

I S S N 0 2 8 6 - 5 4 8 3

紀 要

第40卷

2007

鈴鹿工業高等専門学校

鈴鹿工業高等専門学校紀要

第40巻

目 次

エピクテートの哲学	奥 貞二	1
「エチカ」における永遠性について	奥 貞二	5
ある肖像画によせて	奥 貞二	9
高専国語で「コミュニケーション能力」を身につける方法 —「新入生学力検査」から探る—	西岡 将美	15
縦断的観察による鈴鹿工業高等専門学校学生の身体の発育、発達	宮崎 雄三 船越 一彦 細野 信幸	25
数値解析を援用したコースティック像のシミュレーションに関する基礎的研究	末次 正寛 清水 紘治	31
ヒトによるコイン形状対象物把握動作の解析	白井 達也 野口 賢晃 富岡 巧	39
鈴鹿テニス協会における web を利用した大会申込システムの開発	柴垣 寛治 出口 芳孝	47
過去の試合結果を基に動作するコンピュータプレイヤー	田畑 大輔 田添 丈博	53
燃料電池関連技術者養成のための実践技術教育	小倉 弘幸 伊藤八十四 森 邦彦 澤辺 昭廣 中村 勇志 河野 純也 西村 吉弘 谷川 義之	57

山田 太
西森 睦和

各種めっき金属の活性酸素との相互作用について…………… 兼松 秀行 …… 61
田口 寛

ミステリーと創造性—ミステリーの創造性教育への応用—…………… 兼松 秀行 …… 67
ダナ M. バリー

教職員の研究活動記録…………… 71

奥付

CONTENTS

Epictetus Philosophy	Teiji OKU	1
On Eternity in “Ethica”	Teiji OKU	5
A Portrait	Teiji OKU	9
A Way to Improve Students’ Communicative Ability in Japanese Language Classes at Suzuka College of Technology —From a Viewpoint of the Result from Achievement Tests for the 1st-year Students—	Masami NISHIOKA	15
A Longitudinal Study on Physical Development and Growth of Students 15~18 years old	Yuzo MIYAZAKI	25
	Kazuhiko FUNAKOSHI	
	Nobuyuki HOSONO	
A Study on the Simulation of Caustics Combined with the Numerical Analysis	Masahiro SUETSUGU	31
	Koji SHIMIZU	
Analysis of Grasping Motion for Coin-Shaped Objects by Human	Tatsuya SHIRAI	39
	Masaaki NOGUCHI	
	Takumi TOMIOKA	
Development of Web-Based Application System in Suzuka Tennis Association	Kanji SHIBAGAKI	47
	Yoshitaka DEGUCHI	
The Computer Player Which Operates Based on Results of Past Games	Daisuke TABATA	53
	Takehiro TAZOE	
Engineering Education for Acquiring Basic Knowledge and Technology on Fuel Cells in SNCT	Hiroyuki OGURA	57
	Yasoshi ITO	
	Kunihiko MORI	
	Akihiro SAWABE	
	Yushi NAKAMURA	
	Junya KONO	
	Yoshihiro NISHIMURA	
	Tomoyuki TANIGAWA	
	Futoshi YAMADA	

Mutsukazu NISHIMORI

Interaction Between Various Plating Metals and Active Oxygen Hideyuki KANEMATSU 61
Hiroshi TAGUCHI

Mysteries & Creativity —The Application of Mysteries to
Creative Education— Hideyuki KANEMATSU 67
Dana M. BARRY

Research Activities of the Faculty Members 71

Colophon

エピクテートの哲学

奥 貞二

Epictetus Philosophy

Teiji OKU*

There was Epictetus in the Rome under the Czarist regime. He had been a slave, then became a philosopher. He had great respect for Socrates. We take up a subject on Epictetus philosophy on the matters for investigation in the following.

- I. Three fundamental propositions and key-words in Epictetus philosophy
- II. Epictetus philosophy
- III. We act in harmony with nature

(Received September 8, 2006)

Key Words: われわれの権内にあるもの、理性、自然本性、支配能力、心像、先取観念

ソクラテスを最も尊敬する師と仰ぎ、ソクラテスの生き方を出来る限り学ぼうとした人に、帝政ローマ時代のエピクテートスという後期ストア哲学者をあげることができる。ソクラテスその人が余りに大きく、余りに尊いが故に、その後を追うものには、それぞれ師の一部が展開されることとなった。エピクテートスにとっては、我々の権内にあるものと、我々の権内にないものとの区別というところから始まっている。エピクテートス哲学の全貌を次の順序で解き明かすことにしよう。

- I エピクテートの三基本命題と重要語句
- II エピクテートの哲学
- III 自然本性に合致する

I エピクテートの三基本命題と重要語句

エピクテートスは1冊の本も書き残さなかった。その点でも、ソクラテス的である。彼の周囲の人、同時代の人を書き纏めたのが「人生談義」である。その本を紐解くと、直ぐ目に入り、しかもエピクテートス理解にとって決定的であるのが、次の3つの命題と、4つの重要語句である。何れも、エピクテートス理解には、欠かせず、根本的な事柄であり、先ずそれらから見ていくことにしよう。

1. 1) 我々の権内にあるものと 2) ないもの
2. <心像を理性的に使用する可死的動物>
3. 支配能力が自然本性にかなうように保持する
4. 重要語句: 1) 理性、2) 支配能力、3) 心像、4) 先取

* 一般科目 (哲学) [General Education (philosophy)]

観念

1. 我々の権内にあるものとなないもの
もしエピクテートを理解しようと努めるならば、この言い方を抑えなければ何事も始まらない。そう言えるほどの、基本事項であり、根本的な事柄である。それは、**我々の権内にあるもの** (ta eph' hemin) と、**我々の権内にないもの** (ouk ta eph' hemin) であるⁱ⁾。両者について、詳しく見てみよう。

1) **我々の権内にあるもの**: 意見、意欲、欲求、忌避等で、我々の活動と呼ばれるものである。自由という本性をもち、それらの取り扱いには、細心の注意を払う必要がある。取り扱いについては、各々の人の理性が、色々の心像を使うことによって成り立つ。ここに差が出てくる。理性による心像と自然との完全な一致が求められる。心像を自然に合わせる。ここから自由と、幸福、さらには最終的な平静、剛毅、不動心という境地が得られてくるとエピクテートスは主張する。

2) **我々の権内にないもの**: 肉体、財産、評判、公職等で、これらは脆く、我々の外にあり、我々の活動ではない。自分の肉体が自分の外とは奇妙に思われるかもしれない。ここでの意味は、意識とは別のものである。もしこれら外のものに向かい、外のを求めれば、その人が**隷属的**になる。これらにより自分自身、理性本来のあり方が妨げられる。これら自分の権内にないものに対しては、自分の意識の外にある存在だけに、それらに対しては我々は大胆でありうるし、大胆であるべきである。

多くの人々は、肉塊にへばりつき、美容と健康ばかりに意識が向かい、財産を増やしたり確保したりすることに気を遣い、評判を何より気にかける。公職に就けるように、就いたら就いたで次々出てくる雑用に奔走させられる。こ

のようにして、急いで右往左往していることになる。それはまるで、目明きから見た盲人の振舞いのようだ。我々は、どうすれば、やろうとすることが妨げられずに、欲することが満たされ、避けねばならないことが避けられるかを検討し、研究しなければならず、そうしない限り、変転する日常生活に埋没することになるⁱⁱ。

2. 心像を理性的に使用する可死的動物

二足獣を初めとして、人間について色々な定義がなされてきたが、それでは、エピクテトスは何と言っているのでしょうか。次のように規定している。

<心像を理性的に使用する可死的動物(thneton zoon chrestikon pantasiais logikos)>ⁱⁱⁱ

このままでは、見事に定義しているとも、そうでないとも言えないのではないかと思う。それは、日常用いない言葉がいくつか使用されているからであろう。<心像>であるが、これは、心の中に心像を作り上げることが出来るということである。このことによって、その行為の正邪善悪を判断したり、色々なことを考えることや、言葉を使うことができる。<理性的に使用する>この言葉は重要である。この使い次第で、色々な人間のバリエーションが出来る。エピクテトスによれば、自然本性に合致するように使用することが大切となる。しかし、実際のところはどうか。

3. 支配能力が自然本性にかなうように保持する (to hegemonikon kata physin echon)

この命題^{iv}が、エピクテトスにとってはとても重要な意味を持つ。我々の権内にあるもの(欲求、忌避、意見、意欲、計画、承認等)だけに関わり、我々の権内にないもの(肉体、地位、名誉、財産)から身を引く。そして、権内のもので意志を働かせる。その意志の働かせるのは、自分の欲することが妨げられず、欲しないことが避けられるようにすることである。そのためには、支配能力が、そのお手本として、自然本性をモデルにし、それに従い、それと合致させ、それに適うようにした時とされるのである。ここでの支配能力の完成という日々研鑽が、求められている。

3. 重要語句：1) 理性、2) 支配能力、3) 心像、4) 先取観念

1) 理性 *logos* : *the reasoning faculty* 他日本語訳：道理、言葉

理性の特徴は、2つある。一つは、自分自身を考察し、他のすべてのものをも考察することができる^v。もう一つは、神々と共通する能力である^{vi}。そのような特徴を持つ理性は、心像を使うべきところで正しく使うことができ、理性自身は或る性質の心像からなる総体である。

2) 支配能力 *hegemonikon* : *the governing principle* 他日本語訳：指導能力

①魂の能力の一つで、最も優れた能力で、単に知性という側面に留まらず、意志をも、感情をも含意しうる、いわば

良心のような性格である^{vii}。

②支配能力が憐れな場合には、欠伸をしたり、眠ったりしてどんな心像をも受け入れてしまう^{viii}。

③支配能力の感覚が、哲学の始めであり、それが弱いことを知れば、それを大事なことに使用しないであろう^{ix}。

④我々の権内にあるものと、我々の権内にないものが対置されているのではなくて、外のもの(我々の権内にないもの)と、支配能力が対置され、外のもの(我々の権内にないもの)の完成を目指し、追いつめれば、普通の人に終り、支配能力の完成を求めれば哲学追求となる。要録29、ここで努力する人を言葉の正しき意味で、勤勉と呼ぶ^x。

⑤次の言葉で支配能力を清めよ「今や私の心は、材料であって、大工の材木、靴屋の革にあたる。私の仕事は心像を正しく使用することだ。死がやって来るとも国外に追放されることも恐れるに足らない^{xi}。」

これらから分かるように、理性と支配能力は、多くの点で重なる。理性は、神と共通する能力で、心像の正しい使用ということで活動する。それに対し、支配能力は、個々の人の自己自身のコントロール部門という意味が主で、日常生活の現実場面で直接活動している。それ故、支配能力が弱いか、ポーとしているとかいう場面も当然出てくる。

3) 心像 *phantasia* : *the external impression* 心像

ところで、心像には4種類ある^{xii}。

i) 存在し、かつ存在しているように見えるもの

ii) 存在しないし存在しているようにも見えないもの

iii) 存在しながら存在しているようには見えないもの

iv) 存在しないのに存在しているように見えるもの

である。具体的には、心像それぞれを吟味し、特にiii)とiv)の心像の取り扱いには、細心の注意が必要となる。理性(自分自身を考察することができ、心像の総体であり、神々と共通する能力である^{xiii})が心像を使わなければならないところで正確に使う。場面は欲求する、忌避する、計画する、意図する等々の心の活動においてである。エピクテトスは、この心像の使用のみを権内においた。正しく使用することが出来れば(自然本性に合致し、自然本性にかなう、自然本性に従う仕方)、自由と平安と、爽快さ、剛毅、正義、節制、法を手に入れることができる。

4) 先取観念 *prolepsis* : *preconception* (*ennoian echon* : *innate conception* 生得観念)

先取観念は、全ての人々に共通のものである^{xiv}。例えば、美、醜、正、邪、善、悪等。しかし、これらを具体的事柄に当てはめる時に各人によって違いが出てくる。それ故、先取観念を個々のものに、自然本性と合致する仕方でも適用できるように教育が必要となり、その教育をマスターすると、エピクテトスにおいては教養を身に付けたとされる。

観念^{xv}という言葉が使われ、またそれらと関係する言葉の関係について言及すると、次の如くである。---すべての観念は、外界に基づく心像により、白紙の心に生じる。生得観念は、教えられなくても既に持っている観念(正善美等)、先取観念は、全ての人に共通の根源的一般原理であっ

て、殆んど普通名詞と重なるのではなからうか。

II エピクテートの哲学

1. 哲学の出発点

1) 何が良いか、何が正しいか、そして、それらについての揺るぎない心像を持っているか等について、貧弱さ、無能力を自覚した時、言い換えれば、人々の言うことの矛盾、各人各人の考え方の違いに出会った時に、根本的基準は何かを、尋ねざるをえなくなる。全てが相対論に終わることなく、揺るぎない基準を探そうという気が起こった時、それが哲学を始める出発点となる xvi。

2) 他面においては、自分の指導能力がどのような状態にあるかを気づくこと。その時、指導能力が弱ければ、それを大切な事柄、善とか、正義とか、大切な場面に使うことが出来ない。そこから確固たる指導能力確立のために、哲学を始める xvii。

2. エピクテートの哲学の活動

1) 正邪善悪美醜について、知っているという自惚れを捨てること。それらについての原理発見のために、探求生活を始めること。これが哲学の仕事の第1歩である xviii。

2) 哲学の活動の3領域

i. 欲求と忌避：欲求することが得損なったり、忌避することが避け損なうことのないよう意志において訓練する。

ii. 意欲と拒否：間違わずに意欲し拒否できるために訓練する。

iii. 判断：だまされず判断できるように訓練する。

以上iii領域であるが、特にiの領域の訓練に重点が置かれる。その具体例として、美しい女の子は避けたほうが良いと忠告されているのも、我々には納得がいく xix。

3) 哲学が約束するものとは、支配能力が自然本性にかなうように保持する xx。

上述した2)の領域で訓練努力し、欲することが得られ、避けたいことが避けられるようにする際の根拠、モデル原理となるものがこの命題で、要するに自然本性と合致させ、自然本性に適うようにし、自然本性に合わず仕方で訓練する。

4) 普通の人、自分の不幸を人の所為にする。しかし哲学者はもし不幸と呼ばれる境地にあるとすれば、それは自分の所為でそうだと考える。ところで、哲学者の一番大事な仕事は、諸々の心像を吟味し、区別し、吟味されていない心像は使用しない xxi ことである。

5) 愈々心の平和、平静な生活を求めることになる。それには、自分の意志以外のものは遠ざけ、自分の権内のもので、何物からも邪魔されないものに理性を捧げる。自然に一致して生きるために、自分の支配能力である理性を目的として骨折るのであれば、われわれはそのような人を勤勉な人と呼ぶに相応しいであろう。

ここまで来れば、動揺を超える領域、いわゆる平静、剛毅、不動心の領域に差し掛かる。動揺が生じる場面とは、

臆病、卑屈、富者の驚嘆、欲するものを得そこなう欲望、避け損なう回避等の場面である。そこで、どんな場合でも信頼に値するものは、財力でも、権力でもなくて、自分の力、即ち我々の権内にあるものとならないものについての考察であり、その考察から得られたものが信頼に値する。何故ならこの考察のみが、人をして自由ならしめ、人をして妨げられないもの、卑屈にされたものの首を挙げさせるもの、まともな目で富者や暴君を正視させるものだからである。この自由こそが、哲学者への贈り物であり、最上の境地である xxii。

III 自然本性に合致する

エピクテートの求めていた境地を一言で表せば、<外物から身を引いて、自分の意志に向かい、それを形成し、その結果自然本性と合致して、気高く、自由で、妨げられず生きる> xxiii となる。

外物から身を引く。要するに、公職から身を引いた隠棲生活であり、修行僧タイプの人間である。しかし、単に隠れて一人暮らしを要求しているものでもない。その点ソクラテスが、デルポイの神託「ソクラテスより知者はいない」というお告げを受けた後の、探求生活は、公人としてではなく、私人として、知者と思われる人を訪ね、膝詰め談判しながら吟味するというあの吟味探求生活にも共通し、他者との関係を続けても十分可能なものであろう xxiv。

さて、何故自然本姓と合致することが求められ、自然本性が基準となるのであろうか。エピクテートは、「摂理について」の中で次のように述べている xxv。

「神は人間を、神と神の仕事の観察者として人間を遣わし、単なる観察者でなく解説者として遣わした。人間は理性のない動物のように振舞うべきではなく、我々は観察者から初めて、自然が我々においてを終わらせたところで終わるべきだ。つまり、自然は観想や理解や自然と調和した生き方等に終わらせている。」

つまり、神の如く観想することにより、そこから解説者の地位を得る。ただ見るだけではだめで、判断を下さなければならず、その判断が、自然との調和に求められる。

「人生談義」では、自然本姓との関係で、次の3種類の表現方法が見出される。

1. 自然本性と合致する (physei symphonon)

意欲、拒否、計画、意図等が、自然と合致しているかどうかで吟味する。合致しておれば、その人を不動にし、気高く、自由で、妨げられず、邪魔されず、誠実で、慎みがあるようにする xxvi。

自然と合致したその結果が、エピクテートが求めていた境地がえられる。

2. 自然本性にかなう (kata physin)

自然本性にかなうものの中から標準を学び、その標準を用いてこのものを判定するということになる xxvii。

自然本性にかなうことが、基準標準となる。一度標準となれば、それを基に他のものを、比較検討判定することを可能になる。

3. 自然本性に従う (to akolouthon teiphyse)

自然に従うことをなす。これが生の法則である xxviii。

もし、医者という職業の人が存在せず、健康な体をどうして維持していくかという、その答えの一つが、自然本性に従うということになろう。それが、生の法則、原理、秘訣ということになろう。

以上、3種類の言い方は「人生談義」を通して、随所にキーワードのように使われ、説明されている。それは、ひとたび、我々の権内にあるものに向かった者にとっての判断基準を何処に求めるか、何を善とし、何を悪とする、その拠り所を何処に求めるか、と問われた時の答えは以下の如くなる。

<善悪の本性は何処にあるのか。それは真理のあるところにある。真理のあるところ、自然本性のあるところ、そこに細心があるのだ。真理のあるところ、自然本性のあるところ、そこに又大胆もあるのだ。>

善悪—真理—自然本性この連関が、エピクテートス哲学の根本である。

既にこの表現「人生談義」(上) エピクテートス著 鹿野治助訳 第1巻第1章、(下) 提要1 岩波文庫 その他随所に、この〈われわれの権内にあるもの〉と、〈われわれの権内にないもの〉という形で登場する。この表現は、ソクラテスの日頃訴え続けていた主張との連関を強く読み取ることができる。〈われわれの権内にあるもの〉にのみ向かえという主張は、ソクラテスの日頃アテナイ人達に向かって説き続けていた〈魂の世話〉の延長線上にある考え方だといえるのではないか。「ソクラテスの弁明」29e、30b そこでは、アテナイ人諸君に、お金や身体や名誉や評判に気を遣っていて恥ずかしくないのか。思慮や真実、そして魂ができるだけ優れたものになるように気を遣わなければならないと説いている。前者、お金、身体、名誉、評判というようなものは、我々の外にあるもので、我々自身どうすることもできないものである。

- ii 同上書第3巻第22章 岩波文庫(下) p75 参照
- iii 同上書第3巻第1章 岩波文庫(下) p13 参照
- iv 同上書第1巻第15章 岩波文庫(上) p68 参照
- v 同上書第1巻第20章 岩波文庫(上) p84 参照
- vi 同上書第1巻第3章 p25、12章 p62(上) 岩波文庫 参照
- vii 同上書第1巻第15章 岩波文庫(上) 注38 p249 参照
- viii 同上書第1巻第20章 岩波文庫(上) p85 参照
- ix 同上書第1巻第26章 岩波文庫(上) p103 参照
- x 同上書第4巻第7同章 岩波文庫(下) p191 参照
- xi 同上書第3巻第22章 岩波文庫(下) p74 参照
- xii 同上書第1巻第27章 岩波文庫(上) p103 参照
- xiii I-4-1) 理性の項参照
- xiv 同上書第1巻第22章 岩波文庫(上) p87 参照
- xv 同上書第1巻第2章 岩波文庫(上) p244の注10 参照
- xvi 同上書第2巻第11章 岩波文庫(上) p162 参照
- xvii 同上書第1巻第26章 岩波文庫(上) p103 参照
- xviii 同上書第2巻第17章 岩波文庫(上) p192 参照
- xix 同上書第1巻第4章 p27 注14、第2巻第17章 p194 岩波文庫(上)、第3巻第12章 p49(下) 参照
- xx 同上書第1巻第15章 岩波文庫(上) p68 参照
- xxi 同上書第1巻第20章 岩波文庫(上) p85 参照
- xxii 同上書第3巻第26章 岩波文庫(下) p122 参照
- xxiii 同上書第1巻第4章 岩波文庫(上) p28 参照
- xxiv プラトン著「ソクラテスの弁明」21A 以下参照
- xxv 同上書第1巻第6章 岩波文庫(上) p34 参照
- xxvi 同上書第1巻第4章 岩波文庫(上) p28、その他 第3巻第10章(下) p44-45 参照
- xxvii 同上書第1巻第11章 p52、第1巻第15章 p68 岩波文庫(上) 参照
- xxviii 同上書第1巻第26章 p101、第12章 p61 岩波文庫(上) 参照

「エチカ」における永遠性について

奥 貞二

On Eternity in “Ethica”

Teiji OKU*

We have investigated Time-theory in Aristotle. Aristotle said that we find time when we discover number in the moving. The scene when there is no change is no time(≡ eternity). We met Spinoza. Spinoza searched the eternity in “Ethica”. The research is the following 5 points.

1. Definition
2. Attribution of God
3. Under the eternal aspect
4. The Third Cognition
5. Eternity in human mind
6. Conclusion

(Received September 8, 2006)

Key Words: 神、永遠の相、第3種の認識、人間精神

この言葉(永遠性)を以前から本格的に考えて見たいと思いつけてきたが、よき導き手に出会えず、考えてみるチャンスが中々巡ってこなかった。ところで、以前<アリストテレスの時間論>を論じた時、少し思い当たる節があった。つまり、アリストテレスは、「運動において数を見出した時に時間を見出すことができる」と述べている¹。逆に、如何なる運動も認めることができないところでは、時間は存在せず、ひょっとするとそれが永遠と呼ばれるものかなと考えていた。運動との関連で時間が見出される。そして、運動が関与しない形で始めて永遠という問題が浮かび上がってくる。しかし、端的に、永遠それ自身は如何なるものかと問われても、考えてみろと言われても、どのような手立ても、方法も持ち合わせていなかった。そういうふうにして、長い時間が経過した。そこで出会ったのが、スピノザであった。スピノザこそ、この問題を正面から考え、しかも、最も充実した意味において考えたのが「エチカ」であろう。この小論で明らかにすることは、スピノザの考えた永遠性という言葉は端的に何であり、何処まで広がりを持つかを見届けることである。次の項目について検討する。

- I 定義
- II 神の属性
- III 永遠の相のもとに
- IV 第3種の認識
- V 人間精神と永遠性
- VI むすび

* 一般課目(哲学) [General Education (Philosophy)]

I 永遠性の定義 (存在、必然性、何時以前以後がない) スピノザによれば、永遠性と言う言葉は、存在、必然性、何時以前以後がないという3つの観点で定義される。それでは、そのそれぞれについて検討しよう。

1. 存在性

——定義八：永遠性とは、存在が永遠なるものの定義のみから必然的に出てくると考えられる限り、存在そのもののことと解する²——

<永遠性とは、存在そのもの>という主張は説得的である。つまり問題になっていることは、存在、在り続ける、変わらず存在するということである。そうすると、この問題は存在論に属することになるか。変化変転するものと、在り続けるもの、この2つを比べると、後者の、在り続けて、変化を受け入れないものに関するものが永遠性ということになる。プラトンのイデアの性格にも共通するのが、この永遠性ということになる。逆に、変化するものは、時間の中にある。しかし、我々の生活世界、周りに存在するものは、常に変化し続けるものであり、暮らしの中では、永遠性を実感感覚することはまずないと言える。それ故、永遠について考えてみろと言われても、困難を極めることになる。

2. 無時間性

2番目の特徴は、これは我々が普通に思い浮かべ、一般的に考えている性質であろう。

——ところで永遠の中には何時ということがなく又以前ということも以後ということもないのであるから、このことから、即ち神の完全性だけからして、神は決して他の決

意をなしえないしまたその決意なしえなかったこと、或は神はその決意の以前には存在しなかったしまたその決意なしには存在し得ないことが帰結されるのである³——

永遠には、いつということがない。つまり以前や以後という観念が存在しないということである。時間が存在しない世界、それが永遠性ということである。1.では、運動変化が存在せず、存在それ自身の世界が永遠性と確認されたが、2.のここでは、時間が成立しない世界それが永遠性ということになる。ところで、人間社会においては何処にそのようなものを見出せばよいのだろうか。昼と夜があり。春夏秋冬がある。生き物には、誕生・成長・老化・死がある。無生物として、天文学的時間経過の中では、変化して止まない。山として、形を変えていく。全てのものは時々刻々変化していくものでしかない。同じことの繰り返し、典型的には円運動のように、周期が認められる運動を、変化なしと考えるならば、何か思い描けるような気もする。しかし、円運動、周期運動も立派な運動とすれば、我々は、永遠性を感知することは困難である。永遠性は現実の中には存せず、頭の中にだけしかないものであろうか。それは、

III 永遠の相のもとに

という場面で検討することにしよう。

3. 必然性

もう一つ永遠性を考える上で、特徴的なことをスピノザは規定している。それは、スピノザによれば、永遠性と必然性を等しいと置いている点である。

神については次章IIで詳述するが、必要項目を要約すれば、スピノザによれば以下の如くである。

神のみが唯一の実体⁴と呼ばれ、無限の属性を持つ⁵。そして、すべての物は、神が起成原因であり⁶、個物は、神の属性の変状ないしは様態とされる⁷。そして、その属性は次のように考えられている。

——各々の実有が、ある属性の下で考えられなければならない。そしてそれはより多くの実在性、或は有を持つにつれて、必然性(即ち永遠性)と無限性と表現されるそれだけ多くの属性を持つ⁸——

この表現で分かるように、スピノザは、属性の一つとして考えられる必然性と永遠性が等値で同じ内容だと捉えられている。しかも、必然性には、無限性が対のように対置され形容されている。

II 神の属性(永遠、無限、実体)

<神の存在>と聞けば、日本人には馴染み難い面を持つかもしれないけれど、ここは避けては通れない。神について考察し、神から説くことがスピノザの特長であり、新しさである。デカルトは、精神(意識)から、そして、今までの多くの哲学が、被造物一般(見られるもの)から始めていることへの、抗議と取れる形式の中にスピノザ哲学の新しさがあった。

1. 神の定義

——神とは、絶対に無限なる実有、換言すれば各々が永遠・無限の本質を表現する無限に多くの属性からなっている実

体と解する⁹——

神は絶対に無限なる実有である。神こそが存在し、存在という名に値する。しかも絶対的に無限なる存在である。これ以上の形容はないが、ここから神以外の全存在物が神の中に在るとか、あらゆる存在の原因であるという主張が出てくる。さらに後半部分の無限に多くの属性からなる実体であるという言い方である。つまり、どのような形容詞もそれに帰せられるようなそういう実体だということである。そのような実体が、存在している。永遠無限の存在者で、あらゆる属性をも持ちうる実体である。このような存在者が先ずあって、それ以外のものは、そこから、その中に存在するという発想は、簡単に言えば、一神教の根本原理ということになるだろうが、言葉で表せばこうなるのかと思うと、とても興味を引く。

2. 属性・永遠

——神或は神の全ての属性は永遠である¹⁰——

これには2つの側面が考えられる。神は実体で必然的に存在する。そうすれば、上述したI. 1の定義八から、神は永遠であるということが帰結する。どんな偶然性をも含まず、如何なる変化を受け入れることはなく、従って永遠ということになり、同じものとしてあり続けることになる。もう一つの側面は、神の属性についてである。定義4から、属性とは、神の実体の本質を表すものであり、実体に属するものである¹¹。ところで、実体の本性は、永遠性が属している。とすれば必然的のその属性も永遠性が必然的に属していることになる。

以上からして、神は永遠であると共に、その属性も永遠ということになる。つまり、神とは、変化、成長や衰退、生成と消滅ということがないということである。

III 永遠の相のもとに

永遠性が最も特徴的で、意味を持つ場面として考えられるのが、この<永遠の相のもとに>というフレーズで述べられることであろう。これについて、次の2つの観点が主張されている。

1. 理性の本性に属する

——事物を偶然としてでなく必然として観想することは理性の本性に属する¹²——

と述べた後の系二で

——ものをある永遠の相のもとに知覚することは理性の本性に属する¹³——

このことの理由は、ものを必然として観想することは、ものをそれ自身においてあるとおりに知覚することであり、この必然性は、神の永遠なる本性の必然性そのものである。だから永遠の相のもとに物を観想することは、理性の本性に属し、また理性の基礎は概念である。概念はすべてのものに共通のものを説明し、個物の本質を説明しない。それ故、それらの概念は何ら時間との関係なしに、ある永遠の相のもとに考えられることとなる。

つまり、理性は概念を用いて思考し、しかもその概念は、あらゆるものに共通なものを説明し、個物の本質を説明せ

ず、それが永遠の相のもとに見るということに繋がっている。

2. ものの認識の2方法

——精神は永遠の相のもとに認識するすべてのものを、身体の現在の現実的存在を考えることによって認識するのではなくて、身体の現実を永遠の相のもとに考えることによって認識する¹⁴——

この意味であるが、直ぐ次の備考のところで、次のように述べている。

——物是我々によって二様の仕方現実として考えられる。すなわち我々はものを一定の時間及び場所に関係して存在するとして考えるか、それとも物を神の中に含まれ、神の本性の必然性から生ずるとして考えるかのどちらかである。ところでこの第二の仕方真あるいは実在として考えられるすべてのものを我々は永遠の相のもとに考えているのであり、そしてそうしたものの観念の中には、神の永遠・無限なる本質が含まれているのである¹⁵——

物を考える仕方には二通りあるということ、一つは、時間空間の中に関係して存在すると考える仕方、もう一つは、物を神の中にあると考え、神の本性の必然性から生ずるという仕方である。前者は、我々日常生活の中でごく普通に行なっている方法であり、それ以外の方法は、予想することも想像することもできない、それ以外ありえないと考えられる方法である。ところがスピノザによると、後者は、物を永遠の相のもとに考えることであり、そうしたものの観念の中には、神の永遠無限なる本質が含まれている。

ここから必然的に結果するのが次の言葉である。

——我々の精神はそれ自らおよび身体を永遠の相のもとに認識する限り、必然的に神の認識を有し、また自らが神の中に在り神によって考えることを知る¹⁶——

これは驚きというか、このようなことが本当なのか、それは何か、と自分自身を疑いたくなるのを覚える。永遠の相のもとに考えるということは、神の認識と関係し、しかも、そのように認識している我々自身が神の中にいる。我々が確認しておかなければならないのは、ものを時間と空間の中に関係してあると理解する方法と、それ以外の永遠の相のもとに考える方法とがある。そして永遠の相のもとに考える考え方は、神の認識と重なり、神の中に我々の精神が存在している。

IV 第3種の認識

第2章で、神の属性としての永遠性、第3章で、永遠の相のもとに考えるということが神の認識と関り、神の中にいることが確認されたのであるが、今度は、永遠性のごく身近な場面について見てみよう。つまり、人間が関与する場面での永遠性について考察することにしよう。それは、第3種の認識という場面である。第3種の認識を取り上げる前に復習として、それぞれ第1種、2種の認識がどういふものかについて確認しておこう¹⁷。

1. 各々の認識

1) 第1種の認識：意見(感覚を通して毀損的・混乱的

にかつ知性の秩序づけなしに我々に現示されるもの・・・<経験>と称している)と、表象(色々な記号から、例えば、話を聞いたり、読んだりして物を想起し、物と類似の観念を形成する)とからなる

- 2) 第2種の認識：理性(事物の特質について共通概念、あるいは妥当な観念を持つ)と呼ばれる
- 3) 第3種の認識：直観知(神の属性である形相的本質の妥当な観念から、事物の本質の妥当な認識に進む)

第1種の認識からは誤謬が生じることがある。しかも、この第1種の認識から、第3種の認識へ通ずる道は閉ざされている。理性は、第2種の認識から関係し、第3種の認識に通じる道も開かれている。明瞭判然と認識するすべてのものは、我々はそれ自体によって認識するか、それともそれ自体で明らかな他のものによって認識する。然るに、第1種の毀損し混乱した観念からは、明瞭判然とした観念、あるいは第3種の認識に関する観念は生じえない。第2種の観念から第3種の認識に至る道は必要条件的に開かれている。

2. 第3種の認識の特徴

——精神の最高の努力及び最高の徳は、物を第3種の認識において認識することにある¹⁸——

第3種の認識は、神のいくつかの属性の妥当な観念から物の本質の妥当な認識へ進む。この仕方、物をより多く認識すればするだけそれだけ多く神を認識する¹⁹。この第3種の認識から、精神の最高の徳を獲得する。

——この第3種の認識から、存在しうる限りの最高の精神の満足が生ずる²⁰——

精神の最高の徳は神を認識することであり、それは物を第3種の認識において認識することにある。この徳は、第3種の認識による物の認識が多くなればなるだけ大きくなる。この人間の完全性はそれにつれて大きくなり、最高の喜びに刺激される。そして、この喜びは、自己及び自己の徳の観念を伴ったものであり、ここから精神の満足が生じる²¹。

——第3種の認識は、永遠である限りにおいての精神をその形相的原因とする²²——

この言明は、極めてハイレベルのことを述べている。つまり、第3種の認識(直観知)が、永遠である限り、精神を形相的原因とする。つまり、ある結果が、どういう原因で起きているか。その答えとして形相的原因としてこのような原因からこの結果が生じたと言われる場合の形相的原因ではない。そうではなくて、永遠である限りの第3種の認識の場合、精神が形相的原因とする。その場合の形相的原因は、妥当な原因(明瞭判然と知覚されうる限り)と等値されるものである。そして、形相的のもっと具体的なイメージは、想念的(objectius 頭の中で考えられる観念)と対置され、物が現実として精神の外に実在できるというニュアンスである。

V 人間精神と永遠性

神の永遠性というレベルではなくて、我々人間のレベ

ルにおいてはどうかであろうか。人間精神における永遠性を問題にしてみよう。

1. 残存

——人間精神は身体と共に完全には破壊されえず、その中の**永遠なる**あるものが残存する²³——

我々の精神は、身体の現実的存在を含む限りにおいて、持続と、物の存在を時間によって決定する能力を持つ。その限りでは、身体は持続間しか持続しない。しかし、人間精神は、神の本質そのものを通してある永遠なる必然性をも併せ持つ。そのため、たとえ身体が滅ぶことがあっても、完全には破壊されず、精神の本質的部分は持続することになる。プラトンの「パイドン」を熟読した者には、あの悪戦苦闘した魂の不死不滅の証明は、一体何だったのかという印象は拭えない。しかし、永遠性を併せ持つ魂の部分、残存し、滅ぶことがないというのは、なるほどと唸らせる。証明も必要なく自明の如く受け入れられるというわけである。しかし、魂の永遠なる部分を持ち合わせ、使っているかという、俄然篩いにかけてられるのは当然であろう。

2. 認識

——精神は永遠の相のもとに認識するすべてのものを、身体の現在の現実的存在を考えることによって認識するのではなくて、身体の本質を**永遠の相のもと**に考えることによって認識する²⁴——

この項については、Ⅲの2で上述したので繰り返さないが、時間の中で考える方法と、もう一つは、永遠の相のもとにその本質を捉える方法がある。後者には神の永遠無限なる本質が含まれている。我々日常生活の中で過ごす時間の中での変化の認識というのが正しいかどうか、それ以外の思考方法があるという自覚が必要ではないか。

3. 神への愛

——神に対する精神の知的愛は、神は無限である限りにおいてではなく、神が**永遠の相のもと**に見られた人間の精神の本質によって説明される限りにおいて、神が自己自身を愛する神の愛そのものである。それゆえ神に対する精神の知的愛は、神が自己自身を愛する無限の愛の一部分である²⁵——

エロスとアガペーという対立概念で考えた時の、アガペーとしての神の愛は、上から一方的に与えられる博愛と呼ばれる式のもので、具体的なイメージはゼロに近い。そんな時出会ったのが、このスピノザの主張である。人間の精神の愛は、神が自分自身を愛する無限の愛の一部分である。そこからして、神の人間に対する愛と、神に対する精神の知的愛とは同一である。そして、我々の幸福、至福、自由というものは、神に対する人間精神の恒常永遠の愛に、あるいは人間に対する神の愛の中に存する。

4. 有能な身体

——極めて多くのことに有能な身体を有する者は、その大部分が**永遠である**ような精神を有する²⁶——

多くのことに有能な身体を持つ人の精神の働きは、悪しき感情に捉われることが少なく、身体の諸変状を知性の相応しい秩序で秩序づける能力を持ち、それが神の観念に関係させ、神の愛に刺激され、この愛で精神の大部分を占有

され、そこから永遠性を精神が得る。

VI. むすび

スピノザの永遠性という言葉は、常に必然性ということばとついになって考えられる。永遠性は、神の持つ無限の属性の1つに数えられる。しかし、スピノザはこの言葉を他に幾つかの場面でも用いていることを確認した。<ものをある永遠の相のもとに知覚することは理性の本性に属し、その場合神の認識と関係し、神の中にある>という場面と、人間精神の中には死後も存続し続ける部分と、認識において、永遠の相のもとに考える認識があり、しかも、有能な身体は永遠な精神を多く持つという捉え方が分かった。

-
- 1 鈴鹿工業高等専門学校紀要 第23巻第2号1990. 「心とからだの関係について」 p183-196 参照
 - 2 スピノザ著「エチカ」(上) 畠中尚志訳 第一部の定義八 p38 参照
 - 3 同上書 第一部の定理三三の備考二 p79 参照
 - 4 同上書 第一部の定理一四 p52 参照
 - 5 同上書 第一部の定義六 p38 参照
 - 6 同上書 第一部の定理二五 p69 参照
 - 7 同上書 第一部の定理二五 系 p70 参照
 - 8 同上書 第一部の定理一〇 備考 p47 参照
 - 9 同上書 第一部の定義六 p38 参照
 - 10 同上書 第一部の定理一九 p64 参照
 - 11 同上書 第一部の定義四 p37 参照
 - 12 同上書 第二部の定理四四 p147 参照
 - 13 同上書 第二部の定理四四系二 p149 参照
 - 14 「エチカ」(下) 第五部の定理二九 p124 参照
 - 15 同上書 備考 p125 参照
 - 16 同上書 第五部の定理三〇 p125 参照
 - 17 「エチカ」(上) 第二部の定理四〇備考二 p142-143 参照
 - 18 「エチカ」(下) 第五部の定理二五 p122 参照
 - 19 同上書 第五部の定理二五の証明 p122 参照
 - 20 同上書 第五部の定理二七 p123 参照
 - 21 同上書 第五部の定理二七の証明 p123 参照
 - 22 同上書 第五部の定理三一 p125 参照
 - 23 同上書 第五部の定理二三 p120 参照
 - 24 同上書 第五部の定理二九 p124 参照
 - 25 同上書 第五部の定理三六 p129 参照
 - 26 同上書 第五部の定理三九 p132 参照

ある肖像画によせて

奥 貞二*

A Portrait

Teiji OKU*

This is not a research on Descartes. I discuss a portrait of Descartes. We take out the framework of Western Ideology as a model-type of Descartes. Then we compare Western Ideology with Japanese Ideology. We discuss the following 4 points.

