

ISSN 0286-3391

茨城工業高等専門学校
研 究 彙 報

第 43 号

平成 20 年 3 月

RESEARCH REPORTS
OF
IBARAKI NATIONAL
COLLEGE OF TECHNOLOGY

NO. 43
MARCH 2008

茨城工業高等専門学校

茨城工業高等専門学校研究彙報 第43号

目 次

- 1 創造性の育成を狙った授業形態の導入事例「国際経済論」
..... 三好 章一・川崎 健史・國井 嘉仁・小松崎 優・斉藤 千弘・田山 宗徳 (1)
- 2 A Prospect of Globalized World Economy and the Subject of Engineering Education in East Asia.
..... 箱山 健一 (9)
- 3 高等専門学校生の時制と相の理解に関する一考察 ... 杉浦 理恵 (13)
- 4 原子炉の寿命を考慮した原子力発電の設備容量の将来予測と原子炉建て替えの試案
..... 松沢 孝男・奥山 慶洋・富永 学・関根 恵・会澤 雄基・大沼 侑司・松田 理絵・斎藤 史靖 (23)
- 5 宇宙線の測定を目指した富士山登山
..... 松沢 孝男・大沼 侑司・会澤 雄基・阿久津 達也・森脇 滉・中島 宏昌・飯嶋 竜司・箕輪 栞
関根 恵・保田 浩志 (35)
- 6 身のまわりの色素を使って色素増感型太陽電池作る試み
... 松沢 孝男・後藤 はるな・宮野 遥・後藤 沙由里・目時 彩加・箕輪 栞・松本 恭平・浅野 健・関根 恵 (47)
- 7 スペクトル確率有限体積法の提案とその基礎的考察 中川 英則 (59)
- 8 コッホ型伝熱素子の熱伝達現象に関する研究 根本 栄治・岡田 真 (63)
- 9 打撃めがねレンチの損傷解析 押久保 武・谷山 久法・柴田 裕一・川崎 政昭 (71)
- 10 高専におけるマルチメディアモバイル端末を活用した学習支援の試み
..... 布施 雅彦・瀧 瑤子・三浦 靖一郎・西山 公紀・鈴木 三男・根本 信行・小澤 哲 (77)
- 11 地域連携による夏井川流域における白鳥観察の為の事前学習マルチメディア教材の制作
..... 布施 雅彦・長尾 嘉代子・花園 麻莉子 (85)
- 12 トーナメント表作成支援ソフトの開発(2) 佐藤 稔・小室 博 (93)
- 13 『人間失格』における モチリアニ の意味 平澤 順治 (106)
- 14 荻生徂徠の個性の問題について 瀬尾 邦雄 (112)
- 15 文部科学省科学研究費補助金(平成19年度) (113)
- 16 外部資金受入による共同研究・受託研究(平成18年度) (114)
- 17 教員事績(平成18年10月~平成19年9月) (115)
- 18 専攻科特別研究題目一覧表(平成18年度) (132)
- 19 卒業研究題目一覧表(平成18年度) (133)

創造性の育成を狙った授業形態の導入事例「国際経済論」

三好章一, 川崎健史*, 國井嘉仁*, 小松崎優*, 斉藤千弘*, 田山宗徳*

2nd Report on an Actual Example for a New Teaching Method for Enhancing the Creative Skill

Shoichi MIYOSHI, Takeshi KAWASAKI*, Yoshihito KUNII*, Suguru KOMATSUZAKI*
Kazuhiro SAITO*, and Munenori TAYAMA*

Abstract: This paper is to introduce an actual example for a new teaching method which was done for 5th grade students class for the subject of World Economy. In this subject, the program for forecasting on future the exchange rate USD/J-Yen developed by The Nikkei Shinbun was introduced in this class by our college of technology .

1 はじめに

筆者は、担当する人文社会系選択授業である本科 5 年生対象の「国際経済論」に日本経済新聞社主催の「全国学生対抗円ダービー」を導入した。その結果、本校として 2004 年度（箱山健一准教授指導チームが初受賞）に続き今年度学校として 2 回目のユニーク賞を受賞した。受賞したのは、予想の立て方に工夫がみられたチームに贈られる優秀賞で全国 441 チームから 2 チームに選ばれた快挙である。本校は、技術者養成高等教育機関であるが、経済系の大学などと競って、受賞したことは論理的思考能力が優れていることを裏付けた好例である。本稿では、受賞したチームの学生が、いかに為替を予想したのか、その過程を紹介し、結果として本授業が、「創造性の育成」を狙った効果が現われた事例としてここに考察する。

2 日本経済新聞社主催「全国学生対抗円ダービー」

参加資格は、中学、高校、専門学校、高専、専修、短大、大学の学生であり、同じ学校に所属する 5 人以上で 1 つのチームを作り、担当教員の指導の下で参加する。ルールは、5,6 月末の東京外国為替の円相場（対米ドル）を予想し、5,6 月末、2 回の予想値と実際の円相場との差が最も小さかったチームを優勝とする。予測の仕方に工夫が見られたチームに対し、上位入賞とは別に「ユニーク賞」が授与される。

3 「ユニーク賞」受賞チームの学生レポート紹介

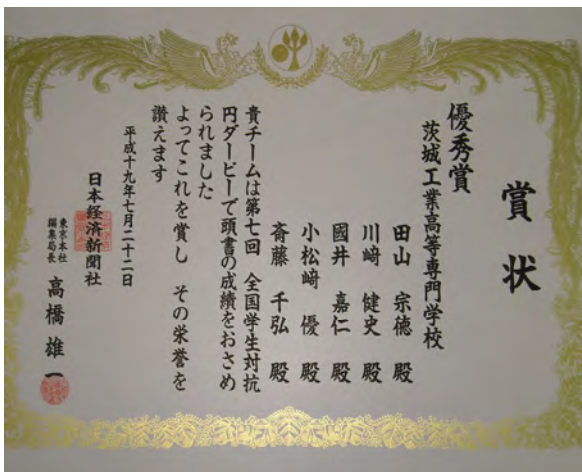
以下に、受賞チームの学生レポートを示す。

3-1 テーマとその選定理由

私たちは最近話題となっていることの中からテーマを決めることになった。そこで、当時ニュースなどでよく耳にしていた金属の盗難について着目した。その背景には中国の急激な経済成長や、北京オリンピックに向けて会場の設営などによる金属の需要の増加があり、加えてインド、ブラジルなどの新興工業国でも金属の需要が増加しており、金属が世界的に品薄になり価格が高騰したことが原因と考えられた。この金属価格の高騰が外国為替などにも何かしら影響していると考え、私たちはテーマを“金属価格と為替”に決定した。

3-2 予想方法

チームのメンバー 5 人がそれぞれ 5 種類の金属価格の推移と東京外国為替市場の推移とを比較・検討しそれぞれ 5 月末の終値を予想し、その平均値をグループとしての予想とした。



日本経済新聞社よりのユニーク賞(優秀賞)の賞状

*茨城工業高等専門学校電子制御工学科 5 年生

以下にその5種類の金属を示す。

①銅 ②鉛 ③ニッケル ④アルミニウム ⑤鉄

これらの金属はよく使われている鉄やアルミなどに加え、インターネットなどで金属の価格の推移がわかるものから選択した。また、5月末の結果ではどの金属も予想通り変化したもの無く、はっきりとした関係は見出せなかった。従って何か一つの金属を軸にして考えたりする形は取らず、6月末の予想も5つの金属の予想の平均をグループの予想とした。

3-3 予想結果

提出時は5月末と6月末の予想を別々に提出したが、今回は金属ごとに2回分の予想を併記する形をとる。また、前記①～④の金属価格と在庫については、LME（London Metal Exchange）を参考にした。

3-3.1 銅による予想

図1に示したように、銅価格と為替は両方とも右肩上がりになっており、銅の価格は上がり、為替は円安になっている。ここで、図2に示した銅の在庫に注目すると、在庫量はどんどん減少している。銅の価格は在庫不足から高騰しているのがわかり、5月末までに急激に在庫が増え高騰が落ち着くとは考えにくく、今後も価格の高騰は続くと考えられる。これを図1で考えると、銅価格はグラフ上で右肩上がりの変化をしていくと考えられ、為替もこの影響を受け右肩上がり、つまり円安になっていくと考えられる。そこで、ここ2ヶ月の変化を参考に直線に近似し、予想を立てたものを図3に示す。これから、5月末には121円25銭になると予想した。

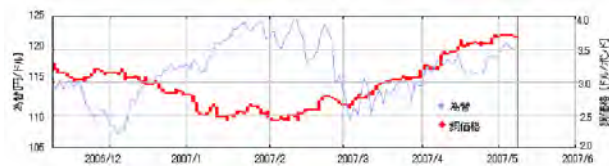


図1. 銅価格と為替(5月まで)

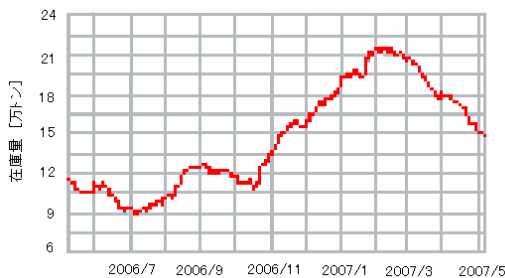


図2. 銅の在庫量(5月まで)

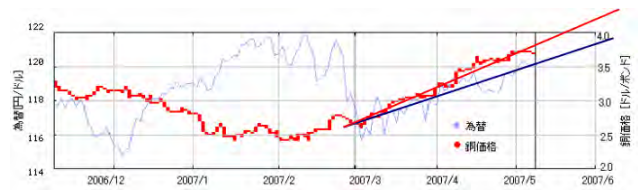


図3. 銅価格による5月末の為替の予想

5月末の結果は121円61銭となり、個人の予想としては近い値となった。だが、図5に示したように銅の在庫は減り続けていたが、価格の上昇はせず、むしろ下落していた。しかし、為替はどんどん円安に向かっていき、“銅価格が上昇し、円安になる。”という予想ははずれてしまった。銅の在庫は相変わらず少ないので、これから価格が大きく下落するとは考えにくく、これからしばらくは安定していくと考えられる。そこで、為替も多少円高になるが安定する、と予想したいが、前回の反省も踏まえ、それより少し円安と考える。

これらの理由から、最終的には為替はこれから少し円安になると考え予想したものを図6に示す。これから、6月末には122円20銭になると予想した。



図4. 銅価格と為替(6月まで)

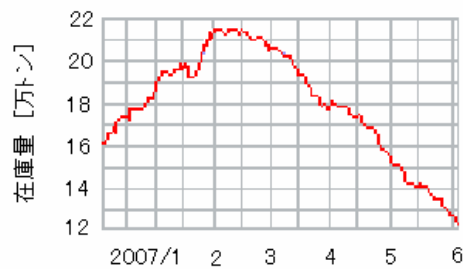


図5. 銅の在庫量(6月まで)

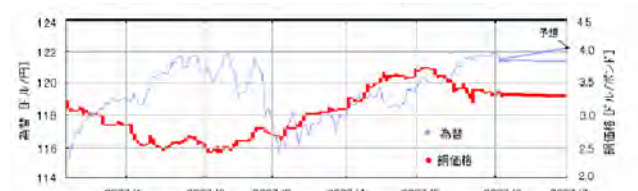


図6. 銅価格による6月末の為替の予想

しかし、6月末の結果は123円47銭となり、予想よりかなり円安になってしまった。

3-3.2 鉛による予想

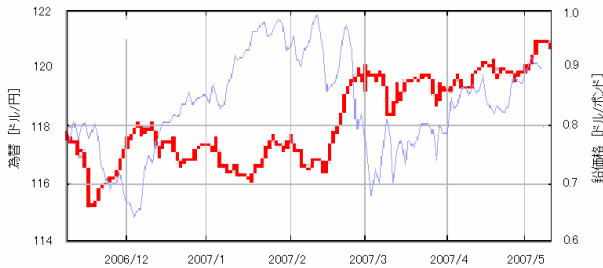


図 7. 為替と鉛価格 1

図 7 は 5 月までの為替価格と鉛価格のグラフを重ね合わせたもので、太線が為替、細線が鉛の価格を示している。注目した点は徐々に曲線の形が似ていることである。



図 8. 為替と鉛価格 2

図 8 は、6 月までの両者の価格を示している。為替の価格を予想するために近似直線を上記の図のように描いて傾きを求め為替価格を予想した。5 月に予想したときは 120 円 15 銭、6 月に予想したときは 123 円 24 銭 と予想した。在庫の有無などは考慮しなかった。鉛を選んだ要因はやはり曲線の形が似てきていたという点である。予想方法を変えなかったのはそこにある。純粹に為替がこのペースであがっていくと考えて 6 月の為替価格の予想を出した。

3-3.3 ニッケルによる予想

図 9 は 2006 年 11 月 8 日から 2007 年 5 月 8 日までの 6 ヶ月間の LME のニッケルの在庫量の推移のグラフである。図 10 は図 9 と同様の期間の LME のニッケルの価格と為替の推移のグラフである。(太線がニッケルの価格、細線が為替である。) 図 9 を見ると 6 ヶ月前から大量に消費されており、それにより図 10 の太線のようにニッケル価格が上昇している。また、2007 年 2 月以降から在庫量の推移が安定してきているので、これから急激に増加したり減少したりするとは考えにくい。そのため、5 月中旬ぐらいまで減りつづけ、5 月末に多少増えるのではないかと予想される。

そのことを考えると図 10 のニッケルの価格の極太線の

ように価格変動すると思われる。また、急激な変化が起こらないとするとニッケルの価格変動は為替による変動によるものが大きいと思われるのでニッケルの価格変動と為替の変動は同じような形で変動するであろう。

これらによって、5 月末の円とドルの為替相場は 119 円 90 銭から 120 円位になると思われ、平均をとって 119 円 95 銭 位になると予想される。



図 9. ニッケルの在庫量の推移のグラフ



図 10. ニッケルの価格と為替の推移のグラフ

図 11 は 2006 年 12 月 5 日から 2007 年 6 月 5 日までの 6 ヶ月間の LME のニッケルの在庫量の推移のグラフである。図 12 は図 9 と同様の期間の LME のニッケルの価格と為替の推移のグラフである。(太線がニッケルの価格、細線が為替である。) 5 月末の予想では、実際の為替と近似した値にはならなかったため少し予想方法を変えてみた。

ニッケルの在庫量をみると、2006 年 12 月よりも増加、またニッケルの価格が下落しないと思われるので 2007 年 6 月末の為替は 2007 年 1 月半ば前後と同じ位になると思われる。よって、120 円から 121 円 90 銭の間ぐらいになると思われる。これの平均をとって 121 円 45 銭ぐらいと予想できる。

また、前回と同じ方法で推測するとおそらくニッケルの在庫は減り続けると思われ、それにより、価格が上昇するので円安になるであろう。よって、122 円台であると予想できる。

上記の 2 つの予想より 2007 年 6 月末の円とドルの為替相場は 121 円 80 銭 位になると予想される。



図 11. ニッケルの在庫量の推移のグラフ



図 14. アルミの在庫量

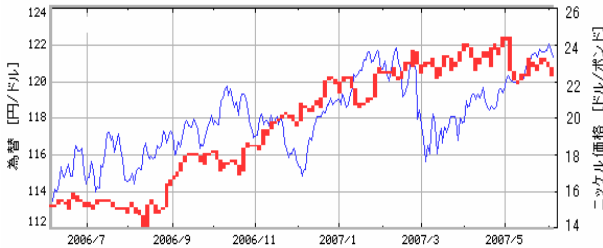


図 12. ニッケルの価格と為替の推移のグラフ

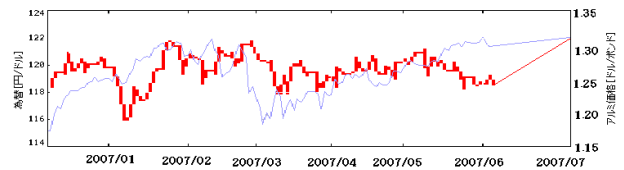


図 15. 為替とアルミ価格

3-3.4 アルミニウムによる予想

図 13 に示すように、最近のアルミニウムの価格は安定している。それに対して、為替はあまり変動しておらず安定している。このことから、それ程為替にアルミニウムの価格は影響しないと仮定した。また、図 14 に示すようにアルミニウムの在庫状況は今年の 1 月から大幅に増えたが、価格には反映されていないので今回の 5 月末の予想と在庫の関係は薄いものと考えられる。

以上のことから為替も大幅な変動はなく、このまま、順調に円安になっていくと考え、円安になり始めた 3 月からの 5 月までの近似直線を描き、今回の 5 月末の予想は 120 円 90 銭 とした。図 15 に示すように、5 月中にアルミニウム価格は下落していった。しかし在庫は大きな変動はなく安定していた。また為替のほうは、円安が続いており、これからもまだ円安は続くと考えられる。

以上のことから、前回の結果も踏まえると円安傾向になると思われる。そこで今回の予想は、前回と同じような近似直線を描き、122 円 10 銭 とした。

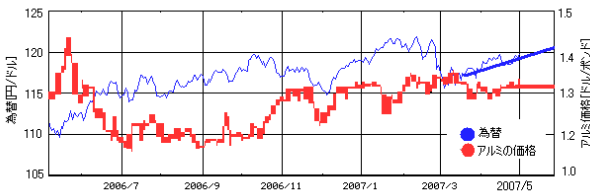


図 13. 為替とアルミ価格

3-3.5 鉄による予想

今回、為替と鉄の価格変動の関係を調べるに当たって、注目したのは、鉄スクラップの価格である。鉄スクラップとは建物や船舶、自動車、機械など使用済みの鉄鋼製品から発生するものであるが、国内での再利用だけでなく、輸出までされている。そして現在、日本の鉄スクラップ輸出量は年間 600 万トンを超え、国内の鉄スクラップ市況は国際市況に大きく影響を与え世界経済に何らかの影響を与えていると考えられる。

次に、図 16 に 2007 年 1 月～5 月始めまでの鉄スクラップと為替の価格変動の比較を示す。図 16 より、グラフの形状が似通っている部分が見つかることができる。そのことから、鉄スクラップは為替に影響を与えていると考えられる。また、5 月初めのゴールデンウィーク前後に、鉄スクラップの価格に上昇傾向が見られる。

このことから、鉄スクラップの価格変動の傾きをそのまま為替に反映させれば予想できるのではないかと考えた。その考えのもと、鉄スクラップは 5 月末まで、安定して価格が上昇すると仮定して、鉄スクラップの平均価格のグラフの傾きを為替のグラフに平行移動させると、118 円 94 銭 と予想できる。

しかし、結果は予想を大きくはずれてた。原因は、鉄スクラップの価格のグラフに、変化の大きい日足のグラフを使ったためだと思われる。よって、6 月末の予想には、全体の動きがよくわかる、週足のグラフを使う。

図 17 に示すのは、2006 年 7 月～2007 年 5 月末までの鉄スクラップと為替の価格変動の比較であるが、鉄スクラップの価格のこれからの動きが読みにくい。そこで、2007 年 3 月ごろに注目してみると、5 月末と同じような価格からグラフが下降していることがわかる。そのことから、5 月末からも同じように下降すると仮定し、5 月末現在の傾きから少し下に傾けた動きと予想する。あとは、前回と同様に鉄スクラップの平均価格のグラフの傾きを為替のグラフに

平行移動させると、120円98銭と予想できる。

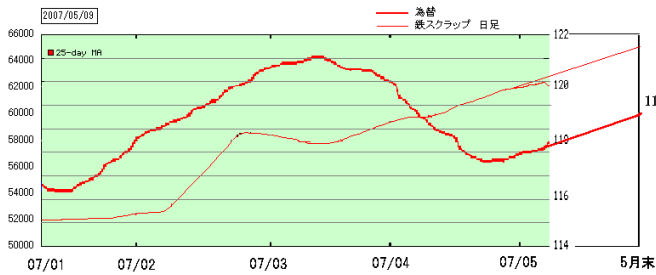


図 16 鉄スクラップと為替の価格変動の比較 1

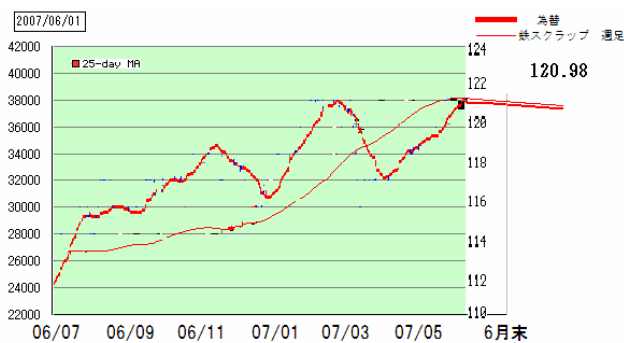


図 17 鉄スクラップと為替の価格変動の比較 2

3.4 グループとしての予想

以上 5 つの金属による予想とその平均を表 1 に示す。

表 1. 予想結果

予想に用いた金属	5 月末予想値	6 月末予想値
銅	121 円 61 銭	122 円 20 銭
鉛	120 円 15 銭	123 円 24 銭
ニッケル	119 円 95 銭	121 円 80 銭
アルミニウム	120 円 90 銭	122 円 10 銭
鉄	118 円 94 銭	120 円 98 銭
平均	120 円 24 銭	122 円 06 銭

3.5 結果

表 2. 円ダービーの結果

	予想値	結果	かい離	順位
5 月末	120 円 24 銭	121 円 61 銭	1 円 37 銭	123 位
6 月末	122 円 06 銭	123 円 47 銭	1 円 41 銭	125 位
総合			2 円 78 銭	89 位

3.6 考察

今回、ユニーク賞を受賞できたことには驚いたが、大変光栄に思う。この授業では自分たちで調べたりする時間が多

く、あまり詳しくなかった為替のことも自分たちで調べていくことで少しずつ理解でき、普段から為替が今いくらかなど、為替への関心が今まで以上に強まったのではないかなと思う。

やはり為替というものはとても難しく、さまざまな要素が関わりあって変化するもので、簡単に予想できるものには無いということも痛感した。

また、予想方法に関しては改善の余地も多く、単純にグラフの形からのみの比較になってしまっていたことや、LMEの金属価格のグラフはドルでの表記だった点など、思い返してみると反省すべき点はいくつもがあるが、一つ一つ改善していけばより正確な予想ができたかもしれない。

今回この授業を通して調べた内容はもちろん、調べるという過程、そしてチームワークなど将来役に立つことをたくさん学んだので、日経円ダービーを企画している日本経済新聞社ならびに、この授業を指導してくださった三好先生に、この場を借りてグループ一同お礼を申し上げます。

3.7 参考文献

- YAHOO! JAPAN ファイナンス
- <http://quote.yahoo.co.jp>
- アルミニウム価格リアルタイムチャート <http://aluminum-market.seesaa.net/>
- 銅価格リアルタイムチャート <http://copper-chart.seesaa.net/>
- ニッケル価格リアルタイムチャート <http://nickel-chart.seesaa.net/>
- 鉛価格リアルタイムチャート <http://lead-chart.seesaa.net/>
- 中部大阪商品取引所 <http://www.c-com.or.jp/public-html/>

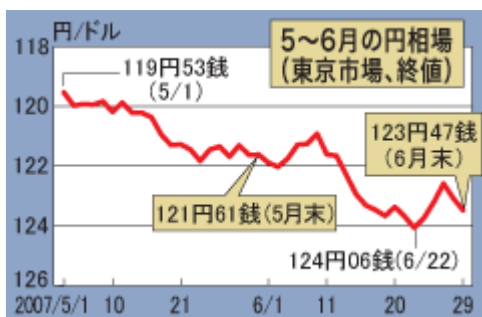
4 日経新聞社の最終予想結果の講評

以下に平成19年7月22日日本経済新聞社朝刊記事を引用する。

今回は全国の中学から大学まで85校、441チームが参加。5月末と6月末の2回の円ドル相場予想で、予想と実際の値の差（かい離幅）を2回分合計した値が小さいほど上位になる。参加者の平均かい離幅は4円43銭だった。

（中略）

ユニーク賞は東北学院大と茨城高専の2チーム



予想方法を工夫したチームに贈る「ユニーク賞」は東北学院大学の今野真吾さん、茨城工業高等専門学校の田山宗徳さん

の2チームに決まった。選考では三菱総合研究所の後藤康雄主席研究員、慶応義塾大学の藤田康範准教授の意見を聞いた。後藤氏は応募者全体の印象として「高齢者や団塊世代の消費、投資行動に着目した予想が多かった」と指摘。藤田准教授は「様々な事象と為替相場の変動を関連づけようとするのはいいが、何でもかんでも為替相場に結びつけ、論理に無理があるものもあった」と述べた。田山さんのチームは世界的な金属需要の高まりによる金属価格の高騰に注目した。為替相場にも影響を与えていると考え、銅、鉛、ニッケル、アルミ、鉄の5つの相場と円ドル相場の関係をそれぞれ過去からさかのぼって分析。そこから導き出した5つの予想値を平均してチームの予想とした。後藤氏は「それぞれの相場の値動きと、為替相場の値動きがきちんと結びつけられていた」と評価した。（後略）

5 本授業の考察

5.1 「円ダービー」を授業に導入した背景

一般に高専や大学の高等教育機関のカリキュラムは、理系の学生に社会系の科目を選択で履修させている。選択した学生は卒業のための単位取得を目的に受講しているのが大半であろう。筆者が担当した本校の「国際経済論」はじめ他の人文社会系選択科目も同様の傾向は否めない。

そこで筆者は、教員の一方通行の講義形式をやめ、学生が主体性を持ち授業に参加するやり方にした。特に「国際経済論」という科目名から、学生の難解で取っ付

きにくいとの印象を取り去り、興味を持ち前向きに授業に臨めるように、身近な話題に着目することを考えた。

それは、世界経済においては、キーワードとして「為替」が適切ではないかと考えた。つまりリアルタイムでテレビや新聞で毎日取り上げられる誰もが知っているテーマである。「為替が理解できれば世の中がわかる」といわれるほどそのメカニズムは、複雑であり、理解するには高度な情報収集力が要求される。

この観点から、日本経済新聞社が毎年実施している「為替」に関する学習プログラム「円ダービー」を授業に取り入れるのが適切だと考え平成15年度から導入した。

5.2 授業形態の紹介

筆者が担当した今年度のクラスは、5年電子制御工学科及び機械システム工学科の28名の学生であり、1チーム5名を目安に6チームのグループに分けた。

毎週の授業の進め方は、チーム毎に討議させ身近なテーマを選び、為替との関連性を調査し翌週チーム毎にパワーポイントで調査内容を発表をさせクラスで質疑応答させた。

ちなみに、6チームの各テーマは下記の通り

- 炭酸ガス削減活動による為替への影響
- 金属価格と為替
- 原油価格の変動から為替の予測
- MLB松坂投手の活躍と為替
- メディア産業と為替
- 団塊の世代と為替

受講学生は、為替に関して円相場やドル高円安といった言葉は、耳にしたことがあるが、その知識や仕組みについて理解しおらず、手探りで取り組み始めた。

チームを組ませたのは、白紙から出発してどのようにして調べれば良いか、仲間と議論すると他人の意外な意見が出て前進していくことに気がつく。

パソコンや図書館で調べた結果を毎週クラスで発表させたが、学生は難解な経済用語を理解せぬまま使っている。筆者よりあえて単純で素朴な質問を毎回投げかけ、わかりやすく説明するように求めると立ち止まってしまふ。これらは、次回までに宿題として各チームに調べて発表させることを課した。

その結果、学生もどのように調べればよいか、具体的な事例を引用して説明する工夫したりしながら理解力を高めつていった。この過程で自ら理解していないと第三者に教えたり説明したりすることも困難であることを自覚する。教員としてすべてを教えるのではなくヒントを与えてやれば学生は柔軟な頭脳を使い理解を深めて自発的に進めていく。つまりなぜかと常に疑問を持たせ自分たちで考えさせることが重要である。

受賞したチームの例では、5種類の金属について日本では手に入るのかどうか、さもなければ外国のどの国で生産しているのか、どの国から輸入しているのか、地図上のどの辺に国が位置しているか、など様々な基礎知識

が求められることを学生は痛感したと思う。

「為替」の基礎がわかり出した頃に、具体的な例として「円安ドル高」、「円高ドル安」になれば、トヨタ自動車、ソニーなど著名な企業は、業績にプラスになるのかマイナスになるのか、その理由を根拠と共に説明を求めたりした。

このような質疑応答を毎週授業中に繰り返し6チームがそれぞれに行い、教員はヒントを与える程度にとどめ最後まで学生に自ら考える努力をさせた。

その結果、授業開始前と後では、学生の「為替」に対する関心と興味の持ち方が見違えるように変化した。現に日常生活において何気なく聞き過ごしていた新聞やテレビの経済面に一歩目を止めたりするなど、学生に顕著な変化が出てきた。

5.3 成果

上記の通りこの授業を進めた結果、「金属価格と為替」をテーマに取り組んだ田山チームが、短期間ながらも対外的に認められる優秀な成果を出した。他の5チームも個性を出してユニークな予想をしてくれ受賞には至らなかったが、皆、意欲的に自発的に他チームと張りあって取り組んでいた。当初より学生に常に疑問を持たせ考えさせる工夫をした結果であると思う。学生が自ら試行錯誤しながらも考えざるを得ない環境に意図的に持っていった結果である。つまり創造力が少なからず働いたと考える。具体的には、下記の4点の環境作りがプラスに働いたと考える。

- 1 視野を広げ、好奇心と興味・関心を抱く、動機付けを学生に図ること
- 2 学生が主体性を持って授業に参加すること
- 3 学生が自由に発想し意見を述べられる雰囲気作りをすること
- 4 教師が学生に自ら考えさせる工夫をすること

結果的に「国際経済論」の授業に円ダービーを導入したことが功を奏し、その課題に対して白紙から取り組みその問題解決手段を発見しつつ、学生の独創性が発揮されたと考える。教員としては、学生の潜在能力を引き出すのに成功したと考える一方で、学生は、「疑う」「考える」「実行する」などを通じて正しい意見が1つでなく、自分と違う考え方の人がいることを学んだと思う。

6 おわりに

筆者は、平成15年度茨城高専研究彙報において「創造性を育成する新しい授業形態—夏季集中講義「産業社会学」についての実践事例—を紹介した。今回の「国際経済論」と共通することは、学生主体の授業の効果であり、教員主導の受身の授業だけでは限界があると考えられる。つまり自ら学生が新しい課題を発見し、知識を活用して問題を解決していくことの訓練が必要であると考えられる。与えられた問題を

解くだけではなくて、新しい問題、発想を見出しその核心をとらえて解答を得ることが大切である。

一方で創造性を高める為には、自分の専門分野以外のあらゆる分野に野次馬根性的な好奇心を持ち視野を広げることが大いに役に立つと思う。これに関連して、ノーベル賞を受賞した江崎玲於奈博士が、10月に立命館大学が主催した「フォーラム21世紀の創造」と題した講演で下記のように述べられている。

—自分の殻に閉じこもらず、いろいろな人に会って自分を知ることが大切で、電話を発明したベルは、「時には踏みならされた道を離れ、森に入りなさい。あなたは、見たことをないものを見出すであろう」と言っている—

筆者は、高専生の潜在力を引き出して、創造性豊かな人材を育成すべく教育現場で更なる努力し指導していきたい。最後に本稿を執筆するにあたり「国際経済論」を受講した学生諸君に感謝の意を表したい。

以上

参考文献

- 1 三好章一:「創造性の育成を狙った新しい授業形態の導入事例とその考察」
茨城工業高等専門学校研究彙報第39号(2004)
- 2 三好章一:「創造性を育成する授業形態の実践事例」
(社)日本工学教育協会平成19年度工学・工業教育研究講演会口頭発表論文(2007)

A Prospect of Globalized World Economy and the Subject of Engineering Education in East Asia

Kenichi HAKOYAMA

Abstract: Original was written for the JTCEI2006. This paper is somehow modified. Since the end of the Cold War, the global standard has become to gain a force as norm. On the other hand, original domestic standards which don't conform themselves to global standard have been eliminated. The relation of international separation of product has become so complex that inter-regional communal economies (ex. EU, NAFTA) have grown up, which make the role and mean of nation states more relative. College of technology in Japan has potential capabilities between university and high school to make some unique contributions for such globalized East Asia.

1. The Globalization and East Asia

1-1 The Globalization

In the age of the Cold War, the greatest two powers, USA and USSR, confronted each other over various phases. But many countries could fortunately keep their own standards in the gap between the two greatest standards. Japan has gotten a chance of the great economic recovery 1950's-1973 upon its own style: for example, Lifetime employment, system of promoting system (Nenko), and Union inside corporation.

The Japanese famous manufacturing corporations made their goods from the materials and components, which were made by the affiliated domestic companies. The Japanese ways and rules of business were therefore made up into the domestic original style. South Korea and China Republic have also started their industrial growth upon their own style. These East Asian economies have greatly affected by USA, but they have never become something economic sub-states of USA.

After the end of the Cold War, the only survivor of the Cold War, USA, gets the force compelling the other nations into the submission to his standard. The global standard has the following three main characters:

At first, a global standard has never been a neutral scheme, but mainly American or Western style standard. The global leading companies and associations who made each global standard are, unfortunately for us the eastern nations, mainly the western. And the global standards have been made up based on their own native styles. The western nations, especially USA, must be not so much pains to introduce the global standard, because the global standard in itself has some affinity with their traditional style at many cases. On the other hand, the eastern nations must give up or must change their own traditional style for introduction of the global standard. It gives, of course, many pains.

The second, a global standard has never been an

alternative way but almost absolutely one. The traditional standards that a certain country has independently provided are now compelled to change their style subject to the global standard. The materials and components following up the global standard have been attributed global interchangeability. Many factories all over the world following the common standard can enter into not only the domestic market, but also the global market. Manufacturing companies can easily purchase materials and components more reasonable from the global market. The materials and components followed the global standard are often better in quality. Because, they are made upon the global competition and are often made in huge scale at the newest plant. It is, therefore, not only illogical but also dangerous for the management of the almost companies to fuss over their domestic only customs. For example, almost the Asian companies had kept the safety and environment according to their own traditional rules and styles. But the performance and effort according to their style is now important by itself. They are requested to acquired ISO9001, ISO14001. JABEE for engineering education is a Japanese measure devised to deal with such globalization. It has become more difficult for the companies without such global standards to get their order, not only from the international market but also from their domestic and local market.

The third, goods can be traded internationally and capital and money can move more globally. But manpower can never move so broad. Training and education system of technology is usually specified for the manpower needs of each region. It is an aspect of the historical industrial accumulation that creates the manpower needs of each region. The globalization causes, therefore, each neighbor nation states to cement together their international but regional economic relation. The relation of international product separation between neighbor nation states grows up more and more. The capital and money trading between neighbor nation states also grows up. This is an

inter-regional movement, which makes the role and mean of the nation states more relative in another way.

1-2 The foundation of inter-regional common economy

EU is the most famous scheme of such an inter-regional communal economy. Any nation state affiliated with EU is smaller than Japan in population, economic scale, and almost in area size. But EU is larger than any other alone nation state, even than USA (See Table 1.). As a countermeasure against EU, USA now goes to attach weight to NAFTA. As a result of re-construction of the international separation of product inside NAFTA, many domestic factories of USA moves to less wage other regions inside NAFTA, especially to Mexico. For example, GE closed its domestic factories, and moved its foothold of product to Mexico. Such a movement means the decline of domestic manufacturing industry of nation state USA, but also it strengthens the global power of the corporation. In fact, GE has concentrated its domestic resources to more valuable divisions like financing services, so that GE keeps the position of the world's second largest company and also second in the BrandZ ranking.

Table 1. GDP (During 2005)

	GDP \$m (nominal)	GDP \$m (PPP)	per capita \$
World	44,433,002	61,078,260	9,396
EU	13,446,050	12,427,413	25,480
NAFTA	14,384,370	14,454,850	29,942
USA	12,485,725	12,277,583	41,399
China (PRC) ¹	2,224,811	9,412,361	7,198
Japan	4,571,314	3,910,728	30,615
South Korea	793,070	994,399	20,590
China (Taiwan)	346,141	631,220	27,721

Note 1: Figure excludes the special administrative regions of Hong Kong and Macao.

Source: International Monetary Fund, World Economic Outlook Database (September 2006)

In Europe, West Germany must always somehow take consideration for European cooperation, especially harmony with the formerly sworn enemy France, not only about politics, but also about economics, administration, and historical self-understanding. The coal and steel industries of West Germany, which were (and are) fundamental factors for military, were the most concern of the Allied Powers, especially UK who occupied the Ruhr area, for the recovery of Germany into the international world. They have been placed under the European International supervision with those of the other European nations. In 1951, The continental main nation states, (France, West Germany, Italy, Belgium, Luxembourg and the Netherlands founded ECSC (The European Coal and Steel Community) by the Treaty of Paris. ECSC was the fulfillment of

a plan developed by French economist Jean Monnet, publicized by the French foreign minister Robert Schuman. After 50 years, in 2002, when the Treaty of Paris expired, The European Community undertook the actives and resources of ECSC.

Those hardships of European harmony have been fortunately compensated for the chance of economic recovery and development. ECSC members pooled their steel and coal resources and create a common market for those products. ECSC has not only controlled German Heavy Industries, but also opened the door toward the European common economy. In 1967 (by the Merger Treaty 1965), the institutions of ECSC were merged with two new communities, the EEC and Euratom, which were founded by Roma Treaty in 1957, and formed together into European Communities. Another attempt to found the European Defense Community and the European Political Community was unsuccessful, the European Communities became nevertheless the origin of the present EU.

In East Asia, the creation of a communal economy is entirely hopeless at present time. Nonetheless the East Asian nation states cannot evade the influence of the globalization. After the Plaza Accord (1985), against the rapid change to strong Yen, many Japanese manufacturing companies have moved their factories to South Korea, Republic of China (Taiwan), South East Asian Nations, Peoples Republic of China, and Vietnam. On the other hand, Japanese economy has inclined its balance from manufacturing industry toward finance, commerce, and services. The inter-regional relation in East Asian economy has grown up in the view of fact, without the foundation of East Asian communal economy. So, we should change the style of engineering education to adapt to the new relationship within East Asian economy for the next quarter of the century, now!

The Concept of Inter-regional Economy (Power Point)

Global companies make their goods in each regional factory using the parts and materials that are made inside the region. Main style of trade today is overseas investments and regional product. Exporting of manufacturing goods is now old trade style. For example:

TOYOTA makes US-LEXUS in Ohio factory using the parts made by the local factories. Almost such local factories are also the overseas factories of global companies, like Bridgestone.

PC (Asia)

CPU: INTEL, made by Philippine lab

Memory: Samsung, made by South Korean factory, ...

PC (EU)

CPU: INTEL, made by Ireland lab.

Memory: Siemens, made by German factory, ...

And many electric devises are made the companies of Taiwan, which have also overseas product footholds.

2. What we can do for East Asian economy between university and high school?

2-1 The risk and advantage of the system of college of technology

The college of technology in Japan and Taiwan is unique school system. The system by itself is arranged for higher education of engineering, but the course is provided for junior high school graduates, and it is two years short for a bachelor's degree. In addition, this school system has unique curriculum somehow unbalanced toward technological subjects for junior high school graduates. Similar school system existed only in USSR and East European nations in the age of socialism.

Such a unbalanced school system will run the risk of rejection from the engineering education itself in the globalized world, because the global standard demands that an engineer should be one of an intelligent professional, and all the intelligent professionals should be grown up upon the higher general education. A engineer without bachelor is out of assumption in global economy and the domestic original territories out of globalization becomes smaller and smaller.

In fact, many engineers of East European countries lost their post and job after the end of the cold war. They were grown up by their own anti-intelligent technological education with somehow unbalanced curriculum in the age of the Cold War, but the Western nations never recognized such an un-intelligent professional as an engineer. They must learn again or must take the other job out of intelligent professional.

This uniqueness, however, can be changed into a potential advantage. The school system of the College of Technology is not only unique globally but also unique domestically. It exists so outward of the standard of Japanese education system that it can try easily new global education style, which is difficult for the Japanese normal school model from the view of manpower and regulation of ordinance. For Example:

1) The College of Technology in Japan can utilize the unique continuity from upper secondary education to higher education. We can easily move the subjects between these two educational levels inside school.

For example, we can move all the English credits into the lower grades. The intensive study in the younger ages is suitable for language learning and the other subjects on upper grades can use English language texts. It is normal suitable idea for globalized world. For many countries, English language lesson is finished by senior high school. For example, students in the Swedish University learn not English but the second foreign language only, and they go to graduate course abroad EU regions University, mainly in Germany or France. The remove of all the English credits from higher education and

concentration to younger ages is not only a way of increase of English communication capability, but also a method of pulling the Swedish technology up in the globalized world.

2) The College of Technology in Japan can move easily the credits of the second foreign language into the lower grades. Or we can teach the neighbor languages, especially Chinese or Korean, instead of some Japanese credits. The relationship of East Asian nations has become more and more closely.

25,000 of high school students in the Republic of China learn Japanese Language in 2007. South Korea makes all the high school students learn the second foreign language two years, and many Korean students take Chinese or Japanese language class. South Korea knows well that their business partners will be mainly the Chinese or the Japanese companies.

We should remember that we all the East Asian nations are in general not good at English together. It is, therefore, a suitable, efficient and easy way for us to learn each East Asian language rather than to build up more English language credits.

3) International interchangeability is the one of the most important fundamental elements for the inter-regional economy. Over the education of technology, the common schema for East Asia is also required. The College of Technology in Japan stands by the closest point where East Asian international interchangeability will be realized. We teach for younger grades, and we have capability of research on the cases of neighbor countries as higher education staff.

The university staffs in Japan have sufficient research capability and they teach for university students, but they do not teach directly the students of younger grades. On the other hand, almost staffs of the elementary and middle education in Japan have only undergraduate education. Teachers with graduate education are rare and in most cases they have only master degree education at college of education school, which is the Japanese original school system, graduate education without doctor degree course, learn about the Japanese original educational method major. There are extremely few teachers with doctor degree education and doctorate in Japan. In many countries after the end of the Cold War, teacher of elementary and middle education are required at least master degree normal (not educational method major) education. Therefore the teachers of middle education in Japan who teach younger ages lack in general the capabilities of academic research and the problem will not solve easily. The education upon the point of view of international comparison is difficult for the Japanese normal middle school system. It maybe needs some dramatic improvement of the teacher training process. Only the College of Technology can serve for middle grade students the education for suitable toward inter-regional East Asian economy.

2-2 My trial between university and high school

The college of technology in Japan has some unique potential capabilities that both of university and high school can never realize.

For example, I have gone abroad with my students to observe foreign factories of global companies, especially in Europe. Some university staffs have capability to arrange such observation, but there is no normal way to provide such a chance for under 18 age students. High school teachers of Japan in general can arrange only some sightseeing school excursion through travel agency. For the students under technological learning, observation abroad in younger age is important to build up the point of view of international comparison. Because The students who learn the technology in his nation country, by the teacher of the country, by the way and style of the country, without observation abroad, inclines to be sure the domestic standard as the only worldwide one.

2003	Germany	VW, Porsche
2004	South Korea	POSCO, Hyndai Heavy Industry
2005	Germany	EADS, Airbus Deutschland
2006	France	Airbus France, Peugeot
2007	Germany	BMW, Daimler Chrysler
2008	USA	Boeing, NASA

The observation for younger degree can be taken place only by the staff of college of technology. The students who have the point of view of international comparison at the start point of learning technology are precious manpower for East Asian inter-regional economy in the second quarter of the 21st century.

Picture 1



At HYUNDAI Heavy Industries (Ulsan, South Korea, 2004)
The largest shipyard of the world

Picture 2



At AIRBUS Deutschland (Bremen, Germany, 2005)

Picture 3



At Peugeot (Sochaux, France, 2006)

高等専門学校生の英語の時制と相の理解に関する一考察¹

杉浦 理恵

A Cross-Sectional Study of English Tense and Aspect of Technical College Students

Rie SUGIURA

Abstract: The purpose of this study is to investigate the understanding of English tense and aspect by technical college students. The participants of this study were the first, the second, and the third graders at a technical college in Japan. A multiple choice test, consisting of 21 items, was given to the participants, and the results were analyzed, assessing whether the participants could supply the most appropriate verb forms in short written dialogues. The results show that the participants had difficulty in identifying the present tense versus the present progressive, i.e., reference to a habitual action versus an action in progress now. The results also show that the participants tended to choose the past tense form in a context where the present perfect form would have been the appropriate choice. Such a tendency was especially observed when the present perfect form was being used to express its perfective meaning (= completion), but still with relevance to the present. The English past can also have a perfective meaning (= completion), but has no relevance to the present. This difference in English meaning does not exist in the participants' mother tongue of Japanese and is the probable source of confusion.

1. はじめに

コミュニケーションの手段として正確かつ適切に言語を使用するためには、その言語の言語形式 (form)、意味 (meaning)、言語使用 (use) という3つの側面を理解している必要がある (Larsen-Freeman, 2003)。すなわち、言語形式が表す意味を理解し、いつ、どのような場面でその言語形式を用いるのかを知っていなければならない。例えば、過去進行形を場面に応じて適切に使用するには、「was (were) + 動詞-ing」という言語形式 (form)、「過去のある場面や動作を具体的に思い描くことができる情報 (～しているところだった)」という意味 (meaning)、「どのような時に (場面で)、なぜ過去進行形を使用するのか」という言語使用 (use) を理解している必要がある (高島 & 杉浦, 2004)。

本研究は、以上の3観点を踏まえた上で、日本人英語学習者が最も習得困難とされる「時制 (テンス) と相 (アスペクト)」の学習に焦点を絞り、時制と相 (現在形, 現在進行形, 過去形, 過去進行形, 現在完了形) の使い分けについて、高等専門学校の学生 (以下、高専生) の現況を調査する²。方法として、時制と相の言語形式、意味、言語使用の3つの側面の理解を問う多肢選択問題の筆記テストを用いた。その分析結果から、特にどのような場面で、時制と相の使い分けが困難であるかを分析し、時制と相の理解を深めるための指導方法についても検討する。

2. 研究の背景

2.1 英語と日本語の時制と相の相違

日本人英語学習者にとって英語の時制と相の理解が困難であるとされる理由の1つは、英語が動詞に伴う形態素³ ('-ing' や '-ed') で表す時間関係が日本語の表現と一致しないことである。例えば、英語の "lives" と "is living" を日本語では共に「住んでいる」と表現し、"finished" と "has finished" は共に「終わった」と表現する。そのため、逆に「住んでいる」「終わった」という日本語を英語で表現しようとする際、英語のどちらの言語形式で表現すればよいのが理解し難いのである (高島, 1995)⁴。

時制は、ある動作・状態が「発話時」よりも前か後か、それとも同時かという時間関係を動詞の形式によって示す文法範疇であるとされ、相は、動作・状態が「基準時」に完了しているかないか (完了 \leftrightarrow 非完了)、または、継続しているかないか (継続 \leftrightarrow 非継続) といった、動作の様態を示す文法範疇であるとされている (安藤, 1986)。英語の時制には、「現在」と「過去」があるだけであると言われており⁵、原則として「過去」には形態素 '-ed' を用いて、例えば、"call" は "called" と表現し、「現在」には、何も付加しない。一方、相は、動作がどのような状態であるかを表現する方法で、動詞に '-ing' をつけて、動作が完了しておらず、まだ継続していることを、また、'-ed' をつけて、動作が完了していることを表現する。

一方、日本語は、英語と同様に「現在」と「過去」の時制を持っているものの、時制と相がより緊密に結びついて

いる。例えば、「彼は（昨年）大学を卒業している」というように、過去の出来事が現在時制の「している」という形で表されることがある（宗宮, 2007）。これは、日本語の「している」が現在時制を表すと同時に、完了した結果が継続していることを表す「継続相」を表していると考えたと理解できる。「彼は（昨年）大学を卒業している」の後に「そして就職した」と続けると、過去の出来事が終わることなく現在に持ち越され、現在が過去を取り込んだ形になっていることが分かる（同上, p.12）。また、「I see.（現在形）」という英語に対して日本語では「わかったよ。」という日本語が対応するが、この場合、日本語の「た」は過去の時制を表しているというよりも、「完了」という相を表している（高島, 1995, p. 60）。このような日本語と英語の時制と相の違いから、日本人英語学習者にとって、英語の時制と相を理解し、場面に応じて使い分けることが困難であると考えられる。

2.2 時制と相の習得

時制と相の習得についての研究は、1970年代から第1言語習得の分野で始まった。相には、英語で言えば進行相を表す '-ing' のような文法相（grammatical aspect）と、動詞が本来持っている意味に基づく語彙相（inherent lexical aspect）がある。例えば Vendler（1967）は、動詞が本来持っている意味を、到達（achievement）、達成（accomplishment）、活動（activity）、状態（state）の4つに分類している⁶。このことを基礎に、語彙相が、時制と（文法）相の形態素の習得に影響を与えていると考えるアスペクト仮説（The Aspect Hypothesis）の提案と実証がなされている。例えば、言語の習得では、過去形はまず到達動詞や達成動詞に用いられ、進行形は活動動詞に用いられるというように、動詞の持つ内在的意味に近い形態素がつけられるというものである（Andersen & Shirai, 1996）。このアスペクト仮説は、第2言語習得理論研究の分野でも支持する結果が得られている（Andersen & Shirai, 1996; Bardovi-Harlig, 2000）。

以下の4点は、これまでのアスペクト仮説に関連する第1言語習得理論研究の成果であるが、第2言語習得においても、(4)の状態動詞における進行形の使用について以外は、概ね(1)～(3)の点を支持する結果が得られているようである（Andersen & Shirai, 1996）。

- (1) 過去形は、まず到達・達成動詞に用いられ、後に活動動詞、状態動詞に用いられるようになる。
- (2) 完結相過去と、非完結相過去⁷の区別をする言語では、完結相過去が非完結相過去より先に用いられる。非完結相過去は、まず状態動詞、次に活動動詞、そして達成動詞、最後に到達動詞に用いられるようになる。
- (3) 進行相を持つ言語では、進行形は、まず活動動詞に

用いられ、後に達成動詞と到達動詞に用いられるようになる。

- (4) 進行形は、状態動詞に誤って用いられることはほとんどない。

（Shirai, 2004, p. 93）

ただ、これらの研究成果は、EFL（English as a Foreign Language）の環境である日本とは異なるESL（English as a Second Language）の環境からの報告がほとんどである。第2言語習得は、インプット、アウトプット、インターアクションの量・質に関係するため（Gass, 1997）、EFLとESLの言語環境の相違は大いに言語習得に影響があると考えられる。第2言語の時制と相を習得する際に、第1言語からの影響が関連している可能性もあり（Andersen & Shirai, 1996）、どのような点がEFL環境下の日本人英語学習者の時制と相の習得を困難にしているのかを調査することが必要である。

さらに、時制と相の習得と、教室内での指導の関係については、いつ、どのような方法で指導を行うべきかという問題がある。語順習得研究を行っているPienemann（1989）は、「教授可能性仮説（teachability hypothesis）」、すなわち、「学習者の習得段階（レディネス）に見合った場合には、学習者の言語習得の段階より一段階上のレベルで指導することが指導を効果的なものにする」という仮説を提案している。このことから、学習者の時制と相の学習状況を知り、学習が促進されるようにできる限り段階に合わせた指導を実施することが重要である。

そこで、本研究では日本人英語学習者で、基本的な文法学習が終了している高専生の英語の時制と相の理解について現状を把握し、その結果から指導のあり方を検討する。

3. 本研究

3.1 目的

本研究の目的は、以下の2点である。

- (1) 1高専1～3年生の時制と相の理解について、現状を把握する。
- (2) どのような場面で、時制と相の使い分けに困難が生じているかを明らかにする。

3.2 調査方法

I高専の1～3年生各5クラスの学生を対象に、時制と相の理解についての多肢選択問題による筆記テストを実施した。参加者は、1年生208名、2年生191名、3年生177名の合計576名である。テストは21問からなり、7つの文法項目（現在形、現在進行形、過去形、過去進行形、現在完了形〈継続の用法〉、現在完了形〈経験の用法〉、現在完了形〈完了の用法〉）を問う問題が各3問である（資料1参照）⁸。

3.3 分析と結果

3.3.1 全体の分析

学年ごとのテストの平均値と標準偏差は表1の通りである。学年ごとの平均値の差について、5%水準で一要因分散分析を行った。この結果、1~3年生の平均値の差に統計的な差は見られなかった ($F(2, 573) = .21, ns$)。したがって、1~3年生の各学年を等質のグループとみなし、その後の分析を進めた。

表1. 各学年の人数、平均値と標準偏差

	<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>SD</i>
1年	208	14.08	2.73
2年	191	13.62	3.20
3年	177	13.56	3.55
合計	576	13.77	3.16

各時制と相別の問題は各3問であったが、その平均値を見ると、現在完了形の完了の用法の理解が他と比較して、大きく下回っている(図1参照)。経験の用法の理解も不十分であり、現在完了形の学習に問題があることが一瞥できる。

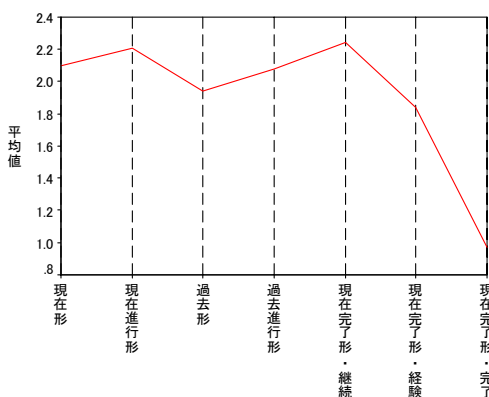


図1. 7つの文法項目別の平均値

次に、各問題について回答のばらつきを調べた。以下の図と表にある選択肢の中で、「その他」としているのは、無回答または重複回答を指している。すべての問題の選択数は、資料2の表にまとめている。

21問中、とりわけ特徴的であったのは、問4、問14、問20の結果である。これらの問題では、誤答の数が正解の数を上回っている。具体的には、問4(図2)では正解である現在進行形(241名)よりも、現在形を選択した者が多く(279名)、問14(図3)と問20(図4)では、正解である現在完了形(完了の用法)よりも(それぞれ、179名と190名)、過去形を選択した者の方が多い(それぞれ、313名と303名)。

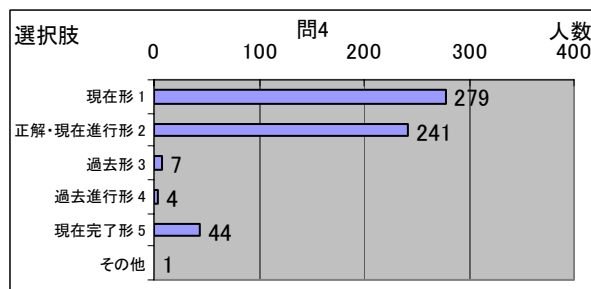


図2. 問4の選択肢別選択数

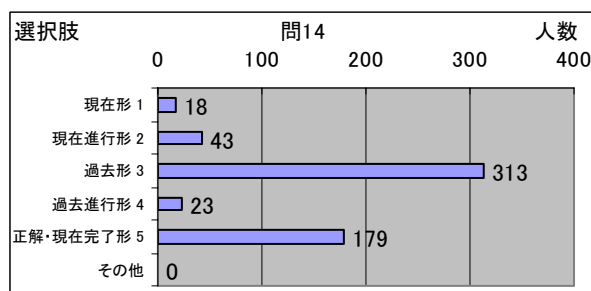


図3. 問14の選択肢別選択数

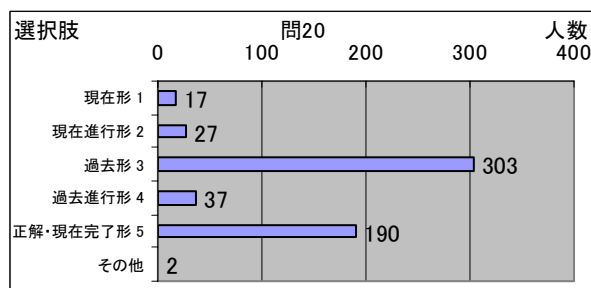


図4. 問20の選択肢別選択数

さらに、問18については、正解(選択肢5)を選択した者が213名、選択肢3を選択した者が204名で、過去形と現在完了形を選択した者の数は、ほぼ同数であった(図5)。問4、問14、問18、問20の問題については、「4. 考察」で具体的に検討する。

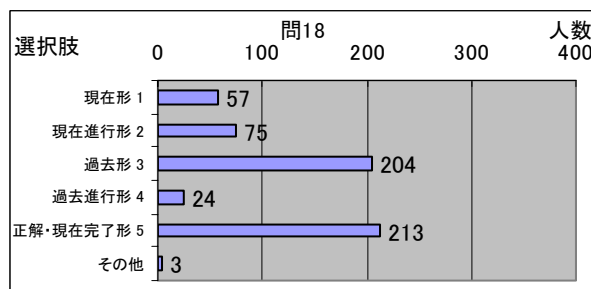


図5. 問18の選択肢別選択数

3.3.2 レベル別による分析

576 名 の 全 参 加 者 の テ ス ト の 総 得 点 を 低 い 順 か ら 並 べ、人数が等しくなるように、それぞれ、Lv1 (レベル 1) ~ Lv5 (レベル 5) に 5 分割した (根岸 他 2007 参照)。ただし、1 名の端数がでたため、Lv1 のみ 116 名とした。各レベルの平均値と標準偏差は、表 2 の通りである。レベルごとの総得点の平均値については、分散分析の結果すべてのレベル間で 5%水準で有意な差が認められ、各グループが独立したものであることを確認した ($F(4, 571) = .00, p < .05$)。

表 2. 各レベルの人数, 平均値と標準偏差

	<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>SD</i>
Lv 1	116	9.03	2.26
Lv 2	115	12.50	0.50
Lv 3	115	14.10	0.61
Lv 4	115	15.58	0.50
Lv 5	115	17.65	1.07
合計	576	13.77	3.16

各レベルを X 軸, 参加者群の時制と相の 카테고리 ごと の 得 点 (3 点 満 点) を Y 軸 と 取 り、各レベルの平均値をグラフに示したのが、図 6 である。ここから、図 1 でも観察されたように、現在完了形の完了の用法の正解率が他と比較して極端に低いことが分かる。また、現在形に注目すると、Lv4 では平均値 2.57 点、Lv5 では 2.83 点で比較的良く理解されているものの、Lv1 では平均値 1.34 点であり、Lv1 の現在形の理解が他の時制と相と比較して低くなっていることも分かる。

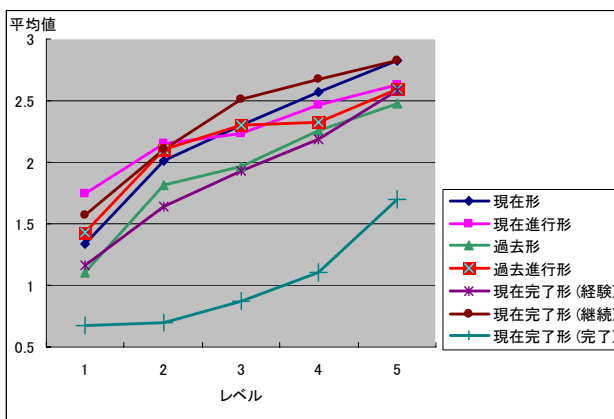


図 6. 各レベルの 7 つの文法項目別平均値

次に、各問題についてレベルごとの選択肢の選択数について詳しく見てみると、レベルによる選択数の相違が顕著な例として問 4 と問 18 がある。表 3 と表 4 では、問 4 と問 18 の各レベルの選択肢の選択数を示しているが、問 4 では Lv4 と Lv5 の者のみ誤答である現在形よりも、正解である現在進行形の選択数が上回っている。問 18 に

ついても同様で、Lv4 と Lv5 のみ誤答である過去形よりも、正解である現在完了形の選択数が上回っている。さらに、レベルによる選択のばらつきを調べるために、 χ^2 検定を行った。その結果、5%水準で有意差があったものについては、表中の数字に * 印を付けている。図 7、図 8 は、表 3、表 4 で示したのものについて、選択肢を X 軸、各レベルの参加者群による選択数を Y 軸にとり、問題別にプロットしたものである。

具体的に見ると、問 4 では、レベルの相違によって、特に現在形と現在進行形の選択数に統計的な差が見られる。また、現在完了形の選択についても Lv1 と Lv5 に統計的な差が見られる。また、問 18 では、現在進行形、過去形、過去進行形、現在完了形について、レベルによる選択に統計的な差がある。

表 3. 各レベルの選択肢の選択数 (問 4)

問4	Lv1	Lv2	Lv3	Lv4	Lv5
1 現在形	61	70 *	61	52	35 *
2 現在進行形・正解	31 *	35 *	41	59 *	75 *
3 過去形	4 *	1	1	0	1
4 過去進行形	2	0	1	0	1
5 現在完了形	18 *	9	10	4	3 *

表 4. 各レベルの選択肢の選択数 (問 18)

問18	Lv1	Lv2	Lv3	Lv4	Lv5
1 現在形	13	15	11	11	7
2 現在進行形	23 *	17	19	10	6 *
3 過去形	44	54 *	45	39	22 *
4 過去進行形	10 *	6	4	3	1 *
5 現在完了形・正解	24 *	23 *	36	51	79 *

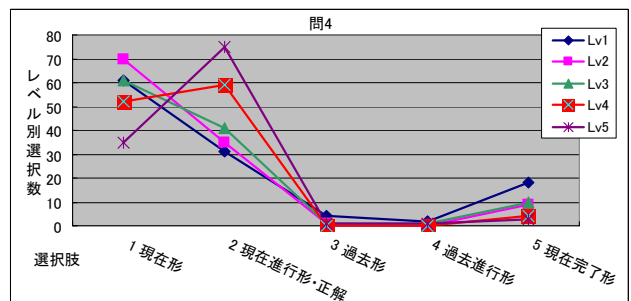


図 7. 各レベルの選択肢の選択数 (問 4)

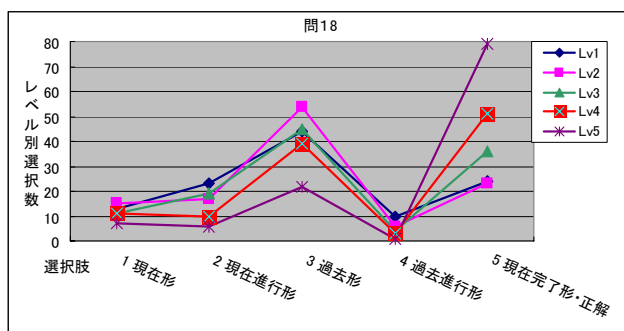


図 8. 各レベルの選択肢の選択数 (問 18)

4. 考察

分析結果から、特に問 4 で見られる「現在形」と「現在進行形」、問 14, 18, 20 に見られる「過去形」と「現在完了形 (完了の用法)」の使い分けについて、理解が十分でないということが示された。問 4 の問題は、以下のようなものであった。

問 4. A: 一緒に、ゲームセンターへ行かないか?

B: Sorry, I can't come with you.

I () for the English test.

- ① study
- ② am studying
- ③ studied
- ④ was studying
- ⑤ have studied

この問題では、正解である ② I am studying を選択した者が 241 名、誤答である ① I study を選択した者が 279 名であり、誤答の選択数の方が多かった。この理由として考えられるのは、() 内に入る言葉を「勉強する」という日本語に置き換えて考えた者が多かったということである。「勉強する」に対応する選択肢は“study”であるため、①を自動的に選択したと類推できる。日本語で考えた場合、「(これから) 勉強する」という未来の出来事として考えたとも推測できるが、“will study”という選択肢がないことから現在形を選択したものと考えられる。また、教室におけるインプットの量という視点では、教室でパターンの練習している、“I study English every day.”といった例文が影響している可能性も考えられる。

さらに、問 4 のレベル別の分析結果からは、レベルによる選択のばらつきも顕著であったことが分かる。特に、Lv1 と Lv2 では、現在形と現在進行形とを混乱している者が多いことが見て取れる。Lv1 の中には、問 4 の答えとして誤って現在完了形を選択した者もいた。これは、“I () for the English test.” の “for” という言語形式に影響されて

現在完了形を選択したと考えられる。言い換えれば、現在完了形の学習で頻繁に用いられる “I have + 過去分詞 + for + 期間 (two years など).” などの例文が影響している可能性がある。このことから、総得点の低い Lv1, Lv2 の者ほど、言語形式 (form) に注目することが多く、意味 (meaning) と場面に応じた言語使用 (use) まで十分に考えることができていないと推察できる。

「過去形」と「現在完了形 (完了の用法)」の混乱が見られた、問 14, 18, 20 でも、問 4 と同様に、まず日本語に置き換えて選択肢を選択したと推測できる。問題は、以下のようなものであった。

問 14. A: レポートは進んでいる?

B: I am working very hard. I () five pages, but I have to write one more page.

- ① write
- ② am writing
- ③ wrote
- ④ was writing
- ⑤ have written

問 18. A: この数学の問題は難しく時間がかかるなあ。

B: Really? But I () it now, so I can watch TV.

- ① finish
- ② am finishing
- ③ finished
- ④ was finishing
- ⑤ have finished

問 20. A: 10 年前のきみだったら、そんなことは言わないと思うよ。

B: But I () .

