, C and phase ϕ. Like this, the current in the case of transient phenomena depends on many parameters, therefore a calculation result becomes very complex.

In this paper, a parameter of transient phenomena by alternating current was limited only in three, the method understood easily was proposed. The three parameters are quality factor Q, the ratio of resonance and frequency ω_0/ω and the difference in phase θ-ϕ. It paid attention to Q and ω_0/ω, because θ-ϕ only makes the timing of the vibration of current change.

The ordinates show current and the abscissa shows θ-ϕ and time ωt, a solid figure against the progress of the time was drawn. Q and ω_0/ω were made to change, and many solid figures were drawn. The result was that the two next things were understood well from the made solid figure.

(1) Q influences the length of the time until a vibration is finished as a result.

(2) ω_0/ω shows the ratio of the vibration of transient solution against the vibration of steady solution.

By the above, a change in time of the answer of transient phenomena by alternating current was understood easily. As a by-product, the general idea of resonance and the meaning of phase became definite.

(Keywords: transient phenomena, alternating current, solid figure)

1.　はじめに

電気回路の過渡現象を勉強する場合、時間の要素が入るため、定常状態の電流を計算することに比較して、はるかに複雑な結果が予想される。回路に加えられる電源が直流の場合は、抵抗 R，インダクタンス L 及びキャパシタンス C の値により割合に簡単に得ることができる。しかし、この場合でも RLC がすべて入っているときは、直流でも振動する解になる場合があり、理解するには微分方程式を解くことが要求される。従来の授業では、こ

＊電子工学科

の微分方程式の解き方に終始しているため、応答としての電流の意味が理解しずらい面がある。

電気回路にスイッチがないものは考えられないため、定常的な回路の解法だけでは、不十分であり、たとえ難解でも過渡現象の理解は不可欠である。電気回路に交流電源が加えられている場合の過渡現象は、直流電源と比較できないほど多くの結果が得られる。その理由は、結果に及ぼすパラメータが、R，L，C だけでなく、交流電源の周波数，電源の位相角，電圧と電流の位相角など、多くのパラメータが存在することによる。そのため、直流で一応理解された応答電流の意味が、さらに曖昧になり、結果として非常に複雑な微分方程式の解き方を教える授業になりかねない。

本報告では、交流電源による電気回路の過渡現象を、教科書の大半を占めていた微分方程式の結果ではなく、パラメータを限定して、従来提唱されてきた各種の条件を少なくして理解する方法を検討した。その結果、電流の応答結果は、パラメータが少なくなったために、立体図的に表現でき、どのような要素が、交流電源による過渡現象に影響を与えるのか、かなり明確になったので、報告する。

2. 交流電源による結果の各教科書の比較

RLC 直列回路に交流電源を加えてスイッチを閉じた場合、時間とともに電流は複雑な動きをする。充分時間が経過すれば、この結果は交流理論で求めた定常的な解に一致する。スイッチを閉じてからあまり時間が経過していない場合の解は、交流理論だけでは得ることができない。

具体的な解法については、参考文献で示したように多くの教科書があるので述べないが、R，L，C の大きさにより場合分けをして、3 通りの結果が得られる。もちろんパラメータが僅かに違うと、応答の状態は、かなり違った状態になる。

3 通りの結果のうち、回路内の抵抗値が小さく、過渡現象が起き易い場合の結果を、いくつかの教科書で比較してみた。一般的な教科書として使用されている電気学会[1]の場合、交流電源 e を加えた RLC 直列回路の結果は、式(1)のようになっている。

$R^2 < {}^{4L}\!/\!{}_{C}$ の場合

$$
\begin{aligned}
i = {} & \frac{2I_m\sqrt{L/C}}{\sqrt{4L/C - R^2}} e^{-\alpha t}\sin(\theta-\phi)\sin(\beta t-\phi) \\
& - \frac{2I_m/\omega C}{\sqrt{4L/C - R^2}} e^{-\alpha t}\cos(\theta-\phi)\sin\beta t \\
& + I_m\sin(\omega t+\theta-\phi)
\end{aligned}
\tag{1}
$$

3 行目は、定常解の部分である。

ここで加えられた交流電源 e は、電圧の最大値 E_m 角周波数 ω,電源の位相角 θ，時間 t として、

$$e = E_m\sin(\omega t+\theta) \tag{2}$$

となり、式(1)の中の I_m と位相角 ϕ は、それぞれ

$$I_m = \frac{E_m}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} \tag{3}$$

$$\phi = \tan^{-1}\frac{\omega L - 1/\omega C}{R} \tag{4}$$

となる。また、式(1)の α と β は、それぞれ定数であり、つぎのようになる。

$$\alpha = R/2L \tag{5}$$

$$\beta = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}} \tag{6}$$

この他にも解は存在するが、ほんの一例である。この結果を得るには、複雑な微分方程式を解かねばならない。この場合の初期条件は、t=0 のときの電流も電荷もゼロであり、もし、ゼロ以外の初期条件であれば、さらに項の数が増えることになる[2]。また、これに加えて、R が大きい場合の振動しない条件と、振動と非振動の境界条件も場合分けされ、同じような結果の式が存在する。

式(1)の結果を見ると、多くのパラメータに依存している様子と振動するような結果になることは理解できても、結局、何に影響を受けるのか理解できないということはわかるであろう。

このような計算は、その他の教科書[3][4]にも見られる。こうした過程は、過渡現象、特に交流回路が複雑なために、ある程度やむを得ない。念のため、どのくらい以前からこのような表現があるのか調べてみた。昭和 28 年発行の電気学会の過渡現象論という教科書[5]を見たところ、やはり同様の表現であった。

3. パラメータを限定した考え方

複雑な微分方程式の解き方は重要であるが、その結果の意味を理解することの方が、もっと重要である。そこで、式(1)をもう少し整理して、簡単に表現するようにした。

参考になる教科書を調べたところ、過渡現象の考え方[6]の中に、回路の Q 値と共振周波数 ω_0 を用いて算出する部分があり、1 枚の立体図が掲載されていた。Q 値とは共振の鋭さであり、交流理論では一般的なものである。その文献を参考にして、式(1)を修正し、パラメータを限定して、立体図を描いてみた。その結果、電流に影響する因子を Q 値と ω_0 に絞りこみ、交流の場合の電流の動きを視覚的に理解することができた。ここで、

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}} \tag{7}$$

である。式(1)を α, β を使って書き直すと、

$$\begin{aligned} i &= I_m e^{-\alpha t}\{\sin(\theta-\phi)(-\cos\beta t - \frac{\alpha}{\beta}\sin\beta t) \\ &+ \frac{\alpha^2+\beta^2}{\beta\omega}\cos(\theta-\phi)\sin\beta t\} \\ &+ I_m\sin(\omega t+\theta-\phi) \end{aligned} \tag{8}$$

ここで、新しく、

$$\xi = \tan^{-1}\frac{\beta}{\alpha} \tag{9}$$

を導入してみる。こうすると、

$$\omega_0 = \sqrt{\alpha^2+\beta^2} \tag{10}$$

$$\cos\xi = \frac{\alpha}{\omega_0} \quad \sin\xi = \frac{\beta}{\omega_0} \tag{11}$$

の関係があるので、式(8)を、式(12)の加法定理を用いて変形すると、式(13)の結論を得る。

$$-\sin\xi\cos\beta t + \cos\xi\sin\beta t = \sin(\beta t - \xi) \tag{12}$$

$$\begin{aligned} i &= \frac{\omega_0}{\beta} I_m e^{-\alpha t}\{\sin(\theta-\phi)\sin(\beta t-\xi) \\ &- \frac{\omega_0}{\omega}\cos(\theta-\phi)\sin\beta t\} \\ &+ I_m\sin(\omega t+\theta-\phi) \end{aligned} \tag{13}$$

このようにすると、各教科書で示してあるような式(1)に比べれば、はるかに見やすい形になるのがわかる。しかも、α, β, ξ はつぎのように、すべて Q の関数になる。

$$\alpha = \frac{\omega_0}{2Q} \tag{14}$$

$$\beta = \omega_0\sqrt{1-(1/2Q)^2} \tag{15}$$

$$\xi = \tan^{-1}(\sqrt{4Q^2-1}) \tag{16}$$

つまり、電流は、いろいろなパラメータがあるが、集約すると、

Q , ω_0/ω, $\theta-\phi$ の僅か 3 つの因子のみに依存していることがわかる。

4. 立体図による理解

立体図は、縦軸に電流をとり、横軸に時間と、位相角の差 $\theta-\phi$ をとって表現した。

まず、Fig.1 に示すように、$\omega_0/\omega=3$(一定)にして、Q を 0.1～100 まで変化させてみた。式(15)より、Q=0.5 が、振動と非振動の境界値であることがわかり、Q>0.5 で振動領域に入る。

Fig.1 にその様子を示す。Q=0.1 と Q=0.5 では電流が振動せず、過渡現象もほとんど生じていないことがわかる。

Q が 1 以上になると、次第に電流が振動し、Q が増加するにつれ、振動が大きくなり、過渡状態が長く続くことがわかる。また、Q=100 の場合では、抵抗が非常に小さく過渡現象が終わらない。

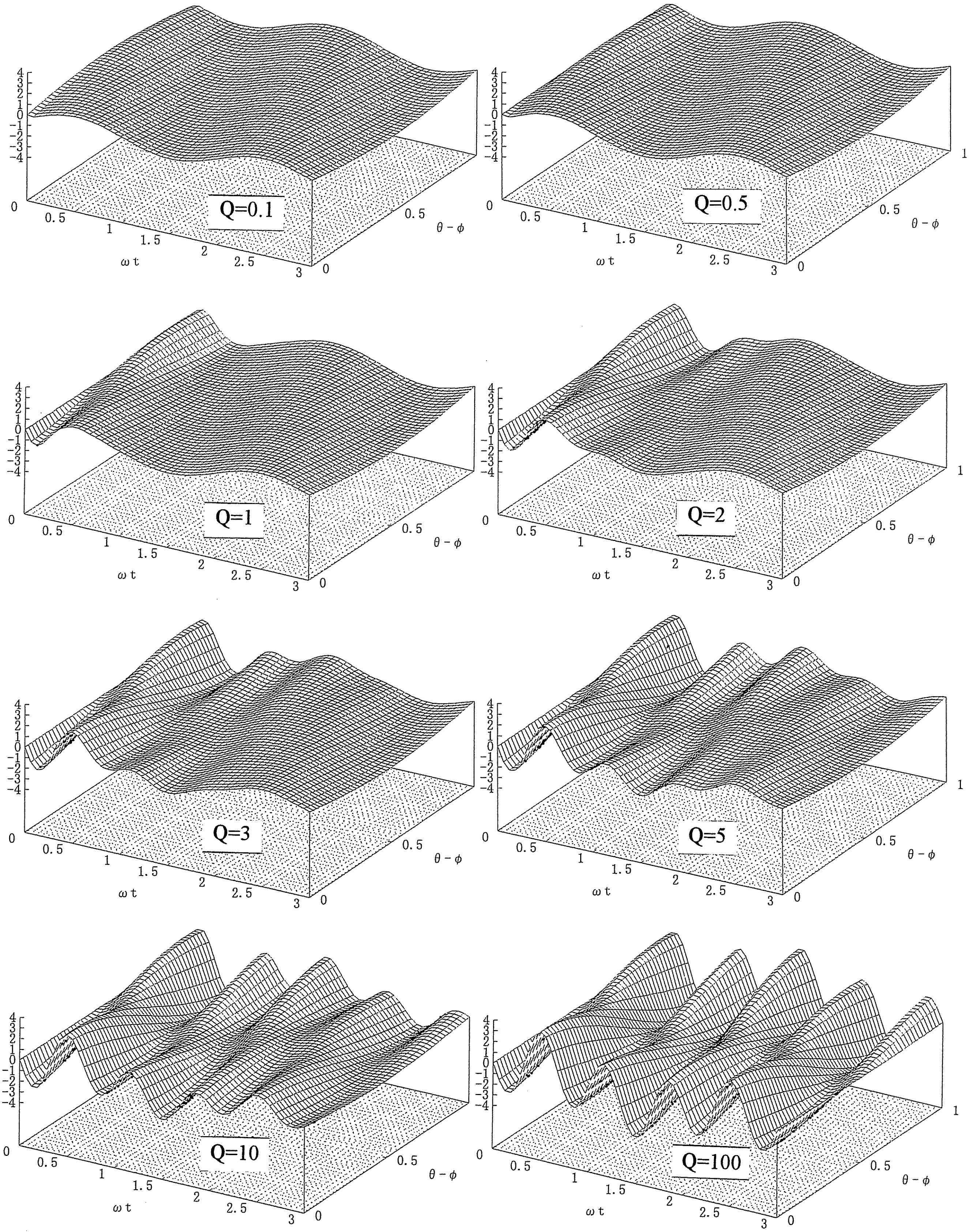


Fig.1 Dependence of the current vibration on quality factor Q by the condition $\omega_0/\omega = 3$.
(Q=0.1 , 0.5 , 1 , 2 , 3, 5 , 10 , 100)

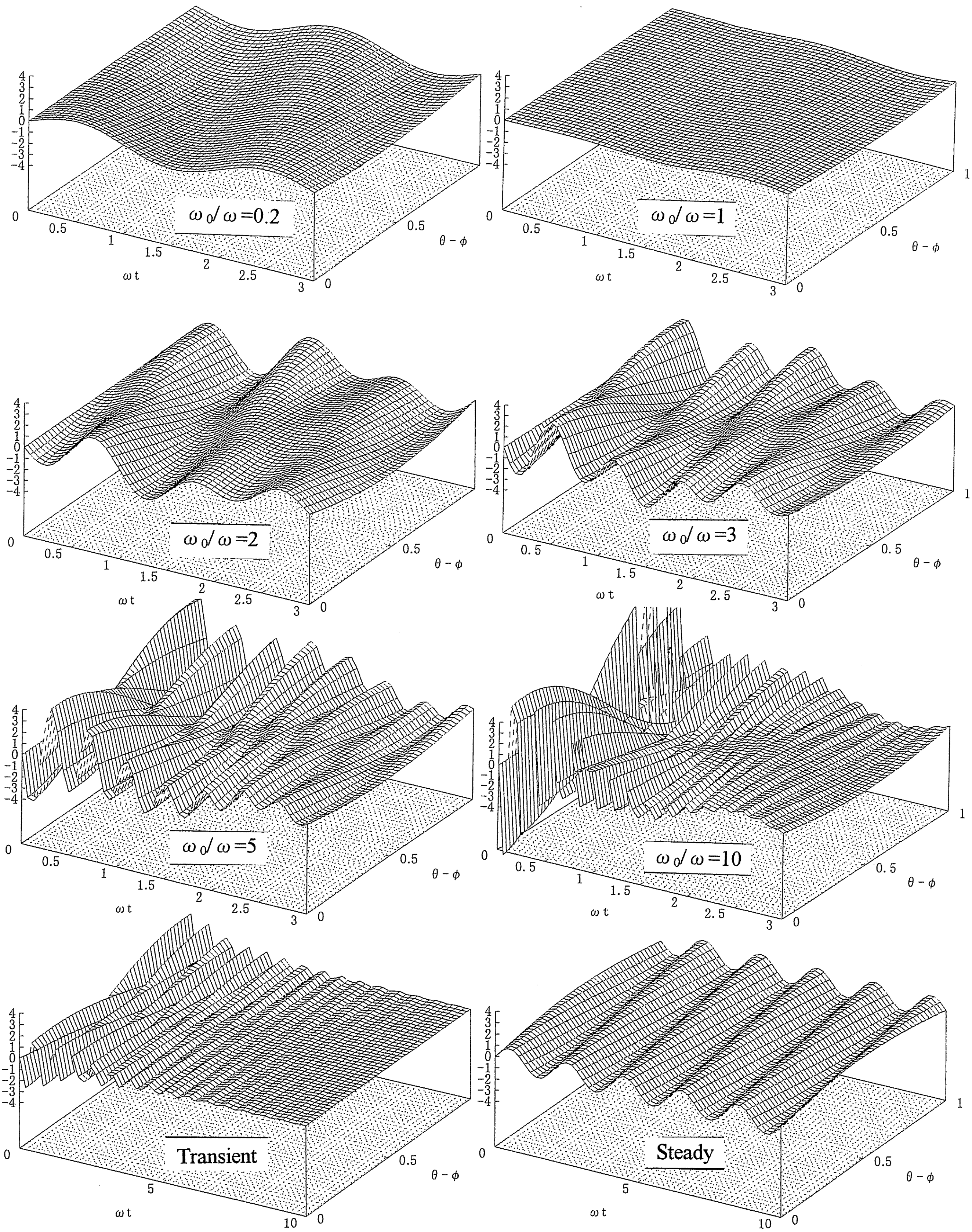


Fig.2 Dependence of the current vibration on the condition ω_0/ω by quality factor Q=10, transient solution and steady solution. (ω_0/ω=0.2, 1 (resonance), 2 , 3 , 5, 10)

また、この図から、位相角の差により、位相が反転することが明瞭になり、位相角の持つ意味が良く理解される。

Fig.2は、Q値＝10(一定)にして、ω_0/ωを0.2～10まで変化させた図である。ω_0/ωの意味は、定常解の振動に対して過渡解が何倍の周期で振動するかの値なので、ω_0/ωが大きくなるほど振動が激しい。Qの変化と異なり、過渡状態の続く時間には直接依存しない。

ω_0/ωの値が2以上の場合からわかるように、通常ω_0/ωの値が大きいほど定常解と過渡解の周期の差が大きくなり激しく振動する。$\omega_0/\omega=10$の時は、定常解の大きな振動の中に、10回の過渡解が振動していることも見て取れる。

ところが、$\omega_0/\omega=0.2$と1を比較すると、0.2の方が、むしろ振動が激しい。これは、一見逆のように見えるが、実は$\omega_0/\omega=1$の場合は、いわゆる共振状態であるので、定常解と過渡解が打ち消しあって、穏やかな水面のようになっていることからの現象であり、共振の意味も理解されて面白い。

なお、Fig.2の一番下の2枚の図に、$\omega_0/\omega=3$ Q=10の場合の時間軸を拡大して、その中の過渡解と定常解を分離して示しておいた。過渡解が時間とともに消滅していく様子がわかる。また、定常解が、一般の交流理論で求められるものであり、サインカーブになっていることが理解される。

5. 結論

直流理論も交流理論も定常解を算出している。しかし、回路には必ずスイッチがあり、電流，電圧は初め定常ではない。したがって、過渡現象の理解は不可欠である。しかし、定常値を計算するのに比較して、過渡現象を理解するのは、かなりの数学的知識がいる。回路に印加される電源が直流の場合は、何とか理解できても、交流電源の場合は、結果に与える影響の本質が何なのか、明確に書いてある教科書は少ない。

この報告では、従来の微分方程式による解を見直して、交流電源によるパラメータを少なく絞り、スイッチを閉じてから定常になるまでの様子を理解させる手法を検討した。パラメータは、共振の鋭さQと、電源と共振の角周波数に限定して、電流の様子を立体図に表現した。その結果、過渡状態に影響する因子が何か理解された。また、それだけでなく、パラメータを変化させた立体図から、位相角や共振の意味も含めて視覚的に理解できるものが得られた。過渡現象は難しい科目というイメージがあるが、学生が楽しく勉強できることを期待したい。

参考文献

(1) 交流理論，電気学会 p289(1980)

(2) 柚賀，大貫
パソコンで学ぶ過渡現象，森北出版
p122-123 (1998)

(3) 宇野，過渡現象の基礎，東京電機大学出版局
p87-88 (1985)

(4) 羽賀，過渡現象の考え方・解き方，
東京電機大学出版局 p87 (1983)

(5) 過渡現象論，電気学会 p84(1953)

(6) 雨宮，過渡現象の考え方，オーム社
p149-152 (1996)

（平成19年7月30日 受理）

電子レポート収集システムの
プログラミング言語演習科目への適用

小坂敏文*，吉本定伸*，松林勝志*

An Application of Assignment Collecting Web-system to Programming Language Exercise

Toshifumi KOSAKA, Sadanobu YOSHIMOTO, Katsushi MATSUBAYASHI

It is strongly recommended for students in computer science course that to write lots of computer programs to master programming languages. In addition, it is considered that practice is one of good method to study engineering. It is hard, however, for both students and teachers to write reports of programming and to collect and collect the assignment reports. For teachers who are very busy the collecting reports system with web-site has been developed. In the system, the students are asked to upload to their reports to thier own websites, and the teacher has to make just link list webpage in his own website. The system helps teacher's work.

In this report, the details of the system are introduced and how it works is mentioned.

(Keywords: Website, Assignment Collecting System)

1．　はじめに

本校情報工学科における演習付き授業「プログラミング言語演習」は，Ｃプログラミングを修得させることが目的である。Ｃプログラミングは，自然言語で考えた作業手順を構造化言語の特有の言い回しに言い換えてゆく作業である。言い回しの種類が最小限しかないため，その作業は初めて学ぶ学生にとっては難しい作業である。座学講義で文法を修得してもプログラミングの力が学生に定着しない。そこでチュートリアル形式の Web テキストと，テキストの進行にあわせた多くのプログラミングの課題を行ってもらい，慣れ親しんでもらうことが必要になっている。

ところが，課題を与え，演習を多く行おうとすると，教員側は提出課題の採点に追われ，多くの時間を割くことになる。採点に多くの時間を割くことは当然だが，それ以上に提出状況の管理，督促，提出課題レポートの管理に多くの時間が必要となる。学生はレポート提出したつもりだが，実際は提出してないというトラブルや，提出遅れのレポートの混在があるなかでのレポート提出状況集計だけでも大変な作業量になる。今年度の２年生「プログラミング言語」では年間約 80 課題を予定しており，40 名クラスで年間 3200 ものレポートチェックが必要となっている。とても従来の紙媒体のレポート提出では対処できない。

すでに小規模な電子レポート収集システム [1]については報告した。そこでは，学生が，自分でレポート課題提出状況を確認でき，学生自身が自分で確認できるシステムとなっていた。そして，教員側にとってもレポート課題の提出状況がわかり，提出状況の集計に惑わされずに，レポート内容の点検（教員にとって，本質的な仕事）のみの作業となり，不必要な作業から解放されることになっていた。

しかし，これでもなお，提出されたレポート課題中のＣプログラムを教員がコンパイル&リンクを行い，エラーの有無のチェックから，動作時のエラーはないか，課題をクリアしているか，プログラミングスタイルの検討など作業量は多い。そこで，Ｃ プログラムのコンパイル&リンクでのエラーチェックまで自動化した電子レポート収集システムを提案する。

なお，コマーシャルベースのＥーラーニングシステムにおいてもレポート提出管理はできるようになっているが，汎用であるため，Ｃプログラムのコンパイルなどはできないため,このシステムは有用である。

2．　電子レポート収集システムの仕様

このような電子レポート収集システムに求めることは次の５点である。

（R１）学生が簡単に電子媒体で課題提出ができること。

（R２）学生は課題提出状況がすぐわかること。また，コンパイル&リンク作業でのエラーを含む課題提出はすぐに指摘される学生にわかること。

＊情報工学科

（R３）教員も学生の課題提出状況を一覧できること。

（R４）教員は学生の提出課題のプログラムを簡単に検査・評価ができること。

（R５）教員は学生の課題に対してコメントを返すなど，簡単にフィードバックができること。

３．　現在使用できるリソースとレポート集計システムの構想

本校における，学生のコンピュータ演習環境は次のようになっている。

（１）学生は本校教育用UNIXマシン（host名tnct20）にアカウントを持っている。このUNIXマシンは，プライベートアドレスのため，本校外部からは見えない。

（２）教員も同じ本校教育用UNIXマシンにアカウントを持っている。

（３）この本校教育用UNIXマシンでは，Webサーバが稼動しており，学生は自分のホームディレクトリ中にWeb公開用サブディレクトリをつくり，そこに任意のファイルを置くことにより，学校内に対してファイルをWeb公開できる。

（４）この本校教育用UNIXマシンでは管理上の理由からCGIは運用されていない。

（５）学生は校内共通コンピュータ演習室のUNIXクライアント，WindowsPCおよび情報工学科棟の実験室のUNIXクライアント，WindowsPCを利用したプログラミング演習，マイコンプログラミング演習を行うことができ，FTPにより，ファイルを本校教育用UNIXマシンにアップロードできるようになっている。

このような環境の下で，電子レポート収集システムを実現するには，

（１）学生は課題を，あらかじめ決められたファイル名のファイルで教育用UNIXマシンWeb上に公開する。

（２）教員は学生の提出ファイルのリンクリストHTML文書を決められた場所（教員の教育用UNIXマシンWebサイト）に置き，このHTML文書中で担当全学生の複数の課題提出ファイルにリンクを張っておく。

（３）教育用UNIXマシンではCGIサービスが行われていないため，教員の教育用UNIXマシンWebサイトでは，定期的（５分間隔）な集計表HTML文書の自動作成を行う。この作業中にコンパイル＆リンク上のエラーチェックを行い，集計表HTML文書に結果を表示する。

のようにすればよい。

４．　電子レポート収集システム

電子レポート収集システムには「２」で述べたR1-R5の５つの機能が求められていたが，このうち，R1はWeb公開できる環境を学生が持っているため，すでに満たされている。R5も教員のWebサイトあるいは電子メールが使用できるため，満たされている。したがってR2,R3,R4を満たすシステムを構築すればこの教育サポートシステムを実現できる。

電子レポート収集システム（ERSYS２）は次の２つの部分より構成される。

（１）課題提出のファイル名・学生のIDを基に，リンクリストHTML文書を自動作成するシステム

（２）課題提出状況一覧HTML文書を自動作成するシステム（コンパイル＆リンクエラーのチェックを含む）

図１　リンクリストHTML文書

５．　リンクリスト HTML 文書自動生成システム

リンクリスト HTML 文書は前報[1] で報告した文書である。図１に示すように，提出課題ファイル名，提出期限が書かれており，学生の出席番号氏名および課題ファイル名リストが表示される。ファイル名のところはリンクが張られているため，これをクリックすると，学生が提出したファイルが表示される。課題が未提出であったり，提出方法を誤ったりした場合には,「表示できません」の Web エラーメッセージが表示される。

６．　課題提出状況一覧 HTML 文書自動生成システム

リンクリスト HTML 文書では，リンクをたどらないとレポート課題の提出状況を知ることができない。そこで，図２に示す提出状況一覧 HTML 文書が必要になる。このシステムは

（１）　学生 ID 一覧テキストファイル
　　ChkStudentReportData.txt
　　（ファイル名は固定で，内容は makeRecReportPage.txt と同じ）

（２）　提出ファイル名一覧テキストファイル
　　ChkStudentReportFname.txt
　　（ファイル名は固定で，内容は「５」で述べたシステムが自動生成したテキストファイルと同じ）

を基に，教育用 UNIX マシン内を巡回し，課題提出状況およびコンパイル＆リンク作業に関するエラーを一覧にして HTML 文書化するシステムである。

このシステムは教育用 UNIX マシン内で定期的（5 分に 1 回程度起動し，一覧表を更新している）に動作させている。

なおオプションで，全課題ファイルを収集できるようになっている。

７．　プログラミング言語の Web テキスト

プログラミング言語のテキストは Web テキストとした。紙媒体のテキストの一覧性は犠牲にしているが，プログラム例は紙面の制約がなく多く載せることができ，また学生の疑問に対してリアルタイムで説明が更新できる利便性がある。この Web テキストはチュートリアルになっており，学びながら多くの練習課題を行うことができるようになっている。[2]

取り上げている内容は

　１）Ｃプログラム第１歩
　２）処理の繰り返し
　３）処理の選択
　４）配列と文字・文字列
　５）関数
　６）変数の取り扱い
　７）ファイルの取り扱い
　８）構造体
　９）ポインタ
　１０）再帰

であるが，９）１０）はこの科目では扱わないが，先に進みたい学生には自学自習できる内容である。この内容に対し，約８０のレポート課題がある。

８．　学生へのフィードバックの仕組み

学生のＣプログラムのコンパイル＆リンクについてのチェックは自動的に行われるが，それ以外は，教員が直接チェックしなくてはいけない。チェック項目は次のような点である。

（１）プログラミングのインデンテイションが正しくできているか。(Ｋ＆Ｒスタイルを義務付け)

（２）課題では複数の検証用のデータを与えてあり，実行結果をプログラムの末尾にコメントとして載せるようになっている。ここをチェックすると実行の検証状況を確認できる

（３）不正なあるいは誤ったアルゴリズムを用いていて，実行結果だけ取り繕っていないか。

これらのチェック項目について，図３に示すコメントＨＴＭＬ文書で学生にレポート課題のフィ

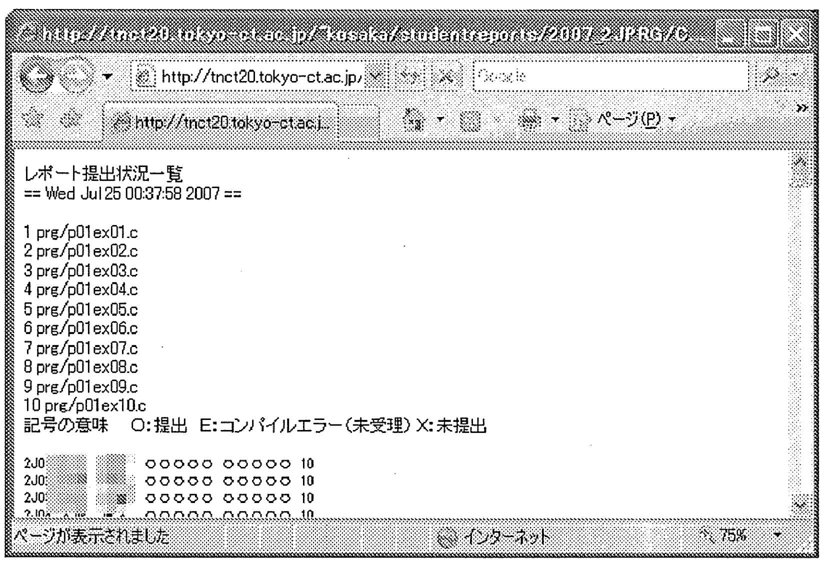


図２　レポート提出状況一覧 HTML 文書

ードバックを与えている。

9．　今後の課題

このシステムは，本校のプライベートアドレス内の学習用ＵＮＩＸマシンをベースとしているため，学校の外からはみることができない。このことは学生からも不評である。今後学校外からWebアクセス可能なファイルサーバが運用される予定であるため，PCベースで管理作業を行ない，ファイルサーバにアップロードした集計情報を学生が見られるシステムへと発展させる予定である。

１０．　まとめ

学生が将来エンジニアとして巣立ってゆくときに，どのような技術を身につけているかが大事な時代となっている。プログラミングなどの基本技術は，普段から多くの課題を演習したり，自ら興味を持って自分で考えたものを作ったりしないと修得できない。

ここに紹介した電子レポート収集システム（ERSYS２）を用いると，全体の課題の管理をコンピュータが上手にこなしてくれ，教員の手助けをしてくれる。

すでに，このシステムを稼動させ，改良を重ねて５年が経過した。これまでにプログラミング言語演習コンピュータ計測制御，制御工学でこのシステムを用いている。電子メールによる課題提出よりも受け取り側は楽である。また既存のｅ－ラーニングＬＭＳより自動コンパイルなど小回りがきくシステムとなっている。

