

Research Reports of
Tokyo National College of Technology

東京工業高等専門学校

研究報告書



第 37(2)号

2006.1

東京工業高等専門学校研究報告書 第37(2)号 目次

私の文学研究法	岩 崎 健.....	1
英文多読を取り入れた1年英文読解授業の実践報告	竹 田 恒 美..... 堀 智 子	11
A Controlled Translation Activity in English Class	村 井 三千男.....	19
Caption Writing According to the Length of Time		
高専における実践的国語表現授業の試み	船 戸 美智子.....	29
2004年度3年「文章表現法」授業報告	川 北 晃 司 津 田 潔	
臨床英語教育人間学序説(2).....	相 澤 俊 行.....	43
英語教師論:「分散知」のデザイナー/トレーナーへ		
On a Criterion for Divisibility	小中澤 聖 二.....	49
中空パウダー含有断熱塗料の熱伝導率測定	清 水 昭 博..... 窪 内 雅 人	53
10BASE-T & 100BASE-TX 機器の評価	山 内 峯 生..... 張 心 苑 大 貫 繁 雄	57
代数幾何符号復号における生成点での留数情報を活用した	市 村 洋.....	61
未知シンドロームの推定に関する研究	松 本 章 代 鈴 木 雅 人	
多くの穴を持つ領域上の半線形楕円型方程式の解の存在と非存在	拜 田 稔.....	67
独立成分分析を用いた時空間信号分離アルゴリズムとその教育的応用	小 嶋 徹 也..... 青 野 正 宏	71
に関する考察		
組込み型 CPU 向け共有メモリ管理方式の提案	横 山 繁 盛..... 鈴 木 孝 市 村 洋	79
マルチメディア記録の改ざん防止方式	青 野 正 宏..... 上 野 健 太 小 嶋 徹 也	87
抹茶の起泡特性	青 木 裕 美..... 菊 地 章	93
『新撰万葉集』注釈稿(上巻 秋部 六八~六九)	津 田 潔..... (1) 半 澤 幹 一	

Research Reports of Tokyo National College of Technology No. 37 (2)

CONTENTS

Tatsuru IWASAKI	My Way of Studying Literature	1
Tsunemi TAKEDA	Extensive Reading at Tokyo National College of Technology	11
Tomoko HORI		
Michio MURAI	A Controlled Translation Activity in English Class..... Caption Writing According to the Length of Time	19
Michiko FUNATO	An Trial of the Practical-Japanese-Expression Class	29
Koji KAWAKITA	in a National College of Technology	
Kiyoshi TSUDA	A Class Report on the Technical Writing of the 3rd-year Students in the 2004 Academic Year	
Toshiyuki AIZAWA	Clinical English Language Pedagogy as Human Science (2)	43
	Focusing on the Role of the English Language Teacher : To a Learning Designer / Trainer of Distributed Intelligence	
Seiji KONAKAZAWA	On a Criterion for Divisibility	49
Akihiro SHIMIZU	Thermal Conductivity Measurement of Insulating Paint	
Masato KUBOUCHI	Containing Hollow Beads	53
Mineo YAMAUCHI	Evaluation of 10BASE-T and 100BASE-TX Products.....	57
CHONG Shin Yearn		
Shigeo OHNUKI		
Hiroshi ICHIMURA	An Estimation of Unknown Syndrome using Information	61
Akiyo MATSUMOTO	of Residue at One Generating-point for the Decoding	
Masato SUZUKI	of Algebraic Geometric Codes	
Minoru HAIDA	Existence and Nonexistence of Solutions for Semilinear	67
	Elliptic Equations in Domains with Many Holes	
Tetsuya KOJIMA	On a Space-Time Signal Separation Algorithm Using	71
Masahiro AONO	Independent Component Analysis and Its Educational Applications	
Shigemori YOKOYAMA	A Memory Management Architecture	79
Takashi SUZUKI	for Multiple Embedded CPUs	
Hiroshi ICHIMURA		
Masahiro AONO	Protection Method against Manipulation of Multimedia Record	87
Kenta UENO		
Tetsuya KOJIMA		
Yumi AOKI	Forming Properties of Ground Green Tea Suspension	93
Akira KIKUCGI		
Kiyoshi TSUDA	The Annotation of the Shinsen-man'yoshu (12)	(1)
Kan'ichi HANZAWA		

私の文学研究法

岩 崎 健*

My Way of Studying Literature

Tatsuru IWASAKI

This is my last paper in *Research Reports of Tokyo National College of Technology*. Since I was employed in this college, I have never failed to contribute my paper to the research reports.

On the occasion of my last paper, I will describe what kind of way I use in my studying literature. The characteristic of my paper is not academic but impressive, because I'm never clear-headed, that is, I am not such a man as is very quick to understand. I am apt to spend much time in thinking. My paper is based on such nature of mine.

I will show what kind of way is used when such a thick-headed man as I writes a paper.

(Keywords : paper, way, research)

いよいよ本稿が私にとっての東京高専での最後の研究報告になる。思えば、本校に奉職以来一度も欠かさずに本報告書に掲載してきた。(正確には一度だけ欠かしたことがある。それは奉職1年目のことで、本校の『研究報告書』がどのようなものであるか分からなかったからである)。1年後、私は掲載者の一人に名を連ねた。あれから30年余、私は書き続けた。その数は、それまでの年1回の発行が平成13年度より年2回に変更されたりしたので、39本になる。

本校の『研究報告書』のように、毎年同じ時期に原稿締切日があり発行日があるということは、掲載者にとってずいぶん励みになるものである。何しろその日に向かって研究計画を立て、論文をまとめ上げれば、よほどのことがない限り確実に掲載され、そしてその成果を1年に1度は目にすることの喜びに浸れるのであるから。どのようなことであれ、自分の努力の結果が結実し、形に現れるのを見ることほど嬉しいことはない。このことは私達の人生のすべての所業に言えることであろう。

私の場合には、たまたま文学書を読むことが好きで、文学の問題を考えることが楽しみだったので、それに関する論文をまとめるということは、見知らぬ世界を歩き回っているときに感ずるあの

ぞくぞくするような興奮を味わうようなものなのである。

私の論文は決して学術的色彩の濃いものではない。私には学術的色彩の濃いものを書く力もないし、またそのようなものを書くことに興味もない。科学者のような鋭い目で対象を観察し、できるだけ多くの資料を集め、極力客観的な判断を下して、それをまとめるなどということは、全く私の性分に合っていないのである。

私の性分に合っているのは対象となる作品の、ある言葉や表現そして描写などを、私自身が(決して他人が、ではなく)どのように理解しどのように解釈するか、ということをもとめることである。従って私の論文は必然的に印象主義的なものとなり、客観性を欠くものになってしまう嫌がある。しかし私はそうなっても已むを得ないと思っている。なぜならそれが私の本性だから。本性とは持って生まれたものであるから、あまり逆らわない方がよいと私は思っている。つまり私の本性は、ずばり言って頭脳明晰といったものではない。私には「一を聞いて十を知る」力はない。私の本性は鈍重で、繰り返し繰り返し考え、ようやくある結論に達する、といったものである。こういった本性には、学術的色彩の濃い、知性豊かな学術論文といったものは不向きである。どうし

* 一般教科 人文系

でも感性に頼った印象主義的なものになってしまう。だから私の本性に従うと、私が書いているような論文になってしまうのである。

自分自身をこのように考え、自分の論文をこのように見なしていた私は、ある時、作家の曾野綾子の次のような一文に接して本当にびっくりしてしまった。

というか、私は反応というものがすべて遅いのだ。印刷物を読んでゆっくり考えることならできる。だから、ニュースはテレビだけで新聞は読まない、という人が信じられない。昔はとろい人のことを水銀灯と言った。しばらく時間がたたないと明るくならないからだ。

思考は料理に似ている。漉し器にかけ、寝かせて味をしませるとおいしくなる。私は自分の脳みそを料理の手順と同じように使っている。

だから、ある人の書いたものを読んで反論を書くことはあるが、その場で言い負かすなどということはできないし、したくもない。テレビやコンピューターの画面ではなく、印刷されたものをじっくりと何度も読み直し、その文章の背後を考え、関係の書が要るなら探し出して読み、という手順を踏むとき、初めて少し自分らしい思考ができるかな、という感じだ。

「即刻」とは対照的に「時間をかけて」という行為は一種の凡人の知恵である。¹⁾

氏は非常に頭脳明晰な人であると思う。奥が深く、卓越した視点を持っている。そのために、氏の文章に触れると激しく胸を揺り動かされる。

そのような氏がこのように告白していることに大変な勇気を与えられる。氏が嘘を吐いているということは万に一つもないだろう。氏は極めて誠実な人であるから。勿論、私が氏と同類である、などと言う気は毛頭ない。私などは氏の足下にも及ばない。しかし程度の差こそあれ、私がしていることは氏の手口とよく似ている。私の頭はゆっくりと回転する。氏の言葉を借りるなら、私はまさに「水銀灯」である。何しろ1時間や2時間では灯が灯らないことがよくあるから。論文をまとめている時は特にそうである。1日、3日、1週間、10日や半月などということはざらである。このまま永遠に灯らないのではないかと思うことも

ある。しかし不思議なことに、半月くらい考えていると、ある瞬間にパッと灯る。そのときの喜びは格別である。

しかし私の場合、論文を書く時にはなかなか灯が灯らない、ということが大切なことである。すぐに灯が灯るようなことをまとめてみても、それは論文にはならない。論文になるためには、すぐには灯が灯らないことに遭遇することが必要である。すぐには灯が灯らないことに遭遇した時、私はやる気を駆り立てられる。従って私の論文というのは、ようやくの思いで灯を灯せるようになった事柄を、どのようにして灯が灯るようになったか、その理由をまとめたものである。では具体的にはどんな具合なのか、一つの例を挙げ説明してみることにする。

アーネスト・ヘミングウェイの2作目の短編集『男だけの世界』(*Men without Women*, 1927)に収録されている「アルプスの牧歌」(‘An Alpine Idle’)に対する私の解釈は、私の文学研究に対する態度を明らかにしてくれる恰好の材料であるように思われる。

主人公の「私」と友人のジョンが、シルヴレッタ山での1か月の長きに亙る春スキーから山の麓の里に下りてくる。1か月ぶりの人里ということもあって、二人はどこかほっとしている様子である。何しろ山の上では日射しも強く、サングラスなしでは外に出ることもできなかったし、太陽と雪とスキーだけの生活にうんざりしていたというから。山の上のそのような単調な生活から人間の生活の匂いがする里への到着は、彼らの感覚を新鮮にしている。

里に下りてきた彼らが出会った最初の人、墓地から出てきた牧師である。「私」は「大いなる神様」(“Grüss Gott”)と声をかける。しかし牧師は軽く会釈をただけで通り過ぎて行く。するとジョンが「牧師が物を言わないのはおかしい」(“It’s funny a priest never speaks to you”)(187)²⁾と言う。ジョンは牧師の態度にある種の奇異感を覚えたのであろう。勿論「私」も同じような奇異感を覚えたようであるが、それを露骨に口にはしない。しかしこの奇異感は、墓地での埋葬風景によって拍車をかけられる。寺男が、掘り起こしたばかりの土をシャベルで穴に放り込ん

でいる。黒いあごひげを生やした百姓が、寺男の手からシャベルを取るとその土を平らにしている。自然界の生命が生き生きと萌え始めた明るい5月のこの時期に人が埋葬されるとはなんと不自然で、自然の摂理に逆行していることか。里に下りてきてほっとしていた「私」の気持が逆なでされる。「こんな日に埋葬されることを考えてみるよ」(“Imagine being buried on a day like this”)(188)。

しかしこのような奇異感も宿に着くと消えていったようである。彼らの姿を見ると、宿屋の主人が「スキー、万歳」(“Ski-heil”)(189)と叫び、歓待する。二人は宿屋の酒場で、ビールで乾杯する。何しろ山の上では飲めなかったものだから、久しぶりのアルコールである。二人はすっかりいい気分になる。山の上での生活から開放され、ほっとしたせいだろうか、ジョンはテーブルに突っ伏して眠ってしまう。

「私」の方は開けっ放しになった窓から外を眺めている。すると2人の男が近づいてくるのが見える。里に下りてきた時に見かけた、墓地で墓穴を埋めていたあの寺男と百姓である。酒場に入ってきた2人はテーブルに着く。給仕の娘が出てきて2人に注文を聞く。百姓の態度はひどく無愛想である。娘の方に顔を向けることもなく窓の外をじっと見ている。寺男に「何を飲むんだ」(“What will you drink”)(191)と促されてようやく「シュナップス」(“Schnapps”)と答える。しかし百姓は長居はしなかったらしい。(どのくらいの時間いたとか、何杯飲んだとか詳しいことは書いていないので、はっきりしたことは言えないが)、どうやらすぐに酒場を出て行ってしまったらしい。このことは、「奴は俺とは飲みたくなかったのだ」(“He didn't want to drink with me”)(197)と言う寺男の言葉に表わされている。この言葉を聞くと、宿の主人が続けて言う。(“He didn't want to drink with me, after he knew about his wife”)。この言葉が私にはひどく気にかかる。

前半は寺男と同じ言葉だから問題はない。問題は後半の after he knew about his wife である。私のように鈍重で、繰り返し繰り返し考え、ようやくの思いで結論を得ようとする頭は、ここで突然止まってしまう。いったいこの he は誰なのか、と。この he が誰であるかは非常に難しいと思う。

この he の解釈は内容全体とも深く関わり、簡単に結論を出せるようなものではない。この he を誰と取るかによって、この作品の意味合いがガラリと変わってしまう、と私は思っている。

そんなもの悩むことはない、「寺男」に決まっているのではないか、頭脳明晰で頭の回転の速い人はそう答えるかも知れない。なぜならその前後関係からして考えるまでもなく明らかだから、と。確かにそのように思われる。その問題の個所をじっくり観察してみることにする。

“Where did he go now ?”

“He's gone to drink at my colleague's, the Lowen.”

“He didn't want to drink with me,” said the sexton.

“He didn't want to drink with me, after he knew about his wife,” said the innkeeper. (197)

「奴は今どこへ行ったんだ」

「俺の仲間のレーヴェンのところへ飲みに行ったんだ」

「奴は俺とは飲みたくなかったのさ」

「he が he の女房のことを知った以上、俺とも飲みたくはなかったのさ」と宿の主人が言った。

他の人たちはこの he を誰と取っているのだろうか。そこで手元にある3冊の訳本を調べてみた。すると3冊が3冊とも、この he を「寺男」と取っていることに気づく。

まず龍口直太郎の訳。

「やつは、わしと飲むのがいやだったんですね」と寺男がいった。

「そうなんですよ、いっしょに飲むのがいやだったんです。こいつがお神さんのことを知っていましたからね」と主人はいった。³⁾

氏は He を「こいつ」と訳している。寺男を目の前にして「こいつ」と言っているわけだから、He が「寺男」であることは確かである。

次は瀧川元男の訳。

「あっしと一緒にゃ、飲みたかねえんでさ」寺男が言う。

「あっしとも飲みたかねえんでさ。この寺男が奴の嬢のことを知ってるもんで」亭主が言う。⁴⁾

氏の場合ははっきりしている。Heを「この寺男」と訳している。

3冊目は鮎川信夫の訳。

「やつはあっしと飲むのがいやだったんでさあ」寺男が言った。「そうなんです。いっしょに飲むのがいやだったんです。こいつがやつのかみさんのことを知ってましたからね」宿屋の主人が言った。⁵⁾

氏の場合も瀧口氏と同じである。つまり、heは「寺男」である。

これら3冊の訳本は、それぞれ1957年、1955年、1982年と比較的古いものである。恐らくその当時の研究の結果としてこのheを「寺男」と取るのが一般的だったのかも知れない。そこで新しい訳本にも当たってみることにした。この訳本は1997年のもので、訳者は高見浩である。

「わたしと飲むのがいやだったんですよ」寺男が言った。

「この男に女房のことを知られちゃったんで、わたしと飲むのもいやだったんでしょう」オーナーが言った。⁶⁾

氏の訳も「この男」となっている。宿の主人がこの言葉を発している相手は「私」であり、「私」に向かって「この男」と言うはずはないので、氏の解釈も間違いなくこのheは「寺男」となる。4人が4人ともheは「寺男」と取っている。確かに文の流れからして「寺男」と取るのが一見自然であるように思われる。言うなれば、「口当たり」のいい解釈である。何の抵抗もなくスーッと入っていける。しかし果たしてそれでいいのだろうか。私の本性はここでつまづく。パタッと止まったまま先へ進もうとしない。本当にそうなのだろうか。

私の鈍重な本性、そして直感的な感性は、「he

を『寺男』と取ってしまったら、この作品が厚みのない、薄っぺらでつまらないものになってしまう」とつぶやく。つまり、もしheが「寺男」なら、この作品のテーマは、人間の死体などに全く動揺することもない奇人の話、ということになってしまう。もしくは、淡泊な雪山と怪奇な人間、とでも言うべきものになってしまう。これでは私の情緒や感情に訴えてくるものがない。

では私の解釈はどうか。私の解釈は、これら4人の人たちとははっきりと違う。このheは「寺男」などではなく、百姓のオルツでなければならぬと思っている。このheをオルツと取ることによって初めてこの作品は厚みを持ち、命を持って、私の情緒や感情に訴えてくる、とされている。第一、heが「寺男」では作品に矛盾が生じ、ストーリーが成り立たなくなってしまう、と私の本性はささやく。それにheが「寺男」では、語学的にもかなり無理があるように思われるのである。

では何故私はこのheを百姓のオルツと取っているのか。まずは内容面から説明し、次に語学面から説明することにする。

百姓のオルツは何故寺男のフランツと一緒に宿屋の酒場にやってきたのか。それはオルツがフランツに対して恩義を感じているからである。オルツは好き好んで酒を飲みに来たわけではない。寺男は彼の妻の遺体を埋葬してくれた人である。そのことに対する感謝の意を表わしたかったのである。このことは酒場に入ってきたときの二人の行動に現れている。先に入ってきたのはオルツであり、寺男は後に付いてきたことは次の描写に明らかである。「窓から2人の男が表の階段を上ってくるのが見えた。2人は酒場に入ってきた。1人は高い長靴を履いた、あごひげを生やした百姓だった。そしてもう1人は寺男だった」(“Through the window I saw two men come up the front steps. They came into the drinking room. One was the bearded peasant in the high boots. The other was the sexton”)(191)。先に描写されている方が先頭に立っているであろうことは自然の理である。もっとも酒場の椅子に腰を下ろしてからは立場が逆転しているように思われるが、これはオルツに心を重たくさせるようなことが起こりつつあるから、と考えれば納得がいく。(このこ

とについては後で述べる)。つまり、オルツの心に今や激しい葛藤が起り始め、そのことに心を奪われてしまっているのが、心ここにあらず、といった状態になりつつあったのである。形だけでも恩義を果たしたと感じると、オルツはさっさと酒場を去っていくのだが、その時の態度に、寺男に対するオルツの気持が見て取れる。

The peasant stood up. He took a folded ten thousand kronen note of a leather pocket-book and unfolded it. The girl came up.
 ‘Alles?’ she asked.
 ‘Alles’, he said.
 ‘Let me buy the wine’ the sexton said.
 ‘Alles’ the peasant repeated to the girl. She put her hand in the pocket of her apron, brought it out full of coins and counted out the change. The peasant went out of the door.
 (192)

百姓は立ち上がった。彼は皮の財布から折り畳んだ1万クローネ紙幣を取り出した。そしてそれを広げた。娘がやってきた。
 「一緒ですか」、彼女が尋ねた。
 「一緒だ」、彼は言った。
 「ワインは俺に払わせてくれ」寺男が言った。
 「一緒だ」、百姓は娘に繰り返した。彼女はエプロンのポケットに手を入れ、コインを一杯取り出した。そして釣銭を数えた。百姓はドアの外へ出ていった。

オルツが飲んだのはシュナップスである。寺男が飲んだのはワインである。しかしオルツは寺男の分まで払っている。このことは彼が寺男に何らかの恩義を感じ、それに報いようとしていた証拠である。オルツは寺男に一杯飲ませたことで一応の恩義を返した、と思ったのだろう、すぐに酒場を出て行ってしまふ。

すぐに出て行ってしまったのは、オルツの心に激しい心の葛藤が起り始め、寺男が言う通り、彼とは一緒に酒を飲みたくはなかったからであろう。ではオルツの心に葛藤を起し、寺男と一緒に酒を飲みたくはないと思わせていることは何か。彼の心の中で一体何が起りつつあったのか。

寺男とオルツが墓地で埋葬していたのは、実はオルツの妻だったのである。オルツの妻は昨年暮れに心臓発作で死んだらしい。ところがオルツが住んでいた所は山向こうの雪深い土地故、その死体を家の中から運び出せなかった。それでオルツは妻の死体を物置の丸太の上に置いておいた。しかし何分にも雪深い寒い山中だったので、その丸太が入り用になる頃にはその死体はコチコチに凍ってしまっていた。そこでオルツは、夜など物置で仕事をする時にはいつもその死体を壁に立てかけ、開いていた死体の口にカンテラをぶら下げておいた。そのためその口はかなり変形し、それに伴って顔もかなりゆがんでしまった。

春になって運ばれてきた死体を見た牧師は、その変形した顔を不審に思い、オルツを問い詰める。「彼女の顔はどうしてこんな風になってしまったのか」(“How did her face get that way?”)(196)。「嬢の口は開いていたんでさ。そんで夜太い丸太ん棒をぶった切ろうと小屋にへえってった時にゃあ、そこさランタンぶら下げておいただ」(“Her mouth was open and when I came into the shed at night to cut up the big wood, I hung the lantern from it”)。このようにオルツは平然と語る。

オルツのこの口調からして、オルツには自分のそのような行為が悪いものであるという認識は全くなかったらしい。このことは、この件に関するオルツと牧師との他のやりとりからも感じられる。覆いを取って死に顔を見た牧師は、オルツに尋ねる。

“Did your wife suffer much?” “No”, said Olz.
 “When I came in the house she was dead across the bed.” The priest looked at her again.
 He didn’t like it. “How did her face get that way?” “I don’t know,” Olz said. “You’d better find out,” the priest said, and put the blanket back. Olz didn’t say anything. The priest looked at him. Olz looked back at the priest.
 “You want to know?” “I must know,” the priest said. (195 - 196)

「あんたの神さんはうんと苦しんだのかね」
 「いいや」オルツが言った。「家にけえってみるとベッドの上で死んでたんでさあ」牧師は再

び死体を見た。気に入らなかった。「どうして彼女の顔はこんな具合になってしまったんだろう」「知らねえだ」オルツが言った。「はっきりさせた方がいいですよ」牧師が言った。そして毛布を戻した。オルツは何も言わなかった。牧師は彼を見た。オルツは牧師を見返した。「知りてえんですか」「知らなければなりません」牧師が言った。

牧師にしてみれば、オルツのやったことはとんでもないことである。魂に対する冒瀆であり、まさに許されざる罪である。墓地から出てきた牧師が少々不機嫌そうに見えたのはこのようなことがあったからであろう。一方オルツには、前述したように、そのことに対して悪意があったようには思えない。恐らく彼は魂などというものは信じていなかったのであろう。人間は生きている時だけが全てであり、生命がある時のみ尊厳に値すると思っているらしい。「あんた神さんを愛していたのかね」(“Did you love your wife?”)(196) 牧師が尋ねる。「へえ、愛してましただ」(“Ja, I loved her”)
「すごく愛してましただ」(“I loved her fine”)、オルツが答える。妻を憎んでいたからそんなことができたのであろう、というのが牧師の考えである。しかしオルツは憎んでいたどころか、妻を愛していた、という。しかもすごく愛していた、という。

このように考えてみると、オルツは知的障害者なのだろうか、という疑問が起こる。しかし、その可能性はまずない。彼はやるべきことはきちんとやれる人である。妻の埋葬をしてくれた寺男に恩義を示すほどの細やかな気配りをしているし、役所に妻の死亡届も出しているくらいだから。またオルツが、宿屋の主人等が言うように犬畜生でないことも明らかである。何故なら彼には人間の心があるので。(このことについては後述する)。

しかしここで別の疑問が生じてくる。つまり彼の妻の方は教会に行っていたらしいが、オルツは教会に行っていないからだろうか、というものである。寺男が言う。「わし達はあの女が心臓が悪いということは知ってた。教会で時々倒れたりしていたからね」(“We knew she had heart trouble here. She used to faint in church sometimes”)(195)、オルツの方はどうなんだろ

うか。このことについては一言も触れられていないので分からない。多分行ってはいなかったのだろう。作品全体から感じられることは、オルツの本性には恐らく神を崇めるなどという気質は全くなかったのであろう、というものである。だから教会に行くこともなかったのであろう。

従ってオルツは神のことについてはあまり知らなかったのではなからうか。要するに、人間の魂などに対する素養はほとんどない、ただ純朴で愚直なだけの男だったのだろう。このことは牧師との先のやりとりからも察することができる。

夜、丸太を切るために小屋の中に入って行った時に妻の死体の口にランタンをぶら下げておいた、と答えたオルツに向かって牧師が言う。「どうしてそんなことをしたんですか」(“Why did you do that”)(196)。これに対してオルツは「知らねえだ」(“I don't know”)と答える。恐らくオルツの言葉に嘘、偽りはないであろう。オルツははっきりとした意図を持ってそんなことをしたわけではない。たまたまランタンをぶら下げるのに都合のいいものが近くにあって、というのに過ぎなかったのであろう。このことはその後続く2人のやりとりに明らかである。「そんなことを何回もやっていたのですか」(“Did you do that many times?”)と、牧師が続けて尋ねる。「夜、その小屋に仕事にへえってった時にゃあいつもだ」(“Every time I went to work in the shed at night”)。もしオルツに何らかの意図があったとしたら、こんなふうには答えないであろう。もっと含みを持たせた答えをしたであろう。このように正直に事実を答えているらしいことは、オルツが人間の魂に対する素養が全くなかったからであると考えられる。ゆえに宗教に何らかの影響を受けていることもなかったであろう。

このように、妻の死体に対する扱いに何の疑問も持っていなかったオルツであるが、牧師から「そのようなことは本当に悪いことだったので」(“It was very wrong”)(196)と言われて疑問を持ち始める。ひょっとすると自分のやったことは良くないことだったのかも知れない、と。ここからオルツの心の葛藤が始まる。何と言っても相手は牧師である。人の道を説く人物である。間違ったことを言ったりはしないであろう。牧師とのやりとりにあれほどしっかりと対応していたの

に、牧師のこの言葉を聞いてからというもの、オルツはすっかり考え込んでしまう。どこか茫然自失し、物思いに沈んでいる様子である。

They came into the drinking room. One was the beared peasant in the high boots. The other was the sexton. They sat down at the table under the window. The girl came in and stood by their table. The peasant did not seem to see her. He sat with his hands on the table. He wore his old army clothes. There were patches on the elbows.

“What will it be ? ” asked the sexton. The peasant did not pay any attention.

“What will you drink ? ”

“Schnapps” the peasant said.

“And a quarter litre of red wine,” the sexton told the girl. The girl brought the drinks and the peasant drank the schnapps. He looked out of the window. The sexton watched him. John had his head forward on the table. He was asleep.

The innkeeper came in and went over to the table. He spoke in dialect and the sexton answered. The peasant looked out of the window. (191 - 192)

彼らが酒場に入ってきた。一人は高いブーツを履いたあごひげを生やした百姓だった。もう一人は寺男だった。彼らは窓の下のテーブルに座った。女の子が入って来、彼らのテーブルの傍に立った。百姓は女の子が目に入らないようだった。彼はテーブルに手を置いたまま座っていた。古ぼけた軍服を着ていた。肘につぎがあった。何にするか」寺男が尋ねた。百姓は聞いてはいなかった。

「何を飲むか」「シュナップス」百姓が言った。

「それに赤のワインを4分の1リットル」寺男が女の子に言った。女の子が酒を持ってきた。百姓はシュナップスを飲んだ。彼は窓の外を見ていた。寺男が彼を見つめた。ジョンはテーブルに突っ伏していた。彼は眠っていた。

宿屋の主人が入ってきた。そしてテーブルに

来た。彼は方言で話した。寺男が答えた。百姓は窓の外を見ていた。

上記の描写を改めて読んでみると、オルツがいかに心の葛藤に苦しめられて茫然自失しているかが手に取るように分かる。以前の純朴さが消え、心に影を持つ人になっているようだ。

そろそろ下準備も整ったので、本題に入っていこうと思う。検討すべき問題は、宿屋の主人が言った「奴は俺と飲みたくはなかったのですよ。He が he の妻のことについて知ってしまったからね」(“He didn’t want to drink with me, after he knew about his wife”) の、after 節中の he は誰か、そして his は、という代名詞の問題である。

先ほど紹介したように、4人の訳者達は4人が4人とも he を「寺男」と取り、his を「百姓」と取っている。果たしてこれでいいのだろうか。これに対して私は深い疑問を感じる。

4人の訳者達の解釈では、宿屋の主人は、オルツは自分と飲みたくなかった、と言っている。その理由は、寺男がオルツの妻の一件を知っているから、だということになる。この理屈は腑に落ちない。何故なら、オルツが酒場を去った時点では、宿屋の主人はオルツの妻の一件については何も知らなかったのであるから。まずはこのことについて検証してみることにする。

宿屋の酒場に入ってきたオルツと寺男は、それぞれシュナップスとワインを飲み出す。宿屋の主人がやってきて寺男に方言で声をかける。それに寺男が答える。原文では、He (the innkeeper) spoke in dialect and the sexton answered him. 二人のやりとりはこれだけである。たったこれだけのやりとりで寺男がオルツの一件について話したとは考えにくい。宿屋の主人が寺男に話しかけたことは恐らく、「葬式でもあったのか」といったようなことであり、寺男が答えたことは、「そうだ、オルツの神さんの葬式だったんだ」といった程度のことであろう。オルツの目の前で彼の悪口など言えるはずはない。もし寺男がオルツの一件を話したとしたら、その一件は少々奇怪なことなので、宿屋の主人は何らかの強い反応を示したはずである。いくらヘミングウェイの文体が氷山の一角しか表わしていないものだとはいえ、「方言で話した」、それに「答えた」という表現の中

にオルツの一件のやりとりがあった、とするのには無理がある。このことは、オルツが帰った後の宿屋の主人と寺男との会話の中に、その件に関するやりとりがあったらしい描写を見ると明らかである。

As soon as he (Olz) was gone the innkeeper came into the room again and spoke to the sexton. He sat down at the table. They talked in dialect. The sexton was amused. The innkeeper was disgusted. (192)

オルツが出ていくとすぐに宿屋の主人が再び部屋に入ってきた。そして寺男に話しかけた。彼はテーブルの所に座った。彼らは方言で話した。寺男は面白がっていた。宿屋の主人は不愉快そうだった。

この時に寺男がオルツの一件について話したのである。このような事件は話題性が十分あり、他言したくなるものである。少々奇怪な話ではあるが、どこか滑稽さがある。そこで寺男は面白そうに話しているのである。しかも寺男は死者の埋葬をよくする関係上、そういったことに対してはある種の免疫を持っている。だから平然としてもいられる。しかし宿屋の主人の場合には、人の死そのものが少々薄気味悪いものであろう。ましてオルツの一件のような話を聞けば不愉快にもなるであろう。そこで「寺男は面白がっていた」「宿屋の主人は不愉快そうだった」ということになるのである。

これで一つはっきりしたと思う。寺男が宿屋の主人にオルツの一件を話したのは、オルツが酒場を去ってからである。従ってオルツが酒場にいる間は、宿屋の主人はオルツの妻の一件については何も知らなかったということになる。すなわち、4人の訳者達の解釈はおかしいということになる。具体的にどうおかしいのか、瀧川元男の訳で指摘してみる。

「あっしと一緒に、飲みたかねえんでさ」寺男が言う。

「あっしとも飲みたかねえんでさ。この寺男が奴の嬢のことを知ってるもんで」亭主が言う。

寺男の「(オルツは) あっしと一緒に飲みたかねえんでさ」という言葉はよく分かる。寺男がオルツの妻の一件を知っている以上、そしてオルツがその件について牧師にとがめられ、深い懐疑の念に捕われ始めている以上、彼が寺男と飲みたくないのは当然である。しかし宿屋の主人の言葉を「(オルツは) あっしとも飲みたかねえんでさ。この寺男が奴の嬢のことを知ってるもんで」と解釈すると、全く分からなくなってしまう。何故なら、オルツには宿屋の主人と飲みたくないという正当な理由は何もなかったはずであるから。再び繰り返すが、オルツがその酒場にいた時には、宿屋の主人はオルツの一件について全く何も知らなかったのである。宿屋の主人がオルツの一件を知るのはオルツが酒場を出てからである。つまり、オルツが酒場を出ていくと、寺男が、待ってましたとばかりに「おい、おい、面白い話があるぞ」と、オルツの一件を宿屋の主人に吹き込んだのである。従って、オルツには宿屋の主人と飲みたくないという正当な理由は全くなかったのである。

百歩譲って、瀧川氏が主張したいことは、オルツが宿屋の主人と飲みたくないのは「寺男が奴の嬢のことを知っている」から、つまり宿屋の主人と飲む席に、オルツの一件を知っている寺男も同席するから、であると仮定してみる。しかしこれは変である。何故なら宿屋の主人が言っているのは「俺と」(“with me”)であって、「俺達と」(“with us”)ではないから。

では更に百歩譲って、「俺と」を「俺達」という意味にとってみる。このようなことが皆無であるとは言い切れないので。しかしこれでも私の疑問は解消されない。というのは、もし寺男が同席しなければ、オルツは宿屋の主人と飲んだかもしれない、ということになるから。例えば、仮に寺男が宿屋の主人が二人のテーブルに来る前に酒場を立ち去ったと仮定してみる。その場合にはオルツは宿屋の主人と飲んだかも知れないということになる。何故ならオルツが宿屋の主人と飲みたくなかった理由は、「この寺男が奴の嬢のことを知ってる」から、だというので。そして宿屋の主人はこの時点ではオルツの妻に関する一件は何も知らない。しかし、これでは宿屋の主人の真意が伝わらない。ここで宿屋の主人が言いたかったことは、寺男云々ということではないのであ

る。彼が言いたかったのは、オルツは誰とも飲みたくはなかったということである。つまりオルツは寺男とも飲みたくはなかったし、私とも飲みたくはなかった。一人で飲みたかったのだろう、ということである。

従って、私の解釈は4人の訳者とは全く異なる。私の解釈では after he knew about his wife の he も his も共にオルツである。つまり私の解釈では、宿屋の主人の言葉は、「奴（オルツ）は奴の女房のことを知った以上、俺とも飲みたくはなかったのさ」ということになる。オルツの態度は、妻の死体の一件について牧師によってとがめられる前と後とでは明らかに違う、というのが私の考えである。牧師にとがめられるまでのオルツは典型的な田舎者で、教養が全くない純朴で愚直な男だったのだろう。しかし、牧師によって妻の死体に対する扱いをとがめられたとき、オルツの心に一つの影が射す。そしてその影は時と共に次第次第に大きくなり、今や大きな暗雲になっている。今オルツは茫然自失し、物思いに襲われ、心の葛藤に苦しめられている。それ故彼は誰とも飲みたくないのである。ましてや妻の一件について牧師から聞いているらしい寺男とは断じて飲みたくはない。彼の姿を見ただけでも葛藤が深まる。

以上の理由で、私の解釈では he と his は共にオルツである。

それから、語学的にもそのように解釈するのが自然ではなからうか、とと思っている。この、宿屋の主人の言葉には he が2つと his が1つあるのだが、この he も his も同一人物と取るのが自然であろう。瀧川氏等の解釈では、最初の he はオルツ、後の he は寺男、そして his はオルツということになっているが、これは多少強引すぎるように思われる。この代名詞は3つとも同一人物、つまりオルツと取るのが自然であると私は思う。

私のように鈍重で、繰り返し繰り返し考えてようやくある結論に達することができるような本性を持つ者にとっては、この種の論文を書くことは極めてたやすい。頭脳明晰な人だったら何の抵抗もなくサーッと分かってしまうことが、私のような者にはなかなか分からない。分からないと気持ちが落ち着かない。何とか分かろうとする。あゝでもない、こうでもない、と頭をフル回転させる。

私にとって「分かる」ということは、自分を納得させられるかどうか、つまり、自分の感性に合うかどうか、なのである。

ここで取り上げた作品に関して言うなら、この作品を初めて読んだときには、凍ってコチコチになった自分の妻の死体の口にランタンをぶら下げて、しんしんと更けゆく冬の夜の物置小屋で作業をしている百姓のオルツは奇人だと思った。普通の人間だったら、冬の夜の寂しい山奥の物置小屋で、死体の横で黙々と仕事などできるはずがない。しかも、その死体の口にランタンをぶら下げるなんて！ 更に、その死体は自分が愛していた妻の死体なのである。こうなるとオルツは奇人どころか、それこそ宿屋の主人が言うように、人間の心など全く持たない獣だと思った。しかし、そう結論付けて私の気持は満足したのだろうか。いやそれどころか、ますます不安になって落ち着かなくなってしまった。「それではオルツが気の毒ではないか」と私の心が叫ぶ。「オルツは血も涙もないような冷血漢ではない。獣などではない」、私の感性がそう訴える。「へえ、嬢を愛してましただ。すごく愛してましただ」、牧師に「あんた神さんを愛していたのかね」と聞かれて、こう答えていたオルツの真剣な顔が目には浮かんでくる。いやいや、こればかりではない。他の描写からも生真面目そうなオルツの様子が浮かび上がってくる。私はどこかで誤った読み方をしてしまったのに違いない、と私は思った。

そこで再び読み直してみる。そして気づいたのが、例の宿屋の主人の言葉である。4人の訳者達が「あつとも飲みたかねえんでさ。この寺男が奴の嬢のことを知ってるもんで」と、he を「寺男」と解釈していた、例のあの個所である。私も最初は he を4人の訳者と同じように解釈した。スラスラと読んでいくと自然とそのように読めてしまうのである。しかし、しかしである。このように読んでしまうと、何か引っかかるのである。何となく変だし、しっくり来ない。私の心が納得しないのである。そこで私は繰り返し繰り返し考えた。そして気づいたのである。ひょっとするとこの he は「寺男」ではなくオルツなのではなからうか、と。そう考えついた途端、心に引っかかっていたものがスーッと取れ、晴れ晴れとした気持ちになった。「奴（オルツ）は、奴の女房のこ

とを知った以上、俺とも飲みたくはなかったのさ、このように解釈すれば、オルツは自責の念にかられ始めている、と考えられるではないか。そして局面はガラリと様相を変える。オルツが俄然光り輝く人になる。このような状況こそ、まさに私の求めていたものである。これは私の情緒や感情にピッタリと来る。

しかしここで新たな疑問が生じてくる。この言葉を言ったのは宿屋の主人である。とすると、この言葉は彼のオルツに対する反感的な態度と矛盾しないだろうか。つまり、宿屋の主人はオルツのことを盛んに「あの百姓共は獣だ」(“Those peasants are beasts”)(193)、「奴は獣だ。この百姓共はみんな獣だ」(“He’s a beast. All these peasants are beasts”)(193)、「ここらの百姓共は獣だ」(“These peasants are beasts”)(197)と行って軽蔑しているが、このことは「奴(オルツ)は奴の女房のことを知った以上」という言葉の意味を、オルツに自責の念が起こり始めていることの証拠の言葉である、と解釈すると矛盾が生じては来ないだろうか、という疑問である。すなわち、宿屋の主人はオルツを獣だと言いながら、人間的なものが彼の心に芽生えつつある、と言っているということになりはしないだろうか、ということである。

しかしこの点については心配はいらない。宿屋の主人が言いたかったことは、「オルツが牧師によって、自分がやったことは『本当に悪いこと』(very wrong)である、と指摘されてからというもの」という意味であって、彼がこの言葉に、オルツに自責の念が起こり始めた、という意味を含めているかどうかは分からない。何しろ彼が言ったことは after he knew about his wife だけであるから、恐らく含めてはいないだろう。それは、宿屋の主人もいかにも田舎者らしく素朴で単純な人であるから。そしてオルツに関する話を100%本当の話であると信じているようだから。「それ(オルツに関わる話)は本当のことだと思うかい」(“Do you think it’s true?”)(197)と「私」が尋ねる。「間違いなく本当だ」(“Sure it’s true”)と彼は答える。

私は宿屋の主人のこの言葉を非常に重要視している。自分が妻に対してやったことが悪いことであると知ってからというもの、オルツの心の中に

は自責の念が起こり、葛藤が渦巻き始めた。このように解釈すると、その後のオルツの言動が非常によく理解できるのである。だから4人の訳者達が4人とも解釈しているような、heを「寺男」と取るような読みには全く賛同できないのである。私の論文はいつもこんな過程を経てできあがる。

《註》

- 1) Ernest Hemingway, *Men without Women* (New York, Charles Scribner’s Sons, 1970)
なお、これ以降のこのテキストからの引用は全てこのように括弧を設けその中にページ数を記す。
- 2) 曾野綾子、『産経新聞』(平成17年3月25日)
- 3) 刈田元司他訳、現代アメリカ文学全集7(東京、荒地出版社、1957)P.440
- 4) 谷口陸男他訳、ヘミングウェイ全集(東京、三笠書房、1955)
- 5) 鮎川信夫訳、ヘミングウェイ短編集2(東京、荒地出版社、1982)P.168
- 6) 高見浩訳、ヘミングウェイ全短編(東京、新潮文庫、1997)P.419

(平成17年9月9日 受理)

A Controlled Translation Activity in English Class

Caption Writing According to the Length of Time

Michio MURAI*

The significance of the Communicative Approach has been emphasized and made much of in English teaching since the late twentieth century. It has been developed from a kind of criticism against the Grammar Translation Method. However, the traditional method has been maintained in spite of various kinds of criticism, such as something that rarely motivates students to learn a foreign language. The author makes much of the Communicative Approach, and at the same time suggests there should be some ways to utilize the Grammar Translation Method, which motivates or stimulates students to learn with efficiency. This report explains a controlled translation activity of making captions for a video in their own way. By comparing the questionnaires in cooperation with students at Tokyo National College of Technology and those of a private university, the translation activity is discussed from various points of view.

(Keywords : Caption Writing, Controlled Translation)

1. Introduction

The effectiveness of the Communicative Approach has been known in the mastery of foreign languages, including English, especially in the aspect of communicability. On the other hand, it has not spread satisfactorily at least at colleges of technology throughout Japan. There might be some reasons why it has not spread, but one of them is that most teachers avail themselves of the Grammar Translation Method, which is more often than not criticized. However, as Mr. Ken Kanatani, a professor at Tokyo Gakugei University points out, the method has been unjustly criticized. He says that it is not GTM in itself but the simplicity in the techniques of teaching English or any other language that is to blame. To put it differently, GTM can be efficient in improving students' English competence on the condition that teachers of English do not stick to it only and that some devices of GTM are available. The author thinks that too much time for just translating English into Japanese would be uninteresting to many students. A device or class activity with GTM, which the author explains in this report is to get the students to write down Japanese captions for equivalent English lines spoken in a video.

As is often the case with classroom activities, it turns out that 'open activities' with no restriction whatever would not motivate the students to act positively. For example, the task of free writing or composition such as 'writing about anything on your mind' would only make students embarrassed with what to write about or how to begin with it.

* English Department of General Studies' Division

It has been proven that certain kinds of activities with some restrictions motivate or stimulate students to work on them eagerly. As for a certain activity concerning GTM, the author has imposed a task of writing captions for a video.

2. Procedure

The procedure of the activity is as follows:

(1) The teacher shows the students a video with no caption either in Japanese or English. The video that the author uses this time is the "Thriller," which is rather traditional, and yet has some impact on students still. One of the main reasons why it is selected is that it has a conversational part which is considered to be appropriate for students at Tokyo National College of Technology—TNCT in terms of its length and level of difficulty. The video lasts approximately ten minutes.

(2) The teacher gives each student a sheet of paper with the English conversation between a boy and a girl. (cf. Sheet 1)

[The boy stops the car]

Boy: Honest we're out of gas (6)

Girl: So what are we gonna do? (6)

[Walking]

Girl: I'm sorry I didn't believe you. (6)

Boy: Can I ask you something? (6)

Girl: What? (3)

Boy: You know I like you, don't you? (8)

Girl: Yes. (3)

Boy: And I hope you like me the way I like you. (10)

Girl: Yes. (3)

Boy: I was wondering if you would be my girl. (10)

Girl: Oh, Michael. (4 マイケル)

[They hug each other. He gives her a ring.]

Girl: It's beautiful. (4)

Boy: It's official. (6)

Boy: I have something I wanna tell you. (8)

Girl: Yes, Michael. (3)

Boy: I'm not like other guys. (8)

Girl: Of course not. That's why I love you. (8)

Boy: No, I mean I'm different. (6)

Girl: What are you talking about? (6)

[The full moon appears. He feels sick.]

Girl: Are you all right? (4)

Boy: [Shouting]Get away! (4)

[She gets amazed at him and runs away. He chases her]

[In a movie theater]

Girl: We'll get out of here. (6)

Boy: No, I'm enjoying this. (6)

Girl: I can't watch. (6)

Girl: Excuse me.

[She gets out of the theater, the boy following her.]

Boy: It's only a movie. (6)

Girl: It's not funny. (6)

Boy: You're scared, aren't you? (6)

Girl: I'm not that scared. (6)

Boy: You're scared. (6)

(3.)The teacher tells the students how to deal with the task they are supposed to do.

A. The students are required to write down the translation—from English to Japanese—in the parentheses in the dialogue.

B. They are required to limit the number of Chinese characters, hiragana letters or katakana letters according to the time spent on speaking those lines. For example, a rather small number of letters should be used for translating lines in English, which are spoken in such a short time. (Ms. Natsuko Toda, who is among the most famous caption writers, says that she needs to count the number of Japanese letters for each line before translating it into Japanese.) The teacher has to explain about how to count letters. For instance, *だれですか?* can be counted as 6 letters, considering the question mark as another letter, whereas *誰ですか?*, which is pronounced the same, can be counted as 5 letters, for it is supposed to take the same or at least a similar length of time to read the same number of letters, whether they are written in Chinese characters or hiragana letters. The teacher takes the time of each line into consideration, and limits the number of Japanese letters. The limited number is written in each parenthesis.

C. In some classes, some significant things to take into account about caption writing are explained when there is some time available before the activity. (Cf. 3. Comments on General Caption Writing) In other classes, such explanation is given during the students' activity.

(4) The students actually do the activity of translating English into Japanese with the kind of limitation as mentioned above. The teacher gives them the meaning of some words such as 'honest,' 'official,' and so forth, which are used in the conversation. They are allowed to consult a dictionary or to discuss with fellow students if necessary.

(5) After they have finished writing down the Japanese captions, the teacher shows the same video again, with the Japanese captions this time.

(6) After watching the video again, the teacher gives the students a sheet of paper with the original Japanese captions, and gets them to compare their own Japanese captions with the original. (Cf. Sheet 2)

(7) The students are required to fill in the questionnaires concerning the controlled translation from English into Japanese. (Cf. 4. The Result)

	[The boy stops the car]	
Boy:	Honest we're out of gas	(6 ガス欠だ)
Girl:	So what are we gonna do?	(6 どうするの?)
	[Walking]	
Girl:	I'm sorry I didn't believe you.	(6 経ってごめん)
Boy:	Can I ask you something?	(6 聞いても?)
Girl:	What?	(3 何に?)
Boy:	You know I like you, don't you?	(8 僕が好き?)
Girl:	Yes.	(3 ええ)
Boy:	And I hope you like me the way I like you.	(10 僕が君を好きだから?)
Girl:	Yes.	(3 ええ)
Boy:	I was wondering if you would be my girl.	(10 じゃ僕たち つまえる?)
Girl:	Oh, Michael.	(4 マイケル)
	[They hug each other. He gives her a ring.]	
Girl:	It's beautiful.	(4 素敵だね)
Boy:	It's official.	(6 決りだね)
Boy:	I have something I wanna tell you.	(8 話がある)
Girl:	Yes, Michael.	(3 何に?)
Boy:	I'm not like other guys.	(8 僕は人と違う)
Girl:	Of course not. That's why I love you.	(8 だから好きなの)
Boy:	No, I mean I'm different.	(6 違うんだ)
Girl:	What are you talking about?	(6 何が違うの?)
	[The full moon appears. He feels sick.]	
Girl:	Are you all right?	(4 大丈夫?)
Boy:	[Shouting]Get away!	(4 逃げろ)
	[She gets amazed at him and runs away. He chases her]	
	[In a movie theater]	
Girl:	We'll get out of here.	(6 出ていこうよ)
Boy:	No, I'm enjoying this.	(6 面白い)
Girl:	I can't watch.	(6 怖い)
Girl:	Excuse me.	
	[She gets out of the theater, the boy following her.]	
Boy:	It's only a movie.	(6 丁度映画だ)
Girl:	It's not funny.	(6 最低)
Boy:	You're scared, aren't you?	(6 怖いのか)
Girl:	I'm not that scared.	(6 そんなでもない)
Boy:	You're scared.	(6 怖いんだ)

Sheet 2

3. Comments on General Caption Writing

The characteristics of the captions in films are as follows:

(1)As a rule, every English sentence has a subject, but it is often omitted in the Japanese translation. Especially in captions in films, the possibility of omitting the subject is quite high, owing to the fact that the sentence should be short enough to be read in a short time. It often occurs as long as the context is understood well without indicating the subject.

(2)As far as English is concerned, it is rather hard to identify the relationship between the people involved in the conversation. For example, the closeness of the relationship is not clear, even though there are some formal expressions, informal ones, colloquial ones, and slangs. There are some words which are rather difficult to translate into Japanese. For example, words like 'brother' or 'sister' are rather hard to translate into Japanese by reading these dialogues only. Judging from other parts of the conversation, one can recognize that a 'brother' here means an 'elder brother' or a 'younger brother.' Also,

'water' can be translated into Japanese, only when we understand whether the 'water' in a scene means 'cold water' or 'hot water.' As a matter of course, the former is translated as 'mizu' and the latter is translated as 'o-yu' in Japanese.

