ISSN 0286-3391

茨城工業高等専門学校

研　究　彙　報

第 48 号

平成25年3月

RESEARCH REPORTS
OF
IBARAKI NATIONAL
COLLEGE OF TECHNOLOGY

NO. 48

MARCH 2013

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４８号

目　　次

1　高専における英語教育のあり方に関する一考察（その２）
－ スクリプト暗記･シャドーイング･筆記指導の効果 －　…… 池松　峰男　(1)

2　赤外線サーモグラフィによる準安定オーステナイト系ステンレス鋼の特異な変形挙動観察
…… 大内　崇弘・冨永　学　(5)

3　主成分分析の固有ベクトルと時空間データパターンとの関係について　…… 住谷　正夫・Bin　He　(13)

4　モーションキャプチャ・システムを用いた身体バランス評価モデルの基礎的検討
…… 小坂　浩気・丸山　智章　(21)

5　量子力学における弱値と弱測定について　…… 四王天　正臣　(27)

6　フレームワークに基づいた機能限定ソフトウェアシステム設計ツールの開発　…… 滝沢　陽三　(31)

7　*Pseudomonas putida* 由来 *arm*X の解析と遺伝子クローニング　…… 鈴木　康司・坂本　幸平　(35)

8　高専生の生活習慣及び携帯電話の使用方法とソーシャルサポートの関連
…… 荒井　信成・森　信二・添田　孝幸・上地　勝・田神　一美　(41)

9　日本学術振興会科学研究費助成事業（平成２４年度）　…… (49)

10　外部資金受入による共同研究（平成２３年度）　…… (50)

11　教員事績（平成２３年１０月～平成２４年９月）　…… (51)

12　専攻科特別研究題目一覧表（平成２３年度）　…… (64)

13　卒業研究題目一覧表（平成２３年度）　…… (65)

高専における英語教育のあり方に関する一考察（その２）
-スクリプト暗記・シャドーイング・筆記指導の効果-

池松峰男

English Education in Colleges of Technology (2)
- On the effect of script-memorization, shadowing, and writing-instruction -

Mineo IKEMATSU

Abstract: We proposed last year (2010) a class design for English teaching to students at National Colleges of Technology in Japan in order to address an issue that the English proficiency of those students is acknowledged poor. Here we report how the class design worked based on a result obtained through one-year teaching to 210 students at Ibaraki National College of Technology. The core of the design consisted of four parts: reading, grammar-instruction, rapid-reading, and composition. For reading, instead of using conventional textbook, we selected several short stories with only about 200 words and corresponding listening materials out of the Internet and books to relieve the tedium. Students were required to memorize the whole manuscript after the instruction of each material. In reading, grammar, and rapid-reading class, part of the classes were instructed to do shadowing upon listening. For composition, we used sentence-based quizzes and instructed students with a structure for effective writing and writing-strategy which encourages to use simple expressions. The class-design was assessed by a correlation between GTEC (English proficiency test) (Benesse Corp., 2009) score and students' performance of each part. As a result, we found that there were positive correlations between the reading score and script memorization, the listening score and shadowing, and writing score and writing-strategy instruction. The results infer that English teaching could be simplified to only three items: script-memorization, shadowing, and writing-strategy.

１．はじめに

昨年（2010 年）度、低いとされている高専生の英語力を向上させることを目的とし、経験的に有効性が認識されているものの系統的検証が行われていなかった英文スクリプト暗記を茨城高専 2010 年度入学１年次学生 43 名に対して実施した。そして英文スクリプトの暗記が GTEC[1]スコアと正の相関（R^2:0.53）があることを見出した。その後、本成果を基礎とし、精読・文法・英作文・速読で構成されるクラスデザインを作成した（図 1）[2,3]。そして本年（2011 年）度、本クラスデザインに基づき 2011 年度入学第 1 年次学生に対して英語授業を実施した。本授業では、英文スクリプト暗記に加え、その有効性について研究途上であるシャドーイング、および GTEC ライティングセクションに対応するための筆記戦略指導を実施した。本稿ではこれら３つの方策が GTEC スコアに与えた効果について述べる。

２．方　法

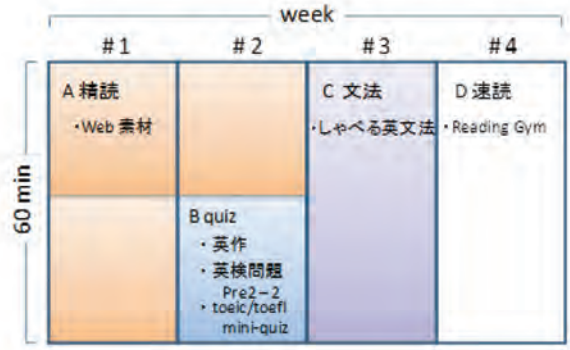


図１　クラスデザイン

2.1. スクリプト暗記

2011 年度入学の 1 年次学生 210 名（1 クラス 42 名 x 5 クラス（1 組～5 組）。本学年は教員 2 名で対応。1,2 組を井坂が、3～5 組を池松が担当）に対し、精読用英文スクリプト（Scientific American, BBC などのウエブ素材。各回、約 200 語で構成）の各回の解説が終了した後、スクリプト全文を暗記するよう指示し、以降の授業時に暗記

内容の筆記を求めた。本スクリプト暗記は通年、計 8 回実施した。各回の筆記時間は 10～20 分の間で各回の内容に応じて設定した。評価は書けた語数の全体語数に対する割合に100を掛けて算出した。但し、スペルミス等がある場合、5~10 点の幅で減点した。また完全正答には110 点を与えた。

2.2. シャドーイング

池松の担当する 3 クラスにおいて、精読・文法（会話文形式）・速読の授業時に行う各素材のリスニングの際、池松自らがシャドーイングを行い、同時に学生にもシャドーイングを必ず行うよう指導した（井坂の担当する 2 クラスでは、この指導は行わなかった。）なお、本授業中のシャドーイングでは、「スクリプトを見ずに行うこと」を強要しなかった。

2.3. 筆記戦略指導

全5クラスにおいてGTEC受験直前にライティングセクション対策として、試験直前の2時間を使い、論述文の筆記戦略（文章を効果的にするためには「第一パート：意見表明、第二パート：理由論述、第三パート：結論」で構成する必要がある、という方法論）を指導した。また井坂が担当する2クラスにおいては更に、より多くの文章を作成させることを目的として、複雑な文章を避け、より簡単な文章を書くよう指導した。

3. 結果と考察

3.1. スクリプト暗記

図2にスクリプト暗記スコアのクラス平均とGTEC トータルスコアのクラス平均との関係を示す（本図作成において、スクリプト暗記に積極的でなかった一クラスのスコアは外した）。本図より、両スコアには強い相関（R^2: 0.91）があることが分かる。次にスクリプト暗記はGTEC を構成する3セクションのどのセクションと関連しているのかを見るために各セクション平均スコアとの関係を調べた。その結果、スクリプト暗記スコアはリスニングスコアおよびライティングスコアとは殆ど相関は見られなかった（図示せず）が、トータルスコアほどではないものの、リーディング平均スコアと比較的強い相関（R^2: 0.65）があることが分かった（図3）。本結果は昨年(2010 年)度得られたもの（1学年1クラス42名による授業における結果）と同様の傾向を示しており、スクリプト暗記がリーディングスキル向上に有効であることを示唆している。ただ一方で、トータルスコアとの相関の方が強いことは、スクリプト暗記がリーディングのみに効果を示しているのではないことも示している。これはスクリプト暗記という単純な課題とはいえ、暗記を達成するための「方法論」は人によってまちまち（筆記や音読、あるいは両者を同時に行いながら覚えるといったこと）であることから当然のことかもしれない。なお現段階ではスクリプト暗記とリーディングスコアの相関が示されたに過ぎない。今後、暗記の仕方を統制することも含めた実験を通して、因果関係を明らかにしなければならない。

3.2. シャドーイング

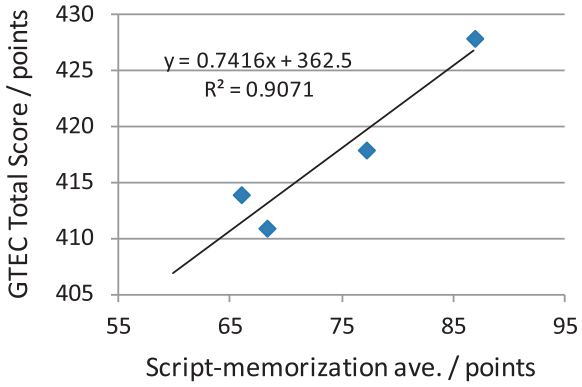


図2　スクリプト暗記と GTEC トータルスコアとの関係

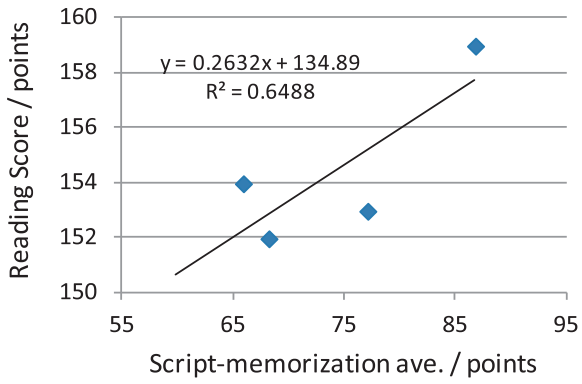


図3　スクリプト暗記とリーディングスコアとの関係

図4にクラス毎のリスニング平均スコアを示す。クラス#1, 2 が井坂担当のクラス、クラス#3-5 が池松担当のクラスである。本図より、シャドーイング指導を実施したクラス（#3-5）は指導をしていないクラス（#1,2）より平均点が高いことが分かる。この高さは、トータルスコアの平均が他の 4 クラスより 10 点以上高いクラス#1 のリスニングスコアを当該3クラスのリスニングスコアが全て上回っていることから、何らかの効果を表わしていると考えられる。両クラス群での音声指導面での唯一の違いがシャドーイングの有無であることから、この効果はシャドーイングによってもたらされたと考えるのが妥当である。

玉井[4,5]によれば、シャドーイングにより音韻分析能力は向上するが、意味理解力の向上には到らない。つまりシャドーイング訓練を行っても、今回用いたGTEC のような検定試験のリスニングスコアを改善することは難しいということになる。しかし今回の結果はこれに反し、シャドーイングによって意味理解力が向上することを示している。これはシャドーイングの効果検証を目的とした実験が 1 週間から長くて3カ月といった短期間に行われているのに対し、今回実施したシャドーイングは授業中だけとはいえ長期間（1 年間）行われたものであることに起因すると考えられる。というのも長期

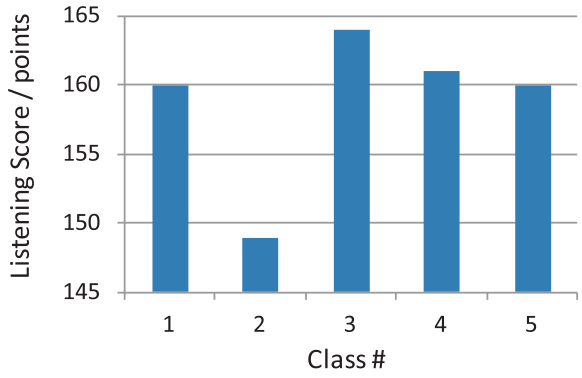


図4　クラス別リスニング平均スコア

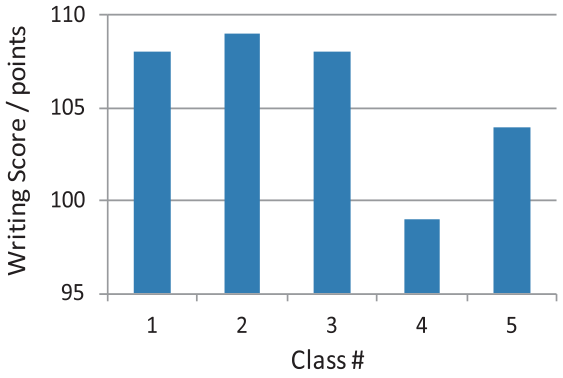


図5　クラス別ライティング平均スコア

にわたるシャドーイング訓練によってBaddeleyの作業記憶モデル[6]におけるComprehensionまで認知処理が進んだ可能性があるためである。学生へのアンケートから彼らの大多数は家庭学習においてシャドーイングは意識的には行っていないことが分かっている。よってシャドーイングは非常に短時間（1コマ授業で5分程度。週4コマ授業がある）ではあっても、継続して行えば「音韻分析」から「意味理解」まで高められる訓練法である可能性もある。また今回のシャドーイングが音声を聞きながら何も見ずに発話する本来の姿ではなく、スクリプトを見ながら行ったこともスコア向上に役立ったのかもしれない。これらの点についても、前述の「スクリプト暗記」同様、今後実験によって確認しなければならない。

3.3. 筆記戦略指導

図5にクラス毎のライティング平均スコアを示す。本図より、簡単な文章を書くように指導されたクラス#1,2の成績が高いことが分かる。興味深いのは、トータルスコア、リーディングスコア、リスニングスコア、いずれも5クラス中最下位であったクラス#2のライティングスコアが5クラス中トップであること、およびクラス#1,2に#3を加えた3クラスの各平均スコアが高校3年生の全国平均:106点[7]を上回っていることである。このことは第一に「効果的な文章」の構造と簡単な文章を書くことという単純でかつ短期間（2時間）の指導であってもライティングスコアに与える効果が大きいこと、第二に一般に高校生は筆記戦略を「指導されていない」ことを示唆している。外国語学習におけるライティングやスピーキングといったアウトプットの重要性は常に指摘されるのであるが、使う機会が少ない日本にあってはその訓練の欠如は恒常的かつ本質的な問題である。今後、先ずはライティングスキル向上を目指しさらなる効果検証とコミュニケーション戦略あるいは学習戦略[8]としての指導方法の一般化へ取り組んでいかなければならない。

4．おわりに

英文スクリプト暗記、シャドーイング、そして筆記戦略指導が英語検定の結果に及ぼす影響を調べた。その結果、英文スクリプト暗記はトータルスコアと強く関わることが分かった。セクション別に見ればリーディングスコアとの相関が高いのであるが、全体により大きく影響を及ぼしていることは興味深い。つまり大雑把にいえば英語力向上を目指すのであれば、先ず「スクリプトを覚えればよい」ことになる。シャドーイングの研究は、例えば黙読訓練に加える形でその効果が調べられているものの、今回のようにスクリプトを見ながら「同時」にシャドーイングを行った場合や、あるいはシャドーイングのみを行った場合の検定試験への影響が調べられていない。本研究から、スクリプトを見ながらでも1年間継続すればリスニング能力（意味理解を伴うもの）向上が期待できることが分かったことは大きな前進である。ライティングに関しては更に顕著で、ほんの2時間の筆記戦略指導でも劇的にそのスコアを向上させることができた。以上をまとめると、スクリプト暗記・シャドーイング・筆記戦略の「指導セット」でトータルの英語運用を向上させることが可能、ということになる。今後は「3．結果と考察」で述べたように、実験を通して、各指導方法とそれぞれに対応して向上する言語能力との因果関係を明確にしていきながら、本「指導セット」の如く単純化され使いやすくなったものをさらに洗練し、学習者がその効果を信じることで安心して学習を継続できるような方法論を創っていきたい。

謝辞

本研究の実施においてご協力いただいた茨城工業高等専門学校人文科学科の井坂友紀先生に感謝申し上げます。

参考文献

1）GTEC for STUDENTS:（株）ベネッセコーポレーションが提供する英語検定試験。Core（中2、中3レベル）, Basic（高1、高2レベル）, Advanced（高2、高3レベル）の3タイプがあり、どのタイプもReading, Listening, Writingセクションで構成されている。茨城工業高等専門学校では第1学年および第2学年の学生が年に一回、それぞれBasicおよびAdvancedを受験することになっている。
2）池松峰男，井坂友紀：「高専における英語教育のあり方に関する一提案」平成23年度全国高専教育フォーラム教育研究活動発表概

要集, pp.261-262 (2011).
3） Ikematsu, M. & Isaka, T.: On English Education in Colleges of Technology in Japan, *ISATE 2011,* 95 (2011).
4） 玉井健:「リスニング力向上におけるシャドーイングの効果について」, 通訳研究, pp.178-192 (2002).
5） Baddeley, A.: *Working Memory.* New York: Oxford University Press. (1986).
6） 玉井健 :「シャドーイングの効果と聴解プロセスにおける位置付け」時事英語研究, **36**, pp.105-116 (1997).
7） GTEC 報告会資料 (2012).
8） Oxford, R: *Language Learning Strategies: What Every Teacher Should Know.* Rowley, Mass.: Newbury House (1990).

赤外線サーモグラフィによる準安定オーステナイト系ステンレス鋼の特異な変形挙動観察

大内　崇弘[1]、冨永　学[2]

Observation of anomalous deformation behavior in metastable austenitic stainless steel by infrared thermography

Takahiro OUCHI and Manabu TOMINAGA

Abstract: Metastable austenitic stainless steel is transformed to martensitic phase from austenitic phase by strain of cold working. This phenomenon is called strain induced martensitic transformation and brings high ductility, high strength. In the previous study, this phenomenon was investigated using dynamic electronic speckle pattern interferometry (DESPI). However, DESPI is not usable easily because high accuracy is required of the experimental system. In this study, we observed the tensile tests of austenitic stainless steel SUS304 by infrared thermography, and investigated the deformation behavior of the specimen by temperature measurement. As a result, infrared thermography could observe behavior of local strain as well as DESPI. However it is difficult to perform the directly quantitative evaluation of a local strain by infrared thermography.

1.　序論

ステンレス鋼は耐食性や強度に優れ、家庭用から工業関連まで、幅広く用いられている。この鋼は、その内部に含む元素の種類と含有量、および組織の違いによって様々な優れた性質を示す。例えば、マルテンサイト系のステンレス鋼は硬さに優れ、フェライト系は耐食性に優れている。また、オーステナイト系は前述の 2 種類よりもさらに耐食性に優れ、粘り強いという特徴がある。

オーステナイト系ステンレス鋼は、塑性変形などの冷間加工により、オーステナイト相がマルテンサイト相へと変態する。これを、加工誘起マルテンサイト変態と呼ぶ。また、この現象を伴う塑性は変態誘起塑性（Transformation Induced Plasticity, TRIP）といわれている。TRIP を生じる鋼は、オーステナイト相の一部がマルテンサイト相に変態することによって刻々と強化されていくため、強度を保ちながら非常に大きな伸びが得られるという優れた機械的性質を持つ。また、鋼を変形させる際の雰囲気温度およびひずみ速度によっても機械的性質が変化することが知られている。これらの特性を調査することにより、TRIP 鋼の理解に貢献する知見を得ることができる。

これまでの研究では、動的電子スッペクルパターン干渉法[1)]（Dynamic Speckle Pattern Interferometry, DESPI）や X 線回折[2,3)]を用いて、オーステナイト系ステンレス鋼 SUS304 の変形挙動と加工誘起マルテンサイト変態の評価を行ってきた。これらの研究によって、低ひずみ速度における塑性変形の後半では、ひずみが空間的に X 字型に局在し（以下、局在ひずみ）、その局在ひずみが試験片上を繰り返し伝搬することによって変形が進展するという現象を見出した。そして、その局在ひずみが試験片の上端あるいは下端に到達したときに、応力ひずみ曲線上に突起状の応力変動が現れることも明らかにされた。また、局在ひずみが試験片上を繰り返し伝搬しながら変形が進展する特異な変形挙動は、局在ひずみが発生した部分が加工誘起マルテンサイトによって強化され、変態量が少ない部分に局在ひずみが移動する現象であることが明示された。

しかし、DESPI による変形観察ではレーザ光の干渉を用いるため、光の波長以下の高精度な実験装置や専門知識が必要である。ところで、試験片は塑性変形させる時、試験片内部で生じる結晶のすべりにより熱が発生する。したがって、単位時間あたりの変形の大小が温度上昇の大小として現れる。また、変形が空間的に集中している部分は、他の部分よりも温度上昇が大きい。言い換えれば、試験片は時間および空間的なひずみ速度に対応した温度分布になると予想される。例えば、試験片が一様な変形であれば、一様な温度分布であり、試験片に局在ひずみが発生している

1　産業技術システムデザイン工学専攻
2　機械システム工学科

状態では、その部分の温度がより高温になるはずである。これらのことから、引張試験中の試験片の温度を赤外線カメラで測定すれば、試験片の時間および空間的な変形挙動が観察でき、局所的に変形量の大きい局在ひずみの挙動を間接的に評価できることが期待できる。

本研究では、オーステナイト系ステンレス鋼 SUS304 の引張試験の変形過程を赤外線カメラで観察することを試みる。このことによって、実験環境の面で DESPI よりも簡便に使用できる赤外線カメラが試験片の特異な変形挙動を観察する有効な手法となり得るかについて評価した。

2.　実験方法

2.1　引張試験

2.1.1　試験片

試験片の供試材には、準安定オーステナイト系ステンレス鋼の中で最も代表的な SUS304 を使用した。Table 2.1 に本実験で用いた供試材の製造元が成分分析したミルシートのデータを示す。また、試験片の形状と寸法を Fig. 2.1 に示す。全長が 150mm、平行部の長さが 60mm、平行部の幅が 15mm、板厚が 2mm のもので、標点間距離は 50mm とした。

2.1.2　試験条件

引張試験機には、島津製作所製の AG-250kNXplus（床置形、負荷容量 250kN）を使用した。引張試験は室温下で行った。また、既報で明らかになった 3 種類の「一様変形からネッキングを生じる変形」、「試験片上を局在ひずみが連続して伝搬する変形」、「試験片上を局在ひずみが不連続に伝搬する変形」の挙動を再現するために、Table 2.2 に示す条件 1 から条件 3 のひずみ速度で実験を行った。本論文におけるひずみ速度とは破断時の標点間伸びと試験時間から算出したものである。

Table 2.1 Chemical compositions of the SUS304 austenitic stainless steel specimen.

Unit:wt%

Material	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
SUS304	0.05	0.60	1.02	0.029	0.001	8.05	18.12

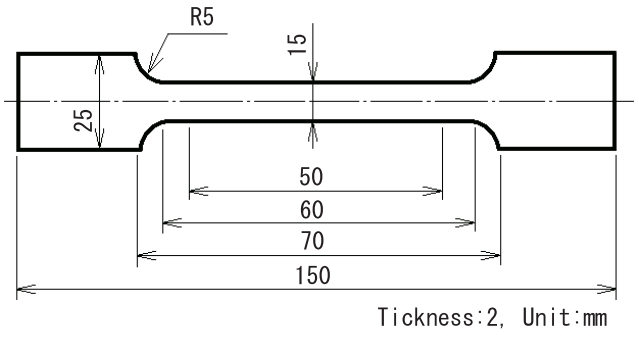


Fig. 2.1　Shape and dimension of a tensile test specimen.

2.1.3　公称応力公称ひずみ曲線

単位面積当たりの内力を公称応力といい、荷重を W、試験片の初期の断面積を A_0 とすると、公称応力 σ は、

$$\sigma = \frac{W}{A_0}$$

で求められる。また、公称ひずみ ε は、試験中の標点間伸びを λ、標点間距離を L_0 とすると、

$$\varepsilon = \frac{\lambda}{L_0}$$

と表せる。これらの式により、公称応力公称ひずみ曲線（以下、応力ひずみ曲線）を求めた。

2.2　赤外線カメラ

2.2.1　使用機器

試料の表面温度を測定するため、赤外線カメラとして Apiste 製の FSV-1200（検出器：非冷却マイクロボロメータ、有効画素数 320(H)×240(V)、測定温度範囲－40～500℃、測定精度±2%、熱時定数 16msec）を使用した。一般に、赤外線は可視光と同様に鏡のような鏡面体に反射する特性をもつ。本研究で用いた試験片は鏡面体ではないが、反射による影響を低減させるため、試験片表面に艶消しの黒色塗料を塗布して測定を行った。

2.2.2　データ処理

撮影した熱画像の解析には、Excel 上で動作する Apiste 製のソフトウェア FSV-S500 を使用した。本研究では、引張試験中の試験片の最高温度とその位置に着目した。解析ツールは、熱画像上に任意のラインを描き、そのライン上での最高温度とその座標を出力するものである。ここでは、試験片全体としての特性を評価するため、ラインを試験片上に 5 本描き、その全てのラインの平均値を用いて次節の結果を得た。

Table 2.2　Condition of the tensile tests.

	Strain rate s^{-1}
Condition 1	1.45×10^{-3}
Condition 2	4.01×10^{-5}
Condition 3	1.40×10^{-5}

3. 実験結果および考察

3.1 条件 1（ひずみ速度 $1.45\times10^{-3}s^{-1}$）のとき

Fig. 3.1 にひずみ速度が $1.45\times10^{-3}s^{-1}$ のときの応力ひずみ曲線を示す。ここで、横軸は公称ひずみ、縦軸は公称応力である。後述の、Fig. 3.5 と Fig. 3.10 も同様である。Fig. 3.1 は全域で滑らかな曲線であり、突起状の応力変動が起こっていないため、既報の研究結果から局在ひずみの伝搬は発生していないといえる[1]。

赤外線カメラによる観測結果を Fig. 3.2 に示す。Fig. 3.2 のアルファベットは Fig. 3.1 の曲線上のアルファベットの変形状態に対応している。Fig. 3.2 (a) は公称ひずみが 18% のときの温度分布で、試験片平行部の温度がほぼ均一に 40℃であることと一様変形状態であることが符合している。このような均一温度分布は（b）の状態を経由してしばらく続き、（c）では平行部の中心付近の温度が 50℃まで上昇している。Fig. 3.2（d）は公称ひずみが 50%のときの温度分布で、試験片中央部の温度がおよそ 55℃まで上昇し、試験片中央部に高温部が局在化していることがわかる。その後、（e）のように試験片中央部の温度は 60℃とさらに高温になり、（f）のように破断した。

Fig. 3.3 は試験片上の最高温度の位置の推移と試験片の平行部と肩部を合わせた長さ（以下、試験片全長という）に応力ひずみ曲線を重ねた図である。横軸は公称ひずみ、左側縦軸は試験片上での全長と最高温度の位置、右側縦軸は公称応力である。各軸は後述の Fig. 3.8 と Fig. 3.13 も同様である。Fig. 3.3 から、最高温度の位置が常に試験片の中央部付近にあり、その位置で破断していることがわかる。

Fig. 3.4 は応力ひずみ曲線に試験片上の最高温度の変化を重ねた図である。横軸と、右側縦軸は Fig. 3.3 と同様で、左側縦軸は試験片上の最高温度を示している。塑性変形の初期から最大応力を示す 58%までは、ひずみの増加に伴って試験片上の最高温度が直線的に上昇していることがわかる。すなわち、試験片が一様変形状態ではひずみと最高温度が線形関係にあるといえる。また、公称ひずみが 58%以上では、それまでよりも急激な温度上昇がみられる。これは、試験片に破断に至るネッキングが発生し、ひずみの局在化が顕著になったことが原因である。以上のことから、ひずみ速度 $1.45\times10^{-3}s^{-1}$ では、50%のひずみのときに発生した局在ひずみが試験片中央部にとどまり、その後ネッキングが発生して破断する変形挙動であるといえる。

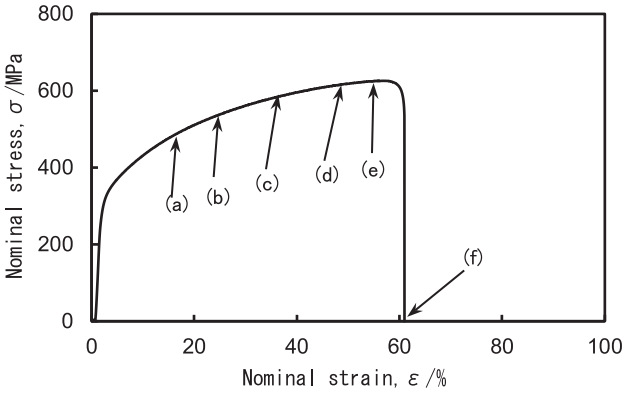


Fig. 3.1 Nominal stress-strain curve in condition 1.

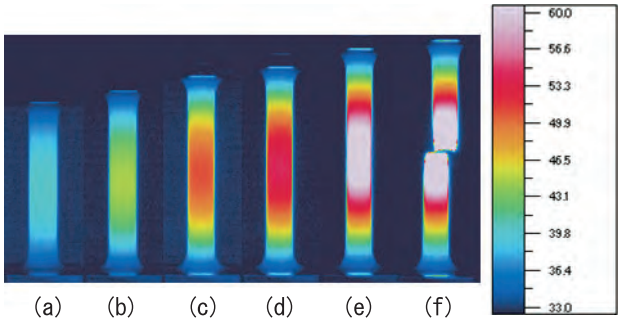


Fig. 3.2 Temperature distribution of the specimen in condition 1.

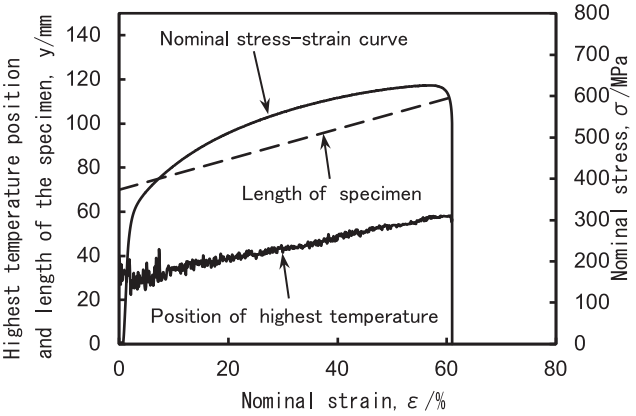


Fig. 3.3 Trace of the highest temperature position and length of the specimen in condition 1.

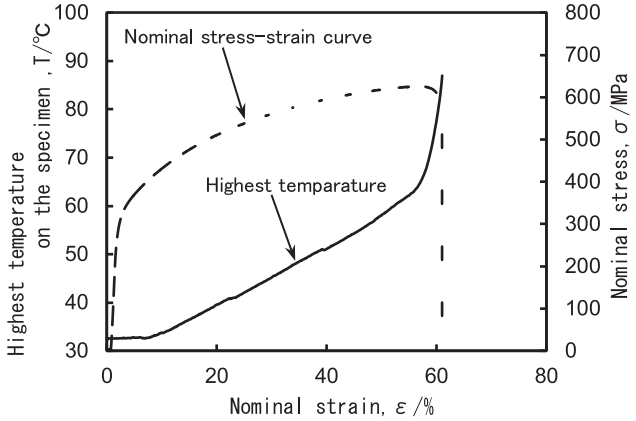


Fig. 3.4 Change of the highest temperature and nominal stress-strain curve in condition 1.