- ① change
- ② am changing
- ③ changed
- ④ was changing
- ⑤ have changed

問 14 では、() に適切な動詞を選択する際に、英文の後半部分を、「後もう 1 ページ書かなければならない」と読み取ることができれば、“I () five pages, ...” が「(5 ページ) 書いた」という意味になる英文にすべきであることが分かる。問 18 についても、英文の後半部分を「テレビを見ることができると読み取ることができれば、その条件として「(宿題が) 終わった」ことが考えられ、そのような意味になるよう適切な動詞を考えることができる。問 20 についても同様に、「10 年前のきみだったら、そんな

ことは言わないと思うよ。」という A の発話を受けて、B の応答が「変わった」という意味になるのだということは、日本語の知識で理解できる。

このように、問 14, 18, 20 のいずれの問題についても、() を含む英文の意味は「～た」という日本語に置き換えることができ、「た」は「過去形」を表すというように 1 対 1 の対応で記憶している者は、選択肢の③を選んだと推測される。現在完了形も日本語で「た」と表すことができるが、現在完了形をいつ、どのような時に使用してよいか十分に理解できていないため、また、現在完了形を使う際の“for”や“since”などの形式的なヒントがないために、過去形の選択が多くなった可能性がある。つまり、どのような場面でなぜ現在完了形の言語形式を使用するのかという言語使用 (use) の理解不足である。

また、問 18 については、Lv1 で現在進行形を選択した者が他のレベルと比較して多かったことも特徴として挙げられる。中には、現在形を選択している者もあり、このことから、“But I () it now, so I can watch TV.” の“now”という言語形式に影響されて、現在時制を選択しているのではないかと推測できる。現在進行形の学習では、“主語 + be + 動詞-ing + now.”、現在形の学習では、“主語 + be + 形容詞/名詞 + now.”、という形式に則った例文が繰り返しててくる。そのため、“now”という言語形式 (form) があれば現在進行形か現在形を用いる、というようにパターンの記憶しているのかもしれない。

これまでのところをまとめるならば、問 4, 問 14, 問 18, 問 20 の結果から、現在進行形を使用すべき場面で現在形を、現在完了形を使用すべき場面で過去形を多用する傾向があると言える。これは、英語の現在形や過去形は日本語に置き換えて理解されやすいが、現在進行形や現在完了形は、日本語として 1 つの表現に置き換えることができないためであろう。さらに、現在進行形よりも現在形の方が、また現在完了形よりも過去形の方が、テキスト等からのインプットが多いということも一因であると推察される。

ただ、問 17 については、現在形を使用すべきであるところを逆に、現在進行形を使用している者が多かった。これは、問 17 の問題の日本語の発話部分にある「学校の部活は何をしているの?」の「～している」という表現に影響を受けたものと考えられる。このことから、やはり第 1 言語である日本語の時制と相の影響が、今回の結果に影響を与えていると言える。また、問 17 で問われている動詞“belong”は、Vendler (1967) の分類では状態動詞であり、第 1 言語習得の研究におけるアスペクト仮説によれば‘-ing’をつける誤りは少ないはずである。しかし、2.2 でも触れたように、第 2 言語習得の研究ではこのような誤りが見られると報告されている。

最後に、レベル別の分析結果からは、総得点の高い Lv4, Lv5 の学生は、問 4, 問 18 などの全体的に正答率の低かった問題での正解率が高い。すなわち、現在形と現在進行形、過去形と現在完了形といった時制と相の使い分けが理解で

きている者は、他の時制と相の使い分けも理解できていると言える。

5. まとめ

時制と相の学習は、高等専門学校入学以前に学習している。しかしながら、今回の調査結果から、高専生は、場面に応じて時制と相を十分には使い分けることができていないと言える。特に、現在形と現在進行形、過去形と現在完了形の使い分けを、明確には理解できていない学生が多くいることが明らかになった。

高専の英語教育では、今回調査した時制と相に加えて、過去完了形、仮定法、現在完了進行形などの文法項目が新たな指導項目として加わっており、既習の時制と相については、理解されているという前提で指導しがちである。しかし、日本語と英語の時制と相の捉え方の相違から、場面に応じて適切な時制と相を使用することは日本人学習者にとって容易ではないことを認識し、日頃の指導の中でも、なぜ当該場面でその時制と相を用いるのかということに意識を向けさせる指導が必要である。使い分けという観点から言えば、指導の際、2 つ以上の時制と相を対比しながら指導することが効果的であると考えられる。

今回の調査により、高専生の英語の時制と相の理解について以下の 2 つの問題点が明らかになった。まず、英語と日本語の時制と相の相違から生じている問題である。使い分けに混乱の見られた「現在形」と「現在進行形」、「過去形」と「現在完了形」については、多くの高専生が日本語で考え、それをそのまま英語に置き換えたために、誤った時制や相を選択していると思われる。2 つ目の問題点は、英文が使用されている場面や状況を考えずに理解しようとしているために、適切な時制と相を選択できていないということである。すなわち、英文の意味 (meaning) や言語使用 (use) よりも、言語形式 (form) にもみ注意している者が多いということである。

第 1 言語である日本語が第 2 言語の時制と相の習得に影響を及ぼすということは、先行研究でも触れられているが (Andersen & Shirai, 1996)、今回の結果からも、日本語と英語を 1 対 1 の対応関係ではなく、英語の時制と相という別の体系を理解させるような指導が必要であることが分かる。今回の調査から明らかになった問題点を克服するための指導法については、例えば、高島 (2000) が、2 つ以上の言語形式を比較しながら文法説明を行い、場面に応じてその言語形式を実際に使用させるような言語活動を用いることを提案している。この言語活動は「タスク活動」と呼ばれ、現実社会で行われている英語でのコミュニケーションを学習者に擬似体験させることで、言語形式、意味、言語使用の 3 つの側面を理解させ、実際に英語を使用する力を育成することを目的としている。このような活動を用いて学習者に時制と相の使い分けを実際に経験させることで、理解を促進することができる⁹。今後も今回の調査を踏ま

え、どのような指導を実施すべきかを、さらに検討していく必要がある。また、時制と相の使い方を理解していれば、実際に使用できるのかという、理解と使用の関係についても、今後の課題である。

加えて、本研究で示唆されたように、母国語である日本語の時制と相の枠組みが、高専生の英語の時制と相の理解の混乱を引き起こしている1つの理由と考えられる。今後は、中学生や大学生についても調査を実施し、それが日本人英語学習者の時制と相の理解を困難にしている理由として一般化できるのかを検討する必要がある。

最後に、今回の調査は、多肢選択問題による筆記テストを用いた明示的知識 (explicit knowledge) の測定であり、暗示的知識 (implicit knowledge) を測定しておらず、授業実験を行う前の実態調査が主な目的である。先にも述べたが、今後、スピーキングテストによる暗示的知識の測定も実施し、調査することが必要である。

謝辞

本研究の実施に際して、多くの点でご示唆をいただきました東京外国語大学の高島英幸教授に心よりお礼申し上げます。

注

1. 本研究は平成 18/19 年度科学研究補助金 (若手研究 (スタートアップ) 課題番号: 18820054) を受けて実施したものである。
2. 英語の時制と相の学習では、学習者の母語が持つ時制と相の体系からの正の転移はあまり期待できず、学習者にとっては理解が容易でないことが指摘されている (Celce-Murcia & Larsen-Freeman, 1999)。
3. 形態素とは、ある言語における最小の有意義的単位である。特に、“she talks” の ‘-s’ のように、動詞が三人称単数現在であることを示し、文法的機能を担っている形態素を文法的形態素と言う (Richards *et al.*, 1985)。
4. 高知県で使用されている土佐弁では、過去の何らかの出来事が現在のことに影響を及ぼしている時、「～(し)ちゅう」という表現を使用する場合がある。例えば、会話場面に応じて「現在完了」の“主語 + have/has finished ～.” の場合は「終わっちゅうよ」、 “主語 + finished ～.” の場合は「終わったよ。」と表現する (Imai, 2003)。
5. 英語で「未来」を表す場合、“will/shall + 裸不定詞”を用いるが、これは現在時制と考えられている (安藤, 2005)。
6. Vendler (1967) による4つの分類は、以下のようにまとめられる。
 - ① 到達動詞: ある動作、状態が瞬間的に終わる。(recognize, die, reach the summit など)

- ② 達成動詞: 動作に一定の時間があり、その動作に明確な終着点がある。(run a mile, make a chair, build a house, write a letter など)
- ③ 活動動詞: 動作に一定の長さがあり、終了時点があり、どの時点であってもその動作自体は変化しない。(run, sing, play, dance など)
- ④ 状態動詞: 新たな努力やエネルギーを加えなくても、その状態が持続する。(see, love, hate, want など)

(Andersen & Shirai, 1996)

7. 例えばフランス語では、複合過去形が事象の内容が完了したものとして表す完結相を、半過去形が事象の内容が完結していないものとして表す非完結相を意味する (平澤, 2004 参照)。なお、「完結相」「非完結相」という訳語は、町田 (1989)、菅谷 (2002) にしたがった。
8. 現在完了形の意味の分類は、安藤 (2005) を参考にした。ただし、安藤 (2005, p. 135) では、本研究で現在完了形の「経験」と呼んでいるものを「存在」と呼んでいる。問題の作成にあたっては、Yoshida (2002)、Tanaka (2003) で用いられた文法問題を参考にした。また、各問題の正解が1つとなるよう、英語を母国語とする英語教師5名に助言を得た。
9. タスク活動を実践した例としては、Sugiura (2006) が、高専の1年生を対象に「タスク活動」と「タスク」の2種類の言語活動を実施し、これらが時制と相 (例えば、現在完了形と過去形) の理解を向上させることを報告している。

参考文献

- 安藤貞雄. (1986). 『英語の論理・日本語の論理—対象言語学的研究—』東京: 大修館書店。
- 安藤貞雄. (2005). 『現代英文法講義』東京: 開拓社。
- 菅谷奈津恵. (2002). 「第二言語としての日本語のアスペクト習得研究概観—「動作の持続」と「結果の状態」のテイルを中心に—」『言語文化と日本語教育』5月特集号, pp. 70-86.
- 宗宮喜代子. (2007). 「英語と日本語の「時制・相」について」『東京外国語大学論集』第73号, pp. 1-19.
- 高島英幸. (編著) (1995). 『コミュニケーションにつながる英文法』東京: 大修館書店。
- 高島英幸. (編著) (2005). 『文法項目別—英語のタスク活動とタスク』東京: 大修館書店。
- 高島英幸・杉浦理恵. (2004). 「タスクによる児童・生徒が活きる授業への転換—文法指導のあり方をタスク活動を通して探る—」『英語教育』5月号, pp. 48-50.
- 根岸雅史, 東京都中学校英語教育研究会. (編著) (2007).

- 『コミュニケーション・テストングへの挑戦』東京:三省堂.
- 平嶋一美. (2004). 「フランス語の動詞時制形学習における学習文法の問題 (1) —過去時制形の言語学的記述—」『視聴覚教育』第27号, pp. 23-33.
- 町田健. (1989). 『日本語の時制とアスペクト』東京: アルク.
- Andersen, R. W. & Shirai, Y. (1996). The primacy of aspect in first and second language acquisition: The pidgin-creole connection. In W. C. Ritchie & T. K. Bhatia (Eds.), *Handbook of second language acquisition* (pp. 527-570). San Diego, CA: Academic Press.
- Bardovi-Harlig, K. (2000). *Tense and aspect in second language acquisition: Form, meaning, and use*, Malden, MA: Blackwell.
- Celce-Murcia, M. & Larsen-Freeman. (1999). *The grammar book: An ESL/EFL teacher's course (2nd ed.)*, Boston, MA: Heinle and Heinle.
- Gass, S. (1997). *Input, interaction, and the second language learner*, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Imai, N. (2003). *Practical communicative competence through grammar instruction with particular reference to the present perfect: Utilization of the tosa dialect and effective task activities*. Unpublished master's thesis. Hyogo University of Teacher Education, Hyogo, Japan.
- Larsen-Freeman, D. (2003). *Teaching language: From grammar to grammaring*, Boston, MA: Thomson and Heinle.
- Pienemann, M. (1989). Is language teachable? Psycholinguistic experiments and hypotheses. *Applied linguistics*, 10, 52-79.
- Richards, J., Platt, J., & Weber, H. (1985). *Longman dictionary of applied linguistics*, Hong Kong: Longman.
- Shirai, Y. (2004). A multiple-factor account for form-meaning connections in the acquisition of tense-aspect morphology. In B. VanPatten, J. Williams, S. Rott & M. Overstreet (Eds.), *Form-meaning connections in second language acquisition* (pp. 91-112). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Sugiura, R. (2006). Grammar instruction through task activities and tasks in the EFL context. *ARELE*, 17, 101-110.
- Tanaka, K. (2003). *Form-focused instruction at the Japanese high school level: Effects of input processing instruction and task activities*. Unpublished master's thesis. Hyogo University of Teacher Education, Hyogo, Japan.
- Vendler, Z. (1967). *Linguistics in philosophy*, Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Yoshida, K. (2002). *Form-focused instruction at high school levels in the EFL contexts: Generation effects of TAs and autoinput activities*. Unpublished master's thesis. Hyogo University of Teacher Education, Hyogo, Japan.

資料 1. 調査問題 (実施の際には、日本語の後の文法項目名は示していない。)

この調査は、高専生の英語の力を把握するためのものです。他の学生と相談することなく、必ず1人で答えてください。

◆次の1~21の英文の()にあてはまる最も適切な英語を、①~⑤の中から1つだけ選び、解答用紙のマークシートの番号を塗りつぶしてください。

1. A: きみは、いつもどうやって学校へ来ている?
B: I () here by bus. (現在形)
① come ② am coming ③ came ④ was coming ⑤ have come
2. A: きみのかばん、格好良いね。
B: Thank you, but it is old. I () this bag for ten years. (現在完了形・継続)
① have ② am having ③ had ④ was having ⑤ have had
3. A: 私の話、聞いている?
B: ...Oh, I'm sorry. I didn't hear you. I () about tomorrow's meeting. (過去進行形)
① think ② am thinking ③ thought ④ was thinking ⑤ have thought
4. A: 一緒に、ゲームセンターへ行かないか?
B: Sorry, I can't come with you. I () for the English test. (現在進行形)
① study ② am studying ③ studied ④ was studying ⑤ have studied
5. A: 夏休みにまたインドへいくんだってね。何回くらい、インドへ行ったことがあるの?
B: I () India ten times, and I'm going there again next week. I have many friends in India. (現在完了形・経験)
① visit ② am visiting ③ visited ④ was visiting ⑤ have visited
6. A: 急いで! 学校に遅刻するよ。
B: Wait! I (). (現在進行形)
① come ② am coming ③ came ④ was coming ⑤ have come
7. A: どうして、授業に来なかったの?
B: I () to Matsunura Aya's concert. (過去形)
① go ② am going ③ went ④ was going ⑤ have gone
8. A: 今流れている歌のタイトル、知ってる?
B: Sorry. I () this on the radio several times before, but I don't know the title. (現在完了形・経験)
① hear ② am hearing ③ heard ④ was hearing ⑤ have heard
9. A: どうして学校を休んでんだっけ。
B: I () my leg while I was playing baseball. (過去形)
① break ② am breaking ③ broke ④ was breaking ⑤ have broken
10. A: ビアノがお上手ですね。
B: Thank you. I () it for ten years now. (現在完了形・継続)
① play ② am playing ③ played ④ was playing ⑤ have played
11. A: 毎晩寝るのは、夜中の3時なんだ。
B: Really! I () to bed before 10 every night. (現在形)
① go ② am going ③ went ④ was going ⑤ have gone
12. A: この前のテストの試合で、きみとタロウのどちらが勝ったの?
B: I (). (過去形)
① win ② am winning ③ won ④ was winning ⑤ have won
13. A: 放課後、どこに行っていたの? きみの家に行っただけど留守だったよ。
B: Sorry. Maybe I () in the library. (過去進行形)
① study ② am studying ③ studied ④ was studying ⑤ have studied
14. A: レポートは進んでいる?
B: I am working very hard. I () five pages, but I have to write one more page. (現在完了形・完了)
① write ② am writing ③ wrote ④ was writing ⑤ have written
15. A: 君は、小学校の頃引越してきたんだよね。もうどのくらいになる?
B: I () here for about ten years. I really like my town. (現在完了形・継続)
① live ② am living ③ lived ④ was living ⑤ have lived
16. A: いつか外国を訪問できたらいいなあ。
B: I'm lucky. So far, I () China and Korea. (現在完了形・経験)
① visit ② am visiting ③ visited ④ was visiting ⑤ have visited
17. A: 学校の部活は、何をしているの?
B: I () to the baseball club. (現在形)
① belong ② am belonging ③ belonged ④ was belonging ⑤ have belonged
18. A: この数学の問題は難しくて時間がかるなあ。
B: Really? I () it now, so I can watch TV. (現在完了形・完了)
① finish ② am finishing ③ finished ④ was finishing ⑤ have finished
19. A: 駅の近くで大きな交通事故があったのを知っている?
B: I know. When the accident happened, I () near the station. (過去進行形)
① walk ② am walking ③ walked ④ was walking ⑤ have walked
20. A: 10年前のきみだったら、そんなことを言わないと思うよ。
B: But I (). (現在完了形・完了)
① change ② am changing ③ changed ④ was changing ⑤ have changed
21. A: Bさんの携帯に電話をかけた! もしもし、今電話で話してもいい?
B: Sorry, I will call you back later. I () on the highway. (現在進行形)
① drive ② am driving ③ drove ④ was driving ⑤ have driven

資料 2. 問題別の選択肢ごとの選択者数（イタリック体は正解者数）

選択肢	【問1】	【問2】	【問3】	【問4】	【問5】	【問6】	【問7】	【問8】	【問9】	【問10】
1(現在形)	467	33	41	279	4	29	0	18	9	36
2(現在進行形)	55	35	71	241	5	522	12	11	12	40
3(過去形)	23	51	125	7	51	7	327	149	318	16
4(過去進行形)	5	31	311	4	7	8	201	44	112	21
5(現在完了形)	26	425	28	44	509	10	36	352	124	462
その他(無回答・複数回答)	0	1	0	1	0	0	0	2	1	1

選択肢	【問11】	【問12】	【問13】	【問14】	【問15】	【問16】	【問17】	【問18】	【問19】	【問20】	【問21】
1(現在形)	430	12	6	18	38	119	375	57	6	17	11
2(現在進行形)	62	9	6	43	40	50	153	75	13	27	528
3(過去形)	44	462	84	313	23	152	19	204	80	303	11
4(過去進行形)	11	36	466	23	15	19	4	24	461	37	7
5(現在完了形)	28	55	14	179	458	234	25	213	12	190	17
その他(無回答・複数回答)	1	2	0	0	2	2	0	3	4	2	2

原子炉の寿命を考慮した原子力発電の設備容量の将来予測と原子炉建て替えの試案

松沢孝男¹、奥山慶洋²、富永 学³、関根 恵⁴、会澤雄基⁵、大沼侑司⁵、松田理絵⁵、斎藤史靖⁵

A future prediction of the capacities of Facilities' of nuclear power generation, that considers the life of the nuclear reactor, and a tentative plan for nuclear reactor rebuilding

Takao MATSUZAWA¹, Yasuhiro OKUYAMA², Manabu TOMINAGA³, Megumi SEKINE⁴,
Yuki AIZAWA⁵, Yuji OHNUMA⁵, Rie MATSUDA⁵, and Fumiyasu SAITOH⁵

*¹自然科学科 *²人文科学科 *³機械システム工学科

*⁴ ラジオ部学生（現在、北海道大学工学部） *⁵ ラジオ部学生

Abstract: In 2006, the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology launched an education support project called "the local atomic energy / energy learning program for high school students". The radio club was chosen as one of six study schools. The study theme given by the Ministry of Education was "a perception of the Japanese atomic energy / energy of 2030, conceived by a future generation ". As club activities of the students, we performed an experiment to recognize natural radiation quantity through the extreme measurement of natural radioactive rays in ordinary times. In addition, we tried a trial of the extreme measurement and a fixed point / continuous measurement - at (a) the Meteorological Observatory of the Meteorological Agency of the mountaintop of the extreme highest peak, Mt. Fuji. And in (b) in the airplane of an international airline of radioactive rays. In addition, we calculated predictions to a test, in the near future, capacities of Nuclear facilities, considering high aging of nuclear reactors for generations to come.

Part 1

ラジオ部の取り組み

文部科学省教育支援事業：高校生のための地域の原子力・エネルギー学習プログラム、「未来の世代が考える 2030 年の日本の原子力・エネルギーの姿」

1.1 はじめに

平成 18 年度、文部科学省は高校生のエネルギー、放射線、原子力関係の教育の方法を従来とは全く異なる方法で行う試行を始めた。従来は、原研 OB 等の専門家の講師を派遣する（学校側からすれば選択の幅の少ない）受身の授業か、放射線計測協会を介した簡易放射線測定器「はかるくん」の無料貸し出しによる環境放射線の自己測定が中心であった。

文部科学省の新構想は、全国の原子力立地県、およびエネルギーの大消費地の高校生に、自分の生活の場で、地元の産業、研究機関、発電現場、エネルギー消費等の現状を自分の目で観察し、更に、必要と思う人を全国から誰でも招いて講義を受けることを奨励する自主学習の場の提供である。そのための見学会、出前授業、研究発表会への参加

の経費は原則全額文部科学省が負担することになっている。

初年度は、原子力立地県として茨城県、福井県、岡山県の高校（高専）と、エネルギーの大消費地の高校として大阪府、東京都、神奈川県の高校の合計 6 校がモデル校に選ばれた。

茨城県では、高等学校でなく茨城高専が直接指定された。全国の高専では本校のみである。更に学習プログラムが現行の授業カリキュラムと抵触させないよう授業時間外の理科系クラブの 10 数人程度の活動が想定されていた[1]。

文部科学省より与えられた研究テーマは、「未来の世代が考える 2030 年の日本の原子力・エネルギーの姿」であった。現在の高校生が成人し、社会の中核となる年齢 40 歳前後の時代のエネルギー事情を予測せよとの課題である。不確定要素が多いだけにあらゆる可能性が考えられるが、一方、現時点の社会構造、エネルギー供給産業の設備、資本の影響も多分に残している近未来の予測であるため、単純に白紙の上に将来の夢を自由勝手に描くのと違う難しさもある。

ラジオ部では、「茨城県における」と、「原子炉材料の照射劣化（高経年化）」をキーワードに課題に挑戦してみた。

まず、茨城県が他の原子力立地県と異なるところは、原子炉の数ではない。茨城県には動力炉（発電用原子炉）はただ 1 基しかなく、他は全て研究用原子炉で、所在地は東

海村と大洗町に偏在していることである。しかも 1999 年 9 月 30 日の JCO 社の臨界事故の印象がまだ生々しく、「放射線」「臨界」「中性子」という言葉に過敏な反応をする土地柄であることである。特に学校の所在地ひたちなか市には原子炉も再処理施設も無く、無関係と思っていたところに、JCO 社の臨界事故の際は、突然半径 10km 以内の屋内避難勧告が出た。そのため風評被害にさらされた地域でもある[2-4]。本校は東海村の日本原子力発電東海第 2 発電所の EPZ (Emergency Planning Zone, 半径 10km の円内) にある。この距離は全国の高専でもほかに例を見ない近距離である。

これらの調査および検討結果を、平成 18 年度（2007 年 2 月 11 日～12 日）の研究交流会（於東京大学及び三菱総研）で発表し、更に研究交流会で出された、疑問や助言を基に再調査・再検討を行い、2007 年 3 月 28 日の日本原子力学会の春季年会（於名古屋大学）の総合講演で発表した。

ラジオ部の学生が発表したタイトルは、「学生による飛行機・富士山の放射線測定と東海村の隣町から考える原子力の未来」であった。

研究発表会で、2030 年のエネルギー供給に関し楽観的で、原子力発電の供給量が現在の 2 倍になれば、温室効果ガスの二酸化炭素 CO₂ の排出量を大幅に減らせるとの主張をする高校があった。「現在の 2 倍」の仮定の根拠を質問すると、「生徒が言ったから」という、生徒の主張を 100%信じる教育的優等生の教師の回答があった。顧問の教師に、その仮定の可能性(possibility)でなく蓋然性 (probability) を再質問すると、何も考えていないことが分かった。

蓋然性の世界で考えた場合、現在の日本の発電用原子炉は、順次当初の設計寿命に到達している。原子炉の延命と廃炉のことが問題になっていることを全く意識していない近未来の議論は、言葉の遊戯でしかない。

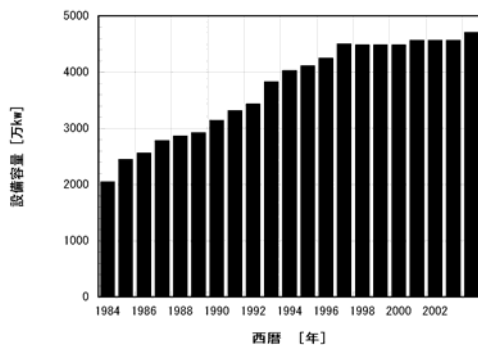


図 1 原子力発電の設備容量の推移[5]

1.2 2030 年の原子力発電の総設備容量の予測

2030 年のエネルギー事情を政府公表の図 1 の原子力発電の設備容量の推移のグラフ[5]から予測する必要があった。文献[5]で 1970 年～1983 年の設備容量のデータも得て、

図 1 のグラフ面を 2040 年まで拡張すると図 2 のようになる。白地の部分の予想が今回の課題であった。

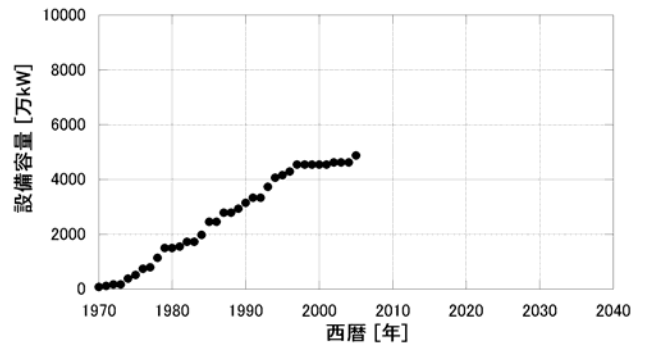


図 2 原子力発電の設備容量の推移 [5]

図 2 より 1973 年～1995 年の勃興期の設備容量の年毎の変化を回帰直線で表す。x を西暦 [年]、y を設備容量 [万 kW] とすると、

$$y = 176.83x - 348710 \quad (1)$$

となる。

それに続く 1996 年～2005 年の建設停滞期の変化は、同じように回帰直線で表すと、

$$y = 39.36x - 74171 \quad (2)$$

となる。

更に、2005 年からの設備容量の微増を 1973 年～1996 年の勃興期の設備容量の年毎の変化と同じ勾配の直線で表すと、

$$y = 176.83x - 349677.45 \quad (3)$$

となる。(1)～(3)の式の有効数字は考慮していない。式(2)および式(3)の x に 2030[年]を代入すると、式(2)より最も悲観的な (慎重な) 2030 年の設備容量の予想値 5730 [万 kW]が得られ、式(3)より最も楽観的な 2030 年の設備容量の予想値 9287 [万 kW]が得られる。

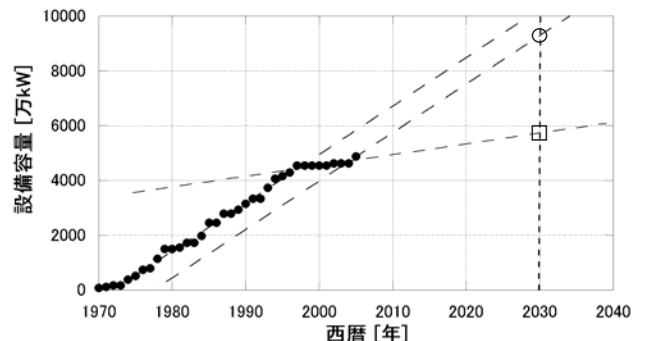


図 3 設備容量のデータの外挿から 2030 年の設備容量を予想する。○印は最も楽観的な 2030 年の予想、9287 [万 kW]、□印は最も悲観的な予想、5730 [万 kW]。

図 1、図 2、図 3 の出典は同じデータ[5]である。総設備

容量は 1995 年までの単調増加、1996 年から 2004 年の停滞期が読み取られ、楽観的な予想 (○印) と慎重な予想 (□印) ができる。

しかしその予測方法でよいのか考えた。図 1 の内容は誤りではないが図を見た者の判断を誤った方向(設備容量の漸増傾向)に導くおそれがある。設備・機械にはそれぞれ寿命がある。最後には完全には壊れなくても故障の頻度が上がり、運転効率が落ちるはずである。設備の寿命を取り入れて総設備容量の予想することを思いついた。

我々は、現在日本で稼働している 50 余基の発電用原子炉と、現在建設中の原子炉、更に、建設予定 (2017 年度まで) の原子炉の全ての原子炉の設備容量[5]を足し合わせ、一定の運転期間の経過した原子炉から順次、廃炉にする簡単なモデルを考えた。運転期間を、建設時期、出力、炉型に関わらず一定の値 (30 年~60 年) として計算してみた。計算に使う演算は足し算と引き算だけである。

文系教員だからとか、非工学系教員だからとか、高校生だからできないとは言わせない、非常に簡単で厭味な方法で近未来予測を行なってみた。電力や原子力関係者は計算し承知しているはずのデータであるが、一般の原子力発電や、エネルギー問題の図書やパンフレットにはなぜか出てこない情報である。

ラジオ部はこのほか、従来より環境放射線の測定を継続している。本年 2007 年、気象庁の富士山測候所が初めて民間に貸与された。国内最高峰富士山の山頂の気象庁の測候所本体内部での宇宙線の定点・連続測定の試行は、放射線医学総合研究所の保田浩志研究官のグループと茨城高専ラジオ部という変則的なグループが測候所を借りて観測をする機会を得た[6-11]。これについては別稿[12]で報告する。

また、ラジオ部では、原子力発電だけでなく再生可能なエネルギーの開発の実体験のため身のまわりの自然物の色素を用いた色素増感型太陽電池の開発の試行も行っている。これについては別稿[13]で報告する。

本稿では、Part 1 で設備容量の予測の概要を紹介し、Part 2 で 3 月の原子力学会の後学生が考えた原子力発電の設備容量の近未来予測と電力供給を維持するための原子炉の建て替えの方策について論じ、Part 3 では日本および米国の原子力発電の近未来予測を行なう。Part 2 は会澤雄基、大沼侑司の論考を基にし、Part 3 は関根恵の論考を基にしている。

学生たちは活動の一部を文部科学省主催の「はかるくんコンクール」に応募し入選した[14]。更に学生たちは、平成 19 年 2 月 11,12 日の東京における参加校の研究交流会、および 3 月 28 日の日本原子力学会春季年会 (於名古屋大学) の総合講演等で発表し 6 校全体で日本原子力学会社会・環境部会賞奨励賞を受賞した。

ラジオ部の毎回の催しには部員以外の参加者もあり、これほど学生が原子力や放射線に興味をもっていたかと驚くほど活発に行動し期待以上の成果をあげることができた。

1. 3 日本の原子力発電所の総設備容量の推移

国の正式な原子力発電所のデータ[5]を用い年毎の設備容量の増減 (追加・除去出力) と原子力発電の総設備容量を 1 枚のグラフにした。原子炉の寿命を 30 年と 60 年と仮定した場合のものを図 4、図 5 に示す。炉の寿命を、35, 45 ~60 年の場合についても同様な図を作成してみた。少なくとも、日本の軽水炉の総設備容量は、今後急激な減少に転じる可能性がある。温室効果ガスの削減のため原子力発電に依存するという一部の議論は、現在の日本の軽水炉の路線では不可能なことが示された。このまま放置すれば、日本の原子力発電量は、数十年でゼロになってしまうおそれがあることが分かった。

たとえ原子炉の寿命を 10~30 年延命しても総設備容量の変化の大勢にはほとんど影響が無いことも分かった。これについては Part 2 で詳しく論じる。

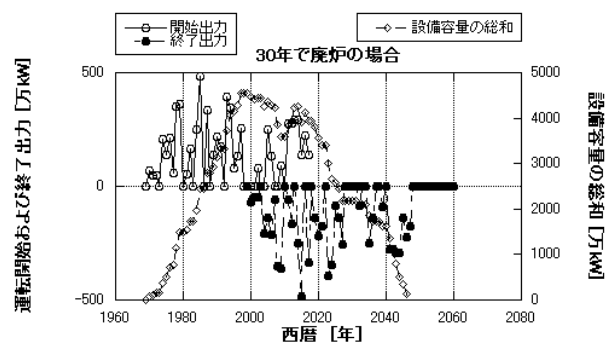


図 4 日本の軽水炉の建設、廃炉および総設備容量の推移 (建設後 30 年で廃炉の場合)

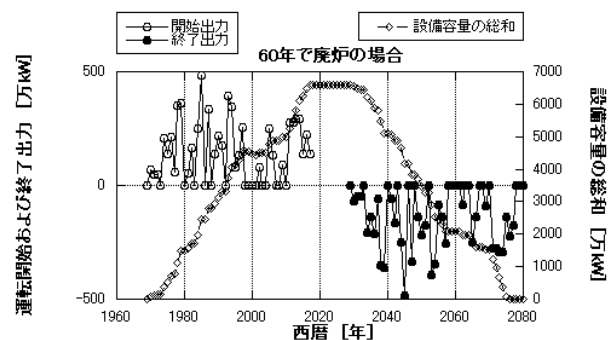


図 5 本の軽水炉の建設、廃炉および総設備容量の推移 (建設後 60 年で廃炉の場合)

1. 4 研究発表

1.4.1 交流シンポジウム

文部科学省の教育支援事業：高校生のための地域の原子

力・エネルギー学習プログラム交流シンポジウムで発表した。平成19年2月11・12日（於、東京大学武田ホール、三菱総研）、発表題目：ラジオ部「学生による飛行機・富士山の放射線測定と東海村の隣町から考える原子力の未来」内容等：上記自主学習の学習成果の発表。2月12日は三菱総研本社を会場に参加校の交流・意見交換を行った。

1.4.2 日本原子力学会、年会

日本原子力学会 2007 年春の年会・総合講演・報告で発表、平成19年3月28日（於、名古屋大学）G会場、「未来の世代が考える、2030年の日本のエネルギー・原子力の姿」、「地域の原子力・エネルギー学習プログラム」の成果の報告等を行った。

- ① 茨城高専ラジオ部「学生による飛行機・富士山の放射線測定と東海村の隣町から考える原子力の未来」。
- ② 参加6校合同「私達が考える2030年のエネルギー・原子力の姿」発表、およびそれに至る6校の取まとめ役を担当した。

参加6校全体で、日本原子力学会第3回社会・環境部会賞奨励賞を受賞した。

1.5 活動の成果

これらの活動により、学生の物事に対する積極性の涵養ができた。自分で計画したことがそのまま実現できることは大人でも子供でも楽しいことである。従来視野の狭い単一の趣味人（マニア）が多かった当ラジオ部で、環境問題、エネルギー問題、原子力問題、工業、技術、経済、政治の全てに関心を持つ・持たねばならないとの共通認識ができ上がりつつある。

平成19年度の文部科学省の当教育助成事業が再スタートした。ラジオ部は継続して参加することにした。

さらに、平成19年度の文部科学省の原子力研究促進プログラムの課題（教員の富永学の上級生の卒研の指導と松沢孝男の下級生のラジオ部の指導）にも採択され（全国で6高専）、講演会や見学会の企画の機会もさらに広がった。

Part 2

日本における原子力発電所の設備容量の将来予測

2.1 はじめに

私たちの所属している茨城高専ラジオ部では、数年前から日常的に近辺の自然放射線測定を行ってきた。国際線の飛行機内、富士山頂の2次宇宙線などの計測を続けているうちに、この放射線の源である放射性物質を人工的に利用するというに興味を持った。

今回我々は茨城という立地から原子力発電というものを中心に調査を開始した。すると、現在の日本国内における原子力発電所の担う電力の設備容量が3割と大きく占めていることや、今後は地形や受け入れの問題で原子力発電所の新設が難しくなりつつあることなどがわかってきた。

しかしながら、構造物には寿命が存在し、日本の原子力発電所の設計段階でのその寿命は30～40年程度であるという。日本での商用原子力発電所の稼働が1966年に東海発電所で行われており（1998年に営業運転停止）、実に今年で42年となり、今後各原子力発電所は順次停止（廃炉）となっていくと容易に予想できる。この実態を踏まえ、現状の原子力発電所では原子炉の延命利用が決定され、各原子炉に合わせて設計寿命よりも長い期間の利用が決定されている。

我々は、これらのことを考慮して現行施設での設備容量および電力供給可能期間の試算、一定の延命措置をとった場合の設備容量および電力供給可能期間の試算、そして今後の理想的な原子力発電での電力供給を行うための原子力発電所の建設モデルの作成を行った。

2.2 原子力発電の利用意義と前提

近年、地球温暖化の対策として国際的に温室効果ガスの排出規制が広がっている。その大きな削減対象は化石燃料の利用から生じる二酸化炭素 CO_2 である。これに対して、原子力発電は、二酸化炭素等の温室効果ガスの排出が発電の段階ではゼロである。これは原子力発電の大きな強みである。また、原子力発電はその燃料となるウランの供給が、化石燃料に対して貿易相手国や市場、価格の面で安定的であるということもその優位性としてあげられる。

火力発電の燃料である化石燃料であるが、これは近い未来枯渇が必至であるという試算が各所から報告されている。原子力発電の燃料であるウランも、実のところ同じような状況なのであるが、プルスーマルの実現によってこの問題は一気に解決する可能性がある。しかし、現実としてプルスーマルの要である高速増殖炉の実現は「もんじゅ」の事故（1995）などによって難航している状態であるが、国は平成17年発行の原子力政策大綱[15]で2050年をメドに商用での導入としている。

今回、原子力発電の設備容量の計算を行うに当たり上記理由により、原子力発電が今後半永久的に継続されること、原子力政策大綱に基づき核燃料サイクルが実施されて燃料が安定的に供給されることを前提とした。また、原子力発電所の数は立地条件や受け入れ可能な土地が減っているため、現存と現在建設が決まっている原子力発電所のみを考え、新たな新設の計画は一切されないものとする。

試算に当たり、目的とするのは、現状の電力消費量が維持され、原子力政策大綱に基づき原子力発電による電力供給率を、現状と同じように全体の3割程度であるとした。

設備容量で言えば 4500 万 kW から 5000 万 kW 以上を維持することである。

2.3 原子炉の高経年化対策

現在の原子炉を設計・建設する際に法律などにおける設計寿命の規定等は行われていない。当初、商用利用のための原子力発電所の原子炉は火力発電プラントの経験等から設計寿命が 30～40 年程度を想定されて作られていた。そのため、原子炉内に入れる監視試験片の個数は設計寿命に対応した個数しか挿入してこなかった。これが、延命処理の判断をする際重要な試料であり、運転途中からの（延命後の）挿入は無意味である。

2007 年になった今、この設計寿命が 30～40 年程度の原子炉がちょうど設計上の寿命を迎えることになる。監視試験片の枯渇の問題が現実のものになり始めてきた、また、原子力発電所はその性質上のリスクから、ほかの方式の発電所に比べ、建設可能な立地条件や受け入れ先の理解等解決が難しい問題が多く、今後容易に数を増やしていくことができない。

高経年化した原子力発電所への対策として 1996 年通商産業省では原子力発電所の技術評価等の充実によりプラントの運転が 30 年を超えても 60 年程度までの延命利用が可能としており（報告書「高経年化に関する基本的な考え方」）、各発電所は順次原子力発電所の延長利用を開始している。延命利用に際して、原子力発電所内（原子炉）のどこをどのように検査し、どの程度までの利用が可能かといった基準は完全には体系化・制度化されておらず、これ以降は現在まででは未知の領域となっている。2005 年、報告書「実用発電用原子炉施設における高経年化対策の充実について」がまとめられているが、原子炉内に入れておくべき監視試験片の払底の問題等明確な方針は示されていない。

2.4 原子力発電所の設備容量

原子力発電の設備容量の変化と設備容量維持のための対策を検討する。

(ア) 延命なしモデル

はじめに、現状の原子力発電所だけでの総設備容量の変化を調査する。すべての原子炉を設計寿命 40 年とし、延長利用・建て替えを一切しなかった場合を図 6 に示す。

これが、今ある原子力発電所だけで見た設備容量の移り変わりである。図 6 のより、2016 年を過ぎたあたりから設備容量が下がり始め、2056 年までには総設備容量が 0 となってしまうことが分かる。つまり最終的に原子力発電による電力供給が無くなってしまふのである。

(イ) 延命モデル

次に、今の日本の現有炉の延長利用について考える。すべての原子炉を 50 年の延長利用とし、建て替えをしなかった場合を図 7 に示す。

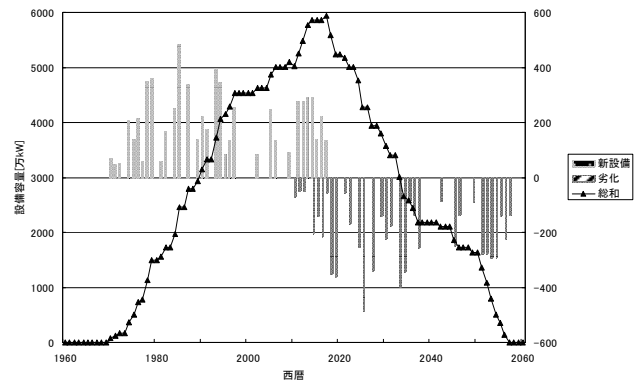


図 6 原子力発電所の寿命を 40 年として、建て替えを行わない場合の総設備容量

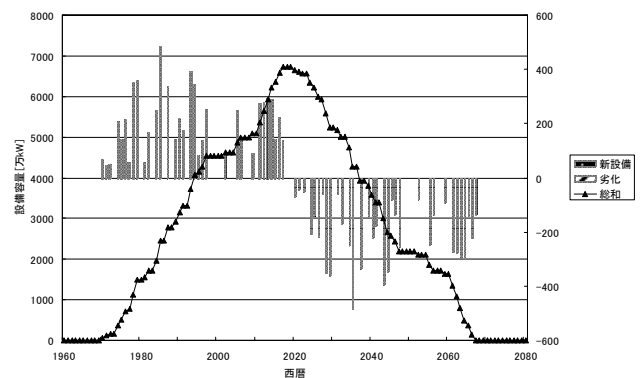


図 7 原子力発電所の寿命を 50 年として、建て替えを行わない場合の総設備容量

延命しても、総設備容量の変化は（ア）と同じような形になり、2020 年を過ぎたあたりから設備容量が下がり始め、2065 年までには設備容量が 0 となる。たとえ、それぞれの原子炉の利用期間を延長させたとしても、最終的には総設備容量は 0 になることが分かった。

(ウ) 原子炉の寿命毎に建て替えるモデル

それぞれの原子炉に寿命があるため、今ある原子力発電所だけでは、たとえ延命したとしてもいずれ総設備容量が 0 になってしまう。

そこで、各原子炉が 30 年の寿命を迎える毎に、原子炉の建て替えを行った場合を考える。

建て替える原子炉は APWR 並みの 150 万 kW 級の大型

の軽水炉とし、建て替えに要する解体・建設等の期間（建て替えスパン）を30年と仮定する。建て替え後の原子炉は設計寿命を60年とする。

今回解体・建て替えの期間は30年と仮定した。30年というのは現状では難しい数字と思われるが、方法の確立によって可能になる数字であると考えられる。

図8から分かるのは短期的に見ると、2040年ころに総設備容量の大きな谷間があり日本の必要な発電量（電力需要）をカバーしきれないというおそれがあるということである。これでは安定した電力供給とは言えない。

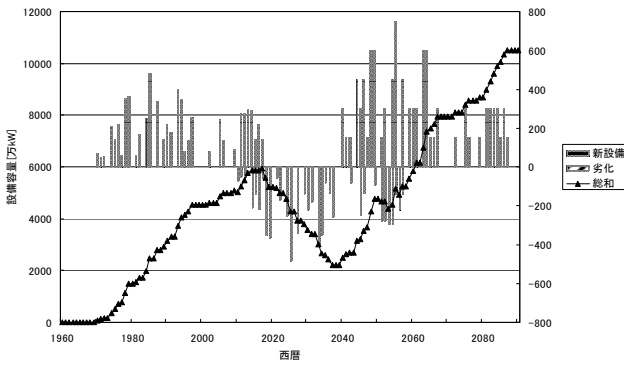


図8 原子力発電所の寿命を30年として、寿命の発電所を30年の期間を持って建て替えた場合の総設備容量

(エ) すべての原子炉を定期的に建て替えるモデル

(ウ)の案では非常に供給電力が不安定である。また、計画性に乏しい。そこで、定期的に原子炉を建て替えることで安定した電力供給ができるかを考える。(ウ)の時のように廃止措置をとった原子炉をすべて建て替えるのではなく毎年1基ずつ計画的に建設する場合を図9に示す。

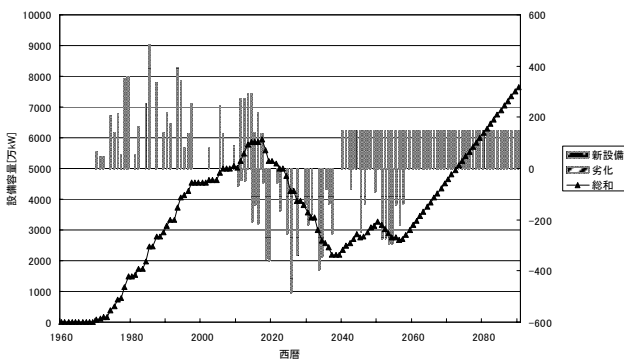


図9 原子力発電所の寿命を30年として、年に1基ずつ建て替えた場合の総設備容量

こうした建て替え方によれば、最終的には毎年同じ発電量を供給することができ、とても安定している。しかし、グラフを見ると(イ)と同様に2040年頃に総設備容量の大きな谷間ができてしまう。原子力発電への期待値の半分

しか供給できなくなる。この総設備容量の谷間は、安定した電力供給を目指すには大きな不安要素となってしまう。

(オ) 原子炉の建設年代別に延命期間を変え総設備容量の急激な落ち込みを緩和させるように建て替えた場合

総設備容量の谷間（落ち込み方）を、原子炉の建設年代毎に延命期間を変えることで緩和させられるかを検討する。上の(エ)の建て替えに加え、早い年代に建てられた原子力発電所よりも、後の年代に建てられたものの方が技術的に優れていて、長期間にわたる運用が可能であると仮定して、1970年代に建てられた原子力発電所を40年の稼働、1980年代の原子炉は45年、1990年以降のものを50年間稼働させた場合を図10に示す。

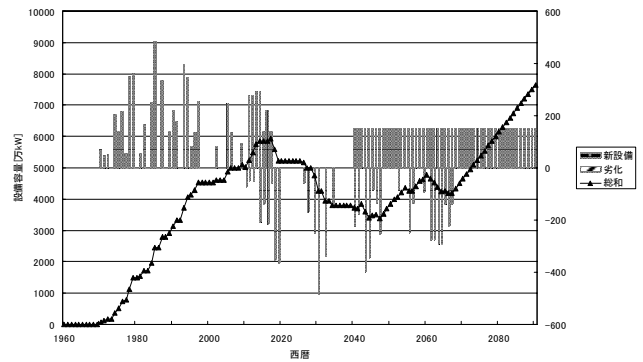


図10 原子炉寿命を建設年代によって決め、年に1基ずつ建て替えた場合の総設備容量

(ウ)(エ)に比べると総設備容量の落ち込み方は緩くなった。しかし、総設備容量の谷間自体が消えるわけではない。

2.5 日本のエネルギー

i 安定した電力供給

今後、定期的な建て替えが実施されれば、長期にわたって安定した発電容量が得られることが分かった。しかし、耐震問題や原子力発電に反対する人が多いことから、全ての原子力発電所が簡単に建て替えられると考えるのは難しい。また、現状の原子炉を延命させなければならないことや建て替えも今すぐ始めなければ間に合わないなど、非常に切羽詰った状況であることも事実で、早急に対策を練らなくてはならない。さらに、現在日本では廃止措置が完了した土地をどのように使うかも決まっておらず、今回の試算ではこの土地に原子炉を建て替え設置可能であると仮定したものであることも念頭に入れておかななくてはならない。

ii 総設備容量の谷間における設備容量確保の問題

前項(ウ)(エ)でも説明したとおり、原子炉の建て替えを行うとどうしても総設備容量の大きな谷間ができてしまう。この谷間の時期では必要最低限の設備容量を割ってしまい、他の火力発電等に大きな負担をかけてしまうことになる。(オ)の案でこの谷間をできるだけ緩和させる案を挙げたが、この問題も早急に取り組まなければならない。原子炉の建て替えによる給電の端境期の穴埋めを火力発電に頼るようでは二酸化炭素 CO₂ の削減どころではない。

iii 建て替えにおける問題

今回見積もった建て替え期間は非常に理想的なものである。解体・建設の工事にはもっと大きな時間がかかる可能性もある。また、地域住民の反対等で建て替えが不可能な場合も考えられるので、こういった場合の設備容量の不足にも対策を考えなければならない。

iv プルサーマル・核燃料サイクルの実用のための設備容量の減少問題

非常に有力な発電方法であるプルサーマル・核燃料サイクルであるが、商用化するためにはまだまだ実験が必要である。商用導入直後には、初めてのことをするというところで、規模の制限等が行われ、安全性が確保できるまでは原子力発電所本来の設計出力を得られない可能性も否定できない。また、設置箇所が限られているという仮定のもとでは、現状では軽水炉用であった土地を高速増殖炉用に割り当てなくてはならないかもしれない。こうなると当然その発電所での設備容量は減少してしまうことが予想され減少した分の発電容量確保などの問題が出てくると考えられる。

v 消費電力増加による原子力発電への負担の増量

日本で必要になる消費電力が増加する場合も考えられる。こうした場合に、どうやって発電容量を補っていくかも考える必要がある。

2.6 終わりに

今回の試算を通して、現状の原子力発電所に対して何の施策もなく運用を続けた場合、近い未来に原子力発電は必ずなくなってしまうことが分かった。それを回避するために原子炉を延命して利用しようが、それでも総設備容量の枯渇はいずれ起きてしまう。建て替えという方法をとっても、単純な計画では現状の設備容量を維持するのも難しいことが分かった。

これを回避するためには、現状を解析し短期的にはもちろんのこと中長期的にもしっかり計画をしなければならぬ。また、この問題が我々の世代や、それ以降の世代に直

撃する問題であることも非常に重大である。これから出てくる若い世代の人たちの原子力に対する認識も、原子力発電の未来に大きく関わってくると考えられる。建て替え期間の短縮等の技術革新も必要だが、根本的に原子力発電所を増やすためには一人でも多くの人間が原子力発電に対する正しい認識を持つことが必要である。

Part 3

米国と日本における原子力エネルギーの将来 高経年化に伴う原子炉の延命・建て替えと電力安定供給

3.1 はじめに

人の生活が豊かになるにつれて、世界のエネルギー需要も高まる。現在、世界のエネルギーの大部分は、石油や石炭などの化石燃料でまかなわれており、その資源には限りがある[16]。また、環境問題において地球温暖化は深刻であり、京都議定書によって二酸化炭素 CO₂ の削減目標が掲げられた。原子力発電は二酸化炭素をほとんど排出しない利点があるため、原子力はクリーンなエネルギー源といえる。

原子力に関して、米国と日本には深い関係がある。第二次世界大戦の時、米国は日本に原子爆弾を投下した。戦後、日米は友好関係を築き、原爆投下から約 10 年後の 1958 年 12 月には「日米原子力協定」[16]が発効され、日本は米国からウランの安定供給を受けている。日本の発電用原子炉の型は主に 2 種類あり、PWR (加圧水型)・BWR (沸騰水型) とともに米国の技術を導入している。

しかし、1979 年のスリーマイル島(TML)原子力発電所の事故後 30 年間、米国は原子炉の新規着工をしていない。一方日本は、着々と原子炉を建設してきた。

ところが近年 (2005 年 8 月)、米国のブッシュ大統領は 30 年ぶりに原子力発電所の新規建設や次世代原子炉開発を支援する目的で、包括エネルギー法案「2005 年エネルギー政策法」[17]に署名し、原子力カルネサンスを宣言した。また、従来の核燃料のリサイクルをしない直接処分路線では処分場の容量不足に陥るため、米国政府も使用済燃料のリサイクルと高速増殖炉路線へ転換した。日米の原子力開発の足並みは再び揃うことになり、2007 年 4 月に「日米原子力エネルギー共同行動計画」[18]が策定された。

近年、原子炉の新設が様々な事情から難しいことと、まだ高速増殖炉の実用化が遠いことから高経年化した原子炉の寿命を延ばす試みがある。これを延命対策という。なお、ここでいう「高経年化」は早くに建設された原子力発電所について、長い(高)年月が経つという時間経過を意味し古くなって役にたたなくなる「老朽化」とは区別する。

以下では、原子炉の延命が電力供給に与える効果とその限界、さらに原子炉の建て替えによって電力供給がどのように改善されるかを調べ、両国の原子力エネルギーの将来

を展望することを目的とする。具体的には、日米それぞれの全原子炉から得られる電気出力（総設備容量）の変化をいくつかのパターンに分けて分析を試みた。

3.2 原子力発電の総設備容量の推移の試算方法

(1) 使用データ

米国については、日本原子力産業委員会が編集する「世界の原子力発電開発の動向 2006 年次報告[19]」のデータを用いた。それには、発電所名・電気出力・営業運転開始年月など米国の原子炉 131 基のデータが掲載されている。全てを掲げる紙数はないので、これらデータのうち、掲載順（アルファベット順）に 5 基のデータを表 1 に例示する。なお、表 1 のグロス出力は、発電所が最大でどれくらいの電気を作ることができるのかを示す設備容量ともいう。また、ネット出力とは原子炉運転に必要な消費電力をグロス出力から差し引いた出力をいう。

表 1 米国の各原子炉の出力と営業運転開始年データ例

発電所	電気出力(万kW)		炉型	発注	着工	臨界	営業運転
	ネット	グロス					
ALVIN W.VOGLTLE-1	114.8	121.5	PWR	1971.9	1974.6	1987.3.9	1987.5.31
ALVIN W.VOGLTLE-2	114.9	121.5	PWR	1971.9	1974.6	1989.3.28	1989.5.20
ARKANSASNUCLEAR ONE-1	84.0	90.3	PWR	1967.4	1968.12	1974.8.6	1974.12.19
ARKANSASNUCLEAR ONE-2	100.0	106.5	PWR	1970.5	1972.12	1978.12.5	1980.3.26
BEAVER VALLEY-1	86.8	91.5	PWR	1967.9	1970.6	1976.5.10	1976.10.1
...

日本については、経済産業省資源エネルギー庁の編集する「原子力 2007」[16]のデータを用いた。それには、発電所名・炉型・許可出力・運転開始年月日など着工準備も含めて、日本の原子炉 68 基のデータが掲載されている。これらデータも、掲載順に 5 基のデータを表 2 に例示する。なお、表 2 でいう許可出力が、表 1 でいうグロス出力に対応する。2018 年以降運転開始の原子炉の計画はない[16]。

表 2 日本の各原子炉の出力と営業運転開始年データ例

発電所名	所在地	炉型	許可出力(万kW)	運転開始年月日
東海第二	茨城県東海村	BWR	110	78.11.28
敦賀(1号)	福井県敦賀市	BWR	35.7	70.3.14
敦賀(2号)	福井県敦賀市	PWR	116	87.2.17
泊(1号)	北海道泊村	PWR	57.9	89.6.22
泊(2号)	北海道泊村	PWR	57.9	91.4.12
...

(2) 出力

分析には、許可出力（＝グロス出力）を採用した。モデルの簡略化のため、定期検査の期間や事故等による停止期間を計算には入れず、最大出力で運転し続けるとして計算を行った。

(3) 建て替えスパン

この論文では、同じ場所での旧炉解体から新炉建設までの期間を「建て替えスパン」と言うことにする。簡単のため、旧炉解体に 10 年、新炉建設に 10 年、合計 20 年を建て替えスパンとした。なお Part 2 では建て替えスパンを 30 年としている。

(4) 新規着工する原子炉の出力

最近の新しい原子炉設計では高出力化の傾向がある。この論文ではモデル簡略化のため、原子炉の建て替えの際に新規着工される原子炉は、全て高出力の 130 万 kW (ABWR の電気出力並み) の原子炉とした。

(5) 建て替え場所

原子炉の建て替え場所は、両国ともに廃止される炉と同じ場所に新炉を建設するとした。

(6) 計算方法

各発電所の営業運転開始年月と許可出力値を調べた。各原子炉は廃炉に至るまで許可出力値で 40 年間または 60 年間運転されると仮定した。そして廃炉に達した炉の出力はその国の全原子炉の総設備容量から差し引くものとした。さらに炉寿命 40 年を経過後、同じ場所に高出力の 130 万 kW 型の新炉を建て替えスパン 20 年で建設するモデルでも試算した。この方法で、米国と日本の原子炉における延命と新炉建設による効果を試算し、両国の状況を比較した。

3.3 原子炉の延命と新炉建設による効果

3.3.1 米国の場合

米国の原子力発電所は、運転認可を受けてから 40 年間の運転が認められている。ただし、それを超えて運転を継続する場合には、事業者が法律に従って再度申請を行い、原子力規制委員会の審査によって承認されれば、運転の期間を最長 20 年間延ばす事が認められている。

(1) 延命による効果

米国の 131 基ある全ての原子炉の寿命を一律に 40 年として計算した結果を図 11 に示す。ここで、追加出力・除去出力という言葉を定義しておく。「追加出力」とは新たに運転を開始する原子炉の出力であり、「除去出力」は廃止される炉の原子炉出力である。分析においては、いずれの出力も許可出力（＝グロス出力）の一定値を仮定した。言う

までもなく、同炉の追加出力と除去出力の絶対値は等しい。

図 11 を見ると、1990 年から 2010 年まで高い水準の安定供給時期が続くものの、それ以降電力供給が不安定（急減）になり、このまま新炉を建設しなければ 2035 年には電力供給が途絶えることが分かる。米国が 30 年ぶりに原子カルネサンスを宣言し新規着工に積極的に乗り出さざるを得ないのは、このような深刻な事情によるためではないかと考えられる。

文献[19]のデータによると、米国では 1979 年以降の原子炉の着工はゼロであった。米国で 30 年間原子炉の新規着工がないにも関わらず、図 11 の 1996 年まで設備容量の増加が続いているのは、スリーマイル島原子力発電所事故以前に着工されていた炉が、10 年以上かけて運転開始を迎えたケースも含まれるからである。これはおそらく、上記事故が米国の原子炉規制その他に大きな波紋を投げかけ、原子力発電所の建設がしばらく中断するなどの事態があったためと想像される。

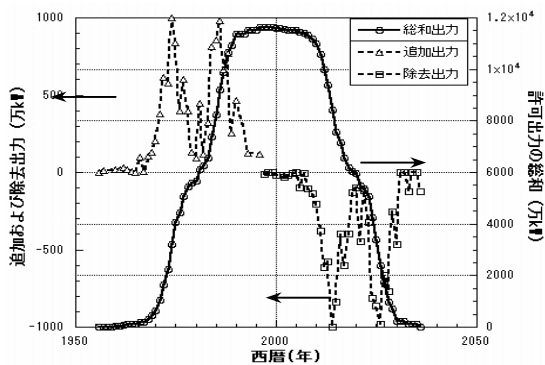


図 11 米国の原子炉が 40 年で停止する場合

ところで、図 11 に示した試算結果は、炉寿命を 50 年、60 年と延ばしたとしても究極には必ず原子炉出力の合計はゼロになる。それぞれの原子炉の追加・除去出力を変えず、60 年で廃炉になる場合（実線）の許可出力の総和を炉寿命 40 年の場合（点線）と並べて図 12 に示す。

60 年まで延命した場合（実線）、安定供給領域が 2030 年まで続き、その後急激に電力供給が減少する。安定供給が崩れてからの出力変化は 40 年停止と 60 年停止の場合とで相似である。60 年停止という強力な延命策を採ったとしても、今後新炉を建設しなければ 2030 年以降電力供給が急激に減少し、2060 年を待たずに電力供給は途絶える。

(2) 新炉建設による効果

米国での運転許可に従い全原子炉の寿命を一律に 40 年とし寿命が尽きた後 20 年の廃炉・新炉建設期間（建て替えスパン）を経て高出力の 130 万 kW 型の新炉建設を無限に繰り返した場合（点線）を図 13 に示す。参考として単純に 60 年まで延命した場合（実線）を図 13 に重ねて示す。

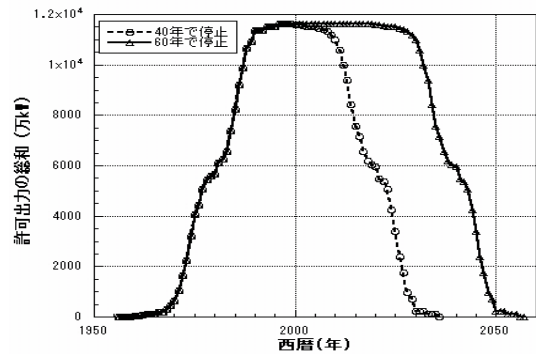


図 12 米国の原子炉が 60 年で停止する場合

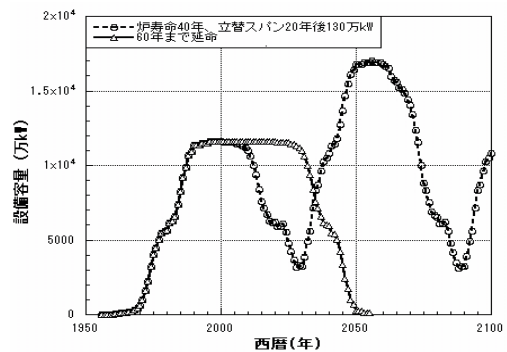


図 13 米国の原子炉寿命 40 年、建て替えスパン 20 年後 130 万 kW 新炉の建設と原子炉を 60 年で停止するモデル

図 13 より、40 年で炉を停止させて新しい炉に建て替えた場合（点線）でも、2010 年ごろから大きな電力の落ち込みが始まるのが分かる。さらにその後も同じように電力の落ち込みが 60 年周期で現れることが分かった。したがって、原子炉の廃炉・新炉建設はこの周期を考慮して計画的に行う必要がある。

原子炉の寿命を 60 年まで延命する処置を施した場合（実線）、2030 年まで安定供給が得られる。すると、2030 年以降の電力の落ち込みが多少なりと緩和されるであろう。延命と新炉着工を「同時並行」で進めるべきである。そうしなければ、2030 年付近の電力の落ち込みからくる電力供給の不安定性は免れない。さらに、2075 年以降に現れる第 2 期電力の不安定化を回避するためには現有炉と同じ場所に建て替えるだけでなく、他の場所にも新炉を計画的に建設する必要がある。

3.3.2 日本の場合

日本では運転開始後 30 年を経過する商業用原子炉施設が、2010 年には 20 基に達することから、これまでに整備した施設の高経年化対策の充実に向けた取り組みがなされている[16]。日本には法律上、米国ほどきちんとした炉寿命の最長値を制限する規制はない。

(1) 延命による効果

着工準備中も合わせて日本の68基ある全ての原子炉の寿命を一律に40年として計算した結果を図14に示す。なお、総和出力（総設備容量）は現在計画されているもののみを考慮した。

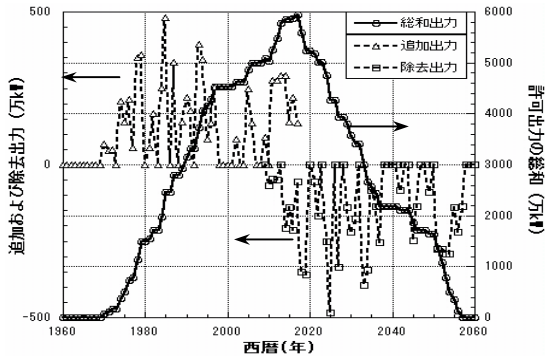


図14 日本の原子炉が40年で停止する場合

図14をみると、2015年以降電力供給が不安定になり、今後新規着工がなければ2056年になる前に電力供給は途絶えることが分かる。

米国の場合と同様に、追加・除去出力を変えず、60年で廃炉になる場合（実線）の許可出力の総和を炉寿命40年の場合（点線）を並べて図15に示す。

原子炉を60年まで延命した場合（実線）も、2030年以降急激に電力供給が減少する。安定供給が崩れてからの出力は40年停止と60年停止とで相似である。今後新炉を建設しなければ2030年以降は電力供給が減少し、2075年頃に電力供給は途絶えることが分かった。

(2) 新炉建設による効果

全原子炉の寿命を40年とし、寿命が尽きた後20年の廃炉・新炉建設期間（建て替えスパン）を経て、高出力の130万kW型の新炉建設を無限に繰り返した場合（点線）を図16に示す。参考として、単純に60年まで延命した場合（実線、図15に同じ）を図16に再掲する。

図16を見ると、40年で炉を停止させて新しい炉に建て替えた場合（点線）、2017年以降に設備容量の落ち込みが始まることが分かる。

さらにその後も、同じように電力の落ち込みが60年周期で現れることが分かった。したがって、原子炉の廃炉・新炉建設はこの周期を考慮して計画的に行う必要がある。

原子炉の寿命を60年まで延命させた場合（実線）、2030年付近の電力の落ち込みは緩和される。延命と新炉着工を「同時並行」で進めるべきである。さらに、2075年以降に現れる第2期の電力不安定化を回避するためには現有炉と

同じ場所に新炉を建て替えるだけでなく、別の場所に新炉を計画的に建設しなければならない。

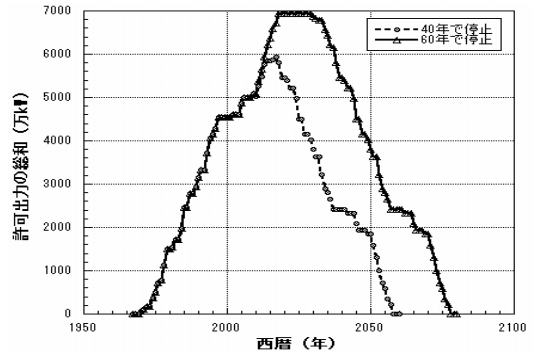


図15 日本の原子炉が60年で停止する場合

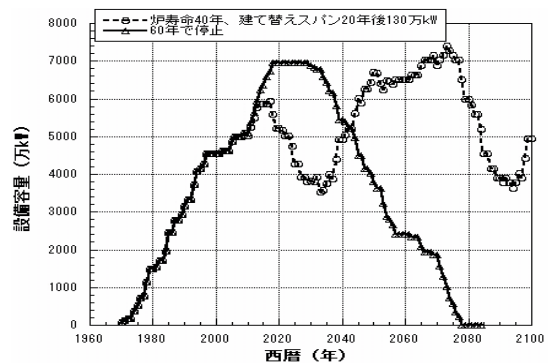


図16 日本の原子炉寿命40年、建て替えスパン20年後130万kW新炉の建設と60年で停止のモデル

3.4 結論

—米国と日本の原子力エネルギーの将来—

米国と日本の原子炉を「寿命」という観点で試算してきたが、米国は過去30年間着工がなく、日本はその間着々と原子炉を建設してきており、両国で事情が異なる。それにもかかわらず、両国ともに現状のままでは、比較的近い将来に設備容量の低下、電力供給の不安定化が到来することが分かった。

また、このまま新炉を建設せずに60年まで延命の対策のみ行った場合、米国では2050年ごろ、日本では2075年ごろに電力供給が途絶えることが明らかとなった。新炉を建設したとしても両国ともに2010年ごろから供給電力の低下が始まることから、原子炉の建て替えを真剣に検討せざるを得ない「危機」が身近に迫っていることが分かった。

さらに、現有炉と同じ場所に新炉を建設する限り、電力の落ち込みが周期的に現れることから、原子炉の廃炉・新炉建設はこの周期を考慮して計画的に行う必要がある。この対策として、廃炉時期を待たず、現有炉とは別の場所にただちに新炉の建設を促進するとともに、現有炉の延命を同時進行で行うことが重要だと考えられる。

日本と米国は歴史的な背景から原子炉の建設テンポに違いはあるものの、同じ原子力発電所の高経年化による電力不安定性の問題に直面している。本年、日米原子力エネルギー共同行動計画が策定されたことも踏まえ、日米両国は、環境に配慮しながら技術交流、人材支援等の密接な国際協力を積極的に進めることが急務ではないかと考えられる。

4. Part1~Part3 のまとめ、2030 年の設備容量予測

3 部に分けて論じた小論を 2030 年の日本の原子力発電の供給能力（設備容量）についてまとめると、次の表 3、表 4 のようになる。表 4 の場合、建て替えのスパンおよび新炉の規模（設備容量）の仮定から推定値には若干の揺らぎが生じる。2005 年の設備容量 4958 [万 kW] [16] と比べ、ほとんどの場合減少している。

ローマクラブの報告を引用した文献[20]によれば、世界の人口増加は 40 年で 2 倍、エネルギーの需要は 30 年で 2 倍だという。総エネルギー需要に占める電力エネルギーの割合は 20 年で 2 倍に増えるという。そのような趨勢の中で、たとえ日本の人口は減少に転じたとはいえ、原子力エネルギーについても、また再生可能エネルギーについても積極的に開発を進めていく必要性を感じている。

表 3 原子炉の建て替え無し(延命処置を含む)場合の 2030 年の設備容量

原子炉の寿命	Part 1	Part 2	Part 3
30 年	2000 万 kW		
40 年		3500 万 kW	3500 万 kW
延命して 50 年		5100 万 kW	
延命して 60 年			6900 万 kW

表 4 原子炉の建て替えの場合の 2030 年の設備容量

原子炉の寿命	建て替えスパン	Part 2	Part 3
	新炉の大きさ	150 万 kW	130 万 kW
30 年	30 年	3900 万 kW	
	1 年 1 基	3500 万 kW	
	炉の寿命毎	4500 万 kW	
40 年	20 年		6900 万 kW

これらの予想は、発電用原子炉運転の実態より慎重（悲観的）な予想になっている可能性はある。実際の原子炉では、制御機器だけでなく、シュラウドのような主要構造材まで故障・破損前に取り替えており、運転開始後何も手当てしない「設計寿命」という数値での予測は推定設備容量を少なめに見積もる可能性もあるとの指摘を戴いた。

5. 補遺

日本の原子力発電の原子炉の寿命について設計時 30~40 年であったと述べたが明示的な資料は無い。偶々、本年 2007 年 12 月 30 日付けの新聞各紙（茨城新聞、日本経済新聞、東京新聞、山梨日々新聞、静岡新聞、岩手新聞、長崎新聞等、共同通信社の配信記事。朝日新聞、読売新聞、毎日新聞等には記載無し）に、原子炉の「監視試験片払底」の記事が出た。

運転開始から 30 年を経過する原子炉が 13 基あり、そのうち、「監視試験片」が 1~2 個しかない原子炉名と残存試験片個数が明示されている。図 17 に、運転開始からの年数（経年）と、残存監視試験片個数を示す。表 5 に運転開始年順に経年および残存監視試験片個数を掲げる [5]。

表 5 運転開始年、経年および残存監視試験片変個数

原子炉	型	開始	経年	残存監視試験片個数
敦賀-1	BWR	1970 年	37 年	1 個
美浜-1	PWR	1970 年	37 年	2 個
福島 I-1	BWR	1971 年	36 年	1 個
美浜-2	PWR	1972 年	35 年	2 個
福島 I-2	BWR	1974 年	33 年	1 個
島根-1	BWR	1974 年	33 年	2 個
高浜-1	PWR	1974 年	33 年	個数記述無し
高浜-2	PWR	1975 年	32 年	個数記述無し
玄海-1	PWR	1975 年	32 年	個数記述無し
福島 I-3	BWR	1976 年	31 年	1 個
浜岡-1	BWR	1976 年	31 年	2 個
美浜-3	PWR	1976 年	31 年	個数記述無し
伊方-1	PWR	1977 年	30 年	個数記述無し

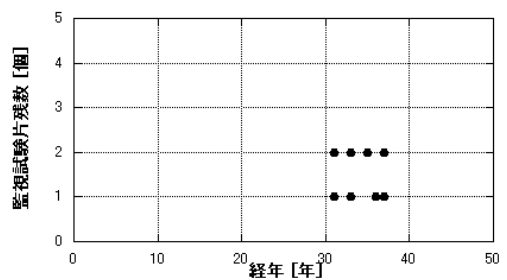


図 17 原子炉の運転開始からの年数（経年）と残存監視試験片個数（2007 年 12 月 30 日の新聞各紙の記事と文献[5]より作成、経年 30 年以上の 8 原子炉）

このデータのみでは設計当初の原子炉の設計寿命の全貌の解明は不可能であるが、運転開始後 30 年を越えた 8 基の原子炉は、監視試験片が 1~2 個しか無いことが明らかになった。この事実から、Part1~Part3 で原子炉設計時の炉の設計寿命が 30~40 年であったとの記述はほぼ証明されたと考える。

後残り 1~2 個しかない監視試験片を使い果たしたときの対策を新聞記事では、(シャルピー) 試験後の試片(全長 5.5 cm) を溶接して再利用すると書かれていた。溶接時の熱による疲労や欠陥の回復を考えなくてよいのか疑問である。

我々は昨年 2006 年 12 月に大洗町にある東北大学金属材料研究所国際量子エネルギー研究センターの見学をし、長谷川雅幸教授の原子炉材料の高経年化の研究の講義を聴き、使用済み試験片よりミニサイズの試験片を切り出し再利用する技術開発の現場を見せていただいた。この方法しか、高経年化した原子炉の健全性を検証する方法がないと感じている[21, 22]。東北大学金属材料研究所(大洗)の見学と長谷川雅幸先生の講義がわれわれの小研究の発端である。**補遺の補遺** 佐藤正明、[調査研究報告]廃止措置に伴う原子力発電供給量低下の緩和策について、季報エネルギー総合工学 Vol. 25 No. 4 (2003.1)の存在を WWW で知った。

謝辞

本研究の遂行にあたり、文部科学省、三菱総研、東北大学金属材料研究所長谷川雅幸先生、三菱原子燃料株式会社、名古屋大学・愛知工業大学森千鶴夫先生、東大原子炉弥生、東大アイソトープセンター小池裕也先生、JAEA 原子力研修所小室雄一氏、JAEA 高崎研究所杉本雅樹氏、ガンマワールド中川仁所長、JAEA 大洗研究所の JMTR、HTTR の担当者の方々、東大農学部田野井慶太郎博士、札幌医科大学高田純教授にお世話になりました。

また、北海道大学工学部板垣正文教授と 3 年生の岸田耕一君、原子力シニアネットワークの金氏顯さん、林勉さん、益田恭尚さんには本論文に目を通していただきました。

以上の方々に感謝いたします。

参考文献

- [1] 松沢孝男ほか、文部科学省教育支援事業「高校生のための地域の原子力・エネルギー学習プログラム」の受入による文化系クラブの活性化の試行、高専教育、第 31 号(2008 年 3 月、掲載予定)。
- [2] Takao Matsuzawa, Kunihiro Iioka, and Yoshikaru Kawai, Gamma dose rate in the vicinity of JCO as approximately 8:00 pm on September 30, 1999, *Journal of Environmental Radioactivity*, 50 (2000).
- [3] 松沢孝男、飯岡邦彦、河井義春、臨界状態が続く 1999 年 9 月 30 日 20 時頃の JCO 社周辺の γ 線の空間線量率(その 1)、茨城工業高等専門学校研究彙報、第 35 号, pp 31-39 (2000)。
- [4] 松沢孝男、臨界事故から約 130 日後の JCO の敷地内および周辺の空間線量率(JCO 報告、その 3)、茨城工業高等専門学校研究彙報、第 39 号, pp. 41-52 (2005)。

- [5] 経済産業省資源エネルギー庁、(財)日本原子力文化振興財団、「原子力 2005」、p. 25, p. 123.
- [6] H. Yasuda, T. Matsuzawa, Y. Igarashi, Monitoring of Cosmic Radiation Exposure on the Top of Mt. Fuji, *Proceedings of the International Workshop/Symposium on Mt. Fuji Project: For the establishment of a "high mountain observation platform of extreme environment"*, pp. 19-20 (2006).
- [7] M. Sekine, R. Asano, R. Takasaki, T. Takayanagi, T. Matsuzawa, Y. Okuyama, A Trial of Measurements in natural Ionizing Radiation in Aircrafts and at the Top of Mt. Fuji, by School Students – Secondary Cosmic Rays –, *ibid*, pp. 47-48 (2006). 富士山シンポジウム。
- [8] 松沢孝男ほか、身のまわりの放射線の測定の試行、一航空機、富士山、2 次宇宙線、北朝鮮の核実験一、茨城工業高等専門学校研究彙報、第 42 号(平成 19 年 3 月), pp. 45-52.
- [9] JISCARD: 放射線医学総合研究所。
<http://www.nirs.go.jp/research/jiscard/index.shtml>
- [10] 保田浩志、航空機塔乗の宇宙線による被ばくについて、*Radiological Sciences* Vol. 48 No. 9 p.317. (2005)
- [11] 保田浩志、航空機での宇宙線被ばく線量を計算する「JISCARD」、*FB News* 369, pp. 1-5, (2007)。
- [12] 松沢孝男ほか、宇宙線の測定を目指した富士山登山の試行、茨城工業高等専門学校研究彙報、第 43 号(2008 年 3 月、掲載予定)。
- [13] 松沢孝男ほか、身のまわりの色素を使って色素増感型太陽電池を作る試み、茨城工業高等専門学校研究彙報第 43 号(2008 年 3 月、掲載予定)。
- [14] 平成 18 年度、文部科学省主催簡易放射線測定器「はかるくん」コンクール 入選、ラジオ部、タイトル「飛行機に乗ると放射線を浴びるって本当ですか?」
- [15] 原子力委員会、「原子力政策大綱」、p. 6 (2005)。
- [16] 経済産業省資源エネルギー庁、(財)日本原子力文化振興財団、「原子力 2007」、p4、5、14、26、27、31、73、75、133、116、124 (2007)。
- [17] 2005 年エネルギー政策法：米国、2005 年 8 月。
- [18] 日米原子力エネルギー共同行動計画：2007 年 4 月。
- [19] 日本原子力産業委員会、「世界の原子力発電開発の動向—2006 年 12 月 31 日現在—」(2007 年 4 月)。
- [20] セラミック協会編、「太陽電池材料」pp. 5-7, 日刊工業新聞社刊(2006)。
- [21] 長谷川雅幸、永井康介、唐政、井上耕治、畠山賢彦、平成 17 年度原子力安全基盤調査研究、原子炉鉄鋼材料の脆化・劣化機構および予測に関する革新的ナノ材料学的研究：実機圧力容器鋼監視試験片を中心として(概要)。
- [22] 長谷川雅幸、永井康介、唐政、井上耕治、畠山賢彦、平成 18 年度原子力安全基盤調査研究、原子炉鉄鋼材料の脆化・劣化機構および予測に関する革新的ナノ材料学的研究：実機圧力容器鋼監視試験片を中心として(概要)。

宇宙線の測定を目指した富士山登山

松沢孝男¹、大沼侑司²、会澤雄基²、阿久津達也²、森脇滉²、
中島宏昌²、飯嶋竜司²、箕輪菜²、関根恵³、保田浩志⁴

※¹自然科学科 ※²ラジオ部学生、※³ラジオ部学生（現在、北海道大学工学部） ※⁴放射線医学総合研究所

Climbing Mt. Fuji to Measure Secondary Cosmic Rays

Takao MATSUZAWA, Yuji OHNUMA, Motoki AIZAWA, Tatsuya AKUTSU, Akira MORIWAKI,
Hiroaki NAKAJIMA, Ryuji IJIMA, Shiori MINOWA, Megumi SEKINE, and Hiroshi YASUDA

Abstract : In 2006, we started a trial, measuring radioactive rays on the Mt. Fuji mountaintop; the highest domestic peak. In 2007, the Mt. Fuji Meteorological Observatory of the Meteorological Agency was opened to the public for the first time. It was loaned to NPO, the users group of Mt. Fuji Meteorological Observatory.