(3)Occasionally it is comparatively hard to translate an English dialogue into the right Japanese, not because it is difficult to put it into Japanese. It frequently occurs when the relationship between the people in conversation is not clear enough. English does not have so many levels of politeness as Japanese. The more friendly or the closer the people involved in the conversation are, the more informal or sometimes more rude the Japanese language they use becomes. These aspects should be taken into consideration in writing captions.

(4)There are some situations where the meaning of a dialogue is very hard to translate into the appropriate Japanese just because the length of the Japanese sentence should be short. In such a case, the translation can be changed into some Japanese different from the original. An example can be seen in the original Japanese caption of the task material. The dialogue or line, 'You know I like you, don't you?' is translated into Japanese as 'Boku-ga suki?' The line has something to do with the following line, 'And I hope you like me the way I like you.' That part is translated into 'Boku-ga kimi wo sukina kurai?' Just like this example, a Japanese caption for one line can be written, to combine its meaning with that of another line, on the condition that they can convey the whole conversation quite well.

(5)We have to judge whether to translate an English line just as it is. In some cases, it is rather impolite or inappropriate to translate it into the equivalent English. An example can be seen in a scene in an English comedy, where a man says, "Some are cuter than others," watching some children. It means that some children are cute but others are not cute, but the Japanese caption is quite different in meaning. It can be inferred that the caption writer wanted to avoid the correct translation. (There are no such lines in the example to illustrate this case.)

4. Comparison of the Result

The teacher gave the example of controlled translation to the following students:

(in July and in September, 2005)

Group A 1st-year students of TNCT -----2 classes [70 students] July 2005

Group B 2nd-year students of TNCT -----2 classes [81 students] July & September 2005

Group C 1st-year students of the advanced courses of TNCT ---[22 students] July 2005

Group D 1st-year students of a private university-1 class [53 students] September 2005

The teacher gave the students of Groups A, B, C and D almost the same time to do the same task, and it has turned out that Groups C and D have done the task better than Groups A and B on the whole, as a matter of course. (The students of Groups C and D are a few years older than the students of Groups A and B, and have acquired a far greater knowledge of both English vocabulary and grammar. It has taken most of the students of Groups C and D twenty-five minutes to complete the task, and it seems to take the students of Groups A and B another twenty-five minutes to achieve as much. The questionnaires that they have answered show the differences clearly. The questionnaires are as follows: (Sheet 3)

字幕作成に関するアンケート

1. 字幕を(字幕制限つきで)自分で作成することについてどう思いましたか
 A. 興味深かった B. ある程度面白かった C. 普通
 D. 少しつまらなかった E. つまらなかった
 1. の理由について、自由に書いてください。
 ()
2. 字幕を(文字制限つきで)自分で作成することは難しかったですか?
 A. 難しかった B. 少し難しかった C. 普通
 D. 少し易しかった E. 易しかった
3. 映画の字幕と自分の作成した字幕との比較で、どう感じましたか?
 A. 自分の字幕の方が上手かった B. どちらかと言えば自分の字幕の方がよかった
 C. 両者ともほぼ同じ D. どちらかと言えば映画の字幕の方がよかった
 E. 映画の字幕の方が上手かった
4. 今度同じような作業をするとしたら、次のどれがいいですか?
 A. 今回より難しいもの B. 今回程度のもの C. 今回より易しいもの
 D. 行いたくない
5. 文字制限付きの日本語訳について、どう思いましたか?
 A. 難しいが面白い B. 難しい(面白くも面白くなくもない)
 C. 難しいのでつまらない D. やさしいが面白い E. やさしい(面白くも面白くなくもない) F. やさしくてつまらない G. その他()
6. 今回の作業を通じてどのようなことを感じましたか?(複数回答可)
 A. 字幕作成者は大変だと思った。 B. 字幕作成は面白かったと思った。
 C. 字幕作成はつまらないと思った。
 D. その他(自由に書いてください)
7. 次の行うとしたら、どの映画を希望しますか?(複数回答可)
 どうも有り難うございました

The answers to the questionnaires are as follows: (Table 1)

(The table gives the number of students who chose the corresponding answer.

The percentage is given in the parentheses.)

		Group A	Group B	Group C	Group D
Q1	A	12(17.1)	16(19.7)	11(50.0)	24(45.3)
	B	23(32.9)	33(40.7)	7(31.8)	23(43.4)
	C	21(29.6)	19(23.5)	2(9.1)	3(5.7)
	D	7(10.0)	4(4.9)	1(4.5)	1(1.9)
	E	7(10.0)	9(11.1)	1(4.5)	1(1.9)
Q2	A	32(45.7)	32(39.5)	16(72.7)	30(56.6)
	B	28(40.0)	37(45.7)	6(27.3)	18(34.0)
	C	8(11.4)	9(11.1)	0(0.0)	1(1.9)
	D	0(0.0)	1(1.2)	0(0.0)	2(3.8)
	E	0(0.0)	1(1.2)	0(0.0)	1(1.9)
Q3	A	6(8.6)	9(11.1)	2(9.1)	4(7.5)
	B	1(1.4)	4(4.9)	1(4.5)	2(3.8)
	C	3(4.3)	0(0.0)	3(13.6)	5(9.4)
	D	18(25.7)	20(24.7)	6(27.3)	13(24.5)
	E	43(61.4)	48(59.3)	10(45.4)	28(52.8)
Q4	A	1(1.4)	7(8.6)	1(4.5)	3(5.7)
	B	38(54.3)	37(45.7)	13(59.1)	39(73.6)
	C	20(28.6)	26(32.1)	6(27.3)	9(17.0)
	D	11(15.7)	8(9.9)	2(9.1)	1(1.9)
Q5	A	25(35.7)	34(42.0)	14(63.6)	32(60.4)
	B	23(32.9)	31(38.3)	7(31.8)	16(30.2)
	C	10(14.3)	5(6.2)	0(0.0)	0(0.0)
	D	5(7.1)	3(3.7)	1(4.5)	2(3.8)
	E	0(0.0)	2(2.5)	0(0.0)	0(0.0)
	F	7(1.0)	5(6.2)	0(0.0)	2(3.8)
Q6	A	52(74.3)	48(59.3)	18(81.8)	32(60.4)
	B	23(32.9)	28(34.6)	6(27.3)	23(43.4)
	C	8(11.4)	9(11.1)	0(0.0)	0(0.0)
	D	3(4.3)	3(3.7)	1(4.5)	4(7.5)

Table 1

(1) Q 1

The difference in the age of students is rather remarkable. Exactly 50% of Group A regards this caption writing as interesting or a little interesting, and the percentage rises to 60% (Group B), 80%(Group C) and 90%(Group D). This kind of activity requires some advanced knowledge of English vocabulary and grammar. Those students who consider this activity as boring or a little boring are 20% of Group A, 16% of Group B, 9% of Group C and 4% of Group D.

The reasons why students regard the activity as interesting are as follows:

- a) They must think about the appropriate Japanese translation because of the limited number of words.
- b) It is the first experience for them to write captions and seems refreshing to them.
- c) They are free to choose any expressions in Japanese.
- d) They can enjoy comparing their own captions with the original or with those of their fellow students'.
- e) It seems to improve their English and Japanese competence.
- f) In order to make the translation better, they must understand the whole conversation.
- g) It is exciting in a sense to wonder if their own captions are similar to the original.
- h) The translation with some restrictions is much more interesting to translate English into Japanese than with no restraint.

The following are some of the main reasons why other students regard this caption writing as uninteresting:

- i) It is very difficult to translate English into Japanese with some restrictions.
- j) They are not accustomed to such an activity.
- k) This activity requires not only English competence but also a wide range of knowledge of Japanese.

(2) Q 2

No particular difference between the groups is recognized. 86% of Group A, 85% of Group B, 100% of Group C and 91% of Group D think that the caption writing is difficult or a little difficult. What is impressive is that a good number of students of Groups C and D regard the activity interesting in spite of the difficulty. It seems to require a certain level of English competence to be willing to cope with the problem of difficulty. They seem to prefer these activities over ones that are too simple.

(3) Q 3

This question concerns the students' self-confidence about their captions when compared with the original. It goes without saying that they are not so self-assured about theirs, and 61% of Group A, 59% of Group B, 45% of Group C and 53% of Group D think that the original captions are superior to their own versions. About

one-fourth of the students of each group think that the original ones are rather better than their own. It has turned out to be a higher percentage than expected.

(4) Q 4

This question concerns the difficulty level of the material for the next caption writing activity. It has turned out that 54% of Group A, 46% of Group B, 59% of Group C and 74% of Group D prefer the next material to be almost the same in difficulty level as the present one. Only a few students of each group prefer a more difficult one, whereas a number of students of each group prefer an easier material. Impressive is the fact that 15% students of Group A want to avoid such an activity; on the other hand, only 4% of the students of Groups C and D answer that way.

(5) Q 5

In this question, 36% of Group A, 42% of Group B, 64% of Group C and 60% of Group D think the activity to be 'difficult but interesting' or 'difficult and therefore interesting.' The percentage rises as the age also rises. It means that older students tend to be ready to cope with hard tasks, which the teacher finds preferable. On the other hand, the percentage of students of each group who think the activity to be 'difficult and not interesting' remains almost the same — between 30% and 38%.

(6) Q6

In this question, 60% to 80% of the students of each group think that a caption writer's work is very hard to do, and yet 30 to 40% of the students of each group find the work to be interesting. Those who have chosen D say that the caption writer requires a wide range of knowledge and mastery of both English and Japanese.

5. Conclusion and Further Activities

Although GTM is criticized frequently, it is not GTM itself but the simplicity in the technique or method using GTM that is to blame. GTM can be very useful in the technique or method as long as it is used in various ways to attract or motivate the students or it is combined with other techniques. As the questionnaires indicate clearly as well as the attitude that the students show in class, the Caption Writing has proved to be a useful or appropriate activity in class. The way of using this kind of activity should be considered furthermore from the following points of view: the appropriate age or stage for this task, the length of time spent on the task, the content of the material.

References

- Ken Kanatani(2002) Eigo Jugyo No Tame No Shohosen Taishu-kan
 Yu Takiguchi(2003) Nigate Wo Suki Ni Kareru Eigo Jugyo Taishu-kan
 Masaaki Harada(2005) Kotoba Wo Asobu Eigo Shidoh Kenkyu-sha
 Kensaku Yoshida et al (2003) Nihongo Wo Ikashita Eigo Jugyo No Susume Taishu-kan

(Received Sep.30 2005)

[The boy stops the car]
 Boy: Honest we're out of gas (6 何が?))
 Girl: So what are we gonna do? (6 何するの?))
 [Walking]
 Girl: I'm sorry I didn't believe you. (6 信じられなかった))
 Boy: Can I ask you something? (6 聞いていい?))
 Girl: What? (3 何?))
 Boy: You know I like you, don't you? (8 君のこと好きだよ))
 Girl: Yes. (3 うん))
 Boy: And I hope you like me the way I like you. (10 君も僕を好きでいてよ))
 Girl: Yes. (3 うん))
 Boy: I was wondering if you would be my girl. (10 彼女になってくれる?))
 Girl: Oh, Michael. (4 マイケル))
 [They hug each other. He gives her a ring.]
 Girl: It's beautiful. (4 きれいね))
 Boy: It's official. (6 正式のしるし))
 Boy: I have something I wanna tell you. (8 言う事があるんだ))
 Girl: Yes, Michael. (3 ええ))
 Boy: I'm not like other guys. (8 僕は人と違うんだ))
 Girl: Of course not. That's why I love you. you. (8 ええ. だから好き))
 Boy: No, I mean I'm different. (6 普通じゃない))
 Girl: What are you talking about? (6 何のこと?))
 [The full moon appears. He feels sick.]
 Girl: Are you all right? (4 大丈夫?))
 Boy: [Shouting]Get away! (4 いげよ))
 [She gets amazed at him and runs away. He chases her]
 [In a movie theater]
 Girl: We'll get out of here. (6 外に出ましょ))
 Boy: No, I'm enjoying this. (6 いや面白いよ))
 Girl: I can't watch. (6 見てられない))
 Girl: Excuse me. ())
 [She gets out of the theater, the boy following her.]
 Boy: It's only a movie. (6 ただの映画だ))
 Girl: It's not funny. (6 笑しくないわ))
 Boy: You're scared, aren't you? (6 怖いのじゃない?))
 Girl: I'm not that scared. (6 怖くない))
 Boy: You're scared. (6 怖がってる))

(Sheet 4-----One student's captions)

字幕作成に関するアンケート

1. 字幕を(字幕制限つきで)自分で作成することについてどう思いましたか
 A. 興味深かった B. ある程度面白かった C. 普通
 D. 少しまらなかつた E. つまらなかつた
1. の理由について、自由に書いてください。
 (映画が好きなので、自分で考えるのが楽しかった。字幕の制限がなくて考えるのも面白かった。)
2. 字幕を(文字制限つきで)自分で作成することは難しかったですか?
 A. 難しかった B. 少し難しかった C. 普通
 D. 少し易しかった E. 易しかった
3. 映画の字幕と自分の作成した字幕との比較で、どう感じましたか?
 A. 自分の字幕の方が上手かった B. どちらかと言えば自分の字幕の方がよかつた
 C. 両者ともほぼ同じ D. どちらかと言えば映画の字幕の方がよかつた
 E. 映画の字幕の方が上手かつた
4. 今度同じような作業をしたら、次のどれがいいですか?
 A. 今回より難しいもの B. 今回程度のもの C. 今回より易しいもの
 D. 行いたくない
5. 文字制限つきの日本語訳について、どう思いましたか?
 A. 難しいが面白い B. 難しい(面白くも面白くもない)
 C. 難しいのでつまらない D. やさしいが面白い E. やさしい(面白くも面白くもない)
 F. やさしくてつまらない F. その他 ()
6. 今回の作業を通じてどのようなことを感じましたか?(複数回答可)
 A. 字幕作成は大変だと思った。 B. 字幕作成は面白かった。
 C. 字幕作成はつまらないと思った。
 D. その他(自由に書いてください)
7. 次の行うとしたら、どの映画を希望しますか?(複数回答可)
 どうも有り難うございました
 「ナショナル・レビュー」
 「ハリウッドスター」等
 専門用語とか入っているものもやりたいです。

(Sheet 6-----One student's questionnaire)

[The boy stops the car]
 Boy: Honest we're out of gas (6 何が?))
 Girl: So what are we gonna do? (6 何するの?))
 [Walking]
 Girl: I'm sorry I didn't believe you. (6 信じられなかった))
 Boy: Can I ask you something? (6 聞いていい?))
 Girl: What? (3 何?))
 Boy: You know I like you, don't you? (8 君が好きなんだ))
 Girl: Yes. (3 うん))
 Boy: And I hope you like me the way I like you. (10 僕から僕を愛してよ))
 Girl: Yes. (3 うん))
 Boy: I was wondering if you would be my girl. (10 付き合ってくれませんか?))
 Girl: Oh, Michael. (4 マイケル))
 [They hug each other. He gives her a ring.]
 Girl: It's beautiful. (4 きれい))
 Boy: It's official. (6 僕の本名だ))
 Boy: I have something I wanna tell you. (8 僕に話したいことがある))
 Girl: Yes, Michael. (3 うん))
 Boy: I'm not like other guys. (8 僕は男とは違うよ))
 Girl: Of course not. That's why I love you. (8 僕から愛してる))
 Boy: No, I mean I'm different. (6 そうじゃない))
 Girl: What are you talking about? (6 何言ってんだ))
 [The full moon appears. He feels sick.]
 Girl: Are you all right? (4 大丈夫?))
 Boy: [Shouting]Get away! (4 離れろ!))
 [She gets amazed at him and runs away. He chases her]
 [In a movie theater]
 Girl: We'll get out of here. (6 出ましょ))
 Boy: No, I'm enjoying this. (6 楽しんでない?))
 Girl: I can't watch. (6 見たくない))
 Girl: Excuse me. ())
 [She gets out of the theater, the boy following her.]
 Boy: It's only a movie. (6 作り話だよ))
 Girl: It's not funny. (6 つまらない))
 Boy: You're scared, aren't you? (6 怖がったの?))
 Girl: I'm not that scared. (6 別に違うわ))
 Boy: You're scared. (6 走らされて))

(Sheet 5-----Another student's captions)

字幕作成に関するアンケート

1. 字幕を(字幕制限つきで)自分で作成することについてどう思いましたか
 A. 興味深かった B. ある程度面白かった C. 普通
 D. 少しまらなかつた E. つまらなかつた
1. の理由について、自由に書いてください。
 (訳をするのが好きなので、語数制限があるのも良かったです。)
2. 字幕を(文字制限つきで)自分で作成することは難しかったですか?
 A. 難しかった B. 少し難しかった C. 普通
 D. 少し易しかった E. 易しかった
3. 映画の字幕と自分の作成した字幕との比較で、どう感じましたか?
 A. 自分の字幕の方が上手かった B. どちらかと言えば自分の字幕の方がよかつた
 C. 両者ともほぼ同じ D. どちらかと言えば映画の字幕の方がよかつた
 E. 映画の字幕の方が上手かつた
4. 今度同じような作業をしたら、次のどれがいいですか?
 A. 今回より難しいもの B. 今回程度のもの C. 今回より易しいもの
 D. 行いたくない
5. 文字制限つきの日本語訳について、どう思いましたか?
 A. 難しいが面白い B. 難しい(面白くも面白くもない)
 C. 難しいのでつまらない D. やさしいが面白い E. やさしい(面白くも面白くもない)
 F. やさしくてつまらない F. その他 ()
6. 今回の作業を通じてどのようなことを感じましたか?(複数回答可)
 A. 字幕作成は大変だと思った。 B. 字幕作成は面白かった。
 C. 字幕作成はつまらないと思った。
 D. その他(自由に書いてください)
7. 次の行うとしたら、どの映画を希望しますか?(複数回答可)
 どうも有り難うございました
 ロードオブキング

(Sheet 7-----Another student's questionnaire)

A Controlled Translation Activity in English Class

Caption Writing According to the Length of Time

Michio MURAI*

The significance of the Communicative Approach has been emphasized and made much of in English teaching since the late twentieth century. It has been developed from a kind of criticism against the Grammar Translation Method. However, the traditional method has been maintained in spite of various kinds of criticism, such as something that rarely motivates students to learn a foreign language. The author makes much of the Communicative Approach, and at the same time suggests there should be some ways to utilize the Grammar Translation Method, which motivates or stimulates students to learn with efficiency. This report explains a controlled translation activity of making captions for a video in their own way. By comparing the questionnaires in cooperation with students at Tokyo National College of Technology and those of a private university, the translation activity is discussed from various points of view.

(Keywords : Caption Writing, Controlled Translation)

1. Introduction

The effectiveness of the Communicative Approach has been known in the mastery of foreign languages, including English, especially in the aspect of communicability. On the other hand, it has not spread satisfactorily at least at colleges of technology throughout Japan. There might be some reasons why it has not spread, but one of them is that most teachers avail themselves of the Grammar Translation Method, which is more often than not criticized. However, as Mr. Ken Kanatani, a professor at Tokyo Gakugei University points out, the method has been unjustly criticized. He says that it is not GTM in itself but the simplicity in the techniques of teaching English or any other language that is to blame. To put it differently, GTM can be efficient in improving students' English competence on the condition that teachers of English do not stick to it only and that some devices of GTM are available. The author thinks that too much time for just translating English into Japanese would be uninteresting to many students. A device or class activity with GTM, which the author explains in this report is to get the students to write down Japanese captions for equivalent English lines spoken in a video.

As is often the case with classroom activities, it turns out that 'open activities' with no restriction whatever would not motivate the students to act positively. For example, the task of free writing or composition such as 'writing about anything on your mind' would only make students embarrassed with what to write about or how to begin with it.

* English Department of General Studies' Division

It has been proven that certain kinds of activities with some restrictions motivate or stimulate students to work on them eagerly. As for a certain activity concerning GTM, the author has imposed a task of writing captions for a video.

2. Procedure

The procedure of the activity is as follows:

(1) The teacher shows the students a video with no caption either in Japanese or English. The video that the author uses this time is the "Thriller," which is rather traditional, and yet has some impact on students still. One of the main reasons why it is selected is that it has a conversational part which is considered to be appropriate for students at Tokyo National College of Technology—TNCT in terms of its length and level of difficulty. The video lasts approximately ten minutes.

(2) The teacher gives each student a sheet of paper with the English conversation between a boy and a girl. (cf. Sheet 1)

[The boy stops the car]

Boy: Honest we're out of gas (6)

Girl: So what are we gonna do? (6)

[Walking]

Girl: I'm sorry I didn't believe you. (6)

Boy: Can I ask you something? (6)

Girl: What? (3)

Boy: You know I like you, don't you? (8)

Girl: Yes. (3)

Boy: And I hope you like me the way I like you. (10)

Girl: Yes. (3)

Boy: I was wondering if you would be my girl. (10)

Girl: Oh, Michael. (4 マイケル)

[They hug each other. He gives her a ring.]

Girl: It's beautiful. (4)

Boy: It's official. (6)

Boy: I have something I wanna tell you. (8)

Girl: Yes, Michael. (3)

Boy: I'm not like other guys. (8)

Girl: Of course not. That's why I love you. (8)

Boy: No, I mean I'm different. (6)

Girl: What are you talking about? (6)

[The full moon appears. He feels sick.]

Girl: Are you all right? (4)

Boy: [Shouting]Get away! (4)

[She gets amazed at him and runs away. He chases her]

[In a movie theater]

Girl: We'll get out of here. (6)

Boy: No, I'm enjoying this. (6)

Girl: I can't watch. (6)

Girl: Excuse me.

[She gets out of the theater, the boy following her.]

Boy: It's only a movie. (6)

Girl: It's not funny. (6)

Boy: You're scared, aren't you? (6)

Girl: I'm not that scared. (6)

Boy: You're scared. (6)

(3.)The teacher tells the students how to deal with the task they are supposed to do.

A. The students are required to write down the translation—from English to Japanese—in the parentheses in the dialogue.

B. They are required to limit the number of Chinese characters, hiragana letters or katakana letters according to the time spent on speaking those lines. For example, a rather small number of letters should be used for translating lines in English, which are spoken in such a short time. (Ms. Natsuko Toda, who is among the most famous caption writers, says that she needs to count the number of Japanese letters for each line before translating it into Japanese.) The teacher has to explain about how to count letters. For instance, *だれですか？* can be counted as 6 letters, considering the question mark as another letter, whereas *誰ですか？*, which is pronounced the same, can be counted as 5 letters, for it is supposed to take the same or at least a similar length of time to read the same number of letters, whether they are written in Chinese characters or hiragana letters. The teacher takes the time of each line into consideration, and limits the number of Japanese letters. The limited number is written in each parenthesis.

C. In some classes, some significant things to take into account about caption writing are explained when there is some time available before the activity. (Cf. 3. Comments on General Caption Writing) In other classes, such explanation is given during the students' activity.

(4) The students actually do the activity of translating English into Japanese with the kind of limitation as mentioned above. The teacher gives them the meaning of some words such as 'honest,' 'official,' and so forth, which are used in the conversation. They are allowed to consult a dictionary or to discuss with fellow students if necessary.

(5) After they have finished writing down the Japanese captions, the teacher shows the same video again, with the Japanese captions this time.

(6) After watching the video again, the teacher gives the students a sheet of paper with the original Japanese captions, and gets them to compare their own Japanese captions with the original. (Cf. Sheet 2)

(7) The students are required to fill in the questionnaires concerning the controlled translation from English into Japanese. (Cf. 4. The Result)

	[The boy stops the car]	
Boy:	Honest we're out of gas	(6 ガス欠だ)
Girl:	So what are we gonna do?	(6 どうするの?)
	[Walking]	
Girl:	I'm sorry I didn't believe you.	(6 経ってごめん)
Boy:	Can I ask you something?	(6 聞いても?)
Girl:	What?	(3 何に?)
Boy:	You know I like you, don't you?	(8 僕が好き?)
Girl:	Yes.	(3 ええ)
Boy:	And I hope you like me the way I like you.	(10 僕が君を好きだから?)
Girl:	Yes.	(3 ええ)
Boy:	I was wondering if you would be my girl.	(10 じゃ僕たち つまえる?)
Girl:	Oh, Michael.	(4 マイケル)
	[They hug each other. He gives her a ring.]	
Girl:	It's beautiful.	(4 素敵だね)
Boy:	It's official.	(6 決りだね)
Boy:	I have something I wanna tell you.	(8 話がある)
Girl:	Yes, Michael.	(3 何に?)
Boy:	I'm not like other guys.	(8 僕は人と違う)
Girl:	Of course not. That's why I love you.	(8 だから好きなの)
Boy:	No, I mean I'm different.	(6 違うんだ)
Girl:	What are you talking about?	(6 何が違うの?)
	[The full moon appears. He feels sick.]	
Girl:	Are you all right?	(4 大丈夫?)
Boy:	[Shouting]Get away!	(4 逃げろ)
	[She gets amazed at him and runs away. He chases her]	
	[In a movie theater]	
Girl:	We'll get out of here.	(6 出ていよう)
Boy:	No, I'm enjoying this.	(6 面白い)
Girl:	I can't watch.	(6 怖い)
Girl:	Excuse me.	
	[She gets out of the theater, the boy following her.]	
Boy:	It's only a movie.	(6 丁度映画だ)
Girl:	It's not funny.	(6 最低)
Boy:	You're scared, aren't you?	(6 怖いのか)
Girl:	I'm not that scared.	(6 そんなでもない)
Boy:	You're scared.	(6 怖いんだ)

Sheet 2

3. Comments on General Caption Writing

The characteristics of the captions in films are as follows:

(1)As a rule, every English sentence has a subject, but it is often omitted in the Japanese translation. Especially in captions in films, the possibility of omitting the subject is quite high, owing to the fact that the sentence should be short enough to be read in a short time. It often occurs as long as the context is understood well without indicating the subject.

(2)As far as English is concerned, it is rather hard to identify the relationship between the people involved in the conversation. For example, the closeness of the relationship is not clear, even though there are some formal expressions, informal ones, colloquial ones, and slangs. There are some words which are rather difficult to translate into Japanese. For example, words like 'brother' or 'sister' are rather hard to translate into Japanese by reading these dialogues only. Judging from other parts of the conversation, one can recognize that a 'brother' here means an 'elder brother' or a 'younger brother.' Also,

'water' can be translated into Japanese, only when we understand whether the 'water' in a scene means 'cold water' or 'hot water.' As a matter of course, the former is translated as 'mizu' and the latter is translated as 'o-yu' in Japanese.

(3)Occasionally it is comparatively hard to translate an English dialogue into the right Japanese, not because it is difficult to put it into Japanese. It frequently occurs when the relationship between the people in conversation is not clear enough. English does not have so many levels of politeness as Japanese. The more friendly or the closer the people involved in the conversation are, the more informal or sometimes more rude the Japanese language they use becomes. These aspects should be taken into consideration in writing captions.

(4)There are some situations where the meaning of a dialogue is very hard to translate into the appropriate Japanese just because the length of the Japanese sentence should be short. In such a case, the translation can be changed into some Japanese different from the original. An example can be seen in the original Japanese caption of the task material. The dialogue or line, 'You know I like you, don't you?' is translated into Japanese as 'Boku-ga suki?' The line has something to do with the following line, 'And I hope you like me the way I like you.' That part is translated into 'Boku-ga kimi wo sukina kurai?' Just like this example, a Japanese caption for one line can be written, to combine its meaning with that of another line, on the condition that they can convey the whole conversation quite well.

(5)We have to judge whether to translate an English line just as it is. In some cases, it is rather impolite or inappropriate to translate it into the equivalent English. An example can be seen in a scene in an English comedy, where a man says, "Some are cuter than others," watching some children. It means that some children are cute but others are not cute, but the Japanese caption is quite different in meaning. It can be inferred that the caption writer wanted to avoid the correct translation. (There are no such lines in the example to illustrate this case.)

4. Comparison of the Result

The teacher gave the example of controlled translation to the following students:

(in July and in September, 2005)

Group A 1st-year students of TNCT -----2 classes [70 students] July 2005

Group B 2nd-year students of TNCT -----2 classes [81 students] July & September 2005

Group C 1st-year students of the advanced courses of TNCT ---[22 students] July 2005

Group D 1st-year students of a private university-1 class [53 students] September 2005

The teacher gave the students of Groups A, B, C and D almost the same time to do the same task, and it has turned out that Groups C and D have done the task better than Groups A and B on the whole, as a matter of course. (The students of Groups C and D are a few years older than the students of Groups A and B, and have acquired a far greater knowledge of both English vocabulary and grammar. It has taken most of the students of Groups C and D twenty-five minutes to complete the task, and it seems to take the students of Groups A and B another twenty-five minutes to achieve as much. The questionnaires that they have answered show the differences clearly. The questionnaires are as follows: (Sheet 3)

字幕作成に関するアンケート

1. 字幕を(字幕制限つきで)自分で作成することについてどう思いましたか
 A. 興味深かった B. ある程度面白かった C. 普通
 D. 少しつまらなかった E. つまらなかった
 1. の理由について、自由に書いてください。
 ()
2. 字幕を(文字制限つきで)自分で作成することは難しかったですか?
 A. 難しかった B. 少し難しかった C. 普通
 D. 少し易しかった E. 易しかった
3. 映画の字幕と自分の作成した字幕との比較で、どう感じましたか?
 A. 自分の字幕の方が上手かった B. どちらかと言えば自分の字幕の方がよかった
 C. 両者ともほぼ同じ D. どちらかと言えば映画の字幕の方がよかった
 E. 映画の字幕の方が上手かった
4. 今度同じような作業をするとしたら、次のどれがいいですか?
 A. 今回より難しいもの B. 今回程度のもの C. 今回より易しいもの
 D. 行いたくない
5. 文字制限付きの日本語訳について、どう思いましたか?
 A. 難しいが面白い B. 難しい(面白くも面白くなくもない)
 C. 難しいのでつまらない D. やさしいが面白い E. やさしい(面白くも面白くなくもない) F. やさしくてつまらない G. その他()
6. 今回の作業を通じてどのようなことを感じましたか?(複数回答可)
 A. 字幕作成者は大変だと思った。 B. 字幕作成は面白いと思った。
 C. 字幕作成はつまらないと思った。
 D. その他(自由に書いてください)
7. 次の行うとしたら、どの映画を希望しますか?(複数回答可)
 どうも有り難うございました

The answers to the questionnaires are as follows: (Table 1)

(The table gives the number of students who chose the corresponding answer.

The percentage is given in the parentheses.)

		Group A	Group B	Group C	Group D
Q1	A	12(17.1)	16(19.7)	11(50.0)	24(45.3)
	B	23(32.9)	33(40.7)	7(31.8)	23(43.4)
	C	21(29.6)	19(23.5)	2(9.1)	3(5.7)
	D	7(10.0)	4(4.9)	1(4.5)	1(1.9)
	E	7(10.0)	9(11.1)	1(4.5)	1(1.9)
Q2	A	32(45.7)	32(39.5)	16(72.7)	30(56.6)
	B	28(40.0)	37(45.7)	6(27.3)	18(34.0)
	C	8(11.4)	9(11.1)	0(0.0)	1(1.9)
	D	0(0.0)	1(1.2)	0(0.0)	2(3.8)
	E	0(0.0)	1(1.2)	0(0.0)	1(1.9)
Q3	A	6(8.6)	9(11.1)	2(9.1)	4(7.5)
	B	1(1.4)	4(4.9)	1(4.5)	2(3.8)
	C	3(4.3)	0(0.0)	3(13.6)	5(9.4)
	D	18(25.7)	20(24.7)	6(27.3)	13(24.5)
	E	43(61.4)	48(59.3)	10(45.4)	28(52.8)
Q4	A	1(1.4)	7(8.6)	1(4.5)	3(5.7)
	B	38(54.3)	37(45.7)	13(59.1)	39(73.6)
	C	20(28.6)	26(32.1)	6(27.3)	9(17.0)
	D	11(15.7)	8(9.9)	2(9.1)	1(1.9)
Q5	A	25(35.7)	34(42.0)	14(63.6)	32(60.4)
	B	23(32.9)	31(38.3)	7(31.8)	16(30.2)
	C	10(14.3)	5(6.2)	0(0.0)	0(0.0)
	D	5(7.1)	3(3.7)	1(4.5)	2(3.8)
	E	0(0.0)	2(2.5)	0(0.0)	0(0.0)
	F	7(1.0)	5(6.2)	0(0.0)	2(3.8)
Q6	A	52(74.3)	48(59.3)	18(81.8)	32(60.4)
	B	23(32.9)	28(34.6)	6(27.3)	23(43.4)
	C	8(11.4)	9(11.1)	0(0.0)	0(0.0)
	D	3(4.3)	3(3.7)	1(4.5)	4(7.5)

Table 1

(1) Q 1

The difference in the age of students is rather remarkable. Exactly 50% of Group A regards this caption writing as interesting or a little interesting, and the percentage rises to 60% (Group B), 80%(Group C) and 90%(Group D). This kind of activity requires some advanced knowledge of English vocabulary and grammar. Those students who consider this activity as boring or a little boring are 20% of Group A, 16% of Group B, 9% of Group C and 4% of Group D.

The reasons why students regard the activity as interesting are as follows:

- a) They must think about the appropriate Japanese translation because of the limited number of words.
- b) It is the first experience for them to write captions and seems refreshing to them.
- c) They are free to choose any expressions in Japanese.
- d) They can enjoy comparing their own captions with the original or with those of their fellow students'.
- e) It seems to improve their English and Japanese competence.
- f) In order to make the translation better, they must understand the whole conversation.
- g) It is exciting in a sense to wonder if their own captions are similar to the original.
- h) The translation with some restrictions is much more interesting to translate English into Japanese than with no restraint.

The following are some of the main reasons why other students regard this caption writing as uninteresting:

- i) It is very difficult to translate English into Japanese with some restrictions.
- j) They are not accustomed to such an activity.
- k) This activity requires not only English competence but also a wide range of knowledge of Japanese.

(2) Q 2

No particular difference between the groups is recognized. 86% of Group A, 85% of Group B, 100% of Group C and 91% of Group D think that the caption writing is difficult or a little difficult. What is impressive is that a good number of students of Groups C and D regard the activity interesting in spite of the difficulty. It seems to require a certain level of English competence to be willing to cope with the problem of difficulty. They seem to prefer these activities over ones that are too simple.

(3) Q 3

This question concerns the students' self-confidence about their captions when compared with the original. It goes without saying that they are not so self-assured about theirs, and 61% of Group A, 59% of Group B, 45% of Group C and 53% of Group D think that the original captions are superior to their own versions. About

one-fourth of the students of each group think that the original ones are rather better than their own. It has turned out to be a higher percentage than expected.

(4) Q 4

This question concerns the difficulty level of the material for the next caption writing activity. It has turned out that 54% of Group A, 46% of Group B, 59% of Group C and 74% of Group D prefer the next material to be almost the same in difficulty level as the present one. Only a few students of each group prefer a more difficult one, whereas a number of students of each group prefer an easier material. Impressive is the fact that 15% students of Group A want to avoid such an activity; on the other hand, only 4% of the students of Groups C and D answer that way.

(5) Q 5

In this question, 36% of Group A, 42% of Group B, 64% of Group C and 60% of Group D think the activity to be 'difficult but interesting' or 'difficult and therefore interesting.' The percentage rises as the age also rises. It means that older students tend to be ready to cope with hard tasks, which the teacher finds preferable. On the other hand, the percentage of students of each group who think the activity to be 'difficult and not interesting' remains almost the same — between 30% and 38%.

(6) Q6

In this question, 60% to 80% of the students of each group think that a caption writer's work is very hard to do, and yet 30 to 40% of the students of each group find the work to be interesting. Those who have chosen D say that the caption writer requires a wide range of knowledge and mastery of both English and Japanese.

5. Conclusion and Further Activities

Although GTM is criticized frequently, it is not GTM itself but the simplicity in the technique or method using GTM that is to blame. GTM can be very useful in the technique or method as long as it is used in various ways to attract or motivate the students or it is combined with other techniques. As the questionnaires indicate clearly as well as the attitude that the students show in class, the Caption Writing has proved to be a useful or appropriate activity in class. The way of using this kind of activity should be considered furthermore from the following points of view: the appropriate age or stage for this task, the length of time spent on the task, the content of the material.

References

- Ken Kanatani(2002) Eigo Jugyo No Tame No Shohosen Taishu-kan
 Yu Takiguchi(2003) Nigate Wo Suki Ni Kareru Eigo Jugyo Taishu-kan
 Masaaki Harada(2005) Kotoba Wo Asobu Eigo Shidoh Kenkyu-sha
 Kensaku Yoshida et al (2003) Nihongo Wo Ikashita Eigo Jugyo No Susume Taishu-kan

(Received Sep.30 2005)

[The boy stops the car]
 Boy: Honest we're out of gas (6 何が?))
 Girl: So what are we gonna do? (6 何するの?))
 [Walking]
 Girl: I'm sorry I didn't believe you. (6 信じられなかった))
 Boy: Can I ask you something? (6 聞いていい?))
 Girl: What? (3 何?))
 Boy: You know I like you, don't you? (8 君のこと好きだよ))
 Girl: Yes. (3 うん))
 Boy: And I hope you like me the way I like you. (10 君も僕を好きでいてよ))
 Girl: Yes. (3 うん))
 Boy: I was wondering if you would be my girl. (10 彼女になってくれる?))
 Girl: Oh, Michael. (4 マイケル))
 [They hug each other. He gives her a ring.]
 Girl: It's beautiful. (4 きれいね))
 Boy: It's official. (6 正式のしるし))
 Boy: I have something I wanna tell you. (8 言う事があるんだ))
 Girl: Yes, Michael. (3 ええ))
 Boy: I'm not like other guys. (8 僕は人と違うんだ))
 Girl: Of course not. That's why I love you. you. (8 ええ. だから好き))
 Boy: No, I mean I'm different. (6 普通じゃない))
 Girl: What are you talking about? (6 何のこと?))
 [The full moon appears. He feels sick.]
 Girl: Are you all right? (4大丈夫?))
 Boy: [Shouting]Get away! (4 いげよ))
 [She gets amazed at him and runs away. He chases her]
 [In a movie theater]
 Girl: We'll get out of here. (6 外に出ましょ))
 Boy: No, I'm enjoying this. (6 いや面白いよ))
 Girl: I can't watch. (6 見てられない))
 Girl: Excuse me. ())
 [She gets out of the theater, the boy following her.]
 Boy: It's only a movie. (6 ただの映画だ))
 Girl: It's not funny. (6 笑しくないわ))
 Boy: You're scared, aren't you? (6 怖くない?))
 Girl: I'm not that scared. (6 怖くない))
 Boy: You're scared. (6 怖がってる))

(Sheet 4-----One student's captions)

字幕作成に関するアンケート

1. 字幕を (字幕制限つきで) 自分で作成することについてどう思いましたか
 A. 興味深かった B. ある程度面白かった C. 普通
 D. 少しまらなかつた E. つまらなかつた
1. の理由について、自由に書いてください。
 (映画が好きなので、自分で考えるのが楽しかった。字幕の制限がなくて考えるのも面白かった。)
2. 字幕を (文字制限つきで) 自分で作成することは難しかったですか?
 A. 難しかった B. 少し難しかった C. 普通
 D. 少し易しかった E. 易しかった
3. 映画の字幕と自分の作成した字幕との比較で、どう感じましたか?
 A. 自分の字幕の方が上手かった B. どちらかと言えば自分の字幕の方がよかつた
 C. 両者ともほぼ同じ D. どちらかと言えば映画の字幕の方がよかつた
 E. 映画の字幕の方が上手かつた
4. 今度同じような作業をしたら、次のどれがいいですか?
 A. 今回より難しいもの B. 今回程度のもの C. 今回より易しいもの
 D. 行いたくない
5. 文字制限つきの日本語訳について、どう思いましたか?
 A. 難しいが面白い B. 難しい (面白くも面白くもない)
 C. 難しいのでつまらない D. やさしいが面白い E. やさしい (面白くも面白くもない)
 F. やさしくてつまらない F. その他 ()
6. 今回の作業を通じてどのようなことを感じましたか? (複数回答可)
 A. 字幕作成は大変だと思つた。 B. 字幕作成は面白かった。
 C. 字幕作成はつまらないと思つた。
 D. その他 (自由に書いてください)
7. 次の行うとしたら、どの映画を希望しますか? (複数回答可)
 どうも有り難うございました
 「ナショナル・レビュー」
 「ハリウッドスター」等
 専門用語とか入っているものもやりたいです。

(Sheet 6-----One student's questionnaire)

[The boy stops the car]
 Boy: Honest we're out of gas (6 何が?))
 Girl: So what are we gonna do? (6 何するの?))
 [Walking]
 Girl: I'm sorry I didn't believe you. (6 信じられなかった))
 Boy: Can I ask you something? (6 聞いていい?))
 Girl: What? (3 何?))
 Boy: You know I like you, don't you? (8 君が好きなんだ))
 Girl: Yes. (3 うん))
 Boy: And I hope you like me the way I like you. (10 僕から僕を愛してよ))
 Girl: Yes. (3 うん))
 Boy: I was wondering if you would be my girl. (10 付き合ってくれませんか))
 Girl: Oh, Michael. (4 マイケル))
 [They hug each other. He gives her a ring.]
 Girl: It's beautiful. (4 きれい))
 Boy: It's official. (6 僕の本名だ))
 Boy: I have something I wanna tell you. (8 僕に話したいことがある))
 Girl: Yes, Michael. (3 うん))
 Boy: I'm not like other guys. (8 僕は男とは違うよ))
 Girl: Of course not. That's why I love you. (8 僕から愛してる))
 Boy: No, I mean I'm different. (6 そうじゃない))
 Girl: What are you talking about? (6 何言ってんだ))
 [The full moon appears. He feels sick.]
 Girl: Are you all right? (4大丈夫?))
 Boy: [Shouting]Get away! (4 離れろ!))
 [She gets amazed at him and runs away. He chases her]
 [In a movie theater]
 Girl: We'll get out of here. (6 出ましょ))
 Boy: No, I'm enjoying this. (6 楽しんでない?))
 Girl: I can't watch. (6 見たくない))
 Girl: Excuse me. ())
 [She gets out of the theater, the boy following her.]
 Boy: It's only a movie. (6 作り話だよ))
 Girl: It's not funny. (6 つまらない))
 Boy: You're scared, aren't you? (6 怖がったの?))
 Girl: I'm not that scared. (6 別に違うわ))
 Boy: You're scared. (6 走らして))

(Sheet 5-----Another student's captions)

字幕作成に関するアンケート

1. 字幕を (字幕制限つきで) 自分で作成することについてどう思いましたか
 A. 興味深かった B. ある程度面白かった C. 普通
 D. 少しまらなかつた E. つまらなかつた
1. の理由について、自由に書いてください。
 (訳をするのが好きなので、語教制限があるのも良かったです。)
2. 字幕を (文字制限つきで) 自分で作成することは難しかったですか?
 A. 難しかった B. 少し難しかった C. 普通
 D. 少し易しかった E. 易しかった
3. 映画の字幕と自分の作成した字幕との比較で、どう感じましたか?
 A. 自分の字幕の方が上手かつた B. どちらかと言えば自分の字幕の方がよかつた
 C. 両者ともほぼ同じ D. どちらかと言えば映画の字幕の方がよかつた
 E. 映画の字幕の方が上手かつた
4. 今度同じような作業をしたら、次のどれがいいですか?
 A. 今回より難しいもの B. 今回程度のもの C. 今回より易しいもの
 D. 行いたくない
5. 文字制限つきの日本語訳について、どう思いましたか?
 A. 難しいが面白い B. 難しい (面白くも面白くもない)
 C. 難しいのでつまらない D. やさしいが面白い E. やさしい (面白くも面白くもない)
 F. やさしくてつまらない F. その他 ()
6. 今回の作業を通じてどのようなことを感じましたか? (複数回答可)
 A. 字幕作成は大変だと思つた。 B. 字幕作成は面白かった。
 C. 字幕作成はつまらないと思つた。
 D. その他 (自由に書いてください)
7. 次の行うとしたら、どの映画を希望しますか? (複数回答可)
 どうも有り難うございました
 ロード・オブ・キング

(Sheet 7-----Another student's questionnaire)

高専における実践的国語表現授業の試み

2004年度3年「文章表現法」授業報告

船戸美智子*, 川北晃司*, 津田 潔*

An Trial of the Practical-Japanese-Expression Class in a National College of Technology
A Class Report on the Technical Writing of the 3rd-year Students in the 2004 Academic Year

Michiko FUNATO, Koji KAWAKITA, Kiyoshi TSUDA

We have altered the name of the subject from “Japanese Language” to “Practical Japanese Expression,” through the global revision of the whole curriculum at Tokyo National College of Technology. The aim of the class is to improve the students’ communication competence, especially to improve their ability to express their own ideas in Japanese, mainly focusing on Japanese composition. The contents of the subject consist of the basics of sentence structures, exercises in summary and comments, logical training, presentation, and mastery of Chinese(Kanji)characters. In this paper, we will make a concrete report on the content and procedure of the Practical-Japanese-Expression Class.