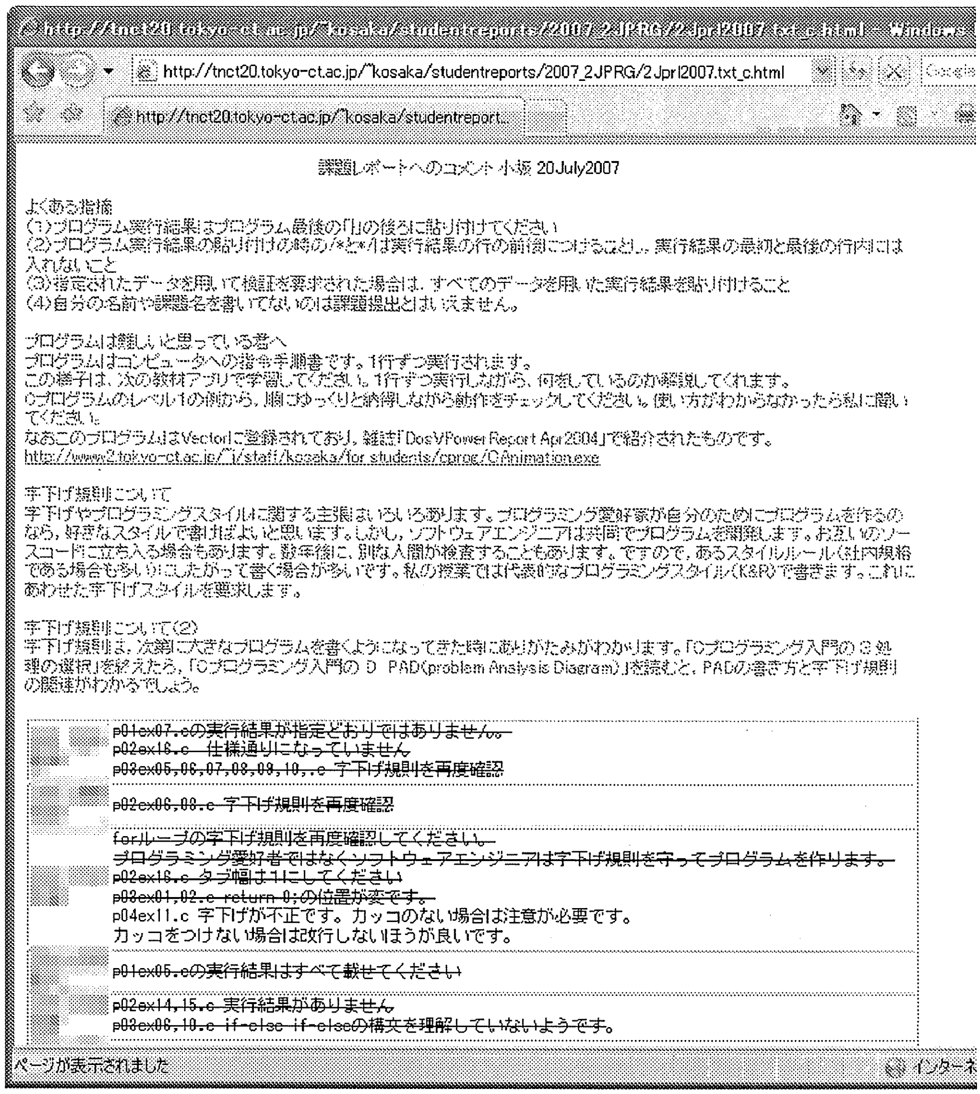
参考文献

１）小坂敏文，吉本定伸，西村亮，松林勝志，電子レポート収集システムの開発，東京高専研究報告書第３６号（1），pp45-48

２）小坂敏文，Ｃプログラミング入門，http://www2.tokyo-ct.ac.jp/~j/staff/kosaka/for_students/CIntro/CIntro.html

このシステムについては次のWebサイトに詳述されており，必要なファイルも入手できる。
http://www2.tokyo-ct.ac.jp/~j/staff/kosaka/studentreports/index.html
http://www2.tokyo-ct.ac.jp/~j/staff/kosaka/studentreports/ERSYS/ersys2.html

（平成19年7月25日　受理）



http://tnct20.tokyo-ct.ac.jp/~kosaka/studentreports/2007_2JPRG/2Jprl2007.txt_c.html

課題レポートへのコメント 小坂 20July2007

よくある指摘
(1)プログラム実行結果はプログラム最後の「}」の後ろに貼り付けてください
(2)プログラム実行結果の貼り付けの時の/*と*/は実行結果の行の前後につけるとし，実行結果の最初と最後の行内には入れないこと
(3)指定されたデータを用いて検証を要求された場合は，すべてのデータを用いた実行結果を貼り付けること
(4)自分の名前や課題名を書いてないのは課題提出とはいえません。

プログラムは難しいと思っている君へ
プログラムはコンピュータへの指令手順書です。1行ずつ実行されます。
この様子は，次の教材アプリで学習してください。1行ずつ実行しながら，何をしているのか解説してくれます。
Cプログラムのレベル1の例から，順にゆっくりと納得しながら動作をチェックしてください。使い方がわからなかったら私に聞いてください。
なおこのプログラムはVectorに登録されており，雑誌「DosVPower Report Apr2004」で紹介されたものです。
http://www2.tokyo-ct.ac.jp/~j/staff/kosaka/for_students/cprog/CAnimation.exe

字下げ規則について
字下げやプログラミングスタイルに関する主張はいろいろあります。プログラミング愛好家が自分のためにプログラムを作るのなら，好きなスタイルで書けばよいと思います。しかし，ソフトウェアエンジニアは共同でプログラムを開発します。お互いのソースコードに立ち入る場合もあります。数年後に，別な人間が検査することもあります。ですので，あるスタイルルール(社内規格である場合も多い)にしたがって書く場合が多いです。私の授業では代表的なプログラミングスタイル(K&R)で書きます。これにあわせた字下げスタイルを要求します。

字下げ規則について(2)
字下げ規則は，次第に大きなプログラムを書くようになってきた時にありがたみがわかります。「Cプログラミング入門の 3 処理の選択」を終えたら，「Cプログラミング入門の D PAD(problem Analysis Diagram)」を読むと，PADの書き方と字下げ規則の関連がわかるでしょう。

~~p01ex07.cの実行結果が指定どおりではありません。~~
~~p02ex16.c　仕様通りになっていません~~
~~p03ex05,06,07,08,09,10,.c 字下げ規則を再度確認~~

~~p02ex06,08.c 字下げ規則を再度確認~~

~~forループの字下げ規則を再度確認してください。~~
~~プログラミング愛好者ではなくソフトウェアエンジニアは字下げ規則を守ってプログラムを作ります。~~
~~p02ex16.c タブ幅は1にしてください~~
~~p03ex01,02.c return 0;の位置が変です。~~
p04ex11.c 字下げが不正です。カッコのない場合は注意が必要です。
カッコをつけない場合は改行しないほうが良いです。

~~p01ex05.cの実行結果はすべて載せてください~~

~~p02ex14,15.c 実行結果がありません~~
~~p03ex06,10.c if-else if-elseの構文を理解していないようです。~~

ページが表示されました

図３　レポートに関するコメントHTML文書

蓄積型放送におけるハイブリッド型コンテンツ配信スケジュール

青野正宏*，古賀千恵*，小嶋徹也*

A Delivery Schedule of Hybrid Type Contents for Store-and-Forward Type Broadcast

Masahiro AONO, Chie KOGA, Tetsuya KOJIMA

The push-type information delivery service is effective for mobile terminals. The minimizing of waiting time for the delivery in this service is an important issue when bulk contents like video are broadcasted. The text is poor as expression tool, but, requires only short time for the transmission. The video is rich as expression tool, but requires long time for the transmission. The proposed method decreases the waiting time with rich expression by the combination of the text and the video for store- and- forward type broadcast.

1．はじめに

ニュースなど，比較的短時間で変わる情報をユーザーが得る方法としてプル型通信とプッシュ型通信がある．プル型通信は，情報提供側がサーバーに随時最新の情報を入れておく．ユーザーから情報をサーバーに探しに行き，必要な情報をダウンロードして得るという方法である．(図 1 参照)個別に情報を配信するため，ネットワークに対する負荷が大きい．これに対し，プッシュ型通信は情報提供側が一方的にユーザーに情報を送り出す方法である．TV 放送などはある意味でプッシュ型通信と言える．しかし，TV 放送ではユーザーが情報を得たいと思ったときに直ちに得られるわけではない．番組で決められた時間まで待たなくてはならない．この問題を緩和する方法として，同じ情報をデータとして繰り返し放送し，受信者が，放送されたデータのなかから必要な情報を選択して得るという方法が提案されている．(図 2 参照)．この方法は，いろいろと提案され研究もされてきた[1,2]が，現時点で普及しているとは言いがたい状況にある．これは映像・音声などとデータとの有機的な連携をとる良い事例がなかなか出てこないこと，Google を代表とする検索技術の発展，ネットワーク回線のブロードバンド化により，プル型の情報収集の方法の弱点が目立たなくなり，この方法の発展により，プッシュ型情報サービスの利点が見出せなくなってきているからである．また，情報を要求してそれが得られるまで，長く待たされるとユーザーは我慢できなくなるのではないかと考えられる．これらの点を考慮すると，

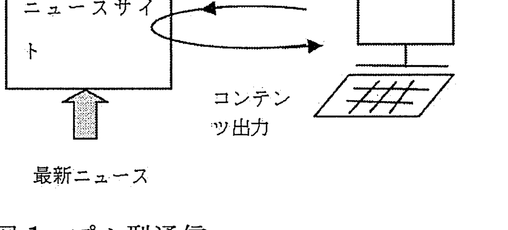


図１　プル型通信

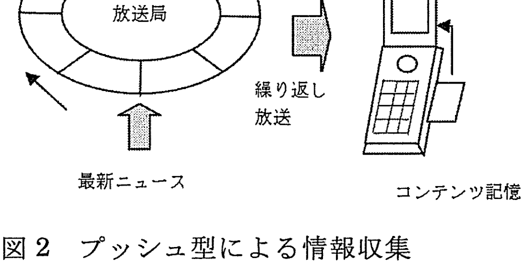


図２　プッシュ型による情報収集

*情報工学科

据付型装置を対象としたプッシュ型通信の普及を図るのは，なかなか難しい．

しかし，携帯電話を中心としたモバイル型受信装置を対象とした場合，プッシュ型通信は有益性が十分残っていると考える．無線通信の帯域が有線通信の帯域に比べて狭い．容量の大きいファイルをダウンロードするには時間がかかる．また，有線のブロードバンド接続の場合，接続料は一般に固定であるが，無線通信の場合は，通信量に応じてコストがかかることが多い．パケット料固定の場合もあるが，通信利用が過度に進めば成り立たなくなる可能性が高い．ユーザーが積極的に入手したい情報は有線通信の場合と同様にプル型通信でコストを払って入手することになろうが，その回数はそれほど多くない．モバイル型受信装置で画面を眺めて読む情報は，どちらかと言えば，通勤・通学の電車の中や待ち合わせをしている間の暇つぶしという側面が強く，消極的な時間つぶしのため，一般ニュースとか天気予報などの記事を見ることが多いのではないかと予測できる．このような目的であれば，あまり従量制のコストは支払いたくないであろう．また，ニュースなどの情報にしても，ユーザーは単にそのとき放送された番組を受身で見るより，興味ある記事を選択できたほうが良いだろう．このようなコンテンツは新鮮さが重要であり，古いコンテンツはあまり価値がない．このような情況を考えると，プッシュ型通信を活かす価値は十分にあると考える．

また，ワンセグ放送も始まり，映像も端末で受信できるようになった[3]．さらに端末に搭載できるメモリー容量も年々増大しており，受信した映像を直ちに表示出力しなくても，一旦蓄積しておいて，必要に応じて表示出力する蓄積型放送も可能となってきている．本研究では，このような環境におけるモバイル端末向け放送のスケジュールについて考察する．

2．モバイル端末における放送受信の特徴

モバイル端末はバッテリーで駆動する．バッテリー性能は向上したとは言え，その伸びは CPU やメモリーの性能向上の速度に比べてそれほど大きくない．常に大きく電力を消費して情報を受信記録しているような使い方はあまりしないと考えられる．また，外部から給電できる状態のときに情報を受信して記録しておき，移動中に情報を閲覧・視聴することは可能であるが，情報として新鮮さは期待できない．映像コンテンツ閲覧・視聴を始めてから，コンテンツ受信と蓄積及び表示を始めるような使い方が自然である．

3．放送スケジュール

3．1　利用モデル

新聞社や放送局がインターネットで提供しているニュースサイトを考える．据え置き型受信再生装置でブロードバンド回線に接続しているものとする．このサイトのホームページを開けば，主要なニュースの見出しタイトルが表示されている．任意のニュースの見出しタイトルをクリックすれば，そのニュースの詳細がテキストで表示される．また，映像付きニュースであれば「映像選択」をクリックすれば，映像を視聴することができる．これらのコンテンツはオンデマンドでダウンロードして視聴するが，通常はストレスを感ずるほど待たされることはない．また，ネット接続に関しては固定料金が普通であるので，コストを意識することもない．

しかし，モバイル型受信再生装置（最もポピュラーなものは携帯電話）の場合，このように自由に視聴することはできない．まず，据え置き型における通信に比べて帯域が限られているため，オンデマンドで自由にだれもが映像をダウンロードすることは困難である．通信料金体系もまだ従量制が多く，ここまでの帯域大量占有は想定していない．モバイル型受信再生装置で利用できるニュースなどの情報は極めて限られたものになる．

ここで，放送を利用して据え置き型に近い環境でニュースを閲覧できるシステムを考える．携帯端末でワンセグなど，通常の TV の形でニュースを視聴する方法は実現済である．しかし，この方法では利用者は受身であり，自由なタイミングで興味あるニュースを視聴することはできない．据え置き型端末から利用するインターネットと同様に，放送であっても利用者からするとオンデマンドに近い感覚で携帯端末利用者が，ニュースなどのコンテンツを閲覧できる手法を検討する．

端末システムを利用するユーザーの立場からシステムの概要を考える．まず，システムを購入したとき，蓄積放送のスケジューリングソフトウェ

アを放送のサーバーからダウンロードする．あらかじめ端末にスケジューリングソフトウェアを組み込んでおいても良いが，放送方針の変更があれば，スケジューリングソフトウェアも更新する必要もあると思われるのでダウンロード方式を想定する．更新が必要な場合も放送局からの知らせに従って最新のスケジューリングソフトウェアをダウンロードする．

次に，ニュースを例にコンテンツ閲覧や視聴の場合を考える．使用時に端末をコンテンツ閲覧モードにしたとき，(携帯電話の場合，着信待ちのため電源は入っているが，コンテンツ閲覧モードでなければ，電力消費節約のため，コンテンツ記録は行わないと想定する.）閲覧したいニュースがあるかどうかを確認する．まずは，最新ニュースの概要を表示する必要がある．ニュースの概要とは，例えば，主要ニュースの見出しである．概要が表示されると，コンテンツ閲覧に進むかどうかを判断する．コンテンツ閲覧に進むと判断したとき，「詳細閲覧に進む.」を選択入力する．選択入力が行われると，まずコマーシャル(以下，CM と略す.)の再生を行う．ビジネスモデルを考慮するとCM放送による収入で経営基盤を確立することが，一般的である．CM を再生しないとコンテンツの閲覧に進めないようにする工夫が必要である[4]. CM は必ずしも常時更新するコンテンツでなくとも良いので，ユーザーの端末ファイルに記録させておけば良いが，CMが期限切れとなっているか，まったく存在しなければCMを取り込む必要がある．

ユーザーがニュース概要及びCMを視聴している間に受信したコンテンツは蓄積しておき，選択したコンテンツが再生できる時間になると，蓄積されたコンテンツのなかから，選択されたものを再生する．選択したいコンテンツがまだ蓄積されていなければ，入力されるまで待たなくてはならない．

この待ち時間が長ければ，ユーザーはストレスを感じるであろう.この対応策について検討する．

3．2　放送が必要なデータ

ユーザーが目的とするコンテンツはカルーセル型放送として繰り返し放送される．この間隔はできるだけ短いほうが良い．ニュース概要も繰り返し放送が必要である．これはテキスト情報で十分であり，帯域確保の負荷は大きくないが，最初にユーザーの端末画面に表示する情報であるから，ユーザーに待ちを意識させないためには，繰り返し間隔は最も短くなくてはならない．

CMもインデックスの次に表示する情報であるから,早くそのファイルを取得する必要があるが,直近のCMファイルがユーザー端末の記憶装置に残っていればそれで良く，必ずしも放送頻度は大きくなくても良い．コンテンツ視聴中にCMファイルを受信すれば，古いCMファイルやダミーのCMファイルと入れ替えを行えば良い．蓄積型放送のスケジュールを行うソフトウェアも定期的に放送する必要がある．

その他の定型的な表示画面は，蓄積型放送スケジュールソフトウェア中に含めて，ユーザー端末のメモリーに記憶しておけば良い．

3．3　待ち時間の解消策

放送の帯域幅がコンテンツやCMの同時再生に必要なデータ量よりも多くのデータ量を送信できれば，待ち時間は短くなる．複数のコンテンツを視聴する場合，ひとつのコンテンツを視聴している間に，他のコンテンツを受信・蓄積することができるので，待ち時間はさらに短くなる．

しかし，それほど潤沢に帯域を確保することは難しい．限られた資源のなかで，待ちを解消する手段について検討する．

映像データに比べ，音声データは単位時間あたりのデータ量は小さくてよい．情報をテロップで流せば，情報はテキストのみで済むため，単位時間あたりのデータ量はわずかで済む．テキストとして表示されている情報をユーザーが消化する必要時間は，人と場合によりまちまちである．ある者はじっくりとテキストを読むかもしれないし，ある者はポイントだけ読み取り，後はもういらないと次のステップに進むことを欲するかもしれない．

テキストだけを，例えばワンセグの1チャネル分(429KHz)の帯域を利用して出力するという方法がある．仮に，オーバヘッドを除いた実効のテキスト放送効率が 80%とすると約 43K バイトとなる．500 字(1K バイト)のニュースを 10 秒間に430 個流せることになる．新聞社の最新ニュース

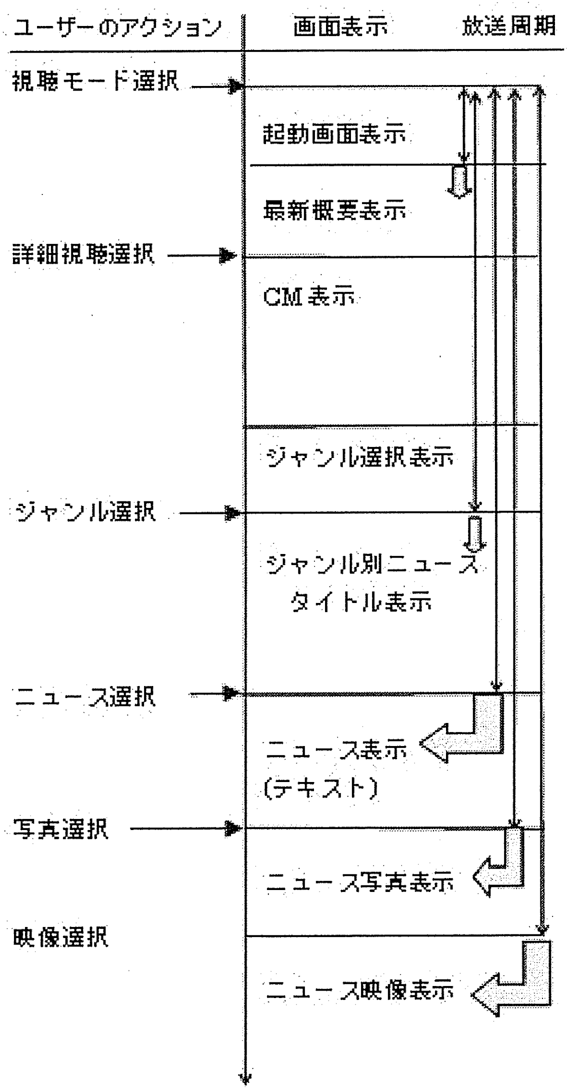


図 3　画面表示順序と放送周期

のサイトの量としては十分である．

これは，無線環境において，放送を一方的に受信しているだけで，通信のパケット代を支払う必要なしに，かつ，ほとんど待ち時間なしに，Web を閲覧できることになる．ニュースなどジャンルは限られるが，その範囲で新鮮な情報を読むことができる．通勤電車の中の退屈な時間帯を過ごすには有効かもしれない．

しかし，モバイル端末に映像がどんどん取り込まれる時代に，ワンセグの 1 チャネル分占有の結果として，文字だけのサービスでは魅力に乏しい．映像を流すとワンセグ 1 チャネル分の帯域を占有してしまう．なお，画像データはテキストと映像の中間である．テキストよりも一般に情報量が多いが，テキストでは表現できないことが表現可能となる．文字と映像を組み合わせ，帯域を節約するとともに映像も見られるようなサービス形態を模索する．

3．4　放送データ量の試算

ニュース専門サイトを例として考える．ニュースの数と大きさは新聞社のニュースサイトを事例に想定する．新聞社のニュースサイトは，政治・経済・社会・国際・スポーツ・文化芸能等のジャンル別に分けられている．各ジャンルにおいてニュースのタイトル(ヘツドライン)が表示されており，各タイトルをクリックするとニュースの記事がテキストで表示される．ニュースによっては，写真つきのものもある．さらに，指定箇所をクリックすることにより，映像も表示できる．その他に代表的なニュースが 5 つばかり，ジャンル内とあわせてタイトルが表示されており．そのタイトルをクリックすると直接，当該ニュースの記事が表示される．

このような情報提供形態を携帯端末で実現することを想定する．前述のように，ワンセグでは 43K バイト/秒の放送出力が可能である．最新概要ニュースのタイトルは，多くても 10 個程度，1 個 20 字程度とすると，200 字程度である．オーバヘットも含めて実質情報量の 1.5 倍必要とすると，0.6K バイトが必要容量となる．次に各ジャンルのニュースの総数を新聞社のニュースサイトの最新ニュースの概数にあわせて約 100，各ニュースひとつのタイトルを 20 字とする．オーバヘッドを考慮して 1.5 倍とすると，合計 6K バイトが必要となる．ニュースの本文テキストは，新聞社サイトの場合は，1 つの記事あたり 1000 字を越えることがある．しかし，携帯端末の場合，画面に表示できる文字数が少ないため，スクロールにより文章の長さの制限がないとしても，長い文章は操作に疲れてしまう．短い文章にまとめる必要がある．そのため，1 タイトルあたりの文章を 250 字と想定する．必要容量は，オーバヘッドをその 1.5 倍とすると，合計は 75K バイトとなる．写真はニュース記事の 1/5(20 タイトル)につけられ，1 枚あたりの必要サイズを 15K バイトとすれば 300K バイトを必要とする．映像を，NHK のニュースサイトにおいて提供している高品質画像と同等の

表１　表示情報と放送負荷

放送容量　43K バイト

表示内容	容量	データ収集周期	表示時間	負荷
(更新プログラム)	500K	3600 秒	－	0.32%
初期起動画面	－	－	10 秒	
最新ニュースタイトル	2× 200 字 × 1.5=600	10 秒(初期起動画面表示時間)	20 秒	0.14%
CM	200K× 60／8=1500K	3600 秒	60 秒	0.97%
ジャンルのインデックス	－(固定：更新プログラム中に含まれる。)	－	10 秒	
全体ニュースタイトル	2× 20 字 × 100 タイトル × 1.5 =6K	10+20+60+10=100 秒	30 秒	0.14%
ニュースのテキスト	2× 250 字 × 100 タイトル × 1.5 =75K	100+30=130 秒	30 秒	1.34%
ニュース画像	15K× 20 タイトル=300K	130+30=160 秒	20 秒	4.36%
ニュース映像	200K× 60／8× 4 タイトル=6000K	160 秒	60 秒	87.21%

200Kbps とすれば１分の映像で 1500K バイトを必要とする．また，CM も１分とすると 1500K バイトのデータ量となる．

３．５　待ち時間の試算

まず，端末をコンテンツ視聴モードとして，システムを起動すると，初期画面を表示する．これは端末内に記憶していたデータで対応できる．この段階では，まだ放送サーバーからデータを受信する態勢にはただちに入らないが，データを受信できる態勢に入っても，しばらく初期画面を表示する．

次に画面のタイトルとともに，最新ニュース概要のタイトルを表示する．主要ニュースは刻々変化しているから，この情報は放送されているデータから得る必要がある．放送受信開始の画面など順次放送していくこと，携帯端末では一度に多くの文字を表示できず，スクロールしながら表示させることを考慮すると 10 秒程度の情報収集時間を設けると考える．この間に，ニュース概要のタイトルを繰り返し放送すると，放送帯域に占める割合は 0.14%となる．

次に，「ニュースの詳細を閲覧する．」というボタンを押すと，まず CM モードに入り，CM を再生する．CM はあらかじめ，端末に蓄積されているとする．CM を再生するまでに時間はかからない．

ただし，最初に CM は蓄積する必要がある．また，定期的に新しい CM に更新する必要がある．さらに，システムのソフトウェアも定期的に更新していく必要がある．放送サーバー側で CM が更新されても直ちに端末側で表示する CM を更新しなければならない必要性はないが，その期間が長すぎると CM としての効果が薄れてしまう．そのため，一定期間の間に CM が更新されなければ，本システムによる CM 視聴を無効にするものとする．携帯端末を充電しているときにでも，CM の更新データを受信できるようにしておけば良い．CM ファイルを 1500K バイト，更新プログラムを 500K バイトとし，1 時間で受信できるよう放送するものとすると，その負荷は合計で 1.3%となる．

CM が終了すると，各ジャンルを選択する画面に移る．この画面のためのデータは固定で良い(更新が必要な場合はプログラムに含める)ため，帯域への負荷を考慮する必要がない．さらにジャンルを選択するとニュースのタイトルを表示する．ジ

ャンルの選択までに初期起動画面に 10 秒，最新ニュースのタイトル表示の閲覧に 20 秒，CM に 60 秒，ジャンルの選択画面の視聴とジャンル選択に 10 秒とすると，合計 100 秒かかる．この間に選択されたニュースのタイトルを放送すれば良い．100 秒間にて 6K バイトであるから，負荷は 0.14%であり，ごくわずかである．

各ニュースの詳細はテキストによる説明と映像との組み合わせであるが，まずテキストを表示し，その後「映像を見ますか」というボタンを押すと映像が見られるようにする．ジャンルを選択し，ジャンルの中のニュースタイトル一覧を閲覧するのに 30 秒かかるとすれば，それまでの 100 秒と合わせて 130 秒の間に 75K バイトの送信量であるから，1.34%の負荷となる．

個別のテキストのニュースの閲覧のあとで，写真の閲覧が可能とする．テキストによる個別ニュースの閲覧に 30 秒かかるとすれば，受信開始から写真選択まで 160 秒かかる．これから写真放送の負荷は 4.36%となる．

次に写真とともに，映像によるニュースの閲覧も選択できるものとする．ここまでの合計放送負荷は 10%未満であり，帯域の 90%を映像の放送にあてることができる．1 分のコンテンツを 160 秒の周期内で送信できる総量の比率から計算すると 21.8%であり，4 本のコンテンツを放送することができる．さらにコンテンツを蓄積しつつ，放送する方法も加えるならば，さらに 1 本のコンテンツが放送できる．(表 1 参照)

4．評価と今後の検討課題

携帯端末から情報を得る手段とする場合，PC から情報を得る場合に比べて，情報の表現と操作に制約があり，必ずしも PC の場合と同じ情報量を表示する必要はない．従ってニュースのテキスト量は新聞社サイトの 1/4 と想定したが，テキストは大きな負荷とならず，新聞社サイトと同じデータ量と仮定しても十分対応可能である．やはり映像が最大のネックとなる．しかし，順次情報を選択表示することにより時間を稼ぎ，その間に映像を蓄積することにより，1 本 1 分の映像コンテンツを 5 本以内であれば，待ちのストレスを感ずることなく視聴することができる．CM 放映のため，1 分待たなければならない制約はあるが，無料で閲覧・視聴するための代償でありやむを得ない．さらにデジタルラジオで検討されているよう 3 セグを利用できるならば，待ちなしに視聴できる映像コンテンツは 15 本に増える．また，視聴者は必ずしも特定の 1 本のコンテンツにこだわることなく，視聴可能なコンテンツから興味あるものを順次視聴可能であれば良いと，許容度を広げれば放送可能なコンテンツ数は増える．また，視聴するコンテンツに順序性があれば，最初に視聴するコンテンツの放送頻度を大きくし、後で放送するコンテンツの放送頻度を小さくする方法が提案されている[5]ので，この応用も考えられる．さらに端末を利用してこれらのニュースなどを視聴する場合，ここでは 500 字が適当であると仮定したが，最適なテキストの長さについてはより実証的な値を得る必要がある．これらの可能性については今後検討する．

参考文献

[1] T.F.Bowen, G.Gopal, G.Herman, T.Hickey, K.C. Lee, W. H. Mansfield, J.Railz, A. Weinrib, "The Datacycle Architecture", Communications of ACM, Vol.35,No12,pp71-81,December 1992

[2] T.Imielinski, S.Viswanathan, "Adaptive Wireless Information System", Proc. of SIGDBS(Special Interest Group in DataBase Systems) Conference, pp.19-41, Tokyo Japan, October 1994

[3] 隅倉正隆,”ワンセグ入門”,インプレス R&D, 2006 年 9 月

[4] 青野正宏，小嶋徹也，”蓄積型放送におけるコマーシャル出力方式の提案”，東京工業高等専門学校研究報告書　第 38(2)号，pp.99-105, 2007 年 3 月

[5] 義久智樹，金澤正憲，“選択型コンテンツの放送型配信におけるスケジューリング手法，” 情処学論, vol.47, no.12,pp.3296-3307, 2006

（平成 19 年 9 月 28 日　受理）

高専における情報理論教育に関する考察
——実例やゲームを導入した授業の提案——

小　嶋　徹　也*

On the Lectures of Information Theory in KOSEN
: Introduction of Various Examples and Games

Tetsuya KOJIMA

Information theory is a study field concerning coding for data compression and communications, computational complexity, random number generation, cryptography, and so on. Since C. E. Shannon opened its door in 1948, many theoretical and practical results have been given by many researchers. The author has given a class of information theory for several years in KOSEN. Some topics of information theory are too dificult and complicated for KOSEN students because it's based upon some advanced mathematics related to probability theory and statistics. In this report, the author introduces some practical tips for lectures of information theory in KOSEN, which include some games, examples and applications.