At this opportunity, we began trials of measurement at a fixed point / the continuous ground surveying of secondary cosmic rays at the highest point; Mt. Fuji Meteorological Observatory. Despite using old technology, we have already satisfied our on-going trial to measure muons, also neutrons of secondary cosmic rays, other than gamma rays.

1. はじめに

身のまわりのあらゆる物からは放射線がでている。宇宙から、大地から、空気中から、食品から、つまり放射線はどこにでも存在しているものであり、私たちはそれらを常に浴びて生活している。それならば放射線の量つまり線量率は場所によってどのように変化するのだろうかという疑問がでてきた。去年ラジオ部では飛行中の国際線の飛行機での放射線の変化を簡易放射線測定器「はかるくん（メモリー型）」で測定した。飛行中の国際線の機内では線量率は地上の10倍以上の値を示した[1]。

本年(2007年)、初めて富士山頂の気象庁富士山測候所(空き家)が民間に開放された。NPO「富士山測候所を活用する会」が借り受け、希望者に施設の利用を仲介する方式である。今までは、関係者以外は見学のための立ち入りもできなかった。(2006年の測候所見学会に参加した[2].)

幸い、今年度ラジオ部は測候所内部の正規の見学の機会を得た。そのため、今回ラジオ部で富士登山(測候所見学会)を行った。主目的は今年から民間に開放された頂上3,776mにある富士山測候所(図1)の内部をおそらく全国の高校生・高専生としては初めて見学することである。

富士山頂での気象観測は、1880年(明治13年)、東京帝大が山頂久須志岳付近で重力測定を行ったのに始まる。

富士山測候所は、新田次郎の小説「芙蓉の人」[3]に示される1895年(明治28年)の野中至・千代子夫妻の信念に基づく山頂気象の越冬観測(野中観測所)をきっかけに始まった。

1958年(昭和33年)狩野川台風、1959年(昭和34年)の伊勢湾台風による大被害への観測態勢の不備に対する反省から富士山頂への大レーダーの設置が1965年(昭和40年)完成した。小説「富士山頂」(新田次郎)[4]、NHKプロジェクトX、「富士山レーダー、巨大台風から日本を守れ、富士山頂・男たちは命をかけた」[5]に詳しい。新田次郎

は当時の気象庁の測器課長藤原寛人氏のペンネームである。氏の富士山関係の小説には、他に「富士に死す」[6]、「凍傷」[7]、「蒼氷」[8]、「怒る富士」[9]がある。

さらに、1999年(平成11年)気象観測技術の進歩から山頂レーダーが不要になり廃止され、ついに2001年(平成13年)レーダーが解体・撤去され、2004年(平成16年)には気象観測および観測員の常駐も廃止された。

第3の執念は、空き家になった測候所[10]を汎用性のある高所研究所に転用しようとするつくば大学の浅野勝己・江戸川大学の土器屋由紀子らの活動である[11, 12, 13]。富士山高所科学研究会をつくり、さらにそれを母体にNPO「富士山測候所を活用する会」[14]を発足させた。国有財産の民間への貸し出しの嚆矢となる気象庁富士山測候所の民間への貸し出しが本年度(平成19年度)、初めて実現した。



図1 富士山頂剣が峰、気象庁富士山測候所遠景

我々は、その機会を利用して歴代の関係者の信念・執念の塊りのような測候所内部の見学を計画した。登山時に日本で一番高い富士山頂ではどれぐらいの放射線の線量率の値を示すか簡易放射線測定器「はかるくん (メモリー型)」で実際に測定した。富士山頂での環境放射線の測定例はほとんどない[15, 16]。私たちの富士山観測登山のことは朝日新聞の地方版 (茨城版) で報道された[17]。

2. 登山途中および山頂の放射線および体調の測定

Part 1 初めての富士山登山 [18]

1. 概要

飯嶋らは富士宮登山口 (標高 2400[m]) から山頂付近 (標高 3600[m]) まで空間線量率測定した。線量率の測定は、簡易放射線測定器「はかるくん (メモリー型)」(図 2) を携帯して行なった。この装置には 1 分ごとに自動的に線量率の値を記録していく機能があるのでそれを利用した。登山中の線量率の変化を y 軸-線量率 [$\mu\text{Sv/h}$]、 x 軸-チャンネル数、時間 [分] として図 3 に示す。登山の途中何回か短い休憩を入れるが短いのでその間に測定した値もデータとして扱うことにする。



図 2 簡易放射線測定器「はかるくん (メモリー型)」

2. 結果・考察

簡易放射線測定器「はかるくん」で富士宮登山口 (標高 2400[m]) から山頂付近 (標高 3600[m]) まで空間線量率測定した。測定器のメモリー機能を用い、1 分刻みのデータを得た。個々の測定地点の標高は把握していない。ただし、登山道の特徴から、時間と高度はほぼ線形の関係になる (図 3)。気圧から高度を求める気圧高度計の較正については Part 3 で述べる。

図 3 の縦軸が線量率で、単位は [$\mu\text{Sv/h}$]、横軸はチャンネル数、時間、高度に対応する。測定データを (・) で表す。データの回帰直線は、高度上昇(時間)とともに僅かに上昇している。

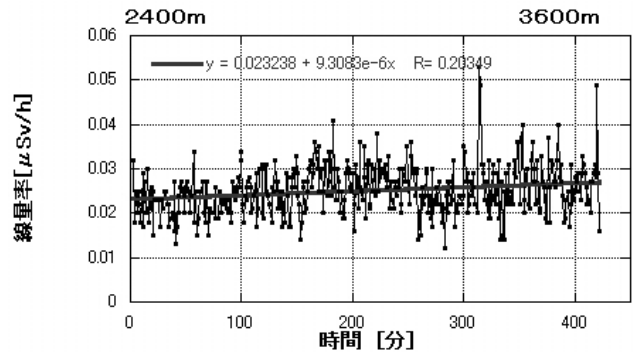


図 3 登山中の空間線量率の変化
富士宮登山口 (標高 2400[m]) から山頂付近 (標高 3600[m])

回帰直線 (1 次関数) を実験式で表すと、

$$\text{線量率 } y = 0.0232 + 9.30 \times 10^{-6} \cdot x \quad [\mu\text{Sv/h}],$$

x は時間 [分] となった。測定した高度 (標高) の差は 2400m から 3600m の 1200m であったが線量率は僅かながら上昇 (変化) している。つまり高度が上がれば線量率が僅かに増える。

3. 一定高度での線量率の変化

3-1 方法

標高 3,600m 付近での 1 時間 30 分間の休憩を利用して一定高度での線量率の変化を測定した。線量率の変化を y 軸 [$\mu\text{Sv/h}$]、 x 軸を時間 (分) として図 7 に示す。線量率の測定には「はかるくん」の測定機のメモリー機能を用いる。また休憩中に移動した時に得たデータも扱うことにする。その際移動した場所は最初の 30 分間は火口付近 (図 4)、残りの 1 時間は浅間神社付近 (図 5, 6) の 2ヶ所である。



図 4 空間線量率を測定した富士山火口付近



図5 空間線量率を測定した山頂の浅間神社付近



図6 富士山頂郵便局（8月20日まで営業）

3-2 結果・考察

測定した空間線量率の時間変化は図7のとおりである。

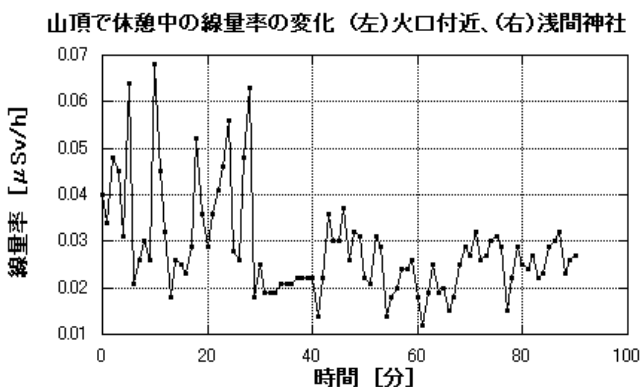


図7 山頂で休憩中の線量率の時間変化のグラフ
最初の30分が火口付近、以後は浅間神社付近での変化

始めの30分間が火口付近にいたとき、後の1時間が浅間神社付近にいた時である。火口付近での線量率の値の変化が浅間神社での変化に比べて大きい。この変化は今回測定したものの中で一番激しい変化である。空から来る放射

線の線量率が同じ程度であるのならば火口に近づいている時のみこのような変化が起こったということは、宇宙線以外（地面、建物など）からの線量率が増えたことになり、火口付近にはそのように影響を与えるものがあると考えられる。

4. まとめ

茨城高専ラジオ部は、今年初めて民間に開放された富士山測候所の内部の見学を行った。登山の際、簡易放射線測定器「はかるくん（メモリー型）」を用いて放射線の線量率の測定を行った。

今回の測定から次のようなことが分かった。

1. 高度が上がるに従って線量率が上がっていく
2. 同じ高度でも場所によって線量の値が大きく変化する
 1. の結果からは僅かの高度の差でも線量率は変化するということが分かった。飯嶋の測定の標高差300[m]は東京タワーと同じほどの高さである。中島、森脇の測定の標高差1200[m]でも、標高が高くなるほど線量率は増加した。
 2. の結果からは場所によって線量率が大きく変わることが分かった。

また、線量率は富士山頂付近での値とふもとの値を比べてみるとふもとでの値の方が若干高いことが分かった。富士山頂は周囲に何も無い場所だったがふもとではコンクリートの建築物に囲まれていたため建築物などから出る放射線がそのような影響を与えたと考えられる。

その他に登山中に次のようなことも観察できた。当日の山頂の気圧は気象庁の公表データ[19]では652.9[hPa]であった。地上の約6割になってしまう気圧の変化は体で感じられるものだった。登って行くにつれて体が重くなる、頭が痛くなる、呼吸が難しくなる、などの高山病の初期症状のようなものが表れた。図8は気圧の減少によって膨張した袋菓子である。

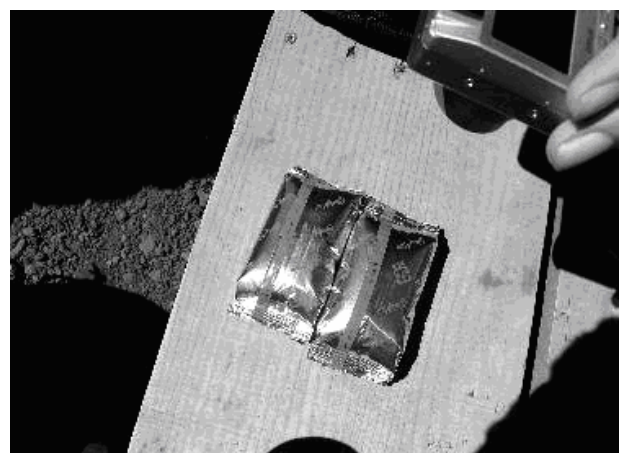


図8 富士山頂は地上より低気圧のため膨張した袋菓子
当日の富士山頂の気圧は約652.9[hPa]

また雲の上の山頂では日光は地上（下界）よりもかなり強力なものになっていた。日焼け止めを塗っていない腕や

耳は日光の紫外線で水ぶくれを起こした状態になった。来年の観測登山ではさらに広い範囲でデータを取り、 γ 線以外の放射線や紫外線の強度の高度依存性を測定したい。



図9 富士山測候所入口にて、前列左より中島(1年)、飯嶋(1年)、2列目：会澤(4年)、森脇(1年)、箕輪(1年)、後列：阿久津(4年)、大沼(4年)、山頂スタッフ2名

測候所の見学の手続きをさせていただいた NPO 富士山測候所を活用する会、および見学のための手続きをとって、一緒に登山して下さった放射線医学総合研究所の保田浩志研究官に感謝します。(飯嶋、中島、森脇)

Part 2 GM 管式放射線測定器の作成と放射線測定

1. 富士登山報告書

1. 放射線測定

a. 測定機器

- (1) GM 計数管(USB-GM) [20] 自作、計数率
- (2) 簡易放射線測定器「はかるくん」、線量率

b. 測定方法

富士宮登山口五合目を起点として、測定機器の電源を入れ以降、時刻、GM 管の count 値、「はかるくん」の表示値を記録する。

c. 測定結果

測定結果を図 10、図 11 に示す。

なお、測定結果はそれぞれ加工し、GM 管の測定データは単位時間あたりの count (計数率[cpm])、「はかるくん」の測定データは累計の線量(1 時間あたりの線量、線量率[$\mu\text{Sv/h}$])に換算されている。

d. 考察

GM 管による計数率の測定結果のグラフ(図 11)から、測定開始より 600 分後付近(山頂付近)になるに従い計数率が増えていることを読み取ることができる。

「はかるくん」による線量率の測定結果は、データ

にバラツキがあるのでデータを 10 分ごとの領域に区切り、各部分のデータの平均値を出した(図 11 では、—●—で表示している)。これより、測定開始から 600 分(山頂付近)に行くに従い線量率が平均として大きい値に遷移していくのが分かる。

線量率の 10 分平均の点の回帰直線を求めると、

$$\text{線量率 } y = 0.0202 + 9.48 \times 10^{-6} \cdot x \quad [\mu\text{Sv/h}],$$

x は時間 [分]

となった。高度により線量率は僅かに変化しておりその傾向は Part 1 の飯嶋らの観測データとほぼ一致する。

飯嶋らの実験式は、

$$\text{線量率 } y = 0.0232 + 9.30 \times 10^{-6} \cdot x \quad [\mu\text{Sv/h}]$$

であった。

測定条件等別であるのに大雑把に言えば 10% のずれで両式は一致している。つまり高度が上がればわずかに空間線量率が増えるということは共通である。

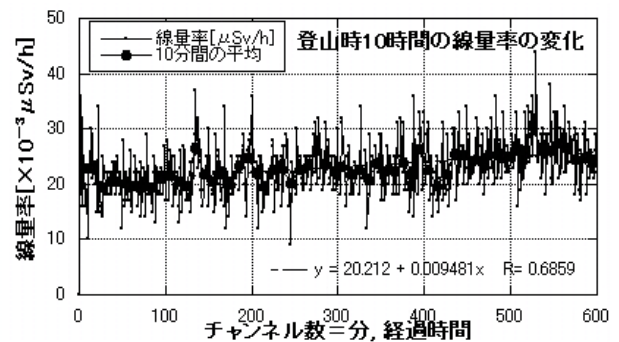


図 10 「はかるくん」で測った登山時の空間線量率の変化 10 時間 (600 分) 分のデータ

2. 今回の富士山登山について

登り 静岡県富士宮口 下り 山梨県河口湖口

行程

1 日目 (8 月 13 日)

五合目より八合目: 所要時間 約 330 分

八合目より御殿場口山小屋赤岩八合館(七合九勺): 約 30 分

2 日目 (8 月 14 日)

赤岩八合館より頂上: 所要時間 約 140 分

頂上より五合目: 約 300 分

夕刻、朝方は気温が 10°C 以下に下がるため防寒具は必須
土埃が舞うので、眼鏡、マスクなどはあった方がよい
土埃のせいで各種液晶、レンズなどが傷だらけになる
水、食料は山小屋で買えるので持って行く必要はない(ただし高い。500ml の PET 水が 500 円等)
キャンプではないのでそんなに荷物はいらぬ

着替えはそんなにいらぬ(気圧が低く、乾燥しているため汗がすぐ乾く。ただし、今回は幸い雨に遭遇しなかったため、雨や濃霧の場合は、乾いた下着に着替えたい)
 ウエットティッシュや拭き取るタイプの洗顔には重宝する荷物はザック1つが望ましい(というか1つにしましょう)
 手はフリーな状態にしておく
 水分はこまめにとる(急性高山病防止のため)
 むやみに休むと登る気力が失せる
 登山道には山小屋がしっかりあるが下山道にはない場合があるので注意する
 靴は登山靴を推薦、ハイカットがいい(捻挫防止、異物混入防止)
 靴下は厚めがよい
 日焼け止めは必須である
 ザックは腰部でも固定できるものがいい
 ザックの重さは重くても15[kg]以下、30[L]程度で十分(30[L]に入らないときはいらぬものが入っています。減らしましょう)
 携帯電話は、FOMA、ソフトバンクはずっと接続可能だった(auは上に行くほどつながらない)(シーズンオフの8月下旬には中継サービスは停止になる)
 ラジオ・テレビについては、FM, AM, TVは電波感度良好
 ネックストラップはあって損はない
 富士山に登ること自体を楽しむのもいいが、富士山で何かを楽しみましょう(写真、無線、放射線測定、etc)

3. 自作 GM 管放射線測定器による自然放射線の測定

放射線の測定と、電子回路の製作実習を兼ねて、市販の GM 管放射線測定器のキットを求め試作した[20]。GM 管本体は、前報[1]で飛行機の中の放射線や宇宙線ミュオンを測定した際使用したことのある RM-60(Aware 社製)の GM 管と同一のもの(LND 社製)である。本キットは、出力をパソコンの USB 端子より入力させパソコンに表示・記録させる仕様になっている。

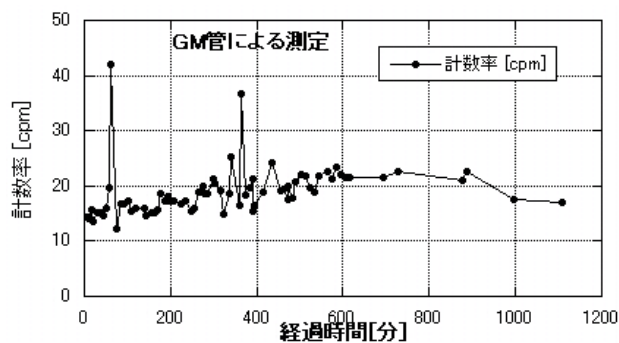


図 11 自作 GM 管式放射線測定器による計数率の測定、600 分までの登攀中は計数率が上昇している。

(会澤、阿久津、大沼)

Part 3 放射線の測定と気圧高度計の較正と急性高山病予知のための人体機能測定の試行

1. はじめに

昨年度の 2006 年 8 月 11、12 日、山梨県河口湖口 5 合目から富士山頂まで放射線の測定を試みた[1]。高度は腕時計型気圧高度計(FIELD MESSE III、EMPEX)を用いて測定し、簡易放射線測定器「はかるくん」の γ 線量を記録した。2006 年度の登山の際は気圧から高度を割り出す腕時計型の気圧高度計を使用した。しかし、高度計の示す数字をそのまま高度として記録した。しかし、気圧から高度を算出する際の温度、天気、湿度等の条件や内部の計算式によって数百 m の誤差が生じることは避けられない (Part 5 参照)。

そこで 2007 年度の登山では、気圧の対数と高度は直線関係になりそうだ、ということを利用して高度の補正を試みた。このように今年度は高度の補正を行うことにより、より信頼のおける放射線の高度依存性のデータを取れるように努力した。携帯用の安価な GPS の高度表示は GPS からのデータでは精度が悪いらしく、GPS の筐体の中に気圧高度計が収納されており高度表示は GPS からではなく気圧高度計の値が表示されることが多い。そのため気圧高度計の較正は重要である。

2. 気圧高度計の高度補正の方法

理科年表[21]で米国標準大気(富士山の高度では国際民間航空機関 ICAO の「ICAO 標準大気」と同じ)のデータを見つけた。地上の気圧、気温はそれぞれ 1013.25[hPa]、15.0[$^{\circ}$ C]、気温変化率は $-6.5[^{\circ}$ C/km]というモデルである。片対数グラフ用紙の横軸に気圧の常用対数、縦軸に高度をとると、地表から高度 4000[m]程度の範囲ではほぼ直線関係があることが分かった。

x を気圧[hPa]、 y を高度(標高)[m]として直線回帰の実験式を求めると、

$$y = 54625 - 18143 \cdot \log_{10}(x) \quad \dots (1)$$

となった(図 12)。(海拔 0[m]で、1025[hPa])

式(1)の線形性を利用し、腕時計型気圧高度計の表示気圧における真の高度を求めることを試みた。

気象庁によると、登山時(8月13日午後、14日午前)における標高 3777[m]の富士山頂の気圧平均は 652[hPa]であった[19]。同じ図 12 に、標高 2000[m]と山頂、標高 3776[m]の高度と気圧のデータをプロットすると(1)とほぼ平行な直線になった。実験式を求めると、

$$y = 59019 - 19639 \cdot \log_{10}(x) \quad \dots (2)$$

となった。(海拔 0[m]で、1012[hPa])

高度の気圧による較正は(2)式で行うことにした。

(1)と(2)のグラフがうまく重ならない(一致しない)のは実測大気と米国標準大気に気温、湿度等の違いがあるため誤差が生まれたと推測するが、ほぼ傾きは同じである。

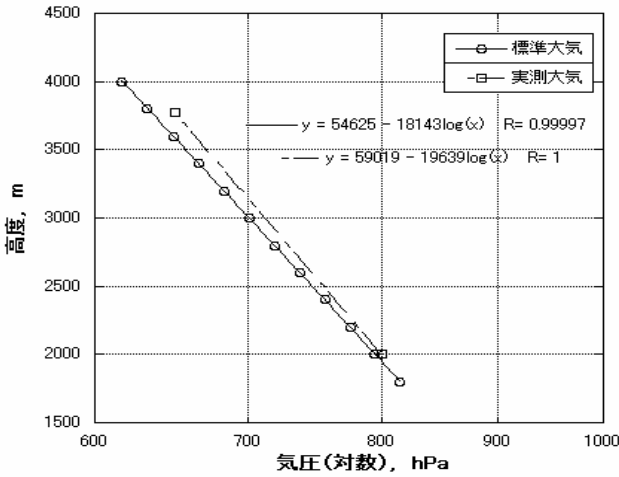


図 12 米国標準大気の気圧と高度、および登山当日の富士山での実測値 (片対数グラフ)

3. 結果と考察

(2) 式を用い、真の高度 (較正した値) を算出し、その高度と簡易放射線測定器「はかるくん」による γ 線の線量率の測定結果を図 13 に示す。

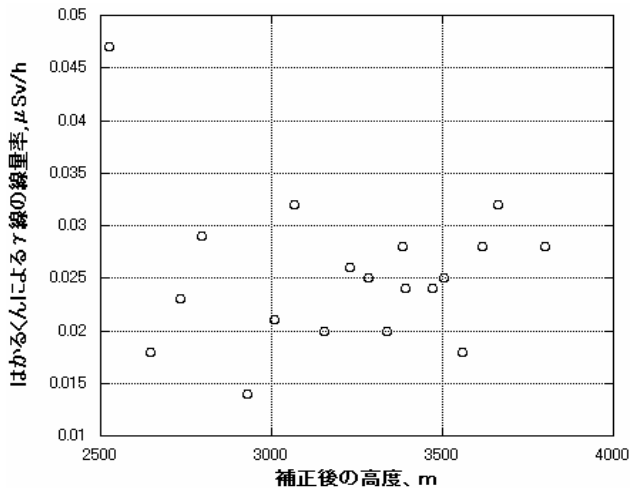


図 13 補正した高度に対する γ 線の線量率変化

図 13 を見ると、高度上昇に伴う線量率の増加ははっきりとは断定できない。斜面の土の放射線の影響が高いため、放射線の増加が顕著に現れなかったと考えられる。以上の手法により、昨年度よりは測定高度の誤差が少ない測定が可能になった。

米国標準大気と気圧、高度の関係を一致させるには、温度、湿度のずれも考慮した補正式が新たに必要であることも分かった。さらに言えば、気圧高度計内の計算ソフトのアルゴリズムのチェック (ソフトは分からなくても動作チェックで) も必要である。

4. 高山の環境への人体の適応、急性高山病

登山 1 日目に比べ 2 日目の山頂では筆者の脈拍数も安定し、血中酸素飽和度も増加 (回復) した。2 日目には高山病の影響のため頭痛で目が覚めるほどだったが、体は順応 (馴化) してきているようである。アルプスやヒマラヤ等の山岳登山者が携帯するという持ち運びに便利で指を挟むだけで血中酸素飽和度 SpO_2 や脈拍数が簡単に測れるパルスオキシメーター (図 14) で試しに測定をしてみた。使用したパルスオキシメーターは、山頂の測候所の NPO のスタッフに借用したものである。そのため、同一測定器による登山前のデータおよび、下山後のデータは無い (図 15)。

次善の策として下山後入手した同種の測定器 (PULSOX-2、コニカミノルタセンシング株式会社製) で測定したデータを図 15 に破線で加えた。登山前の分は推定である。山頂付近では著しく血中酸素飽和度 SpO_2 や脈拍数が変化していることがわかる。

表 1 パルスオキシメーターによる SpO_2 と脈拍数

状況	測定時間	SpO_2 濃度%	脈拍数
測候所到着時	14日13:00	75	97
	14日16:25	75	94
食後	14日19:39	72	103
就寝直前	14日21:27	86	87
起床時	15日4:25	80	70
2hの散歩帰り	15日6:30	81	88

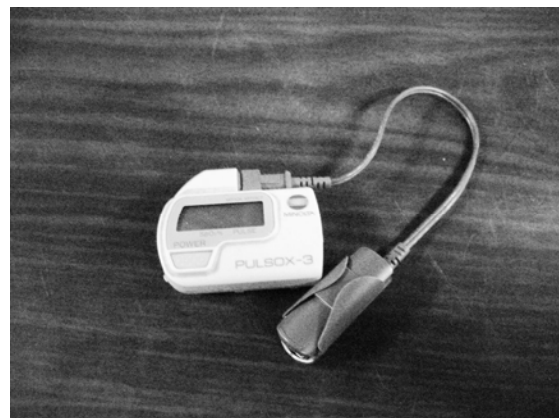


図 14 血中酸素飽和度計 (パルスオキシメーター)
MINOLTA PULSOX-3、販売元 株式会社アムコ、
製造元 ミノルタ株式会社

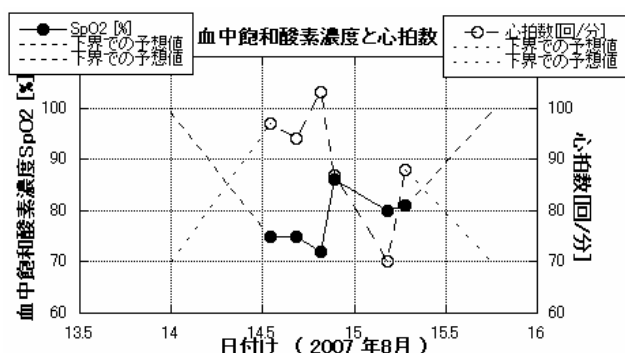


図 15 血中飽和酸素濃度 SpO_2 および心拍数の測定値
 図中両端の破線部分は、別の機器で下界で測定したもの

今回の登山は、登山未経験者（7名の学生は全員標高1000m以上の高山に登ったことはない）による日本最高峰への登山を伴う測定実験であった。幸い天候に恵まれ、また急性の高山病に罹る者もなく全員無事下山できたが、今後もこの種の山岳実験を登山未経験者が継続実施するためには、参加者の体調管理が重要である。その際この血中酸素飽和度 SpO_2 や心拍数のデータは、素人が簡便に得られる有効な情報になりうる。来年度の再登山に備え、参加予定者の下界におけるこれらの平常値の測定を実施している。

同時に、下界における各種気圧高度計の較正および、気圧変化による見かけの高度変化の測定を実施しデータのずれとばらつきの程度を把握する。その一部は、Part 5 に示す。（関根）

Part 4 富士山登山に伴う血圧、心拍数の変化の測定

今後富士山測候所を利用する人が増えれば増えるほど、“高山”には無縁であった人が測候所を訪れる機会が増える。今回のわれわれの富士山測候所の施設利用および施設見学は、幸い急性高山病等の事故もなく無事下山できたが、登山途中、および測候所内には医療の専門家はいない（無医村の）状態で、参加学生の健康状態ならびに高山への適応（馴化）状態を常時把握する必要がある。本報告は、登山中の自主的な体調管理の試行の報告である。

登山を企画した際、血中酸素飽和度 SpO_2 （パルスオキシメータ）の知識がなく、電子式の心拍数・血圧計を用意し登山の際、自分たちの体調をこの装置でモニターした。

被験者は、4年男子19歳、1年女子16歳およびクラブ顧問の61歳男子教員である。休憩のつど測定した。

被験者3名の血圧の最大値、最小値、最大値と最小値の差を高度（気圧）に対してプロットしたものを図16～図18に掲げる。

各グラフとも、横軸の気圧760[hPa]近傍が富士宮登山口（5合目、標高2400[m]）に対応し、気圧653[hPa]が山頂3600[m]にほぼ対応する。

登山中の三者の心拍数の高度依存性を図19に示す。松沢の心拍数が多いのは、体調や年齢によるものではなく、放

射線測定器類を学生に持たせず一人で背負いこんだことが直接の原因である。荷物は、古いノートパソコン2台、無線機、自在金具（ユニバーサルホビーバイス）、GM管、比例計数管、遮蔽用鉛板等金属の塊や管体で重かったが、学生に持たせ機器を破損させられたり、学生本人が急性高山病になることをおそれたためである。

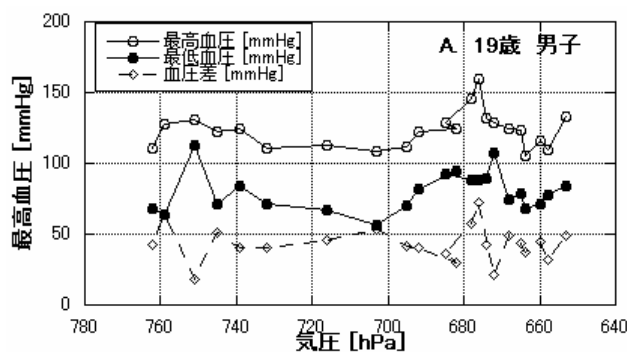


図 16 登山中の19歳男子の最高血圧、最低血圧、最高血圧と最低血圧の差

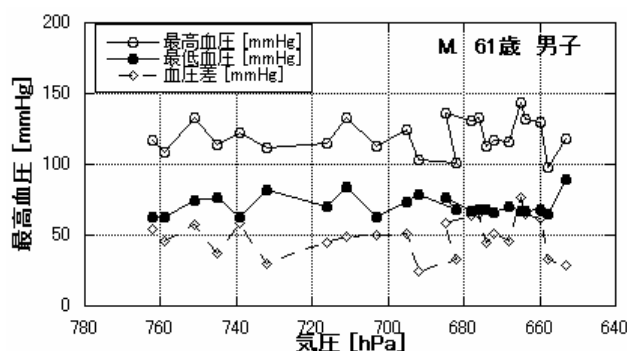


図 17 登山中の61歳男子の最高血圧、最低血圧、最高血圧と最低血圧の差

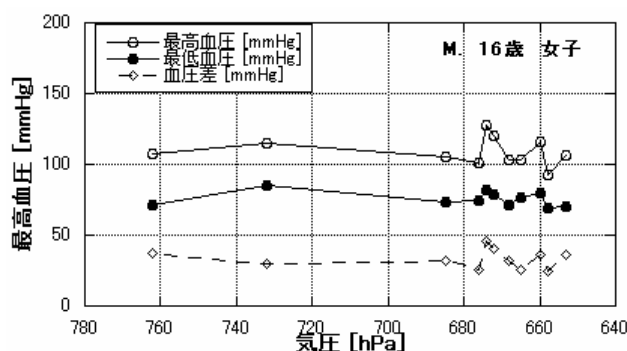


図 18 登山中の16歳女子の最高血圧、最低血圧、最高血圧と最低血圧の差

下界での事前の測定がなかったため、5合目以上の高度の測定値しかない。来年度は、登山前の事前の自主健康観察を徹底する必要がある。

また、測定には時間がかかるため、測定が休憩時間を決

める“律速段階”になるおそれがある。被験者を増やしたいが、時間的に限界である。新年度には、パルスオキシメーターと電子式の血圧・心拍計を夫々追加装備し、登山時の測定時間の短縮をはかる予定である。

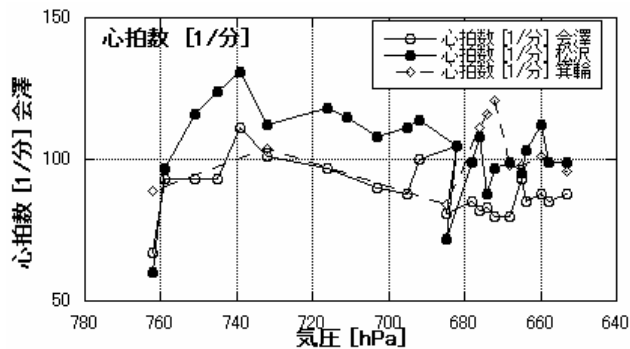


図 19 心拍数の高度(気圧)依存性の実測例

素人考えであるが、血圧の最大値と最小値の差が極端に少ない場合、富士山頂等酸素要求が激しい環境で身体がその要求に応じられるのか心配である。すなわち疲労あるいは低酸素状態で、血圧を上げて酸素の供給を増やす順応(馴化)の機能があるのか心配である。

パルスオキシメータ等併用し参加者の健康状態を迅速にかつ的確に把握する必要がある。下界(平地)での負荷をかけた運動に対する血中酸素飽和度の測定等、運動部並みのトレーニングや身体測定が必要である。

新聞報道では、外国(中国、昆明、標高1900[m])で2006年に高地トレーニング中に死亡した水泳選手の遺族が強化合宿をした団体に訴訟を起こすという。

富士山登山は大衆化されているとはいえ、高地であり万全の対策を立てておく必要がある。筆者(松沢)は、標高700[m]以上の地で生まれ育っており、標高1000[m]、2000[m]の高度に負担を感じたことはないが、ただ高山で放射線の測定をするだけでなく、部員自身が極限状態での自分の身体(健康)状態の把握に関心を持ち体調管理を自主的に行えるよう心がけている。

そのため、本報告のタイトルは「宇宙線の測定を目指した・・・」となっているが、気圧測定、高度測定、血中酸素飽和度測定、血圧測定、心拍数測定と、主目的周辺の測定の雑多な報告が多くなってしまったが寛恕賜りたい。

AED(自動体外式除細動器)の携行で安全対策は万全という形式的な安全対策より、高山病の症状の予防および早期発見のほうがもっと重要であると考えている。

(会澤、箕輪、松沢)

Part 5 気圧高度計の特性調べ(下界)

気圧高度計の較正を下界(茨城高専)で行った。使用した各種の気圧計、高度計を並べ、随時測定し、標準気圧計と決めた物理実験室の水銀柱式(フォルタンの)気圧計の

指示値と比較した、

1. 気圧と気圧高度計の表示値の関係の確認

気圧高度計の原理は単純である[22]。

Part 3の図12で示したように、標高4,000[m]程度までの大気は高度と密接な関係があり、米国標準大気モデル[20]に従えば、片対数の直線近似はPart 3で述べたように、

$$y = 54625 - 18143 \cdot \log_{10}(x) \quad \dots (1)$$

で示される。これを下界で考えれば、

P = 1013.25[hPa]の気圧、のとき、

$$y = 54625 - 18143 \cdot \log_{10}(1013.25) \quad \dots (1')$$

$$= 54625 - 54532.7 = -92.2 [m]$$

あるいは、海拔0[m]の気圧を求めると、

$$0 = 54625 - 18143 \cdot \log_{10}(x) \quad \dots (1'')$$

$$x = 1012 [hPa].$$

というモデルである。(h=2000[m]~3776[m]のデータの外挿)

このモデルで、下界(海拔0[m])で気圧が1気圧(1013.25[hPa])から僅かに変化したときの見掛けの高度変化を見積もることができる。(1)式より、

$$\Delta h = -18143 \cdot (\log_{10}(1013.25 + 1.00) - \log_{10}(1013.25 / 1014.25)) = 7.77 [m]$$

となる。下界では、気圧が10[hPa]変化すれば、見かけの高度は約78[m]変化することになる。

これを実証するため、下界で気圧変化の大きいとき、すなわち台風か、前線の通過を待った。

偶然(幸い)2007年7月15日前後に台風4号(2007年4号、マンニイ)が関東地方に接近した。台風の軌跡と中心気圧の変化をそれぞれ図20、図21に示す。台風4号は7月9日に発生し、日本の太平洋側をかすめ、太平洋に抜けた。中心部の気圧は930[hPa]にまで低下した[23]。

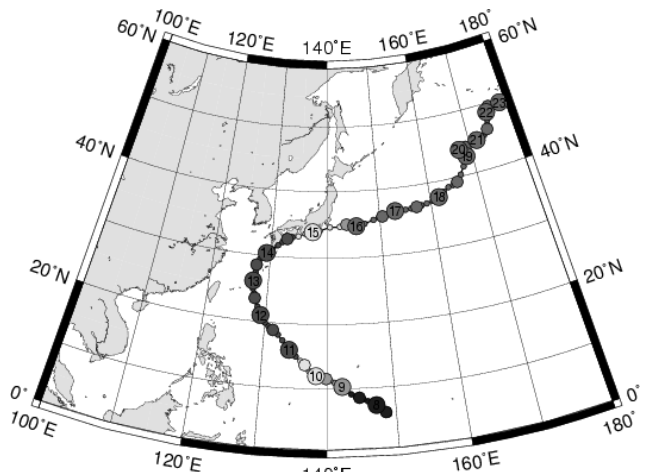


図 20 2007年台風4号,マンニイの軌跡,7月9日発生[23]

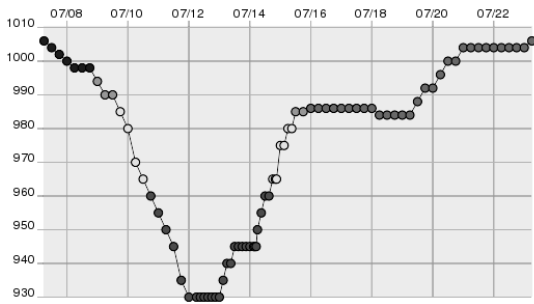


図 21 台風 4 号, マニィの中心気圧時系列グラフ [23]

この台風 4 号の影響を、富士山頂 [19] と茨城高専の気圧計で観測したものを図 22 に掲げる、茨城高専に置いた各種気圧高度計の気圧および見かけの高度の変化をそれぞれ図 23、図 24 に示す。

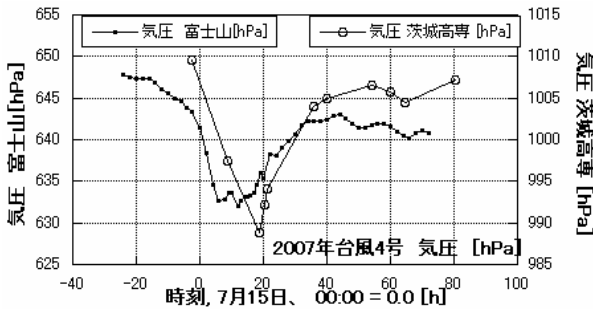


図 22 台風 4 号の通過に伴う富士山頂および茨城高専の気圧変化

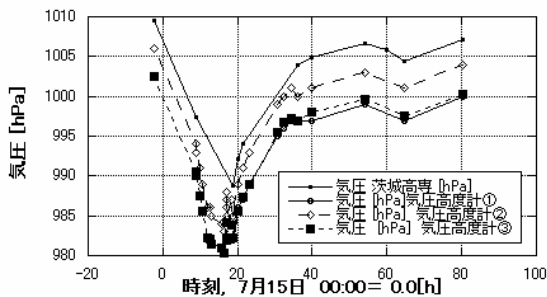


図 23 台風 4 号通過の際の各気圧高度計の気圧の表示値

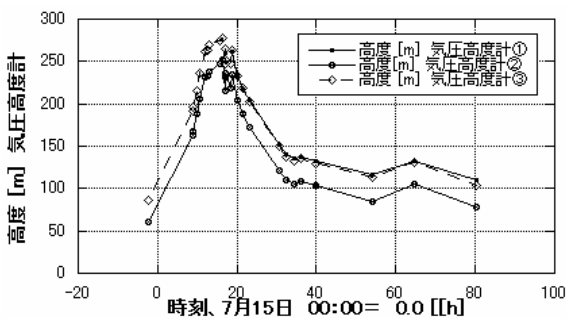


図 24 台風 4 号通過の際の各気圧高度計の見かけの高度表示の変化

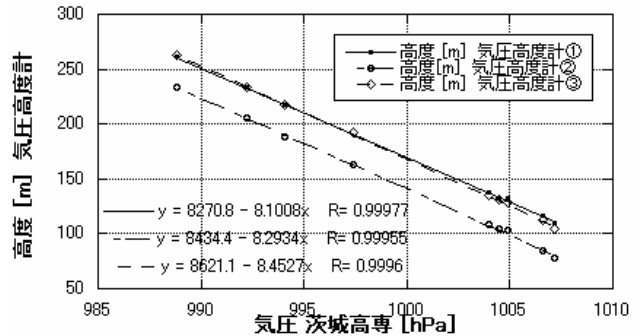


図 25 台風 4 号通過の際の茨城高専の水銀気圧計の気圧表示値と各気圧高度計の高度表示値

この台風 4 号の通過 (中心でない) の影響で、見かけ上、茨城高専の高度が 250[m] 近く変動した。気圧と見かけの高度の表示値との関係を図 25 に示す。ただし、各気圧高度計は海面での較正をしていない (購入したまま) なので、零点はずれる。予想通り、傾きが負の直線になった。

(松沢)

Part 6 下界との通信環境

富士山測候所の利用は開始されたばかりで、通信関係の設備は整備されていない。電話もインターネットも無しである。測定データを地上 (下界) の研究室に伝達する手段がない。2, 3 の方法で通信環境を調べた。

- (1) 電話 夏季、携帯電話が通じる。
- (2) 赤道上空の静止衛星、インマルサット経由の通信を試みた。携帯用のアンテナ (図 26, 27) は晴天・平穏時の屋外用で、気象条件 (雨、霧、風、氷雪)、雷の被雷等を考えると無理である。経費も高い。しかも国立公園内で、浅間神社の境内でもある。
- (3) アマチュア無線、測候所の 1 号庁舎内の 2F の測定器の脇で発信してみた。(2) と同じ理由でアンテナを屋外に出すことはできない。144 [MHz] と 430 [MHz] 帯で試みた。横浜あたりとは交信できた。430 [MHz] 帯では室内の測定器との干渉があり、無理である。干渉が現れたのは、われわれ (放医研と茨城高専) の放射線測定器のみで、しかも前置増幅器を持つ中性子測定器ばかりであった。その他の測定機器では、相互干渉を生じなかった。
- (4) 来年度のデータ通信手段については、考慮中である。

(保田、松沢)

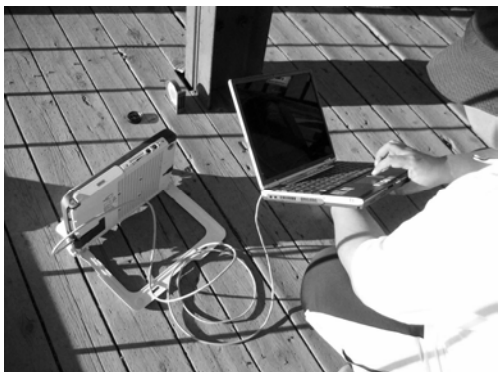


図 26 静止衛星インマルサット利用衛星電話接続試験(1)



図 27 静止衛星インマルサット利用衛星電話接続試験(2)

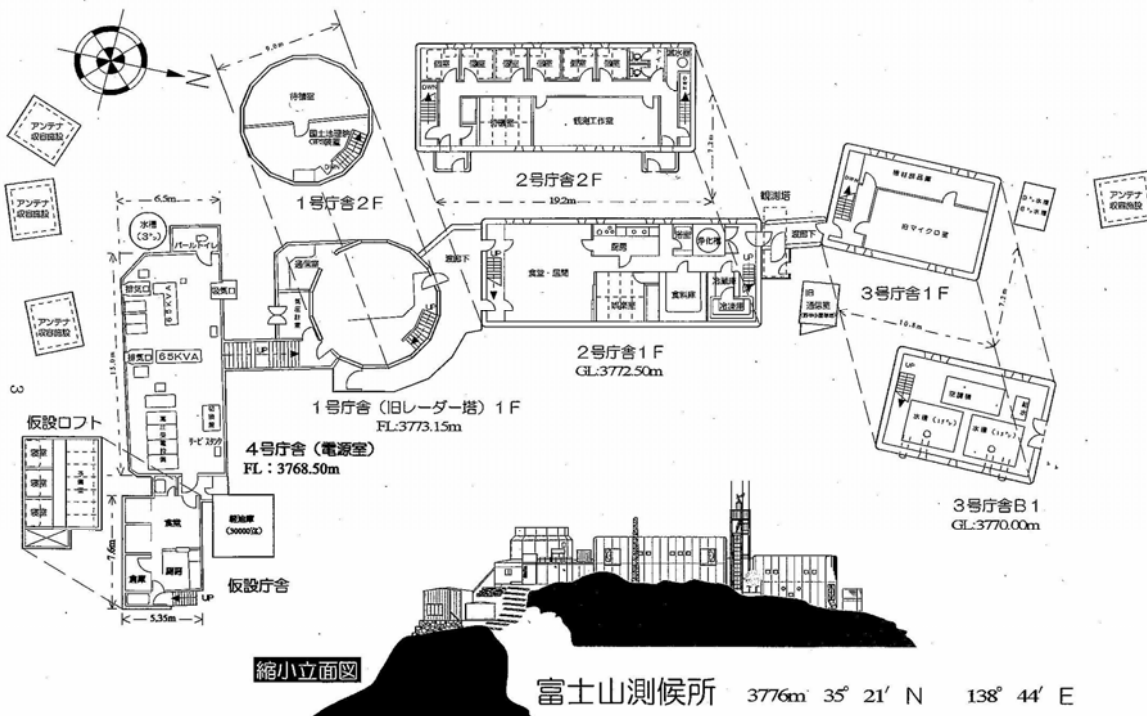


図 28 富士山測候所見取り図 (2006 年測候所見学会[2]) 借用しているのは 1 号庁舎(旧レーダー塔、1F、2F)および仮設庁舎

Part 7 富士山測候所と登山時の空間線量率の測定

8 月 12 日～8 月 16 日のポケット線量計のデータ、
Hp(10) および Hp(0.7),

登山時、ポケット線量計で環境放射線の連続測定を試みた。
計器は、アロカ製のポケット線量計である。

Hp(10) は 1cm 線量当量率、Hp(0.7) は 70 μm 線量当量率のことである。ポケット線量計の読み取りの結果を、図 29～図 33 に掲げる。下界の 8 月 12 日と 8 月 26 日は、明らかに地上(下界)のバックグラウンドとわかる静かな変化である。富士山頂でもガンマ線は比較的穏やかで少ない。これは Part 1～Part 3 の学生の測定とほぼ同じ傾向である。次回(来年度)の測定には、もう 1 桁高感度の測定器が必要である。

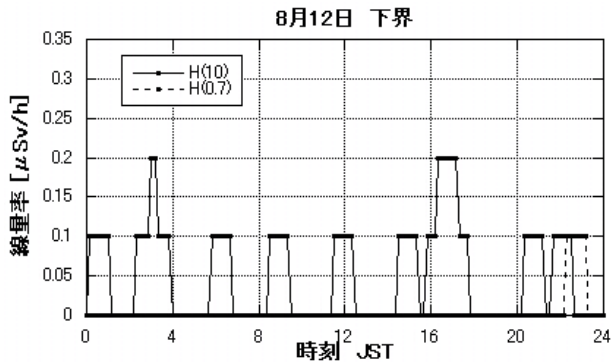


図 29 8月12日 線量率：下界:千葉県～静岡県富士市

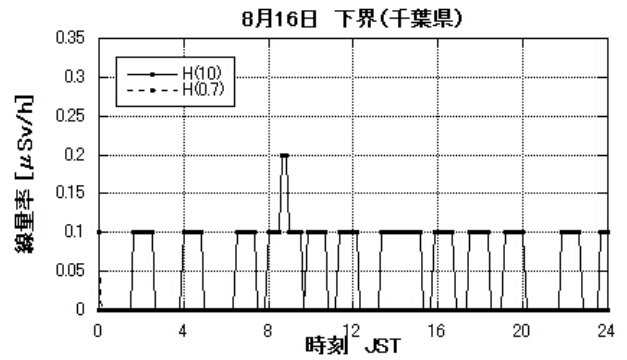


図 33 8月16日 線量率：下界：千葉県

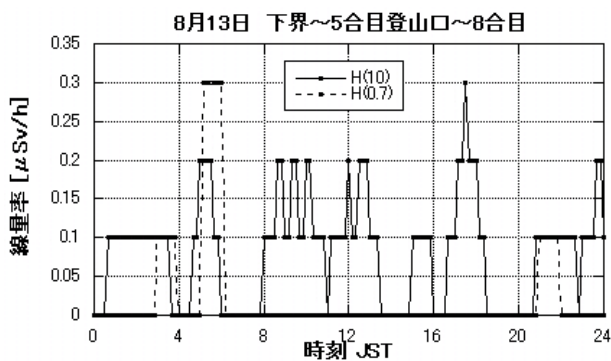


図 30 8月13日 線量率：富士市～富士宮登山口～八合目 (赤岩 8合館)



図 34 1号庁舎2階 (旧レーダードーム直下) の測定室
左半分がラジオ部のミュオン測定器、右は放医研の中性子測定器

(保田、松沢)

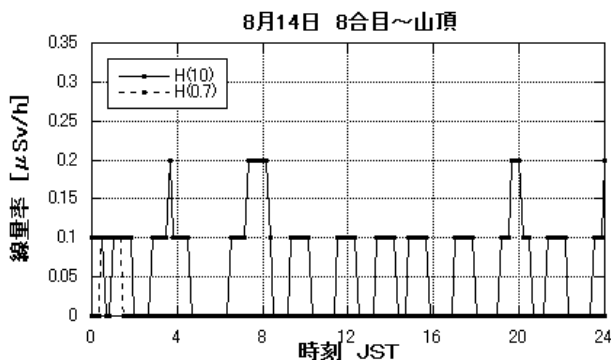


図 31 8月14日 線量率：8合目～富士山頂

謝辞

NPO「富士山測候所を活用する会」の皆さんに大変お世話になりました。ありがとうございました。共著者の放射線医学総合研究所の保田浩志研究官には、高専の弱小クラブを、パートナーにさせていただき、普通では見学も利用もできない富士山測候所の利用をさせていただいたことを感謝します。げんでん茨城わくわく財団科学技術振興助成、常陽銀行のエコー茨城環境保全基金、小松製作所助成等の支援に感謝します。

肝腎の放射線（2次宇宙線）の測定データの紹介ができなかった。その一部を参考文献の補足[24-29]で紹介する富士山測候所を狭義の2次宇宙線の観測だけに限定せず、「富士山を自由研究・自然観察の場に」[18]というスタンスで次年度も参加できれば望外の幸せである。

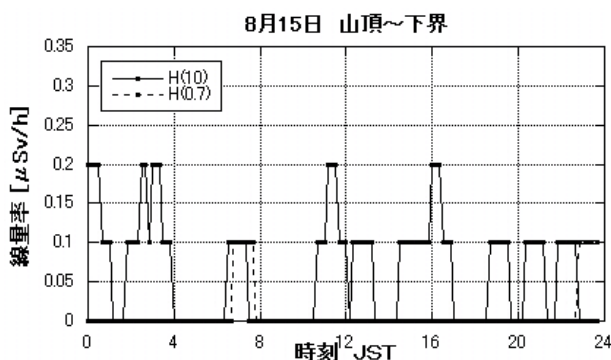


図 32 8月15日 線量率：富士山頂～下山 (河口湖口)

参考文献

- [1] 松沢孝男、奥山慶洋、関根恵、浅野健、高崎良一、高柳拓也、身のまわりの放射線の測定の試行、一航空機、富士山、2次宇宙線、北朝鮮の核実験一、茨城工業高等専門学校研究彙報、第42号、pp. 45-52 (2007).
- [2] 中島林彦、よみがえれ富士山測候所、日経サイエンス、36[11], pp. 76-79 (2006).
- [3] 新田次郎「芙蓉の人」、1975年第1刷、2006年9月、第29刷、文春文庫、文藝春秋.
- [4] 新田次郎「富士山頂」1974年7月、第1刷、2006年2月第18刷、文藝春秋社.
- [5] NHKプロジェクトX製作班、「プロジェクトX、挑戦者たち1、執念の逆転」、巨大台風から日本を守れ～富士山頂・男たちは命をかけた、単行本、pp. 9-71(2000)、文庫版、pp. 11-76(2003)、コミック版、宙(おおぞら)出版(2004)、DVDビデオ、「プロジェクトX、挑戦者たち1、執念の逆転」、巨大台風から日本を守れ～富士山頂・男たちは命をかけた、発行NHKソフトウェア(2001).
- [6] 新田次郎、「富士に死す」、1978年文庫版初版、2004年5月、新装版、文春文庫、文藝春秋
- [7] 新田次郎、「凍傷」、新田次郎、「強力伝・孤島」に収録、昭和47年初版刊、平成18年10月、新潮文庫、新潮社.
- [8] 新田次郎、「蒼氷」、昭和32年8月講談社刊、昭和49年8月、新潮文庫、平成18年12月第39刷、新潮社.
- [9] 新田次郎、「怒る富士」、2007年9月新装版、文藝春秋.
- [10] 志崎大策、富士山測候所物語、成山堂書店、平成14年.
- [11] 土器屋由紀子、岩坂泰信、長田和雄、直江寛明、「山の大気環境科学」、養賢堂、2001年刊.
- [12] 江戸川大学土器屋由紀子ゼミ編「変わる富士山測候所」春風社(2004).
- [13] 土器屋由紀子、山岳を用いた大気汚染観測：富士山頂の観測を中心に、天気、54[12] pp. 1003-1006 (2007).
- [14] NPO「富士山測候所を活用する会」
<http://npo.fuji3776.net/>
- [15] 松本雅紀、古川雅英、床次真司、藤高和信、中村尚司、富士山における宇宙線中性子の高度分布、*RADIOISOTOPES*, 44, pp. 33-34 (1995).
- [16] 野口邦彦、「山と空と放射線」リベルタ出版(1996).
- [17] 朝日新聞茨城版2007年8月22日記事、富士山頂の放射線はどれくらい、「登って測定してみよう」茨城高専ラジオ部が挑戦.
- [18] 茨城高専ラジオ部、茨城高専ラジオ部の活動紹介(3)富士山を自由研究・自然観察の場に、高文連(茨城県)天文・科学部会研究発表会、2007年10月28日、予稿集、於茨城大学理学部.
- [19] 気象庁、富士山測候所
<http://www.tokyo-jma.go.jp/home/fujisan/>
- [20] Strawberry Linux社、USBガイガーカウンタキット.

- [21] 国立天文台編理科年表、標準大気の高さと気圧、気温の関係、平成15年版、p. 314-315. 同、気圧によって高さを知る表、平成15年版、p. 316.
- [22] 木村豪政(あおば屋)、登山用高度計の誤差、2007年12月13日、<http://www.aobaya.jp>
- [23] デジタル台風：台風200704号(MAN-YI) - 気圧・経路図
<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/summary/wnp/s/200704.html.ja>

参考文献の補足

- [24] 平成18年度科学研究費補助金(基盤C企画)研究成果報告書、富士山プロジェクト「山岳局地高所研究拠点」の実現に向けて、研究代表者 土器屋由紀子(江戸川大学・社会学部)、2007年3月.
- [25] 保田浩志、松沢孝男、五十嵐康人、富士山頂における宇宙線被ばくモニタリング、上記[24]富士山プロジェクト「山岳局地高所研究拠点」の実現に向けて、pp. 64-67 (2007).
- [26] 関根恵、浅野健、高崎良一、高柳拓也、松澤孝男、奥山慶洋、学生による飛行機内と富士山頂における自然放射線の測定の試行、上記[24]富士山プロジェクト「山岳局地高所研究拠点」の実現に向けて、p. 82 (2007).
- [27] 中島林彦、富士山測候所、民間利用1年目の成果、日経サイエンス、38[4], pp. 122-124 (2008).
- [28] NPO「富士山測候所を活用する会」、平成19年度富士山測候所夏季研究・観測発表会講演予稿集、平成20年1月27日、東京大学理学部小柴ホール.
- [29] 保田浩志、矢島千秋、高高度宇宙線被ばくの連続自動モニタリング、上記[24]平成19年度富士山測候所夏季研究・観測発表会講演予稿集、平成20年1月27日、東京大学理学部小柴ホール.

身のまわりの色素を使って色素増感型太陽電池を作る試み

松沢孝男¹、後藤はるな²、宮野遥²、後藤沙由里²、目時彩加²、箕輪栞²、松本恭平²、浅野健²、関根恵³

A Trial of making a Dye-sensitized Solar Cell using a natural pigment

Takao MATSUZAWA¹, Haruna GOTO², Haruka MIYANO², Sayuri GOTO², Ayaka METOKI²,
Siori MINOWA², Kyouhei MATSUMOTO², Takesi ASANO², and Megumi SEKINE³

※¹自然科学科 ※²ラジオ部学生 ※³ラジオ部学生（現在、北海道大学工学部）

Abstract: In the activity of radio club, we made a Dye-sensitized solar cell consisting mostly of a readily-available pigment, and examined its power generating characteristics. We specially chose a pigment from a plant; in particular from a flower, and we performed an electricity measurement of herb tea, and discovered success with those materials for a cheap, eco-friendly solar battery.