(Keywords : Japanese expression, Technical Writing)

はじめに

ゆとり教育のひずみが指摘される昨今、小学生だけでなく、幼児から中高年に至るまで国語力に関心が高まっている。活字離れが叫ばれて久しいが、それ以上に日常生活の基礎である国語力が危機的状況にあると認識されているようである。

文部科学省においても平成14年度に実施された新学習指導要領（高等学校・国語）では、従来の読むこと、書くことに加え、「伝え合う力」として国語表現に関する単元を重視し、話すこと、聞くこと、書くことをバランスよく扱うよう指示している。もっとも高専は高等教育機関なので、学習指導要領に縛られる必要はないが、高専の学生の表現力もまた近年低下していることは否めないのも事実である。¹⁾

さて、そのような全国的な国語力の低下の現状にあって、特に高専において求められているのは、自己表現力である。5年生になると、高専ではこれまでの知識・技術の集大成として卒業研究が課せられる。その成果をまとめる際に必要となるのが、論文を書くための作文力と発表するためのプ

レゼンテーション力である。また、同時に卒業後の進路を決める際に必要に迫られるのが自己アピール力である。しかしながら、最終学年になっても十分な自己表現力を備えていない学生も少なからずおり、専門学科からは社会人になっても恥ずかしくない実用的な文章が書けるようにしてほしいという要望も多く寄せられていた。

そのような現状を受けて、本校では中期目標の中で、英語を含めたコミュニケーション力の養成を目標の一つとして掲げた。国語科では、その目標にあわせて大幅なカリキュラムの改定を行い、従来3年生におかれていた「国語」に替えて「文章表現法」という授業を立ち上げ、平成16年度より学生の国語表現力のアップを図るべく動き出した。

本論では、以下にその授業のカリキュラムの紹介、実践経緯と問題点及び今後の展望を述べるものである。なお、本論は、総論と各論とに分かれ、各論については、各担当者が述べることとする。

・国語科目の改革

* 一般教科 人文系

まず、国語のカリキュラム改定について説明しておきたい。平成15年度までの従来の科目は、以下の通りである。1年から3年までは検定教科書を用い、学年が上がるに従って、論説文の読解に重きを置き、合間に小論文の書き方、プレゼンテーションなどの授業を取り入れていた。

しかし、それでは書く機会が少なく、エンジニアとして必要な作文力を十分に身につけることができない。そこで、国語の全体のカリキュラムの構成を下図（図1）のように変更し、国語力のポイントの置き方を明確化した。

平成15年度まで

1年	現代国語	2単位	必修
	古典	1単位	必修
2年	現代国語	2単位	必修
	古典	1単位	必修
3年	国語	2単位	必修
国語必修単位数 計		8単位	

平成16年度から改定

1年・2年	同上	6単位	必修
3年	文章表現法	2単位	必修
国語必修単位数 計		8単位	

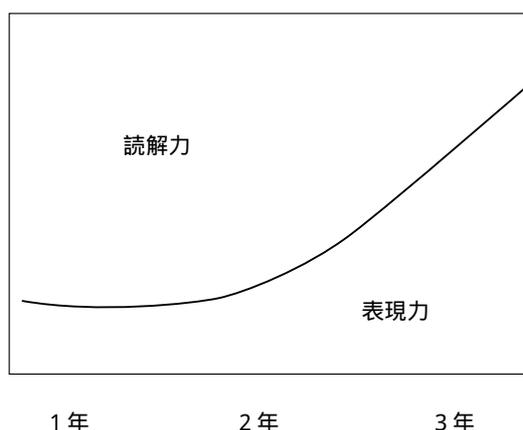


図1 国語カリキュラム構成

つまり、1・2年生では国語力の基礎となる読解力を中心に身につけ、3年生ではその読解力から得た力を表現力へと応用していくというものである。本校では、国語関係の必修科目が3年で修了するため、3年生で作文に重きを置いた表現力の強化を図ることにした。

については、次章で、改定した「文章表現法」の授業の実際について具体的に報告したい。

・2004年度「文章表現法」授業報告 総論

1. 授業の目標

2004年度のシラバスでは、次のような目標を掲げた。ここでは、要点のみを示すことにする。

自己表現力を身につけるために、

- ・日本語の文章表現の基礎を固める。
- ・論理的でわかりやすい文章を書けるようにする。
- ・問題を主体的に考える力を養う。

2. 授業内容概要・形態

授業は、通年科目として週1回100分²⁾で行った。教科書は京都書房発行「国語表現」を使用し、その準拠学習ノートも合わせて用いたが、前半の基礎表現のみで使用し、要約や論理トレーニングにおいては、オリジナルに選定した教材を用いて行った。

授業の内容はおおよそ下記の通りである。なお、1、2、3については後述で具体的な報告を行っているので、ここでは特に触れないでおく。4にプレゼンテーションを含めたのは、発表力もエンジニアとして強く求められているものだからである。意見文の作成とリンクさせ、受講者全員が5分ずつ壇上に立って行った。この方法の報告については、別稿³⁾にまとめてあるのでそちらをご参照いただきたい。5の小論文については、次項の授業の特色(3)で触れている。6の漢字については、年間を通じて行われたもので、自学自習の成果を小テストで計った。

【授業概要】2004年度「文章表現法」

1. 文章表現の基礎 文のルール、悪文訂正等
2. 文章の組み立て 社説要約、意見文作成、相互批評
3. 論理トレーニング 立論・批判の方法等
4. プレゼンテーション 各人5分のプレゼン
5. 小論文作成 科学技術論文の相互批評等
6. 漢字力の強化 漢検3級～2級程度の漢字小テスト

【授業形態】この文章表現法では、書く時間を多く取り入れた作文指導を行っていくため、担当教員を増強した。従来は、1学年5学科全クラスを1人の国語教員が受け持っていたが、それでは今回のような指導は十分に行えないため、5クラスを3人で分担し、2人の国語教員の他1人は、社会科教員を含めた。そのため、年間を通じて授業の前に打ち合わせを行い、内容の確認や進度の調整を十分に行って、できるだけ平等に授業が行われるよう努めた。

3. 授業の特色

(1) 徹底した作文演習

この授業では文章表現力の強化をはかるため、特に学生に書かせる時間を多く設けた。要約などでは1回100分の授業で、半分弱を書き方などの講義に当て、残りの時間を演習として実際に学生に書かせることを繰り返した。なお、詳細については後述の津田氏からの報告を参照されたい。

(2) 作文評価の工夫

作文の評価でよく問題になるのは、評価の客観性である。一人の教員が評価する場合でも、評価のしかたによっては主観が入り込みやすい。まして当授業では、1クラスを3人の教員が分担するので、評価の開きが懸念される。そこで、課題ごとに客観的な評価項目を立て、それを点数化して評価することにした。例えば、表題の工夫がなされているか、論理的な構成になっているか等の観点ごとに点数を割り振り、1課題50点満点で評価を行うというものである。従って、評価としては相対的な評価ではなく、各学生の達成度を計る絶対評価となっている。

(3) 社会科との連携

本校では国語科の教員が2名しかいないため、このような膨大な量の作文の添削といった労力を伴う授業を2人だけで行うには限界がある。そこで、社会科の教員に助力を得ることになったのだが、単に人員の確保に留まらず、授業内容についても論理的な作文を書くのに必要なテクニックを論理学の内容から提供してもらい、組み入れた。これについては、後述で川北氏から詳しい報告が

なされているので、ご参照いただきたい。

また、後期後半には3年の社会科目「科学技術史」と連携を組んだ取り組みも行った。科学技術論文コンクール⁴⁾をふまえて、冬季休暇中に「科学技術史」で出されたレポートと同内容を、任意で「文章表現法」でも提出させ、小論文としての評価を行った。コンクールを念頭に置いたことも起因しているが、一つの課題を二つの授業で異なる観点によって評価を与えたことは、少なからず学生の学習意欲を掻き立てる効用が認められた。

・「文章表現法」授業の成果

3人の教員がそれぞれの得意分野を生かした教材を作成し、暗中模索しながら1年を終えたが、各学生においてその成果が発揮されるのは、時を経てからではないかと思っている。当年度の学生には、前述したように従来 of 学生に比べ、徹底的に書かせてきた。学生は毎時間のように論説の教材に根気よく取り組み、悲鳴をあげつつも、原稿用紙に筆を走らせてきたのである。要約のしかたが不十分であった学生も、数をこなすことによって、次第にコツを掴んだ。文章力の完成度を計ることは難しいが、どの学生も年度初めに書かせた作文と年度最後の小論文とでは差が出ているはずである。

また、書かせるには「読ませる」ことも必要である。要約の課題ごとに論説文を読ませることは、相手が何を言おうとしているのか、それをはかろうとする読む訓練にもなっている。

さらに、今回は従来 of マンネリ化した国語の授業に社会科の風が送り込まれた。もう一人の担当者である、論理学にも大きな関心を有する社会科教員には、論理トレーニングの教材を用意してもらったが、接続詞の使い方、考え方などは、国語からの切り口とは違った観点で説明されており、我々国語の教員にとってもいい刺激となり、勉強となった。工学を学ぶものにとっても、その方がより理解しやすい形だったのではないかと思っている。

・問題点と今後の展望

最後に、今回の授業の実践での問題点を兼ねて今後の展望を述べてみたい。

（１）評価のあり方

前述の中で、教員間で評価の差が出にくい方法を工夫したことに触れたが、それでも授業進度に差が出たり、作文評価に差が出たりすることは否めないのが現状である。しかし、その前に考えなければならないのは、教員の負担である。毎時間のように課題が出され、それを点数化する作業は予想以上のものであった。数をこなすのであれば、評価のしかたもその時々によって評価の観点を定めるなどして、評価の単純化を図ることも検討してよいだろう。

（２）教材の工夫

今回は検定教科書を基に授業を進めてみたが、やはりその教材には、どうしても高専のような工学系の学校では物足りない点があり、次年度からは教科書は使わずに行っている。徹底した作文授業を行う覚悟であれば、やはり学校の実情に合わせ、学生の役に立つ教材を作成していかなければならない。そこで次年度からは、当年度の授業の様子を踏まえ、さっそく教材を作り直しながら進めている。毎時間配布されるプリントを一年間ファイリングさせ、年度が終われば一冊のオリジナルな教材集ができあがる予定である。

（３）専門学科との連携

文章表現力は言うまでもなく、ほとんどの科目で必要とされる力である。高専では、いずれは卒業論文の中で発揮され、卒業後は大学、社会のさまざまな場面で期待されるだろう。

そこで当授業においても当初は、これまで行ってきた基礎表現の応用として、専門学科の教員と連携して各専門学科の世界で実際に必要とされる表現力の授業を行うことも計画していた。しかし、残念ながら予定がずれ込み、2004年度はそこまで実践するに至らなかった。今後の課題として、さらに計画を練っていきたいと考えている。

また将来的には、国語の時間だけの指導に留まらず、全学年に渡って、各科目のレポート、工場見学レポート等書く機会があるごとに、全学的な教員の協力の下で指導していくことができると考えている。

・テーマによる授業報告

以下は、各論として「文章表現法」の授業内容別に、各単元の教材担当者によって授業報告を行うものである。単元と執筆者は次の通りである。

- | | |
|-------------|-------|
| 1) 文章表現の基礎 | 船戸美智子 |
| 2) 文章の組み立て | 津田 潔 |
| 3) 論理トレーニング | 川北 晃司 |

1) 文章表現の基礎

船戸美智子

1. 作文力の現状

2003年度に私が受け持った3年「国語」、5年「表現と思想」、専攻科「文章表現論」の授業で作文力の自己診断表（三省堂国語表現改訂版演習ノート別冊）を用いて、計260名の学生にアンケートを行ったことがある。そこでは文章表現に対する動機づけを行うため、作文力につながる読書量・質・書く習慣の有無・関心事・作文での自分の弱点などを問うている。その結果は次の通りである。

まず、作文力を支える読書についてであるが、図2にあるように、学生は読むことは嫌いではない。但し、読んでいるのは漫画や小説類が主であった。また、書くことが好きかどうかを問うと（図3）「好きではない」が半数以上を占め、書くことには抵抗のある学生がやはり多いことがわかる。但し、実際書く機会が多い。書かされるのはレポート、個人的に書くのはメールが圧倒的であった（図4）。これは質の問題はあれ、近年の携帯電話の普及によって、個々の学生が「書く」機会は確実に増えているともいえる。また書くための材料ともなる日常生活での関心事については、音楽・スポーツ・漫画などが比較的高く、次いでファッション・映画・テレビ・科学の順で関心事が挙がっていた。

以上のことから考えると、最近の学生は読んだり書いたりする機会が減っているわけではないが、内容に問題がありそうだ。自分たちの娯楽でふれる柔らかい内容のものが多く、いざレポートや小論文のような硬い文章を求められると苦手とする学生が多いようである。学生からの授業への要望も、言いたいことをはっきりと伝えたい、文章の構成を知りたいといった内容であった。

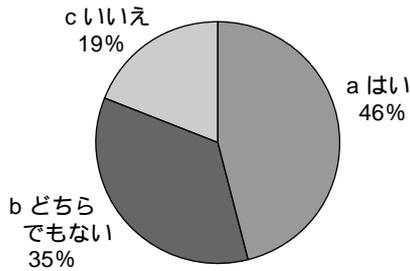


図2 読むことが好きか

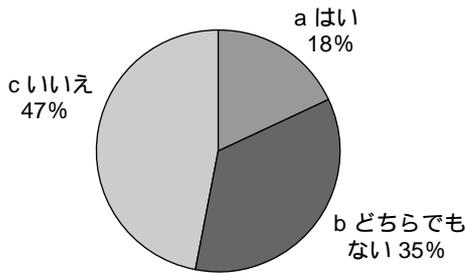


図3 書くことは好きか

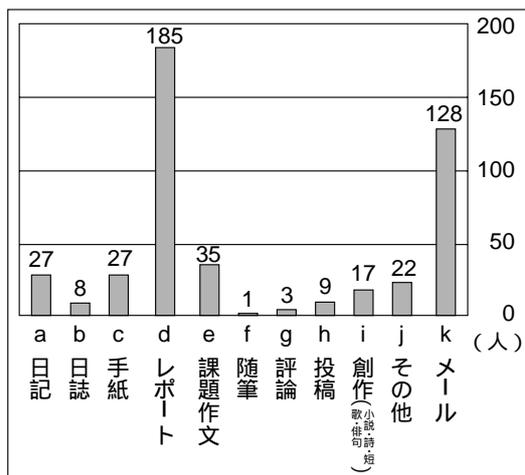


図4 主に書いている文章の種類

2. 授業内容

表現の基礎に関する単元は、以下のように設けた。なお、は検定教科書「国語表現」「準拠学習ノート」(京都書房発行)を使用し、はプリント教材を作成して使用した。

表記法

原稿用紙の使い方(横書き・縦書き)

悪文を書かないために

短い文で書く

悪文訂正 係り受け・受動能動・副詞の呼応・修飾句の照応・助詞・並列の関係等

あいまいな文

句読点の使い方

作文の自己点検

まずこの単元では、文章表現の基礎として文の単位での書き方のルールを見直した。原稿用紙の使い方では、作文を書かせるのではなく、ある文章を写しながら、数字・記号の書き方、段落下げなど表記に関するルールを確認するというものである。近年は、インターネットを利用してメールをやり取りしたり、掲示板へ書き込みをしたりする学生が増えている。そのため、そこで形成されている独自のスタイルに慣れてしまったせいか、作文を書かせると、原稿用紙のルールを全く無視した書き方をしている学生がいる。一文ごとに改行して書いたり、段落を分けるごとに空行を挟んだり、段落最初の一字下げを行わずに書き進めたりするものである。また、国語の世界では縦書きの文章を扱うことが多いが、工学系の本校では、レポート類は横書きである。インターネット上での書き込みも横書きで行うのが現状だ。よって、横書きの書き方を教えることは実用上から言えば必須である。しかしながら、中学や高校の国語教育では、ほとんど縦書きでの指導しか行われていない。高専の表現教育としては、横書きは1年生からもっと意識されていいだろう。

次に、書く上で大事なものは、自分の作文を直す手立てとして、自分の書いた文のどこが誤っているのかがわかるということ、そしてそれをどう直せばよいかができることである。そこで、次の段階では悪文を見直すためのポイントを学習した。

特に、読点の使い方についてはあいまいに習得してきた学生が多く、最近では、読点を打たずに文章を書き進める学生が増えている。また課題が出ると、字数を規定数まで埋めることに意識が集中してしまい、読み返して推敲することもないまま提出する。そこには人に読ませるという配慮がほとんど感じられない。どこにどう読点を付すかは、元をたどれば、それによってどれだけ読み手が読みやすく、正確に読み取ることができるかにつながっている。正しい語句の使い方を習得することも必要だが、この年頃では、むしろ書き手としての心構えを意識することによって、読み手に対して何を注意すればよいかを推し量れるように指導していくことも大事なことでと考える。

また、ふだん日本語を使って生活している私たちであっても、受け手によって様々な受け取り方がなされる場合もある。有名な例文として次のよ

うなものがある。

お風呂屋さんの入り口での注意書き
「そこではきものをぬいでください。」

「そこでは、着物を脱いでください」とも読める文だが、実は「そこで、履物を脱げ」と告げている。これは、読点を付したり、漢字を使用したりして、意味を明確化することによって誤解を免れることが可能である。しかし、日常では誤解を生じたり、意思の疎通が妨げられたりする経験も少なくない。そこで、「あたりまえ」として使っている日本語の落とし穴に注意を喚起する。そして最後に50点満点の小テストを行い、学習の定着を図った。

このように今まで使ってきた日本語を見直すことによって、学生個々人の中での日本語に対する認識も変わってきたのではないかと思う。後は、それを自分の作文の中でどのように生かしていくかである。実は、作文の自己点検をさせるために、悪文訂正を学習する前に、意図して学生たちに作文を書かせていた。これは、これまで身につけてきた自分の作文力がどれほどのものを自らの目で測らせるためである。ここでの作文ではまず、内容の充実度は除外視し、日本語としてきちんとした文章が書けているかという表記の問題に重点を絞った。よって、テーマは書きやすい題材を選べるように用意した。書き方についても一通り説明し、字数は、700字以上800字以内で負担にならない分量に設定した。

書き終わったものは、しばらくこちらで預かり、悪文訂正の講義を行った後、返却して自分の作文に改めて対峙させ、学習した観点を基に見直し、清書させた。さらに、それをグループごとに回覧させ、作文の相互批評を行った。これらの作業によって、自分の作文のどこに問題があるのかを自覚し、また人の作文と読み比べることによって、どこをどう工夫すればよいかといった方法も探ることができたはずである。読み合う作業は刺激もあり、自分で推敲する以上に効果のある方法であったように思う。

自分の作文力をアップさせていくには、まず正しい表現法を自分の中に身につけることが大切である。それには、ふだんからの読書が有効なのは

言うまでもない。次に必要なのは、自分の作文の弱点を知ることである。誰でも一通り書き終わって、そこで満足できる作文ができあがるものではない。推敲して整えていく作業が必要になるが、そこでどこをどう直せばよいかかわらなければ直しようがないということになる。その弱点を早く知り、それを直すよう意識すれば、弱点を克服できるはずである。その後は書く機会を増やし、自分なりの書き方を体得していくことであろう。

ここでは、まず自分の力で自分の作文を直していける力を身につけることに主眼を置いた。

2) 文章の組み立て

津田 潔

授業「文章表現法」の大きな目標は、受講学生たちが社会に出た後に最低限の文章を書けるようにするということである。その「最低限の文章」とは何かというのは、実は大問題なのだが、会社で求められる実用的な文章の最低ラインを考えればよいということになる。

「会社で求められる実用的文章」とは何かということだが、今本屋へ行くとその種の書籍は抱えきれないほどたくさん並んでいる。今手にした書名の一例を挙げると、安田賀計著『ビジネス文書の書き方』(1985年7月、日経文庫)、高橋昭男著『仕事文の書き方』(1997年8月、岩波新書)、篠田義明著『ビジネス文 完全マスター術』(2003年9月、角川書店)などである。これらによるとビジネス文とは、

技術論文……学術論文(社内外)、社内論文
プロポーザル……客先用プロポーザル、稟議書
報告……一般報告書(日報、週報、出張報告、議事録など)
製造・製品関連……各種計画書、マニュアル、カタログ、仕様書、規格書など
特許……特許・実用新案の出願にかかわる一連の資料
製品の販売関連……契約書、保証書、見積書、納品書、請求書、各種覚書、誓約書
総務・人事関連……規約集、契約書、誓約書、覚書、会計検査資料および伝票
法務関連……PL訴訟、ISO認証取得資料、不動産関係資料、各種契約書

メール類……電子メール、一般郵便物などになるらしい（『仕事文の書き方』15頁）。その膨大な種類に筆者などはただ呆然とするだけだが、ただそれらの大半は定型化されており、それを参考にすれば、それほど多くの時間をかけずに書けるようである（例えば、『ビジネス文書の書き方』にはそれらの文例が数十種類掲載されている）。

国語科の教員が、一般科目として学生たちにビジネス文を教える場合、どうかたちで関わられるのかを考えた時、それらの一つ一つについてその書き方を教えることは、時間的にも能力的にもできないし、またそれを要求されているわけではないことは自明である。しかし、それらの文書に通底する、自分の意見を主張する（あるいは、提案または他人の意見に反対・反論する）こと、自分の見聞したことを説明・報告すること、この二つに関しては我々に要求されていることと考えざるを得ないだろう。

こうして、主張と報告の文章の書き方を学生たちに教えると、かなり乱暴に授業スタンスを決めた（割り切った）訳だが、問題はそれのお手本をどうするかということであった。現在出版されている高校用の検定教科書には、18歳前後の青年が目標とすべき、身近な問題を扱った意見文が採録されていない。

例えば、2004年度の2年生に用いた第一学習社の『高等学校 現代文』から、詩や短歌・俳句、小説を除けば、哲学者・西研「考える楽しみ」、小説家・清岡卓行がミロのビーナスの失われた両腕をめぐって美を論じた「手の変幻」、国文学者・古橋信孝「知る 和語の文化誌」、チンパンジーの道具の使用から人と道具の関係を論ずる、霊長類学者・河合雅雄「道具と文化」、「人間はなぜ服を着るのか。」で始まるフランス文学者・社会学者・北山晴一「衣服という社会」、モノへのこだわりとその意識を論じた、社会学者・上野千鶴子「個性神話のパラドックス」、文化人類学者・民俗学者・小松和彦「妖怪と現代文化」、古代の世界地図を通して想像力と現実との結びつきを論じる社会学者・若林幹夫「想像としての現実」……無論これらの評論と一括りされるジャンルの中には、情報工学者・西垣通「誘惑する情報」、科学技術社会学者・鬼頭秀一「共生」とは何か、

天文学者・池内了「テクノロジーとのつきあい方」など、理工系の学者の文章も含まれている。

要するに、哲学、国文学、社会学、文化人類学、心理学など、現代のあらゆる分野の一線の学者の書いた文章が網羅されている。日本語の習得はあらゆる学問や思考の基礎をなし、現代を生きるにはその読解が必須であるという、高校国語科の理念からすればまさに必然の教科書編集の結果であるわけだ。

ただ、それでは学生たちの意見文の手本にはならない。何も、同世代の高校生や大学生が書いたものが必要というわけではない。800字から1000字程度で、社会的で身近な問題について、自己の意見や提案を簡潔に主張した文章が欲しいのである。

身近といっても、「青春について」「自分の生き方について」などのような、大学入試の小論文のテーマのようなものは現実性に乏しく、評論的で、いわゆる実用的なテーマとはほど遠いものであり、それも避けなかった。こうして色々探すうちに、新聞の投書欄のコラムに求めるものに近い文章が出ていることに気づき、それを中心に授業を組み立てることにした。

まず、成城大学名誉教授・中村敬「大学の英語必修をやめよう」（『読売新聞』2003年9月26日朝刊）、埼玉県病院事業管理者・武弘道「副院長に看護師で改革」（『読売新聞』2003年5月12日朝刊）、駐日米国大使・トーマス・S・フォーリー「規制緩和は日米双方に利」（『読売新聞』2001年1月25日朝刊）、NTTコミュニケーション科学基礎研究所長・東倉洋一「研究人材の国際的な競争力を」（『朝日新聞』2000年5月26日朝刊）の四つを使って300字程度に要約させ、こうした文章の基本的な構造を体得させることにした。

具体的に話を進めるために、中村敬「大学の英語必修をやめよう」を挙げる。

大学生の多くは、大学の英語教育に何も期待していないのではないと思う。

考えてもいただきたい。

たとえば、一週三回英語を受講するとして。三人の教師がそれぞれ自分の好みのテキストを使い、しかも一回九十分と、他の講義並みの長丁場である。おまけにクラスサイズは四十名前

後（場合によっては百人を超える）。これではなかなか集中できない。学校行事などあれこれの理由で休講になったりすると、三週に一度ということもある。こんな調子でダラダラと二年間も続くのである。こうした間延びした制度では、学生にそっぽを向かれても当然だ。

しかも、その英語が、ほとんどの大学で事実上必修である（「大学設置基準」では英語履修は、卒業要件ではないが）。前述のような教育環境で、ほぼ全員が履修させられるわけである。問題があって当然だ。以下、三つのポイントを指摘する。

（一）全員履修は英語教育を空洞化する。二〇〇二年度学校基本調査（文部科学省）によると、四年制大学の入学者は六十万五千人に達する。新入生だけでこの数である。これだけの学生を相手にまともな英語教育ができるか。

実情は惨憺たるものだ。学生の中には、入学までに英語学習への情熱を完全に失っている者もいれば、中学生レベルの英語力さえ身につけていない者もいる。希薄な動機と超低レベルの英語力しかない学生が多い大学は、中堅どころを含め、いくつもある。そうした大学で一律に英語を課してどんな成果が期待できるか。全員履修制度を維持しようとする、使うテキストは限りなく幼稚になる。愚民化教育と言ってもいい。

英語力が一定以上の学生が集まるいわゆる一流大学でも全員履修は無意味だ。さまざまな動機をもつ学生を十把一絡げにするため、授業目標が限りなく曖昧になるかである。語学学校に通う学生も出て、「ダブルスクール」がますます盛んになる。英語教育の完全な空洞化である。

（二）英語の強制は個性を殺す。大学の先生方は、英語ぐらいできなければ学問はできない、という。実際、国際学会で英語で発表することが研究成果を伝える最も効果的な方法であることはいうまでもない。しかし大学生全員が研究者になるわけではない。また、英語力を絶対要件としない学問分野もある。

これは私の体験だが、国文学科の学生に、英語力が著にも棒にもかからない者がいた。聞いてみると、英語が苦手だから国文科に入ったのだという。しかしこの学科でも英語は事実上、

必修だった。もちろん当の学生が英語もできれば、それに越したことはない。しかし好きでもない英語の代わりに漢文の勉強でもできれば、あるいは、英語に神経を使わず、自分の関心事に集中できれば、専門分野をより深めることができるはずだ。望んでもいない学生に英語を強制する制度は、「英語教育ファッショ」とでも呼ぶべきだろう。

（三）英語の強制は他言語を不可視にする。今日、中学・高校では、英語は名実ともに必修科目だが、大学でも実質的には必修である。こうした英語一極集中が生まれたのは、英語の経済的社会的権力が他言語のそれを圧倒しているからである。大学が英語を事実上の必修科目とするのも同じ理由による。実際、大学も市場原理に背を向けては生き残れないのである。

しかしながら、大学が効率主義にのみ眼を奪われていては、社会的小言語の教育と研究は排除される。英語という社会的大言語の履修を強制する現行制度は、社会的小言語に対する若者の無関心と冷たいまなざしを創り出しがちだ。それは、多文化の共存を目指す二十一世紀の理想にも反することになる。

英語の強制は実際的にも理論的にも間違っているのである。

約1600字の文章で、その構造もきわめて単純に作られている。これを授業の終わりに各学生に配布し、250字以上300字以内で全体を要約してくるように指示した。ちなみに他の三つの文章もほぼ同様の字数であり、少しずつ内容・構成ともに難しくなるように配慮した。

次の授業では、宿題とした要約文を回収した後、問題文の構造を分析して、模範解答を示す訳だが、こうした作業を3・4回繰り返すうち、学生たちは自然と主張を述べる文章の基本構造は、3段落構成にするのがよく、第1段落でこれから取り上げる問題の輪郭を描くとともに、それに対する自分の意見を述べ、第2段落でその根拠を列挙し、第3段落で自己の意見を再主張する、というパターンを体得してゆくことになる。

この中で、自己の主張に説得力を持たせるためには根拠・証拠が一つでも多い方がよく、したがって事前の情報収集が欠かせないことを理解さ

せ、集めたそれらの根拠をどのような順番で示して行くのが効果的かなどの文章構成の重要性も、学生たちに理解してもらおうとした。また、要約文の長さを300字と100字程度としたり、タイトルを伏せて15字前後でそれを書かせたりすることなども試した。具体例の部分と議論の部分（あるいは事実と意見）を明確化させたり、よりその文章の執筆のねらいを明確化させたりするためである。

このようにして、今度はいよいよ学生たちに自分の意見を述べてもらう次の段階に来たわけだが、まずそのための材料を提供した。この種の文章の出来不出来は先に述べたように、如何にたくさんの情報を持っているかで左右される場合が多いので、予めそれを平等に与えて、テーマによる有利不利を避けようと思ったのである。

『朝日新聞』のオピニオン欄に掲載された文章を用いた。女性の大阪府知事による優勝力士表彰を拒絶した相撲協会の決定を妥当とする、脚本家で横綱審議委員会委員の内館牧子「土俵の「女人禁制」維持は妥当」(2001年3月17日朝刊)と、それに対して税金で行われる任務の遂行が女性という性別で妨げられるのは問題だと反論した、駿河台大学助教授・秋山洋子「土俵での表彰は「公務の遂行」」(2001年3月29日朝刊)の、二つの文章を学生たちに配布し、それを踏まえてその問題に対する自分の意見を800字以上1000字程度で書かせた。

この後、今度は報告・説明の文章の要約をさせることにした。「恐竜像大きな転機 「ティラノサウルスにも羽毛」説 鳥との境界あいまいに」(『日本経済新聞』2004年6月17日)を用いた。三つの想像図を伴う、1000字余りの記事である。これを200字と50字に要約させ、特に後者の文章と記事にもともと附属していたリード文と比較させた。

この報告・説明の文章では、新聞記事はいわばそのほとんどがその文章であり、5W1Hを軸に記事が書かれ、先ずは書こうとすることの大枠から、次第に些末な話に移っていくこと、時に最後にその事実の持つ意味などが書かれることがあることなどを説明した。ただ、この報告・説明の文章の要約作業は、その見出しから判断できるように、そう難しいものではなく（ということは記者や編集者が的確に見出しを付けていることにも

なるが）学生たちから提出された文章に、大幅に手を入れる必要性は感じなかった。

そこで、この要約の作業の仕上げとして、近年新聞等にも盛んに執筆する東大教授の経済学者・岩井克人「株主権論」再考 カネとヒトの力関係、企業の中で激変」(『朝日新聞』2001年5月8日夕刊)の要約をさせた。最近岩井氏の文章が国語の検定教科書によく採用され始めているように、この文章も企業は今後誰のものになって行くのかを四つの段落に分けて2500字で鮮やかに論じた、本格的な評論文である。これを500字程度にまとめさせた。その解説で、四つの部分に明確に区切って書かれているが、今まで習ったように全体を三つの段落として考えて何も問題ないことを確認させた。すなわち、序論、本論（問題点の検討1と問題点の検討2）、結論であり、中間の二段落は問題点の検討ということで一括することが可能だということである。

一方、先に提出させておいた、大相撲の女人禁制に関する意見文を、5・6人分を一緒に綴じてそのグループで回覧し、一作品につきグループ全員の批評を書くようにさせた。しかも他の人と同じ内容の批評を書いてはならないことにした。こうすると、自分の作品について5・6人からの他者評価を貰えるわけである。これだけで、90分をかけることになった。学生たちは教師からの批評はいつも聞いて、いわば慣れっこになってしまっているものの、同じ仲間からの批判には耳を傾けざるを得ず、しかも案外皆真面目に取り組み、ある一面では教師以上に厳しい批評をするものも少なくなかった。

そこで、それらの批評を生かして、もう一度次の時間に書き直しをしてもらい、再提出させた。

ところで、夏休みの宿題として、次のテーマのどれか一つを選んで、原稿用紙2枚以上3枚程度で、自分の意見を書かせるようにした。

- ・戦争をやめさせる方法
- ・これからの大人に求められることは何か
- ・技術者として何を創るべきか
- ・五十年後の日本社会……予想とその(科学的)根拠
- ・五十年前の日本社会……当時の社会・生活状況を今から見れば
- ・現代日本社会……他のアジア諸国から見たそ

の魅力と欠点

- ・夏休みの必要性……本校が全館冷房となった時を想定して
- ・負けるとはどういうことか……アテネオリンピックを見て

身近な問題から、抽象的な大学入試的な問題まで、用意したつもりである。これを原稿用紙にまとめると同時に、3・4分のスピーチをさせることで、ある問題に対して、自己の意見を持ち、それを主張することの訓練の大成としたのである。

3) 論理トレーニング

川北 晃司

本節では、平成16年度「文章表現法」シラバスに記載ある「3. 論理トレーニング」の単元において使用した教材プリント例を紹介し、補足説明を加えたい。

その前にこの単元の成り立ちについて述べよう。この単元の実施にあたっては、以下計8タイトルの印刷教材を作成、使用した。(1)「論理の力とは」、(2)「立論・異論・批判(一)」、(3)「立論・異論・批判(二)」、(4)「立論・異論・批判(三)」、(5)「接続表現に注意(一)」、(6)「接続表現に注意(二)」、(7)「接続表現に注意(三)」、(8)「科学技術論」。このうち最後の(8)では、湯川秀樹による二本の随筆「科学技術の中の人間」および「創造への飛躍」を取り上げた。また(1)から(7)については、最近の論理学教科書である、野矢茂樹著『論理トレーニング』(産業図書、1999年)および『論理トレーニング101題』(産業図書、2001年)に依拠して作成した。

その一例として、(1)の「論理の力とは」と題した印刷教材では、まず以下のような文章を示して参考に供した。(ただしここでは紙幅節約のため原文を一部省略、改変した。[]は原文省略箇所、/は原文改行箇所。またあえて空所を作って適語を学生に考えさせた。)

[]論理の力を身につける。どうすれば身につくだろう。いや、その前に、そもそも「論理の力」とは何かを述べておかねばならない。/論理の力といっても、しばしばそう誤解されているような、「思考力」のことではない。もちろん論

理の力を発揮するためには、なにげなく見過ごしていたところで立ち止まって念入りにチェックしたり、筋道を整理したりすることも要求される。だが、論理の力とはむしろ思考(命題すなわち文章)を表現する力、あるいは表現された思考をきちんと読み解く力にほかならない。それは、言葉を自由に扱う力、われわれにとっては日本語の力のひとつなのである。[]今ためしに、論理の力をチェックする問題を出してみよう。出典は大野晋『日本語練習帳』(岩波新書)である。

例題1 []

解説 []

[]「論理の力というのは思考力である」というのは、先に述べたひとつの誤解であるが、これと並んでもうひとつ、しばしば誤解されることがある。論理的な表現は堅苦しい、あるいは難解なものになる、というのである。/多少その傾向があるということは否定できないが、しかし、論理的であることと表現が堅苦しいとか難しいということは何の関係もない。柔らかい文章でありながらしっかりと論理的である文章を挙げてみよう。

例題2 次の空欄に適切な接続表現を入れよ。

ネコは本来、警戒心の強い生き物です。この警戒心とは、敵の気配を察したらすぐに逃げられるように、つまりネコが自分の身を守るために持っている本能です。しかし、心から安心できる環境にいるネコは、幸か不幸かこの能力を使わずにすんでいるのです。/つまり室内飼いのネコにとって、室内ほど安心できる場所はないのです。敵もいないし、エサもあるし、トイレだってあります。自分を愛してやまない飼い主が用意してくれた環境なのですから、悪いはずがありません。()「室内飼いのネコが外に出られないからストレスがたまっている」という考え方を、全てのネコに当てはめることはできないのです。(南部和也・南部美香『ネコともっと楽しく暮らす本』、三笠書房王様文庫)

難解さとはほど遠いペット本であり、文体もいたって柔らかであるが、それでもこの本は全体にきわめて接続表現が多用され、論理的である。[]/ポイントは「対話の精神」にある。ネ

コ専門の獣医である著者たちは、おそらく、ネコの飼い主に話しかけるように文章を書いているのだろう。「ええ、たしかにそうですが、しかし、こうなんです。つまり、こういうわけです。だから、実はこうなんですよ、こんな調子で聞き手の反応を見ながら語りかける。これが、接続表現の多用につながるのである。/問題の空欄の前後 [] これをつなぐ接続表現は何か。それほど難しくなく、「だから」「それゆえ」「したがって」が入れられたのではないだろうか。[] /他方、硬い文章でも、教科書のような記述や、意見の押し売りのようなものは、いきおい()表現がとぼしくなり、論理的な構造が欠如してくる。一般に新聞記事には接続表現が乏しく、これといった論理的構造がない。それはつまり、()の精神が欠けているからではないだろうか。/論理は数学の証明に理想的に現れるわけではないし、また、評論や論説に特有のものというわけでもない。言いたいことがきっちりあって、それを自分と意見が違うかもしれない他者へ伝えようとするとき、たとえ柔らかで平易な文章であっても、そこに()が姿を現わす。/自分と異なる意見の相手と対話する。それこそ論理が要求されるもっとも重要かつ典型的な場面である。独善的な精神に論理はない。論理的な力とは、多様な意見への感受性と柔軟な応答力のうちにある。(出典は野矢茂樹『論理トレーニング』産業図書、一部改)

以上が、「論理とは」と題した印刷教材の主要部分である。カッコ内の 、 、 に入る語を本文中に探すのは容易であろう。それぞれ、「接続」、「対話」、「論理」といった表現が最適なはずである。また、筆者は「論理の力」とは何であると言おうとしているのか。「しかも」という接続表現、および、「対話」という語も用いて、90字以上、100字以内にまとめて学生に答えさせるようにした。その模範解答はたとえば以下のようなものになる。すなわち「論理の力とは、思考というより、思考を表現する力、あるいは、表現された思考をきちんと読み解く力であり、しかも、自分とは異なる意見の相手と対話する際には、多様な意見への感受性と柔軟な応答力のうちにある。」(99字)

しかし、原文での強調点はまた別にも存在している。それは、接続表現の多用によって論理の構造は明瞭化する、という点であろう。たしかにそれには頷ける。そこで、接続表現を意識的に多用して使い分けるための訓練が有用になるだろう。「接続表現に注意」と題したシリーズ(計三回分)は、そのために作成したものである。

だが本稿ではこのシリーズは割愛して、「立論・異論・批判」と題したシリーズ(計三回分)の最終回を採り上げて以下に紹介したい。「論理トレーニング」と題したこの単元全体のまとめにも相当する回であり、また、文章中のトピック自体、興味深いと思われるものを集めた回だからである。

その前に、本シリーズに関するこの回までの要点を記しておこう。異論ではなく批判を提起すること、これが何よりも強調したいポイントであった。不当に曖昧な用語法はないか。議論に不整合はないか。説明不足な点はないか。導出に飛躍はないか。根拠は確からしいか。全体の説得力はどのくらいか。そうしたことをチェックしていく。論理的な文章を読んだり書いたりするときには、こうした「論証」の存不存や成不成を気にかける必要がある。「論証」は根拠と導出を含む全体であり、ある主張とそれに対する論証とを合わせて「立論」と呼ぶ。「異論」とは、ある主張と対立するような別の主張を立論することであるが、それとは区別して、「批判」とは、ある立論の論証部に対して反論することを指す。このような批判の精神は、しばしばわれわれに欠けているものである。自分自身に対しても批判のまなざしをもった文章表現が望ましい。自分の議論を第三者的にみつめ、批判し、それに答えるようにして議論を組み立てていく。それが一つの上質な文章表現法になるだろう。

「文章表現法」プリント 立論・異論・批判 (三)

自分と同意見の相手を批判することは、日常のやりとりにおいてはあまり見られないことであり、また、批判していながらなおかつ同意見であるというのが、何か()しない態度のようにとられてしまうことさえある。しかし、論証が重要となる議論の場であればあるほど、論証に対

する批判もまた重要になる。たんに異なる主張の言い合いに終わらないためにも、われわれは批判を行ない、そして提起された批判を誠実に受けとめねばならない。

例題1 立論Aに対してBが批判として不適切である点を指摘せよ。

立論A「鯨は知能も高く、それゆえとくに保護に値する動物である。早いうちから保護政策をとらねば絶滅の危機を招くおそれがある。それゆえ、商業捕鯨は全面的に禁止すべきである」

批判B「1972年の国連人間環境会議でアメリカが捕鯨禁止を出してきた背景には、当時のベトナム戦争に対する非難から世論の目をそらすという目的があった。反捕鯨運動といっても、そもそもがその程度のものにすぎない。むしろ、捕鯨は捕鯨国にとって文化・伝統に属することなのであるから、禁止すべきではない」

立論Aに対して批判するならば、「知能が高いゆえとくに保護に値する」と言えるかどうか、あるいは、保護政策をとるとして、それは「商業捕鯨の全面的禁止」を必要とするものなのかどうか、といった点を問題にしなければならない。しかし批判Bはそうしたことをまったく問題にしていない。つまり、ソッポを向いている。しかもそのソッポの向き方が問題である。一般に、発言の動機を糾弾することと、発言の内容に反対することとは別である。不純な動機のもとに、よいことを言っている場合もあるだろう。

また、批判Bは捕鯨は禁止すべきではないという自分自身の立論を示しているが、これは相手の論証に対する「批判」ではなく、対立する主張を自分なりに論証する「異論」である。

例題1の解答例

批判Bは反捕鯨運動の最初の動機が不純であると指摘するが、たとえそうだとした場合、それが理由で立論Aの論証としての正しさが損ねられるわけではない。しかもBはAの論証の内容にはまったく触れていないので、なんら批判を述べたものとはなっていない。また、「捕鯨は文化・伝統に属するので禁止すべきではない」は、()ではなく、()を唱え

たものである。

例題2 「死刑は廃止すべきか」という問題に対して、立論・批判・異論を組み立てよ。

二通りのタイプの解答が可能である。ひとつは、「廃止すべき」と立論し、その立論を批判した上で、「廃止すべきでない」と異論を唱えるもの。もうひとつは、「廃止すべきでない」と立論し、その立論を批判した上で、「廃止すべき」と異論を唱えるものである。解答はいずれか一方でよいが、ここでは両方のタイプの解答例を示しておこう。

例題2の解答例A

立論 「死刑は廃止すべきではない。なぜなら、死刑があることによって凶悪な犯罪がある程度防げているからだ。もし人を殺しても死刑にならないというのであれば、殺人事件がさらに増加するに違いない」

批判 「死刑に犯罪抑止力があるというのは認めてよいかもしれないが、それは()されるべきではないだろう。実際、死刑があるから犯行を思いとどまるといえるのは、それほど多くはないのではないか」

異論 「むしろ、死刑もまた人を殺すことだという事実を重くみるべきではないだろうか。殺人が許されないからそれを罰するというのであれば、その罰は殺人であってはならないだろう。それゆえ、死刑は廃止すべきだと思う」

例題2の解答例B

立論 「死刑は廃止すべきだ。なぜなら、われわれには誤審の可能性があるからだ。死刑にしてしまったのでは、誤審は取り返しがつかない。だが、無期懲役ならば、まだ過ちを改めることができる」

批判 「いや、誤審の可能性はないわけではないとしても、極めて低い、あるいは低くあらねばならないものだ。確率の低い過ちの可能性を恐れては何もできなくなってしまう。むしろわれわれは過ちの可能性を減少させるよう努力しつつ、よりよい制度の在り方を考えるべきだ」

異論 「その点で、死刑はあった方がよいと思う。もちろん、軽々しく死刑に処すべきではないが、たとえば情状酌量の余地なく殺人を繰り返し

た犯人の場合など、自分の死をもってしかそれを償えないこともあるのではないだろうか」

もちろん、この手短な解答は議論をまったく単純化した、ラフ・スケッチのようなものにすぎない。それゆえ、実際の討論や論文では、これをさらに肉付けしていく作業が重要なものとして残されている。そしてそのためには、もっと調べ、考え、準備しなければならない。

例題3 次の立論に対して批判せよ。

「あなたたちは新空港の工事に反対していた。その反対運動にも関わらずいまや新空港は完成したわけだが、あなたたちはそれに反対していたのであるから、この新空港を利用すべきではない。」

同じような理屈はいろいろな場面で実際に聞かれる。実際、反対派が平然と完成した空港を利用しているのを見ると釈然としない気持ちになるのかもしれない。その感情が強いと、この立論のどこが()の対象になるのか、分かりにくいだろう

問題は反対していたことそのものではなく反対理由にある。例えば、家事ロボットの開発に対して、そのようなものは人間の生活を墮落させるからというような理由で反対していた人がいたとして、いざ家事ロボットが完成したときに喜んで使うようになったとしたら、「なんだキミは」ということにもなるだろう。同様に、飛行機という交通手段そのものに反対していたのであれば、飛行機を使うようになったときには変節を糾弾されても仕方がない。しかし、空港の「工事」に反対していたのである。そこにこの立論の穴がある。

(出典は野矢茂樹『論理トレーニング』、『論理トレーニング101題』産業図書、一部改)

授業ではまず上の文章中 から に入れるのに最適な表現を語群中から探させた(語群 異論、批判、矛盾、一貫、過大評価)。正解は、一貫、批判、異論、過大評価、批判、である。そのあとで、例題3の解答を考えさせて、論述、発表させた。ここで用意した解答例は以下のようなものである。すなわち、「空港のないところで空港を作ることの是非という問題と、空港がすで

にあるところでその空港を利用するかどうかという問題は別問題である。林野を切り開き空港を作るということに対する反対は、空港の利便性に対する反対を意味するものではない。それゆえ、たとえ完成した空港を苦々しい思いで利用したとしても、それは決して矛盾した態度ではない。」

じつのところ右の立論においても、空港開発の是非と空港利用のそれとが、少なくとも倫理的に全く「別問題」と言い切れるのかどうか等、再批判は可能であろう。そうしたことも含めて、学生たちに考えさせ、自分の考えを、論理的かつ批判的に、表現する手がかりを与えるのが、この単元のねらいとするところである。そしてそのためには今後も、本単元の教材開発には、いっそうの工夫が必要と思われた。

注

- 1) 但し、本校の学生が全国の同年代の学生に比べて特に国語力が劣っているわけではない。2004年5月に本校3年生を対象として国語に関するプレースメントテスト(メディア教育開発センター主催)を実施した結果、72%の学生が高3レベルもしくはそれ以上であると判定された。高1から高3レベルを合わせると98%に達していた。
- 2) 2005年度からは90分授業となっている。
- 3) 「高専における国語表現教育 プレゼンテーション授業の実践を通して」, 平成16年度工学・工業教育研究講演会講演論文集, (社)日本工学教育協会, 2004年8月, pp 253
- 4) 日刊工業新聞社主催, 第6回理工系学生科学技術論文コンクール, 本校二編入賞。

(平成17年9月29日受理)

臨床英語教育人間学序説 (2)

英語教師論 : 「分散知」のデザイナー/トレーナーへ

相澤俊行*

Clinical English Language Pedagogy as Human Science (2)
 Focusing on the Role of the English Language Teacher :
 To a Learning Designer / Trainer of Distributed Intelligence

Toshiyuki AIZAWA

When it comes to the role of the English teacher in the class, confusion abounds. Some hold that a teacher should be a counselor or facilitator. Some suggest that s/he should be a couch. Others might advocate that in learning a second language you don't need a teacher. What is the role of the English language teacher now in a highly-technology-driven society? In this article, the role of the English teacher and the issue of classroom community will be discussed. The aim of this article is that the learning place, such as the school and the classroom, would be transformed from "community" to "communiation" and the role of the English teacher would be a designer or trainer of "distributed intelligence" with the assistance of various forms of information technology. Ultimately, it could lead to not only a foreign language learning but extend to developing the well-being of the students.

(Keywords : English teacher, community, learning)

はじめに

高度情報技術は英語教師の役割を変えるのか。マルチ・メディア/ネットワーク時代に突入している今、「ビデオ・オン・ディマンド(以下VOD)」を発展させた「エデュケーション・オン・ディマンド(以下EOD)」の実現も視野に入ってきた。すでにEODの試みは現実化しており、大手予備校が通信衛星ネットワークを使い「有名講師」の講義を全国各地の教室で聴講できるシステムを始めている。同様に、日本電気株式会社(NEC)では、人工衛星を活用した全国規模の社員教育システム(NESPAC:NEC Satellite Pedagogical Network for Advanced Creative Education)を1987年から始めている(佐伯, 1996)。学習するのに、教室に来なくてもよい時代が近づいている今、英語教師の役割、機能はどうあるべきなのだろうか。

現在、英語教師の役割、機能についての議論は混沌としている。教師の役割はしばしばメタファーで論じられる。支配者(controller)として

の教師、演出・監督者(director)、クラス管理者(manager)、支援者(facilitator)、さらには学習資源(resource)としての教師など(Brown, 2001)。伝統的な知識伝授者(知識詰め込み者: knowledge-installer)も依然として市民権を得ている反面、カウンセラーとしての英語教師を構想する研究者(Curran, 1976)もいる。

学習の場としての教室・学校空間のありようについて完全な合意に至ることは、困難であろう。しかし、最も有効な補助線は学校・教室「共同体(community)」論であると考え(佐伯, 藤田, 佐藤, 1996)。宮台、藤井、内藤(2002)のような反共同体論者もいる。筆者は「共同体(コミュニティ)」の概念が日本語として未成熟でゆれており、その分議論がずれていると考えるが、「共同体論」者と「反共同体論」者の議論はこれまでの英語教師論とも重なる部分が多い。とりわけコミュニケーション主体の教授法(Communicative Language Teaching: CLT)、英語学習の場はインターアクション

(interaction)を中心にすえるべきであるという方向性は、英語教育研究者の大方の同意を得ているように思われる(Brown, pp.164-173)。

本稿では最初、学びの場としての「共同体」という概念を20世紀初頭の米国プラグマティズムの哲学者デューイ(J. Dewey)に還ると共に、言語学的にこの言葉の原義を分析する。次に、高度情報技術の発展を踏まえた新たな認知科学の概念「分散知」を紹介し、学習意欲のない学習者(reluctant learners)の内発的動機付けについて論じる。最後に、言語使用の場としての教室空間をデザインし鍛える教師像(a learning designer/trainer)を提案する。

1. 共同体(コミュニティー)とは何か

教育における「共同体論」を考えると欠かさないアメリカの哲学者がいる。ジョン・デューイである。20世紀米国のリベラリズムの立場に立つ知識人として、教育と民主主義の密接な関連についての議論をまとめた名著 *Democracy and Education* (1916)は、同時代の知識人たちに大きな影響を及ぼした。デューイは、個人が社会から切り離された存在であり得るという考えは誤りであるとして、民主主義社会には、有機的存在として機能するための「共通の理解(a common understanding)(Dewey, p.4)」というものがなければならないと論じた。彼は、個人を個人たらしめるものが存在することは認めながらも、そういう個性は集合体としての共通の理解を通じて達成されるべきものだ、と主張したのである。デューイが、学校、教室の学習空間を「ミニチュア・コミュニティー」であると考えたのは、彼の立場からすれば当然のことだった。

本稿で扱う「共同体」、コミュニティーは地域共同体を意味するのではなく、いわば学習の場としての「意識の共同体^{注(1)}」であることはすでにここまでで了解されている。しかし、ここで **community** の語に本来的に含意されている「共通性」を言語学的に分析するのも、この語の概念を理解する上で重要だと考える。

OED(Oxford English Dictionary)を調べると、多義性の中に以下のような記述が目立つ。

1. The quality of appertaining to or being held by all in common; joint or common ownership, tenure, liability, etc.
2. Common character; quality in common; commonness, agreement, identity.
6. The body of those having common or equal rights or rank, as distinguished from the privileged classes; the body of commons; the commonalty.
- 7b. A body of men living in the same locality.
- 7c. Often applied to those members of a civil community, who have certain circumstances of nativity, religion, or pursuit, common to them, but not shared by those among whom they live; as the British or Chinese community in a foreign city, the mercantile community everywhere, the Roman Catholic community in a Protestant city, etc.