1. Relationship between teacher and student
2. Word
3. Number
4. Nature

(Received September 8, 2006)

Key Words: 師弟、言葉、数、自然を支配する

これは、デカルト研究ではない。一枚の肖像画のコピー写真から考えられること、読み取れることを綴ってみたい。それは、デカルト哲学を典型とする西欧思想の骨組みを引き出し、その特徴を日本のそれと対応させて比べてみたらどうなるであろうか。考察は、次の4項目にわけられよう。

1. 師弟関係
2. 言葉
3. 数
4. 自然

ここに、ヘルマンが描いたデカルトの肖像画がある。写真ではないので、細部にわたって写生画なのか、空想画なのかは判断がつかない。この絵から実在したデカルト自身を想像することが正しいかどうかは不明ではあるけれど、とにかくこの絵から読み取れることを参考にしながら、考察を進めて行こうと思う。デカルトの右足と、壁にある本棚、そして、最後はデカルトの目に注目頂きたい。

1. 師弟関係

デカルトが右足で踏みつけているものは何か。それは、アリストテレスと書かれたやたら分厚い1冊の書物である。まるで、*ego supero Aristotelem*. <我、アリストテレスを乗り越えたり。>と宣言しているが如きである。哲学の常道は、その当時流布しているものや、常識とされるものや、多くの人々の見方考え方を疑い吟味し、常識や人々の見方と同じ土俵から、まったく新しい考えを提出するのが本筋であるといえる。そして、師と弟子との関係を見ると、日本と西欧とでは大いに異なっていることに気付く。

日本では、2つのタイプが考えられる。1つは、師を敬い、心から慕うケースで、しゃべり方から、声の特徴、それに癖までそっくりになっているような人を、何人も筆者は見知っている。もう1つのタイプは、芸道を体で覚える際に、師の技を模倣する形で身につけるタイプである。何れにしても、師をモデルとして、真似をし、その目標に近づくという限りでの師であり、弟子であることが基本で

ある。

ところが、哲学、西洋思想の方に目を転じると、状況は一変するように思われる。哲学という営みでは、師と弟子とは、師を踏み台にして、師の中心的な考え方を否定し、批判し、新しい捕らえ方をするとところから始まっているように思われる。それ故、師の教えを鵜呑みにし、その考えをリピートしているようでは、哲学でも何でもなく、それは単なる文化の伝承者にしか過ぎない。いくつでもそのような例を挙げることができるが、次のような典型例を挙げれば、如何であろうか。師タレスとその弟子アナクシマンドロス、プラトンとアリストテレス、フロイトとユングである。

タレスとアナクシマンドロスの要点だけを掻い摘んで述べると、タレスは万物の根源を尋ねた。しかし、何と言っても、タレスの功績は、万物がそこから生じ、そこへと帰っていくそのそれを、水とした点にある。日本人の中で、何人万物の根源を問うた人、問い続けている人があるだろうか。始原根源を問うこと自体、愛知者としての資格を備えた最初の人であったといえる。別の見方をすると、それまでの人々、他の地域の人々にとっては、万物の根源たるものは、あの神話的説明(人知を超えた力が働き、そうなったとか、そうあると、一方的に説明する)で十分であった。この説明に、彼らには疑問を挟む余地などなかったのである。ところがタレスにとっては、各地を旅行したこと、さらには色々な国から人々がやってくる、交易の土地柄の小アジアのミレトス出身であってみれば、何か一方的に『世界はこの神の造り物である』というような類の話には乗れないどころか、そういう枠組み自体をも打ち破り、新しい視点で世界の根源を問題にすることが出来たのではないか。その結果が、水ということになったのである。答えは極めて単純ではあるが、タレスが発した発言は、革命的行為であった。

ところがいったん水と発したことにより、様々な反証事例というか、言語バトルにも似た闘いが始まることになる。それが西洋哲学を作ることになった。水は、命あるものにとっては、必須不可欠のものではあるが、しかし、それでも水を含まないもの、水以外の元素により作られるものが存在することを否定することが出来ない。そこで、アナクシマンドロスが登場し、ここから西洋思想という運動が開始する。

そこで、アナクシマンドロスは、師であるタレスの<万物は水から成る>という考え方を、否定するところから出発した。師を越え、師の中心思想を打ち砕くところから、哲学は始まるそのお手本を示してくれたという点で、大きく評価する必要がある。「万物の根源・始まりを、ト・アペイロン(無限定なもの)」とした点である。タレスが水と限定したのは問題がある。つまり、水以外のものから出来ているものが現に存在するからである。そして、しかもこ

こが肝心なのであるが、水以外の元素、当時は4元素として、地水火風が考えられていた。そこからは、水以外のものとして、地火風の3つが考えられる。そして、その何れかを取り上げれば、さらにそれ以外の事例を反証事例として挙げられ、たちまち破綻することになる。そこでアナクシマンドロスは、考えた。その4元素のさらに元になるものはないか。そこから出てきたのが、無限定なもの(ト・アペイロン)ということであった。トは冠詞で、アペイロンとは、限定されないもの、終わりを持たないものということである。我々日本人には、万物の根源が無限定なものであると言ったところで、ピンと来ないというか、何か余計ハッキリしないという印象を受ける。それが、アナクシマンドロスをタレスよりマイナーにしている点だと思われる。しかし、とにかく根源なるもの、元となるものがまずあって、そこから色々なものが出来てきて、そして最後にまたそこへと却って行く。その元根源なるものを、今<無限定なもの>とアナクシマンドロスは呼んだのである。その呼び名はとにかく、物質的自然観の典型を表した表現だといえる。

西洋思想のからくりの一つは、言葉を用いて、思索を通して、自分の師を乗り越えるという点にある。それが可能なためには、師の考えの特徴、優れている点をまず十分に理解し抑えた上で、さらに師の考えの問題点、限界、当てはまらない点を見抜く必要がある。そして、そこからさらに、それらを踏まえたうえで、別の新しい考えを提出しなければならぬ。これができて初めて、西洋思想の仲間入りが可能となる。<青は藍より出でて藍より青し>という諺の示すところであろうか。

今回詳しくは触れられないが、他にもアイデア論を打ち立てたプラトンと、まさにアイデア論批判というところから自己の哲学を出発させたアリストテレスとの師弟関係は、周知のところであろう。さらに又、現代に近づくと、フロイトとユングとの師弟関係は興味深い。フロイトは、無意識に光を当てたことで、20世紀の扉を開いたとされるが、その無意識の内容は性に限定され、すべて性により解こうとするものであった。「夢判断」も「精神分析学入門」もそこから出たものである。ところが、弟子ユングはそこが不満であった。無意識の世界はもっと広く、人類が歩んできたすべての歴史、さらには、DNAに残された全生命の歴史までも取り込みうる無意識を出張したのがユングであり、そこがフロイトと袂を分かち結末となったのである。

さて、デカルトの場合はどうであろうか。デカルトは、11歳の時に、当時出来たばかりのラ・フレーシュ王立学院に入りそこで19歳まで、8年半の長きに亘って学ぶことになった。そこで学んだのは、その当時の粋を集めた水準のものであったが、ラテン語、ギリシア語を基本として、古典文化、歴史、アリストテレス形式論理学、スコラ哲学

の学習が中心であった。デカルトによれば、唯一数学の勉強が役に立ったと述べている。そこで、肖像画をご覧頂きたい。デカルトの背景の壁であるが、その壁の書棚には、書物が隙間もなく並んでいる。しかし、背表紙は壁側になっていて、その書物の題も、著者も不明である。これは、どういうことだろうか。「方法序説」1. 13「書物による学問を全くやめてしまった、そうして私自身のうちにか、或は世間という大きな書物のうちに見いだされうるであろう学問のほかは、どのような学問にしろもはや求めまいと決心した」という言葉が示すとおり、デカルトの場合の師は、ラフレーシュ王立学院の学問であり、先生であった。それらのものとは、卒業し最早書物からではなく、世間という大きな書物から学ぶことを決意し実行した。その象徴的表明として、アリストテレスを否定するという行為があったのである。

さて、愈々デカルトの視線、目が向かっているものは何であろうか。それは、かつての日本人には、誰も持ちえていなかった3つのものではないだろうか。一つは、分析と総合、言葉の中での探求ということであり、二つは、普遍数学、万物は数からできているということであり、最後は、2元論、自然を支配するという考え方である。

2.言葉（分析と総合、言葉の中での探求）

師弟関係の中に、西欧思想と日本人のそれとの間には大きな違いがある事を見たのであるが、愈々その考え方の中身について見てみると、西洋にしかなく、西洋から始まったと考えられる考え方は、分析と総合という考え方がある。デカルト「方法序説」第2部7を要約すると、次の如くである。

明晰判明に心に現われる以外何も判断の中に入れない。疑わしいものは排除する。そして、最小部分にできるかぎり分割する。そして、単純なものから複雑なものへと上り逝く。

以上は、デカルトが科学的研究を始める際の手続き、コギト・エルゴ・スムという第一原理にたどり着くまでの方法として提出されたものではあるが、これは、印欧語そのものに由来する考え方捉え方ではないかと我々には思われる。

そもそも、西洋人が用いている言葉、即ち印欧語の表音文字にそれは大いに関係がある。印欧語には、表記、文字は違っていても、発音にはどこか共通点がある。例 PATER-PATER-VATER-FATHER（パテル・パーテル・ファーター・ファーザー）そして更に、GODとDOGを比較してもらいたい。GとOとDとが、ある配列に並べば、神にもなり、犬にもなる。アルファベットという最小単位の組み合わせにより、世界が表現できる。それが単語だけに限らず、文章として対象を表現でき

る。分析されることと、言葉で表現できることとが対応しているのである。つまり、印欧語では、世界をアルファベット26文字で全て表現でき、音に表せるという自信、言葉への信頼、特徴を持っている。これは言語だけに留まらず、例えば、解剖学 anatomy（ana：さらに+ tomy：分割する）という学問についてもいえる。人体を最小単位の部位にまで分け取り出し、その全ての最小単位の名前をつける。そこから人体を再構成する。また、どの部位に異常があり、異変があり、病変があるかを指摘し、問題とすることが出来る。以上からわかるように、分析と総合というその基本原型を、印欧語という言葉自身が内蔵している。

それに対して、日本語の特徴は、漢字という象形文字、表意文字を用いて始めて成立する言語である。例えば、月という漢字は、あの三日月の下弦の月の形から出来たものである。現実の月の形と、漢字の月という字は、見れば分かるというか、字が形を表している。それに加えて、母音の数が少なく、あまりにも発音が簡単で、同音異義語が多すぎて、漢字がなければ区別できず言語が成立しない。更に加えて、永い間続いた身分制度や儒教精神の伝統から、同じことを表すのに相手によって違う表現方法があり、相手によって表現の場合わけを必要とする。つまり、日本語では、伝える内容+相手によりどの表現方法を使うかに頭が使われる特徴がある。日本語による表現と、学問方法としての分析・総合ということとは結び付き難い。

分析・総合という学問の方法のいろはとも言える考え方が、実は、その言葉の持つ特徴と密接に結びついている。さらに言葉について注目すると、西欧思想に特に特徴的なことは、<言葉の中での探求>という手続きが特徴的である。

「アキレスは、前を行く亀を追い抜くことが出来ない」一瞬のうちにアキレスは、亀を抜き去ってしまう事象現実があるにも拘らず、あのオリンピック選手であるアキレスが、亀を追い越すことが出来ないという奇妙なパラドックスを容認し、正にそこに成立するような特徴を、少なくとも西欧の哲学という学問は持っている。時間と空間を無限分割することが、頭の中で想定することができ、その限りで、アキレスは亀を追い抜くことはできない。アキレスが亀に追いつく間に、亀はほんの少し進んでいて前にいる。10分の1秒、100分の1秒、1000分の1秒、と、無限に小さな時間を頭の中で想定することができる以上、アキレスは追い抜くことはできないと言うことが、言語レベルで無矛盾に成立してしまう。

日本の場合、小説の世界において、言葉の中での追求にあくせくしている小説家と呼ばれる人々がいる。しかし、小説においては、とにかく尤もらしい成り行きとして語りえることができれば、小説としては成立し、多くの読者を魅了することもできる。小説では、語られることが真実で

あるかではなく、移ろい逝くものを、感じたままに、考えたままに言葉で捉えて進めていくというやり方である。それに対し、哲学では、真理に照らされた存在をギリギリのところまで推し進めて捉えようとするものである。あくまで、存在が問題である。

3. 数（普遍数学、万物は数からできている）

別に宣伝でも何でもないのであるが、小川洋子著「博士の愛した数式」という書物が文庫本になったせいもあり、多く読まれている様で大変結構である。博士のように生きている人はめったに少なく、まして日本人にとっての数学観や、数学者への理解を覆すとはいかなくても、実情に沿った理解に役立つであろうことは必定である。ここでのつなぎから言うと、西欧思想の根底には、博士式に理解されている数、数学についての考え方があるということである。詳しくは、後の説明に譲ろう。しかし、普通の日本人にとって数学は、読み書きソロバンが象徴的なように、実学の筆頭というか、金儲け、生きるために身につける必要道具のようなものとして捕らえられてきた。そこでは、早く計算ができる。収支計算が正確であることが要求されそれだけのものでしかなかった。

それに対して西洋思想の中では、数学といい、数というものも極めてユニークな捉えられ方をしてきた。まず1つが、＜普遍数学＞という考え方であり、もう1つは、＜万物は数からできている＞という考え方である。先ず、＜普遍数学＞についてであるが、数学の事を、英語で、*mathematics*、これは、*mathano*学ぶという動詞から作られた名詞形で、＜学ばれるべき事柄：全ての人に学ばねばならないもの＞という意味である。幾つかある科目の一つとして数学があるのではなく、文系理系どの教科であっても、順序と計量関係が表現されていれば、そこに数学が入っている。どんな学問であれ、順序と計量関係が問題にならないものはなく、その意味で、学の学というか、学ぼうとするものならば必ず学ばなければならないものとしての数学である。この言葉の理解に止まらず、デカルトは実際に、これまでの学問にはなかった新しい解析幾何学という学問を構築した。それまでの学問体系は、アリストテレスが打ち立てた同じ類の中での種の規定と存在確定とが学問のなすべきこととされた。しかし、デカルトの解析幾何学というものは、この幾何学で示される点と線で作られる図形の中に、関数計算を導入した画期的な考え方であった。実は、あの「方法序説」という近世哲学誕生の象徴とされる哲学論文も、「屈折光学」「気象学」「幾何学」という科学論文の序文として書かれたものであり、あらゆる科学的研究の方法論なのである。デカルトという人は、正真正銘の医学を志した数学者と言った方が正鵠を射ているだろう。

もう1つの、＜万物は数からできている＞という方につ

いて検討しよう。万物の根源を尋ねる問いは、まずは何からできているかから始まったのは、自然な成り行きである。タレスから始まるとされるイオニア自然哲学が、哲学の先頭を切って登場してきたのである。タレスがそれを水であるとしたのであるが、まず素材を問題にした。ところが、その同じ何からできているかを問題にしなが、まったく新しい発想を提出した人が現れた。それがピタゴラスであり、彼は「万物は数から出来ている」と主張した。この命題を唱えたピタゴラスの功績、人類にもたらしたものは計り知れない。では一体その数とは何なのか。今回は、次の2点で取り上げる。一つは、ハルモニア（調和）、もう一つは、目に見えないものへの着目である。

先ず、ハルモニア思想について見てみる。ピタゴラスによれば、オルフェウス教に起源を持つ魂の不死不滅という考えがある。今その魂不死不滅を前提にすると、生きている限りは、浄化に努めなければならない。肉体の浄化については医学が関るが、魂の浄化には音楽が関る。音楽の調和と美が、魂に深い影響を与える。その調和のある音には、ある簡単な整数比が関係していることに、鍛冶屋の前を通り、トンカチという音を聞きながら気が付いたというのである。1. $4/3$. 3/ 2 . 2 例えはオクターブは、1:2である。ハルモニアが、整数比、あるロゴスで表される。この発見は計り知れないくらい大きい。結論すれば、音楽理論をピタゴラスが発見したのである。キーポイントは、音楽が数比、数で表現でき、その数で表現された音楽が魂を浄化するという点である。

2つ目は、数という目に見えないものの存在を、はじめに指摘したことである。我々が、物を一つ二つと数える。その場合、数えられるものものとしての事物は、目に見え感覚により捉えられるものである。ところが、その数そのものは目では見えず、知性によってしか捉えられないものである。プラトンのイデア論、中世の普遍論争へと繋がっている。感覚的事物と並んで、数、イデア、名前が、共に譲らぬ確かな存在である。プラトンの巨人戦争で、片時も同じものとして止まらない感覚的事物しか信じない人々と、思惟によってのみ捕らえられるイデアを信じる人々との間に昔から今日まで、存在を巡っての永い間の戦いが生じているというものである。キーポイントは、目に見えないものについての確かな存在を、数としてピタゴラスが初めて指摘した意味は、計り知れず大きい。日本人には、数が目に見えなくて、しかも確かな存在であるということが明確に意識されていない。例外的な博士のような人は、めったにお目にかかることができない。

4. 自然を支配する

愈々今こそ、デカルトの見つめているものは何かを考えてみる時が来た。結論から言えば、あの透徹した視線、肉体的欲望を排除したような顔つきは何処から来るのだろうか

か、という疑問に答えることであるように思われる。少しでも疑わしいものは全面的に排除し、コギト・エルゴ・スム（我思う、故に我あり）を、第1原理として打ち立てた。コギト：私が思惟する、意識する。自我の定立、自我の主張、自我の尊厳。ここに西欧近代の出発点と特徴がある。続けて神の存在証明をした後に、デカルトが立ち向かったのは、物体の真実性を問い、物体の実在性を問題にすることであった。

「物体の本性は、重さ、軽さ、色などに存するのではなく、ただ延長のみに存する。」

この表明は何を意味しているのだろうか。後の人々からは、心身二元論と呼ばれるものである。思惟する精神と、延長としての物体、この2つのものから世界は出来ているというものである。この心身二元論の持つ広がりには計り知れなく大きい。

今日の物質文明を謳歌し、科学技術万能とも思える時代の成立と深く関わっている。かつての日本人には、自然と調和して生きる生き方がごく当たり前であった。モンスーン気候の中で、台風、地震、豪雪という自然の脅威の前に、忍従し、受容し、さらには調和して生きる生き方を身につけた。そこで、熱い風呂に入り、納豆を食べ、味噌汁を飲み、漆塗り工芸さえも生み出された。このような生活からは、心身一如、梵我一如と呼ばれるような、ものと心、自然と自分を区別せず一つのもので捉えてきた。更に古代日本人の道徳観とされる「清明心」という考え方も、日本の澄んだ川の水に由来する道徳観である。

ところが、心身二元論と呼ばれる、精神と物体を明確に区別する考え方を初めて表明したのがデカルトである。この考えの下に、今日の物質文明、科学技術時代が到来したとって過言ではない。物質は霊的要素を持たないから、人間がその物質を分析し、人間生活に役立つものであれば、それを利用し、どんなに加工しようと何らしっぺ返しを被ることはない。もちろんこのような考え方を生み出す根底には、キリスト教の教えが働いているように思われる。＜神が万物を創造し、そこで、神に似せて人間を作った。宇宙は、神、人間、生物、鉱物というヒエラルヒーが支配している＞そこからして、自然を支配したり、自然に挑むような態度が登場することとなった。科学技術の進歩と、今日の人類の繁栄はまさにここからでてきたのである。

5. 結び

1 枚の肖像画から、西欧思想の核心を抉り取ろうとする試みをご理解していただけたであろうか。要点を纏めると、＜師の中心的な考え方を否定するということから新しい哲学が切り開かれてきた＞ということになる。具体的には、＜＜真理に照らして、存在探求という限りでの言語バトル、言語ゲーム＞＞ということになる。そして、そのもっとも特徴的なものとして、1. 数：目では見えず、知性によつ

てのみ捉えることのできる存在 2. 心身二元論：思惟する精神と、延長という性質でのみ捉えられる物の存在を確定した。物や自然を、人間生活に役立つかどうかを分析し、役立つものを取り出し利用し、支配することが可能となった。しかし、現実を見るかぎり、この考え方は色々な所で、綻びを見せていることは事実である。

高専国語で「コミュニケーション能力」を身につける方法 —「新入生学力検査」から探る—

西岡 将美 *

A Way to Improve Students' Communicative Ability in Japanese Language Classes at Suzuka College of Technology

— From a viewpoint of the result from achievement tests for
the 1st-year students —

Masami NISHIOKA *

The primary theme of this report is to find some effective ways through which we can bring out better communication skills from students at a college of technology. As the way of analysis it is quite useful to analyze the data from the achievement test for our freshmen which has been held at Suzuka college of technology since 1998.

Teachers have to improve their teaching skills as well as students should make some improvement in their learning. In the report an example of teaching practice, so called "Group Activity", is introduced to help teachers improve their skills in classes. The example is a group study on *koten*, Classical Japanese Language. In many cases *koten* is too complicated for students to have fun in studying it and, in fact, so as for many teachers to study it with students! That is one of the biggest causes for our failure to let students have strong motivation. I introduce some effective ways of solving this situation.

(Received September 15, 2006)

Key Words : 高専国語教育、学力診断、コミュニケーション能力、読解力、文法

1. はじめに—高専国語教育に対する考え—

本論は高専学生に必要な「コミュニケーション能力」を如何につけるべきかを明らかにする。また、そのあり方をさまざまな角度から検証してみるのが目的である。特に本校で実施している新入生学力診断検査で現れる学生の実態を把握することは、これからの国語教育、つまりは高専生に必要な「コミュニケーション能力」とは何かを考察するにおいて、なくてはならない分析であろうと考える。

一方で、これらを身につけるには、やはり「教師の指導力」の向上が必要であろう。「近頃の学生は勉強しない」と嘆く教師が実に多いことに驚かされる。確かにそうかもし

れない。しかし、学生の多くは「勉強は大切だ」と考えているのである。現状は「勉強は大切と考えながらも、やれない」、そして、「できない」と自分で思い込んでいるのである。この学習者の思い込みの奥底にある「弱点」は何かを再考するに、先の「教師の指導力」の向上が望まれるのである。「痒いところに手が届く」のが、高専教育の特徴であろうと考える。

言い換えれば、学生が自身の弱点を教師のアドバイスを受けて克服していこうという意識が学生の中に生まれてくることが、真の指導であり教育であると考え。学力向上という目標を達成するためにも、自学自習できる条件を整える。そうすれば、学生は学習に立ち向かうことができるようになる。そのやり方をどのように学生に与えるかである。自学自習する学生は、能力が伸びだけでなく、本当の

* 一般科目 (国語) [General Education (Japanese Language)]

「知る」喜びを知るのである。

さて、筆者の授業では以下の点に留意しながら、単元学習を進めている。

- 1、学習の「めあて」をシラバスによって確認する
- 2、学習する「内容」を到達目標とともに明らかにする
- 3、実際の学習では課題プリントを使用し、自主的な学習ができるようにする。

また、筆者は各定期試験後の「百点満点レポート」を提出させるようにしている。本レポートを作成することの意義を説き、個々の学生に対して積極的に取り組んでもらっている。ただし、強制的なものではなく、学寮や家庭学習での自主学習の成果や努力を「褒める」、「認める」、「励ます」、そして、「アドバイス」を行う意図を持っている。つまり、これらのことから個々の学生への対応がスムーズに行き、言葉を大いにかけて、勉強意欲の促進を大いに図ることができると思っている。単元の学習内容を教えるテクニックを向上させることだけが、教師の力量でもなく、「指導力」でもない。

ところで、冒頭に掲げた「コミュニケーション能力」は、具体的にはどのような学習、力をイメージするものであろうか。近年、就職、進学面接や口頭試問で、いわゆるその実力を発揮できない学生が、10年ほど前の卒業生と比べると、多くなっているように感じる。また、高専では「インターンシップ」などの実務体験学習が充実してきているにも関わらず、その「コミュニケーション能力」の基礎力が不足しているばかりに、その不具合を指摘されるケースも増加傾向にある。これらのことから、「コミュニケーション能力」とは、その場に即応した「自らを表現する力」のことであり、言うまでもなくその力を向上させることは、社会人として問題を解決する能力の育成することであろう。

2. 8か年における「学力検査」結果

前述したように、国語科では新入学生を対象に標準的な学力を診断するための検査を実施してきた。平成11年度から今年度で8年目を迎えた。そして、その診断結果から得られたデータの分析をもとに、教科指導および授業実践における改善を試みてきた。それらの研究成果は、本校紀要(2001)¹⁾、同(2002)²⁾、同(2003)³⁾、同(2004)⁴⁾、同(2005)⁵⁾、同(2006)⁶⁾に報告した。特に、「中学校の学習指導要領が新しくなってから、新入生の学力はどう変化したか」の分析を中心にして、これまでの4年間と改訂後の4年間と比較することは、これからの高専における国語教育のあり方を議論、検討していくうえで貴重な資料となり得るだろうと考えている。

まずは、今年度を含めた8年間の「新入生学力検査」の結果の比較を行うことにする。学力検査における偏差値平均と標準偏差の概要は次表のとおりである。

表1 偏差値平均一覧表

	全体	M	E	I	C	S
H11	56.7	56.2	57.3	60.5	55.7	53.9
H12	56.3	54.8	57.8	59.2	57.5	52.9
H13	58.2	58.5	56.8	61.3	58.3	56.1
H14	57.6	59.1	56.4	60.4	57.0	55.4
4年間平均	57.2	57.2	57.1	60.4	57.1	54.6
H15	57.7	57.5	55.5	60.9	59.3	55.3
H16	59.4	59.9	57.2	60.8	61.3	57.6
H17	59.9	61.5	58.1	63.2	63.5	54.0
H18	60.1	59.6	60.2	63.5	59.4	57.8
3年間平均	59.0	59.6	56.9	61.6	61.4	55.6
4年間平均	59.3	59.6	57.8	62.1	60.9	56.2
7年間平均	58.0	58.2	57.0	60.9	58.9	55.0
8年間平均	58.2	58.8	57.4	61.2	59.0	55.3

(注) M—機械工学科 E—電気電子工学科 I—電子情報工学科 C—生物応用工学科 S—材料工学科

(注) 3年間平均は、H15からH17までをさす。

7年間平均は、H11からH17までをさす。

上記、8か年における全体の偏差値平均を外観比してみると、16年度が59.4、17年度が59.9、18年度が60.1となっており、はじめて60点台となった。この8年間の中でも、一番低レベルであった12年度と比べると3.8ポイントの向上で、入学生の国語のレベルが上がったことになる。昨年との比較においても、わずかながら0.2の上昇がみられた。

一方、学科間の格差は11年度6.6、12年度6.3、13年度5.2、14年度5.0、15年度5.6、16年度は4.1と格差は縮まったが、17年度は9.2となり、学科間の格差が広がった。ただし、18年度は5.7となり、また格差の縮小がみられた。また、8年間の平均値をみても、旧学習指導要領の4年間の学年成績が57.2、新指導要領の3年間が59.0で1.8向上、さらに、4年間の平均が59.3となり、2.1ポイントの向上している。

ところで、学科の成績状況を見ると、18年度は17年度から少し変化が見られた。15年度から17年度まではCの伸びが順調で、特に16、17年度は学年で1番の成績であった。ただし、18年度は59.4となり、昨年度と比較しても4.1下降した成績となった。Cの成績の推移を平成11年度からみると、55.7から昨年度の63.5まで7.8ポイントの上昇気流が、下方修正されたようなものが見ることができる。その一方で、Eが昨年度の58.1から本年度は一気に60.2に駆け上り、初めての60点台に到達したことになる。学科別の成績もはじめて5学科中第2位に位置することになった。

表2 標準偏差一覧表

	全体	M	E	I	C	S
H11	7.8	7.2	7.4	7.3	6.9	8.5
H12	7.6	7.2	7.6	6.9	5.9	8.0
H13	7.8	8.8	7.2	6.1	7.5	8.3
H14	6.9	7.3	6.7	5.3	6.8	6.7
4年間平均	7.5	7.6	7.2	6.4	6.8	7.9
H15	8.5	8.2	8.3	8.7	7.7	10.2
H16	8.9	8.0	8.5	9.4	9.8	7.7
H17	9.3	9.0	6.8	8.5	9.6	8.3
H18	9.4	9.4	9.9	8.2	8.6	10.0
3年間平均	8.9	8.4	7.9	8.9	9.0	8.7
4年間平均	9.0	8.7	8.4	8.7	8.9	9.1
7年間平均	8.1	7.9	7.5	7.5	7.7	8.2
8年間平均	8.3	8.1	7.8	7.5	7.9	8.5

一方、「標準偏差」は数字の大小で学力のばらつきをみるものである。表2「標準偏差一覧表」の8年間を概観すると、バラツキが小さい方から14年度6.9、12年度7.6、11年度、13年度7.8、となっており、15年度8.5、16年度8.9、17年度は9.3、そして、18年度は9.4となり、8年間の最高値を示すことになった。この最高の数値の裏づけがSの10.0で、16年度以降では最高である。全体像としては、学力格差のばらつきが広がりつつある。

続いて、学科の偏差値と標準偏差との関係を考察してみよう。まず、Eはこの8年間の中で最も高水準の60.2を示したことは、前述のとおりである。ただし、標準偏差に目を移すと、これまた過去にない9.9であり、昨年度と比べるとプラス3.1となり、学生間の学力格差が広がった。また、Sにおいても同様の傾向が見られる。偏差値57.8とこれまた最高で、そして、標準偏差も10.0となり、2学科は偏差値平均が上がっているにも関わらず、学科学生の学力のバラツキ現象が顕著になってきている。これは、実際の授業指導場面での十分な留意が必要になったといえる。

続いて、Cは18年度の偏差値が15年度レベルに下降した。特に昨年度は63.5で学年トップを取り、この勢いは止まらない予感さえ感じさせた。ただし、今年度は先に述べたように平均が60に満たないところまで下がった。ただし、標準偏差は8.6で、これまた、昨年度トップの9.6からすると、幾分は学力のばらつきが少なくなった。

続いて、偏差値を学年、学科別の5段階評価でみると、次表3ようになる。この表における眼目は、いわゆる本校における国語の「良くできる」、あるいは「できる」学生の各学科の分布状況を調べることにある。

表3 学力偏差値の5段階別割合表(%)

学科別	年度	5	4	3	2	1
学 年	H11	19	41	32	7	0

	H12	16	45	31	8	0
	H13	24	43	28	5	0
	H14	19	48	30	3	0
	H15	23	45	25	7	1
	H16	29	45	22	3	0
	H17	30	47	18	4	0
	H18	31	45	17	6	1
	M	H11	16	43	34	7
H12		11	47	33	9	0
H13		29	33	31	7	0
H14		28	42	28	2	0
H15		23	48	20	9	0
H16		31	51	16	2	0
H17		40	44	12	5	0
E	H17	30	40	26	2	2
	H11	20	41	36	2	0
	H12	24	40	31	4	0
	H13	17	40	40	2	0
	H14	14	48	31	7	0
	H15	11	44	36	9	0
	H16	16	49	26	9	0
	H17	18	62	18	3	0
I	H17	28	47	19	7	0
	H11	37	46	15	2	0
	H12	26	49	26	0	0
	H13	36	52	12	0	0
	H14	26	67	7	0	0
	H15	30	54	14	0	0
	H16	33	49	14	4	0
	H17	43	43	14	0	0
C	H18	41	48	19	7	0
	H11	11	43	36	9	0
	H12	16	56	26	2	0
	H13	26	39	30	4	0
	H14	19	33	47	2	0
	H15	27	49	22	2	0
	H16	30	40	30	0	0
	H17	51	32	15	2	0
S	H18	31	42	22	4	0
	H11	12	33	38	17	0
	H12	4	37	37	22	0
	H13	14	50	24	12	0
	H14	9	50	37	4	0
	H15	22	28	32	16	2
	H16	19	52	30	0	0
	H17	2	56	30	9	2