1. 緒言

2006年度、文部科学省は、「高校生のための地域の原子力・エネルギー学習プログラム」という教育支援事業を始め、本校ラジオ部は全国で6校の研究校の一つに選ばれた。文部科学省より与えられた研究テーマは、「未来の世代が考える2030年の日本の原子力・エネルギーの姿」である。

これを受け、学生のクラブ活動として、平時における身のまわりの自然放射線の強度の測定を通して、自然放射線の量を認識する実験や、国際線の航空機内の放射線（2次放射線）の強度の測定と、国内最高峰である富士山頂の気象庁の測候所で、放射線強度の定点・連続測定の試行を行った[1]。また、原子炉にはそれぞれ寿命があることから、国内および米国の原子力発電所の電気設備容量の近未来予測を行い、このまま放置すればごく近い将来、供給電力の不足を生じることを示した[2]。

私たちは化石燃料および原子力エネルギー以外のエネルギー源として、再生可能な新エネルギー開発の一端を体験するために身のまわりの色素を用いた色素増感型太陽電池の試作を行った。

現在、太陽電池の生産量の増加に伴い、高純度シリコンの需要が高まっている[3, 4]。現在は、半導体用シリコンの規格外品、スクラップを太陽電池の原料として用いるが、今後の需要の伸びに対応するには、高純度シリコンの確保が問題となる。現在、1年間に使用される高純度シリコンの量は約10000[t]で、高純度シリコンの需要の半分を使用し、それでも、原子力発電所の原子炉1基の出力100[万kW]の電力を生産するだけである[5]。

高純度シリコンを用いない、原料が豊富で安価、かつ環境に優しい太陽電池の開発が必要である。色素増感型太陽電池に着目し、中でも1991年にスイスのグレッツェルによって発見されたいわゆるグレッツェルセル（厚み10[μm]で、数ナノメートルの酸化チタン粒子からなる光学的に透明なフィルムを電荷移動型色素の単分子膜で被覆し、光収穫（Light harvesting）効果を増感する電池）を身近な色素を用いて製作した。このセルには、高純度シリコンを用いない利点がある。透明ガラス電極を基板にした。

本実験では、身のまわりにある色素を中心に太陽電池セルを作成し、テスターを用いてその特性を調べた。特に植物からの色素に着目し、花の色素やハーブティーを用いて作成した色素増感型太陽電池の電力測定から、安価で環境に優しい太陽電池の材料を探ることを目的とする。

2. 2005年度の取り組み（関根恵等の実験）

2.1 実験方法、使用した色素

- ・ルテニウム化合物
- ・花：オニユリ、オニユリの花粉、ゼラニウム、カモミールティー、ローズヒップティー、レモングラスティー、インスタントコーヒー、紫サルビア、みりん、百日草、ハイビスカスドライフラワー、藍、
- ・日用品：塩水、砂糖水、醤油、マヨネーズ、みりん、インスタントコーヒー、

2.2 器具

ビーカー（染色用）、線付ミノムシクリップ、輪ゴム、テ

スター、白熱電球、導線

2. 3 実験方法

- 1) 導電性ガラスの導電面をテスターで調べ、その導電面に鉛筆で炭素膜を作ったものをアノード(電極)とした。
- 2) 一方、導電性ガラスに酸化チタン膜を焼き付け、ピーカーで水に色素を溶かし出して、チタン膜ガラスを一晩浸したものをカソード(電極)とした。
- 3) ピーカーから出したチタン膜ガラスを軽く水で洗い、乾かした。
- 4) これらアノード、カソード間に電解質溶液であるヨウ素水溶液をつけて輪ゴム・クリップで挟み、カソード側から光を当てた。導電性ガラスの寸法は、2.0[cm]×6.0[cm]×0.2[cm]、試料の塗布面積は、2.5[cm]×2.0[cm]とした。光は60[W]の白熱電球を用い、試料から14[cm]離して照射した。

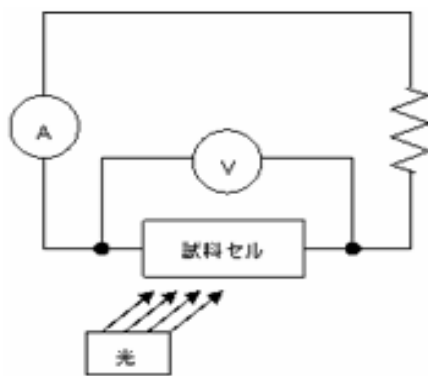


図1 電力測定回路図

2. 4 結果・考察

まず関根らが行った結果をもとに述べ、次章で後藤らが拡張した方法について述べる。

市販されているルテニウム化合物水溶液(N3)を使用したところ、一番発電電力が高いのはルテニウム化合物の水溶液で546[μ W]だった。

安価な天然物試料の中で一番発電効率(電力)が高かったのはオニユリの花粉で製作した太陽電池で107[μ W]、2番目はゼラニウムの96[μ W]、そして3番目はハーブティーのカモミールティーの85[μ W]だった。

色素の吸着には時間も関係し、酸化チタン膜に長く浸せば浸すほど酸化チタン膜への吸着がよく、発電効率が上がることが分かった。

表1 各色素により製作した太陽電池の発電電力量(2005)

色素	電圧(mV)	電流(μ A)	電力(μ W)	順位
ルテニウム	420	1,300	546	1
オニユリ(花粉)	410	260	107	2
ゼラニウム	356	270	96	3
カモミールティー	392	218	85	4
ローズヒップティー	300	196	59	5
レモングラスティー	350	143	50	6
インスタントコーヒー	310	105	33	7
紫サルビア	323	93	30	8
みりん	330	90	30	9
百日草	269	96	26	10

しかし、付着しやすい色素、付着しにくい色素が実験結果から明らかとなった。花粉など粘性があり、付着力が大きな色素が、発電効率の高い結果となった。

結果を見ると、ある特定の“色”が発電効率をあげる、というわけではないことも示唆される。みりんなど、一見色素がないようなものでも発電できることが分かった。

藍について、科は同じでも種類(属)の違う植物で行った結果、同じような結果となった。このことから、系統の似ている植物の吸着力、発電能力は類似していることが分かった。また、同じ系列の植物でも電力のピークが違うこともあることが分かった。

3. 2007年度の取り組み（後藤はるな等の実験）

3. 1 使用した色素

アールグレイティー、ウーロン茶(安溪鉄観音)、ブレンドティー、ジャスミンティー、ローズヒップティー、南国パインティー、ミカン緑茶、ゆず緑茶、スモモ杜仲茶、野いちご茶、リンゴドクダミ茶、プアール茶、カモミール茶、トロピカルマンゴー茶、マンゴー茶、玄米茶、砂糖、塩水、ハイビスカスティー

3. 2 最大発電量

今回の実験で使った色素に対する、色素増感型太陽電池の最大発電量を表2、図2にそれぞれ示す。また最大発電量とは、回路の間に抵抗を挟まないで(短絡)電力チェッカーのみで測った値である。この表の電力は開放電圧×短絡電流の値である。(表3,4、図3~12とは別の定義)

今回の実験により、野いちご茶とハイビスカスは群を抜いて発電量が高いことが分かった。また発電量に順位をつけると1位 野いちご茶、2位ハイビスカスティー、3位スモモ杜仲茶、4位ローズヒップティー、5位ブレンドティー となった。

表2 各色素により製作した太陽電池の発電電力 (2007)

色素名	電圧 (mV)	電流 (μA)	電力 μW
①アールグレイ	260	11	2.86
②ウーロン茶アンケイ鉄観音	260	10	2.6
③ブレンドティー	230	15	3.45
④ジャスミンティー	255	10	2.55
⑤ローズヒップティー	257	14	3.6
⑥南国パインティー	200	7	1.4
⑦みかん緑茶	217	9	1.95
⑧ゆず緑茶	206	8	1.65
⑨スモモ杜仲茶	252	15	3.78
⑩野いちご茶	302	36	10.87
⑪りんごドクダミ茶	136	5	0.68
⑫雲南プアール茶			
⑬カモミール	108	10	1.08
⑭トロピカルマンゴー茶	178	8	1.42
⑮生姜焙じ玄米茶	254	7	1.78
⑯砂糖水	25	1	0.03
⑰塩水	-16.4~16	0	0
⑱ハイビスカスティー	292	34	9.93

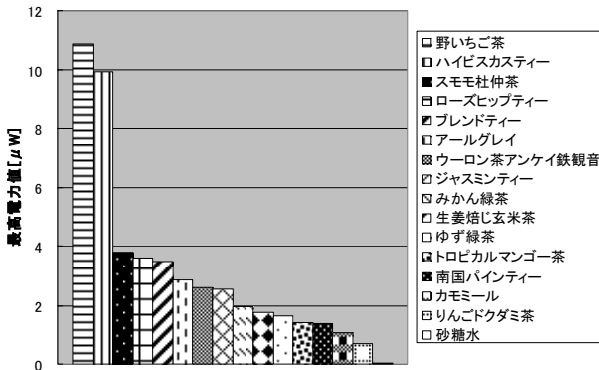


図2 様々な色素での最大発電量

ここで注目したいのは、高順位にある紅茶の植物の分類である。それぞれの植物 (1~4位) の植物学分類は次のとおりである [6]。

1位 野いちご茶

日本でいう野いちごは、大部分がキイチゴ属なのでキイチゴ属の植物学的分類を示す。

目	バラ目 Rosales
科	バラ科 Rosaceae
亜科	バラ亜科 Rosoideae
属	キイチゴ属 Rubus

2位 ハイビスカスティー

ハイビスカスの植物学的分類を示す。

目	アオイ目 Malvales
科	アオイ科 Malvaceae
属	フヨウ属 Hibiscus

3位 スモモ杜仲茶

スモモの植物学的分類を示す。

目	バラ目 Rosales
科	バラ科 Rosaceae
属	サクラ属 Prunus

杜仲茶の植物学的分類を示す。

目	トチュウ目 Eucommiales
科	トチュウ科 Eucommiaceae
属	トチュウ属 Eucommia

4位 ローズヒップティー

ローズヒップは薔薇の果実なので、薔薇の植物学的分類を示す。

目	バラ目 Rosales
科	バラ科 Rosaceae
属	バラ属 Rosa

以上のように、1位、3位、4位の紅茶はともにバラ目・バラ科の植物を含んでいることが分かる。よってバラ科の植物の色素は、色素増感型太陽電池にするにあたり高い発電電力が期待できると思われる。

来年度の実験では、バラ科の植物を多く用いての更なる高発電色素の模索、濃度による発電量の違いについても実験してみたいと思う。またいずれの紅茶においてもビタミンCが多く含まれているので、ビタミンCの水溶液でも発電できるのか、試してみる価値がありそうである。

以下に、他の試料の植物学的分類を示す [7]。

- ・アールグレイ
- ・ウーロン茶安溪鉄観音
- ・雲南プアール茶

これらは、カメリア・シネンシス (茶) というもので作られている。

目	ツバキ目
科	ツバキ科
属	ツバキ属

- ・ブレンドティーは何が混じっているかわかりません。
 - ・ジャスミンティー
- ソケイという種である。

目	モクセイ目
科	モクセイ科
属	オウバイ属

・南国パイntyー

目	パイナップル目
科	パイナップル科
属	アナナス属

・みかん緑茶
(みかん)

目	ふうろそう目
科	ミカン科
属	ミカン属

・ゆず緑茶
(ゆず)

目	ふうろそう目
科	ミカン科
属	ミカン属

・りんごドクダミ茶
(りんご)

目	バラ目
科	バラ科
属	リンゴ属

(ドクダミ)

目	コショウ目
科	ドクダミ科
属	ドクダミ属

・カモミール

目	キク目
科	キク科
属	シカギク属

・トロピカルマンゴー茶

目	ムクロジ目
科	ウルシ科
属	マンゴー属

・生姜焙じ玄米茶
(生姜)

目	ショウガ目
科	ショウガ科
属	ショウガ属

(玄米)

目	イネ目
科	イネ科
属	イネ属

緑茶、ウーロン茶 (安溪鉄観音)、プアール茶などは中国茶の仲間のためカメラ・シネンシス (茶) で一つにした。

3. 3 様々な負荷抵抗毎の電力測定

今回の実験で使った色素に対し、1000[kΩ], 120[kΩ], 68[kΩ], 39[kΩ], 12[kΩ], 6.8[kΩ], 3.3[kΩ], 0.24[kΩ], 0.15[kΩ], 1[Ω]の負荷抵抗を用いて測定した抵抗毎の色素の発電量を、12[W]パルックボール (電球型蛍光灯) を光源に用いた場合を表3に、カラー写真撮影用500[W]レフランプを光源に用いた場合を表4に示す。

また12[W]パルックボールを光源に用いた場合の発電量第5位までを高発電順に図3~7に、カラー写真撮影用500[W]レフランプを光源に用いた場合の発電量第5位までを高発電順に図8~12それぞれ示す。回路図を図13に示す。

ここで距離というのは光源表面とセル間の距離であり、カラー写真撮影用500[W]レフランプに関しては発熱量が非常に高く危険なため、5[cm]の距離での照射実験は省き10[cm], 15[cm]の距離でのみ測定した。

表3 12[W]パルックボールでの電力測定結果

抵抗(kΩ)		1000			120			68		
紅茶の種類	光源からの距離[cm]	mV	μA	μW	mV	μA	μW	mV	μA	μW
野いちご	5	378	1	0.378	312	3	0.94	383	6	2.3
	10	350	1	0.35	350	3	1.05	346	5	1.73
	15	332	1	0.332	330	3	0.99	326	5	1.63
ハビスカス	5	388	3	1.164	383	6	2.3	383	6	2.3
	10	356	1	0.356	351	3	1.05	343	5	1.72
	15	331	1	0.331	326	3	0.98	320	5	1.6
スモモ杜仲茶	5	331	1	0.331	421	4	1.68	383	32	12.3
	10	377	1	0.377	372	4	1.49	314	26	8.16
	15	428	1	0.428	329	3	0.99	232	19	4.41
ローズヒップティー	5	379	1	0.379	378	4	1.51	376	6	2.26
	10	332	0	0	331	3	0.99	331	5	1.66
	15	286	0	0	280	3	0.84	273	4	1.09
ブレンドティー	5	370	0	0	356	3	1.07	363	6	2.18
	10	331	0	0	325	5	1.63	307	8	2.46
	15	295	0	0	290	3	0.87	278	4	1.11

表3のつづき

39			12			6.8			3.3		
mV	μA	μW	mV	μA	μW	mV	μA	μW	mV	μA	μW
352	29	10.2	338	9	3.04	321	48	15.4	284	88	25
320	27	8.64	309	8	2.47	295	43	12.7	248	76	18.9
287	24	6.89	264	7	1.85	258	38	9.81	196	60	11.7
346	29	10	330	9	2.97	319	47	15	290	90	26.1
303	25	7.58	310	8	2.48	282	42	11.9	236	73	17.2
265	22	5.83	285	8	2.28	239	34	8.14	149	46	6.84
369	31	11.4	382	32	12.2	357	53	18.9	296	91	26.9
286	24	6.87	320	27	8.64	274	40	10.9	186	57	10.6
192	16	3.07	222	19	4.21	155	23	3.55	81.2	25	2.03
373	10	3.73	365	31	11.3	346	52	18	300	92	27.6
330	9	2.97	307	26	7.98	247	41	10.1	187	58	10.8
279	8	2.23	205	17	3.49	148	22	3.25	78.8	24	1.89
348	10	3.48	304	25	7.6	271	40	10.8	213	65	13.8
250	21	5.25	199	30	5.98	124	38	4.71	10.8	45	0.49
255	7	1.79	164	14	2.3	105	16	1.68	55.7	17	0.95

表 3 のつづき

0.24			0.15			1[Ω]		
mV	μA	μW	mV	μA	μW	mV	μA	μW
78.7	327	25.7	45.2	304	13.7	0.4	313	0.1252
40.5	168	6.8	23.9	161	3.85	0.2	166	0.0332
18.7	78	1.46	11.6	78	0.9	0.1	78	0.0078
71.8	298	21.4	42.1	283	11.9	0.4	204	0.0816
29.1	121	3.52	17.2	115	1.98	0.1	112	0.0112
12.9	54	0.7	7.8	53	0.41	0.1	62	0.0062
28.8	120	3.46	27.6	185	5.11	0.3	185	0.0555
15.5	65	1.01	9.8	66	0.65	0.1	61	0.0061
6	25	0.15	3.8	26	0.1	0	25	0
46.7	194	9.06	30.1	202	6.08	0.3	215	0.0645
17.5	73	1.28	10.9	73	0.8	0.1	71	0.0071
6.1	25	0.15	3.9	26	0.1	0	26	0
27.5	114	3.14	18.2	122	2.22	0.02	125	0.0025
7	47	0.33	0.01	48	0	0.01	48	0.0005
4.4	19	0.08	2.7	18	0.05	0.1	19	0.0019

表 4 カラー写真用 500[W] レフランプでの電力測定

紅茶の種類	(kΩ)	1000			120		
	光源からの距離[cm]	mV	μA	μW	mV	μA	μW
野いちご茶	10	357	1	0.357	345	3	1.04
	15	359	1	0.359	333	3	1
ハイビスカス	10	324	1	0.324	329	3	0.99
	15	318	1	0.318	321	3	0.96
スモモ杜仲茶	10	376	1	0.376	357	3	1.07
	15	377	1	0.377	348	3	1.04
ローズヒップティー	10	348	1	0.348	334	3	1
	15	352	1	0.352	323	3	0.97
ブレンドティー	10	346	1	0.346	323	3	0.97
	15	353	1	0.353	314	3	0.94

表 4 のつづき

68			39			12		
mV	μA	μW	mV	μA	μW	mV	μA	μW
340	5	1.7	325	27	8.78	333	9	3
336	5	1.68	311	26	8.09	323	8	2.58
324	5	1.62	320	27	8.64	324	8	2.59
313	5	1.57	309	26	8.03	315	8	2.52
365	6	2.19	341	29	9.89	353	9	3.18
353	5	1.77	325	27	8.78	351	9	3.16
333	5	1.67	310	26	8.06	326	9	2.93
330	5	1.65	302	26	7.85	320	8	2.56
334	5	1.67	305	26	7.93	329	8	2.63
324	5	1.62	286	24	6.86	317	8	2.54

表 4 のつづき

6.8			3.3			0.24		
mV	μA	μW	mV	μA	μW	mV	μA	μW
314	47	14.8	293	90	26.4	129	536	69.1
299	44	13.2	276	85	23.5	103	429	44.4
315	47	14.8	296	92	27.2	131	545	71.2
301	45	13.5	279	85	23.7	94	380	35.7
326	48	15.6	313	97	30.4	71.6	294	21.1
310	46	14.3	279	86	24	42.8	178	7.62
301.6	45	13.6	299	91	27.2	122	521	63.3
296.4	44	13	284	87	24.7	83.3	348	29
293.2	43	12.6	264	81	21.4	53.7	224	12
267.8	40	10.7	222	68	15.1	31.9	132	4.21

表 4 のつづき

0.15			1[Ω]			最大値
mV	μA	μW	mV	μA	μW	
92.1	622	57.3	1.3	914	1.19	69.0904
70.3	473	33.3	0.8	568	0.45	44.3586
89.1	600	53.5	0.9	604	0.54	71.2315
59.8	403	24.1	0.5	318	0.16	35.72
50.9	341	17.4	0.6	375	0.23	30.361
27.8	187	5.2	0.4	219	0.09	23.9596
87.1	587	51.1	0.8	679	0.54	63.3015
52.2	369	19.3	0.5	399	0.2	28.9884
34.2	228	7.8	0.3	244	0.07	21.4083
19.7	132	2.6	0.2	144	0.03	15.1096

3. 3. 1 光源を 12[W] パルクボールにして太陽電池の起電力を測定する

(1) 野いちごの場合

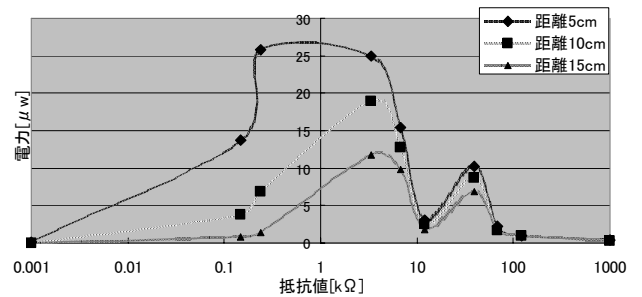


図 3 電力グラフ～野いちご～

外部負荷が 1.0[Ω]や 1000[kΩ]など極端な抵抗値では電力が取り出せないが、電力特性として野いちご茶では 3.3[kΩ]付近に大きく、39[kΩ]に小さく、取り出せる電力のピークが現れている。しかし光源から 5[cm]の近距離では、0.24[kΩ]、3.3[kΩ]の間の抵抗値において更なる高電力が取り出せる可能性がある。

(2) ハイビスカスの場合

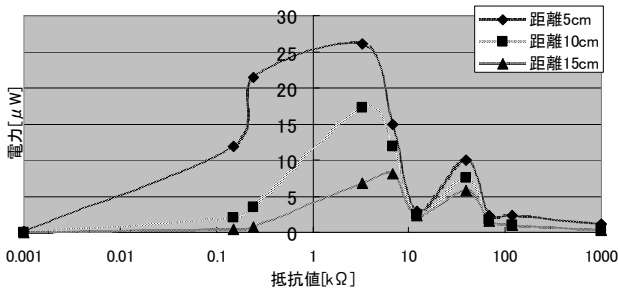


図 4 電力グラフ～ハイビスカス～

同じく外部負荷が 1.0[Ω]や 1000[kΩ]など極端な抵抗値では電力が取り出せないが、電力特性としてハイビスカス（ドライフラワーでは 3.3[kΩ]付近に大きく、39[kΩ]に小さく、取り出せる電力のピークが現れている。しかし光源から 5[cm]の近距離では、0.24[kΩ]、3.3[kΩ]の間の抵抗値において更なる高電力が取り出せる可能性がある。

(3) スモモ杜仲茶の場合

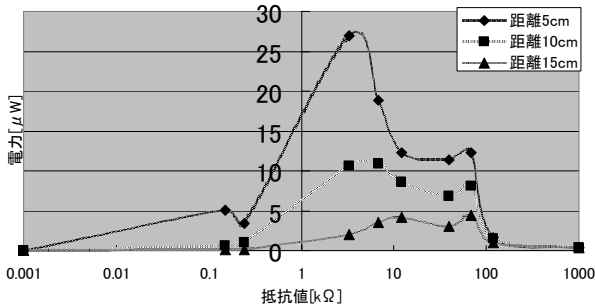


図 5 電力グラフ～スモモ杜仲茶～

同じく外部負荷が 1.0[Ω]や 1000[kΩ]など極端な抵抗値では電力が取り出せないが、電力特性としてスモモ杜仲茶では 3.3[kΩ]付近に大きく、68[kΩ]に小さく、取り出せる電力のピークが現れている。また電力特性の形が少々いびつであり、光源から 5[cm]の近距離での 0.15[kΩ]で少し、電力が上がっている部分があるように見える。

(4) ローズヒップティーの場合

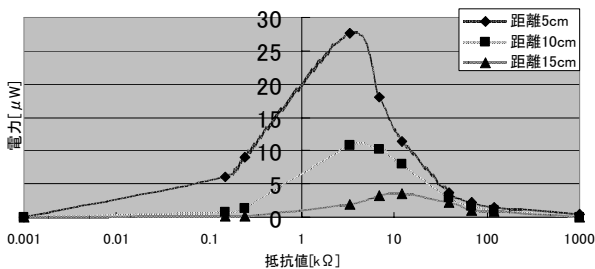


図 6 電力グラフ～ローズヒップティー～

同じく外部負荷が 1.0[Ω]や 1000[kΩ]など極端な抵抗値

では電力が取り出せないが、電力特性としてローズヒップティーでは 3.3[kΩ]付近に大きく取り出せる電力のピークが現れている。また電力のピークは 1つだけであり、光源から距離 15[cm]の場合には 6.8[kΩ]、12[kΩ]の間にあると思われる。

(5) ブレンドティーの場合

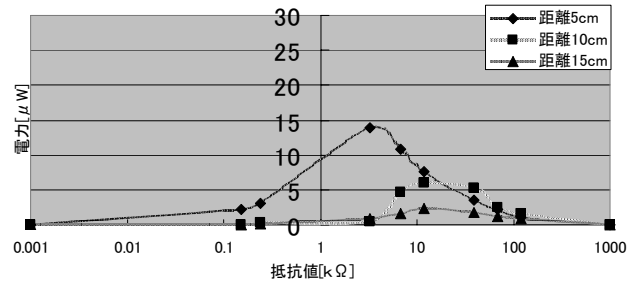


図 7 電力グラフ～ブレンドティー～

同じく外部負荷が 1.0[Ω]や 1000[kΩ]など極端な抵抗値では電力が取り出せないが、電力特性としてブレンドティーでは 3.3[kΩ]付近に大きく取り出せる電力のピークが現れている。

また電力のピークは 1つだけであり、光源から距離 10[cm]、15[cm]の場合には 12[kΩ]と 39[kΩ]の間にあると思われる。

3. 3. 2 光源をカラー写真撮影用 500[W] レフランプにして太陽電池の起電力を測定刷する

(1) ハイビスカスの場合

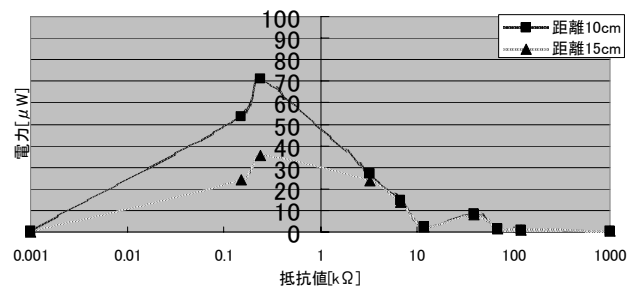


図 8 電力グラフ～ハイビスカス～

同じく外部負荷が 1.0[Ω]や 1000[kΩ]など極端な抵抗値では電力が取り出せないが、ハイビスカス（ドライフラワー）では 0.24[kΩ]、3.3[kΩ]の間の抵抗値において更なる高電力が取り出せる可能性がある。電力特性として 0.24[kΩ]付近に大きく、39[kΩ]に小さく、取り出せる電力のピークが現れている。

また小さなピークが出る抵抗値は 12[W] パルックポールを光源に用いたときと同じである。

(2) 野いちごの場合

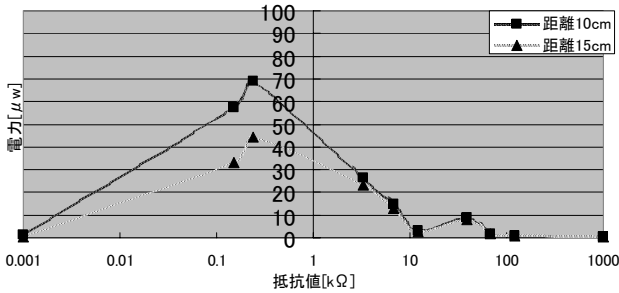


図 9 電力グラフ～野いちご～

同じく外部負荷が 1.0[Ω]や 1000[kΩ]など極端な抵抗値では電力が取り出せないが、野いちご茶では 0.24[kΩ]、3.3[kΩ]の間の抵抗値において更なる高電力が取り出せる可能性がある。電力特性として 0.24[kΩ]付近に大きく、39[kΩ]に小さく、取り出せる電力のピークが現れている。

また小さなピークが出る抵抗値は 12[W]パルックボールを光源に用いたときと同じである。

(3) ローズヒップティーの場合

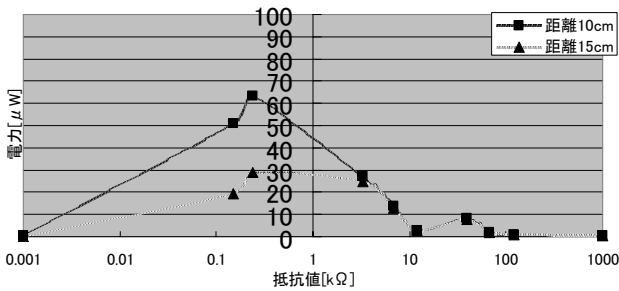


図 10 電力グラフ～ローズヒップティー～

同じく外部負荷が 1.0[Ω]や 1000[kΩ]など極端な抵抗値では電力が取り出せないが、ローズヒップティーでは 0.24[kΩ]、3.3[kΩ]の間の抵抗値において更なる高電力が取り出せる可能性がある。電力特性として 0.24[kΩ]付近に大きく、39[kΩ]に小さく、取り出せる電力のピークが現れている。

(4) スモモ杜仲茶の場合

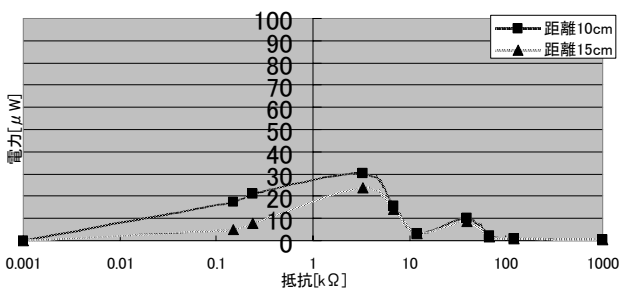


図 11 電力グラフ～スモモ杜仲茶～

同じく外部負荷が 1.0[Ω]や 1000[kΩ]など極端な抵抗値では電力が取り出せないが、スモモ杜仲茶では電力特性として 3.3[kΩ]付近に大きく、39[kΩ]に小さく、取り出せる電力のピークが現れている。

(5) ブレンドティーの場合

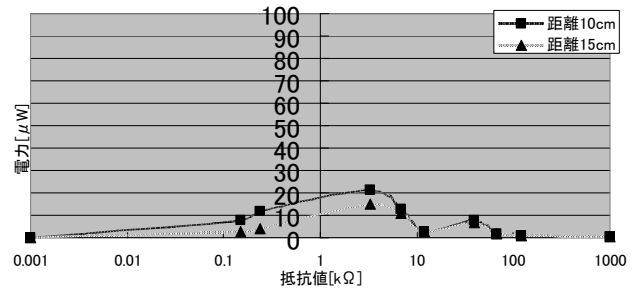


図 12 電力グラフ～ブレンドティー

同じく外部負荷が 1.0[Ω]や 1000[kΩ]など極端な抵抗値では電力が取り出せないが、ブレンドティーでは電力特性として 3.3[kΩ]付近に大きく、39[kΩ]に小さく、取り出せる電力のピークが現れている。

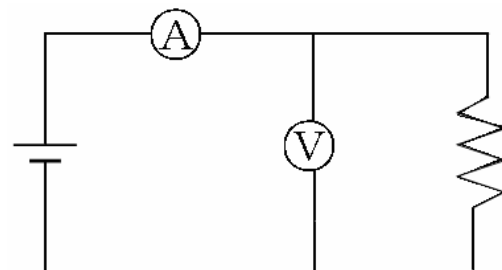


図 13 回路図

これらの図 3～図 12 までの結果から、高発電量を誇る野いちご茶、ハイビスカス（ドライフラワー）は電力特性において光源にあまり左右されず、共に外部負荷 0.24[kΩ]、3.3[kΩ]の間の抵抗値において更なる高電力が取り出せる可能性があり、また 39[kΩ]に小さく、ピークが現れることが分かった。

3.3.1 の 12[W]パルックボールを光源に用いた場合の発電量順位は、1位 野いちご茶、2位ハイビスカスティー、3位スモモ杜仲茶、4位ローズヒップティー、5位ブレンドティーとなった。

3.3.2 のカラー写真用 500[W]レフランプを光源に用いた場合の発電量順位は、1位 ハイビスカスティー、2位野いちご茶、3位ローズヒップティー、4位スモモ杜仲茶、5位ブレンドティーとなった。

この順位の入替わりについては、光源である 12[W]パルックボールとカラー写真用 500[W]レフランプの出す波長の違いと、色素の吸収する波長の違いにより引き起こさ

れた事だと推測する。

またグラフの曲線の途中不自然につながっている間の電力値を、更に多くの抵抗で測定する事により、より高い電力が測定できる可能性があるためこれが次の課題である。

3. 4 ヨウ化カリウム溶液以外の電解質を用いた場合の電力測定

実験で用いた「花力発電キット」は、西野田電工で購入したものである。このキットに付いてきた電解液は「ヨウ化カリウム溶液」であった。そこで私たちはこの電解液の部分をも、更に安く出来ないかということで同じくヨウ素を含む写真のような「ポピドンヨードのうがい薬」、「ヨードチンキ」に変えて電力を測定する試みを行なった。この試みが成功すれば、更に安く色素増感型太陽電池の製作が可能になる。



図 14 電解液に使用した製品、
左：うがい薬、右：消毒薬

測定結果をうがい薬の場合のグラフを図 16 に、ヨードチンキの場合のグラフを図 17 に示す。それぞれの電力測定の結果は表 5 に示す。またヨウ化カリウム溶液とうがい薬とヨードチンキの、3 種類の電解液での光源・セル間距離 5[cm]におけるグラフを図 18 に示す。比較のため、キットに付属の電解液を使いハイビスカスで作った太陽電池の特性曲線を図 15 に示す。ただし、ここでの比較実験は起電力の大きいハイビスカスのセルのものを用いた。

表4. ハイビスカスにおける他の電解質溶液での結果

電解液	抵抗(kΩ)	1000			120		
		mV	μA	μW	mV	μA	μW
ヨードチンキ	5	347	1	0.347	345	3	1.04
	10	306	1	0.306	300	3	0.9
	15	270	1	0.27	265	2	0.53
うがい薬	5	323	1	0.323	323	3	0.97
	10	278	1	0.278	282	3	0.85
	15	242	1	0.242	244	2	0.49

68			39			12			6.8		
mV	μA	μW	mV	μA	μW	mV	μA	μW	mV	μA	μW
347	5	1.74	334	28	9.35	345	9	3.11	319	48	15.3
307	5	1.53	277	23	6.37	300	8	2.4	252	38	9.58
263	4	1.05	209	17	3.55	257	7	1.8	160	24	3.83
301	5	1.5	319	26	8.28	304	8	2.43	309	46	14.2
253	4	1.01	263	22	5.79	255	7	1.78	242	36	8.72
210	3	0.63	185	15	2.77	197	5	0.99	140	21	2.94

3.3			0.24			0.15			1[Ω]		
mV	μA	μW	mV	μA	μW	mV	μA	μW	mV	μA	μW
292	90	26.2	44.8	186	8.33	29.9	201	6.01	0.3	205	0.0615
191	58	11.1	19	80	1.52	11.1	73	0.81	0.1	76	0.0076
88.4	27	2.39	7.2	30	0.22	4.5	31	0.14	0.1	30	0.003
281	87	24.4	41.2	171	7.05	26	175	4.55	0.2	186	0.0372
169	52	8.77	15	63	0.95	10.1	68	0.69	0.1	70	0.007
75.5	23	1.74	6.4	27	0.17	4.1	27	0.11	0.1	28	0.0028

(1) キットに付属の標準電解液で作成した場合

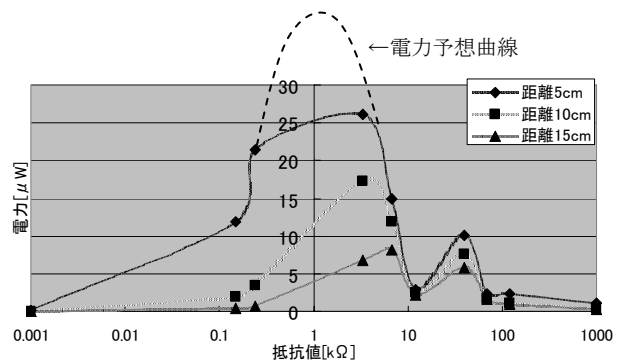


図 15 キット付属電解液での電力グラフ ~ハイビスカス

外部負荷が 1.0[Ω]や 1000[kΩ]など極端な抵抗値では電力が取り出せないが、電力特性として 3.3[kΩ]付近に大きく、39[kΩ]に小さく、取り出せる電力のピークが現れている。

しかし光源から 5[cm]の近距離では、0.24[kΩ]、3.3[kΩ]の間の抵抗値において更なる高電力が取り出せる可能性がある。

(2) うがい薬を電解液に使用した場合

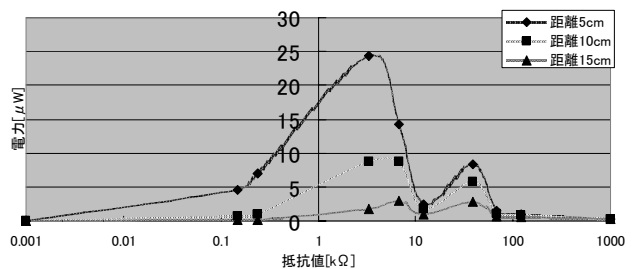


図 16 うがい薬での電力グラフ ~ハイビスカス~

同じく外部負荷が 1.0[Ω]や 1000[kΩ]など極端な抵抗値

では電力が取り出せないが、電力特性として 5[cm]の近距離では 3.3[kΩ]付近に、距離 10[cm]、15[cm]においては 6.8[kΩ]付近に大きく、39[kΩ]にはそれぞれ小さく取り出せる電力のピークが現れている。

(3) ヨードチンキを電解液に使用した場合

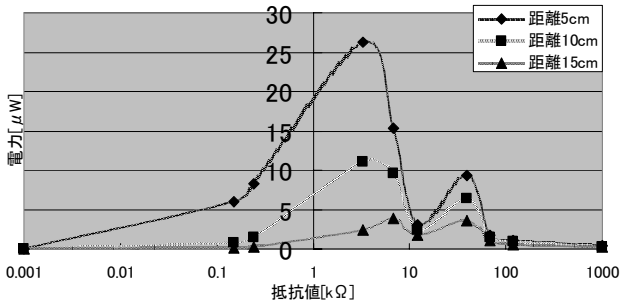


図 17 ヨードチンキでの電力グラフ～ハイビスカス～

同じく外部負荷が 1.0[Ω]や 1000[kΩ]など極端な抵抗値では電力が取り出せないが、電力特性として距離 5[cm]、10[cm]では 3.3[kΩ]付近に、距離 15[cm]においては 6.8[kΩ]付近に大きく、39[kΩ]にはそれぞれ小さく取り出せる電力のピークが現れている。

(4) 3種類の電解液の効果の比較

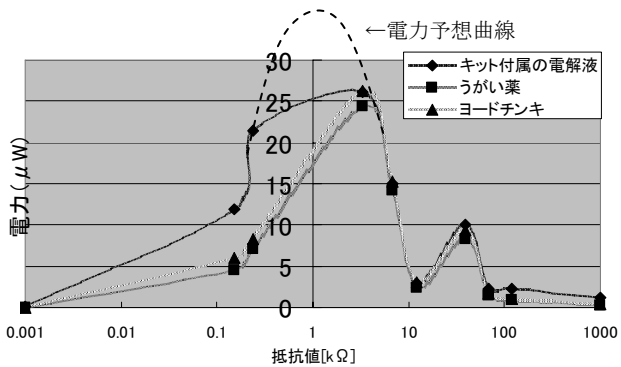


図 18 3種類の電力グラフ：セル・光源距離 5[cm]での比較～ハイビスカス～

同様に外部負荷が 1.0[Ω]や 1000[kΩ]など極端な抵抗値では電力が取り出せないが、電力特性として 3.3[kΩ]付近に大きく、39[kΩ]には小さく取り出せる電力のピークが現れている。

しかしキット付属の電解液を用いた場合は、0.24[kΩ]、3.3[kΩ]の間の抵抗値において更なる高電力が取り出せる可能性があるという結果になった。

以上のように、うがい薬やヨードチンキの電解液でも発電できる事が分かった。しかしヨードチンキはアルコールを含むのですぐ乾燥してしまう。乾燥してしまうとセル間の電子の受け渡しが出来なくなってしまうため、実用的には向いてないと思われる。

またどちらを電解液にしても発電量はヨウ化カリウム溶液には及ばないため、別のヨウ素を含むものか、電子の受け渡しができそうなものを探ることが次の課題と言える。

3. 5 色素として赤チンを用いた場合の電力測定

色素の部分に赤チン（マーキュロクロム液）を用いた場合の各抵抗値での、電圧・電流・電力を表 6 に示し、赤チンにおける電力グラフを図 19 に示す。照射距離については 10[cm]のみについて行ない、光源は紫外線ランプを用いて行なった。

表5. 赤チンを用いたときの各抵抗値の電力

	抵抗(kΩ)			1000			120					
	光源からの距離[cm]			mV	μA	μW	mV	μA	μW			
赤チン	10			472	1	0.472	465	4	1.86			
	68			39			12			6.8		
	mV	μA	μW	mV	μA	μW	mV	μA	μW	mV	μA	μW
	455	7	3.19	344	29	9.98	437	12	5.24	273	40	10.9
	3.3			0.24			0.15			1[Ω]		
	mV	μA	μW	mV	μA	μW	mV	μA	μW	mV	μA	μW
	166	50	8.3	20	58	1.16	14.5	58	0.84	6	60	0.36

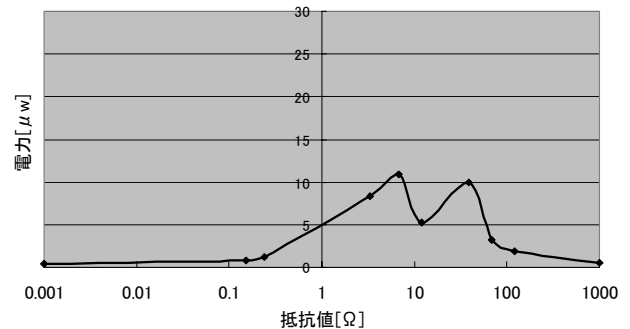


図 19 セル・光源距離 10[cm]での電力グラフ ~赤チン~

電力特性として外部負荷が 6.8[kΩ]、39[kΩ]付近に 2 つ、取り出せる電力のピークが出ている。これは紫外線を光源に用いたときのものであるが、図 3～図 12 までのピークが 2 つある電力特性とあまり変わらない。よって身のまわりの色素を使った色素増感型太陽電池に関しての電力特性は、紫外線に影響されている可能性が高い。

しかし今回の結果では、色素に赤チンを用いて発電できることは分かったが、あまり電力は得られず、まだパルックボールや写真レフランプでの測定がまだ行なえていないので、今後明らかにしていく予定である。

3. 6 身のまわりの非有機色素の利用

マーキュロクロム（赤チン）の赤色素で太陽電池を作ってみた。花の色素より起電力が大きい。

4. 考察

4. 1 わかったこと

身のまわりの植物由来の水溶性色素を用いて色素増感太陽電池を作るとすべての場合起電力を生じた。

無負荷の場合の発生電圧は数 100 [mV]、面積 2.5 [cm] × 2 [cm] 程度の電池で短絡電流は約数 10 ~ 数 100 [μA]、負荷抵抗接続時の電力は約数 10 ~ 数 100 [μW] であった。

学生たちは、発生電力の太陽電池を作るため 30 種類以上の色素を用いて実験を行った。

クラブ活動の中での調査活動のため、電池の特性をきちんとした測定器で測定することも、また試料の色素の光吸収スペクトルや光源の発光スペクトルを測定をすることもできなかった。ましてや、試料ごとの色素の同定も望外のことであった。しかし、ラジオ部室や共同部室を借りて実験を何度も行い、実験の指導原理 (作業仮説) に植物の系統分類の「種 species」との関連を思いつき、精力的に実験を続けている。夏休み中、冷房のないラジオ部室での実験は大変であった。

植物の系統分類の種と起電力の関係の作業仮説は単なる思い付きかもしれないし、データが蓄積されれば逆に自説を否定することになるかもしれない。それでもよいと考えている。実験を繰り返し、何らかの考えをまとめ、その自説が正しいかさらに実験を続けるという方法は科学の正道である。

強制でなく低学年の学生が自ら興味の対象を発見し、実験を繰り返す環境が残念ながら本校にはほとんどないだけに、大切に育てて生きたい。

本研究では平成 15 年度に、日本化学会関東支部茨城地区研究交流会でポスター優秀賞を受賞した。

4. 2 解析

図 3 ~ 図 12 の測定データをどのようなモデルであらわせるか考えた。起電力と内部抵抗は定数と仮定する。

起電力 E_0 、電池の内部抵抗を r 、外部の負荷抵抗を R 、負荷に流れる電流を I 、負荷の電圧降下 (電池の端子電圧) を V 、負荷での消費電力を P とする。

$$電流 I = E_0 / (R+r)$$

$$電圧 V = E_0 - Ir = R E_0 / (R+r)$$

$$電力 P = V I = R E_0^2 / (R+r)^2$$

起電力と内部抵抗は一定 (不変) であるとする、

$$電力 P の R による微分、dP/dR = (r - R) E_0^2 / (R+r)^3$$

電力 P は、 $R=r$ で極大。 ($\because dP/dR=0$)

$$このとき P_{max} = E_0^2 / (4r).$$

また、

$$E_0^2 = 4r P_{max}.$$

電力 P の極大になる負荷抵抗値 $R(=r)$ と、電力 P の極大

値から電池の起電力 E_0 は推定できる。

図 20 の半値全幅 (FWHM) を考える。 $P = P_{max} / 2$ となる 2 つの R がある。

$$P_{max} / 2 = R E_0^2 / (R+r)^2$$

$$R = 3r \pm 2\sqrt{2} r$$

$$R_1 = 3r - 2\sqrt{2} r = 0.71572875 r$$

$$R_2 = 3r + 2\sqrt{2} r = 5.828427125 r$$

$$\Delta R = R_2 - R_1 = 4\sqrt{2} r = 5.656854249 r$$

$$\therefore \text{内部抵抗 } r = (R_2 - R_1) / 4\sqrt{2}$$

$$\text{起電力の 2 乗 } E_0^2 = 4r P_{max}.$$

$$= (R_2 - R_1) P_{max} / \sqrt{2}$$

高級な (ポテンシオメーター等を使用した) 測定器がなくとも、起電力と内部抵抗はほぼ推定できるはずである。

$|\log R/r| \ll 1$ のとき Lorentz 関数で近似できる。

これらを、負荷 R を内部抵抗 r で割って規格化した相対負荷 x ($x = R/r$) を用いて片対数グラフ用紙に表すと図 20 のように完全に左右対称なグラフが予想される。

$$P(x) = (E_0^2 / 4r) (1 / \{1 + (\log_{10} x / 2 \log_{10} e)^2\}) \text{ (Lorentz 型関数)}$$

$$\because x = R/r = e^s \text{ とおく。 } s = \log_e x$$

$$P = V \cdot I = (E_0^2 / r) (x / (1+x^2))$$

$$|s| \ll 1 \text{ のとき、 } e^s + e^{-s} \approx 2(1+s^2) \text{ (マクローリン展開)}$$

$$P \approx (E_0^2 / 4r) (1 / (1+s^2/4)) \text{ (Lorentz 型関数)}$$

$$= (E_0^2 / 4r) (1 / \{1 + (\log_e x / 2)^2\}) \text{ (Lorentz 型関数)}$$

$$= (E_0^2 / 4r) (1 / \{1 + (\log_{10} x / 2 \log_{10} e)^2\}) \text{ (Lorentz 型関数)}$$

$$\text{片対数グラフの半値全幅 FWHM: } \Gamma = 2 \cdot \log_{10} e = 0.869 \text{ (目盛)}$$

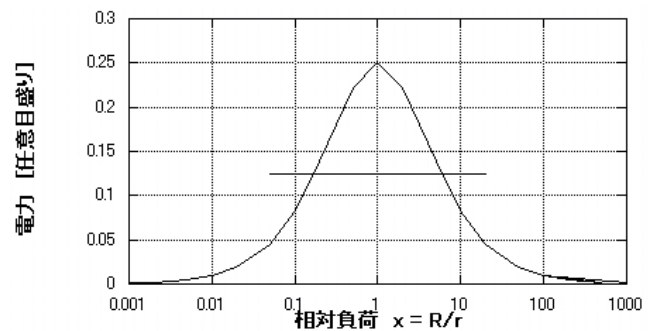


図 20 外部負荷による消費電力

図 20 と、実験データの図 3 ~ 図 19 と見比べることにより、本考察で想定したモデルのイメージがほぼ合っているらしいことが分かる。ただし、10 [kΩ] の電力の極小と 10 [kΩ] ~ 100 [kΩ] の小ピークの説明はできない。

図 3 ~ 図 19 に示される実験で、外部負荷が 1 [kΩ] 近傍のデータが欠けているのが悔やまれる。再実験を行い、モデルと実験事実の関係を明らかにする必要がある。

4.2, 4.3 に外部負荷の値を変えたときの電池の電力と電流のデータを示す。両者とも太陽電池の色素は「野いちご」で、違いは照射する光源の違いだけである。

このモデルの欠点は、内部抵抗 r が太陽電池に由来するか、測定器（デジタルテスター）やその他の接触抵抗に由来するか、更には、内部抵抗値は一定との仮定からのずれに由来するか判別できないことである。電力-負荷抵抗のグラフの形状を説明しているに過ぎない。零電流法までいかずとも、測定方法を工夫し、内部抵抗の理解を進めることが今後の課題となる。乾電池や、Si 太陽電池、燃料電池、レモン電池等の内部抵抗の状態を調べることも今後の課題となる。

4. 3 光源が 12[W] パルクボールの場合の動作特性

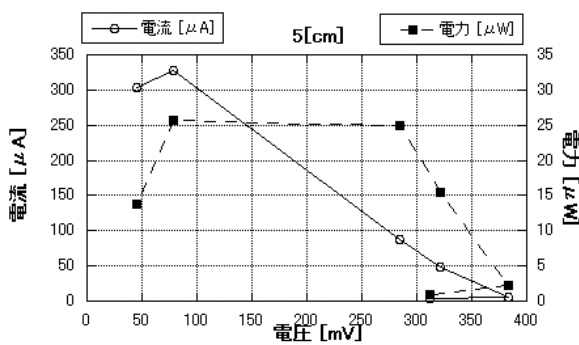


図 21 光源が 12[W] パルクボールの場合、野いちご 光源からの距離 5[cm]

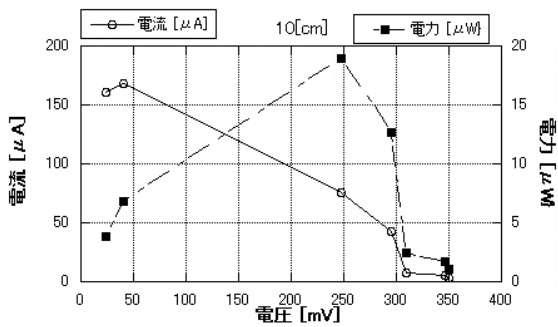


図 22 光源が 12[W] パルクボールの場合、野いちご 光源からの距離 10[cm]

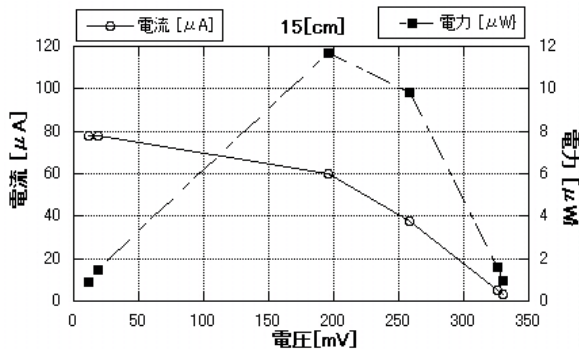


図 23 光源が 12[W] パルクボールの場合、野いちご 光源からの距離 15[cm]

4. 4 光源がカラー写真用 500[W] レフランプの場合

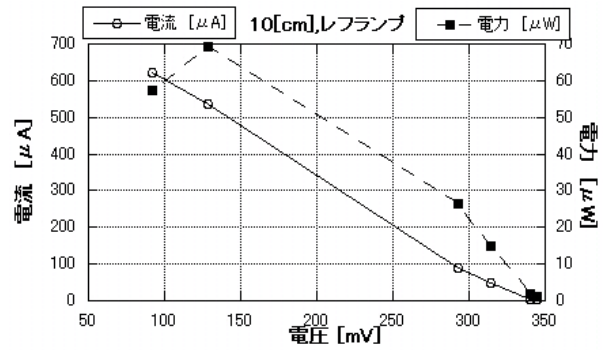


図 24 光源がカラー写真用 500[W] レフランプの場合、野いちご、光源からの距離 10[cm]

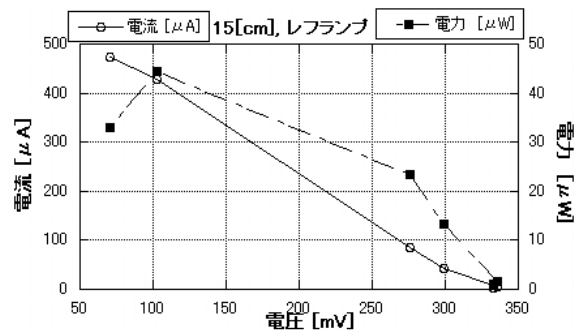


図 25 光源がカラー写真用 500[W] レフランプの場合、野いちご、光源からの距離 15[cm]

5 考察

2 章、3 章に掲げる試料の名称の大部分は原料の物質名、あるいは原材料名ではなく商品名あるいは銘柄である。その組成等確認するには分析が必要である。下記の試料については、商品の梱包表示や店頭表示を示す。試料名、銘柄名と成分（ファミリーレストランの掲示）

- 野いちご茶＝ハイビスカス、ローズヒップ、ステビア
- ローズヒップ（下記のローズヒップピーチとの異同不明）
- ローズヒップピーチ＝ローズヒップ、ハイビスカス、ピーチ
- アールグレイ＝アッサム紅茶、イタリアシシリー島ベルガモット
- ブレンドティ＝セイロン紅茶（ブローケンオレンジペコー）
- ジャスミンティ＝茶葉、ジャスミン
- 南国パインティ＝セイロンオレンジペコー紅茶、パイナップル
- トロピカルマンゴー＝セイロンオレンジペコー紅茶、マンゴー

3 章で述べている「バラ科の植物の色素は、色素増感型

太陽電池にするにあたり高い発電力が期待できると思われる。」は、試料 (商品) 中の成分を確認しないと誤った結論に導くおそれがあり、今後の重要検討課題である。野いちご茶にハイビスカス、ローズヒップが入っているという。

被子植物の分類は、従来の外形による系統分類から、葉緑素の DNA 解析による APG 分類に変わっていた。今回用いた試料の原料の植物の APG 植物分類体系[8, 9]による分類と、製作した各セルの起電力の一覧表を図 26 に掲げる。

参考文献

[1] 松沢孝男、奥山慶洋、関根恵、浅野健、高崎良一、高柳拓也、身のまわりの放射線の測定の試行、一航空機、富士山、2 次宇宙線、北朝鮮の核実験—、茨城工業高等専門学校研究彙報、第 42 号、pp. 45-52 (2007).

[2] 松沢孝男ほか、原子炉の寿命を考慮した原子力発電所の設備容量の将来予測と原子炉の建て替えの試案、茨城工業高等専門学校研究彙報、第 43 号 (2008 予定).

[3] 荒川裕則、内田聡、宮坂力、色素増感型太陽電池の概要、平成 15 年度標準技術集「色素増感型太陽電池」.

[4] 荒川裕則、内田聡、宮坂力、色素増感型太陽電池技術の流れ、平成 15 年度標準技術集「色素増感型太陽電池」.

[5] 日本セラミックス協会編、「太陽電池材料」、日本工業新聞社刊(2006).

[6] 林弥栄・古里和夫・中村恒雄監修、福田元次郎発行、原色樹木大図鑑(1985 年)、株式会社北隆館出版.

[7] 牧野富太郎著、原色牧野植物大図鑑(昭和 57 年)、株式会社北隆館出版.

[8] APG 植物分類体系 フリー百科事典「ウィキペディア (Wikipedia)」, [http:// ja.wikipedia.or.jp/](http://ja.wikipedia.or.jp/)

[9] 塚谷裕一、変わる植物学, 広がる植物学、東京大学出版会(2006).

分岐図	APG植物分類	体系と色素増太陽電池	の起電力	種類	単位[μW]	科	属	種	品種・銘柄 (当論文での試料名)	電力(1) [μW]	電力(2) [μW]				
被子植物	被子植物	モクレン類	コショウ目	ドクダミ科	ドクダミ	ドクダミ	ドクダミ	ドクダミ	リンゴドクダミ茶						
		単子葉類	ユリ目	ユリ科	オニユリ	オニユリ	オニユリ	オニユリ			107				
			単子葉類	イネ目	イネ科	バイナツプル	南国バイナツプル						1.4		
		イネ、玄米				玄米茶	ショウガ植じ玄米茶				50	1.78			
		ツククサ類	ショウガ目	ショウガ科	ショウガ属	ショウガ	ショウガ	ショウガ	ショウガ玄米茶			1.78			
		真正双子葉類	真正双子葉類	ツゲ科	タデ科	タデ属	タデアイ	藍							
				コア真正双子葉類	ナデシコ目	タデ科	タデ属	タデアイ	藍						
				コア真正双子葉類	バラ類	フウロソウ目	フウロソウ科	フウロソウ属	フウロソウ	ゼラニウム				96	
						テンジクアオイ属	テンジクアオイ	ゼラニウム							
				バラ類	バラ目	バラ科	バラ属	ローズヒップ	ローズヒップティ				59	3.6	
							りんご属	りんご	アップルティ						
				真正バラ類 I	バラ目	バラ科	サクラン属	スモモ	スモモ杜仲茶						0.68
							イチゴ属	イチゴ	野いちご茶						
真正バラ類 II	アオイ目			アオイ科	フヨウ属	ハイビスカス	ハイビスカスドライフラワ						9.93		
					ウルシ科	マンゴー	マンゴー	ハイビスカステイ						1.42	
コア真正双子葉類	コア真正双子葉類	ムクロジ目	ミカン科	ミカン属	温州みかん	みかん緑茶						1.95			
				ゆず	ゆず緑茶								1.65		
				ベルガモット	アールグレイティ								2.86		
				中国茶・緑茶										2.6	
				中国茶・白茶											
キク類	キク類	ツツジ目	ツツジ科	ツバキ属	ツバキ	チャノキ									
				中国茶・黄茶											
				中国茶・青茶	安溪鉄観音									2.6	
				中国茶・紅茶	中国茶・紅茶										
				中国茶・黒茶	プアール茶										
				杜仲茶											
真正キク類 I	真正キク類 I	ガリア目	トチュウ科	トチュウ属	トチュウ										
				リンドウ目	アカネ科	コーヒーノキ属	コーヒーノキ	インスタントコーヒー					33		
				シソ目	シソ科		サルビア	紫サルビア						30	
				モクセイ科	ソケイ属	ジャズミン	ジャズミン茶							2.55	
				真正キク類 II	真正キク類 II	キク目	キク科	ヒヤクニチソウ属	ジニア	百日草	百日草				
シカギク属	カモミール	カモミール茶											85		

図 26 実験に用いた植物試料の APG 植物分類と色素増感型太陽電池の起電力との関係

スペクトル確率有限体積法の提案とその基礎的考察

～ 進行型破壊問題の簡便な解析法と確率モデルを用いた評価法の融合を目指して ～

中川 英則

Proposal of Spectral Stochastic Finite Volume Method and the Fundamental Study

Hidenori NAKAGAWA

Abstract: In this paper, a numerical computation method is proposed to simulate behavior of deformable body including probabilistic variability with easy treatment. In the analysis of the mechanical behavior of deformable body, FEM is reliably and extensively used at the stage where displacement is continuous. However, once the crack occurs and discontinuity appears remarkably, these techniques such as remeshing or joint element etc. are needed. This is because FEM is based on well-established continuum modeling and interpolation by overlapping smooth shape function. In such a state, new techniques based on FVM or particle discretization method which introduces discontinuous basis into a mathematical discretization without changing the original physical model were proposed. The theory of Spectral Stochastic Finite Element Method which is a reasonable numerical computation method with the probabilistic model can be put on these new techniques. In the first part of this paper, the difference of each formulation based on FVM or particle discretization method is examined. Moreover, the outline of Spectral Stochastic Finite Volume Method is described.

1. はじめに

固体の進行型破壊問題に対する確率モデルを用いた合理的な解析手法¹⁾として、出来るだけ簡便な数値シミュレーションツールの構築を目指す中で、現在次の2点を考えている。1つ目は、「連続な段階から、亀裂やせん断帯が発生するような不連続な段階に至るまでシームレスな解析を行うための簡便な解析手法に確率場の離散スペクトル分解を取り入れることで、確率モデルを用いた合理的な解析手法を構築する」こと。もう1つは、精度向上のためにも、「ばらつき(平均, 分散)を変数として取り込んだ Hermite 多項式汎関数列を基底とする最良近似な有限次元確率部分空間への射影に基づく離散スペクトル分解の考案」である。本紙面では、前者に対するノートの一部の作成としての意味も踏まえ、連続から不連続な段階に至るまでシームレスな解析が可能となる既存の2種類の解析手法についての(比較を含めた)考察、および、それらの手法に確率場の離散スペクトル分解を取り込んだ定式化をまとめる。

2. 不連続な基底関数に基づく離散化手法

変位・歪がともに連続である段階では、有限要素法などの連続体を対象とした手法により解析が可能であるが、亀裂やせん断帯が発生するような段階まで解析を行う必要がある場合には、数値解析に際して何らかの特別な考慮が必要となる。これは、既存の有限要素法の定式化では、要素間の変位の連続性や微係数の連

続性といった制約が入るため、要素そのものに直接不連続な関係を入れることが、何らかの工夫無しでは出来ないことによる。そのため、リメッシュやジョイント要素の導入、連続体ベースのメッシュフリー的な手法(Manifold法, XFEM, FCM)²⁾、不連続体ベースの手法(RBSM, DEM, DDA)^{3),4),5)}、など様々な手法が考案されている。しかし一方で、これらの手法は既存の有限要素法の範疇と同じくらい手軽にコーディング・解析が出来るかということ必ずしもそうではなく、予め亀裂面を設定する必要性や、条件文を多用した非常に複雑なコード、物理モデルを小さなブロックの集合として定義するため連続体の物理モデルとの整合性、などの点で何らかの制約を伴う。

そのような中で、物理モデルを変えることなく、あくまで汎関数や重み付き残差法の数学的離散化に際して不連続な基底関数を導入することで、連続体状態から一部が不連続体化した状態までの一連の過程をシームレスに解析できる手法が開発され発表されている。1つは有限体積定式化の中に有限要素の概念を導入した手法^{6),7)}であり、もう1つは、Particle Discretization Schemeの概念に基づく手法^{8),9)}である。一見すると似たこれら2つの定式化であるが、ここでは、準静的で外力項($f_i = 0$)の影響を含まない形での2次元弾性問題を例に、「不連続な基底関数の概念に立脚する」という共通する箇所を統一し定式化のエッセンスとなる部分を抜き出すことで、それぞれの違いをみてゆく。以下、総和規約を用いた直交テンソル表記を用いる。

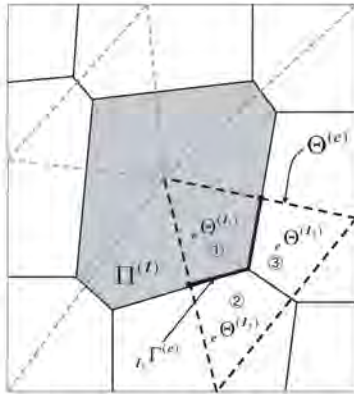


Fig.1 双対関係をもつ2種類の離散領域

2次元空間 \mathcal{R}^2 内において、領域 D を占める弾性体が、表面力 \bar{m} (on Γ_σ) を受けて釣合い状態にある場合を考える。支配方程式として以下が成り立つ、

$$\begin{cases} \frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_j} = 0 \\ \sigma_{ij} = C_{ijkl} \varepsilon_{kl} \\ \varepsilon_{kl} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_k}{\partial x_l} + \frac{\partial u_l}{\partial x_k} \right) \end{cases} \quad (1)$$

ここに、 σ_{ij} は応力テンソルを、 C_{ijkl} は等方弾性テンソルを、 ε_{kl} は歪テンソルをそれぞれ表す。これらのテンソル量はいずれも、直交座標系における位置 $\mathbf{x} = (x_1, x_2)$ の関数である。以下、面積分を $\int_D dS$ 、線積分を $\int_{\partial D} d\Gamma$ で表す。

この支配方程式について、重み付き残差 (以下、重み関数には * を付す) を取ることで以下のように弱形式化する。

$$\int_D u_i^* \left(\frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_j} \right) dS = 0 \quad (2)$$

(2) の左辺は、

$$\int_D u_i^* \sigma_{ij,j} dS = \int_{\partial D} u_i^* \sigma_{ij} n_j d\Gamma - \int_D \varepsilon_{ij}^* \sigma_{ij} dS \quad (3)$$

と展開できる。したがって (2) は、

$$\int_{\partial D} u_i^* \sigma_{ij} n_j d\Gamma - \int_D \varepsilon_{ij}^* \sigma_{ij} dS = 0 \quad (4)$$

と書き換えられる。

ここで、全領域 D は Fig.1 のような互いに双対関係をもつ2種類の離散領域によって構成されるものとする。1つ目は、有限体積法における制御体積と呼ばれる部分領域 (Voronoi 領域) であり、本紙面では $\Pi^{(I)}$ で各制御体積を表す。全領域 D は、互いに重なりを持たない制御体積 $\Pi^{(I)}$ の和集合として表される。すなわち、

$$D = \sum_I \Pi^{(I)} : \Pi^{(I)} \cap \Pi^{(J)} = \phi \quad (I \neq J) \quad (5)$$

ここに、全領域 D における重み関数として、各制御体積 $\Pi^{(I)}$ 上で節点 (I) の値で代表される一定な関数を考える (Fig.2)。

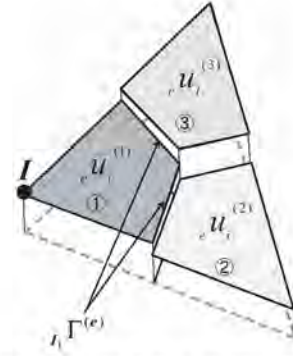


Fig.2 各有限要素内で重なりを持たない形状関数

2つ目は、有限要素に相当する部分領域 (Delaunay 領域) であり、本紙面では $\Theta^{(e)}$ で各有限要素を表す。ここに、全領域 D は互いに重なりを持たない有限要素 $\Theta^{(e)}$ の和集合として表される。すなわち、

$$D = \sum_e \Theta^{(e)} : \Theta^{(r)} \cap \Theta^{(q)} = \phi \quad (r \neq q) \quad (6)$$

したがって、各有限要素 $\Theta^{(e)}$ 上では、図のように不連続な変位場が作られることになる。これは、通常の FEM と異なり、重なりがない形状関数を用いたことに相当する。そのため、DEM や RBSM で通常用いられるように、ブロック間を繋ぐバネのバネ定数の変化や切断として破壊を表現することが可能となる^{3),4)}。

ここで、各制御体積 $\Pi^{(I)}$ と有限要素 $\Theta^{(e)}$ は、お互いの重なりによってさらに小領域へと分割される。すなわち、各制御体積 $\Pi^{(I)}$ は以下のように、有限要素との重なりによる小領域 ${}_I \Pi^{(e_n)}$ から構成される。

$$\Pi^{(I)} = \bigcup_n {}_I \Pi^{(e_n)} \quad (7)$$

$$e_n \stackrel{\text{def}}{=} \{ e \mid \Pi^{(I)} \cap \sum_e \Theta^{(e)} \neq \phi \} \quad (8)$$

$$\partial \Pi^{(I)} = \bigcup_n {}_I \Gamma^{(e_n)} \quad (9)$$

ここに添字 (e_n) は、制御体積 $\Pi^{(I)}$ の節点 (I) に結合する有限要素 $\Theta^{(e)}$ の番号、 ${}_I \Pi^{(e_n)}$ は制御体積 $\Pi^{(I)}$ に対する有限要素 $\Theta^{(e)}$ の占める小領域、 ${}_I \Gamma^{(e_n)}$ は制御体積 $\Pi^{(I)}$ の閉境界 $\partial \Pi^{(I)}$ が有限要素 $\Theta^{(e)}$ によって切り取られる部分境界である。

双対的に、各有限要素 $\Theta^{(e)}$ は以下のように、制御体積との重なりによる小領域 ${}_e \Theta^{(I_n)}$ から構成される。

$$\Theta^{(e)} = \bigcup_n {}_e \Theta^{(I_n)} \quad (10)$$

$$I_n \stackrel{\text{def}}{=} \{ I \mid \Theta^{(e)} \cap \sum_I \Pi^{(I)} \neq \phi \} \quad (11)$$

さて、ここから式 (2) もしくは同値な式 (4) を基に、以下2つの定式化を示す。

(1) 離散定式化 その 1^(6),7)

式(2)を、各制御体積 $\Pi^{(I)}$ での積分の和として離散化する。この各制御体積上で離散化をしている点は、後述の離散定式化 その 2で示す手法と見た目上異なってくる点の1つといえるが、領域 $\Pi^{(I)}$ でホモトープである以上、ここでは両者に本質的な差はないといえる。

$$\int_D u_i^* \sigma_{ij,j} dS = \sum_I \left[\int_{\partial\Pi^{(I)}} u_i^* \sigma_{ij} n_j d\Gamma - \int_{\Pi^{(I)}} \varepsilon_{ij}^* \sigma_{ij} dS \right] \\ = \sum_I \left[\sum_n \int_{I_n \Gamma^{(e_n)}} u_i^* \sigma_{ij} n_j d\Gamma \right] = 0 \quad (12)$$

ここで式(12)は、各々の制御体積 Π_I に対し、その節点 (I) に結合する有限要素の小領域 $I\Pi^{(e_n)}$ からの寄与を評価し組み合わせている。すなわち、制御体積 (I) 毎に小領域 $I\Pi^{(e_n)}$ の寄与を足し合わせて全領域 D での積分を構成している。この手順は、有限要素 (e) 毎に小領域 $e\Theta^{(I_n)}$ からの寄与を足し合わせて全領域 D での積分を構成することと同じである(有限和の順序の違い)。したがって、式(12)は

$$\int_D u_i^* \sigma_{ij,j} dS = \sum_I \left[\sum_n \int_{I_n \Gamma^{(e_n)}} u_i^* \sigma_{ij} n_j d\Gamma \right] \\ = \sum_e \left[\sum_n \int_{I_n \Gamma^{(e)}} u_i^* \sigma_{ij} n_j d\Gamma \right] = 0 \quad (13)$$

とも書くことができる。

式(13)において、制御体積間の境界 $I_n \Gamma^{(e)}$ 上でデルタ関数が立ち上がるため、歪テンソル(すなわち応力テンソル)は位置座標の関数として通常のように定義できない。そのため、離散定式化 その 1では、境界 $I_n \Gamma^{(e)}$ 上の変位 u_i を要素 $\Theta^{(e)}$ を構成する有限要素節点の変位 $e u_i^m$ によって次のように補間する。補間に用いる関数 N^m は、通常の有限要素法で形状関数として用いる1次多項式であり、Fig.1~2に示す離散領域の定義関数のみに立脚する統一的扱いとするのではなく、ここで新たな基底関数を導入している点が後述の離散定式化 その 2の手法と大きく異なる点といえ、両者は初期で同じ値の要素剛性方程式をもつが進展と伴に差が現れる。

$$u_i = N^m \times e u_i^m \quad (14)$$

式(14)を、(13)に代入することによって、各有限要素 $\Theta^{(e)}$ ごとに要素剛性方程式が以下のように導出される。ここで、境界 $I_n \Gamma^{(e)}$ 上では、制御体積 $\Pi^{(I_n)}$ 上の一定な重みが用いられ $e u_i^{*n}$ は積分の外に出ている。

$$\sum_n e u_i^{*n} \left[\int_{I_n \Gamma^{(e)}} C_{ijkl} N_{,l}^m n_j d\Gamma \right] e u_k^m = 0 \quad (15)$$

$$e A_{ik}^{nm} e u_k^m = 0 \quad (16)$$

$$e A_{ik}^{nm} = \int_{I_n \Gamma^{(e)}} C_{ijkl} N_{,l}^m n_j d\Gamma \quad (17)$$

(2) 離散定式化 その 2^(8),9)

式(4)を、各有限要素 $\Theta^{(e)}$ での積分の和として離散化する。

$$\sum_e \left[\int_{\partial\Theta^{(e)}} u_i^* \sigma_{ij} n_j d\Gamma - \int_{\Theta^{(e)}} \varepsilon_{ij}^* \sigma_{ij} dS \right] = \\ \sum_e \left[\int_{\partial\Theta^{(e)}} u_i^* t_i d\Gamma - \int_{\Theta^{(e)}} \varepsilon_{ij}^* \sigma_{ij} dS \right] = 0 \quad (18)$$

式(18)において、各有限要素 $\Theta^{(e)}$ 内における変位の不連続性から、歪テンソル(すなわち応力テンソル)は通常的位置座標の関数として定義されない。そのため、離散定式化 その 2では、以下のように各有限要素 $\Theta^{(e)}$ 内で積分し平均化することで、各有限要素 $\Theta^{(e)}$ 内の歪を定義している。

$$\varepsilon_{ij}^{(e)} = \frac{e u_i^m}{|\Theta^{(e)}|} \int_{\Theta^{(e)}} \pi_{,j}^m(\mathbf{x}) dS \quad (19)$$

ここに、 $|\Theta^{(e)}|$ は有限要素領域 $\Theta^{(e)}$ の面積を表す。ここで、各有限要素 $\Theta^{(e)}$ 内で一定値となる歪の定義(19)に、領域内での積分による平均化を用いる根拠の裏づけとして以下が挙げられる。全領域 D 上での変位および応力は、それぞれ制御体積 $\Pi^{(I)}$ 上および有限要素 $\Theta^{(e)}$ 上でそれぞれ一定値を取るものとして次のような定義関数を導入する。これは、離散定式化 その 1と同じく双対関係をもつ2種類の離散領域の定義関数である。

$$u_i(\mathbf{x}) = \sum_I u_i^{(I)} \pi^I(\mathbf{x}) \quad (20)$$

$$\pi^I(\mathbf{x}) = \begin{cases} 1 & \mathbf{x} \in \Pi^{(I)} \\ 0 & \mathbf{x} \notin \Pi^{(I)} \end{cases} \quad (21)$$

$$\sigma_{ij}(\mathbf{x}) = \sum_e \sigma_{ij}^{(e)} \theta^e(\mathbf{x}) \quad (22)$$

$$\theta^e(\mathbf{x}) = \begin{cases} 1 & \mathbf{x} \in \Theta^{(e)} \\ 0 & \mathbf{x} \notin \Theta^{(e)} \end{cases} \quad (23)$$

ここで、支配方程式(1)に対する汎関数

$$I(\mathbf{u}, \sigma) = \int_D \sigma_{ij} \varepsilon_{ij} - \frac{1}{2} C_{ijkl}^{-1} \sigma_{ij} \sigma_{kl} dS \quad (24)$$

において、式(20)及び式(22)をこの汎関数の式(24)に代入し、 $\partial I / \partial \sigma_{ij}^{(e)} = 0$ から、有限要素 $\Theta^{(e)}$ 内で平均化された歪の式(19)が得られる。

以上より、式(19)を、(18)に代入することによって、各有限要素 (e) ごとの要素剛性方程式が以下のように導出される。

$$\sum_n e u_i^{*n} \left[e B_j^n C_{ijkl} e B_l^m |\Theta^{(e)}| \right] e u_k^m = 0 \quad (25)$$

$$e B_j^n = \frac{1}{|\Theta^{(e)}|} \int_{\Theta^{(e)}} \pi_{,j}^n(\mathbf{x}) dS \quad (26)$$

$$e B_{ik}^{nm} e u_k^m = 0 \quad (27)$$

$$e B_{ik}^{nm} = e B_j^n C_{ijkl} e B_l^m |\Theta^{(e)}| \quad (28)$$

3. スペクトル確率有限体積法の構築の概要

(1) 確率関数の離散スペクトル分解

スペクトル確率有限要素法 (SSFEM) は、2種類の確率関数の離散スペクトル分解 (Karhunen-Loeve 展開, Hermite 汎関数展開) を用いて、確率過程を離散的に表現することで有限要素法に適用した、R.G. Ghanem & P.D. Spanos(1991) によって考案された手法である¹⁰⁾。ここではまず、確率関数の離散スペクトル分解の概要を述べる。確率変数 $E(\mathbf{x})$ が 2 次過程、すなわちパラメータ \mathbf{x} をもつ L^2 可測な確率変数である場合を考える。具体例としては、ヤング率が各位置において確率的に変動するような状況が挙げられる。連続体は有限領域であり、相関関数は連続と見なせるため、この仮定は十分に想定される範囲である。このとき、確率変数 $E(\mathbf{x})$ の相関関数 $C(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2)$ の固有積分方程式

$$\int_D C(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2) \phi^\alpha(\mathbf{x}_2) d\mathbf{x}_2 = \lambda_\alpha^2 \phi^\alpha(\mathbf{x}_1) \quad (29)$$

$$(\alpha = 1, 2, 3, \dots)$$

を満足する規格直交性をもつ固有関数系 $\phi^\alpha(\mathbf{x})$ ($\alpha = 1, 2, 3, \dots$) によって、相関関数 $C(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2)$ は、

$$C(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2) = \sum_{\alpha=1}^{\infty} \lambda_\alpha \phi^\alpha(\mathbf{x}_1) \phi^\alpha(\mathbf{x}_2) \quad (30)$$

と離散スペクトル分解できる (Mercer の定理)¹⁰⁾。さらに、

$$\xi^\alpha(\omega) = \frac{1}{\lambda_\alpha} \int_D E(\mathbf{x}, \omega) \phi^\alpha(\mathbf{x}) d\mathbf{x} \quad (31)$$

$$(\alpha = 1, 2, 3, \dots)$$

と定義される規格直交性をもつ確率変数 $\xi^\alpha(\omega)$ と、固有関数系 $\phi^\alpha(\mathbf{x})$ ($\alpha = 1, 2, 3, \dots$) を用いることで、確率過程 $E(\mathbf{x}, \omega)$ は、

$$E(\mathbf{x}, \omega) = \sum_{\alpha=1}^{\infty} \lambda_\alpha \phi^\alpha(\mathbf{x}) \xi^\alpha(\omega) \quad (32)$$

と平均 2 乗収束の意味で展開 (Karhunen-Loeve 展開) できる。

さて、連続体 D の材料物性の確率変動が例えばガウス分布をもつと仮定しても、非線形システムの応答としては必ずしも正規分布とは限らず、確率的なばらつきも非線形システムを通した後はさらに拡大すると考えられる。そこで、標準正規分布 (平均 0, 分散 1) を有する有限個の独立確率変数列 $\xi^{(\alpha)}$ ($\alpha = 1, 2, \dots, N$) のみを使って、Hermite 多項式環 Ψ^β ($\beta = 1, 2, 3, \dots$) を作る。応答の確率関数の展開に Hermite 汎関数展開を用いるのは、ここで仮定した材料物性の確率特性が正規分布をもつためであり (自己相似型の固有値問題の要請)、ま

た Hermite 多項式環が完全性を持つためである。この Hermite 多項式汎関数を基底とした確率空間へ応答がもつ確率特性を射影することで、確率空間 Ω に属する任意の確率過程は、

$$u_i(\mathbf{x}, \omega) = \sum_{\beta=0}^{\infty} u_i^\beta(\mathbf{x}) \Psi^\beta(\omega) \quad (33)$$

と記述できる (Hermite 汎関数展開)。ここに、 $\{\Psi^\beta\}$ は直交性を有している。

(2) スペクトル確率有限体積法の定式化

確率境界値問題の近似解を求めるため、確率分布に対する重みつき残差も考慮した確率変分問題を解く。以下、確率測度についての内積 $\int_\Omega P(d\omega)$ を $\langle \cdot \rangle$ で表す。

$$\int \int_{D \times \Omega} u_i^*(\mathbf{x}, \omega) \sigma_{ij,j}(\mathbf{x}, \omega) dS P(d\omega) = 0 \quad (34)$$

式 (32) と式 (33) を式 (34) に代入し、ここに空間の離散化に際して、式 (15) を考慮した場合、最終的に式 (34) から次のような要素剛性方程式を導くことができる。

$$eA_{ik}^{nm, \beta\beta'} e u_k^{m, \beta'} = 0 \quad (35)$$

$$eA_{ik}^{nm, \beta\beta'} = \int_{\Gamma_n \Gamma^{(e)}} \lambda_\alpha \phi^\alpha \langle \xi^\alpha \Psi^\beta \Psi^{\beta'} \rangle C_{ijkl} N_l^m n_j d\Gamma \quad (36)$$

もしくは、空間の離散化に際して式 (25) を考慮した場合は、最終的に式 (34) から次のような要素剛性方程式を導くことができる。

$$eB_j^n = \frac{1}{|\Theta^{(e)}|} \int_{\Theta^{(e)}} \pi_{j,j}^n(\mathbf{x}) dS \quad (37)$$

$$eB_{ik}^{nm, \beta\beta'} e u_k^m = 0 \quad (38)$$

$$eB_{ik}^{nm, \beta\beta'} = eB_j^n e B_l^m |\Theta^{(e)}| \times \int_{\Theta^{(e)}} \lambda_\alpha \phi^\alpha \langle \xi^\alpha \Psi^\beta \Psi^{\beta'} \rangle C_{ijkl} dS \quad (39)$$

参考文献

- 1) Muneo Hori: Introduction to Computational Earthquake Engineering, Imperial College Press(2006).
- 2) 鈴木克幸, 萩原世也, 長嶋利夫: メッシュフリー解析法 (計算力学レクチャーシリーズ), 丸善出版 (2006).
- 3) 川井忠彦: 離散化極限解析法概論, 培風館 (1991).
- 4) 伯野元彦: 破壊のシミュレーション—拡張個別要素法で破壊を追う, 森北出版 (1997).
- 5) 大西有三, Shi Gen - Hua, 佐々木猛: 不連続変形法 (DDA) (計算力学レクチャーシリーズ), 丸善出版 (2005).
- 6) C.Bailey, M.Cross: A finite volume procedure to solve elastic solid mechanics in three dimensions on unstructured mesh., Int.Journal for Num. Methods in Engg., 38, 1757-1776, 1995
- 7) 武田洋, 竹内則雄, 佐藤一雄: 有限体積法の固体力学への応用, 計算工学会 計算工学講演会論文集 Vol.2, pp.403-406, 1997(5).
- 8) M.L.L.Wijerathne, K.Oguni, M.Hori: PROPOSAL OF PARTICLE DISCRETIZATION SCHEME FOR SOLVING BOUNDARY VALUE PROBLEM OF CONTINUUM, VIII International Conference on Computational Plasticity, E.Onate and D.R.J.Owen(Eds), CIMNE, Bracelona, 2005.
- 9) 岩井俊英, 小国健二, 堀宗朗: FEM- β -破壊の解析に適した有限要素法の提案, 応用力学論文集, 2003, Vol.6, pp.231-238
- 10) R.G. Ghanem, P.D. Spanos: Stochastic finite elements: a spectral approach, Springer, Berlin, 1991.