(下線部は筆者)

即ち、底通するのは **common**(共通であること)ながら、住む土地や所有物、民族性等)および **the same**(同じ価値観、同じ宗教や同じ信条等)を有する個人のありよう、ないしそのような個人の集団のことを意味することがわかる。デューイの「共通の理解(a common understanding)」もまさに英語本来の語義から敷衍された概念といえよう。

重要なのは、学習の場が「共同体」であるという場合何を「共通」に探求し、参加する学習者の何を「同じ」と認識するかであろう。まさに、この部分を学習の場に作り出す役割を担うのが教師に他ならない。

さらに言えば、「共同体」に参画するものは皆平等であり、共通の考え(デューイの「共通の理解」: a common understanding)を想起してもらいたい)に基づき、互いを目的とする、マーチン・ブーバー流に言うならば「我—汝」の関係を育むための社会的実態であるといえよう。互いを手段とする「我—それ」の関係ではなく。

学習の場において現在「共通の理解」とは何

なのだろうか。また今それを学習者皆が了解することは可能なのだろうか。ここに至って、「共同体論」に潜む陥穽に気がつく。しかしそのことを論じる前に、高度情報技術との関連で新たな知識観を次に見ていくことにしよう。

2. 「分散知」と共同体

過去 30 年ほどの「学習」をめぐる認知科学研究の発展は、学習者中心への方向に大きく転換しつつある（佐伯、1998）。その中でもとりわけ「情報スーパーハイウェイ (Information Super Highway)」構想を推し進めた米国副大統領 A・ゴアが、1996 年 2 月にメリーランド州ボルチモアの米国科学技術振興協会 (American Association for the Advancement of Science) の大会講演で発表した「分散知 (distributed intelligence)」という概念に注目したい。

この「分散知」という考え方は、認知科学におけるさまざまな状況論的アプローチを統合する考え方であるとされる(佐伯, 1998)。重要でありながら、必ずしもこれまで広く知られた概念とは言えないので、長くなるが引用すると、次の 5 つにまとめられる(pp. 16-17)。

- 1) 知は本来、個人の頭の中の活動に帰属されるべきものではなく、他者と分かち合い、他者と協力しあうことによって、社会的に表現されるものであるとする。
- 2) 知は、純粹に「脳の働き」とはなすべきではなく、さまざまなシンボル、道具、装置、設備、環境との相互作用によって達成されるものであるとする。
- 3) 知は、なんらかの目的的な活動に埋め込まれており、特定の社会的に意味のある目的に従事する協同的営みの中で発揮され、相互構築されるものであるとする。
- 4) これらのことから、社会的に分散化した知的営みの実践を高めるには、知の集中化を避け、多極化した知の営みを、統合ではなく、相互交流を促進するコミュニケーション・ネットワークを構築し、それを活用していくべきである。

5) さらに、知的活動は、図や表やグラフの利用、現象の可視化(visualization)などをフルに利用し、時間、空間的な広がりを集約したり、逆に超微細的な時・空間を拡大したり、あるいは、多様な視点からの「見え」を表出させたり、というような、外的な知的人工物（これらはまとめて、「知的資源 (intellectual resources)」との相互交流をさかんに行わせるものとするべきである。

(以上、原出典は R.Peal, 1993)

ここに見られる「分散知」の概念こそが、EOD に象徴される高度情報技術による新たな「知 (intelligence)」の習得が始まりつつある今、極めて重要な概念だと考えられる。「知の集中化を避け、多極化した知の営み」を「相互交流を促進するコミュニケーション・ネットワーク」の一部に学校・教室空間も位置づけられよう。

しかし、英語教育が対象とする「知」は、母語とは異なる言語習慣を完全に受容することを要求する認知負荷の高いものである。「英語が使えるようになりたい」というような多くの日本人学習者の漠然とした願望に堅固な視座を与え、地道な努力を傾注せしめるように学習者を鍛える(train)のは、外国語環境にある我が国の英語教師の重要な役割の一つであろう。しかしそれは強制からは生まれない。即ち「内発的学習動機付け」の養成が重要となる。これについて次に述べよう。

3. 「動機付け」と共同体

不思議なことに「英語科教育法」を論じる著作にも、ましてや第二言語環境（教室で学習した言語を生活の場ですぐに使える環境）下での言語習得を論じる SLA の著作にも、「学習意欲のない学習者の存在 (reluctant learners)」への言及がほぼ完全に抜け落ちている。これはなぜか。SLA 環境下の英語学習者は基本的に自発的学習者 (volunteer learners) である。英語を学習するのは、教室外の生活や仕事で直ちにその言語使用をしたいからである。従って、原理的に reluctant learners は存在しない。SLA 研究にこのような学習者についての、言及がないのも

首肯できよう。

ところが、我が国の英語教育は FLA 環境下である。早くは小学校から始め、大学にいたる 10 年もの長期間にわたり学習し続ける教科・科目は、英語以外にない。たとえば、数学などは早ければ高校 1 年生で学習を終える高校生も決して少なくない。母語である古典でも、中学から始めて長くても 6 年に過ぎない。こうしてみると、外国語である英語教育の、わが国の学校教育に占める学習期間の長さにあらためて驚かされる。

その長期に渡る学習期間を支える学習の動機付けはどうなっているのだろうか。ここまでの「共同体」としての学習の場の議論ともからめて、以下に述べることにする。

3. 1 捨象された reluctant learners (英語学習意欲のない学習者) の存在

本来「共同体」としての学習空間には 1. 「共同体とは何か」で示したように、「共通の」「同じ」学習への「理解」を学習者みんなが共有していなければならない。しかし、実際は違う。わが国のような外国語環境における英語学習 (English as a Foreign Language: EFL) を論じる際に往々にして捨象されている重要な事実は、英語学習に意欲を持っていない学習者の存在である。全ての日本人が、中学 1 年時に英語学習を教科として学習を始めるが、学習者自身が英語学習を選択したわけではない。このことは我が国の義務教育課程が基本的に学習者の学習権よりも、国家の教育権を強調したものであることから仕方のない面もある^{註(2)}。しかし、中学 1 年から始めた英語学習が、大学卒業までの 10 年間ほとんど自動的に継続学習される事実は、英語が外国語であることを考慮すると奇妙なことである。内発的動機に基づいて、学習者が自らの意思で、英語を学習することを決定するプロセスが抜け落ちていることが、英語学習の場における「内発的動機付け」欠如の理由の一つになってはいないか。

入学試験に合格したいから、TOEIC/TOEFL で高得点を取得したいから(「道具的動機付け」)、あるいは漠然と英語を話せるようになりたいから(「統合的動機付け」)等の理由も、教科学習を正当化するための外部からの理由付けや価値

に自分のそれを合わせている側面が強い。例えば、大学入試準備のための英語学習を自己選択したとしても、その外国語がなぜ英語であって中国語やフランス語ではないのかを考えれば、そこに英語以外の外国語を大学入試科目として選択準備できない外的事由のためであることに改めて気がつく。たとえそのような社会的に正当性のある学習理由を「共通の理解」としても、基本的に私たちの英語環境が教室に限られる外国語環境にあっては、悲しいかなそのような理由も持続性を保つことが困難であることは、現場で教える英語教師なら恐らく皆知っていることだ。

この問題への対応には、10 年に及ぶ長い英語学習期間の節々で英語以外の外国語学習を保障しつつ、新たに英語学習を学習者自身が自己選択・決定できるステップを組み込むことが必要だと思われる。しかしそれにも増して重要なことは、英語を学習することそれ自体に喜びを見出せるように、学習空間をデザインすることであろう。到達目標がいかに優れたものであっても、その過程における日々の学習の営みがドリルとテストであったり、セルフスタディー以上の意味を持ち得ない活動に終わっているのであれば、それは学校教育の教科としては存在する意味はない。

ここにこそ英語教師の役割がある。創造的で探求的な学習をするためには、同じその時に、同じ言葉や問題で悩んでいる仲間(peers)が必要なのは、いかなる時代になっても人間が人間である以上変わらない。高度情報技術の発展により個別学習の質的、量的拡大が可能な時代にあっても、一人一人の学習者が個別学習で得た英語の知識を Pea(1993)の言う「分散知」として学校・教室で実際に使わせ、学習をシェアし(learning as sharing)学びの場である教室空間での学習経験それ自体にある種の完結した悦びと達成感を持たせること、いわば学びのデザイナーとしての役割が教師にとって極めて重要となる。

3. 2 第3の道としての「共連体」(communion)

声高に高度情報技術の発達を論じる前に、すでに私たちは、大人も子どもも、現実に情報化

社会に生きている。好むと好まざるとに関わらず、情報技術の成果を「使って」生きている。これが私たちの現実の社会であるのなら、英語教育がそれらと無縁であることはありえないし、無縁であるかのように装ってきたとしたならば、英語教育はその反省から始めなければならない。

しかし、その知は Pea(1993)が述べているように、他者と分かちあい、相互構築されるものでなければならない。しかしそれは、ここまで見てきたように、「共通の理解」が乏しい「共同体」においてではあるまい。

英語の学びの空間は、機能集団として相互交流を通じて英語を使うことにより英語技能を修得する場に向かうのは間違いない。その時英語教師の役割は、良きロールモデルであり、学習デザイナー兼トレーナーであろうか。いずれ一つの役割で済むほど単純な仕事ではなく、その意味では極めて高度な専門性が必要になろう。単に英語が出来て情報技術が扱えればよいというわけにはいかない。そのような新たな学習の場に学習者が暗黙裡に了解している「共通の理解」があるとすれば、次の4つが考えられる。

- (1) 教室は知を分かち合い、交渉し、交流する場である。参画するか、しないかは学習者本人が決める。
- (2) 参画するものはだれもが、「より良い知」の獲得に貢献しようとする。
- (3) 自分がアウトプットすることで、授業がよりよく変化する可能性がある。
- (4) 授業のよしあしの評価は、そこにいない誰かがするのではなく、参画するみんなの了解の中にある。

そのような場のイニシエーター(initiator)が教師の最も重要な役割の一つとなろう。そのような学びの場は、「共同体(community)」と「ゆるやかなつながり(association)」の二つの意味合いをこめた中間体「共連体(communiation)」とも言うべきものになるのではないか。

本稿の結論に変えて

EOD の到来が近未来に予想される時代に生きる英語教師の役割は、第一義的に学校教育の役割がどう変わるかにより決定される部分が大

きい。他方、外国語学習という技能の養成を中心とする特性から生ずる、他の教科・科目とは異なる方向性も潜在する。個別のクラス、個々の学習者の関心・認知特性・中間言語の把握をし、個々の学習者に適合した学習プログラムの生成、多様な教材の作成・紹介、学習不安のケア等ができることも必要となる。さらには、EFL環境下における困難な「動機付け」の生成、継続、発展が出来ることも、我が国の英語教師には強く求められよう。

したがって、一つのメタファーで英語教師の役割を論じるのは不可能である。しかし、高度情報技術により、「分散知」化が進むとすれば、共同体からより個人学習主体のアソシエーションの方向に学習の場が変化していくのは避けられない。その時英語教師は、「学習デザイナーあるいは学習トレーナー(a learning designer/trainer)」に近似するのではないか。決して今主流の英語の知識を全て教えようとする不可能で非効率な企てを試みるのではなく、逆に学習者主体を隠れ蓑に「教えることを放棄した」教師でもなく、生涯を通じて自ら主体的に英語学習を継続する日本人を育成することに自覚的である教師ではないのか。

小学校段階の学習者にはその段階での適切な学習デザインがあり、高校・高専生には将来の専門にリンクした学習デザインが志向されるであろう。成人学習者にはこれまでの長い生活経験を共感的に理解し、英語の膨大な知識の何を削り、何に焦点を絞るのかを学習者と共に探る共生的役割が英語教師に求められよう。畢竟、そのような英語教師の機能は、福祉としての教育への思想につながる可能性をも秘めているのかもしれない。

注

(1) 社会保守主義がその再興を目指す「コミュニティ」とは、家族や地縁、信仰などを中心とする伝統的な共同体のことをいう。しかし、この語の現在の主潮は、職業や性的指向、趣味などを通じて社交する、よりアソシエーション化したコミュニティも含める(エツィオーニ、2005『ネクスト』参照)。私はこのようなアソシエーション化したコミュニティを、本稿で

コミュニケーション (communion: community + association) と呼ぶことを提案する。ポスト産業化社会における教育を考えると示唆的であると考えからである。

(2) 日本国憲法は第26条において、「すべて国民は、法律の定めるところにより、その保護する子女に普通教育を受けさせる義務を負う。」と規定する。ここでいう「国民」とは誰を指すのかは様々な解釈や議論がある。文部科学省は、「国民」とは「日本国籍」を有するものと解釈しており、従って「日本国籍を有しない者＝外国人」の子どもを持つ親や保護者には、子どもを学校に就学させる義務はないものという立場をとっている (cf. 「就学通知と案内」の発給)。我が国では子どもの教育への権利を保障するために、親(保護者)の「就学義務」を課しており、子どもは「教育への権利」を有する主体である。しかし、外国人の子どもには「教育への権利」が保障されていない。これは「教育を受ける権利」を限定的に捕らえている点において、今日の国際社会における合意とは異なる考え方であると言わざるを得ない。

引用文献

- Brown, H. Douglas. (2001). *Teaching by principles: an interactive approach to language pedagogy, second edition*. NY: Pearson Education.
- Curran, C. A. (1976). *Counseling-learning in second languages*. Counseling Learning Institute.
- Dewey, J. (1916). *Democracy and education*. NY: The Free Press.
- エツイオーニ, アミタイ. (2005). 『ネクスト』 千葉: 麗澤大学出版会.
- 宮台真司, 藤井誠二, 内藤朝雄 (2002). 『学校が自由になる日』 東京: 雲母書房.
- Pea, R. D. (1993). Practices of distributed intelligence and designs for education. G. Salomon (Ed.), *Distributed cognitions*. NY: Cambridge University Press.
- 佐伯胖 (1996). 第3章「学びのネットワーク」 佐伯胖, 藤田英典, 佐藤学(編) 『学びあう共同体』 pp.113-114. 東京: 東京大

学出版会.

——(1998). 「高度情報化と教育の課題」『情報とメディア』 pp.3-23. 東京: 岩波書店.

(平成17年9月29日 受理)

On a Criterion for Divisibility

Seiji KONAKAZAWA*

In a discussion on mathematical subjects, we often encounter the necessity to examine whether an integer is divisible by another one or not. For several integers, the necessary and sufficient conditions for divisibility are known individually. By making use of a well known theorem of the theory of numbers, we will consider the general condition for divisibility which holds for all integers except multiples of 2 or 5.

(Keywords : Divisibility, Congruence, Euler's totient function)

1. Introduction

It is very clear when a given number is divisible by 2 or 5. And it is also well known that a number is divisible by 3 if and only if the sum of the numbers of its each figure is divisible by 3. And the similar fact holds for 9.

In this note we consider whether the same type of criterion holds or not for other positive integers.

First of all, we investigate two conditions which show when a number is divisible by 11.

(i) From the equation $10 = 11 \times 1 - 1$, we have

$$10 \equiv -1 \pmod{11}.$$

About definition and some basic properties of congruence, see a standard text of elementary theory of numbers (e.g. [1]).

By multiplying the both sides of this congruence by 10, we have

$$10^2 \equiv -10 \equiv 1 \pmod{11}.$$

And by the same process, it follows that

$$\begin{aligned} 10^3 &\equiv 10 \equiv -1 \pmod{11}, \\ 10^4 &\equiv -10 \equiv 1 \pmod{11}, \\ &\vdots \\ 10^k &\equiv (-1)^k \pmod{11} \quad (k = 0, 1, 2, \dots). \end{aligned}$$

By this relation, for a positive integer $n = \sum_{k=0}^{\infty} 10^k a_k$, where the summation is finite and a_k s are integers which satisfy $0 \leq a_k \leq 9$, we have

$$n \equiv \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k a_k \pmod{11}.$$

This congruence shows that a positive integer n is divisible by 11 if and only if the number, which is made by "plus" and "minus" alternately each figure of n , is divisible by 11.

* Department of Mechanical Engineering.

(ii) On the other hand, starting from the equation $10^2 = 11 \times 9 + 1$, we have

$$10^2 \equiv 1 \pmod{11}.$$

And so,

$$\begin{aligned} 10^4 &\equiv 10^2 \equiv 1 \pmod{11}, \\ 10^6 &\equiv 10^2 \equiv 1 \pmod{11}, \\ &\vdots \\ 10^{2k} &\equiv 1 \pmod{11} \quad (k = 0, 1, 2, \dots). \end{aligned}$$

By this congruence, for a positive integer $n = \sum_{k=0}^{\infty} 10^{2k} a_k$, where the summation is finite and a_k s are integers which satisfy $0 \leq a_k \leq 99$, we have

$$n \equiv \sum_{k=0}^{\infty} a_k \pmod{11}.$$

This congruence shows that a positive integer n is divisible by 11 if and only if the number, which is made by “plus” each two figure of n , is divisible by 11.

Example. For $n = 19531776$ we have

$$(i) \quad 6 - 7 + 7 - 1 + 3 - 5 + 9 - 1 = 11 = 11 \times 1 \quad \text{or} \quad (ii) \quad 76 + 17 + 53 + 19 = 165 = 11 \times 15.$$

So we know that n is divisible by 11 ($n = 19531776 = 11 \times 1775616$).

2. General case

In general, for an arbitrary positive integer p , we can follow the same procedure as above.

(i) If there exists a positive integer l such that

$$10^l \equiv -1 \pmod{p},$$

then a positive integer n is divisible by p if and only if the number, which is made by “plus” and “minus” alternately each l figure of n , is divisible by p .

(ii) If there exists a positive integer l such that

$$10^l \equiv 1 \pmod{p},$$

then a positive integer n is divisible by p if and only if the number, which is made by “plus” each l figure of n , is divisible by p .

Definition 1. For a given positive integer p , we shall say that “ p is conformable to $(l, -)$ criterion” when there exists a positive integer l which satisfies the above condition (i) and that “ p is conformable to $(l, +)$ criterion” when there exists a positive integer l which satisfies the above condition (ii).

For example, 11 is conformable to $(1, -)$ criterion and $(2, +)$ criterion. Now let us define one more concept.

Definition 2. For a given positive integer p , if there exists the minimum positive integer l such that $10^l \equiv -1 \pmod{p}$ or $10^l \equiv 1 \pmod{p}$, we denote it by l_0 . If l_0 satisfies $10^{l_0} \equiv -1 \pmod{p}$, then we shall say that “ p is $(l_0, -)$ type”. On the other hand, if l_0 satisfies $10^{l_0} \equiv 1 \pmod{p}$, then we shall say that “ p is $(l_0, +)$ type”.

For instance, 11 is (1, -) type.

Proposition A. *If p is $(l_0, +)$ type, then p cannot be conformable to $(l, -)$ criterion for any positive integer l .*

Proof. If p is conformable to $(l, -)$ criterion for some positive integer l , then $l_0 < l$ and $-1 \equiv 10^l \equiv 10^{ql_0+r} \equiv 10^{ql_0} \cdot 10^r \equiv 10^r \pmod{p}$, where q and r are quotient and residue respectively obtained by dividing l by l_0 , $l = ql_0 + r$ ($0 \leq r \leq l_0 - 1$). And this congruence contradicts the fact that p is $(l_0, +)$ type. \square

For example, because $10^1 \equiv 3 \times 3 + 1 \equiv 1 \pmod{3}$, 3 is (1, +) type. And so 3 cannot be conformable to $(l, -)$ criterion for any positive integer l .

Proposition B. *If p is $(l_0, -)$ type, then p is conformable to $(2l_0, +)$ criterion and $2l_0$ is the best possible value of $(l, +)$ criterion for this p .*

Proof. From $10^{l_0} \equiv -1 \pmod{p}$, it follows that $10^{2l_0} \equiv 10^{l_0} \cdot 10^{l_0} \equiv (-1)(-1) \equiv 1 \pmod{p}$. So p is conformable to $(2l_0, +)$ criterion. Now suppose that $10^l \equiv 1 \pmod{p}$ for some integer l such that $l_0 < l < 2l_0$, we have $1 \equiv 10^l \equiv 10^{l_0+(l-l_0)} \equiv 10^{l_0} \cdot 10^{l-l_0} \equiv -10^{l-l_0} \pmod{p}$ and so $10^{l-l_0} \equiv -1 \pmod{p}$. This contradicts the fact that p is $(l_0, -)$ type, because $0 < l-l_0 < l_0$. \square

For example, 11 is (1, -) type and is conformable to (2, +) criterion. And 7 satisfies that $10^1 \not\equiv \pm 1 \pmod{7}$, $10^2 \not\equiv \pm 1 \pmod{7}$ and $10^3 \equiv -1 \pmod{7}$, it follows that 7 is (3, -) type. Therefore 7 is conformable to (6, +) criterion and 6 is the best possible value of $(l, +)$ criterion for 7.

If p is a multiple of 2 or 5, it is obvious that there cannot exist a positive integer l such that $10^l \equiv \pm 1 \pmod{p}$. Hence we can say,

Proposition C. *The number which is a multiple of 2 or 5 cannot be conformable to $(l, -)$ criterion nor to $(l, +)$ criterion for any positive integer l .*

On the other hand, according to Euler's theorem, of which proof we will give later in this note, it follows that "If a positive integer p satisfies $(10, p) = 1$, then it follows that $10^{\varphi(p)} \equiv 1 \pmod{p}$ ", where (a, b) represents the greatest common divisor of a and b and φ is the Euler totient function. By this fact we obtain,

Proposition D. *Every positive integer p , which is not a multiple of 2 nor 5, is conformable to $(\varphi(p), +)$ criterion. So it is classified as $(l_0, -)$ type or $(l_0, +)$ type for some $l_0 \leq \varphi(p)$.*

For example, because $\varphi(3) = 2$, so 3 is conformable to (2, +) criterion. But this is not best possible because 3 is (1, +) type. And for $\varphi(7) = 6$, 7 is conformable to (6, +) criterion. This is the best possible $(l, +)$ criterion for 7 as we have mentioned above already. In general, a prime number p ($p \neq 2, 5$) is conformable to $(p-1, +)$ criterion at least, because $\varphi(p) = p-1$.

We refer to several prime numbers here in the following table.

number	type	number	type	number	type
3	(1, +)	7	(3, -)	11	(1, -)
13	(3, -)	17	(8, -)	19	(9, -)
23	(11, -)	29	(14, -)	31	(15, +)
37	(3, +)	41	(5, +)	43	(21, +)

In fact it holds that,

$$\begin{aligned}
 10^1 - 1 &= 3 \times 3, & 10^3 + 1 &= 7 \times 143, & 10^1 + 1 &= 11 \times 1, \\
 10^3 + 1 &= 13 \times 77, & 10^8 + 1 &= 17 \times 5882353, \\
 10^9 + 1 &= 19 \times 52631579, \\
 10^{11} + 1 &= 23 \times 4347826087, & 10^{14} + 1 &= 29 \times 3448275862069, \\
 10^{15} - 1 &= 31 \times 32258064516129, \\
 10^3 - 1 &= 37 \times 27, & 10^5 - 1 &= 41 \times 2439, \\
 10^{21} - 1 &= 43 \times 23255813953488372093.
 \end{aligned}$$

3. Euler's Theorem

Now, at the end of this note, we shall give a proof of Euler's theorem for the sake of self-contained.

Theorem (Euler's Theorem). *Let a and p are positive integers such that $(a, p) = 1$. Then it follows that*

$$a^{\varphi(p)} \equiv 1 \pmod{p}.$$

Proof. Euler's totient function $\varphi(p)$ represents the number of positive integers which are less than or equal to p and relatively prime to p . Let $x_1, x_2, \dots, x_{\varphi(p)}$ be reduced residue system modulo p , i.e. every x_i ($i = 1, 2, \dots, \varphi(p)$) is relatively prime to p and any x_i and x_j ($i \neq j$) are not congruent modulo p . Because $(a, p) = 1$, $ax_1, ax_2, \dots, ax_{\varphi(p)}$ are also reduced residue system modulo p . And so there exists the permutation $\pi \in S_{\varphi(p)}$ such that $ax_1 \equiv x_{\pi(1)}, ax_2 \equiv x_{\pi(2)}, \dots, ax_{\varphi(p)} \equiv x_{\pi(\varphi(p))} \pmod{p}$. Hence we have,

$$a^{\varphi(p)} x_1 x_2 \cdots x_{\varphi(p)} \equiv x_{\pi(1)} x_{\pi(2)} \cdots x_{\pi(\varphi(p))} \equiv x_1 x_2 \cdots x_{\varphi(p)} \pmod{p}.$$

For $(x_1 x_2 \cdots x_{\varphi(p)}, p) = 1$, it follows that $a^{\varphi(p)} \equiv 1 \pmod{p}$. □

References

- [1] TEIJI TAKAGI, Shoto Seisuron Kogi 2nd ed., Kyoritsu Shuppan, Tokyo, 1971.

(Received Aug. 1, 2005)

中空パウダー含有断熱塗料の熱伝導率測定

清水昭博*, 窪内雅人**

Thermal Conductivity Measurement of Insulating Paint Containing Hollow Beads

Akihiro SHIMIZU and Masato KUBOUCHI

To solve the global warming problem, saving energy by painting the walls and the roofs of architecture with insulating paint containing hollow ceramic beads is expected to be one of the best solutions. Measurement of the thermal conductivity of insulating paint containing hollow ceramic beads "SLBG" and "MHCB" which were on sale has been carried out. The value of the thermal conductivity of each of the paint obtained was almost less than 0.1 [W/mK]. Furthermore, utilizing the obtained thermal conductivity, we tried to calculate the overall heat transfer coefficient for a 25 mm thick concrete wall painted with the insulating paint containing hollow ceramic beads and the most reduction ratio with paint to without paint attained 10%.

(Keywords : hollow beads, insulating paint, thermal conductivity, ceramics, global warming)

1. はじめに

地球温暖化問題解決のためにエネルギー消費を減らすための方策の一つとして、建築物内の空調に費やされる電力を縮小することが挙げられる。それには建築物の屋根や壁を通した熱の侵入や損失を低減する必要がある。米国で開発された発泡中空パウダーである SLBG や MHCB は断熱性を高める中空空間を含むため、建築物等の壁や屋根に対して、断熱材を追加する大掛かりな改修工事の代わりに、通常の塗料に混入して断熱塗料として外面に塗装するだけで建築物等の断熱性を高め、熱の出入りを抑制する効果がある。

前報¹⁾で、中空パウダー含有塗料と白塗料との断熱性比較実験の結果、白塗料に中空パウダーを含有すると、含有しない場合よりも断熱性が高くなることを示した。また、家屋模型を用いた屋外での室温測定の実証試験により中空パウダー含有断熱塗料の塗布によって室温変化を大幅に低減させられることを報告した。

本研究では、中空パウダーを含有する塗料を塗布した試験片を用いて、塗料自体の物性値である熱伝導率を測定し、また、コンクリート壁に本塗料を塗布した場合の熱貫流率も試算したので、その結果を報告する。

2. 中空パウダーと試験片

米国産のセラミック製中空パウダーである

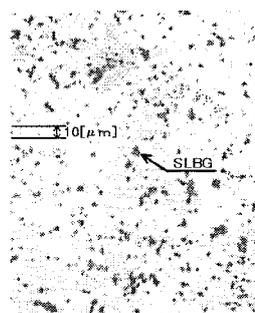


図 1 SLBG10 の顕微鏡写真

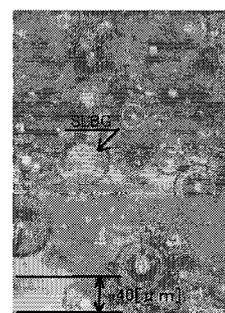


図 2 SLBG40 の顕微鏡写真

SLBG や MHCB を含有する塗料を用いた。SLBG には、平均粒径 10 μm と 40 μm のものがあり、以下、SLBG10, SLBG40 と表示することとする。図 1 と図 2 に SLBG10 及び SLBG40 の光学顕微鏡による拡大写真をそれぞれ示す。SLBG10 は球状のものは少なく、中空になっていないように見える。SLBG40 ではきれいな球状粒子が確認できる。SLBG40 については、走査型電子顕微鏡による横断面の観察により、図 3 に示すように、極めて薄い球状の殻が確認できるので、中空であると言える。MHCB の平均粒径は 100 μm である。

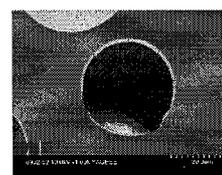


図 3 走査型電子顕微鏡による SLBG40 の横断面写真

試験片は $150 \times 150 \times 0.8$ のボンデ鋼板に各種中空パウダー含有断熱塗料を塗布したものである。熱が通過する方向における塗料自体の前後の各温度を測定する為、先端部厚さ $40 \mu\text{m}$ に圧延した素線径 0.2mm の極薄K熱電対(株アンペエスエムティ)をボンデ鋼板の中央の位置に予め瞬間接着剤で貼り付けた上に、表1に示すような中空パウダー含有塗料を塗布した。カッコ内の%の数字

表1 試験片と塗膜厚さ測定結果

中空パウダー (含有率wt%)	最大厚さ [mm]	最小厚さ [mm]	厚さ中央値 [mm]
SLBG40(10%)	2.31	1.83	2.07
SLBG40(15%)	3.03	2.46	2.75
SLBG40:MHCB=1:1(15%)	2.34	1.00	1.67
SLBG10(10%)	1.56	0.78	1.17

は、中空パウダーの wt% 含有率を示す。ボンデ鋼板上への塗料の吹き付け作業は大洋塗料(株)によって遂行された。この塗膜の厚さは、3次元座標測定機(ミットヨ製 マイクロコード AE112, 最小の読み: $2 \mu\text{m}$)を用いて、塗料を塗布した試験片の厚さを測定し、その値から予め測定しておいたボンデ鋼板の厚さの測定値 0.84mm を引いて求めた値である。塗膜厚さは表1に示すように一様とは言えなかったため、最大値と最小値から中央値を算出して試験片の塗膜厚さとして、後述の熱伝導率の計算に用いた。

3. 熱伝導率の測定原理

平板を熱が通過するとき、フーリエの法則²⁾により、次の式(1)で熱伝導率 λ [W/mK] が表せる。

$$\lambda = \frac{\delta Q}{A(T_1 - T_2)} \quad (1)$$

ここで、 Q : 平板を通過する熱量[W], A : 平板の面積[m²], δ : 塗膜の厚さ[m], T_1 : 高温側温度[°C], T_2 : 低温側温度[°C]. 塗膜厚さがわかっているならば、この式(1)より、熱伝導率は定常時に平板を通過する熱量 Q と板の両面の温度 T_1 , T_2 を実験によって求めれば算出できる。

平板形試験片を通過する熱量 Q は、カロリー法により以下の式(2)を用いることにより、この冷却器の冷却水の流量と出入口温度から求まる。

$$Q = Gc(T_{out} - T_{in}) \quad (2)$$

ここで、 G : 流量[kg/s], c : 比熱[J/kgK], T_{in} : 冷却水の入口温度[°C], T_{out} : 冷却水の出口温度[°C].

4. 実験装置及び方法

4-1 熱伝導率測定装置及び実験方法

熱伝導率測定装置の組立図を図4に示す。実験

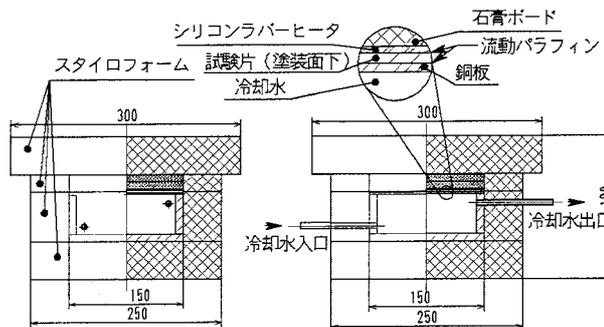


図4 熱伝導率測定装置

中の熱の逃げを最小限にするため、厚さ 50mm の断熱材(スタイロフォーム)を発泡スチロール接着剤で接着して作成した箱の中に、下から冷却器、試験片、シリコンラバーヒータ(スリーハイ(株), $1500 \times 1500 \times 1.5\text{mm}$, 100V , 180W), 厚さ 9.5mm の石膏ボード2枚, 厚さ 50mm の断熱材(スタイロフォーム)の順に重ねた。

冷却器は厚さ 10mm の透明アクリル板をアクリル接着剤で接着して箱にし、上面のみ熱伝導率の高い厚さ 2mm の銅板をエポキシ接着剤で接着した。アクリル板の側面の下部とその反対側の上部には穴を開けた上で冷却水の入口と出口用のアクリルパイプを差し込んでアクリル接着剤で接着した。図5は断熱材の箱の中に銅板を上にして冷却器をセットしたところである。

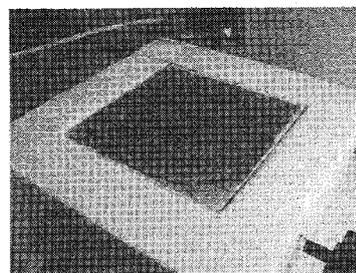


図5 断熱材の箱の中に冷却器をセットしたところ

試験片とヒータまたは冷却器との間に空気層が存在すると誤差が大きくなってしまいますので、

試験片の両面に、気泡がなくなる程度に流動パラ

フィンを適量塗布した。

試験片の塗料面の中央に図 6 のように素線径 0.32mm の K 熱電対をカプトンテープで固定した。

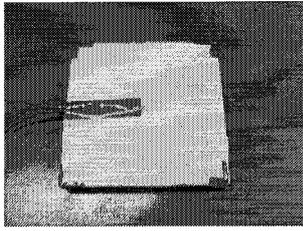


図 6 塗装面中央に熱電対を貼った試験片

安定した一定の温度と流量の冷却水を供給するため、水道水を容量 8 リットルのヘッドタンクに貯めて、ハンドミキサー（西武電機工業

(株), SM-85, 100V, 85W) でヘッドタンク内の水を攪拌しながら、投げ込みヒータ（八光電機製作所(株), A 型(水用), SWA1510, 100V, 1kW) を用いて、ヘッドタンク出口に設置した素線径 0.32mm の K 熱電対による温度が 20°C になるように、温度コントローラ（スリーハイ (株) THC-15) で制御した。流量 G はコックで一定流量に調整した上で上皿秤（EIKO SCALE CO.LTD, 秤量 1kg, 最小目盛 5g) とストップウォッチを用いて重量法によって求めた。水の入口温度 T_{in} と出口温度 T_{out} は冷却器の入口, 出口パイプ内 (冷却器側) に設置してある素線径 0.32mm のポリエステル被覆 T 熱電対により測定した。温度測定には、データ収集システム（キーエンス (株), NR1000, 64ch) を用いた。実験は、ヒータに 50[V] を印加してヒータを作動させ、サンプリング周期 1s で測定を開始し、1 時間で測定を終了した。

全ての実験は、 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ に制御された恒温室内にて遂行した。

4-2 定常温度

熱伝導率は前述の式(1)と式(2)を用いて計算するが、その中の高温側温度 T_1 , 低温側温度 T_2 , 水の出口温度 T_{out} については、定常温度が必要である。しかし温度が定常になる為には長い時間を要する。そこで今回は 1 時間だけで測定を終了し、温度上昇の傾き dT/dt を求め、これにより無限時間後における定常温度 T_∞ を算出する。

温度 T と時間 t との関係から温度変化の傾き dT/dt を算出し、 dT/dt と T の関係より、式(3)に示す回帰直線を求める。

$$\frac{dT}{dt} = aT + b \quad (3)$$

ここで、 a, b は定数である。

温度が定常になった場合、 dT/dt は 0 となるので、求めた回帰直線の式より $dT/dt=0$ として、以下の式(4)より、定数 a, b から無限時間後における定常温度 T_∞ [°C] を求めることができる(冷却器の入口温度 T_{in} は一定なので全測定時間の平均とした)。

$$T_\infty = -\frac{b}{a} \quad (4)$$

5. 実験結果及び考察

5-1 熱伝導率

SLBG40 (15%) の場合の温度測定値の例を図 7 に示す。20°C に制御された冷却水入口温度 T_{in} 以外の全ての温度が一時間後も上昇を続けていた。

本実験で得られた測定値・計算結果を表 2 に示す。この表では本実験で得られた冷却器出入口の

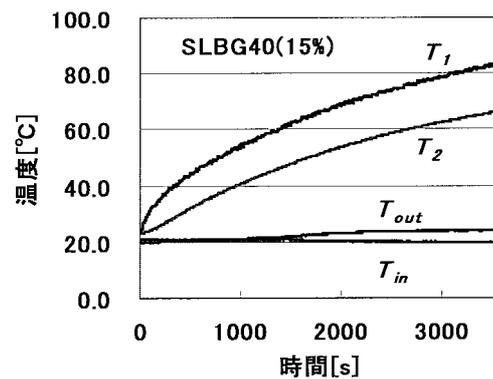


図 7 各部の温度変化の例 (SLBG40(15%))

定常温度差 $T_{out\infty} - T_{in}$, 塗膜の表裏面間の定常温度差 $T_{1\infty} - T_{2\infty}$, 冷却器に流れる水の流量 G , 冷却器が吸収する熱量 Q と共に、これらの値から得られた塗料の熱伝導率 λ_p , 塗料を含むコンクリートの熱貫流率 K_p , 塗料による熱貫流率の低下率 $(K_c - K_p)/K_c$ も示している。また各塗料の熱伝導率を比較した結果を図 8 に示す。なお、水の比熱 $c = 4182.11 [\text{J}/\text{kgK}]$ とした。この結果より中空パウダー、特に SLBG40 (15%) の塗料の熱伝導率は他に比べて最も小さい。また SLBG10 の熱伝導率は $0.234 [\text{W}/\text{mK}]$ と比較的大きい結果となった。図 1 の顕微鏡写真が示すように、SLBG10 の中空パウダーが中空になっていないためと考えられる。

表2 各種測定結果並びに熱伝導率及び熱貫流率の計算結果

中空パウダー(含有量)	$T_{out\infty}-T_{in}$ [K]	$T_{1\infty}-T_{2\infty}$ [K]	G [kg/s]	Q [W]	λ_p [W/mK]	K_p [W/m ² K]	$(K_o-K_p)/K_o \times 100$ [%]
SLBG40(10%)	8.4	18.3	0.00043	15.2	0.076	5.2 ~ 5.6	6.8 ~ 7.4
SLBG40(15%)	4.0	21.8	0.00057	9.4	0.053	5.1 ~ 5.4	9.5 ~ 10.3
SLBG40:MHCB=1:1(15%)	5.4	9.0	0.00043	9.8	0.081	5.2 ~ 5.6	6.4 ~ 7.0
SLBG10(10%)	7.7	3.3	0.00047	15.0	0.234	5.5 ~ 5.9	2.3 ~ 2.5

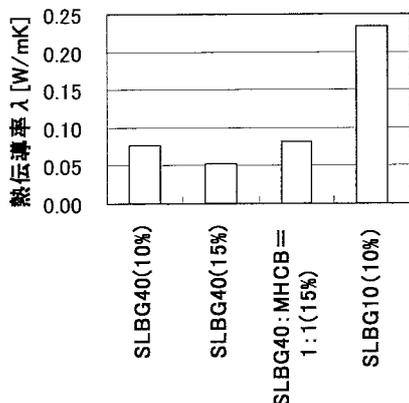


図8 各種中空パウダー含有塗料の熱伝導率

5-2 中空パウダー含有塗料を塗装したコンクリート壁面の熱貫流率

本実験で求めた熱伝導率 λ より前報¹⁾の建築物等の壁面の熱貫流率 K を求めてみる. その計算式を式(5)に示す. K は空気等の流体で挟まれた実際の建築物の断熱性を評価する際によく用いている.

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_o}} \quad (5)$$

ここで, K : 熱貫流率[W/m²K], α_i : 高温側の熱伝達率[W/m²K], α_o : 低温側の熱伝達率[W/m²K], δ_i : 壁面を構成する各部材の厚さ[mm], λ_i : 壁面を構成する各部材の熱伝導率[W/mK].

いま, 建築物構造材を厚さ 25[mm]のコンクリートとして, 塗料を厚さ 1mm だけ ($\delta_p=1$ mm) だけ塗布したコンクリート壁の熱貫流率 K_p とコンクリートのみの熱貫流率 K_c を熱貫流率の低下率%(K_c に対する K_p と K_c の差の割合と定義する.) で比較する. 空気中に晒されている壁面の熱伝達率については, 高温側熱伝達率 $\alpha_i=11.6$ [W/m²K] (室内表面熱伝達率を 10[kcal/m²h^oC]とする.), 低温側熱伝達率 $\alpha_o=23.3 \sim 34.9$ [W/m²K] (室外表面熱伝達率を 20 ~ 30[kcal/m²h^oC]とする.) とした. また, コンクリートについては, δ_c (コンクリートの厚

さ)=25[mm], 熱伝導率 $\lambda_c=0.5$ [W/mK] と仮定すると, コンクリートのみの熱貫流率 K_c は, $K_c=5.6 \sim 6.1$ [W/m²K]になる. 表2の熱貫流率の低下率を見ると熱伝導率が低い塗料は, 低下率も大きい. 特に最も熱伝導率が低い SLBG40 単体(含有率:15%)では低下率が約 10%と大きく断熱する事がわかり, 実際の建築物で用いる構造材に塗装することにより断熱性を増すことが可能であることがわかる.

6. まとめ

熱量と表面温度差の精密測定により, 中空パウダー含有塗料の熱伝導率が得られ, 厚さ 1mm だけ塗装したコンクリート壁を通した熱貫流率も試算された. 本実験の範囲内で以下のことがわかった.

- (1) SLBG40 を 15% 含む塗料の熱伝導率は 0.05[W/mK]程度で今回の試料の中で最も低い.
- (2) SLBG10 を 10% 含む塗料の熱伝導率は大きい.
- (3) SLBG40 を 15% 含む塗料を 1mm 塗布するだけで, 熱貫流率を未塗装に比べ約 10%低減することができる.

謝 辞

本研究は環境省地球環境局地球温暖化対策課のプロジェクトの一環として平成 16 年度公募型による競争的な地球温暖化対策市場化直結技術開発事業を委託された(株)ピュアスピリッツ(玉木康博社長)からの受託研究として実施されたことを付記し, 謝意を表する.

参考文献

- 1) 清水昭博, 窪内雅人, 地球温暖化防止のための建築物等における中空パウダー含有断熱塗料の特性, 日本機械学会 2005 年度年次大会講演論文集 Vol.5, pp467-468 (2005).
- 2) J. P. Hallman, Heat Transfer Sixth Ed., McGraw-Hill Book Company(1986).

(平成 17 年 9 月 29 日受理)

10 BASE-T & 100 BASE-TX 機器の評価

山内峯生*, 張 心苑**, 大貫繁雄*

Evaluation of 10 BASE-T and 100 BASE-TX Products

Mineo YAMAUCHI, CHONG Shin Yean, Shigeo OHNUKI

To investigate the quality of 10 BASE-T and 100 BASE-TX products, packet transmission and the link pulse waveform were measured. There was no error in the packet transmission for the tested products. This shows that the products now on sale are reliable. The same measurement was done using a telephone line cable instead of a LAN cable. When both conditions, the telephone line length was less than 50 meter and both ends of the telephone line were terminated by a 10 BASE-T HUB, were satisfied, there was no error in the packet transmission. The link pulse waveform was measured as a function of the cable length. The pulse voltage damping through the telephone line was bigger than that through the LAN cable. However the voltage at the end of the 50 m line satisfied the IEEE 802.3 specification. This shows consistency with the error-free pulse transmission in the previous test. It was also found that some of the 10/100 HUBs or LAN cards generate irregular and discontinuous fast link pulses.

(Keywords : Ethernet, IEEE 802. 3, 10 BASE-T, 100 BASE-TX, HUB, Normal Link Pulse, Fast Link Pulse, Auto Negotiation, LAN cable, Telephone line cable)

1. はじめに

イーサネット LAN 機器として、10BASE-T および 100BASE-TX 機器が使用されている。これらの機器の仕様は IEEE802.3 で規格化されている[1]。またこれらの解説書もある[2][3]。機器が仕様どおりであればパケットは誤りなく伝送されるはずである。今回、使用されている機器の信頼性を調査することを目的としてパケット伝送測定とリンクパルス波形測定を行なった。また電話線を使ってイーサネットパケットを送信するという使い方をした場合についての測定も行なった。

2. パケット伝送測定

2.1 従来のパケット伝送測定回路

図1に従来のパケット伝送測定回路を示す。

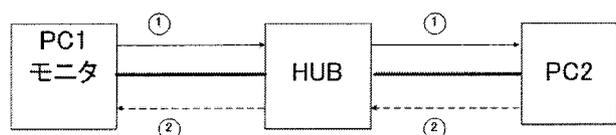


図1 従来のパケット伝送測定回路

パソコン PC1 から HUB を経由してパソコン PC2 に PING パケット (ICMP パケット) ① を送信してその応答 ② を受信する。エラーの割合だけを測定してエ

ラー箇所とエラーパターン (ランダム、バースト) の特定ができていなかった。

2.2 新しいパケット伝送測定回路

図2と図3に今回使用した新しいパケット伝送測定回路を示す。図2ではユニキャストUDPパケットを使用する。PC1 から PC2 と PC3 とに宛ててパケット①②を送信する。①と②は同じ識別子のパケットである。パケットを受信した PC2 は、PC1 と PC3 に宛ててパケット③④を返信する。③と④は同じ識別子のパケットである。ユニキャストUDPパケットの場合、SWHUB (スイッチングHUB) を通過するパケットを別のポートから観測できないため、2つのパケットを送信する。

図3ではブロードキャストUDPパケットを使用する。PC1 からブロードキャストUDPパケット①を発行する。このパケットを受信した PC2 はブロードキャストUDPパケット②を発行する。ブロードキャストUDPパケットの場合、SWHUB を通過するパケットを別のポートから観測できるため、1つのパケットを発行する。

パケットは PC1, PC2, PC3 で測定する。また全パケットに識別子を付けて送信する。したがってどのパケットがどの機器を通過し、どこで消滅したかが特定

できるようになっている。測定は主に図2の回路で行なった。

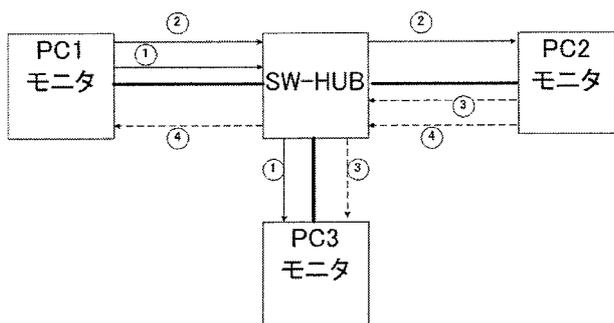


図2 新しいパケット伝送測定回路(1)

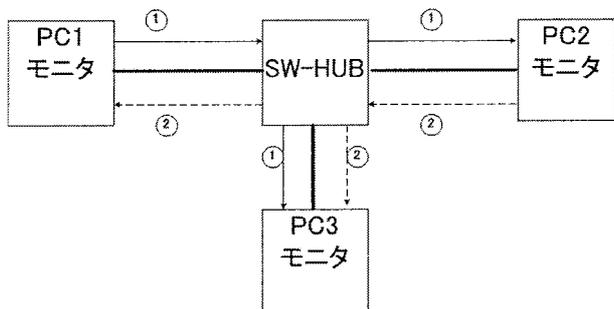


図3 新しいパケット伝送測定回路(2)

2.3 パケット伝送測定結果

図2の回路で、UDP パケットを1秒周期で 10,000 回送信してパケット伝送測定を行なった。PC1 と HUB 間および HUB と PC2 間の LAN ケーブルの長さは 50m、イーサネットパケットサイズは 1500 バイト (UDP データは 1472 バイト)である。パケット伝送の周期は、リンクロスタイム(50~150ms)より大きい値であるように1秒とした。従ってリンクフェイルが発生すればパケット伝送でのエラーとして検出されるようになっている。

(1) LANケーブル使用でのパケット伝送測定

市販されているカテゴリ5の LAN ケーブル、6種類の HUB(10M の HUB を3種、10/100M の HUB を3種)、4種類の LAN カードを使用してパケット伝送測定を行なった。測定結果、いずれの機器の組み合わせに対しても伝送エラーは0であった。

(2) 電話線ケーブル使用でのパケット伝送測定

電話線は本来4KHz程度までの音声信号を通すためのケーブルである。しかし現在 ADSL の G.dmt 方式では電話線上で 1.1MHz信号が1Km位まで送信されている。また集合住宅では電話線を使用した 50Mビット/秒の通信 (VDSL 技術)が開始されている。

電話線ケーブルで高周波のイーサネット信号をどこまで送信できるかを調査するためパケット伝送測定を行った。ちなみに 10BASE-T および 100BASE-TX でのイーサネット信号最高周波数はそれぞれ 20MHz、125MHz である。

図4は、図2の回路を変更したもので、HUB と PC2 の間を50mの4芯電話線 (SONY テレフォンスリムタフコード) に置き換えたものである。ただし電話線の両端は1mの LAN ケーブルで接続されている。PC2 には10/100M対応の LAN カードが実装されている。

10/100M の HUB 使用のときは、HUB と LAN カードでのオートネゴシエーションの後で電話線は 100M 通信をすると予想された。しかし結果は、通信は全く不可であった。電話線の長さを 10mに短くしても通信は全く不可であった。

10M の HUB 使用のときは、HUB と LAN カードでのオートネゴシエーションの後で電話線は 10M 通信をすると予想された。結果は、通常の場合パケット伝送エラーは0であった。しかしランダムな伝送エラーが発生する場合もあった。このエラーは、PC2側の 10/100M 対応の LAN カードの種類および測定する日によっても変化した。エラー発生再現性はなかった。

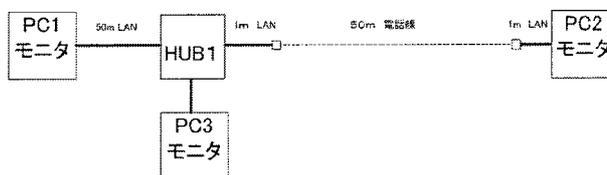


図4 電話線でのパケット伝送測定回路(1)

図5の回路は、図4の回路を更に変更したもので、HUB1 と PC2 との間に 10M の HUB2 を追加し、電話線の両端を 10M の HUB で終端するようにしたものである。但し HUB2 と PC2 間は1mの LAN ケーブルで接続されている。図5の回路の特徴は、電話線の両端が 10M の HUB で終端されていて、電話線上ではオートネゴシエーションが走らなく、電話線は始めから 10M の半 2 重通信をする構成になっていることである。結果は、パケット伝送エラーは0になった。電話線の長さを 80mまで延ばしても伝送エラーは0であった。しかし 85mでは通信は不可となった。この電話線での最大通信可能距離は HUB によって変化した。80m から 90m の値であった。

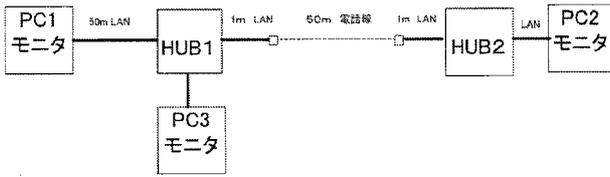


図5 電話線でのパケット伝送測定回路(2)

3. リンクパルス波形測定

10BASE-T の LAN カードあるいは HUB から発行されるノーマルリンクパルス(NLP)、100BASE-TX の LAN カードあるいは HUB から発行されるファーストリンクパルス(FLP)の波形を測定した。5mのLANケーブルの先に 76.8 Ωと 220 μH の並列負荷(IEEE802.3 で指定されている負荷)を接続してこの負荷両端電圧をオシロスコープで測定した。