(Keywords: information theory, KOSEN, lecture)

1　まえがき

情報理論は，1948 年に C.E. Shannon の論文 “A mathematical theory of communication” [1] により幕を開けた学問であり，データ圧縮や通信のための符号化，乱数生成，アルゴリズム理論，暗号などを初めとする計算機科学や情報通信の分野の基礎をなす幅広い内容を扱う学術分野である。Shannon の論文が発表されて以来，多くの研究者らにより，理論的成果や技術への実装方法に関する研究成果が数多く報告されている。これらの多くは，漸近論を初めとする確率論や統計学に関する数学に基づいている [2, 3]。

著者は，高等専門学校（以下，高専）における教育に携って以来，情報工学科の 5 年生を対象とした情報理論の講義を担当している。しかし，本科の最終学年である 5 年生の授業であることを鑑みても，情報理論のいくつかの概念は，高専生にとっては内容が高度，抽象的すぎる，複雑すぎる，などの理由により，理解が困難であることが少なくない。半期 15 回の授業の中で情報理論のエッセンスを学生に伝えるために，著者は授業の内容を漸近論を用いない情報源符号化の問題に特定し，情報量の計算方法や実際の符号化アルゴリズムなどを取り扱い，学生が手を動かして計算や符号化の作業を行なえるような工夫を行なってきた。また，高専の授業に適した日本語の教材も整っていないため，教科書としては著者自筆のテキストを使用し，演習問題を盛り込んで単なる概論に終始しないように務めてきた。

しかし，数式の展開や計算問題を解くだけでは，学生の集中力が持たず，授業が単調になってしまうため，学生の注意を喚起するようなさまざまな工夫を取り入れることが不可欠である。本報告では，著者が「情報理論」の講義に取り組んできた経緯や実際の授業実施方式に加え，これまでに授業の中で取り上げてきた，あるいは今後取り入れることを検討している工夫の事例について紹介する。

一般の高等学校や大学の初年度では，情報理論の授業が行なわれることは非常に稀であるため，高等専門学校の本科生は学問としての「情報理論」に触れる最も低い年齢層の学生であるといえる。

＊情報工学科

以下，単に事例を挙げるだけではなく，そのような「情報理論の入口」で何をどのように教えるべきか，情報理論教育の方法論について考察を行なう。

2 情報理論とは

情報化社会という言葉が一般に定着して久しいが，この「情報」という概念を歴史上初めて定量化し，「ビット」という単位を与えて，さらには情報の本質に関するさまざまな理論的枠組みを与えたのは，1948 年に C.E.Shannon により発表された論文『通信の数学的理論（**A** mathematical theory of communication)』[1] であった。この論文は翌年に単行本 “**The** mathematical theory of communication” [4] として発行されており，そのタイトルの変化が示唆するように，当時から情報通信に関する本質を捉えたものと多くの研究者・技術者らに認識され，現在においても，情報理論を学ぶ者のバイブル的存在であると言える。

このシャノンの論文においては，情報理論の根幹をなす二つの重要な定理が証明されている。

一つは情報源符号化定理（Shannon の第一定理）であり，データ（情報）を「ビット」という単位で表現する際に，(ほとんど）誤りなしに圧縮できる限界を示したものである。通常，2^n 個のデータを 2 進のビット列で表現するには n ビット必要であるが，この定理では，無視できるほどほんの少しの誤りを許すだけで，データを n よりも大幅に小さいビット数で表現できることが示されている。この圧縮限界がエントロピーであり，これにより，「情報」というものを物理的な量と同様に定量的に扱うことができるようになったと言える。

もう一つは通信路符号化定理（Shannon の第二定理）であり，情報を伝送する際に，(ほとんど）誤りなしに伝送できる速度の限界を示したものである。通常，雑音のある通信路を通して情報を伝達する際に，正しく伝わる確率を高めようと思えば，できるだけ時間をかけて送信すればよいと考えるのが常識的であるが，この定理では，通信路の持つ固有の値（通信路容量）より少しでも小さい伝送速度でデータ（情報）を伝送すれば，その速度で（ほとんど）誤りなく情報を伝えることができることを示している。

これら二つの定理は，それまで常識と思われていたことがらを覆しただけでなく，現代のような情報化社会を支えるさまざまな技術の基礎を与えた意味でも非常に重要である。なお，現在でも，圧縮限界を達成するユニバーサルなデータ圧縮法や通信路容量を達成する符号化法は提案されていない。

Shannon の論文が発表されて以来，多くの優れた研究者により，情報や通信に関する数多くの研究成果が発表されてきた。この分野の研究は一時期下火になることもあったが，1970 年代に多元情報理論やユニバーサル符号化などが関心を集め，再び活発に研究されるようになった。我が国でも，1978 年以来，毎年開催されている情報理論とその応用シンポジウムは，今年度で第 30 回を迎えた。

情報理論と一口に言っても，その意味するところは広く，現代ではさまざまな研究分野が情報理論の関連分野として捉えられている。狭義の情報理論といえば，Shannon のオリジナル論文で触れられていた情報源符号化や通信路符号化，およびそれらを支える基礎的な数理的研究（特にシャノン理論と呼ぶこともある）のことを指す。また，シャノン理論との密接な関係が指摘されている分野として，乱数生成，マルチユーザ（多元）情報理論，ユニバーサル符号化，レート・歪み理論などが挙げられる。また，計算機科学との関連という意味では，計算の複雑性に関する理論やメモリ符号化（記憶装置用の符号化）なども情報理論の重要な要素である。さらには，ネットワーク理論，符号化変調，スペクトル拡散方式，系列生成，光通信などを初めとする通信方式に関する理論，暗号などの情報セキュリティ理論，画像・音声などの信号処理，統計的推定や学習理論なども情報理論の応用分野として重要な位置を占めている。最近では，いわゆる 0, 1 のビット列の代わりに光子を用いた情報通信を扱う，いわゆる量子情報理論の分野が大きく発展し，盛り上がりを見せている。

情報理論は誕生してわずか 60 年という若い学問である。それにも関わらず，以上のように，情報理論が基礎となる技術分野は，衛星通信や携帯電話などの無線通信，地上ディジタル放送などの情報通信分野を中心として，現代および将来さらに発展するであろう情報化社会の技術的基盤を支える上で必要となる多くの領域に及んでいる。

3　高専における情報理論教育

3.1　高専における情報理論教育の概要

国公私立のほとんどの高専において，情報系の学科を中心として，情報理論に関連した内容を扱う講義が開講されている。多くは高学年を対象とした専門科目として教えられており，科目の形態としては大きく三つに分けられる。

一つは，情報科学一般に関する概論的科目の中で，一つのトピックとしてビットの意味やエントロピーなどについて 2，3 回の講義の中で触れられる程度のものである。これらの中には，情報理論を専門としない教員が担当するものも多い。

二つ目としては，情報通信を専門とした教員の担当する講義として開講され，情報源符号化や通信路符号化などを扱うものであるが，内容としては深くは踏み込まず，半期あるいは通年の授業の中で，情報理論の全体像が見渡されるように広く浅く教えられているものである。高専における情報理論の授業形態としてはこのレベルが最も一般的なパターンであるように思われる。概論的な内容であることから，特に 5 年生の選択科目として開講される場合も多い。

三つ目は，情報理論を専門とした教員によって担当される専門科目で，取り扱うテーマを情報源符号化や誤り訂正符号など特定の分野に絞り，その学問的本質に狭く，しかし奥深く迫る内容を扱っているものである。こちらは，教員の負担も大きく，学生にとっても習得するためには一定のレベルが要求され，学生間の理解度の格差が広がる傾向が強く見られるため，授業に対するきめ細かい準備，教科研究が特に重要な科目であると言える。

本校情報工学科で現在開講されている「情報理論」はこの三つ目のタイプに相当する。実際に著者が行なっている授業の工夫やシラバス構成については，第 4 節で詳しく触れることとし，次節では，本科目を取り巻く状況について，カリキュラムの変遷なども含めて述べておくこととする。

3.2　本校における情報理論教育の現状

本校情報工学科における情報理論関係の科目としては，現在 5 学年後期で開講されている必修科目「情報理論」および「符号理論」が挙げられる。本節では，これらの科目が置かれている状況や他の科目との関連性などについて紹介する。

まず，著者の担当科目ではないが，「符号理論」について簡単に述べる。この科目は，当初，誤り訂正符号について，狭く深く学ぶタイプの科目であった。その内容は，4 年後期に開講される「情報数学 II」なる科目で学ぶ代数系の理論と強く関連付けられ，誤り訂正符号の中でも数学的に高度な内容を必要とする代数幾何符号について学ぶものとなっていた。しかし，2006 年度からは非常勤講師の担当となり，内容も誤り訂正符号を含む通信路符号化に関する概論的な内容に変化している。

一方，著者は，本校に着任した翌年の 2002 年度より 5 年生の「情報理論」を担当してきた。「符号理論」と対を成すように，「情報理論」は情報源符号化をテーマとして取り上げ，やはりトピックスを絞り込んで，数学的な厳密さを失わずに深く学ぶことのできる科目を目指して授業を行なってきた。内容としては漸近論を用いない情報源符号化に限定して，各種情報量の計算，簡単な情報源符号化方式を習得することを学習目標とするものになっている。事前に習得しておくべき内容のレベルとしては，3 年次の「確率・統計」において学ぶ確率変数や確率分布，条件付確率などに関する知識があれば十分であり，著者自身が「確率・統計」を担当した年度もあったことから，それ以来，学科のカリキュラムとしても一貫性のあるものになってきた感がある。

当初は 5 年生に対する前期開講の選択科目であったため，少し高度な内容まで踏み込んだり，夏休みに大き目の演習課題を課すといったこともできた。また，数式などは繰り返し使うことで自然と頭に入るべきであり，丸暗記したりすることには何の意味もないと考えたため，試験は実施せず，成績は中間および期末のレポートを基準に判定していた。しかし，学科のカリキュラム改定に伴い，「符号理論」ともども「情報理論」も必修科目となり，さらには後期開講の科目となってしまった。5 年後期は卒業研究なども佳境に入り，冬休みも短いため，従来夏休みに出題していたような大きな課題も出すことができず，さらには科目で取り扱う内容のレベルを保ったまま，クラス全員が合格できるような工夫が要求されることとなった。次節で

は，この状況を踏まえた上で，著者がこれまでに取り組んできた，あるいは今後取り組もうと思っている授業改善のアイディアについて紹介する。

4 魅力ある「情報理論」講義の実現に向けて

4.1 シラバス策定方針

前節でも述べた通り,「情報理論」の講義においては,「符号理論」で通信路符号化が取り扱われていることも鑑み，学習の目標を基本的な情報源符号化方式の理解に据えて授業を行なっている。

一般に，大学などで学ぶ「情報理論」は，漸近論に基づき，圧縮限界や通信路容量などの漸近的性質について学ぶことが多い。高専生にとっても，極限に関する知識や関数の連続性などの復習をした上で，同様の内容を学ぶことも可能である。しかし，時間的制約が大きいことと，技術者を目指す高専生にとっては，過度に数学的な内容よりは，手を動かして計算を行ない，数値や結果が目に見えるような内容の方が適していると判断したことから，漸近論的な内容を用いない範囲で，情報量と情報源符号化について「狭く深く」学ぶことを目標においた。また，大学に編入学する学生にとっては，高専で情報量の計算の仕方や実際の符号化法などのテクニカルな内容を学び，編入先大学の上位学年で漸近論を用いたような理論的内容を学ぶことになり，全く同じ内容の科目を二度学ぶことを避ける意味合いもあった。

必修科目で受講者数が 40 名前後となることから，採点の負担を考慮し，成績は試験の結果を 80% 組み入れることとした。試験におけるケアレスミスなどの影響が成績に直接反映しないよう，毎回の授業時に簡単な演習問題を課し，これを毎回採点して最終的な成績点に 20 % 組み入れている。また，5 年の後期科目ではあるが，習得に一定の理解度が必要とされることから，試験は中間と期末の 2 回実施し，中間時における理解度のチェックができるよう配慮した。

半期の授業の構成は，中間試験までの前半で，エントロピー，ダイバージェンス，相互情報量という 3 つの情報量の計算ができ，その意味を理解することを目標におき，後半では，簡単な情報源符号化アルゴリズムの理解と手計算ができることを学習の目標に据えた。特に後半では，分節可能符号と語頭符号，Kraft の不等式の意味を理解した上で，Shannon-Fano 符号や Huffmann 符号の構成法を理解して，簡単な例について手で符号化のプロセスがたどれることを合格基準とした。

また，授業の最終回には，情報理論分野における最新のトピックスを紹介し，この分野への関心を喚起して，特に進学希望の学生については，将来この分野へ参入するきっかけとなる，言うなれば「種蒔き」とも考えられるような工夫を行なった。

4.2 テキストの開発

情報理論に関する教科書は，和洋を問わず，さまざまな書籍が発表されている。しかし，本講義で取り扱うように，漸近論を用いない範囲で情報理論を語る書となると，皆無と言ってよいだろう。したがって，著者は，2002 年度にこの科目を担当することとなった時点から，毎回の授業に合わせて自著のテキストを書き進め，それに沿って授業を行なってきた。2002 年度末に一応の完成を見た教科書を 2006 年度まで微修正しながら使用してきたが，今年度，大幅な改訂を行なうこととした。これは，必修科目となったことで，教科書だけを見ても学生が自学自習できることを念頭に，必ずしも理解する必要のない内容はできるだけ付録に回し，毎回の授業で扱う内容を同じ分量（ページ数）で書き記して，学生が気軽に読み進められるような工夫を取り入れるためである。

具体的には，半期 15 回の授業において，1 回目はガイダンスと確率論の復習，15 回目はまとめと情報理論の最新トピックスの紹介などに当てることを想定し，2 回目から 14 回目までの 13 講で本講義で習得すべき内容が網羅されるような構成となるように工夫した。毎回の学習内容はすべて A4 版で 5 ページずつにまとめられ，13 回で全 65 ページと，分量としても多くなり過ぎないように配慮している。各回の 5 ページの構成は以下の通りとなっている。

1 ページ目： 当該回の内容が理解できた後に解けるようになるであろう例題を先に見せる「問

題」欄，当該回の学習のポイント，キーワードなどを記した「鏡」のページ。

2 〜 4 ページ目： 用語の定義，各種定理，系，証明や説明，図表など，具体的に講義で扱う内容を記したページ。

5 ページ目： 演習問題。

このように，毎回の授業を同じ分量，構成で記すことで，学生が自習しやすく，独力で読みやすいパッケージとして教科書を提示するよう，工夫した。

4.3 講義の進め方の工夫

授業時間を 90 分とした場合，最初の 10 分で前回の演習問題の解答を行ない，続く 60 分でその回の授業，残りの 20 分を演習問題に当てるのが基本の構成である。学生の集中力の持続を 60 分程度と推測すると，このような時間配分とすることには一定の根拠があると言えるであろう。

また，60 分の授業においては，最初に教科書で示すものと同じ例題と授業のポイントを紹介し，その後各論に入っていくこととしている。授業のポイントを表，演習問題を裏に印刷したプリントを授業の冒頭に配布し，学生の理解を促す工夫も取り入れている。その回の演習問題を先に見せることには，その解き方を知るために，授業を良く聞こうとする意識を高めようという狙いもある。中には，60 分の授業が終わった時点で既に問題が解けている学生もいるが，演習問題としては，その回の最低限の内容が理解できていないと解けないものを選んでいるので，この意味での「内職」は，他科目の課題を行なうような一般的な内職とは異なると判断し，認めている。さらに，数式を多く扱うことから，学生がノートを取りやすいように，黒板に板書するスタイルで授業を行なっている。ただし，板書した内容を消さずに残しておきたいことも多いうえ，板書のスピードに追いつかない学生もいることから，その補助としてプロジェクタによる数式等の投影も同時に行なっている。

毎回の授業で配布したプリント，演習問題，使用したスライドは，パスワード認証を設けた web ページ上にアップロードしており，学校や家庭でいつでも閲覧できるように配慮している。

4.4 理解度に応じた演習問題の設定

毎回の演習問題は，その週の授業を聞いていれば問題なく解ける程度の問題を数問課し，毎回学生自身が実力のチェックをできるように配慮している。原則として授業時間内に回収するが，十分な時間が確保できなかった場合は宿題とし，期限内に提出されたものはすべて採点して次回の授業の最初に返却している。

また，上記のような全員必修の演習問題の他に，「チャレンジ問題」を設定し，学ぶ意欲や能力の高い学生に，証明問題や難度の高い問題に挑戦する機会を与えている。これらの問題を解き，期限までに提出した場合は，演習問題の素点にプラスすることとしている。

さらに，現在改訂中の教科書においては，高専生対象であることを鑑みて，各種の情報量の計算や符号化を行なうためのプログラミング課題を演習に含めることを検討している。

4.5 授業の脱線：余談やゲームの活用

各回の授業では，学生の集中力を保つことを目的に，適宜，余談やゲームなどの要素を取り入れ，あえて「脱線」する試みを行なっている。ここでは，そのような「脱線」の典型例を紹介する。

例 1 (エントロピーの意味) 2 人の学生をピックアップし，これを A, B とする。A 君がクラス全員（N 人とする）のうち 1 人の名前を思い浮かべ，B 君がその人の名前を当てるゲームを行なう。B 君は A 君に Yes / No で答えられる形式の質問をすることだけが許されており，A 君はその質問について Yes または No で正直に答えるものとし，B 君が正解するまで問答を繰り返すとする。このゲームは，戦後，NHK ラジオにおいて「二十の扉」として放送されたものと類似している。実は，正解を得るまでの平均の質問数は，クラスのメンバーに関する一様分布のエントロピー $\log N$ になることが知られており，「あいまいさ / わからなさ」の定量化であるエントロピーの意味がおぼろげながらに理解できるものとなっている。

例 2 (条件によるエントロピーの減少) 一般に 2 つの確率変数 X, Y の間に $H(X|Y) \leq H(X)$ な

る関係が成り立つ。このことは，条件 Y が与えられることにより，X のエントロピー（あいまいさ）が減少することを意味している。しかし，条件付エントロピー $H(X|Y)$ とはすべての条件 $\forall y$ に関する平均値

$$H(X|Y) = \sum_{y} P_Y(y) H(X|Y=y) \tag{1}$$

として定義されており，ある特定の条件 $Y=y$ については，$H(X|Y=y) > H(X)$ となることもあり得る。このことは，事件の捜査などで，被疑者に関する証言や証拠を集めた際，すべての証言や証拠を平均すると捜査の核心に近づくが，中には，かえって捜査が撹乱されてしまうような証言があることでも説明できる。実際に学生の協力を仰いで，（倫理的に許される範囲で）実名を用いながら余談を展開することで，授業にアクセントを生み，学生の注意を喚起できる。

例 3 (分節可能符号) 符号のうち，2 通り以上に復号される可能性のないものを正則な符号という。さらに，二つ以上の符号を連接したすべての符号語列（拡大符号ともいう）に対して正則であるような符号を分節可能符号と呼ぶ。この例として，学生の姓と名の二つを連接して符号化する場合を考える。分節可能符号を用いれば元の正しい姓名が得られるが，正則でない場合は姓か名のいずれかが別人のものとなってしまう。あるいは，ある文を主語，目的語，述語などの 4，5 個の文節に分割し，これらを符号化し，復号することを例に挙げる。この場合も分節可能符号でない場合は，思いがけないおかしな文が復号結果として得られてしまう。学生に自由に人名や文を挙げさせることで，授業で学んだことの印象を強く記憶に残すことができる。

例 4 (最適な符号とギャンブル) 可変長符号を用いた最適な符号化とは，生起確率 $p(x)$ に対し，符号語長を $l(x) = \lceil -\log p(x) \rceil$ とするものであり，生起確率の低いデータに長い符号語を，生起確率の高いデータに短い符号語を当てることに相当する。この典型的な例がモールス符号であるが，経済やギャンブルでも同じことが言える。例えば，勝つ確率が高い馬（株価が上昇する確率の高い株）ほど多く投資するような方法が平均では最適な戦略ということになる。このような実例は学生の興味を惹きやすい。ちなみに，この話には「あくまで平均の話であり，必ず儲けることができるとは限らない」というオチもつく。

5 むすび

本報告では，本校情報工学科における「情報理論」の講義に対する著者の取り組みについて，これまで取り上げてきた，あるいは今後取り入れようと計画している工夫の事例を交えて紹介した。授業中に本論を離れたゲームや余談を行なうことで，学生の関心を引くだけでなく，高度な数学を意識しなくても，授業で学ぶべきポイントや本質的な内容について理解できるような効果が得られると考えられる。加えて，無線通信や学習理論などの応用分野との関係を平易に解説することにより，卒業研究との関係を意識する学生も出てくることが期待され，本科 5 年生で学ぶ授業として大きな意味を持つと考えられる。

今後は，本報告で述べたような工夫を取り入れた授業を行なった結果，学ぶ側の学生がどのような意識を持って授業に臨むことができたか，などを授業アンケートの結果などからすくい取り，このような取組の効果について検証していきたい。

参考文献

[1] C.E. Shannon. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, Vol. 27, pp. 379–423, 623–656, 1948.

[2] 韓太舜, 小林欣吾. 情報と符号化の数理. 培風館, 1999.

[3] T.M. Cover and J.A. Thomas. *Elements of Information Theory (second edition).* John Wiley and Sons, 2006.

[4] C.E. Shannon and W.W. Weaver. *The Mathematical Theory of Communication.* University of Illinois Press, 1949.

（平成 19 年 9 月 28 日 受理）

摩擦力の測定法に関する研究

竹中寛輝*，堀田信一**，積田裕介***，菊地　章****

Measurement of Frictional Force

Hiroki TAKENAKA, Shinichi HOTTA, Yuusuke TSUMITA, Akira KIKUCHI

The 2 ways are known to measure the frictional force. In 1 of the 2 ways, the sensor shuttles on the sample. In the other way, the sensor revolves on the sample. The difference of the 2 ways were unknown.

Coulomb's friction law and Osada's formula is not in agreement with the results. But the straight line is in good agreement with the results. And intercepts and slopes are means something that related to the hardness of the sample.

We try to find the difference in intercepts and slopes of straight lines. However, in this study, the obvious difference of the 2 ways wasn't found.

1. 緒言

摩擦力は物と物が接触しているとき、進行方向と逆向きに働く力である。摩擦力には二種類あり、動いているときに働く摩擦力を動摩擦力、静止している物を動かそうとするときに働く摩擦力を静摩擦力と呼ぶ。

摩擦力は様々な要因で変化することが知られ、主なものでは接触面積や摺動速度、荷重の程度が挙げられる。これらの要因と摩擦力の変化の関係としてはクーロンの摩擦法則が代表的である。

摩擦力の測定は試料とセンサーを擦り合わせることで測定される。センサーの摺動方法は試料上でセンサーまたは試料を回転させる、または往復させるのが主流であるが、これらの方法が同じ摩擦力を示すのかは明らかでなかった。

本研究では摩擦力がセンサーの摺動方法に依存するか明らかにすることを目的とする。また、摺動方法に依存するとすればそれは何に関係するものなのかを 明らかにする。材料としては金属と高分子材料を用いた。これらと SUJ2 球との間の動摩擦力を荷重 200g～1kg の範囲で測定、比較した。

2-1. 摩擦力に関する緒言

摩擦力の研究は、古くはレオナルド・ダ・ヴィンチも研究し、現在トライボロジーという力学の一分野を成している。その基礎であるのがアモントンークーロンの摩擦法則（以下、クーロンの摩擦法則）である。

摩擦力と荷重の関係で見ると、クーロンの摩擦法則では摩擦力は荷重に比例する。クーロンの摩擦法則は次式で示される。

$$F=\mu W \quad \cdots(2.1)$$

F：摩擦力
μ：摩擦係数
W：荷重

このときの比例定数を摩擦係数といい、今日でも摩擦特性の指標として使われている。この式は傾きが摩擦係数の直線になることを示している。この法則は限定 的にしか成り立たないことが知られており、これを修正する法則が多くの研究者から提唱されてきた。酒井[(1)]の式や長田ら[(2)]の式はその例である。

2-2. 接触面積に関する緒言

ゴムなどの柔らかい物体や、ハードディスクの表面など極端に平滑な物体では真実接触面積が顕著に影響を及ぼす。摩擦力は真実接触面積に比例し、見かけ の接触面積に依存しない。物体の表面はマイクロオーダーで見ると凸凹しており、物と物が接触すると凸部が削れたり潰れたりしてある面積で接触する。このミ クロな接触面積の総和が真実接触面積である。

本研究における接触の場合、見かけの接触面積はヘルツの接触理論が適用できる場合がある。平面（試料）と球（センサー）との接触であるので、平面の側の曲率半径を無限大とすると、ヘルツの接触理論は次式で示される。

$$a=\sqrt[3]{\frac{3W}{4}\left(\frac{1-\nu_A^2}{E_A}+\frac{1-\nu_B^2}{E_B}\right)R_A} \quad \cdots(2.2)$$

$*_A$：球（センサー）
$*_B$：平面（試料）

＊物質工学科卒業生（昭和電工㈱）　＊＊物質工学科卒業生　＊＊＊㈱レスカ　＊＊＊＊物質工学科

a : 接触面の半径
W : 荷重
ν : ポアソン比
E : ヤング率
R : 曲率半径

この時、接触部の直下に半球状に圧力分布があるとすると、その圧力の最大値 p_{max} とある半径 r における圧力 p は次式で示される。

$$p_{max}=\frac{3W}{2\pi a^2} \qquad \cdots(2.3)$$

$$p=p_{max}\sqrt{1-\left(\frac{r}{a}\right)^2} \qquad \cdots(2.4)$$

ただし、これらの式は試料が弾性体であることを仮定しているため、高分子材料はヘルツの接触理論に従わない可能性がある。

3. 実験

3-1. 試料

試料は下記金属材料と高分子材料を用いた。(厚み)

- アルミ (2.95mm)
- 真鍮 (1.60mm)
- 鉄 (3.10mm)
- ステンレス (1.95mm)
- PET (2.00mm)
- PMMA (2.00mm)

これらは幅 2～3cm の短冊状に切って用いた。高分子材料は、基本的に保護フィルムをはがした直後の面を用いた。また、金属材料は #80 、#240 、#320 、#800 、#1200 の順にそれぞれ十数分研磨し、最終的に鏡のようになるまで研磨したものを用いた。

3-2. 実験装置

3-2-1. 摩擦摩耗試験機

摩擦摩耗試験機 (㈱レスカ製 FPR-2100) を用いて摩擦力を測定した。この装置で回転、往復の両方を測定できる。また、その結果は PC で保存でき、グラフとして出力できる。本装置の概略図を Fig.1 に示す。

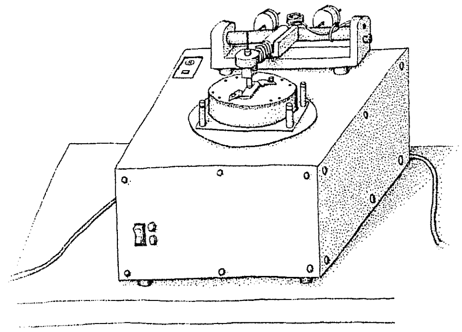


Fig.1 装置概略図
全体図、回転で測定するときの様子

Fig.1 は試料を回転させて測定する様子を表しているが、回転ステージ上にカムと往復ステージを装着させることで試料を往復させて測定することもできる (Fig.2)。

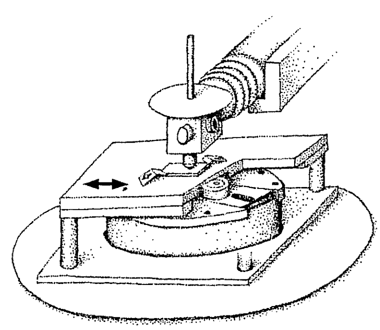


Fig.2 往復の場合のセンサーの動き
矢印のむきにステージが往復する。

測定中、この試験機は摩擦力の値を毎秒 10 回のペースで記録し、接続された PC のファイルに書き出すことが可能である。

本研究での測定条件は、速度 (往復測定では最高速度) 6.28mm/sec 、センサーは SUJ2 直径 4.76mm の球にした。6.28mm/sec の速度は、12rpm で半径 5mm の円を描くときの速さである。

3-2-2. ビッカース硬さ試験機

ビッカース硬さ試験機 (㈱アカシ製マイクロビッカース硬さ計 MVK-C) を用いてビッカース硬度を測定した。

ビッカース硬度は最も一般的な硬度の一種である。ただし、ビッカース硬度に限らず、硬度は高分子材料の物性を的確に表現できない。試料のうち PET と PMMA は高分子材料、つまり粘弾性体であるためクリープを起こし、圧子がどこまでも沈んでしまうためである。

本研究でのビッカース硬さは荷重 1000g 、加圧時間 10sec の条件で 5ヵ所を測定し、その平均値を求めた。

3-3. 実験方法

各種試料の摩擦力を各条件ごとに 5ヶ所以上測定した。

最初の 20 秒のデータから、C 言語による自作のソフトウェアを使用して平均値を求めた。摺動方法が往復のときに得られたデータは、センサーの仕様上、逆方向に摺動している時のデータを使えないため、一旦すべての データで平均を出し、さらにその平均値より大きい値のデータだけで改めて平均値を求めた。以上の操作を Fig.3 に示す。こうして得られた値をその条件での摩擦力とする。

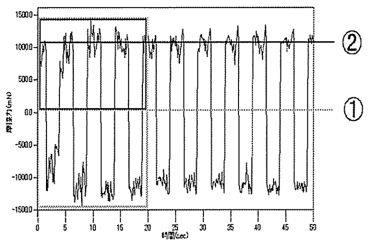


Fig.3 摺動方法が往復のときの処理の概念図
①;すべてのデータ（グレーの枠）の平均値
②;逆方向に摺動している時の分を除いたデータ（黒の枠）の平均値

4. 結果および考察

4-1. 摩擦力の評価法

一般的に摩擦特性の評価には摩擦係数が用いられる。しかし、前述のようにクーロンの摩擦法則は限定的にしか成り立たないことが知られており、本研究で の実験操作もクーロンの摩擦法則が成り立たない可能性がある。そこで、荷重を変化させたときの摩擦力の変化をグラフに描き、クーロンの摩擦法則との相違を 考察した。

PMMA を試料に、荷重を 200g～1kg にして得られた結果を Fig.4 に示す。

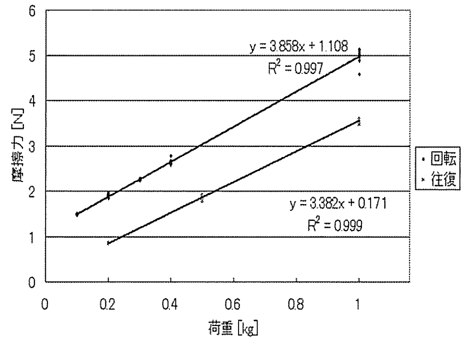


Fig.4 PMMA の摩擦特性

同様な実験で PET でも似たようなグラフが得られた（Fig.5）。

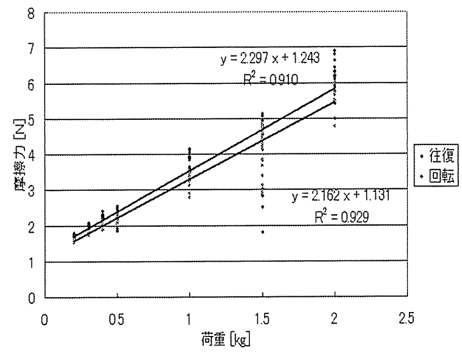


Fig.5 PET の摩擦特性

一般的に、摩擦力の変化を論じるクーロンの摩擦法則や長田らの式はそれぞれこのグラフが原点を通る直線、曲線になることを示している（4-4 にて後述）。また、切片があるということは荷重がなくとも摩擦力が働く、または荷重があるのに摩擦力がないことを意味し、常識に反する。

しかし、荷重が 200g～1kg の範囲では摩擦力が切片のある直線であった。

このグラフに対する理論式は前述のような式で、荷重の範囲が狭いために切片のある直線に見えているようにも考えられる。しかし、後述のように切片はビッカース硬度に影響を受けており、実験誤差のように扱うことはできない。

具体的に切片や傾きの意味するところは不明であるが、この実験データは傾きと切片に何らかの意味があることを示唆している。摩擦力の変化を論じる式として、切片のある直線が有用であると考えられる。

本研究では荷重が 200g～1kg の範囲に収まるので、摩擦力対荷重でプロットすると直線になるものとして比較、検討できることがわかった。

4-2. 摺動方法による違い

4-1 に述べたように荷重が 200g～1kg の範囲

では摩擦力が切片のある直線であった。そこで、直線の傾きと切片に摺動方法による違いを見出そうと試みた。

荷重を200g～1kgの数点で各荷重につき5回測定してすべてをプロットし、Excelにより直線の近似式を出した。試料にはアルミも試みたが、スティック-スリップ現象が顕著に出たため除外した。近似式のデータをビッカース硬度と共に以下 のTable.1に示した。

Table.1 各材質の摩擦特性と硬度

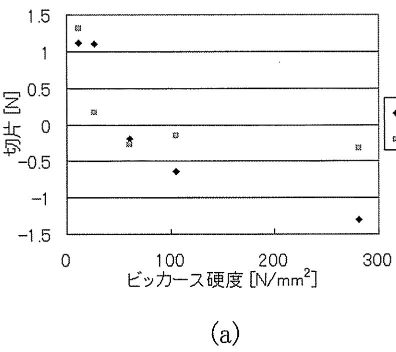
		PET	PMMA	Cu-Zn	Fe	SUS
往復	傾き [N/kg]	2.143	3.382	5.326	5.617	5.692
	切片 [N]	+1.314	+0.171	-0.271	-0.157	-0.322
	R^2	0.918	0.999	0.976	0.990	0.985
回転	傾き [N/kg]	2.241	3.859	3.807	4.818	7.187
	切片 [N]	+1.116	+1.108	-0.190	-0.638	-1.297
	R^2	0.965	0.997	0.817	0.941	0.938
ビッカース硬度 [kg/mm2]		10.98	26.67	60.44	105.23	280.6

R^2は相関係数であり、値が1に近いほど実験データが直線の近くにあるということを示している。

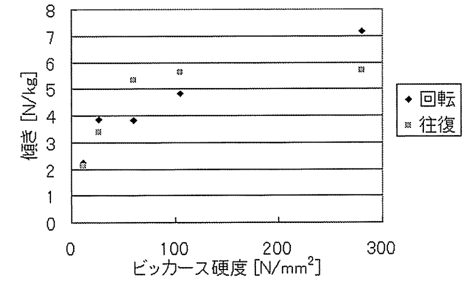
切片と傾きは摺動方法の違いでほぼ同じ値を示すものから3倍近い差を示すものもある。また、大小関係も回転と往復でどちらが大きいということもない。このことから、一概に違いがあるといえるものではないと考えられる。R^2は往復の方が勝っているように見えるが、F検定とt検定をしたところ有意差はないという結果が得られた。

4-3. ビッカース硬度との関連性

表2をグラフにするとFig.6のようになった。



(a)



(b)

Fig.6 ビッカース硬さと傾き、切片の変化

ビッカース硬度が上がると切片は下がり、傾きは上がることがわかる。硬度の大小が関係していることから、傾きや切片の違いは接触面積や掘り起し力の違いによるものと考えられる。

PETとPMMAは粘弾性体であるためビッカース硬度の値は目安程度にしかならない（3-2-2参照）。硬度が議論できる試料をもっと用意し、切片や傾きとの関連性を調べる必要があるだろう。また、硬度ではなくヤング率での比較も役に立つ可能性がある。

4-4. 長田らの式およびヘルツの接触理論からの理論的アプローチ

本研究では、摩擦力対荷重のグラフは切片のある直線を描いた。この結果に対する理論的な裏付けを長田らの式およびヘルツの接触理論から試みた。

長田らの式は平面対平面の接触から得られた法則である。本研究では平面対球の接触であるため、ヘルツの接触理論と組み合わせることで切片のある直線となるのではないかと考えた。

ヘルツの接触理論は単に球と球を押し付けることを考えており、球が動いている状態は想定されていない。しかし、ここでは動いている状態と静止状態でヘルツの接触理論に従う同じ接触面積が発生すると仮定する。

微小な面積dAに圧力Pがかかり、長田らの式に従って微小な摩擦力dFが発生する。これを式に表すと次のようになる。

$$dF = dA\,P^{\alpha} f(v) \qquad \cdots(4.1)$$

dAは同じ圧力のかかっているリング状の区間の面積である。接触している面は平面の円であることを仮定して、dAは次のように表される。

$$dA = 2\pi r\,dr \qquad \cdots(4.2)$$

この式において、微小な面積dAは幅2πr高

さ dr の長方形の面積に近似した。

圧力 P はヘルツの接触理論に従って変化するとして、半径 r が 0 から a まで変化する間の dF を積分する。定積分なければならない式は次に示す式である。

$$F=\int_0^a 2\pi r\left(\frac{3W}{2\pi a^2}\sqrt{1-\left(\frac{r}{a}\right)^2}\right)^{\alpha} f(v)\,dr \quad \cdots(4.3)$$

これを整理すると次のようになる。

$$F=\frac{2\pi}{\alpha+2}a^{-5\alpha+2}\left(\frac{3W}{2\pi}\right)^{\alpha} f(v) \quad \cdots(4.4)$$

この式は荷重 W→0 のとき摩擦力 F→0 となる。

よって、理論的には摩擦力対荷重のプロットは曲線となる。本研究では切片のある直線に対する理論的な裏付けができなかった。

5. 結論

摺動方法を変えて摩擦力を測定することで、次のような結論を得られた。

1. 摺動方法の違いは摩擦力に影響を及ぼすかどうかははっきり分からない。
2. R^2 は F 検定と t 検定によると摺動方法の違いに依存しないと考えられる。
3. 摩擦力の変化を論じるために一次式が有用であることを見出した。
4. 3.から、傾きや切片はビッカース硬度と関係があることを見出した。
5. 4.から、傾きや切片の違いは接触面積や掘り起し力の違いによるものと考えられる。

6. 参考文献

(1) 酒井秀男. ゴムのガラス平面状での摩擦. 日本ゴム協会誌. vol.35, No.3, 1962, p.177-184.
(2) 長田義仁, Jian Ping Gong. ゲルの極低摩擦. 日本機械学会誌. vol.108, No.1042, 2005, p.720-721.
(3) 実用プラスチック事典編集委員会. 実用プラスチック事典 材料編. 東京. 産業調査会. 1993.