	H18	26	50	10	12	1
--	-----	----	----	----	----	---

5段階の偏差値は次のとおりに区分されている。

5=65以上、4=55~64、3=45~54、2=35~44、 1=34以下

5段階学力偏差値における全体の「5」・「4」の分布を概観すると、11年度から年度順には60%、61%、67%、67%、68%、74%、77%、本年度76%であった。そして、昨年度の続き、「5」の全体が30%以上に達した。全体を眺めると、幾分、昨年度に比して、「2」、「1」の割合が多くなっている状況である。

表4は学科の動向である。

表4 評定「5」・「4」の年度別・学科別高低表(%)

年度	学年値	学 科 別 の 高 低				
H11	【60】	I 83	E 61	M 59	C 54	S 45
H12	【61】	I 75	C 72	E 64	M 58	S 41
H13	【67】	I 88	C 65	M 62	E 62	S 54
H14	【67】	I 93	M 70	E 62	S 59	C 52
H15	【68】	I 84	C 76	M 71	E 55	S 50
H16	【74】	I 81	M 81	C 76	E 67	S 65
H17	【77】	I 86	M 84	C 83	E 80	S 58
H18	【77】	I 89	S 76	E 75	C 73	M 70
平均	【69】	①85	②73	③61	④56	⑤49

16年度をみると、まず全学科の「5」・「4」の値はこれまでとは違い初めて50%台がなくなり、一気に60%の後半に跳ね上がっている。つまり、学年値が示すとおりレベルの高い学生群になったといえる。では、17年度生はどうであろう。16年度がまず全学科の「5」・「4」の値が一気に60%の後半に跳ね上がったが、17年度はS学科が58に落ちている。学年値が示すとおり、学科の高低差も11年度38、12年度34、13年度34、14年度41、15年度が34に対して、16年度は16、そして、17年度は28になり、高低差も広がる傾向に戻りつつある。

さて、18年度をみると、学年値は昨年度と変わらないまでも、いくつかこれまでと違った傾向がみられる。

- ① 学科では、はじめてSが2番目になった
- ② ただし、1番のIを除き、2番から5番目までに6ポイントの差があるだけである
- ③ つまり、これまでの5番目の学科水準からみると、飛躍的な底上げになっている

これらのことから、Sに注目してみると、11年度から17年度までは14年度を除き、「5」・「4」の割合が常に少ない学科としての位置づけであった。しかし、上述のとおり、割合にして昨年から18ポイントのアップであり、これまでのSの最高になった。

続いて年度別の動向を学科別一覧表に整理し直してみた。

表5 評定「5」・「4」の年度別・学科別一覧表(%)

年度	学年値	M	E	I	C	S
H11	【60】	59	61	83	54	45
H12	【61】	58	64	75	72	41
H13	【67】	62	62	88	65	54
H14	【67】	70	62	93	52	59
H15	【68】	71	55	84	76	50
H16	【74】	81	67	81	76	65
H17	【77】	84	80	86	83	58
H18	【77】	70	75	89	73	76
平均	【69】	69	66	85	69	57

概観すると、Mは17年度までは順調に伸びたが、ここに来て、14ポイントの下降、Eも昨年度飛躍的な伸びから、少し下がった。Cも7年間の最高値である。Iも昨年度レベルを盛り返したが、Cは10ポイントの下降である。ただし、Sは16年度の65が最高で、70%を出せないかとも思っていた。ただし、今年度の飛躍はすばらしいものである。また、18年度は各学科の平均値が均衡したとともに、クラスの8割弱が「よくできる」「できる」状況である。

3. 全大領域および各部からみた学力の比較検討

次は実際の検査問題の全大領域、各部の5段階評価を比較検討してみた。この分析を行う目的は入学生の学力の傾向、それに各学科の特徴が分かることにある。そして、この結果に基づき、入学初期段階の授業実践のあり方、留意点が分かってくるのである。具体的には、何が分かっており、何が分かっていないかを探るのである。

表6 平成18年度大領域別の評定(5段階)の学生数(%)

		学年	M	E	I	C	S
全大領域	5	68(32.0)	13(30.2)	12(27.9)	18(40.9)	14(31.1)	11(31.1)
	4	98(46.0)	17(39.5)	20(46.5)	21(47.7)	19(42.2)	21(51.2)
	3	37(17.4)	11(25.6)	8(18.6)	4(9.00)	10(22.2)	4(9.80)
	2	9(4.22)	1(2.23)	3(7.0)	1(2.23)	2(4.44)	4(9.80)
	1	2(0.94)	1(2.23)	0	0	0	1(2.43)
第1部	5	22(10.3)	4(9.30)	4(9.30)	4(9.09)	4(8.89)	6(9.09)
	4	72(32.0)	16(37.2)	15(34.8)	17(38.6)	11(24.4)	13(31.7)
	3	89(32.0)	19(44.2)	19(44.2)	16(36.4)	19(42.2)	16(39.0)
	2	30(14.1)	4(9.30)	4(9.30)	6(13.6)	10(22.2)	6(14.6)
	1	4(1.87)	0	1(2.32)	1(2.27)	1(2.22)	1(2.43)
第2部	5	55(25.8)	14(32.6)	12(27.9)	14(31.8)	10(22.2)	5(12.1)
	4	78(36.6)	12(27.9)	15(34.8)	19(43.1)	18(40.0)	14(34.1)
	3	49(23.3)	9(20.9)	12(27.9)	6(13.6)	12(26.7)	10(24.4)
	2	25(11.7)	4(9.30)	3(6.98)	3(6.82)	5(11.1)	10(24.4)

	1	9 (4.22)	3(6.97)	1(2.32)	2(4.54)	0	3(7.3)
第3部	5	57(26.8)	6(13.9)	9(20.9)	16(36.4)	1(31.1)	12(51.2)
	4	60(28.1)	16(37.2)	11(25.5)	15(34.1)	9(20.0)	9(21.9)
	3	78(36.6)	13(30.2)	21(48.8)	11(25.0)	18(40.0)	15(36.6)
	2	20(9.39)	7(16.2)	2(4.65)	2(4.55)	4(8.89)	5(12.2)
第4部	1	2(0.94)	1(2.33)	0	0	0	1(2.44)
	5	78(36.6)	13(30.2)	19(44.1)	21(47.7)	12(26.7)	13(31.7)
	4	58(27.2)	10(23.3)	9(20.9)	13(29.5)	14(31.1)	12(29.3)
	3	51(23.9)	15(34.8)	9(20.9)	5(11.3)	11(24.4)	11(26.8)
	2	19(8.92)	4(9.30)	3(6.98)	4(9.09)	5(11.1)	3(7.31)
1	8(3.76)	1(2.32)	3(6.98)	0	2(4.44)	2(4.87)	

第1部「話すこと・聞くこと」(15点：配点率23.5%)
 第2部「書くこと」(15点：配点率23.5%)
 第3部「読むこと」(20点：配点率31.0%)
 第4部「言語事項」(14点：配点率22.0%)
 第1部～第4部の合計点は(64点)である。

上記の表6は、「全大領域」および「第1部」から「第4部」までの5段階評価のすべての人数、それに百分率を加えたものになっている。論を進める都合から第1部からみとめることにする。

まず、第1部は「話すこと・聞くこと」の領域である。具体的にはCDに録音された題材を聞き、設問に答えるもので、時間は3分30秒間の聞き取りである。新学習指導要領の一番の眼目とされた分野である。よって、学力検査でも大幅な改訂があった領域である。成績の概要は、評価「5」の数値が第2部から第4部の中で一番レベルが低い分野となっており、約1割の者しかない。言うなれば、一番苦手な分野である。

続いて、第2部は「書くこと」の領域である。この領域の「書く」は、「構成や論理の展開を工夫して書く」、「文章を推敲、批評すること」についての設問分野である。この分野では、「1」の評定を受けた者が9人(4.22%)おり、4分野の中で一番多くなっている。十分留意するべき点である。

次の第3部は「読むこと」の分野である。「短歌」、「俳句」の読解も出題されている。4部の中では一番バランスが取れている分野といえよう。よくできる「5」は57名(26.8%)、できる「4」も60名(28.1%)となっている。評価「1」も2名のみである。

最後の第4部は、「言語事項」である。「言語事項」の設問内容は「漢字の読み書き」、「表現力」、「品詞の理解」などである。成績の概要は評価「5」が78名(36.6%)となっており、よくできる学生が一番多い結果となった。

次に、大領域4部、中領域10部構成の15、16、17、18年度の4年間の結果を比較してみよう。この分析によって、近年の入学生の実力の中身が分かる。

分析する学力診断検査の「中領域」10部の内容は、以下の通りである。

第1部	① 構成や展開を考えて聞く
	② 構成や展開を考えて話す
第2部	③ 構成や論理の展開を工夫して書く
	④ 文章を推敲、批評すること
第3部	⑤ 語句の効果的な用法の理解
	⑥ 論理の展開や文章の特徴の把握
	⑦ 短歌や俳句の特徴を読み取る
第4部	⑧ 語句を理解し語いを増すこと
	⑨ 単語の活用や助詞・助動詞の理解
	⑩ 漢字の読み・書きの理解

表7 大・中領域別通過率(%)および全国比

大領域	H15	H16	H17	H18
第1部	①84.6	84.5	83.7	82.4
H15 81.1 (110)	(114)	(114)	(113)	(111)
H16 82.9 (112)	②77.0	81.1	82.2	79.2
H17 83.0 (112)		(104)	(109)	(111)
H18 81.1 (110)		(107)		
第2部	③55.0	54.7	54.9	53.0
H15 53.3 (129)	(132)	(129)	(132)	(127)
H16 57.0 (138)	④52.8	57.8	56.6	57.9
H17 56.2 (136)		(129)	(141)	(138)
H18 56.9 (138)		(142)		
第3部	⑤61.3	61.2	62.8	60.6
H15 51.7 (111)	(112)	(112)	(115)	(111)
H16 52.2 (112)	⑥59.7	60.8	58.3	60.1
H17 53.0 (114)		(118)	(120)	(115)
H18 53.3 (115)		(119)	(115)	(119)
第4部	⑦41.1	41.5	44.1	44.7
		(106)	(107)	(113)
	⑧55.6	57.1	57.2	57.0
		(132)	(134)	(136)
⑨50.0	54.4	54.2	55.4	
	(119)	(130)	(129)	
⑩41.7	41.3	45.6	49.1	
	(137)	(135)	(150)	

まず、第1部の通過率(正解率)は、この4年間では15年度のレベルに戻ったことになる。CD聞き取りでの新方式で、「①構成や展開を考えて聞く」についても、4年間の中では最低のレベルになった。続いての「②構成や展開を考えて話す」は昨年度に82.2(111)まで向上の傾向であったが、今年度は①「聞く力」と②「話す力」とともに下降した。

次の第2部の③「構成や論理の展開を工夫して書く」は、この4年間の中で最低レベルになった。一方、④「文章を

推敲、批評すること」は最高点である。その平均が 56.9 (138) で全国比では最高点になった。

第 3 部のまず⑤「語句の効果的な用法の理解」は、正解率が下がった。しかし、⑥「論理の展開や文章の特徴の把握」、⑦「短歌や俳句の特徴を読み取る」とともに、昨年度を上回った。特に、「短歌や俳句」の理解力はこの 4 年間の中では最高のレベルになった。ただし、この分野における中学校での取り組みについては学生の出身中学校で学習のばらつきがありそうである。

最後に第 4 部について触れることにする。本校学生のこの分野における通過率、すなわち、全国比は 15 年度 47.7 (129)、16 年度 49.1 (132)、17 年度は 51.1 (138)、そして 18 年度 53.0 (143) になり、最高点を示している。具体的に、⑨の「単語の活用や助詞・助動詞の理解」は 55.4 (132)、そして、⑩「漢字の読み・書きの理解」は 15 年度 41.1 (137) から 18 年度 49.1 (161) になり、第 4 部の最高点になった。以上、中領域の①から⑩までを 4 年間の推移を分析した。

これらのことから、本年度入学生に対しての国語科としての効果的な授業方針が見えてきた。具体的には、大領域の各 4 部、および中領域の 10 を分析するにおいて、やはり、今年度は①「聞く力」と②「話す力」とともに下降した点を指導の最重要点とするべきであろう。

4. 国語教師の意識を考える

近年、高専国語教育そのものに求められる学習指導方法や内容が、少しずつではあるが変化してきている。まず、平成 16 年 2 月 3 日、文化審議会が答申「これからの時代に求められる国語力について」において国語力のための方策を提示し、続いて平成 17 年 10 月、中央教育審議会が答申「新しい時代の義務教育を創造する」において「国語力は全ての教科の基本」だということを明示、さらに、OECD の「学習到達度調査」(PISA 調査)の結果を受けて、文部科学省が「読解力向上に関する指導資料」を発表して学習指導の改善の方向を示唆するなど国語力向上に向けての動きは世論を巻き込んで大きくなってきている。

このような時代の動向の中で、日本国語教育学会が平成 17 年度に、国語教師たちがどのような意識を持って、国語教育の実践・研究に取り組んでいるのかの実態を明らかにしようとするアンケートを実施した。『月刊国語教育研究』特集「論理的思考力を育てる読み書き関連学習」日本国語教育学会編 (2006.7) このアンケートは、上記の学会員の中から 282 名の小・中・高校の国語教師の意見を集約したものである。その中で今回のテーマである「コミュニケーション」に関しての質問を中心にして拾い出してみることにする。

①、次の事項に、どの程度力を入れて指導する必要があるとお考えですか。「特に力を入れて指導する必要がある

る」は A、「あまり力を入れて指導する必要はない」は B と答える。(27 項目のベスト 3 を掲載)

- 1 「作文」 A176 (62.4)、B0 (0.0)
- 2 「話す・聞く」 A170 (60.3)、B4 (1.4)
- 3 「コミュニケーション」 A150 (53.2)、B5 (1.8)

上記の結果を学校種別でみると、小学校が 171 人中 97 人 (56.7%) で 3 位、中学校が 45 人中 23 人 (51.1%) で 8 位、高校が 50 人中 18 人 (36%) で 7 位という結果である。

②、「これからの国語科」について、特に何が大事だと思いますか。(24 項目のベスト 3 を掲載)

- 1 「話す・聞く・書く・読むの関連指導」 150 (53.2)
- 2 「言語による人間形成 (見方・考え方・感じ方の育成)」 123 (43.6)
- 3 「コミュニケーション」 113 (40.1)

上記の結果を学校種別でみると、小学校が 76 人 (44.4%) で 2 位、中学校が 18 人 (40%) で 3 位、高校が 10 人 (20%) で 14 位である。つまり、小・中で、その重要性が認められている一方で、高校では「コミュニケーション」は、「指導の重要性」「これからの国語科としての重要性」とともに、小・中ほど意識されていない結果である。

そこで、我々高専国語教師がこのアンケートに答えたとしたら、やはり何といっても一番に「コミュニケーション」を唱えるであろう。近年、企業が社員採用に当たって最も重視するのがこの能力であり、世上頻繁に起こっている人間関係のトラブルの多くが、この能力不足、特に話すこと、聞くこと、能力の欠如に起因していることもよく知られている。学習指導要領でいう「生きる力」とは、家庭生活、学校生活、社会生活の中で必要な次の観点で捉える必要がある。

- 1 問題解決に質する能力
- 2 人間関係を円滑にする能力

にもかかわらず、国語科教育の中で、「話すこと・聞くこと」の学習実践は必ずしも重視されていないのが現実である。では、このこの現実を打開するにはどうすればよいか。答えはただ一つである。指導者が「話すこと・聞くこと」の学習の重要性を自覚し、学生にもまたその必然性を理解させ、自然に教室活動でその学習に引き込むことができるような様々な言語活動を常に準備し、教師が自在に教材を投入しなければならないと考える。

ここでは、授業の中での言語活動の基礎と基本になる指導の留意点を考えることにする。たとえば、川本信幹氏⁷⁾が次のようなことを提唱している。「一人の生徒が発言し、他の生徒がそれを聞き取る」と言う単純な活動も立派な言語活動であるという。それを成立させるために、指導者は何をするかである。具体的な氏の提案は、以下のとおりである。

- 1 指導者が発言して生徒が聞き取るという一方通行的

な指導形態をできるだけなくす。どうしても、その形をとる場合は、聞き取った内容をふまえて、生徒に発言させることを必ず加える。

2 「一人の生徒が発言し、他の生徒がそれを聞き取り、更に聞き取った内容をふまえて他の生徒が発言する」という形の活動をできるだけ多く設定する。つまり、生徒同士が発言のやり取りをする形を増やす。

3 生徒の発言の声小さく聞き取れない場合、指導者がその発言を繰り返して他の生徒に徹底するという援助はしない。

このような具体的な指摘を受け、授業の場面でどのような動きをすべきなのかを考察してみないと、「授業中に発言が少ない教師」の時間は解決しない。言ってみれば、学習指導要領に準拠したカリキュラムや教科書をこなすことだけの自己完結型では、学生の「コミュニケーション」能力は育たない。つまりは、実社会を生きぬく上での必要な言語能力を体得させることができないのである。

5. 本校国語教育の実践

さて、最近の国語教育界のさまざまな動きを勘案し、以下、筆者が本校で実践している活動の一端を紹介する。いずれも、長年繰り返して行ってきたことがらばかりである。

A まず、「聞く」ことの重要性を説く。(筆者の第1学年の授業では、「聞く姿勢」を身につけることが第一である。我々が成長する要素の原点は、他者の「意見」や「主張」、「話」を聞くことから始まる。「聞かない」では何も始まっていかない。つまり、「学生が聞いていても聞いていなくても、授業は勝手に進んでいく」授業は言語道断で、指導者側に大いに反省をしてもらわなくてはならないものである。)

B 次の実践は「メモ」を取ることである。その延長線上に「ノートの聞き書き」の習慣を身につけさせる。(聞き取りのメモは社会生活そのものの基本である。話の構成、キーワード、強調、繰り返しなど、言語活動の一例を授業の中で体験させる。あえて、毎授業の冒頭に「季節の話題」、「時事問題」を話して、要約文や意見文の作成を促す。それは同時に定期考査の記述問題となることを提示し、この主旨をやりっ放し、言いつばなしに終らせないことに留意する。)

C 続いての実践は、「グループ学習」の班結成である。(国語科の学習を学生主体で進めていくためには、グループでの話し合いが有効となろう。つまり、指導者と学生の対話形式のみで学習内容を理解させるのではなく、学生同士の話し合いを活用すれば「話すこと・聞くこと」のスキルを学習することになる。まさに、「コミュニケーション」学習の基本を学びながら、問題解決能力を向上させることができる。)

ところで、今年度、私は第1学年で「古典」学習でのグループ学習を進めている。さて、昨今の中学や高校における「古典学習」は一応に歓迎されてはいない。それはなぜか。学生の心を推測するに、おそらく第1に「文法」の煩雑さ、第2に「そんな昔のことを勉強して何の役に立つのか」という思いがあるからであろう。しかし、その心に同調する教師が多いことが、古典学習嫌いを増大させてしまっているように感じる。本校入学生にも、古典学習に毛嫌いを感じて入学してきた学生も相当数いることが、国語授業開きの際のアンケートから分かってくる。そこで国語教育における綱引きが始まる。そのような現実を背負いながら、筆者が実践している授業の実際に対する考え方は以下のとおりである。

まず、「古典学習」は性急であっていけない。現代の学生が育った時代はパソコンが小学生の時代からあり、季節感を味合うこともせず、部屋の中で過ごすことができた。よって、中学時代に教室で習った枕草子の「秋の夕暮れ」は実際に季節を感じず、この神無月のころは塾の教室の中で「英語」、「数学」を勉強しており、からすが飛んでいく光景には接していないのである。そのような環境にある学生を性急に古典の世界に誘うこと、まして、「古典文法」の理解を学生に求めることは無理というもので、古典は現代に息づいているものであることを、早く気づかせることが、「古典学習」の活性化につながるのではないかと考えている。つまり、日進月歩の「技術」を学ぶ学生には、「何の役に立つのか」をはっきりさせ、学習目標を明示させてあげることである。

そこで、私の古典学習の目的を提示、そして、その目的をどのように「授業実践」しているかを紹介する。

1 (目的) 国語教育を担当する者として、最高級の古典作品に出会ったことを学生に自覚させる。そのために、学生には教科書にある「読む」作品に対して、学生に真っ向から対決させる。

(授業での実践) 教室で出会った作品、読んだ作品について、音声言語教育の原点である「暗唱」をさせることにしている。精一杯努力することの大切さを体得させる。中には「暗唱」に対して、非常にアレルギーを持っている学生がいる。その現実を踏まえて「暗唱テスト」を課し、努力の跡が評価に生きてくるような実践をおこなう。

2 (目的) 古典の学習を通して、彼らが日本人として生きていく方向性を探らせる。具体的には、指導者が「文化の伝統」を学ぶ目的について、郷土の古典文学に関する資料を作成し、学生に身近な古典文学を理解させる。

(授業での実践) 本校は伊勢の国(三重県)に立地することからして資料は豊富である。たとえば、鈴鹿の地においては「古事記」をはじめとする倭建命の「白鳥」伝説はあまりにも有名である。また、伊賀の国の芭蕉など、彼らの身近に存在する「古典文学」を長期の休みを利用

しての課題学習として課すことにする。これらの「課題学習」はグループ学習の班学習として、発表学習へつなげることにする。

3 (目的) 高専で古文を学習する場合、文法は古文を正確に理解する目的のための手段としてあり、決して文法の活用表を暗記しなければ先へ進まないような授業をしないこと。そうしなければ、かなりの学生が古文学習に拒否意識をもつようになる。これは目的と手段とをわきまえることのできない授業の弊害である。

(授業での実践) 現実には、今の学生が文語文法を学習することは根気のいることである。ましてや、高専学生が「文語文法」の学習の目的をどこにおくのかということからすると、相当覚悟のいる授業である。本年度、10年ぶりに「古文」を担当した。これまで採用していなかった「古典文法」に関する「学習ノート」(第一学習社刊)を採用した。採用していなかった理由は、やはり国語科が「高専学生には古典文法学習ノートはいらないうらう」という単純な理由からであった。必要な部分をコピーし、必要な部分だけを指導してきた経緯を反省することから、採用に踏み切った。具体的な授業はグループの学生が「調べ学習」の真骨頂として、全員が取り組んでいる。文語動詞の9種類を理解するには、かなりの時間が要することも予想された。確かに時間が掛かるが、エンジニアになる修練はこの程度のものでない。新しいものを開発する上では継続学習は何ほどのものでもない。一般的にグループ学習は「現代文の授業」でスマートに実践されているものが紹介されるケースが多いようであるが、筆者の実践は混沌としており、「分からない」、「分かってほしい」、「分かった」学生の悲鳴があちらこちらで飛び交っているのである。

4 (目的) 最終的には、「話す・聞く」における「自己評価・相互評価」の重要性を学習活動の中で実践する。具体的には、この学習にふさわしいものに「3分間プレゼンテーション」がある。ただし、闇雲に「実施」するのではなく、事前学習が重要でありそれを成功させるためには、「プレゼンテーションスキル」学習が必要である。

(授業での実践) 大切なのは「自己評価・相互評価」という「評価」することである。やりっぱなしではなく、友人からの感想、批評をもらうことは、学生間における相互「コミュニケーション」能力を育成するものである。一方、学生個人には、これらの「プレゼンテーション原稿」を提出させる。言い換えれば、総合的な発展学習として「書く」、「話す」への教材として活用していくのである。

6. おわりにー「コミュニケーション能力」の向上のために「読書指導」のあり方ー

最後に「国語教育」と切っても切れないものに「読書指導」がある。ただし、どこまで実践されているかという疑問が残るところである。

本校には昨年度まで29回を数える図書館主催(国語科共催)の「読書感想文コンクール」があった。校内で一次審査、二次審査を行い、「最優秀」「優秀」「佳作」と決定し、全校表彰を行ってきた。これらの伝統を踏まえ、今年度の第30回目を契機にコンクールのあり様を一考し、その方法を対外的なものへと移行した。名称も「読書体験記等コンクール」とし、形式を一変した。具体的には学年別に各種コンクールやコンテストに応募する形を取った。なお、1年生から3年生まではこれまでと同様、国語科の「読書」・「表現活動」の夏季課題として取り組ませた。

(1年生の部)

①「第1回ニッケ Pure heart エッセー大賞」、(ニッケ株式会社)

②「第26回全国高校生読書体験記コンクール読書体験記」(財団法人一ツ橋文芸教育振興会・集英社ナツイチ文庫)
(2・3年生の部)

①「JACA 国際協力中学生・高校生エッセイコンテスト 2006」(主催独立行政法人交際協力機構(JACA))

②「第26回全国高校生読書体験記コンクール読書体験記」(財団法人一ツ橋文芸教育振興会・集英社ナツイチ文庫)

以上のようなものに投稿させた。なお、自由応募の4、5年生の部にも多数の学生からの応募があり、本校の学生の約3分の2にあたる650名の学生が投稿した。ひとまず、初年度の取り組みは成功したと考えている。このように、図書館活動と国語科との総合的学習として「読書教育」が推進されていくことは、学生の「コミュニケーション」能力が育成されていくものと信じている。

最後に、日常の授業実践における「コミュニケーション能力」の向上については、まず「自ら考える」ことを習慣づける。そして、その考察の経過を「自ら表現する」ことを指導する。つまり、これらの指導の充実を図ることが、高等専門学校における「問題解決能力」を養うためのコミュニケーション学習の充実につながるものと信じている。

註

- 1) 「国語、数学、英語の『新入学生力検査』を実施してー本校における低学年教科指導のあり方ー」鈴鹿工業高等専門学校紀要 第34巻(2001)
- 2) 「国語、数学、英語の『新入学生力検査』を実施して(2)ー自ら学ぶ力を養成する視点からー」鈴鹿工業高等専門学校紀要 第35巻(2002)
- 3) 「国語、数学、英語の『新入学生力検査』を実施して(3)ー理解度の個人差に配慮した教科指導ー」鈴鹿工業高等専門学校紀要 第36巻(2003)

- 4) 鈴鹿高専における導入教育のあり方ー国語、数学、英語の「新入学生力検査」の活用ー 鈴鹿工業高等専門学校紀要 第37巻 (2004)
- 5) 高専国語コミュニケーションスキル教育のあり方ー国語「新入学生力検査」のこれまでの経過ー 鈴鹿工業高等専門学校紀要 第38巻 (2005)
- 6) 高専国語コミュニケーションスキル教育のあり方ー国語「新入学生力検査」のこれまでの経過ー 鈴鹿工業高等専門学校紀要 第39巻 (2006)
- 7) 川本信幹「言語活動を支える指導者の自覚」『月刊国語教育』別冊「生徒を引きつける言語活動開発マニュアル」東京法令出版 (2005.5)

参 考 文 献

- 1) 中村敦雄「音声言語の重要性を意識化させるための三つの方略」『月刊国語教育』別冊「生徒を引きつける言語活動開発マニュアル」東京法令出版 (2005.5)
- 2) 『日本語学』特集『『国語力』の育成』明治書院 (2006.10)
- 3) 『日本語学』特集「これから求められる『読解力』～PISA調査の『読解力』とは何か～」明治書院 (2006.6)
- 4) 『日本語学』特集『『話すこと・聞くこと』の授業づくり』明治書院 (2005.2)
- 5) 『月刊国語教育研究』特集「コミュニケーションの場の工夫・改善」日本国語教育学会編 (2005.8)
- 6) 『月刊国語教育研究』特集「確かな自己表現力を育てる語句・語彙」日本国語教育学会編 (2005.9)
- 7) 『月刊国語教育』特集「古典の授業活性化への道」東京法令出版 (2003.12)
- 8) 『月刊国語教育』特集「教師の指導力とは何か」東京法令出版 (2004.8)
- 9) 『月刊国語教育』特集「これからの時代に求められる国語力」東京法令出版 (2005.9)
- 10) 『月刊国語教育』特集「国語科はどこに向かうのか」東京法令出版 (2006.7)
- 11) 『月刊国語教育』特集「読書への誘い」東京法令出版 (2006.11)
- 12) 坪井泰士、錦織浩文共著『高専生のための日本語表現』阿南工業高等専門学校国語科 (2005. 3)

(付記)以下を、本校図書館だより「青雲」に掲載予定

◎ 各種コンクール結果(18年12月現在)

- ①「第26回全国高校生読書体験記コンクール」三重県地方審査 入選者2名
本校の入選者(三重県からは5編の入選者があり、そのうち2編が本校学生)
第1学年材料工学科 中尾静香 「自分という輝き」

(「リトル・ターン」を読んで)

第3学年機械工学科 小栗諒子 「人生の終着駅から学んだこと」(「あきらめない」を読んで)

以上の2編は、全国コンクールに進出。12月初旬から選考会。来年1月に全国の審査結果が発表される。

② 第1回ニッケ Pure Heart エッセー大賞

第1回ニッケ Pure Heart エッセー大賞の最終応募総数は12,600通に達したそうです。審査の結果、大賞1名、優秀賞10名、入賞90名、入選は200名でした。そのうち、入賞までの101作品は入賞作掲載本として、来年の3月に発行される予定。なお、エッセーの本文は800字程度。

本校から、以下の2名の学生が表彰されました。

入賞1名 1年材料工学科 堀田真衣

「私が出会った幸せ」(入賞作掲載本に掲載される)

入選1名 1年電子情報工学科 伊藤慎太郎

「私が思う『生と死』」

縦断的観察による鈴鹿工業高等専門学校学生の身体の発育、発達

宮崎 雄三*・船越 一彦*・細野 信幸*

A Longitudinal Study on Physical Development and Growth of Students 15~18 years old

Yuzo MIYAZAKI*, Kazuhiko FUNAKOSHI* and Nobuyuki HOSONO*

It has been pointed out in recent years that rapid changes in social and living environments have induced lifestyle related diseases and that the physical strength of children has been falling.

In this research, the results of a longitudinal survey examining the development and growth of students at Suzuka National College of Technology are compared with the average figure for students of the same age in Japan.

The results showed that the development and growth in both physical structure and function were at their peaks between 15 and 16 years of age and annual changes after that became gradual. There was almost the same tendency in the average figure among Japanese students.

Nevertheless, the active period in physical growth does not always coincide with the active period in functional development. Positive physical action and training are required to promote functional development along with natural growth.

The results of this and further research will give students beneficial feedback to help them realize a lifestyle that promotes positive growth and development.

(Received September 8, 2006)

Key Words: 発育と発達の推移, 比較

1. 研究目的

近年、社会環境や生活環境の急激な変化に伴い、人間のライフスタイルの大きな変化によるさまざまな問題点が指摘されている。生活の豊かさや便利さに乗じての運動不足や栄養過多による生活習慣病を誘発するライフスタイルによる子供たちの基礎体力の低下が問題視されている。

過去、その実態を調査するために、本校では文部省制定の旧「スポーツテスト」実施調査による学生の身体発育と発達の様相を縦断的方法 (Longitudinal study) によって観察をすすめてきた。今回は、平成 10 年度より新「体力テスト」が作成され、その調査結果による本校学生の体格・体力の調査研究を試みた。人間における身体の発育・発達の推移を知るためには、その形態的側面と機能的側面の両面より追跡・分析を行う必要があることはしばしば指摘されている。

本稿では、本校学生の形態的発育と機能的発達の推移に

Physical)]

ついて調査対象学生を平成 11 年度入学学生と全国平均との比較をもとに分析し、考察を試みた。

2. 研究方法

2.1 対象

2.1.1 平成 11 年度本校入学生 男子 140 名
平成 11 年度 (15 才)・12 年度 (16 才)・13 年度 (17 才)・14 年度 (18 才) 時の文部科学省統計の年齢別体格推移の平均記録 (身長・体重・座高) および全国体力・運動能力の年齢別調査の平均記録 (握力～ハンドボール投げの 8 種目)

2.2 測定時期

2.2.1 形態測定 (体格)

毎年 4 月上旬 (新学期開始直後) に実施

2.2.2 機能測定 (体力・運動能力)

毎年 4 月から 5 月にかけて正課体育時に新体力テス

*一般科目(保健体育)[General Education(Health and

ト実施要領にしたがって4年間4回実施した。

なお、5 学年は体育の授業がないので新体力テストは実施していない。

2.3 場 所

本校体育館および陸上競技場

2.4 測定および測定種目

2.4.1 形態的側面・・・身長・体重・座高

2.4.2 体力・運動能力調査・・・文部科学省制定「新体力テスト実施要領」に基づく8種目（握力、上体起こし、長座体前屈、20m シャトルラン、50m走、立ち幅とび、ハンドボール投げ）の測定を実施した。

入学者のうちで、学業途中にして進路を変更した者、疾病その他でやむを得ない事情により計測を受けることが出来なかった者については除外した。

表 I 身長・体重・座高の平均値、標準偏差

身長・体重・座高の平均値、標準偏差					H11～14年度全国平均値			
項目	測定時の 年令・月	平均値	標準偏差	年間の 平均値差	有意性	項目	年令	平均値
身長	15才4月	167.6	±5.55	2.1	**	身長	15才	168.5
	16才4	169.7	±5.53				16	170.1
	16才4	169.7	±5.53	0.7	17		170.9	
	17才4	170.4	±5.71		18		171.6	
	17才4	170.4	±5.71	0.4	体重	15才	59.3	
	18才4	170.8	±5.71			16	61.2	
体重	15才4月	57.7	±7.16	3.1		**	17	62.8
	16才4	60.8	±7.13				18	62.6
	16才4	60.8	±7.13	0.2	座高	15才	89.8	
	17才4	61.0	±6.84			16	90.8	
	17才4	61.0	±6.84	0.8	17	91.5		
	18才4	61.8	±6.90		18	91.4		
座高	15才4月	89.1	±3.67	0.9	*	座高	15才	89.8
	16才4	90.0	±3.19				16	90.8
	16才4	90.0	±3.19	0.9	*		17	91.5
	17才4	90.9	±3.33				18	91.4
	17才4	90.9	±3.33	0.5				
	18才4	91.4	±2.99					

備考 1) *—5%水準、***—1%水準の有意性を示す
2) ▲—平均値差のマイナスを表す

図 I 身長

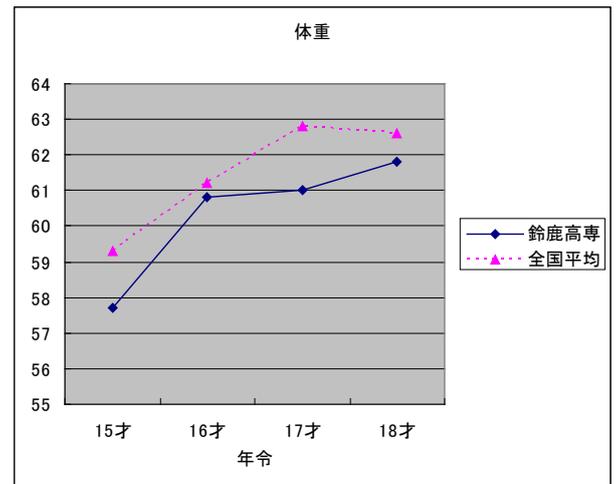


図 II 体重

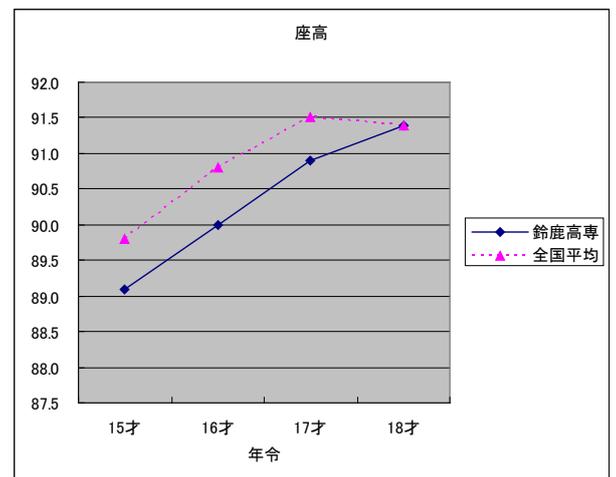


図 III 座高

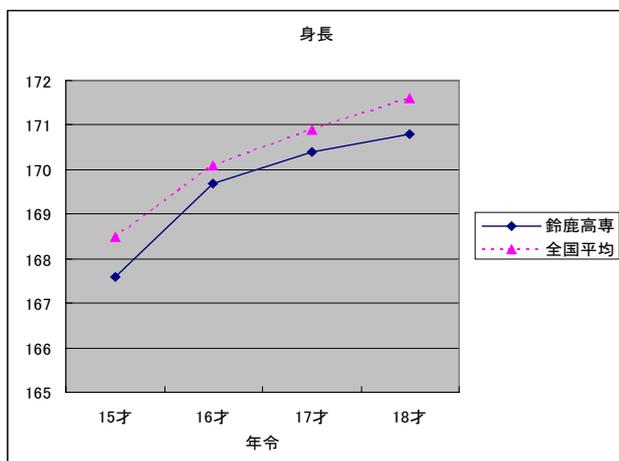
3. 結果と考察

表 I～表 IIIには、平成 11 年度男子入学生の 4 年間の体格（身長・体重・座高）と体力・運動能力（新体力テスト）の 8 項目の平均値、標準偏差、年間の平均値差、有意性の検定（t 検定）と同年度による 15 才～18 才時の全国平均値を示した。