3.1 リンクパルス波形測定

図6、図7、および図8に、それぞれ A 社、B 社、C 社製の LAN カードから発行されるリンクパルス波形の測定結果を示す。図6および図7は仕様書どおりの NLP 波形および FLP 波形である。しかし図8に示されるように C 社 LAN カードは不規則・不連続なリンクパルスを発行している。10/100M 仕様の LAN カードおよび HUB の半数がこのような不規則・不連続なリンクパルスを発行していた。しかし図7と図8の LAN カードではパケット伝送特性の差は見られなかった。すなわち双方の LAN カードは正常に動作していて先のパケット伝送測定ではエラーは発生していなかった。

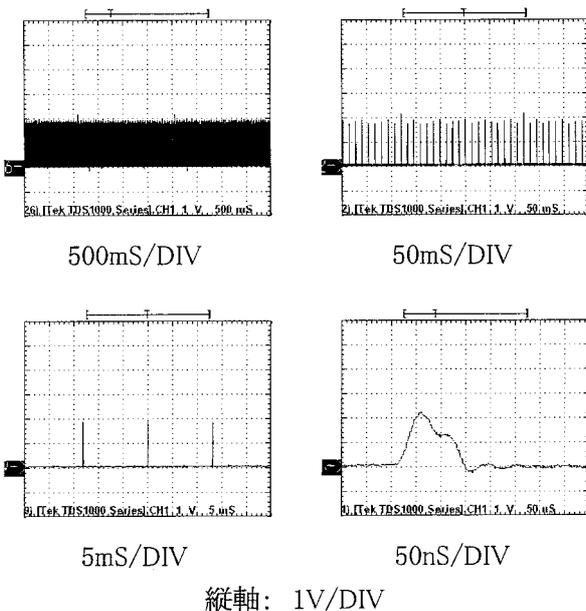


図6 A 社 10M LAN カードリンクパルス波形

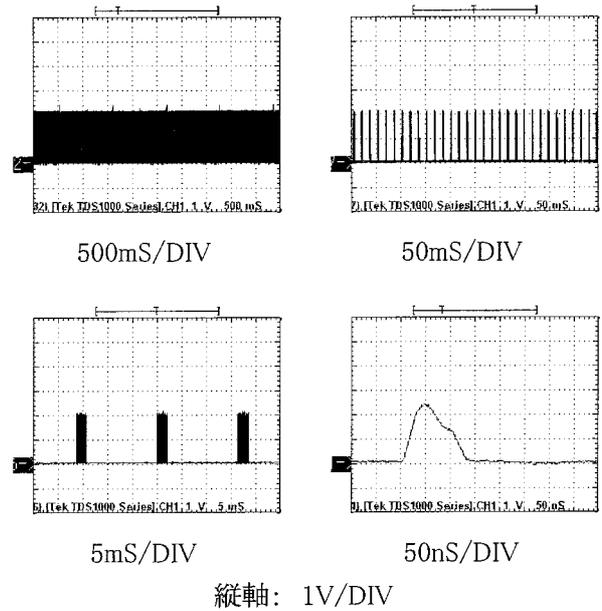


図7 B 社 10/100M LAN カードリンクパルス波形

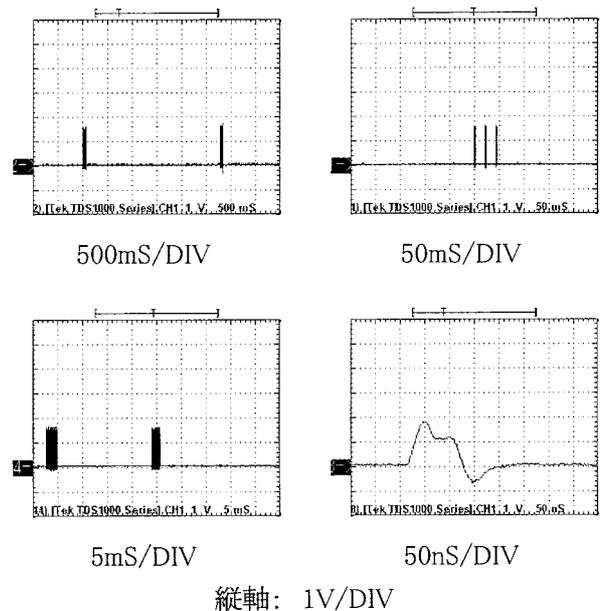
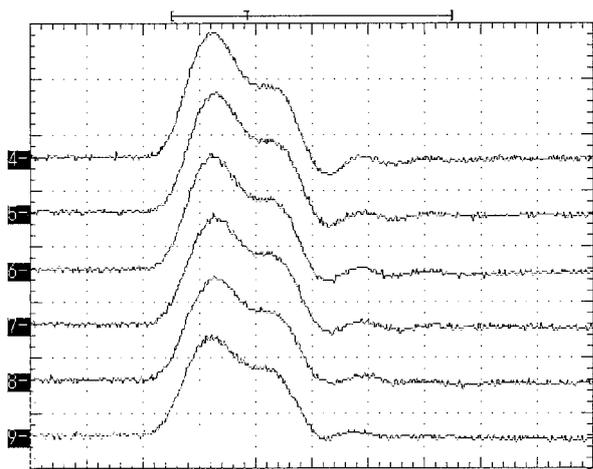


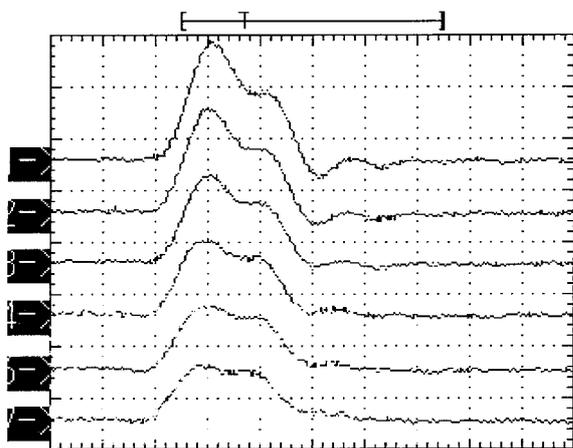
図8 C 社 10/100M LAN カードリンクパルス波形

3.2 ケーブル長に対する波形測定

信号伝送のケーブルの長さによる影響を調査するため、LAN ケーブル、電話線ケーブルの長さを変えてリンクパルス波形測定を行なった。結果を図9と図10に示す。LAN ケーブルと比較すると電話線の場合には信号の減衰が大きい。しかし電話線50mでも信号電圧はIEEE802.3規格(0.585V以上)を満たしていた。



縦軸: 1V/DIV、横軸: 50nS/DIV
上からケーブル長 0、10、20、30、40、50m
図9 LANケーブルでの信号減衰



縦軸: 1V/DIV、横軸: 50nS/DIV
上からケーブル長 0、10、20、30、40、50m
図10 電話線ケーブルでの信号減衰

5. まとめ

(1) 全パケットに識別子を埋め込み、パケットが通過する全ての機器でパケット測定をするパケット伝送測定回路を作製した。この結果スイッチングハブにも対応でき、どのパケットがどの機器を通過しどこで消滅したかが特定できるようになった。

(2) 市販されている LAN カード、HUB、LAN ケーブルでネットワークを構成し、リンクロスタイムより大きい周期(1秒)で 10,000 個のパケットを送信して伝送測定を行なった。結果、伝送エラーは0であった。現在市販されている 10BASE-T および 100BASE-TX 機器の信頼性は高いといえる。

(3) 4芯の電話線を LAN ケーブルの代わりに使用してパケット伝送測定を行なった。電話線の両端を10MのHUBで終端して、電話線上ではオートネゴシエーションを走らせず10Mの半2重通信(10BASE-T通信)をする構成にしたときパケット伝送エラーが0になった。これは電話線が条件を満たせば LAN ケーブルの代用になることを示している。電話線を使用するときの問題点は信号減衰とクロストークである。10BASE-T は半2重通信であるからクロストークは問題にならない。信号減衰は後の(5)に記すように電話線の長さや周波数によって変わる。

(4) 各種の HUB、LAN カードからのリンクパルス波形測定を行なった。10/100M のオートネゴシエーション対応の HUB および LAN カードでは、ファーストリンクパルス(FLP)を不規則、断続的に出しているものがあることが分った。しかし FLP を連続的に出している機器と断続的に出している機器の双方がともに正常に動作していて伝送特性での差はみられなかった。

(5) LANケーブル、電話線の長さを変えてリンクパルス測定を行なった。電話線の場合には信号の減衰が大きい。50m以下ならば、信号電圧は IEEE802.3 規格(0.585V以上)を満たしていた。今回の測定ではリンクパルスの減衰が測定されていて情報信号波形の減衰が測定されていない。しかし電話線50mでのパケット伝送測定エラーが0であったこと、リンクパルス波形電圧が IEEE802.3 規格を満たしていたこととは整合性がとれていると考えられる。

参考文献

- [1] 「IEEE Standard 802.3」, 14章 10BASE-T, 25章 100BASE-TX, 28章 Auto-Negotiation.
- [2] Charles E. Spurgeon 著, 桜井豊訳, 「詳説イーサネット」, オライリー・ジャパン社(2000).
- [3] 「イーサネットのハードを理解しよう」, トランジスタ技術 SPECIAL, No. 77, CQ 出版社(2002).

代数幾何符号復号における生成点での留数情報を活用した 未知シンδροームの推定に関する研究

市村 洋*, 松本章代*, 鈴木雅人*

An Estimation of Unknown Syndrome using Information of Residue at One Generating-point
for the Decoding of Algebraic Geometric Codes

Hiroshi ICHIMURA, Akiyo MATSUMOTO, Masato SUZUKI

In this paper, we report the research results why does unknown syndrome occur at the decoding of Algebraic Geometric Codes, and an estimation method of unknown syndrome using information of residue at one generating point.

(Keywords : Algebraic Geometric Codes, Decoding, Differential Form, One Generating-point, Residue Theorem, Unknown Syndrome)

1. はじめに

代数幾何符号は誤り検出訂正符号の一つである代数的符号に属する。その中で、符号長を最長とすることができ、且つ符号を表す (n, k, d) (符号長, 情報記号数, 設計距離) において $(k/n, d/n)$ の関係が最も優れており、現在いつでも実用化が可能なところまで研究がすすんでいる¹⁾。

代数幾何符号は上記の如く優れた点を有するが、設計距離までの復号においては未知シンδροームの推定が必要である。その推定法は、既に Feng-Rao の MFIA 法²⁾や阪田の BMS 法³⁾により解法が見出されている。しかし、高速復号化の手法が採られているものの、推定計算に複雑さが伴う。

本報告では、一点代数幾何符号の送信符号を微分形式とした場合に生成点(1点)上の留数定理がもたらす符号情報を利用して、未知シンδροームの推定計算を容易にする方法を提案する。

2. 一点代数幾何符号の符号生成と復号原理

一点代数幾何符号 (n, k, d) over $GF(q)$ の符号化・復号化を要約すると次のようになる。

①代数曲線 $f(x, y)=0$ over $GF(q)$

②有理点のうち1点を生成点(Q), その他の点 $(P_i, i \in \{1, 2, \dots, n\})$ を符号構成点(符号長 n) に選ぶ。

③微分形式 Riemann-Roch の定理

$\Omega(mQ - \sum_{i=1}^n P_i)$
 $= \{ \omega_j | \text{div}(\omega_j) - mQ + \sum_{i=1}^n P_i \geq 0, m \in \text{非負整数} \}$
 より、送信符号の微分形式 ω_j は次の通りである。

・情報記号数 k

$k = n - m + g - 1$, g は $f(x, y) = 0$ の種数。

・設計距離 d

Goppa 距離の場合 $d_{\text{Goppa}} = m - 2g + 2$

Feng-Rao 距離の場合 d_{FR}

$d_{\text{FR}} = \# \{ (\rho_a, \rho_b) | \rho_a + \rho_b = "Q \text{ において } \omega_k \text{ に非直交な有理関数の最大極位数"} \}$
 ρ_a, ρ_b は検査行列の有理関数 f_a, f_b の Q での極位数。}

・微分形式

$$\left. \begin{aligned} \omega_j &= f_j \cdot \omega / h(x, y) \\ \omega &:= dx / (\partial f(x, y) / \partial y)_{Q \text{ or } P_i} \\ &= dy / (\partial f(x, y) / \partial x)_{Q \text{ or } P_i} \\ &= dt_S / df(t_S) / dt_S \Big|_{Q \text{ or } P_i} \end{aligned} \right\} \text{①}$$

t_S は点 Q or P_i での局所一意化変数。

f_j は検査行列を構成する有理関数。

$h(x, y)$ は P_1, P_2, \dots, P_n すべてを通る全零多項式であり $h(x, y) = \prod_{i=1}^n t_{P_i} = 0$ 。

・微分形式の留数 $\text{Res}(\omega_j)$ が送信符号

$${}^s W_j = (\text{Res}(\omega_j(P_1)), \text{Res}(\omega_j(P_2)), \dots, \text{Res}(\omega_j(P_n))) \\ := ({}^s w_{j1}, {}^s w_{j2}, \dots, {}^s w_{jn})$$

である。 ${}^s W_j$ の線形組織化符号 (linear_Org.)

$${}^s W_{L_j} = (0, 0, \dots, 1(P_j), \dots, 0, {}^s w_{L_j}(P_{k+1}), \\ {}^s w_{L_j}(P_{k+2}), \dots, {}^s w_{L_j}(P_n)) \quad \text{②}$$

と送信文 $(C_1 C_2 \dots C_k)$ を基に実際の送信符号は

$${}^s W_L = (C_1, C_2, \dots, C_k, \sum_{j=1}^k C_j \cdot {}^s w_{L_j}(P_{k+1}), \dots)$$

* 情報工学科

$$\dots, \sum_{j=1}^k C_j \cdot s_{w_{L_j}}(P_n) \quad (3)$$

4 有理関数の Riemann-Roch の定理

$L(mQ) = \{f_j | \text{div}(f_j) - mQ \geq 0, m \in \text{非負整数}\}$ より, f_j は代数曲線 $f(x, y) = 0$ と交差する有理関数である。検査行列 H は, それらのうちの独立有理関数と符号点 $(P_i, i=1, 2, \dots, n)$ から構成 ($n \times n$ 行列)される。ただし $s_{w_j} \cdot H = 0$ である。

5 復号のためにシンδροーム行列 Syn は, 次のように定義される。

- ・ 送信符号 $s_{w_j} (j=1, 2, \dots, k)$
 - ・ 通信路の印加雑音 (r 個印加)
- $$E_r = (\dots, e_{v_1}(P_{v_1}), \dots, e_{v_r}(P_{v_r}), \dots)$$

・ 受信符号 $r_{w_j}, j \in \{1, 2, \dots, k\}$
 $r_{w_j} = s_{w_j} + E_r := (r_{w_{j1}}, r_{w_{j2}}, \dots, r_{w_{jn}})$
 より, $\text{Syn} := {}^t H \cdot r_{w_j} \cdot H$ (ただし ${}^t H$ は検査行列 H の転置行列)として定義され,

$$\text{Syn} = {}^t H \cdot (s_{w_j} + E_r) \cdot H = {}^t H \cdot E_r \cdot H.$$

6 復号は, 行列 $H, {}^t H$ の逆行列をそれぞれ $H^{-1}, {}^t H^{-1}$ とすると, 原理的に

$$\begin{aligned} {}^t H^{-1} \cdot \text{Syn} \cdot H^{-1} &= {}^t H^{-1} \cdot {}^t H \cdot E_r \cdot H \cdot H^{-1} = I \cdot E_r \cdot I = E_r \\ \therefore E_r &= {}^t H^{-1} \cdot \text{Syn} \cdot H^{-1} \end{aligned}$$

で求まる (I は単位行列)。

符号は, 微分形式 $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_k$ から構成される。符号 ω_j の生成点 Q での位数は①より

$$\text{div}(\omega_j)_Q = \text{div}(\omega \cdot f_j/h(x, y))_Q \quad (4)$$

であり, これを送信符号とし送信中に雑音が印加されずにそのまま受信されても, シンδροーム Syn 行列は, 次のようになる。

$\text{Syn}_{(d,e)}$ (Syn 行列の d 行 e 列の点 (d,e) のシンδροーム)の生成点 Q での位数は, ②より

$$\begin{aligned} \text{div}(\omega_j \cdot f_d \cdot f_e)_Q &= \text{div}(\omega)_Q - \text{div}(h(x, y))_Q + \text{div}(f_j \cdot f_d \cdot f_e)_Q \\ &= [2g-2+n-(j+d+e-1+g)]Q \\ &= [n+g-1-(j+d+e)]Q, \text{ ただし } j+d+e > 2g-2 \quad (5) \end{aligned}$$

となる。これが 1 位の極位数すなわち

$$\text{div}(\omega_j \cdot f_d \cdot f_e)_Q = -1 \cdot Q$$

を満たす条件 $d+e=n+g-j$ のとき, 送信符号 s_{w_j} ($\text{Res}(\omega_j)$)の受信時シンδροーム算出において, 雑音 E_r が印加されていないととも, シンδροーム要素 $\text{Syn}_{(d,e)}$ は非零となる。

このことを図 1. に基づいて解説し, 問題解決の方法を以下提案する。

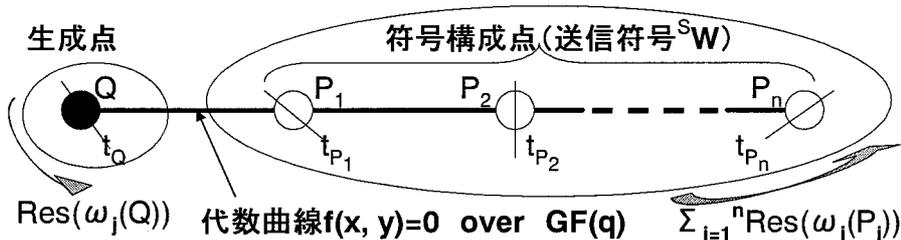


図 1. 微分形式の留数定理と送信符号

3. 復号における未知シンδροームについて

一般に, 検査行列は送信符号 (vector 表現) の双対符号として構成される 4)。代数幾何符号においても同様に, 送信符号を有理関数とした場合, 検査行列は有理関数に直行する双対符号として構成される。逆もしかりで, 検査行列を有理関数とし, 送信符号をそれに直交する双対符号として構成できる。

本報告では, 送信符号 (検査行列) との直行性から検査行列 (送信符号) を算出するのではなく, 前章で明らかにしたように, 送信符号は微分形式, 検査行列は有理関数から算出する。この微分形式の構造を基に, 受信符号のシンδροームが何故あるところから未知シンδροームとなるのかを明らかにすることができる。

符号 (n, k, d) において, 情報記号数 k の送信

4. 生成点の留数情報の分析

有理点 (生成点 Q + 符号構成点 $\{P_1, P_2, \dots, P_n\}$) 上の留数 $\text{Res}(\omega_j(Q)) + \sum_{i=1}^n \text{Res}(\omega_j(P_i))$ は, 留数定理により常に零となる。すなわち

$$\text{Res}(\omega_j(Q)) + \sum_{i=1}^n \text{Res}(\omega_j(P_i)) = 0 \quad (6)$$

である。また, 情報記号数 k の範囲 ($1 \leq j \leq k$) で $\text{Res}(\omega_j(Q)) = 0$ であり, 生成点を除いた点 $\{P_1, P_2, \dots, P_n\}$ 上の留数のみから, 送信符号を構成している。

しかし, 受信時のシンδροームは, 検査行列を構成する有理関数集合 R_f

$$R_f = \{f_1, f_2, \dots, f_{n+2g}\} \setminus \text{従属有理関数} \{f_{\lambda_1}, f_{\lambda_2}, \dots, f_{\lambda_{2g}}\}$$

の $f_d, f_e \in R_f$ との積からなる $\omega_j \cdot f_d \cdot f_e$ を考察すると次のことが分かる。

$$\text{Res}(\omega_j \cdot f_d \cdot f_e(Q)) + \sum_{i=1}^n \text{Res}(\omega_j \cdot f_d \cdot f_e(P_i)) = 0 \quad (7)$$

であるが, $\text{Res}(\omega_j \cdot f_d \cdot f_e(Q)) \neq 0$ となる $j+d+e$

の組み合わせが生じ, このことから

$$\sum_{i=1}^n \text{Res}(\omega_j \cdot f_d \cdot f_e(P_i)) \neq 0$$

となってしまう, 送信符号だけの留数の和=0が破れてしまう。⑦に基づき

$$\begin{aligned} \text{ext}W_j &= (\text{Res}(\omega_j(Q)), \text{Res}(\omega_j(P_1)), \text{Res}(\omega_j(P_2)), \\ &\quad \dots, \text{Res}(\omega_j(P_n))) \\ &:= (\text{ext}w_{jQ}, \text{ext}w_{j1}, \dots, \text{ext}w_{jn}) \quad \textcircled{8} \end{aligned}$$

を基本的には送信符号とすることである。

以下, 既報 5), 6), 7), 8) の具体例を基に, その提案を明らかにする。

例 (23, 10, 11) over GF(8)

- GF(2) 上での既約多項式 x^3+x+1 で, GF(8) の原始元を α 。
- 代数曲線: $f(x, y) = x^3+xy^3+y=0, g=3$
- 生成点: $Q(0:0:1)$
- 符号構成点: $P_1(0:1:0), P_2(1:0:0), P_3(1:\alpha:1), P_4(1:\alpha^2:1), P_5(1:\alpha^3:\alpha^2), P_6(1:1:\alpha), P_7(1:\alpha^4:\alpha), P_8(1:\alpha^5:\alpha), P_9(1:1:\alpha^2), P_{10}(1:\alpha:\alpha^2), P_{11}(1:\alpha^4:1), P_{12}(1:\alpha^3:\alpha^3), P_{13}(1:\alpha^4:\alpha^3), P_{14}(1:\alpha^6:\alpha^3), P_{15}(1:1:\alpha^4), P_{16}(1:\alpha^2:\alpha^4), P_{17}(1:\alpha^6:\alpha^4), P_{18}(1:\alpha^2:\alpha^5), P_{19}(1:\alpha^3:\alpha^5), P_{20}(1:\alpha^5:\alpha^5), P_{21}(1:\alpha:\alpha^6), P_{22}(1:\alpha^5:\alpha^6), P_{23}(1:\alpha^6:\alpha^6)$
- 有理関数の検査行列: $L(mQ) = (f_j | \text{div}(f_j) + mQ \geq 0)$ より, 検査行列 H は表 1. の通りである。

表 1. 検査行列有理関数

j	位数	有理関数		j	位数	有理関数	
		$f_j = x^u y^v$	因子 $\text{div}(f_j)$			$f_j = x^u y^v$	因子 $\text{div}(f_j)$
1	0	1	0Q	9	11	x^3y	$-11Q+5P_1+6P_2$
	1	--	$-1Q$ --	10	12	x^4	$-12Q+8P_1+4P_2$
	2	--	$-2Q$ --	11	13	x^3y^2	$-13Q+4P_1+9P_2$
2	3	x	$-3Q+2P_1+1P_2$	12	14	x^4y	$-14Q+7P_1+7P_2$
	4	--	$-4Q$ --			x^2y^4	$-14Q+0P_1+14P_2$
3	5	xy	$-5Q+1P_1+4P_2$	13	15	x^5	$-15Q+10P_1+5P_2$
4	6	x^2	$-6Q+4P_1+2P_2$	14	16	x^4y^2	$-16Q+6P_1+10P_2$
5	7	xy^2	$-7Q+0P_1+7P_2$	15	17	x^5y	$-17Q+9P_1+8P_2$
6	8	x^2y	$-8Q+3P_1+5P_2$			x^3y^4	$-17Q+2P_1+15P_2$
7	9	x^3	$-9Q+6P_1+3P_2$	16	18	x^6	$-18Q+12P_1+6P_2$
8	10	x^2y^2	$-10Q+2P_1+8P_2$			x^4y^3	$-18Q+5P_1+13P_2$

・微分形式(送信符号)

局所一意化変数: $t_Q=y/x, t_{P_1}=xy, t_{P_2}=x,$

$$t_{P_3}=t_{P_4}=t_{P_5}=t_{345}=x+1, t_{P_6}=t_{P_7}=t_{P_8}=t_{678}=x+\alpha,$$

$$t_{P_{09}}=t_{P_{10}}=t_{P_{11}}=t_{091011}=x+\alpha^2, t_{P_{12}}=t_{P_{13}}=t_{P_{14}}=t_{121314}=x+\alpha^3,$$

$$t_{P_{15}}=t_{P_{16}}=t_{P_{17}}=t_{151617}=x+\alpha^4, t_{P_{18}}=t_{P_{19}}=t_{P_{20}}=t_{181920}=x+\alpha^5,$$

$$t_{P_{21}}=t_{P_{22}}=t_{P_{23}}=t_{212223}=x+\alpha^6$$

全零多項式:

$$h(x,y) = xy(x+1)(x+\alpha)(x+\alpha^2)(x+\alpha^3)(x+\alpha^4)(x+\alpha^5)(x+\alpha^6)$$

$$=x(x^7+1)=0$$

$$\text{div}(h(x, y)) = -24Q + 2P_1 + \sum_{i=2}^n P_i$$

微分形式: $\omega_j = f_j \cdot \omega / h(x, y)$

$$f_j \in \{1, x, xy, x^2, xy^2, x^2y, x^3, x^2y^2, x^3y, x^4\}$$

$$\omega_1 = [x(x^7+1)y]^{-1} \cdot dt_Q/t_Q \cdot [x^7+1]^{-1} \cdot dt_{P_1}/t_{P_1} \cdot$$

$$y[x^3(x^7+1)]^{-1} \cdot dt_{P_2}/t_{P_2} \cdot$$

$$y(x+1)[x^4(x^7+1)]^{-1} \cdot dt_{P_3, P_4, P_5} / t_{P_3, P_4, P_5} \cdot dt_{2345} / t_{2345} \cdot$$

$$y(x+\alpha)[x^4(x^7+1)]^{-1} \cdot dt_{P_6, P_7, P_8} / t_{P_6, P_7, P_8} \cdot dt_{678} / t_{678} \cdot$$

$$y(x+\alpha^2)[x^4(x^7+1)]^{-1} \cdot dt_{P_9, P_{10}, P_{11}} / t_{P_9, P_{10}, P_{11}} \cdot dt_{091011} / t_{091011} \cdot$$

$$y(x+\alpha^3)[x^4(x^7+1)]^{-1} \cdot dt_{P_{12}, P_{13}, P_{14}} / t_{P_{12}, P_{13}, P_{14}} \cdot dt_{121314} / t_{121314} \cdot$$

$$y(x+\alpha^4)[x^4(x^7+1)]^{-1} \cdot dt_{P_{15}, P_{16}, P_{17}} / t_{P_{15}, P_{16}, P_{17}} \cdot dt_{151617} / t_{151617} \cdot$$

$$y(x+\alpha^5)[x^4(x^7+1)]^{-1} \cdot dt_{P_{18}, P_{19}, P_{20}} / t_{P_{18}, P_{19}, P_{20}} \cdot dt_{181920} / t_{181920} \cdot$$

$$y(x+\alpha^6)[x^4(x^7+1)]^{-1} \cdot dt_{P_{21}, P_{22}, P_{23}} / t_{P_{21}, P_{22}, P_{23}} \cdot dt_{212223} / t_{212223} \cdot$$

$$\omega_2 = x \cdot \omega_1, \omega_3 = xy \cdot \omega_1, \omega_4 = x^2 \cdot \omega_1, \dots, \omega_{10} = x^4 \cdot \omega_1$$

以上から微分形式の送信符号は表 2. の通りである。

表 2. 微分形式送信符号

微分形式 留数	符号構成点												
	P01	P03	P05	P07	P09	P11	P13	P15	P17	P19	P21	P23	
Res(ω_1)	0	0	1	2	4	4	1	2	1	2	4	1	2
Res(ω_2)	∞	∞	1	2	4	5	2	3	3	4	6	4	5
Res(ω_3)	∞	∞	2	4	1	5	6	1	3	5	2	0	2
Res(ω_4)	∞	∞	1	2	4	6	3	4	5	6	1	0	1
Res(ω_5)	0	∞	3	6	5	5	3	6	3	6	5	3	6
Res(ω_6)	∞	∞	2	4	1	6	0	2	5	0	4	3	5
Res(ω_7)	∞	∞	1	2	4	0	4	5	0	1	3	3	4
Res(ω_8)	∞	∞	3	6	5	6	4	0	5	1	0	6	2
Res(ω_9)	∞	∞	2	4	1	0	1	3	0	2	6	6	1
Res(ω_{10})	∞	∞	1	2	4	1	5	6	2	3	5	6	0

ただし $0 := \alpha^0 = 1, i (\neq 0) := \alpha^i, \infty := \alpha^\infty = 0$

線形組織化(標準化)送信符号-Linear Org.-

表 2. の送信符号を線形組織化すると⑨のようになる。

$$\begin{aligned} \omega_{L1} &= \omega_1 + \alpha \omega_2 + \alpha^6 \omega_3 + \alpha^5 \omega_4 + \omega_5 \\ &\quad + \alpha^2 \omega_6 + \alpha^2 \omega_7 + \alpha^6 \omega_8 + \alpha^2 \omega_9 + \alpha^4 \omega_{10} \\ \omega_{L2} &= \omega_1 + \alpha^5 \omega_2 + \alpha^6 \omega_3 + \alpha \omega_4 + \omega_5 \\ &\quad + \alpha^2 \omega_6 + \alpha^5 \omega_7 + \alpha^6 \omega_8 + \alpha^2 \omega_9 + \alpha^2 \omega_{10} \\ \omega_{L3} &= \omega_1 + \alpha^4 \omega_2 + \alpha^2 \omega_3 + \alpha^3 \omega_4 + \omega_5 \\ &\quad + \alpha^4 \omega_6 + \omega_7 + \alpha^4 \omega_8 + \alpha^4 \omega_9 + \alpha^4 \omega_{10} \\ \omega_{L4} &= \omega_1 + \omega_2 + \alpha^2 \omega_3 + \omega_4 + \omega_5 \\ &\quad + \alpha^3 \omega_6 + \alpha \omega_7 + \alpha \omega_8 + \alpha^6 \omega_9 + \alpha^5 \omega_{10} \\ \omega_{L5} &= \omega_1 + \alpha^2 \omega_2 + \alpha^5 \omega_3 + \alpha^4 \omega_4 + \omega_5 \\ &\quad + \alpha^6 \omega_6 + \alpha \omega_7 + \alpha^4 \omega_8 + \alpha^4 \omega_9 + \omega_{10} \\ \omega_{L6} &= \omega_1 + \omega_2 + \alpha^3 \omega_3 + \alpha \omega_4 + \omega_5 \\ &\quad + \alpha^4 \omega_6 + \alpha^5 \omega_7 + \alpha^6 \omega_8 + \alpha^4 \omega_9 + \omega_{10} \\ \omega_{L7} &= \omega_1 + \alpha^6 \omega_2 + \alpha \omega_3 + \omega_4 + \omega_5 \\ &\quad + \omega_6 + \alpha^3 \omega_7 + \alpha^6 \omega_8 + \alpha \omega_9 + \omega_{10} \end{aligned} \quad \textcircled{9}$$

$$\left. \begin{aligned} \omega_{L8} &= 0 \omega_1 + \alpha^5 \omega_2 + \alpha^4 \omega_3 + \alpha^5 \omega_4 + 0 \omega_5 \\ &\quad + \alpha^6 \omega_6 + \alpha^5 \omega_7 + \alpha^6 \omega_8 + 0 \omega_9 + \alpha^3 \omega_{10} \\ \omega_{L9} &= 0 \omega_1 + \alpha^4 \omega_2 + \alpha \omega_3 + \alpha^6 \omega_4 + 0 \omega_5 \\ &\quad + \alpha^3 \omega_6 + \alpha^3 \omega_7 + 0 \omega_8 + \omega_9 + 0 \omega_{10} \\ \omega_{L10} &= 0 \omega_1 + \omega_2 + 0 \omega_3 + \alpha^3 \omega_4 + 0 \omega_5 \\ &\quad + 0 \omega_6 + \alpha^2 \omega_7 + 0 \omega_8 + 0 \omega_9 + \alpha^4 \omega_{10} \end{aligned} \right\}$$

送信すべき情報

$(C_1, C_2, \dots, C_j, \dots, C_{10}), C_j \in GF(8)$
 から, 送信符号 s_{WL} は, ③, ⑨により
 $s_{WL} = (C_1, C_2, \dots, C_{10}, \sum_{j=1}^{10} C_j \cdot s_{WL_j}(P_{11}), \dots, \sum_{j=1}^k C_j \cdot s_{WL_j}(P_{23}))$

・復号において

Feng_Rao 設計距離 d_{FR}

$$d_{FR} = \# \{ (0, 16), (3, 13), (5, 11), (6, 10), (7, 9), (8, 8), (9, 7), (10, 6), (11, 5), (13, 3), (16, 0) \} = 11$$

通信路印加雑音 E_T

$$E_T = \{ \alpha^2 \text{on}P_3(1: \alpha: 1), \alpha^5 \text{on}P_4(1: \alpha^2: 1), \text{on}P_5(1: \alpha^4: 1), \alpha^2 \text{on}P_8(1: \alpha^5: \alpha) \}$$

とした場合, シンドローム行列の既知及び未知シンドローム要素は, 次のようになる。

(行,列)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
極位数	0	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
f_j	1	x	xy	x ²	xy ²	x ² y	x ³	x ² y ²	x ³ y	x ⁴	x ³ y ²	x ⁴ y	x ⁵
1	0	1	α^4	1	α^4	α^2	α^6	0	α^6	1	α^5	α^5	α α α 3
2	3	x	1	α^2	0	α^6	1	α^5	α^5	α	α	α^3	us16 us17#1
3	5	xy	α^4	0	1	α^5	1	α	α	α^6	us16 us17#1		
4	6	x ²	α^2	α^6	α^5	α^5	α	α	α^3	us16 us17#1			
5	7	xy ²	α^6	1	1	α	α^5	α^3	us16 us17#2				
6	8	x ² y	0	α^5	α	α	α^6	us16 us17#1					
7	9	x ³	α^6	α^5	α	α^3	us16 us17#1						
8	10	x ² y ²	1	α	α^6	us16 us17#2							
9	11	x ³ y	α^5	α	us16 us17#1	● us no:=Unknown Syndrome 極位数							
10	12	x ⁴	α^5	α^3	us17#1	● us17#1=未知 syndrome 極位数 17							
11	13	x ³ y ²	α	us16		有理関数 x ⁵ y							
12	14	x ⁴ y	α	us17#1	● us17#2=未知 syndrome 極位数 17								
13	15	x ⁵	α^3			有理関数 x ³ y ⁴							
14	16	x ⁴ y ²	us16										

図 2. シンドローム行列

この例 $(n, k, d) = (23, 10, 11)$ において, ⑤により, $\text{div}(\omega_{10})_Q = (n+g-1-j)Q = 15Q$ となり, 有理関数 $f_d \cdot f_e = x^4y^2$ を検査行列要素とするシンドローム

$S_{1,14}=S_{2,11}=S_{3,9}=S_{4,8}=S_{5,7}=S_{6,6}=S_{7,5}=S_{8,4}=S_{9,3}=S_{11,2}=S_{14,1}$ は, 図 2. の如く未知シンドローム us16 となる。これは $\text{div}(f_d \cdot f_e)_Q = \text{div}(x^4y^2)_Q = -16 \cdot Q$ から, $\text{div}(\omega_{10} \cdot f_d \cdot f_e)_Q = 15Q - \text{div}(f_d \cdot f_e)_Q = 15Q - 16Q = -1 \cdot Q$

となる。送信されない生成点 Q での極位数が 1 となり, 留数定理により

$$\text{Res}(\omega_{10})_Q = \alpha_Q \in GF(8) \setminus \{0\}$$

なる非零の値をとり, ⑥より

$$\text{Res}(\omega_{10}(Q)) + \sum_{i=1}^8 \text{Res}(\omega_{10}(P_i)) = \alpha_Q + \alpha_{P_{1-8}} = 0,$$

$\alpha_{P_{1-8}} \in GF(8) \setminus \{0\}$ であり, これは

$$\sum_{i=1}^8 \text{Res}(\omega_{10}(P_i)) = \text{Res}(\omega_{10}(Q)) = \alpha_Q \neq 0$$

を意味する。

同様に, $\text{Res}(\omega_{10}) = 0$ の場合, 未知シンドローム un17#1 は

$$\text{div}(\omega_9 \cdot f_d \cdot f_e)_Q = -1 \cdot Q, f_d \cdot f_e = x^5y$$

$S_{1,17}=S_{2,12}=S_{3,10}=S_{4,9}=S_{6,7}=S_{7,6}=S_{9,4}=S_{10,3}=S_{12,2}=S_{17,1} = \text{us17#1}$ である。

また, 未知シンドローム un17#2 は

$$S_{5,8}=S_{8,5} = \text{us17#2}$$

ただし $f_d \cdot f_e = x^3y^4$ (us17#1 の $f_d \cdot f_e = x^5y$ と代数曲線 $x^3+xy^3+y=0$ より $x^3y^4=x^5y+x^2y^2$) である。

5. 生成点留数情報の活用方式の提案

線形組織化された送信符号の基底は, ⑨を一般化して

$$\omega_{L_j} = \sum_{i=1}^k \alpha_{L_{j,i}} \omega_i \tag{10}$$

と表せる。送信すべき情報 = 送信文 (C_1, C_2, \dots, C_k) により, 実際の送信符号 ③は

$$s_{WL} = (C_1, C_2, \dots, C_k, \sum_{j=1}^k C_j \cdot s_{WL_j}(P_{k+1}), \dots, \sum_{j=1}^k C_j \cdot s_{WL_j}(P_n)) = (C_1, C_2, \dots, C_k,$$

$$\text{Res}(\sum_{i=1}^k C_i \cdot (\sum_{j=1}^k \alpha_{L_{i,j}} \omega_j (P_{k+1}))), \dots, \text{Res}(\sum_{i=1}^k C_i \cdot (\sum_{j=1}^k \alpha_{L_{i,j}} \omega_j (P_n))) \tag{11}$$

ここで, $\omega_k, \omega_{k-1}, \dots, \omega_{k-(g-1)}$ (例では $g=3$ であり, $\omega_{10}, \omega_9, \omega_8$) の生成点の極位数は既知である。そして,

$$\begin{aligned} \text{Res}(\sum_{i=1}^k C_i \cdot \alpha_{L_{i,k}} \omega_k) &\in GF(q) \\ \text{Res}(\sum_{i=1}^k C_i \cdot \alpha_{L_{i,k-1}} \omega_{k-1}) &\in GF(q) \\ &\vdots \end{aligned}$$

$\text{Res}(\sum_{i=1}^k C_i \cdot \alpha_{L_{i,k-(g-1)}} \omega_{k-(g-1)}) \in GF(q)$ も既知である。例では $\omega_{k-(j-1)}, j=1, 2, \dots, g$ において $k=10, g=3$ であり, ⑨の下線部分

$$\begin{aligned} \alpha_{L_{1,10}} \omega_{10} &= \alpha^4 \omega_{10}, \alpha_{L_{1,9}} \omega_9 = \alpha^2 \omega_9, \alpha_{L_{1,8}} \omega_8 = \alpha^6 \omega_8 \\ \alpha_{L_{2,10}} \omega_{10} &= \alpha^2 \omega_{10}, \alpha_{L_{2,9}} \omega_9 = \alpha^2 \omega_9, \alpha_{L_{2,8}} \omega_8 = \alpha^6 \omega_8 \\ &\vdots \end{aligned}$$

$\alpha_{L_{10,10}} \omega_{10} = \alpha^4 \omega_{10}, \alpha_{L_{10,9}} \omega_9 = 0 \omega_9, \alpha_{L_{10,8}} \omega_8 = 0 \omega_8$ である。

送信すべき情報 (C_1, C_2, \dots, C_k) の送信符号 s_{WL} がとる生成点 Q での ω_k の極位数情報とその値(留数)の情報は,

$$\underline{\text{Res}(\sum_{i=1}^k C_i \alpha_{L_{i,k}} \omega_k) \neq 0 \text{ の場合}}$$

$$\left. \begin{array}{l} \bullet \text{極位数 } \text{div}(\omega_k)_{\mathbb{Q}} \\ \bullet \text{留数 } \text{Res}(\sum_{i=1}^k C_i \alpha_{L_{i,k}} \cdot f_{d'f_e} \cdot \omega_k(Q)) \end{array} \right\} \textcircled{12}$$

$\text{Res}(\sum_{i=1}^k C_i \alpha_{L_{i,k}} \omega_k) = 0$ の場合,

- 極位数 $\text{div}(\omega_{k-1})_{\mathbb{Q}}$
- 留数 $\text{Res}(\sum_{i=1}^k C_i \alpha_{L_{i,k}} f_{d'f_e} \cdot \omega_{k-1}(Q))$
 ただし, 検査行列を構成する有理関数 $f_{d'f_e}$ は, $\text{div}(f_{d'f_e})_{\mathbb{Q}} = \text{div}(f_{d'f_e})_{\mathbb{Q}} - 1$ なる関数である ($f_{d'f_e} = x^4 y^2$ ならば $f_{d'f_e} = x^5 y$ である)。

以下同様であり $k-(g-1)$ に至る。

これらを対とした 2 文字 ($\text{GF}(q)$) を加えて送信符号とする。この生成点での留数知識を基に, 未知シンδροーム要素を算出する。上記対の 2 文字も当然通信路での雑音の印加対象となるので, 対文字の複製 (m 個) を送信符号に分散させて送信する。複製数 m は, 符号長 n , 情報記号数 k , 訂正能力 $\lfloor (d-1)/2 \rfloor$ の関係で最適値 (最小 3 対は必要) を見つけ, 正しい対 2 文字 (生成点での留数情報) かどうかは, m 個の多数決で決定する。

送信することにより, 復号時にこの情報を利用して未知シンδροーム推定の一方法を提案した。

今後この実装法を詰めてゆき, Feng_Rao の MFIA 法及び阪田 BMS 法との性能比較をする予定である。

参考文献

- 1) 松井 一, 馬縹尚弘, 三田誠一: "代数曲線符号に対する二次元ストリックアレー復号器の性能", 第 25 回情報理論とその応用シンポジウム予稿集 Vol.II, pp487-490 (2002-12).
- 2) Gui-Liang Feng & T.R.Rao: "Decoding Algebraic Geometric Codes up to the Designed Minimum Dittance", IEEE Information Theory, Vol.39, pp.37-45 (1993-01).
- 3) Sakata, S: "Fast Erasure-and-Error Decoding of Any One-Point AG Codes up to the Feng-Rao Bound", Bulletin of the Univ. of Electro-Comm. Vol.9, No.1, pp.39-57 (1996-06).
- 4) 今井秀樹: "符号理論", (社)電子情報通信学会編 (1991-06).

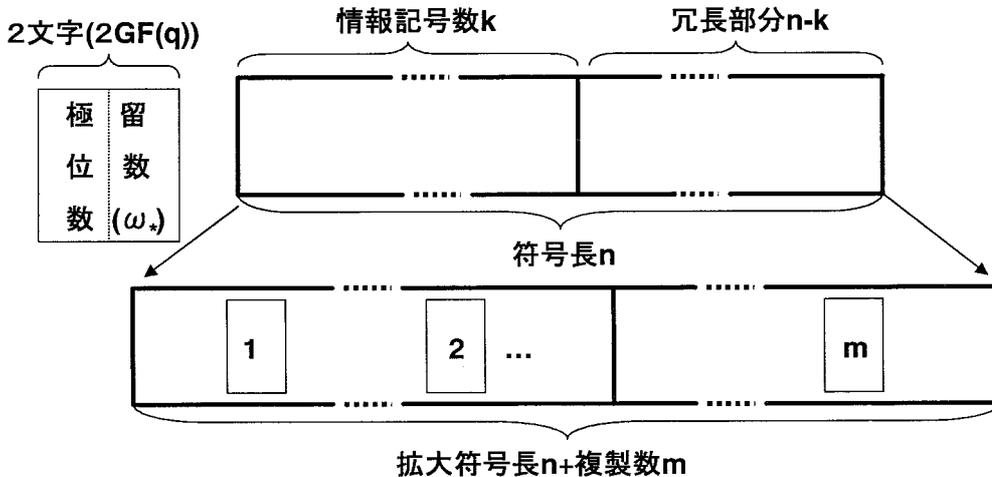


図 3. 生成点の留数情報活用送信符号

6. まとめ

本研究は, 先ず 1 点代数幾何符号の送信符号を微分形式として表現することを示した。このことにより, 復号におけるシンδροーム計算において, 未知シンδροームのメカニズムが説明できた。

未知シンδροームを推定することにより, 設計距離までの復号が可能である。この推定に当たって, 微分形式が生成点でとる 1 位の極位数に絡む留数情報を, 送信符号に加えて

- 5) 市村 洋, 鈴木雅人: "代数幾何符号における未知シンδροーム推定時の BMS アルゴリズム票数と Feng_Rao 階段行列・階数の関係について", 第 21 回情報理論とその応用シンポジウム, pp.547-550 (1998-12).
- 6) 市村 洋, 鈴木雅人: "誤り訂正符号の復号における行列式による極小多項式の簡潔表現について", 東京高専研究報告書第 30 号 pp.41-48 (1998-12).
- 7) 市村 洋, 鈴木雅人: "代数幾何符号の BMS ア

ルゴリズムと行列表現の関係について", 東京高専研究報告書第 31 号 pp.29-36(1999-12).

8)市村 洋, 青野正宏, 鈴木雅人, 小野寺 栄, 岩佐千夏, 原田 健: "BMS アルゴリズムを用いた代数幾何符号高速復号のソフトウェア実装と教育的応用", 東京高専研究報告書第 33(1)号 pp.63-70(2001-09).

(平成 17 年 09 月 26 日受理)

多くの穴を持つ領域上の半線形楕円型方程式の 解の存在と非存在

拜 田 稔*

Existence and Nonexistence of Solutions for Semilinear Elliptic Equations in Domains
with Many Holes

Minoru HAIDA

We establish existence and nonexistence of positive solutions for semilinear elliptic equation $\Delta u + f(u) = 0$ in domains with many holes. Hai [2] studied this problem in domains with one hole and extended corresponding results of Lee-Lin [3]. We use his method to get our results.

(Keywords : maximum principle, semilinear elliptic equation)

1 主張

境界値問題

$$\Delta u + f(u) = 0 \text{ in } \Omega, \quad (1.1)$$

$$u = \phi_i \text{ on } \Gamma_i \ (i = 1, 2, \dots, k+1) \quad (1.2)$$

を考える. ここで, Ω は \mathbf{R}^n ($n \geq 2$) 内の有界領域とし, Ω の内部には k 個の穴 (境界 Γ_i を持つ単連結領域 Ω_i ($i = 1, 2, \dots, k$)) が空いているとする. その境界 $\partial\Omega$ は C^1 級で, $\Gamma_1, \Gamma_2, \dots, \Gamma_{k+1}$ から成るとする. ただし, Γ_{k+1} は Ω の一番外側の境界とする. 一方, $f(x)$ は $\mathbf{R}^+ \cup \{0\}$ から $\mathbf{R}^+ \cup \{0\}$ への連続関数で,

$$\lim_{x \rightarrow +0} \frac{f(x)}{x} = 0, \quad \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{f(x)}{x} = \infty \quad (1.3)$$

をみたすとする. また, $\phi_i(x)$ ($i = 1, 2, \dots, k+1$) は Γ_i 上の連続関数とし, ϕ_i の Γ_i 上での最小値, 最大値をそれぞれ a_i, b_i とおき, $a_i \geq 0$ とする. このとき, 次の定理が成り立つ.

定理 1 $\max\{a_i; 1 \leq i \leq k+1\} = a_p, \max\{b_i; 1 \leq i \leq k+1\} = b_q, b_q > 0$ とすると,

(1) a_p が十分大きければ, (1.1)-(1.2) は解を持たない.

(2) b_q が十分小さければ, (1.1)-(1.2) は正値解を持つ.

(3) $\phi_q \equiv b_q$ のとき, ある正定数 b^* が存在して, (1.1)-(1.2) は $b_q < b^*$ ならば正値解をもち, $b_q > b^*$ ならば解をもたない.

注意 2 定理 1 は, Ω がアニュラス ($k = 1$) で境界値 $\phi_i(x)$ ($i = 1, 2$) が定数の場合に Hai [2] が Lee-Lin [3] の結果を拡張して得た定理を, $k > 1$ で境界値が連続関数の場合に拡張したものである. 証明方法は Hai [2] に倣った.