3.2　条件 2（ひずみ速度 $4.01\times10^{-5}s^{-1}$）のとき

Fig. 3.5 にひずみ速度が $4.01\times10^{-5}s^{-1}$ のときの応力ひずみ曲線を、Fig. 3.6 に Fig. 3.5 の後半部の拡大図を示す。公称ひずみが 52%、58%、66%、79%のときに、応力ひずみ曲線上に突起状の応力変動が現れている。従ってひずみ速度 $4.01\times10^{-5}s^{-1}$ では、既報の研究結果より局在ひずみが発生し伝搬しているといえる [1)]。

赤外線カメラによる観測結果を Fig. 3.7 に示す。Fig. 3.7 のアルファベットは Fig. 3.5 および Fig. 3.6 の曲線上のアルファベットの変形状態に対応している。Fig. 3.7（a）は公称ひずみが 47%のときの温度分布で、この点で試験片中央よりもやや上部に温度の局在化が見られる。その後局在化した高温部は下方へ伝搬し、(b) を経由して試験片下端に到達すると、(c) のように上端に転移し、高温部は試験片上端に現れた。このとき、(c) に示した局在ひずみの転移に合わせて応力ひずみ曲線上では突起状の応力変動が見られた。そして、高温部は Fig. 3.7 の（d）から（f）、(g) から (i) でも、下方への伝搬と下端から上端への転移という挙動を示した。その後、高温部は（k）の位置まで伝搬すると上端に転移しかけたが、転移しきらずに (l) の位置で破断に至った。

Fig. 3. 8 に試験片上の最高温度の位置の推移を示す。また、併せて応力ひずみ曲線と試験片全長の推移も示す。ひずみ速度 $4.01\times10^{-5}s^{-1}$ では、局在化した高温部の伝搬が 4 回起こっているが、1 回目の伝搬を A-B、2 回目の伝搬を C-D、3 回目の伝搬を E-F、4 回目の伝搬を G-H とする。局在化した高温部が発生する公称ひずみ 47%までは、試験片の中央付近が最高温度点であったが、その後、Fig. 3.8 の A-B、C-D、E-F、G-H に示すような直線的移動を繰り返した。また、A-B、C-D、E-F、G-H と伝搬回数を重ねるごとに、直線の傾きが小さくなっている。そして、局在化した高温部が下端から上端に転移する B-C、D-E、F-G のひずみと、応力ひずみ曲線上に突起状の応力変動が現れるときのひずみが正確に一致することがわかった。これらの結果は DESPI の観察結果と完全に符号している。

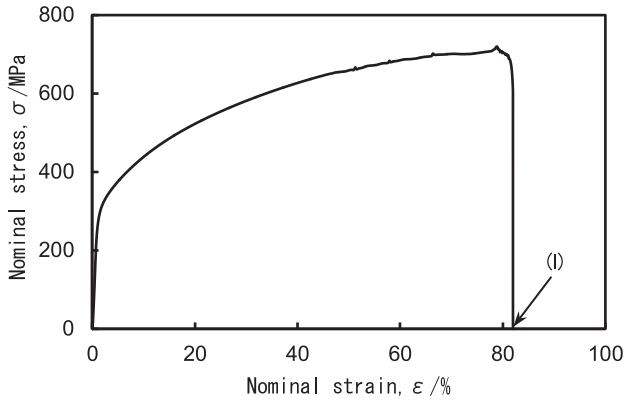


Fig. 3.5　Nominal stress-strain curve in condition 2.

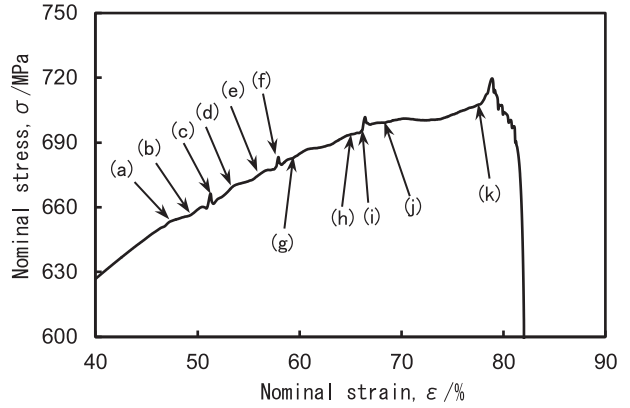


Fig. 3.6　Magnified nominal stress-strain curve in condition 2.

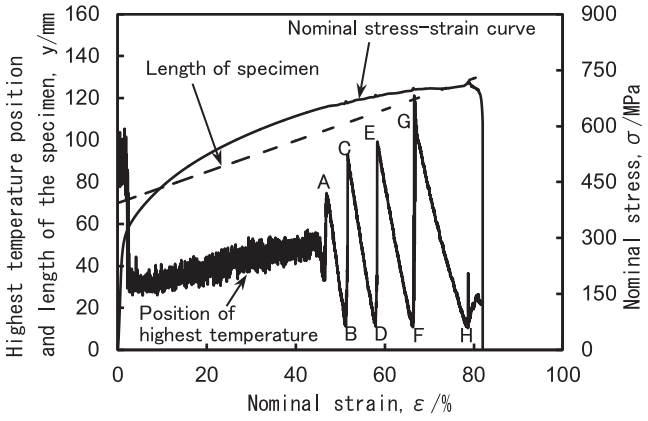


Fig. 3.8　Trace of the highest temperature position and length of the specimen in condition 2.

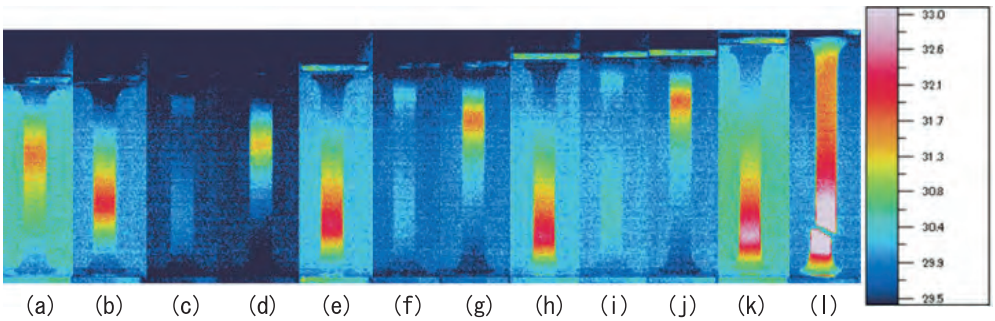


Fig. 3.7　Temperature distribution of the specimen in condition 2.

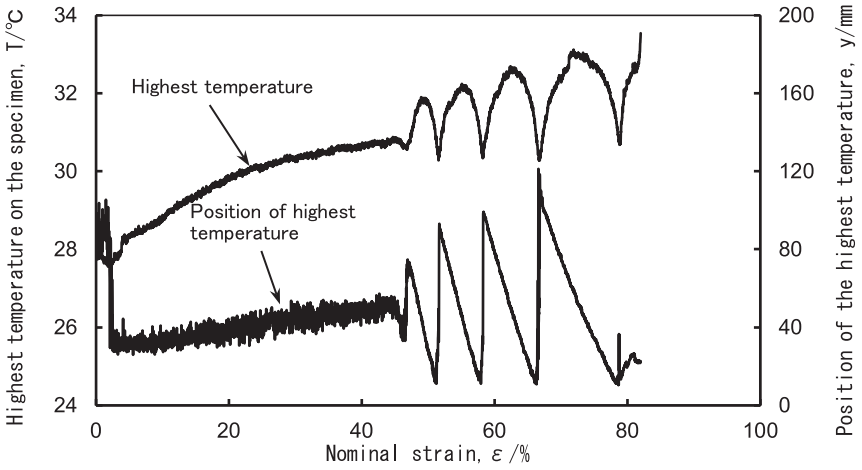


Fig. 3.9　Trace of the highest temperature and position of the highest temperature in condition

Fig. 3.9 に最高温度と最高温度の位置の推移を併せた図を示す。横軸は公称ひずみ、左側縦軸は試験片上の最高温度、右側縦軸は最高温度の位置の推移である。後述の Fig. 3.14 の縦軸と横軸も同様である。温度変化を全体的にみると、Fig. 3.4 のときと同様に、ひずみの増加に伴って温度上昇の傾向にある。また、公称ひずみが 81%以上では破断に至るネッキングが発生したことによる急な温度上昇が起きている。しかし、公称ひずみが 52%、58%、66%、79%のときに大きな温度低下がみられる。このひずみは、応力ひずみ曲線に突起が現れたときのひずみ、すなわち局在ひずみの転移が発生したときのひずみに対応する。この状態では、試験片の肩部の上端と下端で変形が進行するので、試験片平行部でのひずみの局在化がなくなる。そのため、Fig. 3.7 の（c)、(f)、(i）のような温度低下が発生すると考えられる。

3.3　条件 3（ひずみ速度 $1.40\times10^{-5}s^{-1}$）のとき

Fig. 3.10 にひずみ速度が $1.40\times10^{-5}s^{-1}$ のときの応力ひずみ曲線を、Fig. 3.11 に Fig. 3.10 の後半部の拡大図を示す。応力ひずみ曲線上の後半には、ジグザグとした応力変動が現れている。

赤外線カメラによる観測結果を Fig. 3.12 に示す。また、局在ひずみ発生後の試験片上の最高温度の推移を Fig. 3.13 に示す。Fig. 3.12 および Fig. 3.13 のアルファベットは Fig. 3.11 の曲線上のアルファベットに対応している。ただし、説明のため、Fig. 3.13 には大文字のアルファベットを必要に応じて追加してある。Fig. 3.12（a）は、ひずみが 48%のときの温度分布であり、ここで試験片のやや上部に局在化した高温部が発生した。その直後に、局在ひずみは Fig. 3.12 (b) の位置へと転移したのち、Fig. 3.13 (A) に示す位置まで伝搬した。その後、Fig. 3.12（c）へと転移し、Fig. 3.13（B）へと伝搬した。そして、Fig. 3.12（d）に示すように試験片下端へと転移した。このあと、Fig. 3.13 中の(d)から(g)、(g)から(i)、(i)から(l)でも、(b)から(d)と同様な挙動が繰り返し現れた。

ここで Fig. 3.13 の高温部の挙動に着目すれば、「局在化した高温部が、下方からの伝搬と上方からの伝搬を繰り返す」という不連続な挙動は Fig. 3.13 中に示す二点鎖線を境に行われていることがわかる。また、高温部の不連続な伝搬は、毎回試験片上の同一箇所で起こっているといえる。そして、高温部の伝搬は不連続ではあるものの、試験

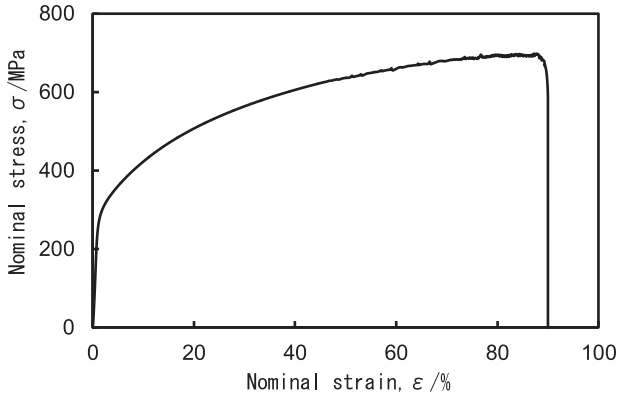


Fig. 3.10　Nominal stress-strain curve in condition 3.

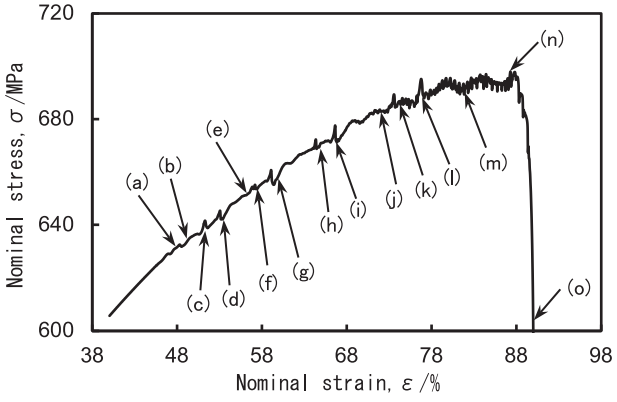


Fig. 3.11　Magnified nominal stress-strain curve in condition 3.

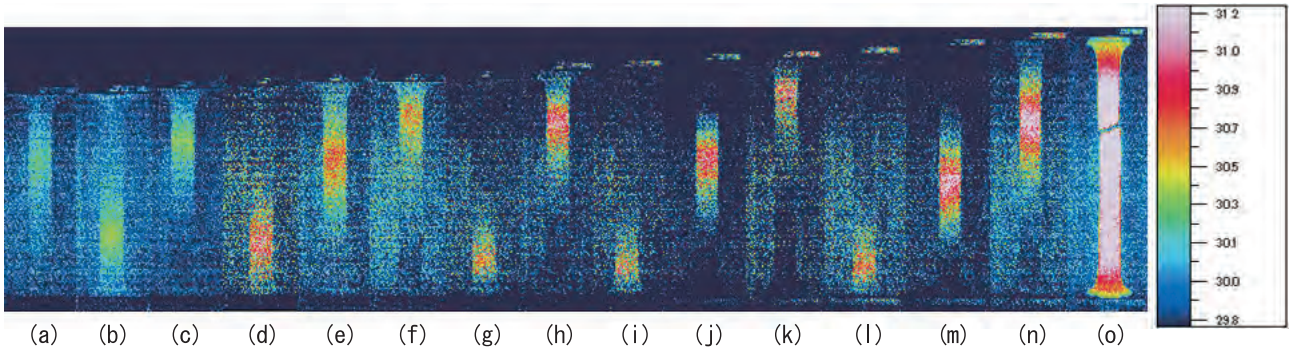


Fig. 3.12　Temperature distribution of the specimen in condition 3.

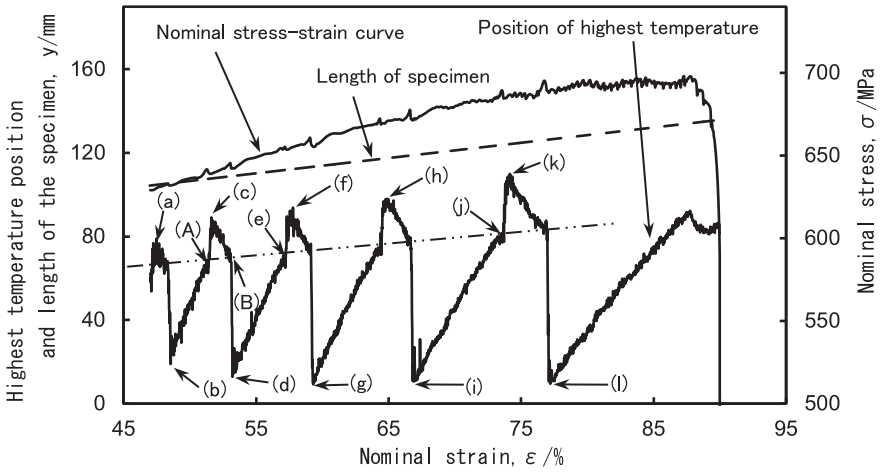


Fig. 3.13　Trace of the highest temperature position and length of the specimen in condition 3.

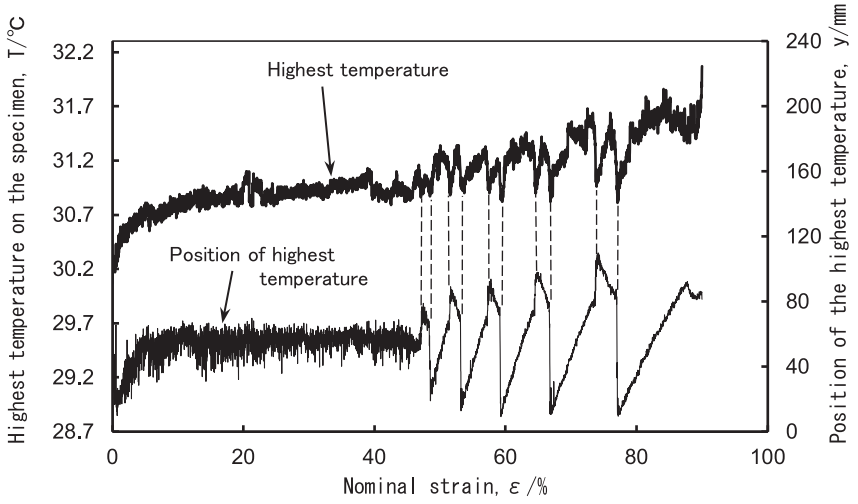


Fig. 3.14　Trace of the highest temperature and position of the highest temperature in condition 3.

片上のどの点でも通過回数が同じであるという特徴を持っている。これらの結果も DESPI の観察結果と完全に符号している。

Fig. 3.14 に最高温度の変化と最高温度の位置の推移を重ねた図を示す。全体的にはひずみの増加に伴って温度上昇の傾向があることと、公称ひずみが 81%以降ではネッキングが発生したことによる急な温度上昇が起きている点は前述の Fig. 3.10 と同様である。しかし、Fig. 3.14 では温度低下と温度上昇を何度も繰り返している。一見不規則な温度変化に見えるが、最高温度の位置が転移している点を最高温度に対応させると、その点で温度が低下していることがわかる。

3.4　赤外線カメラによる変形挙動観察の評価

前述の3つの実験結果より、一様変形からネッキングを生じる変形、試験片上を局在ひずみが連続して伝搬する変形、試験片上を局在ひずみが不連続に伝搬する変形の全てのパターンで、温度測定を通して局在ひずみの挙動を観察できることが実証された。ここでは、DESPIと赤外線サーモグラフィを比較し、局在変形挙動の観察手法としての検討を行う。

まず、実験結果について考えると、DESPIはスペックルパターンの干渉縞から、試験片の形状変化および局在ひずみの量そのものを定量的に求めることができる。それに対して、赤外線カメラは温度分布を測定しているため、試験片から空気中への放熱や、試験片内での熱伝導など、熱の拡散の影響を受ける。そのため、試験片表面の温度分布から試験片が一様変形をしていること、もしくは局在ひずみが伝搬する様子は把握できても、ひずみそのものを定量的に直接評価することは難しい。

次に実験環境について考える。DESPIはカメラ・光学系・試験片の相対位置関係を試験中常に光の波長以下（約0.5μm）の精度で保たなければならない。それに対して、赤外線カメラを用いる試験では、カメラと試験片の相対位置関係は画像がぶれない程度（約0.5mm）の精度を保つだけでよい。

以上のことより、赤外線カメラは観察結果の定量的な評価は難しいが、特別な実験環境を必要としないため、簡便に試験片の変形挙動を観察する手法となるといえる。

4.　結論

準安定オーステナイト系ステンレス鋼SUS304を用いて、条件1から条件3の3種類のひずみ速度で引張試験を行った。そして、一様変形からネッキングを生じる変形、試験片上を局在ひずみが連続して伝搬する変形、試験片上を局在ひずみが不連続に伝搬する変形の代表的な3種の変形挙動について、赤外線カメラで局在ひずみの挙動を観察し、以下の結論を得た。

（1）赤外線カメラを用いた試験片の温度分布観察により、局在ひずみの挙動がDESPIを用いた観察と同程度の正確さで観測できることが示された。

（2）赤外線カメラでは試験片から空気中への放熱や試験片内での熱伝導など、熱の拡散の影響を受けるため、局在ひずみそのものを定量的に評価することは難しい。しかし、特別な実験環境を必要としないため、試験片上を伝搬する局在ひずみの変形挙動を簡便に観察する有効な手法であることを実証した。

参考文献

1）冨永学、豊岡了、門野博史、「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　第8号（2007）p.565-570
2）冨永学、豊岡了、「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と加工誘起マルテンサイト変態」　日本金属学会誌　第72巻　第8号（2008）p.620-628
3）大内崇弘、冨永学、「準安定オーステナイト系ステンレス鋼に生じる加工誘起マルテンサイトの評価」　茨城工業高等専門学校研究彙報　第47号（2012）p.33-39

主成分分析の固有ベクトルと時空間データパターンとの関係について

住谷　正夫　　Bin　He

On the relationship between spatio-temporal data pattern and eigenvector of the principal component analysis.

SUMIYA　Masao,　　Bin　He

Abstract: The principal component analysis (PCA) has been widely used for spatio-temporal analysis of multichannel data such as multichannel biomedical signals. The purpose of the present study was to elucidate the physical meaning of the eigenvector of the PCA. In the present theoretical analysis, the multichannel bioinformation was modeled using multiple sinusoidal signals, and independence among the data patterns produced by the multiple sources is assumed. It is found that the vector axis of each eigenvector of PCA is consistent with the independent pattern axis which each dipole sources produces, when analyzing the spatio-temporal data generated by the one or several dipole source by means of PCA. In the simulation study, the head volume conductor was approximated by a homogeneous sphere model and 19 electrodes were used over the spherical surface. Dipole source of sinusoidal distribution in their strength were used to simulate brain electrical activity. As the result, it is found that the axis of each eigenvector is consistent with the pattern axis which each dipole source produces, when the pattern axis which each dipole source produces was independent. It is also found that there is little effect of white noise on the eigenvector of large eigenvalue. The present theoretical and simulation study promises to further our understanding on the PCA.

1. まえがき

近年，生体情報の時空間データの解析や生体情報のシミュレーション解析に主成分分析法（principal component analysis:PCA）を活用した多く研究報告がある[1]～[7]．例えば，主成分分析処理によって得られた固有ベクトルをフィルターとして用いて，測定信号を再構築して信号源の推定を行った研究報告や[1]，主要成分を頭皮上にマッピングすることによって信号源を推定した研究報告などがある[2]．これらの研究報告から見られるように，時空間データの解析に主成分分析法は，必要とする信号あるいは解析目的の主要パターンの抽出を行うことが有効であることを示唆している．言い換えると，主成分分析法を用いると多チャンネルで測定された時空間データから有効なパターンの抽出を行うことができ，更に雑音信号との分離ができるなどの特徴があるからと考えられる．これらの解析で使用される主成分分析法は，測定されたデータの初期加工方法として，各時間毎に空間的な平均値を０にする方法と各測定チャンネル毎に平均値を０とする方法がある．後者の方法によって行われる主成分分析法は，K.L.（Karhunen-Loeve）展開法としても良く知られている．

我々も生体情報の研究において様々な角度から研究を行ってきており[8]～[13]，K.L.法を用いた解析としては，音呈示下の脳波データを処理し，各種音呈示条件に無関係に主要固有ベクトルの方向が非常に安定しているなどの解析結果を得た[7]．また，主成分分析法でP300などの事象関連電位について解析を行い，その信号源の推定に皮質電位法を応用した報告も行っている[10]．

一方，主成分分析法の解析結果である各固有ベクトルの頭皮上へのマッピングにおいては，臨床的なデータ解析との比較や，脳電位（Electroencephalogram:EEG）データ等から推定した発振源との比較などによって，それぞれの固有ベクトルの物理的な意味が明らかに成りつつある．これらの固有ベクトルは時空間データを元にした共分散行列から得られたものであり，頭皮上の電位パターンとの関係を明確にした報告は見当たらない．

また，この主成分分析法に含まれるK.L.展開法は，解析によって得られた各固有ベクトルのベクトル方向に対する各チャンネルの分散の総和がそのベクトル方向の固有値に等しくなることが知られている．そこで，我々は，PCA（ＫＬ展開法）によって得られる固有ベクトルの方向においても，時空間データとの関係において物理的な関係が見いだせる可能性があると考え，理論的に固有ベクトルと時空間データ間の関係を明らかにするとともに，シミュレーションを用いて理論との比較検討を行った．

理論的な検討では，頭部内の各活動部位がそれぞれ独立したパターンを作るものとして，各活動部位が時間的に独立に活動したり，同時に活動した場合などの条件下で，PCAの解析結果と，それぞれの活動部位が作る独立パターンとの関係について検討を行った．更にこの理論的な関係を頭部活動のシミュレーションによって比較検討を行った．本研究では，頭部を理論的に導出し易い均質モデルとした．これは，本研究が活動部位の頭部内位置の推定を行うのではなく，むしろ，活動部位によって作られる頭皮上の各パターンと各固有ベクトルとの基本的な関係を明らかにすることを目的としているからである．また，シミュレーションにおいては，様々な発振条件で頭皮上データを作成して検討を行ったので以下に報告する．

2. 理論

主成分分析法あるいはK.L.展開法は，時空間パターンのモード分解法として広く使用されており，データに基づく直交系の導入法として知られている[14].

n次元のデータを

$$y=\{y_1,y_2,\cdots,y_n\} \qquad y_i=\{y_{ij}|j=1,2,\cdots m\} \tag{1}$$

とする．ここで，mは1要素のデータ数とし，y_iは平均値が差し引かれたデータとする．

データに基づく直交n次元ベクトルの系列を

$\xi^{(1)}$，$\xi^{(2)}$，$\xi^{(3)}$，…，$\xi^{(n)}$

$$\xi^{(1)}=\{\xi_i^{(1)}, i=1, 2, \cdots, n\} \tag{2}$$

とする．ここでξの各ベクトルは長さが１になるように規格化すると，k番目のベクトルは次式で表される．

$$\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(\xi_i^k)^2}=1 \tag{3}$$

また，ベクトルの直交性は内積により

$$\sum_{i=1}^{n}\xi_i^{(l)}\xi_i^{(k)}=\delta_{lk} \tag{4}$$

で表現される．条件式（3）のもとでの内積の2乗

$$\sum_{i=1}^{n}\left(y_i\xi_i^{(1)}\right)^2 \tag{5}$$

を最大にするベクトルは，相互相関係数Rを

$$R=(R_{ij})\equiv\overline{y_iy_j} \tag{6}$$

とするとき，固有方程式

$$R\xi^{(1)}=\lambda^{(1)}\xi^{(1)} \tag{7}$$

を満たすことが示される．ここで$\lambda^{(1)}$は$\xi^{(1)}$方向の固有値である．次に$\xi^{(1)}$方向成分を除いたデータから，$\xi^{(2)}$方向の成分の2乗，

$$\sum_{i=1}^{n}\{(y_i-C\xi_i^{(1)})\xi_i^{(2)}\}^2=\sum_{i=1}^{n}\left(y_i\xi_i^{(2)}\right)^2$$

$$C=(y\xi^{(1)}) \tag{8}$$

（∵　直交性による）

を最大にするベクトル$\xi^{(2)}$は，同様に固有方程式

$$R\xi^{(2)}=\lambda^{(2)}\xi^{(2)} \tag{9}$$

を満たす．以下同様にして$\xi^{(n)}$まで繰り返す．まとめると相関行列Rを用いた固有方程式

$$R\xi^{(i)}=\lambda^{(i)}\xi^{(i)}\ (i=1,2,\cdots,n) \tag{10}$$

より，直交ベクトル系列$\xi^{(1)}$ $\xi^{(2)}$ $\xi^{(3)}$，・・・，$\xi^{(n)}$が求まることになる．

3　理論解析

3.1　パターンと固有ベクトルの関係

3.1.1　発振源が１つの場合

空間内に１つの正弦波（発振期間は１周期と仮定する）の発振源を置き，それをn個の異なる場所で観測した時空間データを作成することを考える．一般的に，発振源と観測地点間の距離によって各観測地点で信号の時間遅れを生じるが，ここでは，信号の伝搬速度に比べ距離が小さいものとして時間遅れは無視できるものとする．この場合，各場所での観測データは次のように表される．

$$y_i=a_i\sin(\omega t) \tag{11}$$

ここで，a_iは正負の符号を含むものとする．これは時間遅れが無い場合でも，観測場所によって180°位相がずれた波形を観測する場合がありえるからである．これをn次元の行ベクトルを用いて表すと次式となる．

$$\sin(\omega t)\begin{pmatrix}a_1\\a_2\\\vdots\\a_n\end{pmatrix} \tag{12}$$

この行ベクトルは１つの軸を表し，正弦波によってその軸上の大きさが変化すると共に方向が反転することを表している．また，観測点iにおける時間データの標準偏差値に正負の符号を含んだ記号σ_iを用いて表すと

$$\sigma_i=\frac{a_i}{\sqrt{2}} \tag{13}$$

と表せる．観測点iとj間の相関係数は

$$\frac{1}{\pi}\int_0^{\pi}a_i\sin(\omega t)\times a_j\sin(\omega t)=\frac{a_ia_j}{(\sqrt{2})^2}=\sigma_i\sigma_j \tag{14}$$

と表せる．これらの標準偏差を用いて（n×n）の共分散行列を表すと次式となる

$$\begin{pmatrix}\sigma_1^2 & \sigma_1\sigma_2 & \cdots & \sigma_1\sigma_n\\ \sigma_1\sigma_2 & \sigma_2^2 & \cdots & \sigma_2\sigma_n\\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots\\ \sigma_1\sigma_n & \sigma_2\sigma_n & \cdots & \sigma_n^2\end{pmatrix} \tag{15}$$

(15)式の１つの固有値をλ_1その固有ベクトルを$[V_1, V_2, \cdots, V_n]^T$とすると次式が成り立つ．

$$\begin{pmatrix}\sigma_1^2 & \sigma_1\sigma_2 & \cdots & \sigma_1\sigma_n\\ \sigma_1\sigma_2 & \sigma_2^2 & \cdots & \sigma_2\sigma_n\\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots\\ \sigma_1\sigma_n & \sigma_2\sigma_n & \cdots & \sigma_n^2\end{pmatrix}\begin{pmatrix}V_1\\V_2\\\vdots\\V_n\end{pmatrix}=\lambda_1\begin{pmatrix}V_1\\V_2\\\vdots\\V_n\end{pmatrix} \tag{16}$$

(16)式を分解して整理すると下記となる．

$$\begin{aligned}&\sigma_1(\sigma_1V_1+\sigma_2V_2\cdots+\sigma_nV_n)=\lambda_1V_1\\&\sigma_2(\sigma_1V_1+\sigma_2V_2\cdots+\sigma_nV_n)=\lambda_1V_2\\&\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\\&\sigma_n(\sigma_1V_1+\sigma_2V_2\cdots+\sigma_nV_n)=\lambda_1V_n\end{aligned} \tag{17}$$

この左辺の（　）内が同一であることから，これをBと置いて書き直すと

$$B\begin{pmatrix}\sigma_1\\\sigma_2\\\vdots\\\sigma_n\end{pmatrix}=\lambda_1\begin{pmatrix}V_1\\V_2\\\vdots\\V_n\end{pmatrix} \tag{18}$$

となる．(18)式を満足する固有ベクトルの各要素は

$$\sigma_1 : \sigma_2 : \cdots : \sigma_n = V_1 : V_2 : \cdots : V_n \quad (19)$$

となる．(18)式の左辺のベクトルは(12)，(13)より観測データのベクトル軸方向と一致しており，また，(19)式より固有ベクトルの成分比が標準偏差値のベクトル軸方向の成分比に等しくなることから，得られる固有ベクトルの軸方向が観測データのパターン軸方向と一致する．

ここで，各固有ベクトルの各要素を次式のように置くと

$$\sigma_1 = V_1,\ \sigma_2 = V_2,\ \cdots :\ \sigma_n = V_n \quad (20)$$

(18)式より $B = \lambda_1$ となり，(20)式を代入して λ_1 を求めると

$$\lambda_1 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \cdots + \sigma_n^2 \quad (21)$$

となる．また，固有ベクトルの各成分の符号を反転させても(18)，(21)式が成り立つことから，固有ベクトルの正負の方向は得られない．このため，解析データ内容に応じて正負の方向を選択する必要がある．更に，(21)式より固有値が各観測点の分散の合計として得られたことから，残差分散が無くなり固有ベクトルはただ１つ求まる．