コッホ型伝熱素子の熱伝達現象に関する研究

根本 栄治、岡田 真

A Study of the Heat Transfer Phenomena of the von Koch Type Heat Conductive Element

Eiji NEMOTO and Makoto OKADA

Abstract: We have measured the temperature distributions of the heat transfer elements which are composed von Koch shape and non-fractal shape by using the thermograph and conventional thermo-couple measuring method. We investigated how heat conduction and heat transfer arise in each elements, and keeping heat balance of the experiment. The research is mainly to compare the Koch type elements with straight shape element, and argue the difference in such element. As means of comparison, the result from the experiment make into non-dimensional temperature by following equation $\theta = (T_i - T_f) / (T_{\max} - T_f)$ with the heater temperature (T_i) of distance x , the heater temperature (T_{\max}) of distance $x=0$, and the surrounding temperature (T_f). For the experiment, we adopted the brass wire for making facility. From our experiment, the Koch type element showed the good heat transfer efficiency compared with the normal heat transfer element.

1. 緒言

近年の研究テーマとしてフラクタルの研究[1]-[3]が世界各国で行われ、数学の分野で進展のあったフラクタルの工学、医学、農学の分野への応用研究が更に進んでいる。フラクタル (Fractal) は、マンデルブロ (Mandelbrot, 1924-) が、1975年に新しく作った造語で、語源はラテン語の形容詞 *fractus* である。この語の派生語である *fractional* (少数の) や *fracture* (破片) などの英単語の意味からも推測できるように、*fractus* は、ある形状が崩れて不規則な破片になった状態を表す。このフラクタルは、自然界に多く存在し、シダ植物の形状や、人の肺、血管などの形状もすべてフラクタルの一種であることが知られているが、シダ植物や人の肺がなぜフラクタルの形状を取るかについて考えてみると長い歴史の中で培われた生物の経験的事象により、その形状がシダ植物が生きていく上で、もしくは、肺が機能する上で最も効率的であるからであるといえる。

このことから、フラクタルと呼ばれる形状はエネルギー収支において浪費の少ない形状であると予想できる。また、微分係数を持たないフラクタル図形と微分積分を基盤として理論化されている工学との関連は未だにあまり開拓されていない領域であり、研究対象としても興味深い。今回実験対象とするコッホ型伝熱素子は、コッホ曲線形状に加工した伝熱素子の事を指し、経験的次元においては1次元に分類されるものであるが、相似性次元において、1次元以上の次元数を持つフラクタルの一種であり、通常の1次元伝熱素子と熱伝達現象について比較することは、フラクタルの伝熱学的な応用分野の開拓に繋げる重要な基礎研究である。以上のことから、このコッホ型伝熱素子の熱伝達現象に関する研究を、フラクタルの工学との関連を探求する最初のステップとする研究テーマとし、その過程の中で、この形状変化が熱伝達現象にどのような変化を与えるかについても解析していく。解析については、主に直線の伝熱素子とコッホ型の比較によって、その形状がど

のような熱伝達現象を行うのか推察することとし、大域的な温度分布の測定が可能である赤外線カメラを用いて温度測定実験を行い、比較、検討した。

2. 実験原理

本実験では、各測定対象物に対して周囲の雰囲気や、熱源からの熱流の大きさを比較材料として除いて考察する。そのために、赤外線カメラによって得られたデータを、以下に示す無次元化の式によって検討するため、熱源に接着している伝熱素子上の点を x 軸の原点にとる。ここでいう x 軸とは、常に伝熱素子上であり、伝熱素子上では x 座標のみが変化する。

$$\theta = \frac{T_i - T_f}{T_{\max} - T_f} \dots\dots (1)$$

T_{\max} : 距離 $x = 0$ における温度
 T_i : 距離 x における温度
 T_f : 周囲温度

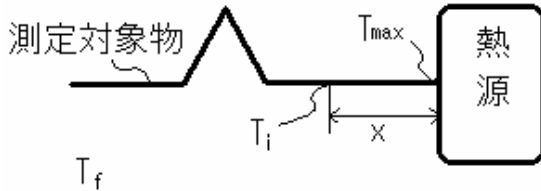


図1 式(1)の変数定義

この実験では赤外線カメラの有用性を確認するため、正確な接触測定である熱電対を校正実験を行う。これについても、赤外線カメラとの比較のため、ある1点についての温度を無次元化し、赤外線カメラとの一致を見ることにより、赤外線カメラの有用性を確認する。無次元化の式は以下に示すとおり。

$$\theta = \frac{T_2 - T_f}{T_1 - T_f} \dots\dots (2)$$

T_1 : 距離 $x = 0$ における温度
 T_2 : 距離 x における温度
 $(x$ は測定対象物の変形後の距離)
 T_f : 周囲温度

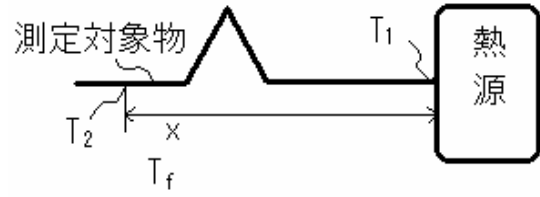


図2 式(2)の変数定義

3. 実験装置

以下に本実験で使用する主な実験装置を示す。

(1) 赤外線カメラ

(MobIR M3 アイ・アール・システム)



図3 赤外線カメラ外観

表1 赤外線カメラ仕様

仕様表(MobIR M3)	
赤外センサ	非冷却マイクロボロメータ 160×120画素 35[μm]ピッチ
感度波長	8~14[μm]
視野角	25×19°
感度(NETD)	0.12℃以下(30度において)
温度測定範囲	-20~250℃
温度精度	±2℃ or ±2%
放射率補正	0.01~1.00 (0.01間隔での変更)
画像フォーマット	IRI
使用環境	-10~50℃
温度測定モード	温度表示、温度範囲(最高、最低、平均) 最高温度追尾、ラインプロファイル、アラーム機能
フレームレート	60フレーム/秒
消費電力	30[W]

(2) 熱源 (赤色、白色光)

(3) 熱電対

- ・線形 0.076[mm]
- ・T型 (旧記号 CC)

(4) 多点温度測定器

(THERMODAC 32 ETO DENKI CO.)

(5) 1点温度測定器

(TR21143 ADVANTEST)

(6) 電圧調整器 (スライダック 東芝)

4. 実験方法

4. 1 直線型、矩形型伝熱素子の比較

4. 1. 1 はじめに

この実験では、直線型伝熱素子と、簡単な形状の伝熱素子として矩形型伝熱素子を測定対象物として用い、各素子内の温度分布から、各伝熱素子内での熱伝達現象について考察する。また、熱電対との比較により赤外線カメラによる温度分布測定の実験データが有用であることも確認する。

4. 1. 2 実験方法

この実験について以下の手順で実験を行う。

(1) 赤外線カメラによる温度分布の解析

1. 赤外線カメラ用にカーボンブラック塗装した真鍮の伝熱素子を熱源に装着し、60[V]電圧を熱源に与えることで伝熱素子を加熱する。
2. 定常状態になったことを確認し、赤外線カメラで伝熱素子を撮る。
3. 得られた画像をパソコンに転送し、Launch Guide IrAnalyser で画像解析し、各座標での温度分布を見る。
4. 得られた温度分布を熱源からの距離を x 軸、それに対する無次元温度を y 軸にしたグラフにまとめる。(Microsoft Office Excel 使用。)

(2) 熱電対による温度分布の解析。

1. 2本の熱電対を用い、赤外線カメラの測定同様、真鍮(ここで、真鍮は予め被覆をヤスリで削除しておく。)を用いる。赤外線カメラを見て代表的な特徴が現れている部分に熱電対を半田付けし、その地点での温度変化を見る。また、他の一点は伝熱素子の温度分布の中で、最も温度が高い地点につけ無次元化のためのデータとする。
2. 赤外線カメラ同様、60[V]の電圧を熱源に与え、伝熱素子を加熱する。

3. 多点温度測定器で、時間毎の各点の温度データを定常状態になるまでアナログ出力し、そのデータを赤外線カメラ同様、無次元化してグラフにまとめる。(Microsoft Office Excel 使用。)

4. それぞれの結果から、赤外線カメラで得られた代表的な特徴を持つある地点での温度分布が、熱電対で得られたデータにも現れているか比較し、赤外線カメラの有用性を確認する。

4. 2 コッホ型伝熱素子の比較

4. 2. 1 はじめに

この実験では、直線を0次コッホ型伝熱素子として、2次コッホ型伝熱素子までの素子について、4. 1と同様に解析する。ここで、赤外線カメラの有用性は確認されているものとし、ここでは行わない。

4. 2. 2 実験方法

4. 1. 2 (1)と同様。

また、強制対流(風速0.188[m/s])を伝熱素子のx軸に対して垂直に当て、そのときの温度分布を解析する。

5. 測定対象物

5. 1 (4. 1)で用いる測定対象物

(1) 真鍮線(直線)

同じ形状で被覆をはがしたものを熱電対測定用に用いる。



図4 真鍮線(直線)の外観と寸法

(2) 真鍮線 (矩形、90°)

同じ形状で被覆を削除したものを熱電対測定用に用いる。



図5 真鍮線 (矩形、90°) の外観と寸法

5. 2 (4. 2) で用いる測定対象物

(1) 真鍮線 (コッホ型 0次)



図6 真鍮線 (コッホ型 0次) の外観と寸法

(2) 真鍮線 (コッホ型 1次)

(3)

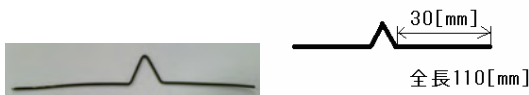


図7 真鍮線 (コッホ型 1次) の外観と寸法

(4) 真鍮線 (コッホ型 2次)

(5)

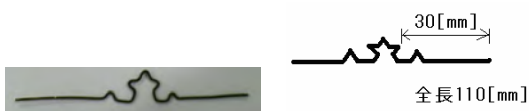


図8 真鍮線 (コッホ型 2次) の外観と寸法

ここで、熱源に取り付けるため、寸法の 10[mm] は取り付け用のしろとして使う。

6. 実験結果

以下に実験結果を示す。

6. 1 「直線型、矩形型伝熱素子の比較」結果

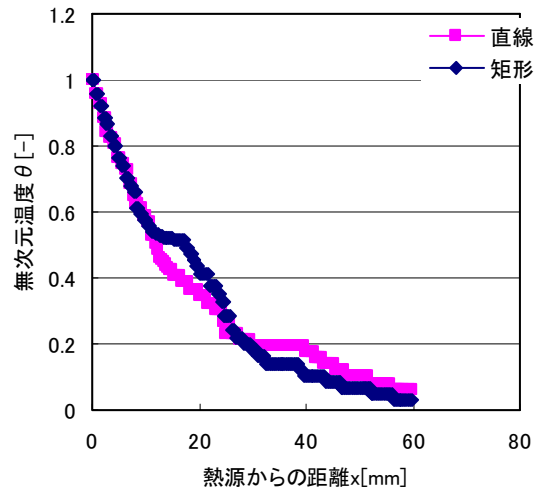


図9 直線型、矩形型伝熱素子の温度分布 (赤外線カメラ, 熱源 19[W])

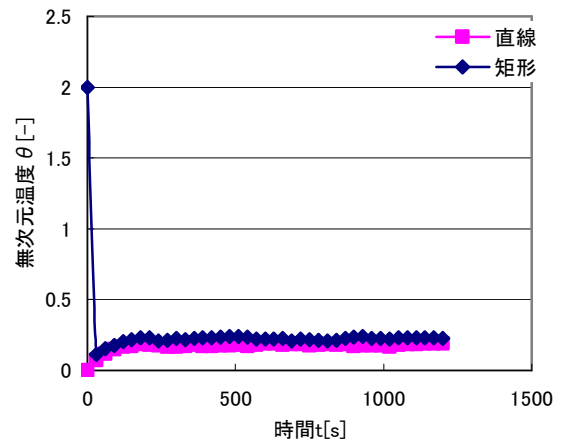


図10 x=24[mm]の地点での温度の時間変化 (熱電対, 熱源 19[W])

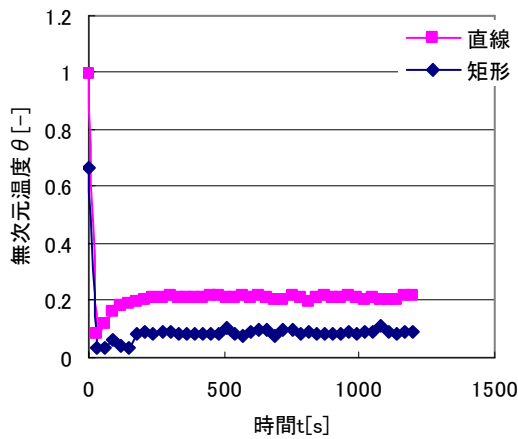


図 1 1 $x=40[\text{mm}]$ の地点での温度の時間変化
(熱電対, 熱源 19[W])

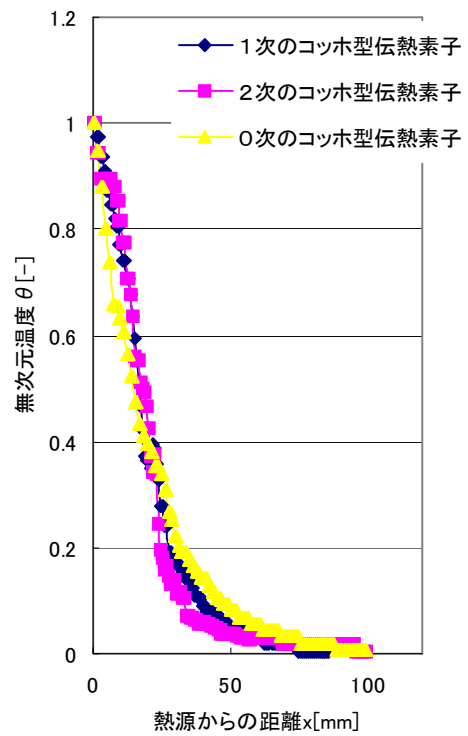


図 1 3 コッホ型伝熱素子の温度分布
(赤外線カメラ, 熱源 43[W], 強制対流 0.188[m/s])

6. 2 「コッホ型伝熱素子の比較」結果

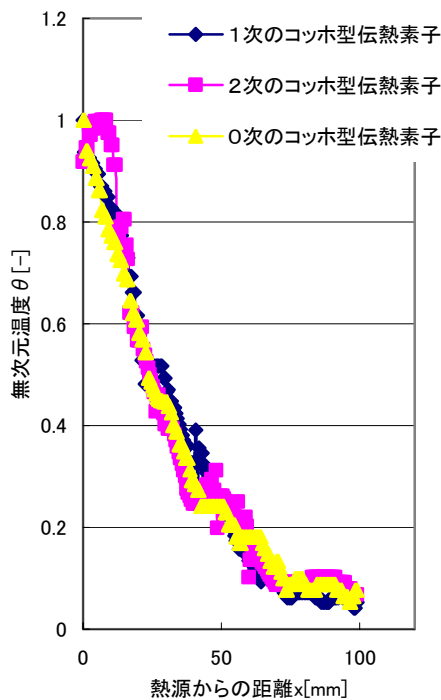


図 1 2 コッホ型伝熱素子の温度分布
(赤外線カメラ, 熱源 19[W])

7. 考 察

図 9 の結果から、矩形の曲がった部分である $x=15[\text{mm}]$ から $x=20[\text{mm}]$ の無次元温度の分布が直線に比べて高くなっていることが分かる。これは、伝熱素子上の最高温度に対する、曲がった部分の温度の大きさが高いことを示し、矩形型では曲がった部分に熱がこもっていることを示している。曲がった部分を過ぎると、直線型、矩形型伝熱素子の無次元温度分布の大小関係は逆転し、矩形のほうが低くなっていることが分かる。このことについて、矩形型がどのような熱伝達現象を行ったかについて考察すると、熱伝達による熱流の式は、

$$\Delta Q = h(T_0 - T_f)\Delta S$$

ここで、

$$\left(\begin{array}{l} h: \text{熱伝達係数, } T_0: \text{伝熱素子の表面温度} \\ T_f: \text{周囲温度, } S: \text{伝熱素子の表面積} \end{array} \right)$$

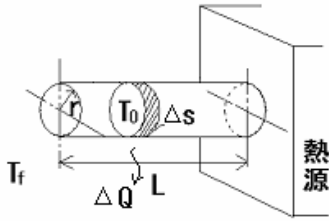


図14 伝熱素子の変数定義

この式から、熱伝達により伝熱素子から放出される熱量は、伝熱素子表面温度と、周囲温度との温度差に比例することが分かる。無次元温度が高いということは、無次元温度の式、

$$\text{無次元温度 } \theta = \frac{T_i - T_f}{T_{\max} - T_f}$$

{

T_{\max} : 距離 $x=0$ における温度

T_i : 距離 x における温度

T_f : 周囲温度

}

からも分かるように、その地点での温度がその伝熱素子上の最高温度に対して大きいことを示し、その伝熱素子の温度分布の中で相対的に温度が高いことを示している。よって、熱伝達による熱流の式とあわせて考えると、無次元温度が高い地点では熱の放出、つまり放熱が大きいことが分かる。以上のことから、直線型が一般的な熱伝達現象を行うのに対して、矩形型では、曲がった部分に熱伝達現象が集中することが分かる。また、矩形型では曲がった部分で熱を多く放出してしまい、曲がった後では無次元温度分布が低くなってしまうこともこのことより推察できる。赤外線カメラの有用性についても検討を行うと、赤外線カメラによる直線型、矩形型伝熱素子の温度分布のグラフに現れている、 $x=24[\text{mm}]$ の地点でほぼ二つの無次元温度が等しくなる傾向、 $x=40[\text{mm}]$ の地点で直線型伝熱素子の無次元温度が矩形型伝熱素子の無次元温度のおよそ2倍になる傾向について、それぞれ同じ地点に取り付けた熱電対の結果からも見て取れるので、赤外線カメラの温度計測は有用であるといえる。

次に、この研究テーマの主題であるコッホ型伝熱

素子の熱伝達現象については、図12から、0次、1次のコッホ型伝熱素子にあまり大きな相違は見られないが、2次のコッホ型伝熱素子と他のコッホ型伝熱素子では、2次のコッホ型伝熱素子のほうが熱の伝導率がよいことが分かる。この結果より、コッホ型伝熱素子では次数が高くなるほど、熱の伝導性がよくなるということである。この理由について、著者らの考えを以下に述べる。矩形型伝熱素子の場合に見られた、曲がり角で温度が高くなり、放熱が盛んに行われる現象は、逆の立場から見れば、曲がり角で温度の低い部分では熱伝達による熱の吸収が盛んになるのではないかと考えられる。コッホ型伝熱素子は折れ曲がりにより構成されているので、この曲がり部分の連続を利用して熱の伝導性を高めているのではないかとするのが筆者らの考えである。また固体の熱伝導率はその伝導体の温度の高さに比例することも、2次コッホ型伝熱素子の伝導性が高くなる効果を助長していることも考えられる。この考えについて図を用いて説明し、フラクタルと熱伝導性の関連について我々の見解を示す。

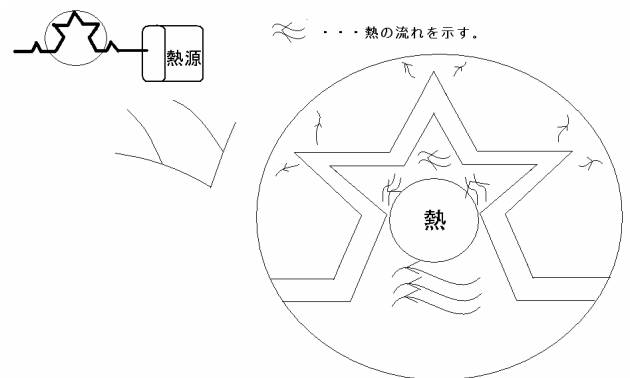


図15 2次コッホ型伝熱素子の熱伝達現象

上図は2次コッホ型伝熱素子に熱が流れている場合の図である。これまでの実験から曲がり角では温度が上昇し、熱伝達が多くなる結果を得ているので、図のような熱の放熱が伝熱素子内から外界へと行われる。しかし、フラクタルは自己相似性の特徴を持っているので、形状がまとまるために

は相似図形座標が最終的にもと図形の座標に一致しなければ成り立たない。コッホ曲線についてもこれが成り立ち、直線と三角形を組み合わせたような1つの相似図形が、いくつも複雑にあらゆる方向にコッホ曲線の構成要素として組み込まれているが、最終的には始点の軸に収束している。つまり、閉じた系のようなイメージである。よって、温度の高い曲がり角では、熱の放出が多くなるが、温度の低い曲がり角では、熱の吸収が多くなることを前提とすれば、図に示す曲がり角によって放出した熱は同じ軸に収束した向かい側の曲がり角に取り込まれ、また伝熱素子に吸収されるということが言える。その結果、コッホ型伝熱素子の伝導性が他の形状に比べて大きくなったという仮説である。これは自己相似性をもつコッホ型伝熱素子に特有の理論で、ほかの傾向では成り立たないため、フラクタルと熱伝達現象の関連の仮定として採用できる。実験結果に戻り、1次のコッホ型伝熱素子と、0次のコッホ型伝熱素子で変化が見られなかったのは、1次のコッホ型伝熱素子があまりにも単純なので、ほぼ直線とみなしても変わらないためであると考えられる。コッホ型伝熱素子の熱伝達現象について、強制対流を当てた場合、各次数におけるコッホ型伝熱素子の伝導性、そして無次元温度の温度分布の比較について考察し、その結果になった理由について推察する。実験結果より、伝導性について、形状の変化が現れる地点から無次元温度分布の大小関係が逆転し、強制対流を流さない場合の大小関係と正反対の結果になった。この関係が曲がり角から始まっていることから、9.4で述べた考察が正しい可能性が考えられる。9.4の理論が正しいとして、この実験の結果について考えると、一端の曲がり角から放出された熱が、もう一端の温度が低い側の曲がり角に吸収される前に、強制対流により伝熱素子に垂直な方向に流れたため、放熱と吸収により熱伝導性を高めていたコッホ型の素子は、直線よりも伝導性が低くなってしまったと考えられる。また9.4に示すとおり次数が高いほど放熱と吸

収の回数が多くなることから、コッホ型の2次の場合が1次の場合より伝導性が低くなることも説明できる。強制対流の結果については、もうひとつの考察ができ、2次のコッホ型伝熱素子内を強制対流が通過するとき、対流は細かく密集した素子内を通るため、直線や1次のコッホ型伝熱素子内を通過するときよりも、その効果を伝熱素子から受けることになる。つまり熱的な作用反作用の原理から、伝熱素子が強制対流的に熱流動現象を起こしているとも考えられる。これは、仕事がエネルギーと同一の次元を持つため、伝熱素子自身が対流効果としてのエネルギーを与えたことになる。よって、このエネルギーの収支により、次数が高いコッホ型曲線のほうが強制対流を受けた場合には伝導性が悪くなり、逆に放熱性が良くなると解釈できる。このことから、本コッホ型伝熱素子はヒートシンクなどに用いると、その熱伝達効果を大幅に改善できることになると結論付けられる。

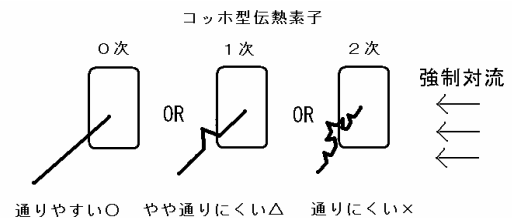


図16 強制対流の伝熱素子内の通過

参考文献

[1] 庄司正弘著, 伝熱工学, 東京大学出版会 1995.3.10, (p.24~p.34 定常熱伝導) .
 [2] 高安秀樹著, フラクタル, 朝倉書店 1986.4.25, (p.1~p.11 序論 フラクタルとは) .
 [3] Benoit B. Mandelbrot, THE FRACTAL GEOMETRY OF NATURE, W.H.FREEMAN AND COMPANY, NEWYORK, 1977, (p.44,p.318 Plate44,Plate318) .

打撃めがねレンチの損傷解析

押久保 武、谷山久法、柴田 裕一、川崎 政昭*

Fracture Analysis of Striking Face Ring Spanner

Takeshi OSHIKUBO, Hisanori TANIYAMA, Yuichi SHIBATA and Masaaki KAWASAKI

Abstract

Equipment operation and maintenance in a power generation facility are very important for stable electric power supplies. Various tools are used for the equipment maintenance. Therefore, quality control of tools is required and the tool trouble must be avoided to secure worker against accident. In present study, we examined a damage of striking face ring spanner.

Then following some experiments were made to clarify the cause of the damage.

- 1) Tensile test of the material
- 2) Vickers hardness test
- 3) Optical and scanning electron microscopic observation of structure
- 4) Fractographic observation of fracture surface

We obtained the useful experimental data and analyzed the fracture process of striking face ring spanner.

1 緒言

電力は今日の我々の日常生活に欠かすことのできない生活を支える重要なエネルギーであり、電力を供給する者にとって、その量と質を確保しながら安定的に供給することは最大の責務である。このため、その生産現場である発電施設においては電力の安定供給のため、日常的に点検や保守作業が実施されている。

本報告では、このような保守作業現場で使用されていた打撃めがねレンチの損傷原因について検討した結果を報告する。

発電施設のように大型機械が稼動している現場では、保守作業に用いられる工具も、必然的に大型となるため、作業中の作業工具の損傷は、作業者の安全確保上是非とも防ぐべきものである。このような問題の発生を未然に防ぐ上で、その原因を明らかにすることが重要であると考え、引張試験、ビッカース硬さ試験、組織観察、および破断面の観察を行い、これらの結果から工具材料の種類、および破断に至る原因の推定を行ったので以下報告する。

2 打撃めがねレンチ

図1に打撃めがねレンチの使用状況を示す。破損した打撃めがねレンチは、発電機回転子締結用ボルト(呼びM140)を締め付けるために用いられているものである。締め付けに要するトルクが大きいため、図2の締め付け治具と油圧ジャッキを組み合わせ、油圧ジャッキによってレンチの腕に荷重を加え、所定の締め付け角度を得ていた。この作業

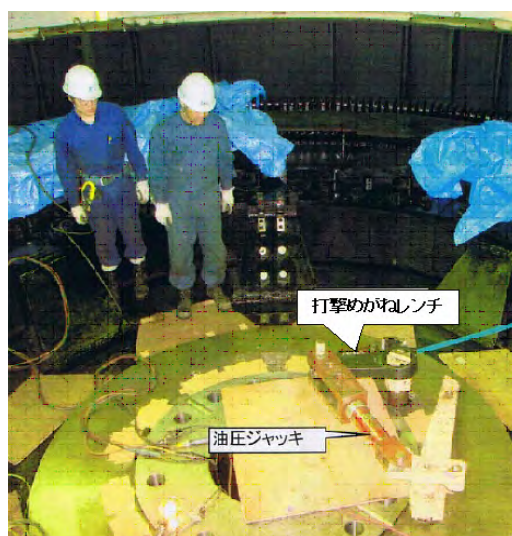


図1 打撃めがねレンチ使用状況

中に、打撃めがねレンチに損傷が生じ、図3に示す3個の部分に分離したものである。

3 試験片の採取

解析に先立ち図3のレンチから、図4に示す部材を取り出した。図中の断面A1、A2、B1、およびB2はそれぞれ破断面である。この部材から、次の3種の試験片を取り出した。なお、A2とB1は対となる面である。

- ① 引張試験用試料：図5のTに示すように、レンチの

* (株)JPハテック 発電機保守事業本部 発電電部

中心軸方向を長手方向とする直方体の要素を採取した。

- ② 光学顕微鏡による組織観察、およびビッカース硬さ試験用試料：図5のHに示すブロック状の要素を採取した。なお、図中 abc の面は、めがねレンチの断面積の最も小さな谷部を通る面とした。
- ③ 光学顕微鏡、および電子顕微鏡による破断面観察用試料：A1 から B2 までの4つの破断面を含む要素を採取した。

4 引張試験

4.1 実験方法

試験片形状を JISZ2201 の6号試験片として3本作成した。標点距離 22mm、厚さ 1.9mm、幅 3.8mm である。試験機には東京衡機製油圧式疲労試験機を用いた。引張試験は変位制御とし、アクチュエータの速度 0.4mm/S で行った。引張方向は図5のTの長手方向である。

4.2 引張試験結果

引張試験結果を一例を図6に示す。本試験片の場合最大荷重は 8.70kN（引張強さ 1.20GPa）、全のびは 2.89mm（のび 13.1%）である。3本の平均では、引張強さ 1.16GPa、のび 12.4%であり、比較的強度の高い材料であることが分かる。

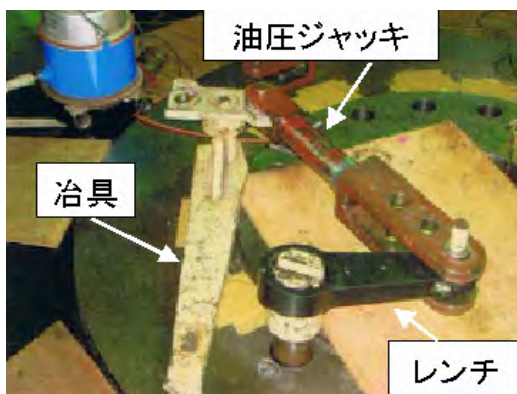


図2 締め付け冶具

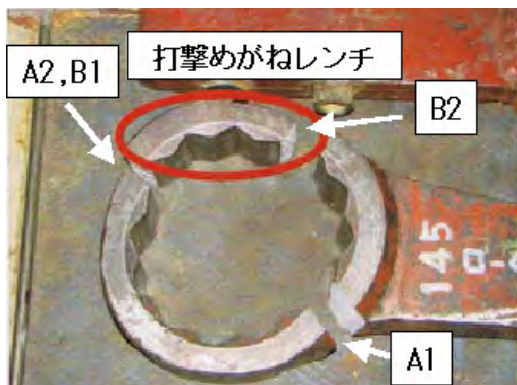


図3 打撃めがねレンチの損傷状況



図4 破断面外観

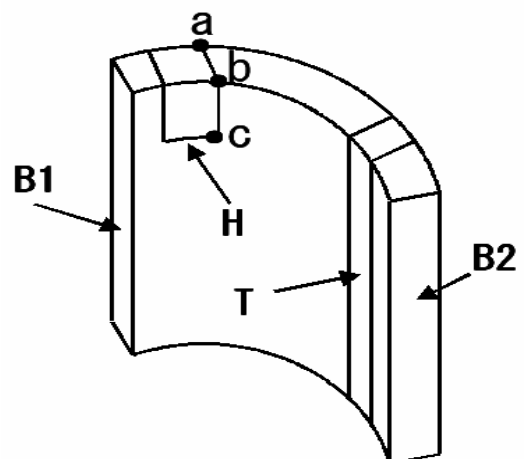


図5 試験片採取方法

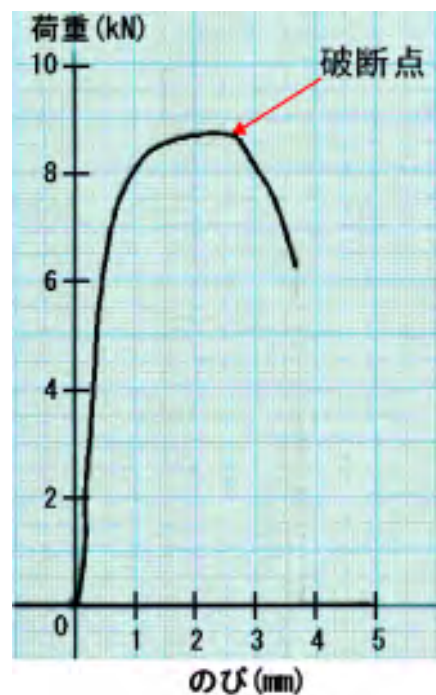


図6 荷重のび線図

5 光学顕微鏡による組織観察

5.1 実験方法

図5のH部から切り取った試料を図7に示す。辺ab、およびbcの寸法は約30mmである。この表面をエメリー紙により3000番まで研磨した後、バフ研磨を施した。その後ピクラル液により腐食をし光学顕微鏡を用いて組織観察を行った。

5.2 顕微鏡による組織観察結果

組織観察は、図7の試料の表面近傍、および内部において行った。図8はその一例である。断面内の各部における観察を行ったが、観察場所による組織の顕著な違いは観察できなかった。いずれの点でもパーライトを主とする素地にフェライトが存在していた。これは、西沢ら¹⁾による標準組織と比較の結果0.6%C亜共析炭素鋼の組織に類似した組織であることが分かった。

6 硬さ試験

6.1 実験方法

図7のように、光学顕微鏡による組織観察を行った試料を用いてビッカース硬さ(HV50)の測定を行った。測定は辺bcに沿った5点、および辺bcに直交する線上で8点の合計13点である。

6.2 硬さ試験結果

測定の結果ビッカース硬さ(HV50)は、334であった。なお、各部における硬さの大きな差はなかった。

7 光学顕微鏡による破面観察

7.1 実験方法

図4に示した部材の各破断面の表面を低倍率の光学顕微鏡を用いて観察した。また、読み取り顕微鏡を用いてき裂深さの測定を行った。

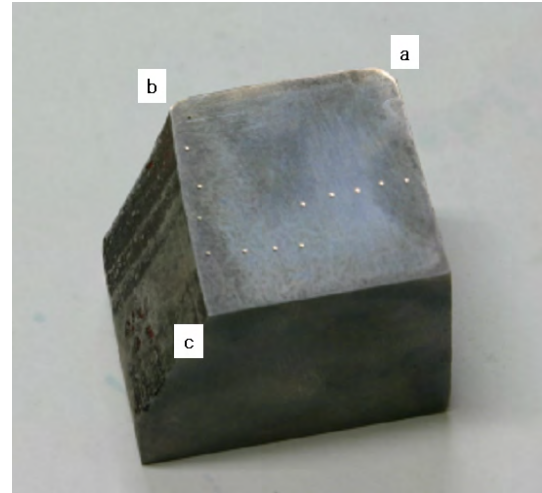


図7 組織観察、硬さ試験用試料

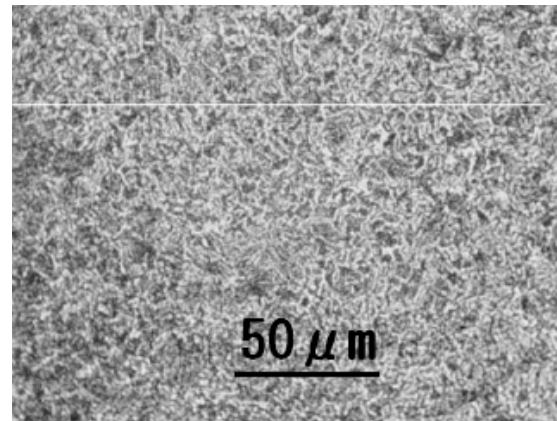


図8 光学顕微鏡による組織観察

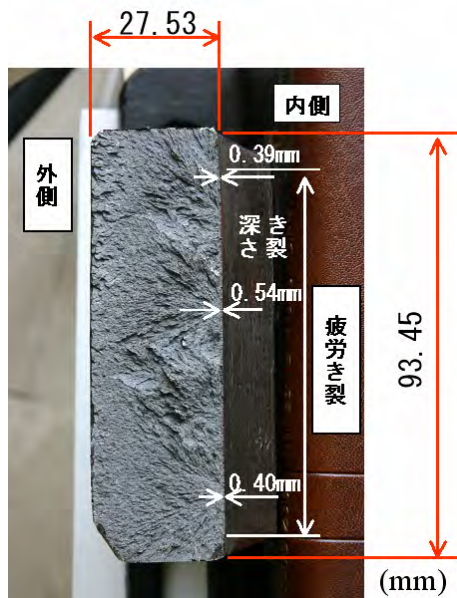


図9 光学顕微鏡による破断面の観察 (B1断面)

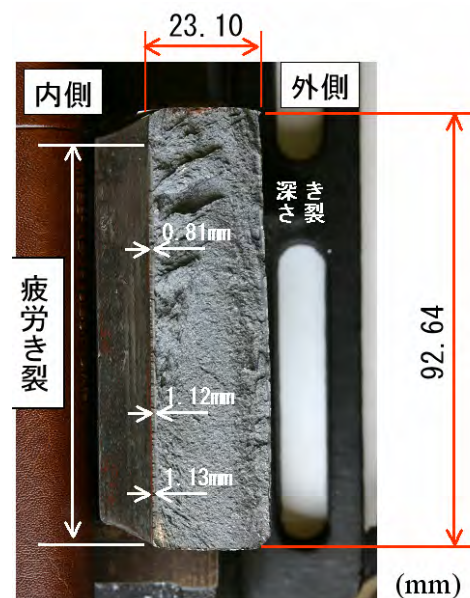


図10 光学顕微鏡による破断面の観察 (B2断面)

7.2 光学顕微鏡による破断面の観察結果

観察例を図9, および図10に示す。図9は図4におけるB1断面であり、図10はB2断面である。それぞれ、断面の内面近傍には、高さ方向にわたって全体に平滑な面があった。

図11にB2断面における平滑部の状況を示す。平滑部は層状に変色しており、橋内の行ったS45C平歯車の疲労破面観察結果²⁾と酷似していることが分かる。この平滑部からは半径方向に凹凸の大きな破断面が続いている。これらは、平滑部が破断の起点となって生じた最終破断面であると考えられる。また、図9では脆性材の破断の特徴であるシェフロンパターンが生じていることが分かる。

なお、3つの破断面における、平滑部分の半径方向の深さの平均値は断面A1、B1、B2において、それぞれ1.7mm、0.4mm、1.0mmとなっており、3つの破断面の中ではB1が最も浅いものであった。これは、レンチの使用時にレンチの各部に発生する応力が場所によって異なっているためと考えられる。

8 電子顕微鏡による破面観察

8.1 実験方法

図11に示した平滑部の観察を行い、損傷過程を明らかにするために、走査型電子顕微鏡を用いた観察を行った。実験に用いた顕微鏡は、日本電子製走査型電子顕微鏡JSM-5400LVである。観察対象は図11に示したB2断面の平滑部とした。

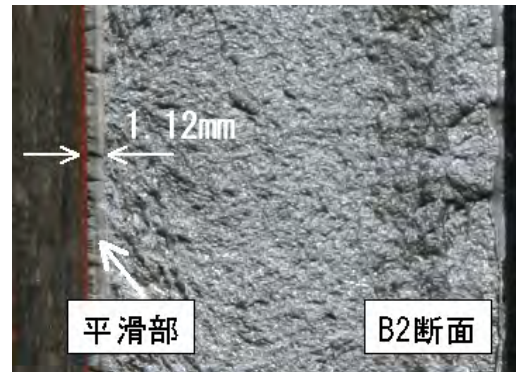


図11 光学顕微鏡による破断面の観察（B2断面）

8.2 観察結果

観察結果を図12(a)から(f)に示す。順次倍率を上げながら観察したもので、それぞれ写真の下方がレンチの内側である。(a)では内側で発生したき裂が外周部に向かって進展していることが明瞭に観察できる。図中の矢印はき裂の進展方向である。(b)はき裂先端付近を拡大して観察したもので、白枠付近がき裂先端で、これより上方（外側）には破断面に凹凸が見られることから、急速破断が生じているものと考えられる。

また、(b)の写真の下方は脆性ストライエーション³⁾と思われる層状の破断面となっている。さらに、図12(c)では、結晶の劈開破面が見られ、そこでは(e)に示すようなストライエーション状模様も観察された。

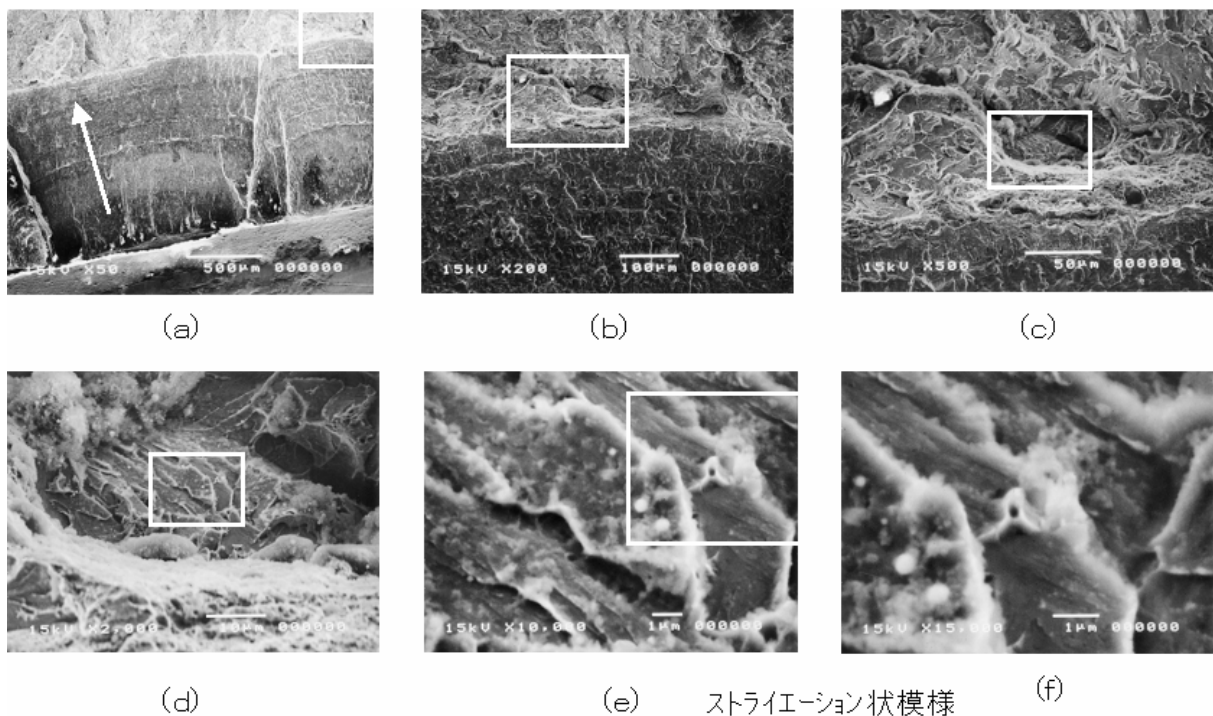


図12 き裂部の電子顕微による鏡察

図 13(a)は図 12(a)に示したき裂発生の起点部と思われる部分であり、その拡大写真を(b)に示した。(b)は延性の滑りによるリップル状の破断面であることがわかる。

9 考察

9.1 材料について

引張試験結果より、比較的高い強度を有していること、また、組織観察より炭素含有量が高いことから、0.6% C 亜共析炭素鋼に相当する材料であると考えられる。

9.2 損傷過程について

引張試験結果から、高い強度を持った材料であること、また、破断面には図 9 に示すような脆性破面が存在すること、更に、図 12 では脆性ストライエーションが存在することから、材料は脆性材の特徴を顕著に示している。一方、図 13 のように滑りによるリップル状の破面が存在することから延性的挙動をも示している。

これらのことから、損傷過程については模式図 14 に示すように考えることができる。

まず、図 8 に示したように、組織観察から本レンチの材料は亜共析炭素鋼の一種であり、結晶にはパーライト中にフェライトが存在している。ここで、フェライトは延性に富むため、レンチの使用時に受ける荷重によって滑りを生じ、これがき裂発生の起点となった。

その後は、レンチの使用毎に脆性的にき裂が進展し続け、深さが限界に達したときに脆性的な急速破断が生じ、一気にエネルギーが開放されて破損に至った。

10 まとめ

発電設備の保守に用いられる、打撃めがねレンチの損傷原因の解析を行って以下の結果を得た。

- ① JISZ2201 6号試験片による引張試験の結果、引張強さは1.20GPa、のびは12.4%であった。
- ② ビッカース試験の結果、硬さは334 HV50であった。
- ③ 材料は0.6% C 亜共析炭素鋼に相当する材料である。
- ④ フェライト部における滑りが起点となって疲労き裂が進展し最終破断に至ったものと考えられる。

本研究を遂行するに当たり、本校技術支援センターの各位から多大の支援を頂いたことを感謝します。また、研究遂行に当たり、JP ハイテックの皆様から多大なご支援とご教授を頂きましたことを感謝申し上げます。

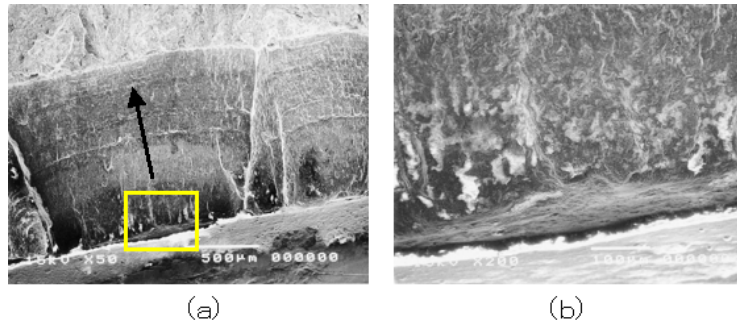


図 13 起点部：滑りによるリップル状の破面

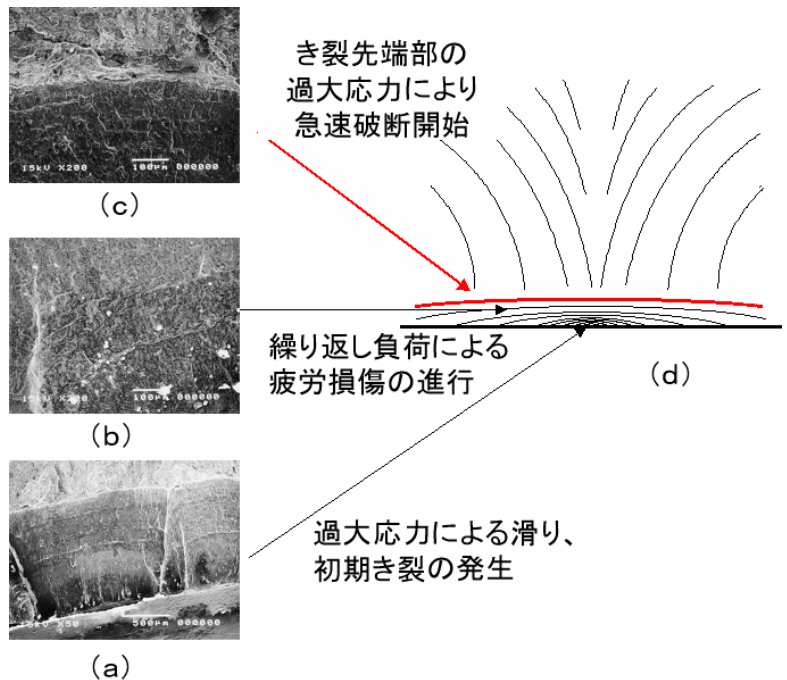


図 14 損傷過程模式図

参考文献

- 1) 西沢泰二 他、金属組織写真集、鉄鋼材料編 日本金属学会 昭和 56 年
- 2) 小寺澤亮一監修、金属は断面写真集、テクニク出版部、昭和 60 年、pp900
- 3) 引用：北川英夫他、フラクトグラフィ、培風館 昭和 53 年、pp14

高専におけるマルチメディアモバイル端末を活用した学習支援の試み

布施 雅彦, 瀧 瑤子, 三浦 靖一郎, 西山 公紀, 鈴木 三男, 根本 信行, 小澤 哲

Development of Learning Support Environment for Mobile Learning System by Using Portable Video Game Machine

Masahiko FUSE, Youko Taki, Seiichiro MIURA, Kiminori NISHIYAMA,
Mitsuo SUZUKI, Nobuyuki NEMOTO and Satoru OZAWA

Abstract: THE RECENT MODELS OF PORTABLE VIDEO GAME MACHINES (PVGM) HAVE STRONG NETWORK FUNCTIONS, A CLEAR DISPLAY AND USER-FRIENDLY GUI OPERATION MECHANISM. THE PVGM CAN BE USED AS MOBILE TERMINALS FOR E-CAMPUS. THIS PAPER DEALS WITH THE PRODUCTION OF E-LEARNING VIDEO CONTENTS FOR THE PVGM. THE USABILITY OF THE PVGM FOR E-LEARNING IS CRITICALLY EXAMINED. IT HAS BEEN CONCLUDED THAT THE PVGM CAN BE A USEFUL ELEMENT FOR E-CAMPUS IF THE GOOD E-LEARNING CONTENTS SUITABLE FOR THE PVGM ARE PREPARED.

1. はじめに

高等教育機関でのeラーニングの取り組みは非常に熱心で、特に高専におけるLMS(Learning Management System)の導入は進んでいる。また、導入だけでなく利用率の向上や教材作成なども盛んで多くの実践が報告されている。福島高専も同様にWebClassというLMSを準備し学内全体で利用が始まり、多くの先生に活用され始めている。⁽¹⁾⁽²⁾LMSの利用者が増えるにつれ問題になってくるのが、PC端末の問題である。福島高専では情報処理センターやCALL教室など学生が利用可能なPC演習室に約160台の端末が準備されている。しかし、LMSの利用率の増加に伴いPC演習室の利用率も増えている。しかし、表1のように一般的に、どこの高専においても授業の時間割りは過密で、学生は授業の空き時間なども少なく、実験実習の教科目以外は大抵が教室で授業を受ける。授業間の休み時間も5～10分程度、お昼休みが50分程度で、授業間のLMS利用も難しい。情報処理教育センター等で、放課後には約1000人の学生が端末を利用する十分な環境が提供できないなど問題が生じ始めている。そこで、何時でも何処でも誰でも利用可能なユビキタ

表1 H19年前期の茨城高専1年4クラスの時間割

	1	2	3	4	5	6
月	情報工学	電子情報 数学演習	古典	代数幾何	体育 実技	基礎 数学
火	英語	基礎数学	地理	保健	電気 回路	情報 工学 基礎
水	国語	物理	基礎 数学	英語	化学	歴史
木	電子情報工学基礎演習	化学	基礎数学	国語	英語	
金	体育実技	英語	歴史	英会話	代数 幾何	物理

な学習環境の構築として、ノートパソコンとキャンパス無線LANを利用したe-Campusまたはサイバーキャンパスが注目を浴びている。しかし、私達が所属する高専では大学のように大規模なe-Campusをただちに構築することは難しい。また、高専の現状として、教室でのPC用の電源コンセント数や机の大きさ、自転車やバスでの通学生が多く、学生によるノートPC購入の経済的負担など様々な問題がある。そこでe-Campusに向けてどのような方法が良いか、次のように、学生の自宅での学習環境、モバイル端末の選定・検証、教材化などについて検討することにした。

2. IT教材に関する調査

高専の低学年におけるPC所有率やネットの接続環境が乏しいと考えられることから、福島高専1年生に対して2007年1月19日に工学系1年生162人(有効回答数142人)に、授業ビデオ(すべての物理授業を収録しハイビジョン映像等でネット配信を行い、欠席者の学習支援・教育改善の為に利用して、高い評価を得ている教材⁽²⁾)や学校で利用しているLMS、英語Aの教科書付属の音声CD、自宅での学習環境などについて実体調査(28項目)を行った。その結果から授業ビデオに関しては、従来同様に教材に関して

表2 自宅での学生のPCやインターネット接続の現状

項目	人数	割合
自分のPCでインターネットができる	38	26%
家族のPCでインターネットができる	61	41%
家族のPCで課題の時にインターネットができる	7	5%
自分のPCがある	19	13%
家族のPCがある	6	4%
課題の時だけ家族のPCを利用できる	1	1%
PCを持っていない	15	10%

は高い評価であるが、利用が少ない学生から、「時間が無い」「移動が面倒だ」「教室から授業ビデオが視聴可能であれば利用してみたい」などの意見が聞かれた。英語音声教材に関しては、利用率は低くあまり活用されていない実態がわかった。また大容量の iPod のようなポータブルデジタルミュージックプレイヤーの所有率は13人と非常に低いことがわかった。また、表2のように自宅での学習環境として、自分のPCで自由にインターネットが利用できる学生は全体26%でしかない現状がわかった。

以上のことから、時代と共にPCやネットの普及率は増えるとしても、1年生のような低学年では全員がPCを持ちネットにつながり、日々電子メールをチェックするには、まだ月日がかかることがわかった。

このように、コンピュータやネットが普及した現状においても、全学生が毎日電子メールをチェックし学習に利用することさえ実現できていない。今後、高専でLMSを普及させる為にも、e-Campusを実現させる為にも、全学生が利用可能な安価で身近なモバイル端末で、学習支援の方法について考える必要がある。但し、今回の研究では、通信費が学生負担で学生個人所有の携帯電話を活用は考えていない。

3. eラーニングでのマルチメディアモバイル端末の利用

3.1 マルチメディア端末の教育利用

今後は何時でも何処でも誰でもICT活用した学習が求められる、青山学院大学では、全国初 iPod で十数人が出席するゼミの様子を週1回録画し、1回約1時間分の映像を配信している。⁽³⁾ また、大阪府立大学看護学部のCANGOでは、

表3 モバイル端末での調査項目

1	授業ビデオの受信・視聴
2	実験・実習方法の解説ビデオの視聴
3	音声教材の受信・視聴
4	各種アンケート
5	プレ・ポスト小テスト
6	学生との電子メール・メッセージ交換
7	授業資料のダウンロード（ワード、PDF等）
8	授業レポートの提出（ワード・エクセル）
9	簡単なネット情報検索



図1 学習支援システムの概要

臨地実習の学習支援でPlay Station Portable(SONY)（以下PSP）を利用した教材などを開発している。⁽⁴⁾ そこで、福島高専の教員に、授業でのLMS活用方法について調べた結果、利用方法として多いのは、学生への連絡、資料の配布、レポートの提出であった。教室や通学中、自宅にインターネット環境がない場合でも学習可能な方法を検討し、表3・図1の内容のマルチメディア教材・コミュニケーションを、モバイル端末へ可能にする方法を考えた。端末として表3の内容が実現可能で、価格、解像度、無線LAN、外部メモリ、日本語入力、Webブラウザ、RSS&ポッドキャスト、MP4ビデオ再生、MP3音声再生について、スマートフォンや第三代携帯電話機、ゲーム機などを調査した結果、価格面（約2万）など総合的に判断して、PSPをモバイル端末として選定し、教育利用が可能かどうか調査を行った。また、教材作成方法は、あくまでもパソコンやモバイル端末、携帯電話など端末の種類をできるだけ選ばない一般的な規格で、どの端末からでも簡単に利用可能な方法を考えた。図2は



図2 RSSによる英語教材の選択の様子



図3 MP4ビデオの物理授業ビデオの再生の様子

PSPでRSSによる音声教材の選択している画面で、図3はPSPで物理授業ビデオをダウンロードして再生している様子である。また、福島高専で導入しているLMS(WebClass)で、資料のダウンロード、レポートの提出、アンケート・小テストなど機能が動作することを確認した。

3.2 マルチメディア教材配信・端末操作実験

学生が、実際にPSPを利用して表3のようなことが操作が可能かどうか、福島高専物質工学科1学年20名を対象に、PSPを20台貸し出し2007年1月25日から2月1日に実験を行った。実験項目は、表4のような11項目の課題を準備した。そして、実験結果から授業ビデオの音声教材の配信・視聴などすべての項目で、早い遅いはあるものの学生全員が操作可能であった。また、課題項目別に難易度5段階で評価してもらい、次の様なことがわかった。

- ・項目1、3、4のように単純操作のメッセージを読んだり、WEBで調べたりする内容は非常に容易にできている
- ・項目2、11の日本語入力や、項目5、6、7のRSSの登録、音声・ビデオファイルのダウンロードでは少し戸惑っている様子がわかる
- ・項目8、9、10のようにPSPをPCにUSB接続してデータのやり取りをする複雑な手順の課題などでは、やや苦勞している様子が伺える。



図4 学生による教室でのPSPの利用の様子

- ・「ダウンロードがものすごくはやい」とても感動しました。
- ・最初ゲーム機の使い方をわからないままだったので操作するのがとても大変でしたが、慣れればとても便利なものだった。
- ・授業ビデオの視聴がしやすくまた、インターネットで列車の運行状況などが調べられて良かった。
- ・大変なところは、操作が慣れるまでうまくいかないことでした。
- ・操作は慣れれば簡単になるだろうし、色々便利。

表4 学生によるマルチメディアモバイル端末の操作実験

難易度	簡単	やや簡単	普通	やや難しい	難しい	平均	標準偏差
1. メール・メッセージを読む	78%	22%	0%	0%	0%	4.78	0.43
2. メール・メッセージに返事を書く	50%	28%	22%	0%	0%	4.28	0.83
3. Google 検索サイトを利用して、興味のあるものを検索する	72%	22%	6%	0%	0%	4.67	0.59
4. 辞書サイトを利用して、「school」という単語を意味を検索する	78%	22%	0%	0%	0%	4.78	0.43
5. 英語教材のチャンネルをRSSに登録して、ストリーミングで英語教材を聞く	44%	28%	28%	0%	0%	4.17	0.86
6. 英語教材の音声を、PSPにダウンロードして、オフラインで英語教材を聞く	44%	28%	28%	0%	0%	4.17	0.86
7. 授業ビデオをRSSに登録し、ダウンロードしてビデオを視聴する	44%	33%	17%	6%	0%	4.17	0.92
8. PDFファイルをダウンロードして、自宅や学校のPCに接続して閲覧する	22%	44%	28%	6%	0%	3.83	0.86
9. 「ハイビジョン授業ビデオ」をダウンロードして、自宅や学校のPCに接続して視聴する	22%	39%	28%	6%	6%	3.67	1.08
10. ワードに実験の感想レポートを書いてPSPからLMSに提出する	28%	39%	22%	6%	6%	3.78	1.11
11. PSPでLMSの実験アンケート&小テストをする	67%	11%	22%	0%	0%	4.44	0.86

- ・苦勞する面も多くあったが自分なりに精一杯できたので良かった。
- ・まだ使いこなせていないが今後使いかたをしっかりと覚えて将来的には学力の向上に有意義に使用出来るようになればいいと思った。
- ・これからいろいろ利用するので早く操作に慣れたい。

学生の大半が初めてPSPを操作したにも関わらず、全体的に前向きな意見が多く、非常に好意的であった。

3.3 マルチメディアモバイル端末を利用した実践

LMSを利用して、ホームルームの時間にネットを利用してアンケート調査を行いたいと1年生の担任から依頼があり、2007年2月7日と2月15日にH19年度の「ミニ研究」という科目のテーマの選択の予備調査（第5希望まで）と本調査（第7希望まで）を行った。福島高専の機械・電気・建設・コミュニケーション情報学科は、情報処理教育センターのPC端末を、物質工学科1年40名は教室から図5のようにPSPを利用して行った。実験とは違い操作になれた学生も多く、全員戸惑う様子は全く見られなかった。また、他学科のようにクラス全員がセンターの演習室などに行つて、PCを起動して、WEBブラウザ起動し入力するより、遥かに短時間で終了することができ、非常に学生には好評で



図5 PSPでのミニ研究テーマ選択希望調査の実践があった。

3.4 マルチメディアモバイル端末のまとめ

高専生は、大半の授業を自分達の教室で受講するため、教室のみで端末を利用するのであれば、安価に無線LANのシステムを利用できる。安価なPSPを活用すればeラーニングで良く利用される機能・教材を双方向で利用可能なのがわかった。H19年度は、物質工学科2年生1クラスを対象にPSPを1年間貸し出し、様々な活用と利用について長期的な実験を行いより効果的な利用方法について、考えて行きたい。

4. 実験ビデオガイドによる学習支援システムの開発

4.1 実験ビデオガイドによる学習支援システム

福島高専の物理科目のすべての講義形式の授業は、ビデオオンデマンドで視聴でき、学生はインターネットから何時でも予習復習が可能になっていて、利用率も毎年増加し、学生には大変好評である。今後は講義の授業だけでなく、実験・実習等においても予習復習や授業時の補助としての学習支援ができないか考えた。そこで、今年度より物理実験指導の補助として、PSPを利用した実験ビデオガイドの教材開発を考えた。少ないスタッフでの実験開始時の指導は、安全指導も含めて慎重かつ素早く実施する必要がある。そこで従来の実験手順書での指導だけでなく、実験方法のビデオガイドを準備し、実験前（予習）・実験時・実験後（復習）に活用可能な教材を開発し、役立てることを考えた。

4.2 実験ビデオガイドの教材開発

実験ビデオガイドの制作と視聴の流れは、図6の通りである。より詳細に実験のポイント指導を可能にするため、リアルタイムに解説音声吹き込み、映像にペンで簡単に解説を書き込める研修君KS20（FUJINON）を利用して映像を編集・加工した。教材の配信方法では、予習復習に講義ビデオと同様にLMSからのビデオサーバーを利用したビデオ配信とビデオポッドキャストからの配信の準備をし、ビデオプレイヤーやWEBブラウザ、RSSリーダーなどから視聴でき、また無線LANを利用してダイレクトにモバイル端末のPSPにダウンロードして視聴することも可能である。

開発した実験ビデオガイドは表5の通りで8種類で、10分～20分程度の時間の教材である。また、表6は、レーザーを利用した実験ビデオガイドの詳細で、一つ一つは数分の

表5 制作した実験ビデオガイド

実験名	ビデオ数	時間(分)
1. パソコン利用した計測	4	26
2. フランクヘルツ	11	18
3. 表面張力	13	10
4. レーザー（光の回折・干渉）	6	10
5. 電子の比電荷	5	8
6. 線膨張率	10	8
7. ヤング率	4	7
8. 超伝導	6	20

表6 レーザーを利用した実験ビデオガイドの詳細

番号	ビデオガイドの項目	時間(分)
1	レーザーのセット	0:47
2	回折格子のセット	0:43
3	回折明点のチェック	2:02
4	明点距離等の測定	1:19
5	レコード盤のセット&回折明点	3:00
6	明点距離等の測定	1:41



図6 実験ビデオガイドの教材の制作と配信の流れ



図7 実験ビデオガイドを活用している様子

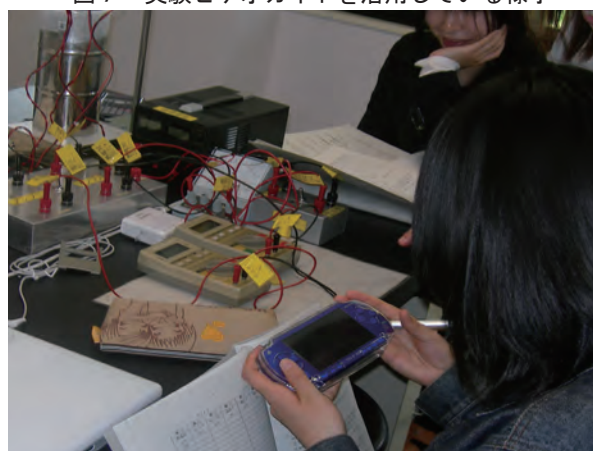


図8 実験ビデオガイドを活用している様子

ビデオで構成されて、目的の教材に素早くアクセスできる。

4.3 実験ビデオガイドの利用

福島高専4年の機械・電気・物質・建設工学科の応用物理実験科目で、PSP 端末を実験毎に用意し、H19年4月からの実験で実際に図7, 8のように利用した。

4.4 実験ビデオガイドのまとめ

3名の物理教員の説明では、一度にすべての実験を説明する事は不可能で、当然説明を待つ為に実験開始が遅くなる実験グループが発生していた。今年度の試みは成功で、実験指導が開始時にPSPを利用すると、物理教員の説明を待たずに速やかに実験開始できる。また、途中においても、わからない点や不確かな点をPSPで確認している。多くの学生はPSPの操作については手慣れているので、特にPSPの使い方を説明する必要はなかった。指導教員としては、最も忙しい開始時の説明の遅れが解消できた。また、実験途中においても、繰り返し説明する必要が解消された。したがって、重点を絞った指導ができ、特に安全に注意が必要な実験設備に注目していられるようになった。また、今まで以上に学生の質問に答えるなどのコミュニケーションが取れるようになった。繰り返し同じことを説明す

る時間を節約することにより、学生からの積極的な質問や安全指導への対応等、実験の授業を効率的につかうことが可能となった。このような学生へのサービスは、学生の教員への信頼を増すこととなり、授業効果が向上する。工学系の学生にとって、コンピュータを駆使することは、物理実験そのものの理解と併せて良い学習となる。しかし、WEBを利用しての事前事後の学習教材の利用は、まだ不十分で、今後は特に予習での教材活用に力を入れたい。

5 まとめ

LMSの端末として、実験ビデオガイドとしてのモバイル端末の教育利用は、非常に有効であると考えられる。学習者にとって慣れ親しんだゲーム機であるPSPが、eラーニングの端末として学習ツールに変化することは驚きで、今まで以上にeラーニングに興味関心を示すようになり、LMS全体の利用の促進につながると考えられる。また、教員側からとしても、従来のPC演習室のみでのLMSの利用から、教室での利用も可能になれば今以上に幅広い科目でのLMSの利用が可能になる。実験ビデオガイドの成功は、他の実験科目での教材化や利用の促進につながると予想される。将来は、今回のPSPにキーボード、関数電卓機能、辞書機能などを内蔵し、ゲーム機能のない安価な教育専用端末などが開発され、全学生に携帯させ利用することが可能になれば、より効率的な学習が行えるのではないかと考えられる。