2 証明

定理 1(1) の証明 $a_1 \geq a_2 \geq \cdots \geq a_{k+1}$ の場合のみ示す. その他の場合も同様にして示せる. このとき, まず,

$$\Delta h_0 = 0 \text{ in } \Omega, \quad (2.1)$$

$$h_0 = 1 \text{ on } \Gamma_1, \quad h_0 = 0 \text{ on } \Gamma_i \quad (i = 2, 3, \dots, k+1) \quad (2.2)$$

をみたす関数 h_0 と,

$$\Delta h = 0 \text{ in } \Omega, \quad (2.3)$$

$$h = \phi_i \text{ on } \Gamma_i \quad (i = 1, 2, \dots, k+1) \quad (2.4)$$

をみたす関数 h をとる. そして, $h_1 := a_1 h_0$ とおくと, 最大値の原理 ([1] 参照) より,

$$h_0 \geq 0 \text{ in } \Omega, \quad (2.5)$$

$$\Delta(h - h_1) = 0, \quad h - h_1 \geq 0 \text{ in } \Omega. \quad (2.6)$$

さらに, $\lambda_1 > 0$ を Ω に関する $-\Delta$ の第 1 固有値とし, 対応する固有関数を ϕ とすると ([5] 参照),

$$-\Delta \phi = \lambda_1 \phi, \quad \phi > 0 \text{ in } \Omega, \quad \phi = 0 \text{ on } \partial\Omega. \quad (2.7)$$

このとき, 仮に (1.1)-(1.2) が解 u を持ったとし, $v := u - h$ とおくと,

$$\Delta v = -f(u) \text{ in } \Omega, \quad v = 0 \text{ on } \partial\Omega. \quad (2.8)$$

したがって, Green の第 2 等式 ([1] 参照) より,

$$\begin{aligned} \int_{\Omega} f(v+h)\phi dx &= \int_{\Omega} f(u)\phi dx = - \int_{\Omega} \Delta u \phi dx = - \int_{\Omega} \Delta v \phi dx = - \int_{\Omega} v \Delta \phi dx \\ &= \lambda_1 \int_{\Omega} v \phi dx. \end{aligned}$$

ところで, (1.3) より定数 $c > 0$ が存在して, 任意の $x \geq 0$ に対して $f(x) \geq \lambda_1 x - c$. よって,

$$\begin{aligned} \lambda_1 \int_{\Omega} v \phi dx = \int_{\Omega} f(v+h)\phi dx &\geq \int_{\Omega} \{\lambda_1(v+h) - c\}\phi dx \\ &= \lambda_1 \int_{\Omega} v \phi dx + \lambda_1 \int_{\Omega} h \phi dx - \int_{\Omega} c \phi dx. \end{aligned}$$

すなわち,

$$c \int_{\Omega} \phi dx \geq \lambda_1 \int_{\Omega} h \phi dx. \quad (2.9)$$

したがって, (2.6) より $a_1 \rightarrow \infty$ のとき

$$\infty > c \int_{\Omega} \phi dx \geq \lambda_1 \int_{\Omega} h \phi dx \geq \lambda_1 \int_{\Omega} h_1 \phi dx = a_1 \lambda_1 \int_{\Omega} h_0 \phi dx \rightarrow \infty$$

となり矛盾. ゆえに, a_1 が十分大きければ, (1.1)-(1.2) は解を持たない. \square

定理 1(2) の証明 $b_1 \geq b_2 \geq \dots \geq b_{k+1}$ の場合のみ示す. その他の場合も同様にして示せる. まず,

$$\Delta h = 0 \text{ in } \Omega, \quad (2.10)$$

$$h = \phi_i \text{ on } \Gamma_i \ (i = 1, 2, \dots, k+1) \quad (2.11)$$

をみたす関数 h をとる. u が (1.1)-(1.2) の解であるための条件は, $v := u - h$ が

$$\Delta v + f(v+h) = 0 \text{ in } \Omega, \quad (2.12)$$

$$v = 0 \text{ on } \Gamma_i \ (i = 1, 2, \dots, k+1) \quad (2.13)$$

をみたすことである. ここで, $\tilde{f}(x) := \sup\{f(s); 0 \leq s \leq x\}$ とし, $K(x, y)$ を Ω に対するゼロ境界条件下の $-\Delta$ の Green 関数 ([1] 参照) とする. このとき, (1.3) より,

$$\lim_{x \rightarrow +0} \frac{\tilde{f}(x)}{x} = 0. \quad (2.14)$$

(なぜならば, もし (2.14) が成り立たないとすると, ある定数 $\epsilon_0 > 0$ と 0 に収束する点列 $\{x_k\} \subset \mathbf{R}^+$ が存在して, すべての $k \in \mathbf{N}$ について

$$\frac{\tilde{f}(x_k)}{x_k} > \epsilon_0 > 0. \quad (2.15)$$

このとき, すべての $k \in \mathbf{N}$ について $f(y_k) = \tilde{f}(x_k)$ をみたす $y_k \in (0, x_k]$ が存在するから, (2.15) と (1.3) より, $k \rightarrow \infty$ のとき

$$0 < \epsilon_0 < \frac{f(y_k)}{x_k} \leq \frac{f(y_k)}{y_k} \rightarrow 0$$

となり, 矛盾する.) さらに,

$$\bar{p}(x) := \int_{\Omega} K(x, y) dy \quad (2.16)$$

とおくと, $|\bar{p}|_0 := \sup\{|\bar{p}(x)|; x \in \Omega\}$ は有界であるから, (2.14) より, 定数 $b_0 > 0$ を十分小さくとれば, $\tilde{f}(b_0 + b_0)|\bar{p}|_0 \leq b_0$. ここで, $b_1 \leq b_0$ と仮定し,

$$D := \{u \in C^0(\bar{\Omega}); 0 \leq u(x) \leq b_0 \text{ for } x \in \bar{\Omega}\} \quad (2.17)$$

とおく. さらに, 作用素 B を $w \in D$ に対して $B(w) = -f(w+h)$ で定義し, $A := \Delta^{-1} \circ B$ とおく (ただし, $\Delta^{-1}g = z$ とは, $\Delta z = g$ in Ω かつ $z = 0$ on $\partial\Omega$ と同値). このとき, $v = A(w)$ は $\Delta v = -f(w+h)$ in Ω かつ $v = 0$ on $\partial\Omega$ と同値である. さらに, 任意の $w \in D$ に対して $v := A(w)$ とおくと, 最大値の原理より,

$$0 \leq v = \int_{\Omega} K(x, y) f(w+h) dy \leq \tilde{f}(b_0 + b_1)|\bar{p}|_0 \leq \tilde{f}(b_0 + b_0)|\bar{p}|_0 \leq b_0 \quad (2.18)$$

であるから, A は D から D 自身への連続作用素であることが容易にわかる. したがって, Schauder の不動点定理 ([1], [4] 参照) より, $A(v) = v$ をみたす $v \in D$ が少なくとも 1 つ存在する. この v は (2.12), (2.13) をみたすので, $u := v + h$ が (1.1)-(1.2) の解である. 最大値の原理より, (1.1)-(1.2) の解は Ω 内で正であるから正值解である. \square

定理 1(3) の証明 $\phi_1 \equiv b_1 \geq b_2 \geq \cdots \geq b_{k+1}$ の場合のみ示す. その他の場合も同様に示せる. このとき,

$$b^* := \sup\{b_1 \in \mathbf{R}^+; (1.1) - (1.2) \text{ が解を持つ.}\} \quad (2.19)$$

とおく. $\phi_1 \equiv b_1$ であるから, $a_1 = b_1 (= a_p)$. したがって, (1) の結果より, $b_1 (= a_p)$ が十分大きければ (1.1)-(1.2) は解を持たない. 一方, (2) の結果より, b_1 が十分小さければ (1.1)-(1.2) は解を持つ. ゆえに, $0 < b^* < \infty$. ここで任意の $b \in (0, b^*)$ をとり, $b_1 = \bar{b} \in (b, b^*)$ のとき (1.1)-(1.2) は解 $u = u_{\bar{b}}$ を持つとする. このとき, $b_1 = b$ のときにも (1.1)-(1.2) が解を持つことを示せばよい. そこで, $u \in C^0(\bar{\Omega})$, $x \in \bar{\Omega}$ に対して

$$\tilde{F}(u(x)) := \begin{cases} f(u_{\bar{b}}(x)) & \text{if } u(x) > u_{\bar{b}}(x) \\ f(u(x)) & \text{if } 0 \leq u(x) \leq u_{\bar{b}}(x) \\ 0 & \text{if } u(x) < 0 \end{cases}$$

とおくと, \tilde{F} は有界なので, 境界値問題

$$\Delta u + \tilde{F}(u) = 0 \text{ in } \Omega, \quad (2.20)$$

$$u = b \text{ on } \Gamma_1, \quad u = \phi_i \text{ on } \Gamma_i \quad (i = 2, 3, \dots, k+1) \quad (2.21)$$

は解 $u = u_b$ を持ち ((2) の証明参照), 最大値の原理より Ω 内で $u_b \geq 0$. ここで,

$$\Omega_0 := \{x \in \Omega; u_b(x) > u_{\bar{b}}(x)\} \quad (2.22)$$

とおく. いま, $\Omega_0 \neq \emptyset$ と仮定する. このとき, $v := u_b - u_{\bar{b}}$ は,

$$\Delta v = 0 \text{ in } \Omega_0, \quad (2.23)$$

$$v = 0 \text{ on } \partial\Omega_0 \quad (2.24)$$

をみたら. よって, 最大値の原理より Ω_0 内で $v = 0$ となり矛盾. したがって,

$$0 \leq u_b \leq u_{\bar{b}} \text{ in } \Omega \quad (2.25)$$

であるから, Ω 内で $\tilde{F}(u_b(x)) = f(u_b(x))$ である. ゆえに, u_b は $b_1 = b$ のときの (1.1)-(1.2) の解である. \square

参考文献

- [1] D.Gilbarg and N.S.Trudinger, Elliptic Partial Differential Equations of Second Order, Second Edition (Revised Third Printing), Springer, Berlin-Heidelberg-New York-Barcelona-Budapest-Hong Kong -London-Milan-Paris-Santa Clara-Singapore-Tokyo, 1998.
- [2] D.D.Hai, Positive solutions for semilinear elliptic equations in annular domains, Nonlinear Anal. **37**(1999), 1051-1058.
- [3] M.G.Lee and S.S.Lin, On the positive solutions for semilinear elliptic equations on annular domain with non-homogeneous Dirichlet boundary conditions, J.Math.Anal.Appl. **181**(1994), 348-361.
- [4] 増田久弥, 非線型数学, 朝倉書店 (1985).
- [5] 溝畑茂, 偏微分方程式論, 岩波書店 (1965).

(平成 17 年 9 月 28 日 受理)

独立成分分析を用いた時空間信号分離アルゴリズムと その教育的応用に関する考察

小嶋徹也*, 青野正宏*

On a Space-Time Signal Separation Algorithm Using Independent Component Analysis
and Its Educational Applications

Tetsuya KOJIMA and Masahiro AONO

The aim of independent component analysis (ICA) is to extract the mutually independent components from the given vector-valued signal. When the observed signals are given as the mixture of some mutually independent source signals, this problem is called as 'blind source separation' (BSS). It is known that higher-order statistical approaches are efficient to solve this problem. On the other hand, in some fields such as signal processing or mobile communications, observed signals are often given as the convolution of the source signals. Many algorithms have been proposed to solve this 'blind deconvolution' problem. In this paper, we consider one of those algorithms that is based on the Fourier transform of the signals, and discuss on the efficiency of applying the higher-order statistics to the algorithm. Some discussions on the educational applications are also included.

(Keywords: independent component analysis (ICA), deconvolution, Fourier transform, higher-order statistics, education)

1 はじめに

独立成分分析 (ICA: Independent Component Analysis) は, ベクトル値をとる観測信号から互いに独立な成分を抽出する問題である. 特に, 互いに独立な情報源信号が各時刻において一定の比率で線形に混合されたものを観測信号と考える場合は, この問題はブラインド情報源分離問題 (BSS: Blind Source Separation) と呼ばれ, 画像処理や医療情報処理分野などへの応用も提案されつつある [1, 17]. 一方, 音声信号や無線通信における受信信号などの場合, 希望信号およびそれ以外の信号の遅延波が干渉を起こす場合が少なくない. このような場合は, 上記の BSS 問題のような問題設定では不十分であり, 複数の信号が畳み込まれた観測信号を考えなくてはならない. このよう

問題はブラインド情報源デコンボリューション問題 (BSD: Blind Source Deconvolution) と呼ばれる.

畳み込みを考慮しない BSS 問題に対しては, 最尤法に基づく解法 [6] や相互情報量の最小化 [4, 15], Jacobi 法によるキュムラント・テンソルの同時対角化 [2, 3] や 4 次のモーメントやキュムラントなどといった高次の統計量に基づくコントラスト関数を用いた手法が提案されている [2, 3, 8, 9, 10, 11, 16, 17].

一方, BSD 問題の解法としては, 信号の分離行列を FIR フィルタと考えて, このフィルタの係数を求める方法があり, カルバック・ダイバージェンスに基づく解法アルゴリズム [5] や信号の非定常性に基づくコスト関数を用いたアルゴリズム [7] などが提案されている. また, これとは別の解法

として、信号を時間周波数方向に展開し、各周波数軸に ICA の解法を導入する方法 [13] が提案されている。時間領域で畳み込まれた信号は周波数領域では、積の形で表現することができるため、各周波数軸での分離には、通常の BSS 問題に対する解法を導入することが可能である。

本論文では、BSD 問題の解法として上で述べた信号を時間周波数方向に展開する方法 [13] について紹介し、各周波数軸での信号分離に対しては、高次のキュムラントに基づくコントラスト関数を用いたアルゴリズム [8, 9, 10, 11] を導入することを考える。さらに、このような技術を教育の現場に取り入れることの意義や問題点について述べ、今後取り組むべき課題を浮き彫りにする。

2 準備

2.1 独立成分分析 (ICA)

$\mathbf{x}(t) \stackrel{\text{def}}{=} [x_0(t), x_1(t), \dots, x_{m-1}(t)]^T$ を、離散時刻 $t = 0, 1, \dots, N-1$ における m 次元ベクトル値信号の実現値とする。(T は行列またはベクトルの転置を表す。)

独立成分分析 (ICA) の目的は、このようなベクトル値信号のみを観測して、 n ($n \leq m$) 個の互いに独立な成分を抽出することである。一般に ICA の問題は、複数の信号が各時刻において一定の比率で線形に混合されていると考えるブラインド情報源分離問題 (BSS) と複数の信号が時間的に畳み込まれていると考えるブラインド情報源デコンボリューション問題 (BSD) に分けて考えることができる。

まず、BSS 問題について述べる。 n 個の情報源信号が

$$\mathbf{s}(t) \stackrel{\text{def}}{=} [s_0(t), s_1(t), \dots, s_{n-1}(t)]^T \quad (1)$$

で表されるとする。 $\mathbf{s}(t)$ の各成分 $s_i(t)$ は互いに独立であるとする。このとき、観測信号は

$$\mathbf{x}(t) = A\mathbf{s}(t) \quad (2)$$

として与えられているものとする。ここで、 A は $m \times n$ の時間によらない実数値行列である。BSS 問題の目的は、情報源信号 $\mathbf{s}(t)$ の確率分布と行列 A に関する知識を一切持たずに、観測信号 $\mathbf{x}(t)$ を

互いに独立な n 個の独立信号成分に分離することである。一般に $n \leq m$ であれば解は存在し、ある $n \times m$ の実数値行列 B により

$$\mathbf{z}(t) = B\mathbf{x}(t) \quad (3)$$

なる変換により、各成分が互いに独立な n 次元ベクトル値信号 $\mathbf{z}(t)$ を得ることができる。 $BA = I$ (I は n 次の単位行列) であれば、 $\mathbf{z}(t)$ と $\mathbf{s}(t)$ は一致する。しかし、 $\mathbf{z}(t)$ の成分の順番を入れ換えたり、大きさを変えたりしても信号成分どうしの独立性には何の影響も及ぼさないため、各成分の置換と振幅に関しては任意性を許すこととする [1]。本論文では、簡単のため、 $m = n$ が成り立つ場合についてのみ考える。

次に、BSD 問題について述べる。この場合、観測信号は複数の信号が畳み込まれる形で与えられるものとするため、 $\mathbf{x}(t)$ は

$$\mathbf{x}(t) = A(t) * \mathbf{s}(t) \quad (4)$$

$$\begin{aligned} x_i(t) &= \sum_{k=0}^{n-1} a_{ik}(t) * s_k(t) \\ &= \sum_{k=0}^{n-1} \sum_{\tau=0}^{\infty} a_{ik}(\tau) s_k(t - \tau) \end{aligned} \quad (5)$$

のように表されるものとする。このような信号は、情報源信号が空間的に混合されているだけでなく、時間的にも混合されているという意味で、時空間的に混合された信号と考えることができる。これは、複数の音源をもつ音声信号や、無線通信においてマルチパスフェーディングの影響を受けた受信信号などのモデルとみなすことができる。この問題を解くことは、信号 $\mathbf{z}(t)$ の各成分が独立となるようなフィルタを同定することであり、このフィルタのインパルス応答を $B(t)$ で表したとき、 $\mathbf{z}(t)$ が

$$\mathbf{z}(t) = B(t) * \mathbf{x}(t) \quad (6)$$

として得られると考える。

2.2 モーメントとキュムラント

m 次元ベクトル値信号 $\mathbf{r}(t)$ の平均値の周りにおける d 次モーメント (d -th order moment) を

$$\mu_{i_1 i_2 \dots i_d}^R \stackrel{\text{def}}{=} E \left[\prod_{k=1}^d (R_{i_k} - E[R_{i_k}]) \right] \quad (7)$$

で定義する. ここで, 添え字 i_1, i_2, \dots, i_d は, それぞれ $\{0, 1, \dots, m-1\}$ のうちいずれかの値をとるものとする. 次に, 信号 $\mathbf{r}(t)$ の d 次キウムラント (d -th order cumulant) を

$$\kappa_{i_1 i_2 \dots i_d}^R \stackrel{\text{def}}{=} \partial_{i_1} \partial_{i_2} \dots \partial_{i_d} \Psi_R(\boldsymbol{\xi})|_{\xi_0=\dots=\xi_{m-1}=0} \quad (8)$$

で定義する. ここで, 微分演算子 ∂_{i_k} は, 任意の添え字 $i_k \in \{0, 1, \dots, m-1\}$ に対し,

$$\partial_{i_k} \stackrel{\text{def}}{=} \frac{\partial}{\partial \xi_{i_k}}, \quad (9)$$

で定義されるものであり, $\Psi_R(\boldsymbol{\xi})$ はキウムラント母関数 (cumulant generating function)

$$\Psi_R(\boldsymbol{\xi}) = \Psi_R(\xi_0, \xi_1, \dots, \xi_{m-1}) \stackrel{\text{def}}{=} \log E \left[\exp \left\{ \sum_{k=0}^{m-1} \xi_k R_k \right\} \right] \quad (10)$$

であるとする [14]. 以下では, $\kappa_{i_1 i_2 \dots i_d}^R$ におけるすべての添え字 i_1, i_2, \dots, i_d が同じとき, これを周辺キウムラント (marginal cumulant) と呼び, i_1, i_2, \dots, i_d の中にただ 1 つでも異なるものがある場合, $\kappa_{i_1 i_2 \dots i_d}^R$ をクロスキウムラント (cross cumulant) と呼ぶ. クロスキウムラントは信号 $\mathbf{r}(t)$ の各成分が互いに独立な場合には, すべて 0 となる. また, モーメントやキウムラントはその定義より, 添え字どうしのいかなる置換に関しても不変である. 以下では表現の煩雑さを防ぐため, モーメントやキウムラントの添え字は左から昇順に並べて, 例えば κ_{ijkl} ($i \leq j \leq k \leq l$) などと表記することにする.

信号 $\mathbf{r}(t)$ の平均値の周りにおける 2 次モーメント (およびキウムラント) は $\mathbf{r}(t)$ の各成分の分散, あるいは共分散に相当する. すなわち, $\mathbf{r}(t)$ の分散共分散行列を $V_R \stackrel{\text{def}}{=} [v_{ij}^R]$ で表すと, $v_{ij}^R = \mu_{ij}^R$ と書くことができる. 一般に, 各成分が独立であればクロスキウムラントは 0 となるが, 2 次の場合においては, 信号 $\mathbf{r}(t)$ の各成分が無相関でありさえすれば, $v_{ij}^R = 0$ ($i \neq j$) が成り立つ. このように, 共分散が 0 であるような信号のことを, 以下では 2 次無相関な信号と呼ぶ.

3 BSS 解法アルゴリズム

本節では, 4 次クロスキウムラントに基づく BSS 解法アルゴリズム [10, 11, 8, 9] について紹介する. この BSS 解法アルゴリズムは, 以下に記すような二段階からなるものである. 簡単のため, $m = n = 2$ の場合について述べる.

アルゴリズム: ($m = 2$ の場合)

第 1 段階 観測信号 $\mathbf{x}(t)$ の 2 次無相関化.

- (a) 観測信号 $\mathbf{x}(t)$ の標本分散共分散行列 V_X を求める.
- (b) 固有値分解ないしは Cholesky 分解などの方法により, $V_X = LL^T$ を満たす行列 L を 1 つ求め, $\mathbf{x}(t)$ を

$$\mathbf{y}(t) := L^{-1}\mathbf{x}(t) \quad (11)$$

と変換する. このとき, 信号 $\mathbf{y}(t)$ の 4 次標本モーメント, 4 次の周辺およびクロスキウムラントを計算しておく.

第 2 段階 2 次無相関な信号 $\mathbf{y}(t)$ の回転.

- (a) 最適な回転角:

$$\theta^* = \frac{1}{4} \left(\frac{3\pi}{2} - \phi \right) \quad (12)$$

を求める. ここで, ϕ は,

$$\sin \phi = \frac{B_Y}{\sqrt{(A_Y)^2 + (B_Y)^2}}, \quad (13)$$

$$\cos \phi = \frac{A_Y}{\sqrt{(A_Y)^2 + (B_Y)^2}} \quad (14)$$

を満たす角度であり, A_Y, B_Y は

$$A_Y \stackrel{\text{def}}{=} 4 \left(\kappa_{0000}^Y \kappa_{0001}^Y + \kappa_{0001}^Y \kappa_{0011}^Y - \kappa_{0011}^Y \kappa_{0111}^Y - \kappa_{0111}^Y \kappa_{1111}^Y \right), \quad (15)$$

$$B_Y \stackrel{\text{def}}{=} 2 \left(\kappa_{0001}^Y + \kappa_{0111}^Y \right)^2 - \left(\kappa_{0000}^Y - \kappa_{0011}^Y \right)^2 - \left(\kappa_{0011}^Y - \kappa_{1111}^Y \right)^2 + 8 \left(\kappa_{0011}^Y \right)^2 \quad (16)$$

であるとする.

- (b) 2 次無相関な信号 $\mathbf{y}(t)$ を行列:

$$U(\theta^*) \stackrel{\text{def}}{=} \begin{bmatrix} \cos \theta^* & -\sin \theta^* \\ \sin \theta^* & \cos \theta^* \end{bmatrix} \quad (17)$$

に従い角度 θ^* だけ回転 (直交変換) して, 出力信号 $\mathbf{z}^{\theta^*}(t)$ を得る.

このアルゴリズムは、信号の独立性のためのコントラスト関数として、

$$F_Z(\theta) \stackrel{\text{def}}{=} \left(\kappa_{0001}^{Z^\theta} \right)^2 + 2 \left(\kappa_{0011}^{Z^\theta} \right)^2 + \left(\kappa_{0111}^{Z^\theta} \right)^2 \quad (18)$$

なるものを用いている。この関数 $F_Z(\theta)$ は、常に正の値を取り、信号 $z^\theta(t)$ の各成分が独立であるとき、最小値 0 をとる。さらに、この関数を最小とするような回転角は解析的に厳密に求めることが可能である [8, 9]。式 (18) から明らかなように、このコントラスト関数は出力信号 $z^\theta(t)$ に関する 4 次のクロスキュムラントをすべて用いたものになっており、最適な回転角が厳密に求まるコントラスト関数の中でも比較的一般的なものであると言える。

文献 [10, 11] では、このようなコントラスト関数を用いたアルゴリズムが、画像信号や変調波を線形に混合した観測信号のブラインド分離に有効であることが、計算機シミュレーションによって示されている。また、 $n \geq 3$ の場合の拡張については、文献 [4, 10, 11] などを参照されたい。

4 BSD 解法アルゴリズム

本節では、BSD 問題の解法アルゴリズムとして、信号を時間周波数方向に展開し、各周波数軸に ICA の解法を導入する方法 [13] について紹介する。

情報源信号 $s(t)$ 、観測信号 $\mathbf{x}(t)$ 、畳み込み混合を表すインパルス応答行列 $A(t)$ の周波数スペクトルをそれぞれ $S(\omega)$ 、 $X(\omega)$ 、 $\hat{A}(\omega)$ で表すとする。このとき、BSD 問題における観測信号 $\mathbf{x}(t)$ は時間領域においては、 $\mathbf{x}(t) = A(t) * s(t)$ と畳み込みの形で表されるため、これをフーリエ変換して周波数領域で表現すると、

$$X(\omega) = \hat{A}(\omega)S(\omega) \quad (19)$$

と、スペクトルどうしの積の形で表すことができる。すなわち、 $X(\omega)$ は $S(\omega)$ の線形な混合として考えることができるため、この形で表現されていれば、通常の BSS に対するアルゴリズムを用いて信号の分離を行なうことが可能である。したがって、周波数領域において BSS の解法を用いた

後、逆フーリエ変換を行なって、時間領域の信号に戻せば良いことになる。

BSD の解法アルゴリズムは基本的にこのようなアイデアに基づいている。しかし、本論文で紹介するアルゴリズムは、信号 $s(t)$ 、 $\mathbf{x}(t)$ をスライディング・ウィンドウを用いたフーリエ変換により $S(\omega, t_s)$ 、 $X(\omega, t_s)$ と時間周波数方向に展開し、スペクトログラムと呼ばれる形で表すことを考えている。ここで、 t_s は窓のシフト間隔に基づく離散時刻である。音声信号などの場合、数 10 [msec] のような短い時間ではほぼ定常と見なせるが、それ以上長い時間では非定常で、周波数成分も変化すると考え、式 (19) に対して、

$$X(\omega, t_s) = \hat{A}(\omega)S(\omega, t_s) \quad (20)$$

なる関係が成立すると仮定する。ここで、周波数 ω を固定すれば、上式 (20) は、離散時刻 t_s に基づく BSS 問題と考えることができ、BSS に対する解法アルゴリズムをほぼそのまま導入することが可能となる。

以下では、この解法の詳細をアルゴリズムの手順に沿って述べていくこととする。

4.1 フーリエ変換

先に述べたとおり、本アルゴリズムでは、スライディング・ウィンドウを用いたフーリエ変換を行なう。このとき、観測信号 $\mathbf{x}(t)$ のフーリエ変換はスペクトログラム：

$$X(\omega, t_s) \stackrel{\text{def}}{=} \sum_t e^{-\sqrt{-1}\omega t} \mathbf{x}(t) w(t - t_s) \quad (21)$$

で表される。ここで、離散フーリエ変換 (DFT) のタップ数を N とすると、周波数 ω は $\omega = 0, \frac{1}{N}2\pi, \dots, \frac{N-1}{N}2\pi$ であり、ウィンドウのシフト間隔を ΔT とすると、ウィンドウの位置を表す離散時刻 t_s は $t_s = 0, \Delta T, 2\Delta T, \dots$ と書ける。 $w(t)$ は適当な窓関数である。

上述の通り、このようにして得られたスペクトログラム $X(\omega, t_s)$ に関しては式 (20) の関係が成り立っているものと仮定する。

4.2 信号分離

スペクトログラム $X(\omega, t_s)$ において, 周波数 ω を固定して考え,

$$X_\omega(t_s) \stackrel{\text{def}}{=} X(\omega, t_s) \quad (22)$$

と書き表すと, $X_\omega(t_s)$ は単なる時間信号と考えることができ, 同様に, $A(\omega)$, $S(\omega, t_s)$ も A_ω , $S_\omega(t_s)$ と書き直せば, 式 (20) は,

$$X_\omega(t_s) = A_\omega S_\omega(t_s) \quad (23)$$

と書き表すことができる. この式は通常の BSS 問題と同一視できるので, 各周波数 ω について, BSS に関する解法アルゴリズムを用いて $X_\omega(t_s)$ を互いに独立なスペクトログラムに分離することができると考えられる. したがって, 前節で述べた高次キュムラントを用いた解法アルゴリズムもほぼそのまま導入することが可能である.

しかし, 一般にフーリエ変換して得られたスペクトログラム $X_\omega(t_s)$ は複素数値をとる信号であるため, BSS のアルゴリズムを複素数値信号に対応したものに拡張する必要がある. 前節で述べた高次キュムラントを用いた解法アルゴリズムにおいては, 特に第 2 段階における回転, すなわち直交変換の操作をユニタリ変換に拡張すべきである点に注意しなければならない.

信号分離の部分にこのアルゴリズムを用いると, 第 1 段階において, スペクトログラム $X_\omega(t_s)$ が行列 L_ω^{-1} により 2 次無相関なスペクトログラム $Y_\omega(t_s)$ に変換され, さらに, 第 2 段階において, ユニタリ変換 U_ω により, 互いに独立なスペクトログラム $H_\omega(t_s)$ に変換されると考えられる. したがって, $B_\omega = U_\omega L_\omega^{-1}$ とすると, 各周波数 ω について, 互いに独立な時間信号

$$H_\omega(t_s) = B_\omega X_\omega(t_s) \quad (24)$$

が得られることになる.

4.3 信号成分の置換と振幅の補正

第 2 節で述べたとおり, ICA の問題においては, 信号成分の置換と振幅に関しては任意性がある. 本アルゴリズムにおいては, 周波数 ω を固定して, BSS の解法アルゴリズムを適用したため,

各周波数ごとに, 信号の置換が独立に生じ, さらに信号の振幅も不規則になっている可能性が高い. したがって, 逆フーリエ変換を行なってスペクトログラムを時間領域の信号に戻す前に, 各周波数における信号の置換と振幅を揃えておく必要がある. 以下では, この問題に対する対策について述べる.

上で得られたスペクトログラム $H_\omega(t_s)$ は n 次元ベクトルの時系列であるので, これを $H_\omega(t_s) \stackrel{\text{def}}{=} [H_{0,\omega}(t_s), \dots, H_{n-1,\omega}(t_s)]^T$ と表すこととする. ここで, 各成分 $H_{i,\omega}(t_s)$ は互いに独立であると考えられるので, 独立な成分どうしを別々のスペクトログラムの形に分離しておく. すなわち, 各成分ごとに

$$V_\omega(t_s; i) \stackrel{\text{def}}{=} B_\omega^{-1} [0, \dots, H_{i,\omega}(t_s), \dots, 0]^T \quad (25)$$

なる形に変換する. こうして得られた $V_\omega(t_s; i) \stackrel{\text{def}}{=} [V_{1,\omega}(t_s; i), \dots, V_{n-1,\omega}(t_s; i)]^T$ は, 各周波数ごと, かつ各独立成分ごとに異なる n 次元ベクトルの時系列となっている点に注意されたい. また, $V_\omega(t_s; i)$ を得るにあたり, 式 (24) の信号分離の時点で B_ω による変換がなされ, 式 (25) の操作により B_ω^{-1} による変換がなされているため, これにより振幅の任意性は取り除かれたことになる.

残る任意性は置換であるが, これを補正する手続きを以下に述べる. この手続きは, 上で成分ごとに取り出したスペクトログラム $V_\omega(t_s; i)$ について, これらが仮に同じ信号成分から得られたものであるならば, 任意の周波数成分に対してその形状が類似している, という考えに基づいている. まず, スペクトログラムのエンベロップを表す演算子 \mathcal{E} を導入し, $V_\omega(t_s; i)$ から

$$\mathcal{E}V_\omega(t_s; i) \stackrel{\text{def}}{=} \frac{1}{2M} \sum_{\tau=t_s-M}^{t_s+M} \sum_{j=0}^{n-1} |V_{j,\omega}(\tau; i)| \quad (26)$$

を求めておく. ここで, M は適当な正の定数である. さらに, これらの内積とノルムを

$$\langle \mathcal{E}V_\omega(i), \mathcal{E}V_{\omega'}(j) \rangle \stackrel{\text{def}}{=} \sum_{t_s} \mathcal{E}V_\omega(t_s; i) \cdot \mathcal{E}V_{\omega'}(t_s; j), \quad (27)$$

$$\|\mathcal{E}V_\omega(i)\| \stackrel{\text{def}}{=} \sqrt{\langle \mathcal{E}V_\omega(i), \mathcal{E}V_\omega(i) \rangle} \quad (28)$$

のように定義する.

これらを用いて置換の任意性を取り除くプロセスは以下の通りである。

(a) 類似度：

$$\text{sim}(\omega) \stackrel{\text{def}}{=} \sum_{i \neq j} \frac{\langle \mathcal{E}V_{\omega}(i), \mathcal{E}V_{\omega}(j) \rangle}{\|\mathcal{E}V_{\omega}(i)\| \|\mathcal{E}V_{\omega}(j)\|} \quad (29)$$

を計算し、周波数 ω を、これが小さい順 (相関の弱い順)：

$$\text{sim}(\omega_1) \leq \text{sim}(\omega_2) \leq \dots \leq \text{sim}(\omega_N) \quad (30)$$

となるようにソートする。

(b) ω_1 に対し、 $i = 0, \dots, n-1$ について

$$Z_{\omega_1}(t_s; i) := V_{\omega_1}(t_s; i) \quad (31)$$

とする。

(c) ω_k ($k \geq 2$) に対して、すべての信号成分 $i = 0, \dots, n-1$ について、以下の (d) ~ (g) を繰り返す。

(d) $Z_{\omega_{k-1}}(t_s; i)$ のエンベロープ $\mathcal{E}Z_{\omega_{k-1}}(t_s; i)$ を式 (26) と同様に計算する。

(e) エンベロープの和：

$$\mathcal{E}\Omega^{(k)}(t_s; i) \stackrel{\text{def}}{=} \sum_{j=1}^{k-1} \mathcal{E}Z_{\omega_j}(t_s; i) \quad (32)$$

を計算する。

(f) $i = 0, \dots, n-1$ に関する置換 σ のうち、 ω_k におけるエンベロープと、それ以前のエンベロープの和の間の相関が最大であるような置換 $\sigma(i)$ 、すなわち、

$$\sum_{i=0}^{n-1} \langle \mathcal{E}V_{\omega_k}(\sigma(i)), \mathcal{E}\Omega^{(k)}(i) \rangle \quad (33)$$

を最大にする $\sigma(i)$ を定める。

(g) 上の置換に基づき、スペクトログラムを

$$Z_{\omega_k}(t_s; i) := V_{\omega_k}(t_s; \sigma(i)) \quad (34)$$

とする。

以上により、置換の任意性も補正され、分離されたスペクトログラム

$$Z(\omega, t_s; i) \stackrel{\text{def}}{=} Z_{\omega}(t_s; i) \quad (35)$$

が得られる。

4.4 逆フーリエ変換

最後に上で得られたスペクトログラムを逆フーリエ変換することにより、互いに独立な復元信号 $z(t)$ を得る。スライディング・ウィンドウを用いたフーリエ変換を行っていたので、それに対する逆フーリエ変換により、復元信号は $i = 0, \dots, n-1$ に対し、

$$z(t; i) \stackrel{\text{def}}{=} \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1}{W(t)} \times \sum_{t_s} \sum_{\omega} e^{\sqrt{-1}\omega(t-t_s)} Z(\omega, t_s; i) \quad (36)$$

として得られる。ここで、

$$W(t) \stackrel{\text{def}}{=} \sum_{t_s} w(t-t_s) \quad (37)$$

である。式 (36) で得られた信号は各独立成分 i 毎に別の n 次ベクトルとして得られていることに注意されたい。例えば、 $n = 2$ の場合であれば、2 つの独立成分に対し、それぞれ 2 次元ベクトル形式の時系列が得られることになるわけであるから、合計 4 個の信号が得られることになる。このうちの 2 個が分離結果として取り出すべき信号となっている。ちなみに、 $z(t; i)$ については、

$$\sum_{i=0}^{n-1} z(t; i) = \mathbf{x}(t) \quad (38)$$

が成り立つことが容易に確かめられる。

5 教育的応用

本節では、本論文で取り上げたような問題やアルゴリズムを教育の現場に応用することについて考察を行なう。

5.1 中学生・高校生・高専低学年向けの応用

高専生はともかく、中学生などにおいては、理科離れが深刻な問題とされる。確かに、理科や科学で扱う内容をしっかりと理解しようと思えば、その背後にある理論を知らざるを得ず、理論に深く入り込むと、本来感じ取られるべき「面白さ」が損なわれてしまう恐れもある。そこで、背後にある理論はさておき、音に関する現象を体験して感じてもらうことを目的とした実験を考える。

例えば、2人の人が同時に話すと言音が聞き取りにくいことは、常識としてわかるとしても、マイクを置く位置やマイクと話者の距離によって、録音される音の状態が変わることはイメージしにくい。そこで、2本のマイクを少し離れた位置に置き、2人の人に同時に別々のことを話してもらい、それぞれのマイクで拾う音を録音する。録音された2つの音声は同じ2人の声が混じったものであるが、その混じり具合が異なることがわかるであろう。このとき、混じった音声から2人の話者が何を話しているのかを当てるクイズを行なってみることで、この問題への興味を抱かせることを試みる。言葉だと容易に予想できるため、面白味がないかもしれないが、2人の人が別の曲をハミングで歌ってみた場合、突然難しくなることが予想される。人間が耳で聞いて予想できないようなものが、実際にBSDの解法アルゴリズムを導入することにより分離される様子を見せることができれば、科学や音声処理への関心を高めることができると期待される。

いずれにせよ、この年代の学生、生徒達に対しては、背後にある理論は度外視して、まずは現象そのものへの興味を惹きつけ、理科や数学を学ぶ動機付けを与えるような実験を提供できるかどうかが課題である。

5.2 高専高学年、大学学部生向けの応用

高専高学年や大学の学部生は、信号処理や通信工学に関する講義を履修する機会があるほか、携帯電話やデジタル音楽プレイヤーなど、これらの技術を応用した実際の機器に触れる機会も多い。一方、信号処理の分野では、単に知識を身につけ

るだけでなく、DSPやFPGAなどのプロセッサで開発を行なうなど、実際の機器を扱うことのできる人材を育成することの必要性が高まっている。このため、実際の開発現場に近い環境の中で信号処理や情報通信の技術を学ぶことが極めて重要視されつつある。

本論文で取り上げたようなBSD解法アルゴリズムを、背景にある理論を含めて理解できる学生は、ほんの一部であろうと予想される。したがって、正規のカリキュラムの中で、学生全体に対してこれらの理論的基礎を教え、アルゴリズムを理解させることは必ずしも適当ではない。しかし、例えば、アルゴリズムは天下りの与えたとして、これらをDSPに実装して音声や変調波の分離を行なえるシステムを構築することは不可能ではない。すなわち、ICAの問題を学ぶ対象ではなく、システム開発のコンテンツとして提供し、DSPの取り扱い方や開発手法や処理能力を向上させるためのテクニックを学ぶために活用することは十分可能である。現在、情報工学科では、卒業研究の中でエコーキャンセラや能動消音などのアルゴリズムをDSPに実装する試みがなされているが[12]、プログラム(コンテンツ)は最初から与えておき、DSPの操作や開発手順を学ぶための学生実験などを構築することも有意義であると考えられる。これにより、学生達は最新の技術を用いて「ものづくり」を体験することができ、学ぶ意欲のみならず、企業研究や技術動向に関する関心を駆り立てることも期待できると考えられる。

6 まとめ

本論文では、BSD問題の解法として、信号のフーリエ変換に基づき、信号を時間周波数方向にスペクトログラムとして展開する解法について紹介した。また、BSDなどの問題やその解法等の技術を教育の現場に応用する方法について考察した。今後は、教育目的の実験カリキュラムの構築や、実験機材の開発などを行ない、実際の教育の現場に導入してその効果を検証することが必要である。

参考文献

- [1] S. Amari, "Blind Source Separation — Mathematical Foundations," in *Brain-Like Computing and Intelligent Information Systems*, ed. S. Amari and N. Kasabov, pp.153–166, Springer-Verlag, Singapore, 1998.
- [2] J.F. Cardoso, "High-Order Contrasts for Independent Component Analysis," *Neural Computation*, vol.11, no.1, pp.157–192, Jan. 1999.
- [3] J.F. Cardoso and B. Laheld, "Equivariant Adaptive Source Separation," *IEEE Trans. Signal Processing*, vol.44, no.12, pp.3017–3030, Dec. 1996.
- [4] P. Comon, "Independent Component Analysis, A New Concept?," *Signal Processing*, vol.36, pp. 287–314, 1994.
- [5] S.C. Douglas and A. Cichocki, "Neural Networks for Blind Decorrelation of Signals," *IEEE Trans. Signal Processing*, vol.45, no.11, pp.2829–2842, Nov. 1997.
- [6] F. Harroy and J. L. Lacoume, "Maximum Likelihood Estimators and Cramer - Rao Bounds in Source Separation," *Signal Processing*, vol. 55, pp. 167–177, 1996.
- [7] M.Kawamoto, K.Matsuoka and N.Ohnishi, "A Method of Blind Separation for Convolved Nonstationary Signals," *Neurocomputing*, vol.22, no.1–3, pp.157–171, 1998.
- [8] T. Kojima, "On the Contrast Functions for Independent Component Analysis Based on the Higher-Order Statistics," 第 24 回情報理論とその応用シンポジウム (SITA2001) 予稿集, vol.2, pp.525–528, Dec. 2001.
- [9] 小嶋徹也, 青野正宏, "高次統計量を用いた独立成分分析の厳密解に関する一考察," 東京工業高等専門学校 研究報告書, vol.34, no.1, pp.65–72, Oct. 2002.
- [10] T. Kojima, K. Nagano and T.S. Han, "An Algebraic Approach to Blind Source Separation," 第 21 回情報理論とその応用シンポジウム (SITA'98) 予稿集, vol.2, pp.791–794, Dec. 1998.
- [11] T. Kojima, K. Nagano and T. S. Han, "An Algebraic Off - Line Algorithm for Blind Source Separation," 信学技報, NLP98-104, Feb. 1999.
- [12] 小嶋徹也, 吉本定伸, 小坂敏文, "東京工業高等専門学校情報工学科における信号処理教育とその展望," 第 7 回 DSPS 教育者会議予稿集, pp.37–40, Sep. 2005.
- [13] N. Murata, S. Ikeda, and A. Ziehe, "An approach to Blind Source Separation Based on Temporal Structure of Speech Signals," *Technical Report BSIS Technical Reports*, no.98-2, RIKEN Brain Science Institute, 1998.
- [14] A. Stuart and K. Ord, *Kendall's Advanced Theory of Statistics (6th ed.)*, vol.1, Edward Arnold, London, 1994.
- [15] H.H. Yang and S. Amari, "Adaptive Online Learning Algorithms for Blind Separation : Maximum Entropy and Minimum Mutual Information," *Neural Computation*, vol.9, no.7, pp.1457–1482, Oct. 1997.
- [16] V. Zarzoso and A. K. Nandi, "Blind Separation of Independent Sources for Virtually Any Source Probability Density Function," *IEEE Trans. Signal Processing*, vol. 47, no. 9, pp. 2419–2432, Sep.1999.
- [17] V. Zarzoso and A. K. Nandi, "Blind Source Separation," in *Blind Estimation Using Higher-Order Statistics*, ed. by A. K. Nandi, pp. 167 – 252, Kluwer Academic Publishers, Boston, 1999.

(平成 17 年 9 月 28 日 受理)

組込み型 CPU 向け共有メモリ管理方式の提案

横山繁盛*, 鈴木 孝*, 市村 洋*

A Memory Management Architecture for Multiple Embedded CPUs

Shigemori YOKOYAMA, Takashi SUZUKI, Hiroshi ICHIMURA

The progress of information technology has been advancing very rapidly and many types of computers have been used in almost all areas in the world. Presently, the CPUs of most computers have been based on microprocessors. The main area for using microprocessors, except in normal computer systems, is embedded usage where microprocessors are embedded into various systems. These systems often use multiple embedded microprocessors. However, using them in a tightly coupled fashion is very difficult due to the limited resources and the cost. Therefore this paper proposes a memory management architecture for multiple embedded microprocessors (MMM). Introducing MMM into each CPU makes it possible to access each common area freely and the development of application programs running on the multiple embedded microprocessors can also be simplified.