3.1 形態的側面（表 I，図 I～III 参照）

3.1.1 身長

表 I、図 I に見られるように本校学生の発育様相は、15 才時から 16 才時にかけて 2.1 cm の上昇傾向が見られ、4 年間の上昇率においてはこの時期が全体の 65% の伸びを示す。15 才時と 16 才時との間には（ $p < 0.01\%$ ）の有意な差が確認された。全国



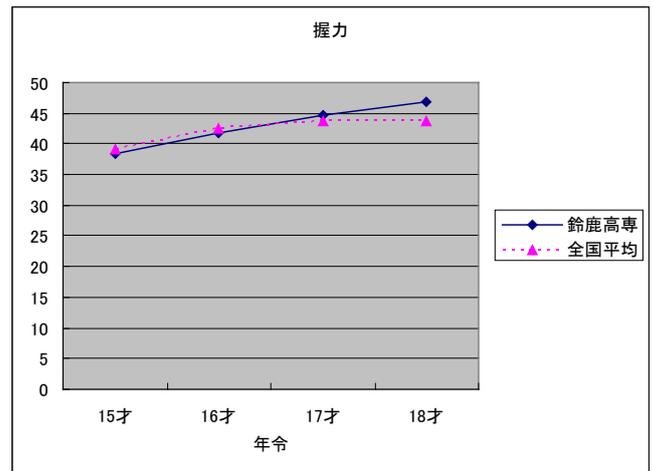
平均においてもほぼ同じような結果が示されている。本校の17才時以降の傾向もほぼ全国平均と同様の発育傾向が見られた。

3.1.2 体重

表Ⅰ、図Ⅱに示すように体重においても身長と同様、15才時から16才時の発育量が3.1Kgと大きく、身体発育との関連が見られた。全国平均よりも発育量は顕著であり、15才時と16才時との間には ($p < 0.01\%$) の有意な差が認められた。17才以降は本校の学生の発育量は緩やかである。

3.1.3 座高

表Ⅰ、図Ⅲに示すように身長や体重のような顕著な上昇傾向は見られなかったが、4年間緩やかな発育の様相を示す。全国平均との比較においても17才時までは同じような傾向が見られた。この項目においても15才時から17才時との間には ($p < 0.05\%$) の有意な差が認められた。

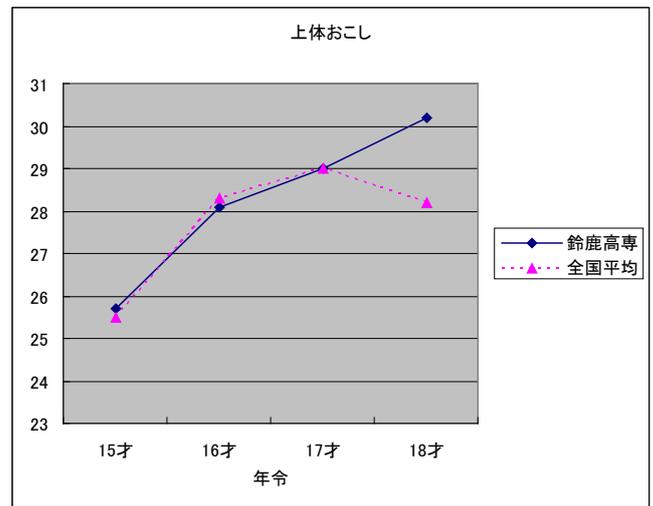


図Ⅳ-1 握力

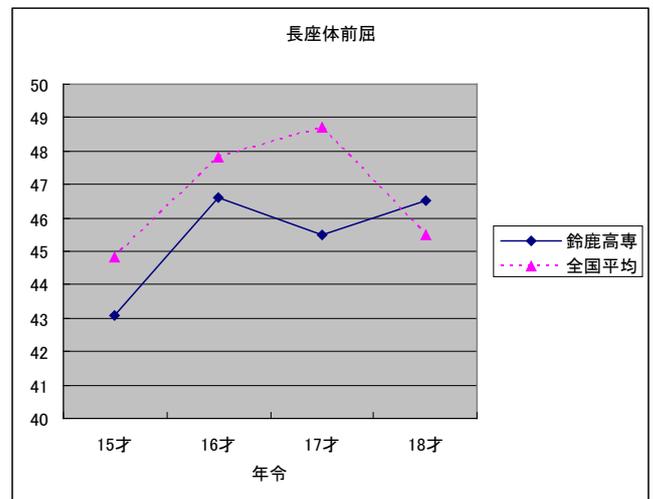
表Ⅱ 体力診断テストの平均値、標準偏差

体力診断テストの平均値、標準偏差						H11~14年度全国平均値			
項目	測定時の 年令・月	平均値	標準偏差	年間の 平均値差	有意性	項目	年令	平均値	
握力	15才4月	38.3	±5.79	3.4	**	握力	15才	39.1	
	16才4月	41.7	±5.73				16才	42.4	
	17才4月	44.7	±5.97	3.0	**		17才	43.7	
	18才4月	46.8	±7.22				18才	43.6	
	上体おこし	15才4月	25.7	±4.25	2.4	**	上体おこし	15才	25.5
		16才4月	28.1	±4.73				16才	28.3
17才4月		29.0	±4.63	0.9		17才		29.0	
18才4月		30.2	±5.95			18才	28.2		
長座体前屈		15才4月	43.1	±7.78	3.5	**	長座体前屈	15才	44.8
		16才4月	46.6	±8.33				16才	47.8
	17才4月	45.5	±8.67	▲1.1		17才		48.7	
	18才4月	46.5	±9.73			18才		45.5	
	反復横とび	15才4月	51.1	±5.41	1.4	*	反復横とび	15才	48.8
		16才4月	52.4	±5.44				16才	51.9
17才4月		52.3	±5.45	▲0.1		17才		53.0	
18才4月		52.9	±7.91			18才	52.8		

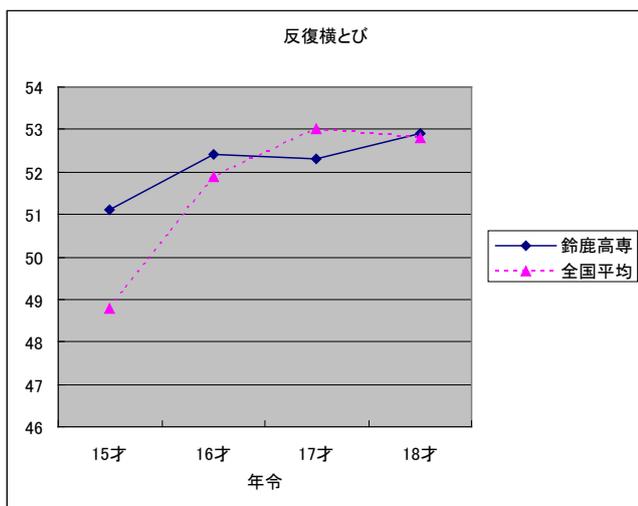
備考 1) *—5%水準、**—1%水準の有意性を示す
2) ▲—平均値差のマイナスを表す



図Ⅳ-2 上体おこし



図Ⅳ-3 長座体前屈



図IV-4 反復横とび

3.2 機能的側面(表II～III, 図IV 1～4, 図V 1～4 参照)

3.2.1 握力

本校学生については、各年令とも順調な発達傾向を示す。本校学生の4年間の発達傾向は8.5Kgと上昇が顕著であるが、全国平均では、15才時から17才時においては上昇が顕著であるが4年間の発達傾向は4.5Kgであり、比較的大きな差が見られる。本校の各年令の間において(p<0.05%~p<0.01%)の有意な差が認められた。

3.2.2 上体おこし

15才時から16才時において2.4回の顕著な発達傾向を示す。17才時以降においても僅かではあるが緩やかな発達傾向を示す。全国平均においては、15才時から17才時においては本校と同様の発達傾向が見られるが、18才時では下降傾向を示す。本校15才時から16才時との間には(p<0.01%)の有意な差が認められた。

3.2.3 長座体前屈

上体お越し同様、15才時から16才時において3.5cmの顕著な発達傾向を示すが、それ以降は記録の伸びが比較的緩やかである。全国平均においては、17才時から18才時の記録が-3.2cmと著しい下降現象を示し、この時期において本校の学生の記録が僅かではあるが全国平均を上回る。この項目においても本校学生の15才時から16才時において(p<0.01%)の有意な差が認められた。

3.2.4 反復横とび

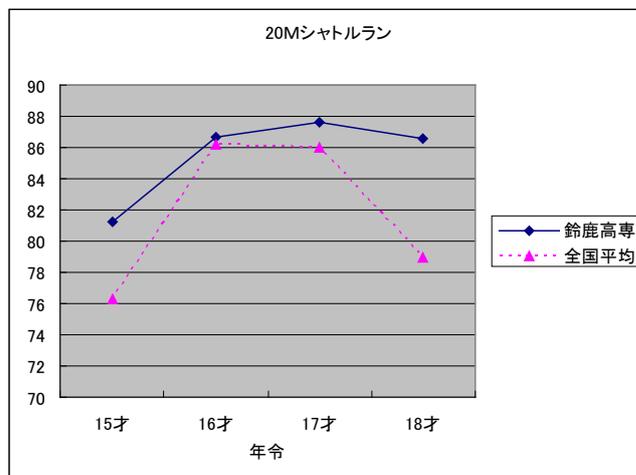
加齢による顕著な年次の上昇傾向が認められない。全国平均との比較では、本校の学生が15才時では2.3点上回っていたが、年齢が進むにつれその差がなくなり、18才時においては全国平均とほぼ同点の

数値となる。本校15才時から16才時において(p<0.05%)の有意な差が認められた。

表III 運動能力テストの平均値、標準偏差

運動能力テストの平均値、標準偏差						H11～14年度全国平均値						
項目	測定時の年令・月	平均値	標準偏差	年間の平均値差	有意性	項目	年令	平均値				
20Mシャトルラン	15才4月	81.20	±19.61	5.5		20Mシャトルラン	15才	76.3				
	16・4	86.70	±19.05				16	86.2				
	16・4	86.70	±19.05	0.9			17	86.0				
	17・4	87.60	±20.23				18	79.0				
	17・4	87.60	±20.23	▲1.0		50M走	15才	7.59				
	18・4	86.60	±24.16				16	7.38				
50M走	15才4月	7.65	±0.45	0.23			立ち幅とび	15才	216.0			
	16・4	7.42	±0.47					16	226.0			
	16・4	7.42	±0.47	0.15		17		228.8				
	17・4	7.27	±0.42			18		229.5				
	17・4	7.27	±0.42	0.07		ハンド投げ	15才	25.0				
	18・4	7.20	±0.48				16	27.0				
立ち幅とび	15才4月	220.70	±21.48	4.3			ハンドボール投げ	17	27.2			
	16・4	225.00	±17.10					2.0		18	26.2	
	16・4	225.00	±17.10	▲0.8		ハンドボール投げ				15才4月	25.10	±4.84
	17・4	227.00	±19.38					0.8				
	17・4	227.00	±19.38	0.4								
	18・4	226.20	±19.16				0.4					
18・4	26.70	±4.88	0.4									
15才4月	25.10	±4.84			0.4							
16・4	25.50	±4.76	0.8									
16・4	25.50	±4.76			0.8							
17・4	26.30	±5.01	0.4									
17・4	26.30	±5.01			0.4							
18・4	26.70	±4.88	0.4									

備考 1)★-5%水準、***-1%水準の有意性を示す
2)▲-平均値差のマイナスを表す



図V-1 20mシャトルラン

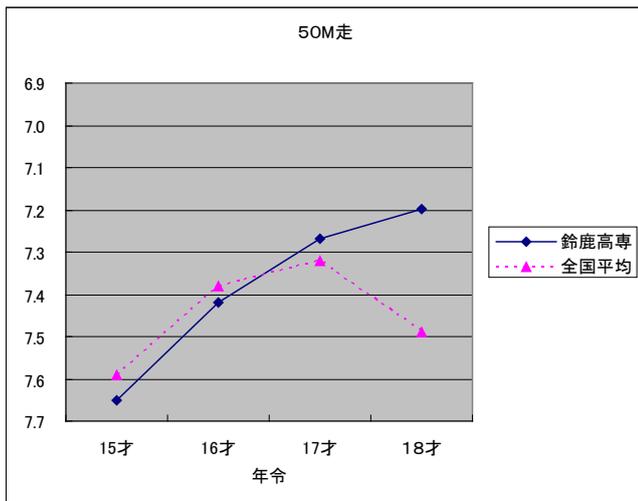


図 V - 2 50M走

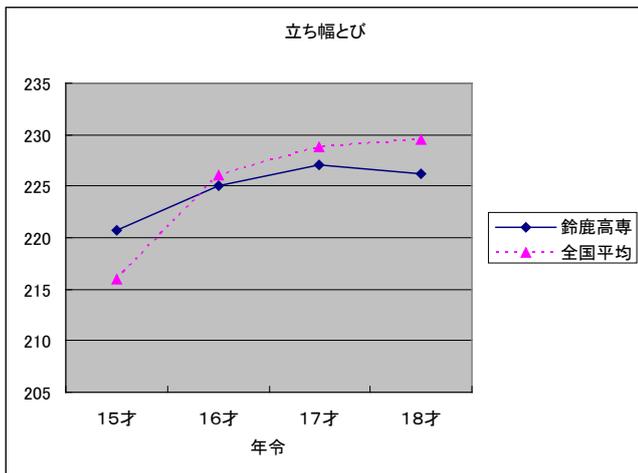


図 V - 3 立ち幅とび

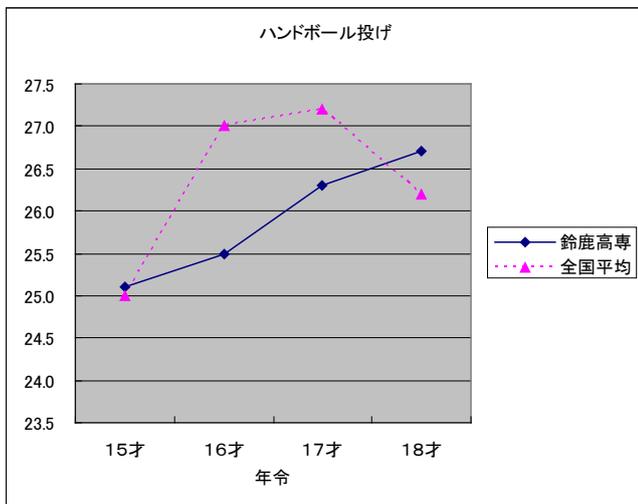


図 V - 4 ハンドボール投げ

3.2.5 20mシャトルラン

15才時から16才時に折り返し数が5.5の大きな記録の向上を示すが、以後の年次変化は緩やかおよび低下傾向にある。全国平均と比較すると、本校同様15才時から16才時に大きな記録向上を示すが、18才時での低下が著しい。この項目においては、全国平均に比べて各年齢層ですべて記録が上回る結果を得た。持久走においては、学生への意欲、妥協等の心理的要素が記録向上に大きく関わる種目でもある。実施においては、学生のモチベーションを高め、無理なく適正に実施させていくことが肝要である。

3.2.6 50M走

この項目は、各年齢段階において順調な記録の向上が示された。15才時から16才時の記録の向上が全国平均同様に顕著ではあるが、18才時での本校学生と全国平均との記録の変化に大きな相違が示された。

3.2.7 立ち幅とび

この項目においては、15才時では全国平均を上回っていた記録が16才時での全国平均の著しい向上により、僅かではあるが、それ以後の各年齢層において全国平均を下回る。本校の記録の推移において、4年間に5.5cmの伸びを示すが、全国平均においては13.5cmと多少の上昇幅はあるが、18才時での差が3.3cmと微少であり、形態面との関連から見て、特に注視すべき事ではない。

3.2.8 ハンドボール投げ

本校においては、特に各年齢層での大きな記録の変化は見られなかった。全国平均においては、各年齢層にかなりの記録の変動が見られるが、本校学生については、緩やかながらも安定した上昇を示す。

4. ま と め

本研究の目的は、本校の学生の形態的・機能的側面を文部科学省による新体力テストおよび体格測定による調査結果によって本校学生の各学年(4年間)の発育・発達の推移の実態を把握し、その結果を同年代の全国平均との比較により検討を試みた。本研究の結果については、以下のようによまとめた。

形態的側面において、身体の形態発育の一般的推移は、身長発育曲線により4期に区分されるといわれている。第1が特に著しい発育を示す出生時からの1~2年間(第1発育期)、第2が3~10才頃での緩やかな時期、第3が再び急激な発育を示す11~15才の時期で、この時期がいわゆる思春期の時期であり本校の1学年にあたる。第4以降より穏やかな発育に移行し、20才前後で成人の域に達する。本

校学生においても15才～16才時での発育量は、4年間の全発育量の身長では65%、体重では75%の急激な発育を示し、それ以降では緩やかな発育という身体の発育曲線に沿った一般的な傾向が示された。全国平均との比較においては、この年度の入学学生の形態はやや劣っている結果が見られたが、体力・運動能力においては18才時においてはほとんどの項目で優位な結果が示された。体重については、いろいろな要因（運動不足、栄養過多などによる生活習慣病など）が作用して発育完了を判定することが難しいとされている。この項目については、今後除脂肪体重等も考慮した年次の推移の調査も検討していく必要がある。

機能的側面での体力診断テストでは、握力（筋力）は、各年齢において高い水準の値を示す。上体おこし（筋力・筋持久力）、長座体前屈（柔軟性）においては、15才時から16才時において高い水準を示すが、以後は記録の上昇は緩やかである。17才時においていずれの項目においても全国平均を上回る結果を得た。反復横とび（敏捷性）においては、加齢による大きな差は見られなかった。17才時以外において僅かではあるが全国平均を上回る。

以上、体力の変動については、本稿学生においては、17才時において項目によって僅かな低下傾向を示すものの、ほぼ順調な発達傾向が認められた。

機能的側面での運動能力テストでは、20mシャトルラン（全身持久力）、50m走（スピード・走能力）、立ち幅とび（筋パワー・跳能力）については、15才時から16才時において高い水準を示し、17才時をピークに下降傾向を示す。

20mシャトルランでは、いずれの年齢段階においても全国平均を上回る。全国平均値での年次推移を見てみると17才時よりの低下現象が著しい。ハンドボール投げ（筋パワー・投能力・巧緻性）については、全国平均に比べて僅かではあるが緩やかな向上傾向を示す。

以上の調査結果より、形態面および機能面において発育・発達の著しい15才時（1学年）と16才時（2学年）でのこの時期では、自然成長による発達に加え、積極的な身体活動や身体トレーニングによる体力強化の確立をいかに図るか。さらに、充実期・完成期に向かう17才以降の体力強化への助長とその維持・向上をいかに図るかが大きな課題となる。

今後もしろいろな角度から調査研究を試み、その調査結果が学生にフィードバックされていくための指標となる資料となればと考える。

最後に本研究において、ご協力頂いた本校の電算室センターの板谷氏、数学科の安富先生、英語科の中井先生に対して深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 和泉貞男, 体育理論叢書, 体育統計, 1961.
- 2) 伊藤義和, 学生と健康, 26-27, 1989.
- 3) 文部科学省スポーツ・青少年局, 平成12～15年度体力・運動能力調査報告書, 2000～2003.
- 4) 総務庁青少年対策部編, 平成12年度～15年度版, 青少年白書 青少年の体力, 2000～2003.
- 5) 小林寛道, スポーツと健康 各ライフステージにおける健康と体力, 文部研究会監修, Vol.31, No.12, 7-12, 1999.
- 6) 佐賀野 健, 谷岡憲三, 渡邊英幸, 高津浩平, 岩井一師, 本校男子学生における体格・体力の変動, 呉工業高等専門学校研究報告, 第68号, 29-34, 2006.
- 7) 小林寛道, 体育科教育, 新体力テストのねらいと総括, 第48巻第8号, 38-41, 2000.
- 8) 勝田 勲, 藤田匡肖, 鈴鹿工業高等専門学校学生の身体発育, 鈴鹿工業高等専門学校紀要, 第三報, 89-99, 1969.

数値解析を援用したコースティック像の シミュレーションに関する基礎的研究

末次 正寛*・清水 紘治**

A Study on the Simulation of Caustics Combined with the Numerical Analysis

Masahiro SUETSUGU and Koji SHIMIZU

A technique for simulating the caustic pattern in reflection and transmission arrangements is established by using the finite element analysis. Caustic patterns under pure Mode I, Mode II and Mode III loading conditions are simulated, and stress-intensity factors K_I , K_{II} and K_{III} are successfully evaluated. Simulated caustic pattern is also in good agreement with the experimental caustic pattern, and the validity of this technique is revealed. Moreover, the simulating technique is applied to various combinations of mixed mode conditions, and individual component of stress-intensity factor K_I , K_{II} and K_{III} are obtained by using the simulated caustic patterns.

(Received September 15, 2006)

Key Words : Experimental Mechanics, Stress Intensity Factor, Caustics, Numerical Analysis

1. 緒 言

き裂を有する構造物の破壊挙動を評価するためには、き裂先端部における応力拡大係数の値 (K 値) を求める必要がある。応力拡大係数を求める実験法には、光弾性法を始めとして種々のものがあるが、一般的に実験、解析にかなりの注意と労力を要する⁽¹⁾。これに対して、コースティック法は、比較的簡単な装置で非接触的に実験を行うことができ、かつ容易に応力拡大係数を求めることができる等、多くの利点を有している^{(2)~(4)}。従って、静的クラック問題のみならず⁽⁵⁾、高速き裂進展問題等へ広く適用されているが^{(6)~(8)}、多くはモード I 形の負荷様式に関するものである。実際の構造物においては、一般的にモード I、モード II およびモード III が同時に作用しているわけであり、このような混合モード状態へのコースティック法の適用法についても検討が必要である。これまでいくつかの報告がなされてきたが^{(9)~(11)}、 K 値の評価法など基本的な考察に関するものであり、実際のコースティック像の形状についての詳細な検討等はなされていない。これは、このような混合モード

負荷状態における実験が、それほど容易ではないことにひとつの原因がある。そこで、本研究では、理想的かつ自由な組み合わせの負荷状態を実現できる、数値解析を援用したコースティック像のシミュレーション手法に関する基礎的検討を行い、三つの純粋モード (モード I, II, III) ならびに種々の混合モード負荷状態におけるコースティック像について詳細に考察を加えたので、ここに報告する。

2. コースティック法の基礎理論^{(2)~(4)}

コースティック法が利用している基本原理を図 1 に示す。本図は、引張を受けるクラックを有する透明な板 (例えばアクリルなど) に、光を入射させた場合である。

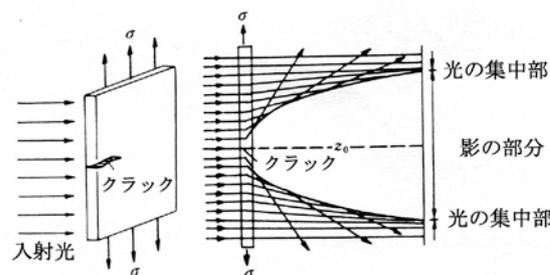


図 1 コースティック法の基本原理

* 機械工学科 [Department of Mechanical Engineering]

** 関東学院大学 [Kanto Gakuin University]

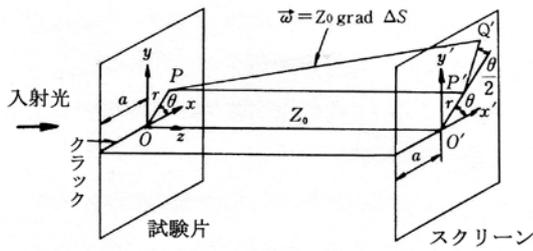


図2 コースティック像の形成理論

クラック先端近傍には強い応力集中が発生し、板の厚さ変化と屈折率の変化が生じる。その結果、入射光の光路程が変化して光が偏向し、その結果としてスクリーン上に光が到達しない領域が生ずる。この光が来ない影の領域の大きさや形状などから、応力拡大係数 K 値を評価することができる。これがコースティック法の原理である。以上は透過する光について述べたが、表面で反射する光に対しても同様である。

次に、コースティック像の形成理論の概略を以下に示す。今、図2に示すように平板の P 点、 r に平行光が入射したとすると、距離 z_0 離れたスクリーン上における光の到達点 \vec{W} は、式(1)で与えられる。

$$\vec{W} = \vec{r} + \vec{w} \quad (1)$$

ここで、 \vec{w} は偏向ベクトル量であり、光路程の変化量を Δs として、式(2)で示される。

$$\vec{w} = z_0 \text{grad} \Delta s \quad (2)$$

以下、式(1)の Jacobian (関数行列式) をゼロとして初期曲線 r_0 を定め、式(1)に再び代入すれば図1に示した光の集中部である火線 (caustic curve), すなわちコースティック像が求まることになる。なお、 r_0 とはスクリーン上のコースティック像を形成する光が物体上のどの位置から来ているかを示すものである。このようにして形成されたコースティック像の特徴的な部分を用いて K 値を評価することになるが、その具体的な関係性は、個々の場合について4節に示す。

3. 数値解析によるコースティック像の形成

3.1 有限要素法による応力・変位場の解析

有限要素法解析は市販ソフト ANSYS(ANSYS, Inc.)

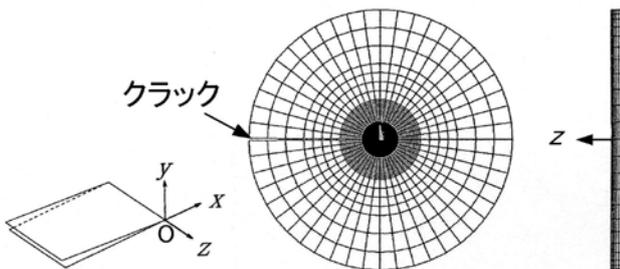


図3 解析モデルの概略

を用いて行った。モード I およびモード II で使用した解析モデルを図3に示す。解析モデルはアクリル板(縦弾性係数 $E=2.94\text{GPa}$, ポアソン比 $\mu=0.36$, 板厚 $t=6\text{mm}$) を想定し、表面上のき裂先端を原点として半径 $r=36\text{mm}$, また板厚は対称性より $t=3\text{mm}$ の円柱とした。 z 軸は、面外方向を正としてある。図3に示すとおり、き裂先端部ならびに表面部に近づくにつれて細かい要素分割となっている。なお、モード III の解析については、図3と同様の半径 $r=36\text{mm}$ で板厚が $t=6\text{mm}$ のモデルを使用した。負荷方法については、想定したき裂先端部における K 値より、二次元弾性理論に基づいて境界部 ($r=36\text{mm}$) における σ_{rr} と $\sigma_{r\theta}$ (モード I, II), τ_{xz} と τ_{yz} (モード III) を計算し、対応する荷重を節点に与えた。

3.2 表面反射光によるコースティック像の形成

物体の表面で反射する表面反射光を用いる場合、光路程の変化量 Δs は板厚方向の変位 u_z であるため、式(2)の \vec{w} は次式で与えられる。

$$\vec{w} = -2z_0 \text{grad}(u_z) \quad (3)$$

ここで、負符号がついているのは、 z 軸の正の向きが試験片の面外方向であるからであり、 z_0 に正の値を用いると実像撮影の実験に、また負の値を用いると、試験片背後に形成される虚像を撮影する実験に対応する。このように、ある節点における r 方向と θ 方向の変位勾配 G_r , G_θ を求めれば、式(1)よりその点に入射した光のスクリーン上における到達点 \vec{W} が得られることになる。式(4)に、 x - y 座標系における \vec{W} を示す。

$$\begin{aligned} W_x &= r \cos \theta - 2z_0 (G_r \cos \theta - G_\theta \sin \theta) \\ W_y &= r \sin \theta - 2z_0 (G_r \sin \theta + G_\theta \cos \theta) \end{aligned} \quad (4)$$

この手順を、解析モデル表面上の全節点について行えば、コースティック像の輝度分布図が得られる。なお、勾配 G_r , G_θ は、隣接する節点の u_z を補間することにより求めた。なお、ここでは、入射光は平行光であり、 z_0 には負の値を用いてコースティック像の虚像を解析の対象とした。

3.3 透過光によるコースティック像の形成

試験片を透過する光、透過光の場合、式(2)の光路程の変化量 Δs は、式(5)で与えられる。

$$\Delta s = c_0 (\sigma_1 + \sigma_2) \cdot t \quad (5)$$

ここで、定数 c_0 は光弾性定数 c_1, c_2 ならびに屈折率 n を用いて次式で示される。

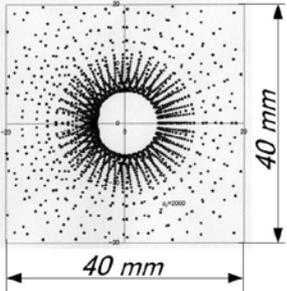
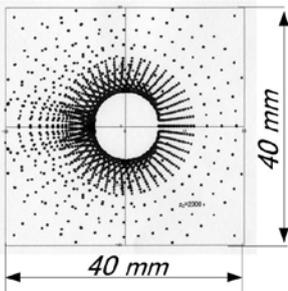
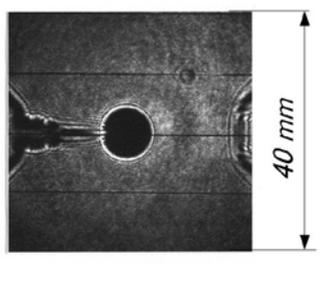
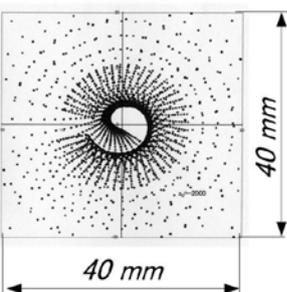
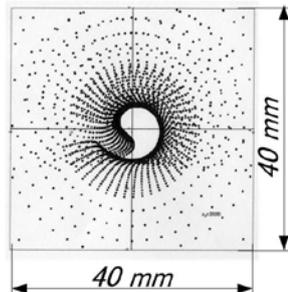
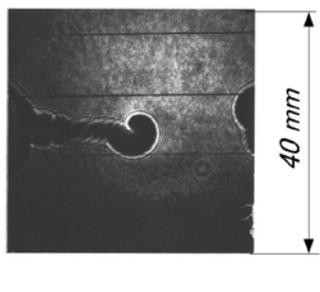
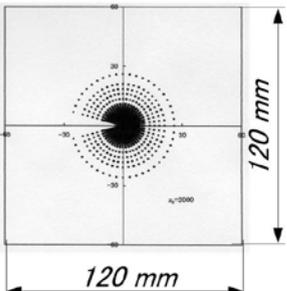
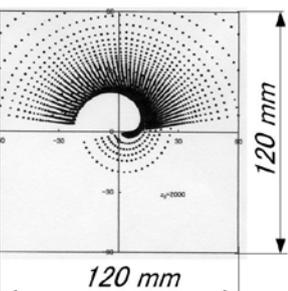
$$c_0 = \frac{c_1 + c_2}{2} - \frac{\mu}{E} (n-1) + \frac{\sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_2} \left\{ c_2 + \frac{1}{E} (n-1) \right\} \quad (6)$$

Δs は板厚方向に連続的に存在していると考えられるので、 z 方向に並んだ各節点の応力解を多項式で補間した後、板厚 t で積分すればよい。よって、 Δs は次式となる。

$$\Delta s = \left\{ \left(\frac{c_1 + c_2}{2} \right) - \frac{\mu}{E} (n-1) \right\} \int_0^t (\sigma_1 + \sigma_2) dt + \int_0^t \frac{1}{(n-1)} \left(\frac{c_1 + c_2}{2} \right) \sigma_1 dt$$

4. 1 純粋モードにおける検討

シミュレーションによって得られたモード I, モード II ならびモード III における光の輝度分布を, 図 4 に示

モード	シミュレーション ($K_{th} = 0.93MN/m^{3/2}$)		透過光による実験 ($K_{exp} = 0.62MN/m^{3/2}$)
	透過光	表面反射光	
I	 $K_I / K_{Ith} = 1.00$	 $K_I / K_{Ith} = 1.03$	
II	 $K_{II} / K_{IIth} = 0.93$	 $K_{II} / K_{IIth} = 0.86$	
III	 120 mm	 $K_{III} / K_{IIIth} = 0.96$ 120 mm	

(7)

あとは, 表面反射光の場合と同様に, 式(7)によって得られる Δs を用いて式(2)より \vec{w} を計算し, これを式(1)へ代入することによってスクリーン上における光の位置 \vec{W} が次式によって求められる。

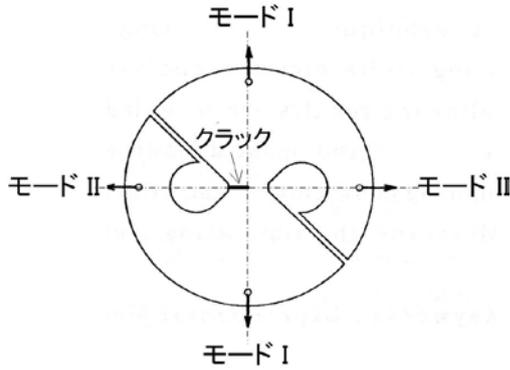
$$\begin{aligned} W_x &= r \cos \theta + z_0 (G_r \cos \theta - G_\theta \sin \theta) \\ W_y &= r \sin \theta + z_0 (G_r \sin \theta + G_\theta \cos \theta) \end{aligned} \quad (8)$$

4. 結果および考察

す。なお, 同図には, 図 5 に示す板厚 6mm の円形アクリル試験片を用いたモード I, モード II 負荷実験によって得られたコースティック像も, 併せて示してある。いずれも試験片から距離 $z_0=2000\text{mm}$ におけるコースティック像である。これらを比較すると, 両者の形状はよく一致しており, 今回のシミュレーション手法が正しいことがわかる。なお, モード III における透過光ではコースティック像が形成されていないが, これは, モード III の場合は, き裂先端部に面外せん断応力しか存在しないため, 主応力に依存する透過形シミュレーションでは像が形成されないことをよく反映している。

図 4 純粋モードにおけるコースティック像 (平行光, $z_0=2000\text{mm}$)

図5 モードI,モードII 実験用試験片
(PMMA材, $t=6\text{mm}$)



ここで、コースティック像を用いた応力拡大係数 K 値の評価式を以下に示す。モード I, ならびにモード II の場合は、図6 (a),(b)に示すコースティック像の縦方向直径 D を用いて式(9)より応力拡大係数 K_I, K_{II} を求めることができる。