6 今後の取り組み

6.1 eラーニングからe-Campusへ

従来の日本の高等教育機関におけるeラーニングは、教師→学生という一方向性を考えたシステムが圧倒的に多く教師主体であった。福島高専でも同様に学生の学習支援という形で教員側からみた効果的・効率的に学習を可能にすることに着目されていた。しかし、本来は学校が学生の為にあり、学生にとって授業は中心ではあるが学校のすべてではない。学校生活全体にわたりICT(Information and Communication Technology)を活用した学生支援を行えるようにする事により、あらゆる面で学生の為の本格的なユビキタスラーニングの幕開けになると考える。もしも、高専の全学生が携帯端末を所持し、本格的に5年間の日々の学校生活全体に活用可能なシステムを構築することができれば、どのような教育効果が得られるのか未未知数である。また、その実現の為に、どのようなことが可能で、どのように構築すればよいのか考える必要がある。そうすれば、入学時に数万円の端末を購入しても、その価格も非常にコストパフォーマンスのよい物になり現実に実現が可能になる。

6.2 マルチメディア活用型ピアサポートシステムの概要

福島高専の教員にとって、学校の情報は従来とても縦割りで、担当した部署でしか詳細な情報を入手することは難しかった。しかし、学内に教職員向けのメーリングリストやグループウェアなどのシステムの構築が進み、教職員同士での情報交換は活発になってきた。しかし、学生同士の情報交換と蓄積に関しては、全く進んでいないのが現状である。そこで、図9のように学生の学生による学生の為のコミュニティーを構築し、そして、学校に関わる全体の人達が学生をサポートしてネット上に集うマルチメディア活用型ピアサポートシステムを考えた。

マルチメディア活用型ピアサポートシステムでは、学生が相互に助け合う手段の情報を提供するものである。具体的には、福島高専の特徴でもあるコミュニケーション情報学科（工業高専内の文系学科）でこれまで培われたマルチメディア・情報技術を利用して、学内にWEB2.0技術であるソーシャルネットワークシステムを導入して、あらゆる学校生活における学生が持っている貴重な情報を、学生同士が相互に情報蓄積交換できるシステムを構築する。図10に

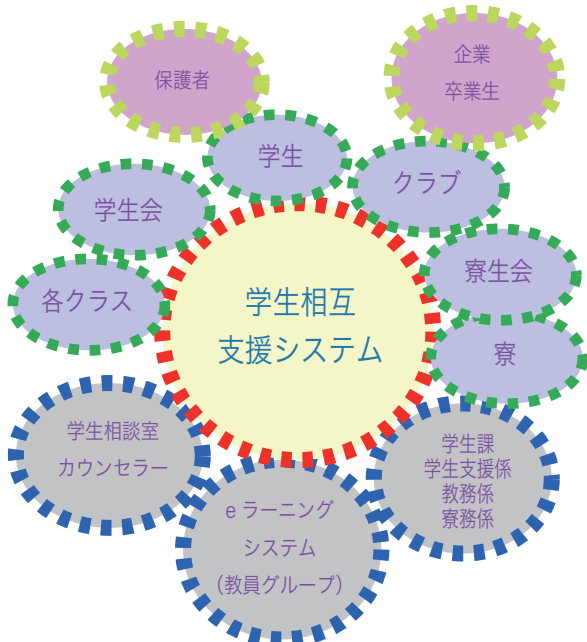


図9 マルチメディア活用型ピアサポートシステム

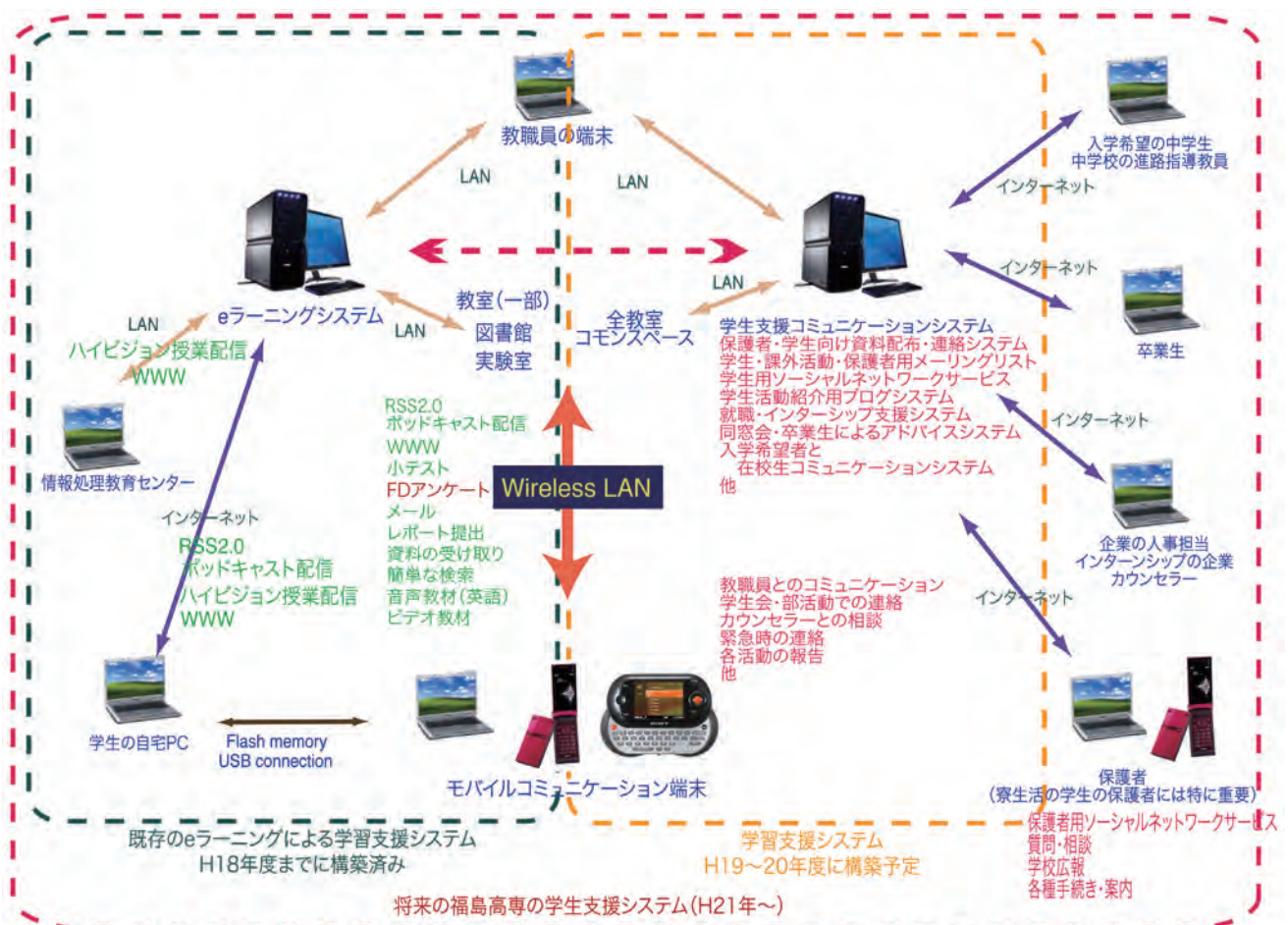


図10 マルチメディア活用型ピアサポートシステムの構築計画



図 11 無線 LAN が設置された教室で ICT 機器を利用している様子
あるようにピアサポートシステムでは、教員、事務、学生、卒業生、保護者、その他多くの高専に関係する人達を巻き込んでいく事を想定している。また、図 11 のように、全学生が ICT 機器を所有することで、何時でも何処からでも、モバイル端末を利用して文字ばかりでなくマルチメディアを利用して学生同士が日常的に学習や生活についてコミュニケーションをとり相互情報効果を可能にする。仲間意識の強い福島高専の学生の特性を生かし、学生自らが助け合うシステムを利用して、学生支援をさらに高めることが、ピアサポートシステムの目的である。

6.3 マルチメディア活用型ピアサポートシステムでの予想される学生支援の効果

具体的な効果として、以下のことが可能になると考えている。

1. 授業を休んだ学生は手軽に仲間の記録した情報により学習が可能となり、出席した学生も復習ができるようになる。
2. 実験・実習の解説ビデオを作成し、ネット配信、携帯端末を利用して学習することにより、より詳細に学習し、実験実習もスムーズに進むことが可能になる。
3. 学生相互がグループ学習を実施し、授業で理解できない点を支援し合うなど多様な学習形態を可能とする。
4. 学生会活動等の学生の活動が活発となる。学生会の活動状況を役員等がリアルタイムで更新し、またはWEBサイトから発信することにより、部活動に参加する学生の増加や、入学希望者の増加にもつながる。
5. 個人情報保護の観点から学生同士や学級での連絡システムの構築が困難であったが、独自のネットワークを形成することで、それらのシステム構築が容易になる。
6. 大学編入学を希望する学生は、このシステムを利用することにより、先輩の蓄積した過去の試験問題の傾向・大学の様子・生活方法等の種々の情報を得ることができる。同じく就職を希望する学生は、このシステムにより、先輩から会社の状況や仕事の様子等のアドバイスを受けることが可能となる。

7. 学生の授業評価もこのシステム利用により、教員へのフィードバックが速やかに可能となる。

8. 学生・教員と入学希望者とのコミュニケーションが増すと、学校内の生きた情報が入学希望者に伝わり、高専の良さを知った入学希望者の増加につながる。

9. 掲示板・校内放送・担任指導等と併行してこのシステムが機能すると、学生への連絡の効率が向上する。

10. 匿名性を考慮したシステム構築により、学生相談室においても、気軽に相談できることとなる。

以上のように、多くの可能性を秘めたマルチメディア活用型ピアサポートシステムであるが、実現に多くの課題が山積している。今後は、マルチメディア活用型ピアサポートシステムの構築と e-Campus の現実化の為に、それらの課題の一つ一つを分析し、実現へ向けてのプロセスを研究して行かなければならない。

※「マルチメディア活用型ピアサポートシステム」は、平成 19 年度の新たな社会的ニーズに対応した学生支援プログラム（学生支援 GP）に採択され、現在福島高専全体で取り組んでいる。

参考文献

- (1) 布施雅彦，鈴木三男，根本信行，道上達広，小澤哲，福島高専物理教育におけるビデオオンデマンドを利用した e ラーニング教材の開発，高専教育，vol129，pp. 439-444 (2006)
- (2) 布施雅彦，鈴木三男，根本信行，小泉 康一，小澤哲，ハイビジョン映像による物理授業ビデオのネット配信と e ラーニングシステムによる学習支援，vol130，pp. 741-746 (2007)
- (3) iPod でゼミ，青学大全国初，読売新聞，2006/12/28
- (4) e-Learning for Nursing, <http://www.cango.jp>
- (5) Masahiko FUSE, Seiichiro MIURA, Kiminori NISHIYAMA, Mitsuo SUZUKI, Nobuyuki NEMOTO and Satoru OZAWA, "Development of E-Learning System by Using Portable Video Game Machines as Mobile Terminals", The 8th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training
- (6) 布施 雅彦，三浦靖一郎，西山公紀，鈴木三男，根本信行，マルチメディア携帯モバイル端末を活用した学習支援システムの試み，2007 PC カンファレンス，pp13-14 (2007)
- (7) 布施雅彦 鈴木三男 根本信行 西山公紀 和賀宗仙，福島高専における様々な e ラーニングの取り組みと e キャンパスでのマルチメディアモバイル端末を利用した学習支援 平成 18 年度高専教育講演論文集，pp. 151-155 (2007)

地域連携による夏井川流域における白鳥観察の為の

事前学習マルチメディア教材の制作

布施 雅彦 長尾 嘉代子 花園 麻莉子

Development of Multimedia Learning Materials for Observation of the Swan along The Natsui River in Iwaki City

Masahiko FUSE Kayoko NAGAO Mariko HANAZONO

ABSTRACT: We developed multimedia teaching materials in order to inform more people about the biology of the swans coming flying to Iwaki, working with the municipal office and the voluntary organization protecting Swans. These multimedia teaching materials were confirmed to be of quality satisfactory to elementary and junior high school teachers for their classes, by the result of the inquiry survey. Moreover, these teaching material can be used not only as DVD but also as streaming videos and video podcasts through the Internet.

1 はじめに

2002年の秋頃、福島県いわき市にある白鳥保護団体の「夏井川白鳥を守る会」の事務局長小野清十氏から、いわき市へ飛来する白鳥を「もっと多くの人達に知ってもらいたい。」「もっと多くの人達へ知らせたい。」何か良い方法はないかと相談された。いわき市の夏井川流域の白鳥飛来地の夏井川白鳥ふれあい広場（以下白鳥広場）は、他の白鳥飛来地に比べ観察するうえで、とても有効であるにも関わらず、近くの小学生や幼い子供連れの家族が、週末に訪れるだけであまり知られていない。そこで、自然環境保護・情報発

信支援・町づくり運動として、図1のように夏井川白鳥を守る会といわき市役所地域振興課、福島高専布施研究室で2003年春から地域連携で取組みを始めた。⁽¹⁾

最初に、WEBサイトによる広報が一番良い方法ではないかと考え、いわき市役所地域振興課の方と夏井川白鳥を守る会の人達でWEBサイトの制作の勉強会を行い制作を開始した。その後、布施が夏井川白鳥を守る会の活動に参加し取材など通して2003年度冬までに、夏井川白鳥の会のWEBサイトが完成した。⁽²⁾ 図2は、夏井川白鳥を守る会のWEBサイトで、いわき市のWEBコンテンツのいわきWEBアワード2004で「教育機関部門賞」し、内容については評価が得られた。⁽³⁾ しかし、WEBサイトへのアクセス数が極端に増加するわけでもなく、市民の多くが夏井川の白鳥について理解するには程遠かった。また、実際に夏井川白鳥を守る会の活動に参加して、「白鳥について、もっと良く知る・理解してもらおう」「白鳥観察に来てもらおう」には、もっと多くの課題を解決しなければならないことがわかった。

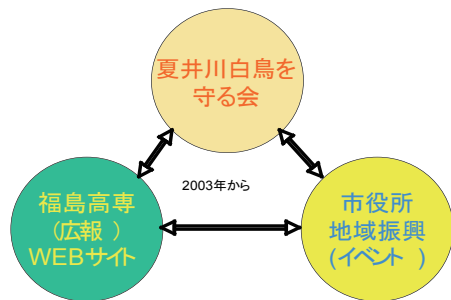


図1 地域連携の関係

2 夏井川白鳥ふれあい広場と白鳥観察の現状

2.1 夏井川白鳥広場の長所

福島県いわき市平中平窪の白鳥広場には、例年600羽以上の白鳥が渡ってくる。表1のように白鳥広場は、他の白鳥飛来地と比べて多くの長所がある。長所の1と2については、表2の近隣の平成18年度のガンカモ科鳥類生息調査から分かるように、300羽以上の数の白鳥が集団として存在し、他の渡り鳥のカモ類と数を比較して2倍以下で非常に白鳥を中心に観察しやすい環境である。長所の3と4では、図4の埼玉県深谷市のように、白鳥を守るために白鳥に近寄りたり、餌をあげたりできないようになっている地域もある。それは、お菓子を白鳥に与えたり、犬などペット同伴で白鳥観察に慣れていないことが理由である。また、猪



図2 夏井川の白鳥を守る会WEBサイト（2003年当時）

表 1 観察場所としての白鳥広場の長所と短所

長所	1. 観察可能な白鳥が集団でいる
	2. 他の渡り鳥と白鳥の比率で白鳥の割合が高い
	3. 白鳥の近くに寄れる
	4. 餌をあげられる
	5. 学習できる看板を設置している
	6. いわきの中心市街地から近い
	7. 積雪の心配をしなくてよい
	8. 駐車場から観察場所までが近い
短所	1. 野鳥の観察小屋などが無い
	2. 大型バスが駐車できる駐車場が無い

表 2 近県のガンカモ科鳥類の生息調査 (H19. 1. 14-15) ^{(4) (5) (6)}

県	調査地点名	市町村名	ハクチョウ類	カモ類	割合
宮城県	伊豆沼・内沼	栗原市 登米市	1,022	10,207	10.0
福島県	阿武隈川一三本木橋～文知摺橋	福島市	732	8,224	11.2
	高野池	鏡石町	785	3,996	5.1
	猪苗代湖	猪苗代町	605	6,248	10.3
	上繁岡第一堤	楢葉町	400	1,300	3.3
	夏井川（愛谷）（白鳥広場）	いわき市	595	765	1.3
	夏井川（小川）	いわき市	237	482	2.0
	夏井川（平塩・新川合流点）	いわき市	323	509	1.6
茨城県	古徳沼周辺水域	那珂市	166	2,346	14.1
	大塚池	水戸市	227	555	2.4
	常総市・坂東市	菅生沼	467	2,654	5.7

割合はハクチョウの数を1に対してのカモの割合



図 3 埼玉県深谷市の白鳥飛来地のカモ類と白鳥

苗代湖や宮城県伊豆沼のような広大な場所では、あまりにも広すぎて双眼鏡などでしか白鳥を観察できない地域もある。それに対して白鳥広場では図5のように、直接近寄って白鳥を観察しながら餌をあげたり触れ合うことができる。また、長所の6では、公共交通機関で最寄りのJR駅からまたは最寄りバス停から気軽に歩いて行ける。以上のことから白鳥広場は、非常に白鳥観察には向いている場所である。

2.2 白鳥観察学習の現状

「白鳥は何を食べていますか？」と福島工業高等専門学校コミュニケーション情報学科2年の38名に訪ねると、「パン」が30名、「米」が6名、虫・魚が2名、正解0人という回答であった。2003年の地域連携を開始した当初、実際に白



図 4 埼玉県深谷市の白鳥飛来地の様子



図 5 白鳥広場で餌をあげる親子の様子

鳥観察に来た小学校の様子を観察する機会があり、同様に白鳥おじさんが、小学生低学年生に、「白鳥は何を食べていますか？」という質問に、児童全員が「パン」と返事した現状を目にした。また、引率の先生がパンを持ってくるように児童に指導した例もある。図6



図 6 パンの袋を持つ教員と生徒

は2007年1月に白鳥広場へ訪れた中学校の様子で、引率する教員や生徒の手にはビニール袋に入った「パン」の様子を見ることができる。

白鳥広場に来るほとんどの学校の白鳥に関する学習は、残念ながら白鳥とふれあい学習が中心で、高度な学習内容に至っていないのが現状である。

2.3 白鳥観察学習の課題

白鳥広場での観察学習には大きく次のような4つの課題があると考えられる。

(1) 観察学習に訪れる学校が少ないことである。現在訪れている学校は、赤井・平第四小学校、赤井中学校の3校で、総合学習の時間を利用して訪れている。いわき市の学校の



図7 白鳥との餌をあげながらのふれあい学習



図8 白鳥おじさんの話を聞く小学生

先生達にもあまり知られていない、教材として利用可能な題材としても認知されていない現状があると考えられる。

(2) 総合学習等で白鳥広場に訪れているが、児童・生徒の白鳥の知識は実際の観察には不十分で、せっかく白鳥広場を訪れても、具体的に何を観察したらよいかかわからず、図7のように白鳥に餌をあげるだけになってしまう。白鳥の生態などに、興味や関心を抱くには至っていない。実際に白鳥広場を訪れている学校は、小学校の低学年生で、白鳥の生態ではなく白鳥とのふれあい学習を中心に授業を設定している。また、中学校では白鳥広場に至るまでを清掃活動をしながらかたり、近隣の小学生を中学生が引率して一緒に白鳥とふれあい学習にくるなどの授業設定がされていた。理科関連科目で渡り鳥や白鳥などが中心の教材にカリキュラムに至っていない課題があることがわかった。

(3) 白鳥広場では、知識的な学習が困難なことである。観察学習時に夏井川白鳥を守る会の白鳥おじさんに説明を依頼するケースが多いが、白鳥が飛来する10月下旬～3月上旬の白鳥広場の川原は、大変寒く風の音も大きく、図8のように児童・生徒がじっとして座って話を理解する環境ではない。また、白鳥観察の一番の時間帯は早朝であるが、実際に観察に行くのは暖かいお昼前後である。

(4) 学校の授業以外での観察では、週末に保護者と一緒に観察を訪れるのが一般的

である。いわき市へ現在のような白鳥が飛来するようになったのは、この20年前後で、引率する保護者の世代に、現状の白鳥広場の良く理解している人は少ない。学校の教員だけでなく保護者にも子供を連れて観察に行きたいと思わせる必要がある。そこで、これらの課題を解決するために、事前学習用の白鳥学習用教材やインターネットと連携する教材配信システムを開発し、教員や保護者などに観察のポイントを提示し、興味や関心の向上をはかり、より多くの児童生徒やいわき市民へ白鳥の魅力を伝え、来訪学校数や一般観察者の増加を試み、観察の質の向上を計りたい。

3 地域教材 DVD「冬のともだち白鳥」の制作

3.1 白鳥を題材とした教材化の目的

今回の制作は、下記のような4つを目的とする。

第1に、学校現場の教員に、このような優良な白鳥の飛来地があり教材としてなり得ることを知ってもらおう。

第2に、本教材を利用してもらおう。白鳥観察の事前学習で、児童・生徒の白鳥への興味・関心を高め、観察に行きたいと思ってもらおう。

第3に、実際の観察学習でのポイントを明確にすることで、小学校低学年のみでなく、より高度な内容の小学校中・高学年での教材として利用してもらおうことである。

第4に、児童生徒を通じて保護者であるいわき市民の方に、白鳥広場について知ってもらおう。

3.2 地域教材の制作について

今回は、目的を達成する為に開発に取り組んだ教材は、表3の通りである。

3.2.1 地域教材 DVD「冬のともだち 白鳥」

メインとなるDVD教材の制作には、これまで取りだめていた2003年3月～2007年2月のおよそ720分の映像と2500枚以上にのぼる写真の素材を編集し、約30分程度にまとめた。学習内容は白鳥を守る会の人に指導を受けながら内容を分析し、表4のように6章に細分化した。⁽⁷⁾1章毎を約3～10分以内にまとめ、教員の授業計画に合わせ

表3 今回製作した教材等のリスト

(1) 地域教材 DVD「冬のともだち 白鳥」
(2) 地域教材 DVD のレーベルのデザイン
(3) 地域教材 DVD のケースジャケットのデザイン
(4) 地域教材 DVD の手引き
(5) DVD 教材の視聴・WEB サイトの閲覧を勧誘するカラーのポスター (A3)
(6) 印刷して生徒・児童へ配布するポスターと同デザインの白黒チラシ (A4)
(7) 小学校3～4年生向けのクイズと解答 (A4 3枚)
(8) 教材の評価分析用の児童 (A4 6問)・教員向けのアンケート (A4 15問)
(9) 地域教材 DVD「冬のともだち白鳥」用のWEB ページ
(10) RSS とビデオポッドキャスト・ストリーミング配信のビデオデータ

表4 地域教材 DVD「冬のともだち白鳥」での学習内容

チャプター	学習内容	時間 (分:秒)
1 白鳥のいちにち	福島県の飛来地、いわき市の飛来地、毎年の飛来数、朝の様子、昼の様子、夕方の様子、寝る場所、ふゆみずたんぼ、昼寝の様子	4:49
2 白鳥とふれあおう	食べている物、マコモ、陸上でのえさの食べ方、水中のえさの食べ方、えさのあげ方、手渡しの仕方、水の飲み方、えさの寄付、えさあげの際の注意	5:11
3 白鳥のしぐさ	鳴き交わし(仲間同士の挨拶、警戒の合図、飛び立つときの合図)、飛び立つとき、くの字で飛ぶ理由、羽の手入れ、油腺の役割、羽の生え変わり、泳ぐときの脚の動き、水かきの様子、寝るとき	9:11
4 白鳥いろいろ	白鳥の家族、家族で過ごす様子、餌の食べ方を教える、幼鳥、つがいの白鳥、けがをした白鳥、けがをした白鳥の過ごし方、オオハクチョウとコハクチョウの違い、	5:28
5 白鳥まめちしき	飛来のルート、シベリアでの様子、ラムサール条約、夏井川白鳥を守る会の活動	4:03
6 白鳥のなかまたち	オナガガモ、マガモ、コガモ、カルガモ	2:43

利用しやすいようにした。DVD教材ではビデオ映像だけでなく必要に応じてテロップやイラストを利用し解説している映像や部分的にイラストを利用している映像も制作した。

3.2.2 地域教材 DVD のレーベルのデザイン

図9は、地域教材 DVD 用にデザインした DVD レーベルである。白鳥の可愛らしい顔を全面にデザインした。大切に扱って欲しいという気持ちも含まれている。

3.2.3 地域教材 DVD のケースジャケットのデザイン

図10は、地域教材 DVD ケースのジャケットデザインである。前面の上部に大空を優美に飛行する白鳥の写真を配置して、大空を飛ぶ白鳥の美しさをイメージさせ、前面下部では白鳥広場と広場の白鳥の様子の写真を配置し、白鳥が沢山飛来地へ来ている様子と白鳥広場の様子を伝えている。裏面では、DVDのチャプターの記載して、一目で内容が把握できるようにして、前面とは違う鳴き交わしの様子や餌を食べている様子など白鳥のしぐさの題材とした写真を掲載している。

3.2.4 地域教材 DVD の手引き

地域教材 DVD の鑑賞の手引きでは、DVD教材について、連絡先、夏井川白鳥を守る会の活動や同WEBサイトについて書いてある。特に地域教材のネットから視聴に関しては赤文字で強調して書いてある。

3.2.5 ポスターとチラシ

図12は、ポスターとチラシで同じデザインである。地域教材 DVD を先生や児童生徒に知ってもらう為に制作した。ポ

スターはA3サイズカラーで、白鳥広場に沢山飛来する白鳥の様子を前面にアピールするデザインで、「こんなに沢山白鳥がきているの？」と驚きを感じさせることをイメージしている。また、ポスターには、DVDのレーベル、DVDのジャケットなどの実物の教材の映像と、白鳥広場までの地図・アクセス方法とWEBサイトを紹介している。また、チラシはA4



図9 地域教材 DVD のレーベルデザイン



図10 地域教材 DVD のケースジャケットデザイン

製作した教材一式を、H19年1月に市内の白鳥飛来地近隣の小中学校11校へモニター配布し、児童・生徒、教員にアンケートをお願いした。また、高専の学生にも視聴してもらった。

3.3.2 児童・生徒・学生の評価

2007年3月現在までに計232名の児童・生徒・学生から回答を得た。対象者の詳細は以下の通りである。

- ・赤井小学校1年生 51名 ・赤井小学校2年生 81名
- ・小玉小学校5年生 38名 ・赤井中学校2年生 62名
- ・福島高専コミュニケーション情報学科2年生 37名

表5はアンケートの結果をまとめたもので、子供達の間から見て、9割近くが「わかりやすかった」、9割以上が「新しい発見があった」高専生を除く8割以上が「白鳥に観察に行きたい」と答えてくれた。DVDではわずかにしか紹介されなかった白鳥のWEBサイトへも過半数以上の人が関心を持ってくれた。また、何度も白鳥観察に行ったことがある地元の中学生から、「今度行くときは今日知ったことを意識したい」との感想も得ることができた。

3.3.3 小中学校教員の評価

表6は、現場の小中学校教員9名中学校教員1名からのアンケート結果である。

「授業で利用したい」「授業で利用した」「興味がもてた」「観察に行きたい」など大変評価が高かった。そして、小学校の先生からは4年理科の「寒くなると（動物の活動のようすを調べよう）」総合学習の「川の水の汚れ」のテーマで利用が可能、中学校の教員からは2年生の「動物のからだ」の単元などで利用が可能と意見をいただけた。目的であった小学校中高学年でテーマの教材として可能性があることがわかった。また、赤井中学ではDVDを視聴後に観察に行く授業があり、担当の教員から「今までと餌のあげ方が違う」など学習効果についてのコメントを頂けた。また、教材内容で、音声や字幕などでいくつか指摘があり、完成版では問題点のすべてを再編集し対応した。

3.4 地域教材の完成と広報・配布

完成した教材について、2007年2月20日のいわき市役所定例記者会見にて記者クラブで教材の紹介を行った。図14は読売

新聞（2007/3/7朝刊）掲載された記事で、多くの新聞社やTV局のWEBサイトなどでも紹介された。また、2007年3月20日に地域教材「冬のともだち白鳥」の一式を市内全小中学校へ届けていただく為にいわき市教育委員会を訪れ、砂子田教育長に130部を贈呈した。

4 地域教材とインターネットの連携による新しい学習システム

従来から布施ら（2003）は、総合学習や体験学習等で利用できるeラーニング教材等の研究開発を行ってきた。バーチャリアリティ技術を利用した事前学習用WEB教材とし

表5 児童・生徒・学生のアンケート結果

設問	赤井小1年 (51人)	赤井小2年 (81人)	小玉小5年 (38人)	赤井中2年 (62人)	高専2年 (37人)
問1. DVDを観る前に、夏井川に白鳥がやってくることを知っていましたか？					
知っていて、観察に行ったこともある	50(98%)	60(74%)	35(92%)	53(85%)	14(38%)
知っていたが観察に行ったことはない	1(2%)	18(22%)	3(8%)	8(13%)	8(22%)
知らなかった	0(0%)	3(4%)	0(0%)	1(2%)	15(40%)
問2. ビデオの内容はわかりやすかったですか？					
とてもわかりやすかった	34(67%)	49(60%)	11(29%)	45(73%)	31(86%)
まあまあわかりやすかった	13(25%)	27(33%)	24(63%)	16(13%)	4(11%)
すこしわかりにくかった	0(0%)	6(7%)	3(8%)	0(0%)	1(3%)
とてもわかりにくかった	1(2%)	0(0%)	0(0%)	1(2%)	0(0%)
問3. ビデオを見て、新しい発見はありましたか？					
あった	50(98%)	76(94%)	37(97%)	58(94%)	34(92%)
なかった	1(2%)	5(6%)	0%	4(6%)	1(3%)
無回答	0(0%)	0(0%)	1(3%)	0(0%)	2(5%)
問4. ビデオを見て、白鳥観察に行きたいと思いましたが？					
思った	51(100%)	80(99%)	30(79%)	50(81%)	25(68%)
思わなかった	0(0%)	1(1%)	8(21%)	11(18%)	12(32%)
無回答	0(0%)	0(0%)	0(0%)	1(1%)	0%
問4-1. 観察に行ったら、具体的にどのようなところを観察してみたいですか？					
くちばしの模様	30(22%)	43(11%)	22(12%)	15(13%)	9(17%)
えさを食べる様子	31(23%)	43(11%)	12(6%)	27(23%)	13(24%)
水を飲む様子	0(0%)	35(9%)	13(7%)	9(8%)	3(6%)
水かき	25(18%)	36(9%)	25(13%)	10(8%)	0(0%)
くの字で飛ぶ様子	24(18%)	39(10%)	21(11%)	11(9%)	6(10%)
昼寝の様子	0(0%)	49(13%)	28(15%)	19(16%)	5(9%)
マコモ(水草)	10(7%)	27(7%)	9(5%)	7(6%)	1(2%)
幼鳥	7(5%)	29(7%)	15(8%)	10(8%)	2(4%)
カモ	0(0%)	25(6%)	9(5%)	11(9%)	2(4%)
ふゆみずたんぼ	9(7%)	22(6%)	12(6%)	0(0%)	2(4%)
羽の手入れ	0(0%)	42(11%)	23(12%)	0(0%)	11(20%)
その他	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)
問6. 「夏井川白鳥を守る会」Webサイトを見たいと思いましたが？					
見たい	51(100%)	76人(94%)	61(38%)	31(50%)	31(84%)
見たくない	0(0%)	5(6%)	15(39%)	30(48%)	6(16%)
無回答	0(0%)	0(0%)	0(0%)	1(2%)	0(0%)

表6 小中学校教員のアンケート結果

	小学校教員	中学校教員
問1 この教材を授業で利用してみたいと思いませんか？その理由はなぜですか？		
思う	8名	1名
思わない	1名	0名
理由	白鳥のことを分かりやすく伝えているDVDだから 白鳥見学前に見ると参考になるから（2名） 白鳥見学に行ったので参考になるから 子供たちが関心を持っているから 身近な環境のことだから児童に知って欲しいから	
問2 この教材を実際に授業で利用しましたか？		
はい	7名	1名
いいえ	2名	0名
理由	単元がまだ先なので 活用できる場面を考えて頂いてから	
問3 白鳥に対する新たな発見がありましたか？		
あった	8名	1名
なかった	0名	0名
問4 夏井川に飛来する白鳥に興味を持ってましたか？		
持てた	8名	1名
かわらない	0名	0名
問5 実際に広場へ生徒を連れて行きたいと思いませんか？		
思った	3名	1名
機会があれば	3名	0名
特に何もない	0名	0名
その他	1名	0名
問6 クイズプリントについてどう思いましたか？		
役に立った	1名	0名
少し役に立った	5名	0名
役に立たなかった	0名	0名
その他	1名	0名
問7 この教材の良い点がありましたら教えてください。		
映像がきれいで見やすかった 説明の仕方がとてもわかりやすかった 学生の声でナレーションをしていたので、親しみやすかった 各ジャンルに分かれていたので、よりわかりやすかった 6つの観点に分けて内容を絞ったこと		
問8 授業科目内での教材としての利用		
小学校	4年理科「寒くなると（動物の活動の様子を調べよう）」 6年理科「動物のからだのはたらき」 6年理科「生き物のくらしとかんきょう」 総合学習の関連するテーマ（3件）	
中学校	2年生「動物のからだ」	

て、福島県いわき市中央台にある「いわき市暮らしの伝承郷VR版」の開発を行った。この教材は、ネット上でバーチャル技術とマルチメディア技術で体験学習が可能で非常に良質な教材である。⁽⁸⁾ 実際にはWEB教材で予習して様々な事柄を理解してから施設を訪問して学習することは、かなり学習意欲が高く真剣に取り組んだ学習者でなければ困難であった。事前に予習して授業に望むことは非常に教育効果が高いことは誰もが知っているが、今日多くの学生が日々の授業に、予習してすべてを理解してから授業に望んでい



図15 ニンテンドーDSを利用した「時雨殿」の様子

るとは考えにくい。実際の施設見学や観察では、観察の視点や注意する事柄など、ある程度予備知識を準備し、専門家のアドバイスをもとに確認しながら理解することが、最も有効であると考えられる。けれども、今日多くの学校が総合学習等で施設を訪れるなかで十分な人員を準備することは難しく、ボランティアなどに頼っているのが実状である。そこで、事前学習用教材DVDとWEBサイト、携帯用教材配信などと連携した新しい学習システムについて考えた。

4.1 モバイル端末を活用したリアルタイム学習

現在美術館・博物館などの体験学習施設において、近年高機能化が進む携帯型ゲーム機や iPod などの端末が目まぐるしく注目されている。図15は、京都市嵐山にある小倉百人一首の展示・振興のための体験参加型施設「時雨殿」の様子で、ニンテンドーDSを利用した映像と音声のガイドによる学習が可能であり、実際に体験する為に研究室で視察に行った。また、東京都上野にある国立科学博物館では、2006年8月にPSPやスマートフォンなどを使った展示解説コンテンツ（文字・図のみ）のWEB提供実験が行われた。⁽⁹⁾ また、アメリカでは、多くの有名美術館などでもポッドキャストを利用した音声ガイドの配信が始まっている。学習者がいつでもどこでも利用可能で、その場でリアルタイムに学ぶことのできるモバイル端末での体験・観察学習は今後増えてくると思われる。今回の研究にも利用できないかと考えた。そこで、今



図16 WEBサイトからの地域教材のポッドキャスト配信



図 17 地域教材 DVD とインターネットとの連携

回の地域教材 DVD やその他の資料を図 16 の夏井川白鳥を守る会の WEB サイト (<http://www.geocities.jp/iwakiswan/>) から、ストリーム配信とビデオポッドキャストिंगを利用して配信を可能にした。そして、新しい学習システムとして、図 17 のような流れを考えた。

1. 学校で児童が教材を視聴しチラシを自宅にもって帰る
2. 保護者と一緒にネットから再度教材を視聴する
3. 休日などに保護者と一緒に白鳥飛来地に行き、携帯端末を利用して解説を聞きながら観察をする

ビデオ教材を携帯型ゲーム機や iPod などの再生装置に置いて、観察場所でビデオ見ながら観察が可能になる。アメリカの主要の美術館などでは、ポッドキャストを利用した音声ガイドシステムなどが見られ、今度はオンライン学習とオフライン学習との連携が重要になってくると考えられる。

5 まとめ

DVD 教材は、児童生徒・教員のアンケート結果から、十分に授業等で利用できる教材が製作できた。DVD 教材だけでなく、今回は関連する教材一式を完成させたことは非常に有効的であると考え。地域学材 DVD や WEB サイト、ビデオポッドキャストなどと連携した教育システムは、日本ではまだ珍しい。このようなシステムが、今後日本の多くの美術館・博物館・資料館などの観光地や観察地等のガイドシステムとして利用可能になれば、リアルタイムにいつでもどこでも誰でも、より発展的な学習につながると考える。今後、コンテンツの標準化がなされ、今の多機能携帯電話等で活用できれば、すぐにでも多くの普及が可能であると考え。今後は、小学校等の実際の観察支援を行ったリ、複数の学校に股がった児童による日々の白鳥観察などがネットの中で行えたらと考えている。

謝辞

白鳥に関するあらゆることに御指導頂いた夏井川白鳥の会の小野清十氏、各種イベント等で協力・支援して頂いたいわき市役所地域振興課の緑川伸幸氏、福島工業高等専門学校コミュニケーション情報学科の平成 18 年度の卒業研究として、主に企画やビデオ編集などを行ってくれた長尾嘉代子氏と各種デザイン・クイズなどを手がけた花園麻莉子氏に、教材作成にあたり御協力頂き、心から深く感謝い

たします。

参考文献

- (1) 小野清十, いわき市夏井川の白鳥ふれあうと、やすらぎのゾーンへ、みらい, vol18, pp. 59-72, いわき未来づくりセンター, 2007.7
- (2) 夏井川白鳥を守る会, <http://www.geocities.jp/iwakiswan/>
- (3) いわき WEB アワード 2004, <http://www.iwaki-webaward.com/2004/info/index.html>
- (4) 平成 18 年度ガンカモ科鳥類の生息調査について, <http://www.pref.fukushima.jp/shizen/kamo/H18/gankamo.htm>
- (5) 宮城県 / みやぎの野生生物 / ガンカモ科鳥類生息調査, <http://www.pref.miyagi.jp/sizenhogo/seibutu/tyourui/gankamo/H18/2007.1.12-kaku.html>
- (6) 平成 18 年度ガンカモ科鳥類生息調査の結果について, <http://www.pref.ibaraki.jp/kankyo/08env/06animal/gannkamo18.html>
- (7) 小野清十, いわき市ボランティア団体が餌付けされた越冬白鳥に“自立訓練”用の水田を用意, わたしたちの川, PORTAL, vol41, 財団法人河川情報センター, 2005.1
- (8) Masahiko Fuse, Satoru Ozawa, et al., Development of "Detective Learning" System by Using Virtual Reality Technique An Application for Virtual Museum, Proc. IASTED Intern. Conf. Computer and Advanced Technology in Education, pp.624-627, 2003.07.2
- (9) 携帯型ゲーム機を用いた展示解説コンテンツの提供実験, <http://www.kahaku.go.jp/event/2006/08psperiment/index.html>
- (10) 布施雅彦, 夏井川流域の白鳥観察における事前学習マルチメディア教材の制作, 2007 PC カンファレンス, pp179-180, 2007.8

トーナメント表作成支援ソフトの開発 (2)

佐藤稔、小室博*

Development of Supporting Software on the Arrangement of a Tournament Diagram (2)

Minoru SATOH, and Hiroshi KOMURO

Abstract: We have improved the existing supporting software on the arrangement of a tournament diagram for soft tennis which we made last year. There are improvements made in the software program which are as follows: 1) once the points obtained by participants are entered, the program will decide the advancement position of the teams automatically; 2) The software fills the names of players and schools which they belong to on a score sheet automatically by reading the data from the tournament diagram; 3) The software checks their points to determine their correct ranking automatically; 4) The software will create a table automatically according to the points obtained.

1. はじめに

高等学校体育連盟が開催するソフトテニスの公式戦は関東大会、全国大会、夏季選手権、新人戦の4大会であり、いずれの大会も始めは東北地区、水戸地区、県南地区、関東地区、県西地区の5地区に分かれて、戦われる¹⁾。これらの大会の数日前には組み合わせ会議が開催され、トーナメント表が作られる。各地区には、トーナメント表の作成にあたり、いくつかの規則がある。本校が属する水戸地区では、以下の3つのルール²⁾に従ってトーナメント表が作成される。①学校バランス(同校同士が早い段階で戦わないように配置させる)を考慮する。②得点順にシード等有利な位置に配置する。これまで取得したゲーム数の合計を得点として、得点の高い順にシード、シードの対角に配置される。③前大会と同時点、同対戦を避ける。これら①から③を考慮しながら、これまで、手作業でトーナメント表を作成していた。しかし、作業量が多いことから、単純なミスも多く効率が悪く、時として、4、5時間を要する場合もあった。そこで、昨年度、「茨城工業高等専門学校研究彙報第42号」に報告したトーナメント表作成支援ソフトの使用により、

単純なミスも少なくなり、効率よく作業が進むようになった。前回、報告したこの支援ソフト³⁾の特徴は、①通常、トーナメント表で使用される 2^n の基本骨格以外でも、参加選手組数と代表数をもとに、トーナメント表の骨格を作ることができる。②学校バランスが一目でわかる「学校バランスチェックシート」を作成し、同ブロック内に同じ学校の選手が入らないように確認できる。また、もし、同じ学校の選手が入力されても「重複しています」のメッセージが表示される。③選手名をトーナメントの枠に自動的に配置することが可能となる、の3点である。

今回はさらなる効率化を目指して、以下の4点、①トーナメント番号の自動序列化、②採点表の選手名等の自動記入、③選手の得点の確認ソフト ④試合後の得点の入力ソフトの開発、を追加した。改良を加えた「トーナメント表作成支援ソフト」の概要と機能について報告する。また、このソフトはMicrosoft社のExcelに付随するVisual Basic Application^{4,5)}を用いて作られている。

2. トーナメント番号の自動序列化

*下館第二高等学校

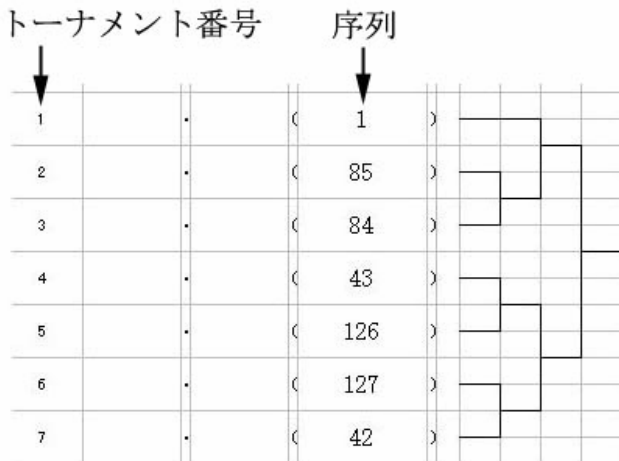


図1 トーナメント表における序列

トーナメント表には有利な位置があり、トーナメント表のどの位置にどの組みを配置されるかは選手にとって重要である。まず、県代表数をシード数とし、トーナメント番号に序列をつける（図1）。その後、先の3つのルールに従い選手を序列順に配置する。手作業では、時として、順番を飛ばすなどミスもあったことから、自動的にこの序列化を行うプログラムを作成した。

シード数をブロック数とし、各選手がどのブロックに属するかを先ず計算する。第1シードが属するブロック（以下第1ブロックと呼ぶ、以下のブロックでも同様）に1番の選手、第2ブロックには2番の選手と順に入れ、最終ブロックに選手を割り当てた後は、折り返す。例えば、シード数が21の場合には、図2に示したように、第21ブロックに21および22番目の選手が入り、23番目の選手は第20ブロックに入る。その後、順次、配置し、42番目の選手が第1ブロックに入り、43番目以降は再び折り返す。これを最終選手まで繰り返し行う。その後、各ブロックの選手組数にしたがって、ブロック内で選手を序列化する。図2で言えば、第1ブロックには、7組が配置されている。組数によって、配置場所が図3のように決められており、その順番に選手を割り振ると図1のように序列が決まる。なお、ブロック内の選手組数が3から8組の場合について、トーナメント順序割り振りが水戸地区ソフトテニス顧問会議²⁾で決められている。ただし、ここではブロック番号が奇数の場合

第1ブロック	第2ブロック	第3ブロック	...	第20ブロック	第21ブロック
1	2	3	...	20	21
42	41	40	...	23	22
43	44	45	...	62	63
84	83	82	...	65	64
85	86	87	...	104	105
126	125	124	...	107	106
127	128	129	...	146	147
			...	155	154
			...	149	148

図2 参加選手組数155組、代表数21としたときのブロックの振り分け

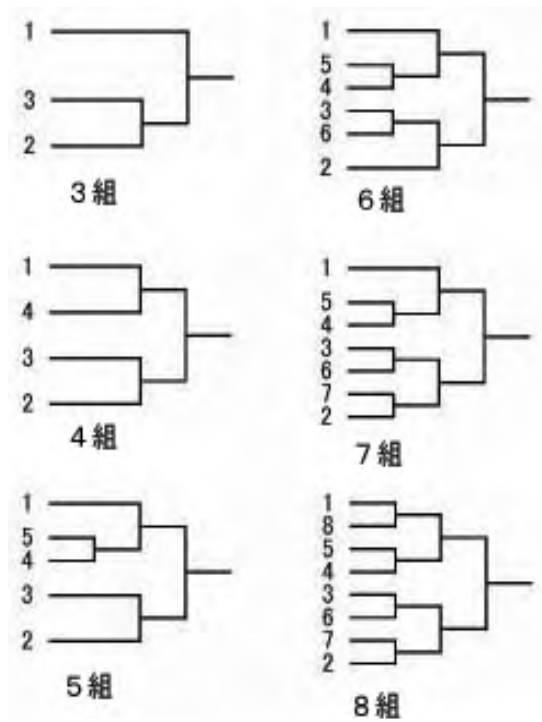


図3 ブロック内序列

について示しており、偶数の場合は、上下で裏返した序列となる。

3. 採点表への自動入力

これまで、採点表の選手名、学校名は試合前までに第一試合分を、トーナメント表をもとに手書きしていた。しかし、80枚前後といっても毎回、確認しながら手作業で記入することは決して楽な作業では

図 4 採点票

図 5 対戦表

ない。そこで、図 4 に示したように、採点表にトーナメント番号、選手名、学校名をデータベースからトーナメント表をもとに自動的に記入できる機能を追加した。

まず、トーナメント表から初戦の相手がトーナメント表の何番の選手なのかを計算して、対戦表にまとめる (図 5)。例えば、図 5 から、トーナメント番号 2 番と 3 番が対戦することがわかる。

この表は図 2 で行ったように選手を各ブロックに分けたあと、ブロック内の選手組数に応じて骨格を組み立てることにより作ることが出来る。ブロック番号が偶数か奇数かによって、骨格が上下で逆になる。例えば、図 5 に示したように、第 1 ブロックも第 2 ブロックもともに 7 組であるが、第 1 ブロックのシード選手 (トーナメント番号 1 番の選手) はブロックの上方に、一方、第 2 ブロックのシード選手 (ト

ーナメント番号 155 番の選手) はブロックの下方に位置している。

この表をもとに、図 4 に示した採点票に順次、自動的にトーナメント番号を入力する。さらに、トーナメント番号からデータベースをもとに学校名、選手名を選び表示する。シード選手の場合は対戦相手が空欄になっているので、空欄として採点票に入力される。

第 1 試合の分だけ採点票をつくるが、採点票ごとに入力後すぐに印刷したのでは、採点票の枚数だけ、プリンタにアクセスすることになり、余計な時間がかかる。そこで、一旦、各採点票を 1 枚のシートにコピーし、それを印刷するようにした。この場合、印刷時間は短くなったが、ページの印刷範囲の設定で工夫が必要であった。その部分のプログラムを抜き出したものが、プログラム 1 である。ここで、S(Tds)は採点票の枚数である。

プログラム 1 ページ設定

```
ActiveSheet.PageSetup.PrintArea = ""
Range(Cells(1, 1), Cells(38 * S(Tds) - 1, 42)).Select
PA = 38 * S(Tds) - 1
ActiveSheet.PageSetup.PrintArea = "$A$1:$AP$" & PA
```

4. 得点管理プログラム

トーナメント表をつくるための一つの基準である得点は図 6 に示したようにエクセルファイルで管理されている。得点は直近の 3 あるいは 4 大会分の得

図 6 得点表

得点順位	選手名	学校名	得点	ペア変更の有無	前大会トーナメント番号
A	B	C	D	E	F
1	○△○	・△△△	(桜ノ牧)	150	無 155
2	○○○	・△?△	(桜ノ牧)	129	有
3	○○○	・△△○	(緑岡)	122	有
4	□□□	・○△△	(緑岡)	118	無 37
5	□□□	・△□△	(勝田工)	88	無 105
6	△□□	・◎△△	(勝田)	86	無 60
7	◎◎◎	・△△△	(水戸一)	77	無 115
8	○○◎	・□△△	(桜ノ牧)	73	有
9	○○◎	・△◎◎	(茨高専)	72	無 97
10	○○○	・△◎□	(勝田)	70	無 23
11	△○○	・△△▲	(勝田工)	69	有
12	□○○	・△▲△	(水城)	88	有
13	○○○	・●△△	(湊一)	67	有

図7 得点確認

トーナメント番号	選手名	学校名	得点
A	B	C	D
50	○△○	・△△△	(葵陵) 7
105	○○○	・△?△	(水戸一) 5
55	○○○	・△△○	(水戸農) 3
5	□□□	・○△△	(葵陵) 3
29	□□□	・△□△	(大子清) 1
39	△□□	・◎△△	(葵陵) 0
75	◎◎◎	・△△△	(葵陵) 0
38	○○◎	・△◎◎	(茨高専) 15
70	◎○○	・□△△	(茨城) 3

図8 得点入力

点の合計をその大会の得点とする²⁾。例えば、図6の得点表の○○◎選手は新人戦では36点となる。各校からの申し込みの時点で、この得点も付記することになっているが、申請された得点が正しいかを図6の得点表によって確認しなければならない。300名近くの選手の得点を確認するのは容易ではない。そこで、各校から送られてきた申込書をもとに図7に示した表を作成し、大会名を選択した後、**確認**をクリックすると自動的に、図6のデータベースをもとに、ペアの合計得点を計算し、申請のものと同じであることを確認する。このとき、異なっていた場合には図7のK行にその得点を表示される。容易にどちらが正しいかを確認することができる。

また、試合後は各選手の得点を図6の得点表に入力しなければならない。学校ごとに、選手名を探し、

入力しなければならず、時間もかなりかかる。そこで、トーナメント表の一部を切り取り、図8の表をつくり、大会名を選択した後、**入力**をクリックすると自動的に、図6の得点表にその得点が入力される。例えば、図8のように茨高専の○○◎や△◎◎が選手権で15点取得したとすると、このソフトにより、図6の○○◎と△◎◎に選手権の得点が15と入力される。

5. まとめ

今回改良した「トーナメント表作成支援ソフト」は昨年度報告したプログラム（代表数が2ⁿでない場合のトーナメント表をつくるのに有効）にトーナメント番号の序列化や採点票への氏名等の自動入力、トーナメント表作成時の得点確認、試合後の得点入力機能を追加した。これはソフトテニスに限らず、他のスポーツにも多少修正を加えるだけで適用できると思われる。

今後、同時点同対戦の自動確認や学校バランスの容易な確認機能を加える予定である。

6. 参考文献

- (1) 茨城県高体連ソフトテニス専門部、「県大会組み合わせ基準」2006改訂版.
- (2) 「高体連ソフトテニス専門部水戸地区規程水戸地区組み合わせ基準」
- (3) 佐藤稔、小室博、茨城工業高等専門学校研究彙報 42、95 (2006) .
- (4) 松本瀬理奈、「Excel VBA 辞典」、秀和システム、(2004).
- (5) 西沢夢路、「やさしくわかる Excel 関数・マクロ」、ソフトバンクパブリッシング、(2004).

太宰治本人に、多数の共通点が認められる。太宰は死の前年、一九四七年(昭和二十二年)『斜陽』のベストセラーにより流行作家としての地位を不動のものとするが、モディリアーニもまた、死の前年(一九一九年)ロンドンで開催された「現代フランス美術グループ展」への出展作が評価され注目を集めた。その他にも、肺病に悩まされたこと、貴族の出自であること、田舎に生まれ都会で創作活動を行なった(太宰は津軽から東京へ、モディリアーニは伊リヴォルノからパリへ)こと、アルコールと薬物への依存、サロンからの孤立など枚挙に暇がないが、こういった表面的な共通事項ではなく、芸術上の共通点として、両者ともに「風景を描かない」という点が面白い。太宰の作品には風景描写がほとんど見られないことは、長野隆編『シンポジウム太宰治その終戦を挟む思想の転移』における東郷克美の発言に(太宰と「自然」ということで簡単に申しますと、太宰の作品をずっと読んでいて特徴的なことは、非常に自然描写が少ないということです。これはまあ『津軽』には例外的にありますけれども、総じて「自然」を描かなかった作家だ。)とある(D.146)。太宰自身も作品『道化の華』の中で(翌朝は、なごやかに晴れていた。海は風いで、大島の噴火のけむりが、水平線の上に白くたちのぼっていた。よくない。僕は景色を書くのがいやなのだ。)と告白している。実験的小説である本作の記述を字面通りに受け取るとは危険だが、風景描写に対する意識的な作文があったことは特筆して良いだろう。モディリアーニも友人に「目の前に生きた人間がいなければ、僕は描けないんだ」と言ったとされ、彼の描いた風景画で現存するものはたった四点のみといわれる。

(7) この新聞記事は取材の程度が低く、太宰の本名を「津島脩吉」と間違えている。また井伏鱒二と横浜に行った帰路に行方不明という経緯も誤報であり、井伏は翌々日の別の新聞紙上でこの誤りを指摘している(「東京日日新聞」一九三五年三月十九日付)。芥川への崇拜を自殺の可能性と結びつけているのも短絡的ではあるが、当時の世人の見方を伝える資料として見れば、その価値があるだろう。

(8) そもそもタイトルの『如是我聞』とは、釈尊の十大弟子の一人、阿難が「我ノ聞クコト是ノ如シ」(私はこのように伝え聞いた)の意味で経典の最初に冠した語である。太宰には、「芥川の遺志を継ぐもの」という自負が、その根底に在ったのではないか。

(9) 本論では紙面の関係で割愛するが、『兄たち』の長兄および三兄のキャラクターは、『愛と美について』『ろまん燈籠』の長男、次男のキャラクターと類似が多い。後の二作品は太宰の妻の実家、石原家がモデルとされるが、むしろモデルは津島家であり、自らの兄弟姉妹を書いたとも考えられる。あるいは、石原家のスケッチを描写していく作業の中で、自分の肉親に対する感情が改めて浮き彫りになった、ということなのだろうか。

参考文献

- 『太宰治全集第九卷』筑摩書房 1971年
『人間失格』太宰治 新潮文庫 1985年改版
『晩年』太宰治 新潮文庫 1985年改版 (『思い出』『道化の華』所収)
『斜陽』太宰治 新潮文庫 1987年改版
『津軽』太宰治 新潮文庫 1989年改版
『お伽草紙』太宰治 新潮文庫 1991年改版
『二十世紀旗手』太宰治 新潮文庫 1972年
『もの思う葦』太宰治 新潮文庫 1980年 (表題作ほか『碧眼托鉢』『如是我聞』所収)
『新樹の言葉』太宰治 新潮文庫 1982年 (『愛と美について』『俗天使』『兄たち』所収)
『ろまん燈籠』太宰治 新潮文庫 1983年
『図説 太宰治』日本近代文学館編 ちくま学芸文庫 2000年
『検証・太宰治の昭和二十三年』安藤宏 「国文学 解釈と教材の研究」第47巻14号(太宰治・文化・国家・個人そしてメディア) 2002年
『太宰治 弱さを演じるということ』安藤宏 ちくま新書 2002年
『シンポジウム 太宰治 その終戦を挟む思想の転移』長野隆編 双文社出版 1999年
『太宰と井伏 ふたつの戦後』加藤典洋 講談社 2007年
『文豪ナビ 太宰治』新潮文庫編 2004年
『ゴッホ』新潮美術文庫29 1974年
『ファン・ゴッホ書簡全集 第一巻』(改版)みすず書房 1992年
『ゴッホ 自画像の告白』木下長宏 二玄社 1999年
『モディリアーニ』新潮美術文庫45 1974年
『モディリアーニ』孤高の異邦人「マチルデ・バツティステイーニ 樺山紘一 日本語版監修 昭文社 2007年
『羅生門・鼻』芥川龍之介 新潮文庫 1985年改版
『河童・或阿呆の一生』芥川龍之介 新潮文庫 1989年改版
『暗夜行路』志賀直哉 新潮文庫 1990年
『志賀直哉と太宰治 ―『如是我聞』と「和解」』相馬正一 国文学 解釈と鑑賞 第68巻8号(特集 二十一世紀の志賀直哉) 至文堂 2003年
D.D.7682
『改訂版新総合国語便覧』稲賀敬二・竹盛天雄・森野繁夫監修 第一学習社 1990年

ここで、「二十七歳」をキーワードに、本論文に関係する人々の人生を見直そう。太宰の兄圭治の享年が「二十七歳」であり、太宰本人にとつての「二十七歳」は、処女創作集『晩年』の出版、パビナル中毒治療のための精神病院入院など、大きな転機となった年であった。芥川龍之介は「二十七歳」のとき横須賀海軍機関学校の嘱託教官を辞し、創作一筋の生活を開始する。ファン・ゴッホが自らの天職を画家と定めたのも「二十七歳」であった。モディリアアーニの年表においてはこの年には大きな転換こそないものの、『人間失格』に登場する（焼けた赤銅のやうな肌の、れいの裸婦の像）、つまり『カリアティード（女性人柱像）』と呼ばれる一連の作品が生み出されたのが、まさに、モディリアアーニ「二十七歳」前後の数年間だったのである。図2に、「二十七歳」をキーワードに、『人間失格』に登場する二人の画家と、その画家と共通点を持つ二人の人物についての、相関をまとめた。

5 おわりに

本論では太宰治の代表作の一つ『人間失格』の中に登場する（モヂリアアーニ）の意味を考察した。作品の時系列から年代を明確にし、また画家の生涯と死後の評価を確認する作業を経て、実は（モヂリアアーニの畫集）がフィクショナルな設定であることを明らかにした。その上で、年代を超越しても敢えて（モヂリアアーニ）を登場させた意味を追究し、太宰に縁の人とモディリアアーニの共通点を模索したところ、すぐ上の兄とモディリアアーニの共通点が明らかに、『人間失格』には登場していない兄の存在が、逆説的に（モヂリアアーニ）や（竹一）に色濃く反映していることを発見した。論考の過程で「二十七歳」というキーワードが浮かび上がり、太宰が「二十七歳」を特に意識していたこと、そして「二十七歳」が関係する人物の共通項であることを明らかにした。太宰と絵画の関係を論ずるのであれば、同郷の版画家で「わだばゴッホになる」と宣言した棟方志功との関係にも踏み込みたかったが、力及ばなかった。機会があれば、また他日、論じてみたい。

注釈

(1) 『志賀直哉の魅力』坂上弘 国文学 解釈と鑑賞 第68巻8号（特集 二十世紀の志賀直哉）至文堂 2003年 pp.16-20 論文中、海外

(2) の日本文学研究者の言葉として（時任謙作は芸術家なのに、芸術そのものに悩んでいないのが不思議だ）（志賀と同じく、時任謙作は「作家」だということになっていくが、彼がどんな作家なのか、手掛りはほとんどなく、この小説の中でも彼はほとんど何も書いていない）との指摘が紹介されている。なお、太宰は『人間失格』と並行して書かれた『如是我聞』の中で（風邪をひいたり、中耳炎を起こしたり、それが暗夜か）と志賀のこの作品にまるで創作の苦悩がないことを批判している。

(3) 本論文中における『人間失格』の引用文は筑摩書房刊『太宰治全集 第九巻』に拠ったが、フォントの関係で一部の漢字の旧字体は入力できなかった。なお、文学研究であれば全集に依拠するのが良いであるが、本論では、主題となる『人間失格』以外の作品については、筆者の読み親しんだ新潮文庫から引用した。

(4) 奥野健男氏は新潮文庫版『人間失格』解説のなかで、（葉藏）が（二・二六事件の夜、「ここは御国を何百里」と歌いながら、雪の上に咯血する）と書いているが、二・二六事件は昭和十一年の出来事であり、「あとがき」に（この手記には、どうやら、昭和五、六、七年）の風景が書かれており、小説家である（私）が（スタンド・バア）に立ち寄ったのは（昭和十年前後）だったから（この手記を書いた男には、おめにかかると出来なかつた）と書かれていることに矛盾する。奥野氏が（二・二六事件の夜）を主張する根拠を見つけることは今回出来なかつた。

(5) ゴッホの映画については、アラン・レネ監督の短編映画『ヴァン・ゴッホ』（1948年）、ヴィンセント・ミネリ監督の『炎の人 ゴッホ』（1955年）、最近ではロバート・アルトマン監督の『ゴッホ』（1990年）など。日本の黒澤明監督の『夢』（1990年）にも、ゴッホに関するエピソードが登場する。モディリアアーニについては、ジャック・ベッケル監督の『モンパルナスの灯』（1958年）、ミック・ドレイヴィス監督『モディリアアーニ 真実の愛』（2004年）。ちなみに太宰の半生も猪瀬直樹の解釈をベースに『ピカレスク 人間失格』の題で映画化されている（2002年）。

(6) 津島家では長兄文治より先に生まれ夭折した男子が二人おり、正確に言うならば圭治は五男、太宰（修治）は六男である。太宰の兄弟姉妹については以下の通り。

- | | | | | | |
|-----|-----|------|------|-----|-------|
| 第一子 | タマ | (長女) | 第七子 | 圭治 | (三兄) |
| 第二子 | 総一郎 | (夭折) | 第八子 | あい | (三姉) |
| 第三子 | トシ | (次女) | 第九子 | きやう | (四姉) |
| 第四子 | 勤三郎 | (夭折) | 第十子 | 修治 | (太宰治) |
| 第五子 | 文治 | (長兄) | 第十一子 | 礼治 | (弟) |
| 第六子 | 英治 | (次兄) | | | |

(6) 本論文中ではモディリアアーニと芥川龍之介、モディリアアーニと津島圭治の共通点についてのみ検討したが、結果的に見れば、モディリアアーニと

とりを性格付けし、登場させるということは、おそらく構成上の理由で出来なかった。これは『思い出』の文量と『人間失格』の主題とを考え合わせ、主題がぼやけてしまうことの危険を避けようとすれば、当然である。しかし、(葉藏)の半生が太宰のそれをなぞるためには、太宰が兄から受けた芸術的影響は、やはり何かしらの形で作品の中に反映させる必要がある、このことが(竹一)というキャラクターを生む要因となった。その一方で、「彫刻家」への志半ばで「病死」した兄の悲運が、同じく「彫刻家」を志したが病のためこれを断念せざるをえず、画に才能を発揮するも若くして「病死」した画家(モチリアニ)を連想させたのではないか。兄圭治もモディリアーニも、その命を奪った病名が「結核」だったことは単なる偶然ではないだろう。

さらに筆者は、『人間失格』の手記の最後の(自分はことし、二十七になります)という一文と、圭治の享年「二十七歳」は、無関係ではないと推測している。太宰は年齢に対して非常に敏感である。特に「二十七歳」への拘泥は異様とさえいえる。先に挙げた『もの思う葦』は太宰二十六歳の時に書かれた文章であるせいいか、(慈眼)の項のほかに「二十七歳」が頻出する。

二十七歳を限度として、それよりわかい青年、すべて、口にいわれぬ、人知れない苦しみをなめているのだ。この身をどこに置くべきか。それさえ自分にわかつておらぬ。

ここには、「鵬外と漱石」という題にて、鵬外の作品、なかなか正當に評価せられざるに反し、俗中の俗、夏目漱石の全集、いよいよ華やかなる世情、(中略)かれら二十七歳の冬は、云々。

一九三六年(昭和十一年)、太宰自身が二十七歳の時に発表したエッセイ『碧眼托鉢』にも次の一文がある。

「いま、日本に、二十七歳のポオドレエルが生きていたら。私をして生き残させて居るただ一つの言葉である。」

では、この「二十七歳」の特別視は、太宰自身の年齢に起因していたのか、というと、そうではない。太宰本人が三十路を過ぎた、一九四〇年(昭和十五年)発表の『盲人独笑』にも、「二十七歳」がやはり登場する。『盲人独笑』は盲目ながら琴の名手として大成した葛原勾当の日記

を基にした作品である。太宰は「はしかき」で、『葛原勾当日記』という書物の存在を知るに至った経緯、そしてその四十数年分の日記の成り立ちまでを解説した上で、「ここには、勾当二十六歳、青春一年間の日記だけを、展開する」と序言している。正月一日からはじまる日記は、同年十二月三十日付の(われ、らいねんわ、二十七さいなり。めでたくかしく。)という文章で締められる。『人間失格』の手記の最後が「今年、二十六です」ではなく、「ことし、二十七になります」と置かれていることと、『盲人独笑』の日記の最後が(らいねんわ、二十七さいなり)と置かれていることが呼応している。自身が「二十七歳」を過ぎて思いが、この作品から読み取れる。

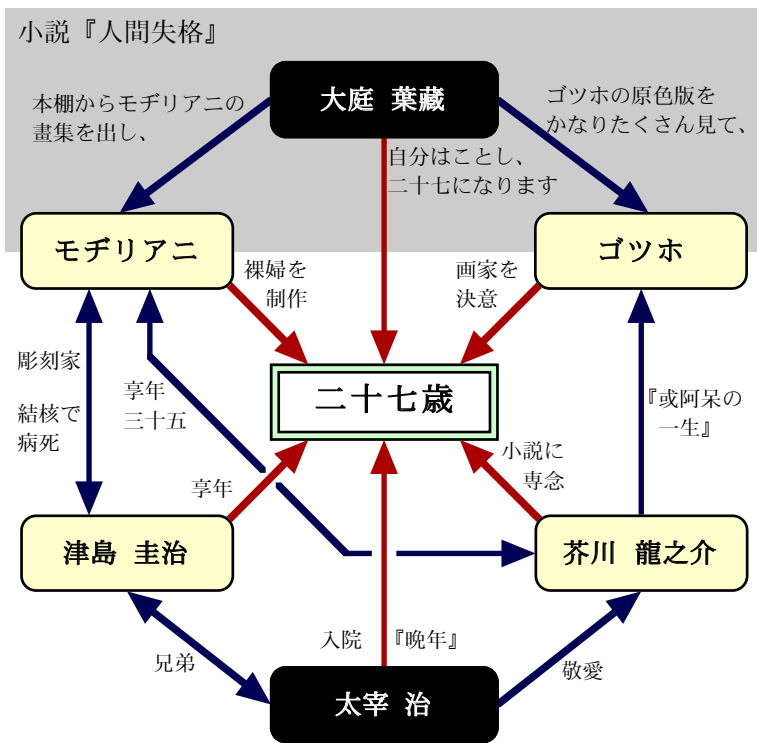


図2 「二十七歳」をキーワードとした人物相関図

ホ」と「モヂリアニ」の二段構えの構成を生んだのではないか。

しかし、ここまでの論考の中で、「享年三十五歳」の作家は芥川だけではないことも明らかになった。芥川への傾倒というだけでは、「モヂリアニ」が登場する必然性までは説明しきれない。しかも、享年が同じといえども、芥川は「自殺」、モディリアニは「病死」という決定的な相違がある。「自殺」ではなく「病死」——ここで新たに「病死」というキーワードについて考えると、太宰の兄、津島圭治と「モヂリアニ」の関係が浮かび上がってくる。

4・2 三兄、圭治との共通点

一九四〇年（昭和十五年）の「婦人画報」一月号に、太宰は『美しい兄たち』という一文を寄せる。さすがに「美しい」は気恥ずかしかったのか、後に『兄たち』に改題している。時局故に家族愛の強調が求められたのかもしれないが、本作に登場する「兄たち」は、他の作品において太宰が描く「生家」のイメージとはかなり異なる印象を与える。

父がなくなつたときは、長兄は大学を出たばかりの二十五歳、次兄は二十三歳、三男は二十歳、私が十四歳でありました。（中略）

長兄が三十歳のとき、私たち一家で、「青んぼ」という可笑しな名前の同人雑誌を発行したことがあります。そのころ美術学校の塑像科に在籍中だった三男が、それを編輯いたしました。「青んぼ」という名前も、三男がひとりで考案して得意らしく、表紙も、その三男が画いたのですけれども、シュウル式の出鱈目のもので、銀粉をやたら使った、わからない絵でありました。（中略）

この兄は編輯長という格で、私に言いつけて、一家中から、あれこれと原稿を集めさせ、そうして集った原稿を読んで、けつと毒笑していました。

勿論、この作品に限らず太宰の自伝的小説は虚実ない交ぜに描かれているが、兄弟で「青んぼ」という雑誌を制作したことは事実である。（三男）津島圭治（『兄たち』の中では「辻馬桂治」）は、弟である太宰に思想や芸術の面で大きな影響を与えた。一九三三年（昭和八年）発表の『思い出』という作品には「小学校四五年のころ、末の兄からデモクラシイという思想を聞き……」という一文もある。一九三五年（昭和十年）に発表された『もの思う葦』では、次のようにも書いている。

「慈眼。」というのは亡兄の遺作（へんな仏像）に亡兄みずから附したる名前であつて（中略）亡兄、二十七歳、最後の作品である。二十八歳の夏に死んだのだから。
そういえば、私、いま、二十七歳。

（二十八歳）は数え年で、満年齢でいえば二十七歳である。一九二九年（昭和四年）、弟礼治が十七歳で急病死、翌一九三〇年（昭和五年）には兄圭治が病死。相次ぐ近親（しかも一番年齢の近い男兄弟）の夭折は太宰に非常な悲しみと衝撃を与えた。しかし、先の引用文のこの兄に関するところをよく読み返してみると、「可笑しな名前」（出鱈目のもの）（「わからない絵」（へんな仏像）と、何かしら余計な形容詞が付いている事に気付く。太宰の、愛憎交錯した思いが感じられる。