(Keywords : embedded CPU, embedded microprocessor, shared memory, common memory, computer architecture)

1. はじめに

情報技術の発展は目覚しく、コンピュータが社会のさまざまな分野で利用されるようになってきている。この中でマイクロプロセッサの高性能化と低価格化が急速に進み、コンピュータの CPU は、ほとんどあらゆる応用分野でマイクロプロセッサが使用されるに至っている。マイクロプロセッサの利用は、サーバコンピュータやパーソナルコンピュータと呼ばれるいわゆるコンピュータと呼ばれる機器で使われる分野と、携帯電話、家電製品、自動車等の機器の内部に組み込まれて使われる分野がある。後者の CPU は、組込み型 CPU と呼ばれ、産業界で広範囲に利用されており、家電製品や情報機器にも広く利用されている。

この組込み型 CPU の利用は、1つの製品に複数個使用される場合があり、この CPU 間の連携方式には、各種の方式がある。いわゆるコンピュータの分野では、複数 CPU 間の連携に各種の方式が研究され実用化されており、メモリ共有型マルチプロセッサ、並列コンピュータ、分散共有メモリ型並列コンピュータ等がある。これらの方式は、複数の CPU を有機的に効率的に利用するための技術と考えることができる。しかしながらこ

れらの方式の実現には、相当量のハードウェア規模、したがってコストがかかり、安価な組込み型 CPU での採用には無理がある。

本論文では、各組込み型 CPU のメモリ領域の一部を共有メモリとして制御することを特徴とする、複数組込み型 CPU 向け共有メモリ管理方式、MMM(A Memory Management Architecture for Multiple Embedded CPUs)を提案する。

MMM において、1つの組込み型 CPU は、必要とするデータの存在する他の組込み型 CPU 上のメモリ空間を自メモリ空間の一部として制御することにより、アプリケーションは、通信を意識することなく他の CPU のメモリ上の領域のデータを自分のメモリとしてアクセスすることができる。他の CPU から同様に。これによりアプリケーションの構築の容易化、データの同期化を図ることができ、必要時、必要な量の通信により、通信による遅延の最小化を図ることができる。

まず第2章でMMMのアーキテクチャについて述べ、特に2.7では一般の分散共有メモリとの差異について述べる。続いて第3章でMMMの複数組込み型 CPU への適用について説明し、最後の第4章でまとめを行う。

2. MMM のアーキテクチャ

2.1 概要

MMM は、複数の CPU でメモリ空間の一部を共有する方式であり、一種の分散共有メモリと考えることができる。

一般の分散共有メモリは、ネットワーク上に分散したコンピュータのメモリを共有する方式であり、単一の CPU では得られない大容量高速のデータ処理性能を得るために、多数の CPU を連携して動作させることを主目的とし、メモリを単一メモリ空間とすることにより、プログラミングの容易化を図った方式と考えることができる [1-2]。

これに対して、MMM は、CPU 間の直接通信を基本として、組込み型 CPU 間で一部のメモリ領域の共有をおこなう方式である。組込み型 CPU のアプリケーションが通信を意識することなく、共有メモリにアクセスすることにより、他方の組込み型 CPU のメモリや入出力装置等のリソースを容易に利用可能となる、複数の組込み型 CPU システム向きのメモリ方式である。さらに標準的なアーキテクチャを持つマイクロプロセッサに対し、比較的簡単なハードウェアの追加により、性能にほとんど影響を与えることなく実現可能である。なお、本方式は、組込み型 CPU 以外の CPU にも適用可能なので以降の説明には、組込み型を省いて CPU として記述する。

MMM は、一方の CPU のメモリ空間の一部と他方の CPU のメモリ空間の一部とを共有メモリとしてメモリを共有する方式であり、図 1 にその概念図を示す。これにより一方の CPU から、他方の CPU のメモリ空間の一部が自メモリ空間としてアクセス可能となり、また他方からも、一方の CPU のメモリ空間の一部が自メモリ空間とし

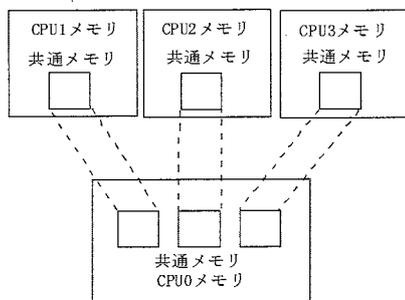


図 1 MMM のメモリ管理方式

てアクセス可能となる。

ソフトウェアによる分散共有メモリの実現方式として、共有メモリの制御のため、仮想メモリ方式の機構を利用している例がある [3]。MMM では、共有メモリの制御には専用の付加ハードウェアとソフトウェアにより実現し、仮想メモリ機構は他方の共有メモリ領域を二次記憶とすることでメモリ空間の拡大に使用することができる。

2.2 メモリの一貫性制御

分散共有メモリ方式は、メモリ内容の一貫性制御が最大の課題である。共有メモリ方式のマルチプロセッサでは、ほぼシーケンシャル計算機としてのメモリ内容の一貫性制御が可能であるが、分散共有メモリ方式では、同様の一貫性制御を行うと、オーバーヘッドのため性能に大きな影響が出る。このため分散共有メモリ方式では、プログラミングに制約を与え、メモリの一貫性を緩和することで性能の向上を図っており、各種の一貫性制御方式が提案されている [4-9]。MMM では、次節以降で述べる基本メモリ管理方式、拡張メモリ管理方式 1 及び拡張メモリ管理方式 2 の 3 種のメモリ管理方式がある。最初の二つがシーケンシャル型、三番目が一種の遅延リリース型 [8] の一貫性制御方式に分類することができる。なお遅延リリース型一貫性制御方式は、緩和型メモリ一貫性制御方式の一つであり、一つのプロセッサの共有メモリの排他使用開始時に、まず共有メモリの内容の他との一致をとり、その後メモリをローカルに変更、排他使用の終了時に変更を他に通知しないという方式であり、必要になった時点でメモリ内容の一致を取ることで、一貫性制御のための通信の軽減を図った方式である。

2.3 基本メモリ管理方式

2.3.1 メモリラインとメモリ制御ステータスフィールド

それぞれの CPU のメモリの共通領域を、ラインと呼ぶ固定長の領域に分割し、各ラインに対応したメモリ制御ステータスフィールドをエン트리を持つメモリ制御ステータスメモリを設ける。それぞれのメモリの同一番号のラインを 1 対 1 に対応させ、そのステータスをメモリ制御ステータスフィールドにより管理する。図 2 にその対応を示

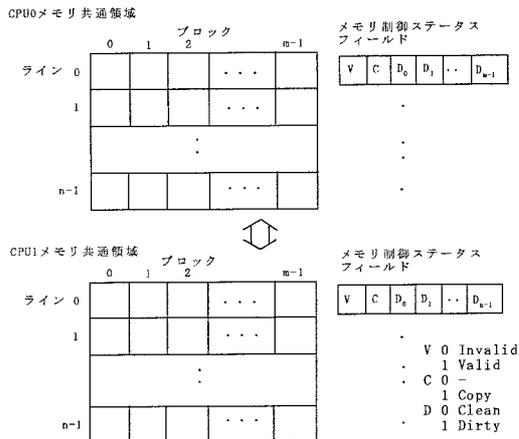


図 2 メモリのマッピングとメモリ制御ステータスフィールド

す。ラインをさらにブロックに分割し、メモリの変更をブロックの単位で管理可能にする。ラインの大きさは、16-4096 バイト程度、ブロックの大きさはラインを 2 のべき乗を単位に分割し、8-1024 バイト程度を想定する。ブロックは、一貫性制御のための書き戻し時のデータ量を減らすことが目的であり、メモリステータスの管理の基本は、ライン単位である。ラインのサイズは、通信路の幅、代表的アプリケーションに対応して最適に選択可能である。なおラインサイズ、ブロックサイズは、各 CPU とでそれぞれ同一でなければならない。その切り替えをおこなう場合には、共通メモリを使用するアプリケーションの実行開始前に管理プログラムにより行われねばならない。

表 1 メモリラインのステータス

VCD	ラインステータス
100	最新, 内容は変更していない(相手側と一致)
101	最新, 内容を変更した(相手側と不一致)
11-	最新でない可能性がある(相手側が最新)
0--	無効, 初期状態

アプリケーション自身はそれらを意識する必要はない。

2.3.2 メモリ制御ステータスフィールドとラインのステータス

メモリ制御ステータスフィールドは、V ビット、C ビット、および複数の D ビットにより構成される(図 2 参照)。メモリラインのステータスは、V、C、D の組み合わせによって示され、それを表 1 に示す。V は有効ビットでラインの有効無効を示し、C はコピービットで有効ビット(V)が 1 の場合に有効であり、0 は最新のデータとアクセス権が自身にあることを示し、1 は最新のデータとアクセス権が相手側にあり、自身は“最新でない可能性がある”ことを示す。メモリアクセスが許されるのは、“最新(VC=10)”の場合のみであり、他のステータスでは、メモリ例外の割込が発生する。D は、変更ビットでラインのステータスが“最新”の場合にのみ有効であり、ラインの中のブロック数分のビットがあり、ブロック単位にデータの変更がおこなわれたかどうかを示す。メモリ制御ステータスフィールドは、それぞれの CPU のメモ

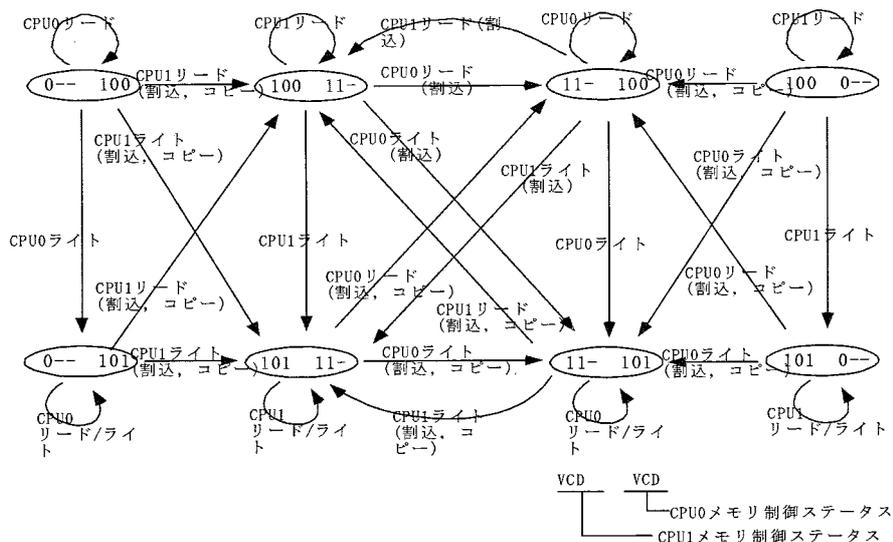


図 3 メモリ制御ステータス遷移図

りで同一の意味を持ち、全く対称である。

メモリ制御ステータスの遷移図を図 3 に示す。図の中で左側の 2 つと右側の 2 つのステータスが初期状態、中心部の 4 つのステータスが定常状態である。

2.3.3 メモリアクセスとラインの転送制御

一方の側の CPU のメモリアクセス時のメモリラインの転送制御を次に示す。一方の CPU でメモリアクセスが発生するとまずラインのステータスが調べられる。ラインのステータスが“最新”の場合には、メモリの内容は有効であり正常にリードまたはライトがおこなわれ、さらにライトの場合には、対応するブロックの変更ビットが 1 にセットされる。ラインのステータスが“無効”，または“最新でない可能性がある”の場合には、メモリ例外の割り込みが発生する。以上は、すべてハードウェア制御によって行われる。メモリ例外割込処理の中では、他方の CPU と通信を行って他方のにリモート割込を発生させる。他方の CPU 側では、一方の側のラインのステータスが“無効”の場合には、まだライン単位の転送が行われていないため他方の側のラインを転送し、“最新でない可能性がある”の場合には、すでにライン転送が行われているため、他方の側のステータスの変更ビットを調べ、1 がセットされているブロックのみを転送する。同時に他方の側のステータスを“最新でない可能性がある”にセットし、リモート割込を終了させる。一方の CPU 側では、ステータスを“最新”にセットし、メモリ例外割込処理を終了させ、割り込まれた命令を再実行させる。以上は、一方の CPU でのメモリアクセス動作であるが、他方の CPU 上でのメモリアクセス時のメモリライン転送制御も同様である。

2.3.4 ラインの競合制御

一方の CPU と他方の CPU が同一ラインを同時に使用した場合、タイミングによってはラインの取り合いとなり、デッドロックが発生する可能性がある。これはラインの使用権がない側でメモリアクセスによる割込が発生し、ラインのアクセス権を得て割込処理から戻った直後に、他方の側で同一ラインに対するメモリアクセスが発生し、ラインの使用権がなくなっているため割込が発生す

るといふ、両方の側で割込が繰り返し発生し命令が進まなくなるタイミングが発生する場合である。この防止のため、メモリ例外割込が発生してから、割込終了直後の最初の命令の実行完了までの間、リモート割込を禁止する。これにより一方の CPU と他方の CPU が同一ラインを使用した場合でも、1 命令ずつ交互に実行可能となる。

2.4 拡張メモリ管理方式

2.3 で述べた基本メモリ管理方式では、ラインは、一方の CPU と他方の CPU とで排他的に使用されアクセス権は、一方のみに与えられる。リードオンリーの利用であってもラインのアクセス権を得てから使用しなければならない。これに対して、リードオンリーの場合には、一方の CPU と他方の CPU とで並列にメモリを使用することを許せば、並列度を上げることができる。さらに書込が発生したときのメモリ制御方式において、一貫性制御を緩和することにより、さらに並列度が増す。ただしアプリケーションによっては、制約が出るため、注意が必要である。MMM では、次の 3 種類のメモリ管理方式が選択可能である。なお説明で、アクセス権は、読み出しと書き込みが可能、リード権は、読み出しのみが可能の意味とする。

(1) 基本メモリ管理方式 2.3 で述べた方式であり、共通ラインの一方にアクセス権が排他的に与えられる。

(2) 拡張メモリ管理方式 1 一方のラインにアクセス権を与えられているとき、他方はリード権を与えられる。アクセス権を与えられている側で書込が発生すると、自身と他方のラインの変更ビットをセットする。リード権を与えられている側で読み出しが発生し、かつ変更ビットがセットされている場合には、割込を発生させ、変更のあったブロックを転送しラインを最新化してから読み出しをおこなない、書込が発生した場合には、割込を発生させ、ラインの最新化とアクセス権を得てから書込をおこなう。

(3) 拡張メモリ管理方式 2 一方のラインにアクセス権を与えられているとき、他方はリード権を与えられる。アクセス権を与えられている側で書込が発生しても自身のラインの変更ビットをセットするだけで、他方のラインには通知しない。リ

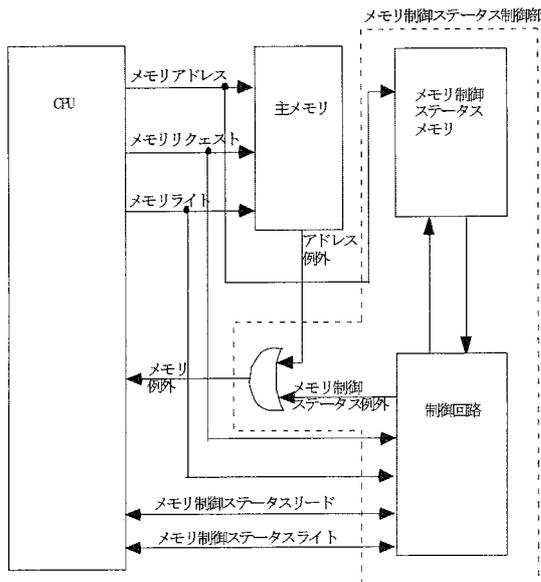


図4 MMM のハードウェア構成

ード権が与えられている側で読み出しが発生しても、最新化せずに読み、書込が発生した場合には、割込を発生させ、ラインの最新化とアクセス権を得てから書込を行う。メモリ内容の最新化は、同期命令の発行により行う。

以上のメモリ管理方式には、それぞれ長所と短所があり、組込み型 CPU の利用形態による使い分けについては、3.3 で述べる。

2.5 メモリ空間の拡大

一方の CPU の共有メモリ領域を仮想メモリ方式で管理することにより、一方の CPU のメモリ空間の拡大が可能となる。一方の CPU の共有メモリ領域は、仮想メモリであり、実際のメモリ内容は、他方の側のメモリの共有領域に置かれる。すなわち他方の側の共有メモリ領域は、従来の仮想メモリの二次記憶に対応する。MMM のメモリ制御ステータスメモリは、共通メモリ領域に対応した実メモリに対して設けられる。仮想メモリのページサイズと MMM のラインサイズが異なる場合には、一方が他方の整数倍の関係となるようにサイズを選択する。MMM では、標準的な仮想アドレス方式のアーキテクチャを変更することなく利用可能である。

2.6 ハードウェア構成

図4にMMMのハードウェア構成のブロック図を示す。基本的には、従来の標準的なアーキテ

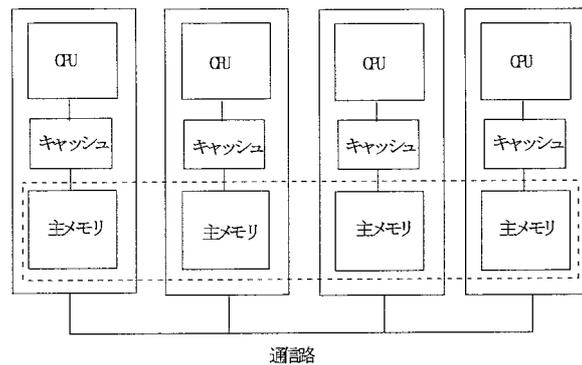


図5 一般の分散キャッシュ型共有メモリ

チャを持つ CPU のハードウェアを変更することなく、メモリ制御ステータスメモリ用の RAM とその制御回路を付加することで実現可能である。図4において点線で囲まれたメモリ制御ステータス制御部が、MMM を構成するための付加回路である。ブロックの選択及びサイズの切り替えは、図示していないが、まずメモリアドレスの中のラインアドレス部分でメモリ制御ステータスフィールドを選択し、その中の D ビットのフィールドをラインアドレス内のブロックアドレスで選択する。

前記のようにメモリ制御ステータスメモリのアクセスのためには、メモリアドレスが CPU の外部に出ていることが必要である。このため各 CPU とも内部にキャッシュメモリを持つことはできるが、その場合にはストア（ライト）スルー方式の制御方式とすることが必要である。

2.7 一般の分散共有メモリ及び分散キャッシュ型共有メモリとの相違点

主要な相違点を次に示す。

(1) 一般の分散キャッシュ型共有メモリでは、図5に示すように主メモリは、全体として一つのアドレス空間を構成、各主メモリはアドレス空間の一部を構成し、各プロセッサは自身のキャッシュ内に必要とする主メモリの写しを格納することによりメモリを共有する。これに対して MMM では、図6に示すように主メモリの一部に共有メモリ領域を設けて、主メモリ間で同一内容となるように管理しこれをプロセッサ間で共有する方式であり、分散キャッシュ型共有メモリのキャッシュに対応するものは存在しない。

(2) 通信路に合わせたラインサイズを選択が可能

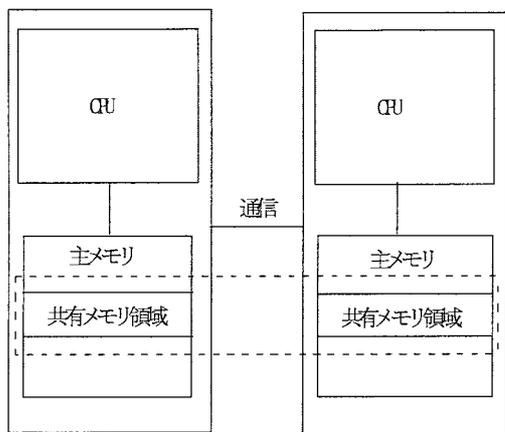


図6 MMMの共有メモリ方式

であり、さらにラインを分割したブロック単位の書き戻し制御により通信量の最小化が可能。

(3) MMMでは、図6に示すように、分散キャッシュ型共有メモリに必要なキャッシュにあたるものがなく、一方のCPUと他方のCPUとの対向するプロセッサ間でのメモリ共有に限定することで、管理するステータスの数を減らし、一貫性制御方式を比較的単純化。

(4) 他方のメモリを仮想記憶の二次記憶とすることでメモリ空間の拡大が可能。

3. MMMの複数組込み型CPUシステムへの適用

3.1 MMMの適用

MMM方式を適用した組込み型CPUの機器での使用例を図7に示す。各機能モジュール毎に組み込み型CPUが使用され、この中でCPU0が親となり、他はすべて子になる。メモリ空間の共有は、親と子の間でおこなう。3種のメモリ管理方式のどれを使用するのが適切かは、CPU間で共有メモリ領域をどのように使用するかによる。各管理方式での適切な利用例を次に示す。

(1) 基本メモリ管理方式 リードしたときに最新化したデータが最も高速に得られる方式である。リードとライトの頻度が親と子のCPUで同じような頻度で発生する場合にはこの方式が適している。

(2) 拡張メモリ管理方式1 親からのデータが子を使用するような、一方のライトが少なく、他方のリードが多い使用方法では、この方式が適して

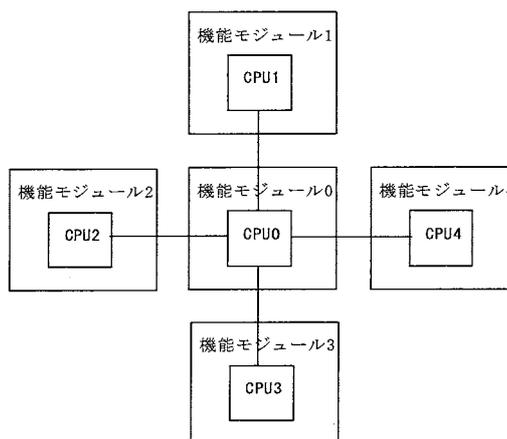


図7 MMMを適用した複数組込み型CPU使用機器

いる。

(3) 拡張メモリ管理方式2 子のCPUが外部からデータの収集をおこない、それを親のCPUが定期的に収集するような、一方のライトが多く、他方のリードが少ない使用方法では、この方式が適している。通常、子のCPUが共有メモリに書き込みをおこなっているときには、親に通知せず、親が共有メモリを読む時点で同期化して最新化する。

3.2 CPU間通信方式

CPU間の通信をどのような方式でおこなうかは、性能やコストに大きく影響する。高速で比較的制御も簡単な方式はプログラム転送方式である。

3.3 ラインサイズを選択

MMM方式は、一種の分散共有メモリであるが、一方では、キャッシュメモリの側面も持つ[10]。すなわちラインは、使う必要が発生した時点で、自CPUに書き写される。書き移されたラインがプログラムの後続のメモリアクセスで利用されれば、通信の効率はよくなる。一般的には、メモリのアクセスには局所性があり、アクセスのあった近傍のデータが次に使われる確率が高い。したがってラインサイズはある程度の大きい方がよいが、あまり大きくすると使われない部分が増加しかえって効率が下がり、適切なラインサイズがあると考えられる。

ラインのサイズを拡大することは、あらかじめ次に使う可能性のあるデータをプリフェッチする

ことになる。MMM 方式の場合のラインサイズの拡大は、ラインの伝送が終了するまでプログラムの実行が中断するため、速度を上げる効果よりもプログラムの中断時間が増加する。

3.4 ブロックサイズの選択

ブロックは、データの書き戻し時のデータ伝送量を減らす目的でラインをさらに分割したものである。メモリの書込が発生した場合には、対応するブロックの変更ビットをセットし、ラインの書き戻しが発生した時には、変更ビットがセットされているブロックを書き戻す。変更されていないデータ転送の割合を減らすためには、ブロックのサイズは小さいほうが良いが、逆に書き戻し時のオーバーヘッドが増大することと、変更ビットのビット数が増大し、ハードウェアコストが増加するため、これも適性値があると考えられる。

4. おわりに

MMM は、分散共有メモリの側面を持つが、共有メモリ方式、通信路に合わせたラインサイズの選択が可能、データ伝送量を減らすためのブロック単位の書き戻し制御、通信路の切断への対応や非接続での利用等に関し、従来のものとは異なっている。本方式により、組込み型 CPU 間で共通データの同期が可能となり、アプリケーションの構築では、複雑な通信手順が不要となり、実行時間の短縮、通信の効率化を図ることができる。

今後、実機上で MMM 方式の実装を行い、実機上でアプリケーションを実行し各種パラメータと性能についての評価の予定である。

今後の次の課題は、同一メモリ領域をすべての CPU で共有させる方式への拡張である。今回の提案の MMM 方式は、複数組込み型 CPU 間で同一時間では 1 対 1 に対応させる方式であり、同一データを他の CPU が使用する場合にはシリアル化する必要がある。同時に複数端末で使用可能とするためには MMM 方式の拡張が必要であり、次の課題である。

参考文献

- 1) Kuskin, J. et al: The Stanford FLASH Multiprocessor, Proc. 21st ISCA, pp.302-313 (1994).
- 2) Lovett, T. and Clapp, R.: STiNG: A CC-NUMA Computer System for the Commercial Marketplace, Proc. 23rd ISCA, pp.308-317 (1996).
- 3) Li, K.: IVY: A Shared Virtual Memory System for Parallel Computing, Proc. 1988 ICPP, pp.94-101 (1988).
- 4) タネンバウム, A. S., 水野他訳:分散オペレーティングシステム, プレンティスホール出版, (1996).
- 5) 平木敬, 丹羽純平, 松本尚:分散共有メモリに基づく計算機クラスタ, 情報処理, Vol.39, No.11, pp1078-1083 (1998).
- 6) Adve, S. V. and Gharachorloo, K.: Shared Memory Consistency Models: A Tutorial, IEEE Computer, Vol.29, No.12, pp.66-70 (1996).
- 7) Iftode, L., Dubnicki, C., Felten, E. W. and Li, K.: Improving Release-Consistent Shared Virtual Memory using Automatic Update, Proc. of the 2nd Inter. Symp. on HPCA, pp.14-25 (1996).
- 8) Keleher, P., Cox, A. L. and Zwaenepoel, W.: Lazy Release Consistency for Software Distributed Shared Memory, Proc. of the 19th ISCA, pp.13-21 (1992).
- 9) Keleher, P., Cox, A. L., Dwarkadas, S. and Zwaenepoel, W.: TreadMarks: Distributed Shared Memory on Standard Workstations and Operating Systems, Proc. of the 1994 Winter USENIX, pp.115-131(1994).
- 10) Smith, A. J.: Cache Memories, Computing Surveys, Vol. 14, No. 3, pp.473-530 (1982).
- 11) 清水正貴, 横山繁盛, 渡辺尚, 水野忠則:モバイル環境に適したメモリ管理方式の評価, マルチメディア, 分散, 強調とモバイル(DICOMO'99)シンポジウム, vol.99, No.7, pp.459-464 (1999).
- 12) 横山繁盛, 奥田隆弘, 水野忠則, 渡辺尚:モバイルコンピューティング環境に適した共通メモリ管理方式について, 情報処理学会研究報告, Vol.2000, No.14, pp33-40 (2000).
- 13) 横山繁盛, 渡辺尚, 水野忠則, :モバイルコンピューティング環境に適した共通メモリ管理方式, 情報処理学会論文誌, Vol.41, No.9, pp2423-2433 (2000).

(平成 17 年 9 月 28 日 受理)

マルチメディア記録の改ざん防止方式

青野正宏*, 上野健太*, 小嶋徹也*

Protection Method against Manipulation of Multimedia Record

Masahiro AONO, Kenta UENO, Tetsuya KOJIMA

It is generally believed that photographs or video records are true, but they can be altered by edit or composition in fact. If they are digital recordings, it is more easily to alter them. When the video recording is more popular, those who abuse the reliance about video record will may appear. We proposed methods that secure the reliability of multimedia records by digital signature, random number broadcasting and camera operation.

(Keywords : Multimedia, Security, Video Record, Manipulation)

1. はじめに

一般に紙に記載された文書は、当事者が署名捺印することにより、本人が作成または承認した文書であることの証明とされている。筆跡は他人には真似ができない。印鑑の場合も、現実には実効性よりも慣習的な要素が強いが、建前上は偽造が難しいことが前提となっている。電子化された文書であれば電子署名することにより、著者の証明となる[1]。いずれも署名や捺印がなければ証拠能力として弱いと見られるのが通常である。

しかし、写真、音声、映像などのメディア記録となると、当事者の発言や画像・映像を一方向的に記録されたデータでも真実を示すものとして一般に認識されている。写真という言葉の意味(真実を写すもの)どおり、写真自身が真実の証明とされている。音声や映像も同様である。音声の場合、他人の声色を真似するという手段はあるが、声紋で区別できるので証拠能力としては高いとされる。映像の場合は、さらに証拠能力は高いと見做されている。

この理由は、文字情報による文書はだれでも簡単に作成できるが、写真・音声・映像などをゼロから作成するのは、簡単でないとの共通認識があるためである。しかし、現実には多少手間をかければ、偽造されたメディアを作成できないことはない。従来からも合成写真による偽造は可能であった。それでも、情報の記録がアナログの場合、専門家が鑑定すれば真贋がある程度判別できた。

2. デジタルデータの記録と改ざん

デジタルデータで写真・音声・映像を記録する場合は、合成や偽造の容易さが増す。デジタルデータであるから、原理的にビット単位で変更が可能であり、変更しても改変したかどうかはわからない。せいぜい、変更の結果、データが不自然であれば、漠然とその点を指摘する程度である。しかも、マルチメディアデータを改変するソフトウェアなどのツールが普及しており、改変は容易になってきている。

データを偽造しなくても、編集するだけで、実質的に内容を変更することは可能である。例えば次の Alice と Bob の会話の例を考える。

A-1 「金を貸してください。」

B-1 「確実に返してくれるのでしょうかね。」

A-2 「金は返せないかもしれませんが。」

B-2 「それなら金を貸すのは無理ですね。」

A-3 「いや、いまのは冗談で、必ず約束の期日までにお返しします。」

B-3 「わかりました。お金はご用立てしましょう。」というやりとりがあったとして、映像と音声で記録に残されていたとする。これを Alice が編集し、A-1, A-2, B-3 のみを残し、後はカットした映像を作成すると、Bob は、Alice に金を貸しても返してもらえないまま、貸与を承諾したことになる。

これは意図的な改ざんの例であるが、座談会の映像記録を編集した場合、例え編集者に悪意がなくても、出席者から自分の意見とはニュアンスが

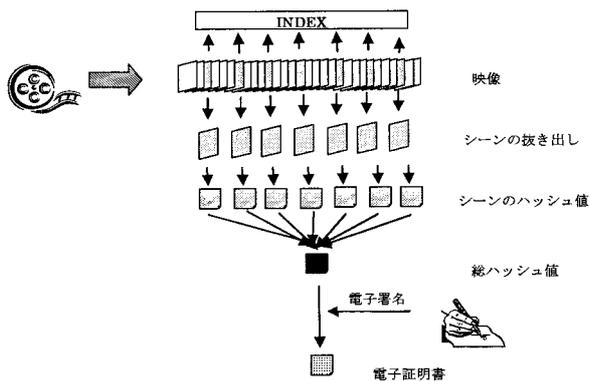


図1 映像保証の概念図

Fig.1 Concept of Picture Assurance

異なると編集者が抗議を受けることも考えられる。

3. 改ざん防止

3.1 電子署名

撮影した映像記録や編集記録の真実性を保証するためには、撮影した映像記録や編集記録を関係者に媒体として関係者に渡し、関係者がその媒体の記録に、文書やメールの電子署名と同様に、署名をするという方法が考えられる。図1に方法の概念を示す。

まず、記録データ全てを計算すると計算負荷が大きいので、データ量を削減することを考える。記録媒体から一定間隔で一定量のデータを抜き出す。抜き出すデータの量は映像であれば静止画面1枚が適当である。(1枚未満の場合は記録されない画面の部分が改造されていないという保証がなくなる。)これをシーンと呼ぶことにする。音声のみの場合は一定の記録時間比率が必要である。記録時間比率が小さいと無音の記録時間比率の確率が高まる恐れがある。また映像に比べて時間あたりの情報量は小さいので、計算負荷の節約はそれほど気にする必要はない。以下映像を中心に論ずる。抜き出すシーンの間隔は、間隔中に別の映像を差し込むと不自然な映像となる程度の小さな間隔とする。また、この一定間隔は物理的な時間単位ではなく、媒体のデータ量に基づく一定間隔とする。(MPEGのように圧縮された映像記録では、記録時間に対するデータ量の比は必ずしも一定とはならない。)抜き出した箇所はオリジナル画像の先頭からの位置として別途記録する。

抜き出したシーンのデータについて確立されたデータ縮約の関数(例えば、MD5, SHA)に用いて

ハッシュ値を計算する。映像全体における各シーンのハッシュ値全体をひとつのデータとし、そのハッシュ値(これを総ハッシュ値と呼ぶことにする。)を計算する。映像記録の日時、作成者、シーンの抜き出しの方法、ハッシュのアルゴリズムの種別及び総ハッシュ値などの情報を関係者が署名して、映像が改ざんされていないことを証明する映像記録証明電子文書とする。映像記録の真実性を検証する場合は、映像記録から映像記録証明電子文書に記載された方法に従ってシーンを抜き出し、同様の手順で総ハッシュ値を計算する。署名された電子文書から総ハッシュ値を取り出し、一致すれば映像は当事者が認識した正しい映像記録と判断する。

しかし、署名する映像データが実際に記録した映像であろうか。フィルムや磁気テープに映像を記録するのであれば物理的に記録媒体がはっきりしており、署名時に別の媒体の記録とすりかえが不可能でないにしてもかなり難しい。しかし、固定ディスクやDVDにファイルという概念で記録する場合、システムの内部で記録する過程が外部からははっきりとわからない。そのため、AliceはBobに今記録したばかりの映像ファイルだと思わせて別の映像ファイルに署名させているかもしれない。正しい映像に署名するためには、AliceとBobはそれぞれが信頼する機器を用いて映像データから映像を再現し、正しい映像データであることを確認してから署名しなければならない。これは非常に面倒なことである。Aliceは署名する機能を有することを前提としても良いが、Bobは自前で署名する手段を有していないかもしれない。また、Bobがその手段を有していたとしても、確認のためにはインタビュー時間と同じ時間をかけなくてはならない。後日に、Aliceが映像を編集し、編集された映像をBob側の機材で見て問題なければ承認の署名を行うという方式であれば、その後のトラブルの発生はないであろう。しかし、インタビュー時からの情勢の変化などでBobの気にいらなければ、正当な映像編集であってもBobは署名を拒否するかもしれない。契約文書などに相当する重要な映像記録であればこのような手間をかけた手続きも必要となるかもしれないが、一般には、非実用的である。

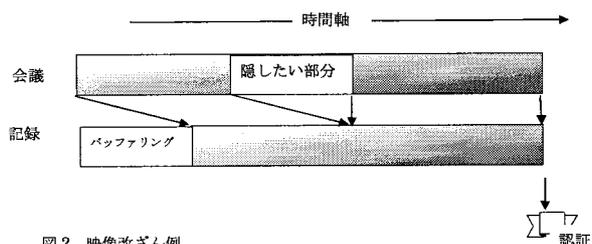


図2 映像改ざん例

Fig.2 Example of Tampering with Picture

3. 2 認証機関の利用

厳密性を欠くが、認証機関を利用して、実用的でもう少し手軽な方法を検討する。映像を記録した直後に上述の方法で記録した総ハッシュ値に映像の識別情報、日時情報、Alice と Bob を示す情報などをひとまとめの情報とし、Alice と Bob がこの情報に署名する。署名された情報を、Alice と Bob の両者が信頼する認証機関に送付する。認証機関はタイムスタンプを追加して総ハッシュ値とともに署名を行い、できた証明書を Alice と Bob に返送する。これにより映像記録は、信頼できる機関による保証が得られたことになる。インタビュー直後に証明の依頼情報を Alice と Bob が送るとすれば、映像データを編集改ざんする時間的余裕もなく、正しい映像データと考えてもよさそうである。

しかし、懸念すべき事項は残っている。Alice はシステムの取り扱いは良くわかっている。Bob は、電子署名自体は、IC カードの利用により、コンピュータシステムに詳しくなくてもできる。しかし、映像記録の方法は Alice の機材であるためよくわからないかもしれない。Alice は今記録したばかりのインタビュー記録と思わせて、過去の記録やそれを編集改ざんしたものにすりかえるかもしれない。

Alice と Bob が初対面であれば問題ない。すりかえる元データはないからである。また、初対面でなくとも、Bob がインタビュー日時を発言するなど記録から日時が特定できるものであれば、過去の記録の編集は難しい。(信頼できる特定できる記録がないものは無効であるとのルールにすれば良い。) Bob は特に認証や署名の知識がなくとも、映像記録を見直さなくとも、インタビュー日時を映像記録中ではっきりさせ、インタビュー終了時

刻を Alice との間で共通認識を持てれば良い。

しかし、一見うまくいくようだが、問題がある。次に例を述べる。Alice による Bob のインタビューが始まったときから映像・音声の記録を開始するが、Alice はあらかじめ次の仕掛けをかけることもできる。本来の記録用領域と一時記憶用領域を設ける。映像・音声の記録はまず、一時記憶用領域に溜め込んでおき、少し時間をずらして本来の記録用領域に書き込んで行く。インタビュー中、Alice にとって都合の悪い部分は、記録をスキップする。スキップする時間は最初に意図的に記録開始した時間だけ可能である。これをリアルタイムで行う。Alice だけでは難しいかもしれないが、Alice に協力する第三者がいれば、実行は容易である。インタビュー終了直後に認証を受ければ、Alice にとって都合の悪い部分のみを隠した映像を正式の記録として残すことが可能である。

途中のスキップを防止し、その時間に記録されたものであることを証明することが必要である。記録を開始した時刻した直後の最初のシーンについて認証機関に認証を求め、タイムスタンプ付きの認証が得られれば、最初のシーンのタイムスタンプ時刻と最後に映像記録全体の認証につけられたタイムスタンプとの時間差から途中のシーンがスキップされていないことが証明される。また、都合の悪い部分をまったく別の映像で置き換える方法も不可能ではないが、映像の前後の関係から、不自然に見せないようにするのはかなり困難であり、またインタビュー中に定期的にシーンの認証を求める方法で信頼性を強化することもできる。

4. 記録時刻の証明

4. 1 記録時刻証明の必要性について

前章では、記録する手段を有しインタビューをする者と、通常は記録する手段を持たず、インタビューを受ける者という観点から検討した。本章では、被記録者という概念を持たさず、ある時刻に映像や音声記録されたものであり、その時刻より前でも後でもないことを証明したい場合を検討する。

近年、防犯の観点から、いろいろな場所に監視カメラが設置されるようになってきている。監視カメラの設置により犯人検挙や防犯に効果を挙げるプラスの要素とプライバシーの侵害につながる

マイナスの要素があるが、本稿ではその功罪については触れない。しかし、利用されているという現実は否定できない。プライバシーの面で悪用されるという側面を除くと、犯罪捜査の面では監視カメラの記録者は善意で、記録されたデータは正しいという前提で使用されている。犯罪が起こったとき、ある人物らしい者が記録されていたとすれば、犯人特定の有力な手掛かりとなるし、逆にその時刻に別の場所の監視カメラに写っていたとすれば、アリバイの証明となる。監視カメラの普及密度が小さければ、監視カメラ管理者の信頼度も高いであろうが、監視カメラの数が(その良し悪しは別として)多くなると、監視の記録の質も低下する。例えば、アリバイ作りに別の時刻に撮影された記録を当該時刻に撮影された記録だとして使われるかもしれない。

文書作成の場合は、従来から検討されている。例えばある技術がある時点で保有していたとする。この技術の特許で公開せず、秘密裡に保持しているが、ある時点で既に保有していたという証明はしておきたいとする。発明特許に関して先願主義の国では難しいかもしれないが、先発明主義の場合ではその時点で発明していたという証拠を残しておくことは重要である。別の例では医師が患者の診断のカルテを後日の患者の後日の病状から都合の良いように書き換えをしていたのではないかと思われなため、確かに当日に記録したものであるという証拠を残しておきたい場合もある。この原本性保証は、文書の場合であれば、原本性を保証する記録装置に登録したり、文書のハッシュ値を、信頼できる認証機関に登録し、タイムスタンプとともに認証を受けたりするという方法をとれば、タイムスタンプより前の時刻に作成された文書との証明となる。

映像の場合も同様に前述したとおり、映像記録からハッシュ値を計算し、この値の認証を受ければ、事後に撮影したり改ざんしたりした記録でないとの証明になる。

しかし、アリバイ作りのため、事前準備として人物の撮影を済ませておき、ターゲットとする時刻に認証を受けるということも考えられる。事後に記録されたものでないという証明に加えて事前に作成されたものでないとの証明も必要である。

ある時刻より、文書が後に作成されたものであ

ることを証明することは難しい。ある時刻にならないと知りえない事実が文書中に含まれていれば、当該時刻より後で作成されたものと推定してもよさそうであるが、事前に作成したものとある時刻以降に知りえる事実を合成した文書ではないという証明はできない。映像も同様である。映像中にある時刻より後でないとは知りえない事実、例えばある時刻に発生した公知のニュースなどに関する事項が述べられていれば、その時刻より後だと判断できる。しかし、その前に撮影された映像と合成されたものではないということを証明するには、それだけでは不十分である。

4. 2 記録時刻の証明法の提案

ある時刻より後で撮影された記録であることを証明する方法を検討する。

ある時刻より後で記録されたことを証明する方法としては、その時刻にならないと判明しない事実を記録に加えることである。この事実を擬似的に作り出す。公正な信頼できる機関を想定する。この機関は、一定時間ごとに乱数を発生する。乱数は、過去の乱数を観測しても次に発生する乱数は予測できないものとする。この乱数発生メカニズムは非公開でその秘密は洩れないことを前提とする。複数の機関で乱数を発生させ、それぞれの値から乱数を合成するにすれば、乱数の秘密性は高くなる。少なくともひとつの機関の乱数発生メカニズムが秘密であれば、最終的に出力される乱数の値を予測することはできない。この乱数を放送局経由でデータ放送を行う。データは例えば映像を圧縮して放送するとき生じる必要帯域の疎密の差による余剰帯域を利用すれば、データ放送のみに割り当てる帯域も特に必要ないので、放送する側としても負担は大きくない[2]。受信した乱数の値がその時刻にならないと判明しない事実となる。

しかし、撮影による映像記録と同時に、受信した乱数情報を記録情報のなかになんらかの形で織り込む方法では、時刻の証明にはならない。あらかじめ、撮影した記録データに乱数情報を織り込むことは容易にできるからである。事前に準備ができない方法でなければならない。その方法として、乱数データを基に撮影方法を変更する手法を提案する。

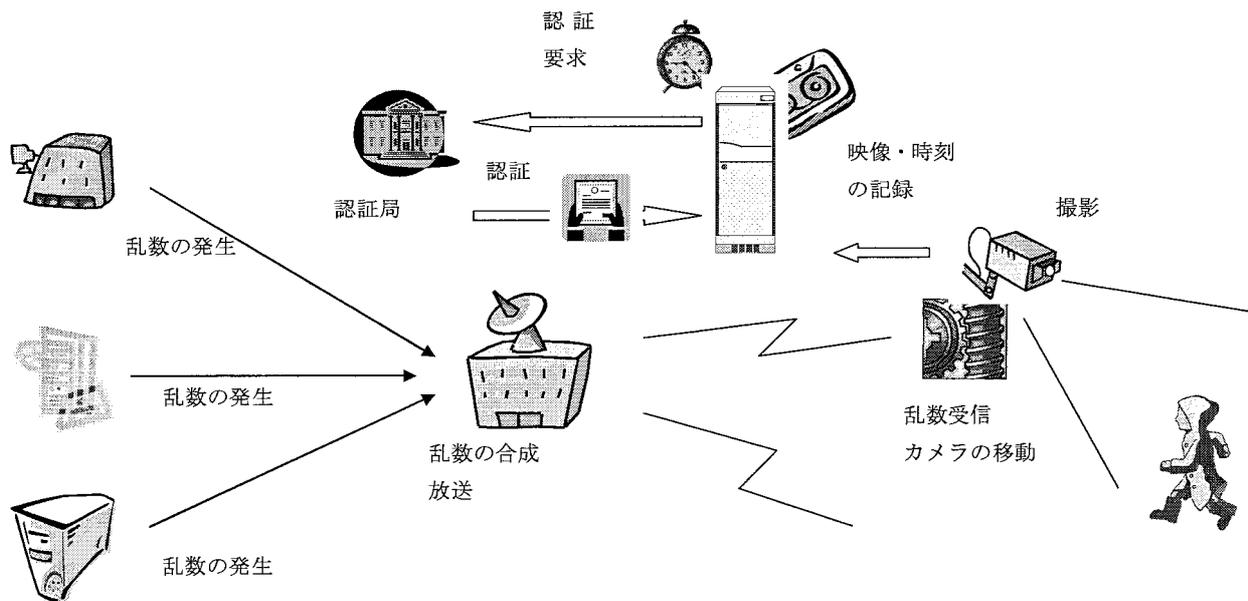


図3 撮影時刻の保証
Fig.3 Assurance of Shooting Time

まず、カメラはズーム・パン・チルド機能を備えているものとする。撮影システムは乱数を受信すると、あらかじめ決めておいたルールに従い、カメラの撮影角度を変更する。例えば、2桁の数字を乱数で与えられるものとして、ある時刻 t に乱数 x が与えられるとすると、カメラの角度を標準の設定位置より $(x-50)*0.1$ 度左(マイナスの場合右)にずらすという方法である。一定時間毎に受信した乱数の値により撮影角度をずらす。ずらした角度により撮影された映像を記録する。

カメラの種類、撮影対象となる距離などから撮影される範囲は限定される。撮影角度がずれることにより、乱数の情報を反映していることは証明できる。この方法に対抗し、事前に映像データを本来の撮影対象範囲よりも広く撮影しておき、乱数を受信したとき、乱数に合わせて撮影角度がずれた映像のみを取り出し、カメラの角度をずらした撮影を模擬するという方法が考えられる。そのような画像処理のプログラムを作成し、乱数受信に合わせて、リアルタイムで模擬画像を作成すれば、ある程度は同じように見える画面を模擬することは可能であるかもしれない。しかし、鑑定のレベルからすると模擬することはかなり難しい。まず、事前に作成する映像データを作るためには、

ターゲットとするカメラより広い画面を必要とする。撮影方法や撮影位置、カメラの種類などを変えなくてはならない。また、画面に映る固定的な対象物については情報量がまったく同じでなければならない。また2次元的に3次元対象物を撮影するため、周辺部ではゆがみが生じるが、異なる方法で撮影したものを同じように歪めるのは難しいと考えられる。

原映像そのものは、ビット単位に情報を作れば作れないことはないから、はめ込み合成やその他の手段を組み合わせれば、原理的に偽造は不可能であるという厳密性までは有していない。数学的に解を見つけるのに莫大な時間がかかるから安全性が保証されるという暗号や署名の場合とは性質が異なっている。しかし、どのような用途に使われるか、偽造のコストとそれから得られる利益を考慮すると、証拠能力としては高いものと考えて良い。

ある時刻より前に記録されたものであるということは認証により証明できるから、この両者を合わせると、ある一定時刻の範囲内に記録された情報であることを証明できる。

5. 具体的研究への展開課題

この手法を実現するには、いくつかの課題がある。

5. 1 映像の質

映像の質は目的により、また今後の映像、データ記録密度、演算速度の技術とコストにより、求められるレベルが異なるのは当然であるが、一般に、それぞれの程度の品質が求められるか検討しておくことが必要である。映像再生を行うことを前提としているインタビューなどの場合と、特段の事象がなければ、重ね撮りをして前の情報を捨ててしまう監視カメラのような場合とは、大きく異なる。

- ・ 映像の画質はどの程度必要か。
- ・ 映像のサンプリング周期はどの程度必要か
- ・ 映像の原本性保証のためのハッシュ値計算はどの程度の頻度でデータをサンプリングすべきか
- ・ リアルタイムでハッシュ計算を行うとどの程度の演算負荷がかかるか
- ・ 総ハッシュ値計算を行い、認証機関でタイムスタンプを押しして認証するとすれば、映像記録が終わった時刻とタイムスタンプに押された時刻との時間差はどの程度あるか

5. 2 カメラを動かすタイミングと方法

乱数受信により、カメラをどの程度まで、動かすかという問題が課題のひとつとなる。乱数受信による制御に関する情報量が小さいと、あらかじめ偽造できる確率が大きくなり、信頼度が下がってしまう。カメラを動かす頻度やその角度が大きいと、必要あって画面を再生するとき、見辛くなる。また、カメラの動きをどの程度制御するか。複雑な制御はカメラシステムのコストを上げてしまう。これらの問題はトレードオフであるが、最適解を求めるには次の問題を調べる必要がある。

- ・ カメラの動きにより、カメラをどう操作したかという分解能はどの程度まで可能か。
- ・ カメラの動作方法は、どの方法がコスト的な面や分解能の面で最適か。例えばカメラを左右・上下に角度を変えるよう動作させるのが良いか。単にドリフトさせるので良いか。
- ・ 画面を再生したとき、どの程度の画面変動に抑えるなら、画面を見ている者にとって容認できるか。

- ・ 画面の動きを明確にするために固定目標を表示しておく必要があるのか

6. まとめ

従来の映像記録の保護に関する研究では、映像の不正コピーや不正視聴、第三者による改ざん防止、著作権保護などにテーマの中心がおかれていた[3]。市販されている映像の監視装置では、改ざんの検出機能がついた製品が多く出ている。映像中に改変判定コードを埋め込み、再生時に判定できるようにするものである。これは一般に、第三者が改ざんすることを想定している。撮影者・映像データ管理者が最初から意図的に真実と異なる証拠らしきものを作り出そうとしているときは、単一装置内で改ざんがされていないという保証を行うのは難しい。本研究では撮影者による意図的な映像が作成されず、客観性を保証することを目的としている。

一般に映像による記録は真実を表すものと受け止められているが、実際には編集や合成により改ざんが可能である。特にデジタル記録であれば、改ざんは容易となる。本稿は、改ざんを防止し、撮影時刻を保証する手法を提案している。

謝辞

本研究は、独立行政法人日本学術振興会による科学研究補助金による研究「圧縮の疎密による余剰帯域を利用したマルチメディア統合放送方式に関する研究」の一部として、その応用利用方式を研究するために行った。

参考文献

- [1]電子情報通信学会編, "情報セキュリティハンドブック", オーム社, 2004年11月
- [2]青野正宏, 大森大将, 小嶋徹也 "圧縮の疎密による余剰帯域の考察", 情報処理学会研究報告 2005-BCCgr-10, 2005年1月
- [3]松野良一, "地域映像ネットワーク(Japan Film Net)の構築に関する実証的研究ーデジタル時代における独自コンテンツの重要性ー", 電子情報通信学会通信方式研究会 第17回ワークショップ 2004年10月

(平成17年9月29日受理)

抹茶の起泡特性

青木裕美*, 菊地 章**

Forming Properties of Ground Green Tea Suspension

Yumi AOKI, Akira KIKUCGI

Ground green tea is familiar by many Japanese, which is being used. But scientific evaluation about the foaming properties of the ground green tea suspension is hardly reported. So it researched on the foaming properties of the ground green tea suspension.

The foaming level of the suspension increased when it raised temperature of the powdered tea. The foaming level of the suspension decreased when it raised hardness of water. When the diameter of the bubble was measured, it dispersed between 0.04 mm and 0.28 mm. When the diameter of the particles was measured, it dispersed between 1 μm and 12 μm .

(Keywords : ground green tea, the foaming properties, foaming level of the suspension.)