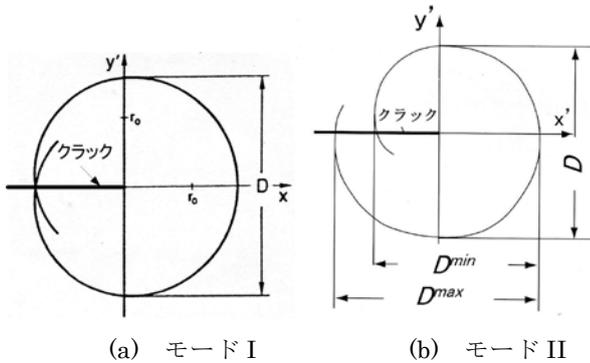
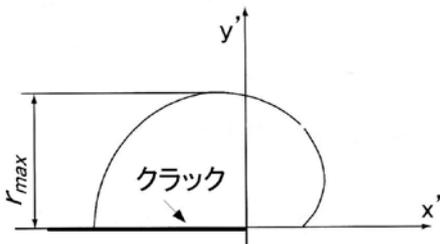


図6 モードI, モードIIにおける K 値評価

$$K_{I,II} = \frac{1.671}{z_0 |c_0| t} \left(\frac{D}{\delta} \right)^{5/2} \quad (9)$$

ここで式(9)の δ は、モード I の場合 $\delta = 3.17$, またモード II の場合 $\delta = 2.56$ である。



モード III の場合は、図7のような半円形のコースティック像となるが、図中の r_{max} より式(10) から横弾性係数 G を用いて K_{III} を求めることができる。

図7 モードIIIにおける K 値評価

$$K_{III} = \frac{0.6G}{z_0} \cdot (r_{max})^{3/2} \quad (10)$$

図4には、シミュレーション像の D ならびに r_{max} より式(9), (10)から求めた K 値と、FEM 解析で想定した $K_{th}=0.93\text{MN}/\text{m}^{3/2}$ との比を示してある。この比はすべてのシミュレーション像において概ね1となっており、定量的にもシミュレーションが正しく行われていることが知られる。モード III は面外せん断の負荷がき裂先端に作用する負荷様式であり、実験を行うことは簡単ではないが、図8に清水らによって撮影されたモード III のコースティック像を示す⁽¹¹⁾。これは板厚 10mm のアクリル板へ導入したクラック面へ、紐を介して面外変形を与えて表面反射光によるコースティック像を撮影したものである。荷重の荷重点の像など、本来の像以外のものも見られるが、クラック先端部には図7に示した理論的形状に近い像が現れている(白矢印部)。

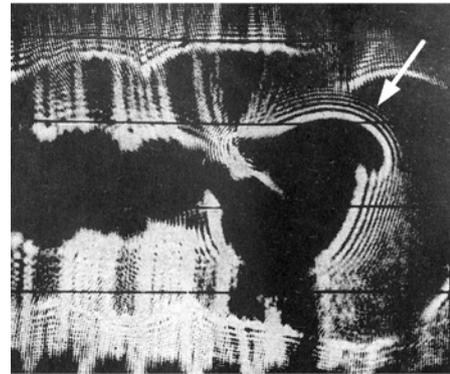


図8 モードIIIのコースティック像の一例⁽¹¹⁾

4. 2 混合モードにおける検討

図9は、種々の組み合わせにおける混合モード状態のシミュレーション像を示したものである。ここで、想定した K_{th} 値は混合比 μ (各モードの K 値の比率) を1として式(11)より定めた。

$$\sqrt{K_{Ith}^2 + K_{IIth}^2 + K_{IIIth}^2} = 0.93\text{MN}/\text{m}^{3/2} \quad (11)$$

試験片からの距離は、 $z_0=2000\text{mm}$ であり、スクリーン上のスケールは図中に示したとおり、全て縦横 40mm である。一般的に、表面反射光を用いた実験、また混合モード状態の実験を精度よく行うことは、実際問題としてなかなか難しいが、シミュレーションによれば図9に示すとおり、あらゆる任意の状態が解析可能であり、コースティック法に関する種々の検討に非常有効である。

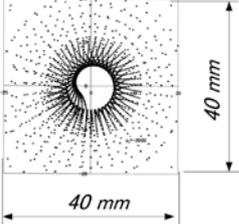
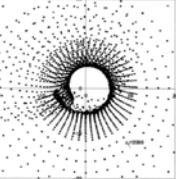
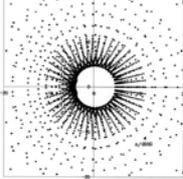
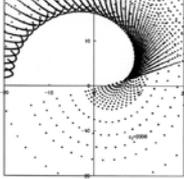
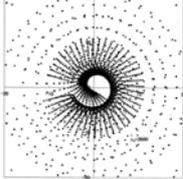
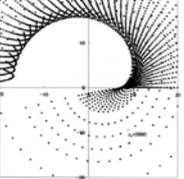
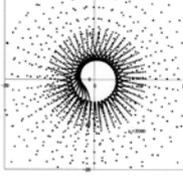
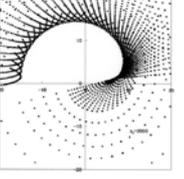
ここで、図9に示したコースティック像より応力拡大係数 K 値を導くことを考える。先に述べたとおり、透過光においてはモード III 成分の像は形成されないため、透過光で得られているコースティック像は、モード I, モード II, あるいはこれらの混合モードである。モード I とモード II の混合モードの場合、コースティック像は図6 (b)に示したようなずれた形になるが、式(12)で規定されるずれ量 A より混合比 $\mu_{III} = K_{II}/K_I$ が定まり、直径 D より式(13), (14)から K_I, K_{II} を評価することができる。

$$A = \frac{(D^{\max} - D^{\min})}{D^{\max}}$$

$$K_I = \frac{1.671}{z_0 |c_0| t} \cdot \left(\frac{D}{\delta}\right)^{5/2} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \mu_{II/I}^2}}$$

$$K_{II} = \frac{1.671}{z_0 |c_0| t} \cdot \left(\frac{D}{\delta}\right)^{5/2} \cdot \frac{\mu_{II/I}}{\sqrt{1 + \mu_{II/I}^2}} \quad (12)$$

モード I, II の混合モードシミュレーション像より K_I , K_{II} を求め、FEM 解析で想定した K_{th} の値との比を図 9 中に示してある。この比はほぼ 1 に近い値となっており、良好な結果が得られていることがわかる。次に、モード III が混在する表面反射光の三つのシミュレーション像を見ると、それらの形状は図 4 に示した純モード III のものとほとんど同じであり、モード III 以外のモードの影響があまり現れていない。従って、これらの像から各モードの K 値を定めることは困難であり、更なる検討を必要とするが、モー

モード(混合比 $\mu=1$)	透過光	表面反射光
I + II ($K_{th} = 0.66 \text{ MN/m}^{3/2}$)	 $\frac{K_I}{K_{th}} = \frac{K_{II}}{K_{th}} = 0.82$	 $\frac{K_I}{K_{th}} = \frac{K_{II}}{K_{th}} = 0.83$
I + III ($K_{th} = 0.66 \text{ MN/m}^{3/2}$)	 $\frac{K_I}{K_{th}} = 0.92$	 $\frac{K_{III}}{K_{th}} = 1.05$
II + III ($K_{th} = 0.66 \text{ MN/m}^{3/2}$)	 $\frac{K_{II}}{K_{th}} = 0.85$	 $\frac{K_{III}}{K_{th}} = 0.98$
I + II + III ($K_{th} = 0.54 \text{ MN/m}^{3/2}$)	 $\frac{K_I}{K_{th}} = \frac{K_{II}}{K_{th}} = 0.90$	 $\frac{K_{III}}{K_{th}} = 1.05$

(13)

(14)

δ の値は、純モード I の 3.17 から純モード II の 2.56 の間で変化し、混合比 μ_{III} によって定まる。以上のようにして、透過光のシミュレーション像、ならびに表面反射光の

ド III のみの像と仮定して r_{max} より式(10)を用いて求めた K_{III} 値と K_{th} の比 (図 9 中参照) は、いずれも非常に 1 に近い値であり、正しい K_{III} 値が評価されていることがわかる。

図 9 混合モードにおけるコースティック像 (平行光, $z_0=2000\text{mm}$)

図10は、モードIとモードIIIの混合状態で、混合比 $\mu_{III/I} = K_{III}/K_I$ を種々変化させた場合について、表面反射光を用いて検討したものである。本図よりわかるとおり、混合比 $\mu_{III/I}$ が小さくモードIが支配的な時は、モードIの影響によるコースティック像が認められるが、 K_{III} 成分の増加によってそれは急速に減少し、 $\mu_{III/I}$ が0.6程度からはほぼモードIIIのみの像となっている。同図中には、前述のようにモードIIIのみの像と仮定して r_{max} より式(10)を用いて求めた K_{III} 値と K_{th} の比が示してあるが、その値

もやはり $\mu_{III/I}$ が0.6程度から1に近づいていることが知られる。以上のように、像の形状を観察してそれがほぼモードIIIのコースティック像であれば、その像から正しい K_{III} 値が算定できるといえる。モードIIIが混在した表面反射光によるコースティック像から、 K_I や K_{II} 成分を評価する手法については、本研究で確立したシミュレーション手法を用いて、例えば初期曲線 r_0 を変化させるなどの種々の検討を今後実施する予定である。

混合比 $\mu_{III/I} = K_{III}/K_I$	表面反射光	K_{III}/K_{IIIth}
$\mu_{III/I} = 0.1$ $K_{Ith} = 0.93MN/m^{3/2}$ $K_{IIIth} = 0.093MN/m^{3/2}$		2.37
$\mu_{III/I} = 0.2$ $K_{Ith} = 0.91MN/m^{3/2}$ $K_{IIIth} = 0.18MN/m^{3/2}$		1.57
$\mu_{III/I} = 0.4$ $K_{Ith} = 0.86MN/m^{3/2}$ $K_{IIIth} = 0.34MN/m^{3/2}$		1.25
$\mu_{III/I} = 0.6$ $K_{Ith} = 0.80MN/m^{3/2}$ $K_{IIIth} = 0.48MN/m^{3/2}$		1.15
$\mu_{III/I} = 0.8$ $K_{Ith} = 0.73MN/m^{3/2}$ $K_{IIIth} = 0.58MN/m^{3/2}$		0.97
$\mu_{III/I} = 1.0$ $K_{Ith} = K_{IIIth} = 0.66MN/m^{3/2}$		1.05

図10 種々の混合比 $\mu_{III/I} = K_{III}/K_I$ におけるコースティック像（平行光，表面反射， $z_0 = 2000mm$ ）

5. まとめ

- (1) 三次元有限要素法によって、き裂先端近傍の応力場・変位場を解析し、その結果を利用したコースティック像のシミュレーション手法を、透過光ならびに表面反射光の両方の場合について示した。
- (2) モード I, モード II ならびにモード III の純粋モードにおける検討を行った結果、シミュレーション像より求めた K_I , K_{II} , K_{III} 値が FEM 解析で想定した K 値によく一致しており、本研究で示したシミュレーション手法の有効性が示された。
- (3) 三つのモードの種々の組み合わせにおける混合モードコースティック像を、混合比 $\mu=1$ の条件でシミュレーションし、これらのコースティック像より各モードの K 値成分を導いたところ、FEM 解析で想定した K 値とよく一致した。但し、モード III 成分を含む混合モード状態へ表面反射光を適用した場合、コースティック像の形状はモード III 成分の存在に強く影響されるため、他成分の K 値を評価するには、更なる検討を要する。
- (4) モード I とモード III の混合比を種々変化させて、表面反射光によるコースティック像のようすを検討した。その結果、 K_I 値が支配的な条件においては、モード I 成分によるコースティック像が認められるが、混合比 μ_{III} ($=K_{III}/K_I$) が 0.6 を超えると、ほぼモード III 成分のみの像形状となり、そのような像から求めた K_{III} 値は正しい値を示していることがわかった。
- (7) 鈴木新一, 加治晋太, 坂上賢一: コースティックス法によるき裂先端 3 次元応力場での応力拡大係数測定, 実験力学, 3(2), pp. 71 – 76, (2003)
- (8) 新川和夫, 馬田俊雄: 非定常高速き裂進展挙動の実験解析, 実験力学, 6(2), pp. 169 – 174, (2006)
- (9) 高橋賞, 清水紘治: コースティックス法の理論と適用例(1), 機械の研究, 37(4), pp. 485 – 490, (1985)
- (10) 高橋賞, 清水紘治: コースティックス法の理論と適用例(2), 機械の研究, 37(5), pp. 621 – 626, (1985)
- (11) 清水紘治, 高橋賞: Caustics 法による K_{III} 値の測定について, 非破壊検査, 31(4), pp. 253 – 257, (1979)

参考文献

- (1) 清水紘治, 谷山剛也, 三原久範, 蜂谷将史: 腰椎再建術における腰椎椎間板の応力解析, 実験力学, 5(2), pp. 164-170, (2005)
- (2) 清水紘治, 島田平八: Caustics(Shadow)法による応力拡大係数の測定について, 非破壊検査, 27(7), pp. 399-406, (1978)
- (3) J. F. Kalthoff: Shadow Optical Method of Caustics, Handbook on Experimental Mechanics (A. S. Kobayashi ed.), Prentice Hall, Inc., New Jersey, pp. 407 – 476, (1993)
- (4) 清水紘治, 末次正寛 (高橋 賞監修): コースティックス法, フォトメカニクス, 山海堂, pp. 129 – 156, (1997)
- (5) 清水紘治, 姫紅勇: 低温下における種々の材料の破壊じん性とコースティック定数の測定, 実験力学, 5(2), pp. 136 – 143, (2005)
- (6) M. Suetsugu, K. Shimizu and S. Takahashi: Dynamic Fracture Behavior of Ceramics at Elevated Temperatures by Caustics: Experimental Mechanics, 38(1), pp. 1 – 7, (1998)

ヒトによるコイン形状対象物把握動作の解析

白井 達也 *・野口 賢晃 **・富岡 巧 *

Analysis of Grasping Motion for Coin-Shaped Objects by Human

Tatsuya SHIRAI *, Masaaki NOGUCHI ** and Takumi TOMIOKA *

Multi-fingered robot hands have the potential capability of manipulating an object dexterously that is comparable with a human hand. While both theory and hardware have been extremely advanced during the last two decades, we can not yet see the situation where multi-fingered robot hands work practically in various environments. In this paper, we focus on a coin shaped object that it is difficult for even a human to grasp it from the surface of the table. Based on the observation of grasping motions by human, we had found out ten grasping patterns. We had shown a guideline-map for choosing the most appropriate strategy according to the environment where the coin shaped object is placed. We had also analyzed the sliding and the rotating motion in detail by using image measurement.

(Received September 15, 2006)

Key Words : Grasping motion, Coin-shaped object, Image measurement

1. はじめに

現在までに数多くのロボットハンドが研究、開発されてきた[1]-[5]. ロボットハンドの構造はグリップ式の手と多指ロボットハンドとに分けられる. グリップ式手は1自由度の開閉機構しか持たないため対象物を操るような複雑な作業は実現できないが, 機構が簡単かつ制御が容易なため, 産業用ロボットのエンドエフェクタとして古くから実用化されている. それに対して図1に示すような複数の関節を備えた複数本の指からなる多指ロボットハンドは, 多くの自由度を有効に使うことにより指先で対象物を操ることや, 確実に対象物を拘束して保持することができる. 多指ロボットハンドは器用な動作を実現できる能力を持つ反面, 能力を十分発揮するには各指を動かすための制御戦略を準備する必要があるため, 実際の現場ではほとんど用いられていない. 長谷川らは, 多指ロボットハンドの指配置をヒトに倣うのではなく, 操り動作を安定的に行える配置および動作計画を解析的に求めている[6]. それに対し, 白井, 金子らはヒトの把握動作を参考にして, 一般的な構造の多指ロボットハンドでさまざまな形状, サイズの対象物に対して適用可能な把握戦略を開発した[7][8]. ただし, これらの研究では対象物の種類を対象物直径が指先直径よりも大きな比較的掴みやすい柱状物体に限定している. 本研究では日常生活で頻繁に使用するコイン形状の物体

に対する把握戦略に注目する. ヒトは幼児期には, テーブルの上に置かれたコインなどの微小物体を上手に持ち上げることができない. ヒトは経験を重ねるうちに徐々に技能が向上し, 無意識のうちに微小物体を把握できるようになる. 身体機能の成長も要因の一つだが, 何らかのテクニック(スキル)を獲得したと考えられる. スキルを解明するために, 白井, 金子ら[7][8]が行なった研究と同様に, ヒトの把握動作を観察し, その動作パターンを解析, なぜそのような戦略をヒトは選択するのかという動作の本質を抽出する. 本研究では, 特にコイン返却口のように壁面により制限された空間中からのコイン形状対象物の把握動作について調べた結果を報告する. 解析したスキルは, 多指ロボットハンドや動力義手による微小物体の把握戦略の構築などへの応用が期待できる. コイン返却口の形状と把握パターン間の関係を解析することで, コインの取り出し易いコイン返却口の設計指標も得られると期待できる.

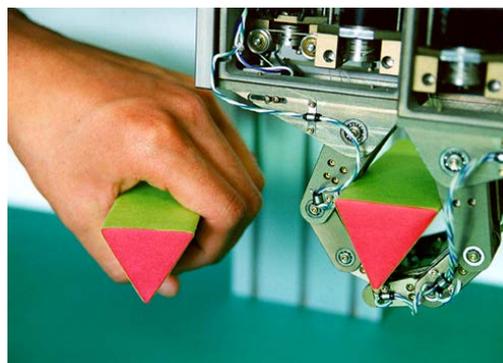


図1. 多指ロボットハンドの例 (Hiroshima Hand)

*機械工学科

[Department of Mechanical Engineering]

**三重大学大学院 (生物資源学研究所)

[Faculty of Bioresources, Mie University]

2. コイン形状微小物体および把握動作の定義

硬貨、パチンコ玉、シャープペンシルの芯といったヒトの指先半径より小さい対象物を微小物体と定義する。特に図2のようなコイン形状の対象物を研究対象とする。コインの直径 D_{obj} を高さ H_{obj} で正規化したパラメータ K_{obj} を(1)式のように定義する。

$$K_{obj} = \frac{H_{obj}}{D_{obj}} \quad (1)$$

K_{obj} が小さいほどコインは扁平な形状である。指の大きさに対するコインの相対的な大きさを表すパラメータ K_{tip} を(2)式のように定義する。

$$K_{tip} = \frac{H_{tip}}{D_{tip}} \quad (2)$$

ここで D_{tip} はヒトの示指指先直径である。ヒトによる把握実験では大きなコイン ($\phi 23.5$, 10円玉) と小さなコイン ($\phi 20.0$, 1円玉) の二種類のコインを対象物として用いた。大きなコインの K_{obj} は 0.0638, 小さなコインの K_{obj} は 0.0750 である。十名の被験者 (成人男性) の示指指先直径の平均から D_{tip} を 12.5[mm] とすると、大きなコインの K_{tip} も小さなコインの K_{tip} も 0.21 である。

実際のコイン返却口には、図3に示すように、さまざまな大きさ、形状のものが存在するが、本実験では、コイン返却口内部の空間形状は直方体、全ての壁面 (取出口手前側の斜面を除く) は平面で構成されており、表面の摩擦係数はコインを指先で押し付けて容易に滑らせられる程度に小さいものとする。初期状態でコインは図4(a)のようにコイン返却口の底面、ヒトの手はコイン返却口の外にあるものとする。片手のみ使用し、爪の使用は禁止する。コインをコイン返却口の外へ運び出し、図4(b)のように示指、母

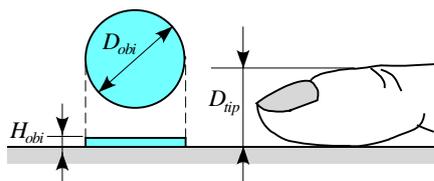


図2. コイン形状物体



図3. コイン返却口の例

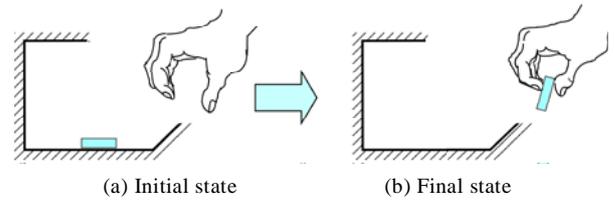


図4. 把握動作の定義

指による指先把握を完成させた状態を最終状態とする。

3. ヒトによる把握動作の解析

3.1 実験方法

本実験では被験者の手首の位置・姿勢および各指の挙動にのみ注目する。図5(a)に示すように被験者は椅子に座った状態でテーブル上のアクリル製のコイン返却口を模した模型 (以下、返却口模型) 内に置かれた1枚のコインを把握する。被験者左側にビデオカメラを設置し、コインを取り出す際の被験者の手指の挙動を撮影する。返却口模型奥側に斜め 45[deg]の角度で設置した鏡に映る鏡像も同時に撮影することで、図5(b)に例示するように、被験者正面の視点から見た挙動も同時に記録できる。被験者の手指の大きさの違いが実験結果に影響を与える可能性があるため、実験前に被験者の利き手のサイズを計る。

全被験者の把握実験終了後、ビデオカメラで撮影した各被験者の把握動作をビデオモニタ上で観察し、把握パターンを分類する。分類したデータをもとに統計的手法を用いて返却口の形状と把握パターンの出現頻度の関係を解析し、有意な関連性を探した。

3.2 把握実験条件の組み合わせ

返却口の形状として、図6に示す六個のパラメータを設定した。取出口手前側の壁の高さを L_{Hc} 、床と壁のなす角の曲率半径を R_c 、手前の壁の角度を θ_c 、取出口の幅を L_{wc} 、奥行きを L_{Dc} 、天井の高さを H_c とする。以上のパラメータに、コインを置く位置 P_{Coin} 、コインの大きさ K_{tip} を加え、計八種類のパラメータとなる。 L_{Hc} は 6[mm] (H6) と 30[mm] (H30) の二種類、 R_c は有る ($R_c=15[mm]$ か $6[mm]$) と無い ($R_c=0[mm]$) の二種類、 θ_c は 60[deg]の斜面 (E60) と 90[deg]の直立した壁 (E90) の二種類、 L_{wc} は、指一本分の幅 30[mm] (W1F) と約4本分の幅 90[mm] (W4F) の二種類、 L_{Dc} は 150[mm] (D150) と 50[mm] (D50) の二種

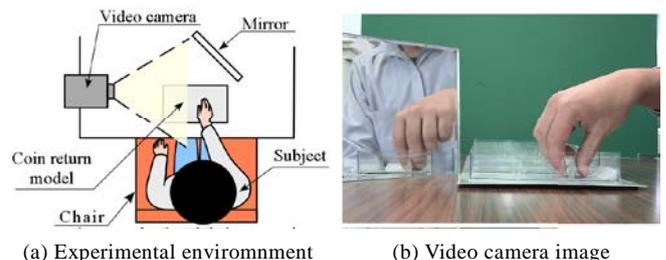


図5. ヒトによる把握動作の実験環境

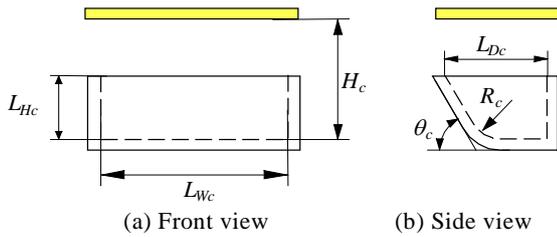


図6. コイン返却口の形状

類, H_c は一般的な成人男性の示指と中指の指先から第二関節までの長さを基準として, 制限がある ($H_c=40\sim70$ [mm]) と無い ($H_c=\infty$) の二種類, P_{Coin} は真ん中 (Cp1) と手前 (Cp2) の二種類とする. 全ての組み合わせを行うと 128 通りになる.

128 通りの実験パターンの中から重要性の低い組み合わせを取り除く. 手前の壁の高さ L_{Hc} が 30[mm]場合, 上空の高さの拘束ありだとコインを取り出すのが困難なので H30 は高さ拘束なしのみ行う. 奥行きが短い ($L_{Dc}=50$ [mm]) 場合, コインの置く位置は手前のみとする. 最終的に表 1 中の○記号で示す 48 通り (実際には対象物は大きなコインと小さなコインの二種類の対象物で実験を行うので 96 通り) の組み合わせの実験を行う.

図 7 に返却口模型を示す. 返却口模型は基本となる六種類のベースがあり, このベースに奥行きや幅を制限する仕

表 1. 実験条件の組み合わせ

高さ拘束なし		遠い				近い				
		広い		狭い		広い		狭い		
		真中	手前	真中	手前	真中	手前	真中	手前	
高い	角	90deg	○	○	○	○	×	○	×	○
		60deg	○	○	○	○	×	○	×	○
	丸	90deg	○	○	○	○	×	○	×	○
		60deg	○	○	○	○	×	○	×	○
低い	角	90deg	○	○	○	○	×	○	×	○
		60deg	×	×	×	×	×	×	×	×
	丸	90deg	○	○	○	○	×	○	×	○
		60deg	×	×	×	×	×	×	×	×

高さ拘束あり		遠い				近い				
		広い		狭い		広い		狭い		
		真中	手前	真中	手前	真中	手前	真中	手前	
高い	角	90deg	×	×	×	×	×	×	×	×
		60deg	×	×	×	×	×	×	×	×
	丸	90deg	×	×	×	×	×	×	×	×
		60deg	×	×	×	×	×	×	×	×
低い	角	90deg	○	○	○	○	×	○	×	○
		60deg	×	×	×	×	×	×	×	×
	丸	90deg	○	○	○	○	×	○	×	○
		60deg	×	×	×	×	×	×	×	×

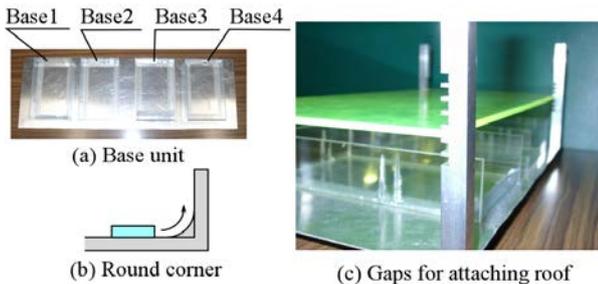


図7. コイン返却口模型

切り壁, 高さを制限するための天井を取り付けることで 48 通りの実験を行える. R 有りの場合は図 7 (b)のように手前のエッジに丸みを付けたベースを用いる. 高さ拘束あり時に用いるベースは図 7 (c)のように上空の自由を拘束する天井を固定するための溝の入った支柱が四隅に立っている.

3.3 ヒトの把握動作の解析 (把握パターンの分類)

被験者 10 名, 計 960 試行の実験より図 8 に示すパターン

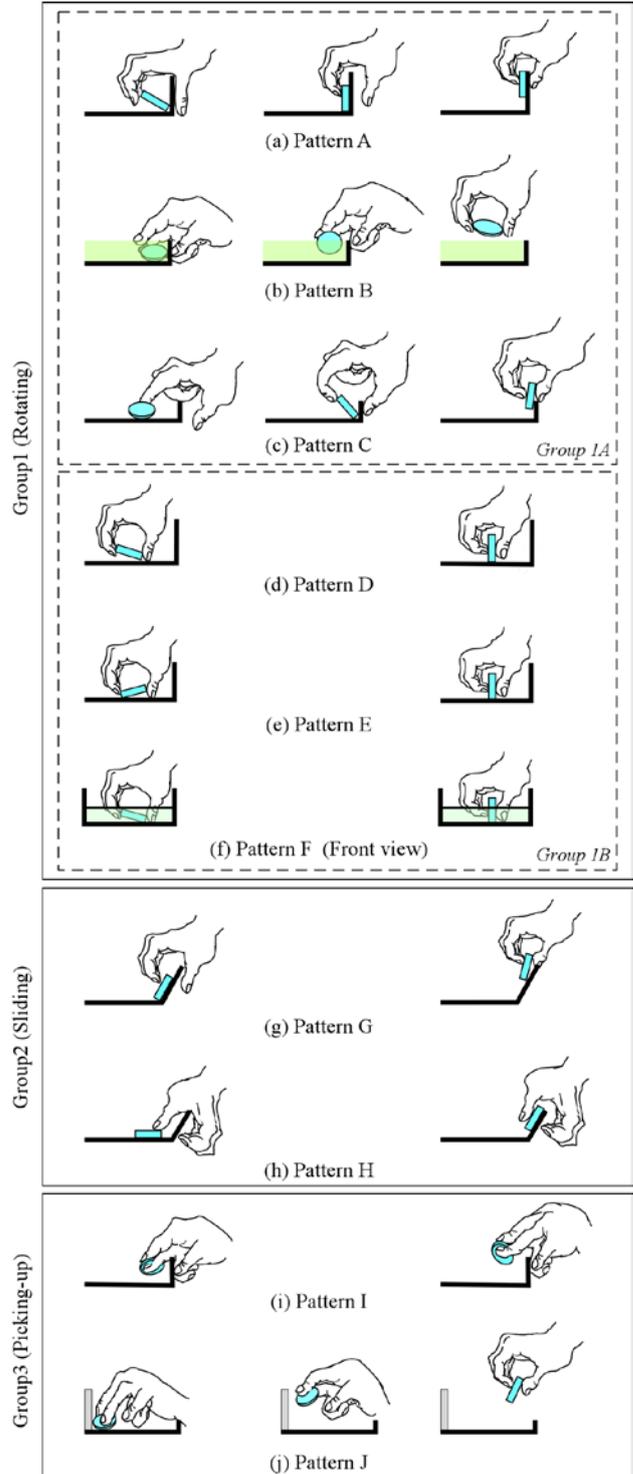


図8. 把握パターン

ンAからJの十種類の把握パターンを発見した。

(パターンA) 示指でコインを前縁まで引きずっていき、コインが前縁に接したところで指先を用いて前縁の角を支点として回転させて壁にコインを密着させる。示指と前縁でコインを挟みながら前縁上を滑らせて持ち上げ、最終的に示指、母指で挟んで持ち上げる。

(パターンB) 示指でコインを模型左側面の角に引きずっていき、コインの左側側面と模型の左側面の接点を支点にしてコインを回転させる。コインが模型の側面に密着したら、模型左側面上を滑らせて返却口の出口まで運び、母指と示指で挟み持ち上げ、最終的に摘み上げる。

(パターンC) 示指指先を用いて模型の前縁と側面の角までコインを滑らせ、示指をL字に曲げて手首を横に倒す。角を支点にしてコインを少し回転させて持ち上げて床との間に隙間を作り、この隙間に示指を潜り込ませる。示指が隙間に入ったら、示指と母指で挟んで持ち上げ、最終的に摘み上げる。

(パターンD) 模型の上からコインを母指と示指指先で挟み、コインが滑り出さないように母指で押さえる。コインの母指側を支点に回転させて床との間に隙間を作り、この隙間に示指を潜り込ませる。母指と示指で挟んで持ち上げ、最終的に摘み上げる。

(パターンE) 模型の上からコインを母指と示指指先で挟み、コインが滑り出さないように示指で押さえる。コインの示指側を支点に回転させて床との間に隙間を作り、この隙間に母指を潜り込ませる。母指と示指で挟んで持ち上げ、最終的に摘み上げる。

(パターンF) 手首全体を正面から見て九十度回転し、コインを横向きに母指と示指指先で挟む。コインが滑り出さないように母指で押さえ、母指指先を支点にしてコインを回転させて床との間に隙間を作り、この隙間に示指を潜り込ませる。母指と示指で挟んで持ち上げ、最終的に摘み上げる。

(パターンG) 示指でコインを前縁に接するまで引きずっていき、コインが前縁に接してもコインを回転させずに斜面上を滑り上げていき、母指と示指で挟んで持ち上げ、最終的に摘み上げる。滑りのみを利用する最もシンプルな動作である。

(パターンH) コインを母指で押さえて前縁まで引きずっていき、そのまま斜面上を密着させながら滑り上げる。母指と示指で挟んで持ち上げ、最終的に摘み上げる。

(パターンI) コインを示指と中指で縦に挟み、中指とコインの接点を支点としてコインを回転させて床との間に隙間を作り、この隙間に示指を潜り込ませる。中指の腹と示指の背で挟んで持ち上げ、最終的に摘み上げる。

(パターンJ) コインを示指により模型奥の壁まで滑らせていく。コインが奥の壁まで達したら、コインと奥の壁との接触点を支点にしてコインを回転させて床との間に

隙間を作り、この隙間に示指を潜り込ませる。示指の背にコインを乗せて中指の腹で挟んで持ち上げる。最終的に示指、母指により摘み上げる。

以上の十種類の把握パターンは、大きく三つのグループに分けられる。グループ1 (*Rotating Group*)はコインを回転させて拾い上げる把握パターンである。グループ1は、さらに二つのグループ、グループ1A (壁を利用してコインを回転させる：パターンA, B, C)とグループ1B (指先を利用してコインを回転させる：パターンD, E, F)に細分化できる。グループ2 (*Sliding Group*)はコインを手前の斜面上を滑らせて拾い上げる把握パターンで、パターンG, Hを含む。グループ3 (*Picking-Up Group*)はコインを指先で摘み上げて、ダイレクトに空中に持上げる把握パターンで、パターンI, Jを含む。

3.4 解析結果(把握パターンと把握条件の関係)

以下に、コイン返却口の形状と把握パターンの出現頻度との関係を解析した結果をまとめる。なお、今回用いた大きなコインと小さなコインの間には、把握パターンの出現頻度に明確な違いは現れなかった。以下の解析結果は大きなコインを用いた場合の実験結果に基づいている。

(手前の壁の高さ、取り出し口の幅、奥行き：影響なし)

図9に示すように、模型の前縁の高さが高い場合も低い場合もパターンA, Dが約60[%]を占め、残りをほぼパターンGが占める。出現頻度の傾向がほぼ等しいことから、前縁の高さは把握パターンに影響しないことが分かる。同様に、図10、図11に示すように模型の幅、奥行きも把握パターンに影響しない。

(取り出し口の高さ拘束：Rotating Groupに影響)

図12に示すように、パターンA, D(*Rotating Group*)はともに高さの拘束があると消失する。その代わりに、パターンA, D, G以外の出現頻度が少なかったパターンが現れる。パターンGは高さの拘束による影響を受けない。以上のことから、高さ拘束の有無はパターンG以外の把握パターンに大きな影響を与えることが分かる。

(角の形状、高さ拘束有り：全ての把握Groupに影響)

図13に示すように、高さ拘束がある場合、全ての被験者はエッジが丸だと *Sliding Group* を選択するが、エッジが角だと *Sliding Group* は全く選択されない。その代わりに *Rotating Group*、もしくは出現頻度は少ないが *Picking-up Group* を選択する。以上より、高さ拘束がある場合にはエッジの有無が把握パターンの選択に大きく影響を及ぼすことが分かる。

(手前の壁の角度と壁の形状、高さ拘束無し：Sliding Group, Rotating Groupに影響)