以上の結果より，得られる固有ベクトルの軸が観測データを基にしたパターンのベクトル軸と一致したことから，固有ベクトルの各成分を，対応する観測点のデータとして空間パターンを作成すると，観測データで作られる空間パターンと相似なパターンを作成できることを意味している．

3.2　p個の発振源が独立に発振している場合

ｐ個の発振源が異なる場所にあり，それぞれが異なる時間帯で発振（正弦波）している場合について考えてみる．この場合，１つの発振源が発振している時間帯では各観測点でのデータは（11）式と同じになり，(12)式で表されるベクトル軸上のパターンとなる．ここで，各発振源によって作られる(12)式のベクトル軸が互いに独立であるものとする．各発振源が作るパターンが(12)式であることから標準偏差も同様に(13)式となる．よって，観測全時間における観測点ｉでの標準偏差は次のように表すことができる．

$$\sigma_i = \sigma_{i1} + \sigma_{i2} + \cdots + \sigma_{ip} \quad (22)$$

ここで各発振源ｊからの標準偏差 σ_{ij} は測定された全時間に換算されているものとする．共分散行列は各発振源のパターンが独立の仮定より次式のように分解できる．

$$\begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_1\sigma_2 & \cdots & \sigma_1\sigma_n \\ \sigma_1\sigma_2 & \sigma_2^2 & \cdots & \sigma_2\sigma_n \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \sigma_1\sigma_n & \sigma_2\sigma_n & \cdots & \sigma_n^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sigma_{11}^2 & \sigma_{11}\sigma_{12} & \cdots & \sigma_{11}\sigma_{1n} \\ \sigma_{11}\sigma_{12} & \sigma_{12}^2 & \cdots & \sigma_{12}\sigma_{1n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \sigma_{11}\sigma_{1n} & \sigma_{12}\sigma_{1n} & \cdots & \sigma_{1n}^2 \end{pmatrix} + \cdots + \begin{pmatrix} \sigma_{i1}^2 & \sigma_{i1}\sigma_{i2} & \cdots & \sigma_{i1}\sigma_{in} \\ \sigma_{i1}\sigma_{i2} & \sigma_{i2}^2 & \cdots & \sigma_{i2}\sigma_{in} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \sigma_{i1}\sigma_{in} & \sigma_{i2}\sigma_{in} & \cdots & \sigma_{in}^2 \end{pmatrix}$$

$$+ \cdots + \begin{pmatrix} \sigma_{p1}^2 & \sigma_{p1}\sigma_{p2} & \cdots & \sigma_{p1}\sigma_{pn} \\ \sigma_{p1}\sigma_{p2} & \sigma_{p2}^2 & \cdots & \sigma_{p2}\sigma_{pn} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \sigma_{p1}\sigma_{pn} & \sigma_{p2}\sigma_{pn} & \cdots & \sigma_{pn}^2 \end{pmatrix} \quad (23)$$

よって，(23)式の右辺の各項は仮定により独立した行列であることから分散値の大きなものから順次，固有ベクトルと固有値が求められ，各固有ベクトルの軸は各発振源が作るパターン軸とそれぞれ一致する．

もし，従属した行列（パターンが類似している場合）がある場合は，固有ベクトル軸が同じとなるため，１つの固有ベクトルとして求められ，固有値は類似パターンの合計となる．

3.3　同時に複数個が発振している場合

3.3.1　２つの発振源の周波数が同じで位相差が無い場合

２つの発振源が独立なパターンを作るものとし，２つの発振源の周波数が同じで位相差が無い場合は，各観測点では２つの信号の加算によって次式となる．

$$y_i = a_i \sin(\omega t) + b_i \sin(\omega t) = (a_i + b_i)\sin(\omega t) \quad (24)$$

この場合，各発振源の独立パターン軸方向のパターンは観測されないため，２つの合成されたパターン軸が１つの独立パターン軸となった１つの固有ベクトルが求められることになる．

3.3.2　２つの発振源の周波数が同じで位相差がある場合

２つの発振源の周波数が同じで位相差がある場合，各観測点では２つの信号間の加算あるいは減算された信号を観測する．また，発振開始と終了時刻が異なる場合は各発振源の単独波形も観測される．加算時および減算時のパターンは(24)式よりそれぞれ１つのパターンとなる．故に，４つの独立パターンがあると考えられ，各パターン軸方向の分散値が最大のものから，２つの固有ベクトルが順次求められる．位相差が小さい場合は，加減算の合成パターン軸方向の分散値が各独立パターン軸方向の分散値より大きくなるため，２つの合成パターン軸方向が得られる．しかし，振幅差が大きい場合は，位相差が小さくても，大きな振幅を持つ独立パターン軸方向の分散値が合成パターン軸方向の分散値より大きくなる場合は，２つの独立パターン軸方向が得られる．

3.3.3　２つの発振源の周波数が異なる場合

この場合，３．３．２と同じように４つのパターン軸が観測され，その最大分散値を示すパターン軸方向から２つの固有ベクトルが順次得られる．

3.3.4　ｎ個が同時に発振している場合

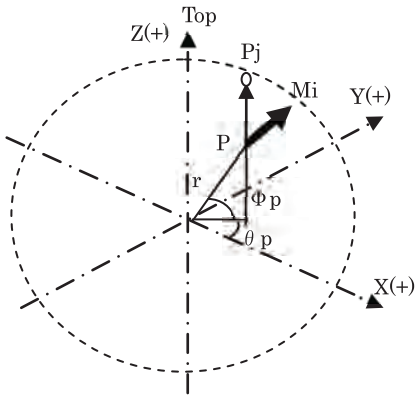
この場合は，ｎ個のそれぞれの発振源が作るパターン軸方向の分散値と幾つかの合成したパターン軸方向の分散値との比較によって，分散値の最大値を示すものから順にｎ個の固有ベクトルが得られる．

4.　シミュレーション方法

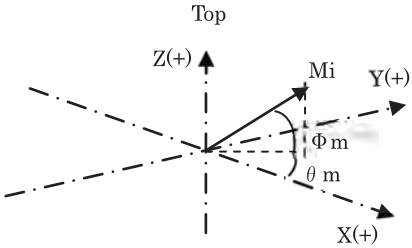
生体の頭皮上で測定される電位は，脳内内部の活動部位によって生じることが知られており，活動部位と頭皮上の各距離は電位の伝達速度に比べ非常に小さいため，一般に

各測定時点での信号の時間遅れは無視できる．そこで，観測点において各信号源からの距離に無関係に信号に殆ど時間遅れを生じない（信号伝達時間を無視できる）測定モデルシステムについてシミュレーションを行うものとした．

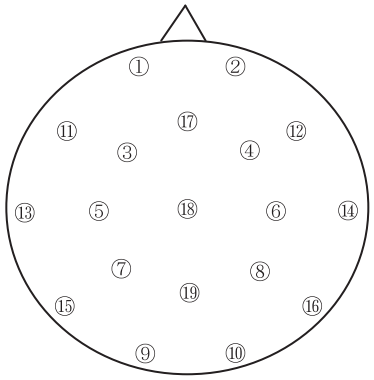
図１(a)，（ｂ）に示す様に、頭部形状を３次元の均質導体の半径ｒ’＝１の球状でモデル化し，各発振源の位置はｒ，θ_p，θ_ϕ，モーメントの大きさと方向はM，θ_m，θ_ϕとした．ここで各角度はＸ（＋）軸を基準とし反時計回り方向を正とした．また頭皮上の１９の測定電極位置を図１（ｃ）とした．活動部位の信号は正弦波状の波形を用い，モーメントの方向軸は動かないものと仮定した．



(a) 頭部内の発振源の位置



(b) モーメントの方向



(c) 頭皮上の19個の電極位置

図１　シミュレーションモデル

発振源のモーメントM_iによって電極ｊに発生する電位をϕ_{ji}とすると，ｑ個の発振源が同時に活動している場合に，電極ｊに生じる電位は，各活動部位によって生じる電位の重ね合わせとして求められ，

$$\phi_j=\sum_{i=1}^{q}\phi_{ji} \tag{25}$$

となる．頭部内に各発振源を置き，各時刻における頭皮上の各電極の電位を求めることによって頭皮上の時空間データが作成できる．本研究では，発振源のモーメントの周波数は40Hzを基本とし，１kHzでサンプリングして各電極のデータを作成する．得られた各電極のデータは平均値が０になるように正規化した．

主成分分析では一般的に，第３ベクトルもしくは第４ベクトルまでの分散の総和が全体の90%近くになる場合が多いため，発振源の数は４個の場合について検討を行い，発振源の位置は半径の70%の深さを基本とし異なる場所とした．

次に，本研究で行ったシミュレーションの項目を示す．項目（１）から（２）は正弦波１周期の発振源とし，作成データは４電源で150個／チャンネルとした．

（１）　４つの発振源がある場合
- ①　各発振源が独自に活動している場合
- ②　３つの発振源の位相が３π／4、６π／４、９π／４遅れている場合
- ③　３つの発振源の位相がπ，２π，３π遅れている場合

（２）４つの発振源が単独に活動している状態に雑音が混入した場合

雑音は全作成データの標準偏差σ_sに対する白色雑音の標準偏差σ_nの割合で示される次式にて10%から40%まで10%置きに各種設定して行った．

$$SN=(\sigma_n/\sigma_s)\times 100 \quad [\%] \tag{26}$$

データ数は最後の発振源が活動を停止した時点までのデータとした．

5. 解析結果の評価方法

5.1　ベクトル軸の数値による比較

各発振源によって作られる頭皮上パターン$\vec{P}$軸と各固有ベクトルＶ軸の相関係数CCを次式により求め各軸間の類似度を調べた．

$$\alpha=\frac{\vec{P}\cdot\vec{V}}{|\vec{P}||\vec{V}|} \tag{27}$$

5.2　ベクトル軸の視覚による比較

頭皮上の発振源によって作られるパターン軸と固有ベクトル軸を視覚的に比較するため，パターン軸および固有ベクトルを頭皮上にマッピングして視覚的に比較を行った．ここで軸方向の正負については同一方向を選択し，それぞ

れ最大値と最小値で正規化して表示を行った．固有ベクトルのマッピングでは，各成分値を相当する測定チャンネルのデータ値として表示を行った．

雑音を含んだデータの解析では，得られた固有ベクトルの中に雑音付加によって生じた固有ベクトルがあるため，発振源による固有ベクトルと区別ができるようにするため，各固有値の平方根を各ベクトルの成分に乗じたものを用いて頭皮上にマッピングした．

5.3　雑音付加による影響の解析

雑音付加割合に伴う固有ベクトルの固有値への影響を検討するため，次式にて各固有値の平方根の全体に対する寄与率を算出して比較を行った．ここで，各固有値（分散値）の平方根を用いているのは，雑音付加を標準偏差値の割合で付加したためである．

$$C_j=\frac{\sqrt{\lambda_j}}{\sum_{i=1}^{n}\sqrt{\lambda_i}} \tag{28}$$

5.4　固有値とパターンのエネルギーの関係

固有ベクトルの固有値と各パターンのエネルギーとの関係について，４つの発振源を用いた固有値の解析結果を元に比較検討を行った．この４つの発振源位置およびモーメントの方向は異なるが，同じ振幅をモーメントに与えた場合，頭皮上に作るパターンのエネルギーが等しくなる４つの発振源位置を用いた．各発振源に異なる振幅を与えた場合の，各固有値と各振幅の２乗との関係を調べるため，与えた各発振源の振幅Ａｉの２乗総和に対する各発振源のエネルギーの寄与率Ｃ$_p$を（29）式で求めた．また得られた各固有ベクトルの全固有値の総和に対する寄与率Ｃ$_\lambda$を（30）式で求めて比較を行った．

$$C_p=\frac{A_j^2}{\sum_{i=1}^{4}A_i^2} \tag{29}$$

$$C_{\lambda j}=\frac{\lambda_j}{\sum_{i=1}^{4}\lambda_i} \tag{30}$$

6.　結果

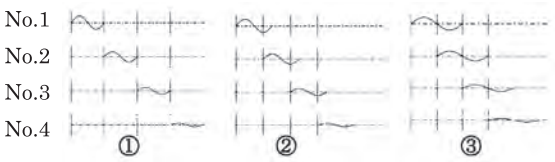
6.1　４つの発振源がある場合

４つの発振源に表１に示す各データを与え，各発振源のパワーを1.0，0.6，0.4，0.2にすることによって，PCAで異なる固有ベクトルを解析できるようにした。４つの発振源の発振開始時期を図２の①～③に示す様に，それぞれ発振開始時刻を遅らせた．

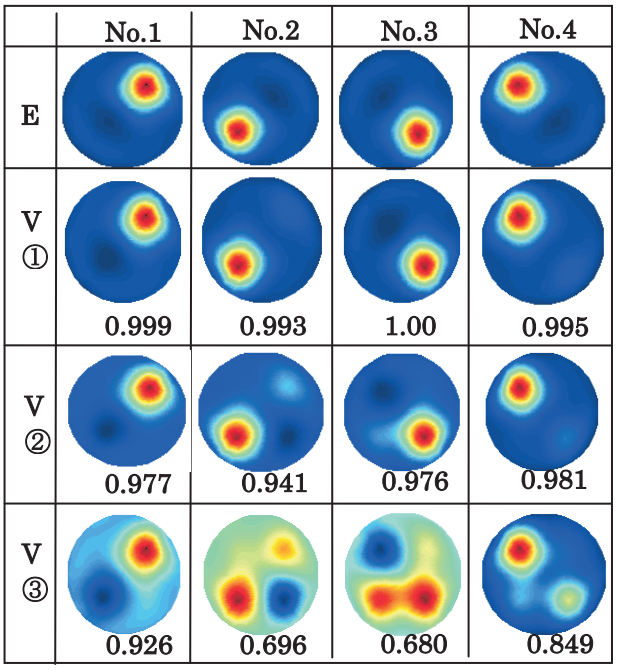
表１．　４つの発振源位置とパワーの大きさ

Dipole No.	1	2	3	4
Position r	0.7	0.7	0.7	0.7
θ_p[°]	45	-135	-45	135
ϕ_p[°]	54	54	54	54
θ_m[°]	45	-135	-45	135
ϕ_m[°]	54	54	54	54
Power[w]	1	0.6	0.4	0.2
Frequency [Hz]	40	40	40	40

４つの発振源が①～③の各状態で発振している場合について解析を行った．各状態によって得られた固有ベクトルのマップ図と各発振源によって頭皮上に生じるEEGマップを図２に示す．



（a）　各発振源の発振状態



（b）　各発振源によるEEGと各固有ベクトル

図２　４つの発振源の解析：①～③は４つの発振源の発振状態で，各状態における第１から第４固有ベクトルのマップ図（E：EEGマップ図，V：固有ベクトルのマップ図，　数値は相関係数）

①の発振状態は，各発振源が独立に活動しているものであり，PCAによって得られた第１～第４固有ベクトルの頭皮

上へのマップを図２のⅤ①に示す．各発振源のEEGのパターン軸と各固有ベクトル軸の相関係数を求めた値を各固有ベクトルの下部に示す．その結果，各相関係数と0.993以上とほぼ理論と一致した．また，固有ベクトルも発振源の数だけ求まったことから，この固有値が全チャンネルの分散の総和に等しくなったことを示す．これらの解析結果から，それぞれのEEGのパターン軸と各固有ベクトル軸が一致しことからPCAで得られる固有ベクトル軸が発振源のパターン軸と同じと言える．

②の状態は先に発振している発振源と１／４重なって次の発振源が発振を始める．この各固有ベクトルの解析結果をⅤ②に示す．ここで，No.2とNo.3の相関係数が0.941，0.976他より少し減少しているのは，この２つの発振源は独立に発振している期間は１／２期間と他より短くなった為と考えられる．しかし，各固有ベクトル軸は，独立に発振源が大きく発振して期間があるため，各発振源のパターン軸と同じと言える．

③の状態では１／２期間重なった場合である．この各固有ベクトルの解析結果をⅤ③に示す．この場合，No.1とNo.4の各固有ベクトルの相関係数は，0.926，0.849と大きい．これは，発振源が独立に大きく発振している期間があるためである．これによって，No.1とNo.4の発振源を検出することができる．一方，No.2とNo.3の各固有ベクトルの方向が合成パターンに近いものになって，相関係数が減少していることが分かる．これは，No.2とNo.3は独立に発振している期間がないため合成方向パターンの分散値の大きなものが得られたものと考えられる

これら結果から４つの発振源においても検出できる可能性があることが分かった．そして，それぞれが独立に発振している期間がそれぞれの発振源の発振期間で半分以上あれば，それぞれの発振源が作るパターン軸を固有ベクトルとして検出できる可能性があることが分かった．

6.2　雑音による影響

表２の４つの発振源が図２の①の状態で発振している条件で，頭皮上に作られる電位に10%から40%まで各種雑音レベルを加えて解析した．その結果，雑音が20%までは第４固有ベクトルの相関係数0.993と大きかった．しかし，雑音が30%以上になると第４固有ベクトルの相関係数が0.737と著しく悪くなった．ゆえに，雑音と信号レベル近傍の固有ベクトルについては取り扱いに注意を要することが分かる．

各雑音レベルでの各固有ベクトルの各固有値の平方根の寄与率の変化を(28)式で求めたものを図３に示す．各雑音付加レベルに応じて雑音が含まれている様子が分かる．雑音増加によって第１から第３ベクトルの寄与率が低下した．

上記結果より，含まれる雑音レベルによって信号レベルの小さなパターン軸に相当する固有ベクトルは影響を受けるが，大きな信号レベルを持つパターン軸は殆ど影響を受けないことを見出した．

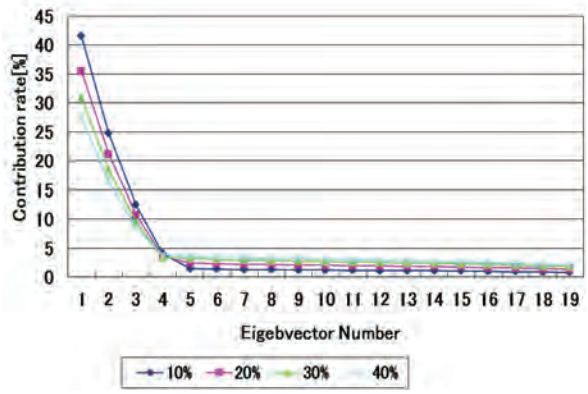


図３　固有値の雑音付加による寄与率の変化

6.3　固有値と頭皮上エネルギーと各固有値の関係

頭部内の発振源が１つの場合，頭皮上の各測定点での電位の２乗の総和（分散）は発振源のエネルギーに比例すると考えられる．また，（18）式より固有値は各観測点の変動の分散の合計となる．表１の４つの発振源位置はモーメントの大きさが同じであれば，頭皮上に作るパターンのエネルギー（パターンの分散値）も同じになるため，各発振源のモーメントの大きさの２乗に応じたエネルギーを生じることになる．そこで，各発振源のモーメントの大きさをNo.1=1.0，No.2=0.8，No.3=0.6，No.4=0.4として与えて各固有ベクトルを求め，各モーメントの大きさAを２乗してエネルギーの次元にして各固有値の比較を行った．同じスケールで比較を行うため，（28）式を用いてそれぞれをそれぞれの合計に対する寄与率を求めたものが図４である．この図において，モーメントによるエネルギーと固有ベクトルの値が一致した．

この図より，各固有値が各発振源のモーメントのpowerに比例していることが分かる．このことから，各固有ベクトルが各発振源パターン軸に検出した場合は，その固有値は相当する各発振源が作る電位パターンのエネルギーに相当していることになり，（21）式の結果と一致する．

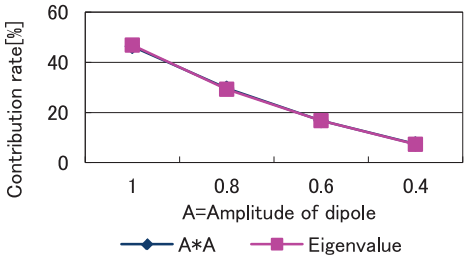


図４　頭皮上の各発振源のエネルギーと各固有値の寄与率による比較

7.　あとがき

複数の発振源がそれぞれ独立したパターンを作成する場合，それらが独立に発振して作る時空間パターンデータを

PCAを用いて解析すると，得られる各固有ベクトルの軸が発振源が作るパターン軸と一致することを理論解析とシミュレーションによって示した．また，複数の発振源が同時に発振している期間があっても，各発振源が作るパターン軸方向の分散値が合成パターン軸方向の分散値より大きい場合は，合成パターンを分離して，それぞれの発振源が作るパターン軸方向の固有ベクトルを検出できる可能性があることを見出した．白色雑音を含んだ時空間データでは，固有値の大きな固有ベクトルは殆ど影響を受けないことを見出し，雑音混入データに対して有効な手法であることを示唆した．

本研究結果より，各パターン軸と各固有ベクトルとの関係が明らかになったことから，今後，脳内活動へのPCAの応用等を考えるに当たっては，頭部を不均一誘電体でモデル化したり，時間的なモーメント軸方向の変化など様々な自由度を持たせた研究が必要と考えられる．

参考文献

[1] A.C.K.Soong and Z.J.Koles,"Principal-Component Localization of the Source of the background EEG"IEEE Trans.Biomed.Eng.,Vol.42,No.1,pp.59-67,Jan.1995

[2] K.M.Spencer, J.Dien and E.Donchin,"Spatiotemporal analysis of the late ERP responses to deviant syimuli" Psychophysiology,Vol.38,pp.343-358,2001

[3] J.C.Mosher, P.S.Lewis and R.M.Leahy "Multiple dipole Modeling and Localization from Spatio-Temporal MEG Data2,IEEE Tras.Biomed.Eng.Vol.39,No.6, pp.541-557,June 1992

[4] R.Friedrich, A. Fuchs, and H.Haken, "Spatio-Temporal EEG Patterns," Springer Series in Synergetics, vol55,pp.315-338.1991

[5] K.A.Khalaf, M.Oarnianpour, P.J.Sparto and K.Barin "Feature extraction and Quantification of the Variability of Dynamic Performance Profiles Due to the Different Sagittal Lift Characteristics" IEEE Trans.Rehabili.Eng., Vol.7, No.3, pp.278-288, Sep.1999

[6] C.Nikou,G.Bueno, F.Heitz and J.-P.Armspach "A Joint Physics=Based Statistical Deformable Model for Multimodal brain image Analysis" IEEE Trans.Med.Imag., Vol20, No.10, pp.1026-1037,Oct. 2001

[7] 住谷正夫，安久正紘，"K.L.展開を用いた聴覚ストレス時のα波パターンの特徴抽出，"信学論（D-Ⅱ),vol.vol.J80-D-Ⅱ,no.9,pp.2556-2564,July 1997

[8] B. He, "Brain electrical source imaging:scalp Laplacian mapping and cortical imaging," Crit Rev Biomed Eng, vol.27,(3-5), pp.149-188,1999

[9] B. He, J. Lian, and G. Li. "High-resolution EEG:a new realistic geometry spline Laplacian estimation technique," Electroencephalography and clinical Neurophysiology, vol.112, pp.845-852, May 2001

[10] B.He, J. Lian, KM. Spencer, J. Dien, E. Donchin "A cortical potential imaging analysis of the P300 and novelty P3 components," Human Brain Mapping, Vol.12, pp.120-130,Feb. 2001

[11] Y.Wang and B.He "A computer simulation study of cortical imaging from scalp potentials",IEEE Trans.Biomed.Eng. 45:724-735,1998

[12] 住谷正夫，尾崎久記，安久正紘，"音楽および雑音呈示条件下における脳波トポグラフィ，"脳と精神の医学, Vol.8,No.2,pp.175-182,1997

[13] 住谷正夫，武者利光，"意識集中とα波の電源位置変動，"日本ME学会大会論文集，29,C2-1,1991

[14] 舟木保登，"視覚パターンの処理と認識，"啓学出版,1990

モーションキャプチャ・システムを用いた身体バランス評価モデルの基礎的検討

小坂浩気、丸山智章

Fundamental study of body balance evaluation model using motion capture system

Hiroki KOSAKA and Tomoaki MARUYAMA

Abstract: In order to evaluate athletic performance, body-balance measurements such as stabilometry are employed. In this evaluation, both kinetic and kinematic approaches are important. However, kinematic approaches alone are not enough for conventional evaluations. Furthermore, this study proposes a kinematic evaluation method to measure body balance using motion capture system and a new body model. Through experiments, the proposal method was found to be capable of detecting imbalances with the elevation of the lower limb.

1.　はじめに

近年社会の高齢化が進んでおり、高齢者の人口は増えつつある。人は年を取るごとに運動能力が衰え、身体バランスを崩しやすくなり、転倒などにつながる。高齢者が自立し、快適な生活を送るためには、高齢者の運動能力の維持が大切になる。その運動能力を評価するために身体バランスの測定が行われる[1]。

身体バランスの測定法としては、重心動揺計などを用いた方法が行われているが、この方法は力学的計測法であり、身体のどの部位がどのように作用しているかまでは測定できない[2]。そこで運動学的計測法であるモーションキャプチャ・システムを用いて身体の各部位の相互関係を測定する。

本研究では運動能力の評価の第一段階としての、簡易的なバランス評価を目的として、その基礎的な身体モデルを提案し、そのモデルが簡易的なバランス評価に有用であるか検討する。評価として、わざとバランスを崩させた時の身体バランスを測定し、モデルにおける頭部重心動揺と身体の各関節角度により身体バランスを評価した。

2.　方法

2.1　モーションキャプチャ・システム

モーションキャプチャ・システムとは、人体や物体に測定機器を取り付け、対象の動きを定量的に捉える技術のことを指す。本研究においては、その中でも最も一般的で、バイオメカニクス分野において広く利用されている光学式計測方法を用いた[3]。光学式計測方法は、光源を持ったカメラを用いて赤外線光を照射させ、身体に貼り付けた赤外線反射マーカから反射した赤外線光を記録する。マーカの3次元位置座標を計算する場合には、DLT(Direct Linear Transformation)法が用いられる。この手法は3次元位置座標を計算する数学的手法であり、複数のカメラで同時に同一のマーカを異なる方向から撮影することで得られたマーカの2次元座標から、3次元座標に変換する[4]。

2.2　身体モデル

本研究では身体の各部位間の姿勢変化を評価するために、身体モデルを提案した（図1）。一般には、身体を頭部1つ、体幹2つ、各体肢をそれぞれ3つの計15の身体部位に分割するモデルが用いられる[5]。今回は、身体バランス評価の簡易化のためのモデルとして、身体を頭部、胸部、腰部、大腿部、脛部に分割した。頭部と胸部はマーカ3点、その他の部位はマーカ2点を貼付し構成した。

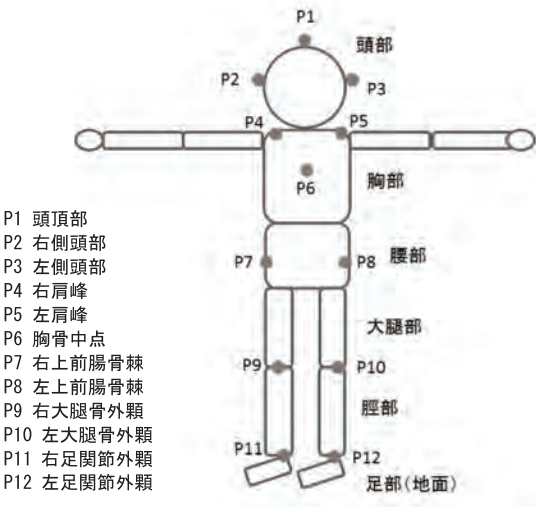


図1 身体モデル

2.3　評価方法

頭部と胸部には座標系を設定し、座標系間のカルダン角[5]を算出して評価する。各座標系におけるX軸回りをα（側屈：右側屈が正）、Y軸回りをβ（前後屈：前屈が正）、Z軸回りをγ（回旋：左回旋が正）とする（図2,3）。下肢の関節

角度は頭部などに比べて 3 次元的な変化は小さいため、2 次元モデルで近似し関節角度を算出した。求める角度は地面に対する腰部の傾き($\theta_{l,l\text{-}g}$)、大腿と脛部の屈折角($\theta_{l,t\text{-}n}$)、脛部と足部の屈折角($\theta_{l,n\text{-}f}$)とする（図 4)。この時の足部は地面と水平なものとし、脛部と地面の角度を用いた。腰部の傾きは Y-Z 座標、大腿と脛部の屈折角、脛部と足の屈折角は X-Z 座標での角度である。この時、X 軸は前後方向（前が正)、Y 軸は左右方向（左が正)、Z 軸は上下方向（上が正）である。

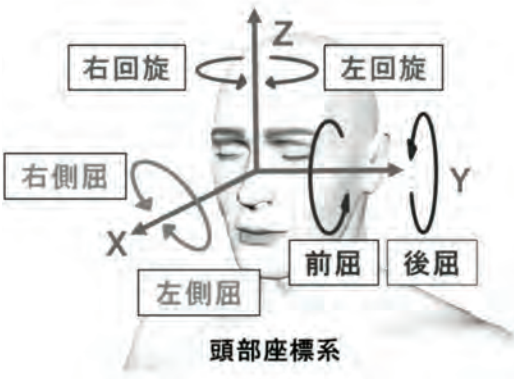


図 2 カルダン角回転方向

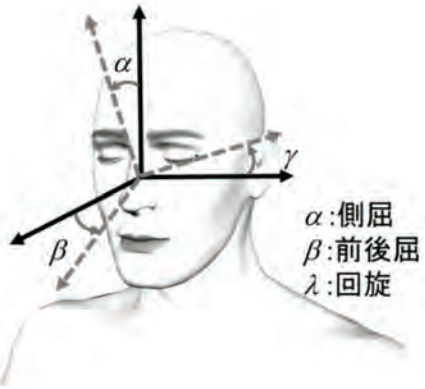


図 3 回転角度（α,β,λ）

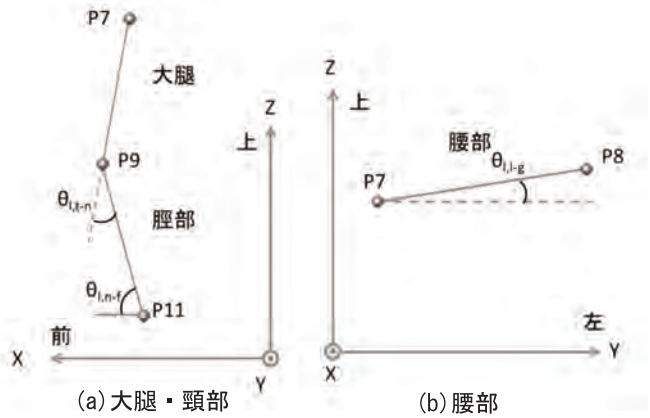


図 4 下肢関節角度

3. 実験

3.1 目的

提案法の有効性を確認するために、身体バランス測定評価実験を行う。具体的には、立位に対して左右の足を挙上させた時の頭部の重心動揺およびカルダン角の最大変化量、また各関節の角度変化を導出し、身体のバランス評価を行う。

3.2 実験方法

被験者は健常成人男性 9 名(年齢 20.3±1.05 歳 、身長 171.6±3.02cm 、体重 64.2±9.35kg)とした。事前に被験者へ実験の説明を行い、実験参加への同意を得てから測定に取り掛かった。

