

**千葉工業大学**

**プロジェクト研究年報**

**2018年**



千葉工業大学  
プロジェクト研究年報  
2018年度



## 〔戦略的先端研究推進プロジェクト助成金〕

|                       |       |   |
|-----------------------|-------|---|
| 周波数シフトテラヘルツ波による精密距離計測 | 水津 光司 | 1 |
|-----------------------|-------|---|

## 〔競争的外部資金申請準備支援助成金〕

|   |       |    |
|---|-------|----|
| ナノマイクロクラッチによる研磨加工素過程とナノ・マイクロ加工の研究           | 松井 伸介 | 3  |
| 柔軟変形ロボットの開発と3Dプリンタを核とした開発環境の構築              | 青木 岳史 | 5  |
| マウス亜種間雑種を利用したモノアレル発現制御機構の解明                 | 清澤 秀孔 | 7  |
| 抗菌剤として利用される銀ナノ粒子の生態系リスク影響の基礎的検討             | 村上 和仁 | 9  |
| 臨床検査室の質マネジメントシステム構築と検証                      | 佐野 雅隆 | 11 |
| 生体情報を用いた対面コミュニケーション活性化支援手法の開発に関する研究         | 滝 聖子  | 13 |
| 開放系ゼロエネルギー植物工場(OZEPf)の基礎研究                  | 久保 裕史 | 15 |
| ASEAN地域における新しい市場開拓のための人的資源開発に関する研究          | 鴻巣 努  | 17 |
| 免疫系は運動トレーニングによる熱産生機能の向上に関与するか               | 川西 範明 | 19 |
| 超分子不斉認識・反応場の創製と医農薬品開発への応用                   | 笠嶋 義夫 | 21 |
| 水中環境でのスイング動作トレーニングの開発に向けた動作・筋活動調査           | 金田 晃一 | 23 |
| 多次元非一様カイラル凝縮とパスタ構造の競合                       | 安武 伸俊 | 25 |
| 民間企業が管理運営する道の駅の実態と基礎自治体の意向と支援の在り方に関する研究     | 青木 和也 | 27 |
| レーザー光のパターンや強度分布を変換する特殊形状レンズの設計と応用に関する研究     | 森田 翔  | 29 |
| オフィス空間におけるセンサ活用に基づく情報セキュリティポリシー遵守の容易化に関する研究 | 米田 翔一 | 31 |
| カルコンとトレハロースによる光架橋性コーティング材料の開発および細胞適合性の調査    | 矢野 慎也 | 33 |

## 〔私立大学等戦略的研究基盤形成支援事業〕

|  |       |    |
|--|-------|----|
| マイクロ領域/マクロ領域における複合的プローブ技術の開発に関する研究             | 脇田 和樹 | 35 |
| 安全・快適性向上のための音響情報伝達<br>(安全・快適性のための音響情報科学研究センター) | 矢野 博夫 | 37 |

## 〔科学研究費助成事業〕

|  |       |    |
|--|-------|----|
| 新しいSm-Fe系磁性相の探求                          | 齋藤 哲治 | 39 |
| 回折格子やエタロンを使用しない新規構造の波長可変レーザー開発           | 藤本 靖  | 41 |
| 公共空間の安全性確保を目指した可聴型音響設計システムの構築            | 佐藤 史明 | 43 |
| 拡張可能な学習支援システムのための分散マルチプラットフォームアーキテクチャの研究 | 仲林 清  | 45 |
| ビデオ視聴と自他レポート吟味により学習に関する内省を支援する教授設計の研究    | 仲林 清  | 47 |

|               |    |
|---------------|----|
| 〔科学研究費助成事業一覧〕 | 49 |
|---------------|----|

[戦略的先端研究推進プロジェクト助成金]



研究項目： 戦略的研究推進準備プロジェクト助成金  
研究期間： 2017/6/15～ 2018/3/31  
研究課題名 (和文)：

周波数シフトテラヘルツ波による精密距離計測

研究課題名 (英文)：

Accurate distance measurement by frequency shifted terahertz wave

研究者：

|                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| ○水津 光司              | 千葉工業大学              |
| SUIZU Koji          | 工学部 情報通信システム工学科 教授  |
| 枚田 明彦               | 千葉工業大学              |
| HIRATA Akihiko      | 工学部 情報通信システム工学科 教授  |
| 内海 秀幸               | 千葉工業大学              |
| UTSUMI Hideyuki     | 創造工学部 都市環境工学科 教授    |
| 長 敬三                | 千葉工業大学              |
| CHO Keizo           | 工学部 情報通信システム工学科 教授  |
| 陶 良                 | 千葉工業大学              |
| TOH Ryo             | 工学部 電気電子工学科 教授      |
| 中林 寛暁               | 千葉工業大学              |
| NAKABAYASHI Hiroaki | 工学部 情報通信システム工学科 准教授 |

## 1. 研究の目的

高度成長期に建設された構造物の老朽化や、震災による構造物の劣化による事故が相次いでおり、社会的な問題として顕在化しつつある。これらの事故を未然に防ぐためには、迅速かつ理学的計測による定量評価や時経変化を評価することが重要である。現在は主に打音による診断が行われているが、人的および時間的な点でコストがかかることや定量性に欠けることから、超音波計測、電波計測、赤外線計測などの理化学的計測法が開発されつつある。

上記のような社会的背景を鑑み、遠隔かつ構造物の検査技術を確認することは、社会的ニーズにソリューションを与えると同時に、安心・安全社会の構築に大きく貢献すると言える。遠隔から非破壊で計測する技術としては、電磁波の利用が有効である。電波と遠赤外の中間に位置するテラヘルツ波は、透過性と空間分解能に優位性があり、構造物表面付近の検査に適している。テラヘルツ波を用いた非破壊検査例として、震災後の建造物外壁のタイル剥離状況の調査などが実施されている。ただし、一般的に普及しているテラヘルツ時間領域分光装置 (Terahertz-Time Domain Spectrometer: THz-TDS) を用いた場合、超短パルスを照射して反射パルスの時間から距離情報を得るため、測定距離レンジに対する原理的な制約があり、対象物から数 cm の位置から計測する必要がある。また、剥離が壁面から数 cm 以上深い場所にある場合も検出が困難になる。さらに、材料の吸収特性および屈折率に強い周波数依存性がある場合、パルス波形に大きな変化が生じる。このような状況ではパルス波形がくずれ、位置測定が困難になる。

これらの点を解決するために、研究代表者が提案している周波数シフト (Frequency Shifted : FS) テラヘルツ波光源を根幹とし、測定距離レンジに物理的な制約の無い新

な非破壊計測装置を開発する。

光領域での計測では、周波数シフト帰還型レーザー (Frequency Shifted Feedback laser : FSF レーザー) を用いた周波数領域リフレクトメトリ (Frequency Domain Reflectometry : FDR 計測) を実施することで、測定器からの距離に大きな幅のある対象の精密距離計測が実現されている [1, 2]。本研究では、FSF レーザーのユニークな特性と距離計測における優位性に着目し、FSF レーザーを励起光源として FS テラヘルツ波を発生させ、新たな距離計測法を確立する。FSF レーザーを使用した FDR 計測の距離計測法としての優位性と、種々物質に対するテラヘルツ波の透過性とを融合することで、建造物等の欠陥検査、誘電体基板の構造検査、プラスチック欠陥検査など、従来測定が困難であった対象物の非破壊検査が可能となる。

## 2. FS テラヘルツ波の発生

FSF レーザーとは、レーザー共振器内部に光周波数シフターを挿入することで、光が共振器内を周回するごとに一定の周波数シフトを与えられる光源である。本光源からのレーザー光は、コム状のスペクトルが周波数シフトを繰返す、周波数チャープコムと呼ばれる性質を持つ。チャープ率は、共振器長および周波数シフターの駆動周波数によって決定され、一般的には 100THz/sec 超の高速周波数掃引が得られる。FSF レーザーを用いた FDR 計測では、FSF レーザー光を 2 光路に分け両者に光路差を付けたのち、両者を合波する。周波数チャープコムは光路差に応じた周波数差が生じることから、この周波数差がビート信号として得られる。よって、ビート成分の周波数情報から、光路差の距離の情報を算出することが可能となる。また、光路差によるビート成分が共振器周波数モードを越えた場合も、高次のビート信



号を観測することで同様の距離計測が可能となり、この際の計測精度は、原理的には基準周波数源となるFSFレーザの周波数チャープコンの精度で引き出すことが可能である。この原理を利用することで大型、複雑な形状をした対象の観測も可能になる。

このFSFレーザ光と、中心周波数の差がテラヘルツ波となるように設定した単色レーザ光を合波し、テラヘルツ波発生用の励起光として使用する。この光は、両レーザの中心周波数の差に応じたテラヘルツ周期のビートを有しており、かつ、当該ビートはFSFレーザの有する周波数チャープコンの性質を持つ。この励起光を単一走行キャリアフォトダイオード(Uni-Traveling-Carrier Photo Diode: UTC-PD)に入射するとビートに応じた電流が生じ、周波数チャープコンの性質を持つFSテラヘルツ波が放射される。

### 3. FSテラヘルツ波による距離計測

マイケルソン干渉計によりFSテラヘルツ波を信号光と参照光に分け、光路差をつけて合波する。合波されたFSテラヘルツ波は光路差に応じた周波数差を有していることから、ショットキーバリアダイオード(Schottky Barrier Diode: SBD)で検出することで、当該周波数差に応じたRF周波数成分をもつ電流が発生する。この信号の周波数を解析することで光路差の算出が可能となる。

本研究では、Fig.1に示す実験系を用いた。FSFレーザ光と外部共振器型半導体レーザ光(External Cavity Laser: ECLD)を合波した二波長光をUTC-PDに入射し、光混合法による差周波発生によりFSテラヘルツ波を発生させた。

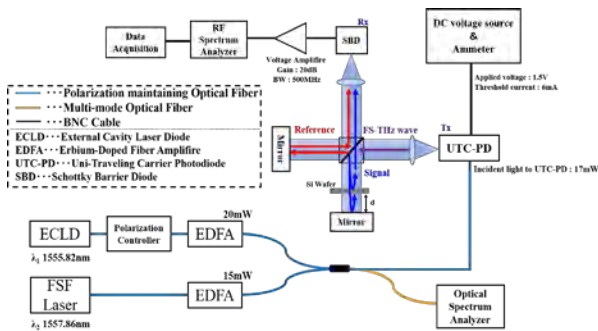


Fig.1 FSテラヘルツ波による距離計測実験系

FSFレーザ光の中心波長は約1558nmであり、ECLDからの出力光の波長を掃引することで、発生させるFSテラヘルツ波の周波数をコントロールする事が可能である。約0.1THz~1.0THzの領域でFSテラヘルツ波の発生が確認できており、この領域から任意の周波数を選択して発生が可能である。FSテラヘルツ波の周波数を出力の大きい約245GHzと設定し、マイケルソン干渉計に入射して光路差に応じた周波数シフトを発生させた。この際、シグナル光側の光路にシリコンウエハを挿入することにより、ミラーとシリコンウエハ各々でビートを発生させた。この反射したFSテラヘルツ波をSBDにて検出し、RFスペクトラムアナライザにてビート信号を観測し距離計測を行った。

Figure 2に取得したビート周波数スペクトルを示す。256kHzおよび407kHzの2本のピークが観測されている。今回使用したFSFレーザの周波数チャープ率は14.7kHz/mmであり、ビート周波数を距離に換算すると17.41mmおよび27.68mmとなる。FSテラヘルツ波の往復の行路を加味すると、ミラーとシリコンウエハ間の距離は5.14mmと算出される。一方、ミラーとシリコンウエハの距離は約5mmと設定しており、異なる2点からのFSテラヘルツ反射波により精度よく距離測定が計測できたとと言える。かつ、シリコンの背面になるミラーの位置を同定した結果であり、今後の非破壊計測の実現可能性を実証する結果である。

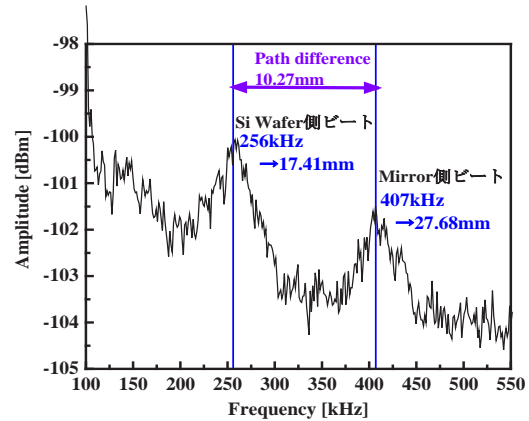


Fig.2 ビート周波数スペクトル

以上の結果を踏まえて、科学研究費補助金 基盤研究(A)に申請し採択された。今後は、FSテラヘルツ波の高出力化、検出の好感度化へ向けたEO(Electro-Optics)検出の導入などを行うと共に、RF信号処理の高速化に取り組み、実用的な建造物等の非破壊検査に取り組む予定である。

### 本研究に関する主な成果

1. 栗原 貴大, 南部 広樹, 水津 光司, 碓 智文, "周波数シフト帰還型レーザを用いた周波数シフトテラヘルツ波光源の開発," 第78回応用物理学学会秋季学術講演会, 福岡国際会議場 (Sep. 5-8, 2017),
2. 栗原 貴大, 南部 広樹, 水津 光司, 碓 智文, "光周波数領域リフレクトメトリ法を用いた周波数シフトテラヘルツ波による距離計測" 第18回レーザ学会東京支部研究会/電気学会 光・量子デバイス技術研究会, P-27, 東海大学 湘南キャンパス (Mar. 2, 2018).