(平成 19 年 7 月 24 日　受理)

物質工学科における基礎化学的知識の習得度と実験授業改善(1)

城石英伸*，雑賀章浩**，工藤節子*

Improving the Teaching of Experimental Analytical Chemistry for Second-Year Students (1)

Hidenobu SHIROISHI, Akihiro SAIGA, and Setsuko KUDO

The 4th year students at Tokyo National College of Technology were given an achievement test which consisted of fundamental chemistry knowledge taught in the 1st, 2nd and 3rd years. Due to the results of the 4th year students, the 2nd year Experimental Analytical Chemistry class was improved. These improvements included revised teaching materials, tests and experiments. Two kinds of experiments teach about absorption spectra and pH titration curves.
(Keywords: fundamental chemistry, achievement test, analytical chemistry)

1. はじめに

東京高専が社会から必要とされ続けるためには，企業・大学から必要とされ続ける優秀な学生を輩出するよう心がけなければならない。ある一流企業の人事担当者に「高専卒業生に求められるものは?」と質問したところ「専門科目の基礎学力と課題を解決する力，専門のマニュアルが読める英語力」という回答を得た。高専卒業生に大学学部卒と同等の専門的学力を期待する企業も多い。しかしながら近年大学の先生や企業人から漏れ聞こえてくる高専の評判の中には，残念ながらよい評判だけでなく上述の能力が不足しているという指摘があることは憂慮すべきことである。また，物質工学科でも「昔と比べるとゆとり教育のせいか，今の学生は能力が低い」と感じられている先生もいらっしゃるようである。

本研究では，物質工学科高学年の学生の低学年で習得した専門基礎力の実態を把握するためのテストを行った。また，その結果を踏まえ，第2学年の実験科目(分析化学実験)への新しい取り組みを報告する。

2. 高学年における基礎化学的知識の習得度

次のような1年から3年で習得する基礎化学的知識に関する問題を一昨年度及び昨年度の物質工学科4年次に対して機器分析IIの演習として行った。これらの内容は，卒業までに確実に習得すべき基礎的内容である。

1) 特定の濃度の水溶液を作る時に必要な水和水を含む物質の必要な重さの計算問題

「硫酸銅5水和物の結晶 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ を水に溶かして 0.100 mol/ℓの水溶液を作るには次のどの方法がよいか。($CuSO_4$=160、H_2O=18 として計算してください。)

ア．結晶 7.98g を水 500mℓに溶かす。
イ．結晶 12.5g を水 487.5g に溶かす。
ウ．結晶 12.5g を水に溶かして 500ml にする。
エ．結晶 25.0g を水に溶かして 500ml にする。
オ．結晶 25.0g を水 1ℓに溶かす。」

2) モル濃度と質量%濃度の関係

「濃度 a〔mol/ℓ〕，密度 b〔g/mℓ〕の希硫酸について空欄を埋めよ。

a〔mol/ℓ〕の希硫酸 1ℓ中には a〔mol/ℓ〕の硫酸 H_2SO_4 が含まれている。この希硫酸 1 ℓ（＝1000mℓ）の質量は，密度が b〔g/mℓ〕だから（　ア　）〔g〕である。また，a〔mol〕の硫酸（分子量M）の質量は（　イ　）〔g〕である。よって，質量パーセント濃度は（　ウ　）〔%〕である。」

3) 特定の濃度の水溶液を作る時に必要な液体の物質の必要な重さに関する計算問題

「98% H_2SO_4 から約 pH1 の H_2SO_4 水溶液を 500 ml 作りたい。98%の硫酸は何 ml 必要か。ただし、H_2SO_4 は完全解離しているものとする。(H_2SO_4=98 として計算せよ。必要なら密度 1.84gcm^{-3} を用いてもよい)」

4) 非水溶液の希釈法

＊物質工学科　＊＊技術室第三技術班

「ある物質の 5 %メタノール溶液を 2.5%に希釈したい。どうすればよいか。」

5) 中和滴定における器具の適切な使用方法

「次の(ア)～(エ)の器具を用いて中和滴定を行う際，純粋な水で洗ってそのまま使用してよいものを選べ。

(ア) メスフラスコ (イ)ホールピペット (ウ)ビュレット (エ)コニカルビーカー」

6) 希釈時における器具の適切な使用法

「ある物質のメタノール溶液を 10 倍に希釈しようと思ったら、メスフラスコおよびホールピペットが純水でぬれていた。それぞれの器具を使う際どうすればよいか答えよ。

A) メスフラスコ，B)ホールピペット」

7) 酸塩基の濃度問題

「(1) 濃硫酸の原液の濃度はおよそ何 mol/l か? また，濃塩酸の原液の濃度は何 mol/l か?

(2) $[OH^-] = 1.0\times10^{-3}$ mol/l の溶液の pH はいくらか?」

8) 緩衝溶液の pH の計算問題

「1M H_3PO_4 と 1M NaH_2PO_4 を使って pH3 の緩衝溶液を作りたい。どうすればよいか。ただし H_3PO_4 の酸解離定数は $pK_{a1} = 2.1$ とする。」

9) 吸光度測定法の測定条件に関する問題

「ある物質の 452nm におけるモル吸光係数 $\varepsilon_{452}=1.4\times10^4 M^{-1}cm^{-1}$ である。一般的な分光光度計で光路長 1cm のセルで測定するためには濃度は何 $moldm^{-3}$ 以下でなければならないか。」

10) 吸光度測定法の原理に関する問題

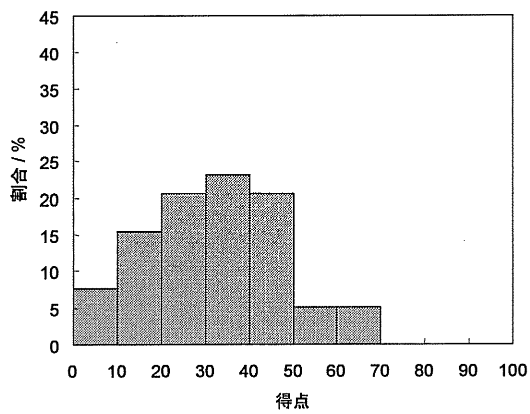
「ある試料を分光光度計で測定したら吸光度が 2 であった。この試料は測定光の何%を透過したか。」

テスト時間は 60 分，関数電卓の使用を許可して行った。配点は各 10 点とし，満点は 100 点である。テストを行った時期は，昨年度および一昨年度共に 10 月である。

得点分布を Fig. 1 に示す。2005 年度は正規分布に近い分布をしているが, 2006 年度は上位グループと下位グループでの乖離があることが示唆された。また，平均点は 2005 年度が 32 点，2006 年度が 35 点とほぼ変化しなかった。

各問題での正答率を Fig. 2 に示す。問 1 は結晶水の計算に関する問題であり，約半数の学生が結晶水を含む溶液の調製ができないことが明らかになった。誤解答はエとオに集中した。エは濃度を計算する際に体積を乗算していない解答であり，オは，溶液になると溶媒の体積が変化するということを理解していない学生である。問 3 は硫酸の原液から任意の濃度の硫酸水溶液を作成する問題である。任意の濃度の硫酸水溶液を作れるのは各年度ともクラスの 10%以下という結果となった。問 4 は非水溶媒の希釈の問題である。誤解答の多

(a) 2005 年度



(b) 2006 年度

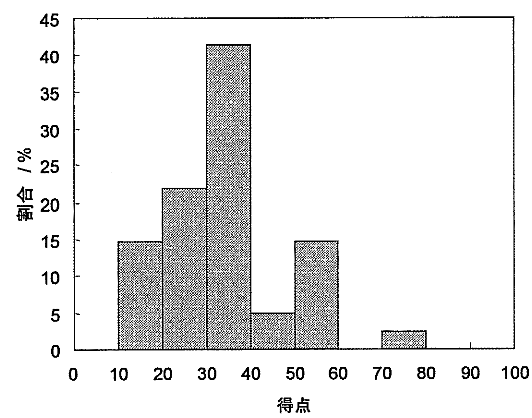


Fig. 1 物質工学科 4 年次の得点分布

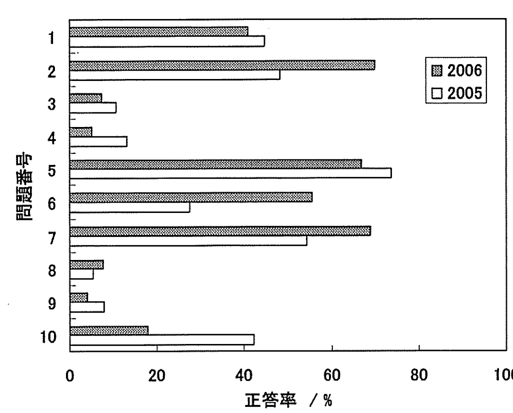


Fig. 2 各問題ごとの正答率

くは「水で」希釈すると解答した。問 6 は非水溶液の希釈時に使うガラス器具を洗う液体の種類を問う問題であるが，平均すると 4 割の学生しか正しく希釈できないことがわかった。問 8 は緩衝溶液を作る際に必要な溶液の比率を簡便に計算できれば正解としたが，白紙の解答が目立った。問 9 は分析手法として幅広く用いられている吸収分光法に関する問題である。吸収分光法では，分光光度計の性能にも依存するが吸光度が 2 以下(分析化学分野では特に 1 以下)で測定することが望ましいとされる。解答には以下の Lambert-Beer 則を用いる。

$$A = \varepsilon C l \qquad (1)$$

ここで A は吸光度，ε ($M^{-1}cm^{-1}$)はモル吸光係数，C ($moldm^{-3}$)は濃度，l(cm)は光路長である。誤解答の多くは吸光度 A に波長である 452(nm)を代入しているものが多かった。問 10 は吸光度の意味を問う問題である。約 7 割の学生が吸光度の意味を理解していないことが明らかとなった。2005 年度と 2006 年度の 4 年次に対しては機器分析 II の授業を通して当該問題の十分なフォローを行った。

3. 分析化学実験における授業改善

このような結果となった原因は，低学年においての練習不足や経験不足によるものが大きいと考えられる。そこで次のような授業改善を行った。

(1) 定期テストにおける問題の工夫と演習

半期ずつの定期テストにおいて，従来は実験内容の理解を問う問題が大部分であったが，毎回，濃度計算問題を各 5～10 題ずつ導入した。

また，濃度計算において不正解があった学生には，雑賀技官が作成した「濃度 100 題練習問題」を正答率に応じて課した。

(2) 吸収分光法の実験テーマの新設

問題の正答率から推測されるように，学生は非水溶液の取り扱いに慣れていないことが推測される。また，問 9 の誤解答の多くが吸光度に 452 nm という波長を入れてしまうのは，スペクトルに対する経験が乏しいためであると考えられる。これは東京高専にある分光装置(U-1000，日立製作所)が簡易的なものしかないため，単体では吸収スペ

06/12.12
2C 分析化学実験(工藤・城石・雑賀)
実験 17　物質の吸収スペクトル測定

目的
(i) 可視吸収スペクトルを測定できるようにする。
(ii) μ mol L^{-1} オーダーの溶液を適切な溶媒使用量で作れるようにする
(iii) 吸光度と透過率の関係を理解する。
(iv) モル吸光係数と Lambert-Beer 則を理解する。
(v) 混合スペクトルから各々の物質の濃度を算出できるようにする。

要旨
1) メチレンブルー-メタノール溶液の調製及び可視吸収スペクトル測定
2) エオシン Y-メタノール溶液の調製及び可視吸収スペクトル測定
3) 色素混合溶液の調製および可視吸収スペクトル測定
4) 濃度未知の混合溶液の可視吸収スペクトル測定

装置と器具
1) 可視分光光度計(Hitachi U-1000)
2) メスフラスコ，ホールピペット，分析天秤など

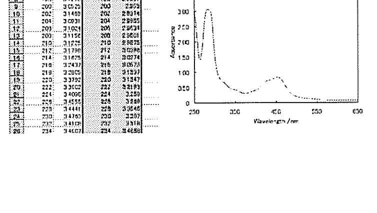
操作
1) メチレンブルー-メタノール溶液の調製及び可視吸収スペクトル測定
　メチレンブルー3 水和物($C_{16}H_{18}ClN_3S \cdot 3H_2O$), M.W. 373.90)を使って a)2 mM，b)4 mM のメチレンブルー-メタノール溶液を 25 ml ずつ作る。分析天秤を使って精秤すること。精秤値をメモし，有効数字 3 桁で濃度を算出すること。さらにそれぞれの溶液を(最小限のメタノール使用量になるようにメスフラスコを選択し 2 回希釈し)それぞれ a')20 μ M, b')40 μ M のメチレンブルー溶液を作る。a')，b')の溶液は，全体で 1 つ作り，全体で 1 回ずつ測定すればよい。水が入らないように注意すること。光路長 5mm セルを用いた場合と，1cm セルを用いた場合のスペクトルを測定すること。
2) エオシン Y-メタノール溶液の調製及び可視吸収スペクトル測定
　エオシン Y($C_{20}H_6Br_4Na_2O_5$), M.W. 691.86)を使って c)1mM，d)2 mM のエオシン Y・メタノール溶液を 25 ml ずつ作る。分析天秤を使って精秤すること。精秤値をメモし，有効数字 3 桁で濃度を算出すること。さらにそれぞれの溶液を(最小限のメタノール使用量になるようにメスフラスコを選択し)2 回希釈しそれぞれ c')10 μ M，d')20 μ M のエオシン Y-メタノール溶液を作る。c')，d')の溶液は，全体で 1 つ作り，全体で 1 回ずつ測定すればよい。水が入らないように注意すること。1cm セルを使って測定すること。
3) 色素混合溶液の調製および可視吸収スペクトル測定
　b')の溶液の d')の溶液を 1:1 で混ぜて色素の混合溶液を作り，吸収スペクトルを測定する。2)の c')を担当した班が行うこと。
4) 濃度未知の混合溶液の可視吸収スペクトル測定
　濃度未知の混合溶液のスペクトルを測定する。2)の d')を担当した班が行うこと。

1

06/12.12
2C 分析化学実験(工藤・城石・雑賀)
レポート
1) 吸光度と波長のグラフを描き，ランベルトベール則について考察すること。
　A) メチレンブルー-メタノール溶液(20 μ M と 40 μ M の)吸光度と波長のグラフを描くこと。これらのグラフは 1 つのグラフに載せること。
　B) エオシン Y-メタノール溶液(10 μ M と 20 μ M の)吸光度と波長のグラフを描くこと。これらのグラフは 1 つのグラフに載せること。
　C) メチレンブルー-メタノール溶液(20 μ M と 40 μ M の)透過率(%)と波長のグラフを描くこと。これらのグラフは 1 つのグラフに載せること。
　D) エオシン Y-メタノール溶液(10 μ M と 20 μ M の)透過率(%)と波長のグラフを描くこと。これらのグラフは 1 つのグラフに載せること。
　E) 20 μ M-メチレンブルー-メタノール溶液の光路長が異なるセルを用いて測定した吸光度と波長のグラフを 1 つのグラフに描くこと。40 μ M のものも同様に行うこと。
2) メチレンブルーの各波長のモル吸光係数 ε を求め，モル吸光係数と波長のグラフを描くこと。モル吸光係数は，a')および b')の測定により得られた値を平均して求めること。
3) エオシン Y の各波長のモル吸光係数 ε を求め，モル吸光係数と波長のグラフを描くこと。モル吸光係数は，c')および d')の測定により得られた値を平均して求めること。
4) 混合溶液の吸光度と波長のグラフを描くこと。また，同じグラフに濃度未知の混合溶液のグラフも載せること。
5) 混合溶液のスペクトルから，メチレンブルーとエオシン Y のそれぞれの濃度を算出すること。モル吸光係数は 2)で求めた値を使うこと。

Excel で複数の系列を一枚のグラフに載せるには?

何種類か方法があるが，次の方法ならたいていの場合系列を追加できる。。
1) まず 1 つめの系列のグラフを描く。
2) グラフとして追加したいデータを選び(下図)，[編集]⇒[コピー]を選ぶ。
3) グラフを選択し，[編集]⇒[形式を選択して貼り付け]を選ぶ。
4) 出てきたダイアログで，[新しい系列]，[先頭列を項目列として使用する]にチェックが入っていることを確認して，OK をおす。



2

Fig. 3「物質の吸収スペクトル測定」配布プリント

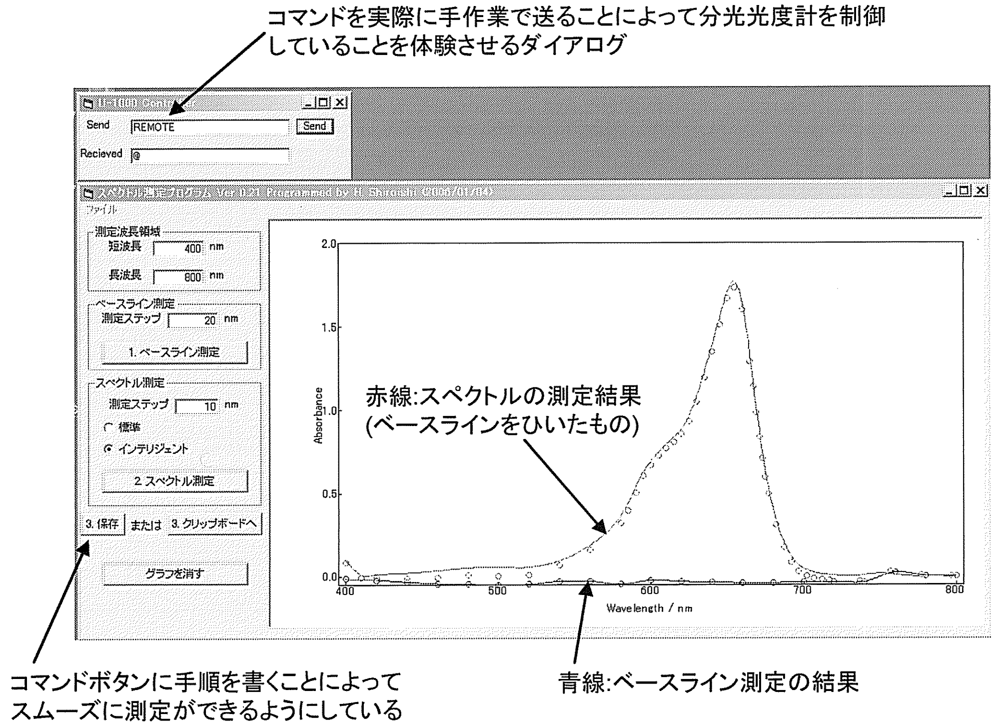


Fig. 4 自作したスペクトル測定プログラム

クトルが測定できないことも原因として考えられる。可視/紫外スペクトルだけでなく，赤外，核磁気共鳴，原子吸光など現在主要な分析装置は，吸収分光法に分類されるため，スペクトルの理解は必須である。幸い U-1000 には RS-232C ポートが存在しコンピュータから制御可能であったため，簡易的ではあるが，吸収スペクトル測定プログラムを作成し，これを用いて学生に吸収スペクトルを体験させることにした。このようなベースライン格納用メモリが 1 波長分しかない単波長測定用の分光光度計で吸収スペクトルを測定するためには工夫が必要である。それは波長ごとの光量が違ってしまうため，単純に溶液の吸光度を測定するだけでは正しい測定ができないからである。

測定光の光量が T_1 から T_2 に上昇したとする。試料を通って吸収されたあとの光量は T_1' ならびに T_2' であるとすると，吸光度 A は

$$\log\frac{T_1}{T_1'} = A \qquad (1)$$

$$\log\frac{T_2}{T_2'} = A \qquad (2)$$

(2)式より

$$T_2' = 10^{-A} T_2 \qquad (2')$$

リファレンスをとった時の光量が T_1 であったとすると，光量変化後の観測される吸光度 A' は

$$\log\frac{T_1}{T_2'} = \log\frac{T_1}{10^{-A} T_2} = A' \qquad (3)$$

(3)式より真の吸光度 A は

$$A = A' - \log\frac{T_1}{T_2} \qquad (4)$$

(4)式は波長が変化した場合でも適用できるので，ある波長の吸光度を基準(=0)にし，各波長において溶媒のみの吸光度を測定しておき，溶液の吸光度を測定後，溶媒のみの吸光度を差し引けばよいということを示している。

また，簡易的な分光光度計は，波長移動が極めて遅いので，吸収スペクトルを測定するのに非常に時間がかかる。これは実験時間が制約されているという点で非常に問題である。そこで，吸光度 A を波長 λ で微分した係数($dA/d\lambda$)を用いることによってステップ幅を動的に変化させ，測定精度をできるだけ落とさずに測定にかかる時間を短縮する「インテリジェントモード」を組み込んだ。

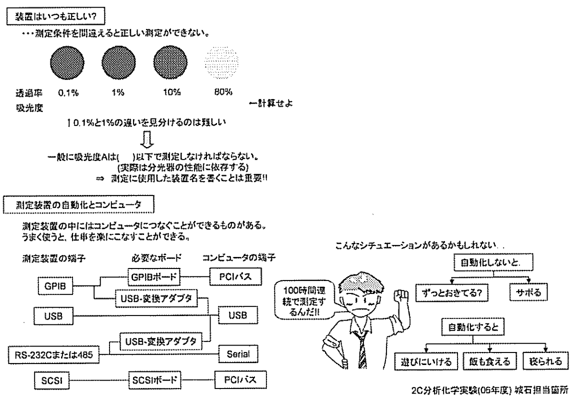


Fig. 5「物質の吸収スペクトル測定」配布プリント(6)

また，測定後は学生がExcelなどで演算しやすいようにスプライン補間によって，1nmずつに補間して出力するようにした。

新設した「物質の吸収スペクトル測定」と題した吸収分光法の実験テーマの配布プリントをFig. 3に示す。この実験では，色素(メチレンブルー，エオシンY)を用い，非水溶液の作成および希釈と，それぞれのメタノール溶液の吸収スペクトル測定と混合溶液のスペクトル測定を行う。非水溶媒として最も価格が安いということがメタノールを用いた大きな理由である。簡易吸収スペクトル測定プログラムの実行画面をFig. 4に示す。コマンドボタン上に手順番号を示すことによって，スムーズに実験ができるように工夫した。

また，次のような内容の吸収スペクトルに関するプリントを8枚新たに作成して配布した。

1) 電磁波とは?
2) 吸光光度分析とは?
3) スペクトルと透過率
4) 光と色…植物の葉はなぜ緑に見えるか?
5) Lambert-Beer 則
6) 透過率と吸光度・測定装置の自動化

2006年度分析化学実験
(城石担当箇所)

(課題) 滴定曲線を計算で描く

A. 強酸-強塩基の場合

0.1mol/l の HCl 20ml に 0.1 mol/l の水酸化ナトリウムを加えていったときの滴定曲線を以下のヒントを元に Excel で描け。ただし HCl、NaOH ともには完全解離しているとする。

a. 出発点の pH は

pH = − log [H+] より pH = (　　)

b. x ml 水酸化ナトリウムを加えたときの pH は

濃度が等しいので、中和された HCl は x ml であり、残りの HCl は(20 − x)ml である。

溶液全体の量は(　　　)ml であるから

[H+] = 0.1 (mol/l) × (20 − x) (ml) / (20 + x) (ml)

pH = − log [H+] より

pH = − (　　　　　)　　(A.1)

b. 中和点は a×c×V = b'×c'×V'より

V' = (　　ml)

また強酸と強塩基が中和してできた塩なので中和点では pH = (　　)

d. 中和点の y ml あとの pH は

0.1 mol/l NaOH が過剰に y ml 入っている。溶液全体の量は (　　　)ml であるから

[OH-] = 0.1 (mol/l) × y (ml) / (40 + y) (ml)

pOH = − log [OH-] より　pOH = (　　　　)

pH = 14 − pOH であるから、 $pH = 14 + \log\dfrac{0.1y}{40+y}$　　(A.2)

である。

x と y の関係は

y = x − 20 であるので

(A.2)式にこの関係を代入して

pH = (　　　　　　)　　(5)

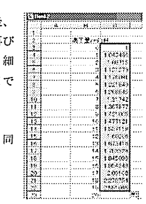
e. Excel を使ってグラフを描く

(1) 右図のように滴下量を B 列に入力する。このとき、0 を入力した後、選択セルの右端にマウスカーソルを持ってくると、マウスカーソルの形が細十字型になる。この状態で右ボタンを押しながらドラッグし、43 行付近でドラッグをやめる、ポップアップメニューから[連続データ]を選ぶと 1～43 まで連続した数値が入る。

3

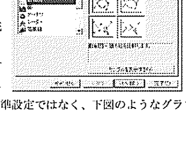
2006年度分析化学実験
(城石担当箇所)

(2) 次に、C 列に式を入力しよう。C3 をマウスでクリックした後、=-log10(0.1*(20-B3)/(20+B3))と打ち、[Enter]キーを押す。再び C3 をマウスで選択し、右端にマウスカーソルを持ってきて、細十字型にする。その状態で、左ボタンをドラッグし、22 行目ではなすと式がコピーされる。(右図)



(3) C23(滴下量が 20ml のところ)に 7 と打とう。

(4) C24 に中和後の式=14+log10(0.1*(B24-20)/(20+B24))を入れ、同様の方法でコピーして滴定量と pH の関係の表ができる。



(5) 次に B3 から C43 までをドラッグして選び、[挿入]→[グラフ]を選ぶ。散布図を選び、右図のようになっていることを確認して[次へ]を 2 回押す。

(6) X/数値軸に「滴下量 /ml」、Y/数値軸に「pH」と打ち[完了]を押す。

(7) グラフは原則として変えたい場所をダブルクリックすると設定を変えることができる。また、部品等を消したい場合はシングルクリックし[Del]キーで消える。標準設定ではなく、下図のようなグラフにすることが望ましい。

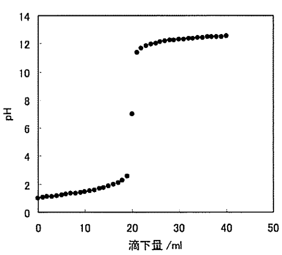


図 計算による pH 滴定曲線

4

Fig. 7 中和滴定曲線の課題プリントの一部

7) スペクトル測定プログラムの使い方

8) 混合スペクトルからそれぞれの濃度を算出するには?

簡単に内容を説明すると，1)では電磁波の種類とエネルギーについて練習問題を適宜入れながら説明した。2)においては，電磁波が原子や分子に与える影響と吸収分光法の種類と電磁波の波長の関係について説明した。3)ではスペクトルが訂正及び定量分析に対しての有用性と透過率についての説明をした。4)では，白い光がたくさんの波長の光の集合体であること及び植物の葉がなぜ緑に見えるのかをスペクトルと色の関係を使って説明した。5)では Lambert-Beer 則と吸光度と透過率の関係を説明した。6)では引き続き吸光度と透過率の関係を直感的にわかるような図を使ってなぜ適切な吸光度で測定しなければならないのかについて説明した。また，これから物質工学系においても計測における自動制御に関する知識は重要であり，非常に強力な武器となることを説明した(Fig. 5)。

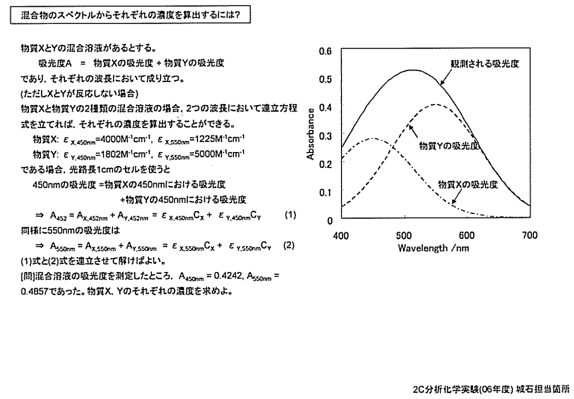
7)では，スペクトル測定プログラムの使用方法について説明した。8)では発展的問題として，混合溶液のスペクトルからそれぞれの濃度を算出する。計算が苦手な学生に配慮し，解説プリントを配布した(Fig. 6)。

(3) 中和滴定曲線測定実験における改善

従来からある酸-塩基中和滴定実験に，計算練習を増やし pH の計算に慣れさせるという観点から，中和滴定曲線を理論計算で描かせるという課題を追加した。実施にあたっては計算が苦手な学生に配慮するために，Fig. 7 で示すようなプリントを作成し，指示に従えば中和滴定曲線が描けるように配慮した。構成としては，簡単な塩酸を水酸化ナトリウムで滴定する場合を解かせたあとに，酢酸を水酸化ナトリウム水溶液で滴定する課題を解かせた。指示には Excel の操作法も掲載しパソコンが苦手な学生にも配慮した。

4. 結言

2005 年度と 2006 年度の 4 年次に対して，基礎学力定着度を確認するテストを行ったところ，十分基礎学力が定着している状態であるとはいえないことが明らかとなった。基礎学力の定着を目指して，2 年次の分析化学実験の授業改善を行った。


混合物のスペクトルからそれぞれの濃度を算出するには?

物質XとYの混合溶液があるとする。

吸光度A = 物質Xの吸光度 + 物質Yの吸光度

であり，それぞれの波長において成り立つ。

(ただしXとYが反応しない場合)

物質Xと物質Yの2種類の混合溶液の場合，2つの波長において連立方程式を立てれば，それぞれの濃度を算出することができる。

物質X: $\varepsilon_{X,450nm}$=4000M^{-1}cm^{-1}, $\varepsilon_{X,550nm}$=1225M^{-1}cm^{-1}

物質Y: $\varepsilon_{Y,450nm}$=1802M^{-1}cm^{-1}, $\varepsilon_{Y,550nm}$=5000M^{-1}cm^{-1}

である場合，光路長1cmのセルを使うと

450nmの吸光度 =物質Xの450nmにおける吸光度 +物質Yの450nmにおける吸光度

$\Rightarrow A_{452} = A_{X,452nm} + A_{Y,452nm} = \varepsilon_{X,450nm}C_X + \varepsilon_{Y,450nm}C_Y$ (1)

同様に550nmの吸光度は

$\Rightarrow A_{550nm} = A_{X,550nm} + A_{Y,550nm} = \varepsilon_{X,550nm}C_X + \varepsilon_{Y,550nm}C_Y$ (2)

(1)式と(2)式を連立させて解けばよい。

[問]混合溶液の吸光度を測定したところ，A_{450nm} = 0.4242, A_{550nm} = 0.4857であった。物質X, Yのそれぞれの濃度を求めよ。

2C分析化学実験(06年度) 城石担当箇所

Fig. 6「物質の吸収スペクトル測定」配布プリント(8)

今後とも経過を観察し，適宜授業改善を行っていきたい。

5. 謝辞

簡易吸収スペクトル測定プログラムを作成するにあたりシリアルポート制御についてアドバイスくださいました情報工学科　松本　章代先生に深く感謝申し上げます。

(平成 19 年 9 月 21 日　受理)

ヘルシンキ市内における自動車粉塵及び道路堆積物吸着物のumu試験・ROTAS試験による細胞毒性・遺伝毒性評価

庄司　良*，滝上祐介*，田口和之**，田中良春***

Cytotoxicity and Genotoxicity assessment of road dutes on the highway in Helsinki using ROTAS and UMU tests

Ryo SHOJI, Yusuke TAKIGAMI, Noriyuki TAGUCHI, Yoshiharu TANAKA

The number of vehicle has increased recently so that heavy traffic has been found in the central city of each European capitals. Nowadays, exhaust gas from the vehicle has become a hard problem because exhaust gas has many kind of chemicals, such as NOx, SOx, PAHs (PolyAromatic Hydrocarbons), SPM (Small Particle Matter). The SPM was suspected to be cytotoxic caused by chemicals adsorbed on the surface of nano-scale particles. In this study, cytotoxicity and genotoxicity of such small particles collected on the Helsinki highways were evaluated. The small particle samples showed serious genotoxicity according to their small specific surface area.