測定には、モーションキャプチャ・システム (Optitrack FLEX:V100、V100R2、NaturalPoint 社)を使用した。測定用カメラは、被験者の前面を囲むように 5 台配置した。光学式モーションキャプチャ・システムの特性から太陽光はシステムに大きく影響を及ぼすため、実験場所は室内とした。赤外線反射マーカは、頭部に 3 点、胸部に 3 点、腰部、左右大腿関節側部､左右足部に 2 点ずつの計 12 点貼り付けた。また足を挙上させるため、厚さが 10mm の板を 1 枚、20mm の板を 3 枚用意し、板の組み合わせで挙上させる高さを調整した。

測定動作

実験において、立位姿勢（挙上なし)、右足 30mm 挙上、右足 70mm 挙上、左足 30mm 挙上、左足 70mm 挙上の 5 種類の姿勢で測定を行った。測定を開始するときには測定者の合図により測定を始めた。測定時間は一回の動作につき 10 秒とした。この時被験者には自然な体勢をとってもらった。測定は次の順に行った：

① 初めに立位姿勢での測定をする。
② 次に右足の下に板を入れ右足を 30mm に挙上させ測定し、これを 70mm に挙上させた時についても測定する。
③ 左足についても、同様に挙上させ測定する。

これらの動作を各 3 回ずつ、計 15 回測定した。

分析項目

分析したパラメータは次の通り：

① 頭部重心動揺（Gh)：動作測定間における頭部の位置的重心の総移動量
② 上肢関節角度（θ_u)：姿勢保持時のカルダン角の最大値から最小値を引いたもの
③ 下肢関節角度（θ_l)：立位姿勢の関節角度を基準とした姿勢変化による関節角度の変化角度

②のパラメータは、胸部を基準とした頭部のカルダン角（$\theta_{u,\ h\text{-}b}$）、地面からみた頭部のカルダン角（$\theta_{u,\ h\text{-}g}$）、地面から見た胸部のカルダン角（$\theta_{u,\ b\text{-}g}$）の３つである。③のパラメータは、地面に対する腰部の傾き($\theta_{l,l\text{-}g}$)、大腿と脛部の屈折角($\theta_{l,t\text{-}n}$)、脛部と足部の屈折角($\theta_{l,n\text{-}f}$) の３つである。①～③において、姿勢の変化による有意差があるかｔ検定する。

3.3　実験結果

・頭部重心動揺（Gh）

結果を図 5 に示す。このグラフは被験者 9 人の平均値である。縦軸が姿勢保持状態（10 秒間）における重心の総移動量である。横軸の左から、立位姿勢（挙上なし）、右足 30mm 挙上姿勢、右足 70mm 挙上姿勢、左足 30mm 挙上姿勢、左足 70mm 挙上姿勢、である。姿勢の変化による有意差は、立位と左右 70mm 挙上のときでのみ有意差が現れた。

・上肢関節角度（θ_u）

結果を図 6～8 に示す。図 6 は$\theta_{u,\ h\text{-}b}$、図 7 は$\theta_{u,\ h\text{-}g}$、図 8 は$\theta_{u,\ b\text{-}g}$である。これらのグラフは被験者 9 人の平均値である。縦軸がカルダン角の最大変化角度である。横軸の左から立位姿勢（挙上なし）、右足 30mm 挙上姿勢、右足 70mm 挙上姿勢、左足 30mm 挙上姿勢、左足 70mm 挙上姿勢、である。αは側屈、βは前後屈、γは回旋である。姿勢の変化による有意差はいずれの場合も見られなかった。しかし、図 6～8 において、側屈と前後屈、側屈と回旋に有意差があったものがあり、側屈に比べ前後屈や回旋が大きくなる場合が多かった。また胸部のカルダン角最大変化量は頭部に比べ小さくなっている。

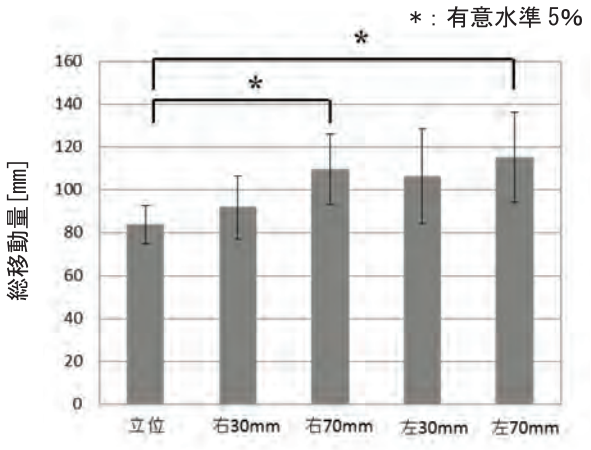


図 5 各状態時の頭部重心動揺

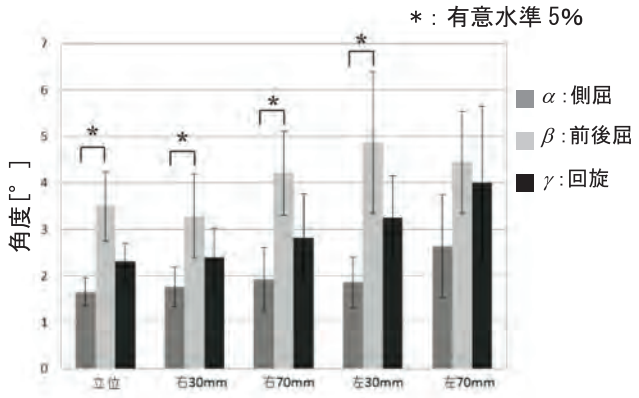


図 6 上肢関節角度変化（$\theta_{u,\ h\text{-}b}$）

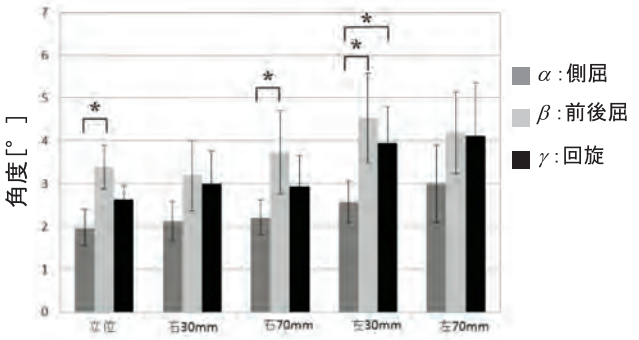


図 7 上肢関節角度変化（$\theta_{u,\ h\text{-}g}$）

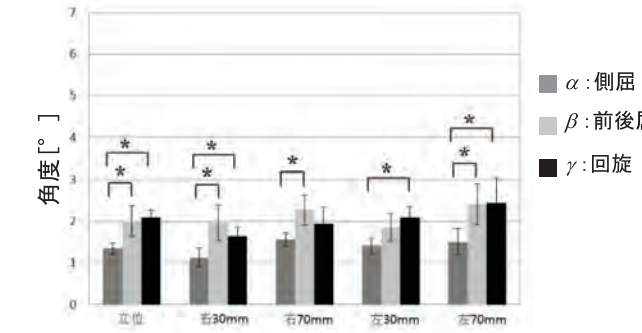


図 8 上肢関節角度変化（$\theta_{u,\ b\text{-}g}$）

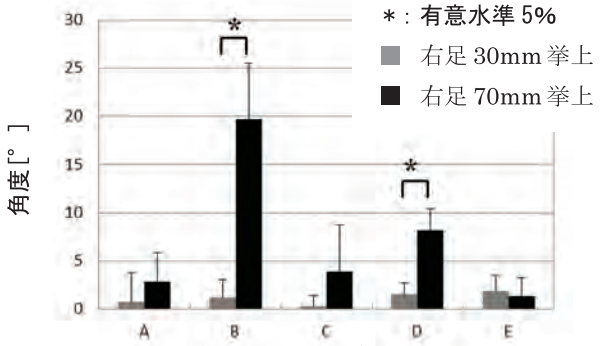
・下肢関節角度（θ_l）

結果を図 9、10、表 1、2 に示す。グラフは被験者 9 人の平均値であり、縦軸が立位姿勢を基準とし、足を 30mm、70mm と挙上させた時の各関節の変化角度である。横軸は左から、A：腰部のグランドに対する傾き、B：右足の大腿と脛部の屈折角、C:左足の大腿と脛部の屈折角、D：右足の脛部と足部の屈折角、E:左足の脛部と足部の屈折角である。

右足、左足それぞれ 30mm、70mm と挙上させたときの各関節の変化角度について、挙上によって有意差があるかｔ検定したところ、右足挙上では右足の大腿と脛部、右足の脛部と足部に有意差があった。左足挙上では左足の大腿と

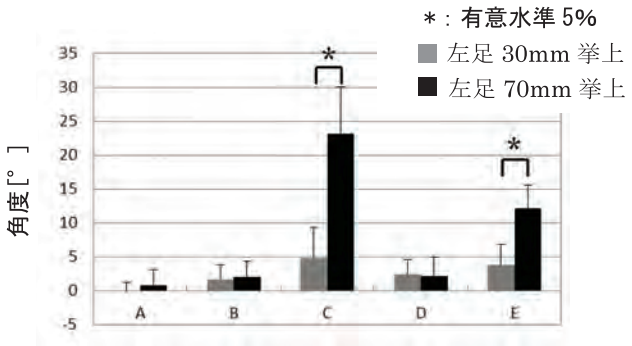
脛部、左足の脛部と足部に有意差があった。

表は個人別の右足、左足それぞれ 30mm と 70mm に挙上させたときの各関節の変化角度の有意差を表したものであり、○が有意差あり（有意水準 5%）、△は有意傾向（有意水準 10%）、×は有意差なしである。



A:腰部のグランドに対する傾き
B:右足の大腿と脛部の屈折角
C:左足の大腿と脛部の屈折角
D:右足の脛部と足部の屈折角
E:左足の脛部と足部の屈折角

図 9 立位姿勢を基準とした右足挙上時の関節角度変化



A:腰部のグランドに対する傾き
B:右足の大腿と脛部の屈折角
C:左足の大腿と脛部の屈折角
D:右足の脛部と足部の屈折角
E:左足の脛部と足部の屈折角

図 10 立位姿勢を基準とした左足挙上時の関節角度変化

表 1 個人別の右足 30㎜ 挙上時と 70㎜ 挙上時の各関節角度の有意差

被験者	A	B	C	D	E
1	○	○	×	△	○
2	△	○	△	○	○
3	○	○	×	△	×
4	○	○	○	○	○
5	×	○	×	○	○
6	○	○	△	△	○
7	×	○	○	○	×
8	×	○	×	○	×
9	○	○	○	×	○

表 2 個人別の左足 30㎜ 挙上時と 70㎜ 挙上時の各関節角度の有意差

被験者	A	B	C	D	E
1	○	○	×	△	○
2	△	○	△	○	○
3	○	○	×	△	×
4	○	○	○	○	○
5	×	○	×	○	○
6	○	○	△	△	○
7	×	○	○	○	×
8	×	○	×	○	×
9	○	○	○	×	○

4.　考察

・頭部重心動揺

左右の足で立位と 30mm 挙上、また 30mm 挙上と 70mm 挙上では有意差はなく、立位と 70mm 挙上では有意差があった。このことから、わずかな足の挙上差では頭部の動揺に影響はないと考えられる。しかし、立位、30mm、70mm と挙上させる高さが大きくなるにつれ頭部の重心動揺も大きくなる傾向が現れた。これより、挙上した高さが大きいときは、バランスが悪くなり、バランスが悪い時ほど頭を動かしてバランスを取っていると考えられる。前田らの先行研究による報告[6]によれば、身体重心動揺と頭部重心動揺には正の相関があることがわかっている。つまり、頭部重心動揺は、身体バランスの評価に有用なパラメータであるといえる。

・上肢関節角度変化

挙上による上肢関節角度の最大変化量は、姿勢による有意差がみられなかった。これより、挙上によるバランスのとり方として、頭の前後、左右、回転の動きに依存性がないといえる。これは各カルダン角のパラメータの振れ幅は、バランスが崩れても、有意な差が現れるほど変化はないからと考えられる。しかし、同一姿勢における側屈と前後屈の間には有意差が見られた。この結果より、姿勢によらず、状態保持時には側屈に比べて前後屈が大きく変化し、バランスを取っている割合が大きいと考えられる。

それぞれ、$\theta_{u,\,h\text{-}b}$、$\theta_{u,\,h\text{-}g}$、$\theta_{u,\,b\text{-}g}$を比較すると$\theta_{u,\,b\text{-}g}$は他より少ない値になっている。これより、バランス保持には胸部と頭部が一体になって動くことによりバランス保持しているというよりは、頭部を動かすことによりバランスを保持している割合が高いといえる。よって、バランスの測定には頭部の測定というのが重要な要素であると考えられる。

・下肢関節角度変化

図 9、10 に関しては、標準偏差が平均値に対して大きく

なっていることから、この平均値には、妥当性がないといえる。これは個人差によるものが大きかったためであり、足を挙上したときの各関節角度は定まった傾向になるとは言えない。しかし、右足挙上では右足の大腿と脛部、右足の脛部と足部に、左足挙上では左足の大腿と脛部、左足の脛部と足部には有意差があった。これは右足を挙上させると、それにともない大腿と脛部の屈折角、脛部と足部の屈折角も挙上する高さに合わせて、大きくなるからである。

今回提案した身体モデルは、頭部と胸部を 3 次元的モデルで表現し、下肢は 2 次元的モデルに近似した。これは、膝関節などを 1 自由度の蝶番関節とみなすことで分析パラメータを減らし、分析を簡易化するためである。バランス測定により、バランス保持時に頭部動揺が最も大きく変化したことが測定でき、頭部は 3 次元的に動揺することでバランスの保持に関わっていることが確認できた。このことから、頭部と胸部は 3 次元的モデルで評価する必要があるといえる。また、下肢においては、足の挙上に伴う膝関節の屈曲等の姿勢の変化を比較的容易に評価することができた。以上より、今回提案したモデルは簡易的な身体バランス測定に有効だと考えられる。しかし、今回は立位という静的な姿勢のみの測定・評価であった。今後、動的な姿勢変化における検証が必要である。

近年、安価なカメラを用いた運動測定法が実用化されていることから、将来的に、専用の施設や、高価な機器を使わずとも、小規模な医療機関やリハビリテーション施設などにも、運動学的な評価法の導入が進むことが期待できる。そのような場面において、比較的評価の容易な提案法は、有用であると考える。

5. まとめ

簡易的なバランス測定のためのモデルを提案し、モデルが有効か確認するため測定を行った。その結果、バランス測定には頭部の重心動揺は有効であり、胸部より頭部の測定が有効であった。また各関節角度を定量的に測定することができた。今後の課題は、動的な姿勢変化における検証である。

参考文献

[1] 藤永博 : 身体重心動揺と運動能力の指標を関連づける試み, 経済理論, 331, pp.121-138, 2006.

[2] 松田雅弘，塩田琴美，高梨晃，野北好春，川田教平，宮島恵樹，細田昌孝，渡邉修 : 腰部ベルト装着時の静的・動的立位バランスの特性，理学療法科学，24(4)，pp. 489-492．2009.

[3] 持丸正明，河内まき子 :「人体を測る-寸法・形状・運動-」，東京電機大学出版局，2006.

[4] 江原義弘，山本澄子 :「臨床歩行計測入門」，医歯薬出版株式会社，2008.

[5]ゴードン・ロバートソンほか，監訳:阿江通良 :「身体運動のバイオメカニクス研究法」，大修館書店，2008.

[6]前田望，坂口究，丸山智章，横山敦郎 : 実験的に付与した脚長差が直立姿勢，頭位及び顎口腔機能に及ぼす影響について，日本補綴歯科学会学術大会プログラム・抄録集，120，p．252，2011.

量子力学における弱値と弱測定について

四王天　正臣

On weak value and weak measurement in quantum mechanics

Masaomi SHIODEN

Abstract: Weak measurement and weak value explicated by Aharonov et.al. in 1988 are studied actively especially in Japan recently. We introduce these concepts in brief and try to calculate some fundamental physical quantities in elementary cases. For illustlation, we consider a harmonic oscillator and show that in the weak value the oscillator takes an unexpected path when the initial state is a superposition of two position eigenstates.

1. はじめに

Y.Aharonov, D.Z.Albert, L.Vaidman によって 1988 年に提唱された弱測定 (weak measurement) と、それによって得られる量子変数の弱値 (weak value) についての研究が最近、特に日本において活発になってきている[1]。

Yakir Aharonov といえば、1959 年に David Bohm とともに、後に「Aharonov- Bohm 効果 (A-B 効果)」と称されることになる現象を予言したことにより、よく知られている[2]。また、この現象の実験的証明を 1986 年に外村　彰が行ったことは有名である[3]。

本稿では、まず従来の標準的な量子力学の解釈とは別の、20 世紀末に提唱された弱測定と弱値の簡単な紹介を行う。その上で、例として調和振動子系を考察し、量子力学特有の重ね合わせ状態がある場合には、弱値としての粒子の経路が、直観的なものとは全く異なる奇妙な結果が得られることを示す。

2. 弱値と弱測定

標準的な Copenhagen 解釈と称される従来の量子力学が教えるところでは、極微の世界を観測する際、その測定という行為が系の状態を擾乱させ、本来の系の状態とは異なった測定結果が観測されるとされている。

Aharonov らが提唱した弱測定は、測定される対象の系を測定によって擾乱しない程度に極めて弱く測定するという考え方である。　その反面、測定精度は高いものではなくなるので、1 回の測定で得られる測定結果の精度は決して高いものには成り得ない。　しかしながら、それを補うために、同じ実験を繰り返すことが可能な場合は、多数回の同じ測定を繰り返して、その平均値を高い精度で得るという方法を採る。　その具体的な測定例は、たとえば、最近の科学雑誌にも何例かの解説がなされている [4][5]。

ここでは、先ず、Aharonov らが、2010 年 11 月号の Physics Today で解説している概念的に分かり易い例を紹介する[6]。

外部磁場のない空間にスピン 1/2 の粒子が 1 個あったとする。　初期状態 $t=0$ でスピンの z 成分を測定したら +1/2 であり、終状態 $t=T$ でスピンの x 成分を測定したら、やはり +1/2 であったとする。スピンの z 成分と x 成分とは演算子として交換しないので、同時測定はできない。

$0 \le t \le T$ の時間領域においてスピンの成分を測定することを考えてみる。　系を出来るだけ擾乱しないで測定し、時刻 $t=0$ と $t=T$ の中間状態でスピンの z 成分を測定したとすると、$t=0$ のときと変わっていないはずであるから、やはり +1/2 の値が得られると考えられる。　同様に、同じ中間状態でスピンの x 成分を測定したとすると、$t=T$ に +1/2 の値になるのであるから、中間の時点においても +1/2 の値をもっていたものと推定される。すなわち、この場合は、未来における測定結果をもって、過去に遡り測定値を得ていることに相当する。

それで、もし、$z-x$ 平面上で 45° の角度方向のスピンを測定したとすると、$\dfrac{\frac{1}{2}+\frac{1}{2}}{\sqrt{2}}=\dfrac{\sqrt{2}}{2}$　という値が予想されることになるが、この値はスピンの固有値 +1/2、−1/2 のいずれでもない。　この結果を系統的に説明する手段がが Aharonov らの弱値という概念である。　弱値が実際に測定可能であるためには、測定が系を擾乱しないことが要請され、それを保障する測定の方法が弱測定と言われるものである。

3. 弱値の考え方に基づく物理量の計算例

上記の例で示したように、弱測定を用いて物理量を測定する場合、その測定過程を決めると、交換不可能な物理量でも同時に決まっている可能性があり、その値は固有値以外の値（弱値）であることも有り得る。

そのような意味での、物理量 A の弱値は一般に複素量であって、以下のように定義できる。

$$A_w = \frac{\langle\phi|A|\psi\rangle}{\langle\phi|\psi\rangle} \tag{1}$$

ここで、初期状態を$t=0$で$|\psi\rangle$、終状態を$t=T$で$|\phi\rangle$とし、物理量演算子をA、ユニタリ時間発展をUとすると、$|\psi\rangle$は物理量Aの測定の直前では$U(t)|\psi\rangle$となり、$|\phi\rangle$は物理量Aの測定の直後で$U(T-t)|\phi\rangle$となる。

$U(t)$はHを Hamiltonian とすれば、$U(t)=e^{-\frac{iHt}{\hbar}}$の形に書くことができるので、時間発展を考慮に入れた物理量Aがとりうる弱値は、次のような形になる。

$$\begin{aligned} A_w(t) &= \frac{\langle\phi|U^+(t-T)AU(t)|\psi\rangle}{\langle\phi|U^+(t-T)U(t)|\psi\rangle} \\ &= \frac{\langle\phi|U(T-t)AU(t)|\psi\rangle}{\langle\phi|U(T)|\psi\rangle} \end{aligned} \tag{2}$$

ただし、ここでU^+はUのエルミート演算子を表わしているものとする。

いま、粒子系を考えることとし、その物理量Aとして、位置の座標xをとってみる。系が初期時刻$t=0$において$x=a$、終時刻$t=T$において$x=b$の固有状態であつたとすると、物理量xを弱測定した場合、中間状態は

$$x_w(t) = \frac{\langle b|U(T-t)xU(t)|a\rangle}{\langle b|U(T)|a\rangle} \tag{3}$$

ここで、$t=0$とすると$U(0)=1$であり$x|a\rangle = a|a\rangle$となるから、

$$x_w(0) = \frac{\langle b|U(T)x|a\rangle}{\langle b|U(T)|a\rangle} = \frac{a\langle b|U(T)|a\rangle}{\langle b|U(T)|a\rangle} = a$$

となり、また$t=T$とすると、$\langle b|x = \langle b|b$となるので

$$x_w(T) = \frac{\langle b|xU(T)|a\rangle}{\langle b|U(T)|a\rangle} = \frac{b\langle b|U(T)|a\rangle}{\langle b|U(T)|a\rangle} = b$$

となる。

$U(t)=e^{-\frac{iHt}{\hbar}}$とすると、

$$U(T-t)=e^{-\frac{iH(T-t)}{\hbar}}=e^{-\frac{iHT}{\hbar}}e^{\frac{iHt}{\hbar}}$$

であるから式(3)は次のようになる。

$$x_w(t) = \frac{\langle\phi|e^{-\frac{iHT}{\hbar}}e^{\frac{iHt}{\hbar}}xe^{-\frac{iHt}{\hbar}}|\psi\rangle}{\langle\phi|e^{-\frac{iHT}{\hbar}}|\psi\rangle} \tag{4}$$

ここで、例として、1次元の調和振動子を採り上げてみると、その Hamiltonian は

$$H = \frac{p^2}{2m} + \frac{m\omega^2}{2}x^2 \tag{5}$$

であるから、Hとxとの交換関係は、

$$\begin{aligned} [H,x] &= \frac{1}{2m}[p^2,x] \\ &= \frac{1}{2m}\{p[p,x]+[p,x]p\} \\ &= -\frac{i\hbar}{m}p \end{aligned}$$

となる。

一方、Hとpとの交換関係は、

$$\begin{aligned} [H,p] &= \frac{m\omega^2}{2}[x^2,p] \\ &= \frac{m\omega^2}{2}\{x[x,p]+[x,p]x\} \\ &= i\hbar m\omega^2 x \end{aligned}$$

そこで、$x_w(t)$について、時間tでの1次微分を計算すると以下のようになる。

$$\begin{aligned} &\frac{d}{dt}x_w(t) \\ &= \frac{\langle\phi|e^{-\frac{iHT}{\hbar}}\left\{\frac{iH}{\hbar}e^{\frac{iHt}{\hbar}}xe^{-\frac{iHt}{\hbar}} + e^{\frac{iHt}{\hbar}}xe^{-\frac{iHt}{\hbar}}\left(-\frac{iH}{\hbar}\right)\right\}|\psi\rangle}{\langle\phi|e^{-\frac{iHT}{\hbar}}|\psi\rangle} \\ &= \frac{i}{\hbar}\frac{\langle\phi|e^{-\frac{iHT}{\hbar}}\left\{e^{\frac{iHt}{\hbar}}[H,x]e^{-\frac{iHt}{\hbar}}\right\}|\psi\rangle}{\langle\phi|e^{-\frac{iHT}{\hbar}}|\psi\rangle} \\ &= \frac{i}{\hbar}\frac{\langle\phi|e^{-\frac{iH(T-t)}{\hbar}}[H,x]e^{-\frac{iHt}{\hbar}}|\psi\rangle}{\langle\phi|e^{-\frac{iHT}{\hbar}}|\psi\rangle} \end{aligned}$$

$$= \frac{i}{\hbar}\frac{\langle\phi|e^{-\frac{iH(T-t)}{\hbar}}\left(-\frac{i\hbar p}{m}\right)e^{-\frac{iHt}{\hbar}}|\psi\rangle}{\langle\phi|e^{-\frac{iHT}{\hbar}}|\psi\rangle}$$

$$= \frac{1}{m}\frac{\langle\phi|e^{-\frac{iH(T-t)}{\hbar}}pe^{-\frac{iHt}{\hbar}}|\psi\rangle}{\langle\phi|e^{-\frac{iHT}{\hbar}}|\psi\rangle}$$

$$= \frac{1}{m}p_w(t) \tag{6}$$

これは、Ehrenfest の定理の特別な場合に対応しているが、さらに、2 次微分をとると、

$$\frac{d^2}{dt^2}x_w(t) = \frac{1}{m}\frac{d}{dt}p_w(t)$$

$$= \frac{i}{\hbar}\frac{\langle\phi|e^{-\frac{iH(T-t)}{\hbar}}[H,p]e^{-\frac{iHt}{\hbar}}|\psi\rangle}{\langle\phi|e^{-\frac{iHT}{\hbar}}|\psi\rangle}$$

$$= -\omega^2\frac{\langle\phi|e^{-\frac{iH(T-t)}{\hbar}}xe^{-\frac{iHt}{\hbar}}|\psi\rangle}{\langle\phi|e^{-\frac{iHT}{\hbar}}|\psi\rangle}$$

$$= -\omega^2 x_w(t) \tag{7}$$

即ち、弱測定を行った結果得られる 1 次元の調和振動子の弱値を計算してみると、古典的な場合の運動方程式が再現されることになる。 自由粒子の場合については、ここで $\omega \to 0$ としてみればよい。

調和振動子についての微分方程式の一般解は、よく知られているように、

$$x_w(t) = A\cos\omega t + B\sin\omega t$$

の形に書くことができる。

この節の初めに計算してあるように、初期条件と終条件がそれぞれ、$x_w(0) = a,\ x_w(T) = b$ であるので、

$$x_w(0) = A = a$$

$$x_w(T) = a\cos\omega T + B\sin\omega T = b$$

により、

$$x_w(t) = a\cos\omega t + \frac{b - a\cos\omega T}{\sin\omega T}\sin\omega t \tag{8}$$

それでは、今度は古典物理には存在しない重ね合わせ状態の場合について計算してみることにする。 規格化定数を省いて、始状態は二つの状態の重ね合わせ、終状態は一つの状態であるとする。 即ち、今までの展開において、

$$|\psi\rangle = |a_1\rangle + |a_2\rangle, \qquad |\phi\rangle = |b\rangle$$

とする。

すると、この系の中間状態は以下のようになる。

$$x_w(t)$$

$$= \frac{\langle b|U(T-t)xU(t)\left(|a_1\rangle + |a_2\rangle\right)}{\langle b|U(T)\left(|a_1\rangle + |a_2\rangle\right)}$$

$$= \frac{\langle b|U(T-t)xU(t)|a_1\rangle + \langle b|U(T-t)xU(t)|a_2\rangle}{\langle b|U(T)|a_1\rangle + \langle b|U(T)|a_2\rangle}$$

$$= \frac{\left(a_1\cos\omega t + \frac{b - a_1\cos\omega T}{\sin\omega T}\sin\omega t\right)\langle b|U(t)|a_1\rangle}{\langle b|U(T)|a_1\rangle + \langle b|U(T)|a_2\rangle}$$

$$+ \frac{\left(a_2\cos\omega t + \frac{b - a_2\cos\omega T}{\sin\omega T}\sin\omega t\right)\langle b|U(t)|a_2\rangle}{\langle b|U(T)|a_1\rangle + \langle b|U(T)|a_2\rangle} \tag{9}$$

ここで、$\langle b|U(T)|a\rangle$ の具体的な形は、例えば Feynman の経路積分による結果、

$$\langle b|U(T)|a\rangle$$

$$= \sqrt{\frac{m\omega}{2\pi i\hbar\sin\omega T}}e^{\frac{im\omega}{2\hbar\sin\omega T}\left[\left(a^2+b^2\right)\cos\omega T - 2ab\right]} \tag{10}$$

が知られている[7]。 これを代入し、さらに簡単のため、特に左右対称になる場合、即ち、

$$a_1 = -a, \qquad a_2 = +a, \qquad b = 0$$

となる場合を計算してみると、

$$x_w(t) = -a\cos\omega T + \frac{a\cos\omega T}{\sin\omega T}\sin\omega t$$

$$+ a\cos\omega T + \frac{-a\cos\omega T}{\sin\omega T}\sin\omega t$$

$$= 0$$

となる。 結局のところ、弱値としては粒子は$[0,T]$の間、ずっと$x=0$の位置にあったことになる。 初期状態としては、粒子は半々の確率で$t=0$で$x=+a$または$x=-a$の位置にあった筈であるにもかかわらず、弱値の上では原点$x=0$にあり、さらに古典的には振動しているはずの調和振動子が振動していないということになる。

4. この計算例の結果の解釈

上の1次元の調和振動子の例で、初期状態も終状態も1つの状態の場合は、弱値を計算しても古典物理の場合と同じく振動する解が得られた。 また、$\omega \to 0$としてみれば、これは potential が0の場合、即ち自由粒子の場合になるが、このときは$a \to b$という直線上を運動することになる。

ところが、調和振動子系の初期状態が2つの状態の重ね合わせであり、とりわけ左右対称という特殊な場合の結果は、量子力学の通常の解釈によれば、確率的には2つの状態の間のいずれかの状態にあるものが、別々に振動する描像ということになるが、弱値の計算例では、2つの状態の中点から終状態の1点に向かって直線上を運動し、振動する解にはならない。 弱値は複素数ながら一意に決まる値であり、その意味では決定論的な解釈が可能である。 今その立場に立つとするならば、極微の世界に於いて確定した弱値が測定された場合には、その値はやはり古典的な直観的描像からは懸け離れたものになることが示されたのである。

今回は、一例を紹介することしか叶わなかったが、この他にも、弱値の概念が量子力学のトンネル効果を直観的に理解するための道具として使えることや、光に対する量子ホール効果の測定に利用できるなど、量子力学に関するいろいろな現象の精密測定に広く応用できることが指摘されている[6]。

今後、いろいろな物理量の弱値を考察し、弱測定を実行することを通して、量子力学の従来の解釈の方法に、新たな光が与えられることになり、また測定技術の飛躍的向上にも役立つものと考えられる。

謝辞

本稿を纏めるに当っては、高エネルギー加速器研究機構素粒子原子核研究所理論部の筒井 泉氏に多くの示唆と御助言をいただきました。ここに篤く御礼申し上げます。

付記

今年度(2012 年度)の Nobel 物理学賞は、量子力学基礎論の分野で量子情報科学の進展に結びつく、実験的な成果を挙げた、Collège de France の Serge Haroche 氏と米国標準技術研究所の David J. Wheinland 氏に授与されることになった[8]。

また、Nobel 生理・医学賞は、Cambridge 大学の Sir John B.Gurdon 氏と京都大学の山中伸弥氏が、iPS 細胞作製に関する極めて画期的な功績により受賞することになった。

iPS 細胞は、一旦成長した細胞に、関係する 4 種の遺伝子を作用させることで作製することができ、これは細胞の初期化ということを意味し、考え方によれば、生物の成長の時間を巻き戻すという、全く同じ効果というわけではないが、言ってみれば、「タイムマシン」で実現できることに近いことが可能であるというように考えることができると説明する人も居る。

今回、紹介した弱値や弱測定においても、結果から遡って以前の状態についての知見を得るという、時間を逆向きに扱っていると見做すことが可能と言えるかもしれない。この点については、文献[6]と文献[9]などが参考になる。

地上に立っていることが当たり前と感じ、Sir Isaac Newton が指摘するまで万有引力あるいは重力という相互作用に万民が気付かなかった。 時間も過去から未来に同じステップで進み続けていると、我々は無意識に捉えているが、本当にそうなのかどうかを、改めて問い直すべき時期に来ているのではないかと考える。

参考文献等

[1] Y.Aharonov, D.Z.Albert, and L.Vaidman, Phys.Rev.Lett. 60, 1351 - 1354 (1988)

[2] Y.Aharonov and D.Bohm, Phys.Rev. 115, 485 - 491 (1959)

[3] このあたりの経緯については、
外村 彰, 目で見る美しい量子力学, サイエンス社 (2010) に詳しく述べられている。
なお、外村 彰さんは2012年5月2日に逝去された。

[4] 井元信之、横田一広、日経サイエンス 2009 年 10 月号、29 - 35

[5] 北野正男、数理科学 2012 年 3 月号、7 - 13

[6] Y.Aharonov, S.Popescu, and J.Tollasken, Physics Today, 27 - 32 Nov. (2010)

[7] R.P.Feynman and A.R.Hibbs, Quantum Mechanics and Path Integral, McGraw-Hill (1965), p.63 (3 - 59)

[8] 例えば、朝日新聞 2012 年 10 月 11 日 33 面 科学欄

[9] Y. アハラノフ、日経サイエンス 2009 年 10 月号、24 - 28

フレームワークに基づいた機能限定ソフトウェアシステム設計ツールの開発

滝沢陽三

Design Tools based on Frameworks for Function-Limited Software Systems

Yozo TAKIZAWA

Abstract: Author describes the modified framework and supporting tools for developing function limited software systems based its former study. Firstly the modified framework is shown with last problems of target domains for software development. Arranging the concept of module coupling is also described in the framework. Secondly the refinement of the supporting system including the specification repository and two supporting tools is proposed. A specific example of a development environment is described for considering about the refinement.