### 参考文献

- 1) K. Nakamura, T. Hara, M. Yoshida, T. Miyahara, H. Ito, "Optical Frequency Domain Ranging by a Frequency-Shifted Feedback Laser", IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, 36, 305 (2000).
- 2) T. Ishibashi, N. Shimizu, S. Kodama, H. Ito, T. Nagatsuma, T. Furuta, "Uni-Traveling-Carrier Photodiodes", OSA Trends in Optics and Photonics Series Vol. 13, p. 83 (1998).



[競爭的外部資金申請準備支援助成金]



研究項目： 競争的外部資金申請準備支援助成金

研究期間： 2017/6/15～ 2017/11/30

研究課題名 (和文)：

ナノマイクロスクラッチによる研磨加工素過程とナノ・マイクロ加工の研究

研究課題名 (英文)：

Polishing process Characterization with Nano - Micro Scratch Machining

研究者：

松井 伸介 千葉工業大学

MATSUI Shinsuke 工学部 機械電子創成工学科 教授

### 1. はじめに

近年、研磨技術のさらなる高度化が求められている。そこで、研磨加工の基礎的研究として、砥粒に見立てた AFM 触針を用い石英製光ファイバに対しナノ・マイクロスクラッチ加工を行うことでその加工特性を調べた。そして、砥粒の材質の変化および加工雰囲気の変化が研磨加工特性に与える影響の検討した。AFM 触針により加工を行うことで先端形状のよくわかった切れ刃を用いることができ、さらに、加工に AFM システムを用いることで、切れ刃の動き、加工荷重等の制御を精密に行うことが可能である<sup>1)</sup>。また加工対象として石英製光ファイバを用いることで、光コネクタの光学特性である反射減衰量から加工ダメージの評価が行える<sup>2)</sup>。

### 2. 実験方法

図 1 にスクラッチ加工の概略図を示す。スクラッチ加工は、光ファイバ端面中心に位置するコア部 (直径 10 $\mu$ m) を含む 20 $\mu$ m 四方に対して、加工荷重 50 $\mu$ N および 80 $\mu$ N で行った。表 1 に実験条件を示す。スラリーを用いた加工を再現するため、純水中、アルカリ液中で行った。加工対象には反射減衰量 55dB 以上の加工ダメージのほとんどない石英製シングルモード光ファイバ端面を用いる。AFM 触針の材質としては、砥粒としてよく用いられるものを使った。また、加工後の反射減衰量を測定し、加工ダメージを評価した。

### 3. 実験結果及び考察

表 2 に純水中、加工荷重 50 $\mu$ N での結果を示す。ダイヤモンド、酸化セリウムがほぼ同様の大きな加工深さが得られ

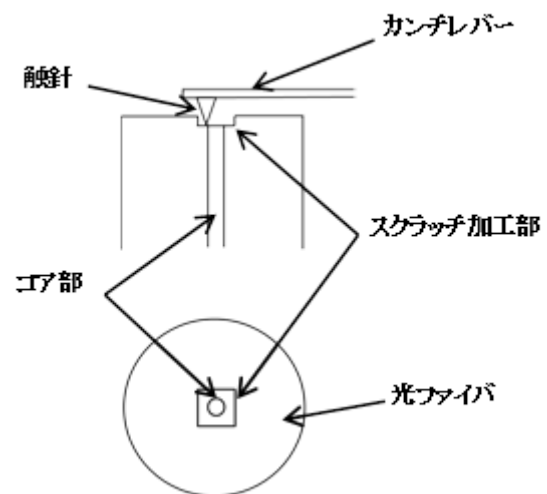


図 1 スクラッチ加工の概略図

表 1 実験条件

|         |  |
|---------|--|
| カンチレバー  | 材質:ステンレス   |
| 触針      | ダイヤモンド, アルミナ, ジルコニア, 酸化セリウム, シリカ<br>先端曲率半径 0.1 , 0.2 $\mu$ m                               |
| スクラッチ加工 | 速度:1.0sec/line<br>ライン数:512 $\times$ 2<br>走査範囲:20 $\mu$ m 四方<br>加工荷重:50 $\mu$ N, 80 $\mu$ N |
| 試料      | 石英製シングルモード光ファイバ  |
| 加工雰囲気   | 純水, アルカリ溶液(pH10.0)   |

た。シリカの場合は大きな加工深さは得られず、アルミナの場合は加工が認められなかった。反射減衰量はダイヤモンドが最も低下し、シリカ、酸化セリウム、ジルコニアは、ともに反射減衰量の低下は認められなかった。次に表3に純水中、加工荷重80 $\mu$ Nにおける各種触針の加工特性を示す。50 $\mu$ Nの場合と比較すると、ダイヤモンド、酸化セリウムの加工深さは明らかに増加した。また、ダイヤモンドは加工ダメージが増加したが、酸化セリウムは、反射減衰量の低下は認められなかった。次に表4にアルカリ溶液中における加工特性を示す。シリカ触針での加工では純水中に比べ、大きな加工深さが得られた。さらに荷重の増加に伴い加工深さも増加した。アルミナ触針での加工の場合、純水中と比べ加工深さが大きく増加したが、反射減衰量の低下は小さかった。石英よりも明らかに硬いアルミナ触針を用いたにもかかわらず、加工ダメージはあまり大きくないことから、加工の際に何らかの化学的な作用が働いていることが考えられる。図2に加工荷重80 $\mu$ Nにおける加工後のシリカ触針のFE-SEM像を示す。純水中の加工において、触針の先端が摩耗していることがわかる。また、アルカリ溶液中での加工の場合、触針の摩耗量が明らかに大きくなっていることもわかる。表5にシリカ触針の触針磨耗量と加工量の関係を示す。表5より、シリカ触針のアルカリ溶液中での加工の場合、純水中と比べ、加工量、触針磨耗量共に増加することがわかった。また、その比としては、純水中、アルカリ溶液中共に、オーダー的にほぼ同様になっていることが認められた。

#### 4. まとめ

研磨加工の基礎的研究として実際の研磨加工に近い環境で、AFM触針によるスクラッチ加工を石英製光ファイバに対して行い、各材質の研磨加工特性の検討を行った。その結果、酸化セリウム触針ではダイヤモンド同様の大きな加工量が得られたが、加工ダメージが少なくなることがわかった。また、アルカリ溶液中での加工において、アルミナは加工量が増加したが、加工ダメージは増加しなかった。また、シリカ触針において、試料と触針が同種材料であるため互いに摩滅しながら加工が進み、アルカリ溶液中、純水中ともに加工量、触針磨耗量がオーダー的に同様となることが確認できた。

本研究に関する主な発表論文

- 1) 木村賢之心, 松井伸介: 2017 砥粒加工学会学術講演会講演論文集, (2017)

#### 参考文献

- 1) 志関真生, 松井伸介: 2016 年度砥粒加工学会学術講演会講演論文集, p. 214-215 (2016)
- 2) 松井伸介, 大平文和, 小藪国男, 松永和夫; 精密工学会誌, 64, 10, p. 1467-1469 (1998)

表2 純水中、加工荷重50 $\mu$ Nにおける各種触針の加工特性

| 触針材料   | 加工深さ[nm] | 反射減衰量 [dB] | ヌープ硬度     |
|--------|----------|------------|-----------|
| ダイヤモンド | 2.5      | 43         | >7000     |
| アルミナ   | 0        | 55         | 2100-2500 |
| ジルコニア  | 1.3      | 56         | 1700      |
| シリカ    | 0.7      | 55         | 800-950   |
| 酸化セリウム | 2.7      | 57         | 730       |

表3 純水中、加工荷重80 $\mu$ Nにおける各種触針の加工特性

| 触針材料   | 加工深さ[nm] | 反射減衰量 [dB] | ヌープ硬度     |
|--------|----------|------------|-----------|
| ダイヤモンド | 4.4      | 40         | >7000     |
| アルミナ   | 0.4      | 53         | 2100-2500 |
| ジルコニア  | 1.7      | 56         | 1700      |
| シリカ    | 1.0      | 53         | 800-950   |
| 酸化セリウム | 4.1      | 56         | 730       |

表4 アルカリ溶液中における加工特性

| 材質   | 荷重[ $\mu$ N] | 加工深さ[nm] | 反射減衰量 [dB] |
|------|--------------|----------|------------|
| シリカ  | 50           | 3.3      | 57         |
| シリカ  | 80           | 5.9      | 56         |
| アルミナ | 80           | 2.9      | 51         |

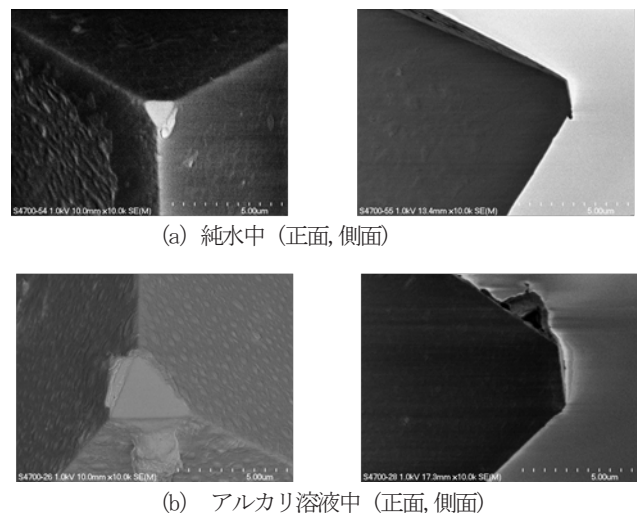


図2 加工荷重80 $\mu$ Nにおける加工後のシリカ触針のFE-SEM像

表5 シリカ触針の触針磨耗量と加工量の関係

| 液雰囲気   | 加工量[ $\mu$ m]<br>( $\times 10^{-14}$ ) | 触針磨耗量[ $\mu$ m]<br>( $\times 10^{-14}$ ) |
|--------|--|--|
| 純水     | 1.7                                    | 1.9                                      |
| pH10.0 | 10.5                                   | 22.2                                     |

研究項目： 競争的外部資金申請準備支援助成金

研究期間： 2017/6/15～ 2017/11/30

研究課題名 (和文)：

柔軟変形ロボットの開発と3Dプリンタを核とした開発環境の構築

研究課題名 (英文)：

Design of flexible deformation robot and construction of development environment centered on 3D printer

研究者：

青木 岳史

千葉工業大学

AOKI Takeshi

先進工学部 未来ロボティクス学科 准教授

## 1. はじめに

自然界には、自身の単純な形態を柔軟に変形させて運動を生成する生物が存在する。これらの生物の形態や機能を模した柔軟に変形するロボットが実現できれば、従来は不可能であった形態での動作が可能となり、その効果は大きいと考えられる。面状の機体であれば不整地において、足場が崩れるような危険な場所でも機体自体が地面に対する圧力を分散し、地形を崩さずに移動することができる。しかし柔軟素材を用いた機構の開発は、その製作工程に多くの制限を受けてしまうため、革新的な機構の開発は進んでいないのが現状である。そこで機構の製作に3Dプリンタを用いることで、複雑な形状や、内部構造までも同時に形成することができる。本研究では3Dプリンタを用いて形成された面状の柔軟形状移動体の開発を行い、全方向移動の実現を目的とする。