(Keywords: cytotoxicity, genotoxicity assessment, Rapid Oudid Toxicity Assessment System (ROTAS), UMU test, nano-scale road particles)

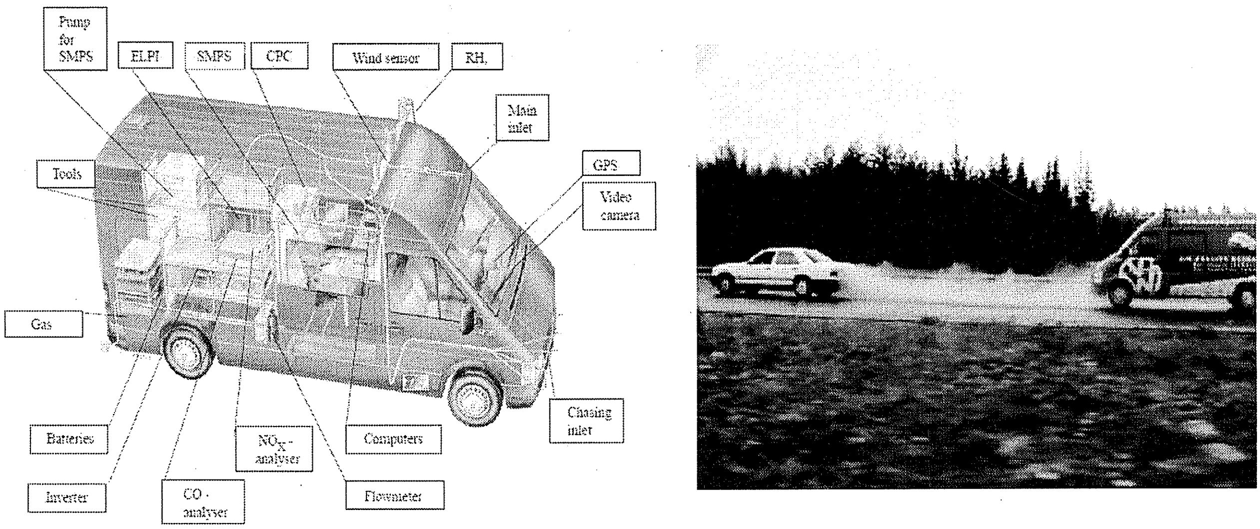
1. 序論

近代化に伴い自動車はその台数を増やしてきたが、昨今ではそれら自動車からの排気ガス中に含まれる化合物が大きな問題となっている。代表的な例としては窒素酸化物、硫黄酸化物、多環芳香族化合物、微細な粉塵などが挙げられ[1]、これらに対しては環境省主導による排出規制も行われている。

排気ガスの中で粉塵は同じく自動車の内燃機関により生成した種々の化合物を物理吸着するため、ヒトなどの体内に取り込まれたとき、直接それらの化合物が空気中に放出され、ヒト体内に取り込まれた場合よりも高濃度での暴露となることが懸念される。自動車排ガス由来のナノ粒子は比表面積が大きいため、ガス状物質の吸着量がひときわ高くなる。吸着物の中で特に多環芳香族炭化水素化合物は低濃度においてもその毒性を発現する[1]ので危険であるとされているが、自動車排ガス由来の微細粉塵の細胞毒性及び遺伝毒性に関する報告はほとんど無く、粒子の粒径別に分別採集した道路粉塵や自動車由来粉塵試料について、その粒径毎

＊東京工業高等専門学校　物質工学科
（〒193-0997　八王子市椚田町1220-2　E-mail:shoji@tokyo-ct.ac.jp）
＊＊富士電機アドバンスドテクノロジー株式会社　計測制御部
（〒191-8502　東京都日野市富士町１番地　E-mail:taguchi-kazuyuki@fujielectric.co.jp）
＊＊＊富士電機水環境システムズ株式会社　開発部／技術／企画部
（〒191-8502　東京都日野市富士町１番地　042-585-6050）

に毒性評価を実施した例は無く、つまり毒性と粒径との関係は、未だに明らかになっていない。本研究の目的は高速道路上で採取した道路粉塵試料を細胞毒性試験である ROTAS 試験並びに遺伝毒性試験である umu 試験の二種類の試験により評価することとした。



(a)　　(b)

Fig. 1　Sniffer 積載大気環境測定測機器及びその概略図と自動車排気ガス粉塵サンプル回収時写真

(a) Sniffer 積載物及び内部構造

(b) Sniffer サンプル回収時写真

2. 実験方法

2-1 概要

本研究ではフィンランド・ヘルシンキ市周辺で採取した粉塵を使用している。採取には移動型大気観測システム Sniffer を使用した。Sniffer はフィンランド・ヘルシンキポリテクニーク大学で開発された様々な計測機器を積載した車両であり、周辺の大気観測において大きな実績をあげている。[3]

移動型大気観測車両である Sniffer により収集された粉塵を細胞毒性試験、遺伝毒性試験により分析した。

測定方法としては ROTAS 試験・Umu 試験の二通りの方法でおこなった。ROTAS 試験とは日立化成工業株式会社により販売されるキットであり、発光性海洋バクテリアである *Vibrio Fischeri* による細胞毒性の測定が可能である。また、もう一方の Umu 試験は富士電機アドバンスドテクノロジー株式会社により提供していただいた２種類の発光性大腸菌を用いた試験である。ひとつは TL210 株であり、SOS 応答による発光の測定により遺伝毒性の測定が可能である。もう一方の TL210ctl 株は発光の減少を測定することによる細胞毒性の測定が可能である。

2-2. サンプル採取

Sniffer によりフィンランド・ヘルシンキ市

内及び近郊を走行し、サンプルを採取した。ヘルシンキ市内における経路としてはヘルシンキポリテクニークから始まり、Kalevankatu, Kaivokatu, Hämeentie, Hakaniemenkatu. Unioninkatu, Alexanderinkatu, Mannerheimintie, Runeberginkatu, Arkadiankatu, Topeliuksenkatu, Porkkalank といった道路を経由しサンプルを採取した。近郊都市としては Espoo, Suutarila, Vantaa, Kerava, Tuupaka Askisto などの各都市を 100km ほど走行し、粉塵サンプルを回収した。回収は4日間に分けて行われた。

サンプルはSnifferの前を走行する車両より排気されるガス、及びタイヤにより巻き上げられる粉塵の混合物であり、これらサンプルは後方を走行するSnifferによって採種され、積載されている ELPI（Electronic Low Pressure Impostor,Dekati, Ltd, Tanpere, Finland）により直ちに粒子径別に分けられ、表面にグリセリンを塗布したアルミフィルターに吸着させた。

2-3. サンプル溶出

サンプル粉塵に吸着している化合物を溶出した。サンプル質量の計測は、その粉塵量が非常に微量であったため把握することは出来なかった。ゆえに、Sniffer による粉塵用のフィルターに吸着している粉塵全量を粒子径ごとにエッペンドルチューブへと移動し、それらサンプル粉塵に対して 20μℓ純水を加えてから超音波にて約20分間溶出した。ROTAS試験、umu 試験においては粒子自体による毒性の発現を考慮し、24 時間以上経過後の上澄み液を使用した。

2-4. 測定

2-4-1. ROTAS 試験

溶出液を ROTAS 試験により測定した。ROTA 試験とは発光性微生物を用いた毒性試験方法である。ROTAS試験での微生物自体は発光を有しており、そこへある濃度のサンプルを暴露した際の光量の減少割合を観察することにより毒性を把握する。また、割合の基準として、サンプルを暴露しない状態のセルを同時同様に測定し、その値を基準として発光率を計算する。

発光率の計算式を(1)式に記述する。(1)式により試料を暴露しない状態、すなわち毒性物質が溶液に存在しない場合の最大発光強度を基準としたある濃度サンプルの発光を計算した。また(1)での Cn は光散乱などによる誤差を含めてある。

$$y = (Ls - Cn) / (Cp - Cn) \qquad (1)$$

y：発光率[－]

Ls: 試料暴露後の発光強度　[ev]

Cp: ポジティブコントロールの発光強度 [ev]（サンプルを暴露していないときの発光量）

Cn: ネガティブコントロールの発光強度 [ev]（光散乱などの誤差）

本実験では ROTAS キット付属の海洋性発光微生物 *Vibrio Fischeri* を操作手順により解凍後、菌体 50 μl に対して溶出液 10ml を暴露した。その後マイクロプレートリーダーにより光量を測定した。

2-4-2. Umu 試験

溶出液を Umu 試験により測定した。Umu 試験は TL210 株 TL210ctl 株の二種類の遺伝子操作された大腸菌を用いる試験である。

TL210 株は SOS 応答による発光を測定し、その発光の増加から遺伝毒性の測定が可能である。TL210 株は SOS 応答の発現まで発光を

有していないので、基準として遺伝毒性指示薬である 4NQO(4-nitroquinoline-1-oxide)を用いた。それにより最大発光強度を把握して基準とし、発光率を把握した。計算式は(2)のようになる。ここでの最大発光強度は 10ppm の 4NQO を暴露した場合の発光強度とし、以下の(2)式で発光率を計算した。

$$y = (Ls - Cn) / (Cp - Cn) \qquad (2)$$

y：発光率[－]

Ls: 試料暴露後の発光強度　[ev]

Cp: ポジティブコントロールの発光強度 [ev]（10ppm4NQO を暴露した時の発光量）

Cn: ネガティブコントロールの発光強度 [ev]（光散乱などの誤差）

TL210 株の発光強度の増加は遺伝毒性の発現強度に等しいので、(2)式によって計算された発光率は遺伝毒性の発現割合に等しくなる。

TL210ctl 株は常時発光活性を有する菌体であり、またサンプルの暴露による発光の減少割合から細胞毒性を把握することが可能である。これらは本来から発光を有しているためサンプルを暴露していない時の発光量を基準として発光率を計算した。計算式は ROTAS 試験で用いた式(1)式と同様である。

本実験では TL210,TL210ctl 株をそれぞれ糖濃度 2 倍 TGA 培地（バクトトリプトン 20 g/L、塩化ナトリウム 5 g/L、グルコース 4 g/L）を用いて培養を行い、その菌液を 96 穴マイクロプレートに 50μℓ加え、粒子径別に試料を 10μℓ加えμプレートリーダーにて発光量を測定した。

3. 結果と考察

Sniffer により採取された粒子の粒径分布を Fig. 2 に示す。また、各粒径における試料の ROTAS 試験、umu 試験のそれぞれの結果を Fig. 3 に示す。

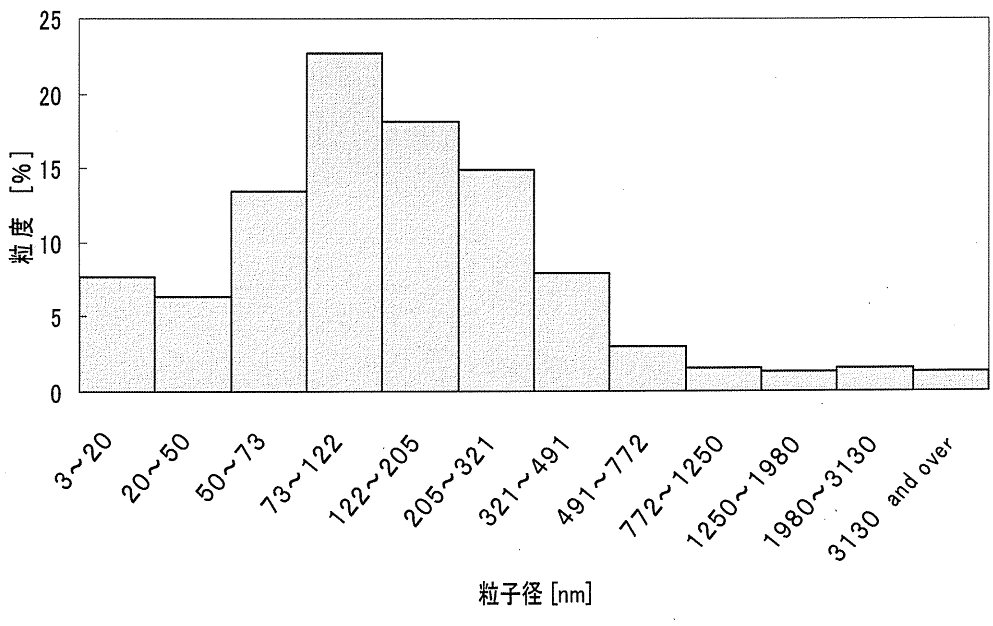


Fig. 2 大気観測車両である Sniffer に積載された ELPI により測定された道路堆積及び浮遊状粒子物質の粒度分布

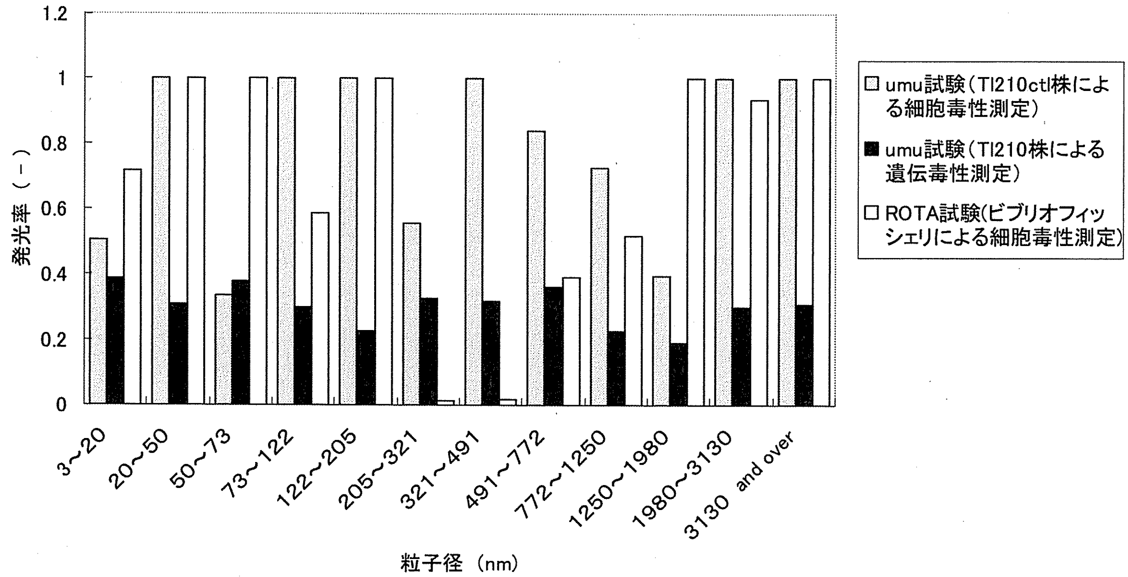


Fig. 3　Snifferによる粉塵サンプル粒子径ごとにおけるROTAS試験、umu試験の発光率

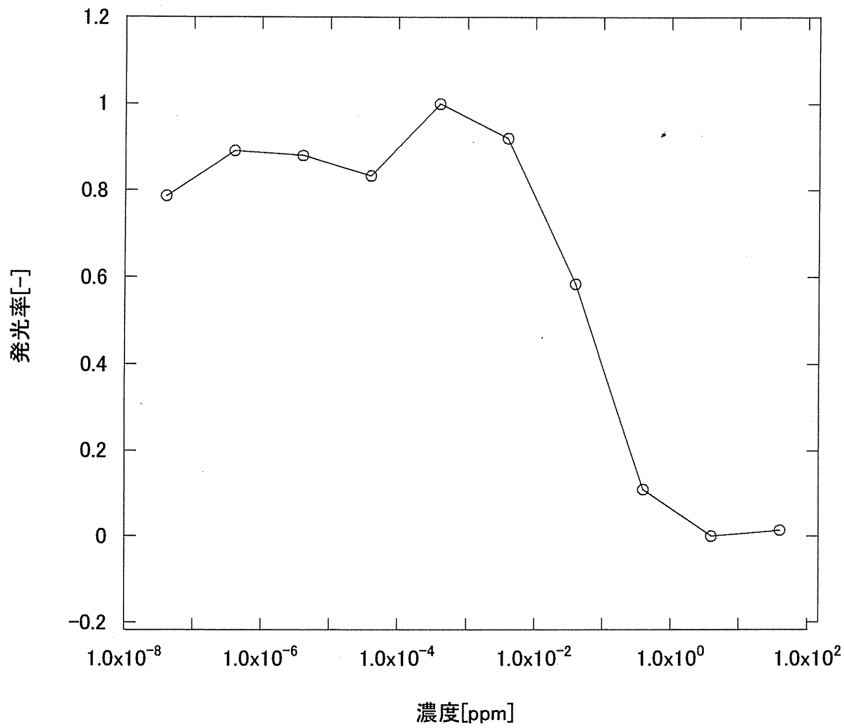


Fig. 4　遺伝毒性試験umu試験において遺伝毒性評価に使用する*Salmonella*TL210株に標準遺伝毒性物質として本研究で使用した4NQOについて段階的に希釈して得られる溶液を暴露した場合に得られる用量作用曲

Fig. 2を参照するとsnifferにより採取された粉塵サンプルには73nmから122nm範囲の粒子が最も多く存在している。環境省により規制対象とされているSPMの範囲としては10μm以下のものを指すので本試験における試料の99%はSPMということが出来る。

また、ROTA試験、Tl210ctl株のumu試験における発光率は溶出液暴露による減少数に対し何も暴露していないセルを分母とした比である。式(1)を参照されたい。

Tl210株のumu試験における発光率は、溶出液によるSOS応答に、4NQOによるSOS応答を分母として比較した割合である。式(2)を参照されたい。

粒子径分布ごとの細胞毒性はROTAS試験、umu試験において異なる値を示しており明確な細胞毒性が見出せない。

一方、遺伝毒性は粒子径分布に依存せず、ほぼ0.3前後の値となった。これは実験条件が純水溶出であるので、対象物質であるPAHsなどの遺伝毒性物質の溶解度が相当に低いため、どの溶出試料も溶解度まで当該物質が溶出し平衡していることが原因であると考えられる。吸着物の化学種の詳細は不明であるが、遺伝毒性の結果が粒径によらずほぼ同一であることから、同一の化学種が吸着していたと考えられる。またこれら粉塵の質量は電子天秤の測定可能範囲外であったことから、これら粉塵から溶出される化合物は非常に低濃度であると考えられ、ゆえに吸着した化合物は単位質量当たりで規格化した場合、高い遺伝毒性を持つと考えられる。

また、実際の粉塵サンプル並びその吸着物の毒性を4NQO濃度に換算するため単体暴露時の用量作用曲線をFig. 4に示す。Fig. 3よりUmu試験Tl210株における平均発光率は0.3である。そこでFig. 4を参照するとその発光率に相当する4NQO濃度は0.3ppmとなった。4NQOは10^{-6}Mでの細胞変異が報告されており、本研究においての粉塵サンプルは十分に細胞変異性を有すると考えられる。[6]

結論

道路堆積物及び自動車由来粉塵に自動車排気ガス由来の化合物が吸着することで遺伝毒性を有することが確認された。またそれらは単位質量によって規格化することにより高い遺伝毒性を有すると考えられる。

また本実験で使用した大気粉塵サンプルが持つ遺伝毒性は0.3ppm4NQOと同等であることが確認され、またこれらは細胞変異性をもつことが確認された。

参考文献

1) 小林剛, ナノ粒子のリスクアセスメント, 13章 , 260-271, (2006)
2) Kazuyuki Taguchi, *Environmental Science*, 571, 293-302, (2004)
3) L. Pirjola, *Atmospheric Environment*, 38, 3625–3635, (2004)
4) F.Arnold, *Atmospheric Environment*, 40, 7097–7105, (2006)
5) 河上聖人, *EICA*, 10, 3, 63-69, (2005)
6) 勝田甫, 日本培養学会研究連絡月報, 6703, (1967)

謝辞

本研究では、日立化成工業株式会社様にROTASキットを提供して頂いきました。表記をもちまして、厚くお礼申し上げます。

（平成19年9月28日　受理）

平成18年度全教員教育研究業績

１．研究論文・著作物（著書・翻訳書など）

一般教科（人文社会系・英語系）

授業実践事例――英文多読を取り入れた英文読解授業
（『高等教育における英語授業の研究』大学英語教育学会授業学研究委員会編著，2007，１，pp. 78，79）
……竹田恒美，堀　智子

国語科と英語科が連携した読書調査と読解教材の提案
（『平成18年度独立行政法人国立高等専門学校機構主催教育教員研究集会講演論文集』, 2006，８, pp. 39, 40）
……竹田恒美，船戸美智子

１年英文多読授業の改善報告
（『東京工業高等専門学校研究報告書』第38⑵号，2007，３，pp. ７－16）……竹田恒美

国際交流東京高専の取り組み（日豪学生交流の項）
（『平成18・19年度教育方法改善共同プロジェクト――高専における国際性豊かな人材育成教育の現状と課題』独立行政法人国立高等専門学校機構，2007，３，pp. 128－132）……竹田恒美

『新撰万葉集』注釈稿（上巻　秋部　七三～七四）
（『東京工業高等専門学校研究報告書』第38⑴号，2006，11，pp. １－10）……津田　潔，半沢幹一

『新撰万葉集』注釈稿（上巻　秋部　七五～七八）
（『共立女子大学文芸学部紀要』第53集，2007，１，pp. 25－56）……半沢幹一，津田　潔

亀山太一監修『COCET3300　理工系学生のための必修英単語3300　改訂版』
（SEIBIDO（成美堂），2007，１）……村井三千男（共著）

戦後日本における競争政策と入札談合問題―技術者倫理教育のために―
（『東京工業高等専門学校研究報告書』第38⑵号，2007，３，pp. 17－26）……浅野敬一

増進遺伝子技術利用に関する倫理的考察
（『工学教育』vol. 54　No. ５　特集「企業技術者教育」2006，９，pp. 20－24）……川北晃司

責任ある内部告発とは何か――技術者倫理教育のために
（『東京工業高等専門学校研究報告書』第38⑵号，2007，３，pp. 45－56）……川北晃司

一般教科（数学系・物理系）

On a structure of commutative outer inverses（Bull. Polytechnic University, No. 36 A (2007. 3) pp. 197-203）
……Kan Igarashi, Tatsuo Honda, Yoshitaka Sato, Toshitaka Toyonari

３次元ユークリッド空間へ拡張されたチェバの定理およびその逆定理の応用について
（『日本数学教育学会高専・大学部会論文誌』第13号，2006，８，pp. 23－30）
……五十嵐　貫，佐藤義隆，杉江道男，豊成敏隆

フォイエルバッハの定理の四面体への拡張について（論文集『高専教育』第28号，2007，３，pp. 143－148）
……杉江道男，向山一男，斉藤純一，豊成敏隆，五十嵐　貫，佐藤義隆，高遠節夫

円周角の球への拡張と一つの不等式について
（『数理科学論文集』vol. ６，No. ２，2007，３）……五十嵐　貫，佐藤義隆，杉江道男，豊成敏隆

Torsion points on elliptic curves without complex multiplication II
（『東京工業高等専門学校研究報告書』第38⑴号，2006，11，pp. １－５）……中里　肇

数学の授業における“parametrized graphics”の効果的導入II――学生アンケートを受けて――
（論文集『高専教育』第30号，2007，３，pp. 137－142）……清藤　晃

ダグラス・ディリクレ積分（『東京工業高等専門学校研究報告書』第38⑵号，2007，３，pp. １－６）……拜田　稔

『図解入門　よくわかる力学の基本と仕組み』（秀和システム，2006，７）……潮　秀樹

『図解入門　よくわかる物理数学　微分積分編』（秀和システム，2006，10）……潮　秀樹

機械工学科

環境教育としての使用済み飲料容器の減容性について
（『東京工業高等専門学校研究報告書』第38(1)号，2006，11，pp. 7－17）…………………木村　南，成瀬太一
ピエゾケーブルを用いたボルトの軸力検出の試み
（『非破壊検査』第56巻３号，2007，３，pp. 149－154）………………………黒崎　茂，佐々木祐樹，和泉　亨
高分子圧電フィルムを用いたひずみゲージの試作（重ね合わせフィルムによる二軸ゲージ）
（『東京工業高等専門学校研究報告書』第38(2)号，2007，３，pp. 57－62）…………………久慈惇史，黒崎　茂
圧電高分子フィルムを用いた新ひずみ測定法
（実験力学会『よくわかる実験技術・学術用語』，2006，11，pp. １－４）………………………………黒崎　茂
A Discussion on Prediction of Wind Conditions and Power Generation with the Weibull Distribution
（『JSME International Journal Series B』vol. 49, No. 2, 2006-5, pp. 458-464）
………………………………………………………………………*Sumio Saito*, Kenichi Sato, Satoshi Sekizuka
Transient Characteristics of Two Wind Tuebine Generator Systems Having Two Types of Control Methods
（『Journal of Environment and Engineering (JSME)』vol. 2, No. 1, 2007, 1, pp. 13-24）
………………………………………………………………………*Sumio Saito*, Satoshi Sekizuka, Kenichi Sato
表面に微細構造を有する昆虫規範型ナノ・マイクロ複合システムの開発
（『工学院大学総合研究所年報』No. 13，2006，10，pp. 193－196）……………鈴木健司，小林光男，福田勝己
検査機器に関する懇談会報告書（財務省関税局監視課，2006，６，pp. １－40）………………………………下井信浩
メディアを介したロボット教育
（『一関工業高等専門学校研究紀要』No. 41，2007，２，pp. 25－31）……多羅尾　進，小保方幸次，長野　雄
きさげ仕上げされたすべり案内面のトライボロジー特性評価
（『日本機械学会論文集（C 編）』第72巻721号，2006，９，pp. 325－331）…堤　博貴，久曽神　煌，福田勝己

電気工学科

PICNIC を使用した太陽追尾システム
（『東京工業高等専門学校研究報告書』第38(1)号，2006，11，pp. 19－２）……山内峯生，茂木正徳，大貫繁雄
無線 LAN 指向性アンテナを使用した広域データ収集システム
（『東京工業高等専門学校研究報告書』第38(1)号，2006，11，pp. 23－24）…久地樂裕介，山内峯生，大貫繁雄
新・電力技術者教育システム－熟練ノウハウの継承－
（『平成18年電気学会電力・エネルギー部門大会論文集』，2006，９，pp. 44－25～44－26）
………………………………………………………………………………………………京本寿美恵，土井　淳
『電験三種　法規　ベスト攻略』（リックテレコム，2007）………………………………佐藤勝雄，土井　淳，伊庭健二
『電験三種　機械　ベスト攻略』（リックテレコム，2007）………………………………佐藤勝雄，土井　淳，伊庭健二
数値ラプラス変換法による信号処理－電気回路の過渡応答解析について－
（『東京工業高等専門学校研究報告書』第38(2)号，2007，３，pp. 63－66）………………………………伊藤　彰
電子ビーム蒸着法により石英ガラス上に作製した GaSe の薄膜成長と光学的性質
（『表面技術』第57巻第９号，2006，９，pp. 50－55）………………大山昌憲，伊藤　浩，佐藤有紀，竹内　学
パソコンを使用した電圧出力センサ対応 USB 接続データ収集システム
（『東京工業高等専門学校研究報告書』第38(2)号，2007，３，pp. ６－70）…………………山内峯生，高橋三男

電子工学科

電気力線を視覚的に理解するための簡単な作図法
（『東京工業高等専門学校研究報告書』第38(1)号，2006，11，pp. 25－30）………………………………柚賀正光
『電気・電子系教科書シリーズ16マイクロコンピュータ制御プログラミング入門』
（コロナ社，2006，９）………………………………………………………………柚賀正光，千代谷　慶共著
The Reliable Core and Delta Detection for Fingerprint Recognition using Extended Relational Graph
（『Proceedings of 1st International Workshop on Security (IWSEC 2006) －Short Paper－』,
October, 2006, pp. 147-158）………………………………………T. Ohtsuka, Daisuke Watanabe, Hiroyuki Aoki

「ものづくり基礎工学」における体験重視型専門導入教育～東京高専１年生への試み～
（『東京工業高等専門学校研究報告書』第38⑵号，2007，３，pp. 71－76）
……大塚友彦，小坂敏文，大貫繁雄，清水昭博，西村　亮，城石英伸，黒崎　茂，福田勝己，森下達哉，堤博貴，土井　淳，伊藤　浩，山内峯生，木村知彦，加藤　格，一戸隆久，正木　進，鈴木　孝，松林勝志，吉本定伸，松本章代，中野雅之，羽鳥広範，鈴木塔二，藤野　宏，海津朋之，中村源一郎，米谷雄介，松岡　敏，村田賢俊，雑賀章浩，新田武父

集積システム設計教育教材としてのビットシリアル乗算回路
（『東京工業高等専門学校研究報告書』第38⑴号，2006，11，pp. 39－42）……………………………………大塚友彦

廃電子機器からの金属回収
（『東京工業高等専門学校研究報告書』第38⑵号，2007，３，pp. 85－87）…加藤　格，野中　享，鷲津いくる

Silicon Surface Texturization Mechanism by Hydrogen Radicals Using Tungsten Hot Filament
（『Mater. Res. Soc. Symp. Proc.』pp. 891, Warrendale, PA, 2006, 21）
………………………………………………………………………………H. Nagayoshi, S. Nishimura, K. Terashima

Hydrogen Radical Etching Effect on Carbon Nanotube Growth
（『Mater. Res. Soc. Symp. Proc.』pp. 890, Warrendale, PA, 2006, 12）
………………………………………………………………………………H. Nagayoshi, S. Nishimura, K. Terashima

Texturing Mechanism of Si Using Hydrogen Radicals
（『Proceedings of the IEEE 4th WCPEC 2006』pp. 1411-1414）
………………………………………………………………H. Nagayoshi, S. Nishimura, K. Terashima, A. Ulyashin

Optical Properties of Eu Doped CaF_2 Crystal for Solar Cell Application
（『Proceedings of the IEEE 4th WCPEC 2006』pp. 150-153）…………H. Nagayoshi, S. Nishimura, K. Terashima

Mismatch Power Loss Reduction on Thermoelectric Generator Systems Using Maximum Power Point Tracker
（『Proceedings of IEEE 25th International Conference on Thermoelectronics, 2006』pp. 210-213）
…………………………………………………………………………………………………H. Nagayoshi, T. Kajikawa

Evaluation of an Blocking Layer Insertion Effect on Dye Sensitized Solar Cells
（『Proceedings of Renewable Energy 2006』pp. 369-372）
…………………………………………………………………Hiroshi Nagayoshi, Kenji Sadakuni, Nozomi Kongoh

Evaluation of Mismatch Power Loss Caused by 2-Dimensional Temperature Distribution on TEG System Output
（『Proceedings of Renewable Energy 2006』pp. 1788-1791）……………Hiroshi Nagayoshi, Takenobu Kajikawa

Surface Texturing Mechanism by Hydrogen Radicals with Tungsten Silicide Particle Deposition
（『Proceedings of Renewable Energy 2006』pp. 423-426）
………………………………Hiroshi Nagayoshi, Suzuka Nishimura, Kazutaka Terashima, Alexander Ulyashin

情報工学科

蓄積型放送におけるコマーシャル出力方式の提案
（『東京工業高等専門学校研究報告書』第38⑵号，2007，３，pp. 99－104）………………青野正宏，小嶋徹也

ロボット座標系指示誤差補正に関する卒業研究チュートリアル
（『東京工業高等専門学校研究報告書』第38⑵号，2007，３，pp. 95－98）……小坂敏文，吉本定伸，松林勝志

廃棄物を出さない魚と野菜の同時生産システムの開発－アクアポニックスシステムの開発計画－
（『東京工業高等専門学校研究報告書』第38⑵号，2007，３，pp. 113－117）
…………………………………………………………………松林勝志，中川文寛，星野　猛，小坂敏文，三谷知世

マイクロコンピュータのシステム設計教育について
（『東京工業高等専門学校研究報告書』第38⑵号，2007，３，pp. 89－94）
………………………………………………………………………………横山繁盛，西村　亮，平尾友一，鈴木　孝

Comparison of the Two Signal Design Methods in the CDMA Systems Using Complete Complementary Codes
（IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, vol. E89-A, No. 9, September, 2006, pp. 2299-2306）
……………………………………Tetsuya Kojima, Akiko Fujiwara, Kenji Yano, Masahiro Aono, Naoki Suehiro