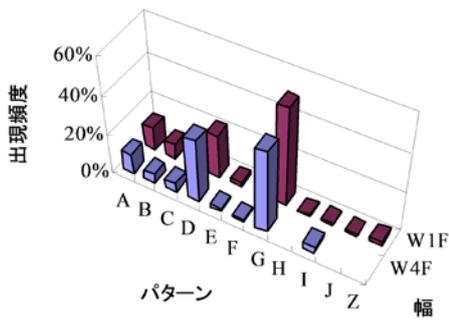


図9 手前の壁の高さの影響

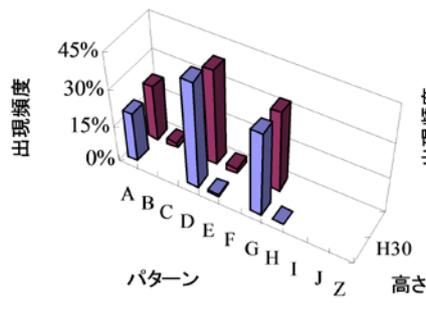


図10 取り出し口の幅の影響

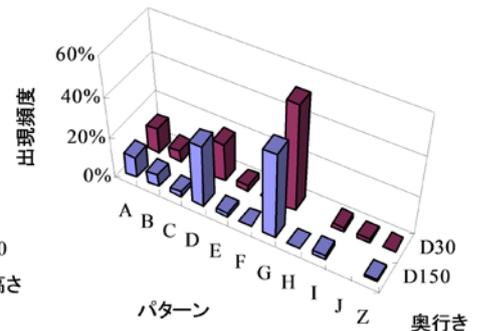


図11 奥行きの影響

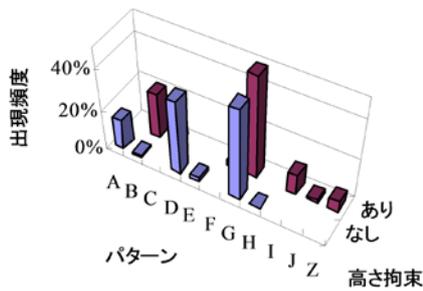


図12 高さ拘束の影響

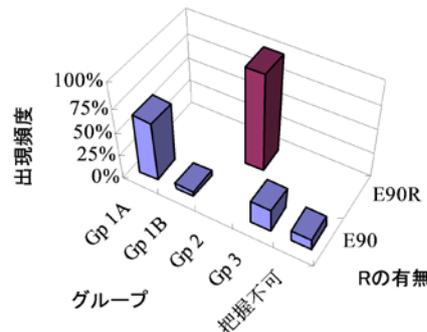


図13 壁(手前)の形状の影響 (高さ拘束有り)

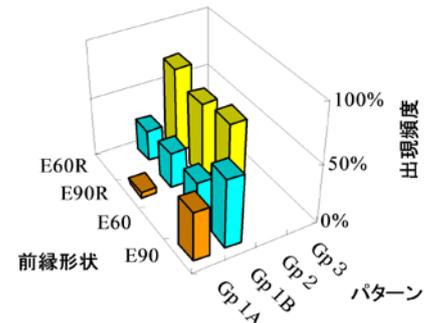


図14 壁(手前)の形状の影響 (高さ拘束無し)

図 1 4 に示すように、高さ拘束がない場合、Picking-up Group は選択されない。模型の前縁の角度が 90[deg] でエッジが角の場合は Sliding Group も全く選択されず、代わりに Rotating Group が選択される。模型の前縁の角度が 60[deg] もしくはエッジが丸の場合は Sliding Group が選択される。以上のことより高さ拘束がない場合には、模型の前縁の角度とエッジの形状が把握パターンの出現頻度に影響を与えることが分かる。

以上の解析結果を元にして、ヒトがどのようなパラメータに基づいて、把握パターンを選択しているのかを図 1 5 の把握戦略フロー図にまとめる。把握パターンは、コインを把握する環境の上方の高さの拘束の有無に、最も大きな影響を受ける。高さの拘束がある場合、グループ 3 (Picking-Up) は選択されない。これは、高さの拘束がある場合、狭い空間内には、示指に加えて母指も差し入れる余裕が無いためである。逆に、高さの拘束が無い場合、グループ 1A (手前の壁を利用してコインを回転させる) は選択さ

れない。手前の壁のエッジが丸い、もしくは斜面が 60[deg] の場合、グループ 2 (Sliding group) が選択される。グループ 2 は最もシンプルな動作なので、可能な条件が揃っていれば多くの被験者が好んで選択する。一方、斜面が 90[deg] でエッジが角の場合は、グループ 2 は選択されない。これは滑り上げ動作では、床から壁へコインを遷移できないためである。

このフロー図は多指ロボットハンドによる把握パターンの選択アルゴリズムにも応用できる。多指ロボットハンドでコインを取り出す際に、まずどの把握戦略から試せば把握動作を成功できる可能性が高いのか、把握環境の情報に基づいて推論する基本ルールとなる。

4. 画像計測によるコイン形状対象物把握動作の解析

4.1 画像計測を行なう目的および実験方法

ビデオモニタ上の目視による把握パターンの分類とは別に、各把握パターンの動作の本質を抽出するために画像計測による把握動作の詳細な解析も行った。目視では細かな動作、ゆっくりした動作の変化を捉えるのが困難であることに加え、観察者の主観の影響による歪曲や見落としの生じる可能性がある。把握動作を定量的に解析することで、代表的な把握パターンにおける各指の役割を明らかにする。

図 1 6 (a) 中の黒丸で示した被験者の母指、示指の各関節部と指先および手首の計八箇所に、マジックでマークを付ける。その状態で被験者にコインを把握してもらい、一連の動作をデジタルビデオカメラで横方向から撮影する。撮

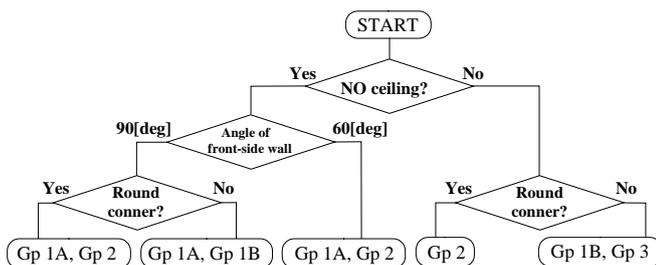


図 15 把握戦略フロー図

影したビデオ映像は IEEE1394a インターフェースを介してパーソナルコンピュータに AVI 形式で取り込み、動画編集ソフトウェアを用いて映像の各フレームをビットマップ形式の画像データに分解し、保存する。本研究室で開発した画像計測用ソフトウェア BMP_measure を用いて、各画像中の全マーカの x, y 座標およびコイン左右端の x, y 座標を計測する。得られた x, y 座標から各関節の角度を計算し、把握動作時のヒトの手指、手首、コインの挙動の時系列変化を獲得する。各関節の角度は図 16 (b) に示すように指をまっすぐに伸ばしている状態を $0[\text{deg}]$ とし、反時計方向を

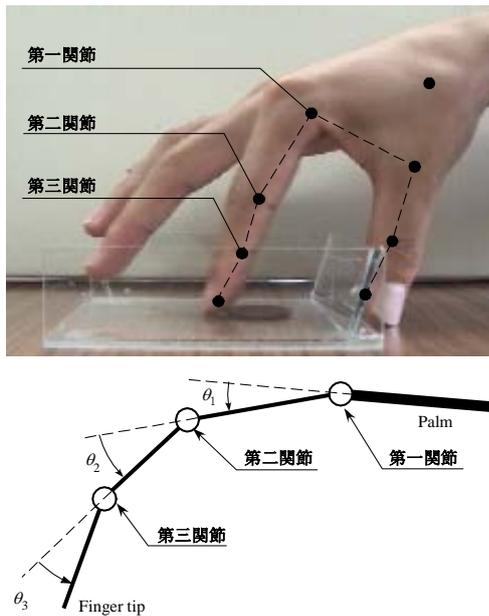


図 16. 画像計測時のマーカと座標系

正とする。

4.2 計測結果

発見した十個の把握動作の中から動作がシンプルな Sliding Group に属するパターン G (以下、Sliding 動作) と Rotating Group に属するパターン A (以下、Rotating 動作) の解析結果を示す。各パターンの動作は図 17 に示すように三つの位相に分けられる。Sliding 動作の第一位相はコインを初期位置から前縁に接触するまで滑らせる動作、第二

位相はコインを床面から斜面に移す動作、第三位相はコインを斜面に押し付けながら滑り上げる動作である。同様に、Rotating 動作の一連の把握動作も第一位相はコインを初期位置から前縁に接触するまで滑らせる動作、第二位相はコインを回転させて床面から前縁に移す動作、第三位相はコインを前縁に押し当てながら滑り上げる動作である。

同一被験者による Sliding 動作と Rotating 動作の計測結果を図 18 に示す。Sliding Group の第一位相では第 1 関節の角度が一定の変化量で増加している。他の関節はほとんど変化しないで初期姿勢を保っている。コインを滑らせて手前に運ぶ動作は、第二、第三関節を固定し、第一関節だけを変化させれば良いことが分かる。第二位相では第一関節はほとんど変化していない。第二、第三関節は動作の途中で共に少しか瞬間的に変化し、その後、角度を維持し続けている。コインが床面から斜面へ移り変わる瞬間に角度が変化していることを実際の映像でも確認した。コインを床面から斜面へ移す動作を行うには、コインが斜面に接触後、第二、第三関節を曲げ始め、コインが斜面に平行になったら指は動かさず手首全体を持ち上げていることが分かる。第三位相は、第一関節が戻ると同時に、第二、第三関節が大きく曲がり、その後は全関節の角度を維持し続けている。コインを斜面上で滑り上げるには、第二、第三関節を大きく曲げると同時に第一関節を戻せば良いことが分かる。

Rotating 動作の第一位相では Sliding 動作と同様に、第一関節の角度が一定の変化量で増加している。その後の戦略の違いは、この段階では動作に現れていない。第二位相では、第一関節を戻しながら第二、第三関節を曲げてコインを回転させる準備動作(Preshaping)を行う。次にコインを回転させるのだが、この動作中はすべての関節を固定し、手首全体を回転させている。そしてコインと床面に隙間ができたらし指指先をその隙間に滑り込ませる動作に入る。この時、第一関節を曲げると同時に、第二、第三関節を伸ばすことで示指指先を滑り込ませる動作を実現している。最後の第三位相は、すべての関節を固定し、手全体を手前の壁に沿って上げることで実現している。

Sliding 動作と Rotating 動作を比較してみると、第一位相はどちらの動作も第二、第三関節をほぼ変化させず、第一

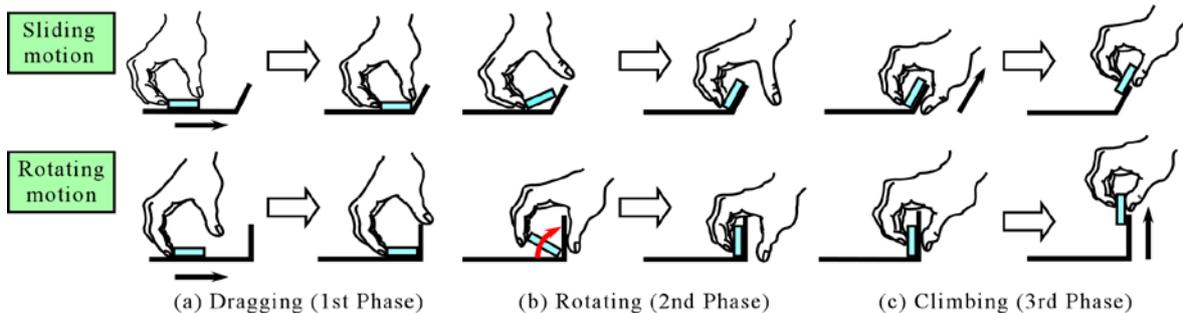
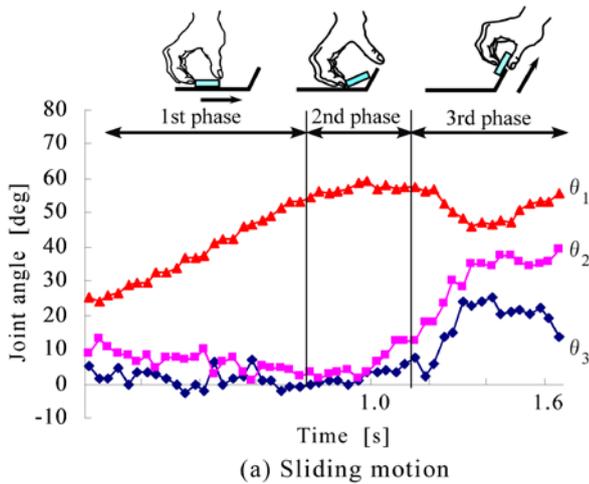
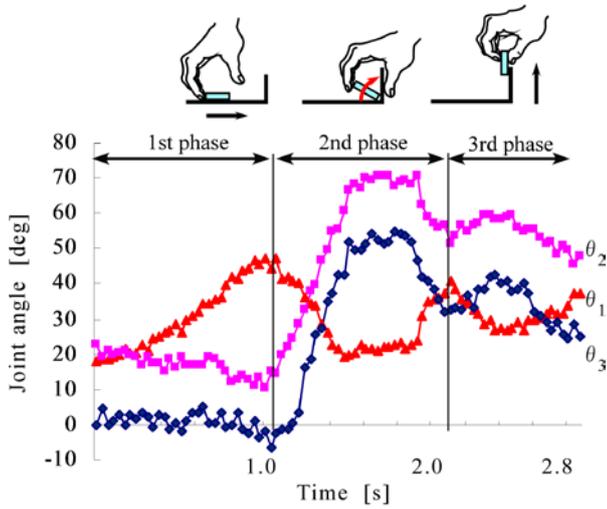


図 17. 把握動作の三つの位相



(a) Sliding motion



(b) Rotating motion

図18. 各関節の角度変化

関節のみを変化させる同一の動作を行っている。第二位相では、Sliding動作は全関節をほとんど動かさないのに対し、Rotating動作は各関節角度が複雑に変化している。Sliding動作では第二、第三関節が途中で瞬間的に微量だけ変化しているが、Rotating動作では第二、第三関節は曲げてから固定し、最後に少し伸ばしている。Sliding動作は指姿勢ではなく、指先力の大きさと方向のコントロールが重要であるのに対して、Rotating動作では指先力だけではなく積極的な指姿勢のコントロールも必要であることが分かる。第三位相は、コインを壁に沿って滑り上げるという、どちらの把握パターンでも同一目的の動作なので各関節の変化もそれぞれ似ていると予想されるが、実験結果を見ると実際の挙動は違うことが分かる。図19(a),(b)に示すように、第二位相の最終姿勢は、Sliding動作とRotating動作では大きく異なり、滑り上げる斜面の角度もそれぞれ異なる。第三位相は、滑りあげる斜面の角度、第二位相での最後の姿勢が大きく影響していると考えられる。

それぞれの動作を特徴付けているのは第二位相の各関



(a) Sliding motion

(b) Rotating motion

図19. 第二位相の最終姿勢

節角度の変化である。Sliding動作の方がRotating動作よりも全動作時間に占める第二位相の割合および所要時間が少ない上に、各指関節の角度変化が少なく、動作が単調であることから、ヒトにとってSliding動作はRotating動作に比べて行い易い動作であることが画像計測結果からも分かる。

5. まとめ

十人の被験者に対して96通りの把握実験を行った。ビデオカメラで把握動作を観察し、ヒトがコイン返却口からコインを取り出す際の把握パターンが十種類あることを明らかにした。さらに、コイン返却口形状と把握パターンの関連性を解析した。解析結果に基づいて、ヒトがコイン形状対象物をコイン返却口から取り出す際に把握環境に応じてどのような把握戦略を選択する傾向が強いのかをまとめたフロー図を得た。画像計測により、Sliding動作時とRotating動作時の指姿勢の変化を詳細に計測し、ヒトにとってRotating動作に比べてSliding動作の方が行い易い動作であることを定量的に明らかにした。

なお、本研究は科学研究費（若手研究B）の補助を受けて行なったものである。

参考文献

- [1] Salisbury, J.K. and Craig, J.J.: "Articulated Hands: Force Control and Kinematics Issues", Proc. of JACC, TA-2C, 1981.
- [2] Jacobson, S.C., et al.: "The UTAH/MIT Dexterous Hand: Work in Progress", Int. J. of Robotics Research, pp. 21-50, 1984.
- [3] 川崎, 内山, 小松: 「研究用プラットフォームをめざした分布型触覚センサを有する人間型ロボットハンド」, 日本機械学会論文集 066 巻 651 号 C 編, 2000.
- [4] Kawasaki, H., Shimomura, H. and Shimizu, Y.: "Educational-Industrial Complex Development of Anthropomorphic Robot Hand Gifu Hand", Advanced Robotics, Vol. 15, No.3, pp.357-363, 2001.
- [5] 山野, 前野: 「超音波モータと弾性要素を用いた5指ロボットハンドの開発」, 日本ロボット学会誌, Vol.23, No.8, pp.59-67, 2005.
- [6] 松岡, 長谷川, 本田, 桐木: 「作業状態観測と評価に基づく多関節多指ハンド物体操作システム」, 日本ロボット学会誌, Vol.17, No.5, pp.696-703, 1999.
- [7] 白井, 金子, 辻: 「スケール依存型把握」, 日本ロボット学会誌, Vol.17, No.4, pp.567-576, 1999
- [8] 白井, 金子, 原田, 辻: 「対象物の引き剥がし支援動作 (DAM) の発見とロボットハンドへの応用」, 日本ロボット学会誌, Vol.

20, No. 1, pp.57-64, 2002.

鈴鹿テニス協会における web を利用した 大会申込システムの開発

柴垣 寛治*・出口 芳孝**

Development of Web-Based Application System in Suzuka Tennis Association Kanji SHIBAGAKI* and Yoshitaka DEGUCHI**

We developed a web-based application system for Suzuka Tennis Association. The aim of this work is to reduce time and cost on application management. In addition, the application via www has made it easy also for the participants to send their individual information correctly at any time. This paper describes results and problems appeared in trial introduction of the computerized system.

(Received September 15, 2006)

Key Words : テニス, 申込受付, 電子化, 地域協力

1. はじめに

本稿は、鈴鹿高専テニス部顧問と鈴鹿テニス協会の協力により現在推進している、テニス大会申込の電子化についての現状報告である。鈴鹿高専テニス部は鈴鹿テニス協会の登録団体として活動を続けており、テニス協会が主催する各種大会への参加を積極的に行っている。これらの大会は、鈴鹿地区における企業や高等学校、テニスクラブ等のメンバーが多数参加するものであり、本校部員にとっては技術力のレベルアップが図れると同時に、社会性を身につける教育的効果をもたらすものとして重要な機会であると認識している。こうした背景から、鈴鹿高専テニス部と鈴鹿テニス協会との関係は深く、テニス部部長が協会理事に就任しているほか、テニス協会に所属する学生を対象とした講習会を定期的に主催するなどの活動をこれまでにしている。こうした活動は地域協力の一環であり、地域への鈴鹿高専の広報活動の意味合いも含むものである。

こうした中で、新たな協力事業として、2005年度から鈴鹿テニス協会が主催するテニス大会の申込受付の電子化を推進することになり、鈴鹿高専としてそのシステムの開発と運営を担当して現在試行を行っているものである。そもそものきっかけは鈴鹿テニス協会からの依頼を受けたことによるが、鈴鹿高専テニス部ではインターネットの普及に先駆けてウェブサイトをいち早く立ち上げて積極的な広報活動を進めてきた実績があり、このような活動が上記の背景にあったものと考えられる。テニス大会申込受付の

電子化の目的は、従来の申込方法では人手に頼っていた作業について、インターネットを利用したシステムにより可能な限り自動化して、省力化・効率化を達成しようというものである。現在試行中のシステムは、この目的に沿って、かつできるだけ簡便かつ高機能なものになるよう模索している段階である。

本稿では、現在試行を行っているシステムについて、そのコンセプトおよび概要について述べると同時に、これまでに明らかとなっている問題点や今後の展望について紹介する。

2. 大会申込受付の現状とシステムの必要性

鈴鹿テニス協会では、年間15回(平成18年度予定)程度の主催大会を毎年開催している。これらの各大会では、協会の役員が持ち回りとなって大会運営を担当する。この運営の仕事の内容は、大会要綱の計画・作成、協会加盟団体への要綱の送付、申込選手の受付、参加料の管理、選手のリストアップと試合ドロー(対戦表)の作成、当日の会場管理等々、と極めて多岐にわたっている。しかしこの中で、特に煩雑な手間がかかる作業が申込の受付であるといえる。

これまでは、大会開催の約一ヶ月前に大会要綱および申込用紙を加盟団体に郵送し、申込用紙に参加選手氏名・連絡先などの必要事項を記入させたうえで、郵送により主催者宛に返送させる、あるいはFAXにより返信させるといった手段がとられてきた。そして主催者は、返送されてきた申込用紙をまとめて、参加選手を手作業でリストアップし、選手の過去の戦績を考慮しつつコンピュータにリストを入力して最終的な試合ドローを作成する。こうした仕組みは

* 電気電子工学科 [Department of Electrical and Electronic Engineering]

** 一般科目 (外国語教室) [General Education (Foreign Languages)]

鈴鹿テニス協会に限ったものではなく、各地で開催されるテニス大会運営ではごく一般的なものと考えられる。しかし、前述したような手書きの紙書類をベースとした申込受付には以下に示すような問題点が挙げられる。

(1) 参加選手の管理の煩雑さ

テニス競技は基本的に個人競技であるために、参加選手の管理およびドロー作成の負担は極めて大きいものといえる。負担が大きいばかりでなく、手作業でまとめる際の主催者側の人的ミスがどうしても発生しやすい。特に、参加希望者の人数が多い大規模な大会になればなるほど申込受付作業も煩雑になる。

例えば、コンピュータに入力する際の選手名の記入漏れ、あるいは団体名の間違い等のミスが発生することがある。また、書類の管理上の不手際などもしばしばあるため、申込をしたはずなのにドローに名前が載っていない、などのトラブルに発展した事例がある。主催者はそのたびにドローを修正して各団体に周知し直すなどの余計な手間をかけて事態の收拾を図る。また、こうしたミスの原因は必ずしも主催者側にあるというわけではなく、参加希望者側のミスにも由来する場合がある。例えば、テニスの場合にはシングルス大会のほかにダブルス大会が存在するが、このダブルス大会においてペアを組む選手の名前が重複して申し込まれるといった事例も少なくない。これらは、同一団体内であっても参加選手本人の理解が不十分なまま別々の申込者から勝手に申し込まれるケース、あるいは、異なる団体間でペアを組む場合に連絡が不徹底なケース、などで起こることがその後の調査で明らかになっている。

こうしたミスをいち早く発見して、ドローを修正して参加者に確認を取るといった作業も主催者側の責任で行われているのが実態であるが、いずれも手作業であるだけに、大きな負担を強いられているのは間違いない。

(2) 参加申込者の負担

参加申込者の立場から見た場合、毎回の申込を手作業で記入し、なおかつそれらを郵送する、あるいは FAX で送信するといった方法は、郵送にかかる料金等を含めて少ない負担になっているのが現状である。また、前述したように、参加希望者の手違いで同一人物が重複して申し込んだり、申込内容に記入漏れがあったりするなどのトラブルも後を絶たない。さらなる問題点として、従来の紙書類による申し込みでは、誰がどのように申し込んだのかという情報が同一団体内でさえも共有されない場合が意外と多いことが挙げられる。団体代表者が参加希望者を取りまとめて一括して申込を行っていただければ問題はないが、鈴鹿テニス協会における過去の申込状況を見ると、必ずしも代表者ではない個人がそれぞれに申し込みを行うといった場合も多い。また、異なる団体間でペアを組んで参加を申し込む場合も多いため、参加希望者が申込状況についての情報を確認・共有したうえで、ミスの無い申込ができるシス

テムの確立が望まれているのが現状である。

このように、従来の大会申込受付業務は、主催者側の多大な労力がなければ成立しない。こうした状況は好ましいものとはいえず、特に近年のテニス人口の増加に対応するべく、できるだけ効率的な申込を可能とする電子化の必要性が指摘されてきたものである。

3. システム開発のコンセプト

ここでは、システム開発のコンセプトについて概観しつつ、現在の環境について説明する。今回のインターネットを利用した大会申込システムの開発にあたっては、少なからず制約が存在する。

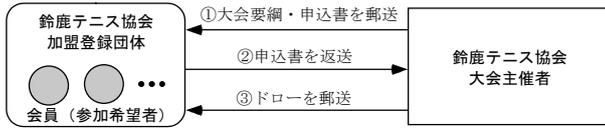
最も重要な制約は費用とスタッフの問題である。鈴鹿テニス協会の運営においては、専任のスタッフは存在せず、加盟団体代表者を中心としたボランティア的な活動として行われているのが実情である。したがって、今回の電子化を実現するために潤沢な予算およびマンパワーを費やすことは極めて困難である。このような状況下で、電子化システムの管理運営を専門業者に委託する、あるいは専用のサーバを構築する、またあるいはレンタルサーバを利用する、といった手段がいずれも費用の面から当面不可能であった。

そこで、今回のシステム開発では、現状の環境の範囲内で簡便なシステムを構築して試行的に運用することが必須であった。そのうえで、今回の利用実績をもとに、インターネット申込に対する主催者および一般参加者の理解を徐々に深めていきながら、将来の本格的な運用に備えるシステムを構築する、というコンセプトを掲げた。

鈴鹿テニス協会では、今回のシステムを試行する以前から、独自のウェブサイト既に運用している。テニス協会として独自のサーバを所有してはおらず、大手プロバイダである @nifty のホームページ作成サービスを利用したものである。このウェブサイトでは、主催大会の告知、試合結果の閲覧、所属団体へのリンクなど、鈴鹿テニス協会の広報活動の拠点としての機能を果たしてきた。ただし、このウェブサイトの管理運営にはこれまで鈴鹿高専としては関与していない。今回は、このホームページ作成サービスの範囲内でシステムを構築できるかどうか、現在の管理者である鈴鹿テニス協会広報担当理事と協力の上、まずは検討を行った。

@nifty のホームページ作成サービスは、@nifty の会員に対して無料で提供されているサービスであり、サーバ上の会員固有のディレクトリに各自で製作した html ファイルを ftp アップロードするだけでウェブサイトの公開が可能になるというものである。ホームページ作成の支援ツール類も比較的充実しており、会員のブログや掲示板の作成、素材集の公開などのさまざまなサービスを提供している。その中で、@nifty では自作 CGI の利用をサポートしている点に注目し、今回は Perl による CGI スクリプトの試作を行

従来の方



現在試行中のシステム

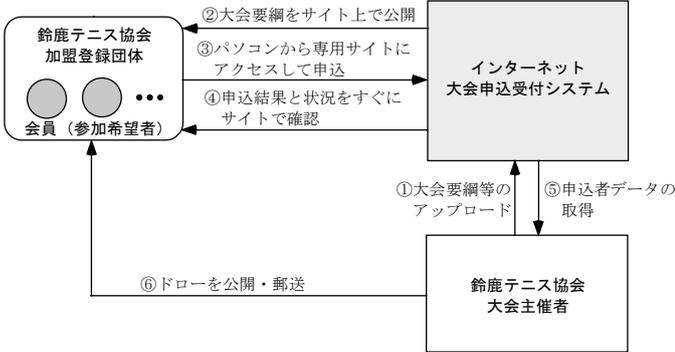


図1 従来の申込と試行システムの違い

って、これにより自動申込受付システムを構築していく方針とした。

4. 申込システムの構築

ここでは、システムについてその詳細を述べる。図1に、従来の紙による申込と、開発したシステムの流れの違いを示す。システムのポイントは、①参加希望者がパソコンから大会申込専用サイトにアクセスして24時間いつでも申込できる、②入力されたデータをウェブサーバ上のファイルに汎用的なファイル形式で保存する、③入力されたデータのうち、住所や電話番号などの個人情報は排除して、氏名と団体名のみデータをサイトで自動的に一般公開する、という以上の三点である。

サイトのデザインについては、インターネットやコンピュータの取り扱いに慣れていない一般参加者の存在を念頭に置き、入力フォームに必要事項を記入させて「送信」をクリックするだけ、といったシンプルな構成とした。大会におけるサイトのデザイン例および申込完了画面を図2と図3にそれぞれ示す。前述したポイントのうちで重要なのは、図3のような個別の確認画面とは別に、③によって参加申込者が直ちに全体の申込状況を確認できるようにした点である。これにより、申込者は自分の申込が間違いなく受付されたかどうかをすぐに判断できると同時に、重複申込等のミスの有無も確認することができる。

CGI スクリプトの作成にあたっては、ウェブページのフォームからの入力を受け付けてファイルに保存するアンケートの例を応用して、Perl によるプログラミングおよびhtml ファイルの作成を行った。すなわち、ユーザーに入力してもらったウェブページを生成するhtml ファイルと、その

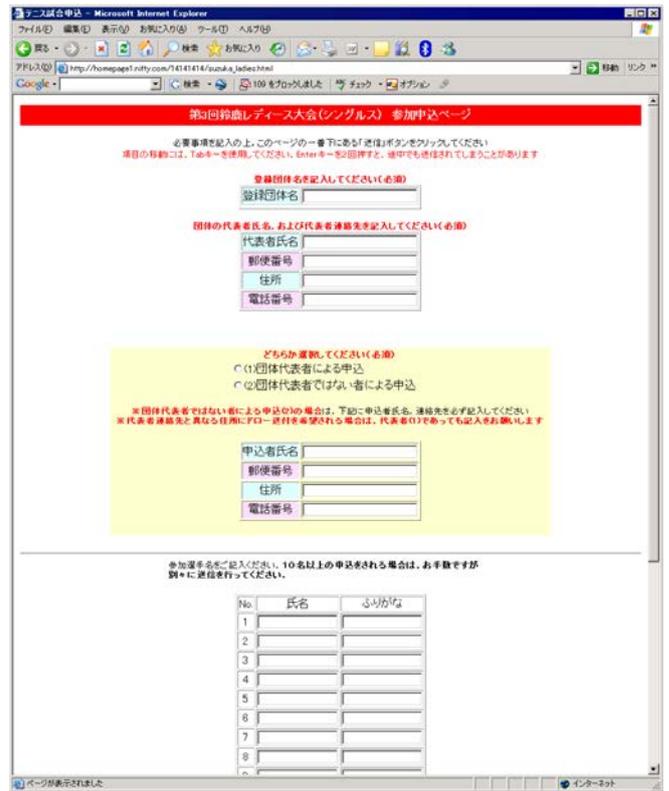


図2 大会申込専用サイトのデザイン例



図3 申込完了後の確認画面

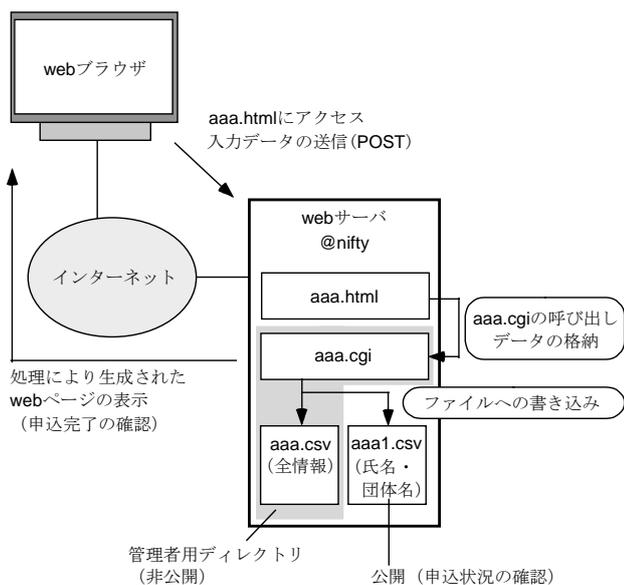


図4 CGIによるデータ処理の流れ

入力された文字列を受け取って処理する CGI スクリプトを作成した。図4に、作成した CGI によるデータ処理の流れを示す。具体的には、まず入力画面を表示する「aaa.html」（aaa は大会ごとに異なる任意の文字列）を用意して、参加者氏名、連絡先電話番号、団体名、団体代表者氏名など、大会にあわせてそれぞれに異なる必要事項の入力フォームを作成する。ここでは、各項目を<input>あるいは<select>要素としており、最終的に POST 方式で入力値がウェブサーバに送信されて「aaa.cgi」を呼び出す。

このスクリプト内では、入力データを保存するファイル名を指定した上で、「cgi-lib.pl」のサブルーチンである ReadParse サブルーチンで連想配列%in に入力された文字列を格納していく。この%in から、フォームでの name 属性の値として指定した文字列をキーにして a\$i という変数に次々に格納する。このようにして取得した一連のデータについて、追加書き込みでファイルハンドラを用意し、ファイルをロックしたうえで、データを csv 形式で保存することとした。データをファイルに書き込む際には、表計算ソフトでの読み込みとその後のデータの取り扱いを考慮して、大会ごとにそれぞれ適切な改行・整形処理を行っている。ファイルへの書き込みが終了した後、ファイルへのロックを解除して終了する。以上がデータ処理スクリプトの大きな流れになる。

@nifty のホームページ作成サービスでは、公開用 html ファイルを置くディレクトリと CGI スクリプトを置く管理者用ディレクトリが別々になっている。したがって、入力されたデータをファイルに保存する際に、個人情報を含む全情報を記録した管理者 (=主催者) 用ファイルは管理者用ディレクトリに保存し、参加者が申込状況を確認するた

めに氏名と団体名だけを記録したファイルは公開用ディレクトリにそれぞれ分けて保存する構成とした。このファイルの保存先の振り分け、および入力データの取捨選択も CGI スクリプトの中で実現している。

管理者用ディレクトリにアクセスするためにはパスワード認証が必要であり、当然であるが一般の参加者が管理者用ディレクトリにある情報を閲覧して変更を加えることはできない。以上のような申込システムを構築し、これまでの二年間で鈴鹿テニス協会が主催する一部の大会申込で試行的な運用を行った。

5. システムの成果と問題点

過去二年間に開催された6回の主催大会において、システムを導入して実際に申込受付を実施した。ここではこれまでの利用実績について簡単に報告する。

当初は、鈴鹿高専が運営を担当する大会でのみ試行していたため、多くの加盟団体でさえもシステムの存在はあまり認知されておらず、利用は限定的であった。しかし、2006年度以降は原則として全ての大会でシステムの導入を図ることになり、主催団体への広報活動を積極的に行ったところ、システム利用団体および利用者の数は図5に示すように増加する結果となった。図5では数が減少しているようにも見えるが、大会の性質の差（シングルスとダブルスの違い、年齢制限の有無など）に由来するためであり、全てを単純に比較することはできない。しかし、傾向としては増加していることがわかる。特に、一度利用していた参加者は、その後の大会への申し込みはほとんどインターネット申込でなされており、インターネットを日常的に利用できる環境にある参加者からは繰り返し利用されている状況が明確になりつつある。こうした参加者にとっては郵送や FAX のような手間が不必要になったことから、簡便なインターネット申込への移行が順調に推移していると考えられ、これまでの取り組みに一定の成果があったものと認識している。

しかし、問題点があることも事実である。以下ではこれまでに明らかとなってきた問題点について述べる。

まず、現状ではさまざまなシステム上の制約が課せられているために、理想的なシステムが実現できているとは言いがたい。本来であれば、専用の web サーバを構築して実現すべきであることは明らかであるが、@nifty によるホームページ作成サービスの範囲内である以上、プロバイダによる機能上の制約を受けざるを得ない。プロバイダでは自作 CGI を設置することを認めているものの、すべての機能が実現できるわけではない。一例として、サーバから自動的にメールを送信するための sendmail をスクリプト内で呼び出すことは許可されていない*。したがって、申込者からの入力データを申込者自身に確認させるために自動返信メールを送信させたい、という要望が当初挙げられたが、ス