１．はじめに

著者らは先に、機能限定に特化したソフトウェアの分類によるフレームワークの定義、および、開発支援アプリケーションの検討・考察について報告した[1)]。携帯端末用のソフトウェアの需要は年々高まっており、既存の仕様や概念、システムを携帯端末用に迅速に再利用および特化できる環境の整備は、ソフトウェア開発現場においても、また、利用者にとっても重要な問題である[2)3)4)]。

本稿では、Web アプリケーションとしての開発支援（設計）ツールの実装に必要なフレームワークの詳細化と、実際のツールの開発に関して言及する。設計ツールの位置付けの明確化等も行う。

２．提案フレームワークの概要

先に報告したフレームワークの策定および開発環境の考察に関する要点を示す。

・機能限定の種類：分類基準は「利用者のコンピュータ理解」であり、ユーザインタフェースやクライアントシステムなどの側面から分類する考え方である。具体的には、出力優先、処理優先、入力優先の観点による機能限定である。あくまで機能限定を目的とした優先度であるため、優先された入出力・処理機能は、機能限定されていない（フルセット仕様）場合もあれば、機能限定されている（サブセット仕様）場合もある。図１にこれらを大まかに位置付けたイメージを示す。

・フレームワークの種類：機能限定の優先度に基づき、入出力・処理内容のモジュール（またはオブジェクト）結合度を用いてフレームワークの種類を定義する。３つの要素の結合度がお互いに高いか低いかという種類の他、３つの要素のいずれの２つのみ結合度が高いか、によって分類している。これらを整理したものを表１に示す。この定義について既存ソフトウェアをフレームワーク化、データベース化する。

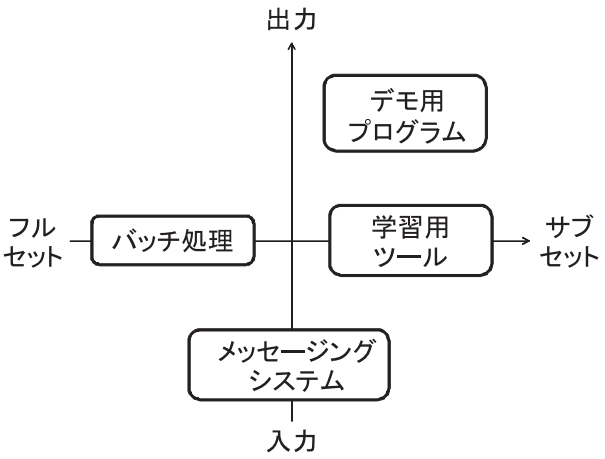


図１ 優先度とフルセット・サブセット制約による分類例

表１ フレームワークの種類と定義

結合度		結合パターン
0		入力部(I)・処理部(P)・出力部(O)の結合度が低い
1	a	入力部・処理部(IP)の結合度が高く、出力部(O)の結合度が低い
	b	処理部・出力部(PO)の結合度が高く、入力部(I)の結合度が低い
	c	入力部・出力部(IO)の結合度が高く、処理部(P)の結合度が低い
2		入力部・処理部・出力部(IPO)の結合度が高い

・データベースの基本構成：要求定義・分析支援という観点から、既存ソフトウェアの基本設計・詳細設計の仕様書が分類・格納・参照されるという形となる。ただし、関連ドキュメントとして、実際のアプリケーションソフトウェアのソースコードやデータも関連付けが可能とする。データベースの基本構成を図2に示す。

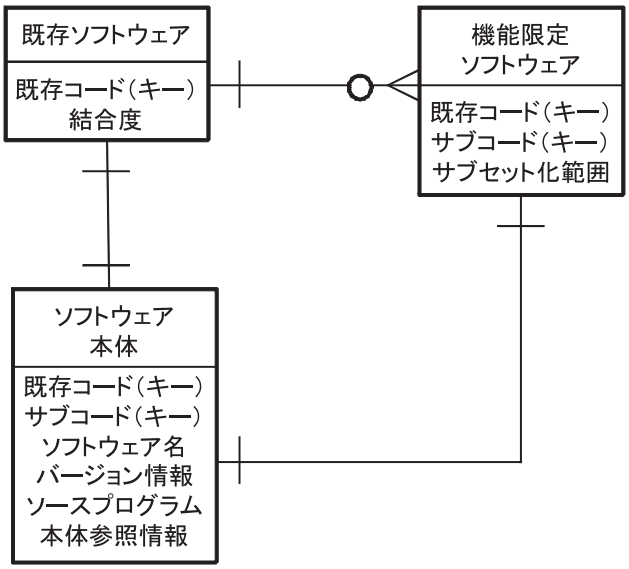


図2 データベースの基本構成

・システムの全体構成：主に２つのツールとデータベースによって構成される。ツールは、データベース情報に基づいてソフトウェアの仕様化・設計を行う構築支援ツールと、フレームワーク化情報を分析してデータベースに蓄積するためのフレームワーク化支援ツールで構成される。支援システム全体のクラス図表現を図3に示す。

３．フレームワークの詳細化

前述のフレームワークは、構築支援を行う対象ドメインを考慮していない[1]。また、実装対象プラットフォームの特徴も考慮していない。このことは、次のような問題をもたらす。

例として、ドメインとしては「文献検索」にカテゴライズされるソフトウェアを考える。論文データベース検索クライアントソフトウェアは条件設定や論文表示などのためのユーザインタフェースを充実させた1cに分類、電子書籍検索クライアントソフトウェアとしては課金に基づく書籍表示のため結合度の低い0に分類することが可能である。いずれのソフトウェアも、構成されるコンポーネントは非常に似通っているにも関わらず、結合度のみで別のフレームワークとみなされるのは、再利用の観点でも、また、利用者側の便宜性の観点でも問題がある。この場合はコンポーネントの独立性を重視し、0に統一することが適切である。例えば、論文データベース検索ソフトウェアは、あえて0とすることにより、コンポーネントの再利用が促進されることが期待できると共に、課金に基づく閲覧システムへの移行も容易となる。

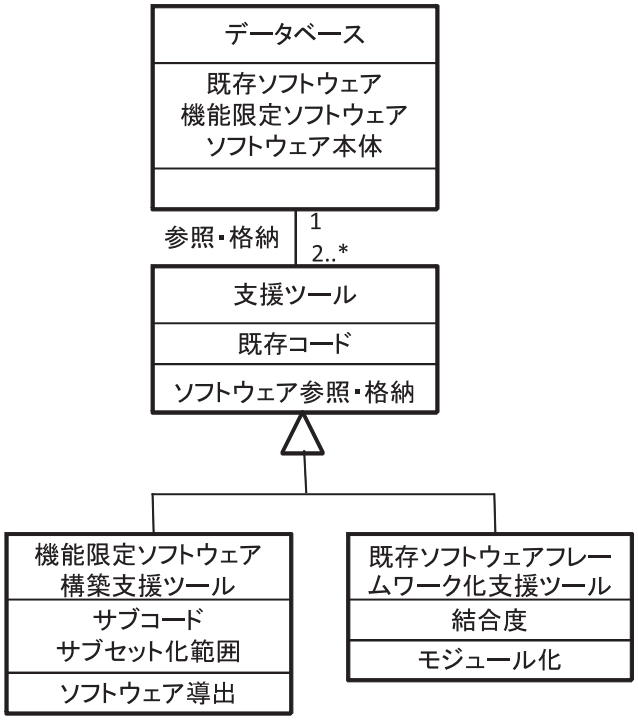


図3 支援システム全体のクラス構成図

別の例として、科学技術計算用途の数値解析ソフトウェアを考える。このようなソフトウェアは基本的に処理部が中心であり、入力はパラメータ設定のみ、解析結果の表示は別の（1bに分類されるであろう）表示専用ソフトウェアとの併用で行うことがある。この場合、先のフレームワークの分類では1aにあたる。しかし、操作環境が限定または統一されているPCデスクトップ環境や携帯端末用操作環境向けに実装する場合、解析計算のみ行う処理部と比較して、標準入出力機能が相対的に充実しているように捉えることができてしまう。この場合、1cへの分類とするのが適切であるが、本来の1aとしての特徴を含有させるため2とすることもある。実装例としては後者の1a→2が多く見られ、まずユーザインタフェース部を充実させた後に、本来必要となる処理部をインタフェースごとに分散して実装するという現象が発生する。このような事柄も、再利用や保守性の観点で問題がある。

以上を考慮し、表2のようにフレームワークを詳細化・再定義する。方針としては、「結合度が低い単一要素がそのソフトウェアの中心となる」と仮定することで、可能な限り結合度が低い分類に誘導させるよう再定義している。たとえば、論文デー

タベース検索クライアントソフトウェアを1cと定義しようとする場合、処理部が中心となるかを吟味する。入出力部が中心と判断されるならば分類1に該当しないとし、0と分類する。数値解析ソフトウェアは出力部が中心ではないため、1c と判断される。

表 2 再定義したフレームワーク

分類		結合パターン
0		入力部(I)・処理部(P)・出力部(O)の結合度が低い
1	a	入力部・処理部(IP)の結合度が高く、**出力部(O)を中心に構成**
	b	処理部・出力部(PO)の結合度が高く、**入力部(I)を中心に構成**
	c	入力部・出力部(IO)の結合度が高く、**処理部(P)を中心に構成**
2		入力部・処理部・出力部(IPO)の結合度が高い

4．支援システムの詳細化

先に提案した支援システムの構成はクラスのレベルで表現している。実際のツールはデータベースの参照・格納機能のみ共有しているため、２つのツールは別のものとして実装する。また、フレームワークは２つのツール双方が参照する基準として定義される。

以上を踏まえた支援システムの概観を図4に示す。

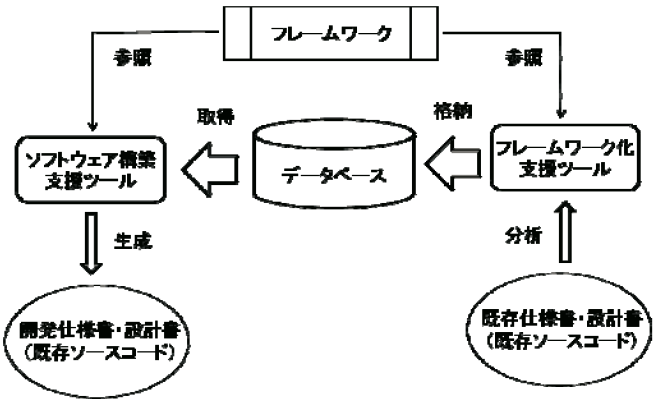


図4 支援システムの概観

5．設計ツールの開発

5．1　支援ツールの概要

支援ツールについては、先の報告で述べたように、Web アプリケーションソフトウェアとして試作を進めている[1]。ソフトウェア構築支援ツールのユーザインタフェースの外観を図 5 に示す。

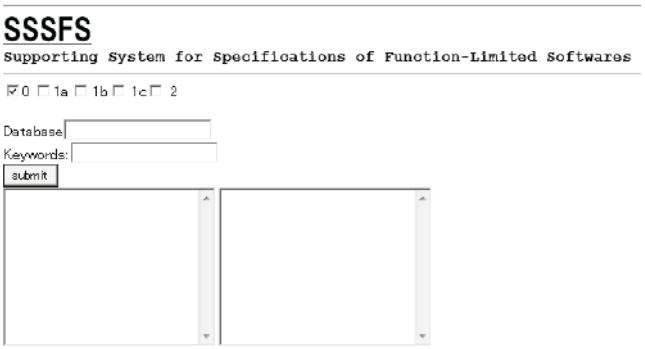


図5 ソフトウェア構築支援ツールの概観

データベースサーバとして MySQL[5]、CGI スクリプト言語として Scheme インタプリタの Gauche[6]を採用している。MySQL は、Web サーバ連動の小規模データベース構築に広く利用されているためである。Gauche の採用は、記述対象に自然言語記述が含まれることがあること、文法が形式化されていれば本格的な自然言語処理技術は必要ないこと[3]、Gauche がスクリプト言語処理系を指向していることに加えて字句解析やデータベースアクセスのためのライブラリが数多く開発されていること、などからである。

5．2　開発支援対象のソフトウェア

開発支援対象のソフトウェア本体としては、Android[7]端末用アプリケーションソフトウェア（アプリ）を想定している。Android アプリは Java を利用した仕組みであり、Android 用開発キット（Android SDK）がフリーソフトウェアとして公開されている。この中にはサンプルプログラムのソースコードが含まれているため、これらの分析によって、フレームワークの有用性確認とフレームワーク化支援ツールの強化、既存ソースコードの再利用性の向上が期待できる。

Android アプリの開発環境は様々な構成で提供されているが、本研究では、上記の再利用性向上の趣旨から、やはりオープンソースソフトウェアの Eclipse に JDK（Java 開発キット）および Android SDK を組み合わせた環境を想定している（図 6）。この構成で Android アプリを作成する場合は次のような手順となる。

・開発マシンでのクラスプラットフォーム開発
・開発マシン上の仮想機械におけるテスト
・実機テスト・パッケージ化

すなわち、現時点においては実機における開発は一般的ではないため、組込用ソフトウェア開発と同様の問題、あるいは、環境整備が必要となる。仮想機械に実機の全てのハードウェア性能・機能を実装することは困難であり、アプリの利便性までを

考慮した開発を仮想機械上のテストのみで行うことは不可能である。本研究の提案するフレームワークに基づく支援システムは、仮想機械と実機との違いによる問題等もフレームワークに基づく定義（主に 1a,1b の分類）によって解決されることが想定されている（図 7）。

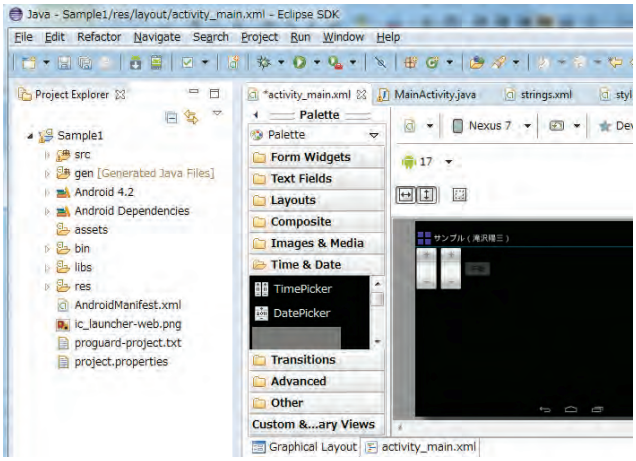


図 6 Android アプリ開発環境の例

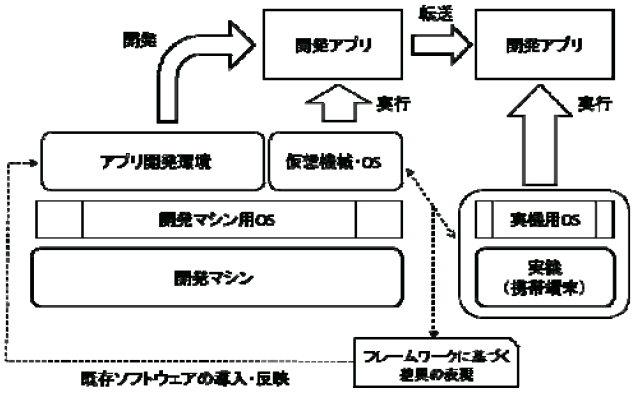


図 7 アプリ開発における支援システムの役割

6．課題

既存の要求定義支援システムとの連携が課題として残っている。支援システムとしてだけでなく、UML を用いる様々なツールとのデータ共有により、開発効率だけでなく、ユーザからの要求獲得と再利用性が高まることが期待できる。

また、開発支援対象を特定した場合、フレームワークの更なる細分化が必要となる可能性がある。たとえば、従来の地図ソフトウェアを携帯端末で利用する場合、単純にデスクトップ環境で利用する機能の携帯化に留まらず、GPS や携帯回線との連動そのものが、これまでになかった概念の機能を提供することもある。細分化よりも階層化の方が適切な場合もあり、更なる分類の検討が必要である。

参考文献

1) 滝沢、山田、土川：機能限定ソフトウェアシステムのフレームワーク策定および開発環境に関する考察，茨城工業高等専門学校研究彙報第４７号，pp.81-84(2012).
2) Purao, Storey, and Han: Improving Analysis Pattern Reuse in Conceptual Design, Information Systems Research, Vol.14, No.3, pp.269-290(2003).
3) 滝沢,上田: 自然言語記述による要求仕様導出支援システムの提案,情報処理学会論文誌,Vol.38,No.3, pp.626-633(1997).
4) Larry Bernstein: Things I learned from Taming Software Development, ACM SIGSOFT Software Engineering Notes, Vol.37, No.6, pp.5-6(2012).
5) MySQL, http://www.mysql.com/
6) Gauche - A Scheme Implementation -, http://practical-scheme.net/gauche/
7) Android, http://www.android.com/

Pseudomonas putida 由来 *armX* の解析と遺伝子クローニング

鈴木　康司，坂本　幸平*

Characterization and molecular cloning of *armX* gene from *Pseudomonas putida*

Koji SUZUKI and Kohei SAKAMOTO

Abstract:

ArmX(hrcA regulon member) is a protein which regulates a role of total control of heat shock chaperone. ArmX was recently discovered, so the specific role of this protein isn't determined in many bacteria. We research *Pseudomonas putida* KT2440 which produces many kinds of lipase. Lipase is known that it needs the original chaperone to get activity. Many bacteria has the cluster which consists of lipase gene and its chaperone gene, but *P.putida* KT2440 strain doesn't have its cluster. It suggests that the lipase needs other chaperone in the strain. All chromosomal DNA sequence of the strain has been already determined, and there is ArmX in the strain. The aim of the research was to clone a gene coding for ArmX (*armX*) from *P. putida* KT2440 strain, and to ascertain the specific role of this protein, especially whether this protein has chaperone function. In experiment, *armX* was amplified by PCR (polymerase chain reaction) and then was inserted into pUC118, 119, and the plasmids were transformed into *E.coli* TOP10. Two plasmids which were obtained from the transformants contained *armX*, and were naned pARMX1 and 2, respectively. Using three strains which each harbors pARMX1 and 2, the variation of protein expression in these strain was determined by SDS-PAGE (sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis). On the other hand, the co-transformant of *E.coli*, which has *armX*(pARMX4) and lipase gene（pLIPA1 or 2）, was obtained. And lipase activity of the strain was checked to verify that ArmX has chaperone function for lipase. The new heat shock protein and the chaperon activity, however, could not be detected in the *E. coli* host-vector system.

1. はじめに

ArmX（hrcA regulon member）とは、熱ショックシャペロンの発現における総括的制御を担うタンパク質である（図１）。菌を生育限界に近い高い温度で培養すると、新たに発現されるタンパク質があり、これを熱ショックタンパク質という。このタンパク質のなかで、他のタンパク質を立体化させ、正しい機能を得る手助けをするタンパク質を熱ショックシャペロンという。この熱ショックシャペロンの発現は２つの制御によって支配されている。１つは CIRCE（controlling inverted repeat of chaperone expression）という DNA 配列が一本鎖で塩基同士の相補的結合をすることで RNA ポリメラーゼによる mRNA の伸長を阻害し、熱ショックシャペロンの発現を制御する。もう１つは HrcA（heat regulation at CIRCE）リプレッサータンパク質が CIRCE オペレーターに特異的に結合することで RNA ポリメラーゼによる mRNA の伸長を阻害し、熱ショックシャペロンの発現を制御する[1)]。その HrcA の発現を制御しているタンパク質が ArmX である。

ArmX はその存在が示唆されたばかりであり、多くの菌でその具体的な役割が解明されていない。一部解明されている菌として、*Mycobacterium leprae*（ハンセン氏病菌）の ArmX はシャペロン機能を有することがわかっており、*Streptomyces lividans* の ArmX 非生産株は常温（28℃）では気菌糸や胞子形成が阻害され、熱処理（37℃）では阻害が解除されるという熱ショックに関与している[2)]。また既知の ArmX の特徴としてセリンを多く含んでおり、*Streptomyces coelicolor* 由来 ArmX は 110 アミノ酸残基中に 32 個のセリンを含んでいる[3)]。

筆者らは、リパーゼをはじめ数多くの脂質関連酵素を生産している *Pseudomonas putida* を取り扱った研究をしている。

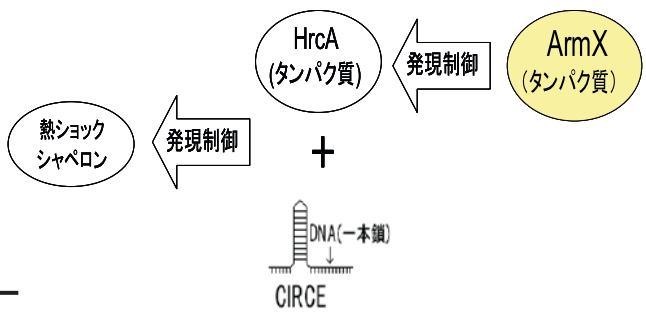


図１　ArmX の役割

*茨城高専専攻科物質工学専攻　平成 20 年度修了生

P.putida は、トルエンなどの有機物や環境ホルモンの疑いのあるポリ塩化ビフェニル（PCB）を分解する菌としても有名であり[4]、バイオレメディエーションの観点からも注目されている菌である。一方、リパーゼは衣類用洗剤、臨床診断用酵素など使用範囲が広く、今後更に需要が増えると思われる。しかし多くの菌において、リパーゼの大量発現を試みると正しい三次元構造をとることができず不活体となってしまい、活性化させるためのシャペロンが必要となる。多くの微生物由来リパーゼ遺伝子（*lip*）は、活性化させるシャペロン遺伝子とクラスターを形成しているが、*P. putida* 由来の *lip* にはそのシャペロン遺伝子がクラスターとして存在していなかった[5]。よって *P. putida* 由来のリパーゼを活性化させるメカニズムが他にあると思われる。

最近、*P.putida* の全ゲノム配列が決定され[7]、アミノ酸の相同性検索を行ったところ *P. putida* にも既知の ArmX と高い相同性を示すタンパク質が存在していた。このタンパク質が他の ArmX と同様な役割をするか、特にシャペロン機能を有するかを解明するために、ArmX をコードする遺伝子（*arm*X）をクローニングし、大腸菌内でのタンパク質の発現を試みた。もし ArmX がリパーゼに対するシャペロン機能を有しているのであれば、*P. putida* を用いたリパーゼの大量生産が可能となり、*P. putida* が工業的に利用できる可能性がある。

2. 実験方法

2.1　使用菌株とプラスミド

本研究で使用した組換え体大腸菌宿主には、*Escherichia coli* TOP10 [F-, *mcr*A, Φ80, *lac*Z, ΔM15, Δ(*mrr-hsd*RMS-*mcr*BC), Δ*lac*X74, *rec*A1, *deo*R, *ara*D139, Δ(*ara-leu*)7697, *gal*U, *gal*K, *rps*L, (Str^R), *end*A1, *nup*G]を用いた。大腸菌プラスミドは、多コピータイプの pUC118、pUC119 及び少コピータイプの pACYC184 を用いた。*arm*X 遺伝子は *Pseudomonas putida* KT2440 株の染色体 DNA から PCR 増幅をさせてクローニングを行った。これらは P1 レベル菌株であり、茨城工業高等専門学校組換えＤＮＡ実験安全管理規則に従って実験を行った。

2.2　培地と酵素試薬

大腸菌の培養には BHI(Difco 社)を、*Pseudomonas* の培養には N 培地（栄研）を用いた。リパーゼ活性検出培地は、N 寒天培地に無塩バター５％と pH 指示薬であるローダミン B を 0.0001％もしくはビクトリアブルーを 0.004％で添加した。これはリパーゼ活性反応で中性脂肪がグリセリンと脂肪酸が生じ酸性となることで発色する。制限酵素、PCR 用試薬、その他遺伝子工学用試薬はタカラバイオ社製の酵素とそのキットを用いた。

2.3　合成 DNA と DNA 配列決定

PCR に用いた合成 DNA プローブは、インビトロジェン社に合成を依頼した。DNA 配列の決定は、（株）バイオマトリックス研究所に依頼した。得られた DNA 配列のアミノ酸変換等は、（株）ベクターの解析ソフト Sequence Assistant ver.2.2 を購入して使用した。

2.4　遺伝子解析ツール

遺伝子の検索と解析は、国立遺伝学研究所データベース(DDBJ)中の解析ソフトを用いた。キーワード検索には ARSA を、タンパク質配列と DNA 配列の検索には BLAST を、ゲノム解析には GIB を使用した。これらはすべてフリーソフトとして供給されている。

３．結果および考察

3.1　*Pseudomonas putida* KT2440 株 *armX* 遺伝子の検索と解析

Streptomyces coelicolor 由来の ArmX はすでにその存在が知られており、このタンパク質と相同性の高いものを DDBJ のツールで検索した（図２）。その結果、*P.putida* にも *S. coelicolor*



図２　ArmX の相同性比較

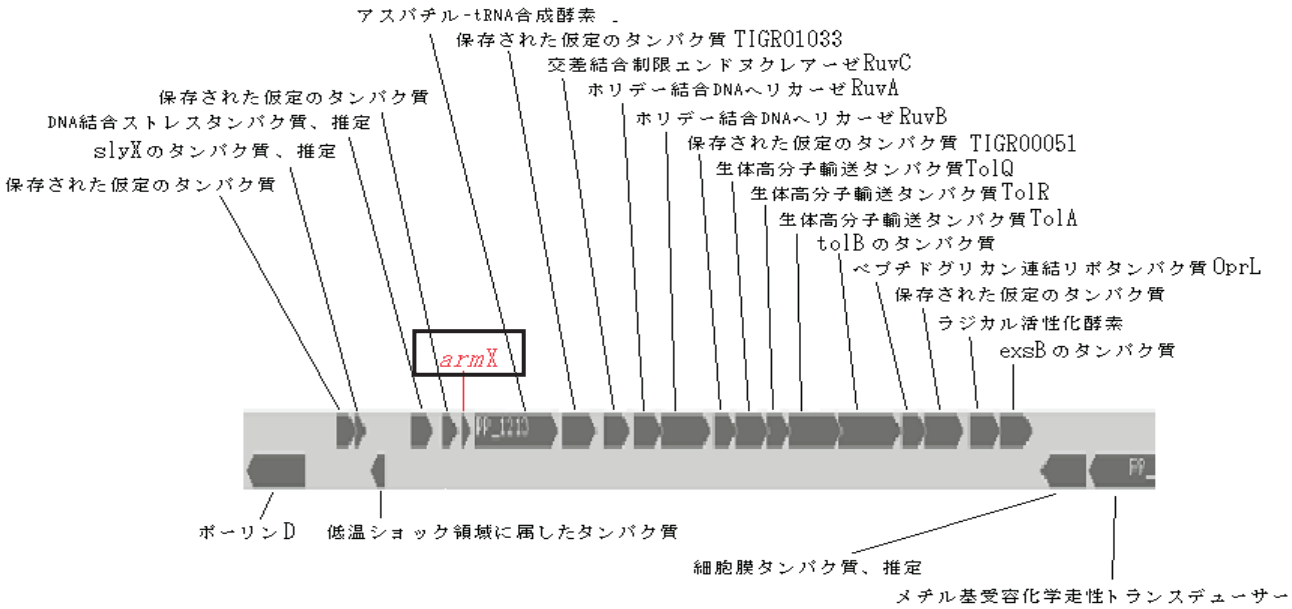


図３　*armX* 染色体上の近傍遺伝子

由来 ArmX と相同性の高いタンパク質の存在が確認された。このタンパク質をコードする遺伝子が *armX* であると考えられた。②③はすでに ArmX と確認されているものである。ArmX としての特徴であるセリンリッチ領域は①の本株には見られなかったが、その他の領域では非常に高い相同性を示した。

DDBJ の GIB ツールを用い、*Pseudomonas putida* KT2440 株のゲノムにおける *armX* 遺伝子を検索したところ、いくつかの脂質関連酵素も存在することがわかった(図３)。*armX* 周辺の遺伝子は、クラスターという遺伝子群を構成しており、このクラスター内にある遺伝子は互いになんらかの関係があると考えられている。例えば、同じクラスター内にシャペロンや他のタンパク質の発現を制御しているオペロンなどが存在している場合がある。

3.2　*armX* 保有プラスミドの構築

P.putida の染色体上にある *armX* をクローニングして大腸菌ベクターでの発現を試みた。pARMX1、2 は *armX* をそれぞれ pUC118、119 に導入したもの、pARMX4 は pACYC184 のテトラサイクリン領域に導入したものである。この４種類のプラスミドは、*armX* を PCR[8] で増幅し、各プラスミドに導入し、形質転換を行うことで得られた。そして、pARMX1、2 においてはタンパク質の発現変化を確認し、pARMX4 についてはリパーゼ遺伝子との共発現による活性試験で使用した。