1. はじめに

泡はうたかたであり、はかないもののたとえでもある。抹茶を点てて泡を味わう、そこには無常観の漂う日本人の美意識が感じ取れる。

泡とは液体あるいは固体の中に気体が分散した状態のものをいう。たとえば固体の膜が気体を隔てているパンやカステラ、液体の膜が気体を隔てているビールの泡などがそうである。一般に薄い膜にかこまれた気体粒体を気泡といい、その気泡が集合して互いに固体あるいは液体の薄い膜で隔てられている状態を泡沫という。これらをアワと表現する場合も多い。

抹茶は一般に泡茶と言われているように、起泡度が高く、泡の安定なものほど口当たりもよく美味である。日本人に親しまれ、利用されている抹茶であるが、その起泡性に関しては従来主観的評価にとどまっており、科学的に検討を試みた報告

はほとんどない[1,2,3]。

そこで、抹茶の起泡性について検討し、茶道各流派間に相通じる本質を見出すことを目標として本研究を始めた。

2. 実験

2.1 実験試料

実験試料として、金子園詰“有機抹茶”を使用した。また、水は市販のものを3種類（谷川山系のおいしい水 天然水、エビアン、コントレックス）と研究室の蒸留水および東京高専の水道水を使用した。

2.2 起泡度測定

メスシリンダーで蒸留水 70ml を量りとり、300ml ビーカーに移してスターラーで加熱した。その間に抹茶 0.7g を秤量した。蒸留水が測定温度に達したら量りとった抹茶をビーカーに加え、攪

* 物質工学科卒業生 ((株)レスカ)

** 物質工学科

拌装置で 30 秒間攪拌して泡立てた。ここで、抹茶をビーカーに加えてから攪拌が終了するまでの作業を 60 秒とした。泡立て終了後、混合液を 100ml メスシリンダーに移し、泡立て前の液量と泡立て後泡の下に残った液量との差を求めて起泡量とし、泡立て前の液量に対する起泡量の割合を起泡度とした。水温は 40, 50, 60, 70, 80℃に設定した。それぞれ 5 回ずつ測定し、平均を求めた。

2.3 起泡と粒子の径測定

泡の表面状態および抹茶粒子の表面状態について顕微鏡で観察し、写真撮影を行った。また、泡の径および抹茶粒子の径を測定し、泡の構造について検討した。

抹茶の泡をガラス基盤に乗せ、顕微鏡で拡大し、写真撮影を行った。写真に写し出された泡の径を測定し、顕微鏡の倍率から実際の大きさおよび泡の分布を求めた。また、同様にして抹茶粉末の径を測定し、分布を求めた。

2.4 接触角の測定

抹茶液の各設定温度の表面張力を液滴法により測定した。

測定装置は、接触角計 CA-D (協和界面科学(株)) により測定し求めた。

3. 結果および考察

3.1 起泡度の温度依存性

起泡度の温度依存性および硬度依存性について測定し、Fig.1 に示した。

起泡度の温度依存性および硬度依存性について測定した。このとき、水温 90℃および 100℃に於いての起泡度測定も試みたが、98℃の水に抹茶を加えたところ突沸し、89℃付近まで温度が低下した。その後、煮沸が続いていたため、起泡度の測定を行うことは不可能であった。

以上の結果について、抹茶は水の温度が上昇す

るほど泡立て終了後に泡の下に残った液量が減少し、起泡度は上昇していく傾向があると確認された。水の温度が上昇したことにより、抹茶の起泡成分がより多く溶解し、表面張力が低下したために起泡度が上昇したと考えられる。

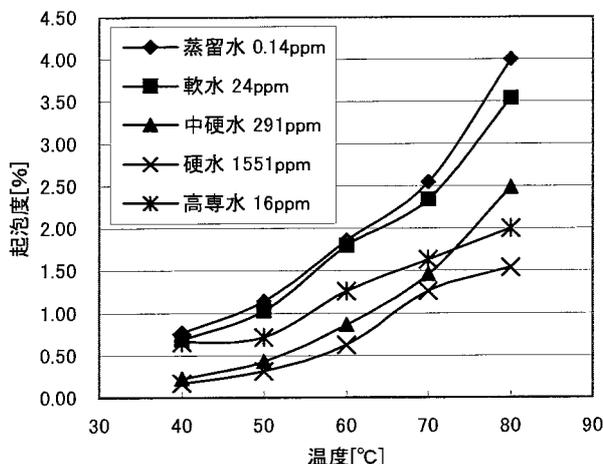


Fig.1 起泡度の温度依存性

起泡度の硬度依存性の結果について、抹茶は水の硬度が上昇するほど起泡度は低下していく傾向があると確認された (Fig.1)。水に含まれている硬度成分、特にカルシウムとマグネシウムが抹茶の起泡成分との錯体を形成し、表面粘性が低下したため、起泡度が低下したものと考えられる。また、本校の水道水での測定結果について、軟水よりも硬度が低いにもかかわらず起泡度は軟水よりも低い結果となった。本校の水道水には貯水タンクの鉄錆が含まれていると考えられるので、鉄錆もまた抹茶の起泡成分との錯体を形成し、起泡度を低下させたものと考えられる。

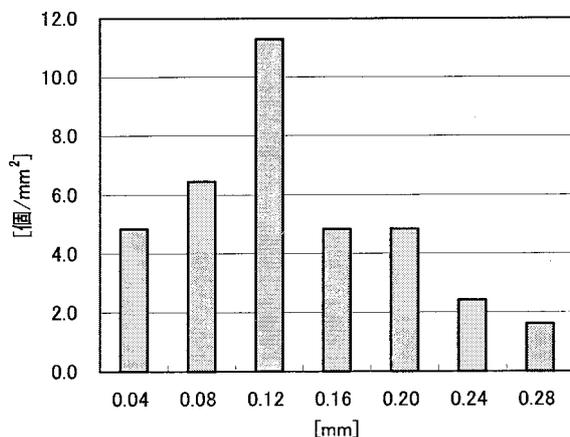
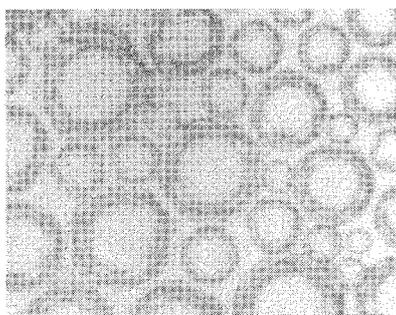


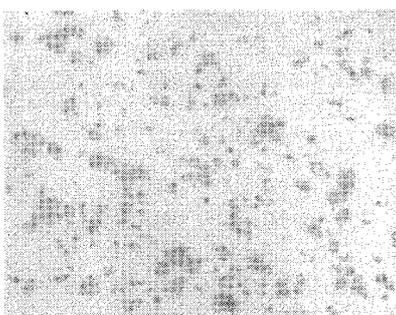
Fig.2 泡の分布

3.2 泡および抹茶粉末の観察

泡の表面状態(Phot.1)および抹茶粒子の表面状態(Phot.2)について顕微鏡で観察し、写真撮影を行った。また、撮影した写真から泡の径および抹茶粒子の径を測定した。



Phot.1 抹茶水抽出液の泡



Phot.2 抹茶粒子の径状況

泡の表面状態および抹茶粒子の表面状態について顕微鏡で観察し、測定した結果を Fig.2 に泡の大きさの分布を示し、Fig.3 に粒子径の大きさの分布を示した。抹茶の泡は 0.04~0.28mm で分布し、0.12mm の泡が最も多いことが確認された。また、抹茶粒子は 1~12 μm で分布し、2 μm の粒子が九割を占めていることが確認された。抹茶粒子の径に対し、泡の径がちょうど 60 倍であることから、抹茶粒子の径が泡の構造に何らかの形で影響しているといえる。

3.3 接触角の測定

抹茶の表面張力および表面粘性の変化を調べるために接触角の測定を行った。抹茶液の温度による接触角の依存性を Fig. 4 に示した。

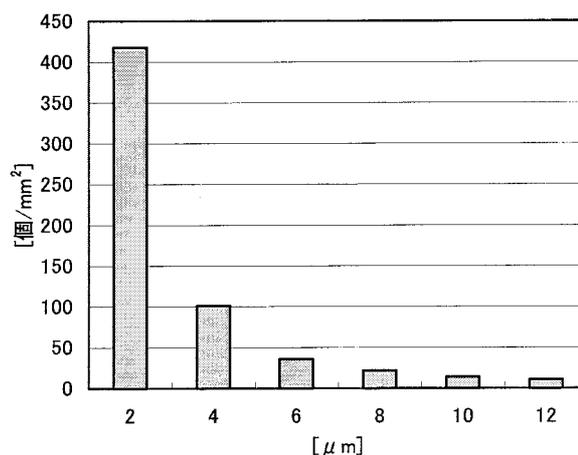


Fig.3 抹茶粒子の分布

抹茶液の温度が上昇していくと接触角が大きくなることが確認された。液の温度が上昇すれば表面張力は低下していき、接触角は小さくなっていくはずであるが、実際はそうはならなかった。液の温度が上昇すると表面張力は低下するが、表面粘性は上昇するため、接触角が大きくなったと考えられる。

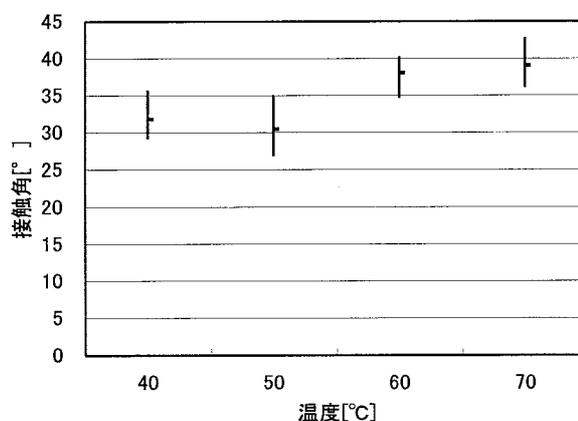


Fig.4 抹茶の接触角

また、測定温度を 60 $^{\circ}\text{C}$ に固定して接触角の比較を行ったところ、中硬水の接触角が最も大きいことが確認できた。水に含まれている硬度成分が抹茶の起泡成分との錯体を形成することで表面粘性が低下するが、表面張力はあまり低下しないために接触角が大きくなったと考えられる。硬水の接触角が小さかったことについては、硬度成分が極端なほど多量に含まれているために表面粘性がは

じめから極端に高かったものと予想される。このことから、硬水の起泡度が最も低い理由について、表面粘性が低下したために起泡度が低下したのではなく、表面粘性が高すぎるために起泡度が上昇しなかったといえる。

4. 結論

- ・ 起泡度は水の温度および水の硬度に依存する。
- ・ 抹茶の泡は0.04~0.28mmで分布し、0.12mmの泡が最も多い。
- ・ 抹茶粒子は1~12 μm で分布し、2 μm の粒子がほとんどであった。
- ・ 水の硬度が上昇するほど泡は不安定になる。

5. 謝辞

本研究を進めるにあたって、水の硬度測定についてご指導頂いた矢野良子教授、水の硬度測定の際にご協力頂いた矢野研究室の方々に深く感謝し、この場を借りてお礼を申し上げます。

参考文献

- [1] 寺田雅子, 中井久美子, 岸田和子, 松岡利栄, 井上千佳子; 武庫川女子大学紀要, 第30集, p.1 (1982)
- [2] 寺田雅子, 田中佐和子, 山下久美子; 武庫川女子大学紀要, 第31集, p.17 (1983)
- [3] 寺田雅子; 表面科学, 第12巻, p.45 (1991)
- [4] 青木裕美, 菊地章; 第10回高専シンポジウム講演要旨集 p.43(2005)
- [5] 青木裕美, 菊地章; 第7回化学工学会学生発表会(東日本地区) 研究発表講演要旨集 p.59(2005)

(平成17年8月31日 受理)

『新撰万葉集』注釈稿(上巻 秋部 六八〜六九)

一般教科 津田 潔・共立女子大学 半澤 幹一

The Annotation of the Shinsen-man'yōshū (12)

Kiyoshi TSUDA, Kan'ichi HANZAWA

This paper is the annotation of the Shinsen-man'yōshū edited in 893?
(Keyword: the Shinsen-man'yōshū)

68 雨降者 笠取山之 秋色者 往買人之 袖佐倍曾照

雨降れば 笠取山の 秋の色は 往きかふ人の 袖さへぞ照る

68 名山秋色錦斑斑
落葉繽紛客袖爛。終日回眸無倦意、
一時風景誰人訕らむ。

【校異】

本文では、第三句の「秋色」を永青文庫本・久曾神本は「秋之色」とし、第四句の「往買」を同一本は「往還」とする。

訓みでは、第三句の「あきのいろは」を元禄九年版本・和学講談所本・京大本・大阪市大本・林羅山本は左傍訓に「もみぢばは」とする。

同歌は、是貞親王家歌合(一九番)にあり(ただし第三句「もみぢばは」)、古今集(巻五、秋下、二六三番)にも「これさだのみこの家の歌合によめる ただみね」としてあり(ただし第三句「もみぢばは」、また新撰和歌(第一、春秋、六六番)にも(ただし第三句「もみぢ葉は」)見られる。

【通釈】

雨が降ると(笠を取るといふ)笠取山の秋の色は(山全体はもとより、そこを)往来する人の袖さえ照り映える(ほどであるよ)。

【語釈】

【校異】

「斑斑」を、底本・類従本・文化写本・藤波家本・和学講談所本「班班」に作るも、それ以外の諸本に従う。「客袖爛」を、底本始め諸本「客袖爛」に作るも、永青文庫本に従う。「繽紛」を、無窮会本「繽紜」に作り、類従本にも「紜」の異本注記あり。「回眸」を、類従本・林羅山本・無窮会本・永青文庫本・久曾神本「廻(廻)看」に作り、また、「看」の異本注記を持つ諸本も多い。「誰人訕」を、京大本・大阪市大本「誰人誚」に作り、永青文庫本・久曾神本「是誰誚」に作る。

【通釈】

名高い笠取山は秋の装いになり、紅色の地の錦繡をまとったような美しいみだら模様になった。落ち葉が風に吹かれてヒラヒラと舞い散り、それが行き交う人々の袖に映って鮮やかなみだら模様に見える。一日中あちこち目を転じて見回しても飽きるということがなく、この秋の一時

雨降れば 日本国語大辞典（第二版）はこの句の形で立頂し「雨が降れば笠を取るといことから、「笠取る」と同音の「笠取山」にかかる、つまり枕詞として説明し、古今集所載の同歌を例として挙げてはいるが、万葉集・八代集を通して該当するのはこの例のみである。福井久蔵『新訂増補枕詞の研究と釈義』（一九六〇年、有精堂出版）にも、「雨」も「三笠の山」にかかる（や「雨」も「田養の島」にかかる）などは挙げてはいるが、この「雨降れば」は採っていない。また、「雨降れば激つ山川岩に触れ君が砕けむ心は持たじ」（万葉集一〇・三三〇八）、「まこもかるよどのさは水雨ふればつねよりこまざるわがこひ」（古今集一二・五八七）「かりてほすよどのまこもの雨ふればつかねもあへぬこひもするかな」（拾遺集一三・八二四）などのように、「笠取山」とは関係なく、文字どおりの意味で用いられる例も見られる。古今集の諸注の多くは同歌のこれを枕詞ととり、窪田空穂の評釈では「雨ふれば」は、普通の序で、有心のものとは認められない。それが実景である事を思わせる何物もないからである」とわざわざ断っており、岩波古典大系本では枕詞とした上で「笠取山なら紅葉しないだろうという心持でいう」と注している。その一方、新潮日本古典集成本では「雨が降ると、笠取山の紅葉は、雨に洗われていつそう鮮やかで」のように、実質的な意味で解釈している。「雨降れば」を枕詞とするには、その用法の固定性や慣用性に難点があり、字義的表現とするには、雨と紅葉との関係が「百舟の泊つる対馬の浅茅山しぐれの雨にもみたひにけり」（万葉集一五・三六九七）「はつしぐれふれば山べそおもほゆるいづれのかまづもみづらん」（後撰集七・三七五）などのように、雨が紅葉を促すものとして詠まれるのが普通であり、「雨に洗われていつそう鮮やか」になると解釈しうる表現が他に見当たらないという点で無理がある。どちらとも決めがたいところであり、はたして二者択一が妥当かという問題もあるが、とりあえずは枕詞的に解しておきたい。なお【補注】参照。笠取山の「笠取山」は京都宇治にある山のことである紅葉の名所とされているが、万葉集には見られず、八代集にも古今集に二例、後撰集

の、詩趣を添える風景を一体誰が詠ることがあるつか。

【語釈】

名山 名高い山。有名な山。和歌の「笠取山」に対応する。『礼記』

王制に「天子祭天下名山大川」、司馬遷「報任少卿書」に「僕誠以著此書蔵諸名山、伝之其人通邑大都」（『文選』巻四一）、崔湜「奉和登驪山高頂寓目心制」詩に「名山何壮哉、玄覽一徘徊」とある。また『日本書紀』持統天皇六年五月に「辛巳、遣大夫謁者、祠名山岳瀆請雨」とあり、嵯峨天皇「哭寶和尚」詩に「大士古来無住著、名山晦跡老風霜」（『文華秀麗集』巻中）とある。秋色 秋の景色。秋の気配。北周・王褒「閑山月」詩に「閑山夜月明、秋色照孤城」、太宗皇帝「山閣晚秋」詩に「山亭秋色滿、嚴牖涼風度」、菅原道真「賦得麥秋至」詩に「麥田千畝遠、秋色兩岐寬」（『菅家文章』巻一）とあり、また『類題古詩』（色三）には「草木凝秋色」、「秋色変林叢」などの詩題による詩が八首ほど集められる。錦斑斑 山林が紅葉して、紅色の地の錦繡のような美しいまだら模様になったことの比喩。「斑斑」は、重言の擬態語。一六・五三番詩【語釈】該項などを参照のこと。落葉 四九番詩【語釈】該項を参照のこと。繽紛 落葉が風に吹かれて舞い散る様。豊韻の擬態語。四四番詩【語釈】該項を参照のこと。ただし、落葉を形容する例は、賈島「秋暮」詩に「北門楊柳葉、不覺已繽紛」、高岳相如「初冬於長樂寺同賦落葉山中路」詩序に「度澗口以繽紛、弘巖腹以蕭颯」（『本朝文粹』巻一〇）とあるくらいで、日中ともにその用例はきわめて稀。客袖 旅人の袖が、「斑斑」たる紅葉に照り映えて、まだらに美しい様。「爛」とは、朱、緑、黄などの様々な色が入り交じって目にも鮮やかな様。劉禹錫「蠻子歌」に「蠻語鉤輶音、蠻衣斑爛布」、権徳輿「送別沅（一作阮）汎」詩に「斑斑五綵服、前路春物熙」とあるように、「斑」と同韻の類語でもある。異文「爛」は、『毛詩』鄭風・女曰鷄鳴篇に「子興視夜、明星有爛」とあるその鄭箋に「明星尚爛爛然」と言い、『毛詩』唐風・葛生篇に「角枕粲兮、錦衾爛兮」とあるように、光が溢れんばかりに輝くこと。和歌の「袖さへぞ照る」を漢詩につづしたものとしてこ

に二例、そして金葉集に一例あるのみで、しかも紅葉を歌うのは古今集歌に限られ、他は「かさとの山とたのみし君をおきて涙の雨にぬれつづぞゆく」(後撰集一九・一三二六)「かさとのやまによをふる身にすればすみやきもをるわがころかな」(金葉集八・四九七)などのように、紅葉とは無関係に詠まれている。秋の色は「秋の色」という表現は万葉集にはなく、八代集後半に「すむ人のかれゆくやどはときわかずくさきも秋のいろにぞありける」(後拾遺集一六・九一七)のように紅葉と飽きた様子を掛ける例や、「深山ぢやいつより秋の色ならむ見ざりし雲の夕ぐれの空」(新古今集四・三六〇)「秋の色をはらひはててや久方の月のかつらに木がらしの風」(新古今集六・六〇四)などのように紅葉を含む秋の気配という意で用いた例が見られる。「秋(あき)の色(いろ)」という訓みは「秋色」という本文に即したものであるが、【校異】に示したように、他集所載の同歌はすべて「もみぢば」となっていて、それをふまえてか本集諸本にも「もみぢば」と左傍訓が付されている。本歌における「秋の色」が文脈的に紅葉を指示するという点は問題ないであろうが、あえて「もみぢば」とせずに、漢語「秋色」を訓読したとするならば、秋全般の景色なり気配なりの意も本歌が含意しているかという問題はある。ここでは、永青文庫本・久曾神本にとくに「秋之色」という本文があり、また本詩の起句にある「秋色」が紅葉に特定されうることから、底本の訓みに従っておきたい。ちなみに、万葉集の「もみぢば」の正訓表記は「黄葉」もしくは「紅(赤)葉」であって、「秋色」は見いだせない。往きかふ人の「往きかふ」は行ったり来たりするの意で、万葉集に「切目山行きかふ道の朝霞ほかにだにや妹に逢はざらむ」(万葉集一三・三〇三七)の一例、八代集に「夏と秋と行きかふそらのかよひぢはかたへすずしき風やふくらむ」(古今集三・一六八)「あづまぢにゆきかふ人にあらぬ身はいつかはこえぬ相坂の関」(後撰集一・七三三)「むめのはななきねにほふ山ざとはゆきかふ人のこころをぞみる」(後拾遺集一・五八)など見られる。一人が行ったり来たりするとともにできるが、本歌ではとくにそのように

ちらの本文も捨てがたいが、去声二十八輪韻であり、押韻しない。「客袖」は、見知らぬ旅人の袖。杜牧「初冬夜飲」詩に「淮陽多病偶求歡、客袖侵霜与燭盤」、曹松「江西題東湖」詩に「客袖沙光滿、船窗荻影間」と初出するように、晩唐以後の詩語。終日 一日中。「古詩十九首其十」詩に「終日不成章、泣涕零如雨」(『文選』卷二九)とあり、藤原茂明「秋日山家眺望」詩に「終日回眸眺望餘、蕭条風景屬山家」(『本朝無題詩』)、藤原周光「九月尽日城北精舍即事」詩に「晨迴流水到巖扉、終日恨望忘俗機」(『本朝無題詩』)と類句がある。回眸 ひとみをクルクルさせて、広くあたりを見回すこと。【補注】参照。異文「回看」は、振り返って見る。王維「与蘇盧二員外期遊方丈寺而蘇不至因有是作」詩に「回看双鳳闕、相去一牛鳴」、白居易「長恨歌」詩に「君王掩面救不得、回看(一作首)血淚相和流」、滋野貞主「奉和太上天皇青山歌」に「東西引望無行人、前後回看絕世隣」(『經国集』)、菅原文時「綴草露垂珠」詩に「綴草露清天漸寒、垂珠万点一廻看」(『天徳三年八月十六日闕詩行事略記』)とある。「眸」も「看」も平声であり、両者の優劣をつけがたいが、意味上から底本に従う。無倦意 「倦」とは、飽きて、いやになる。物憂くなる。「無倦意」とは、飽きるといふ気持ちになることはない、の意であるが、「倦意」の用例を知らない。朱灣「詠壁上酒瓢呈蕭明府」詩に「応物心無倦、当壚柄会持」、張祐「送盧弘本浙東觀省」詩に「知君思無倦、為我讀離騷」とあるような措辞にするか、もしくは韓愈「喜侯喜至贈張籍張徹」詩に「常思得遊処、至死無倦厭」とあるように、「倦厭」と熟するのが一般。一時 起句・承句に描かれるような、紅葉の最も美しい一時期。一九・五〇番詩【該項】参照のこと。風景 一八番詩【該項】参照のこと。劉禹錫「広宣上人寄在蜀与韋令公唱和詩卷因以令公手札答詩示之」詩に「一時風景添詩思、八部人天入道場」とあり、嵯峨天皇「神泉苑花宴賦落花篇」詩に「对此年華絶可憐、一時風景豈空捐」(『凌雲集』)とある。中国詩に「一時風景」の語をもつのはこの劉禹錫の作品しかなく、嵯峨帝の作品も、「つるはしい風景を見過すこと、無視して何もしないであること。結びは、こ

とる必然性はなく、複数の人を想定するのが自然かと思われる。また、どこを「往きかふ」かであるが、本集の「日ぐらしに秋の野山をわけ来ればこころにもあらぬ錦をぞきる」(五六番)や「かみなびの御室の山を秋往けば錦裁ちきるこちこそすれ」(七一番)などと同様、当該の「笠取山」を通る道ということになる。袖さへぞ照る「袖ガ照る」という表現は万葉集にも八代集にも見られないが、「紅葉ガ照る」という表現ならば、「…秋の葉の」にほひに照れる あたらしき身の盛りすら…」(万葉集一九・四二二)、「うまさけ三輪の社の山照らす秋の黄葉の散らまく惜しも」(万葉集八・一五一七)、「あしひきの山かきくもりしぐるれど紅葉はいとどてりまさりけり」(拾遺集四・二一五)「かみな月しぐるるままにくらぶやましたるばかりもみぢしにけり」(金葉集四・二五七)などの例がある。どれも紅葉が色美しく映えるの意。古今集所載の同歌について、小学館日本古典全集本では「袖さへぞ」が主語、「照る」が述語であるが、「…もみぢ葉は…袖さへぞ照る」は「ぞうはなが長い」と同じ構文である」と説明しているが、だからといって「もみぢ葉ガ照る」という関係があることも意味するものではない。「袖さへ」の「さへ」という副助詞によって対比されているのは「秋の色」ではなく「笠取山」であろうが、「山ガ照る」という表現も見いだしがたい。ただし、やや近い例として「能登川の水底さへに照るまでに三笠の山は咲きにけるかも」(万葉集一〇・一八六一)や「島山に照れる橘うずに刺し仕へ奉るは卿大夫たち」(万葉集一九・四二七六)などがあり、これらから類推して、「照る」場所としての「山」そして「袖」と見るのは可能であろう。なお「袖」については本集五二番歌【語釈】「袖と見ゆらむ」の項も参照。

【補注】

【語釈】において「雨降れば」が枕詞か否かを問題としたが、その要点はこの表現が本歌において実質的な意味を持つか、つまり当該の状況を表すかどうかにある。状況を表すとすれば、雨上がりの風景が普段よりも鮮やかに見えるという経験を持つ者には、「袖さへぞ照る」という

の風景に対して作詩してしまふ、の意。」(小島憲之『国風暗黒時代の文学 中(中)』一三八三頁)とあるのを見れば、劉禹錫詩を典拠とするとの指摘はないものの、「添詩思」という詩意に一致する。恐らく、本詩句と嵯峨帝作品は、劉禹錫の詩句を典拠とする兄弟的な作品と見るべきであろう。誰人訕「誰人」は、『詞詮』に「誰、何也」とあるように、なにびと、だれ、の意。「誰子」、「誰氏」なども類似の語。劉長卿「月下呈章秀才(八元)」詩に「自古悲搖落、誰人奈此何」、李白「遠別離」詩に「海水直下万里深、誰人不言此離苦」とあるように、盛唐頃から詩語として用いられた。島田忠臣「自勸閑居」詩に「人生百歲誰人得、縱得全生又易除」(『田氏家集』卷中)、菅原道真「御製題梅花：具述所由」詩に「誰人攀折采華取、新拜相公挿四支」(『菅家文章』卷五)とある。「訕」は、悪口を言うこと。『論語』陽貨篇に「子貢曰、君子亦有惡乎。子曰、有。惡惡稱人之惡者。惡居下流而訕上者」とあり、その正義が「訕、謗毀也」というように、相手をけなしたり、非難したりすること。元稹「臺中鞠獄億開元觀旧事呈損之兼贈周兄四十韻」詩に「唯恐壞情性、安能懼謗訕」とある。異文「訕」は、義・音双方から非

【補注】

韻字は「斑・訕」と「爛」で、前者は上平声二十七刪韻、後者は上平声二十八山韻だが、同用である。平仄にも基本的誤りはない。

「回眸」に関しては、もと『大漢和辞典』には項目がなく、『大漢和辞典補巻』に初めて「回眸」が採用され、「長恨歌」の用例を添えて、「ひとみをくるりと動かす。また、ふりかえる。」と解説された。『漢語大詞典』では、「回眸」と「迴眸」の二項目が採用されて、前者には「転過眼睛」(眼を転ずる。瞬きする)と「回顧」(振り返る)の語釈が与えられ、後者には「回顧」、「転動眼珠」(目玉を動かす)、「流盼」(流し目をする)の解説がされている。このように、この語には安定した語義が与えられているとはいまだ言い難い面があるので、ここで簡単にまとめておく。

一種の強調表現も首肯されるだろう。しかし、表現に即して厳密に考えれば、「雨降れば」であって「雨止めば」ではないのであるから、右記の解釈には飛躍があるろう。そもそも本歌が歌合せ歌であったことも勘案すれば、はたして実景をふまえたものかも疑わしい。

「雨降れば」を枕詞とするのにも難点があったが、ことばの上でのつながり方という点を考えるならば、「雨ふれどつゆももらじをかさとの山はいかでもみぢそめけむ」(古今集五・二六一)という、本歌とは逆の設定の歌においても、「雨ふれど」と「かさとの山」はことばの上で関係付けられているのであるから、本歌でも同様のつながりを認めることができる。しかも、竹岡全評釈が指摘するように、「雨ふれば」とあるのに、「照る」と正反対の概念内容の語が受けとめている意外性も趣の一つとなっている「とすれば」(ただし竹岡は「雨ふれば」を実景と解するのであるが)、あえて「照る」という語を用いた理由も想像しやすくなる。

まず、『漢語大詞典』でその初出とされる、梁・沈約「郊居賦」の「回余眸於良域、覲高館於茲嶺」を見ると、自分の視線を「良域」の方に移すの意であり、恐らくこれを基本義と見て良いのだろうと思われる。隋・王謨「東海懸崖題詩」に「因巡来到此、矚海看波流。自茲一度往、何日更回眸」とあるのは、いつまたこの「懸崖」に来て承句のように海をぐるつと見渡すことができるのだろうという意。劉禹錫「海陽十詠吏隱亭」詩の「幾度欲歸去、回眸情更深」も、「吏隱亭」から帰ろうと思

うのだが、そこからの眺めを思うと立ち去りたいと言っのだろう。日本漢詩の用例のほとんどは、この意味に取って間違いない。醍醐天皇「停盃看柳色」詩に「引手暫留鸚鵡翅、回眸遙望麴塵系」(『類題古詩』見三十)、大江朝綱「停盃看柳色」詩に「醉心來染回眸處、怨欲除憂入破時」(『類題古詩』見三十)、大江維時「林開霧半収」詩に「若有商風吹掃却、成行樹木足回眸」(『天徳三年八月十六日鬪詩行事略記』)、一条

天皇「披襟對初月」詩に「迴眸翠柳如煙處、極目紅桃似火時」(『類題古詩』望三二)、藤原敦基「春日遊長樂寺」詩に「禪庭深處隔塵寰、落日回眸眺望閑」(『本朝無題詩』卷八)、藤原茂明「思牛女」詩に「終夜罷夢空乞巧、迴眸遙望漢河流」(『本朝無題詩』卷三)、藤原知房「秋日別業即事」詩に「一尋別墅暫迴眸、景氣蕭條屬晚秋」(『本朝無題詩』卷六)、菅原在良「秋日於円融院即事」詩に「暫尋蕭寺旁迴眸、洞裏景華望正幽」(『本朝無題詩』卷一〇)、藤原忠通「春日遊宇治別業」詩に「促車催馬迴眸見、万里前途被隔霞」(『本朝無題詩』卷六)などがこれに当たる。

特に、一条天皇の作品では、対語に「極目」(見渡す限り)を取る。また、「尽日」(敦基)、「暫」(知房)、「旁」(在良)などの副詞を取ることは、この語が振り返るや流し目をするなどの、瞬間的・局所的な意味として用いられているのではないことの証拠だろう。更に、忠通の作品では、「迴眸見」と言いながら、「万里前途」を描写するのは、この語が「振り返る」と同義ではないことを確信させるに十分である。

ただし、その一方で、元稹「陽城賦」詩の「送我不出戸、決我不迴眸」、楊衡「長門怨」詩の「望望昭陽信不來、迴眸独掩紅巾泣」、陸龜蒙「奉和襲美太湖詩二十首縹緲峰」詩の「拳首闕青冥、迴眸聊下視」などは、振り返る、視線を転ずる、などの訳がぴつたりする。これらの例は、広く見渡す動作の一部を切り取ったものと解釈すべきだろう。

これに対して、眼の局所的な動きを捉えた例もまた多数存在する。柳宗元「寄韋珩」詩の「迴眸炫晃別群玉、独赴異域穿蓬蒿」、白居易「長恨歌」詩の「回眸一笑百媚生、六宮粉黛無顏色」、白居易「雜興三首其一」詩の「迴眸語君曰、昔聞莊王時」、白居易「玉真張觀主下小女冠阿容」詩の「迴眸雖欲語、阿母在傍邊」、楊衡「白紵辭二首其一」詩の「芳姿豔妖且妍、迴眸軫袖暗催弦」、閻朝隱「鸚鵡貓兒篇」詩の「彷彿兮、似妖姬躡步兮動羅裳。趨趨兮踰、若處子迴眸兮登玉堂」、劉禹錫「和僕射牛相公寓言二首其一」詩の「兩度竿頭立定誇、迴眸拳袖搗青霞」などがそれである。多く女性の蠱惑的な眼の動きを描写するけれども、白居易「玉真張觀主下小女冠阿容」詩の「迴眸」は、居易自身のそ

れであり、柳宗元詩も同じい。あるいは劉禹錫詩の例は「竿頭」でまわりを見下ろすように眺める様と解釈する方が良いかもしれない。いずれにしても、この語義は白詩に多いのだが、日本漢詩には確認していない。

これと似ていると言つと語弊があるかもしれないが、鳥のキョトキョトとあたりを見る様をこの語で表現したと思われるのが、耿漳「進秋隼」詩の「拳翅雲天近、回眸燕雀稀」と、賀陽豊年「詠禁苑鷹生雛」詩の「理翮情方盛、回眸氣不窮」（『経国集』巻十一）の例である。

小島憲之『古今集以前』によれば、「迴（回、迴）眸（眸）」「迴（回、迴）看」「迴頭」「迴首」「迴眼」など、「迴何」「回何」の言葉は白氏集團文学の語であり、それがそのまま、『新撰万葉集』や、忠臣・道真などの詩にも使用され、平安白詩圏の詩語としてまかり通る（二四六～八頁）という。それはその通りかもしれないが、子細に見ると日本漢詩と中国詩では、微妙な相違があることは言うまでもない。その一つとして、日本漢詩の場合は、その描写の対象とするものが人間というよりも自然の風景であることが多いということがあるのかもしれない。

ちなみに、菅原道真詩には「回眸」の語は一例もなく、代わりに菅原

【比較・対照】

歌における「笠取山」が詩起句において「名山」と一般化されるのは、中国の適切な場所に置き換ええなければ、当然であろう。ただ、その山が何によつて「名山」なのかは不明であり、結局歌に依存してしか同定できない。本詩【補注】の「雨はまったく考慮されていない」というのは、歌の「雨降れば」を、その固有名（笠取山）があつてこそその枕詞としてのみ、詩作者がとらえていたことを示すと見られる。

本歌【語釈】「秋の色は」の項で述べたように、「秋の色」＝「秋色」が詩において紅葉に特定されることは、起句の「錦斑斑」という比喻によつて明らかであり、歌においてもそれで不都合はない。もつとも、同様の本集五六番の【比較・対照】にも述べたように、歌われている紅葉の状態は、歌では落葉してないとみなされるが、詩では袖との関係に関して「落葉」に限定される。歌における山全体と袖との対比自体は生かされているものの、紅葉の状態は山全体と袖とで異なるということになる。これは、本詩【補注】に言及してあるように、本歌に対して、五六番歌の「錦をぞきる」に近い解釈をしたからではないかと考えられる。

その結果として、詩においては、この風景をとらえる視点・視界のギャップをもたらすことになった。すなわち、付加された詩後半は、山の紅葉風景を遠望する視点であり、その全体を範囲とする視界を示しているが、その視点・視界では、行き交う人々の姿はともかく、その袖の様子までをいちいち視認するのは到底不可能だからである。

道真「賦得詠青」詩に「明経如拾芥、迴眼好提撕」（『菅家文章』巻一）、同「暮春送因州：同賦花字」詩に「愛君顔色頻迴眼、醉淚空欺冒雨花」（『菅家文章』巻二）、同「雨晴对月韻用流字応製」詩に「因縁竹檻頻迴眼、憑託水窓幾拳頭」（『菅家文章』巻五）、同「早春内宴侍清涼殿：応製」詩に「千里遣懷銷尽雪、四山迴眼染初藍」（『菅家文章』巻六）などと、「回眸」とほぼ同義の内容を「迴眼」で表す。これも白詩には「潯陽三題 溢浦竹」詩に「誰肯溢浦頭、回眼看修竹」、「有雙鶴留在洛中：以二絶句答之」詩に「慚愧稻梁長不飽、未曾回眼向雞群」とあつた。

本作品は、「回眸」という特徴的な語彙が重なると言つこともあるが、詩全体としてみた場合も、五六番詩と内容上の重なりがあるように思われる。押韻も、五六番詩は「山」（上平声二十八山韻）、「羨」（上平声二十五寒韻）、「端」（上平声二十六桓韻）で、寒韻と桓韻は同用なるも山韻は異なるので、押韻に傷があつたわけだが、ここでも一部重なりがある。それが偶然なのか否かは、容易に分からないことではあるけれども、両詩に対応する歌には、雨の情景か否かの明確な相違があつたのであり、少なくとも本詩にはその雨はまったく考慮されていない。

ひるがえって、古今集所載の同歌に対して、小学館古典文学全集には「大和絵ふうの叙景歌」とあり、窪田評釈には「距離を持って、山と、山下を往来している人とを一つとして、大観した形のものである」とあり、これらの見方も本詩と同様である。しかし、本歌における結句の「袖さへぞ照る」という焦点化は、その一点から全体を押し量らせる表現であって、遠望よりもむしろ山近くにあっての視点・視界だからこそ成り立つ表現であると考えられる。

69 何人鹿 来手脱係芝 藤袴 秋每来 野辺緒匂婆須

なに人か 来て脱ぎかけし 藤袴 秋来る毎に 野辺を匂はす

【校異】

本文では、第四句の「秋每来」を類従本・無窮会本は「每秋来」、永青文庫本・久曾神本は「来留秋丹」とし、結句の「匂」を底本では「匂」とするが、文化写本・京大本・大阪市大本・天理本・林羅山本・無窮会本・永青文庫本・久曾神本により改める。また結句の「婆」を京大本・大阪市大本・天理本・永青文庫本・久曾神本は「波」とする。
訓みでは、第四句の「あきくることに」を林羅山本・無窮会本は「くるあきことに」とする。

同歌は、是貞親王家歌合および寛平御時后宮歌合にはないが、古今集(巻四、秋上、二三九番)に「これさだのみこの家の歌合によめるとしゆきの朝臣」として見られ(ただし第四句「くる秋ごとに」、また古今和歌六帖(第六、草、らに、三七二五番)に「としゆき」として(ただし第四句「くる秋ごとに」)見られる。

【通釈】

どんな人が来て脱いで掛けたのだろうか。フジバカマは秋が来ることに野のあたりを(よい香りに)匂わせるよ。

【語釈】

なに人か 「何人鹿」という本文を音数律と以下の文脈に合わせれば、「なに人(びと)か」と訓むことになるが、「なにびと」という語は万葉集・八代集を通して、古今集所載の同歌のみであり、おそらくは漢語「何人」の直訳語と見られる。他に、「なに」という複合語としては「なにごと(事)」「万葉集一〇・二〇三六、後撰集一〇・六五八、後拾

69 秋来野外莫人家、 秋来たりて野外に人家莫く、

藤袴締懸玉樹柯。 藤の袴の締むすび懸けたるは玉樹の柯えだのごとし。

借問遊仙何処在。 借問せつもんふ遊仙いつせん何いづれ処ところにか在ると。

誰知我乘指南車。 誰か知らむ我指南車に乗れるを。

【校異】

「莫人家」を、大阪市大本・天理本「曾人家」に作る。「締懸」を、大阪市大本「綿懸」、天理本「錦懸」に作り、和学講談所本・道明寺本「締」に「綿」の異本注記あり。「借問」を、文化写本・和学講談所本・道明寺本「借問」に作る。

【通釈】

秋になり辺りには人家もない都から遠く離れた場所に来たが、藤色の袴を逆さまに掛けたような藤袴の花が美しく咲いて、あたかも仙境にあるという玉樹の枝のようだ。そこでちよつと冗談で尋ねてみよう、仙人はどこにいるのですかと。でも誰も知らないだろうね、そう言う私本人が仙人として指南車に乗っているのを。

【語釈】

秋来 秋になる。四五番詩【語釈】該項参照。また、「春来」(一番)、「夏来」(三〇番)とあった。野外 人里から遠く離れた土地。三番・五二番詩【語釈】該項参照。本集には「野外千句秋始装」(七六番)ともある。莫人家 「人家」には、家族の意もあるが、ここは、人の住まい、民家。傳玄「美女篇」詩に「一顧乱人国、再顧乱人家」、錢起「過故洛城」詩に「故城門外春日斜、故城門裏無人家」とあり、滋野貞主「奉和御製江上落花詞」詩に「本道津橋春色久、桃花楊柳千人家」(『雑言奉和』)、菅原道真「山家晚秋」詩に「千万人家一世間、適達得意不言還」

遺集一・一一九）「なに」ころ（心）（万葉集一〇・二二九五）「なにも
 の（物）」（万葉集一五・三七三三）などがある。「なにびと」に相応す
 る、和歌に用いられる表現としては「面忘れいかなる人のするものそ我
 はしかねつ継ぎてし思へば」（万葉集一・二五三三）、「このさとい
 かなる人かいへあして山郭公たえずきくらむ」（拾遺集二・一〇七）な
 どにおける「いかなる人」であろう。来て脱ぎかけし「来て」を「着
 て」とする説もあるが、本歌におけるポイントは「脱ぐ」方にあり、し
 かも「野辺」という場所であるから、「来て」の方を採る。「脱ぎかく」
 という複合語は万葉集にはなく、八代集に「ぬししらぬかこそにほへれ
 秋ののたがぬぎかけしふぢばかまぞも」（古今集四・二四一）「みつせ
 河渡るみさをもなかりけりなにに衣をぬぎてかくらん」（拾遺集九・五
 四三）「あるがつへに又ぬぎかくるからころもいかがみさをもつくりあ
 ぶべき」（後拾遺集一五・八八三）などのように見られる。どれも、何
 かを脱いでどこかに掛けるの意。本歌においては、「脱ぐ」のは「藤袴」
 であり、「掛く」のは「野辺」のどこかである。句末の「し」は助動詞
 「き」の連体形で、「なに人か」の「か」の結びであって、「藤袴」の連
 体修飾とはとらない。藤袴「藤袴」については本集四三番歌【語釈】
 「藤袴」の項を参照。この植物の名称の由来はおそらく、その花が藤色
 （薄紫色）であり、茎と花房の付き様が袴を逆さにした様子に似ている
 からであろう。「脱ぎかけ」た状態とはまさにその逆さ状を見立てたの
 であり、本歌における袴は表袴で、就寝時に脱ぎ掛けたという想定と見
 られる。秋来る毎に「秋毎来」あるいは「毎秋来」という本文を「秋
 来る毎に」と訓むこと自体は問題ないであろうが、同歌所載の他集には
 「くる秋ごと」とあり、永青文庫本・久曾神本の「来留秋丹」もそれ
 に近い。万葉集には「時の花いやめづらしもかくしこそ見し明らめ秋
 立つごとに」（万葉集二〇・四四八五）という類似例が見られるが、八
 代集には「秋来るごとに」はなく、「往還りこもかしこも旅なれやく
 る秋ごとにかりかりとなく」（後撰集七・三六一）「をぎのはにこととふ
 人もなきものをくる秋ごとにそよとこたふる」（詞花集三・一一七）の

（『菅家文章』巻二）、大江匡衡「嵯峨野秋望其九」詩に「遥漢風高聞雁
 櫓、遠村雲断見人家」（『江吏部集』巻上）とある。ただし、道真詩の「人
 家」は家族の意か。本集にも「四方千里求難得、借問人家是有不」（一
 一八番）とある。異文「曾人家」は、非「莫」の誤写か。藤袴 和
 歌の【語釈】を参照のこと。『和名抄』巻十に「蘭 兼名苑云、蘭、音
 闌。一名、蕙、音恵。本草、布知波加麻。新撰万葉集別用藤袴二字」と
 ある。中国詩は言うまでもなく、寡聞にして日本漢詩にも詠まれた例を
 知らない。和歌表記からの転用。締懸 日中ともこの語の用例を知
 らない。「締」は、ほどけないようにしっかりとむすび締めること。
 「懸」は、物を縄などで結んで宙にぶら下げること。和歌の「藤袴」の
 【語釈】にあるように、その花を袴を逆さにしたと見立てているのだろ
 うが、それならば、「倒懸」の語が相応しい。異文「綿懸」は、「締」の
 草書体からの誤写、同じく異文「錦懸」は、更にその「綿」の糸偏の崩
 しを誤ったもの。玉樹柯 「玉樹」は、仙境に生えたとされた、珊瑚
 や珠玉でできた美しい樹木。『淮南子』墜形訓に「上有木禾、其脩五尋。
 珠樹・玉樹・璇樹・不死樹、在其西」、晋・庾闡「遊仙詩十首其九」詩
 に「玉樹標雲翠蔚、靈崖独拔奇卉」（『藝文類聚』仙道）、曹植「仙人篇」
 詩に「玉樹扶道生、白虎夾門枢」とあり、賀陽豊年「晚夏神泉苑釣台同
 勒深臨陰心応製」詩に「玉樹長帷跨帝圃、玉流瀑布写天臨」（『凌雲
 集』）とある。「柯」は、『毛詩』小雅・湛露に「湛湛露斯」とある、そ
 の鄭玄の箋に「使物柯葉低垂」といい、正義に「柯謂枝也」とあるよう
 に、また張衡「西京賦」に「浸石菌於重涯、濯靈芝以朱柯」（『文選』卷
 二）とある薛綜注に「朱柯、芝草茎赤色也」とあるように、木の枝や草
 の茎のこと。菅原道真に「賦葉落庭柯空」詩（『菅家文章』巻五）があ
 る。借問 古詩中に常見の仮設性の問語。上句に用い、下句には作者
 の自答がくるのが一般。ちよつと尋ねてみる、の意。曹植「七哀詩」に
 「借問歎者誰、言是客子妻」（『文選』巻二三）、郭璞「遊仙詩七首其
 二」詩に「借問此何誰、云是鬼谷子」（『文選』巻二一）とあり、嵯峨天
 皇「神泉苑花宴賦落花篇」詩に「借問濃香何独飛、飛来滿坐堪襲衣」

ように「くる秋ごと」という表現の方が用いられている。意味的には違くないと思われる。野辺を匂はす「野辺」については二八番歌【語釈】「野辺のほとりの」の項を参照。「匂はす」という「にほふ」の使役動詞は万葉集には「秋の野をにほはす(尔保波須)萩は咲けれども見る験なし旅にしあれば」(万葉集一五・三六七七)「馬並めて高の山辺を白妙ににほはし(令艶色)たるは梅の花かも」(万葉集一〇・一八五九)など数例見られるが、八代集には古今集載の同歌以外は「むめがかをさくらのなにはほはせてやなぎがえだにさかせてしかな」(後拾遺集一・八二)の一例のみ。万葉集の例はどれも視覚的な美しさを表すのに対して、八代集の方は嗅覚的な良さを表す。本歌はフジバカマがその主体であり、「やどりせし人のかたみかふぢばかまわすられがたきかににほひつつ」(古今集四・二四〇)「ぬししらぬかこそにほへれ秋ののたがぬぎかけしふぢばかまぞも」(古今集四・二四一)「秋ふかみたそかれ時のふぢばかまにほふはなのる心ちこそすれ」(千載集五・三四四)などからも、嗅覚的に「匂はす」と考えられる。

【補注】

「なに人か」という、やや固苦しい問い掛けの対象として想定されたのは、薫香をたきこめた、藤色の袴を身に付けた、それ相当の身分の男性であろう。古今集において同歌に続く「やどりせし人のかたみかふぢばかまわすられがたきかににほひつつ」(古今集四・二四〇)「ぬししらぬかこそにほへれ秋ののたがぬぎかけしふぢばかまぞも」(古今集四・二四一)も同様の趣向・設定である。

言うまでもないが、この趣向・設定はあくまでも「ふじばかま」という植物名に由来するものであり、ともに野辺に群生する「おみなへし」という植物の名の「おみな」から連想される女性と対をなし、一夜を共にするという物語となっている。

古今集の同歌に対して、窪田評釈では「脱ぎかけし」と過去にし、「来る秋毎に」とそれを強めているのは、その起源の古いという事で、古えを慕う習いから、同じく余情のある事である」と指摘しているが、

(『凌雲集』)、菅原道真「客館書懐同賦交字呈渤海裴令大使」詩に「借問高才非宰相、揚雄幾解俗人嘲」(『菅家文章』巻五)とある。本集にもあつたこと「莫人家」の項を参照のこと。異文「借問」は意味をなさない。遊仙 仙人のこと。陸機「樂府十七首前緩声歌」に「遊仙聚靈族、高會曾城阿」(『文選』卷二八)、錢起「送柳道士」詩に「世事能成道、遊仙不定家」、白居易「与諸道者同遊二室至九龍潭作」詩に「喜逢二室遊仙子、厭作三川守土臣」とあり、良岑安世「奉和太上天皇青山歌」詩に「遊仙所樂些、逸士所說些」(『經国集』卷十四)とある。何処在場所を尋ねる時の、唐詩に常見の語。王績「贈字仙者」詩に「仙人何処在、道士未還家」、薛曜「送道士入天台」詩に「碧海桑田何處在、笙歌一聽一遙遙」とあり、菅原清公「秋夜途中聞笙」詩に「王子遇仙何處在、洛濱遺態使人驚」(『凌雲集』)、菅原道真「後漢書竟宴各詠史得光武」詩に「時龍何處在、光武一朝乘」(『菅家文章』卷二)、菅原道真「片雲」詩に「浮沈何處在、恐被晚風遮」(『菅家文章』卷二)、菅原道真「山寺」詩に「文殊何處在、歸路趁香薰」(『菅家文章』卷二)とある。誰知一体誰が知つていようか、誰も知らない。反語。五八番詩【語釈】該項参照。本集には「誰知屈指歲猶豐」(八五番)ともある。我乗「蘇小小歌」に「我乘油壁車、郎乘青驄馬」、李白「勞勞亭歌」詩に「我乘素舸同康樂、朗詠清川飛夜霜」とある。指南車 中国古代の、羅針盤の役割を果たした車。車の上に羽衣を着た仙人の木像を置き、前方を指さすその指が常に南の方角を指すようになっている。その車の沿革については『通典』卷六四・嘉礼九に詳しい。六番詩【語釈】「指車」の項を参照のこと。大江以言「視雲知隱賦」に「仰周輪兮不迷、自為安車指南之使、望楚衣兮暗運、遂得鳴騶向北之輪」(『本朝文粹』卷一)、大江以言「為覺運僧都四十九日願文」に「而今仏道記里之車忽摧、向何方而為指南、法軍降魔之兵長去、遣誰人而令背北」(『本朝文粹』卷一四)とある。

【補注】

韻字は「家・車」(下平声九麻韻)と「柯」(下平声七歌韻)で

類想歌に対する本歌の特徴は「秋来る毎に」という反復性にあり、それが、趣向としての袴の薫香の強さを強調するとともに、事実在即してはいるものの秋の季節のみに限定されることの不合理性に対しては物語として折り合いを付けていると言える。

あるが、前者は独用であるため、通押しない。平仄も結句の「乗」は動詞に解釈すれば平韻となって傷となる。「乗」には仄韻もあるが、名詞としての用法しかない。古訓には「ノリモノ」があるから、平仄を

【比較・対照】

和歌の内容は、例によってほぼ漢詩の前半部分で翻案し終えている。小さな差をあえて言えば、和歌の「秋来る毎に」という反復性を、漢詩では無視していること、および「句はず」というフジバカマの花の、良い香りという重要な属性を、漢詩では「にほふ」という語の原義を生かして、美しく咲くという意味に変えているということである。しかしそれは、和歌を漢詩につつすための大事な手がかりとしているということであれば、十分に意味のあることとしなければならぬ。

漢詩は、和歌の「なに人か 来て脱ぎかけし」という疑問に対して、みごとにその答えを用意することができているからである。つまり、「にほふ」を、美しく咲くという意味に変えることで、「玉樹」という形容を引き出し、その連想から「遊仙」の語を引き出すことによって、「それ相当の身分の男性」（和歌【補注】）という、和歌に隠れた想定を、みごとに顕在化させることに成功しているのである。漢詩ではやや疑問符の付けられた「締懸」の語も、「脱ぎかけし」の語の翻案と見れば良いだろうし、「藤袴」という和語を用いたということであれば、押韻や平仄の傷も、大きく和詩（日本の漢詩）と考えることで、漢詩としての傷を軽減させることもできるだろう。

ともかく、結句の一句によって、漢詩は起句承句の叙景と、「借問」で始まる転句の変化を承けて、みごとに全体が収まっているのであり、更に漢詩の結句というだけでなく、和歌の問いも含めた、全体の収束をも果たしているということが出来る。

（平成一七年九月二九日受理）

〔注〕本稿は、『共立女子大学文学部紀要』第四〇集、第五一集（平成六年二月、平成一七年一月）および『東京工業高等専門学校研究報告書』第二一六号、第二三六号（一）の続稿である。

意識した訓みをすれば、「誰か知らむ我が乗は指南車なるを」（でも誰も知らないだろうね、そう言う私の乗物が指南車であるのを）となるが、訓点を持つ諸本の中でこうした訓みをするものはない。

結局、押韻、平仄ともに傷のある作品であるが、秋の野外の風景を描いたあと、その比喩として用いられた「玉樹」を手がかりに自問自答して、実は自分が仙人でしたと種明かしをする構成は、なかなか諧謔の利いた、他に類例のないものになっている。

東京工業高等専門学校研究報告書

第 37 (2) 号

平成 17 年度

平成18年 1月10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

東京都八王子市櫛田町1220の2

TEL 八王子 (0426) 68 - 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.