このように、太宰の生涯に大きな影響を与えた三兄圭治だが、太宰の半生記と考えられる『人間失格』には、このすぐ上の兄は全く登場しない。封建制度の象徴のごとき（父）と（長兄）は出てくるものの、他の兄弟については、「自分のインデヤン踊りを撮影」する次兄が僅か一箇所登場するのみであり、「十人くらゐの家族」の家族構成は詳らかにされない（「葉藏」は「末つ子」という設定なので、当然、下の弟も登場しない。もっともそれ以前に、自分の家族の人数が十人「位」というのが、すでにおかしいのだが）。

ここで、『人間失格』の問題の場面を振り返ろう。（竹一）はゴツホの自画像を「得意さうに自分に見せ」る。自身の作品でもないのに、なぜ「竹一」は「得意さう」なのだろうか。ここには、芸術へ共感しうる感受性に対する無意識の自負が、表白されていないだろうか。そしてこの「得意さう」な様子は、「青んぼ」という可笑しな名前を「ひとりで考案して得意」な三兄の姿に重ならないだろうか。

ここで再び、『思い出』を見てみれば、少年時代の三兄に対する苦手意識が表白されており、「竹一」の原型を見ることが出来る。

末の兄と私とはお互いに反目していた。私は色々な秘密を此の兄に握られていたので、いつもけむつたかった。それに、末の兄と私の弟とは、顔のつくりが似て皆から美しいと褒められていたし、私は此のふたりに上下から圧迫されるような気がしてたまらなかつたのである。太宰は『人間失格』の小説の中に、自らの兄弟姉妹をモデルにひとりひ

う共通項を持つ。もう一人、津島圭治は津島家の三兄⁽⁵⁾、太宰（本名津島修治）のすぐ上の兄であり、モディリアーニとは「彫刻家」という共通項を持つ。勿論、たった一つのキーワードから二人の人物像を重ね合わせようというのは強引だが、ともあれ、まずはこの共通点を唯一の手がかりに、推論を重ねていきたい⁽⁶⁾。

4・1 芥川との共通点

太宰が芥川龍之介に傾倒していたことは良く知られている。一九二七年（昭和二年）、芥川が「ぼんやりとした不安」を理由に服毒自殺をしたことは、当時十八歳の太宰に大きな衝撃を与えた。太宰が二十五歳のとき起こした自殺未遂事件を報じた新聞記事には、「同君は故芥川龍之介氏を崇拜して居り或は死を選ぶのではないかと友人は心痛している」という文章が見える（「読売新聞」一九三五年三月十七日付）⁽⁷⁾。また、『人間失格』と同時期に書かれ晩年に発表されたエッセイ『如是我聞』では、「君について、うんざりしていることは、もう一つある。それは芥川の苦悩がまるで解っていないことである」と、半ば唐突に芥川の名前が出てくる。引用部分の「君」とは志賀直哉のことで、先に志賀が太宰の作品を貶める発言を座談会で繰り返したため、これに対する反撃として書かれた一文である。しかし、志賀に対する反撃と、芥川に対する擁護が、一体どこで繋がるのだろうか。接点は勿論太宰の胸中にしなく、我々はただ残された文章から憶測するのみだが、『人間失格』執筆当時、太宰が芥川を強く意識していた傍証の一つであることには間違いないだろう⁽⁸⁾。

芥川への接近という観点から『人間失格』を読み返せば、「私」が「葉藏」の手記を紹介するという構成は、芥川の『河童』において、「私」が精神病院の入院患者（第二十三号）の独白を紹介するという構成に類似する（周知の事実ではあるが、芥川の『河童』もまた、作者晩年の作である）。また、この「第二十三号」が「もう三十を越しているであろう。が、一見した所は如何にも若々しい狂人である」と描写されていることは、「葉藏」が「ことし、二十七に」なるにも関わらず「たいていの人から、四十以上に見られ」ることと正反対であるが、実年齢と外見の乖離を強調している点において共通する。

では、「モヂリアニ」と芥川が「享年三十五歳」のキーワードで結ばれるという筆者の仮説を検討しよう。太宰が二人の享年を意識していた

か否かが、まず問題となる。先にも引用した『津軽』は、小山書店からの依頼により故郷津軽取材した長篇小説であり、戦争中の一九四四年（昭和十九年）五月に現地取材、同年十一月に書き下ろし刊行されている。この『津軽』「本編」の冒頭に、いまから津軽に旅立つ太宰とその妻の会話という設定で、次のような文章がある。

「正岡子規三十六、尾崎紅葉三十七、斎藤緑雨三十八、国木田独歩三十八、長塚節三十七、芥川龍之介三十六、嘉村礒多三十七」

「それは、何の事なの？」

「あいつらの死んだとしさ。ばたばた死んでいる。おれもそろそろ、そのとすだ。作家にとって、これくらいの年齢の時が、一ばん大事で」

「そうして、苦しい時なの？」

太宰が、いかに先人の享年に関心を持ち、またその年齢を自身に照らして意識していたかが窺える。なお、ここでの「芥川龍之介三十六」は数年であり、満年齢で言えば享年三十五歳となる。この文章は、太宰が芥川の享年を意識していた証拠となるが、逆に言えば、享年がモディリアーニと同じ作家は他にもたくさん居たことをも示している。

さて、図1で分かるように芥川はモディリアーニとは同時代の人であり、芥川の存命中にはまだモディリアーニは日本に紹介されていないから、彼の著作の中にモディリアーニに関する記述はないが、ゴッホに関しては次のような一文がある。

彼は突然、―それは実際突然だった。彼は或本屋の店先に立ち、ゴッホの画集を見ているうちに突然画と云うものを了解した。勿論そのゴッホの画集は写真版だったのに違いなかった。が、彼は写真版の中にも鮮かに浮かび上る自然を感じた。

自殺のひと月前に脱稿した『或阿呆の一生』の一節であり、「ゴッホ」とはGoghのフランス語読みから当時の日本で用いられていたカナ表記である。芥川を敬愛する太宰も当然この一文を読んでいただろう。このことから、筆者の第一の疑問である、なぜ「葉藏」が画家を志すために、煩雑な手続きが必要だったか、という疑問には答えが出たと考えられる。芥川の一文を読んで太宰にとって、芥川の二番煎じのような文章を書くことは、許されなかった。それが結果的に、印象深い「ゴッ

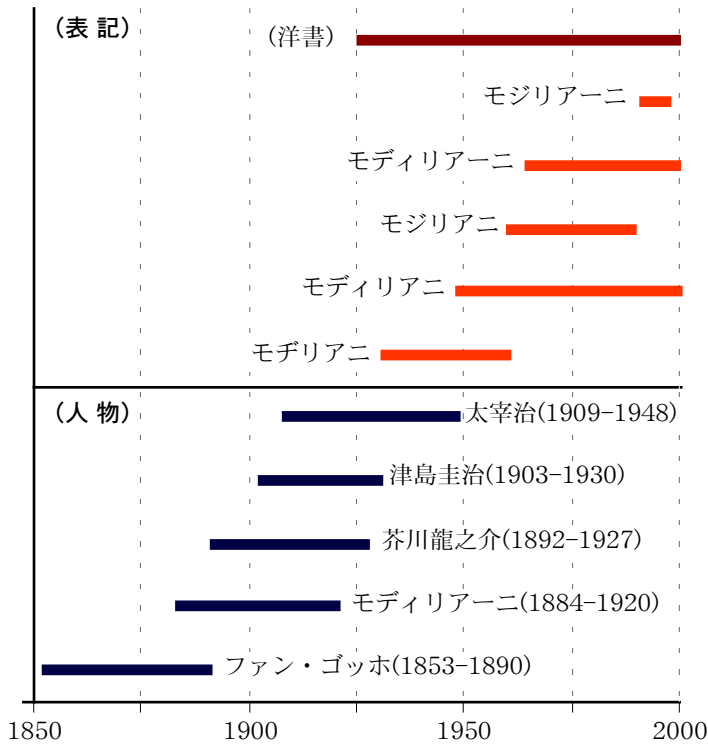


図1 人物年表および Modigliani のカナ表記の変遷
(Webcat Plusによる検索結果に拠る)

それだけでは『人間失格』に「ゴッホ」と「モヂリアニ」が登場する理由、しかも二段構えの構成を採った理由とはなり得ない。この当時すでに数多くの西洋美術界の巨匠が日本において紹介されており、その中で過酷な人生を歩んだ画家は決して彼らだけではないからだ。

かといって、太宰が不勉強で、西洋の画家といたら「ゴッホ」くらいしか頭に浮かばなかった、などという可能性は、全くない。戦争末期に書かれた『津軽』には次の一文が見える。

フランス画壇の名匠エドガ・ドガは、かつてパリーの或る舞踏劇場の廊下で、偶然、大政治家クレマンソーと同じ長椅子に腰をおろした。ドガは遠慮も無く、かねて自己の抱懐していた高邁の政治談をこの大政治家に向って開陳した。

第一次大戦末期に宰相として辣腕を發揮したクレマンソー相手に、しろうと政治論を熱弁するドガの姿を重ねて、故郷で町会議員を務める友人

相手に「町政に就いての出しゃばりな質問」をする太宰自身の姿がユーモラスに書かれている。このくだりからも、太宰が西洋の画家について、作品のみならず彼らのエピソードなども含め広範に関心を寄せていたことが窺い知れる。さらに言えば、『人間失格』の例の場面でも「日本ではフランスの所謂印象派の畫が大流行してゐて」「ゴッホ、ゴッギヤン、セザンヌ、ルナールなど」が良く知られていたと書いているのである。なぜ、太宰は『人間失格』で、彼の知る何人ものマイスター達の中から特に「モヂリアニ」を選んだのだろうか。

それでは、「葉藏」が「モヂリアニの畫集」を手にするシーンは、太宰本人の中学時代の経験を基に書いたものだろうか。前章の仮説からすれば、その可能性はない。国立情報学研究所の提供する Webcat plus により書籍を検索したところ、本のタイトルにおける画家名のカナ表記が図1のような変遷を辿って来たことが分かった（日本に紹介された当初は「モヂリアニ」と表記された画家の名前は、「モヂリアニ」を経て現在では長音符の入った「モヂリアーニ」とするのが一般的である。イタリア語の「*Modigliani*」を「ジ」とするのは馴染まないためか、「モヂリアニ」「モヂリアーニ」は短命である）。太宰存命中には「モヂリアニ」表記の画集しか存在しなかったため、『人間失格』での表記には説明がつく。それにしても、日本で初めて出版されたモヂリアーニに関する書籍は一九三二年（昭和七年）発行の『モヂリアニ畫集』（田中省吾編、アトリエ社）であり、この年、太宰は二十三歳である。仮に洋書だとしても Webcat plus で発掘できる最古の資料は一九二六年（昭和元年）の『*Modigliani: sa vie et son oeuvre*』（André Salmon）であり、やはり太宰の中学時代にまでは遡れない。第二章の表1に示したように、「葉藏」が太宰と同じ年代を生きたと考えれば、中学生の「葉藏」が「本棚から、モヂリアニの畫集を」取り出すことは物理的に不可能だったのである。意識的にせよ無意識的にせよ、年代をねじ曲げてまで「モヂリアニ」を登場させた理由は何か。

4 「モヂリアニ」とは誰か

モヂリアーニの人生を振り返る作業のなかで、筆者は太宰に縁の深い人物とモヂリアーニとの微かな共通点に気付いた。一人は、太宰が敬愛した芥川龍之介であり、モヂリアーニとは「享年三十五歳」とい

そのモザイク模様を描き出したシルエツトが(モヰリアニ)を想起させた、ということなのではないだろうか。

3 ゴッホとモヰリアーニ

(葉藏)が画家を志す場面に登場する(ゴッホ)と(モヰリアニ)は、二人とも短く苛烈な人生の中で幾多の芸術作品を遺した画家である。二人の画家の足跡をまとめる。

フィンセント・ファン・ゴッホ (Vincent Van Gogh 1853-1890) はオランダの北ブラバント地方に、牧師の長男として生まれる。画商である伯父が共同経営する商店に十六歳で就職するも仕事に納得ができず、やがて客や上司との衝突を繰り返して二十三歳で解雇される。その後、聖職者を目指す、決して裕福ではないにも関わらず自らの金銭や衣服までも貧しい労働者に分け与えてしまうという、キリストの実践のような宗教活動は逆に周囲の理解を得られず、伝道者になるという道も断たれる。画家を決意するのは二十七歳の時であり、画商になっていた弟のテオに経済的援助を乞いながら猛烈に絵の勉強を始める。従姉への熱烈な求愛、そして失恋、子供のいる娼婦との同棲、そして別離。さらに、ゴーギャンとの共同生活、やがてその破綻から自らの耳を切り落とすといった事件を起こし、精神病院に入退院を繰り返すといった怒濤の人生の中で、ひたすら画業に粉骨を尽くし、自画像、風景画、人物像など夥しい数の作品を描き、遺された絵は二千点を越えるという。しかし激しい創作活動は何よりも彼自身の精神を傷つけ、ついには自らの腹部を銃で撃ち翌々日に死亡する。享年三十七歳。十年間、最後まで兄フィンセントとその創作活動を支え、兄の臨終を看取った弟テオは、兄の死から僅か半年後、後を追うかのように息を引き取った。

生前、彼の絵は一枚しか売れなかったというが、彼の死後も一部の親しい人間がゴッホの紹介に努め、一九〇一年の「ヴァン・ゴッホ展」はヴラマンクやマティスを感嘆せしめた。以後、ゴッホの展覧会が次々と企画され、評価の高まりとともに絵の値段も急騰することとなる。日本では一九一〇年(明治四十三年)頃から文芸雑誌『白樺』を中心にゴッホの紹介がなされた。

アメデオ・モヰリアーニ (Amedeo Modigliani 1884-1920) はイタリアのリヴォルノに生まれる。モヰリアーニ家は裕福なスペイン系ユ

ダヤ人の家系だったが、アメデオの生年に破産した。十四歳の時、病気で高熱にうなされるなか、絵画を勉強したいと母親に告白したという。自由な考えの持ち主だった彼の母は息子の希望を叶え応援した。フィレンツェの美術学校などを経て、二十二歳、パリでの活動をはじめ。当時のパリでは、亡きファン・ゴッホが印象派を代表する画家として高く評価され、またフォービズムやキュビズムといった新しい画派が台頭しつつあったが、モヰリアーニはこれらの潮流とは孤立しており、またこの当初は画家よりも彫刻家を指向していたようである。しかし石を削り粉塵にまみれる作業は持病の肺患いを悪化させ、三十一歳で彫刻を諦め画業に専念する。この間、酒と麻薬に溺れ心身を傷つけた。三十二歳の時、十九歳の画学生ジャンヌと出会い、以降、彼女が生涯の伴侶となる。三十四歳、結核の治療で南仏ニースに転居した際に一人娘が誕生し、妻と同じジャンヌと名付ける。酒と病気に蝕まれながらも数多くの優れた人物画を描いたが、三十五歳で結核性髄膜炎により亡くなる。数日後、妻ジャンヌはアパートから飛び降りモヰリアーニの後を追った。この時、ジャンヌは妊娠八ヶ月であったという。

彼もまた生前は正当な評価に恵まれなかった不遇の画家の一人であり、彼の「現代フランス美術グループ展」への出展作が一躍脚光を集めたのが死の前年、一九一九年(大正八年)のことであった。彼の名声を確固としたヴェネツィア・ビエンナーレでの回顧展は、彼と妻ジャンヌがこの世を去つてより十年後の一九三〇年(昭和五年)に開催されたのである。

美術史にその名を留める二人の画家が歩んだ人生の、最大の共通事項は、やはり家族の献身的な愛に支えられた創作活動という点にあるだろう。ゴッホには弟テオの存在が、モヰリアーニには妻ジャンヌの存在が必要だった。さらに、ゴッホの生涯は、テオとの膨大な手紙のやり取りをテオの妻ヨハンナが資料としてまとめたことで、一方、モヰリアーニの生涯は、遺児ジャンヌが美術史学を専攻し、記憶の無い父に関する一冊の伝記を上梓したことで、それぞれ文学としても永遠の生命を持つに至った。人々が彼らの作品のみならず、その人生にも強く惹き付けられ続ける証左に、二人の画家の人生は幾たびも映画の題材になっている⁽⁴⁾。

太宰もまた、実家からの経済的援助に頼りながら小説を書いた。太宰が彼らの人生に大いなる共感を覚えたことは想像に難くない。ただし、

この後、(結婚して春になつたら二人で自轉車で青葉の瀧を見に行かう)という表現があるから、この年の春先までには(ヨシ子)を内縁の妻に迎えたと考えられる。以上から年代を推測すれば、(葉藏)は一九三一年(昭和六年)、二十一歳で結婚したこととなる。しかし、小説にはこの新婚生活がどのくらいの期間続いたのか、記述が見当たらない。よつて、今度は「あとがき」から年代を遡つて年齢を追つていく。「あとがき」には(ことしの二月)疎開している友人を(私)が訪ね、この友人の家を探し歩く途上、偶然に(あの京橋の小さいパアのマダム)と再会する経緯が書かれる。(私)が海産物を土産にするつもりでリュックサックを背負つて歩いていること、喫茶店でレコードを掛けていること、空襲の思い出を語り合うことなどから、戦後すぐの風景と判断できる。ここでは終戦翌年の一九四六年(昭和二十一年)二月と推定した。そして(十年ほど前に)送られて来た手記の最後に(自分はことし、二十七になります)とあるから、一九三六年(昭和十一年)に満二十七歳を迎える(つまり実際は二十六歳)と仮定する。この仮定は太宰自身の年齢と矛盾しない。以下、手記のラストから遡つて検証しよう。

それから三年と少し経ち、自分はその間にそのテツといふ老女中に數度へんな犯され方をして：

ここへ来たのは初夏の頃で、鐵の格子の窓から病院の庭の小さい池に紅い睡蓮の花が咲いてゐるのが見えました。それから三つき経ち(中略)故郷の長兄が、ヒラメを連れて自分を引取りにやつて来て：

東京に大雪の降つた夜でした。(中略)それは自分の最初の咯血でした。

その年の暮れ、(中略)ゆつくり箱の封を切つて、全部、一氣に口の中にはふり：

忘れも、しません、むし暑い夏の夜でした。

入院は二十三歳の夏から秋にかけてであり、二十二歳の冬に咯血、ジアル大量摂取による自殺未遂があつたとすれば、(ヨシ子)が(無學な小男の商人)に汚される、あの壮絶な場面は一九三一年(昭和六年)、(葉藏)が二十二歳になつたばかりの夏の夜の出来事となり、同年春、二十一歳で結婚したという先程の仮説と矛盾無く繋がる(もつと

も、この仮定を正しいものとする、具体的には何年継続したか書かれていない(葉藏)と(ヨシ子)の幸せな新婚生活は、僅か半年にも満たないということになり、一層陰鬱な気分させられるのだが)。そしてこの仮説は、「あとがき」において(私)が(この手記には、どうやら、昭和五、六、七年、あの頃の東京の風景がおもに寫されてゐるやうに思はれる)と感想を述べていることも符合する⁽³⁾。

このように追つていくと、(葉藏)の手記にある二十七年間の半生は、太宰の年表に年号がびたりと重なる。しかし、その中身を一つ一つ突き合わせようとすると、タイムミングが微妙にずれている事に気付かされる。

例えば、太宰の父親は太宰が十三歳、中学校入学直前というタイムミングで亡くなっているが、小説の(葉藏)の父親は彼が二十四歳で(脳病院)入院中に亡くなる。この「作者」と「作中人物」の境遇の違いは、「第二の手記」以降、小説の中では父親の影が割に薄いにも関わらず、小説の終り近くになって(父が、もうゐない、自分の胸中から一刻も離れなかつたあの懐しくおそろしい存在が、もうゐない)という表現が唐突に出てくるという、作品上の矛盾を招いている。

また、学歴についても差異が見られる。太宰は小学校六年卒業後、父の言いつけで一年間、学力補充の名目で別の小学校に通っている。その後、進学した青森県立青森中学校五年のところを四年で修了、弘前高等学校を三年で卒業、そして東京帝国大学仏文学科に入学、後に中退している。これに対し(葉藏)は、(東北の或る中學校)をやはり四年で修了した後、東京の高等学校を中途退学という違いがある。別の小学校での学力補充という経緯は、単に小説の筋を煩瑣にするだけであるという判断でカットしたのかも知れないが、主人公の最終学歴を大学ではなく高等学校中退という設定にしたのは、学歴に対する太宰の何らかのコンプレックスが反映しているのかもしれない。

このように、『人間失格』は太宰の体験を下敷きにしながらも、一つ一つの体験は分解され、並べ替えられ再構成されている。別の言い方をすれば、小説中のある一つの事象にも、太宰の複数の体験が少しずつ反映されている可能性がある、という事である。

ならば、小説中の人物も、現実の複数の人物が切り貼りされている可能性が高い。つまり、太宰は、ある特定の人物への印象を(モチリア二)に仮託したのではなく、太宰の中で何人かの人物像が重なり合い、

構想はかなり以前から練られており、太宰自身、別の作品の中で予告す
らしている。一九四〇年「新潮」(昭和十五年一月号)に発表された小
説『俗天使』の中には次の一節がある。

私は、鳥でもない。けものでもない。そうして、人でもない。きよ
うは、十一月十三日である。四年まえのこの日に、私は或る不吉な病
院から出る事を許された。(中略)あのころの事は、これから五、六
年経って、もすこし落ちつけるようになったら、たんねんに、ゆっく
り書いてみるつもりである。「人間失格」という題にするつもりであ
る。

実際には(五、六年)ではなく八年の歳月を要したわけだが、そこには
太平洋戦争の影響もあるだろう。ともあれ、太宰本人の入院体験をバツ
クボーンとして、『人間失格』が書かれた事は確かである。

しかし一方では、太宰の人生と(葉藏)のそれを比べてみると、必ず
しも一対一の対応をしているわけではない。(入水)や(入院)という
重大なターニングポイントが、微妙に時期をずらして書かれているから
である。もう少し詳細に見ていこう。

いま仮に、(葉藏)を太宰本人と同じく一九〇九年(明治四十二年)
六月の生まれとする。一方で、小説の「あとがき」を終戦の次の年、一
九四六年(昭和二十一年)の二月と推定し、小説に出てくる学歴や季節
など時系列を表す表現を手がかりに、いわば両側からトンネルを掘り進
めるように年表を作成すると、表1のような対応年表が得られる。この
表1でいう年齢とは数え年ではなく満年齢である。

実は、『人間失格』には時間の経過を示す説明文は巧妙に目立たぬよ
うに書かれている。このことにより、読者は手記の最後で、この波瀾万
丈の半生を過ごした手記の作者が(ことし、二十七)であることを知り
驚くのである。小説から年齢を読み取る作業は、中学卒業を十六歳の四
月とし、以下の表現から順に追っていった(棒線筆者、以下同じ)。

高等學校へ入学して、二年目の十一月、自分より年上の有夫の婦人
と情死事件などを起し、自分の身の上は、一變しました。

三月末の或る夕方、(中略)あけがたになり、ヒラメの家から逃げ
ました。

表1 対応年表

年齢	太宰治(現実)	大庭葉藏(小説)
0	青森県北津軽郡金木村に誕生	(東北の田舎に生まれました)
6	尋常小学校入学	尋常小学校入学
12	学力補充のため高等小学校に通う	(東北の或る中學校に)入学
13	父死去、県立青森中學校に入学	四年修了で(東京の高等學校)へ
16	作家志望、級友との同人雑誌参加	
17	四年修了で官立弘前高等學校へ	
18	芥川龍之介の自殺に衝撃を受ける	(ツネ子)と入水、自分は助かる
19	小山初代と知り合う	(ヒラメ)のところから逃げ出す
20	最初の自殺未遂	(シズ子)と別れる
21	東京帝国大学仏文学科入学	(ヨシ子)と知り合い内縁の妻に
22	三兄、圭治死去(享年二十七歳)	(ヨシ子)犯される。冬、咯血
23	女性と薬物心中、自分だけ助かる	(脳病院)へ入院
24	小山初代と仮祝言、同棲を始める	(自分はことし、二十七に)
25	太宰治の筆名での最初の小説発表	
26	同人誌に『思ひ出』『葉』発表	
27	自殺未遂、東大中退	
28	『逆行』第一回芥川賞次席	
29	第一創作集『晩年』刊行	
30	麻薬性薬品中毒治療のため入院	
31	小山初代と心中未遂、別れる	
32	終戦	
33	疎開先の津軽から三鷹へ戻る	
34	山崎富栄と玉川上水に入水	
35	『人間失格』発表	(私)が(葉藏)の手記を読む

ここへ来て、あの破れた奴服に苦笑してから一年以上経って、葉櫻
の頃、自分は、またもシヅ子の帯やら襦袢やらをこつそり持ち出して
質屋に行き、お金を作つて銀座で飲み、…

京橋へ来て、かういふくだらない生活を既に一年近く続け、…
としが明けての嚴寒の夜、自分は酔つて煙草を買ひに出て、その煙
草屋の前のマンホールに落ちて、ヨシちゃん、たすけてくれえ、と叫
び、ヨシちゃんに引き上げられ、…

『人間失格』における〈モヂリアニ〉の意味

平澤 順治

1 はじめに

一九四八年（昭和二十三年）に発表された『人間失格』は、太宰治その人の半生を色濃く反映しているが、この小説の主人公（大庭葉藏）は小説家ではなく漫画家と設定されている。『暗夜行路』の主人公（時任謙作）が、作者と同じ小説家と設定されているが、作品中何らの創作活動を行わない事と対蹠的である⁽¹⁾。〈偉い繪畫き〉を志しながら、〈無名の下手な漫畫家〉にしかなり得ず、しかし創作の苦悩を味わう〈葉藏〉の姿に、太宰は一体、何を仮託したのだろうか。さて、次に引用するのは〈葉藏〉が中学生のとき、繪描きになる決心をする場面である⁽²⁾。

「お化けの繪だよ。」

いつか竹一が、自分の二階へ遊びに来た時、ご持參の、一枚の原色の版の口繪を得意さうに自分に見せて、さう説明しました。

おや？ と思ひました。その瞬間、自分の落ち行く道が決定せられたやうに、後年に到つて、そんな氣がしてなりません。自分は、知つてゐました。それは、ゴツホの例の自畫像に過ぎないのを知つてゐました。

〈竹一〉とは〈白痴に似た生徒〉でありながら〈葉藏〉の〈お道化〉を見抜いた同級生である。〈葉藏〉は、ゴツホの繪画そのものに触発されたわけではなく、ゴツホの自畫像は〈お化けの繪〉であるという、新たな視点を〈馬鹿の竹一〉から教示されることで自らの運命に開眼する。

自分は本棚から、モヂリアニの畫集を出し、焼けた赤銅のやうな肌の、れいの裸婦の像を竹一に見せました。

「すげえなあ、」

竹一は眼を丸くして感嘆しました。

「地獄の馬みたい。」

この場面はなかなか複雑である。〈葉藏〉は〈ゴツホ〉の自畫像も〈モヂリアニ〉の裸婦も既に見たことがあり、画集が自宅の手の届くところ

にあるほど身近でもあった。しかし〈竹一〉が〈ゴツホ〉の自畫像を〈お化けの繪〉と評したことから、〈葉藏〉は〈その瞬間〉に自分の將來が決定されたと感じる。そして〈葉藏〉は〈竹一〉に〈モヂリアニ〉の裸婦を見せ、その裸婦が〈地獄の馬みたい〉であるという視点を得る。ここに至つて〈葉藏〉は繪描きを志し〈僕も畫くよ。お化けの繪を畫くよ。地獄の馬を、畫くよ〉と〈なぜだか、ひどく聲をひそめて〉宣言するのであるが、本棚から〈モヂリアニの畫集〉を選んだのは〈葉藏〉本人であり、さらに、その画集に収録された作品群の中から〈裸婦の像〉を選んだのも〈葉藏〉本人なのである。読み方によっては、〈葉藏〉の独り相撲ともとれる、不思議な感觸が印象深い場面である。なぜ〈葉藏〉が画家を志すために、このような煩雑な、二段構えの手続きが必要とされたのだろうか。

そして、この場面には、実は大きな「嘘」がある。〈葉藏〉が中学生の時代に、〈モヂリアニの畫集〉はこの世に存在していないのである。この「嘘」が、無意識的な勘違いか、意識的な演出か、それは断定できないが、いずれにせよ太宰が〈モヂリアニ〉に特別な思いを持っていた証左であろう。では、その思い入れは、何に由来するのだろうか。

本論では〈モヂリアニ〉をキーワードに太宰の『人間失格』を再読し、〈ゴツホ〉と〈モヂリアニ〉の二段構えの構成が採られた理由と、現実には存在しない〈モヂリアニの畫集〉が登場する理由について、考察する。

2 作品『人間失格』について

〈私は、その男の寫眞を三葉、見たことがある。〉から始まる『人間失格』は、「はしがき」「第一の手記」「第二の手記」「第三の手記」「あとがき」という構成からなる。「はしがき」と「あとがき」に登場する〈私〉は小説家であつて、〈この手記を書き綴つた狂人を、私は、直接には知らない〉とされる。〈私〉という一人称から、一見（小説家の「私」＝太宰）であるかのような構成を採つてはいるが、内容を読めば〈葉藏〉のモデルもまた太宰本人である事は明白である。この作品の

「親しみあい助けあう」相互扶助の精神による以外にないと確信した。「親しみあい助けあう」という関係は個性の開花や顕現が可能であり、個の主体性の確立の基本でもある。因ってここに社会分業論における身分の固定化が克服されることになったと思ふのである。

最後に金谷治氏は、徂徠の「寛容と自由」な精神は、闇齋学派への反対によるものであり、また元禄という時代が醸成したものであるとしている(『荻生徂徠集』)。事実徂徠は、享保期における経済の崩壊を目の当たりにし、社会機構の再構築の必要性を実感していた。このことから、徂徠の社会分業論は時代の要請に起因するものとも考えられるが、時代と個性という問題については次稿の課題とする。

(注)

- 注1 『日本政治思想史研究』東京大学出版会・一九八〇年十二月、p228
- 注2 同
- 注3 『日本封建思想史研究』青木書店・一九七三年四月、p6
- 注4 『答問書付卷 往復書簡(翻字)』、島田虔次『荻生徂徠全集』第一卷・一九九四年十月・みすず書房、p459
- 注5 丸山真男『日本政治思想史研究』、p82
- 注6 『徂徠学の基礎的研究』吉川弘文館・昭和四十一年九月、p424
- 注7 日野龍夫著作集第一卷『江戸の儒学』・ぺりかん社・二〇〇五年三月、p65
- 注8 『近世日本の儒教と文化』思文閣出版・一九九〇年十二月、p64
- 注9 『仁齋・徂徠・宣長』岩波書店・昭和五十六年、p77
- 注10 金谷治『荻生徂徠集』筑摩書房・一九七四年十二月、p82
- 注11 同、p16
- 注12 同、p15
- 注13 長尾龍一「江戸思想における政治と知性」、講座『日本思想』第二卷・東京大学出版会・一九八三年十一月、p289
- 注14 島田虔次『荻生徂徠全集』第一卷・一九九四年十月・みすず書房、p430

皆相資りて生を為す。其の群を去りて無人の郷に独立すること能はざる者は、唯人の性然りと為す。(『辨名』仁)

士、先王の道を学びて以て徳を我に成さんと欲するに、而るに先王の道亦多端なり、人の性も亦多類なり。苟も能く先王の道は要は天下を安んずるに帰するを識りて、力を仁に用ふれば、則ち人各々其の性の近き所に随ひて以て道の一端を得。由の勇、賜の達、求の芸の如き、皆能く一材を成して、以て仁人の徒と為りて天下を安んずるの用に共するに足る。(『辨道』七)

士人が先王の道を学び、徳を完成させようとしても、先王の道は多様であり、また人の性質も多様である。そのため先王の道は安天下にあることを知悉し、仁の実践に勤しむならば、人は生来の性に応じて道的一端を把握することができるとしている。つまり人の個性は多様であり、それぞれの個性に応じた仁の実践に励むならば、各人にあつた多様な徳を完成させることができるとする。この点について金谷氏は、「徂徠もまた人間の同一性を「親しみあい助けあう」というその社会性において認めていた。それが道に従えることの内的根拠である。しかし、その同一性を強調するよりは個性の違いを重視した上の『辨道』のことは、その道への従い方が個性に応じたかなり自由なものであることを物語っている。^{注12}」と述べている。つまり徂徠は地域共同体に生きる者にとつて、「孤立」して生きること能はず。」で、しかもこの地域共同体は強制されたもの、存在を拘束されたものでは自己の個性を發揮することはできないと考え、自己の生命を高揚させる場に、相互扶助の関係を設定したものであろう。即ち徂徠は社会的分業から生じる党類性、集団性による組織の硬直化は、四民の相互扶助によつて、更に個性發揮の機縁の場合は、安天下の意識の許に克服可能であると考えた。

しかしそれでも政治・社会学的方面からは「制度を立る仕形は、上大名より下小身の諸士に至る迄、衣服より家居器物食事供回り、其役席官禄の限を以て立つべし。」(『政談』卷之二)、「依之衣服食物家居に至る迄、貴人には良物を用ひさせ、賤人には悪ものを用ひさす様に制度を立るときは、元来貴人は少く賤人は多き故、少きものをば少き人用ひ、多き物をばおおき人が用れば、道理相応し、無行支」(同)等を論拠として徂徠の目的は農民の消費統制にあり、「生産力は一定、身分も固定とい

う靜態的經濟観・社会観である。^{注13}」との異論が提出されるかも知れない。しかし徂徠は「然れば臣たるものの道は君たる道を不存候而は、了簡皆違ひ申候事明らか御座候。是のみに限らず世界の惣体を士農工商之四民に立候事も、古の聖人の御立候事にて、天地自然に四民有之候にては無御座候。農は田を耕して世界の人を養ひ、工は家器を作りて世界の人につかはせ、商は無をかよはして世界の人の手伝をなし、士は是を治めて乱れぬやうにいたし候。各其自の役をのみいたし候へ共、相互に助けあひて一色かけ候ても国土は立不申候。されば人はもろすぎなる物にてはなればなれに別なる物にては無之候へば満世界の人ごとく人君の民の父母となり給ふを助け候役人に候。如是御覽候はばよく相済可申事に候。此故に士大夫の事を君子と申候。^{注14}」と述べている。確かに「其役席官禄の限を以て立つべし。」「少きものをば少き人用ひ、多き物をばおおき人が用れば、道理相応」するとの論は、身分の固定化を意味している。また經濟面から見れば統制經濟であることも事実であろう。しかし徂徠は、『答問書』上において、再度の主張になるが、四民それぞれが「世界の人を養ひ」「世界の人につかはせ」「世界の人の手伝をなし」「相互に助けあひて」いく中に、徂徠は各人の意志の中に相互の信頼が生じると論じている。事実人間は、絶えず他との相互関係の中において、自己の中に矛盾を見出していく存在ではある。だが、人は理想的存在である先王の定めた礼樂を実践することにより、その矛盾を自己変革し、そして絶えず行動し続けることにより、矛盾的なものを統一していく存在でもある。つまりこれが礼樂における自己制御の基本である。そしてこの実践の中にこそ、個性の開花や顕現を行うことができ、この個性の開花が地域共同体全体の問題として浮かび上がった時、そこには個の主体性と共同体性の統一という結果が生じることになる。

おわりに

以上、徂徠の個性の問題について、その成立からその中味についての吟味を行ってきた。徂徠の個性論は氣質不変化説に立脚したものであり、徂徠はその氣質不変化説を、直面する場面毎に個性論や職階論に使い分けている。徂徠における個性の成立の問題は、日野氏の主張した老子影響説を支持し解決を図ったが、徂徠の社会分業論・職階固定論の克服については、現実主義者徂徠の思考に迫ることによって得られた、

は宋学への対抗意識から先王を設定したと論じられたが、徂徠によるその対抗意識は、「先王の道」は肯定するが、「天地自然の道」は否定するということである。そして人間に拘わる社会的状況は、「先王」＝「聖人」が「作為」したものであるとする。人間を取り巻くあらゆる社会的状況は人間の介在を許さない永遠不変の存在とは捉えず、人間を含めこの現実世界は先王が制作したものであるという。徂徠による作為論は一往士大夫対象の経世論で、そのため必然的に身分の固定化に直結する職階論となっていく。この点が尾藤氏（『日本封建思想史』）によって個の主体性の否定に繋がってくるが、しかし「米はあくまで米」と強調することは、個物は個々の個性のままに存在し、個々に活動するのが人間の本来の在り方であるという視点にも発展していく。これは個々の個物が多様に存在し、この個物が桜梅桃李のように個々の個性を永遠に保持し輝かせていくことを意味する。つまり一面「衆力」（『辨道』十四）などの身分の固定化は、他面では個性の多様化のことであり、個性の集約された組織という面も併せ持つ。則ち徂徠の個性尊重論とは社会分業論・職階論との表裏一体の関係にある。吉川幸次郎氏は「すべての存在は、運動を属性とする。運動を属性とする故に、時間的にも空間的にも、同一の存在はあり得ない。無限に分裂した個である。いかにも個はそれぞれに運動するが、いかに運動するとも同一の存在となることはない。人間も自然も「活物」だからである。人間はそれぞれの顔がちがうようにちがった個性を、それぞれに運動させ成長させつつも、あくまで保持する。米はあくまで米であり、豆はあくまで豆である。」^{注9}と個々に具有する特性を個性と呼んでいる。この吉川氏の文脈上から、個性が職階論に固定された上での特性の發揮と読み取ることが不可能で、個々に具有する個別の特性、則ち個々の持つ特性が桜梅桃李のように個々独自に輝いていると解すべきであろう。更に吉川氏の論を踏まえて論じるならば、人間の差異とは人間の多様性を意味し、決して職制に固定された存在ではないということになるであろう。仮に吉川氏の論に、職階に規定された上での個性尊重論が含まれているという反論が出されたとしても、吉川氏が徂徠に個性論があることを認めていたことに変わりはない。

徂徠の社会分業論・職階固定論とは、「世界の惣体を士農工商之四民に立て候ことも、古の聖人の御立て候ことにて、天地自然に四民これあるにては御座なく候」（『答問書』上）と社会秩序は先王聖人の作為によるもので、自然発生的に存在したものであるのではないとしている。徂徠のこの言は「士農工商」の社会分業論や職階論の根拠とする

所であるが、また徂徠は「或ひは船なる可く車なる可しと謂ふ者は、万万此の理なし。」（『辨道』十四）と述べている。この章に注記した金谷氏は「徂徠の立場では聖人でさえそれぞれの個性があり、社会は特色ある器用の共働で持つと考えられ^{注10}」としており、また「この個別の尊重と社会的統制との関係が、どちらに重点が置かれているかは、一つの問題である。徂徠の心ではもちろんその調和的であり方が目ざされているのであるが、先王の道としての礼・樂の実態が現実的にははっきりしない要素を多く持つ以上、その統制は弱いものとならざるを得ない。人が社会的本能を持つという思想は荀子から学ばれたものであるが、荀子では同時に人間の闘争本能をも重視しているのに、徂徠ではそれが無い。荀子ではその闘争本能を防ぐものとして礼による統制が説かれることになるが、「親しみあい助けあう」ものとしてとらえた徂徠の間観では、そうした意味でのきびしい統制の必要は出てこない。^{注11}」と論じている。金谷氏は人間の社会的本能の根拠が荀子にあると指摘し、荀子と徂徠との統制の度合いの比較を行いながら、徂徠の統制の弱さの原因が職階間の相互扶助にあるとしている。当然、徂徠の論が士大夫に対し説かれた以上、先王という外的存在を設定し、その先王が唱道する礼樂に基づく社会的分業が図られることは当然である。同氏の指摘のように徂徠が設定した理想的存在である先王による礼樂だけで、社会秩序が十全保持できるとは考えてはいなかったとするならば、現実論者である徂徠は、組織の硬直化を危惧し、その対策として「親しみあい助けあう」機能を設けたものと十分考えられる。

且つ相親しみ相愛し、相生じ相成し、相輔け相養ひ、相匡し相救ふ者は、人の性を然りと為す。故に孟子曰く仁なる者は人なり。合はせて之を言へば道なりと。荀子称すらく、君とは群するなりと。故に人の道は一人を以て言ふには非ざるなり。必ず億万人を合して言を為す者なり。今試みに天下を觀るに、孰か能く孤立して群せざる者あらん。士農工商は、相助けて食ふ者なり。是の若くならざれば、則ち存すること能はず。盜賊と雖も必ず党類有り。是の若くならざれば則ち亦存すること能はず。（『辨道』七）

人の性は殊なりと雖も、然れども知愚賢不肖と無く、皆相愛し相養ひ相輔け相成すの心、運用當為の才ある者一なり。故に治を君に資り、養を民に資り、農工商賈

米と豆は本質的に不可変のもので、性を一個の個性と捉え、性を一個の完結体として捉えている。そしてこの気質不変化説は、「何之用」という社会論へと帰趨していく。つまり徂徠の気質不変化説は「世界の為」という目的観をもった社会論・人材論へと発展していく。この人材論について徂徠は随所に論じている。

その人を論ずるや、務めて其の長短特質を備ふれど先生の道は、ただその長を用ふるにありて天下に棄才無きことを知らざるなり。（『辨名』義）

聖人の世は棄材なく、棄物なし。（『学則』六）

天地の間の物、何によらず各長短特質御座候て、其長所を用候時は、天下に棄物棄才御座なく候」（『答問書』中）

特に『学則』六や『答問書』中に対し日野龍夫氏は『老子』第二十七章の「ここを以て聖人は、常善にして人を救ふ。故に棄人なし。常善にして物を救ふ。故に棄物なし。」からの影響を指摘している^注。また第四十九章の「聖人は常の心なし。百姓の心を以て心と為す。」の王注に「棄人なきなり」とあることから同氏は、『答問書』中の引用文の淵源は、王注に由来するものだとしている。そして日野氏は、「天下に棄物棄才御座なく候」（『答問書』中）を徂徠の社会的分業論と解釈している。しかし不肖は、これらの文献に対し同氏が指摘した社会的分業論の他に個性論の意を汲み取っている。なぜなら徂徠の気質不可変説は二つの意味を持つからである。「米はあくまで米」論は、社会分業論則ち身分の固定化を意味することと、徂徠が「米はあくまで米」「豆はあくまで豆」（・点は筆者注）と強調する点に、徂徠の個性論を汲み取ることができからである。「あくまで」とは、一往身分の固定化に直結する職階論を強調したものであるが、それは単なる職階論を象徴した副詞ではなく、個物の個性を強調した語とも解釈できるからである。

日野氏に先んじて社会的分業論や職階固定論に着目したのは、衣笠安喜氏である。徂徠の思想的営為の対象は士大夫で、その目的は経世論の展開にあることは周知の事実であるが——徂徠の意図が士大夫階級への経世論であるとすれば、徂徠と交流した

庄内藩の士大夫である水野元朗への教導論が身分の固定化に直結する職階論に至るところは当然である——それを受けて同氏は、問題を「遊女河原者ノ類」（『政談』巻之一）に限定したとはいえ、「これら」連の差別強化政策の思想的支柱とみられるのが、徂徠学派の制度論であり、制度論の一部としての賤民政策論であった。^注（・点は衣笠氏注）と「制度」論を「差別強化」論として位置づけ、その根拠に「種別格別」（『政談』巻之一）を挙げている。しかし同氏の先見的な考察とはいえ、徂徠の賤民政策が古代日本の賤民政策に由来するとする制度面のみに留まり、徂徠が主張した「個」の問題にまでは言及していない。徂徠の制度論を正確に把握するためには、政策の問題に終始するのではなく、個性や個の問題にまで踏み込まねばならないであろう。

徂徠の制度論とは総て先王論に集約される。そこでまずこの制度論の根底に横たわる先王について検証することにする。徂徠は「天」と「人間」の間に先王を設定し、その先王が「命」を受け、天下の支配者となり、その使命は「天下を安んずる」ことにあるとしている。つまり先王観の基底部には「作為」の問題が横たわっていることになる。

先王の道は、先王の造る所なり。天地自然の道に非ざるなり。蓋し先王は聡明睿智の徳を以て、天命を受け、天下に王たり。其の心は一に天下を安んずるを以て務めとなす。ここを以て其の心力を尽し、其の知巧を極めて、是の道を作爲し、天下後世の人をして是れに由つてこれを行はしむ。豈天地自然にこれに有らんや。伏羲神王黄帝も亦た聖人なり。其の作為する所は猶ほ且つ用を利し生を厚うするの道に止まる。顓頊帝嚳を歴て堯舜に至りて後、礼楽始めて立つ。夏殷周よりして後、燦然として始めて備はる。是れ数千年を更へ、数聖人の心力知巧を更へて成る者にして、亦一聖人一生の力の能く弁ずる所に非ず。故に孔子と雖も亦た学んで後知る。而るを天地自然にこれ有りと言ひて可ならんや。（『辨道』四）

徂徠は先王と聖人とを同義に設定し、設定された先王・聖人は福利厚生や「礼楽」を人間のために「作為」した。人間は制作された「礼楽」等に従うことにより、秩序を現出し、経世済民を実現することができるという。前述したように今中氏は、徂徠

においては有用であるということ、④「短慮」は組織の中で「切磋」琢磨していくべきであるという視点——朱子学のように個人道徳の完成を目指すのではなく、「相親しみ相愛し相生し相成し相輔け相養ひ相匡し相救う」（『辨道』七）中で磨くべきであるという論が展開されている。

以上のように徂徠の個性尊重論の基底部には、氣質不変化説が脈打っており、徂徠はそれらを、直面する場面毎に、職分論や組織における個性の問題として展開している。

そこで次章においては、徂徠が場面毎に使い分けている氣質不変化説の成立過程について論じ、次に徂徠の個性の尊重論を諸先学の成果を基に検証していくことにする。

二

氣質不変化説は、徂徠の論の中でも卓越した理論の一つである。徂徠は外在的存在である先王を設定したが、この先王の存在目的は経世済民にあり、この経世済民は氣質不変化説が基盤となっている。いわば徂徠が先王を設定した目的とは、経世済民のための作爲的秩序観の確立にあった。ではなぜ徂徠は氣質不変化説を主張するようになったのであろうか。近世初期に主流であった朱子学派は、性を本然の性と氣質とに分離した性理説を唱道したが、伊藤仁齋は朱子の性理説一元論を否定し氣質の性を肯定した。それに対し徂徠は、朱子学の否定はもとより朱子学否定の側に立つ仁齋に対しても「仁齋は中庸之徳行を主として礼楽を知らず。礼楽は事なるに理を以て説きたるは礼楽を知らず。且又聖人之道は国家天下を治むる道といふ事を忘れたる故也。」^{注4}と仁齋の根幹である人倫日用の道徳重視の姿勢をも批判した。徂徠は仁齋の道徳主体の哲学に対し「個人道徳と政治との連続的思惟に対する痛烈な否認^{注5}」を行い、先王を中心とする「国家天下を治むる道」の経世論を展開していった。

今中寛司氏は、この徂徠の氣質不変化説の根拠を、朱子学の「性論に反対することから始められた^{注6}。」と論じている。事実、徂徠は宋学の氣質変化説に対し「性に本然あり氣質ありと謂ふ者は、けだし学問のための故に設く。」（『辨名』下）と一往「性」を学問のために有用であると容認しながらも、再往その有用性は机上の学問であると否定している。そして「人の性の変ずべからざるを謂ふなり」（同）、「氣質は変ずべからず」（同）と氣質の変動を否定し、「心は形なきなり。得てこれを制すべから

ず。故に先王の道は、礼を以て心を制す。礼を外にして心を治むるの道を語るは、みな私智妄作なり。何となれば、これを治むる者は心なり。治むる所の者は心なり。我が心を以て我が心を治むるは、譬へば狂者のみづからその狂を治むるがごとし。いづくんぞ能くこれを治めん。」（『辨道』十八）と心を以て心を制することの無力さと困難を指摘し、不安定な心は先王の定めた「礼」に従うことにより制御することができるとした。そして徂徠は先ず朱子学の「性」説を突き崩し、更に、

それ先王孔子の道は天下を安んずるの道なり。天下を安んずるは、一人の能くならず所に非ず。必ず衆力を得て以てこれを成す。諸れを春夏秋冬備はりて而る後歳功成る可く、椎鑿刀鋸備はりて而る後匠事為す可く、寒熱補瀉備はりて而る後医術施す可きに辟ふ。雖は其の鋭きを欲し、椎は其の鈍きを欲す。石膏は大寒、付子は大熱。爾らざれば、先王天下を治るに其の材を用ひる所あること莫きなり。然りと雖も石膏は煨き付子は煨く。是れ則ち礼楽に在るかな。石膏は煨くと雖も其の大寒の性を減せず。付子は煨くと雖も其の大熱の性を減せず。故に、氣質を変化するの説の非なるを知る。且つ氣質は天の性なり。（中略）孔門の弟子に教ふるや、各々其の材に因りて以てこれを成す。以て見る可きのみ。（中略）各々其の性の近き所に随ひて以て其の徳を成す。（『辨道』十四）

と代わりに外在的存在である先王を建てた。そして先王設定の目的を「天下を安んずるの道なり。」と明確化し、天下安穩の道は一人の力で成し遂げられるものではなく、多くの人の力を以て成されるものであるとしている。また各人の氣質は天与の性であり、氣質を変えることは不可能で、孔子が門人を教育した場合も各人の才能に応じて育成し、各人の才能に応じてその徳を完成させたのであるという。つまり徂徠の論じる氣質不変化説は「先王→経世安民→衆力→材→氣質不変化」の構図によって組み立てられていったことが分かる。

では氣質不変化説の淵源はどこに由来するのか。徂徠は「されば世界の為にも、米は米にて用に立ち、豆は豆にて用に立申候。米は豆にならぬ物に候。豆は米にならぬ物に候。宋儒之説のごとく氣質を変化して渾然中和に成候はば、米ともつかず豆ともつかぬ物に成たきとの事に候。それは何之用にも立申間敷候。」（『答問書』中）と

荻生徂徠の個性の問題について

瀬尾 邦雄

はじめに

近世史における個の問題は、共同体の中の公と私、個人と共同体、家族と村落という視点においては、しばしば検証されてきた。しかしこれまで一思想家を扱った個及び個性の問題については、これまで余り検証されることはなかった。そこで本論においては近世史上、この問題にいち早く言及した荻生徂徠に注目し、その個性の問題について検討していくことにする。

荻生徂徠について丸山真男氏は、「政治的・社会的秩序が天地自然に存在するといふ朱子学的思惟から、それが主体的人間によって作爲さるべきものとする徂徠学的論理への展開^{注1}」を行った人物であり、それまでの人間を含め総てを自然的存在と捉えていた朱子学観から独立させ、近世において初めて人間を「主体的人間」として認めた最初の人物として位置づけている。つまり丸山氏は、徂徠とは初めて人間に主体性を賦与した思想家であり、人間に初めて個性を認めた人物であると認識している^{注2}。

だが、尾藤正英氏は、その主体性とは徂徠が設定した先王の創作によるもので、「徂徠の思想において、社会秩序を爲すべき主体と考えられたものは、政治的君主のみであり、むしろその君主の絶対性を強化することに主眼がおかれていた。」と徂徠における個性の問題を否定した^{注3}。このように両者の意見が撞着したことにより、個性の問題については、しばし等閑に伏されてきたが、しかし尾藤氏の意見にも拘わらず、近世において最初に個性の問題に言及した儒者は、徂徠以外にいないということもまた事実である。そこで本稿においては徂徠の個性の問題が、本当に否定されるべきものなのか、否かについて再度検討していくことにする。

一

徂徠は庄内藩士との交流の中で性論に基づいた個性論を展開しているが、この個性論は気質不変説に基づいたものである。この気質不変説とは『辨道』『辨名』を

中心に展開される徂徠学の中心的課題であるが、庄内藩の塙保己一と称される池田玄斎が記した『病間雑抄』（第四卷）においては次のように展開されている。

徂徠翁の教方は、万事目の覚たる事多し。華陰大夫其友佐藤某をも紹介ありて、翁の門に入らしむ。佐藤は剛直の士なれども、性極めて短慮なりしかば、華陰大夫徂徠翁に申されけるには、先生も知給ふごとく、友人佐藤は武気衆に勝れたれども、余りに短慮にて侍れば、明哲保身の道にあらず。願くば先生に教諭ありて、寛温なる様に成しめ給へと。先生笑て曰、吾東方は尚武の国なり。膚撓まず目逃かず、進を知りて退くを思はざる国風なり。短気は武道の害には成申さず候。但し短慮にも、真の短気と膺の短慮との二つあり。膺たる短気は甚悪くにて、却て辱を受くるものにて候。真の短慮なるものは果敢決行して、否といはゞ其坐を起せず、一刀に討と思ひ詰候。如此火蓋を切たる短慮の筒先に向ふ者は無之もの也。故に災も出来不申候。且氣質を変化すると申事は成らぬものなれば、聖人の教にも、其性に随ひて導き候間、佐藤子も似せ短慮になき様に御切磋あるべしと答へられし。華陰大夫、爽然自失ありけるとぞ。

庄内藩士水野元朗が徂徠に佐藤某を紹介する際、「短気」の欠点を矯正してほしいと頼んだ。そこで徂徠は、「尚武の国」日本では「短気」は「武道の害」とはならず、むしろ真の「短気」は「果敢決行」という真の勇氣に転じ、この勇氣こそ武士にとって必要不可欠な要素であると誉めた。こうした人物については「聖人の教にも、其性に随ひて導き候」とある通り、個性に従い切磋琢磨の訓練で好いところを伸ばしていくべきであるとしている。

ここでは、短所は長所と表裏一体の関係であるとするとする徂徠の個性説が展開され、①気質不変の「性」——氣質自体を「変化すると申事は成らぬもの」（『辨道』七）とする視点、②個性尊重の視点、③個は社会全体における一つの役割を果たすものであるという視点——そのため「短慮」といえども、「武道」という職分を全うする上

文部科学省科学研究費補助金採択研究（平成19年度）

研究種目	学科名	職名	氏名	研究課題
〔継続〕 基盤研究(C)一般	自然科学科	講師	松久隆	社会集団における合意形成の動学的プロセスに関する認識論理的基礎研究
〔継続〕 基盤研究(C)一般	機械システム 工学科	教授	鯉淵弘資	非均質な膜モデルにおける相転移とその応用法に関する研究
【新規】 若手研究(B)	人文科学科	講師	奥山慶洋	モバイルラーニングと融合した英語語彙学習用eラーニングコンテンツの作成
【新規】 若手研究(B)	人文科学科	講師	大塚賢一	公立高校入試英語リスニングテストにおけるタスクタイプが成績解釈に与える影響
【新規】 若手研究(B)	物質工学科	准教授	宮下美晴	チキン・キトサンへのラクチドのグラフト化による環境調和型高分子材料の設計
〔継続〕 若手研究 (スタートアップ)	人文科学科	講師	杉浦理恵	高等専門学校生の英語の時制と相の習得状況に応じた指導方法の研究

外部資金受入による共同研究・受託研究（平成18年度）

【共同研究】

学 科 名	職 名	氏 名	研 究 課 題
機械システム工学科	教授	◎根本 栄治	複合固体蓄熱材の熱物性測定および熱伝達特性に関する研究
電子制御工学科 電子制御工学科	教授 助教授	※滑川 英世 飛田 敏光	マイコンシステム開発エンジニア養成講座カリキュラムの研究
電子制御工学科	助教授	菊池 誠	接触検出機構付き拡大機構の性能及び安定性の改善
電子制御工学科	助手	◎岡本 修	G P S 簡易測量システムの開発
電子制御工学科	助手	◎岡本 修	G P S 測量の精度改善に関する研究
電子制御工学科	助手	◎岡本 修	コンクリート表面画像の評価
電子制御工学科 電気電子システム工学科	助教授 助教授	金成 守康 若松 孝	有機デバイス薄膜のナノスコピック力学特性評価（多層有機膜の評価）
電気電子システム工学科	教授	長野 眞康	融雪用磁性材料の磁気特性及び発熱特性の評価
電気電子システム工学科	助教授	皆藤 新一	被覆ケーブル検電方法の効率化に関する研究
物質工学科	教授	斎藤 保夫	メタホウ酸ナトリウムに関する水素化反応の高効率化
物質工学科	教授	斎藤 保夫	超臨界流体存在下におけるホウ素酸化物の効率的な水素還元
物質工学科 物質工学科 物質工学科	教授 教授 教授	※富田 豊 須田 猛 砂金 孝志	ケミルミネッセンスアナライザーの応用研究
物質工学科 物質工学科	教授 助教授	※富田 豊 鈴木 康司	干し芋の高品質化に関する研究
物質工学科 物質工学科	教授 助教授	※富田 豊 鈴木 康司	磁気処理水が菌類に及ぼす影響に関する研究
物質工学科	教授	山形 信嗣	メタン酸化カップリング反应用触媒の評価
物質工学科	助教授	鈴木 康司	臨床診断用酵素開発に関する研究

【受託研究】

学 科 名	職 名	氏 名	研 究 課 題
機械システム工学科	教授	◎根本 栄治	複合固体高温蓄熱材の高精度熱物性測定に関する研究
機械システム工学科	教授	柴田 裕一	超微小流体制御装置の商品開発
自然科学科	助教授	原 嘉昭	デスクトップ型高性能結晶育成装置iAceを用いた酸化物結晶の作成と評価
物質工学科	教授	斎藤 保夫	高密度水素製造用固体無機ハイドライド材料の循環型利用 ～（その2）ホウ素酸化物の効率的還元リサイクル法の検討～
	校長	角田 幸紀	マルチバンドアンテナの研究

注) ※は研究代表者、 ◎は研究重点教員

教員事績（平成18年10月～平成19年9月）

人文科学科

氏名	論文・著書名	発表機関・出版社等 巻、号（年、月）	備考
箱山 健一 成 慶珉1) ルイス,A,グスマン2) 三好 章一	茨城高専シンポジウム「日本の常識？ 世界の非常識！企業風土の国際比 較」	『茨城工業高等専門学校研究彙報』第42号 pp.99-110(2007.3)	1)電気電子システム 工学科 2)物質工学科
瀬尾 邦雄	徂徠学導入以前における庄内藩の儒 学	『文化』（東北大学文学会）Vol.70, No.1・2 (2006/春・夏) (通号 374・375) pp.38-57 (2006.9)	
瀬尾 邦雄	東北における徂徠学の展開－庄内藩 にみる出版政策と徂徠学の思想的位 置について	平成17-18年度研究成果報告書(科学研究費 補助金・基盤研究C)(2007.3)	
桐生 貴明	『万葉集』左注の一考察－「歌中」の意 味－	『茨城工業高等専門学校研究彙報』第42号 pp.111-118(2007.3)	
神山 和好	ヒュームの苦境は人間の苦境だろうか －A.J.エイヤー「ヒュームの遺産」覚書	『茨城工業高等専門学校研究彙報』第42号 pp.1-7(2007.3)	
並木 克央	村松虚空蔵堂別当龍蔵院の文書につ いて	茨城地方史研究会・藝文学苑 第33回地方史 公開セミナー(2007.4)	口頭発表
K.Hakoyama	A Prospect of Globalized World Economy and the Subject of Engineering Education in East Asia	JTCEI2006(2006.12)	国際シンポジウム講 演発表
三好 章一	創造性を育成する授業形態の実践事 例－茨城高専の夏季集中講義「産業 社会学」の紹介－	日本工学教育協会平成19年度工学・工業教 育研究講演会講演論文集p.346(2007.8)	
三好 章一 奥山 慶洋	茨城高専の国際交流センターの活動 －海外語学研修派遣プログラムを活用 した発展的取組の事例紹介－	平成19年度高専機構主催研究集会「高専に おける国際性豊かな人材育成教育の現状と課 題」(2007.8)	口頭発表
奥山 慶洋	茨城高専英語教育新カリキュラム導入 後の現状と課題	全国高等専門学校英語教育学会研究論集第 26号pp.1-8 (2007.2)	
奥山 慶洋 谷津 勝弘1)	英語学習用ソフトウェアのインターフェ イスデザインと学習者の集中力に関す る一考察	『茨城工業高等専門学校研究彙報』第42号 pp.23-27(2007.3)	1)平成17年度電子 情報工学科
大塚 賢一	短期語学研修は学生を変えるか？－英 語力と学習不安に関する調査からの検 証(予備調査)－	『茨城工業高等専門学校研究彙報』第42号 pp.29-36(2007.3)	
K. Otsuka	A Survey of the Latest Trend of Listening Comprehension Tests at STEP and Senior High School Entrance Examination in Japan.	『茨城工業高等専門学校研究彙報』第42号 pp.37-44(2007.3)	
大塚 賢一	リスニングテストにおける英文放送回数 の妥当性検証	全国英語教育学会第33回研究大会発表予稿 集 I , pp.71-74(2007, 8)	口頭発表
大塚 賢一	短期語学研修が学生の英語力と情意 要因に与える影響とその期間	関東甲信越英語教育学会第31回研究大会発 表要綱, p.64.(2007.8)	口頭発表
中川 洋子	TOEIC対策学習における自己表現力 の向上を目指した英語指導－茨城工 業高等専門学校の英語力調査を手が かりに－	『茨城工業高等専門学校研究彙報』第42号 pp.9-14(2007.3)	
杉浦 理恵	英語学習における高等専門学校生の 学習ストラテジーの使用－質問紙調査 に見る現状と課題－	『茨城工業高等専門学校研究彙報』第42号 pp.15-21(2007.3)	

教員事績 (平成18年10月～平成19年9月)

自然科学科

氏名	論文・著書名	発表機関・出版社等 巻、号 (年、月)	備考
松久 隆	MTE 2006 Proceedings, Mathematics, Technology and Education	Ibaraki National College of Technology, x+105pp (2006.12)	編著書・国際会議査読付論文報告集
	Logic, Game and Economy	IBARAKI KOSEN Workshop MTE 2006 Proceedings, December 5-7, 2006, p.41(2006.12)	単著・国際会議発表要旨[査読付]
	Welfare Economy under Rough Sets Information	IBARAKI KOSEN Workshop MTE 2006 Proceedings, December 5-7, 2006, pp.43-56 (2006.12)	単著・国際会議論文[査読付]
	Bayesian Communication under Rough Sets Information	2006 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology (WI-IAT Workshop Proceedings, pp. 378-381(2006.12)	単著・国際会議論文[査読付]
	Welfare Economy under Rough Sets Information	Proceedings, V Moscow International Conference on Operations Research (ORM 2007), Moscow, April 10-14, 2007, pp. 22-23 (2007.4)	単著・国際会議論文[査読付]
	Communication Leading to Nash Equilibrium through Robust Messages	The Fifth International Conference on Nonlinear Analysis and Convex Analysis NACA 2007, Hsinchu, Taiwan, May 31- June 4, 2007, pp.55-56 (2007.5)	単著・国際会議発表要旨[査読付]
	Bayesian Communication under Rough Sets Information	庄司邦孝編著「代数、形式言語、計算システム理論とその応用」京都大学数理解析研究所講究録No.1562, pp.117-126 (2007.6)	単著・大学研究所等紀要[査読無]
	Communication Leading to Nash Equilibrium through Robust Messages - S5 Knowledge Model Case -	COCOA 2007, Lecture Notes in Computer Science, Springer, pp. 136-145 (2007.8)	単著・国際会議論文[査読付]
	Consensus under Communication through Robust Messages Leads to Nash Equilibrium	CSM 2007, 21thWorkshop on Methodologies and Tools for Complex System Modelling and Integrated Policy Assessment, IISAI, Laxemburg, Austria, August 27-29, 2007, Abstracts pp.30-31 (2007.8)	単著・国際会議発表要旨[査読付]
	Communication Consensus yields Nash Equilibrium through Robust Messages	The 11th International Conference of Stochastic Programming (SPXI), Vienna University, August 25-31 September 2007, Abstract p.38 (2007.8)	単著・国際会議発表要旨[査読付]
	Communication leading to Nash equilibrium through robust messages - p-Belief system case -	Sixth International ISDG Workshop, Rabat (Morocco), September 5-8, 2007, Program and Abstracts (2007.9)	単著・国際会議発表要旨[査読付]
	Communication Leading to Nash Equilibrium through Robust Messages in S4-Knowledge Model	Second Chinese Meetings of Game Theory, Qingdao (China), September 17-19, 2007. Proceedings, pp.180-182 (2007.9)	単著・国際会議論文[査読付]
松久 隆 石川 竜一郎 ¹⁾	No Trades under Rationality about Expectations	International Conference of Increasing Competitiveness, Workshop of Mathematical Methods in Economics, Proceedings and Abstract, University of Ostrava, Ostrava (Czech), September 4-6, 2007, CD-Rom (2007.8)	共著・国際会議論文[査読付] 1)筑波大学大学院システム情報工学研究科

自然科学科

氏名	論文・著書名	発表機関・出版社等 巻、号 (年、月)	備考
松久 隆 石川 竜一郎 ¹⁾ 星野 良明 ²⁾	Welfare Economy under Rough Sets Information	IBARAKI KOSEN Workshop MTE 2006 Proceedings, December 5-7, 2006, pp.43-56 (2006.12)	単著・国際会議論文[査読付] 1)筑波大学大学院システム情報工学研究科 2)香川大学経済学部
松久 隆 桜岡 佳太 ¹⁾	Core Equivalence for Economy under Incomplete Information	IBARAKI KOSEN Workshop MTE 2006 Proceedings, December 5-7, 2006, pp.69-74 (2006.12)	単著・国際会議論文[査読付] 1)平成17年度機械工 学科卒業生(現 東北 大学理学部4年生)
松久 隆 Pavel Strokán ¹⁾	Bayesian Communication Leading to a Nash Equilibrium in Belief	丸山徹編著「経済の数理解析」京都大学数理 解析研究所講究録No.1557, pp.179-186 (2007.6)	共著・大学研究所等紀 要[査読無] 1) サンクトペテルブル グ大学大学院応用数学 サイバネステック教室学 生(St.-Petersburg State University, Dep. Of Applied Math. And Cybernetics)
天神林 康史 ¹⁾ 五十嵐 浩 藤原 高德 ²⁾	Dirac Operator Zero-modes on a Torus	Annals of Physics 322, pp. 460-488 (2007)	共著・国際学術論文[査 読付] 1)茨城大学大学院理工 学研究科, 2)茨城大学理学部
榊原 暢久 ¹⁾ 五十嵐 浩 栗原 和美 ²⁾ 曾我 日出夫 ³⁾ 千葉 康生 ⁴⁾ 藤間 昌一 ⁵⁾ 藤原 高德 ⁶⁾ 湊 淳 ⁷⁾	理系基礎教育の充実に向けてII～茨 城大学における「1変数微分積分」授 業の標準化～	日本数学教育学会 高専・大学部会論文誌 14 pp.21-30 (2007.7)	共著・国内教育論文[査 読付] 1) 芝浦工業大学工学 部 2)茨城大学工学部 3)茨城大学教育学部 4)茨城大学大学教育セ ンター 5)茨城大学理学部 6)茨城大学理学部 7)茨城大学大学院理工 学研究科
松沢 孝男 奥山 慶洋 ¹⁾ 関根 恵 ²⁾ 浅野 健 ²⁾ 高崎 良一 ²⁾ 高柳 拓也 ²⁾	身のまわりの放射線の測定の試行、一 航空機、富士山、2次宇宙線、北朝鮮 の核実験-	茨城工業高等専門学校研究彙報 第42号pp. 45-52 (2007.3)	共著[学内査読付] 1)人文科学科 2)ラジオ部学生
松沢 孝男 関根 恵 ¹⁾ 浅野 健 ¹⁾	身のまわりの2次宇宙線の簡易測定の 試行、-ミューオン、中性子-	日本化学会関東支部茨城地区研究交流会 (2006.11)	共著・国内研究会発表 要旨[査読無] 1) ラジオ部学生
関根 恵 ¹⁾ 浅野 健 ²⁾ 高崎 良一 ²⁾ 高柳 拓也 ²⁾ 松沢 孝男 奥山 慶洋 ³⁾	飛行機に乗ると放射線を浴びるって本 当ですか？-飛行機内及び富士山頂 での「はかるくん」による線量測定と結 果の整理-	日本化学会関東支部茨城地区研究交流会 (2006.11)	共著・国内研究会発表 要旨[査読無] 1) 口頭発表者・ラジオ 部学生・物質工学科5 年 2)ラジオ部学生 3)人文科学科

自然科学科

氏名	論文・著書名	発表機関・出版社等 巻、号 (年、月)	備考
保田 浩志 ¹⁾ 松沢 孝男 五十嵐 康人 ²⁾	Monitoring of Cosmic Radiation Exposure on the Top of Mt. Fuji	Proceedings of the International Workshop / Symposium on Mt. Fuji Project: For the establishment of a "high mountain observation platform of extreme environment", November 22-23, 2006, The University of Tokyo, pp. 19-20 (2006.11)	共著・国際会議発表要旨[査読付] 1) 放射線医学総合研究所 2) 気象研究所
関根 恵 ¹⁾ 浅野 健 ²⁾ 高崎 良一 ²⁾ 松沢 孝男 奥山 慶洋 ³⁾	A Trial of Measurements on Natural Ionizing Radiation in Aircrafts and at the top of Mt. Fuji, by School Students, - Secondary Cosmic Rays -	ibid. pp. 47-48.	共著・国際会議発表要旨[査読付] 1) 口頭発表者・ラジオ部学生・物質工学科5年 2) ラジオ部学生 3) 人文科学科
松沢 孝男 関根 恵 ¹⁾ 浅野 健 ¹⁾	環境中の宇宙線の簡易測定の実行、一硬成分、ロッシ曲線、ミューオン、中性子-	高専シンポジウム・三島市 (2007.1)	共著・国内シンポジウム発表要旨[査読無] 1) ラジオ部学生
関根 恵 ¹⁾ 浅野 健 ²⁾ 高崎 良一 ²⁾ 高柳 拓也 ²⁾ 松沢 孝男	飛行機線量と富士山山頂の放射線の簡易測定	高専シンポジウム・三島市 (2007.1)	共著・国内シンポジウム発表要旨[査読無] 1) 口頭発表者・ラジオ部学生・物質工学科・5年 2) ラジオ部学生
松沢 孝男	放射線に興味をもたせる教育とは一、先ず教員が放射線に興味を持つこと	FB News, No. 370 pp. 3-7 (2007)	単著・業界広報誌寄稿文[査読無]
原 嘉昭 飛田 美帆 ¹⁾ 大内 真二 ¹⁾ 中岡 鑑一郎	Growth of Plate-Type β -FeSi ₂ Single Crystals by Optimization of Composition Ratio of Source Materials	Thin Solid Films 515, pp.8259-8262 (2007.8)	国際会議論文[査読有] 1) 平成17年度DE専攻修了生
原 嘉昭 阿久津 恵一 ¹⁾ 中岡 鑑一郎	β -FeSi ₂ -Si 混晶からの近赤外PL発光	第68回応用物理学会学術講演会講演予稿集 p.1396 (2007.9)	国内会議発表要旨[査読無] 1) 平成19年度DE専攻1年生
渡辺 敏明 ¹⁾ 榎原 周平 ¹⁾ 木村 幸子 ¹⁾ 前田 邦彦 ²⁾ 渡邊 義孝 中野 長久 ³⁾	Maternal Vitamin B12 Deficiency Affects Spermatogenesis at the Embryonic and Immature Stages in Rats	Congenital Anomalies 47, pp.9-15 (2007.5)	共著・学術論文[査読有] 1) 兵庫県立大学環境人間学部 2) 山形大学医学部 3) 大阪府立大学農学部
渡邊 義孝	大気中における有害物質の測定とその評価 (2)	日本化学会第86回春季年会講演予稿集 p.601 (2007.3)	単著・国内会議発表要旨[査読無]
谷口 昭三 ¹⁾ 渡邊 義孝 島田 明夫 ¹⁾	実験室・研究室における有害物質の測定とその評価	論文集「高専教育」29号, pp.707-712 (2006.3)	共著・国内会議論文[査読有] 1) 物質工学科