(Forward primer)

5'-GGCGAATTCTAAGGAGGTTGTATGCCCCTTTAGACTATCAATGTGCGT-3'

*Eco*R Ⅰ　SD配列　→*armX*(正方向):5'末端

(Reverse primer)

5'-CCC AAGCTTCATCAGTCGGCCTTGTCGCCGCCTGCCAGATTC-3'

*Hind*Ⅲ　←*armX*(正方向):3'末端

図４　armX 遺伝子増幅用合成 DNA プライマーの構造

図４に *armX* 遺伝子を増幅するために用いた PCR 用プライマーを示した。プライマーはベクターへの組み込みを容易にし、*armX* の方向を固定させるためにそれぞれ遺伝子の上流に *Eco*R Ⅰ、下流に *Hind*Ⅲの切断部位を導入した。また、プライマーに導入されている SD（シャイン・ダルガーノ）配列は大腸菌の翻訳効率を高めるための DNA 配列である。増幅された DNA 断片は、それぞれ目的の制限酵素で切断して、各ベクターに組み込んだ。pARMX4 の構築では、更に TaKaRaDNA ブランチングキットを用いて平滑末端処理後、pACYC184 の *Eoc*RV 平滑切断部位に挿入した。図５に構築したプラスミドの構造を示した。

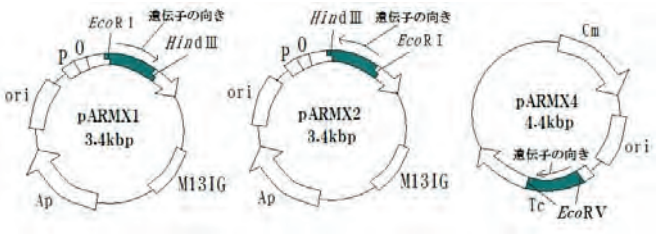


図５　構築したプラスミドの構造

PCR 増幅された *armX* の DNA 断片を、*lac* プロモーターの向きが異なる pUC118、119 に組込み、これを用いて *E.coli* TOP10 に形質転換した。*armX* 遺伝子の向きがプロモーターと同じ向きである pUC118 に導入した株(pARMX1)とプロモーターの向きと逆である pUC119 にリパーゼ遺伝子を導入した株(pARMX2)の形質転換株を得た。同様に pACYC184 のテトラサイクリン耐性遺伝子上の *Rco*RV に導入した株(pARMX4)の形質転換株も得て塩基配列を決定したところ、すべての株でデータベース上の *armX* 遺伝子配列とすべて一致し、目的通りに遺伝子導入がなされていることも確認された。

3.3　大腸菌における *armX* の有無によるタンパク質の発現変化

pARMX1、2 保有菌と宿主のみ（*E.coli* TOP10）の比較により、*armX* の有無によるタンパク質の発現変化を SDS-PA で調べ、図６に示した。

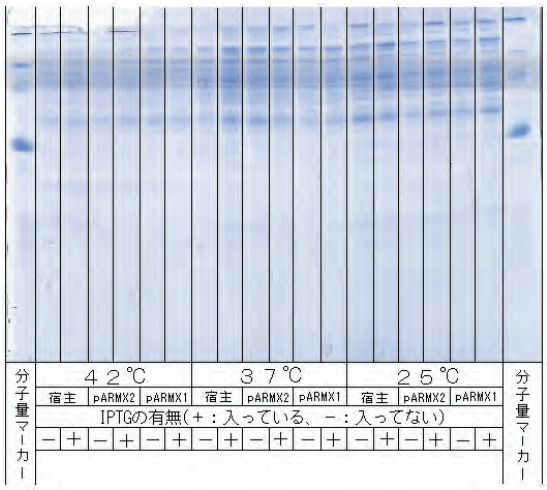


図６　SDSPAGE による発現タンパク質の比較

lac プロモーターの誘導剤である IPTG（イソプロピル−β−チオガラクトピラノシド）添加有無も含めて検討したところ、大腸菌宿主のみで、熱ショックによるタンパク質の発現変化を確認することができた。しかし *armX* 遺伝子の導入によるタンパク質の発現変化は見られなかった。また、ArmX タンパク質の分子量は 7933Da であるが、このサイズのタンパク質は新たには確認されなかった。

pARMX1,2 については、IPTG を加えたにもかかわらず、ArmX そのものや ArmX によって発現変化したタンパク質も SDS-PAGE で確認できなかった。この理由として、ArmX は低分子のため、菌体内で分解されていることも考らえた。よって宿主をプロテアーゼ欠損株である *E.coli lon*-株に導入することを行ったが、効果は表れなかった。pARMX1,2,においてタンパク質の発現が確認できなかった理由として、CBB の感度があまり高くないことが考えられる。今後感度のよい銀染色法などの導入も検討したい。

3.4　*lip*・*armX* 遺伝子保有株の獲得およびリパーゼ活性発現試験

pARMX4 および鈴木らによって構築された pLIPA1（*lac* プロモーターと *lip* が逆方向に挿入）、pLIPA2（*lac* プロモーターと *lip* が同方向に挿入）[5] を用いて、*armX* 遺伝子とリパーゼ遺伝子の両方を有する大腸菌を獲得し、その菌をリパーゼ活性培地で生育させることで ArmX がリパーゼに対するシャペロン機能を有するかを検討した。

pLIPA1、2 は、アンピシリン耐性(Ap)マーカーを有している。また pARMX4 は、クララムフェにコール耐性(Cm)マーカーを有するので、両方の薬剤添加培地に形質転換を行うことで２種のプラスミドを有する大腸菌形質転換体を獲得した。すでに市販されている大腸菌宿主でシャペロン機能を有することが報告されているシャペロン遺伝子（*grodna , gro , dna, grotig, tig*）を有するプラスミド（pG-KJE8, pGro7, pKJE7, pG-Tf2, pTf16: TaKaRa Chaperone Plasmid Set）[9] とリパーゼ遺伝子を保有する pLIPA1、2 形質転換体をポジティブコントロールとして比較検討し、その結果を表１に示した。

表１　リパーゼ活性試験結果

	シャペロンプラスミド	リパーゼ活性強度
pLipA1	無し	—
	pG-KJE8	++
	pGro7	++
	pKJE7	+++
	pG-Tf2	++
	pTf16	+
	pARMX4	—
pLipA2	無し	—
	pG-KJE8	+++
	pGro7	++
	pKJE7	+++
	pG-Tf2	+++
	pTf16	++
	pARMX4	—

それぞれリパーゼ活性培地で試験したところ、シャペロンを導入していない pLIPA1、2 形質転換体はリパーゼ活性を示さない。それにシャペロンプラスミドを保有させた株は活性の強弱はあるがすべてリパーゼ活性を示した。しかしながら pARMX4 を保有させた形質転換体は、1000 株以上のコロニーを検索してみたが全く活性を示さなかった。

プラスミドの確認実験より、プラスミドそのものは保有していることが確認されているため、転写あるいは翻訳過程において ArmX タンパク質が作られていないことも考えられた。また大腸菌を宿主とする実験系においては、ArmX タンパク質はシャペロン活性を有していないことも考えられる。

以上、*Pseudomonas putida* KT2440 株由来 *armX* 遺伝子のクローニングに成功し、大腸菌を宿主とする実験系で発現実験を行った。大腸菌宿主内では ArmX の発現後は *Pseudomonas* の宿主ベクター系でのクローニング、発現系を構築し、ArmX タンパク質の機能解析と、シャペロン活性の有無を確認していきたい。

謝辞

本研究の実施、考察に際して、多くのご示唆を頂きましたパスツール研究所 Philippe Mazodier 教授に感謝申しあげます。

参考文献

1) Zuber, U. & Schumann, W., J.Bactrriol., **176**, 1359-1363(1994).

2) Molle, M. S., Cohen,V., Aharonowitz, G., Y. & Buttner, M. J., Mol Microbiol., **42**, 1007-1020(2001).

3) Grandvalet C., Rapoport G. & Mazodier P., J. Bacteriol., **180**, 5129-5134(1998).

4) Bopp, L. H., *J.Industrial Microbiology,* **1**. 23-29(1986).

5) 鈴木康司，小堀奈々，茨城工業高等専門学校研究彙報，**45**，91－96(2010).

6)Nelson K.E., C. Weinel, I. T. Paulsen, R. J. Dodson, H. Hilbert, V. A. P. Martins dos Santos, D. E. Fouts, S. R. Gill, M. Pop, M. Holmes, L. Brinkac, M. Beanan, R. T. DeBoy, S. Daugherty, J. Kolonay, R. Madupu, W. Nelson, O. White, J. Peterson, H. Khouri, I. Hance, P. Chris Lee, E. Holtzapple, D. Scanlan, K. Tran, A. Moazzez, T. Utterback, M. Rizzo, K. Lee, D. Kosack, D. Moestl, H. Wedler, J. Lauber, D. Stjepandic, J. Hoheisel, M. Straetz, S. Heim, C. Kiewitz, J. Eisen, K. N. Timmis, A. Düsterhöft, B. Tümmler and C. M. Fraser, *Environmental Microbiology,***4**,799-808(2002).

7) Weinel,C., Nelson K.E., Tümmler, B., *Environmental Microbiology,***4**,809-818(2002).

8) Mullis K.B., and Faloona F.A. *Methos Enzymol.,* **155**, 335-350(1886).

9) Thomas, J. G., yling, A., Baneyx, F, *Appl. Biochem. Biotech,* **66,**197-238 (1997).

高専生の生活習慣及び携帯電話の使用方法とソーシャルサポートの関連

荒井信成，森信二，添田孝幸，上地勝，田神一美

The Relationships between Lifestyle, Usage of Mobile-Phone, and Social Support among Students of College of Technology

Nobunari ARAI, Shinji MORI, Takayuki SOETA, Masaru UEJI, and Kazumi TAGAMI

Abstract: The aim of this study is to investigate the relationship between lifestyle, usage of mobile-phone and social support among Japanese students of college of technology. A self-reported anonymous questionnaire was administered to 208 freshmen, and explored their lifestyle, possession and use of mobile-phone, and their social support. Students who have breakfast every morning are 93.3% of the total. And there were almost no one who had the experience of visiting internet dating or posting slandering messages on internet. Findings indicate this sample have relatively healthy lifestyle. However a total of 78.9% of students used mobile-phone while walking, and 39.7% did so riding a bicycle. Because they have a high risk of traffic accident, it is necessary for them to stop using mobile-phone while walking or riding a bicycle. There are not significant differences in social support by their lifestyle, usage of mobile-phone.

1. はじめに

規則正しい生活習慣は青少年の健全な成長を遂げるために不可欠であることは自明であるが，学業成績にも影響を及ぼしていることが明らかになっている（浦田, 2007）。国内外の青少年の生活習慣についての報告は多く，アメリカでは青少年を対象にした全国調査が実施されている。その代表的な取り組みとしてアメリカ疾病予防管理センター（Centers for Disease Control and Prevention: CDC）による危険行動に関する全国調査（Youth Risk Behaviors Surveillance: YRBS）が挙げられる（Brener, 2004）。CDC では危険行動を不慮の傷害や暴力に関わる行動，喫煙，飲酒及び薬物乱用，不健康な食行動，運動不足，望まない妊娠や HIV 感染を含む性感染症に関わる性行動の 6 つのカテゴリーに分けている。青少年の危険行動は「青少年期に始めやすく，本人や他者の現在および将来の健康や生命に重大な危険を及ぼす行動である（野津ら, 2006）」と定義されており，わが国でも YRBS に倣った全国調査が行われた。その結果，危険行動の初回経験が早期の者ほど，その後多くの危険行動開始に繋がりやすいことが明らかになり，より早い段階で危険行動予防策を講じる必要があることが示唆された（久保ら，2008）。

危険行動に含まれている不慮の傷害や暴力に関わる行動について，近年多く報告されているケースは携帯電話使用中の事故である。昨今，携帯電話は急速に普及し，国民 1 人 1 台の時代になっている。高校生の携帯電話所持割合はほぼ 100％であり，中学生や小学生の携帯電話所持割合も年々増加している。この急速な普及に伴い，携帯電話使用に関わる事件や事故の報告が後を絶たず，1999 年に道路交通法が改正され，自動車運転中の携帯電話使用禁止が定められた。しかし，未だに携帯電話使用に関わる事故が散見され，特に近年では歩行中や自転車乗車中に携帯電話を使用し，人と接触したり，転倒をしたりする事故が多く報告されている（渡邉, 1998；Arai ら, 2010）。

先行研究により，self efficacy や resilience などの心理的要因が危険行動と関連していることが明らかになっている。これらの心理的要因を発達させることによって青少年を危険行動から遠ざける，または健全な成長を促進させることができる可能性がある。しかし，危険行動は心理的要因だけでなく，ソーシャルサポートなどの環境要因も大きく影響を及ぼしていると考えられ，いくつかの研究で関連が検討されてきた。ソーシャルサポートとは周囲の人々からの支援を意味しており，福岡（1998; 2011）はソーシャルサポートと保健行動との関連について検討を行った。その結果，両親や親友からのサポートと運動と気分の調整を積極的に行うことが有意に関連していることが明らかになった。青少年を対象にしたソーシャルサポート研究では，他にも学校や部活動への適応について検討された研究が見られる（土屋，中込, 1998; 田中ら, 2003; 大対, 2011）。いずれもソーシャルサポートは有意に関連しており，周囲からの支援によって青少年は健全な成長を遂げることが明らかになっている。

そこで，本研究では高専生の生活習慣の実態把握と，ソーシャルサポートとの関連について検討することを目的とした。また，近年問題視されている携帯電話使用に伴う諸問題についても合わせて検討することとした。

2. 方法

2-1. 調査対象者

2011 年度の本校 1 年生 213 人を対象とした。回答に不備がある者を分析対象から外し，分析を行った。有効回答者数は 208 人（男子 176 人，女子 32 人）であり，年齢の範囲は 15 歳から 16 歳であった。

2-2. 調査方法

調査は 2011 年 9 月初旬の保健の授業時間に，無記名の自記式質問紙法にて実施した。回答は個人の自由であること，調査は成績や評価に全く無関係であること，回答によって不利益を受けないこと，得られたデータは調査の目的以外では使用しないことを紙面で示し，回答をもって同意とみなした。

2-3. 調査内容

質問紙の内容は基本属性と生活習慣に関する質問，携帯電話使用に関する質問，Social Support scale for Japan（SSJ）である。

2-3-1. 基本属性，生活習慣，携帯電話使用に関する質問

基本属性について 1 項目，生活習慣について 11 項目，携帯電話使用について 8 項目で構成した。生活習慣の具体的な質問項目は表 2 に，携帯電話使用に関する具体的な質問項目は表 3 に示した。生活習慣，携帯電話使用に関する質問は全て高専入学後の経験について尋ねた。

2-3-2. Social Support scale for Japan（SSJ）

SSJ は Zimet ら（1988）が開発した the Multidimensional Scale of Perceived Social Support（MSPSS）を田中ら（2010; 2011）が日本語に翻訳したものである。「私には必要な時そばにいてくれる人がいる」などの 12 項目の質問で構成されており，「1. 全くちがう」から「7. 全くその通りだ」の 7 件法を用いた。総得点は 12 点から 84 点の範囲にあり，得点が高いほど，ソーシャルサポートの高いことを示す。SSJ は因子分析の結果，2 因子構造であることがわかった。

2-4. 分析方法

生活習慣や携帯電話使用に関する質問については単純集計を行い，各項目の割合を算出した。

SSJ の因子構造を把握するため，探索的因子分析を行った。また，尺度の信頼性を検討するため，クロンバックのα係数を算出した。

分析は全て IBM SPSS Statistics20 for Windows により行った。

3. 結果

3-1. SSJ の探索的因子分析

SSJ を主因子法・プロマックス回転によって因子分析を行った結果，2 因子が抽出された（表 1）。第 1 因子は「友人とその他の人のサポート」，第 2 因子は「家族のサポート」と解釈した。各因子の信頼性を検討するため，クロンバックのα係数を算出した結果，「友人とその他の人のサポート」はα= .83，「家族のサポート」はα= .86 であり，高い内的整合性が認められた。また，因子間相関は r = .54 と有意に中程度の相関がみられた。友人やその他の人のサポート得点の範囲は 8 点から 56 点，家族のサポート得点の範囲は 4 点から 28 点である。

表 1　Social Support scale for Japan の探索的因子分析

	Ⅰ	Ⅱ
Ⅰ 友人やその他の人のサポート（α=.83）		
私には喜びと悲しみを分かち合える友人がいる	.897	-.050
私には物事がうまくいかないとき，友人たちが頼りになる	.877	-.023
私には私の気持ちについて，何かと気遣ってくれる人がいる	.849	-.022
私にはそばにいて本当に心が休まる人がいる	.749	-.003
私の友人たちは心から私を助けようとしてくれる	.729	.041
私には必要なときそばにいてくれる人がいる	.644	.193
私は自分の問題について友人たちと話すことができる	.609	.087
私には嬉しいことも悲しいことも分かち合える人がいる	.363	-.029
Ⅱ 家族のサポート（α=.86）		
私の家族には心底私を助けようとしてくれる	-.146	1.027
私の家族は必要なとき心の支えとなるよう手をさしのべてくれる	.010	.872
私の家族は，私が何かを決めるときに，喜んで助けてくれる	.111	.686
私は自分の問題について家族と話し合うことができる	.251	.470
因子間相関 Ⅰ	－	
Ⅱ	.543	－

3-2. 生活習慣の実態

高専生の朝食摂取頻度や睡眠，部活動経験など生活習慣について表 2 に示した。90%以上の生徒が毎日朝食を摂取していた。昼間に眠くなる生徒が 94.7%，睡眠不足を感じている生徒が 74.0%いた。平日の就寝時刻は 23 時台，0 時台が多く，休日は 0 時台，1 時台，2 時以降が多かった。平日ではほぼ 100%が 8 時までに起床していた。一方，休日では6時以前に起床する生徒や11時以降に起床する生徒など幅広く分布していた。95%以上の生徒の保健室の利用頻度は年に数回，またはそれ以下であった。男女ともに約 50%の生徒が朝登校するときに嫌だなと感じた経験があった。

表 2 高専生の生活習慣によるソーシャルサポート平均得点の比較

			友人やその他の人のサポート			家族のサポート		
	n	%	Mean	SD	p値	Mean	SD	p値
朝食摂取頻度								
ほぼ毎日欠かさずとる	194	93.3	39.8	10.4	n.s.	20.2	4.9	n.s.
週5日以内	14	6.7	38.2	11.2		19.6	5.3	
昼間の眠気								
ほとんどない	11	5.3	37.2	12.2	n.s.	19.3	5.2	n.s.
眠くなることがある	196	94.7	40.0	10.2		20.2	4.9	
睡眠不足								
ちょうどよい	54	26.0	39.6	11.9	n.s.	20.5	4.5	n.s.
少なからず不足している	154	74.0	39.8	9.8		20.0	5.0	
睡眠問題								
困っていない	144	69.6	39.5	10.4	n.s.	20.1	4.8	n.s.
少なからず困っている	63	30.4	39.8	10.3		20.4	4.9	
平日の就寝時刻								
23時以前[a]	18	8.7	39.6	10.5		21.9	3.6	
23-0時[b]	65	31.3	40.2	12.8		20.1	5.5	
0-1時[c]	76	36.5	39.2	8.4	n.s.	19.6	4.6	n.s.
1-2時[d]	35	16.8	38.9	9.1		19.4	4.9	
2時以降[e]	14	6.7	42.0	11.5		22.8	3.6	
休日の就寝時刻								
23時以前[a]	16	7.8	43.0	11.2		22.8	4.8	
23-0時[b]	37	18.1	38.8	12.4		20.7	4.2	
0-1時[c]	54	26.5	38.9	10.5	n.s.	19.9	5.6	a>d (.036)
1-2時[d]	53	26.0	39.6	9.2		18.8	4.6	
2時以降[e]	44	21.6	40.0	9.8		20.4	4.3	
平日の起床時刻								
6時以前[a]	21	10.3	41.6	10.0		21.5	4.3	
6-7時[b]	96	47.1	39.8	10.0	n.s.	20.0	5.0	n.s.
7-8時[c]	79	38.7	38.7	11.0		19.7	5.0	
8時以降[d]	8	3.9	41.1	12.1		21.6	3.4	
休日の起床時刻								
6時以前[a]	6	2.9	42.5	7.9		22.8	3.6	
6-7時[b]	17	8.3	42.4	11.9		22.7	3.8	
7-8時[c]	36	17.6	38.4	12.5		18.8	5.0	
8-9時[d]	64	31.4	38.3	9.0	n.s.	19.5	4.5	n.s.
9-10時[e]	42	20.6	39.6	11.7		20.1	5.9	
10-11時[f]	20	9.8	39.0	8.5		19.9	4.8	
11時以降[g]	19	9.3	43.7	8.8		21.8	3.2	
部活動の所属								
ある[a]	147	70.7	40.5	10.4		20.3	5.0	
以前はあったが，現在はない[b]	46	22.1	38.5	9.7	n.s.	20.1	4.7	n.s.
特にない[c]	15	7.2	35.8	11.6		18.4	4.4	
保健室の利用頻度								
年に数回またはそれ以下	198	95.7	39.4	10.4	.047	20.0	4.9	n.s.
月1-2回	9	4.3	46.4	8.2		22.8	4.5	
登校嫌悪								
そう思わない	102	49.0	39.3	11.0	n.s.	19.5	5.0	n.s.
少なからずそう思う	106	51.0	40.1	9.8		20.7	4.7	

3-3. 携帯電話使用の実態

表 3 は高専生の携帯電話使用について示した。98.1%の学生が携帯電話を所持していた。携帯電話の使用について歩行中に携帯電話の機能のいずれかを使用する生徒は約 80%，自転車乗車中では約 40%であった。歩行中や自転車乗車中に携帯電話使用時に人や物にぶつかったことがある生徒は 3%程度であったが，ぶつかりそうになったことがある生徒は約 15%いた。90%以上の生徒は出会い系サイトの利用やネット上への誹謗中傷を書きこんだ経験，書きこまれた経験を持っていなかった。

表 3 高専生の携帯電話使用状況によるソーシャルサポート平均得点の比較

			友人やその他の人のサポート			家族のサポート		
	n	%	Mean	SD	p値	Mean	SD	p値
携帯電話所持								
持っている	204	98.1	39.8	10.4	n.s.	20.2	4.9	n.s.
持っていない	3	1.4	38.2	11.2		19.6	5.3	
歩行中携帯電話使用								
全機能	85	41.7	41.5	8.4		21.0	4.1	
通話のみ	43	21.1	38.7	10.2		20.6	5.4	
メールやゲーム，インターネットのみ	33	16.2	39.6	12.7	n.s.	18.4	4.8	n.s.
歩行中は使わない	43	21.1	37.5	11.8		19.1	5.3	
自転車乗車中携帯電話使用								
全機能	27	13.2	42.4	8.7		21.6	4.4	
通話のみ	23	11.3	41.3	10.0		21.9	4.1	
メールやゲーム，インターネットのみ	31	15.2	38.7	9.2	n.s.	18.7	4.6	n.s.
自転車乗車中は使わない	120	58.8	39.2	11.1		19.8	5.1	
自転車に乗らない	3	1.5	37.3	1.5		18.7	2.5	
歩行中の携帯電話使用時接触経験								
ぶつかったことがある	2	1.0	30.0	2.8		16.0	0.0	
ぶつかりそうになったことがある	33	16.2	43.4	7.5	n.s.	21.6	4.2	n.s.
そうした経験はない	169	82.8	39.2	10.7		19.8	4.9	
自転車乗車中の携帯電話使用時接触経験								
ぶつかったことがある	5	2.5	39.0	11.3		16.8	5.0	
ぶつかりそうになったことがある	25	12.3	42.3	7.7	n.s.	19.6	4.7	n.s.
そうした経験はない	174	85.3	39.4	10.7		20.2	4.9	
出会い系サイト利用経験								
ある	2	1.0						
ない	203	99.5						
ネット上の誹謗中傷書き込み経験								
ある	12	5.8						
ない	195	94.2						
ネット上の誹謗中傷書き込まれ経験								
ある	12	5.8						
ない	195	94.2						

3-4. 生活習慣とソーシャルサポートの関連

表 2 には高専生の生活習慣とソーシャルサポートの関連について示した。休日の 23 時以前に就寝する学生の家族のソーシャルサポート得点は 1-2 時に就寝する学生の得点より有意に高い結果となった。また，保健室を月に 1-2 回利用している学生は年に数回またはそれ以下の利用頻度の学生より友人とその他の人のソーシャルサポート得点が有意に高かった。その他の生活習慣とソーシャルサポートの間に有意な関連はみられなかった。

3-5. 携帯電話使用とソーシャルサポートの関連

歩行中や自転車乗車中の携帯電話使用，またはその時の接触経験の間に SSJ 得点の有意な差はみられなかった（表3）。

4. 考察

本調査の第一の目的は高専生の生活習慣と携帯電話の使用状況に関する現状把握である。

高等専門学校は 1 年生から 5 年生まで所属しており、在籍する学生の年齢範囲が広く、一般の高等学校とは学校生活の様態が異なると考えられる。そのため、高専生を対象とした日常生活に関する研究はこれまでにも行われてきた（池本ら, 2003; 江田ら, 2008）。また、本学学生の生活習慣についても、森ら（1993; 1994; 1995; 1997; 1998）により複数の報告がされており，本調査結果はそれを概ね追認するものとなった。約 20 年前の調査ではほぼ毎日朝食を食べている学生は 74%（森ら，1993），本結果では 98.3%であり，改善傾向がうかがえる。就寝時刻や起床時刻については，森ら（1993）の調査結果とほぼ同様の結果が得られた。本調査の対象の内，56 名（男子 45 名，女子 11 名）が本学構内に設置されている寮で生活を送っており，規則正しい生活習慣，特に食事は 1 日 3 食用意され，管理されている（本学有朋寮 HP（http://www.ibaraki-ct.ac.jp/dom/）参照）。そのため、比較的良好な日常生活を送る学生の割合が高い結果となった。

携帯電話の使用状況については、本調査結果により以下のことが明らかになった。

まず、第一に歩行中に携帯電話を使用している学生が男女ともに 8 割近く存在し、自転車乗車中では男子学生のおよそ半数が携帯電話を使用していた。この行為は、道路交通法に違反しているだけでなく、事故を招く危険性が高いため早急な改善が望まれる。また、すでに歩行中・自転車乗車中に携帯電話を使用し、人や物に接触した経験を持つ学生や接触しそうになった経験（ニアミス経験）を持つ学生がいることが明らかになった。これらの結果から、本学のさらなる効果的な交通安全教育実施の必要性が示唆された。

第二に，出会い系サイトやネット上の誹謗中傷の書き込み経験、書き込まれた経験を持つ学生は少数であることがわかった。これは調査対象が工業高等専門学校に通う学生であるという点から、日頃の情報科学に関する教育が学生に広く浸透している証と解釈できる。

本調査では二つ目の目的として，高専 1 年生の生活習慣及び携帯電話使用とソーシャルサポートの関連についても検討した。学生のソーシャルサポートを測定するために MSPSS を田中ら（2010）が翻訳した SSJ を使用した。MSPSS は多くの国々で使用されており，高い信頼性と妥当性が認められている（Nakigudde et al., 2009; Wongpakaran et al., 2011）。先行研究の多くは MSPSS を「家族のサポート（Family）」,「大切な人のサポート（Significant Other）」,「友人のサポート（Friends）」の 3 因子構造と報告している（Canty-Mitchell & Zimet, 2000; Cheng & Chan, 2004; 岩佐ら, 2007; Bruwer et al., 2008; Vaingankar et al., 2011）。本調査では「友人とその他の人のサポート」と「家族のサポート」の 2 因子が抽出され, Chou et al.（2000）の結果と一致した。

友人とその他の人のソーシャルサポート得点において，保健室を月に 1-2 回利用している学生は年に数回またはそれ以下の利用頻度の学生より有意に高い結果となった。これは養護教諭からの温かな支援を受けた経験によって，得点に有意な差が生じたものと思われる。また、本研究におけるソーシャルサポートと生活習慣及び携帯電話の使用の関連についての結果は、先行研究の結果とは異なり，ほぼ全ての項目において有意な関連はみられなかった。これは前述したとおり，対象者の約 1/4 にあたる学生が寮生活を送っていることに起因すると思われる。また，対象者数が少ないことも分析結果に影響を与えていると考えられる。このように本研究の限界として，回答者に対して自宅生か寮生かを尋ねていないことと，対象者の少なさが挙げられる。学生寮を設置している学校に通う生徒を対象に調査を行う場合，学生寮で生活しているか否かは日常生活や学校生活に大きく影響を及ぼすため必須項目としなければならない。

本研究は，以上のような問題点を含有しているものの，高専生の生活習慣の現状と，近年著しく普及した携帯電話の使用状況について把握できたことは、今後の健康教育の一助になると考えられる。

参考文献

Arai, N., Ueji, M., Ichimura, K., & Watanabe, M. (2010). The Relationship between Psychosocial Factors and Cell phone-use related Risk Behavior in Junior High School Students. School Health, 6, 12-23. Retrieved from http://www.shobix.co.jp/sh/tempfiles/journal/2010/037.pdf

Brener, N. D., Kann, L., Kinchen, S. A., Grunbaum, J. A., Whalen, L., Eaton, D., Hawkins, J., et al. (2004). Methodology of the youth risk behavior surveillance system. MMWR Recommendations and reports Morbidity and mortality weekly report Recommendations and reports Centers for Disease Control, 53(RR-12), 1-13.

Bruwer, B., Emsley, R., Kidd, M., Lochner, C., & Seedat, S. (2008). Psychometric properties of the Multidimensional Scale of Perceived Social Support in youth. Comprehensive psychiatry, 49(2), 195-201. doi:10.1016/j.comppsych.2007.09.002

Canty-Mitchell, J., & Zimet, G. D. (2000). Psychometric

properties of the Multidimensional Scale of Perceived Social Support in urban adolescents. American journal of community psychology, 28(3), 391-400.

Cheng, S., & Chan, A. (2004). The multidimensional scale of perceived social support: dimensionality and age and gender differences in adolescents. Personality and Individual Differences, 37(7), 1359-1369. doi:10.1016/j.paid.2004.01.006

Chou, K.-L. (2000). Assessing Chinese adolescents' social support: the multidimensional scale of perceived social support. Personality and Individual Differences, 28(2), 299-307. doi:10.1016/S0191-8869(99)00098-7

Edwards, L. M. (2004). Measuring Perceived Social Support in Mexican American Youth: Psychometric Properties of the Multidimensional Scale of Perceived Social Support. Hispanic Journal of Behavioral Sciences, 26(2), 187-194. doi:10.1177/0739986304264374

江田茂行, 前川直也, & 緒方和男. (2008). 長岡高専学生の身体的特徴に関する研究(2007) : 体力・生活習慣の視点から. 長岡工業高等専門学校研究紀要, 44(1), 17-29. 長岡工業高等専門学校.

福岡欣治. (1998). 依存的な人にとってのソーシャル・サポートの限界 : 他者依存性と知覚されたサポートの効果に関する基礎的研究. 静岡県立大学短期大学部研究紀要, (12). 静岡県立大学短期大学部.

福岡欣治. (2011). 大学生における保健行動とソーシャル・サポート : 体型認知およびダイエット行動を含めた検討. 川崎医療福祉学会誌, 21(1), 107-113. 川崎医療福祉大学.