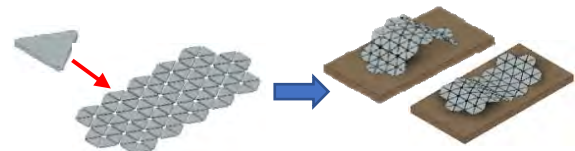


図1 コンセプトモデル

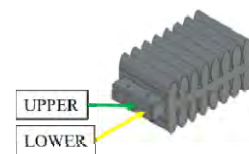


図2 屈曲モジュール

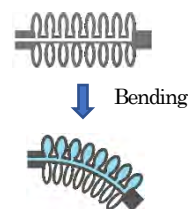


図3 屈曲動作

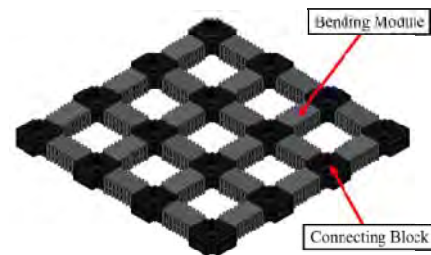


図4 面状柔軟変形移動体

## 2. 柔軟変形移動体の検討

複数のモジュールから構成する面状の柔軟変形移動体を図1に示す。機体全体で屈曲動作を周期的に行うことで進行波を形成し、移動を実現する。また、任意の方向へ進行波を発生させることにより全方向移動が可能となる。

面状柔軟変形移動体を開発するために、空気に加圧によって屈曲動作を行うモジュールの開発を行った。本研究では柔軟な屈曲モジュールを製作するために専用の3Dプリンタを新たに開発し、必要な開発環境を構築した。図2に屈曲モジュールのモデルを示す。屈曲モジュールの内部に楕円断面の気室を配置し、2箇所流路から空気に加圧を行う。これにより気室は膨張し、楕円断面の気室は円断面の気室へと変形する。その際に隣同士の気室がそれぞれ押し合うことで、図3のように屈曲モジュールは扇状に変形する。また流路は上段と下段に分かれており、加圧する流路の選択によって任意の方向へ屈曲動作を行うことができる。試作した屈曲モジュールを用いて動作を行い、圧力に対して屈曲角度が比例関係にあることを確認した。

## 3. 面状柔軟形状移動体の開発

屈曲モジュールを複数組み合わせることにより面状の移動体を構築する。3節で構成された面状柔軟変形移動体を図4に示す。屈曲モジュール同士の連結は接続ブロックを用いて行い、3節構成の面状変形移動体を構成するために屈曲モジュールを40個、接続ブロックを25個用いた。試作機の大きさは616mm×616mm×35mmであり、重量は4205gであった。各屈曲モジュールを連続して順に動作させることによって、機体全体で進行波を生成する。また垂直に交わる進行波を合成することにより全方向移動を実現する。2

つの進行波を合成する際、機体全体に歪みが生じるが、各節が少しずつ捻じれることで歪みを吸収する。

#### 4. 進行波による移動

##### 4.1. 進行波の生成

屈曲モジュールの加圧による屈曲動作の組み合わせにより、進行波を生成する。機体の各屈曲モジュールを図5のように①～③の順で屈曲動作を行い、この動作を周期的に繰り返すことにより進行波の生成を行う。生成する進行波は正弦波を模した波となる。また、振幅は加圧時の圧力、波長は進行波の周波数により変化する。

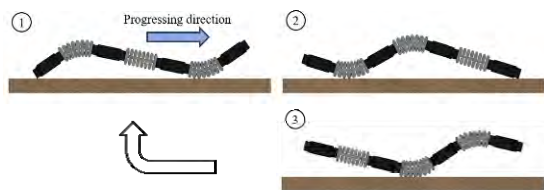


図5 進行波の生成

##### 4.2. 動作実験

進行波による前後左右方向と斜め方向の全方向移動動作及び、線対称の屈曲モジュールを独立に動作させることで行う旋回動作の実験を実施した。さらに周波数に応じた移動距離と推進力の変化を計測する実験も実施した。その際に空気圧を0.3[MPa]において0.1~4[Hz]の範囲で周波数を変化させ、周波数に対する10周期の移動距離及び周波数に対する推進力の変化を計測した。すべての実験はリノリウム材の上で行っている。

実験の結果より、進行波の生成及び合成によって前後左右方向および斜め方向への移動が可能であることを確認した。動作の様子を図6に示す。1[Hz]、0.3[MPa]で動作させた際の前進移動動作は9.1[mm/s]、横移動動作は9.2[mm/s]、45度の斜め移動動作は7.9[mm/s]であった。斜め移動動作で移動速度が減少しているのは体節の歪みによる影響を受けてしまっているからであると考えられる。10周期における周波数に対する移動距離の変化を図7に示す。実験結果より周波数が高くなるにつれて移動距離が減少していることが確認できる。周波数が高くなることで、単位時間あたりの地面と接触している時間が少なくなり、地面との接触箇所での滑りが発生した為であると考えられる。10周期における周波数に対する推進力の変化の結果を図8に示す。実験より周波数が大きくなっても推進力には大きな変化がないことが確認できた。周波数が高くなることで、移動距離の変化と同様に滑りが発生してしまっているが、単位時間あたりの地面との接触回数が増えることにより、推進力が変化しなかったのではないかと考えられる。

##### 5. おわりに

本研究では、屈曲動作を行う屈曲モジュールを開発し、それらを複数組み合わせた面状の柔軟変形移動体を開発し

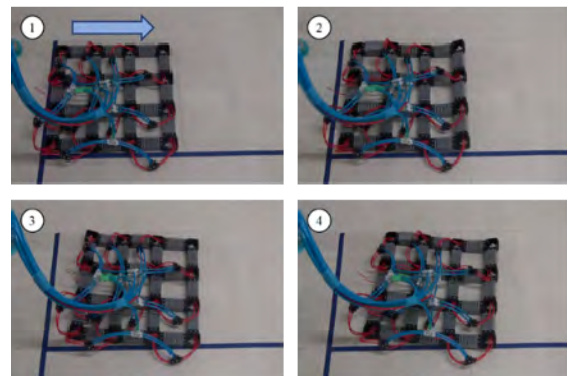


図6 進行波による移動

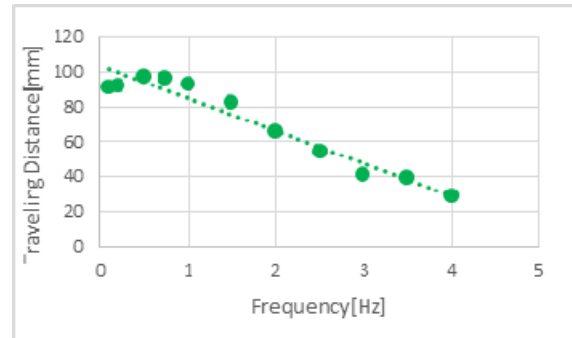


図7 制御周波数による移動量の変化

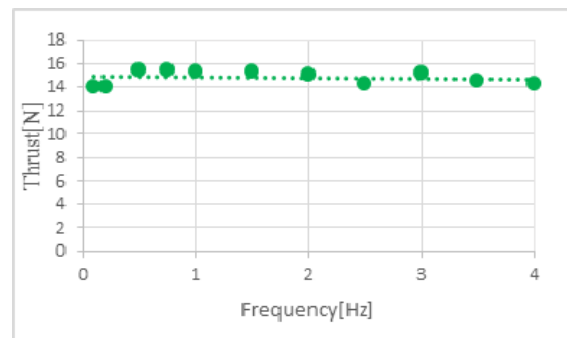


図8 制御周波数による推進力の変化

た。そして屈曲モジュールの試作に必要な3Dプリンタで構成する開発環境を新たに構築した。試作した面状柔軟変形移動体を用いた動作実験より、進行波の合成による全方向移動動作の実現を確認した。

最後に、本助成により科学研究費基盤研究(C)「災害救助活動を目的とした柔軟変形ロボットの開発」が採択されましたので、ここに感謝を申し上げます。

本研究に関する主な発表論文

[1] 井口拳太、岩谷義明、青木岳史：“空気圧を用いた柔軟変形移動体の開発”，日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2018, 1P1-G12, 2018

---

研究項目： 競争的外部資金申請準備支援助成金

研究期間： 2017/6/15～ 2017/11/30

研究課題名 (和文)：

マウス亜種間雑種を利用したモノアレル発現制御機構の解明

研究課題名 (英文)：

Analysis of mono-allelic gene expression regulation utilizing F1 hybrid mice between sub-species

研究者：

○清澤 秀孔  
KIYOSAWA Hidenori

千葉工業大学  
先進工学部 生命科学科 教授

近藤 伸二  
KONDO Shinji

情報・システム機構  
データサイエンス共同利用基盤施設 特任准教授

栄徳 勝光  
EITOKU Masamitsu

高知大学  
教育研究部医療学系 連携医学部門 助教

---

## 1. はじめに

2 つの異なる亜種に属する近交系マウス同士を交配して作製された F1 では、遺伝子発現に乱れが生じ、親由来の 2 つの対立遺伝子のうち、亜種特異的にどちらか片方のみの染色体からしか発現が見られない「モノアレル発現」が現れる。このモノアレル発現は、亜種間のシス・エレメント (遺伝子発現を制御するゲノム DNA 上の配列) の強弱に由来する可能性が考えられる。本研究ではこれら亜種特異的にモノアレル発現を呈する遺伝子を網羅的に同定し、その原因となっていると考えられるシス・エレメントの一つであるプロモーター配列の違いを解析する。

またヒストン修飾のマークと、モノアレル発現となった遺伝子座を合わせて解析することにより、新規シス・エレメント (エンハンサー) の同定を試みる。解析結果のまとめとして、亜種間交配によってモノアレル発現となった遺伝子のリストを作成し、遺伝子の機能から推定される表現型が実際に細胞や個体に現れているかを検討する。

## 2. 研究の内容

### (1) F1 ハイブリッドマウス由来 ES 細胞データの解析

本研究では互いに亜種関係にある 2 種類の近交系マウスを交配して作製した F1 由来の ES 細胞を用いることにより、亜種特異的にモノアレル発現を示す遺伝子もしくはゲノム領域を特定し、モノアレル発現となるシス・エレメントの同定を試みる。2 種類の近交系マウスには、標準的な実験室マウス近交系の C57BL/6 (B6) と日本産野生マウス由来近交系の MSM/Ms (MSM) を用いる。B6 は *Mus musculus*

*domesticus*、MSM は *M. musculus molossinus* に属する。

我々が作製した ES 細胞には MSM が母親、B6 が父親の組み合わせで作製した MB-ES 細胞と、親の組み合わせが逆の BM-ES 細胞の 2 通りの ES 細胞がある。これら ES 細胞を *in vitro* で神経細胞へ分化させ、全過程 17 日間 (D0, D4, D8, D17)、及びリファレンスとして成体マウス脳サンプル由来の次世代シーケンシングによる RNA-seq データを既に有している。

これらの配列データを解析し、亜種特異的に発現している遺伝子のリストを作成した。

### (2) 親近交系のデータの解析

F1 の親である MSM と B6 由来の ES 細胞を神経に分化させた際の RNA-seq のデータも取得済みであり、上記の F1 において亜種特異的なモノアレル発現傾向を示す遺伝子に対して、もともと親ではどのような発現であったのか調べた。

もとの親での発現状態と F1 でのモノアレル発現状態の比較をし、どのような発現制御の仕組みが考えられるかを検討を行った。

## 3. まとめ

親では発現が正常であるにもかかわらず、F1 にすると亜種特異的にモノアレル発現となる遺伝子を同定し、その発現制御の仕組みを考察した。



本研究に関する主な学会、研究会発表

- (1) 栄徳勝光、近藤伸二、鈴木穰、高田豊行、加藤英政、城石俊彦、菅沼成文、清澤秀孔：マウス亜種間のゲノム差異による発現変動解析、第19回日本RNA学会、富山、2017年7月。
- (2) Kiyosawa H: Transcriptome dynamics during in vitro neuronal differentiation with allelic distinction, INCF Japan Node International Workshop: Advances in Neuroinformatics 2017 (AINI 2017), Wako, November 2017
- (3) 栄徳勝光、近藤伸二、鈴木穰、高田豊行、加藤英政、城石俊彦、菅沼成文、清澤秀孔：近交系マウス ES 細胞由来神経細胞の神経分化特異的ゲノム刷り込みの評価系の確立、第40回日本分子生物学会年会、神戸、2017年12月。

参考文献

- (1) Kohama C, Kato H, Numata K, Hirose M, Takemasa T, Ogura A, and Kiyosawa H: ES cell differentiation system recapitulates the establishment of imprinted gene expression in a cell-type-specific manner. *Hum. Mol. Genet.* 21, 1391-1401. 2012.
- (2) Eitoku M, Suganuma N, and Kiyosawa H: Comparison of two types of non-adherent plate for neuronal differentiation of mouse embryonic stem cells. *Cytotechnology*, 68, 2761-2768, 2016.
- (3) Eitoku M, Kato H, Suganuma N, and Kiyosawa H: Markers associated with neuron-specific Ube3a imprinting during neuronal differentiation of mouse embryonic stem cells. *Cytotechnology*, 70, 45-53, 2018.