多重マルコフモデルに基づくマルチメディア通信帯域予測に関する研究

（『東京工業高等専門学校研究報告書』第38(2)号，2007，３，pp. 105－112）
……………………………………………………小嶋徹也，ルハムスレン・エンクトゥル，藤原亜希子，青野正宏

物質工学科

Thermoelectric properties of cesium-graphite intercalation compounds，
（『Materials Transactions』, Vol. 47 (2006) 1458-1463. June 2006.）
………………………………………………………………………R. Matsumoto, N. Akuzawa and Y. Takahashi

Resonance Raman scattering studies in Br2-adsorbed double-wall carbon nanotubes，
（『Phys. Rev.』Vol B73, 235413-1～12 (2006). June 2006.）……………A, G. Souza Filho, M. Endo, H. Muramatsu, T. Hayashi, Y. A. Kim, E. B. Barros, N. Akuzawa, Ge. G. Samsonidge, R. Saito and M. S. Dresselhaus

『電子材料ハンドブック』（朝倉書店，2006，11）……………………………………………………阿久沢　昇（分担執筆）

Effect of sorbed molecules on the resistivity of alkali metal-graphite intercalation compounds，
（『J. Solid State Chem.』Vol. 180 (2007) 894-901. February 2007.）
…………………………………………………N. Akuzawa, Y. Kunihashi, Y. Sato, K. Tsuchiya and R. Matsumoto

カーボン成型体の電磁気物性（『東京工業高等専門学校研究報告書』第38(2)号，2007，３）
……………………………………………阿久沢　昇，野村洋輔，岩谷篤志，土屋賢一，玉田耕治，岩佐山　大

炭素材料の新展開～学振117委員会六十周年記念出版
（ISBN 978-4-9903439-0-3），日本学術振興会炭素材料　第117委員会編（分担執筆：「インターカレーション化合物の分子吸収」，pp. 99－104），東京工業大学応用セラミックス研究所安田榮一発行，2007，３）
……………………………………………………………………………………阿久沢　昇，松本里香，高橋洋一

電解質の添加に伴う QCM センサへの影響（『Material Technology』vol. 24, No. 4 (2006)，pp. 202-206）
…………………………………………………………………関戸広太，北折典之，田沼大輔，高橋三男，中村幹彦

Aanalysis of the Seawater CO_2 System in the Barrier Reef-Lagoon System of Palau using Total Alkalinity-Dissolved Inorganic Carbon，（『*Limnol. Oceanogr.*』Vol. 51・4, 2006, 4, pp. 1614-1628）
…………A.Watanabe, H. Kayanne, H. Hata, S. Kudo, K. Nozaki, K. Kato, A. Negishi, Y. Ikeda, and H. Yamano

身近な材料で作る酸素センサの原理と構造
（『トランジスタ技術 SPECIAL 2006 AUTUMN　センサ活用ハンドブック』No. 96，CQ 出版社，2006，８，pp. 246－276）……………………………………………………………………………………高橋三男

手作り酸素センサによる自然探求型理科教育の教材開発
（『化学と教育』vol. 54，No. ６，2006，６，pp. 326－329）……………………………………………………高橋三男

新世紀型理数系教育の展開研究－A02：論理的思考力や創造性，独創性を育むための教育内容や指導方法，教材等の研究－（『日本科学教育学会　年会論文集30』2006，８，pp. 291－294）……………………高橋三男

都市下水二次処理水からのリンを吸着した火山灰土型リン吸着材の性質及びそのリン肥効
（『水環境学会誌』29巻４号，2006，４，pp. 215－220）……………江耀宗，柳田友隆，三谷知世，野々山　弥

都市下水二次処理水のリン除去に使用した火山灰土型リン吸着材からのリン回収及び回収リンの肥効
（『水環境学会誌』29巻12号，2006，12，pp. 823－827）……………………………江耀宗，柳田友隆，三谷知世

硫酸第一鉄混合・加熱火山灰土壌による水中の微細藻類の除去
（『水環境学会誌』30巻１号，2007，１，pp. 27－31）…………………江耀宗，柳田友厚，柳田友隆，三谷知世

High CO Tolerance of N, N-Ethylenebis (salicylideneaminato) oxovanadium (IV) as a Cocatalyst to Pt for the Anode of Reformate Fuel Cells，（『*Chem. Mater.*』Vol. 18 (2006) 4505-4512）
…Hiroshi Yano, Chisato Ono, Hidenobu Shiroishi, Morihiro Saito, Yoshiharu Uchimoto, and Tatsuhiro Okada

Effects of the Substitution of the B-Site Ion on Oxygen Reduction Electrode Properties of the Pyrochlore $Pb_2Ru_2O_{7-\delta}$ at Low Temperatures，（『*Key Engineering Materials*』Vol. 320 (2006) 235-238.）
…………………………Kenji Yoshihara, Takeshi Chuma, Morihiro Saito, Jun Kuwano and Hidenobu Shiroishi

Oxygen Reduction Electrode Properties of Perovskite-related Oxides Sr (Fe, Co, Ru) $O_{3-\delta}$ at Low Temperatures，
（『*Key Engineering Materials*』Vol. 320 (2006) 243-246.）
…………………………Takeshi Chuma, Haruhiko Toda, Morihiro Saito, Jun Kuwano, and Hidenobu Shiroishi

Oxygen Reduction Electrode Properties of the Ba (Ce, Gd, Ru) $O_{3-\delta}$ at Low Temperatures，
（『*Key Engineering Materials*』Vol. 320 (2006) 247-250.）

…………………………Haruhiko Toda, Kenji Yoshihara, Morihiro Saito, Jun Kuwano, and Hidenobu Shiroishi

The Thermal Conduction from the Centers of the Nuclear Reactions in Solids,
(『Condensed Matter Nuclear Science』, 2006. 12, pp. 521) ……………………………………Ken-ichi Tsuchiya

Prediction of genotoxicity of various environmental pollutants by artificial neural network simulation
(『Molecular diversity』 Vol. 10・2, 2006, 5, pp. 101-108) ……………………………Ryo Shoji, Masato Kawakami

重金属のバイオアベイラビリティ予測のための生物結合モデル
(『環境毒性学会誌』 9・2, 2006, 12, pp. 149−156) ……………………………………………………庄司　良

Effects of Cadmium (Cd) and Lead (Pb) in Irrigation Water on Yields of Vegetables in Ghana
(『Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology』 Vol. 29・3, 2007, 3, pp. 243-251)
………………………E. Mensah, Herbert E. Allen, Ryo Shoji, S. N. Odai, David M. Mezler, Nii O. Attoh-Okine

発光微生物の金属イオンによる異常発光増大の抑制に関する研究
(『東京工業高等専門学校研究報告書』第38(1)号, 2006, 9, pp. 43−46) …………………庄司　良, 田汲方哉

重金属蓄積コケ実験研修と学生実験への成果還元
(『東京工業高等専門学校研究報告書』第38(2)号, 2007, 1, pp. 43−46)
………………………………………………飯田　裕, 庄司　良, 榊原　均, 井藤賀　操, 須藤恵美, 小野芳朗

一般廃棄物焼却灰溶出試料中の重金属の陸生植物, ミジンコ, 藻類に及ぼす有害性の寄与
(『東京工業高等専門学校研究報告書』第38(2)号, 2007, 1, pp. 123−129)
………………………………………………浦田真嗣, 庄司　良, 飯田　裕, 古儀さやか, 小野芳朗, 毛利紫乃

『安全・安心のためのセンサ技術』
(セキュリティとセンシング調査研究委員会編, 海文堂出版, 2006, 6) ……………小島洋一郎 (分担執筆)

段差乗り越えを考慮した車椅子操作と乗り心地に関する研究
(『苫小牧工業高等専門学校紀要』第42号, 2007, 3)
…………………澤田知之, 小島洋一郎, 近藤　崇, 村本　充, 伊藤大輔, 沢山裕美子, 中村充美, 岩口純子

2. 学会における口頭発表

一般教科 (人文社会系・英語系)

東京高専における国際交流プログラムについて
(全国高等専門学校英語教育学会第30回東京大会, 2006, 8) ……………………………………………竹田恒美

ステークホルダー・マネジメントの援用による多様な「配慮」の実践
(日本工学教育協会第54回年次大会講演論文集, 2006, 7)
…………………………………………………浅野敬一, 河村　豊, 川北晃司, 木村　南, 中川　修, 鹿毛哲郎

プレゼンテーションのステップ・アップ―専攻科「文章表現論」でのプレゼンテーション授業報告
(日本工学教育協会第54回年次大会講演論文集, 2006, 7, pp. 604−605) …………………………舩戸美智子

一般教科 (数学系・物理系)

三次元ユークリッド空間へ拡張されたチェバの定理と逆定理について
(日本数学教育学会東京大会, 2006, 8) …………………………五十嵐　貫, 佐藤義隆, 杉江道男, 豊成敏隆

ビシャースの定理の四面体への拡張
(第25回数理学会講演会, 2006, 8) …………………五十嵐　貫, 佐藤義隆, 杉江道男, 豊成敏隆, 向山一男

四面体に関するある共点定理について
(第25回数理学会講演会, 2006, 8) …………………五十嵐　貫, 佐藤義隆, 杉江道男, 豊成敏隆, 向山一男

工科系国費留学生に対する数学の教授法・指導法の研究 (数学教育の会, 学習院大学, 2007, 1) …………佐藤義隆

Vanishing cohomology theorems of SL_2 and the weak Leopoldt Conjecture for elliptic curves
(早稲田大学・整数論研究集会, 2007, 3) ……………………………………………………………中里　肇

Mathematica, TeX, Acrobat による数学『電子』プリントの作成
(第88回日本数学教育学会東京大会, 2006, 8) ……………………………………………………清藤　晃

数学の授業における " parametrized graphics " の効果的導入Ⅱ――学生アンケートを受けて――
(平成18年度教育教員研究集会, 2006, 8) ……………………………………………………………清藤　晃

機械工学科

CFRP 製カート用排気管の開発第４報
（自動車技術会2006年春季大会材料Ｉ，2006，５，pp. ５－８）……………………………………………木村　南
炭素繊維複合材料のバルジ成形技術－Al と CFRP の成形接合の開発その３－
（日本塑性加工学会平成18年度塑性加工春季講演論文集，2006，５，pp. 13－14）………木村　南，永井　慶
RFID＋QR コードを利用する生産システム
（日本塑性加工学会平成18年度塑性加工春季講演論文集，2006，５，pp. 205－206）…………………木村　南
高放熱性回路基板の軽量化－CFRP 基板の開発その２－
（日本塑性加工学会平成18年度塑性加工春季講演論文集，2006，５，pp. 207－208）……木村　南，松本亮介
光学部品のゴム型成形
（日本塑性加工学会平成18年度塑性加工春季講演論文集，2006，５，pp. 209－210）…………………木村　南
IC タグ応用開発に関する情報管理と技術者倫理－高専技術者倫理教育の試みＶ－
（日本工学教育協会第54回年次大会講演論文集，2006，７，pp. 754－755）
……………………………………………………………………………木村　南，河村　豊，川北晃司，浅野敬一
サンドイッチ構造パネルの曲げ加工（日本塑性加工学会第57回塑性加工連合講演論文集，2006，11，pp. 77－78）
………………………………………………………………………………………木村　南，成瀬太一，永井　慶
高強度電子機器筐体の開発（日本塑性加工学会第57回塑性加工連合講演論文集，2006，11，pp. 409－410）
………………………………………………………………………………………木村　南，杉林秀之，松本亮介
腕時計と自転車の比較マーケッティング－雑誌が作り出すあこがれ商品－
（日本時計学会2006年度マイクロメカトロニクス学術講演会，2006，９，pp. ９－10）………………木村　南
低コスト CFRP 製作技術の開発
（日本機械学会第14回機械材料・材料加工技術講演会，2006，11，pp. 235－236）……………………木村　南
CFRP およびサンドイッチパネルの低コスト成形技術の開発
（日本材料学会材料・構造の複合化と機能化に関するシンポジウム，2007，３，pp. 246－250）
………………………………………………………………木村　南，永井　慶，松本亮介，成瀬太一，杉林秀之
FRP の低コスト成形に関する研究
（日本塑性加工学会第65回プラスチックプロセス分科会，2007，３）……………………………………木村　南
ピエゾフィルムを用いたひずみ測定（自由形状の蒸着電極を付与する方法）
（日本機械学会2006年次大会講演論文集，2006，９）……………………………黒崎　茂，増田龍一，菊地　章
ピエゾケーブルを用いたひずみ検出
（日本非破壊検査協会2006年春季講演大会，2006，５）………………………………………齋藤久嘉，黒崎　茂
ピエゾケーブルセンサーを用いたひずみ検出
（日本機械学会2006年次大会学術講演会，2006，９）…………………………………………齋藤久嘉，黒崎　茂
ピエゾフィルムを用いた伝動ベルトの変位量モニタリング
（日本非破壊検査協会秋季講演会，2006，10）…………………………………………………黒崎　茂，小川桐子
ピエゾケーブルを用いたひずみ測定法
（日本非破壊検査協会2006年秋季講演大会，2006，10）………………………………………齋藤久嘉，黒崎　茂
ピエゾケーブルを用いた部材のひずみモニタリング
（八王子市産学公連携機構第６回研究成果発表講演会，2006，12）…………………………齋藤久嘉，黒崎　茂
ピエゾケーブルを用いたボルトの軸力測定（引張およびせん断負荷が作用した場合）
（日本非破壊検査協会第38回応力・ひずみ測定と強度評価シンポジウム，2007，１）……田村信一，黒崎　茂
ピエゾフィルムを用いた機械式ひずみ計の試作
（日本機械学会埼玉ブロック大会講演論文集，No. 060－５，2006，11）…………………黒崎　茂，鈴木優太郎
ピエゾフィルムを用いたひずみ分布測定法（ひずみ分布表示法）
（日本非破壊検査協会第38回応力・ひずみ測定と強度評価シンポジウム，2007，１）……清水　智，黒崎　茂
ゴム材料の疲労強度試験
（日本機械学会関東学生会第46回学生員卒業研究発表講演論文集，2007，３）……………新井義春，黒崎　茂
圧電材料を利用した機械式ひずみ検出器の試作

（日本機械学会関東学生会第46回学生員卒業研究発表講演論文集，2007，３）……………石塚耕三，黒崎　茂
圧電シートを用いたフランジ継手締結強度の信頼性モニタリング
（日本非破壊検査協会第38回応力・ひずみ測定と強度評価シンポジウム，2007，１）
……………………………………………………………………………………吉住直也，黒崎　茂，下井信浩
模型自動車モデルの機械加工製作によるものづくり実践授業
－第２報　CAD 実習から製作完成までにおける取り組み－
（日本工学教育協会第54回年次大会講演論文集，2006，７）
…………………………………………………黒崎　茂，福田勝己，松林勝志，鈴木塔二，藤野　宏，海津朋之
軸流ポンプ翼面上に発生するキャビテーション泡の非定常数値解析
（日本機械学会2006年度年次大会講演論文集⑵，2006，９，pp. 207－208）
……………………………………………………………………………柴田昌宏，深江豪巨，斉藤純夫，大田英輔
ポンプ試験用多用途設備の開発（八王子産学公連携機構第６回研究成果発表講演会，2006，12，pp. 220－221）
……………………………………………………………………………………赤塚将太，榎本俊太，斉藤純夫
トルク法による小ねじの締付け特性（日本機械学会関東支部第13期総会講演会，2007，３，pp. 431－432）
……………………………………………………………………………福田勝己，小林光男，近松宏行，岡本恭明
天然ゴムのトライボロジー特性（第３報）（日本機械学会関東支部第13期総会講演会，2007，３，pp. 429－430）
…………………………………………………………………福田勝己，小林光男，松井雄大，鈴木健司，堤　博貴
天然ゴムのトライボロジー特性（第２報）
（日本機械学会東北支部第42期総会講演会講演論文集，2007，３，pp. 213－214）
…………………………………………………………………福田勝己，小林光男，松井雄大，鈴木健司，堤　博貴
小ねじの降伏点締付けによる考察
（日本機械学会東北支部第42期総会講演会講演論文集，2007，３，pp. 211－212）
…………………………………………………………………………小林光男，福田勝己，鈴木健司，久保田義弘
マイクロオーダにおける摩擦特性評価（第３報）
（日本機械学会東北支部第42期総会講演会講演論文集，2007，３，pp. 209－210）
…………………………………………………福田勝己，小林光男，鈴木健司，小磯宏行，澤田　崇，山田洋路
GPFR 積層材の衝撃圧縮特性に及ぼす板厚の影響
（日本機械学会関東支部第２回埼玉ブロック大会講演論文集，2006，10，pp. 139－140）
……………………………………………………………………………小林光男，片倉大輔，後藤芳樹，福田勝己
小ねじの降伏点締付け（第２報）
（日本機械学会関東支部第２回埼玉ブロック大会講演論文集，2006，10，pp. 91－92）
…………………………………………………小林光男，海野仁史，真山　知，福田勝己，中島宏介，中田延寿
天然ゴムのトライボロジー特性（日本機械学会関東支部山梨講演会講演論文集，2006，10，pp. 113－114）
…………………………………………………………………福田勝己，小林光男，松井雄大，鈴木健司，堤　博貴
ナノインデンテーション法によるセルフドリリングタッピンねじのねじ山強度評価
（日本機械学会2006年度年次大会講演論文集　vol. ４，2006，９，pp. 319－320）
…………………………………………………福田勝己，舟山義弘，小林光男，伊藤拓嗣，山崎　実，鈴木岳美
ナノインデンテーション法による IF 法破壊じん性評価
（日本機械学会2006年度年次大会講演論文集　vol. １，2006，９，pp. 657－658）
…………………………………………………福田勝己，澤田　崇，伊藤拓嗣，小林光男，鈴木健司，堤　博貴
高圧設備におけるねじ構造の検討（設計指針の拡大Ⅱ）
（日本機械学会2006年度年次大会講演論文集　vol. １，2006，９，pp. 831－832）
…………………………………………………………………小林光男，平川壽嘉，福田勝己，田中道彦，山本健司
アルミナイズ処理における被圧着材厚さの影響
（日本機械学会2006年度年次大会講演論文集　vol. １，2006，９，pp. 781－782）
…………………………………………………………………池田哲也，山口浩正，一瀬謙輔，八高隆雄，福田勝己
模型自動車モデルの機械加工製作によるものづくり実践授業（第１報　東京高専全１年生への試み）
（日本工学教育協会第54回年次大会講演論文集，2006，７，pp. 94－95）
………………………………………………福田勝己，黒崎　茂，清水昭博，森下達哉，吉沢　誠，中村源一郎

小ねじの締付け特性に及ぼす潤滑の影響（日本設計工学会2006年度春季研究発表会講演論文集，2006，５）
……………………………………………………………………………小林光男，福田勝己，山本晴生，田中道彦
円周方向溝付管内振動流の折返しにおける半径方向流速
（日本機械学会第19回バイオエンジニアリング講演会，2007，１）……………清水昭博，清水優史，菅原路子
移動機構を備えた運動呈示システムの開発（八王子産学公連携機構　第６回研究成果発表講演会，2006，12）
………………………………………………………………………内野敬太，岩本久和，杉山雄一郎，多羅尾　進
広い可動範囲を備えたモーションベースの試作
（日本機械学会関東支部　関東学生会第46回学生員卒業研究発表講演会，2007．３）
………………………………………………………………………内野敬太，岩本久和，杉山雄一郎，多羅尾　進
Development of an Automatic Scraping Machine with Recognition for Bearing of Scraped Surfaces
―Construction of Automatic Scraping Machine―
（International Conference on Precision Engineering 11th, 2006. 8. 17）
………………………………………Hirotaka Tsutsumi, Ryuta Yamada, Akira Kyusojin, Teruyuki Nakamura

電気工学科

MATLAB GUI による電磁現象の可視化
（電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会，2007，３）……………………小林瑞樹，山内峯生，大貫繁雄
状態オブザーバを用いた３慣性系の速度制御（平成18年電気学会産業応用部門大会，2006，８）……………松井義弘
Speed Control of Three-Inertia Systems by Full-Order Controllers，
（SICE-ICASE International Joint Conference 2006, Oct. 18-21, 2006 in Busan, Korea, pp. 4366-4369）
………Yoshihiro Matsui
ハンドル制御による電動自転車の自立走行
（第７回計測自動制御学会制御部門大会，2007，３）…………………………………………早川槇一，松井義弘
電動自転車自立走行のための傾斜角センサシステムの設計
（平成19年電気学会全国大会，2007，３）……………………………………………………早川槇一，松井義弘
A New Method to Calculate Arc Duration at a Break Contact
（The 23rd International Conference on Electrical Contacts，2006年６月）…………………………Keiichi Suhara
誘導性回路における開離アーク継続時間―算定値と測定値―
（電子情報通信学会2007年総合大会，2007年３月）……………………………………………………須原啓一
Ⅲ－Ⅵ族化合物半導体の結晶成長に関する研究
（第114回表面技術協会講演大会，2006，10）………………………………………伊藤　浩，川又由雄，大山昌憲
反応性 DC スパッタリングによるシリコン酸化膜プロセスの基板 RF バイアス効果
（第115回表面技術協会講演大会，2007，３）………………………………………伊藤　浩，川又由雄，大山昌憲

電子工学科

新入生向け工学系共通教育としての電子工学導入教育
（日本工学教育協会第54回年次大会講演論文集，2006年７月，pp. 164－165）
………………………………………………大塚友彦，一戸隆久，加藤　格，福井繁雄，村田賢俊，正木　進
候補点解析による指紋画像からの高精度コア／デルタ検出手法
（電子情報通信学会2007年総合大会講演論文集，情報システム⑵分冊，2007年３月，pp. 55）
……渡辺大輔，大塚友彦
Fabrication of Al doped ZnO Films by Reactive Sputter-Deposition Using an Al/Zn Metal Composite Target
（International Conference on Metallurgical Coating and Thin Films (ICMCTF2006), CP-9, San Diego, CA (May 2006)）………………………………………………Y. Masuda, T. Ichinohe, S. Masaki, K. Kawasaki
Heat Treatment Effect in Palladium Oxide Composite Films Fabricated by Reactive Ion Beam Sputter-Deposition
（American Vacuum Society 53rd International Symposium, TF-TuP21, San Francisco, CA (Nov. 2006)）
…………………………………………………………………………T. Ichinohe, S. Masaki, M. Iwase, K. Kawasaki
イオンビームスパッタリング法による酸化パラジウム複合薄膜の成膜と評価
（日本材料科学会平成18年度学術講演大会，25P，講演予稿集 pp. 71，2006年５月）

……………………………………………………………………………一戸隆久，正木　進，岩瀬満雄，川崎宏一
CM-GFS 源により成膜した Pt 添加 TiO_2 薄膜の評価(II)（日本金属学会2007年春期大会，70，2007年３月）
……………………山崎雅博，岩瀬満雄，西　義武，小栗和也，宮崎和明，大石也寿子，一戸隆久，正木　進
円筒型マグネトロンガスフロースパッタリング源を用いて成膜したガスセンサー用 TiO_2 薄膜の表面物性評価
（第54回応用物理学会関係連合講演会，29ｐ－Ｍ－３，2007年３月）
…………………………………………………山崎雅博，小栗和也，西　義武，岩瀬満雄，一戸隆久，正木　進
微量鉛イオンの吸着および溶出特性
（分離技術会年会2006，2006年６月，S3−06P）……………………加藤　格，菅良太郎，石井丈夫，赤沢真一
電子機器リサイクルにおける金の回収
（第９回化学工学会東日本学生発表会，2007年３月，A03）…………………………………大倉　玄，加藤　格
ヤシ殻活性炭による排ガス処理
（第９回化学工学会東日本学生発表会，2007年３月，A04）…………………………………飯澤孝之，加藤　格
添着活性炭による低濃度 NO の吸着除去
（第９回化学工学会東日本学生発表会，2007年３月，A09）…………………………………横山和弘，加藤　格
イオン交換樹脂を用いた重金属イオンの分離濃縮（第９回化学工学会東日本学生発表会，2007年３月，A10）
…………………………………………………保永　剛，本田雄基，菅良太郎，加藤　格，石井丈夫，赤沢真一
ICP 分析計における低濃度鉛イオンの定量評価
（第９回化学工学会東日本学生発表会，2007年３月，F06）………………………………小笠原憲二，加藤　格
水素ラジカルによる結晶 Si 表面のテクスチャー化Ⅳ（第67回応用物理学学術講演会，2006年９月）
…………………………………………………池上剛良，西村鈴香，寺島一高，Alexander Ulyashin，永吉　浩
ホットフィラメント法による Si ウィスカーの形成（第53回応用物理学関係連合講演会，2007年３月）
………………………………Hiroshi Nagayoshi, Suzuka Nishimura, Kazutaka Terashima, Nobuo Matsumoto

情報工学科

東京高専における「教育研究活動に係る自己申告書」の取り組み―教員の研究教育活動の点検評価の試み―
（日本工学教育協会第54回年次大会講演論文集，2006年７月，pp. 426−427）……………正木　進，小坂敏文
雲梯ロボットの開発と制御
（八王子産学公連携機構第６回研究成果発表講演会，2006年12月）上野弘和，小坂敏文，吉本定信，松本勝志
ブラシの床磨きを推進力として利用する自立床磨きロボットの研究
（八王子産学公連携機構第６回研究成果発表講演会，2006年12月）…………………………瀬戸昌和，小坂敏文
東京高専の OB ベンチャー企業と教員の連携工学教育その２
―技術革新への対応としての自己啓発研究会（創学環プロジェクト）―
（日本工学教育協会第54回年次大会講演論文集，2006年７月，pp. 34−35）
…………………………………………………松林勝志，市村　洋，鈴木雅人，荒川淳平，谷沢智史，綾井　環
東京高専の OB ベンチャー企業と教員の連携工学教育その１―創学環プロジェクトの構築―
（日本工学教育協会第54回年次大会講演論文集，2006年７月，pp. 32−33）
…………………………………………………市村　洋，松林勝志，浅野敬一，小坂敏文，谷沢智史，荒川淳平
ものつくりを目指す課外教育指導の試み第２報―東京高専におけるロボコンゼミの発足後の経過報告―
（日本工学教育協会第54回年次大会講演論文集，2006年７月，pp. 32−33）
…………………………………………………松林勝志，小坂敏文，松井義弘，福田勝巳，鈴木塔二，羽鳥広範
廃棄物を出さない魚と野菜の同時生産システムに関する研究―観賞魚と野菜によるアクアポニックスシステム―
（八王子産学公連携機構第６回研究成果発表講演会要旨集，2006年12月）
……………………………………………………………………………中川文寛，半田真帆，星野　猛，松林勝志
汎用 LED 表示制御装置―３次元図形表示方式
（八王子産学公連携機構第６回研究成果発表講演会，2006年12月）……………乾　圭佑，横山繁盛，鈴木　孝
On the Estimation of the Multimedia Communication Band Using Multi-Order Markov Model
（Joint 3rd International Conference on Soft Computing and Information Systems and 7th International Symposium on Advanced Information Systems, September, 2006）
……………………………………………………………………Tetsuya Kojima, Akiko Fujiwara, Masahiro Aono

On the Parameters for the CDMA Signal Design Methods Using Complete Complementary Codes
（第29回情報理論とその応用シンポジウム，2006，11）…………………………Tetsuya Kojima, Masahiro Aono

Bluetooth 搭載端末を利用したローカル測位システムの開発
（八王子産学公連携機構　第６回研究成果発表講演会，2006年12月）
……………………………………………………………………………野路洸平，熊崎健太，小嶋徹也，青野正宏

理工系学生の論理的文書作成支援を目的とした論文可視化システム
（情報処理学会第69回全国大会『講演論文集』，vol. ４，Mar. 2007，pp. 411－412）
……………………………………………………………………………………………松本章代，鈴木雅人，市村　洋

理工系学生の論文作成支援を目的とした文書可視化システム
（教育システム情報学会研究報告，vol. 21，No. ６，Mar. 2007，pp. 136－139）
……………………………………………………………………………………………松本章代，鈴木雅人，市村　洋

適応型サイトマップの作成とそのオンラインショッピング支援への応用
（情報処理学会研究報告書，2007－DD－60，vol. 2007，No. 34，Mar. 2007，pp. 57－82）
………………………伊藤慎一，西口直樹，松本章代，小西達裕，高木　朗，小山照夫，三宅芳雄，伊東幸宏

スポーツを事例とした感覚情報共有のための遠隔実時間教育システムの設計と開発
（情報処理学会第69回全国大会講演論文集 vol. ４，Mar. 2007，pp. 691－692）
………………………………………………木下貴志，細田祥平，谷沢智史，松本章代，鈴木雅人，市村　洋

文末の表現に着目した閲覧者が受ける印象による Web 文書のクラスタリング
（情報処理学会第69回全国大会講演論文集 vol. ２，Mar. 2007，pp. 559－560）
……………………………………………………………………………………………包　直也，松本章代，鈴木雅人

能動学習授業における学生の質問支援システム開発の研究
（八王子産学公連携機構第６回研究成果発表講演会要旨集，Dec. 2006，pp. 126－127）
………………………………………………………………木村綾太，谷沢智史，松本章代，鈴木雅人，市村　洋

ベトナム語母語話者向け日本語学習ソフトの開発
（八王子産学公連携機構第６回研究成果発表講演会要旨集，Dec. 2006，pp. 112－113）
……………………………………………………………………………ファン・ヒュー・フォン，松本章代，鈴木雅人

表構造における意味的関係に基づく WWW 検索精度の向上
（情処研報2006－DD－55，vol. 2006，No. 58，May. 2006，pp. ５－11）
…………………………………松本章代，西口直樹，小西達裕，高木　朗，小山照夫，三宅芳雄，伊東幸宏

物質工学科

Change of electric resistance of graphite cathode during electrolysis in alumina molten salt，
Carbon 2006 (Aberdeen) 5B-3 (July 2006). ……………………N. Akuzawa, E. Kang, T. Okamoto and K. Kuroda

Characterization of graphite intercalation compounds prepared from carbon materials with different heat-treatment temperature，
Carbon 2006 (Aberdeen) 7D-1 (July 2006). ……………N. Akuzawa, K. Tsuchiya, R. Matsumoto and Y. Soneda

Change of c-axis resistivity of AM-GICs during sorption of H_2, C_2H_4 and C_2H_2，
Carbon 2006 (Aberdeen) 7D-3 (July 2006).
………………………………………………N. Akuzawa, Y. Kunihashi, Y. Sato, K. Tsuchiya and R. Matsumoto

Chemical modification of graphite powder and electric resistance of graphite, $CxFeCl_3$ and CsC_{24} $(C_2H_4)_{2.2}$ moldings，Carbon 2006 (Aberdeen) 1P-61 (July 2006).
…………………………………N. Akuzawa, Y. Nomura, K. Tsuchiya, K. Tamada, Y. Iwasa and R. Matsumoto

Cs-GIC によるエチレン吸収
（黒鉛化合物研究会30周年記念研究会，P15，2006，９）……………………阿久沢　昇，江原祥隆，松本里香

アルミナ溶融塩カソード黒鉛の電解に伴う電気抵抗率変化
（黒鉛化合物研究会30周年記念研究会，P17，2006，９）………阿久沢　昇，萩原　学，岡本龍也，黒田孝二

三元系黒鉛化合物からの膨張黒鉛製造
（黒鉛化合物研究会30周年記念研究会，P40，2006，９）……………………阿久沢　昇，倉田　悠，豊田昌弘

カーボンペーストの高伝導化

（黒鉛化合物研究会30周年記念研究会，P41，2006，９）……………………………………阿久沢　昇，岩谷篤志

アルミナ溶融塩電解に伴うカソード黒鉛の物性変化

（第33回炭素材料学会年会，１P16，2006，12）…………………萩原　学，阿久沢　昇，岡本龍也，黒田孝二

カーボンペーストの高伝導化

（第33回炭素材料学会年会，１P19，2006，12）……………………………岩谷篤志，阿久沢　昇，岩佐山　大

アルカリ金属－黒鉛層間化合物からの膨張黒鉛製造

（第33回炭素材料学会年会，１P20，2006，12）………………………………倉田　悠，阿久沢　昇，豊田昌弘

Cs-C_2H_4-グラファイト三元系化合物の反応性

（第33回炭素材料学会年会，１P20，2006，12）………………………………江原祥隆，阿久沢　昇，松本里香

微粒子黒鉛の膨張化

（日本化学会第87春季年会，4G5－11，2007，３）………………恵良正浩，津村朋樹，阿久沢　昇，豊田昌弘

微粒子の管内流れに関する研究（化学工学会第38回秋季大会，2006，９）………………………………………石井宏幸

導電性ダイヤモンド電極を用いたオゾン水の作製装置の開発

（電気化学会第73回大会，2006，４）………佐藤正樹，関戸広太，北折典之，錦　善則，古田常人，宇野雅晴

脱気水による泥汚染布の洗濯への応用

（電気化学会第73回大会，2006，４）…………………松井はづき，北折典之，錦　善則，中村幹彦，柴山浩司

水晶発振子マイクロバランス測定法における電解質水溶液中でのチオール化合物の吸着

（電気化学会第73回大会，2006，４）……………………佐伯康介，関戸広太，北折典之，高橋三男，中村幹彦

携帯式オゾン水生成装置の開発（日本防菌防黴学会第33回年次大会，2006，５）

…………………………………………………関戸広太，佐藤正樹，北折典之，錦　善則，古田常人，宇野雅晴

導電性ダイヤモンド電極を用いた小型オゾン水生成装置の開発（第30回電解技術討論会，2006，11）

……………………………………関戸広太，佐藤正樹，北折典之，錦　善則，宇野雅晴，柴田友康，古田常人

電解質の添加に伴う QCM センサへの影響

（2006年度材料技術研究協会討論会，2006，12）………関戸広太，北折典之，田沼大輔，高橋三男，中村幹彦

脱気水の作製と応用

（2006年度材料技術研究協会討論会，2006，12）…………………松井はづき，北折典之，中村幹彦，柴山浩司

食塩添加に伴う次亜塩素酸ナトリウムの漂白力の向上

（2006年度材料技術研究協会討論会，2006，12）…………………………………幸島典治，北折典之，高橋三男

脱気水作製の効率化（電気化学会第74回大会，2007，３）…………………小林　祥，北折典之，中村幹彦，柴山浩司

電気化学的分解による廃水処理（電気化学会第74回大会，2007，３）……柳谷怜美，関戸広太，供田尚志，北折典之

Factors Controlling Calcification in Coral Reefs（*ASLO 2007 Aquatic Sciences Meeting*, February 2007）

………………………A. Watanabe, H. Kayanne, H. Hata, K. Nozaki, K. Kato, A. Negishi, S. Kudo, and Y. Ikeda

修飾電極のためのカーボンナノチューブ評価法に関する検討

（第52回ポーラログラフィーおよび電気分析化学討論会，2006，11）

…………………………………………………………………工藤節子，佐古　匡，西田有歩，赤瀬善太郎，進藤大輔

水溶液中における酸化ユウロピウム(Ⅲ)とジエチレントリアミンペンタ酢酸との反応生成物に関する研究

（第９回化学工学会学生発表会東京大会，2007，３）…………………………佐々木　慧，雑賀章浩，工藤節子

Teaching tools for science education using handmade oxygen sensor monitoring the oxidation reaction using disposable warmers

（IMCS11, The 11th International Meeting on Chemical Sensors, p. 186, July 18, Brescia, Italy, (2007).）

…………………………………………Mitsuo TAKAHASHI, Mineo YAMAUCHI, Norimichi KAWASHIMA.