池本幸雄, 出村慎一, 長澤吉則, 山次俊介, 島田茂, 南雅樹. (2003). 高専男子学生の生活習慣および健康状態の特徴. 日本生理人類学会誌, 8(2), 61-68. 日本生理人類学会.

岩佐一, 権藤恭之, 増井幸恵. (2007). 日本語版「ソーシャル・サポート尺度」の信頼性ならびに妥当性–中高年者を対象とした検討. 厚生の指標, 54(6), 26-33. 厚生統計協会.

久保元芳, 野津有司, & 佐藤幸. (2008). 我が国の青少年における早期の喫煙,飲酒の初回経験と高校生時の危険行動の複数出現との関連. 学校保健研究, 50(2), 123-136. 日本学校保健学会. Retrieved from http://ci.nii.ac.jp/naid/40016112374/

森信二, 添田孝幸, 鶴田紀興, 小林克行, 田崎栄一, 高野祐一, & 野田洋平. (1993). 茨城高専学生の体育に関する基礎的検討. 茨城工業高等専門学校研究彙報, 28, 51-58. 茨城工業高等専門学校.

森信二, 添田孝幸, 鶴田紀興, 小林克行, 田崎栄一, 高野祐一, & 野田洋平. (1994). 茨城高専生の体育に関する基礎的検討,第二報. 茨城工業高等専門学校研究彙報, 29, 17-24. 茨城工業高等専門学校.

森信二, 添田孝幸, & 鶴田紀興. (1995). 茨城高専生の体育に関する基礎的検討 第 3 報. 茨城工業高等専門学校研究彙報, 30, 7-14. 茨城工業高等専門学校.

森信二, 添田孝幸, 鶴田紀興, 小松崎敏, 田所秀紀, 一家千晃, 飯嶋美由紀, et al. (1997). 茨城高専学生の体育に関する基礎的検討;第四報. 茨城工業高等専門学校研究彙報, 32, 9-18. 茨城工業高等専門学校.

森信二, 添田孝幸, 鶴田紀興, 小松崎敏, 田所秀紀, 一家千晃, 飯嶋美由紀, et al. (1998). 茨城高専学生の体育に関する基礎的検討;第五報. 茨城工業高等専門学校研究彙報, 33, 1-12. 茨城工業高等専門学校.

Nakigudde, J., Musisi, S., Ehnvall, A., Airaksinen, E., & Agren, H. (2009). Adaptation of the multidimensional scale of perceived social support in a Ugandan setting. African health sciences, 9 Suppl 1, S35-41.

野津有司, 渡邉正樹, 渡部基, 下村義夫, 市村國夫, 荒川長巳, 久保元芳, 佐藤幸, 上原千恵, 柴田宣之, 国吉恵一, 藤山博英. (2006). 日本の高校生における危険行動の実態および危険行動間の関連 : 日本青少年危険行動調査 2001 年の結果. 学校保健研究, 48(5), 430-447. 日本学校保健学会.

大対香奈子. (2011). 高校生の学校適応と社会的スキルおよびソーシャルサポートとの関連–不登校生徒との比較. 総社る: Social=近畿大学総合社会学部紀要, 1(1), 23-33. 近畿大学総合社会学部.

田中美奈子, 梅垣浩二, 小野伸一郎. (2003). 本校 4・5 年生の生活習慣および運動・スポーツ実施の実態(自然科学). 舞鶴工業高等専門学校紀要, 38, 122-125. 舞鶴工業高等専門学校.

田中高政, 竹尾惠子, 七田惠子. (2010). 抑うつとその関連要因に関する研究(第 1 報)アセスメントツール(日本語版)の検討. 佐久大学看護研究雑誌, 2(1), 15-28. 佐久大学看護学部.

田中高政, 竹尾惠子, 七田惠子. (2011). 抑うつと関連する要因に関する研究(第 2 報)看護学生の抑うつと自尊感情・情緒的サポート・ストレスとの関係. 佐久大学看護研究雑誌, 3(1), 3-13. 佐久大学看護学部.

土屋裕睦, 中込四郎. (1998). 大学新入運動部員をめぐるソーシャル・サポートの縦断的検討:バーナウト抑制に寄与するソーシャル・サポートの活用法. 体育學研究, 42(5), 349-362. 社団法人日本体育学会.

浦田清. (2007). 函館高専学生の生活習慣と学業成績の関連 : 構造方程式モデリングを用いた分析. 函館工業高等専門学校紀要, 41, 89-92. 函館工業高等専門学校.

Vaingankar, J. A., Abdin, E., & Chong, S. A. (2011). Exploratory and confirmatory factor analyses of the Multidimensional Scale of Perceived Social Support in patients with schizophrenia. Comprehensive psychiatry. doi:10.1016/j.comppsych.2011.04.005

渡邉正樹. (1998). Sensation Seeking とヘルスリスク行動との関連–大学生における交通リスク行動, 喫煙行動, 飲酒行動の調査より. 健康心理学研究, 11(1), 28-38. 日本健康

心理学会.
Wongpakaran, T., Wongpakaran, N., & Ruktrakul, R. (2011). Reliability and Validity of the Multidimensional Scale of Perceived Social Support (MSPSS): Thai Version. Clinical practice and epidemiology in mental health : CP & EMH, 7, 161-6. doi:10.2174/1745017901107010161
Zimet, G. D., Dahlem, N. W., Zimet, S. G., & Farley, G. K. (1988). The Multidimensional Scale of Perceived Social Support. Journal of Personality Assessment, 52(1), 30-41. Routledge. doi:10.1207/s15327752jpa5201_2

日本学術振興会 科学研究費助成事業（平成２４年度）

【科学研究費補助金】

研究種目	学 科 名	職 名	氏　　名	研　究　課　題
〔継続〕 基盤研究（C） 一般	電子制御工学科	教　授	菊 池　　誠	使用者個別の特性に対応する自律整合機能を有する汎用介助機器の開発
〔継続〕 基盤研究（C） 一般	電子制御工学科	准教授	金 成 守 康	等方加圧による高密度ナノ有機半導体薄膜の創製と圧子押込みによる曲げ強度解析

【学術研究助成基金助成金】

研究種目	学 科 名	職 名	氏　　名	研　究　課　題
［継続］ 基盤研究（C）	自然科学科	講　師	松　久　　隆	不完全情報ゲーム状況における複数主体間での提携形成と行動均衡に関する基礎研究
［継続］ 基盤研究（C）	電気電子 システム工学科	准教授	若　松　　孝	増強エバネッセント光共振器における光放射とその制御 ＜研究分担者：福島高専 電気工学科 助教 豊島　晋＞
［新規］ 挑戦的萌芽 研 究	物質工学科	准教授	石 村 豊 穂	低層水安定同位体組成の正確な復元に向けた新たな同位体指標の確立

【研究分担者】

研究種目	学 科 名	職 名	氏　　名	研　究　課　題
［新規］ 基盤研究（C）	自然科学科	講　師	佐 藤 桂 輔	超強磁場磁化過程によるLaCo03中のスピン相分離の研究 ＜研究代表者：電気通信大学情報理工学研究科　教授 浅井　吉蔵＞
［新規］ 基盤研究（B）	物質工学科	准教授	石 村 豊 穂	共生が促す有孔虫の多様化メカニズム ＜研究代表者：海洋研究開発機構海洋・極限環境生物圏領域　ﾁｰﾑﾘｰﾀﾞｰ　土屋　正史＞
［継続］ 基盤研究（C）	物質工学科	准教授	石 村 豊 穂	メタン湧水場の地下断面を復元する～化学合成群集が指標する湧水のさまざまな活動様式 ＜研究代表者：静岡大学教育学部　教授　延原　尊美＞
［新規］ 挑戦的萌芽 研 究	物質工学科	准教授	石 村 豊 穂	浮遊性有孔虫１個体の個体発生を通じた安定同位体変動から光共生進化史を読み解く ＜研究代表者：金沢大学自然科学研究科　研究員　守屋和佳＞

外部資金受入による共同研究（平成２３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	鯉渕　　弘資	高精度・大規模系ﾊﾞｲｵ･ﾅﾉ･ﾒﾀﾏﾃﾘｱﾙの高精度ﾊｲﾌﾞﾘｯﾄﾞ･ｼﾐｭﾚｰｼｮﾝ研究
機械システム工学科	教　授	鯉渕　　弘資	脂質分子膜の形態変化に関する自己回避性を持つモデルによる数値的研究
電子制御工学科	准教授	岡本　　修	【継続】地点設定システムの研究開発
電子制御工学科	准教授	岡本　　修	面的除染作業支援管理システムの開発
電子制御工学科	助　教	小沼　　弘幸	新型ポンプに関する研究
電気電子システム工学科 電子制御工学科	准教授 助　教	成　　慶珉 ※小沼　　弘幸	電磁アクチュエータの電動工具用途への適応研究
電気電子システム工学科	教　授	田辺　　隆也	蛍光による植物中の成分検出技術の開発
電気電子システム工学科	准教授	成　　慶珉	【継続】インバータ・昇圧回路の電動工具用途への適応研究
電気電子システム工学科	准教授	成　　慶珉	高周波リンクトランス方式による高電圧汎用インバータに関するＦＳ研究
電子情報工学科 電子情報工学科	教　授 助　手	山口　　一弘 弥生　　宗男	化学的手法を用いたエレクトロニクス材料の開発
物質工学科	准教授	グスマン･ルイス	【継続】各種ホウ素化合物のﾓﾙﾌｫﾛｼﾞｰ的晶析分離
物質工学科	准教授	小松崎　秀人	π共役系分子と金属錯体の組み合わせによる機能性分子素子の開発
物質工学科	助　教	小林　　孝行	ＰＡＨの微生物分解に伴う土壌腐植酸の化学構造の変化解析

注）※は研究代表者

教員事績（平成23年10月～平成24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
Y. Hatakeyama 1) K. Honda K. Tanaka2)	The physical attribute construction in Japanese and the cognate object construction in English	Journal of Japanese Linguistics, Vol. 27, pp. 1-16(2011.11)	1)東京農工大学 2)信州大学
本田謙介	With構文の構造とその汎用性	藤田耕司他（編）『最新言語理論を英語教育に活用する』開拓社 pp. 361-371. (2012.3)	
畠山雄二1) 本田謙介 田中江扶2)	「とがめ」文の統語構造：項と付加詞の統語的区別と解釈の関係について	藤田耕司他（編）『最新言語理論を英語教育に活用する』開拓社 pp. 210-220. (2012.3)	1)東京農工大学 2)信州大学
畠山雄二1) 本田謙介 田中江扶2)	くらべてわかる英文法	畠山雄二（編）くろしお出版 pp. 45-88, 177-220 (2012.4)	1)東京農工大学 2)信州大学
桐生貴明	妻を詠むこと―『万葉集』巻九・一七四四、一七四五、一七四六番歌考―	茨城工業高等専門学校研究彙報第47号 pp.111-116(2012.3)	
Ishigaki Tatsuya Takizawa Yozo Okuyama Yasuhiro	Machine Translation Accuracy Improvement for Ambiguous Words Using Location Data	ISCIU 7 Procedings (2011. 12)	
奥山慶洋 長野眞康	英語で書かれた工学系専門教科書の語彙分析	茨城工業高等専門学校研究彙報第47号 (2012.3)	
瀬尾邦雄	致道館設立の契機ー藩主酒井忠徳と白井矢太夫の儒学観及び徂徠学の影響関係を中心としてー	懐徳堂研究（大阪大学）第3号(2012.2)	
池松　峰男	高専における英語教育のあり方に関する一考察 -スクリプト暗記の効果とクラスデザイン-	茨城高専研究彙報第47号 pp. 1-4 (2012.3)	
池松　峰男 池松　基朋1)	有効肥料化を目指した土中における人尿の変化の追跡　ー先行調査-	茨城高専研究彙報第47号 pp. 5--8 (2012.3)	1) 土浦市立神立小学校
池松　峰男 井坂　友紀	高専における英語教育のあり方に関する一考察（その2）	H24年度全国高専フォーラム教育研究活動発表概要集pp.17-18 (2012.8)	
Ikematsu, Mineo Tomonori, Isaka	English Education in Colleges of Technology in Japan -Class-Design and Its Results-	6th International Symposium on Advanced Technology Education 2012 P061 (2012.9)	

教員事績（平成23年10月～平成24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	Moral Hazard Resolved in Communication for S4n-Logic – Acyclic Communication Network Case –	2011 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, Singapore, Proceedings pp. 185-189 (2011.12)	国際会議論文[単著・査読有]
松久 隆	A Characterisation of Stable Sets in Preordered Structure	Quarterly Journal of Operations Research (4OR) Vol. 10 No.1 pp. 33-41 (2012.3)	国際学術雑誌論文[単著・査読有]
松久 隆	Moral Hazard in Principal-Agent Model	International Conference on Global Respectives of Business and Managemen, 29 April -1 May 2012 Sharjah (UAE) Proceedings CD (2012.4)	国際会議論文[単著・査読有]
松久 隆	Moral Hazard Resolved by Common-Knowledge in S5n Logic	International Journal of Intelligent Information and Database Systems (IJIIDS) Vol. 6, No. 3, pp. 220-230 (2012.4)	国際学術雑誌論文[単著・査読有]
松久 隆	Communication leading to Coalition Nash equilibrium	EURO Workshop of Stochastic Modelling 2012, Paris (France), May 30, 31-June 1, 2012 Program and Abstract p.21 (2012.5)	国際会議発表要旨[単著・査読有]
松久 隆	Common-Knowledge, Communication and Moral Hazard in Principal-Agent Model	Proceedings of the 4'th International Conference on Applied Operations Research – ICAOR'12, Bangkok (Thai), Lecture Notes in Management Science Vol.4, pp.262-265 (2012.7)	国際会議論文[単著・査読有]
松久 隆	Coalition Nash Equilibrium by Communication	2012年中国博弈论及其应用国际会议, 青島（中国）一泰山学术论坛论文集 博弈论的主题 pp.118-119 (2012.8)	国際会議発表要旨[単著・査読無]
松久 隆	Communication leading to Coalition Nash Equilibrium	OR 2012 Conference – The International Annual Conference of the German Operations Research Society, September 4-7, 2012, Hannover (Germany) Abstract (2012.9)	国際会議発表要旨[単著・査読有]
松久 隆	Coalition Nash Equilibrium and Communication	Mathematical Methods in Economics 2012 Karvina (Czech), September 11-13, 2012, Abstract (2012.9)	国際会議発表要旨[単著・査読有]

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
中川　英則	内陸地震による地表での断層変位の推定に関する一検討	第31回地震工学研究発表会講演論文集 論文No.158, 2011(11月)	
中村麻紀 1) 佐藤桂輔 1) 原嘉昭 1) 中岡鑑一郎 1) 岩澤貴司 2) 小林義彦 2) 浅井吉蔵 2)	単一ドメイン$La_{1-x}Sr_xCoO_3$の磁気異方性	日本物理学会講演概要集 巻:67 号:1 頁:606 特殊号:第3分冊(2012年, 3月)	1)茨城高専 2)電通大
阿部望 1) 松田康弘 1) 嶽山正二郎 1) 佐藤桂輔 2) 陰山洋 3) 西脇洋一 4)	Magnetization Studies of Field-Induced Transitions by Using a Single-Turn Coil Technique	J Low Temp Phys DOI 10.1007/s10909-012-0715-3 Online first(2012年, 8月)	1)東大物性研 2)茨城高専 3)京大 4)芝浦工大
光田暁弘 1) 大隈俊哉 1) 杉島正樹 1) 和田裕文 1) 佐藤桂輔 2) 金道浩一 3)	Field-induced valence transition in $EuPtP_{1-x}As_x$	Eur. Phys. J. B (2012) 85: 71(5 pages) (2012年, 2月)	1)九大 2)茨城高専 3)東大物性研

教員事績（平成23年10月～平成24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
鯉渕 弘資	A Finsler geometric model for membranes on triangulated surfaces	International Conference on Mathematical Modeling in Physical Sciences (Budapest, Hungary), Journal of Physics Coference Series Vol. 410, 012056(4 pages) , (2012.9)	査読付国際会議論文
水野 広樹1), 鯉渕 弘資	In-plane deformation of a triangulated surface model with metric degrees of freedom	International Journal of Modern Physics C, Vol. 23, 125036(1-14) (2012)	1) 平成24年度専攻科2年生
水野 広樹1), 鯉渕 弘資	不均質な膜の形態変化と相転移（弦張力の計算）	日本機械学会関東支部18期総会講演会講演論文集, pp.33-34,(2012.3)	1) 平成24年度専攻科2年生
沼田 喜弥1), 鯉渕 弘資	異方的に形態変化する脂質分子膜の幾何学的モデル化	日本機械学会第20回茨城講演会講演論文集, pp.1-2, (2012.8)	1)平成24年度機械システム工学科5年生
水野 広樹1), 鯉渕 弘資	不均質な脂質分子膜の弦張力	日本機械学会第20回茨城講演会講演論文集, pp.3-4, (2012.8)	1) 平成24年度専攻科2年生
柴田裕一 中林洋輔1) 中川直紀1) 川路正裕2)	二液滴のマイクロスケール接触に関する研究	日本混相流学会，年間講演会論文集，A144, pp32-33 (2011.8)	1)平成23年専攻科生 2)ニューヨークシティー大学
冨永 学	加工誘起マルテンサイト変態を伴うオーステナイト系ステンレス鋼の加工速度とマクロ・ミクロ・ナノレベルの塑性変形に関する研究	研究概要報告書国際交流報告書(24)公益財団法人天田財団、pp.297-302 (2012.3)	
大内崇弘1) 冨永学	準安定オーステナイト系ステンレス鋼に生じる加工誘起マルテンサイトの評価	茨城工業高等専門学校研究彙報、43、pp.23-34 (2012.3)	1)平成23年度専攻科1年生
冨永学 松澤孝男1)	茨城高専における文部科学省事業「原子力人材育成プログラム・原子力研究促進プログラム」の取り組みのその後	茨城工業高等専門学校研究彙報、43、pp. 23-34 (2012. 3)	1)元自然科学科、現放射線医学総合研究所
冨永学 本間佳哉1) 栗下裕明1)	低ひずみ速度域におけるオーステナイト系ステンレス鋼の加工誘起マルテンサイト変態に関する研究	成23年度共同利用研究経過報告書、東北大学金属材料研究所付属量子エネルギー材料科学国際研究センター（2012.6）	1)東北大学金属材料研究所付属量子エネルギー材料科学国際研究センター
冨永 学	少人数対象の実践的なCAD/CAM/CAE教育	高専制度創設50周年記念平成24年度全国高専教育フォーラム教育研究活動発表会発表概要集、pp.2(2012.8)	
小堀繁治 大森剛茂1)	内燃機関の燃焼室壁面近傍における境界層温度分布と消炎距離の測定	日本機械学会論文集(B編), 77巻784号, 2011年(平成23年)12月, P2833-2838	1)平成20年度専攻科2年生
木本 琢也1) 今村 俊介1) 池田 耕	粒子密度によるステレオDHPIV の位置精度に関する研究	可視化情報学会全国大会2012論文集	1）平成24年度専攻科2年生
藤井 卓郎1) 池田 耕	円偏光位相シフトを用いた干渉縞位相計測によるPIV サブピクセル推定	可視化情報学会全国大会2012論文集	1）平成24年度専攻科2年生

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
河野厚徳1) 澁澤健二	マイクロ波放電炭酸ガスプラズマの放射測定	平成23年度衝撃波シンポジウム講演論文集, pp.365～368 (2012.3)	1)平成23年度専攻科2年生
澁澤健二 舩津賢人1)	マイクロ波放電アルゴンプラズマの放射測定	第44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2012講演集 CD-ROM, JSASS-2012-2043.pdf, pp.1～5 (2012.7)	1)群馬大学
下平昌樹1) 澁澤健二	(N_2+CO_2)混合ガスアフターグロープラズマの電子温度および電子密度測定	第20回茨城講演会講演論文集, pp.73-74 (2012.8)	1)平成24年度専攻科2年生

教員事績（平成23年10月～平成24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
Yuji Hasegawa Tadashi Horobe1) Nobuhide Itoh1) Hitoshi Ohmori2) Teruko Katoh2)	Effect of electrolyzed reduced water in electro-conductive rubber-bonded wheel for ELID grinding	The 3nd International Conference on Nanomanufacturing (nanoMan2012) B6-3 (2012.7)	1)茨城大学 2)理化学研究所
長谷川勇治 堀辺忠志1) 伊藤伸英1) 井手上敬1) 高橋岐明1) 大森整2) 加藤照子2)	電解還元水を用いたELID研削の試み	2012年砥粒加工学会学術講演会 D08 (2012.8)	1)茨城大学 2)理化学研究所
長谷川勇治 堀辺忠志1) 伊藤伸英1) 井手上敬1) 高橋岐明1) 大森整2) 加藤照子2)	電解還元水を用いた導電性ラバーボンド砥石によるELID研削システムの開発 第1報　電解水生成装置付き研削ノズルの検討	2012年精密工学会秋季大会学術講演会 K03 (2012.9)	1)茨城大学 2)理化学研究所
菊池優介1) 荒川臣司	情景画像中の高精度文字列抽出に関する提案	第19回電気学会東京支部茨城支所研究発表会 PB22 (2011,11)	1)茨城工業高等専門学校専攻科
川島直揮1) 荒川臣司	画像フーリエ変換における位相スペクトルが元画像復元に及ぼす影響	第19回電気学会東京支部茨城支所研究発表会 PB23 (2011,11)	1)茨城工業高等専門学校専攻科
阿久津行裕1) 飛田敏光	直動型アクチュエータを用いたロボットアームの協調制御方式の検討	第19回電気学会東京支部茨城支所研究発表会 PB34 (2011,11)	1)茨城工業高等専門学校専攻科
塩谷淳史1) 飛田敏光	免疫応用学習を用いたシステムの検討	第19回電気学会東京支部茨城支所研究発表会 PB35 (2011,11)	1)茨城工業高等専門学校専攻科
松岡悠1) 飛田敏光	群ロボットを用いた分散制御方式の基礎検討	第19回電気学会東京支部茨城支所研究発表会 PB36 (2011,11)	1)茨城工業高等専門学校専攻科
清水怜1) 飛田敏光	マイコンの通信機能を活用した分散制御システムの検討	第19回電気学会東京支部茨城支所研究発表会 PB37 (2011,11)	1)茨城工業高等専門学校専攻科
圷伸二1) 長洲雅彦1) 渡邉秀人1) 飛田敏光	RFIDを用いたヒューマンガイドシステムの実証実験	第19回電気学会東京支部茨城支所研究発表会 PB38 (2011,11)	1)(株)ロジックデザイン
岡本修	環境調査におけるGNSSの利用	測位航法学会GPS/GNSSシンポジウム2011テキスト, pp.193-198(2011.11)	
岡本修 三浦光通1) 高橋徹1) 広瀬篤2)	土壌汚染状況調査における調査地点設定システムの測位精度評価	第18回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集，pp.449-452(2012.6)	1)(株)環境研究センター 2)デジメイト(株)
海老沼拓史1) 岡本修	コンシューマ向け GNSS 受信機による RTK 測位の評価	平成24年電気学会産業応用部門大会DVD (5), pp.71-74(2012.8)	1)東京大学
岡本修 三浦光通1) 高橋徹1)	土壌汚染状況調査での調査地点設定システムに用いるGNSS 測位の精度評価	土木学会第67回年次学術講演会概要集 DVD, pp.571-572(2012.9)	1)(株)環境研究センター

教員事績（平成23年10月～平成24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
Yuki Kunou[1)], Takaya Tanabe	A RLL CODING TECHNIQUE FOR HOLOGRAPHIC DATA STORAGE	IWH 2011 Digests p.35 （2011.11）	1)平成23年度電気電子システム工学科5年生
坂本光太郎[1)], 田辺隆也	相変化光ディスクにおける記録補償の解析	第19回電気学会東京支部茨城支所研究発表会B13 p.38 （2011.11）	1)平成23年度専攻科2年生
大橋幸一郎[1)], 田辺隆也, 福田光男[2)]	UV-LEDを用いた蛍光観測システムの開発	第19回電気学会東京支部茨城支所研究発表会B14 p.39 （2011.11）	1)平成23年度専攻科2年生 2)豊橋技術科学大学
草薙朗飛[1)], 田辺隆也, 長野眞康	無線電力伝送における伝送効率の評価と効率制御法の検討	第19回電気学会東京支部茨城支所研究発表会C02 p.56 （2011.11）	1)平成23年度専攻科2年生
佐藤 怜[1)], 田辺隆也	FDTD法を用いた回折特性の解析と評価	第19回電気学会東京支部茨城支所研究発表会PA01 p.63 （2011.11）	1)平成23年度専攻科2年生
井川 寛樹[1)], 安細勉, 田辺隆也	Super－RENSにおける再生特性の理論解析	第19回電気学会東京支部茨城支所研究発表会PB09 p.105 （2011.11）	1)平成23年度専攻科2年生
佐藤 遥[1)], 田辺隆也, 福田光男[2)]	LED光照射によるカーネーションの開花特性	第19回電気学会東京支部茨城支所研究発表会PB14 p.110 （2011.11）	1)平成23年度電気電子システム工学科5年生 2)豊橋技術科学大学
Kohei Okubo[1)], Tsutomu Ansai, and Takaya Tanabe	Measurements of Nonlinear Mark Edge Shift for Phase Change Optical Disk systems	Jpn. J. Appl. Phys. 51 （2012.8）	1)平成24年度専攻科2年生
大橋幸一郎[1)], 田辺隆也, 福田光男[2)]	紫外線発光ダイオードを用いた蛍光観測システムの開発	日本生物環境工学会2012年大会 P23 (2012.9)	1)平成23年度専攻科2年生 2)豊橋技術科学大学
T. Wakamatsu [1)] S. Toyoshima [2)] H. Shimizu [3)]	Observation of electric-field-induced aggregation in crystallizing protein solutions	Applied Physics Letters, Vol. 99 (2011.10) 153701.	1) Ibaraki National College of Technology 2) Fukushima National College of Technology 3) Niigata University
K.Takao [1)], Y.Tanaka [2)], K. Sung [3)], K.Wada [4)], T. Shinohe [1)], T. Kanai [5)], H. ohashi [2)]	High-Power Converters with high switching frequency operation using SiC-PiN diodes and Si-IEGTs	Electric Power Equipmenet, ICEPE-ST2011, 23-27 Oct. 2011, pp.412-417	1) Toshiba 2) AIST 3) Ibaraki National College of Tech. 4) Tokyo Metropolitan Univ. 5) TEMIC

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
長谷川 泰俊[1)]、 成 慶珉	マトリックスコンバータの回路方式による比較検討	第19回電気学会東京支部茨城支所研究発表会PC03（2011.11）	1)平成23年度専攻科2年生
Motohiro Takayasuk[1)], Kyungmin Sung	An Implementation of Abnormal Current Detecting Circuit Using by FPGA	International Symposium on Technology for Sustainability (ISTS2011), ECE006, 2012.1	1)平成23年度専攻科2年生
沼田 諒平[1)]、 中宮 明久[1)]、 成 慶珉、 田中 保宣[2)]、 西澤 伸一[2)]、 大橋 弘通[2)]	ノーマリオン型交流スイッチによる誘導性負荷電流の転流動作に関する実験的検討	平成24年電気学会全国大会、2012/3/21-23	1)茨城工業高等専門学校、平成23年度専攻科生 2)産業技術総合研究所
江橋 洋平[1)] 成 慶珉	ゲート信号遅延によるIGBTの直列スイッチング特性	平成24年電気学会産業応用部門大会、Y-1、2012.8	1)平成24年度専攻科2年生
中宮 明久[1)]、 成 慶珉	FPGAによる間接型マトリックスコンバータの制御回路の構築	平成24年電気学会産業応用部門大会、Y-28、2012.8	1)平成24年度専攻科2年生
畑 勝裕[1)]、 成 慶珉	小型EVにおけるバッテリーとEDLCの直並列切換えシステム	平成24年電気学会産業応用部門大会、Y-38、2012.8	1)平成24年度専攻科2年生
飯嶋 竜司[1)]、 成 慶珉	家庭用小型交流発電システムの試作	平成24年電気学会産業応用部門大会、Y-45、2012.8	1)平成24年度専攻科1年生
森脇 滉[1)]、 河井 伸哉、 成 慶珉	ロータ型式夜永久磁石型同期発電機の比較検討	平成24年電気学会産業応用部門大会、Y-45、2012.8	1)平成24年度専攻科1年生
Takao Kasuto [1)], Wada Keiji [2)], Sung Kyungmin[3)], Mastuoka Yuji [4)], Tanaka Yasunori[5)], Nishizawa Shinichi [5)], Ota Chiharu, Kanai Takeo [4)], Shinohe Takashi[1)], Ohashi Hiromichi[5)]	4.5kV-400A modules using SiC-PiN diodes and Si-IEGTs hybrid pair for high power medium-voltage power converters	Energy Conversion Congress and Exposition ECCE 2012 IEEE, 15-20 Sept. 2012, pp 1509-1541.	1) Toshiba 2) Tokyo Metropolitan Univ. 3) Ibaraki National College of Tech. 4) TEMIC 5) AIST.