研究項目： 競争的外部資金申請準備支援助成金

研究期間： 2017/6/15～ 2017/11/30

研究課題名 (和文)：

抗菌剤として利用される銀ナノ粒子の生態系リスク影響の基礎的検討

研究課題名 (英文)：

Environmental Impact Risk Assessment of Silver Nano Particle (AgNP) as Antibacterial Agents

研究者：

村上 和仁

MURAKAMI Kazuhito

千葉工業大学

先進工学部 生命科学科 教授

## 1. はじめに

近年、抗菌剤・殺菌剤として広く利用されるようになった銀ナノ粒子であるが、使用後に排水・河川水を通じて水圏生態系に及ぼす影響については情報がほとんど得られていない。本研究では、銀ナノ粒子が生態系に如何なる影響を及ぼすかについて、標準モデルエコシステムであるマイクロコズムのP/R比の推移（機能パラメータ）および生物相の変遷（構造パラメータ）を用いて解析することを目的とした。

## 2. 研究方法

### (1) 供試マイクロコズム

分解者として4種の細菌類*Bacillus cereus*、*Pseudomonas putida*、*Acinetobacter* sp.、*coryneform bacteria*、生産者として2種の緑藻類*Chlorella* sp.、*Scenedesmus* sp.、1種の糸状藻類*Tolypothrix* sp.、捕食者として1種の原生動物繊毛虫類*Cyclidium glaucoma*、2種の後生動物輪虫類*Lecane* sp.、*Philodina erythrophthalma*、1種の後生動物貧毛類*Aeolosoma hemprichi*の組み合わせからなるGnotobiotic型マイクロコズム(N-system)を用いた。なお、このマイクロコズムは高い安定性と再現性を有するモデル微生物生態系である(図1)。

### (2) 培養方法及び測定項目

マイクロコズムの培養は、ポリペプトン濃度を100mg/lとなるよう調整したTP培地200mlを300ml容三角フラスコに入れ、継代培養しているマイクロコズムを種として10ml接種した後、25°C、2,400lux(明12hr/暗12hr)、静置条件とした。マイクロコズム内のDO変化をDOメーターにより継続的に連続測定し、P(生産量)、R(呼吸量)およびP/R比の推移(機能パラメータ)を求めた。同時に、培養開始後、0、2、4、7、14、16、18、20、23、30日目にマイクロコズムからサンプリングしたプランクトンを、計数板および界線スライドガラスを用いて光学顕微鏡下で計数し、プランクトン個体数変遷(構造パラメータ)を観察した。

### (3) 金属添加

銀ナノ粒子(AgNP、日本イオン株式会社製ナノシルバー分

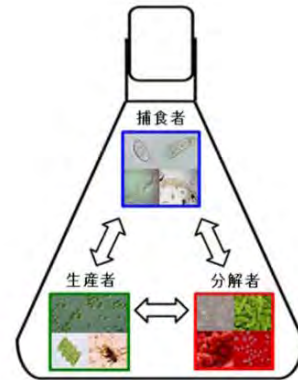


図1 マイクロコズム(イメージ)

散液)を添加して負荷を与えた。AgNP添加量は、0.01、0.05、0.10、0.25、0.50、1.0、10mg/lと段階的に設定し、マイクロコズムが培養開始後16日目の安定期に添加した。

### (4) 統計処理手法

機能パラメータにおいては、統計処理を用いて評価を決定した。得られたDOの変動をx成分(回帰直線の傾きa)とy成分(振幅の変動係数cv)に分け、それぞれの数値が正規分布していると仮定した。平均値の $\pm 1\sigma$ 内に収まる確率は68.26%であるため、a、cvそれぞれの対照系値の $\pm 34.13%$ に収まれば影響なしと評価した。

## 3. 結果および考察

(1) プランクトン個体数変遷(構造パラメータ)による評価  
各濃度における個体数比より、添加濃度0.10mg/l以上において*Aeolosoma hemprichi*が、0.05mg/l以上において*Cyclidium glaucoma*が死滅した。このことから構造パラメータによる評価からは添加濃度0.05mg/l以上において影響ありと評価した(図2)。

### (2) DO、P/R比(機能パラメータ)による評価

P/R比は、添加濃度が高くなるにつれ活性が低下したが、全ての添加濃度において安定していた。これは、植物プランクトン、動物プランクトン共に増殖したためと考えられる。

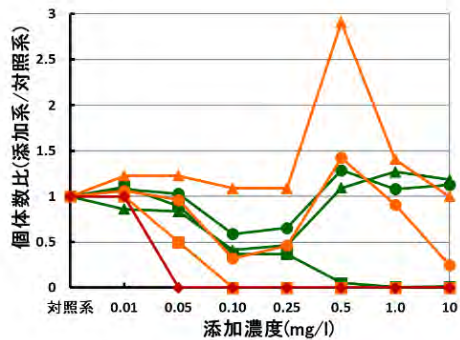


図2 各系における個体数比 (構造パラメータ)



図4 各系におけるマイクロゾムの外観 (添加後2日目)

マイクロゾム内のDO変化を図3に示した。また、各添加濃度における傾きおよび変動係数を表1に示した。傾きaにおいて、対照系値の±34.13%は $0.0016 \leq a \leq 0.0034$ であるため、添加濃度0.05mg/l以上において影響ありと評価した。変動係数cvにおいて、対照系値の±34.13%は $0.11 \leq cv \leq 0.22$ であるため、全ての添加濃度において影響ありと評価した。以上より、機能パラメータによる評価からは添加濃度0.05mg/l以上において影響ありと評価した。

### (3) マイクロゾムの外観

マイクロゾムの外観は非添加系(対照系)の緑色から、AgNP添加濃度の増加に伴い濃灰色に変化した(図4)。添加した銀ナノ粒子はマイクロゾム培地中のCl<sup>-</sup>と反応してAgClとなり白色沈殿を生じる。さらにAgClは光分解により微粒子Agとなり、微粒子Agは光を吸収するため黒くみえる。このことから、AgNP添加系は添加濃度の増加に伴い濃灰色に変化したと考えられる。

### (4) 生態系リスク影響評価

構造・機能パラメータからの評価より、マイクロゾム内の最大無影響濃度(m-NOEC)は0.01mg/l以上0.05mg/l未満の範囲にあると評価された。

## 4. まとめ

1) 構造パラメータにおいては、添加濃度0.05mg/l以上において死滅がみられたため、添加濃度0.05mg/l以上において影響ありと評価された。

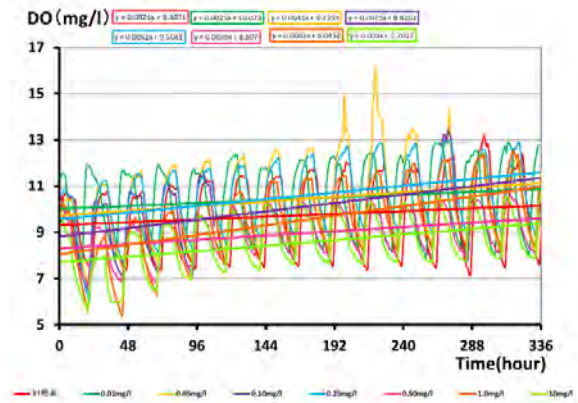


図3 各系におけるDOの推移 (機能パラメータ)

表1 各系における傾き a と変動係数 cv (機能パラメータ)

|          | 傾きa    | 変動係数cv |
|----------|--------|--------|
| 対照系      | 0.0025 | 0.16   |
| 0.01mg/l | 0.0025 | 0.15   |
| 0.05mg/l | 0.0041 | 0.17   |
| 0.10mg/l | 0.0075 | 0.17   |
| 0.25mg/l | 0.0061 | 0.14   |
| 0.50mg/l | 0.0039 | 0.12   |
| 1.00mg/l | 0.0087 | 0.17   |
| 10.0mg/l | 0.0050 | 0.14   |

2) 機能パラメータにおいては、添加濃度が高くなるにつれ系の活性が低下し、生産・呼吸量は安定していた。統計処理の結果、添加濃度0.05mg/l以上において影響ありと評価した。

3) 構造・機能パラメータより、銀ナノ粒子の最大無影響濃度(m-NOEC)は0.01mg/l以上0.05mg/l未満の範囲にあると評価された。

4) 今後、より詳しいm-NOECを決定すること、および、銀イオン添加との比較検討を行う必要がある。

### 本研究に関する口頭発表

1) 村上和仁、畑本一気、土屋友美、吉野翔平：マイクロゾム試験による銀ナノ粒子の生態系影響評価、日本水処理生物学会第54回大会、大阪(2017.11.)

2) 畑本一気、村上和仁：マイクロゾムによる銀ナノ粒子の生態系影響解析、第45回土木学会関東支部技術研究発表会、甲府(2018.3.)

3) K. Murakami, K. Hatamoto, T. Shimizu: Environmental Impact Risk Assessment of Silver Nanoparticle (AgNP) using Microcosm System, IWA 11th World Water Congress & Exhibition (WWC2018), Tokyo (Japan) (2018.9.)

研究項目： 競争的外部資金申請準備支援助成金

研究期間： 2017/6/15～ 2017/11/30

研究課題名 (和文)：

臨床検査室の質マネジメントシステム構築と検証

研究課題名 (英文)：

Introduction and Validation of Quality Management System for Clinical Laboratories

研究者：

佐野 雅隆

千葉工業大学

SANO Masataka

社会システム科学部 経営情報科学科 准教授

## 1. はじめに

近年、一部の医療機関において、患者とその診療に責任を持つ臨床医のニーズを満たすことを主な目的として、ISO15189 の認定取得が進んできている。認定取得のためには、ISO15189 の要求事項を満たすため、臨床検査室における作業手順を見直す必要がある。要求事項の一部には、検査手順の文書化があり、検査手順に適用可能な場合は、「可能性のある変動要因」が文書に含まれていなければならない。しかし、現状、業務の可視化をどのように行うかや「可能性のある変動要因」の表記方法は確立されていない。

本研究では、臨床検査室における標準作業手順書 (Standard Operating Procedure : 以下, SOP) 中の特性要因図の作成方法の提案を目的とする。

## 2. 従来研究と本研究のアプローチ

### 2.1 早坂らの研究

早坂らはフローサイトメトリー検査を ISO15189 に適用させるための準備を行った。特性要因図を用いて、フローサイトメトリー検査の不確かさに繋がる要因を「機器」「人」「方法」「試料」の四つの観点から抽出して特性要因図を作成し、標準作業書に添付した。

### 2.2 本研究のアプローチ

本研究は、ISO15189 に基づく品質マネジメントシステムの構築に取り組んでいる川口市立医療センターの協力を得て、作成中の項目 SOP (Standard Operation Procedure) と、特性要因図を受領した。特性要因図の分析を行い、検査項目が変わると、どのように変動の要因が変わるのかを調査

する。

項目 SOP の内容は、以下のように示すことができる。

- (n) 生物学的基準範囲又は臨床判断値
- (o) 検査結果の報告範囲
- (p) 結果が測定範囲外であった場合の定量結果決定に関する指示
- (q) 警戒値/緊急異常値 (適切な場合)
- (r) 検査室の臨床的解釈
- (s) 可能性のある変動要因

本研究では、とくに(s)の可能性のある変動要因の列挙を、特性要因図を用いて行う方法について検討する。

## 3. ブレーンストーミングによる特性要因図の作成

特性要因図の作成の一般的な方法を用いて、項目 SOP を作成できるかどうかを評価するため、血液検査結果の不確かさについての特性要因図を作成した。結果を図1に示す。