手作り酸素センサの開発と理科教育への活用－(5)－金魚の呼吸－

（日本理科教育学会第56回全国大会発表論文集第４号，2007，１，pp. 167）…高橋三男，佐藤道幸，薗部幸枝

ソラマメ種子根の湛水処理による成長及び形態の観察（根研究会第15巻第４号，2006，12，pp. 191）

……………………………………………小林奈々，高橋三男，川島徳道，湯浅　眞，小柳津研一，仁木輝緒

ソラマメ種子根の湛水処理による成長及び形態の探求観察

（第12回高専シンポジウム（沼津）講演要旨集，2007，１，pp. 14）

…………………………………………………………………吉田朋史，小林奈々，高橋三男，石井幸子，仁木輝緒

手作り酸素センサを使った自然探求型教材研究

（第12回高専シンポジウム（沼津）講演要旨集，2007，１，pp. 49）…………秋山　亮，高橋三男，福司　稔
食塩添加に伴う次亜塩素酸ナトリウムの漂白力の向上
（2006年度材料技術研究協会討論会講演要旨集，2006，12，pp. 57−58）……幸島典之，北折典之，高橋三男
ソラマメ種子根の湛水処理による成長及び形態の基礎研究
（第９回化学工学会学生発表会東京大会研究発表講演要旨集，2007，３，pp. 69）
……………………………………………………………………小林奈々，高橋三男，石井幸子，仁木輝緒
手作り酸素センサを使った自然探求型研究
（第９回化学工学会学生発表会東京大会研究発表講演要旨集，2007，３，pp. 131）
………………………………………………………………………………秋山　亮，高橋三男，福司　稔
次亜塩素酸ナトリウムにおける漂白力の改善
（第９回化学工学会学生発表会東京大会研究発表講演要旨集，2007，３，pp. 115）
………………………………………………………………………………幸島典之，北折典之，高橋三男
微量天秤を用いた洗剤の評価方法
（第９回化学工学会学生発表会東京大会研究発表講演要旨集，2007，３，pp. 117）
………………………………………………………………………………佐伯康介，北折典之，高橋三男
水晶発振子マイクロバランス測定法における電解質水溶液中でのチオール化合物の吸着
（電気化学会第73回大会講演要旨集，2006，４，pp. 73）
……………………………………………………………佐伯康介，関戸広太，北折典之，高橋三男，中村幹彦
固体高分子形燃料電池カソード極白金触媒劣化防止剤の開発
（電気化学会第73回大会講演要旨集，2006，４，pp. 74）
……………………………………………………………城石英伸，岡谷一輝，高橋三男，斉藤守弘，桑野　潤
バイロアクロア型酸化物を用いた水の光分解に関する基礎的研究
（2006年電気化学会秋大会，2006，９，pp. 348）
………田極ゆとり，西谷　諒，高橋三男，城石英伸，戸田晴彦，吉原賢次，中馬健史，斉藤守弘，桑野　潤
C_{60}誘導体のポリマーとの親和性と電子捕捉能の評価（第17回日本 MRS 学術シンポジウム，2006，12）
……………………………………井手智仁，山田　紘，吉村玲子，多田　宰，西沢秀之，都鳥顕司，町田　茂
超臨界状態を利用した新規酵素含有リポソームの開発
（日本化学会第87春季年会，2007，３）……………………………佐藤　彰，町田　茂，阿部正彦，横須賀正彦
側鎖型高分子液晶の合成と基礎的な物性評価
（第９回化学工学会学生発表会，2007，３）………………………………………中田香奈，氏家誠司，町田　茂
ライス WAX の食品添加物用途の開発
（第９回化学工学会学生発表会，2007，３）……………………………………細木原睦士，中村太厚，町田　茂
ビチオフェン骨格を有する有機化合物の機能発現
（第９回化学工学会学生発表会，2007，３）…………………………浜田　昂，秋田康宏，森　敦紀，町田　茂
焼成火山灰土壌へのフルボ酸吸着における分子量の影響
（第６回八王子産学公連携機構研究成果発表講演会，2006，12）……………………………山﨑賢一，三谷知世
パッシブサンプラーを用いた排ガス中の NO_2濃度の測定
（第６回八王子産学公連携機構研究成果発表講演会，2006，12）……………………………嶋崎　慧，三谷知世
電力使用に着目した教育機関での環境マネジメント
（第６回八王子産学公連携機構研究成果発表講演会，2006，12）……………………………堤田　綾，三谷知世
馴化活性汚泥による生分解試験の試み（第12回高専シンポジウム，2007，１）……………………小澤昭一，三谷知世
焼成火山灰土壌への下水由来溶解性有機物の吸着（第12回高専シンポジウム，2007，１）………山﨑賢一，三谷知世
学生主体の環境マネジメントシステム（第12回高専シンポジウム，2007，１）……………………堤田　綾，三谷知世
パッシブサンプラーを用いた NO_2の測定（第12回高専シンポジウム，2007，１）…………………嶋崎　慧，三谷知世
東京高専でのエネルギー使用量の調査と省エネルギー対策の提案
（高専環境会議，2007，２）…………………………………………………………………堤田　綾，三谷知世
火山灰土型リン吸着剤の特性評価（高専環境会議，2007，２）………………………………………鈴木洋平，三谷知世
焼成火山灰土壌による溶解性有機物の吸着特性（第９回化学工学会学生発表会，2007，３）……山﨑賢一，三谷知世
人の生活に着目した NO_2の測定（第９回化学工学会学生発表会，2007，３）………………………嶋崎　慧，三谷知世

東京高専における環境マネジメントシステム（第９回化学工学会学生発表会，2007，３）………堤田　綾，三谷知世
馴化活性汚泥による界面活性剤の生分解特性（第９回化学工学会学生発表会，2007，３）………小澤昭一，三谷知世
摩擦形態の異なる場合の摩擦特性⑴（日本素材物性学会（第16回），2006，６）……………………竹中寛輝，菊地　章
摩擦形態の異なる場合の摩擦特性⑾（日本材料強度学会，2006，６）………………………………竹中寛輝，菊地　章
高分子材料の表面物性について（日本材料強度学会，2006，６）……………………………………宮川恵理，菊地　章
摩擦力の測定法に関する研究（第９回化学工学会学生発表会，2007，３）……………竹中寛輝，菊地　章，積田祐介
マイクロスクラッチ試験機の圧子針の個体差による測定値への影響
（第９回化学工学会学生発表会，2007，３）………………………………………広上亮太，菊地　章，新井大輔
Mechanism of Nuclear Reaction and Bose-Einstein Condensation in Solids，
（JCF7, pp. 51, April 2006）………………………………………………………………………Ken-ichi Tsuchiya
Born-Lande 式を用いた黒鉛層間化合物の電子構造，
（第33回炭素材料学会年会，１P18，2006，12）…………………………………山本理仁，松嶋陽介，土屋賢一
YBCO 系酸化物高温超伝導体の劣化解析，
（第９回化学工学会学生発表会東京大会，B05，2007，３）…………………………………河村篤志，土屋賢一
Born-Lande 式を用いた黒鉛層間化合物の理論的研究，
（第９回化学工学会学生発表会東京大会，B06，2007，３）…………………………………松嶋陽介，土屋賢一
陸生植物を用いた土壌における有害重金属毒性予測モデルの日本への適用
（第12回バイオアッセイ研究会・日本環境毒性学会合同研究発表会，2006，８）
…………………………………………………庄司　良，谷川奈津希，Herbert E. Allen，Dominic D. DiToro
ガーナにおけるキャベツとニンジンの Pb，Cd 蓄積に関する研究
（日本土壌肥料学会，2006，９）…………………………吉沢英里子，飯田　裕，庄司　良，Mensah Ebenezer
Relationship among toxicological response, total metal concentration and free metal ion activity in the elute of municipal waste incineration ashes
（SETAC North America 27th Annual Meeting，2006年11月）……………Urata, S., Shoji, R., Mohri, S., Ono, Y.
Free Ion Activity Model を用いた一般廃棄物焼却灰中の重金属の生物に対する有害性予測
（第17回廃棄物学会研究発表会，2006，11）
………………………………………………浦田真嗣，庄司　良，飯田　裕，古儀さやか，小野芳朗，毛利紫乃
最終処分場層内における毒性の分布と覆土層による毒性の吸着（第17回廃棄物学会研究発表会，2006，11）
……………………………………上田剛将，庄司　良，山田正人，朝倉　宏，阿部　誠，山田亜矢，中山秀謹
Verification of terrestrial biotic ligand model to copper accumulated in barley
（13th Asian symposium on Ecotechnology, 2006, 12）………………………………………E. Yoshizawa, R. Shoji
一般廃棄物焼却灰中の重金属の高等植物ならびにコケ類に対する蓄積と毒性影響
―東京高専における技術職員スキルアップのための技術研修（第12回高専シンポジウム，2007，１）
……………………………………飯田　裕，庄司　良，中村秦美，榊原　均，井籐賀操，須藤恵美，小野芳朗
使用済みエンジンオイル中の重金属の生体毒性
（第12回高専シンポジウム，2007，１）……………………………………………田汲方哉，志知涼子，庄司　良
水稲を用いたカドミウム有害性予測モデル（第12回高専シンポジウム，2007，１）……………庄司　良，谷川奈津希
発光微生物における異常発光増大の原因物質の探求
（第９回化学工学会学生発表会，2007，３）……………………………………………………田汲方哉，庄司　良
BLM を用いた有害重金属毒性予測モデル（第９回化学工学会学生発表会，2007，３）…………庄司　良，谷川奈津希
BLM（Biotic ligand model）を用いた銅のウキクサに対する成長阻害影響の予測
（第９回化学工学会学生発表会，2007，３）……………………………………幡野亜由美，別府敏夫，庄司　良
覆土による一般廃棄物処分場中の毒性の削減と重金属溶出の抑制（第９回化学工学会学生発表会，2007，３）
…………………………………………………上田剛将，庄司　良，中山秀謹，山田正人，朝倉　宏，安部　誠
光導波路分光法による固／液界面への色素の吸着様式の研究
（電気化学会第73回大会，2006，４）…………………………………廣瀬友哉，城石英伸，綾戸勇輔，松田直樹
固体高分子形燃料電池カソード極白金触媒劣化防止剤の開発⑵
（2006年電気化学会秋季大会，2006，９）……………………………………………………岡谷一輝，城石英伸
光導波路分光法による固／液界面への色素吸着様式の研究⑵

（2006年電気化学会秋季大会，2006，９）………………月田　仁，城石英伸，廣瀬友哉，綾戸勇輔，松田直樹
パイロクロア型酸化物を用いた水の光分解に関する基礎的研究（2006年電気化学会秋季大会，2006，９）
………田極ゆとり，西谷　諒，高橋三男，城石英伸，戸田晴彦，吉原賢次，中馬建史，齋藤守弘，桑野　潤
中温域プロトン導電性固体電解質の研究⑴
（電気化学会第74回大会，2007，３）………坂本克矢，城石英伸，白井貴章，佐藤俊輔，齋藤守弘，桑野　潤
ランタノイド酸化物を用いた水の光分解に関する基礎科学的研究（電気化学会第74回大会，2007，３）
……………………森　尚久，田極ゆとり，城石英伸，戸田晴彦，吉原賢次，中馬建史，齋藤守弘，桑野　潤
光導波路分光法による固／液界面への色素吸着様式の研究⑶
（電気化学会第74回大会，2007，３）…………………井上友里江，月田　仁，城石英伸，綾戸勇輔，松田直樹
立体規則性 PMMA 鎖を有する分岐ポリマーの合成と物性
（第９回化学工学会学生発表会東京大会，2007，３）…………………………………………木島嘉子・中川　修
アセトアセトキシエチルメタクリレートの原子移動ラジカル重合
（第９回化学工学会学生発表会東京大会，2007，３）………………………………………川上理紗子，中川　修
超音波センサと粘弾性測定装置を用いたゲル状食品の測定
（日本味と匂学会第40回大会，2006，７）…………小島洋一郎，齋藤友貴哉，木村　太，村本　充，山口和美
音響特性と信号処理による味センシングの基礎的検討
（日本味と匂学会第40回大会，2006，７）…………小島洋一郎，齋藤友貴哉，木村　太，村本　充，山口和美
複合センサの物理化学特性を用いた味を呈する溶液の計測
（日本味と匂学会第40回大会，2006，７）…………小島洋一郎，齋藤友貴哉，木村　太，村本　充，山口和美
Sensing of solutions by ultrasonic sensors and data analysys
（The 11th International Meeting on Chemical Sensors, 2006, 7）………………………………Yohichiro Kojima
マルチセンサとソフトコンピューティングによる味を呈する溶液の計測
（日本食品科学工学会第53回大会，2006，８）……………………………………………………………小島洋一郎
各種センサと主成分分析による市販飲料の計測とその評価（農業環境工学関連学会2006年合同大会，2006，９）
……………………………………………………………齋藤友貴哉，小島洋一郎，木村　太，村本　充，山口和美
超音波測定システムと信号処理による食品の品質評価に向けた検討
（農業環境工学関連学会2006年合同大会，2006，９）
……………………………………………………………小島洋一郎，齋藤友貴哉，木村　太，村本　充，山口和美
超音波センサと粘弾性測定装置を用いた食品モデルの測定（農業環境工学関連学会2006年合同大会，2006，９）
……………………………………………………………小島洋一郎，齋藤友貴哉，木村　太，村本　充，山口和美
マルチセンシングによる液体の識別
（第12回高専シンポジウム，2007，１）……………小島洋一郎，齋藤友貴哉，山口和美，笹村泰昭，古川　大
高齢者擬似体験システムを用いた車椅子の乗り心地と振動特性について
（土木学会第61回年次学術講演会，2006，９）……………………澤田知之，中村充美，近藤　崇，小島洋一郎
疑似体験システムを用いた車椅子の乗り心地等の工学的評価（第８回日本感性工学会大会，2006，９）
…………………………………………………澤田知之，伊藤大輔，小島洋一郎，近藤　崇，中村充美，岩口純子
車椅子の段差乗り越え時に発生する振動と体圧変化の検討
（土木学会北海道支部　平成18年度　年次学術研究発表会，2007，２）
…………………………………………………澤田知之，小島洋一郎，伊藤大輔，近藤　崇，中村充美，岩口純子

３．その他

⑴学位取得・学会賞・論文賞

画像認識システムを含む自動きさげ盤の開発
（博士（工学）取得，長岡技術科学大学，2007，３）……………………………………………………堤　博貴
学会賞：新進賞受賞講演「ピエゾケーブルを用いたボルトの軸力測定（引張およびせん断負荷が作用した場合）」
（日本非破壊検査協会・平成18年度日本非破壊検査協会・第38回応力・ひずみ測定と
強度評価シンポジウム，2007，１）……………………………………………………………田村信一，黒崎　茂
学会賞：優秀発表賞受賞講演「圧電材料を利用した機械式ひずみ検出器の試作」

（日本機械学会・関東学生会第46回学生員卒業研究発表講演会，2007，３）………………石塚耕三，黒崎　茂
第７回感性工学会大会優秀論文発表賞
（感性工学会，2006，９）………………………………中村充美，澤田知之，小島洋一郎，近藤　崇，岩口純子
平成18年度土木学会北海道支部奨励賞
（土木学会北海道支部，2007，３）………澤田知之，小島洋一郎，伊藤大輔，近藤　崇，中村充美，岩口純子

⑵科学研究費補助金（研究実績報告書，研究成果報告書）など

工業高専および企業における人材育成と技術者倫理教育の現状と課題
基盤研究⒞　課題番号18607005（2006年度～2008年度）
………………………………………………………………川北晃司，河村　豊，浅野敬一，木村　南，庄司　良
工科系国費留学生に対する数学の教授法・指導法の研究
基盤研究Ｃ　課題番号16500567（2006，５）………………………………………………研究代表者　佐藤義隆
キャビテーション研究分科会　研究成果報告書（通算第６期）ターボ機械協会（2006，６）…………………斉藤純夫
『みる・きく・はかる』親子で楽しむエレクトロニクス体験学習
「ひらめき工房アジレント」助成プログラム実施報告書（平成18年度，2006年）
………………………………………………………………………大塚友彦，一戸隆久，青木宏之，正木　進
廃棄物を出さない魚と野菜の循環生産システム（アクアポニックス）による環境教育研究
研究実績報告書　萌芽研究　課題番号18650239（2006，３）……………………………………………松林勝志
理工系学生のためのオブジェクト指向による論理的明快文書作成教育の支援システム構築
研究実績報告書　若手研究⒝　課題番号18700664（2006年度～2008年度）……………………………松本章代
超臨界状態を利用した新規酵素含有リポソームの開発とセンサへの応用
研究実績報告書　萌芽研究　課題番号16651080（2006，４）………………町田　茂（研究代表者），阿部正彦
固体・ガス状試料の安全性評価システムの開発のうち水圏植物・陸生植物および甲殻類による影響評価
平成17年度成果報告書　文部科学省リーディングプロジェクト（2006，７）…………………………庄司　良
生物結合モデルに基づく土壌環境中の重金属の植物に対する有害性予測
研究実績報告書　若手研究⒝　課題番号18750069（2006年度～2008年度）……………………………庄司　良

⑶特許など

殺菌方法及び電解水噴出装置　特許公開2006－346203（2006，12，28）
………………………………………………………………………北折典之，宇野雅晴，錦　善則，古田常人
String wireless sensor and its manufacturing method　米国特許7,129,834（October 31，2006）………………町田　茂
消去可能な印刷インキ　特許3898699（2007，１，５）……………………………………………………………町田　茂
線状無線タグ体　特許3873022（2006，10，27）……………………………………………………………………町田　茂
化学物質管理システムおよび同化学物質の管理方法並びに記録媒体　特許3854240（2006，９，15）…………町田　茂

⑷解説・研究ノート・エッセイなど

高専教育の特長（『国立高専だより』創刊号，2006，７）…………………………………………………………津田　潔
『相談室だより』（第33号，2006，６）……………………………………………………………………………古屋正俊
『相談室だより』（第34号，2006，10）……………………………………………………………………………古屋正俊
『相談室だより』（第35号，2007，１）……………………………………………………………………………古屋正俊
『相談室だより』（第36号，2007，２）……………………………………………………………………………古屋正俊
湘南海岸までの42km 東京高専でチャレンジウォーク（『文教速報』2006，11，13）……………………………古屋正俊
裏山の植生調査報告会（『文教速報』2006，11，17）………………………………………………………………古屋正俊
キャンパスのクスノキで木登り体験講座（『文教速報』2006，11，24）…………………………………………古屋正俊
川北稔責任編集『歴史学事典　第13巻―所有と生産』（弘文堂，2007，４）………………………浅野敬一（分担執筆）
高専間教員交流に参加して（『日本高専学会誌』第12巻第１号　No.45（2007）p.６－８）…………………小中澤聖二
［展望・解説］巻頭言：特集号の発刊に際して　キャビテーション研究分科会報告
（『ターボ機械』第35巻第３号，2007，３，pp.129－130）…………………………………斉藤純夫，井小萩利明
ナノインデンテーション法とその応用

（『材料試験技術』vol. 51　No. 3　pp. 173－178（2006, 7））……福田勝己，佐藤茂夫，石橋達弥，小林光男

全国高専の先生によるものつくりのたね15　新型断熱塗料の省エネ効果

（全国商工新聞新春特別号，2007, 1）……………………………………………………………………………清水昭博

高専における国際性豊かな人材育成教育の現状と課題

（㈱国立高専機構『平成18・19年度教育改善共同プロジェクト中間報告書』，2007, 3，pp. 128－136）

……………………………………………………松井義弘，竹田恒美，斎藤四郎，村井三千男，加藤　格，庄司　良

（解説）アルカリ金属－グラファイト層間化合物による分子吸収

（『炭素2007』［No. 226］38－42. 2007, 1）…………………………………………………………………阿久沢　昇

（研究室紹介）黒鉛層間化合物の化学と応用（『炭素　2007』［No. 227］131－132. 2007, 3）……………阿久沢　昇

高専（工業高等専門学校）の技術者教育と材料研究

（『セラミックデータブック2006』34巻88号，2006, 6，pp. 29－32）………………………水谷惟恭，三谷知世

『新撰万葉集』注釈稿（上巻　冬部　七九〜八〇）

The Annotation of the Shinsen-man'yōshū (14)

一般科目　津　田　　潔・共立女子大学　半　澤　幹　一

Kiyoshi TSUDA, Kan'ichi HANZAWA

This paper is the annotation of the Shinsen-man'yōshū edited in 893 ?

(Keyword : the Shinsen-man'yōshū)

79　堀手置芝　池者鏡砥　凍礼鞆　影谷不見手　年曽歴芸留

　ほりておきし　池は鏡と　凍れども　影だに見えで　年ぞへにける

【校異】

初句の「堀」を、元禄九年版本・文化版本・久曽神本は「掘」とし、同じく「芝」を、類従本・羅山本・無窮会本は「之」とし、第四句の「不」を、永青文庫本・久曽神本は欠いて、「見」の後に「沼」を置き、同じく「手」を、類従本・京大本・大阪市大本・天理本・羅山本・永青文庫本・久曽神本は欠き、結句の「歴」の後に、永青文庫本・久曽神本は「丹」を置き、同じく「芸」を、永青文庫本・久曽神本は「介」とし、同じく「留」を、和学講談所本・文化写本は「里」とする。

付訓にとくに問題になる異同は認められない。

同歌は、寛平御時后宮歌合（十巻本、冬歌、一二六番）にあり（ただし第四句「影にもみえぬ」）、また古今和歌六帖（巻一、天、氷、七六七番）にある（ただし第三句・第四句「こほれるを見ることなくて」）。

【通釈】

（庭に）掘っておいた池は（今や）鏡のように凍っているけれども、（その表面にあの人の）姿さえも見えないまま、一年が経ってしまった

79　眼前貯水号瑶池。　眼前に水を貯へて瑶池と号す。

手漑手穿送歳時。　手づから漑(そそ)ぎ手づから穿ちて歳時を送る。

冬至毎朝凍作鏡、　冬至りて朝毎に凍りて鏡と作り、

春来終日浪成漪。　春来れば終日浪たちて漪(さざらなみ)を成す。

【校異】

「凍作鏡」を、永青文庫本・久曽神本「涼作鏡」に作る。「浪成漪」を、永青文庫本・久曽神本「浪成綺」に作る。

【通釈】

目の前の土地に水をためて、そこをあの西王母がいるという瑶池と名付けた。自分自ら水路を掘って、水を注いで、いくつもの季節を見送ってきた。その池は、冬が来て冬至の頃になると毎朝凍って鏡のようになり、春になると一日中波立って波紋を描く。

【語釈】

眼前　目の前。すぐそば。宋・謝荘「悦曲池賦」に「引一息於魂内、擾百緒於眼前」（『藝文類聚』池）、白居易「得湖州崔十八使君書喜与杭越鄰郡因成長句代賀兼寄微之」詩に「故情歓喜開書後、旧事思量在眼前」（『千載佳句』書信）とあり、島田忠臣「奉傷致仕藤御史」詩に「眼

なあ。

【語釈】

ほりておきし　「ほる（掘）」と「おく（置）」が続く表現は万葉集にも八代集にも見られない。本歌では庭の土を掘って池を造ることを表すと考えられるが、「あしびなす栄えし君が掘りし井の石井の水は飲めど飽かぬかも」（万葉集七―一一二八）「浅してふ事をゆゆしみ山の井はほりし濁に影は見えぬぞ」（後撰集九―五三二）の「井」のように、掘った結果を「ほる」の対象語とする例である。「おく」は他の動詞に下接して、その動作結果の状態が続くことを意味し、「あしひきの山桜戸を開け置きて我が待つ君を誰か留むる」（万葉集一一―二六一七）のように、万葉集から用例が認められる。　**池は鏡と**　「いけ（池）」は小さい窪地に自然に水が溜まったところあるいは人工的に土を掘って水を溜めたところで、本歌は後者で、「外に居て恋ひつつあらずは君が家の池に住むといふ鴨にあらましを」（万葉集四―七二六）や「わがやどの池の藤波さきにけり山郭公いつかきなかむ」（古今集三―一三五）などと同様に、家の庭に造ったものをいう。「鏡と」は第三句の動詞「凍る」を連用修飾し、鏡のようにという比喩を表す。池の表面を鏡に見立てるのには、「はるの日の影そふ池のかがみには柳のまゆぞまづは見えける」（後撰集三―九四）という例があるが、これは「年をへて花のかがみとなる水はちりかかるをやくもるといふらむ」（古今集一―四四）「ことしだにかがみとみゆるいけ水のちよへてすまむかげぞゆかしき」（後拾遺集七―四五六）などと同様に、水の表面が凍っていない状態である。凍った表面を鏡に見立てた例としては、「たにがはのよどみにむすぶこほりこそ見る人もなきかがみなりけれ」（金葉集四―二七二）、これに準じるものとして「ひとり見る池のこほりにすむ月のやがて袖にもうつりぬるかな」（新古今集六―六四〇）などが見られる。どちらにせよ、その表面が透明で物の姿形を映し出すことによる見立てである。　**凍れども**　万葉集では「…我が衣手に　置く霜も　氷にさえ渡り　降る雪も　凍り渡りぬ…」（万葉集一三―三二八一）のように、雪が「こおる」と

前恩少蒲輪喚、身後功多竹帛書」（『田氏家集』巻下）、都良香「竹生島作」詩に「三千世界眼前尽、十二因縁心裏空」（『和漢朗詠集』山寺）とある。　**貯水**　水を入れる。水をたくわえる。葛洪「神仙伝」に「左慈。字元放、廬江人也。…因求銅盤貯水、以竿餌鈎釣于盤中」（『初学記』漁・引鱸）、李頎「夏宴張兵曹東堂」詩に「羽扇揺風卻珠汗、玉盆貯水割甘瓜」とあり、島田忠臣詩の題に「大相府東庭、貯水成小池、…応教」（『田氏家集』巻上）とある。　**号瑶池**　「号」は、名付ける、～と呼ぶ。「～を～と号す」は、本集の定型句の一つ。四二番・六四番・七二番を参照のこと。「瑶池」は、「穆天子伝」に「天子觴西王母于瑶池之上、西王母為天子謡」（『藝文類聚』池）とあるように、西王母の住む崑崙山上にあったという伝説上の池。そこから、樊寔「歩虚詞」に「仍憐一夜春風急、開尽瑶池万樹花」（『千載佳句』仙境、佚）、蘇瑰「興慶池侍宴応制」詩に「金闕平明宿霧収、瑶池式宴俯清流」とあるように、広く仙境を指したり、宮殿の池や、美しい池も意味したりするようになる。さらに、伊与部馬養「従駕応詔」詩に「豈独瑶池上、方唱白雲篇」（『懐風藻』）、犬上王「遊覧山水」詩に「暫以三余暇、遊息瑶池浜」（『懐風藻』）、石川石足「春苑応詔」詩に「水清瑶池深、花開禁苑新」（『懐風藻』）、美努浄麻呂「春日応詔」詩に「曲浦戯嬌鴬、瑶池躍潜鱗」（『懐風藻』）、淳和天皇「秋日冷然院新林池探得池字応製」詩に「景物仍堪遊聖目、何労整駕向瑶池」（『文華秀麗集』巻上）とあるなど、上代には多数の用例がある。　**手漑手穿**　「手」は、自分自身で、自分の手で、の意の副詞的用法。「漑」は、水を注ぐこと。「穿」は、『広韻』が「通也」というように、土を掘って、水路を造ること。『史記』河渠書に「其後荘熊羆言、臨晋民願穿洛、以漑重泉以東萬余頃故鹵地。…皆穿渠為漑田、各万余頃」、『漢書』溝洫志に「穿渠引汾漑皮氏・汾陰下、引河漑汾陰・蒲坂下、度可得五千頃。…自鄭国渠起、至元鼎六年、百三十六歳、而児寛為左内史、奏請穿鑿六輔渠、以益漑鄭国傍高卬之田。…若乃多穿漕渠於冀州地、使民得以漑田、分殺水怒、雖非聖人法、然亦救敗術也」などとあるように、この二字は「穿―漑」と連続して用いられることが多い。漢の「汲県長

いう例とともに、「佐保川に凍り渡れる薄ら氷の薄き心を我が思はなくに」（万葉集二〇―四四七八）のように、川が「こおる」という例が一例あるが、池に関しては見られず、「池水や氷とくらむあしがもの夜ぶかくこゑのさわぐなるかな」（拾遺集四―二三一）「とびかよふをしのはかぜのさむければ池の氷ぞさえまさりける」（拾遺集四―二三二）などのように、拾遺集になって現れる。　**影だに見えで**　この「かげ（影）」は「鏡」との関係から、映って見える物の姿・形を表す。「見ゆ」という表現と結び付く例は、「安積香山影さへ見ゆる山の井の浅き心を我が思はなくに」（万葉集一六―三八〇七）「池水に影さへ見えて咲きにほふあしびの花を袖に扱入れな」（万葉集二〇―四五一二）などのように「さへ」という助詞も付いて、万葉集から見られる。ただその影は山や花であって、人ではない。「だに」を下接した例としては、八代集になって「影だにも見えずなりゆく山の井はあさきより又水やたえにし」（後撰集九―五三〇）「なき人の影だに見えぬやり水のそこは涙にながしてぞこし」（後撰集二〇―一四〇二）などがあり、これらの影は人とくに思い人の姿・形で、打消しを伴ない、本人はもとより、影も見えないことを歎くものになっている。「見えで」の「で」は打ち消しの接続助詞で、小学館古語大辞典によれば、「「ずて」は万葉集に用いられ、平安時代が歌にだけ用いられた」とある。　**年ぞへにける**　この表現で結句を成す歌は、「古ゆあげてし服もかへり見ず天の川津に年ぞ経にける」（万葉集一〇―二〇一九）「しきたへの枕をまきて妹と我と寝る夜はなくて年ぞ経にける」（万葉集一一―二六一五）、「わすらるる身をうぢばしの中たえて人もかよはぬ年ぞへにける」（古今集一五―八二五）「池水のいひいづる事のかたければみごもりながらとしぞへにける」（後撰集一二―八九〇）などのように見られ、どれも不本意な状態のまま、一年あるいは数年が経過してしまったことを慨嘆する内容になっている。