教員事績（平成18年10月～平成19年9月）

機械システム工学科

氏名	論文・著書名	発表機関・出版社等 巻、号（年、月）	備考
坂本 良憲1) 根本 栄治	異方性標準物質V-Zr-Ba-Cu-O系の 主軸熱伝導率と結晶構造の相互性	第27回日本熱物性シンポジウム講演論文集、 p.217-210 (2006.10).	1)平成18年度専攻科終了生
池田 大輔1) 根本 栄治	固体高分子型燃料電池における反応 熱伝導率測定と等価回路測定法	第27回日本熱物性シンポジウム講演論文集、 p.220-222 (2006.10).	1)平成18年度MS専攻科終了生
E. Nemoto	Measuring Anisotropic Factors and Theoretical Models of Superconductor Y-Ba-Cu-O and Zr-Ba-Cu-O System	The 27th Japan Symposium on Thermophysical Properties, p.270-272 (2006.10).	
E. Nemoto A.Takahashi1)	Simultaneous Separated Measurement of Principal Thermal Conductivity and Thermal Diffusivity of a Two- dimensional Anisotropic Material by Infrared Camera Thermometry	Proceedings of the Asian Thermophysical Properties Conference, Fukuoka, Japan, No.119(2007.8).	1)平成19年度MS専攻科2年生
鈴木 一生1) 根本 栄治	フラクタル光学素子による太陽電池の 発電効率の検討	日本機械学会茨城講演会講演論文集、日立、 p.121-122 (2007.9).	1)平成19年度MS専攻科2年生
牛久保 佑介1) 愛澤 秀信2) 黒澤 茂2) 根本 栄治	大気圧マイクロプラズマに対する分光 法適用の検討	日本機械学会茨城講演会講演論文集、日立、 p.139-140 (2007.9).	1)平成19年度MS専攻科2年生 2)産業技術総合研究所
根本 栄治 富永 馨1)	アトウッド微小重力実験装置による加 速度の検証および物理現象への応用	日本機械学会茨城講演会講演論文集、日立、 p.175-176 (2007.9).	1)平成19年度AM専攻科1年生
秋山 太佑1) 愛澤 秀信2) 黒澤 茂2) 根本 栄治	QCMバイオセンサにおける最適なフ ローセル構造と周波数変化の測定	日本機械学会茨城講演会講演論文集、日立、 p.217-218 (2007.9).	1)平成19年度MS専攻科2年生 2)産業技術総合研究所
古川 翔司1) 高野 橋悠2) 谷山 久法	初析セメント・層状セメントに及 ぼす熱処理温度の影響に関する基礎 研究 ーセメントを利用したマイクロデバ	日本機械学会茨城講演会講演論文集、pp153- 15、(2007)	1)平成19年度MS専攻科2年生 2)平成19年度AM専攻科1年生
押久保 武	フレキシブルプリント配線板における 耐折信頼性の向上	技術情報協会,セミナーテキスト No.610415, § 4(2006.10)	
押久保 武	フレキシブルプリント配線板の面外変 形と耐折信頼性	技術情報協会,セミナーテキスト No.704477, § 4(2007.4)	
西野 創一郎1) 佐竹 佑紀2) 大屋 邦雄3) 押久保 武	自動車用超ハイテン材のせん断時に 生じる磁力特性	自動車技術会春期大会講演論文集,(2007.5)	1)茨城大学 2)茨城大学学生 3)大屋技術伝承塾
鈴木 貴宏1) 押久保 武 西野 創一郎2) 大屋 邦雄3)	自動車用超ハイテン材引張時に生じる 磁力特性に関する研究	No.070-3日本機械学会関東支部茨城講演会 講演論文集,pp155-156(2007.9)	1)2MS 2)茨城大学 3)大屋技術伝承塾
阿部 智志1) 押久保 武	赤外線応力測定法の応用に関する研 究	No.070-3日本機械学会関東支部茨城講演会 講演論文集,pp183-184(2007.9)	1)2MS
H. Koibuchi	Phase transition of compartmentalized surface models	European Physical Journal B Vol.57, pp.321- 330 (2007)	

機械システム工学科

氏名	論文・著書名	発表機関・出版社等 巻、号 (年、月)	備考
H. Koibuchi	Phase structure of a surface model on dynamically triangulated spheres with elastic skeletons	Physical Review E Vol.75, 051115(1-9) (2007)	
H. Koibuchi	Collapsing transition of spherical tethered surfaces with many holes	Physical Review E Vol.75, 011129(1-6) (2007)	
H. Koibuchi	Phase transition of triangulated spherical surfaces with elastic skeletons	Journal of Statistical Physics, Vol.127 Number 3 pp.457-470 (2007)	
S. Obata 1) M. Egashira 1) T. Endo 1) H. Koibuchi	Phase transitions of an intrinsic curvature model on dynamically triangulated spherical surfaces with point boundaries	Journal of Statistical Mechanics, P11016 (2006)	1)平成18年度機械工学科5年生
H. Koibuchi	Phase transition of an extrinsic curvature model on tori	Physics Letters A Vol.358, pp.339-344 (2006)	
H. Koibuchi	Phase Transitions of a Fluid Surface model with Elastic Skeletons	V Moscow International Conference on Operations Research (ORM2007), Proceedings, Moscow State University, p.109 (2007.4)	
T. Endo 1) M. Egashira 1) S. Obata 1) H. Koibuchi	Phase Transition of Extrinsic Curvature Surface Model on a Disk	International Workshop, MTE2006(Mathematics, Technology and Education) Proceedings, Takashi Matsuhisa (ed.), Ibaraki National College of Technology, pp. 11-20 (2006.12)	1)平成18年度機械工学科5年生
関口 伸夫 1) 和田 政哉 1) 鯉淵 弘資	メッシュワークモデルの相転移	日本機械学会茨城講演会講演論文集, pp.77-78 (2007.9)	1)平成19年度機械工学科5年生
和田 政哉 1) 関口 伸夫 1) 鯉淵 弘資	面内変形エネルギーを考慮した膜モデルの相転移	日本機械学会茨城講演会講演論文集, pp.75-76 (2007.9)	1)平成19年度機械工学科5年生
赤津 友海1) 柴田 裕一	新しい界面張力測定法の開発	日本機械学会関東支部第46回学生卒業研究発表会講演会, p.1(2007.3)	1)平成18年度専攻科2年
Y. Shibata T. Okano 1) M. Kawaji 2)	Study on Liquid slugs and Ferrofluid Pulled by a Moving Electromagnet in a Microchannel	The 1st Int. Colloquium on Dynamics, Physics and Chemistry of Bubbles and Gas-Liquid Boundaries, CD-ROM, Niseko, Japan (2007.9)	1)平成17年度卒業生 2)トロント大学
富永 学 豊岡 了 1) 山田 興治 1)	準安定オーステナイト系ステンレス鋼の低ひずみ速度域における変形挙動の特異性	日本機械学会第2回埼玉ブロック大会講演論文集No.060-5 (2006.11), pp.113-114	1) 埼玉大学
富永 学 塩田 佳徳1) 成井 章記1) 鳥居 周輝2) 山田 興治3) 豊岡 了 3)	低ひずみ速度域における加工誘起マルテンサイト変態の形態	2007年春季大会(第140回)日本金属学会講演概要(2007.3), p.427	1) 茨城大学 2) JAEA 3) 埼玉大学
富永 学 豊岡 了 1) 山田 興治1)	光学および磁気測定による変態誘起塑性変形の評価	日本実験力会講演論文集 2007年度年次講演会 No.7 (2007.8) pp.155-157	1) 埼玉大学
富永 学 豊岡 了 1) 門野 博史1)	低ひずみ速度域におけるSUS304ステンレス鋼の特異な変形挙動の全視野観察	日本金属学会誌, 第71巻 8号 (2007.8) pp. 620-628	1) 埼玉大学

機械システム工学科

氏名	論文・著書名	発表機関・出版社等 巻、号(年、月)	備考
M. Tominaga S. Toyooka1) K. Yamada1)	Dynamic ESPI to investigate martensitic transformation induced plasticity on austenitic stainless steels	Proceedings of International Conference on Advanced Technology in Experimental Mechanics '01 (ATEM'07) and Sixth Asian Conference on Experimental Mechanics (ACEM6) (2007.9) CD-ROM	1) Saitama Univ.
富永 学 豊岡 了1) 門野 博史2)	汎用金属材料における不均一変形挙 動のESPI観察	日本機械学会関東支部ブロック合同講演会 2007さいたま/第3回埼玉ブロック大会講演論 文集(2007.9), pp.127-128	1) 埼玉大学
小堀 繁治	EGRがディーゼル噴霧の着火・燃焼に 及ぼす影響	第19回内燃機関シンポジウム講演論文集p.309 (2007.1)	
澁澤 健二 船津 賢人1) 白井 紘行1) 高草木 文雄1)	低圧マイクロ波放電プラズマのN ₂ 2+バ ンドの放射と温度特性	日本航空宇宙学会論文集, 第55巻, 第640号 (2007.5), pp.232-238	1) 群馬大学
澁澤 健二 船津 賢人1) 白井 紘行1) 高草木 文雄1)	低圧窒素マイクロ波放電プラズマの振 動粒子数分布解析	第39回流体力学講演会/航空宇宙数値シミュ レーション技術シンポジウム2007講演集 (2007.6), pp.261-264	1) 群馬大学

教員事績 (平成18年10月～平成19年9月)

電子制御工学科

氏名	論文・著書名	発表機関・出版社等 巻、号 (年、月)	備考
高橋 花絵1) 滑川 英世	サブバンド符号化における画像歪みの比較	第14回電気学会東京支部茨城支所研究発表 会講演予稿集 PA33、(2006.12)	1)平成18年度専攻科2 年生
鈴木 学1) 住谷 正夫 岡本 芳三 小口 喜美夫2)	歩行姿勢のゆらぎ変化の解析	電子情報通信学会東京支部学生会研究発表 会第12回講演論文集 p.32(2007.3)	1)平成18年度専攻科1 年生 2)成蹊大学
飛田 敏光	ニューラルネットワークのオンライン追加学習法	電気学会産業応用部門全国大会講演論文集 II-215～II-128(2007.8)	
細小路 愛幸1) 沼知 孝宏1) 荒川 臣司	画像フーリエ変換後の振幅スペクトル 差分を用いた欠陥検出	電子情報通信学会東京支部学生会研究発表 会第12回講演論文集 p.65 (2007.3)	1)平成18年度電子制 御工学科卒業生
菊池 誠	Modeling of Nerve-Musculoskeletal Mechanism on Finger Grasp System -For Stability Consideration of Bilateral Manipulator-	Proceedings of the Fifth IASTED International Conference BIOMECHANICS, pp.29-33 (2007.8)	
金成 守康 井原 郁夫1)	ナノインデンテーション法による薄膜の 機械特性評価	月刊トライボロジ (2006.11)	1)長岡技術科学大学
金成 守康 国本 允1) 若松 孝 井原 郁夫	低分子有機薄膜の曲げ強度ーナノイ ンデンテーション試験の応用ー	第54回応用物理学関連連合講演会講演予稿 集 (2006.3)	1)茨城高専専攻科
M. Kanari H. Kawamata T. Wakamatsu I. Ihara	Intermolecular Elastic and Plastic Characteristics of Organic Phthalocyanine Thin Films Evaluated by Nanoindentation	Applied Physics Letters, 90, 061921(2007)	
国本 允 金成 守康	低分子有機薄膜の曲げ強度ーナノイ ンデンテーション試験の応用ー	日本機械学会茨城講演会講演論文集, pp.257-258(2007.9)	
長谷川 勇治 萩谷 真1) 伊藤 伸英2) 大森 整3) 加藤 照子3) 根本 昭彦4)	塑性変形加工を用いたアルミニウム砥石 の開発	日本機械学会第2回埼玉ブロック講演会2006 講演論文集, 217, pp.63-64, (2006.11)	1)平成18年度5年本科 生 2)茨城大学 3)理化学研究所 4)日本工業大学
長谷川 勇治 内田 光宣1) 伊藤 伸英2) 大森 整3) 加藤 照子3) 根本 昭彦4) 水谷 正義3) 溝口 浩志5)	導電性ラバーボンド砥石の特性調査	日本機械学会第2回埼玉ブロック講演会2006 講演論文集, 218, pp.65-66, (2006.11)	1)平成18年度2年専攻 科生 2)茨城大学 3)理化学研究所 4)日本工業大学 5)大和化成工業(株)
長谷川 勇治 内田 光宣1) 伊藤 伸英2) 大森 整3) 加藤 照子3) 溝口 浩志4) 松澤 隆5)	導電性ラバーボンド砥石の特性調査	2006年度精密工学会東北支部学術講演論文 集, 306, pp.57-58, (2006.12)	1)平成18年度2年専攻 科生 2)茨城大学 3)理化学研究所 4)大和化成工業(株) 5)池上金型工業(株)

電子制御工学科

氏名	論文・著書名	発表機関・出版社等 巻、号(年、月)	備考
長谷川 勇治 齋藤 俊一郎1) 伊藤 伸英 2) 大森 整 3) 加藤 照子 3) 水谷 正義 4) 根本 昭彦 5)	水草を用いた環境調和型ELID研削用砥石の開発	2006年度精密工学会東北支部学術講演論文集, 307, pp.59-60, (2006.12)	1)平成18年度5年本科生 2)茨城大学 3)理化学研究所 4)日本工業大学
長谷川 勇治 齋藤 俊一郎1) 伊藤 伸英 2) 大森 整 3) 加藤 照子 3) 根本 昭彦 4)	ビオトープ型ELID研削技術の開発	2007年度精密工学会春季大会学術講演会論文集, D66, (2007.03)	1)平成18年度5年本科生 2)茨城大学 3)理化学研究所 4)日本工業大学
長谷川 勇治 萩谷 真 1) 伊藤 伸英 2) 大森 整 3) 加藤 照子 3) 根本 昭彦 4)	塑性加工を用いたELID研削用アルミニウムボンド砥石の開発	2007年度精密工学会春季大会学術講演会論文集, D67, (2007.03)	1)平成18年度5年本科生 2)茨城大学 3)理化学研究所 4)日本工業大学
根本 昭彦 1) 伊藤 伸英 2) 長谷川 勇治 内田 光宣 3) 大森 整 4) 加藤 照子 4) 溝口 浩志 5) 村田 泰彦 1)	導電性ラバーボンド砥石によるELID研削加工特性-第3報:小径ラバーボンド砥石による加工特性-	2007年度精密工学会春季大会学術講演会論文集, D69, (2007.03)	1)日本工業大学 2)茨城大学 3)平成18年度2年専攻科生 4)理化学研究所 5)大和化成工業(株)
根本 昭彦 1) 伊藤 伸英 2) 大森 整 3) 加藤 照子 3) 長谷川 勇治 村田 泰彦 1) 増田 和弘 2)	ビオトープ型ELID研削技術の開発-第2報:電解ドレッシング特性の調査-	2007年度精密工学会秋季大会学術講演会論文集, D32, (2007.09)	1)日本工業大学 2)茨城大学 3)理化学研究所
長谷川 勇治	e-Learningコンテンツ「LEGOを用いた自律型ロボット製作コース」の開発	平成19年度(第27回)高等専門学校情報処理教育研究発表会論文集, 7, pp.18-20 (2007.09)	
増田 和弘 1) 塚越 広光 1) 伊藤 伸英 1) 根本 昭彦 2) 加藤 照子 3) 大森 整 3) 長谷川 勇治 伊藤 吾朗 1)	水草カーボンを用いたELID研削技術	2007年度日本機械学会茨城講演会論文集, 303 (2007.09 茨城大)	1)茨城大学 2)日本工業大学 3)理化学研究所
H. Namie 1) O. Okamoto C. Fan 2) A. Yasuda 2)	Network-Based RTK-GPS Positioning System with Data Dissemination via Satellite Communication Line	The Proceedings of ION GNSS 19th International Technical Meeting of the Institute of Navigation Satellite Division, pp.1159-1166 (2006.9)	1)防衛大学校 2)東京海洋大学
H. Namie O. Okamoto C. Fan S. Tanaka 1) A. Yasuda	Development and Experimental Study of a Network-Based RTK-GPS Positioning System Using a Satellite Communication Line	Electronics and Communications in Japan, Wiley Part 1, Vol.89, No.9, pp.1-9 (2006.9)	1)日本コムシス

電子制御工学科

氏名	論文・著書名	発表機関・出版社等 巻、号（年、月）	備考
綿引 伸吾 1) 鎌田 裕貴 2) 戸塚 雄大 2) 岡本 修 三浦 光通 3) 高橋 徹 3)	土壤汚染状況調査における調査地点 測量システムの開発	日本航海学会GPS/GNSSシンポジウム2006テ キストビギナーズセッション, p.219 (2006.11)	1)平成18年度専攻科1 年生 2)平成18年度本科5年 生 3)環境研究センター
岡本 修 三浦 光通 高橋 徹	土壤汚染調査における調査地点設定 に係わる測量の省力化(第2報) -実用精度の評価-	土壤環境センター他共催第13回地下水、土壤 汚染とその防止対策に関する研究集会講演集, pp.284-287 (2007.6)	
平澤 順治 柿倉 正義 1)	模型実験による自動二輪車の運動解析	(社)自動車技術会自動車技術会論文集 Vol.38, No.5, pp.15-20 (2007.9)	1) 東京電機大

教員事績（平成18年10月～平成19年9月）

電気電子システム工学科

氏名	論文・著書名	発表機関・出版社等 巻、号（年、月）	備考
梶山 夏樹 ¹⁾ 田辺 隆也	ロボット認識用ハフ変換の高速化の研究	KEK Proc, No.2007-1 Page.283-292 (2007.6)	1)平成18年度電気工学科卒業生
松尾 あかね ¹⁾ 内海 淳志 ¹⁾ 田辺 隆也 福田 光男 ¹⁾	光ファイバを用いた葉菜類の状態センシング	日本生物環境工学会2007創立記念大会、P-21(2007.6)	1)豊橋技術科学大学
田辺 隆也	光ディスク用再生等化方法および再生等化回路	特願2007-086208(2007.3)	
立花 誠二 ¹⁾ 関口 直俊	固体高分子形燃料電池のアノードセパレータの流路と燃料の供給量の変化に対する出力特性	平成18年度日本太陽エネルギー学会日本風力エネルギー協会合同研究発表会, No.44, (2006.10)	1)平成18年度情報・電気電子工学専攻
金子 直人 ¹⁾ 関口 直俊 成 慶珉	水素製造用DC-DCコンバータの製作とその評価	平成18年度日本太陽エネルギー学会日本風力エネルギー協会合同研究発表会, No.89, (2006.10)	1)平成18年度情報・電気電子工学専攻
寺門 亮 ¹⁾ 関口 直俊	水素吸蔵合金の部分吸蔵・部分放出による水素貯蔵特性	平成18年度日本太陽エネルギー学会日本風力エネルギー協会合同研究発表会, No.92, (2006.10)	1)平成18年度情報・電気電子工学専攻
寺門 亮 ¹⁾ 関口 直俊	水素貯蔵装置における吸蔵・放出サイクルの繰り返しの検討	平成18年度電気学会東京支所茨城支所研究発表会講演予稿集, B06 (2006.12)	1)平成18年度情報・電気電子工学専攻
立花 誠二 ¹⁾ 関口 直俊	固体高分子形燃料電池の出力特性と理論式の比較(水素流量とセパレータ形状の検討)	平成18年度電気学会東京支所茨城支所研究発表会講演予稿集, B07 (2006.12)	1)平成18年度情報・電気電子工学専攻
金子 直人 ¹⁾ 関口 直俊 成 慶珉	太陽電池モジュールを入力電源とした水素製造用DC-DCコンバータの製作とその評価	平成18年度電気学会東京支所茨城支所研究発表会講演予稿集, PC09 (2006.12)	1)平成18年度情報・電気電子工学専攻
T. Maruyama Y. Nakamura ¹⁾ T. Hayashi ¹⁾ K. Kato ²⁾	Computer-Aided Interference-Free Design of Occlusal Surface for Dental 3-D CAD	Trans Jpn Soc Med Biol Eng, 44(4), pp.713-721, (2006.10)	1) Niigata University 2) Matsumoto Dental University
T. Maruyama Y. Nakamura ¹⁾ T. Hayashi ¹⁾ K. Kato ²⁾	Dental 3-D CAD with a Virtual Articulator Assisting Interference-Free Design of Occlusal Surface	International Symposium on Fusion Tech 2006-2007 at Niigata Program & Abstracts, p.120 (2007.1)	1) Niigata University 2) Matsumoto Dental University
T. Maruyama	Computer-Aided Design of Functional Occlusal Surface for Dental 3-D CAD system	博士(工学)学位論文、新潟大学 (2007.3)	
丸山 智章	情報機器操作入門ーらくらくパソコン活用術 第4版 (第3章 Windows XP)	山本正信 ¹⁾ 監修, 学術図書出版社, pp.9-24 (2007.4)	1) 新潟大学

電気電子システム工学科

氏名	論文・著書名	発表機関・出版社等 巻、号 (年、月)	備考
M. Kanari1) H. Kawamata2) T. Wakamatsu I. Ihara3)	Intermolecular elastic and plastic characteristics of organic phthalocyanine thin films evaluated by nanoindentation	Applied Physics Letters, Vol.90 (2007) pp.06192-1,3	1)電子制御工学科 2)平成17年度機械・電子制御工学専攻修了 3)長岡技大
T. Wakamatsu K. Saito1)	Interpretation of attenuated-total-reflection dips observed in surface plasmon resonances	Journal of Optical Society America B, Vol. 24, No. 9 (2007.9) pp.2307-2313	1)産総研
若松 孝 金成 守康1)	微小変位の検出方法および微小変位計	特願2007-063316(2007.3)	1)電子制御工学科
若松 孝	ディスプレイ・光学部材における薄膜製造技術	情報機構, pp.168-178(2007.8)	分担執筆,第3章6節「薄膜評価手法の信頼性」
菅原 拓1) 安細 勉	改良型ナップサック暗号を用いた電子署名に関する一考察	電子情報通信学会技術研究報告 ISEC2006-107 pp.35-39 (2006.12)	1)平成18年度専攻科修了生
金城 達人 和田 圭二 成 慶珉 大橋 弘通	6.6kV配電システムにおける高パワー密度化電力変換器の回路方式の比較・検討	平成19年電気学会全国大会、4-002、第4分冊 (2007.3)	産総研との共同
木下 勇1) 吉成 偉久	WebベースC言語演習システムの開発	第14回 電気学会東京支部茨城支所研究発表会 A01, p.1, (2006.12)	1)平成18年度情報・電気電子工学専攻修了生

教員事績（平成18年10月～平成19年9月）

電子情報工学科

氏名	論文・著書名	発表機関・出版社等 巻、号（年、月）	備考
影山 浩之1) 畠山 巖	光学的暗号情報に関する検討	第14回電気学会東京支部茨城支所研究発表 会予稿集PA35p.80(2006年12月)	1)平成18年度電子情 報工学科学生
村山 洋昭1) 藤岡 祐二1) 畠山 巖	ワンショットデジタルホログラフィの再生 像評価	第14回電気学会東京支部茨城支所研究発表 会予稿集PA36p.81(2006年12月)	1)平成18年度電子情 報工学科卒業生
立花 秀樹1) 畠山 巖	イメージファイババンドルを用いたデジ タルホログラフィ	第14回電気学会東京支部茨城支所研究発表 会予稿集PA37p.82(2006年12月)	1)平成18年度電子情 報工学科卒業生
富沢 裕美1) 畠山 巖	デジタル技術による位相共役光発生 の研究	第14回電気学会東京支部茨城支所研究発表 会予稿集PA32p.77(2006年12月)	1)平成18年度専攻科 修了生
河野 雄一郎1) 滝沢 陽三 杉村 康	Webベースの画像処理システムの開 発	第14回電気学会第11回東京支部茨城支所研 究発表会A04p.4(2006.12)	1)平成18年度専攻科 修了生
箕輪 貴裕1) 村田 和英	時間軸とイベント駆動を使用したプロ グラミング	第14回電気学会東京支部茨城支所研究発表 会プログラムp.2(2006.12)	1)平成18年度専攻科 修了生
町田 拓哉1) 村田 和英	MPIによる並列処理の適用と性能評 価に関する研究	第14回電気学会東京支部茨城支所研究発表 会プログラムp.15(2006.12)	1)平成18年度専攻科 修了生
滝沢 陽三 須田 猛 吉成 偉久 小飼 敬 大坪 友信 篠原 啓介 山田 真 土川 洋史	安価なPCを用いたアプライアンス指向 サーバの構築と運用	情報処理教育研究発表会論文集第27号 (2007.8)	
滝沢 陽三 岡田 正1) 大平 栄二1)	地域連携事業における学生教育・研 究活動の役割	平成19年度高専教育講演論文集(2007.8)	1)津山工業高等専門学 校情報工学科
滝沢 陽三 岡田 正1) 大平 栄二1)	地域組織に対するプロジェクト支援に 関する考察	津山工業高等専門学校紀要48(2007.3)	1)津山工業高等専門学 校情報工学科
布施 雅彦 鈴木 三男1) 根本 信行1) 小泉 康一2) 小澤 悟3)	映像による物理授業ビデオのネット配 信とeラーニングシステムによる学習支 援	高専教育 第30号,pp741-746 2007/3	1)福島高専一般教科物 理 2)福島高専電気工学科 3)茨城大学
M. Fuse T. Waga 1) M. Suzuki 2) N. Nemoto 2) S. Ozawa 3)	Application of High Definition Video Techniques for obtaining High Quality Video on Demand (VOD) Contents	The 8th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET2007)July 2007	1)福島高専技術職員 2)福島高専一般教科物 理 3)茨城大学
M. Fuse S. Miura 1) K.Nishiyama2) M. Suzuki 3) N. Nemoto 3) S. Ozawa 4)	Development of E-Learning System by using Portable Video Game Machines as Mobile Terminals	The 8th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET2007)July 2007	1)福島高専電気工学科 2)福島高専一般教科英 語 3)福島高専一般教科物 理 4)茨城大学

電子情報工学科

氏名	論文・著書名	発表機関・出版社等 巻、号 (年、月)	備考
S. Miura 1) K. Shinohara 2) S. Igari 2) M. Fuse	Development of Model Rocket Design Material for an Introduction to General Science	The 8th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET2007) July 2007	1) 福島高専電気工学科 2) 福島高専平成18年度 卒業生
布施 雅彦 鈴木 三男 1) 根本 信行 1) 西山 公紀 2) 和賀 宗仙 3)	福島高専における様々なe ラーニング の取り組みとe キャンパスでのマルチメ ディアモバイル端末を利用した学習支 援	平成18年度高専教育講演論文集, pp.151- 155, 2007/8	1) 福島高専一般教科物 理 2) 福島高専一般教科英 語 3) 福島高専技術職員
布施 雅彦	夏井川流域の白鳥観察における事前 学習マルチメディア教材の制作	2007PCカンファレンス, pp.179-180, 2007/8	
布施 雅彦 三浦 靖一郎 1) 西山 公紀 2) 鈴木 三男 3) 根本 信行 3)	マルチメディア携帯モバイル端末を活 用した学習支援システムの試み	2007PCカンファレンス, pp.13-14, 2007/8	1) 福島高専電気工学科 2) 福島高専一般教科英 語 3) 福島高専一般教科物 理
大脇 佑平 1) 小飼 敬 弘畑 和秀	教育向けUML描画ツールの開発	情報処理学会第69回全国大会, 5M-2 (2007.3)	1) 平成18年度情報・電 気電子工学専攻1年
額賀 啓行 1) 小飼 敬 四王天 正臣	携帯電話の電子メールを用いた、デー タベース操作システムの開発	情報処理学会第69回全国大会, 6S-9 (2007.3)	1) 平成18年度情報・電 気電子工学専攻1年
M. Jinno 1) K. Yayoi R. Fujikawa 1) Alexander Baryshev 1) Alexander Khanikaev 1) Kwang-Ho Shin 1) H. Uchida 1) M. Inoue 1)	Evaluation of Arranged Porous Alumina Template Fabricated by Using Ni Stamper for Two- Dimensional Magnetophotonic Crystal	International Workshop on Nano-structured Materials & Magnetism (2006.11)	1) 豊橋技術科学大学
弥生 宗男 長谷川 博紀 1) 神野 晶彦 2) 富士川 凜太郎 2) Alexander Baryshev 2) Alexander Khanikaev 2) 申 光鎬 2) 内田 裕久 2) 井上 光輝 2)	2次元磁性フォトニック結晶デバイス形 成のためのポーラスアルミナテン プレート作製の作製	電気学会 マグネティクス研究会 MAG-06-162 (2006.11)	1) 平成18年度電子情報 工学科5年生 2) 豊橋技術科学大学
K. Yayoi M. Jinno 1) R. Fujikawa 1) Alexander Baryshev 1) Alexander Khanikaev 1) Kwang-Ho Shin 1) H. Uchida 1) M. Inoue 1)	Fabrication of High-Quality Two- Dimensional Photonic Crystals Based On Porous Alumina	TRANSACTIONS ON ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING IEEEJ Trans 2007; 2: p463-467 (2007.7)	1) 豊橋技術科学大学

教員事績（平成18年10月～平成19年9月）

物質工学科

氏名	論文・著書名	発表機関・出版社等 巻、号（年、月）	備考
H.Furukawa1) M.Kobayashi2) Y.Miyashita K.Horie2)	End-Crosslinking Gelation of Poly(amide acid) Gels Studied with Scanning Microscopic Light Scattering	High Performance Polymers, Vol. 18, No. 5, pp. 837-847 (2006)	1)Hokkaido University 2)Tokyo University of Agriculture and Technology
佐藤 夏美1) 宮下 美晴	セルロースエステルへのラクチドの開環グラフト化	第17回日本化学会関東支部茨城地区研究交流会予稿集, P. 81 (2006. 11)	1)平成18年度専攻科1年生
桜庭 孝仁1) 小林 芳男1) 宮下 美晴	ヒドロキシアルキルセルロース-ポリ乳酸系グラフト共重合体の合成	第17回日本化学会関東支部茨城地区研究交流会予稿集, P. 85 (2006. 11)	1)茨城大工
澤田 愛1) 砂金 孝志	塗布法によるTiO ₂ 光触媒薄膜の低温作製(2)	第17回日本化学会関東支部茨城地区研究交流会予稿集, p.19 (2006. 11)	1)平成18年度専攻科修了生
大高 佑介1) 佐藤 由也2) 砂金 孝志	TiO ₂ 光触媒コート金属板の性質	第17回日本化学会関東支部茨城地区研究交流会予稿集, p.20 (2006. 11)	1)平成18年度専攻科1年生 2)平成17年度卒業生
砂金 孝志 横井 達也1) 森 利克2)	ケミルミネッセンスアナライザーの応用研究	第5回全国高専テクノフォーラム予稿集, p.74 (2007.8)	1)平成18年度卒業生 2)英和(株)
Udai,P.S. 1) Asish,K.S. 1) S.Hikichi 2) H.Komatsuzaki Y.Moro-oka 2) M.Akita 2)	Hydrogen bonding interaction between imidazolyl N-H group and peroxide: Stabilization of Mn(III)-peroxo complex TpiPr ₂ Mn(h ₂ -O ₂)(imMeH) (imMeH = 2-methylimidazole)	Inorg. Chim. Acta, Vol.359, pp. 4407-4411 (2006)	1)Indian Institute of Technology 2)東京工業大学
西連地 雅樹 小松崎 秀人 引地 史郎1) 穂田 宗隆2)	トリスピラゾリルボレート配位子とする亜鉛錯体の合成と反応	第17回日本化学会関東支部茨城地区研究交流会予稿集, p.21 (2006. 11)	1)神奈川大学工学部 2)東京工業大学
千葉 洋祐 雨澤 真理 坂本 尚子 小松崎 秀人 引地 史郎1) 穂田 宗隆2)	嵩高いトリスピラゾリルボレート配位子を有するマンガンチオラート錯体の合成と反応性	第17回日本化学会関東支部茨城地区研究交流会予稿集, p.22 (2006. 11)	1)神奈川大学工学部 2)東京工業大学
高瀬 憲幸 関根 和則 谷口 智則 坂本 祥吾 佐藤 稔 小松崎 秀人 引地 史郎1) 穂田 宗隆2)	セミキノナト錯体のESR法による研究	第17回日本化学会関東支部茨城地区研究交流会予稿集, p.24 (2006. 11)	1)神奈川大学工学部 2)東京工業大学
三木 奈保美 鈴木 心力 小松崎 秀人 引地 史郎1) 穂田 宗隆2)	トリスピラゾリルボレート配位子とするカルシウム錯体の合成	第17回日本化学会関東支部茨城地区研究交流会予稿集, p.27 (2006. 11)	1)神奈川大学工学部 2)東京工業大学

物質工学科

氏名	論文・著書名	発表機関・出版社等 巻、号(年、月)	備考
仲田 由香利1) 秋山 一斗2) 須田 猛	電子レンジを使った土壌の酸分解法の検討	日本化学会第17回関東支部茨城地区研究交流会プログラムp.35、2006.11	1)平成18年度専攻科修了生 2)平成17年度卒業生
仲田 由香利1) 秋山 一斗2) 須田 猛	電子レンジを使った土壌の酸分解法の検討	日本分析化学会第3回茨城地区分析技術交流会プログラムp.54、2006.12	1)平成18年度専攻科修了生 2)平成17年度卒業生
須田 猛 吉成 偉久 安細 勉 小飼 敬	茨城高専における教室への無線LANの導入と運用	情報処理教育研究発表会論文集第27号 p205、2007.8	
滝沢 陽三 須田 猛 吉成 偉久 小飼 敬 大坪 友信 篠原 啓介 山田 真 土川 洋史	安価なPCを用いたアプライアンス指向サーバーの構築と運用	情報処理教育研究発表会論文集第27号 p199、2007.8	
今井 一雅1) 須田 猛 森 重雄2) 村本 充2) 山崎 誠3) 堀内 征治4) 渡辺 誠一4) 金寺 登5) 仲野 巧6) 真鍋 克也7) 勝浦 創8) 長尾 和彦9) 松野 良信10) 白濱 成希11) 中村 裕之11) 岩田 淳12)	文部科学省の現代GPによるe-Learning創造性教育コースの展開	情報処理教育研究発表会論文集第27号p1、2007.8	1)高知高専 2)苫小牧高専 3)長岡高専 4)長野高専 5)石川高専 6)豊田高専 7)詫間電波高専 8)新居浜高専 9)弓削商船高専 10)有明高専 11)北九州高専 12)松江高専
山崎 哲亨 蝦名 不二夫	アルケン類のポルフィリン化合物への付加反応(6) ー付加生成物のプロファイルの再検討ー	第17回日本化学会関東支部茨城地区研究交流会予稿集, p.1 (2006. 11)	
松本 麻衣子 小玉 理恵 蝦名 不二夫	マイクロ波反応による有機合成(2) ー安息香酸およびフタル酸のエステル化反応への応用ー	第17回日本化学会関東支部茨城地区研究交流会予稿集, p.17 (2006. 11)	
國井 敬一 蝦名 不二夫 小松崎 秀人	ピナコールと典型金属イオンの特異的な相互作用	第17回日本化学会関東支部茨城地区研究交流会予稿集, p.23 (2006. 11)	
鈴木 康司 川井 雄輝 井坂 正博 塚田 貴裕	海水微生物のスクリーニングと16SrDNA配列による同定	第17回日本化学会関東支部茨城地区研究交流会予稿集, p.78 (2006. 11)	
小堀 菜々 鈴木 康司	<i>Pseudomonas putida</i> KT2440株由来リパーゼ関連遺伝子の解析	第17回日本化学会関東支部茨城地区研究交流会予稿集, p.77 (2006. 11)	

物質工学科

氏名	論文・著書名	発表機関・出版社等 巻、号(年、月)	備考
高瀬 憲幸1) 関根 和則2) 谷口 智則3) 坂本 祥吾4) 佐藤 稔 小松崎 秀人 引地 史郎5) 穂田 宗隆6)	セミンノナト錯体のESR法による研究	第17回日本化学会関東支部茨城地区研究 交流会予稿集, p.24 (2006. 11)	1)平成18年度専攻科1 年生 2)平成17年度専攻科修 了生 3)平成16年度卒業生 4)平成17年度卒業生 5)神奈川大学工学部 6)東京工業大学
小林 鮎美1) 宮下 美晴 佐藤 稔	金属錯体に配位した機能性高分子の 研究	第17回日本化学会関東支部茨城地区研究 交流会予稿集, p.82 (2006. 11)	1)平成18年度専攻科修 了生
佐藤 稔 小室 博1)	トーナメント表作成支援ソフトの開発	茨城工業高等専門学校 研究彙報、42、p95 (2007.3)	1)下館二高
谷口 昭三 黒沢 一樹1)	水蒸気蒸留器の新提案	日本化学会第87春季年会講演予稿集 I , pp. 3, 1PA-010 (2007.3)	1)平成18年度専攻科1 年生
谷口 昭三	蒸留器	実用新案登録 第3131339号, (2007.4.11)	
江橋 達也1) 澤田 愛2) 斎藤 保夫	エタノールの触媒的スチームリフォー ミングによる選択的水素化またはメタン 化	第17回日本化学会関東支部茨城地区研究 交流会予稿集, p.69 (2006. 11)	1)平成18年度専攻科1 年生 2)平成18年度専攻科2 年生
佐藤 正浩1) 南條 真希2) 斎藤 保夫	超臨界水効果によるバイオマスのリ フォーミングの試み	第17回日本化学会関東支部茨城地区研究 交流会予稿集, p.75 (2006. 11)	1)平成18年度専攻科1 年生 2)平成17年度本科卒業 生
江橋 達也1) 斎藤 保夫	Pd-ZnO/CeO ₂ 触媒によるメタノールの スチームリフォーミングからの選択的水 素生成表面反応速度	日本化学会第87春季年会講演予稿集 I , 2M2-36(CD-ROM)(2007,3)	1)平成18年度専攻科1 年生
斎藤 保夫	循環型水素燃料前駆体ホウ素酸化物 の超臨界還元反応～地元根ざした 新規循環型水素製造システムの提案	第5回全国高専テクノフォーラム予稿集, p.73 (2007.8.10)	
斎藤 保夫 斎藤 夕季1) 江橋 達也2)	水素製造用ホウ素ハイドライド転換ホウ 素酸化物の還元リサイクル	第100回触媒討論会A予稿集,p.11(2007.9)	1)平成18年度本科卒業 生 2)平成18年度専攻科1 年生
斎藤 保夫	「未来の水素社会を求めて！」	「平成19年度NNS第1回ひらめきサロン」にて 講演(2007.8.3)	
山形 信嗣 小林 奈保子1) 小野 幸太2)	エタノールとメタノールまたはジメチル エーテルからのプロピレン合成	第100回触媒討論会A予稿集,P.46(2007/4)	1)平成18年度本科卒業 生 2)平成19年度本科5年 生

専攻科特別研究題目一覧表(平成18年度)

特別研究題目	学生名	指導教員
機械・電子制御工学専攻		
新しい界面張力測定法の開発	赤津友海	柴田裕一
固体高分子形燃料電池の熱物性に関する研究	池田大輔	根本栄治
導電性ラバーボンド砥石の特性調査	内田光宣	長谷川勇治
温度観察による疲労特性の評価	栗田英憲	押久保武
異方性標準物質Y-Zr-Ba-Cu-O系超伝導体の熱伝導率と結晶構造の相関性	坂本良憲	根本栄治
重複直交変換を用いたサブバンド画像符号化に関する研究	高橋花絵	滑川英世
EGRがディーゼル噴霧の着火・燃焼に及ぼす影響	高安正純	小堀繁治
GPSによる速度計測	寺島大樹	岡本修 菊池誠
レーザアブレーションおよび真空蒸着による微小粒子/薄膜作成の研究	藤枝雅広	加藤文武
情報・電気電子工学専攻		
Webカメラを用いた身振り認識によるユーザインタフェースの実現	大野健太郎	弘畑和秀
太陽電池モジュールを入力電源とした水素製造用DC-DCコンバータの作製	金子直人	関口直俊
Webベースの画像処理システムの開発	河野雄一郎	杉村康 滝沢陽三
WebベースC言語演習システムの開発	木下勇	吉成偉久
公開鍵暗号系を用いたデジタル署名の一考察	菅原拓	安細勉
学習における講義内容のデジタル記述・整理システムの開発	武田雅斗	弘畑和秀 小飼敬
セパレータ形状の異なる固体高分子形燃料電池の出力特性	立花誠二	関口直俊
水素吸蔵合金の部分吸蔵・部分放出による水素貯蔵特性	寺門亮	関口直俊
デジタル技術による位相共役光の生成	富沢祐美	畠山巖
遷移金属を添加した強磁性酸化物半導体薄膜の作製	林永子	山口一弘
MPIによる並列処理の適用と性能評価に関する研究	町田拓哉	村田和英
時間軸とイベント駆動を使用したプログラミング	箕輪貴裕	村田和英 滝沢陽三
アクセシビリティに配慮したWebデザインを支援する制作環境の構築	大川悦史	杉村康 小飼敬
持続力の向上を支援するアプリケーションの開発	山内秀行	杉村康 小飼敬
物質工学専攻		
金属錯体に配位した高分子の機能性についての研究	小林鮎美	佐藤稔
トリスピラゾリルポレート配位子に有するマグネシウム(II)および亜鉛(II)セキキノナト錯体の合成と性質	西連地雅樹	小松崎秀人
塗布法による導電性基板上へのTiO ₂ 光触媒薄膜の低温作製	澤田愛	砂金孝志
金属ポルフィリン-金属フタロシアニン二量体の磁気的性質	添田孝太郎	佐藤稔
土壌中の重金属分析法の研究	仲田由香利	須田猛

卒業研究題目一覧表(平成18年度)

機械工学科

卒業研究題目	学生名	指導教員
脱白金触媒燃料電池の開発に関する研究 (その3. PdおよびNi触媒を用いたセルの開発)	菅井 祐太	根本 栄治
新高温酸化物超伝導体の合成・開発に関する研究 (その10. 2次元異方性熱物性測定装置の開発)	鈴木 直行	根本 栄治
コッホ型伝熱素子の熱伝達現象に関する研究	岡田 真	根本 栄治
無重力状態における沸騰現象の研究 (その4. アトウッド機械による実験)	富永 馨	根本 栄治
固体蓄熱装置の開発に関する研究 (その3. HBS実機による蓄熱性能)	堀江 徳至	根本 栄治
鋼の結晶粒界に及ぼす熱処理温度の影響	高野橋 悠	谷山 久法
	秋山 壮嗣	
ステンレス鋼の高温腐食	大輪 達也	谷山 久法
	佐藤 直樹	
鋼の三相焼入れ	高谷 正明	谷山 久法
赤外線応力測定法の研究	中澤 仁	押久保 武
	前田 直人	
温度測定による金属の寿命評価の研究	細坂 顕史	押久保 武
	浅野 翔	
繰り返し応力による機械的性質の変化について	磯山 紘一	押久保 武
位相差顕微鏡による人口細胞膜の観察と形態変化の相転移研究	遠藤 琢磨	鯉 渕 弘 資
熱流動現象の計算力学的研究	小幡 真司	鯉 渕 弘 資
	江頭 正和	
マイクロチャンネルの応用研究	高木 大輔	柴田 裕一
氷蓄熱冷風機の開発研究	田上 千博	柴田 裕一
手巻きウインチの3次元モデリング	菊地 俊介	富永 学
光ファイバーを用いたマイクロスペックル干渉法の研究	苔米地 樹	富永 学
LabVIEWを用いた干渉計測用のセンサーとアクチュエータの開発	吉村 悟史	富永 学
変形形状と磁性評価によるマルテンサイト変態誘起塑性の研究	鯉 渕 哲也	富永 学
高圧下および減圧下における定常拡散火炎バーナーの実験装置の試作	大黒 琢也	小堀 繁治
高応答性ガス温度センサーの開発	井上 拓也	小堀 繁治
フラットフレームバーナーの設計製作と空気圧制御システムの構築	石川 晃広	小堀 繁治
真空蒸着装置を用いた薄膜作成に関する研究	明 珍 将大	加藤 文武
三次元画像作成・表示に関する研究	根本 陵	加藤 文武
画像識別のためのフィルタリング技術に関する研究	平塚 洋平	加藤 文武
マイクロデジタルHPIV手法の開発	松本 啓	池田 耕
DHPIVによる円形管内流の計測	上野 顕路	池田 耕
DHPIV再生像におけるレンズシステムの影響	照 沼 勇人	池田 耕
有限要素解析のための要素生成ツールの開発	秋山 健太郎	小室 孝文
	箕輪 翼	
有限要素法を用いた位相最適化のための基礎研究	大和田 剛	小室 孝文
	小川 智久	

卒業研究題目一覧表(平成18年度)

電子制御工学科

卒業研究題目	学生名	指導教員
歩行姿勢と歩行運動の関係についての研究	宮崎 秋行	住谷 正夫
倒立振子のゆらぎ解析	内山 賢	住谷 正夫
意識集中に伴う脳波変化の解析	高津 祐太	住谷 正夫
遺伝的アルゴリズムを用いた予測方法の研究	横須賀 太平	飛田 敏光
地震管制運転用センサの研究	荒川 博章	飛田 敏光
マイコン制御ライトレースロボットの学習制御	益子 裕行	飛田 敏光
画像フーリエ変換後の振幅スペクトル差分を用いた欠陥検出法の性能評価	沼知 孝宏	荒川 臣司
	細小路 愛幸	
ハイブリッド発電の特性と応用について	興野 智宏	金子 紀夫
ロータリーバルブを用いたエアークションの製品化にむけての研究	櫻井 智章	金子 紀夫
デジタル・オーディオ・アンプの設計・試作とSPICEシミュレーション	佐々木 雄介	滑川 英世
重複変換を用いたサブバンド画像符号化の性能比較	田口 貴康	滑川 英世
DSPを用いた高速フーリエ変換アルゴリズムの実装	露久保 和浩	滑川 英世
倒立振子を題材とした手動-自動制御系間の状態遷移問題	坏 直輝	菊池 誠
聴覚インタフェースを用いた空間認識に関する定量的状態評価法	白土 勇輝	菊池 誠
室内環境を構成する部材の超音波反射特性の調査	箕輪 侑輔	菊池 誠
移動式床面拭き清掃機構に関する研究	伊藤 亮太	平澤 順治
		飛田 敏光
自動二輪車用車速感応式ステアリングダンパに関する研究 — 非接触式デジタル速度表示機 —	前川 勇人	平澤 順治
		飛田 敏光
移動体の追従システムに関する基礎研究	藻垣 彰人	平澤 順治
		飛田 敏光
変位制御型ナノインデンテーション試験機のプログラム開発	大森 剛茂	金成 守康
	鈴木 貴支	
ペンタセン有機薄膜の曲げ強度-ナノインデンテーション試験の応用	海老原 諒	金成 守康
	国本 允	
ビオトープ型ELID研削用砥石の開発	齋藤 俊一郎	長谷川 勇治
繰り返し圧延によるELID研削用アルミ砥石の開発	萩谷 真	長谷川 勇治
歩行型ロボットのロボットハンド交換システムの開発	黒田 啓史	宝角 敬一
6脚歩行ロボットの歩容解析	山田 雅也	宝角 敬一
産業用ロボット(ITロボット)の機能向上のための研究	林 純一	宝角 敬一
土壌汚染状況調査における地点設定測量装置の開発 — システム設計製作 —	鎌田 裕貴	岡本 修
		滑川 英世
土壌汚染状況調査における地点設定測量装置の開発 — システムの評価 —	戸塚 雄大	岡本 修
		滑川 英世
プレキャストコンクリートの表面画像解析	菅野 航輔	岡本 修
		滑川 英世
干し芋皮むき装置の開発	花田 昌史	岡本 修
		滑川 英世

卒業研究題目一覧表(平成18年度)

電気工学科

卒業研究題目	学生名	指導教員
電線着雪の効果的な防止対策の研究	木村 大 介	長野 眞 康
	森 俊 通	
風力発電模擬システムの構築	篠原 洋 太	長野 眞 康
	萩谷 智 輝	
周期的に特性インピーダンスが変化する不均一線路の伝送特性	藤 咲 健 太郎	遠 藤 勲
CdSナノ微粒子の発光特性	住 谷 貴 子	森 龍 男
発光性不純物を含むナノ微粒子の光学測定	山 崎 大 輝	森 龍 男
Zn _x Cd _{1-x} S系ナノ微粒子の作成と光学特性	小 林 克 昭	森 龍 男
	蛭 田 隼 基	
温度が光ディスク記録再生特性に及ぼす影響の解析	佐 瀬 徹 矢	田 辺 隆 也
LEDを用いた植物栽培におけるフィードバック制御用状態検出法の開発	及 川 和 城	田 辺 隆 也
	田 村 俊 輔	
PID制御による光ビーム位置決めの研究	林 久 生	田 辺 隆 也
	ピルダウス	
ロボット認識用ハフ変換の高速化の研究	梶 山 夏 樹	田 辺 隆 也
電子線回折パターン解析プログラムの構築Ⅱ	太 田 智 規	皆 藤 新 一
低周波振動のレーザ計測	高 萩 和 宏	若 松 孝
銅フタロシアニン薄膜の吸収スペクトル	稲 毛 克 貴	若 松 孝
サーバーサイドスクリプトによる印刷管理システムの開発	昆 弘 和	吉 成 偉 久
初学者のための基礎電気工学学習支援システムの開発	赤 澤 達 也	吉 成 偉 久
	川 又 友 希	
子供行動促進システムの開発と検証	海老原 健 一	吉 成 偉 久
	園 部 力	
	塚 本 佳 幸	
色素増感型太陽電池の負荷装置の作成	山 下 拓 哉	関 口 直 俊
太陽光スペクトル及び風の影響を考慮した太陽電池アレイ出力特性	小 川 圭 祐	関 口 直 俊
	川 上 英 輝	
電気/熱負荷を使用した太陽水素エネルギーシステムの評価	郡 司 淳 史	関 口 直 俊
最大マッチング問題を用いた公開鍵暗号の提案	赤 上 聡	安 細 勉
	秋 山 佳 也	
新しい公開鍵暗号のデジタル署名への応用	土 居 源	安 細 勉
電力変換器におけるパワー半導体デバイスの損失評価	鈴 木 隆	成 慶 珉
	宮 城 貴 大	
三相インバータにおける変調方式の比較検討に関する研究	赤 津 貴 志	成 慶 珉
	関 啓 輔	
Fe-Si系薄膜のPL発光特性	富 田 貴 洋	原 嘉 昭
Fe-Si系焼結体の作製と近赤外発光特性	阿久津 恵 一	原 嘉 昭

卒業研究題目一覧表(平成18年度)

電子情報工学科

卒業研究題目	学生名	指導教員
画像情報の光学的暗号化に関する検討	影山 浩之	畠山 巖
イメージファイババンドルを用いたデジタルホログラフィの基礎検討	立花 秀樹	畠山 巖
低コヒーレントLD(SLD)を用いたデジタルホログラフィ	藤岡 祐二	畠山 巖
デジタルホログラフィによる動画再生	村山 洋昭	畠山 巖
陣取り競技のための最適推定手法の検討	小薬 翔太朗	杉村 康
	越田 弘樹	
	長谷川 貴之	
陣取り競技のための擬似システムの検討	福司 隆之	杉村 康
薄膜円筒面抵抗体の抵抗率の一測定法	澤 畠 達也	柴田 尚志
等角写像を用いたしゃへい形結合ストリップ線路の特性解析	関 進 悟	柴田 尚志
等角写像を用いたインターディジタルキャパシタの特性解析	須藤 隆吉	柴田 尚志
太陽光発電の小規模利用に関する考察	上竹 悠介	四王天 正臣
分散処理型データ収集システムの開発および性能評価	安西 則晃	村田 和英
	池崎 翔	
	小嶋 隆太	
DSPを用いた信号処理実験に関する検討	磯崎 正堯	市毛 勝正
	陣野 和也	
歌唱評価のための音響的特徴に関する一検討	大高 邦久	市毛 勝正
	田中 峻祐	
童話音声合成のための一検討	木崎 有美	市毛 勝正
	高島 こずえ	
LSPを用いた音声認識への雑音の影響に関する検討	綿引 周平	市毛 勝正
ルチル型Co添加TiO ₂ 薄膜の磁性に関する研究	川松 正敬	山口 一弘
強磁性酸化物薄膜の評価	羽鳥 貴大	山口 一弘
ポーラスアルミナを作製するためのアルミ膜の形成	長谷川 博紀	山口 一弘
		弥生 宗男
1次元磁性フォトニック結晶における磁気光学ファラデー効果に対する膜厚誤差の影響	谷口 静香	山口 一弘 弥生 宗男
音声認識による自動車制御の研究	理崎 祐子	弘畑 和秀
多目的学習支援ソフトの製作	田口 峻佑	弘畑 和秀
	田中 佑希	
シンプソンの公式とロンバーグ法を用いた数値積分に関する研究	コン リウ チン	弘畑 和秀
ファイル管理システムに関する考察	亀山 鉄平	杉村 康
	中村 幸生	小飼 敬
Flashを用いたモバイル入力支援ツールの開発	川崎 結花	杉村 康
		小飼 敬
携帯電話を対象とした電子メールによるデータベース操作機構の開発	石川 沙織	弘畑 和秀
		小飼 敬
携帯電話を対象とした電子メールにおけるパイプ機能の実現	野口 拓也	弘畑 和秀
		小飼 敬
コンピュータ上の文章作成におけるアウトライナの有用性と適したファイル形式の検討	益子 沙織	弘畑 和秀
		小飼 敬
eラーニング画面の背景色と学習者の集中力に関する一考察	平 智恵	奥山 慶洋

卒業研究題目一覧表(平成18年度)

物質工学科

卒業研究題目	学生名	指導教員
空調された実験室内の作業環境	福山 順子	谷口 昭三
ピロールカルボアルデヒドを原料としたポルフィリン合成の検討	千々崎 謙伍	谷口 昭三
2-ヒドロキシメチルピロール合成とそれを用いたジピラン誘導体合成の検討	大内 孝雄	谷口 昭三
2-(トリメチルシロキシメチル)ピロールを用いたポルフィリン合成の検討	米川 梨沙	谷口 昭三
Visual C++を用いた金属イオン定性分析自習ソフトの開発	小松崎 瞳	須田 猛
ケルミネスセンスアナライザーの応用研究(1) — 米の変質評価 —	野口 直人	須田 猛
ケルミネスセンスアナライザーの応用研究(2) — 石炭表面の分析 —	安 祐輔	須田 猛
土壌中に含まれるクロムの定量分析(2) — 試料からの溶出法の比較 —	金丸 実り	須田 猛
磁気処理水が微生物に及ぼす影響(1)	今泉 明子	鈴木 康司
<i>Pseudomonas putida</i> 由来 <i>armX</i> 遺伝子のクローニング(1)	坂本 幸平	鈴木 康司
<i>Pseudomonas</i> sp. 由来オキサロ酢酸デカルボキシラーゼ遺伝子のクローニング(1)	中村 匠子	鈴木 康司
<i>Bacillus</i> 由来ジアホラーゼ遺伝子のクローニング(1)	梶山 和浩	鈴木 康司
アルケン類のポルフィリンへの付加反応(8) — 塩化ビニルとTPPとの付加反応の検討 —	白井 智彦	蝦名 不二夫
バナジウム(IV)ポルフィリン錯体の簡便な合成法の開拓(2)	石田 明寛	蝦名 不二夫
マイクロ波反応による有機合成反応(3) — TPP合成の試み —	小玉 理恵	蝦名 不二夫
過酸化水素を酸素源とするチトクロムP-450モデル反応(2) — 脂溶性金属ポルフィリンを用いたモデル系の検討 —	大貫 達央	蝦名 不二夫
過酸化水素を酸素源とするチトクロムP-450モデル反応(3) — 陽イオン性金属ポルフィリンの合成とモデル系の検討(2) —	茅 根 愛	蝦名 不二夫
アルギン酸とポリビニルアルコールの複合化	宇津野 彰浩	宮下 美晴
キトサンへのラクチドの開環グラフト化に関する研究	深谷 恵子	宮下 美晴
Cholesteryl hydrogen terephthalateの相転移挙動	前野 悠美	宮下 美晴
微生物産生ポリエステル/セルロースエステル系ブレンドの相溶性	横田 真以子	宮下 美晴
磁気処理水の特性研究(7) — μ バブルとの組み合わせによる相乗効果 —	大高 直樹	富田 豊
機能性化粧品の研究開発(2) — 磁気処理水の乳化特性 —	蜂巢 理沙子	富田 豊
ケルミネスセンス法の可能性評価試験(1) — 干し芋の旨味測定法としての可能性 —	渡邊 晶	富田 豊
ケルミネスセンス法の可能性評価試験(2) — 食用油の品質評価法としての可能性 —	星 ひとみ	富田 豊
ピリジルトリフェニルポルフィリンマンガン(III)錯体のコバルト(II)ポルフィリンへの配位とその磁氣的性質	関根 恵	佐藤 稔
ファイトレメディエーションの研究 — コケ中における銅(II)イオンの存在形態 —	中嶋 理賀	佐藤 稔
微生物における銅(II)イオンの蓄積作用と存在形態の解析	田中 菜美	佐藤 稔
電磁誘導による水分子のクラスターの開裂に対する理論的考察	根本 孝裕	佐藤 稔
リン酸二水素カリウム(KDP)大型単結晶における高速成長法の検討	篠原 久実	グスマン ルイス
リン酸二水素カリウムの結晶成長における染料ビスマルクブラウンとナフトールグリーンBの影響	立蔵 真紀子	グスマン ルイス

物質工学科

卒業研究題目	学生名	指導教員
Al(III)イオン添加系におけるリン酸二水素カリウム(KDP)結晶成長速度のヒステリシス現象	谷 藤 溪 詩	グスマン ルイス
エタノールとメタノールまたはジメチルエーテルからのプロピレン合成用触媒の探索	小 林 奈保子	山 形 信 嗣
光触媒によるエタンからのエチレン合成	菊 池 一 哉	山 形 信 嗣
メタンの酸化カップリングによるエチレン合成 — タングステン酸塩担持触媒の活性 —	菊 池 貴 宏	山 形 信 嗣
ZnS _{1-x} Se _x による白色LED用蛍光体の研究	横 澤 拓 磨	原 嘉 昭
コバルトチオラート錯体による酸素活性化とその活性種の反応性	貴 志 礼 文	小松崎 秀 人
ニッケルチオラート錯体による酸素活性化機構の解明	松 崎 翔	小松崎 秀 人
トリスピラゾリルボレート配位子とするバナジウム錯体の合成と性質	石 橋 拓 朗	小松崎 秀 人
塗布法による可視光応答型TiO ₂ 光触媒薄膜の研究	高 谷 清 彦	砂 金 孝 志
ZnOを使った色素増感太陽電池の研究(2)	善 村 仁 美	砂 金 孝 志
ケミルミネッセンスアナライザーの応用研究 — お茶、光触媒への適用 —	横 井 達 也	砂 金 孝 志
メタン生成を目指したエタノール水蒸気改質触媒の探索	石 田 優 美	斎 藤 保 夫
メタホウ酸ナトリウムの高圧水素化反応条件の検討	斎 藤 夕 季	斎 藤 保 夫
新規燃料改質剤添加によるNO _x の低減	諸 澤 悠 介	斎 藤 保 夫
炭酸ガスのメタンリフォーミング用Ni触媒の構造と活性(H6～H17までの総括)	深 作 祥 斗	斎 藤 保 夫

卒業研究題目一覧表(平成18年度)

物質工学科

卒業研究題目	学生名	指導教員
空調された実験室内の作業環境	福山 順子	谷口 昭三
ピロールカルボアルデヒドを原料としたポルフィリン合成の検討	千々崎 謙伍	谷口 昭三
2-ヒドロキシメチルピロール合成とそれを用いたジピラン誘導体合成の検討	大内 孝雄	谷口 昭三
2-(トリメチルシロキシメチル)ピロールを用いたポルフィリン合成の検討	米川 梨沙	谷口 昭三
Visual C++を用いた金属イオン定性分析自習ソフトの開発	小松崎 瞳	須田 猛
ケルミネスセンスアナライザーの応用研究(1) — 米の変質評価 —	野口 直人	須田 猛
ケルミネスセンスアナライザーの応用研究(2) — 石炭表面の分析 —	安 祐輔	須田 猛
土壌中に含まれるクロムの定量分析(2) — 試料からの溶出法の比較 —	金丸 実り	須田 猛
磁気処理水が微生物に及ぼす影響(1)	今泉 明子	鈴木 康司
<i>Pseudomonas putida</i> 由来 <i>armX</i> 遺伝子のクローニング(1)	坂本 幸平	鈴木 康司
<i>Pseudomonas</i> sp. 由来オキサロ酢酸デカルボキシラーゼ遺伝子のクローニング(1)	中村 匠子	鈴木 康司
<i>Bacillus</i> 由来ジアホラーゼ遺伝子のクローニング(1)	梶山 和浩	鈴木 康司
アルケン類のポルフィリンへの付加反応(8) — 塩化ビニルとTPPとの付加反応の検討 —	白井 智彦	蝦名 不二夫
バナジウム(IV)ポルフィリン錯体の簡便な合成法の開拓(2)	石田 明寛	蝦名 不二夫
マイクロ波反応による有機合成反応(3) — TPP合成の試み —	小玉 理恵	蝦名 不二夫
過酸化水素を酸素源とするチトクロムP-450モデル反応(2) — 脂溶性金属ポルフィリンを用いたモデル系の検討 —	大貫 達央	蝦名 不二夫
過酸化水素を酸素源とするチトクロムP-450モデル反応(3) — 陽イオン性金属ポルフィリンの合成とモデル系の検討(2) —	茅 根 愛	蝦名 不二夫
アルギン酸とポリビニルアルコールの複合化	宇津野 彰浩	宮下 美晴
キトサンへのラクチドの開環グラフト化に関する研究	深谷 恵子	宮下 美晴
Cholesteryl hydrogen terephthalateの相転移挙動	前野 悠美	宮下 美晴
微生物産生ポリエステル/セルロースエステル系ブレンドの相溶性	横田 真以子	宮下 美晴
磁気処理水の特性研究(7) — μ バブルとの組み合わせによる相乗効果 —	大高 直樹	富田 豊
機能性化粧品の研究開発(2) — 磁気処理水の乳化特性 —	蜂巢 理沙子	富田 豊
ケルミネスセンス法の可能性評価試験(1) — 干し芋の旨味測定法としての可能性 —	渡邊 晶	富田 豊
ケルミネスセンス法の可能性評価試験(2) — 食用油の品質評価法としての可能性 —	星 ひとみ	富田 豊
ピリジルトリフェニルポルフィリンマンガン(III)錯体のコバルト(II)ポルフィリンへの配位とその磁氣的性質	関根 恵	佐藤 稔
ファイトレメディエーションの研究 — コケ中における銅(II)イオンの存在形態 —	中嶋 理賀	佐藤 稔
微生物における銅(II)イオンの蓄積作用と存在形態の解析	田中 菜美	佐藤 稔
電磁誘導による水分子のクラスターの開裂に対する理論的考察	根本 孝裕	佐藤 稔
リン酸二水素カリウム(KDP)大型単結晶における高速成長法の検討	篠原 久実	グスマン ルイス
リン酸二水素カリウムの結晶成長における染料ビスマルクブラウンとナフトールグリーンBの影響	立蔵 真紀子	グスマン ルイス

物質工学科

卒業研究題目	学生名	指導教員
Al(III)イオン添加系におけるリン酸二水素カリウム(KDP)結晶成長速度のヒステリシス現象	谷 藤 溪 詩	グスマン ルイス
エタノールとメタノールまたはジメチルエーテルからのプロピレン合成用触媒の探索	小 林 奈保子	山 形 信 嗣
光触媒によるエタンからのエチレン合成	菊 池 一 哉	山 形 信 嗣
メタンの酸化カップリングによるエチレン合成 — タングステン酸塩担持触媒の活性 —	菊 池 貴 宏	山 形 信 嗣
ZnS ₁ -XSeXによる白色LED用蛍光体の研究	横 澤 拓 磨	原 嘉 昭
コバルトチオラート錯体による酸素活性化とその活性種の反応性	貴 志 礼 文	小松崎 秀 人
ニッケルチオラート錯体による酸素活性化機構の解明	松 崎 翔	小松崎 秀 人
トリスピラゾリルボレート配位子とするバナジウム錯体の合成と性質	石 橋 拓 朗	小松崎 秀 人
塗布法による可視光応答型TiO ₂ 光触媒薄膜の研究	高 谷 清 彦	砂 金 孝 志
ZnOを使った色素増感太陽電池の研究(2)	善 村 仁 美	砂 金 孝 志
ケミルミネッセンスアナライザーの応用研究 — お茶、光触媒への適用 —	横 井 達 也	砂 金 孝 志
メタン生成を目指したエタノール水蒸気改質触媒の探索	石 田 優 美	斎 藤 保 夫
メタホウ酸ナトリウムの高圧水素化反応条件の検討	斎 藤 夕 季	斎 藤 保 夫
新規燃料改質剤添加によるNO _x の低減	諸 澤 悠 介	斎 藤 保 夫
炭酸ガスのメタンリフォーミング用Ni触媒の構造と活性(H6~H17までの総括)	深 作 祥 斗	斎 藤 保 夫

平成 20 年 3 月 発行

編集・発行 茨城工業高等専門学校

〒312-8508 茨城県ひたちなか市中根 866

TEL. 029 (272) 5201

印刷所 いばらき印刷 (株)

CONTENTS

- 1 2nd Report on an Actual Example for a New Teaching Method for Enhancing the Creative Skill
..... Shoichi MIYOSHI, Takeshi KAWASAKI, Yoshihito KUNII,
Suguru KOMATSUZAKI, Kazuhiro SAITO, and Munenori TAYAMA (1)
- 2 A Prospect of Globalized World Economy and the Subject of Engineering Education in East Asia
..... Kenichi HAKOYAMA (9)
- 3 A Cross-Sectional Study of English Tense and Aspect of Technical College Students
..... Rie SUGIURA (13)
- 4 A future prediction of the capacities of Facilities' of nuclear power generation, that considers
the life of the nuclear reactor, and a tentative plan for nuclear reactor rebuilding
..... Takao MATSUZAWA, Yasuhiro OKUYAMA, Manabu TOMINAGA, Megumi SEKINE,
Yuki AIZAWA, Yuji OHNUMA, Rie MATSUDA, and Fumiyasu SAITOH (23)
- 5 Climbing Mt. Fuji to Measure Secondary Cosmic Rays
..... Takao MATSUZAWA, Yuji OHNUMA, Motoki AIZAWA, Tatsuya AKUTSU, Akira MORIWAKI,
Hiroaki NAKAJIMA, Ryuji IIJIMA, Shiori MINOWA, Megumi SEKINE, and Hiroshi YASUDA (35)
- 6 A Trial of making a Dye-sensitized Solar Cell using a natural pigment
..... Takao MATSUZAWA, Haruna GOTO, Haruka MIYANO, Sayuri GOTO, Ayaka METOKI,
Siori MINOWA, Kyouhei MATSUMOTO, Takesi ASANO, and Megumi SEKINE (47)
- 7 Proposal of Spectral Stochastic Finite Volume Method and the Fundamental Study
..... Hidenori NAKAGAWA (59)
- 8 A Study of the Heat Transfer Phenomena of the von Koch Type Heat Conductive Element
..... Eiji NEMOTO and Makoto OKADA (63)
- 9 Fracture Analysis of Striking Face Ring Spanner
..... Takeshi OSHIKUBO, Hisanori TANIYAMA, Yuichi SHIBATA and Masaaki KAWASAKI (71)
- 10 Development of Learning Support Environment for Mobile Learning System by Using Portable Video Game Machine
..... Masahiko FUSE, Youko TAKI, Seiichiro MIURA, Kiminori NISHIYAMA,
Mitsuo SUZUKI, Nobuyuki NEMOTO, and Satoru OZAWA (77)
- 11 Development of Multimedia Learning Materials for Observation of the Swan along The Natsui River
in Iwaki City Masahiko FUSE, Kayoko NAGAO, and Mariko HANAZONO (85)
- 12 Development of Supporting Software on the Arrangement of a Tournament Diagram (2)
..... Minoru SATOH and Hiroshi KOMURO (93)
- 13 A consideration of the meaning of "MODIGLIANI" in the work of Dazai's "NINGEN SHIKKAKU"
..... Junji HIRASAWA (106)
- 14 The study about The Individualism by Sorai Ogyu Kunio SEO (112)