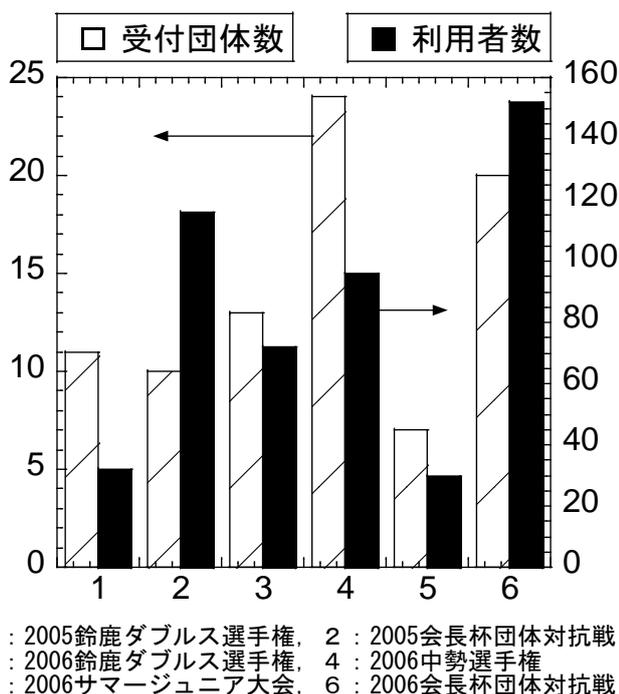


図5 申込システムの利用実績

クリプトを自作することは十分可能であるにも関わらず、今回のシステムでは実現することができなかった。

また、情報セキュリティ面でも問題がある。開発したシステムは単純なウェブ上のアンケートをベースに構築したものであり、これもプロバイダの制約からデータの送受信において暗号化通信などは実現できていない。現時点では大きな問題となっていないが、将来的に例えば参加料のカード決済などを実現したいであるとか、個人情報の保護を厳格にしたいというような場合にはシステムのセキュリティの確保が当然急務になるであろう。

現在のシステムでは、入力された申込データをファイルに書き込んで、表計算ソフトウェア上でまとめやすいように整形処理するというシンプルな機能に限定している。したがって、その後のデータ操作までは自動化されておらず、主催者は申込データファイルをもとにコンピュータ上でドローを手作業で作成する必要がある。電子化のメリットがじゅうぶんに活かされているとはいえないため、将来的には、入力されたデータをそのままサーバ上で整理して、ドローを自動生成するようなシステムを構築していくことが望ましい。その場合には、現在のようなホームページ作成サービスを利用するのではなく、データベース機能を備えた専用のwebサーバを構築して実現したほうが容易で自由度が増すと考えられる。

根本的な問題点としては、このようなシステムを構築したとしてもインターネット接続環境を持たない参加者が申し込むことはできない。現時点では、従来どおりの郵送に

よる申込受付を並行して実施しており、これによる申込も多くなされているのが実情である。したがって、主催者が全ての申込データを一元的に管理することができておらず、管理業務の負荷は依然として大きい。現実的な問題として、鈴鹿テニス協会の加盟団体会員は年齢層が幅広く、特に年配の会員も多数おられるが、必ずしもパソコンやインターネットを自由に操作できるスキルを身につけておられるわけではない。したがって、直ちに全ての申し込みを電子化することは利用者にとってむしろ不利益でもあると考えているが、長期的な見通しを持ちつつ、今後は利用者に対して徐々に理解を深めていく必要があるものと考えられる。

6. 今後の展望

さまざまな問題点が浮上しているが、インターネットの普及が急速に進行している時代の変化に対応し、問題点を解決しながらさらに高い機能を付加していく方針である。

当面は、前述したようなドローの自動生成システムや携帯電話からの入力に対応した簡易入力等の機能拡張を予定している。パソコンよりも普及している携帯電話の機能を活用できれば、申込入力作業の障害となる困難や面倒さはいくぶん緩和されると考えられる。

そのほかに要望があるものとしては、テニス協会加盟団体の全会員に個人番号を割り振り、参加希望者はそれぞれの個人番号をシステムに入力するだけで申込が完了するというような、より簡便なシステムの開発が挙げられている。会員番号制にするメリットとしては、各団体内における実力・成績順位に対応した個人番号とすることにより、申込受付後のドローの作成において、上位シード勢をどのようにしてドローを組むかといったことまでを自動的に（機械的に）判断して生成できるようになるなどの利点が考えられる。ここまでを自動化することができれば、主催者への負担はかなり軽減されるため、参加者や主催者のシステムへの理解と動向を見極めながら、こうした全体の改善を図っていく方針である。

ただし、このようなシステムの開発と運営にあたっては、あまり機能にこだわりすぎず、その目的を見失わないことも大切であると考えられる。当初に述べたように、鈴鹿テニス協会の運営はボランティア的な要素が強く、申込システムの維持管理業務に余裕があるわけではない。現時点では著者らが開発および運営を一手に引き受けているが、本来の目的は、インターネットを利用した申込が参加者と主催者の両方に有効な仕組みであることを広く周知したうえで、テニス大会運営における電子化のモデルケースを確立することである。将来的には、著者ら以外の誰にでも比較的簡単に維持管理が可能なシステムのインターフェースを実現することが重要であるといえる。つまり、どんなに高機能であっても、高度な専門知識を持った人間にしか管理運営できないようなシステムでは都合が悪く、むしろ発展

が見込めないと思われる。この点に留意して、システムの機能・堅牢性と使いやすさのバランスを考慮しながら、汎用的なシステムの開発に努めたい。

参考文献

- (1) 宮坂雅輝 「CGI/Perl Handbook 2nd edition」
ソフトバンクパブリッシング (2003 年)
 - (2) 鈴鹿テニス協会
<http://homepage1.nifty.com/14141414/>
-

* @nifty において `sendmail` が利用できないのは、無料のホームページ作成サービスの場合である。最近になって、`sendmail` を含め、より高い機能を実現できるホームページ作成サービス (ただし有料) が提供開始されたことを付記する。

過去の試合結果を基に動作するコンピュータプレイヤー

田畑 大輔*・田添 文博**

The Computer Player which Operates based on Results of Past Games Daisuke TABATA* and Takehiro TAZOE**

The purpose of this research is to make the computer game player which works based on results of past games. Usually, the computer player operates by using the algorithm of the retrieval and the evaluation function. However, this research proposes that the computer player operates by the database concerning past game results. Our goal is to investigate whether a computer player is able to win completely, with 4x4 othello which reduces the number of square. We created the game result database which included the number of definite stones and the winning average with 4x4 othello from the records of the moves and plays of all the games. Therefore, the computer player surely came to win completely by the last. Our future subject is that the player certainly wins with 6x6 othello.

(Received September 15, 2006)

Key Words: computer player, winning average, definite stone, the game result database

1. 背景・目的

コンピュータプレイヤーとは、チェスやオセロなどのゲームにおいて、人のかわりにプレイヤーとして試合を行う、人工知能的なプログラムのことである。このコンピュータプレイヤーに関する研究の歴史は非常に深く、これまで多くの技術者によって長期にわたり研究が繰り返されてきた。その基盤となっているのが 20 世紀初頭に提唱されたゲーム理論を応用した「次の手の先読みを行う」方法である。この方法とはつまり、探索木を用いて、現在のゲームの局面から次の手、さらにその次の手を予測し、それぞれの手に評価値を割り当てることで、最も自分の勝つ可能性の高い手を見つけ出す方法である。この方法は現代でもゲームプログラムの基本となっており、一般的なコンピュータプレイヤーと呼ばれるもののほとんどに用いられている。

しかし、「次の手の先読みを行う」方法でコンピュータプレイヤーを実現しようとすると、最後の一手まで先読みをさせる必要があるが、一手を見つけるためにかかる探索時間が膨大となってしまう、それを実用的なゲームと見ることはできないという問題がある。また、将棋や囲碁のように、データ量が膨大になるとか、処理能力が及ばないなどの理由で、コンピュータプレイヤーの改善の余地があるゲームがまだまだ存在する。現在でもこのようなゲームに対して、様々なアプローチによりコンピュータプレイヤーに関する研究が続けられている。

本研究では、従来の探索木を用いた先読みを行わず、過去の試合結果を基に動作するコンピュータプレイヤーを実現する。マス減らした 4×4 オセロで、コンピュータプレイヤーが必ず勝つ状態に至ることは可能か、どれだけの試合結果が必要であるかを検証し、8×8 オセロ、将棋、囲碁などにこの方法を適用させていく。

本論文の構成を示す。2 章では従来のコンピュータプレイヤーについて概観する。3 章では提案するコンピュータプレイヤーのアルゴリズムについて説明し、検証のための実験と考察を 4 章にまとめる。5 章では考察を基にコンピュータプレイヤーの改良を行い、6 章はまとめとなっている。

2. 従来のコンピュータプレイヤー

最善手を選択するアルゴリズムの一つに alpha-beta 法がある。これは、Minimax 法という相手が常に最善手、つまり自分にとって最悪手を打つてくると仮定して現在の最善手を求めるアルゴリズムを効率的に探索できるようにしたものである。絶対に採用されることのない手をそれ以上読まないように「枝刈り」を行うことでより効率的な探索ができ、探索時間も大幅に減少する。これによって、より速くより深く探索できるようになっている[1]。

8×8 オセロでは、探索木を用いた先読みの方法で、終盤については読みきることができる。しかし、序盤、中盤の先読みに関しては読みきれず、5 手先程度を読むようにしている。また、オセロの定石なども利用している[1]。

先読み法を用いているオセロのコンピュータプレイヤーは、人間の世界チャンピオンでも勝てないほど強い。実際に、1990 年代前半には、一般の人間がコンピュータプレイヤーに勝てなくなった。1997 年 8 月には、「Logistello」と呼ばれるオセロ

* 電子機械工学専攻 [Advanced Electronic and Mechanical Engineering Course]

** 電子情報工学科 [Department of Electronic and Information Engineering]

のコンピュータプレイヤーが、当時のオセロの世界チャンピオンであった村上健氏に対して、6 試合行って、先攻・後攻の両方で全勝した。この頃からオセロに関しては、人間がいくら頑張ってもコンピュータプレイヤーに勝つことは不可能だと言われている[2]。

3. 提案するコンピュータプレイヤー

本研究で提案するコンピュータプレイヤーは、図 1 のアルゴリズムを用いている。試合結果を収集して整理したデータを利用するので、先読みのプレイヤーと比べてアルゴリズムも複雑にならず、定石なども必要としない。以下にそのアルゴリズムを詳しく説明する。

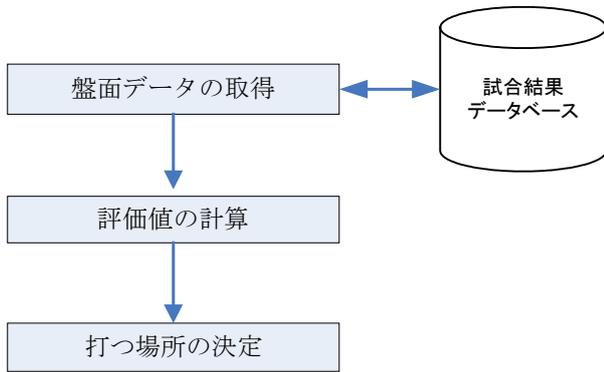


図 1 提案するコンピュータプレイヤー

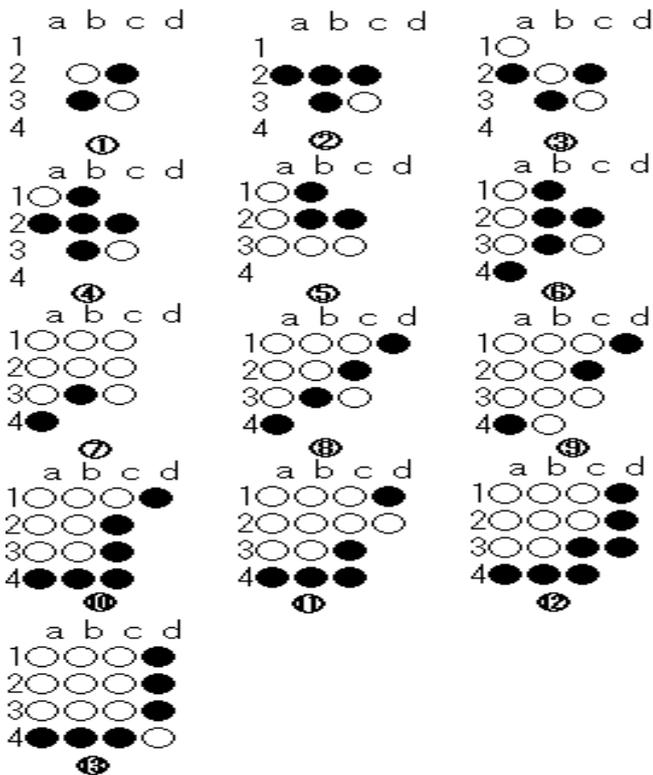


図 2 棋譜 a2a1b1a3a4c1d1b4c4d2d3d4 の展開

3.1 試合結果データベースの構築

データベースを構築するにあたって、まずオセロの試合結果（棋譜）を集める必要がある。次にそれぞれの棋譜を盤面に展開する（図 2 参照）。

棋譜を展開すると同時に、一手ごとに表 1 のようなデータを作成する。このとき盤の状況を 0 が空き、1 が黒石、2 が白石として 16 マスを左上から順に羅列して表す。プレイヤーは 1 が黒石、2 が白石としている。そして勝敗は、1 がプレイヤーの勝ち、2 がプレイヤーの負け、3 が引き分けとなっている。

表 1 棋譜の展開データ

盤の状況	プレイヤー	置く場所	勝敗
0000021001200000	1	a2	2
0000111001200000	2	a1	1
2000121001200000	1	b1	2
2100111001200000	2	a3	1
2100211022200000	1	a4	2
2100211021201000	2	c1	1
2220222021201000	1	d1	2
2221221021201000	2	b4	1
2221221022201200	1	c4	2
2221221022101110	2	d2	1
222122222101110	1	d3	2
2221222122111110	2	d4	1

集めた棋譜をすべて展開して、勝敗についてまとめて整理したものが、コンピュータプレイヤーが扱う試合結果データベースになる。蓄えられる盤面データの例を表 2 に示す。図 2 ⑥の盤の状況で白石を c1 に打ったときの試合結果を蓄積した勝敗が白石の 42 勝 0 敗 2 分であることを示している。

表 2 盤面データ

盤の状況	2100211021201000
プレイヤー	2
打つ場所	c1
勝ち数	42
負け数	0
分け数	2

3.2 コンピュータプレイヤーの動作

試合結果データベースから、コンピュータプレイヤーは盤の状況と一致する全ての盤面データを取得する。

次に打てる場所に評価値を与える。その評価値は、必ず勝つことを前提としているので式 1 で与えられる。

$$\text{評価値} = \frac{\text{勝ち数}}{\text{勝ち数} + \text{負け数} + \text{分け数}} \quad (1)$$

表2の盤面データの場合、c1の評価値は0.954となる。また、盤面データがない場所には、デフォルトの評価値として0.500を与える。この操作を全ての打てる場所について行う。

これで、打てる場所には全て評価値が与えられているので、評価値最大の場所を最善手とする。最善手が複数存在した場合は、a1a2a3a4b1…と見ていき、最初に見つかった最善手を打つようにしている。

4. 実験・考察

4×4 オセロでは、全ての試合結果パターンをコンピュータで生成することができる。実際に60060パターンあった。全試合結果を用いて盤面データを作成した。このとき全盤面データを取得できるので、盤面データのない場所はない。

4×4 オセロは、後攻必勝のゲームなので、コンピュータプレイヤーを後攻にして実験を行う。評価は、打てる手をしらみつぶしに打つプログラムを先攻にして、試合をさせた。その結果を表3に示す。この実験では、必ず勝つ状態には至らなかった。

表3 実験結果 (後攻)

勝ち	負け	引き分け	勝率
110	4	0	0.965

表3の負ける試合4つについて考察した。4敗したが負けるポイントとなる盤面は、回転や反転を用いると1パターンのみだった。それを図3に示す。

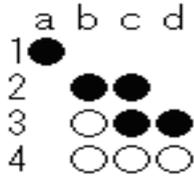


図3 負けるポイント

図3の盤面で、白石(後攻)が打てる場所の評価値を表4に示す。

表4 打てる場所の評価値

場所	勝	負	分	評価値
b1	76	22	16	0.667
c1	86	34	6	0.683
d1	126	16	6	0.851 [◎]
d2	28	20	6	0.519

コンピュータプレイヤーは評価値が0.851のd1を最善手として打つ。しかし、c1、d1は黒石(先攻)必勝となり(図4参照)、b1、d2が白石(後攻)必勝である(図5参照)。表4より、白石が勝てないc1、d1の評価値が高くなっていて、白石必勝であるb1、d2の評価値が低くなっている。このポイントをうまく改善できればコンピュータプレイヤーが必ず勝つようになると考えている。

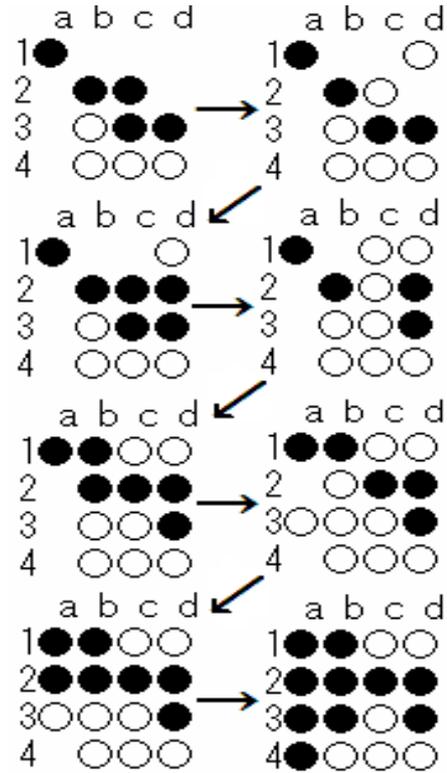


図4 d1は黒石必勝の例

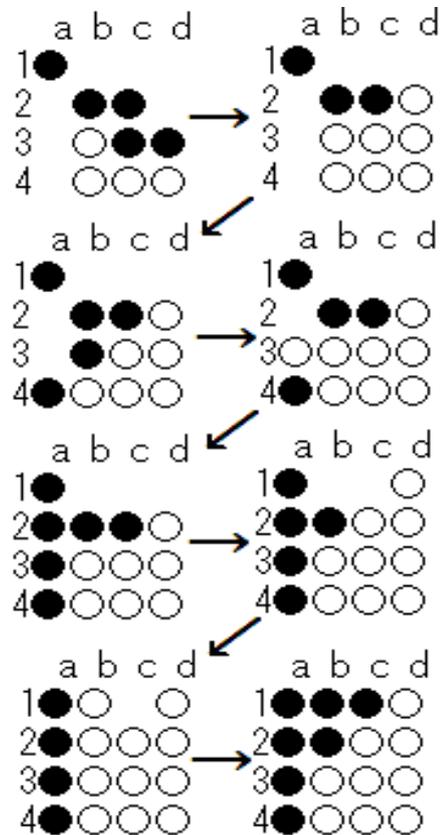


図5 d2は白石必勝の例

5. コンピュータプレイヤーの改良

図3の盤面で、d2に打つと、プレイヤーにとって確定石（絶対に返されない石）が6個できるので、とても有利になる(図6(a)参照)。

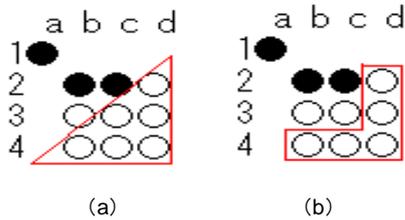


図6 確定石

コンピュータプレイヤーの改良として「確定石」を考慮する方法を試した。これまでは、勝率(式1)のみを評価値としていたが、今回は盤面データを生成するときに近似された確定石(角と辺のみで決定されるもの、図6(b)参照)の個数をデータに加える(表5参照)。

表5 盤面データの改良

盤面の状況	2100211021201000
プレイヤー	2
打つ場所	c1
勝ち数	42
負け数	0
分け数	2
確定石	5

打つ場所の決定で、コンピュータプレイヤーが評価値最大を選ぶ前に、その盤面で一番多く確定石を取れる場所を最善手として打つようにした。確定石最多の場所が複数存在したときは、評価値最大のを最善手として打つようにしている。この打つ場所を決定する過程を図7に示す。

「確定石」を導入したとき、図3の負けるポイントで、評価値と確定石の個数は表6のように表すことができる。負けるポイントになっても改良した方法を用いることで、コンピュータプレイヤーはd2に打つ。これによって負けるパターンのところでの判定が改善された。

表6 評価値と確定石の個数

場所	勝	負	分	評価値	確定石
b1	76	22	16	0.667	3
c1	86	34	6	0.683	3
d1	126	16	6	0.851	4
d2	28	20	6	0.519	5◎

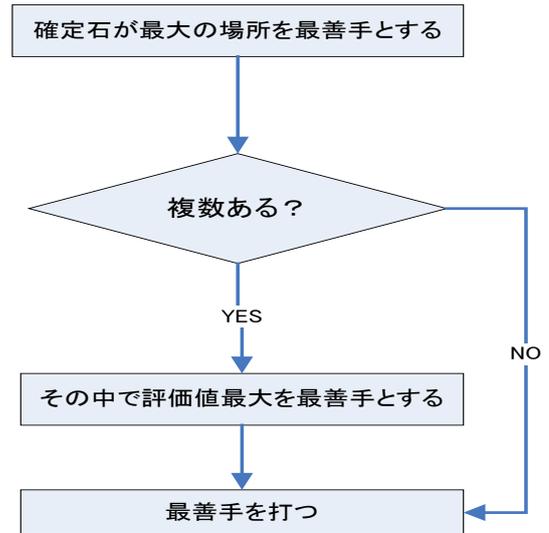


図7 打つ場所の決定の改良

「確定石」を導入して、しらみつぶしのプレイヤーを先攻にして実験してみた。その結果を表7に示す。後攻のプレイヤーにおいて、先攻がどこに打ってきてても必ず勝つプレイヤーの実現ができたことがわかる。

表7 確定石導入後の実験結果(後攻)

勝ち	負け	引き分け	勝率
40	0	0	1.000

このとき、後攻のコンピュータプレイヤーが、先攻にとってより不利な手を選択しているので、先攻のしらみつぶしに打つプレイヤーは、打てる手の数が減る。よって試合数が表3の114から40に減った。

6. まとめ

4×4 オセロは、全ての試合の棋譜から試合結果データベースを作成して、式1の評価値と確定石の個数を使用することによって、後攻では必ず勝つコンピュータプレイヤーが作成できた。

今後の方針は、マスをも6×6にして、必ず勝つプレイヤーを目指す。具体的には、全試合の棋譜を取得して、4×4と同様の実験をすることである。しかし、6×6にマスを拡張すると、4×4のように全試合の棋譜を作成することはデータ量の面から簡単ではない。そこで、全試合の棋譜が収集できないという条件で、必ず勝つ方法を考えなければならないだろう。

参考文献

- [1] Seal Software, 「リバーシのアルゴリズム」, 工学社, 2003
- [2] Michael Buro, 「Takeshi Murakami vs. Logistello」, <http://www.cs.ualberta.ca/~mburo/ps/match-report.ps.gz>

燃料電池関連技術者養成のための実践技術教育

小倉 弘幸*・伊藤 八十四**・森 邦彦***・澤辺 昭廣***・中村 勇志***・河野 純也*

**

西村 吉弘***・谷川 義之***・山田 太***・西森 睦和***

Engineering education for acquiring basic knowledge and technology on fuel cells in SNCT

Hiroyuki OGURA*, Yasoshi ITO**, Kunihiko MOR***I, Akihiro SAWABE***,

Yushi NAKAMURA***, Junya KONO***, Yoshihiro NISHIMURA***, Tomoyuki TANIGAWA***,

Futoshi YAMADA*** and Mutsukazu NISHIMORI***

The purpose of this study is the rearing of engineers necessary for the fuel cell development. Here, basic knowledge on the electrochemistry as a base of the fuel cell technology was understood, and the basic technology was acquired by our students. Following, the single cells were manufactured actually, and the characteristics were evaluated. Experimentally studied fuel cell basic technology will demonstrate the creative ability in the technology development of this field in the future. These educational programs are expected with contributing for the early practical application of fuel cells. In addition, advanced knowledge and technology of the fuel cell acquired by faculty member will be able to contribute to upgrading and activation of education and research of our college.

(Received September 15, 2006)

Key Words: 燃料電池関連技術者養成, 燃料電池特区, 水素エネルギー社会, 定置型燃料電池の実証試験

***技術室(Technical Office)

1. 目的

化石燃料枯渇により、2030年～2050年には環境保全性の高い水素燃料をエネルギー源とした「水素エネルギー経済社会」が到来すると云われている。水素を利用する有望な電力変換機器として現在、燃料電池が注目されその開発が国内外で推進されており、その早期実用化が期待されている。

しかしながら、わが国ではその研究開発を担う燃料電池関連技術者は極めて不足しているのが現状であり、その養成をはかることは急務である。

本校では、三重県・鈴鹿市で一昨年認定された「燃料電池技術を核とした産学官連携ものづくり特区」を足掛かりにして、ものづくりを

基盤とし、かつ燃料電池に関する基礎知識に裏付けされた技術教育を行い、燃料電池開発のための実践技術者を養成することを目的とする。

2. 背景と必要性

現在、わが国において、燃料電池開発は国策により重電・電力・ガス・自動車製造企業の総力を挙げて推進されている。この開発目的は環境負荷低減とエネルギーの安全保障の確保にあり、且つこの完成技術により我が国の産業の国際競争力を強化しようという意図がある。

三重県・鈴鹿市で認定を受けた「燃料電池特区」の目的は産学官連携の促進により既存企業の高度化・高付加価値化・新分野への展開、新規企業の導入、蓄積技術・人材・インフラ等の活用により、

* 材料工学科[Department of Materials Science and Engineering]

** 電子情報工学科[Department of Electronic and Information Engineering]

自動車産業を中心とした鈴鹿地域の産業構造を強靱なものに転換しようとするものである。この中で、本校は燃料電池関連実践技術者の育成および1kW 定置型燃料電池の実証試験(図1)を分担し、併せて産学官連携による燃料電池関連の技術研究開発の拠点として位置づけられている。



図1 鈴鹿高専における1kW 定置型燃料電池実証試験風景 (PEFC 富士電機社製 2005年5月試験開始)

さて、石油ショックの直後、石油代替エネルギーを用いた電力変換機器の開発が旧通産省の「サンシャイン計画」で推進され、ここで燃料電池開発は大型プロジェクトの一つに取り上げられ大規模な開発展開が図られた。

次いでこのプロジェクトは「ニューサンシャイン計画」「ムーンライト計画」等に引き継がれたが、石油が安定供給されるようになると燃料電池開発計画は縮小された。

しかし最近、環境保全性の優れた電力変換機器として燃料電池は再認識され、経済産業省の「平成15年以降の検討課題戦略マップ」で情報通信、環境、ナノテクノロジーおよび複合領域等の分野で採択され、その開発が国策にて推進されている。

このように燃料電池には30年以上に亘り、その開発規模の拡大と縮小とが交互に現れ、開発活動の終息や方向転換等を余儀なくされる時期もあった。

この間、燃料電池開発技術者の世代交代が起こるとともに、開発の中断等により技術的ノウハウの伝承等が途切れ、また現在の開発技術者の専門性も開発初期の電気化学を専門とする技術者のそれとは相違するようになった。

すなわち、燃料電池開発には電気化学の知識を備え、その基礎技術を習得した技術者が必要不可欠であるにもかかわらず、このような専門性を有する技術者は極めて少ないのが現状であり、そのために燃料電池本体の要素技術に関するパラメータが十分に抽出できず、その実用化が遅延しているといっても過言ではない。

したがって、電気化学に関する基礎知識、基礎技術を備えた燃料電池開発のための実践技術者を早急に養成、輩出することが必要である。

3. 取組内容

より実践的で且つ効果的な燃料電池関連の技術教育を行うためには、電気化学の基礎知識を修得させるとともに、燃料電池を実際に製作し技術的ノウハウを理解しながら電池性能を評価するなどして燃料電池の基礎技術を体験することが必要不可欠である。

本校ではこのような思想を基礎に、燃料電池の技術教育を展開しており、電気化学に関する基礎知識、基礎技術を具備した実践技術者の育成を目的に以下の取り組みを行っている。

3.1 燃料電池に関するセミナー

燃料電池についての基礎知識や現在の開発動向を把握するため、実際に企業・研究所等で燃料電池開発を行っている指導的な研究者・技術者やOBを招聘し、燃料電池関連についてのセミナーを実施した。平成17年度は以下の題目で10回の燃料電池セミナーを行った。今年度は6回のセミナーを予定している。

- (1) 経済・産業の現状と水素エネルギー技術による
地域産業構造の転換
- (2) 水素経済社会実現に向けての技術的展望
- (3) 燃料電池・水素エネルギー技術・石油
環境問題をビジネスチャンスに
- (4) 燃料電池アラカルト
- (5) 燃料電池国際技術標準化とデータ処理
- (6) 燃料電池システムのシステム設計と実証試験状況
- (7) 固体高分子型燃料電池の課題と展望
- (8) 燃料電池の開発動向と今後の展望
- (9) 燃料電池スタックの技術開発状況
- (10) 燃料電池技術に将来はあるか

3.2 電気化学および燃料電池に関する基礎知識の習得

電気化学・燃料電池の基礎知識の習得を目的に、以下に示す項目についての座学と演習とを行った。

- (1) 電気化学入門
- (2) 電気化学システム
- (3) 電極反応
- (4) 電気化学インピーダンスの解釈
- (5) 燃料電池と効率
- (6) 固体高分子型燃料電池の基礎知識

3.3 燃料電池に関する基礎技術の習得

- (1) 燃料電池電極触媒に用いられている白金を電極に用いて、電解質溶液中での電気化学測定(図2)を行い、白金上での酸化還元反応挙動を理解させる。
- (2) 電池性能を向上させるには、とくにカソードでの酸素還元反応速度を高めることが重要である。そのためにはカソード用高性能触媒の探索が必要となるが、その探索の指導原理としての酸素還元反応機構を知ることが不可欠である。

ここでは、燃料電池セルについて図3、図4を実測してこれらを解析し、酸素還元反応機構が次式で示されることを理解させる。

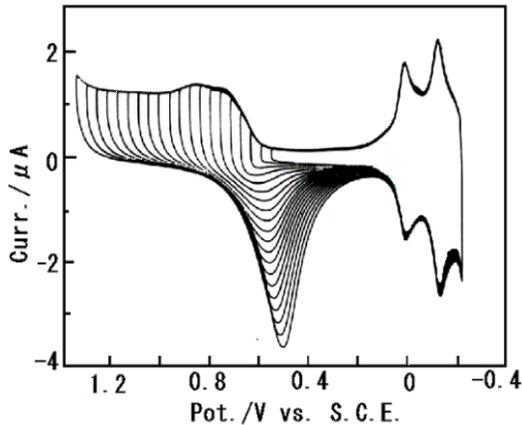


図2 1M-H₂SO₄中でのPtのサイクリックボルタモグラム、電位走査速度：100mV/s

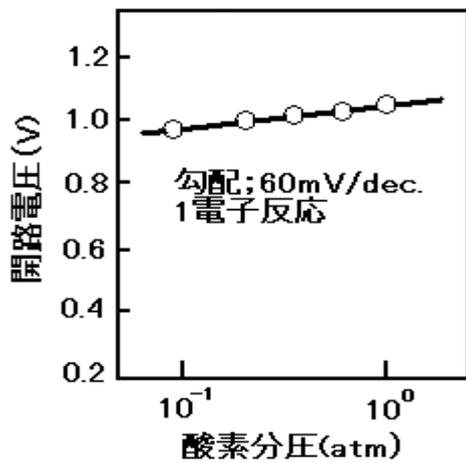


図3 開路電圧に及ぼす酸素分圧の影響

MEA:25cm²,H₂:250cc/min, O₂ mixed gas:250 cc/min, Cell: 80°C, Bubbler : 80°C

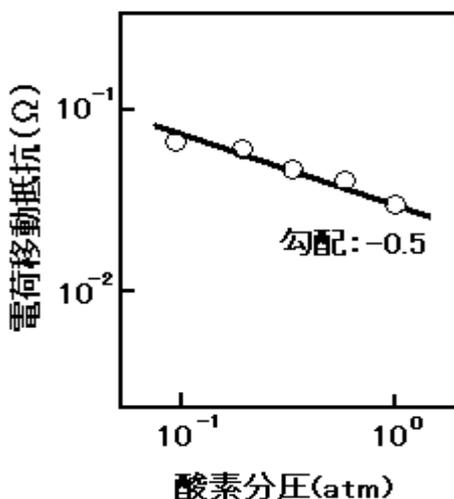
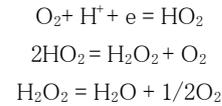


図4 電荷移動抵抗と酸素分圧との関係

MEA:25cm²,H₂:250 cc/min,O₂ mixed gas :250 cc/min, Cell: 80°C, Bubbler : 80°C



上の式中、第1式の電荷移動反応が電位決定反応となり、第3式が律速過程となる。したがって、高性能酸素還元触媒はこの過酸化水素分解反応を速める材料を探索すればよいことを理解させる。

(3) 燃料電池単セルの作製と評価

燃料電池単セル(固体高分子燃料電池)を実際に製作し、その特性を評価する。白金担持カーボン電極と電解質膜とのアセンブリー(MEA)の製造と、単セルの製作を経験させる。次いで製作した単セルの特性(i-V 特性、コール・コール・プロット特性)を評価させ、製造過程でのノウハウや運転条件と評価性能との関連を把握させる。MEAの製造工程を図5に示した。

(4) 燃料電池についての技術教育と技術指導

に必要な知識・技術を更に高めるため、教員・技術職員に対して燃料電池に関連する国内外の学会、展示会、企業等への派遣研修を行う。平成17,18年度はとくにNRC Canadaに派遣し、燃料電池に関する技術的な情報収集を行った。併せて、学生のNRC Canadaへのインターンシップも視野に入れ、考慮中である。

4. 期待される効果

ここでは、燃料電池関連技術者の人材育成を目的に、燃料電池技術の基礎となる電気化学に関する基礎知識の理解とその基礎技術の習得をしながら、実際に燃料電池単セルを製作し、その電池特性を評価するなどして体験的に得られた燃料電池に関する基礎的な技術は、将来この分野の技術開発において独創的な開発展開能力を発揮し、燃料電池の早期実用化に貢献できるものと期待される。

併せて、技術職員の燃料電池に関連した高度な知識・技術獲得は、本校のもてる技術的な質を更に向上させ、今後、教育・研究の高度化・活性化に多大に寄与できるとも期待される。

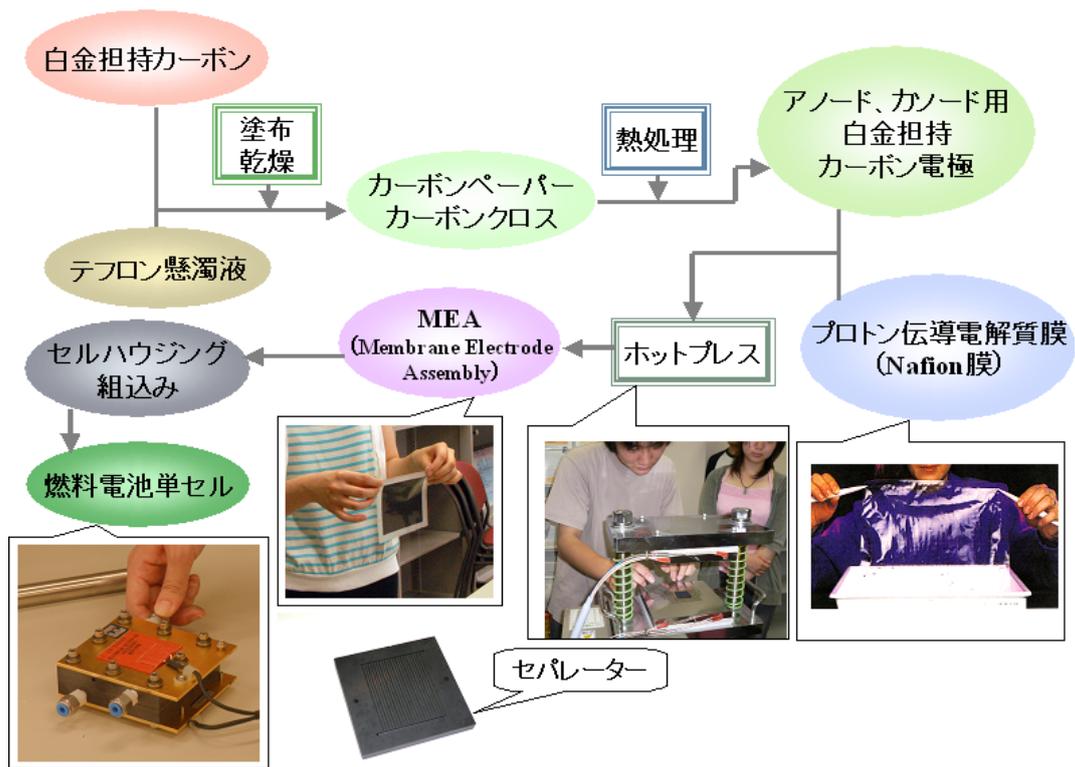


図5 燃料電池単セルの作製

各種めっき金属の活性酸素との相互作用について

兼松 秀行*, 田口 寛**

Interaction between various plating metals and active oxygen

Hideyuki KANEMATSU* and Hiroshi TAGUCHI**

The information about interaction between metal powders and active oxygen species is very important, since it will give us the knowledge and references to think over the mechanism of metal powder's antibacterial properties. It also gives us the information for the interaction between metal surfaces and human bodies, which leads to the better design of materials for user-friendliness. In this study, 16 metallic powders were chosen from the possibilities that they would be used very often as plating metals, and their scavenging potentials (removal capability of active oxygen) were measured, using ESR.