【補注】

　本歌は本集冬部の冒頭に位置するが、初冬の情景を詠んだものとは言いがたい。冬という季節を喚起するのは「凍れども」という表現のみで

老為崔瑗歌」に「穿溝広溉灌。決渠作甘雨」とある。本詩で逆になっているのは、平仄のため。　**送歳時**　「歳時」は、四季や歳月を表す言葉として広く用いられるが、「送歳時」という表現は見あたらない。これは、和歌の「としぞへにける」に対応する漢語表現であることは言を待たないが、漢詩で「歳時」を用いて年月の経過、長い年月を表す場合は、たとえば六朝詩では、「倏忽歳時過」（竺僧度「答苕華詩」）、「空待歳時移」（呉均「共賦韻詠庭中桐詩」）、「荏苒積歳時」（楊素「贈薛播州詩其七」詩）などと表現され、唐詩では「忽已歳時遷」（杜甫「歴歴」詩）、「歳時易遷次」（韓愈「贈徐州族姪」詩）、「遣君安楽歳時多」（白居易「自戯三絶句　心重答身」詩）などと表現されて、「送」は取らないのが一般。また、本集に「携手携觴送一時」（一九番）とあったように、「送歳」という場合も、陳師道「湖上晩帰寄詩友」詩に「残年憎送歳、病眼怯逢春」というように、新年を迎えて、旧年を見送るという意味合いが強い。なお、「送時」の用例を知らない。　**冬至**　「冬至」は、言うまでもなく二十四節気の一つであり、史書や経書にも広く用いられる語であるが、張華「晋冬至初歳小会歌」以下、詩題にこの語を含むものは六朝詩に少なくないものの、詩本文に詩語として用いられたことはなかった。崔日用「餞唐永昌」詩に「冬至氷霜倶怨別、春来花鳥若為情」とある例が初出だろう。「春来」とも対を成す。以下、孟浩然「陪張丞相自松滋江東泊渚宮」詩に「晩来風稍急、冬至日行遅」、杜甫「至後」詩に「冬至至後日初長、遠在剣南思洛陽」、白居易「冬至夜」詩に「三峡南賓城最遠、一年冬至夜偏長」（『千載佳句』冬至、『句題和歌』冬）などと一般化する。　**毎朝**　朝ごとに。この語も、史書や経書に広く用いられるが、意外なことに六朝詩本文に用いられた形跡がない。おそらく、晩唐・姚合「寄山中友人」詩に「流年何処在、白日毎朝新」とあるのが初出。また、具平親王「秋葉随日落」詩に「逐夜光多呉苑月、毎朝声少漢林風」（『和漢朗詠集』落葉）、大江匡衡「寛弘七年三月三十日…以詩題庁壁」詩に「州民莫怪怱怱去、我是毎朝事帝王」（『江吏部集』）とあり、本集には、「毎朝尋到望山顔」（八六番）とある。　**凍作鏡**　※

あり、結句の「年ぞへにける」からはむしろ、一年の終わりという印象のほうが強い。しかし、それ以上に本歌は、恋歌としての性格が濃厚である。

それは、第四句の「影」が自然物の何かの影とうかがわせる要因が表現上、見当たらないことによる。結果的に、初句の「ほりておきし」という、ことさらな表現から、訪れる誰かのためにというニュアンスが引き出され、「影」もその人に結び付けられることになる。

現実的には、池の氷の表面にその人の姿が映しだされるというのは、当人がその場にいてこそ成り立つのであるから、当人が不在ならば影が見えないのは当然のことである。したがって「影だに見えで」というのは実は、その人の面影ということになるだろう。

「ほりておきし」から「凍れども」までの期間を考えるならば、「年ぞへにける」は数年ではなく、一年というサイクルの経過を、相手の不在の長さとしてとらえていると見ることができる。

※

『礼記』月令の「孟冬之月、…水始氷、地始凍」、「仲冬之月、…冰益壮、地始坼」などという事柄に対応する表現。氷を鏡に見立てる例は、梁簡文帝蕭綱「玄圃寒夕詩」に「雪花無有蔕、氷鏡不安臺」、太宗皇帝「秋暮言志」詩に「結浪冰初鏡、在逕菊方叢」などとあり、その逆も、謝脁「鏡臺」詩に「対鳳懸清氷、垂龍掛明月」、梁簡文帝蕭綱「詠鏡詩」に「如氷不見水、似扇長含暉」(『初学記』鏡)、徐陵「長相思」に「室冷鏡疑氷、庭幽花似雪」とある。また、島田忠臣「七言就花枝応製一首」詩に「半綻春粧応製断、初融氷鏡未流澌」(『田氏家集』巻下)、大江匡衡「晩冬同賦池氷如対鏡」詩に「詩家任情不営営、静対池氷若鏡清」(『江吏部集』)とあり、本集には「冬来氷鏡拠簷懸」(八四番)、「池上凍来鏡面熒」(八九番)などとあった。 **春来** 春になる。顔延之「秋胡行」詩に「春来無時豫、秋至恒早寒」、謝荘「懐園引」詩に「歳去氷未已、春来雁不還」とある。なお、一番詩参照。 **終日** 一日中。一七番・五六番・六八番・七六番詩参照。 **浪成漪** 「漪」とは、風が水面を吹くことで生じる波紋のこと。さざなみ。左思「呉都賦」に「剖巨蚌於回淵、濯明月於漣漪」(『文選』巻五)とあり、その五臣注に「風行水成文曰漣漪。詩曰、河水清且漣漪。明月珠、珠之至光者。清且漣漪者、水極麗也」とあり、白居易「草堂前新開一池養魚種荷日有幽趣」詩には「未如新塘上、微風動漣漪」とある。また、都良香「梅雨新晴」詩に「雲消碧落天膚鮮、風動清漪水面皺」(『和漢朗詠集』晴)とある。『礼記』月令の「孟春之月、…東風解凍、蟄虫始振、魚上氷…」に対応する表現。

【補注】

韻字は、「池」「漪」(上平声五支韻)と「時」(上平声七之韻)で、両者は同用。平仄にも基本的誤りはない。

承句の「漑」と「穿」が一緒に使用されるのは、『史記』河渠書や、『漢書』溝洫志など、灌漑のために田畑に引く水路の記録である。ただし、言うまでもなくこの作品はそれらを参考にして作られているというわけではなく、前後の漢語の語性を明らかにしたように、あくまでも和歌の内容に沿うように、散文的な語句でも敢えて用いるという態度で作られていると見るべきだろう。

起句で、自作の池を「瑶池」と呼ぶのも、いかにも使い古された陳腐な形容であり、「〜と号す」とするのもパターン化している。さらに、「送歳時」の見慣れぬ表現は、おそらく押韻のために「時」字を用いざるを得なかったために生じた事態だろう。おそらく作者はこの語によって、歳月の経過を述べたかったのであろうが、漢詩の中でのこの語の比重は、どう見ても和歌の「年ぞへにける」に似合うものになっていない。

全体として見ても、この漢詩の中心はどこにあるのかさっぱり要領を得ない。後半の対句もお座なりの感をぬぐえず、和歌の表面的な意味をなぞっただけの作品と言うしかないだろう。

【比較・対照】

本詩は、「影だに見えで」という一点を除き、本歌の表現を写しているといえる。すなわち「ほりておきし池」は詩のほぼ前半、「鏡と凍れども」は転句、そして結句の「年ぞへにける」は承句の「送歳時」である。しかし、本詩が、「影だに見えで」との対応を捨てたことによって、本歌の恋歌的な趣意がまったく生かされず、詩【補注】に言うように、「和歌の表面的な意味をなぞっただけの作品」、つまり池の時間的推移を表現するだけのものになってしまったと考えられる。

しかも、本歌も冬という季節感が希薄であるが、「凍れども」により特定が可能であるのに対して、詩は後半の対句仕立てにより、冬と春を相対化してしまい、季節歌としての対応も失われたことになる。

どうしてこのような結果になったのか。「影だに見えで」が意味することが理解できなかったとは考えがたい。手がかりになりそうなのが本詩起句の「瑶池」である。詩【補注】は「自作の池を「瑶池」と呼ぶのも、いかにも使い古された陳腐な形容であ」るとするが、その池を西王母自身に見立てたとすれば、詩の後半はその人の表情や様子の変化としてとらえることもできなくはない。つまり、「瑶池」と名づけることで、西王母という女性に見立てることにより、歌の「影だに見えで」の示唆する男女関係を写そうとしたのではないか。もとより、その成否は別であるけれども。

80　小竹之葉丹　置自霜裳　独寝留　吾衣許曽　冷増芸礼
ささの葉に　置く霜よりも　独り寝る　吾が衣こそ　さえ増さりけれ

【校異】

第二句の「自霜」を、底本・元禄九年版本・元禄十二年版本・文化版本・文化写本以外は「白露」とし、第三句の「独」を、講談所本・道明寺本は「猶」とし、結句の「増」を、永青文庫本は「憎」とし、同じく「芸」を、永青文庫本・久曽神本は「介」とする。

付訓では、第二句の「しもより」を、羅山本・無窮会本は「しらつゆ」とする。

同歌は、寛平御時后宮歌合（十巻本、冬歌、一二〇番）にあり（ただし第四句・結句「わがころもでぞさえまさりける」）、また古今集（巻一二、恋歌、五六三番）に「寛平御時きさいの宮の歌合のうた　藤原としゆきの朝臣」としてあり（ただし第四句・結句「わが衣手ぞさえまさりける」）、古今和歌六帖（巻一、天、霜、六六八番）にもある（ただし第四句・結句「わが衣手ぞさえまさりける」）。

【通釈】

80　玄冬季月景猶寒。　玄冬の季月景猶ほ寒し。
露往霜来被似単。　露往き霜来りて被単なるに似たり。
松柏凋残枝惨冽、　松柏凋残して枝惨冽、
竹叢変色欲枯殫。　竹叢色を変じて枯れて殫きなんとす。

【校異】

「景」に、底本はじめ版本・日本詩紀本・下沢文庫本・文化写本・藤波家本・和学講談所本・道明寺本「気」の異本注記あり、類従本・林羅山本・無窮会本・永青文庫本・久曽神本「気猶寒」に作る。「露往」を、類従本「往往」に作り、元禄九年版本・文化写本「露」に「往」の注記あり。「霜来」を、京大本・大阪市大本・天理本「寒来」に作る。「枝惨冽」を、京大本・大阪市大本・天理本「枝烈惨」に作り、前二者には「烈」に「渕」の注記あり、道明寺本「冽」に「列」の注記あり、永青文庫本・久曽神本「枝惨例」に作る。「竹叢」を、類従本・羅山本・無窮会本・久曽神本「竹藂」に作り、元禄九年版本・文化写本「藂」の異本注記あり。「枯殫」を、底本・藤波家本・和学講談所本・道明寺本・京大本・大阪市大本・天理本・林羅山本・無窮会本「枯弾」に作り、文化写本・和学講談所本・道明寺本・天理本には「殫也」の注記あり。

笹の葉に置く霜よりも、独りで寝る私の衣のほうが、さらに冷え冷えとすることだなあ。

【語釈】

ささの葉に　「ささ」に「小竹」の漢字表記を当てるのは万葉集に見られ（二−一三三、一〇−二三三七）、また和名抄にも「俗用小竹二字謂之佐佐」とある。ササはタケの一種とされ、茎が細く丈の低いものをいうが、同様のものを「しの」ともいい、万葉集では「ささ」と同じく「小竹」とも表記される（七−一三四九、七−一三五〇など）。両者の区別は定かではないものの、「ささ」の方は本歌のように、「葉」に特定されることが多く、歌材として秋・冬とりわけ冬の季節に詠まれ、「はなはだも夜ふけてな行き道の辺のゆ笹の上に霜の降る夜を」（万葉集一〇−二三三六）「望多の嶺ろの笹葉の露霜の濡れて我来なば汝は恋ふばそも」（万葉集一四−三三八二）、「ささのはにおくはつしもの夜をさむみしみはつくとも色にいでめや」（古今集一三−六六三）「さむしろにおもひこそやれささの葉にさゆるしも夜のをしのひとりね」（金葉集四−二九八）「ささのはは深山もさやにうちそよぎこほれる霜を吹く嵐かな」（新古今集六−六一五）などのように、「しも（霜）」を伴なうのが目立つ。　**置く霜よりも**　「霜」については、本集二三番歌【語釈】「霜や降れる」の項で取り上げ、「降る」と「置く」の違いに関しても触れてある。本歌のように「〜ニ置く霜」の形で、場所を明示した連体修飾表現の例としては、「春されば水草の上に置く霜の消つつも我は恋ひ渡るかも」（万葉集一〇−一九〇八）、「わがやどの菊のかきねにおくしものきえかへりてぞこひしかりける」（古今集一二−五六四）「ひさぎおふるをののあさぢにおく霜のしろきをみれば夜やふけぬらん」（千載集六−三九九）などの植物のほか、「…我が衣手に　置く霜も…」（万葉集一三−三二八一）、「冬の池の鴨のうはげにおくしものきえて物思ふころにもあるかな」（後撰集八−四六〇）「としふればわがいただきにおくしもをくさのうへともおもひけるかな」（金葉集九−五六九）など多様に見られる。「よりも」の「より」は結句の「さえ増さる」ことの比較の基

「弾」の訓も、「ツキナント」（底本・和学講談所本・道明寺本・林羅山本・無窮会本）とある。

【通釈】

冬も終わりの十二月だというのに日の光は相変わらず寒々しい。秋から冬になって布団を何枚掛けても一枚のようにしか感じられない。その寒さに、常緑樹であるはずのマツやカシワも衰え凋んで、枝も凍えているし、あの生命力にあふれた竹藪も色を変えて、枯れて無くなろうとしている。

【語釈】

玄冬　冬の異称。梁元帝『纂要』に「冬曰玄英。（気黒而青英。）亦曰安寧。亦曰玄冬。三冬。九冬」（『初学記』冬）とある。楊雄「羽猟賦」に「於是玄冬季月、天地隆烈」（『文選』巻八）とあり、李善が「北方水色黒、故曰玄冬。隆烈、陰気盛」というように、五行では冬は北の方角に当たって水を意味し、その色は黒いから「玄」という。また、このときは天地に陰気が盛んに立ちこめることになる。晋・張望「貧士」詩に「炎夏無完絺。玄冬無暖褐」（『藝文類聚』・『初学記』貧）とある。菅原道真「臘月独興」詩に「玄冬律迫正堪嗟、還喜向春不敢賒」（『菅家文草』巻一）とあり、本集の上巻・序に「青春之時、玄冬之節」とある。
季月　すえの月。各季節の終わりの月で、ここは旧暦十二月。江淹「雑体詩三十首袁太尉従駕　淑」詩にも「詔徒登季月、戒鳳藻行川」（『文選』巻三一）とあり、藤原宇合「七言秋日於左僕射長王宅宴」詩に「帝里烟雲乗季月、王家山水送秋光」（『懐風藻』）とある。　**景猶寒**　「景」は、元来「光」と同源で日光を意味したが、のちに日光とそれが照らす場所も含むようになり、影の部分は「影」の字に分化する一方で、次第に光りそのものの意味が失われて、けしきの意味だけを担うようになる。ここは、日の光がまだ冷たいの意。韓愈「謝自然詩」に「白日変幽晦、蕭蕭風景寒」、孟郊「旅次洛城東水亭」詩に「霜落葉声燥、景寒人語清」、白居易「和微之詩二十三首　和三月三十日四十韻」詩に「寒景尚蒼茫、和風已吹嘘」とある。異文「気猶寒」は、『礼記』月令に「季

準を示しているが、「まさる」には、万葉集では「賢しみと物言ふよりは酒飲みて酔ひ泣きするし優りたるらし」（万葉集三―三四一）「相見まく欲しきがためは君よりも我そまさりていふかしみする」（万葉集一二―三一〇六）、「都なる荒れたる家にひとり寝ば旅にまさりて苦しかるべし」（万葉集三―四四〇）「年にありて一夜妹に逢ふ彦星も我にまさりて思ふらめやも」（万葉集一五―三六五七）、「人言はしましそ我妹綱手引く海ゆまさりて深くしそ思ふ」（万葉集一一―二四三八）などのように、比較基準を示す語として「より」だけでなく「に」や「ゆ」も用いられ、古今集以降も「より」と「に」がほぼ同程度に見られる。なお【校異】に示したように、多くのテキストがこの句を「置白露裳」（置く白露も）とするが、意味的にも統語的にも下句とのつながりが悪いので採らない。　**独り寝る**　この表現で一句を成し、連体修飾句として、「一人寝る夜を数へむと思へども恋の繁きに心利もなし」（万葉集一三―三二七五）、「ひとりぬる時はまたるる鳥のねもまれにあふよはわびしかりけり」（後撰集一三―八九五）などのように時間を修飾する例や、「ひとりぬるとこは草ばにあらねども秋くるよひはつゆけかりけり」（古今集四―一八八）「ひとりぬるやどには月の見えざらば恋しき事のかずはまさらじ」（拾遺集一三―七九四）などのように場所を修飾する例や、「ひとりぬる人のきかくに神な月にはかにもふるはつ時雨かな」（後撰集八―四四七）「ひとりぬるひとやしるらん秋のよをながしとたれかきみにつげつる」（後拾遺集一六―九〇六）「ひとりぬるわれにてしりぬ池水につがはぬをしのおもふ心を」（千載集一三―七八七）などのように寝る主体を修飾する例がある。　**吾が衣こそ**　「わ（あ）がころも」という表現は万葉集には「我が衣人にな着せそ網引する難波をとこの手には触とも」（万葉集四―五七七）「別れなばうら悲しけむ我が衣下にを着ませ直に逢ふまでに」（万葉集一五―三五八四）などあるが、本集には本歌以外はなく、八代集には見られない。一方、同歌所載の他集が採る「わがころもでぞ」という表現は万葉集にも八代集にも認められる。第二句「独り寝る」が修飾するのは、「わが」を連体詞ととれば「ころも」と

秋之月、…是月也、霜始降、則百工休。乃命有司曰、寒気総至、民力不堪。其皆入室」、「古詩十九首其一七」詩に「孟冬寒気至、北風何惨慄」（『文選』巻二九）とあるように、大気の冷たさを言うのは、晩秋から冬にかけての常套句。両本文とも成立するが、「気猶寒」という常套表現から、「景猶寒」が派生したとは考えにくい。　**露往霜来**　秋が去って冬になること。左思「呉都賦」に「露往霜来、日月其除。草木節解、鳥獣腯膚」（『文選』巻五）とあるに基づく。『礼記』月令に「孟秋之月、…涼風至、白露降」とあるように、露は初秋のもの。また、『礼記』月令に「季秋之月、…是月也、霜始降、則百工休」とあり、『毛詩』豳風・七月に「九月粛霜、十月滌場」、左思「雑詩」に「秋風何洌洌、白露為朝霜」（『文選』巻二九）とあるように、霜は旧暦の九月、晩秋を意味するが、宋玉「九辯五首其三」に「秋既先戒以白露兮、冬又申之以厳霜」（『文選』巻三三）ともあるように、冬のものでもある。ちなみに、元禄九年版本などには、「露」には「アキ」、「霜」には「フユ」の訓が付される。菅原道真「老苔」詩に「澗深秋雨後、庭老暁霜来」（『菅家文草』巻二）とある。　**被似単**　「被」は、夜具、かい巻き。掛け布団のこと。潘岳「寡婦賦」に「帰空館而自怜兮、撫衾裯以歎息」（『文選』巻一六）とあり、李善は「毛詩曰、抱衾与裯、寔命不猶。毛萇詩伝曰、衾、被也。裯、単被也」とあるを指摘する。また、潘岳「悼亡詩三首其二」詩に「凛凛涼風升、始覚夏衾単」（『文選』巻二三）とあり、李善は「毛萇詩伝曰、衾、被也」という。厚い綿の入った掛け布団を掛けているのだが、寒さが厳しくて薄い一重の夏掛けしか掛けていないようだ、の意。ここは和歌にある「吾が衣（吾衣）」を意味することは言を待たないと思われるのだが、何故か底本始め諸本の付訓は「フスマ」あるいは「マ」の添え仮名を持つものしかない。「被」字には「キモノ」の古訓があるにもかかわらず。　**松柏**　マツとカシワの木。『論語』子罕篇の「子曰、歳寒。然後知松柏之後彫也」（『初学記』冬）、「孫卿子曰、至於松柏、経隆冬而不彫、蒙霜雪而不変、可謂得其真矣」（『文選』巻二二・左思「招隠詩二首其二」詩李善注所引『荀子』逸文）の語句に象徴されるように、

なるけれども、前項で確認したように、「独り寝る」はその時間・場所・主体を修飾するのであって、「ころも」あるいは「ころもで」にかかる例は見られない。とすれば、本歌の「わが」は人称代名詞の「わ」＋格助詞「が」で、「独り寝る」はこの「わ」を修飾しているととらざるをえない。同様の例として、「ころもで」の例ではあるが、「君がため春ののにいでてわかなつむわが衣手に雪はふりつつ」（古今集一―二一）「みるめかるあまとはなしに君こふるわが衣手のかわく時なき」（拾遺集一一―六六七）「おもひやるわがころもではささがにのくもらぬそらにあめのみぞふる」（後拾遺集一七―一〇〇三）などを挙げることができる。

さえ増さりけれ　「冷」字を「さゆ」と訓むのは古辞書には例がなく「冱」あるいは「冴」が一般的である。『新撰万葉集注釈　巻上（二）』は「ひえ」と訓んで特に説明はないが、底本は明らかに「サエ」と振り仮名があり、異訓も見られないので、そのままにしておく。万葉集には「…我が衣手に　置く霜も　氷にさえ（左叡）渡り　降る雪も　凍り渡りぬ…」（万葉集一三―三二八一）のように「さえわたる」という複合語の確例が一例あり、霜に関して用いられている。八代集にも「しもおかぬ袖だにさゆる冬の夜にかものうはげを思ひこそやれ」（拾遺集四―二三〇）「さむしろにおもひこそやれささの葉にさゆるしも夜のをしのひとりね」（金葉集四―二九八）「霜さえてかれ行くをののをかべなるならのひろはに時雨ふるなり」（千載集六―四〇一）などのように、「しも（霜）」とともに現れる例が見られるが、「ころも」に関する例は見当たらない。ただ右掲の拾遺集の例や「しらやまもとしふる雪やつもるらんよはにかたしくたもとさゆなり」（新古今集六―六六六）などのように、「ころもで」と類義の「そで」や「たもと」についての例は認められる。「さえまさる」という複合語としては「とびかよふをしのはかぜのさむければ池の水ぞさえまさりける」（拾遺集四―二三二）「中中に霜のうはぎをかさねてもをしの毛衣さえまさるらん」（金葉集異六八六）などの例がある。

【補注】

両方とも秋や冬にも色を変えない常緑樹の代表であり、そこから永遠に不変なものの象徴としても用いられる。藤原宇合「在常陸贈倭判官留在京」詩に「為期不怕風霜触、猶似巌心松柏堅」（『懐風藻』）、空海「贈伴按察平章事赴陸府」詩に「持節犯霜如松柏、含貞凌雪似竹筠」（『性霊集』巻三）とあり、本集には「咄来寒歳柏与松」（一一〇番）とある。

凋残　草木が衰えしぼむこと。また「彫残」とも。劉琨「答盧諶書」に「国破家亡、親友彫残」（『文選』巻二五、『藝文類聚』言志）とあるように、人事にも用いるが、范縝「擬招隠士」詩に「夫君兮不還、蕙華兮彫残」、江總「内殿賦新詩」に「風高暗緑凋残柳、雨駛芳紅湿晩芙」とある。日本漢詩にも、菅原道真「白毛歎」詩に「筋力莫言年幾老、四旬有五豈凋残」（『菅家文草』巻四）、具平親王「戸部尚書重賦…以尽余意」詩に「韻句花開堪賞翫、貞堅松老不凋残」（『本朝麗藻』）とあるように、双方の用例がある。**枝惨冽**　「惨冽」は、寒さ冷たさの激しく厳しいこと。周・劉璠「雪賦」に「違朝陽之曜煦、就凌陰之惨冽」（『藝文類聚』・『初学記』雪）、白居易「新沐浴」詩に「是月歳陰暮、惨冽天地愁。白日冷無光、黄河凍不流」とあり、大江通直「依酔忘天寒」詩に「惨冽忽諸春思冒、厳凝除却暖光生」（『類題古詩』忘）とある。異文「烈惨」は、用例を知らないが、それを互倒した「惨烈」は、張衡「西京賦」に「於是孟冬作陰、寒風粛殺。雨雪飄飄、氷霜惨烈」（『文選』巻二、『藝文類聚』総載居処）とあるように、「惨冽」とほぼ同義で用いられ、滋野貞主「王昭君」詩に「朔雪翩翩沙漠暗、辺霜惨烈隴頭寒」（『凌雲集』）、菅原道真「雪夜思家竹」詩に「非唯地乖限、遭逢天惨烈」（『菅家後集』）とある。ただし、何れも「惨冽」の主体は天や風などの気象に関するものであって、「枝」のような植物ではない。ちなみに「冽」と「烈」は同音。**竹叢**　竹やぶ。陳・祖孫登「詠風詩」に「飄颻楚王宮、徘徊繞竹叢」（『藝文類聚』・『初学記』風）とある。また、張衡「東京賦」に「永安離宮、脩竹冬青」（『文選』巻三）とある、その薛綜注に「脩、長也。冬青、謂不彫落也」とある。左思「呉都賦」に「其竹則…苞筍抽節、往往縈結。緑葉翠茎、冒霜停雪」（『文選』巻五）とあるのを

自然と人事を対比して表現するのは古代和歌の常套的な方法であるが、本歌のように、霜と衣を「さえる」度合いで比較する例は他に見当たらない。霜のほうは物理的な冷たさであるのに対して、衣はそのうえに独り寝の心理的な冷えが加えられる分だけ「さえ増さる」ことになると考えられる。ただ、「さゆ」という語は「ひゆ」が触覚的であるのに対して視覚的な感覚を表すので、そのような自分自身を客観視しているように受け取られる。

【語釈】においても触れたように、第四句「吾が衣こそ」を、古今集をはじめ本集以外は「わがころもでぞ」となっていて、霜との関係を考えれば、「ころもで」のほうがふさわしいと見られなくもない。新潮日本古典集成本では「ころもで」が「さえまさる」のを「涙によってである」と注してあり、これは「ささの葉に置く霜」に対して「わがころもでに置く霜」つまり涙が対比されているとみなしてのことであろう。

ただ、そう考えると、本歌における対比の対象がずれるだけでなく、「さゆ」ということばの意味にもそぐわなくなると考えられる。古今集所載の同歌が恋部に配されているように、恋歌としては「ころもで」という全体よりも「ころもで」＝袖という部分に焦点化することにより、悲哀の涙との関連性が強く喚起されるが、本歌は自然（笹の葉に置く霜）と人事（吾が衣）との素朴な対比、序詞的な構成が持ち味ではないかと見られる。窪田評釈の「感覚的ではあるが、声調に重厚味のあるところ、この当時としてはやや異色のあるものといえる」という指摘も、それに通じるといえる。

霜は冬の代表的な景物として万葉集以来詠まれているが、すぐ消えるものというイメージが強く、本歌のように冷たいものというイメージが顕著になるのは八代集後半になってからである。その意味で、本歌はそのイメージをメインとした表現として先駆的な例であるといえよう。なお、『和歌植物表現辞典』はササとの関係について「勅撰集の四季部において、とりわけ冬の部に笹の歌が多く見られるのは、こうした霜や白い雪などの冬の景物との組み合わせへの嗜好によるところが大きかった

引用するまでもなく、竹は生命力が強く、経年枯れることのない植物の代表である。藤原茂明「冬日即事」詩にも「梅艶先春紅始綻、竹叢凌雪緑猶深」（『本朝無題詩』巻五）とある。異文「竹藂」は、用例を知らない。　**変色**　色が変わる。色を変える。庾信「擬詠懐詩二十七首其一」詩に「風雲能変色、松竹且悲吟」、陳子昂「秋日遇荊州府崔兵曹使宴詩序」に「天泬寥而煙日無光、野寂寞而山川変色」とあり、嵯峨天皇「重陽節神泉苑同賦三秋大有年」詩に「蟋蟀蔵声晩、蒹葭変色洲」（『凌雲集』）、橘直幹「秋光変山水」詩に「山葉凋零水影侵、秋光変色幾登臨」（『天徳三年闘詩行事略記』）とある。本集にも「秋風寒山色変易」（一七六番）とある。　**欲枯殫**　「枯殫」の語例を、日中ともに知らない。異文「枯弾」も同様。「弾」は意味をなさない。付訓から見ても異文は「殫」の誤写。「殫」とは、『広韻』が「尽也」というように、つきる、なくなること。先秦「穂歌」に「穂乎不得穫、秋風至兮殫零落」、魏・劉楨「贈五官中郎将詩四首其三」詩に「秋日多悲懐、感慨以長歎…白露塗前庭、応門重其関。四節相推斥、歳月忽已殫」（『文選』巻二三）などとある。

【補注】

韻字は「寒・単・殫」で、上平声二十五寒韻。平仄にも基本的誤りはない。

まず、この詩は、起句で晩冬の厳しい寒さを述べ、承句で目に見える気象の変化を述べる。後半は、それに対応する植物の変化を、常識に反する形で大げさに描くという構成を取る。

ここで問題となるのは、第二句の表現だろう。「被似単」はまだしも、「露往霜来」という措辞が適切かどうか。【語釈】の項でも触れたように「霜」はそもそも晩冬の景物ではなく、晩秋から初冬にかけてこそ、ふさわしいものであった。

『礼記』月令を例に取れば、冬は「孟冬之月、…水始氷、地始凍」、「仲冬之月、…氷益壮、地始坼」、「季冬之月、…氷方盛、水沢腹堅。命取氷、氷以入」とあるように、「氷」や「凍」がキーワードになっているので※

のであろう。笹の葉の緑に白い雪や霜の色どりが好まれた」と記しているが、笹であれ霜であれ、それぞれの色を明示的に対比した表現例は見られない。

また更に、前半の二句は、「玄冬季月」と「露往霜来」の表現が、『文選』所収の著名な賦の一節をそのまま用いたものであり、それは漢籍における典故の運用とは異なって、剽窃と言われても仕方のない傷だと言えるだろう。

要するにこの作品は、前半と後半の内容的な転換もなく、きわめて稚拙な作品と言うよりほかになかろう。

※ある。考えるまでもなく「霜」が晩秋を意味するならば、より寒い冬はそれ以上のもので表現するしかない。

【比較・対照】

漢詩の【補注】に、きわめて稚拙な作品とあるけれども、そもそもこの漢詩作者は和歌の眼目がどこにあると考えていたのだろう。和歌の【補注】を待つまでもなく、この歌が自然と人事を対比・比較したところに成立しているということは誰にでも分かるはずであり、この歌を題にして漢詩を作るということは、少なくともそのことを踏まえた上で作らなければならないことは自明のことでなければならなかったはずだ。

それが古代和歌のあまりにも常套的で陳腐な表現方法であり、それを多少なりとも避けて漢詩に表現するというのであれば、厳冬の夜、帰らぬ夫を待ちわびて、孤閨をかこつ女性を描くという、閨怨詩に常套的な表現もあったはずである。和歌の【校異】にあるように、本歌は古今集には恋歌に収載されているわけであるから、そのような設定は少しも無理なものではなかったはずであった。それとも、そのように表現することは、漢詩にとってあまりにも常套的な方法であり、それを避けたが故にこのようになったとでも言うのだろうか。

ともあれ、漢詩作者が本歌の肝心なもっとも基本的な主題を忘れて、「置く霜」や「笹の葉」、「吾が衣」などの和歌の些末な単語そのものに気を遣いすぎたために、ただ単に、冬はひどく寒いという、当たり前のことを言うだけの作品にしてしまい、結果的には主題的にも大きく乖離することになってしまった。

〔注〕本稿は、『共立女子大学文芸学部紀要』第四〇集～第五三集（平成六年二月～平成一九年一月）および『東京工業高等専門学校研究報告書』第二六号～第三八（一）号（平成六年一二月～平成一八年一一月）の続稿である。

（平成一九年九月二八日受理）

東京工業高等専門学校研究報告書

第 39（1）号

平成19年度

平成20年１月18日発行
編　集　者　　東京工業高等専門学校図書委員会
発　行　者　　東 京 工 業 高 等 専 門 学 校
　　　　　　　東京都八王子市椚田町1220の２
　　　　　　　TEL　八王子（042）668－5111
　　　　　　　〒193－0997
印　刷　所　　電算印刷株式会社
　　　　　　　長野県松本市筑摩１－11－30
　　　　　　　TEL　松本（0263）25－4329
　　　　　　　〒390－0821

The name of the journal has been changed from *"Research Reports of Tokyo National Technical College"* into *"Research Reports of Tokyo National College of Technology"* since the 1984 issue.

古紙配合率100%再生紙を使用しています