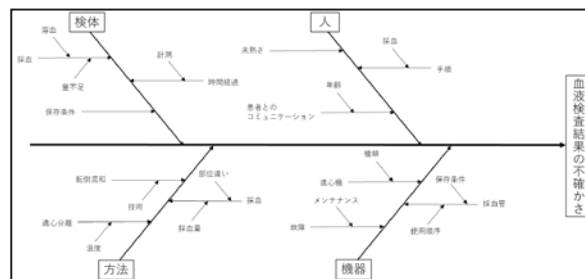


図1 血液検査結果の不確かさについての特性要因図

早坂らの研究と同様に、要因を「機器」「人」「方法」「試料」の四つの観点で整理する一般的な方法を用いて作成することができた。

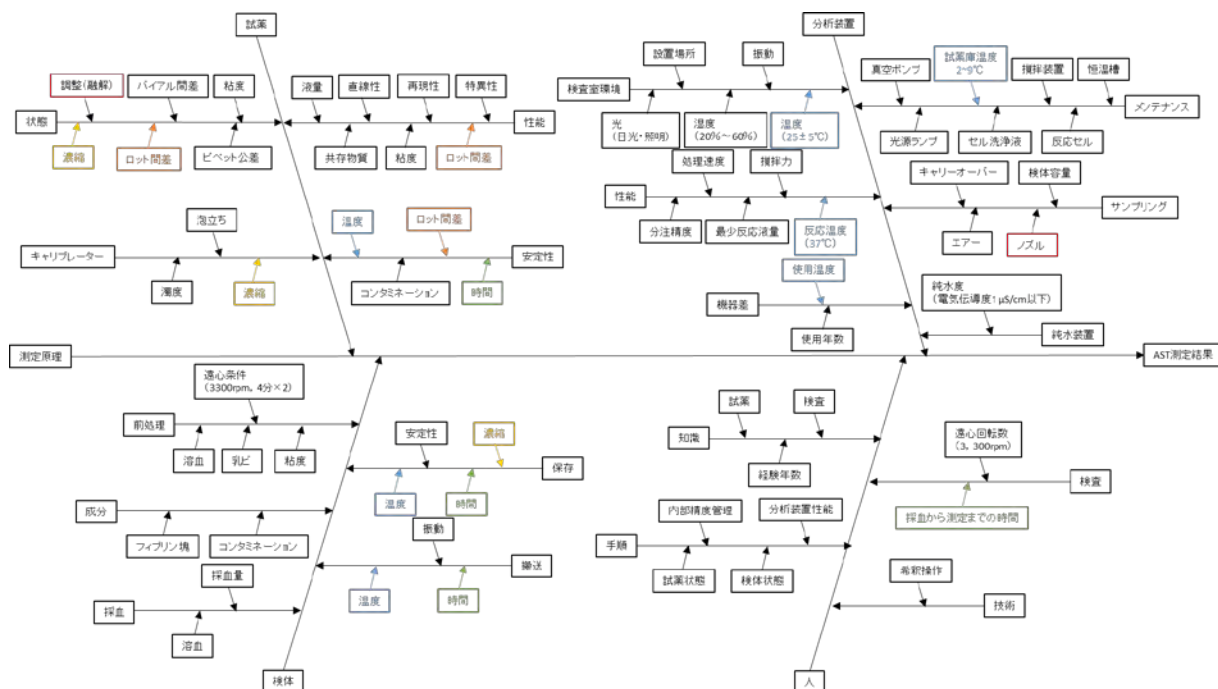


図2 ASTにおける特性要因図

#### 4. 詳細な特性要因図の作成

3章で検討した特性要因図の作成方法では、項目の抽象度が高板目、抽象的な要因が挙げられた可能性がある。そこで、項目 SOP を想定し、具体的な AST (Aspartate transaminase) という測定項目について検討する。

病院で作成された AST についての特性要因図を元に、あげられた要因を分析した。その結果、図 2 に示すように、「温度」、「時間」、「濃縮」、「ロット間差」については、各種の要因の小骨として様々な箇所が登場していることがわかった。

これらの観点を元として、他の項目 SOP における特性要因図を作成し、結果がどのように変化するのかを調査する基盤を作成できた。

#### 5. 病院スタッフの教育

ISO15189 に基づく品質マネジメントシステムの構築を目的として、川口市立医療センターの臨床検査技師を対象として、スタッフの方々に、目的をもって特性要因図を作成すること、出来上がった特性要因図が普段の仕事の中で活用できるようにすることを理解できるよう、講義内容を設計した。

品質管理とは何かを説明したうえで、臨床検査室においてなぜ SOP と特性要因図を作成しなければならないかについて説明した。さらに、一般的な特性要因図の作成方法を示した。最後に病院で作成済みの AST についての特性要因図を示し、改善点を説明した。講義終了後、スタッフから、「いろんな視点から描いたほうが良いということ学んだ」、「どこまで要因を掘り下げればいいのかわからない」、「大骨の要因として 4M が基本であるが、3つや5つでも構わないか」などの意見や質問を頂いた。

#### 6. 今後の課題

専門家による作成した特性要因図の評価を一部実施したところ、よいと思うというコメントをいただくことはできているが、一方で特性要因図としての善し悪しを評価することは困難であるとも思われた。別の評価方法としては、作成した特性要因図が一般的な成書に記載された内容と一致するか、また、成書からどの程度要因を抽出できるかを評価することが考えられる。この点については今後の課題である。また、他の項目についても同様につく聖を進めることで、全体的な評価をすることも必要である。

#### 参考文献

[1] ISO15189:2012. 「Medical laboratories—Requirements for quality and competence (臨床検査室—品質と能力に関する要求事項)」  
 [2] 機械システム振興協会(2006), 医療診断システム構築のための基盤整備に関するフィジビリティスタディ報告書  
 [3] 早坂光司ら(2011): ISO15189 のフローサイトメトリー検査への適用と今後の課題, サイトメトリーリサーチ, 21, [2], 23-27.

研究項目： 競争的外部資金申請準備支援助成金

研究期間： 2017/6/15～ 2017/11/30

研究課題名 (和文)：

生体情報を用いた対面コミュニケーション活性化支援手法の開発に関する研究

研究課題名 (英文)：

A study on active support for face-to-face communication based on bio-information

研究者：

滝 聖子

千葉工業大学

TAKI Seiko

社会システム科学部 経営情報科学科 准教授

## 1. はじめに

近年、メールやSNSの普及により、オンラインを通じた非対面コミュニケーションが増加し、対面コミュニケーションの機会が減少している。それに伴い、対面コミュニケーションを苦手とする人が増加している。一方で、経団連の調査によると、企業は新卒者や従業員に高いコミュニケーション能力を求めている[1]。

これまでにコミュニケーションに関する研究は多く行われているが、生体情報を用いて対面コミュニケーションが盛り上がるように支援するための研究はほとんど行われていない。

そこで本研究では、対面コミュニケーションの活性化を支援するための基礎的研究として、初対面二者間の対面コミュニケーション(会話)において、話者の興味が一致しているか否かによって、話者の生体情報にどのような違いが見られるのかを明らかにすることを試みた。

## 2. 実験方法および分析方法

本研究では、初対面二者間会話における話者の生体情報として、発話音量、心拍数、眼球運動および頭部運動を計測する。被験者は、男性大学生24人12組、年齢は20歳から22歳を対象とした。

### (1) 使用機器

発話音量を録音するための指向性コンデンサマイクおよび録音編集ソフトウェア Sound Engine Free、心拍数を計測するための腕時計型ウェアラブル端末 Polar A360を使用した。眼球運動および頭部運動を計測するために、3点式眼電位センサと6軸加速度・ジャイロセンサが内蔵されているメガネ型ウェアラブル端末 JINS MEME を使用した。使用機器および実験レイアウトを図1に示す。なお、図1の座標系はジャイロセンサの軸方向を示している。

### (2) 実験手順

二者間会話を行うペアを決定するために、被験者に事前アンケートを実施し、話題カテゴリ10項目(スポーツ、テレビ番組・芸能、ファッション、政治・社会、知り合い、個人的な過去、家族、趣味、PC・ネット、大学)から興味の有無を3つずつ選択してもらった。アンケート結果をも

とに、興味のある話題と興味のない話題がそれぞれ1つ以上一致するペア(Aグループ)、二者の興味のある話題が一致しないペア(Bグループ)で組合せを決定し、初対面二者間で会話を行ってもらった。なお、話題10項目は稲増らの研究[2]を参考に決定した。

会話内容は「自己紹介」「雑談」「話題1(Aグループは興味が一致した話題、Bグループは一方の興味のある話題)」「話題2(Aグループは興味のない話題、Bグループはもう一方の興味のある話題)」の4項目とし、各話題で2分間ずつ会話してもらった。



図1 使用機器および実験レイアウト

### (3) 分析方法

以下の項目について、分析を行った。

#### ① 発話音量

発話音量の分析には、ソフトウェア Sound Engine Free で録音したデータを用いた。一般的に、Sound Engine Free などの録音ソフトウェアでは音圧レベルが負の値で記録され、音量の最大値は0dBで表されるが、本研究では、実験時の室内環境音量(-63.4dB)を基準値(0dB)として各被験者の発話音量を式(1)で求めた。

$$\text{分析対象音量} = \text{会話時の平均発話音量} - (-63.4\text{dB}) \quad (1)$$

また、発話音量は個人差が大きいため、「自己紹介」時の分析対象音量に対する各話題の比率を求め、分析を行った。なお、声を発していない無音状態は分析対象外とした。

#### ② 心拍数

心拍数も個人差が大きいため、「自己紹介」時の心拍数に対する変化量を求め、比較した。

### ③ 眼球運動

JINS MEME の眼電位センサより得られる、眼球の上下左右の動きによって生じる眼電位を用い、話題ごとに各グループの電位差の平均値を求めて比較した。眼電位の電圧値が大きいほど、眼球が活発に動いていることを示している。

### ④ 頭部運動

JINS MEME のジャイロセンサにより得られる、X 軸（頭部を上下に動かす動作）、Y 軸（首をかしげる動作）、Z 軸（頭部を左右に動かす動作）の各軸回りの角速度を用いて、眼電位と同様に、各グループの話題ごとに角速度の平均値を求めて比較した。角速度の値が大きいほど、会話中に頭部を速く動かしていることを示している。

## 3. 分析結果および考察

発話音量の分析結果として、各グループの話題ごとの音量比の平均値を図2（エラーバーは標準誤差）に示す。図2より、A グループ（興味的一致するペア）は「自己紹介」に対して「雑談」「話題1」「話題2」ともに1.2倍以上になったのに対し、B グループ（興味的一致しないペア）は「自己紹介」時と同程度またはそれ以下の比率となっている。いずれの項目も t 検定（有意水準5%）により、グループ間で有意差が認められた。

心拍数の分析結果として、各グループの話題ごとの心拍数変化量の平均値を図3に示す。A グループ（興味的一致するペア）に比べて B グループ（興味的一致しないペア）は心拍数が小さく、t 検定の結果より「自己紹介」と比較して最大8%の変動であり、「話題1」と「話題2」ではグループ間で有意傾向が認められた。

眼球運動の分析結果として、上下方向および左右方向の眼球運動（眼電位）の平均値を図4および図5（図内のエラーバーは標準偏差）に示す。左右方向の眼球運動に関しては、全ての項目において A グループ（興味的一致するペア）の眼電位が大きく、会話中に左右に目を動かしていたことを表している。t 検定では「雑談」のみで有意傾向が認められた。一方で、上下方向の眼球運動に関しては、統計的有意差は認められなかった。

頭部運動に関しては、「雑談」「話題1」「話題2」における Y 軸回りの角速度の「雑談」以外は全て A グループ（興味的一致するペア）の角速度が大きい結果となったが、いずれにおいても t 検定では有意差は認められなかった。なお、紙面の制約上、詳細な結果は省略する。

## 4. まとめと今後の課題

本研究により、二者の興味が一致しない B グループに比べて、興味が一致する A グループの発話音量比が大きく、心拍数はグループ間で異なる傾向が確認された。また、眼球運動および頭部運動では、一部の条件においてグループ間で異なる傾向が見られた。

今後は、非初対面でも同様の結果になるのかを確認するとともに、会話での盛り上がり時か否かで生体情報に違いがあるのかを調べた上で、会話の盛り上がり時の生体情報

の指標を明らかにしたいと考えている。

## 本研究に関する主な発表論文

- (1) 安達圭祐, 滝 聖子, 庄子 凌, 山口 亮: 初対面二者間会話における話者の生体情報に関する考察, 日本福祉工学会第21回学術講演概要集, pp.73-74, 2017.

## 参考文献

- [1] 日本経済団体連合会: 2017 年度 新卒採用に関するアンケート調査結果, <http://www.keidanren.or.jp/policy/2017/096.pdf> (2018/6/27 閲覧)
- [2] 稲増一憲, 池田謙一: 会話を行う両者の関係性が、新規情報共有・共有情報言及動機による話題選択に与える効果の検討, 社会心理学研究, 25(2), 103-112, 2009.