(Received September 30, 2006)

Key Words : 活性酸素(active oxygen), めっき金属(Plating metals), ESR

1. INTRODUCTION

Japan is becoming a nation of old people. In such an aging society, user-friendliness will be often required also for materials. The user-friendliness, the characteristics which makes it possible us to live high quality days, is provided us by the interface between materials and environments. That means "materials surfaces" will play an important role to enhance user-friendliness. Generally, there are many ways to increase user-friendliness. The antibacterial property is one of them and one of the authors has pursued how some metal elements would show the characteristic against some bacteria with another colleagues⁽¹⁾⁻⁽⁵⁾. Even though the real reason why some metals could show the antibacterial property action has been controversial so far, some researchers point out that active oxygen species would play an important roll for it⁽⁶⁾. To avoid the misunderstanding and confusion, we tried to fix in this paper which metals could decrease the activity of the active oxygen species and which ones could increase it. We believe such a knowledge and information will lead to the accurate evaluation for the mechanism of antibacterial properties on metal surfaces. In addition, they will be good references to develop the new metal surface treatments as well as the new utilization for metallic powders.

2. ACTIVE OXYGEN⁽⁷⁾

What is active oxygen? Scientifically speaking, active oxygen can be defined as the oxygen being very active and strong oxidant in the comparison with other molecules from chemical viewpoints. Since it is very active and unstable, it tends to deprive any matters of electron in human bodies. As narrow definition, it is concretely classified into four matters, superoxide anion, hydroxyl radical, hydrogen peroxide and singlet oxygen, while nitric monoxide, nitrogen dioxide, ozone, lipid peroxide are added as extensive interpretation. Even though the interaction between active oxygen and human bodies has been controversial, some experts say that 90 % of life-style related diseases may be caused by active oxygen⁽⁸⁾. These matters are originally produced by blood cell such as polymorphonuclear leukocyte, activated macrophage, and monocyte to protect human bodies from viruses or bacteria. Therefore, they are beneficial and advantageous, as long as the amount would be moderate. However, when the active oxygen species are large generated in the human body, human cells and organs would be damaged. In the light of that, active oxygen is harmful for our human bodies, and from the viewpoint of preventive medicine, the active oxygen should be removed or changed to non-harmful forms. For such a purpose, SCAVENGER has been often used so far. Scavenger is defined as the matter which can remove or transform active oxygen to another

*材料工学科 [Department of Materials Science and Engineering]

**三重大学三重大学生物資源学部生命科学科 [Dept. Life Science, Faculty of Bioresources]

non-harmful one. It is also called antioxidant substance or agent. For superoxide anion, superoxide dismutase (SOD) plays the role as scavenger. Hydroxyl radical is well-known to be scavenged by antioxidant agents such as

Metal elements	shape	Grain size
zinc	powder	75 μ m
manganese	powder	75 μ m
molybdenum	powder	75 μ m
tungsten	powder	75 μ m
cobalt	powder	75 μ m
copper	powder	75 μ m
silver	powder	75 μ m
platinum	powder	75 μ m
cadmium	powder	75 μ m
lead	powder	75 μ m
indium	powder	75 μ m
nickel	powder	75 μ m
chromium	powder	75 μ m
Rhodium	powder	75 μ m
iron	powder	75 μ m
tin	powder	75 μ m
cadmium	shot	1mm
gold	powder	75 μ m

glutathione and beta-carotene. Hydrogen peroxide can be scavenged by catalase and glutathione peroxidase. The singlet oxygen can be transformed into non-harmful matter by carotenoids such as alpha-carotene, β -carotene, and lycopene. However, there are not so many information and knowledge on how metals would affect the active oxygen species, and people don't know precisely if some metals would have scavenging capability for these active oxygen species. There are three merits mainly, if we can know the scavenging effect of metals on active oxygen.

(1) The mechanism of antibacterial properties for some metals.

As described in the introduction of this paper, some researchers proposed that the antibacterial properties of some metals such as silver would relate to the capability of producing active oxygen. One of the authors has been doubtful about it so far and proposed another mechanism⁽⁵⁾. To make clear if it would be true or not, the information on the interaction between some metals and active oxygen would be very useful.

(2) The relation between metals and human bodies.

It has been pointed out very often that nickel would cause the skin problem for human being such as atopic dermatitis. Since the active oxygen has a certain relation to skin irritation, the information about the scavenging capability of nickel against the active oxygen would lead to the clarification of the cause more precisely.

(3) The establishment of new guidelines for surface modifications and treatments.

As described in the introduction part of this paper, the user-friendliness of materials surfaces will be very important in the near future. From the viewpoint of the scavenging effect on active oxygen, the materials surfaces can be redesigned to protect us from any harmful diseases such as skin inflammation etc. If we find some appropriate metal elements as scavenger, it would be easy for us to provide them onto the metallic materials surfaces by plating or some other coating processes.

As the first step of the study heading for the final far-reaching goals mentioned above, we investigated the effect of some metal powders on the active oxygen, using ESR.

3. EXPERIMENTAL

From the viewpoint of the utility for surface treatments and modifications, 17 elements were chosen for the current experiments. Table 1 lists the elements chosen for this experiment. Mostly, the grain size of these powders was about 75 μ m. However, the other size was also used for cadmium powder (cadmium shot: 1mm) to observe how the difference of the size would have

Table 2 Composition of DPPH mixed solution.

Ultra pure water	Ethanol	DPPH radical (300 μ M)
500 μ l	400 μ l	100 μ l

affected the results. Each powder was mixed with 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical solution (Table 2) in an 1.5 ml microcentrifuge tube whose appearance was shown in Fig.1. The DPPH radical was the most stable at ambient temperatures among many radicals with unpaired electrons. Therefore, it has been used widely as the marker for removing capability of free radicals such as active oxygen. It was equipped with flat cap shown in Fig.1. DPPH solution mixed with the indicated metal powder was kept for 5min. Immediately electron spin resonance (ESR) spectrum of the solution and oxygen radical scavenging potential (free radical elimination ratio; FRER) of metal powders were

measured using ESR spectrometer (JES-REIX, JEOL, Tokyo, Japan). By using this apparatus, the powders' capability to remove the active oxygen (Free Radical Elimination Ratio: FRER) was measured and calculated. Even though there are some methods to evaluate the anti-oxidizing capability (compatible with FRER), ESR measurements is the most prominent to screen matters cyclopaedically. Fig.2 shows typical ESR spectra. The horizontal axis corresponds to relative magnetic force, while the vertical one to the derivation of energy absorption wave form. The upper figure shows the

each chart, b and b' are used to calculate FRER, since the accuracy is the highest. However, using other peaks leads to the same conclusion, generally. From these peaks, we calculated FRER by the following equation (1).

$$[1 - \{(b'/a') \div (b/a)\}] \times 100 \quad (\%) \quad (1)$$

4. RESULTS AND DISCUSSION

The FRER for various metal powders are shown as histogram in Fig.3. These results were obtained when 1ml mixture solution contained 50mg metal powders. In the figure, one can tell the order of FRER for metal

result before the DPPH radical (control) and the lower one shows that after the mixture of it with a kind of metal powder. Peaks a and a' belong to the standard manganese sample incorporated into the apparatus originally. They are used as a standard for calculations or for the measurement calibration. In this experiment,

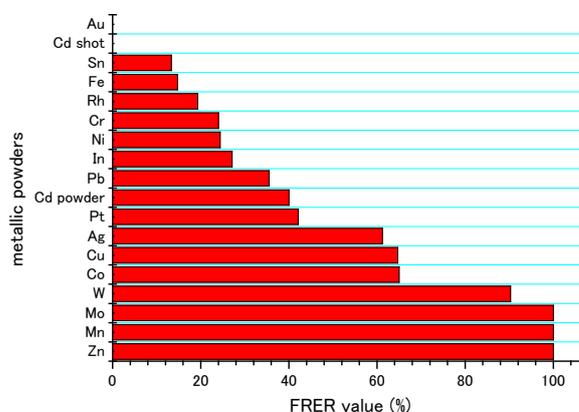


Fig.3 FRER for various metal powders.

powders very clearly. The three kinds of powders, zinc, manganese and molybdenum were at the top ranks, while iron, tin and gold were at the bottom ones. The result for cadmium fine particles was different from that for the shot. The former had higher FRER than the latter. The reason could be attributed to that the surface area to react with DPPH solution was larger. Therefore, it suggests that the absolute values might have to be modified, even though the order would be still quite the same, when the result would be applied to another shapes such as plates, rods etc.

For the top three metallic powders, the further experiments were carried out to compare their FRERs with one another. For these three metallic powders such as zinc, manganese and molybdenum, the amounts of metal powder were changed from 50mg to 1mg in the 1ml mixture.

Fig.4, 5, and 6 show the results for zinc, manganese and molybdenum powders, respectively. The horizontal axes correspond to the amount of metal powder in logarithmic scale, while the vertical ones to FRER values. Even though the results in the case of 50mg contents were

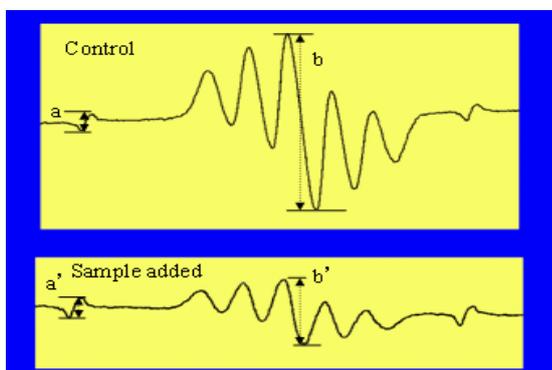


Fig.2 ESR charts and parameters.

they were used to calculate FRER shown in equation (1). In the middle of the magnetic force for both charts, five peaks were observed. Usually, the highest peaks for

quite the same (100% FRER) for all of these metal powders, the changes of FRER with the powder contents were different. Concretely speaking, the decrease of the FRER with the powder content was

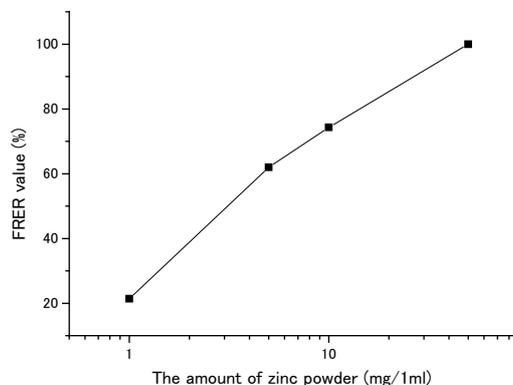


Fig.4 FRER value and the amount of zinc powder in 1ml DPPH mixed solution.

the most remarkable for zinc powder. On the other hand, that for molybdenum powder was the least remarkable. These results suggest that the order of FRER value could be determined for all of these top ranking powders in the following way: Mo > Mn > Zn.

The order of FRER for metal powders applicable to plating was determined from the data shown in Fig.3 and compared as follows:

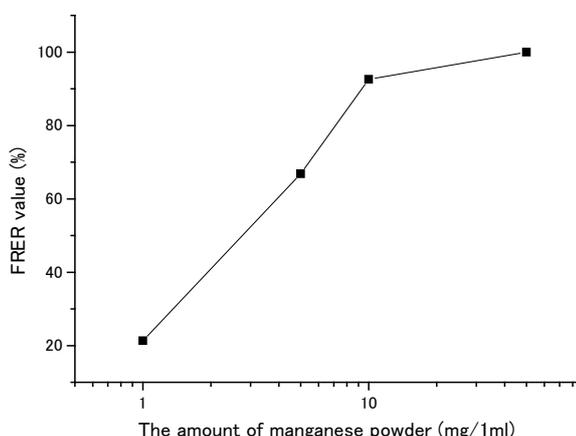


Fig.5 FRER value and the amount of manganese powder in 1ml DPPH mixed solution.

Mo > Mn > Zn > W > Co > Cu > Ag > Pt > Cd > Pb > In > Ni > Cr > Rh > Fe > Sn > Au

Since FRER should have been equivalent to the reduction capability of the metals, we compared the experimental orders with the ones from three different viewpoints. The following order was made by the electrochemical series which were almost equivalent to ionization tendency.

Mn > Zn > Cr > Fe > Cd > In > Co > Ni > Mo > Sn > Pb > W > Cu > Rh > Ag > Pt > Au

(see Table 3 in Appendix)

However, the order did not always match well with the

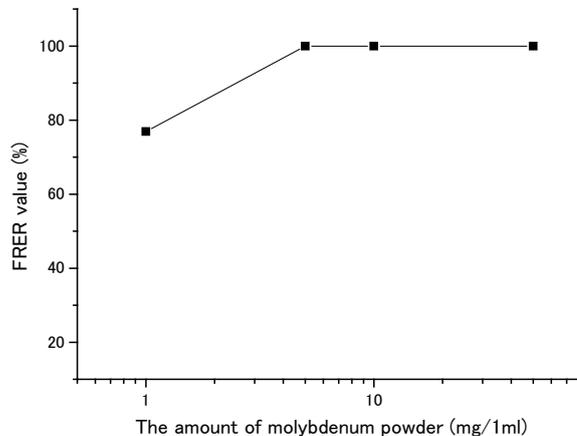


Fig.6 FRER value and the amount of molybdenum powder in 1ml DPPH mixed solution.

experimental result. It could be attributed to that the donation of electron to the free radical is quite different with the ionization process through hydration in aqueous solutions. On the other hand, they can be arranged in the reverse order of ionization energy (see Table 4 in Appendix).

In > Cr > Mo > Sn > Mn > Rh > Ag > Ni > Cu > Co > Fe > W > Pd > Pt > Cd > Au > Zn

Also in this case, the order did not overlap with that of our experimental results. Finally, we compared the order for metal elements' removal capability for free radicals with that for standard enthalpy change of formation shown below: (see Table 5 in Appendix)

Rh > In > Pd > Cd > Mn > Sn > Ag > Zn > Cr > Cu > Ni > Fe > Au > Mo > Pt > W

Those entropies were calculated for M/M⁺(g) change.

The order mentioned above was arranged from the lowest one to the highest. However, the order did not always compatible with the experimental results.

Originally, the metal elements' removal capability for free radicals should have corresponded to their electron donation capability. However, it could be affected in reality by the reaction rate, the shape and size of the specimens. For the former (reaction rate), oxides, soils and other contaminations at the surface of the specimens

may be obstacles for the reactions. For the latter, surface areas, surface topographical conditions and the shape would control the oxidation of free radicals.

As for nickel powder, it did not show so remarkable removing capability of active oxygen. Therefore, one can presume that it would not prohibit the ongoing of skin inflammation enough, when the disease would once occur. However, other elements such as iron, tin have not been remarkable for the skin problems in real lives, even though they also showed lower FRER values than nickel in our experiment. It suggests that the mechanism would not be attributed only to active oxygen. We should rather consider another mechanism for the evolution of skin disease, even though active oxygen could play a certain roll for that partly.

As mentioned above, some metals have antibacterial property against some bacteria. Silver and copper have been well known for it. Even though there is a mechanism related to the strong activity of active oxygen for it, silver and copper showed the relatively higher scavenging capability which can weaken the activity adversely. The contradiction suggests that the mechanism for antibacterial property of metals would not be right. For the mechanism, the ionized metallic ions are much more likely to attach on the bacteria cell membranes which would prohibit the activity of enzymes there⁽⁵⁾.

These results indicate what kinds of metal can be utilized as scavenger, when they are applied to plating films. In fact, the results can be a guideline to design the materials surfaces. However, the FRER value is generally very sensitive to the surface areas of the specimens, suggested by the result of cadmium in Fig.3. It means that the plated metals whose scavenging effects as powder were confirmed may show different characteristics as surface layer beyond our presumption. Therefore, more detailed investigation should be carried out to determine the removal capabilities of active oxygen for plating specimens themselves.

5. CONCLUSIONS

In this paper, the removal capabilities of metal powders, were investigated by using ESR. And the following results and discussions were obtained.

(1) The removal capability of active oxygen decreased with the following order.

Mo > Mn > Zn > W > Co > Cu > Ag > Pt > Cd > Pb > In > Ni > Cr > Rh > Fe > Sn > Au

(2) The order of the removal capability for active oxygen did not accord with that for the capability of specimens' electron donation from the three viewpoints: Electrochemical series, Ionization energy and standard enthalpy change of formation.

(3) Most of the metal elements used for plating could work as scavenger to some extent. Among of those elements, molybdenum, manganese and zinc would be highly promising to scavenge active oxygen.

(4) These results can lead to the clarification of metals' antibacterial properties. At the same time it can be a guideline to design user-friendly surfaces by plating in the future. However, the further investigation should be carried out to evaluate the plating film's removal capability itself correctly.

REFERENCES

- (1) Hajime Ikigai, Hideyuki Kanematsu, Yasushi Kikuchi & Takeo Oki: Proceedings of AESF Sur/Fin 2004 & Interfinish 2004 World Congress, Navy Pier, Chicago, IL, June 28-July 1, p.996-p.1005 (2004)
- (2) Hideyuki Kanematsu, Hajime Ikigai, Kensuke Kuroda & Akira Ohmori: Proceedings of SFIC Sur/Fin 2005, June 13-16, 2005, St. Louis, Missouri, USA, p.489-p.496 (2005)
- (3) Hajime Ikigai, Hideyuki Kanematsu, Kensuke Kuroda & Akira Ohmori: Proceedings of SFIC Sur/Fin 2005, June 13-16, 2005, St. Louis, Missouri, USA, p.497-p.503 (2005)
- (4) Hideyuki Kanematsu, Hajime Ikigai, Yasushi Kikuchi & Takeo Oki: Transactions of the Institute of Metal Finishing, Vol.83, No.4, p.205-p.209 (2005)
- (5) Hideyuki Kanematsu, Hajime Ikigai & Michiko Yoshitake: Tokai Kagaku Kougyoukai (Bulleting of Association of Chemical Engineering in Tokai Region), No.252, p.9-p.14
- (6) Yotaro Murakami: MMC News, No.8, p.7 (2005)
- (7) Toshikazu Yoshikawa, Kazuko Nohara & Masahiro Kono: "Active Oxygen, Discussion on All About Free Radical- From healthy problem to Deterioration of Environment", Maruzen Co. (2000)
- (8) <http://allabout.co.jp/health/healthfood/closeup/CU20030825A/index.htm>

APPENDIX

Table 3 Electrochemical series (based on standard hydrogen electrode at 25 degrees Celsius and 10³hPa)

Electrode reaction	Potential [V]
$Mn^{2+} + 2e^- = Mn$	-1.18
$Zn^{2+} + 2e^- = Zn$	-0.76
$Cr^{3+} + 3e^- = Cr$	-0.67
$Fe^{2+} + 2e^- = Fe$	-0.44
$Cd^{2+} + 2e^- = Cd$	-0.40
$In^{3+} + 3e^- = In$	-0.34
$Co^{2+} + 2e^- = Co$	-0.28
$Ni^{2+} + 2e^- = Ni$	-0.26
$Mo^{3+} + 3e^- = Mo$	-0.20
$Sn^{2+} + 2e^- = Sn$	-0.14
$Pb^{2+} + 2e^- = Pb$	-0.13
$WO_3 + 6H^+ + 6e^- = W + 3H_2O$	-0.09
$Cu^{2+} + 2e^- = Cu$	0.34
$Rh^{3+} + 3e^- = Rh$	0.76
$Ag^+ + e^- = Ag$	0.80
$Pt^{2+} + 2e^- = Pt$	1.18
$Au^{3+} + 3e^- = Au$	1.52

Reaction couple	Enthalpy change
Rh/Rh ⁺ (g)	720
In/In ⁺ (g)	802
Pd/Pd ⁺ (g)	912
Cd/Cd ⁺ (g)	987
Mn/Mn ⁺ (g)	998
Sn/Sn ⁺ (g)	1009
Ag/Ag ⁺ (g)	1017
Zn/Zn ⁺ (g)	1031
Cr/Cr ⁺ (g)	1049
Cu/Cu ⁺ (g)	1084
Ni/Ni ⁺ (g)	1166
Fe/Fe ⁺ (g)	1178
Co/Co ⁺ (g)	1183
Au/Au ⁺ (g)	1257
Mo/Mo ⁺ (g)	1344
Pt/Pt ⁺ (g)	1438
W/W ⁺ (g)	1607

Table 4 Specimens' ionization energies (M→M⁺: kJ/mol)

Metal element	Ionization energy
In	558
Cr	652
Mo	685
Sn	708
Mn	717
Rh	720
Ag	731
Ni	736
Cu	745
Co	758
Fe	762
W	770
Pd	804
Pt	870
Cd	876
Au	889
Zn	906

Table 5 Standard enthalpy change of formation (kJ/mol)

ミステリーと創造性—ミステリーの創造性教育への応用—

兼松 秀行*, ダナ・M・バリ―**

Mysteries & Creativity

—The Application of Mysteries to Creative Education—

Hideyuki KANEMATSU* and Dana M. BARRY**

The mystery book which we tried to apply to creative education was introduced in this paper. Basically, the book has the same content. However, it was written both in Japanese and English for the international purposes. The general sketch about the stories and the exercises after the stories were also explained. We authors aim to increase the readers' critical thinking skill, one of the key capability for creative thinking, when they will enjoy and read the stories.

(Received September 30, 2006)

Key Words : 創造性教育(Creative Education), 問題解決モデル(Problem Solving), Bloom の分類(Bloom's Taxonomy)

1. INTRODUCTION

Nowadays, engineering education faces the challenge both in Japan and USA. For so called BRICS – Brazil, Russia, India, China and South Korea – is going to emerge as magnificent engineering powers and becoming competitive in industrial and business worlds. In those emergent countries, infrastructure building is always required everywhere and the engineers who deal with something novel and adventurous in engineering fields can be evaluated more or less. On the other hand, those in advanced countries have to be sometimes depressed by that their achievements could lead to just an effort without effect or to the detrimental results for their societies, since the concept of values has become diversified for the latter society. In such an advanced society, creativity is always required very strongly. Creativity is a sort of wisdom to adjust us human beings to ever changing complicated world which has diversified values. Therefore, it must be a powerful weapon for engineers in such an advanced country like USA or Japan who must always break a way as front-runner. Creativity can be, and should be fostered in engineering education, since it can be not only an inherent capability, but also a skill which can be taught in schools. Since the society became much advanced and very complicated nowadays, it is highly desirable for engineering education to be dealt not only in higher education,

but also in elementary and secondary ones. The essence of engineering education is problem solving and design. And the skill for creativity should be focused on those two subjects in engineering education which can be realized fully by the mutual alignment among educational organizations at all levels. However, we teachers don't have so fixed or concrete methodology for creative education unfortunately. Among many possibilities, we will pick up "mystery solving" in this paper and explain about what, how and why the mystery solving would work to raise creativity for engineering education.

2. WHAT IS CREATIVITY^{(1),(2)?}

When people hear the word, "creativity", they may bring many kinds of definitions in their minds. Some people may think it would be originality-related matter. And others may say it would be related to the production of something new. Even though all of those definitions can't be denied as an aspect, we authors would like to define it as follows⁽³⁾: "Creativity reflects those activities that involve the application of the intellectual energies to the production of new ways of solving problems." According to Cognitive Spiral Model by Ebert⁽⁴⁾, the creative thinking is composed of five steps and it should spiral up during the cognitive process for creativity, while it somewhere repeats up and down. PERCEPTION THOUGHT, CREATIVE THOUGHT, INVENTIVE THOUGHT, METACOGNITIVE THOUGHT and PERFORMANCE THOUGHT are the five steps for creative thinking. When one

*材料工学科 Dept. Materials Science and Engineering

** CAMP (Center for Advanced Materials Processing), Clarkson University, USA

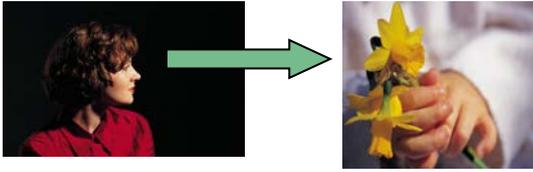


Fig.1 Perception thought

thinks over something creatively, he/she goes through these five steps to reach the creative goal. As an example, we can think of a woman who was given flowers by a man (Fig.1). The event brought about a thought in her mind. She would think why the man gave her the flower. There may be many

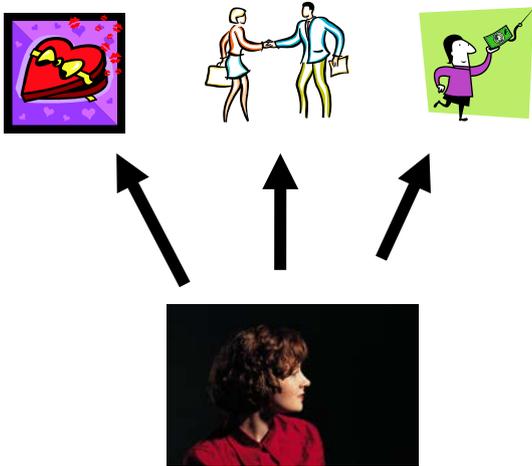


Fig.2 Creative thought

possibilities for his purpose. However, at this point, this impulse from the outside world causes a mental change in her mind. Then the lady is at the stage of perception thought. Next, the lady must begin to think the reason why the man gave her the bunch of flowers (Fig.2). From her previous experiences in the past, she would search for the correct answer. The man may want to attract her attention, because of his love to her. Or he may want to establish a friendship with her. Or he may want to deal with her from the completely business viewpoints. At any rate, she would try to mention many possibilities from her memory stocks, searching for the correct

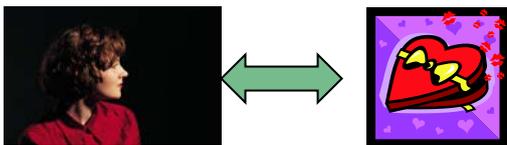


Fig.3 Inventive thought

answer. That is the second stage of the creative thinking, creative thought. Then she would reach the stage when she could select the right answer. It is called inventive thought. At this stage, she would fix the reasoning for the outer impulse. "Oh, the guy must love me very much!" She may think so at this stage (Fig.3). After she could give the external impulse a reason, she would deepen the creative thought from different angles in different ways (Fig.4). Concretely speaking, she would compare, classify and evaluate things related to the creative thought at this stage. For the purpose, an important skill, CRITICAL THINKING is required. This cognitive stage

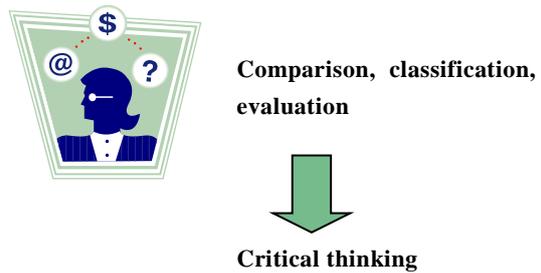


Fig.4 Metacongitive thought

is called metacognitive thought. And finally, the stage where she could express her own ideas for the outside world appears. (Fig.5) At last, all of these five steps worked each other consecutively to complete the emergence of creative thinking. From the viewpoint of creative education, any of all these five steps should be enhanced in various ways.

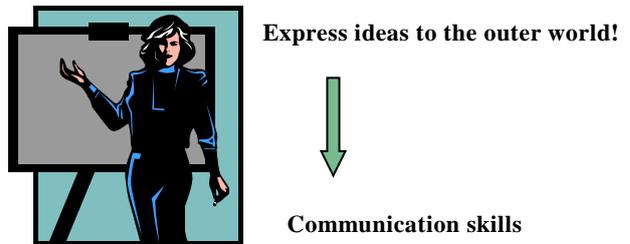


Fig.5 Performance thought

3. MYSTERY AND IT'S APPLICATION TO PROBLEM SOLVING SKILL

To enhance the creative thinking among youngsters, we made a text book both in English and Japanese. The English book title is "DEVELOP CRITICAL THINKING SKILLS, SOLVE A MYSTERY, LEARN SCIENCE", while the Japanese book's title is "Mystery wo toite Kagaku wo manabou! – critical thinking no nouryoku koujo wo mezashite – " Both versions will be published in the near future for youngsters in USA and Japan. In the light of that, the project will be international. In this book, readers will have two mysteries. The mindset to

solve mysteries is very similar to that for problem solving in science and engineering disciplines. Therefore, we applied the mystery solving to creative education. The plots for the two mysteries are as follows.

1. The first mystery: A young and cute female student in an US university had a part time job for mail delivery during her summer vacation in her hometown. One day, she bumped into the scene of a murder during her mail delivery, then she was kidnapped for silence.
2. The second mystery: A young beautiful lady, Ann Philips landed a teacher's position in a high school. However, she had to have perseverance for many duties, weird colleagues, unteachable students, uncomprehending boss etc. One day, she disappeared suddenly.

In the first mystery, readers will be recommended to stop at the point where the police began to search on full scale. They will be highly recommended to try some exercises following the first mystery. The exercises were set up in a strategically educational way called Bloom's taxonomy, as shown in Fig.6⁽⁵⁾.

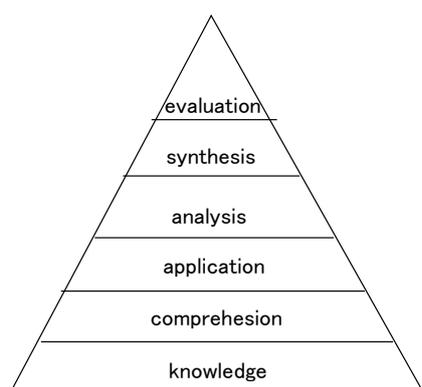


Fig.6 Bloom's taxonomy

The reader can tackle the problems at the lower level such as knowledge stage at first. For example, they will be asked to mention personalities in the story. However, the questions at higher level (comprehension, evaluation etc.), will require readers the psychological characterization shown behind lines and the development of the story in the future. The exercises have the other interesting aspects from the viewpoint of creative education. The first one is that the exercises were made to promote scientific thinking – observing, classifying, using numbers, measuring, inferring, predicting and interpreting data. And another aspect is that scientific technical terms appeared in the story developed the related scientific exercises. For example, the physical aspects for the people appearing the story will be developed as the quizzes about one of the biology, genetics.

For the second mystery, we didn't prepare any concrete exercises after the story such as a first one. However, we authors expect that readers will make their own similar exercises according to Bloom's taxonomy. That may be for their self-instruction, when the readers are students. Or that may be another creative education exercises for students, when the readers are teachers. At any rate, the second mystery can be used in such a way. However, this story will be used for another purpose, since it will provide readers tips for hands-on experiments. As examples, we can mention some creative projects here. Production of new periodic table where students should make their own tables according to their own regularity, experiments for elongation where students can enjoy the elongation characteristics for daily commodities.

When readers will enjoy the stories and tackle those activities, they will be expected to increase their critical thinking capabilities, a key skill at the stage of metacognitive thought mentioned in the previous section. At this point, we can't evaluate correctly how this book will work well for creative education. However, the topic should be our important future subject. Since this project is international, we will be able to evaluate the merit and demerit both in Japan and in USA correctly in the near future.

4. CONCLUSIONS

In this paper, we introduced our educational adventure, where mysteries would be applied to creative education. The mindset to solve mysteries is originally very similar to those for scientist and engineers. We focused on the characteristics and produced text books for creative education both in Japan and USA. At this moment, we can't evaluate how this book will work well for youngsters in both countries. However, this future topic will be dealt with by us in the near future and we believe these books will enhance critical thinking skill which is the key factor for creative thinking.

REFERENCES

- (1) Dana M. Barry: "Creative Education" Proceeding of the seminar in Suzuka National College of Technology, November 2005
- (2) Hideyuki Kanematsu & Dana M. Barry: "Science Fair in Japan – Science Fair For Creative Education – ", Materia Japan, No.5, vol.45, p.380-p.384 (2006)
- (3) S.J.Tepper: "The Creative Campus: Who's No.1", The Chronicle of Higher Education, June 1, 2006
- (4) E.S.Ebert: "The Cognitive Spiral: Creative Thinking and Cognitive Processing", The Journal of Creative Behavior, vol.28, p.275(1994)

- (5) B.S.Bloom:: Taxonomy of Educational Objectives, Handbook 1, The Cognitive Domain. New York: David McKay Co. Inc., (1956)

編 集

図書館主事	西岡 將美 (一般科目)
紀要発行部会長	埜 克己 (機械工学科)
紀要発行部会員	川本 正治 (一般科目)
〃	日下 隆司 (一般科目)
〃	西村 一寛 (電気電子工学科)
〃	伊藤八十四 (電子情報工学科)
〃	中山 浩伸 (生物応用化学科)
〃	岡部 純一 (材料工学科)

Chief Editor

Masami NISHIOKA General Education (Japanese Language)

Editors

Katsumi TAO	Dept. of Mechanical Engineering
Masaharu KAWAMOTO	General Education (Mathematics)
Takashi KUSAKA	General Education (Foreign Language)
Kazuhiro NISHIMURA	Dept. of Electrical and Electronic Engineering
Yasoshi ITO	Dept. of Electronic and Information Engineering
Hironobu NAKAYAMA	Dept. of Chemistry and Biochemistry
Junichi OKABE	Dept. of Materials Science and Engineering

査 読 者 所 属 機 関

八戸工業高等専門学校	舞鶴工業高等専門学校
津山工業高等専門学校	呉工業高等専門学校
阿南工業高等専門学校	東京工業高等専門学校
久留米工業高等専門学校	豊田工業高等専門学校
佐世保工業高等専門学校	

鈴鹿工業高等専門学校紀要 第40巻

MEMOIRS of Suzuka National College of Technology
Vol. 40

発 行 平成19年2月28日
発行者 鈴鹿工業高等専門学校
三重県鈴鹿市白子町
〒510-0294
TEL 059-386-1031
FAX 059-387-0338

Published February 28, 2007
by Suzuka National College of Technology
Shiroko, Suzuka, Mie 510-0294, Japan

印 刷 西濃印刷 (株)
ISSN-0286-5483

MEMOIRS of Suzuka National College of Technology

Vol. 40

2007

S u z u k a