教員事績（平成23年10月～平成24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
四王天 正臣	量子論におけるBell不当式について	茨城工業高等専門学校研究彙報 第47号 pp.49-54(2012.3)	
四王天 正臣	EPR論文と現在から見たその意義について(II) - Bohrの反論に対する再評価 -	茨城工業高等専門学校研究彙報 第47号 pp.55-60(2012.3)	
村田 和英 八島 亮平 1)	MPIを用いたコンピュータネットワーク性能評価シミュレータの開発および性能評価	茨城工業高等専門学校研究彙報 第47号 pp.61-64(2012.3)	1)平成21年度専攻科修了生
岡里 貴大1) 市毛 勝正	アレイ信号処理を用いたブラインド音源分離アルゴリズムの検討	第19回電気学会東京支部茨城支所研究発表会講演予稿集PB26(2011.11)	1)平成23年度専攻科2年生
岡田 海渡1) 市毛 勝正	スペクトルサブトラクション法を利用した雑音除去の検討	第19回電気学会東京支部茨城支所研究発表会講演予稿集PB27(2011.11)	1)平成23年度専攻科2年生
立花 俊之1) 市毛 勝正	拡張現実によるモデリングシステムの検討	第19回電気学会東京支部茨城支所研究発表会講演予稿集PB28(2011.11)	1)平成23年度専攻科2年生
秋山幸雄1) 弘畑和秀	遺伝的アルゴリズムを用いた魔方陣の解法	第19回電気学会東京支部茨城支所研究発表会講演予稿集, PB05, p.101 (2011.11)	1)平成23年度専攻科2年生
秋山幸雄1) 弘畑和秀	遺伝的アルゴリズムを用いた魔方陣の解法	茨城工業高等専門学校研究彙報 第47号 pp.65-71 (2012.3)	1)平成23年度専攻科2年生
弘畑和秀	On the existence of vertex-disjoint chorded cycles in a graph	応用数学合同研究集会報告集, pp.108-109 (2011.12)	
弘畑和秀	有限グラフにおける閉路に関する研究	高専シンポジウム in 熊本, 講演要旨集 SD01, p.157 (2012.1)	
弘畑和秀	On the number of vertex-disjoint chorded cycles in a graph	日本数学会年会, pp.17-18 (2012.3)	
弘畑和秀	グラフにおける閉路の存在について	茨城工業高等専門学校研究彙報 第47号 pp.73-75 (2012.3)	
石垣達也1) 滝沢陽三 奥山慶洋	Machine Translation Accuracy Improvement for Ambiguous Words using Location Data	The 7th International Student Conference at Ibaraki University, O-115(2011.12).	1)平成23年度専攻科1年
滝沢陽三	複数の分野の混成グループによるソフトウェア設計における開発方法論の導入	茨城工業高等専門学校研究彙報第47号, pp.77-80(2012.3).	
滝沢陽三 山田 真 土川洋史	機能限定ソフトウェアシステムのフレームワーク策定および開発環境に関する考察	茨城工業高等専門学校研究彙報第47号, pp.81-84(2012.3).	
弥生 宗男 金子 裕介 1) A. V. Baryshev 1) 井上 光輝 1)	ポーラスアルミナ2次元磁性フォトニック結晶を用いた導波路型光サーキュレータの構造設計	平成24年電気学会全国大会 2-145 p.171 (2012. 3)	1) 豊橋技術科学大学

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
小飼 敬 中島 震 1) 上田 賀一 2)	有限Alloy記述の段階的な構築について	電子情報通信学会技術研究報告. SS, ソフトウェアサイエンス 111(268), pp.55-60 (2011.10)	1)国立情報学研究所 2)茨城大学
小飼 敬 小山 恭平 1) 上田 賀一 1) 高橋 勇喜 2) 武澤 隆之 2) 中野 利彦 2)	情報制御システム記述言語による列車運行制御モデルの記述と検証	ソフトウェア工学の基礎 XVIII 日本ソフトウェア科学会FOSE 2011, 近代科学社, pp.145-150 (2011.11)	1)茨城大学 2)株式会社日立製作所
小飼 敬 小山 恭平 1) 上田 賀一 1) 高橋 勇喜 2) 武澤 隆之 2) 中野 利彦 2)	情報制御システム記述言語による列車運行制御モデルの記述と検証	コンピュータ ソフトウェア, Vol. 29, No. 3, pp. 3_101-3_107 (2012.8)	1)茨城大学 2)株式会社日立製作所

教員事績（平成23年10月～平成24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
宮下美晴 佐藤夏美1) 寺本好邦2) 西尾嘉之2)	セルロースアセテートーポリ乳酸系グラフト化物の合成と特性評価	茨城工業高等専門学校研究彙報, 第47号, pp.105-109 (2012. 3)	1) 平成19年度専攻科修了生 2) 京都大学大学院農学研究科
鈴木裕也1) 掛札さくら2) 関英理子3) 宮下美晴	界面活性剤との錯形成を利用したキトサン誘導体合成の試み	第22会日本化学会関東支部茨城地区研究交流会予稿集, p.25 (2011. 11)	1) 平成23年度専攻科1年生 2) 平成21年度卒業生 3) 平成22年度卒業生
金澤 佑太 小松崎 佑介 小松崎 秀人 中澤 順1) 穐田 宗隆2) 引地 史郎1)	酸素活性化による金属チオアセタト錯体の硫黄酸化とC-S結合開裂	錯体化学会第62回討論会講演要旨集, pp.195(2012.9)	1)神奈川大学大学院工学研究科 2)東京工業大学資源化学研究所
羽沢 彰吾 高野 与一 小松崎 秀人 中澤 順1) 穐田 宗隆2) 引地 史郎1)	窒素系三座配位子を有する種々金属カテコラト錯体の合成とそのカテコール環の酸化挙動	錯体化学会第62回討論会講演要旨集, pp336(2012.9)	1)神奈川大学大学院工学研究科 2)東京工業大学資源化学研究所
大槻 大史 江口 裕 小澤 和幸 貴志 礼文 小松崎 秀人 中澤 順1) 穐田 宗隆2) 引地 史郎1)	コバルト(II)スーパーオキソ錯体の合成・性質・基質酸化能	錯体化学会第62回討論会講演要旨集, pp332(2012.9)	1)神奈川大学大学院工学研究科 2)東京工業大学資源化学研究所
羽沢 彰吾 高野 与一 小松崎 秀人 佐藤 稔 穐田 宗隆1) 中澤 順2) 引地 史郎2)	トリスピラゾリルボレート配位子を持つ金属(II)カテコラト錯体の合成と反応性	第22会日本化学会関東支部茨城地区研究交流会予稿集, pp.45 (2011. 11)	1)東京工業大学資源化学研究所 2)神奈川大学大学院工学研究科
金澤 佑太 小松崎 佑介 石田 昌也 小松崎 秀人 蝦名 不二夫 穐田 宗隆1) 中澤 順2) 引地 史郎2)	コバルト(II)チオカルボキシラト錯体の合成と反応	第22会日本化学会関東支部茨城地区研究交流会予稿集, pp.47 (2011. 11)	1)東京工業大学資源化学研究所 2)神奈川大学大学院工学研究科
藤田 大和 小澤 和幸 小松崎 秀人 蝦名 不二夫 穐田 宗隆1) 中澤 順2) 引地 史郎2)	non-innocent配位子を有する金属(II)錯体の合成と酸素活性化挙動	第22会日本化学会関東支部茨城地区研究交流会予稿集, p.49 (2011. 11)	1)東京工業大学資源化学研究所 2)神奈川大学大学院工学研究科

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
江口 裕 大槻 大史 貴志 礼文 小澤 和幸 小松崎 秀人 中澤 順1) 穐田 宗隆2) 引地 史郎1)	トリスピラゾリルボレートを配位子とするコバルト(II)酸素錯体の合成とその性質	第22会日本化学会関東支部茨城地区研究交流会予稿集, pp.51 (2011. 11)	1)東京工業大学資源化学研究所 2)神奈川大学大学院工学研究科
木村 麻衣 田山 智史 江口 裕 佐藤 稔 小松崎 秀人 引地 史郎1)	コバルト(II)セミキノナト錯体の酸素付加反応	第22会日本化学会関東支部茨城地区研究交流会予稿集, pp.53 (2011. 11)	1)神奈川大学大学院工学研究科
木村 麻衣 田山 智史 江口 裕 佐藤 稔 小松崎 秀人 引地 史郎1)	低温IR装置の製作とCo(II)セミキノナト錯体測定への応用	第8回茨城地区分析技術交流会要旨集, pp.49(2011.12)	1)神奈川大学大学院工学研究科
金澤 佑太 小松崎 佑介 小松崎 秀人 中澤 順1) 引地 史郎1)	コバルト(II)チオカルボキシラト錯体の酸素活性化における分光学的性質	第8回茨城地区分析技術交流会要旨集, pp.50(2011.12)	1)神奈川大学大学院工学研究科
羽沢 彰吾 小松崎 秀人 中澤 順1) 引地 史郎1)	トリスピラゾリルボレート配位子を有する金属セミキノナト錯体の分光学・電気化学的性質	第8回茨城地区分析技術交流会要旨集, pp.51(2011.12)	1)神奈川大学大学院工学研究科
大槻 大史 江口 裕 小松崎 秀人 引地 史郎1)	コバルト(II)チオラト錯体の酸素活性化における置換基効果	第8回茨城地区分析技術交流会要旨集, pp.52(2011.12)	1)神奈川大学大学院工学研究科
大浦 北斗 蝦名 不二夫	光合成を模倣した新規太陽電池の試作	第22会日本化学会関東支部茨城地区研究交流会予稿集, pp.1 (2011. 11)	
益子 和也 蝦名 不二夫	Schiff 塩基とピロールを用いたポルフィンの合成化学的研究	第22会日本化学会関東支部茨城地区研究交流会予稿集, pp.3 (2011. 11)	
蝦名 不二夫 大浦 北斗 砂金 孝志 佐藤 稔	光合成を模倣した有機太陽電池の試作	茨城工業高等専門学校研究彙報, 第47号, pp.85-89 (2012. 3)	
K.Nishida 1) T.Ishimura, A.Suzuki 2) T. Sasaki 3)	Seasonal changes in the shell microstructure of the bloody clam. 2012. Scapharca broughtonii (Mollusca: Bivalvia: Arcidae).	Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.DOI:10.1016/j.palaeo.2012.08.017 (2012.8)	1) 東京大学理学部 2) 産業技術総合研究所 3) 東京大学総合研究博物館
山崎 詩織 野中 千尋 鈴木 康司	Pseudomonas-E.coli シャトルベクターpINC1系の構築と改良	第22会日本化学会関東支部茨城地区研究交流会予稿集, pp.8 (2011. 11)	
熊井 美咲 鈴木 康司	Pseudmonas putida KT2440株由来シャペロン遺伝子群のクローニング	第22会日本化学会関東支部茨城地区研究交流会予稿集, pp.10 (2011. 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
野上 一樹 吉田 唯 グスマン ルイス	NaBH4の水素発生反応中の生成晶析の検討	第22会日本化学会関東支部茨城地区研究交流会予稿集, pp.40 (2011. 11)	
藤 貴大1) 黒澤 悟史2) 砂金 孝志	繊維状光触媒の作製とその性質	第22回日本化学会関東支部茨城地区研究交流会予稿集, p.96 (2011. 11)	1)平成23年度専攻科2年生 2)平成21年度専攻科修了生
福田 和正1) 荒木 一義 高安 俊一2) 砂金 孝志	水溶性Ti錯体を用いたTiO_2光触媒薄膜の低温作製	第22回日本化学会関東支部茨城地区研究交流会予稿集, p.98 (2011. 11)	1)平成23年度専攻科2年生 2)平成23年度専攻科1年生
小笠原 健 佐藤 稔 川田 知1)	水溶性高分子を用いた鉄（Ⅲ）イオン汚染水の浄化	第22会日本化学会関東支部茨城地区研究交流会予稿集, p.48 (2011. 11)	1）福岡大学理学部
桐生真奈美1) 成澤翔子2) 山田美咲3) 須田猛	家庭用電子レンジを用いた土壌分解法による土壌中の鉛の定量	第8回茨城地区分析技術交流会要旨集、PP.53(2011.12)	1)平成23年度専攻科2年生 3)平成22年度卒業生 2)平成23年度卒業生
須田猛 桐生真奈美1)	土壌含有重金属分析のための家庭用電子レンジを用いた土壌のマイクロ波加熱分解法	茨城工業高等専門学校研究彙報、第47号、PP..99-103(2012.3)	1)平成23年度専攻科2年生
岩浪克之 崔準哲1) 坂倉俊康1) 安田弘之1)	有機カルボニル化合物のシアノシリル化触媒	特許第5019447号(2012.9)	1) 産業技術総合研究所

専攻科特別研究題目一覧表（平成23年度）

特　別　研　究　題　目	学生名	指導教員
産業技術システムデザイン工学専攻 **機械工学コース**		
マイクロ波放電炭酸ガスプラズマにおけるCo4+バンドの放射特性	河野厚徳	澁澤健二
偏光位相シフト法を用いたPIVシステムにおけるサブピクセル推定	櫻井大地	池田　耕
過熱水蒸気を用いたさつま芋の加熱処理	髙野潤一	柴田裕一
マイクロチャンネル内における磁性流体および供試液の運動に関する研究	中川直紀	柴田裕一
マイクロビーズの製造とマイクロチャンネル内の流動	中林洋輔	柴田裕一
電気電子工学コース		
Study of Cooperative Control Methods for Robot Arms with Linear Motion Actuators	阿久津行裕	飛田敏光
紫外線発光ダイオードを用いた蛍光観測システムの開発	大橋幸一郎	田辺隆也
アレイ信号処理を用いたブラインド音源分離に関する研究	岡里貴大	市毛勝正
スペクトルサブトラクション法を利用した雑音除去に関する研究	岡田海渡	市毛勝正
無線電力伝送における伝送効率の評価と効率制御法の研究	草彅朗飛	長野眞康
相変化光ディスクにおける記録補償の解析	坂本光太郎	田辺隆也
時間領域差分法を用いた回折特性の解析と評価	佐藤　怜	田辺隆也
Study of Learning System by Using Immune Algorithms	塩谷淳史	飛田敏光
Development of Defects Detecting Using Difference of Amplitude Spectrum	関根浩史	荒川臣司
An Implementation of Inverter's Control Circuit Using FPGA	高安基大	成　慶珉
ACスイッチを用いたマトリックスコンバータに関する研究	沼田諒平	成　慶珉
モーションキャプチャ・システムを用いた飲みやすさ指標の検討	根本　良	丸山智章
昇圧型直流−交流電力変換回路に関する研究	野口裕太	成　慶珉
マトリックスコンバータの回路方式による比較検討	長谷川泰俊	成　慶珉
歯牙滑走運動を再現するための咬合器シミュレータの開発	三原翔大	丸山智章
住宅での地中熱ヒートポンプエアコンの使用における冷暖房エネルギー評価	武藤弘晃	関口直俊
全方向移動体のHMI評価に関する研究	山越好太	平澤順治
情報工学コース		
遺伝的アルゴリズムを用いた魔方陣の解法	秋山幸雄	弘畑和秀
拡張現実によるモデリングシステムの研究	立花俊之	市毛勝正
応用化学コース		
コバルト酸素錯体の合成におけるチオラト配位子の置換基効果および酸素種の酸化的挙動の解明	江口　裕	小松﨑秀人
3,4−ジアルキルピロールの新規合成法の開拓	奥村晴美	蝦名不二夫
コバルト(II)セミキノナト錯体の酸素付加反応	木村麻衣	佐藤　稔
土壌中の重金属分析へのマイクロ波分解法の適用	桐生真奈美	須田　猛
Pseudomonas putida KT2440株由来シャペロン遺伝子保有プラスミドの構築とその応用	熊井美咲	鈴木康司
水溶性高分子と銅(Ⅱ)イオンとの相互作用	齋藤有人	佐藤　稔
水溶性 Ti 錯体を用いた TiO_2 光触媒薄膜の低温作製	福田和正	砂金孝志
繊維状光触媒の作製とその性質	藤　貴大	砂金孝志
過酸化水素を酸素源とするチトクロムP−450のモデル反応	村山　亨	蝦名不二夫
Pseudomonas−E.coliシャトルベクターpINC1の改良	山崎詩織	鈴木康司

卒業研究題目一覧表（平成２３年度）

機械システム工学科

卒業研究題目	学生名	指導教員
赤外線応力測定法の応用(薄い鋼板の応力測定)	金澤実利	押久保　武
赤外線応力測定法の応用(金属細線の応力測定)	吉田　慧	押久保　武
赤外線応力測定法の応用(応力集中率の測定)	目時彩加	押久保　武
人工ハンドの機能に関する研究	阿部将史	柴田裕一
マイクロチューブ内の冷凍に関する応用研究	鈴木彩也夏	柴田裕一
板状氷の製造技術に関する研究	藤井俊浩	柴田裕一
構造物の最適構造設計のための有限要素解析	橋口龍馬	小室孝文
熱気球模型の製作	清水雄貴	小室孝文
水陸両用ミニチュアホバークラフトの製作	櫻井厚志	小室孝文
三次元画像撮像システムの開発研究	山口寛樹	加藤文武
実時間画像検査システムの開発研究	種村比呂	加藤文武
水質浄化材料の開発研究	小林隼也	加藤文武
ばね定数測定および2自由度振動測定装置の作成	大園和昂 石崎智也	鯉渕弘資
膜モデル研究のためのソフトウェアツール作成と改良	赤羽俊亮 山辺優太	鯉渕弘資
表計算ソフトおよび3D-CADによるクランク-レバ機構の評価	山口雅史	冨永　学
三次元CAD/CAEによるエコランカーのモデリングと空力解析	中崎良哉	冨永　学
CAD/CAMによる対戦型ロボットの設計製作	鈴木圭介	冨永　学
井戸水マイクロ水力発電装置の開発	島根一旭	冨永　学
高効率新型太陽電池の開発研究	伊東俊太郎	根本栄治
塗料型太陽電池の研究	高瀬智幸	根本栄治
酸化物超伝導体Y系の沸騰特性に関する研究	細田嘉大	根本栄治
高伝導材パイロイドの熱伝導率測定に関する研究	鬼澤優太	根本栄治
マイクロ波放電(CO_2+N_2)プラズマの放射測定	渡邊　駿	澁澤健二
マイクロ波放電窒素プラズマの放射特性に関する測定	小林裕人 永山治希	澁澤健二
Ar原子線を用いたボルツマンプロット法による電子的励起温度測定	五十嵐　大	澁澤健二
色情報を用いたPIVの精度向上に関する研究	アフィカ	池田　耕
LEDを用いた3次元PIVに関する研究	石井　亮	池田　耕
鋼も顕微鏡組織を利用したマイクロデバイスに関する研究	細川元気	谷山久法
フェライト・パーライトおよびマルテンサイトからなる三相鋼の焼き入れ	田能正淳	谷山久法
過共析鋼のA1変態点上での焼き入れ	山口　歩	谷山久法
減圧雰囲気下における層流拡散火炎の燃焼およびすす濃度特性	皆川仁志 根本大地	小堀繁治

卒業研究題目一覧表（平成２３年度）

電子制御工学科

卒業研究題目	学生名	指導教員
移動式自動撮影ロボットの製作 ー アプローチングシステムの開発 ー	清野大樹 藤森千晴	平澤順治
似顔絵ロボットの開発 ー ロボットアーム及び画材複色切替装置“Picasso”の開発 ー	藤澤佳生 三次勇太	平澤順治
似顔絵ロボットの開発 ー 画像処理プログラムの研究 ー	小野浩昌	平澤順治
ネットワーク応用画像認識ロボットの開発	皆川祥浩	飛田敏光
太陽電池応用情報案内システムの開発	菊池賢吉 菊池達也	飛田敏光
薄型制振システムの基礎検討	鴨志田博貴 清水拓	飛田敏光
人の重心ゆらぎの測定と解析に関する研究	藤咲渉	住谷正夫
パワースペクトルにゆらぎを持たせて時系列ゆらぎを作成する方法の研究	渡邊拓也	住谷正夫
ゆらぎデータを用いて新しい音楽を作成する方法の研究	木内隼人	住谷正夫
様々な絵画の1次元及び2次元ゆらぎ解析の研究	畠山彰浩	住谷正夫
各種楽器が奏でる音楽の可視化に関する研究	和田亮	住谷正夫
RSA暗号と素因数分解についての研究	西野将平	菊池誠
乱気流時におけるドップラーライダーを利用した予見高度制御	森田玲於奈	菊池誠
倒立振子の速度制御に関する研究	アグネス	菊池誠
マイコンを用いたブラシレスモータの制御	吉井剛司	菊池誠
ブロッキング発振器及びマルチバイブレータへの機能付加	浅野大樹 田山将景	堀利浩
PLL動作のための基準発振器と位相比較回路の設計と製作	田島圭一郎	堀利浩
ミリ波発振器PLL動作試験のための電圧制御発振器の設計と製作	常井裕人 西川聡志	堀利浩
導電性ラバーボンド砥石のELID研削メカニズムの解明	鈴木勇輝	長谷川勇治
導電性ラバーボンド砥石のELID研削加工特性に及ぼす電解条件の影響	寺門幸宏	長谷川勇治
導電性ラバーボンド砥石のELID研削加工特性に及ぼすツルーイングの影響	友部雅之	長谷川勇治
管内探査・回収ロボットの開発	小嶋真仁	長谷川勇治
電動工具用ソレノイドの開発に関する研究	上田成太郎	小沼弘幸
補助人工心臓用磁気浮上モータの性能向上に関する研究	神永真帆	小沼弘幸
ターボポンプ用小型磁気浮上モータの開発に関する研究	荻野嵩人	小沼弘幸
産業用磁気浮上ポンプの実用化に関する研究	後藤紀之	小沼弘幸
マルチGNSSによるロボットカー測位の精度改善	厚綿宏季 常石昂宏	岡本修
樹木周辺における衛星測位の影響評価	平根卓也 藤枝優平	岡本修
食品加熱装置の開発	皆川拓哉	岡本修
二次元フーリエ変換における振幅スペクトルのフィルタリング特性	内田匠平	荒川臣司
二次元フーリエ変換における位相スペクトルの特性分析	根本拓也	荒川臣司
色の定量評価法の開発(3)～ 表色値による定量分析 ～	小林凌大 羽柴真人	荒川臣司

卒業研究題目一覧表（平成２３年度）

電気電子システム工学科

卒　業　研　究　題　目	学生名	指導教員
携帯情報端末による行動記録収集に関する研究	川又慎也 小泉慧太	吉成偉久
クラウドシステムによる情報共有化に関する研究	齋藤奎悟	吉成偉久
風力発電システムの出力分析	國武和広 八鍬潤一	関口直俊
部分影のある太陽電池の出力分析	大森雅人	関口直俊
作成法の違いによる固体高分子形燃料電池の出力特性	菊池達哉 宮野遙	関口直俊
直線テーパ線路から導かれる不均一線路とその等価回路表現について	高村有紀子	遠藤勲
不均一線路を用いた伝送回路の最適化手法による設計	日野奨丸 腹部史也	遠藤勲
LED光による花の開花特性	佐藤遥	田辺隆也
tanhを用いたSuper-RENS再生信号の特性評価	相良青来	田辺隆也
ホログラム記録に用いるビット単位判定2次元RLL符号の研究	久能雄輝	田辺隆也
逆ミセル法で作製したCdSeナノ微粒子の光学特性	荒木翼 海老原快人 鈴木大和	森龍男
ゼロ知識証明を用いた否認防止法の信頼性向上	畠山竜大	安細勉
公開鍵暗号を用いた秘密分散モデルの改良	郡司博尚	安細勉
モーションキャプチャを用いた頭部装着型入力支援	大曽根智志 木砂武美	丸山智章
溶液中における水晶振動子の発振特性	佐藤貴則	若松孝
急勾配を含む路面におけるEVの制御に関する研究	阿部敏朗 飯嶋竜司	成慶珉
1kW級小型発電機の試作	河井伸哉 森脇滉	成慶珉
有限要素法による非接触電圧計の設計	児玉伸太郎	皆藤新一
停止送電線の電磁誘導対策に関する研究	植田将太	長野眞康

卒業研究題目一覧表（平成２３年度）

電子情報工学科

卒業研究題目	学生名	指導教員
異方性磁性体内の静磁界解析	小林大地	柴田尚志
らせん状導線電流による磁界の解析	佐川文崇	柴田尚志
二枚の平行導体板間の静電容量解析	関　直人	柴田尚志
単相インバータの製作と特性解析	竹内和也	柴田尚志
透明電極ITOを用いた強磁性酸化膜キャパシタの形成と誘電特性	江口遼平	山口一弘 弥生宗男
2次元磁性フォトニック結晶を用いた低損失光サーキュレータの設計	鈴木雄介	山口一弘 弥生宗男
日本に於ける地熱発電利用に関する問題点	鈴木　拓	四王天正臣
電磁波の比吸収率(SAR)に関する考察	市毛和樹	四王天正臣
個人向け所有書籍情報管理ソフトウェアの開発	船戸丈寛	四王天正臣
ファイル管理システムの開発	井川拓馬	四王天正臣
放射能早期警戒表示システム(RWADS)	京谷繁明 池田綾香 西連地礼奈 宮本奈緒	杉村　康
自動巡回によるWEBページ更新情報取得ツールの開発	塚原由子 村上祐美	村田和英
遠隔環境下での共同学習を支援するシステムの開発	井上祥伍 神長洋一郎	村田和英
ファイル管理ツールの作成	平野瑛二	村田和英
SNS上で英語を使った交流をするための英略語変換ソフトの開発	高橋江梨奈 丸島早綾	市毛勝正 奥山慶洋
音声信号処理による英語発音評価	河合慶太	市毛勝正
画像データからのテキスト音声合成についての検討	水越裕之	市毛勝正
周波数領域における雑音除去に関する検討	齋藤慶太	市毛勝正
音声認識に用いられる言語モデルと文法モデルの検討	中村　顕	市毛勝正
リンク切断時における最短経路問題に関する研究	鎌田裕靖	弘畑和秀
Androidアプリユーザインターフェース作成支援ソフトウェアの開発	黒沢祐樹	弘畑和秀
貪欲法と遺伝的アルゴリズムを用いた巡回セールスマン問題に関する研究	長谷川哲也	弘畑和秀
グラフの彩色問題に関する研究	長谷川　凌	弘畑和秀
HTML学習支援システムの開発	綿引理恵	滝沢陽三
暗号化認証を始めとする各種ユーザー認証システムと利便性	弓野竜太	滝沢陽三
レイトレーシングにおける自由曲面の描写の高速化	川又嵩大	滝沢陽三
複数の効果に対応したリアルタイム動画処理システムの開発	横山賢吾	滝沢陽三
POV-Ray記述支援ツールの開発	南口　亮 吉川直行	滝沢陽三

卒業研究題目一覧表（平成２３年度）

物質工学科

卒業研究題目	学生名	指導教員
亜鉛(Ⅱ)ポルフィリンを用いた有機二次電池の研究	草間大地	佐藤　稔
オキソバナジウム(Ⅳ)フタロシアニンアニオンラジカルの磁気的性質と電子状態	益子卓也	佐藤　稔
水溶性高分子を用いた銅(Ⅱ)イオン汚染水の浄化	箕輪　栞	佐藤　稔
震災時に使用できる自動止水装置の考案	青木　智	佐藤　稔
特殊環境における有用微生物の探索 ～大洗海岸海水中の微生物単離と諸性質検討～	石岡明咲子	鈴木康司
電気穿孔法を用いたPseudomonas putida 株へのpINC2形質転換技術の検討	森田汐里	鈴木康司
Pseudomonas由来ベクターpME292の解析	川上ひとみ	鈴木康司
Bacillus由来ジアホラーゼ遺伝子のクローニング(7) ～pDIPF5導入遺伝子の解析～	薄井　絢	鈴木康司
Bacillus由来ジアホラーゼ遺伝子のクローニング(8) ～pDIPF6由来ジアフォラーゼの発現と諸性質検討～	通野和人	鈴木康司
有機過酸化物を酸素源とするチトクロムP－450のモデル反応	近藤大輝	蝦名不二夫
ポルフィンの合成化学的研究(25). 最も簡便なピロール・ホルマリン・H^+系によるポルフィン合成の試み	狩谷絢香	蝦名不二夫
1H-NMRスペクトルによるピロール誘導体の構造判別法の研究	小泉修羅	蝦名不二夫
HPLCを用いた簡便な高級脂肪酸分析(2)	藤枝由佳理	蝦名不二夫
エポキシ化合物のアルデヒド変換用新規触媒の探索(2)	タンシアーアー	蝦名不二夫
カーボンナノチューブ活性炭を用いた鉛キレート化合物の吸着濃縮法の検討	江藤祐輔	須田　猛
土壌中に含まれる重金属イオンの定量 ～家庭用電子レンジでの土壌分解法の検討・その6	成澤翔子	須田　猛
油汚染された土壌からの油分の抽出回収方法の検討	渡邉紗己	須田　猛
Al-MCM-41触媒を用いるγ-ブテノリド誘導体の合成	阿部健太	岩浪克之
固定化酵素触媒を用いる第二級アルコールの速度論的光学分割	内山遼太郎	岩浪克之
酸化アルミニウムを触媒とするシアノヒドリン炭酸エステルの合成	大須賀雄介	岩浪克之
コバルト(II)チオラト錯体の酸素活性化における置換基効果と中間種の反応性	大槻大史	小松崎秀人
マンガンピロガロラト錯体の合成と酸素活性化挙動	岡原　快	小松崎秀人
亜鉛(II)およびマグネシウム(II)セミキノナト錯体の反応性	萩野谷瑛里	小松崎秀人
コバルト(II)ジチオアセタト錯体の合成と酸素活性化メカニズム	石田昌也	小松崎秀人
トリスピラゾリルボレート配位子を有するマンガン酸素錯体の合成と性質	藤田大和	小松崎秀人
Ag-TiO_2薄膜によるフォトクロミズム材料の研究	関　晴香	砂金孝志
多孔質な二酸化チタン薄膜を用いた色素増感太陽電池の研究	髙野由依	砂金孝志
球状およびシート状光触媒の作製とその性質	平山楓果	砂金孝志
純粋培養系におけるSphingomonas sp.のPAH分解能の評価(2) 高分子量のPAHを対象として	佐藤　慧	小林孝行

物質工学科

卒業研究題目	学生名	指導教員
蛍光消光法による腐植酸—PAH間の分配係数の測定とピレンの生分解に及ぼす腐植酸の影響評価	仲田愛里	小林孝行
PAHの生物毒性の発現に及ぼす土壌細菌の細胞壁疎水性の影響	伊藤柚子	小林孝行
腐植酸のメチル化がPhenanthreneの収着挙動に及ぼす影響	後藤沙由里	小林孝行
水素化ホウ素ナトリウム(NaBH4)の結晶化の検討	吉田唯	ｸﾞｽﾏﾝ ﾙｲｽ
触媒存在下での水素化ホウ素ナトリウム(NaBH4)の結晶化	野上一樹	ｸﾞｽﾏﾝ ﾙｲｽ
重水素存在下でのリン酸二水素カリウム(KDP)の溶解度および結晶形状	和田真矢	ｸﾞｽﾏﾝ ﾙｲｽ
溶液からのZ－plate型KDP結晶の再生	湯原真里絵	ｸﾞｽﾏﾝ ﾙｲｽ
高置換度セルロースプロピオネートとビニルポリマーの複合化	小林誠	宮下美晴
アルギン酸／ポリエチレングリコール系ブレンドの相溶性	相田千尋	宮下美晴
界面活性剤との錯形成を経由したキトサンのエステル誘導体の合成	大友陽平	宮下美晴
キチン／ポリ(N-イソプロピルアクリルアミド)系複合ゲルの作製と特性評価	佐藤洋平	宮下美晴
コハク酸水素コレステロール／脂肪族ジアミン系コンプレックスの転移挙動	濱﨑愛子	宮下美晴
FSM-16を用いて調製したBa系触媒のOCM反応に対する触媒活性	仲村秀悟	山形信嗣
Fe-ZSM-5触媒を用いたブタノール-エチレン系からのプロピレン合成	大和田順治	山形信嗣
ブタノールからのプロピレン合成用触媒のNH_3-昇温脱離法による固体酸性度測定	田中佑樹	山形信嗣

平成 25 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 English Education in Colleges of Technology (2)
— On the effect of script - memorization, shadowing, and writing - instruction —
……Mineo IKEMATSU (1)

2 Observation of anomalous deformation behavior in metastable austenitic stainless steel by infrared thermography …… Takahiro OUCHI and Manabu TOMINAGA (5)

3 On the relationship between spatio-temporal data pattern and eigenvector of the principal component analysis ……SUMIYA Masao, Bin He (13)

4 Fundamental study of body balance evaluation model using motion capture system
…… Hiroki KOSAKA and Tomoaki MARUYAMA (21)

5 On weak value and weak measurement in quantum mechanics
…… Masaomi SHIODEN (27)

6 Design Tools based on Frameworks for Function-Limited Software Systems
…… Yozo TAKIZAWA (31)

7 Characterization and molecular cloning of *arm*X gene from *Pseudomonas putida*
……Koji SUZUKI and Kohei SAKAMOTO (35)

8 The Relationships between Lifestyle, Usage of Mobile-Phone, and Social Support among Students of College of Technology
……Nobunari ARAI, Shinji MORI, Takayuki SOETA, Masaru UEJI, and Kazumi TAGAMI (41)