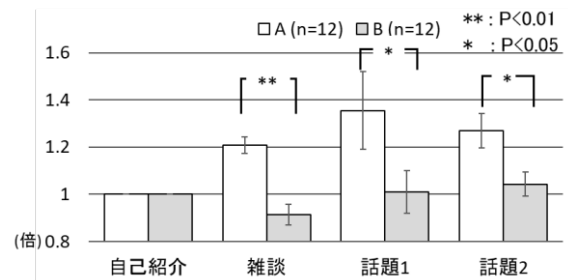


図2 話題ごとの音量比の平均値

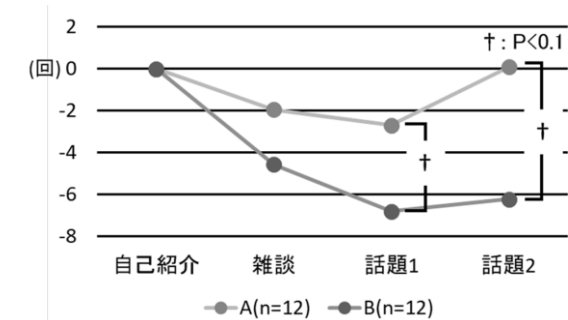


図3 話題ごとの心拍数変化量の平均値

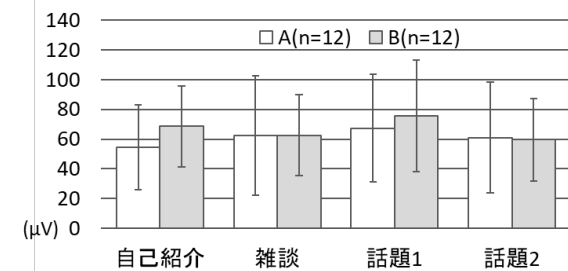


図4 話題ごとの上下方向の眼球運動（眼電位）の平均値

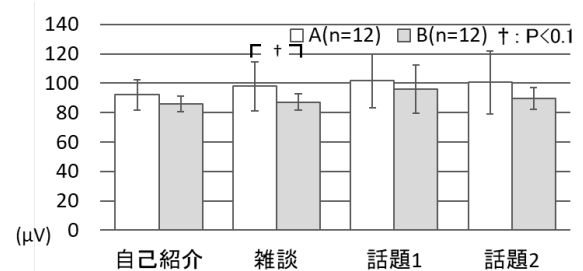


図5 話題ごとの左右方向の眼球運動（眼電位）の平均値

研究項目： 競争的外部資金申請準備支援助成金

研究期間： 2017/6/15～ 2017/11/30

研究課題名(和文)：

開放系ゼロエネルギー植物工場(OZEPf)の基礎研究

研究課題名(英文)：

Basic research on open system zero energy plant factory (OZEPf)

研究者：

○久保 裕史 千葉工業大学  
KUBO Hiroshi 社会システム科学部 プロジェクトマネジメント学科 教授

大社 一樹 千葉工業大学大学院  
OKOSO Kazuki 社会システム科学研究科 マネジメント工学専攻 後期博士課程

## 1. はじめに

従来型植物工場の約2/3は不採算である[6]。その原因は、売上高に対し、初期設備投資額と動光熱費が大きすぎる点にある。これらのコスト問題を同時に解決し、且つ投入エネルギーとCO2放出量を同時ゼロ化できる技術は、未だに実現の見通しが立っていない[1]。

本研究では、このチャレンジングな目標達成の見込みを得るため、1) 高品質・高生産性水耕、2) 建屋不要の露地栽培、3) ゼロエネルギー化(以下ゼロエネ化)、の3要素からなる独自の「革新的開放系ゼロエネ植物工場システム(OZEPf: Open Zero-Energy Plant Factory)」の基礎技術を研究する。

本システム技術の鍵となるのが、養水不要の露地型「EZ水耕技術」技術である[3]。筆者らは、本技術を応用し、且つ独自の超低コスト・軸追尾型太陽光発電システムを組み合わせた革新的露地型水耕ソーラーシェアリングシステム(SS)を開発した[2][4][5][7]。本システムにより、年間4毛作以上の低コスト・高品質野菜安定生産と、高効率太陽光発電・自動監視技術の開発に目途をつけた。OZEPfでは、これらの研究成果を基に、新たに蓄電・蓄熱技術と最適自動制御技術を開発することによって、ゼロエネ・CO2ゼロ化を同時実現できるOZEPfシステム技術を開発する。

このような革新的ゼロエネ植物工場技術は、農業及び環境先進国であるオランダでも達成できておらず[8][9]、我が国がグローバルな第6次産業展開において優位に立てる先進技術となりうる。

## 2. 研究の内容

### (1) OZEPfの基本コンセプト

水耕SS)の検討結果[2][7]を基に、本研究の目的であるOZEPfの可能性について検討した。OZEPfの基本コンセプトは、独自の露地水耕システムと低コスト追尾型太陽光発電システムの組み合わせにより、エネルギー投入量実質ゼロで、低コスト・多毛作・高安定性の開放系植物工場技術を開発し、高品質の野菜の多毛作と、収入増を実現する

ことである。この開放系植物工場で、低コスト、多毛作、高安定性を実現できる理由として、以下が考えられる。

- 1) 高価な建屋と空調設備が不要。
- 2) 太陽光発電に、エコキュートとバッテリーを組み合わせることで、供給水の加温・冷却、送風、補助光に必要なエネルギー投入を実質ゼロにできる。人手も殆ど不要。そのため、ランニングコストを抑制できる。
- 3) 上記2)の管理を、小型の多機能、通信機能付きセンサでフィードバック制御できる。
- 4) 安価な太陽光自動追尾機構で、11%強の発電量増加が見込める。[1]
- 5) 遠隔監視と太陽光パネルの遠隔操作で、風雨や降雪に対する保護が可能。
- 6) 電力と水を自家供給でき、立地の自由度が高い。
- 7) 地下水の利用により、水温が安定化し、毛作数拡大と品質安定化に寄与する。
- 8) 水耕棚の多段化で耕作面積を増やせる。
- 9) 借地料と税金が安い荒廃農地が使える。

### (2) 従来型植物工場とOZEPfの比較

(1)で述べたOZEPfの基本コンセプトを基に、従来型の2種類の植物工場(完全人工光型と太陽光光型)の得失を比較し、表1にまとめた。この表から分かるとおり、完全人工光型植物工場は、エネルギー消費量が大きく、設備費や土地代も高く、極めて高コストである。また、太陽光型植物工場は、管理に専門知識が必要であり、手間も掛かって労務費が高い。また、外部からのエネルギー供給が必要、設備費も比較的高く、トータルコストはかなり高い。また、土耕栽培の場合、多毛作で土壌が疲弊するなどの問題がある。それに対し、OZEPfは、今後解決すべき課題は多いものの、エネルギー投入量をゼロにできる可能性があること、特殊なノウハウが不要で、手間も掛からず、労務費が少なくてすむ。設備も安価で償却費が安価、安価な農地が使える、多毛作が可能で、高品質且つ安定した生産が可能であ



表1 人工光型植物工場と OZEPf 目標値の比較

| 項目         | 人工光型 | 太陽光型 | ソーラーシェアリング | OZEPf | OZEPfの実現手段                                  |
|------------|------|------|------------|-------|---|
| 1 省エネ(動燃費) | ×    | ×    | ○          | ○     | 太陽光発電, 反射光活用                                |
| 2 人件費      | △    | ×    | △          | ○     | 環境センサによる自動制御                                |
| 3 設備償却費    | ×    | △    | ○          | △     | 積塵不要  |
| 4 土地代(含税)  | ×    | ○    | ○          | ○     | 借地料と税金安価な農地を使用                              |
| 5 総コスト     | ×    | △    | ○          | ○     | 動燃費不変化による運転費軽減                              |
| 6 短周期・多毛作  | ○    | △    | △          | ○     | 太陽光発電電力と高機能フィルムによる補光, 遮風, 地中熱とエコキュートによる温冷温水 |
| 7 品質安定性    | ○    | ○    | △          | ○     | 光と温度制御, パネル風損効果, 防虫ネット                      |
| 8 マニュアル化   | ○    | △    | △          | ○     | 自動化で, 専門知識不要                                |

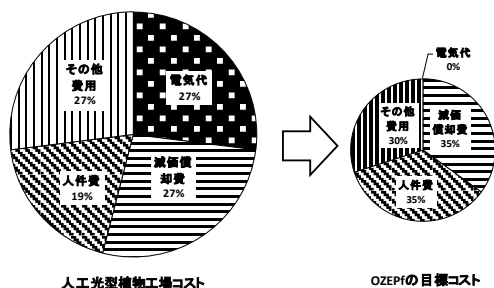


図1 人工光型植物工場と OZEPf (目標値) のコスト比較

るなど, 他の2方式に比べてそのメリットが多いと言える。図1は, 完全人工光型植物工場と OZEPf のコストを要因別に相対比較した図である。この図からも明らか通り, OZEPf は, エネルギーコストが実質ゼロであることに加え, 設備償却費等のコストが低く, そのコスト優位性は明らかである。

**(3) OZEPf の具体化構想と課題**

今回の実験結果を基に, 今後開発予定の技術を含む OZEPf の構想図を図2に示す。OZEPf は, 電力供給のない地域でも生産性の高い露地水耕による農業を, エネルギー投入実質ゼロで実現可能とするシステムである。その仕様上の特徴は, 以下の4つである。

- 1) 水温検出 → エコキュート制御
- 2) 湿度検出 → ファン制御
- 3) 照度検出 → LED 照明管理
- 4) 角度検出 → 太陽光追尾 & 天候不順対策

これらの仕様を実現するため, 今回の実験に用いた, 温度, 湿度, 照度, 風速, 角度の各通信機能付き小型センサと, 太陽光追尾機構が必要である。さらにその他に, バッテリ, エコキュート, 小型送風機, LED, 及び追尾機構の遠隔操作機能が必要になる。バッテリーは, 夜間雨天時など, 太陽光発電電力が使えない時間帯に電力をシフトするためのものである。エネルギー密度が高いリチウムイオンバッテリーが適している。また, 地下水を温水や冷水に変換して貯蔵するため, エコキュート(ヒートポンプと断熱タンクから構成される)のエネルギー効率が高い。4種の通信機能付きセンサは, それぞれ環境温度や水温, 湿度, 照度, 天候へのフィードバック制御に用いる。環境温度と水温は, エコキュートで供給水温を制御して最適温度に管理する。照度不足対策には, LED を補助光として用いる。強風時は太陽光パネルを水平に遠隔操作して抵抗を減らし, 降雪時はパネルを垂直に遠隔操作してパネル上への積雪を緩和する。積雪や雨だれに対しては, 水耕棚と太陽光パネルのレイアウトの最適化を検討する必要がある。これらの機能追

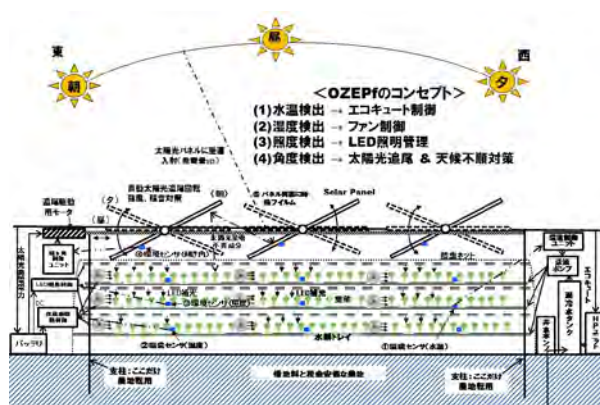


図2 OZEPf の概念図

加による設備償却費の増加以上の農業収入増加を期待しているが, その検証にはさらなる実験検証と高精度のコスト試算が必要である。

**3. まとめ**

投入エネルギーゼロで済む開放系ゼロエネルギー植物工場” OZEPf” の基本コンセプトと基本構造を提案し, 机上検討により, その課題を明らかにした。OZEPfの主な特徴は, 水温, 環境温湿度, 照度, パネル角度の通信機能付き小型センサによる自動測定とフィードバック制御である。これに加え, 太陽光一軸自動追尾機構の遠隔操作機能追加により, 強風や積雪等の天候変動にも対応可能である。OZEPfを従来型植物工場と比較検討した結果, その優位性を明らかにすることができた。今後の課題は, OZEPf設備を試作・実験することにより, その優位性を実証することである。

**本研究に関する主な発表論文**

[1] H. Kubo, S. Murayama, M. Tanimoto, K. Okoso, S. Maeno, “A Possibility of Open Zero Energy Plant Factory”, Proceedings of Electronics Goes Green 2016, A7, Berlin, 2016. (査読有り)

[2] 久保裕史, 「水耕ソーラーシェアリングの可能性」, 太陽エネルギー, Vol. 43, 3, pp. 35-41, 2017

[3] Kazuki Okosoa, Hiroshi Kuboa, Masaki Tanimotob and Shizuo Maenoc, ” Feasibility of Low-Cost and High-Performance Hydroponic Solar Sharing System, ” ICENS-Summer, Sapporo, pp. 416-422, 2017 (査読有り)

**参考文献**

[4] 田中耕一郎, 「農林漁業の健全な発展と調和のとれた再生可能エネルギー電気の発電の促進に関する法律について」, 太陽エネ学会誌, Vol. 40. No. 5, pp. 5-9, 2014.

[5] 長島彬, 「ソーラーシェアリングの開発系意図その展望」, 太陽エネ学会誌, Vol. 40. No. 5, pp. 11-15, 2014.

[6] 矢野経済, 「植物工場に関する調査報告」, 2013.

[7] 久保裕史, 「高効率水耕型ソーラーシェアリング」, 千葉エリア産学官連携プラットフォーム2015, No. 10, 2015.

[8] 古在豊樹, 「植物工場の基本」, 誠文堂新光社, 2014.

[9] 日本施設園芸協会, 「養液栽培のすべて」, 誠文堂新光社, 2012.

---

研究項目： 競争的外部資金申請準備支援助成金

研究期間： 2017/6/15～ 2017/11/30

研究課題名 (和文)：

ASEAN地域における新しい市場開拓のための人的資源開発に関する研究

研究課題名 (英文)：

A Study on the development of human resources for market development in ASEAN region

研究者：

鴻巣 努

KONOSU Tsutomu

千葉工業大学

社会システム科学部 プロジェクトマネジメント学科 教授

---

## 1. 背景

近年、日本企業は国内市場の縮小化の懸念から、生産市場としてのみならず、消費市場としてASEAN地域に拠点を構える例が増加している。こうした海外拠点における労働力の確保は企業活動を安定的に維持するうえで非常に重要であるが、文化的背景の違いから、国内における人材開発とは異なった配慮が必要になる場合が多い。

将来的な経済成長が見込まれるASEAN地域には、国際的に注目が高まっており、インドネシア、マレーシア、フィリピンへは品質の高い労働力、カンボジア、ミャンマー、ラオスへは将来的な経済成長を想定した進出傾向が高まっている。こうしたASEAN地域への注目が高まっているなか、日本企業でASEAN地域にサプライヤーを設けている企業数が最も多い国はタイである。安定した労働力の確保が可能であり、自動車産業を中心とした製造業における中心地としての地位を確立している。バンコクは在留日本人の数が世界第2位の都市であり、日本人にとって非常に重要な活動拠点である。そこで本研究では、ASEANにおける経済活動の中心的役割を担うタイにおける人的資源開発について、組織コミットメントおよびワークモチベーションの観点から調査した。

組織コミットメントは、ASEAN地域における人的資源開発を行ううえで、非常に重要な概念である。Allen and Meyer (1990) は組織コミットメントを感情的愛着からなる情緒的コミットメント、存続のコストに基づく存続的コミットメント、忠誠心からなる規範的コミットメントの3次元尺度による組織コミットメントを提案している。

本研究では、3次元コミットメント尺度により、タイにおける組織コミットメントの特徴を考察した。また、組織コミットメントに影響を与える要因として、ワークモチベーションがある。タイの労働市場は流動性が高いことで知られており、日系企業は質の高い労働力を継続的に雇用することが困難である。そこで本研究では、タイおよび日本人の学生が将来のキャリア選択に対するワークモチベーションについて評価した。また、現地企業の人事担当者へのインタビューにより、実行可能な人材開発手法を探った。

## 2. 研究目的

本研究の目的は次の3点である。

- (1) タイ人の組織コミットメントの特徴を3次元尺度により評価する。
- (2) タイ人のワークモチベーションについて、働き方および目的の観点から、日本人との相違点を明らかにする。
- (3) タイ人の組織コミットメントおよびワークモチベーションを考慮した人材開発に関する提案を行う。

## 3. 研究方法

組織コミットメントについては、Allen and Meyer (1990) の3次元尺度に基づいたタイ語版のWebベースシステムを開発した。質問項目は、情緒的コミットメントが6項目、存続的コミットメントが6項目、規範的コミットメントが6項目、合計18項目からなっている。反応尺度は5件法のリッカート・スケールを使用した。

ワークモチベーションについては、勤労に従事する前の大学生を研究対象とすることにより、特定の企業環境に依存しないワークモチベーションの調査を行った。調査項目は働き方および目的に関する90項目である。

被験者は千葉工業大学社会システム学部プロジェクトマネジメント学科および泰日工業大学ビジネス管理学科の学生260名である。

## 4. 研究結果

### (1) 組織コミットメント

調査結果をSPSSにより因子分析し、最尤法によるバリマックス回転後の結果について考察した。抽出された6因子はそれぞれ感情的愛着、所属価値、存続的意識、内在化意識、規範的意識、功利的意識と解釈された。

感情的愛着および内在化意識による因子得点から、感情的愛着が高い被験者に内在化意識の分散が高い傾向が見られた。組織に対する感情的愛着が強い場合、組織の行動を自分の価値判断と一致させようとする内在化の傾向が強かった。両者の因果関係は逆の場合もあるが、先行研究では感情的愛着が

勤続経験などにより強まるにつれて、内在化が起りやすいことを指摘するものが多いため、感情的愛着を原因として考察することが妥当であると考えた。

さらに、所属価値因子および規範的意識因子による因子得点から、タイ人は所属価値と規範的意識共に高い傾向が明らかになった。タイ人は所属している組織に価値意識を持ちやすく、価値意識の働く組織に対しては忠誠しようとする規範的意識も強くなる傾向があると判断できる。また、内在化意識および規範的意識に関する因子得点から、タイ人は組織の課題などを自分のものと一致させようとする内在化意識と組織に忠誠しようとする規範的意識が共に強い傾向があることが明らかになった。内在化は感情的愛着に伴って起こる傾向があるため、感情的愛着が高いと内在化が起り、組織に対する規範的意識も高くなると考察できる。

## (2) ワークモチベーション

働き方は最尤法のプロマックス回転で単純構造を得ることができた。パターン行列に有意差が見られた3つをその特徴に基づき組織的競争志向・私生活志向・専門志向と解釈した。これらの因子得点から、タイ人は組織志向と専門志向が高い被験者が多く、日本人はこの2つが低かった。ここから、タイ人が組織に依存して専門的な知識を身に付けて働いていきたいという傾向が強いのにに対し、日本人は専門的な知識を高めたいというプロフェッショナル志向の強い学生が少なく、多く広い範囲の知識を身に付けて、コンサルタントや総合職に就きたいと考える学生が多く見られた。この点については、被験者の所属する学科特性として、マネジメント職がイメージしやすいことが起因しているとも考えられるため、更なる検討が必要である。

働く目的については最尤法のプロマックス回転で単純構造が得られた。有意差が見られた行列を社会的評価・社会的貢献度と名付けた。因子得点より、タイ人は社会的評価と社会的貢献度が高い値である確率が高く、日本人は分散が大きかった。これらの結果からタイ人のモチベーションが上がる要因は、働き方については社会的イメージの良い職種・管理職的な立ち位置よりは、専門的な知識を習得できる職種・プライベートな時間を確保しやすい職種に対する興味が強かった。また、働く目的については、自身が社会に貢献するため・出世しやすい環境などへの関心が高かった。

## 5. 結論

組織コミットメントについては、タイ人は組織に対する感情的愛着を持ちやすく、所属価値のある組織に対しては忠誠しようとする意識が働くことにより組織の課題を内在化しようとする傾向が強いと考えられた。ワークモチベーションについては、研究当初は外的要因の影響が大きいと予想していたが、社会への貢献や、現地で評価の高い職種への関心など内的動機によるモチベーションの向上がより強く見られた。また、報酬による動機付け因子は抽出されなかった。これらの結果は今回の対象者が学生であったことが影響している可能性もあるため、今後は調査対象を拡大して検討する予定で

ある。両国の比較においては、日本人が将来に対して明確なイメージを描けていない点が特徴的であった。これに対してタイ人は比較的自分が将来就く仕事に対してのイメージを持っている被験者が多かった。これは、学生が将来の仕事に対する選択肢の国ごとの幅の違いが表れた結果であると考えられる。

## 6. 結論

以上のことから、組織コミットメントの観点からは、価値のある組織づくりが重要であり、働きやすい仕事環境の提供や、組織に対しての価値意識を促すような働きかけをすることで内在化を誘発させ、組織効率を向上させることが重要であると考えられる。また、ワークモチベーションの観点からは、外的動機付けよりも自身の将来や社会的貢献につながる内発的動機付けがより機能すると考えられる。また、タイにおける労働力の質には日本のそれよりも差が大きく、上位層の労働力は自己管理に優れ、内発的動機付けの傾向がより強いことが分かった。ここから、一律の人材開発ではなく、対象を限定した方法を開発する必要があると考えられる。また、組織コミットメントおよびワークモチベーション等の人的資源に質に関わる評価値は日本人が平均的であるのに対し、タイ人では平均値はやや低いものの、分散が大きい傾向にあり、上位層のみを比較するとタイ人が優れている例が多く見られた。本研究に基づいた現地企業の人事担当者との意見交換では、このような傾向を実感している担当者が多く、現場の実感に合うデータとなった。こうしたレンジの大きい人的資源を雇用する企業では、技術、知識レベルに加えコミットメントやモチベーションを正しく評価し、対象に合った人材開発を行う必要があると考えられる。

## 参考文献

- [1] Allen J. N, Meyer P. J: The measurement and antecedents of affective, continuance and normative commitment to the organization, pp.1-18, 1990.
- [2] S. Strese, M. W. Meuer, T. C. Flatten, and M. Brettel, :Organizational antecedents of cross-functional cooperation: The impact of leadership and organizational structure on cross-functional cooperation, Industrial Marketing Management, Vol. 53, pp. 42-55, 2016.
- [3] L. Huang, D. V. Krasikova, and D. Liu, The role of leader creative self-efficacy in facilitating follower creativity, Organizational Behavior and Human Decision Processes, Vol. 132, pp. 49-62, 2016.
- [4] Uslu T., Innovation Culture and Strategic Human Resource Management in Public and Private Sector within the Framework of Employee Ownership, Procedia - Social and Behavioral Sciences, Vol. 195, pp. 1463-1470, 2015.

---

研究項目： 競争的外部資金申請準備支援助成金

研究期間： 2017/6/15～ 2017/11/30

研究課題名 (和文)：

免疫系は運動トレーニングによる熱産生機能の向上に関与するか

研究課題名 (英文)：

Role of immune system in improvement of thermogenesis function by exercise training

研究者：

川西 範明 千葉工業大学  
KAWANISHI Noriaki 先進工学部 教育センター 准教授

---

## 1. はじめに

本邦においては、省力化や機械化などの社会環境の変化に伴う身体活動量の低下や欧米化などの食習慣の変化により、肥満の患者が増大している。過度に肥満が進むとⅡ型糖尿病や動脈硬化などの合併症を併発することが知られている。したがって、肥満の予防や改善の治療法の開発が求められている。

肥満はエネルギー摂取量の増大とエネルギー消費量の減少によるエネルギーバランスの破綻が病因となることから、栄養によるエネルギー摂取量の減少と運動・身体活動によるエネルギー消費量の増大が治療法として確立されている。運動は一過性運動時に骨格筋活動によりエネルギー消費を高めることに加えて、繰り返し運動(トレーニング)により引き起こされる骨格筋の肥大およびミトコンドリアの増加による骨格筋の代謝的な変化により安静時の基礎代謝量を増大させるなどの効果を有する。重要なことに、生体内に多く存在する脂肪組織は骨格筋と同様に代謝的な適応により、安静時のエネルギー消費量の増大に関与することが知られている。主に、肩甲骨周辺の皮下脂肪組織に局在している褐色脂肪組織細胞はミトコンドリアを豊富に含み、熱産生により高いエネルギー消費量を示すことが知られている(1)。また、鼠径部周辺の皮下脂肪組織にも高いエネルギー消費量を示すベージュ脂肪細胞と呼ばれる脂肪細胞が存在することが報告されている(2)。重要なことに、皮下脂肪に局在する褐色脂肪細胞とベージュ脂肪細胞の細胞数や熱産生などの細胞活性は高齢者や肥満患者では減弱することが明らかにされた(3,4)。したがって、肥満の予防や改善を目的として、褐色脂肪細胞やベージュ脂肪細胞の熱産生機能を向上させる治療法の開発が求められている。

近年、褐色脂肪細胞やベージュ脂肪細胞の細胞数の増大や細胞活性を変化させる分子メカニズムの解明が勢力的に進められてきた。寒冷暴露は脂肪組織の熱産生機能を向上させることが知られているが、その現象には褐色脂肪細胞やベージュ脂肪細胞の前駆細胞の増殖あるいは分化の誘導が関与することが明らかになっている。興味深いことに、ベージュ脂肪前駆細胞の増殖や分化を介した熱産生機能の変動は皮下脂肪組織に局在する免疫細胞により調節されてい

ることが近年解明されつつある。特に、免疫細胞の一種であるマクロファージが上記の現象を調節することが報告されている。マクロファージには分化の違いにより、炎症性マクロファージと炎症性マクロファージ2つのサブタイプが存在するが、寒冷暴露により鼠径部周囲の皮下白色脂肪組織では抗炎症性マクロファージの細胞数が増加することが知られている。抗炎症性マクロファージはエピネフリンなどのホルモンやインターロイキン4などのサイトカインを分泌するが、これらの液性因子の作用によりベージュ脂肪前駆細胞の増殖や分化の誘導が引き起こされることが報告されている(5,6)。一方で、高脂肪食餌の摂取により鼠径部周囲の皮下白色脂肪組織では炎症性マクロファージの細胞数が増加することが知られている。炎症性マクロファージは炎症性サイトカインや活性酸素種などの慢性炎症や酸化ストレスを誘導する液性因子を分泌することによって、ベージュ脂肪前駆細胞の増殖を抑制することが報告されている(7)。したがって、脂肪組織に局在する各種の免疫細胞は協調的にベージュ脂肪細胞の増殖あるいは分化を制御することにより、熱産生機能を調節する。

近年、寒冷暴露と同様に運動トレーニングも脂肪組織の熱産生機能を向上させることが解明されている。重要なことに、運動トレーニングは熱産生に関与する脱共役タンパク質の皮下脂肪組織でのタンパク質発現を増大させることが報告されている(8)。したがって、運動トレーニングはベージュ脂肪細胞の増殖や分化誘導を調節する作用を有することが想定されるが、運動トレーニングによる脂肪組織の熱産生機能向上の分子メカニズムについての全容は未だ不明である。

本研究では、運動トレーニングによる脂肪組織の熱産生機能の向上に免疫細胞が関与するの否かを検討することを目的とした。

## 2. 研究内容

### 研究方法

12週齢のC57/BL6J雄マウス(n=18)を通常食餌+安静群(ND+Sed, n=6)、高脂肪食餌+安静群(HFD+Sed, n=6)、高脂肪食餌+運動トレーニング群(HFD+Ex, n=6)の3群に群

分けした。通常食餌摂取群には摂取カロリー換算で脂質13%を含む食餌 (D12450B;リサーチダイエツト社)を8週間自由摂取させた。高脂肪食餌摂取群には摂取カロリー換算で脂質60%を含む食餌 (D12492;リサーチダイエツト社)を8週間自由摂取させた。運動トレーニングは8週間実施した。運動トレーニングは小動物用トレッドミル装置を用いて、運動強度20m/minの速度、運動時間60分間回、週5回の頻度で実施した。マウスは毎週に体重および摂食量の測定を行った。マウスはイソフルラン吸引麻酔下で安楽死後に、鼠径部周囲脂肪組織を摘出して、組織重量を測定した。摘出した脂肪組織を液体窒素で凍結させた後、-80°Cの冷凍庫にて保存した。鼠径部周囲脂肪組織のmRNA発現はTotal RNAを抽出後にcDNAを作製して、real-time PCRにより定量した。

### 研究結果

熱産生に関与する脱共役タンパク質(Uncoupling Protein 1:UCP1)のmRNA発現は8週間の高脂肪食餌負荷によって有意に減少した。しかしながら、高脂肪食餌負荷マウスでは安静群と比較して運動トレーニング群ではUCP1 mRNA発現は有意に高値であった。また、ベージュ脂肪細胞の前駆細胞で特異的に発現するマーカーであるTMEM26およびCD137のmRNA発現は8週間の高脂肪食餌負荷によって有意に減少したが、高脂肪食餌負荷マウスでは安静群と比較して運動トレーニング群ではベージュ脂肪細胞マーカーのmRNA発現が有意に高値であった。一方で、マクロファージのマーカーであるF4/80と炎症性マクロファージのマーカーであるCD11cのmRNA発現は8週間の高脂肪食餌負荷によって有意に増加したが、高脂肪食餌負荷マウスでは安静群と比較して運動トレーニング群では炎症細胞マーカーのmRNA発現が有意に低値であった。さらに、炎症性サイトカインであるTumor Necrosis Factor(TNF)- $\alpha$ およびIL-6のmRNAは8週間の高脂肪食餌負荷によって有意に減少した。しかしながら、高脂肪食餌負荷マウスでは安静群と比較して運動トレーニング群では炎症性サイトカインのmRNA発現が有意に高値であった。

### 3. まとめ

運動トレーニングは肥満マウスの皮下脂肪組織でのUCP1発現を増強させるが、その調節に関わるメカニズムとして、炎症性マクロファージの浸潤抑制を介した慢性炎症の減弱が関与している可能性が示唆された。

本研究では、ベージュ脂肪細胞の増殖や免疫細胞の脂肪組織への浸潤の評価が遺伝子発現の測定のみであることから、本研究で得られた結果が実際にベージュ脂肪細胞やマクロファージの脂肪組織での細胞数の変動を示しているのかについては今後の検討が必要である。今後は、シングルセルレベルで各種の細胞のサブタイプを同定することが可能となるフローサイトメトリー法や組織免疫化学染色法を導入することによって、細胞数および組織局在を詳細に評価する必要がある。

本研究に関する主な発表論文  
該当なし

### 参考文献

1. Nedergaard J, Bengtsson T, Cannon B. Unexpected evidence for active brown adipose tissue in adult humans. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2007. 293(2): E444-452
2. Wu J, Bostr P, Sparks LM, Ye L, Choi JH, Giang AH, Khandekar M, Virtanen KA, Nuutila P, Schaart G, Huang K, Tu H, Marken Lichtenbelt WD, Hoeks J, Enerbeck S, Schrauwen P, Spiegelman BM. Beige adipocytes are a distinct type of thermogenic fat cell in mouse and human. *Cell* 2012. 150(2): 366-376
3. Berry DC, Jiang Y, Arpke RW, Close EL, Uchida A, Reading D, Berglund ED, Kyba M, Graff JM. Cellular Aging Contributes to Failure of Cold-Induced Beige Adipocyte Formation in Old Mice and Humans. *Cell Metab* 2017. 25(1): 166-181
4. Sakamoto T, Nitta T, Maruno K, Yeh YS, Kuwata H, Tomita K, Goto T, Takahashi N, Kawada T. Macrophage infiltration into obese adipose tissues suppresses the induction of UCP1 level in mice. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2016. 310(8): E676-E687
5. Nguyen KD, Qiu Y, Cui X, Goh YP, Mwangi J, David T, Mukundan L, Brombacher F, Locksley RM, Chawla A. Alternatively activated macrophages produce catecholamines to sustain adaptive thermogenesis. *Nature* 2011 480(7375): 104-108
6. Qiu Y, Nguyen KD, Odegaard JI, Cui X, Tian X, Locksley RM, Palmiter RD, Chawla A. Eosinophils and type 2 cytokine signaling in macrophages orchestrate development of functional beige fat. *Cell* 2014. 157(6): 1298-1308
7. Chung KJ, Chatzigeorgiou A, Economopoulou M, Garcia-Martin R, Alexaki VI, Mitroulis I, Nati M, Gebler J, Ziemssen T, Goelz SE, Phieler J, Lim JH, Karalis KP, Papayannopoulou T, Blüher M, Hajishengallis G, Chavakis T. A self-sustained loop of inflammation-driven inhibition of beige adipogenesis in obesity. *Nat Immunol* 2017. 18(6): 654-664
8. Stanford KI, Middelbeek RJ, Goodyear LJ. Exercise Effects on White Adipose Tissue: Beiging and Metabolic Adaptations. *Diabetes* 2015 64(7): 2361-2368

研究項目： 競争的外部資金申請準備支援助成金  
 研究期間： 2017/6/15～ 2017/11/30  
 研究課題名(和文)：  
 超分子不斉認識・反応場の創製と医薬品開発への応用

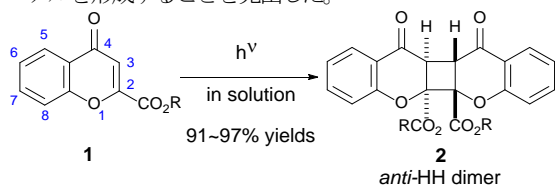
研究課題名(英文)：  
 Development of supramolecular photochemical reaction leading to pharmaceutically available materials

研究者：  
 笠嶋 義夫 千葉工業大学  
 KASASHIMA Yoshio 創造工学部 教育センター 教授

## 1. はじめに

環状ポリエーテルは、金属陽イオンおよびアンモニウムイオンなどの陽イオンの認識に使用される超分子化合物であり、ドラッグデリバリーシステムへも利用されている<sup>1</sup>。さらに、 $C_2$ 対称性を有する化合物は、触媒的不斉合成におけるリガンドや機能性材料として広く利用されている物質群である<sup>2</sup>。従って、機能性を有する $C_2$ 対称性物質を効率良く創製する反応の開発は熱望されている。これまでのほとんど $C_2$ 対称ポリエーテル合成法は、既に $C_2$ 対称性のポリエーテルから誘導されており、鎖状のポリエチレン鎖を環化させて $C_2$ 対称ポリエーテルを選択的かつ効率良く合成する手法はほとんどない<sup>3</sup>。一方、光二量化反応は2つの発色団を接合する手段として非常に便利な方法であるが、生成する光二量体には複数の幾何異性体が可能であるため、二量化生成物の立体選択性および位置選択性を制御することは困難とされている。これまでに、2-ナフトエ酸エステルが $C_2$ -対称のキュバン様光二量体を選択的に与えることが報告されている<sup>4</sup>。別の場合では、ホスト-ゲスト包接体中の環状エノンの固相光反応において $anti$ -HH二量体が得られている。これらの反応では選択的に $C_2$ 対称光二量体が得られるが、一般性に乏しく広く適用することはできない<sup>5</sup>。最近私たちは、2-クロモンカルボン酸エステル**1**の光二量化反応において、4つの生成可能な立体異性体の中で $C_2$ 対称の $anti$ -HH二量体**2**のみが立体選択的に生成することを報告している(式1)<sup>6</sup>。

本研究では、ポリエチレン鎖を介して結合した二つの2-クロモンカルボキシレートの分子内光反応により高度に制御された選択的二量化反応が進行し、 $C_2$ 対称大環状ポリエーテルを形成することを見出した。

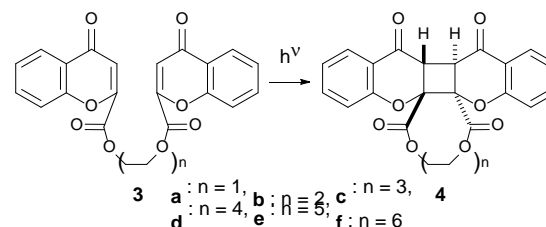


**Scheme 1** Selective photodimerization of chromone-2-carboxylic esters **1**.

## 2. 研究の内容

クロモン(ベンゾ- $\gamma$ -ピロン)は、フラボノイドや植物中の色素などとして多数の天然化合物に含まれる成分であり、また、多くの医薬品にも含まれている骨格である<sup>7</sup>。したがって、この反応は、天然物類縁体としてだけでなく、不斉

合成のための触媒や配位子にも利用可能であり、また薬理活性物質およびホスト-ゲスト超分子錯体としての機能性物質としても活用できる物質である。



**Scheme 2** Photochemical reaction of bis-chromones connected by a polyethylene chain.

クロモン-2-カルボン酸クロリドおよび対応するグリコール類からクロモン-2-カルボン酸エステル**3a-f**を合成し、溶液中での光反応について検討した(式2)。エチレングリコールおよびジエチレングリコールと結合した2つのクロモンを有する化合物**3a**および**3b**は、光照射に対して不活性であった(表1, エントリー 1, 2)。

**Table 1** Photochemical reaction leading to  $C_2$ -symmetric macrocycles

| Entry | 3         | n | ring size of 4 | direct <sup>[a]</sup> (sens) <sup>[b]</sup> |                | $\Phi_{cycl}$ <sup>[c]</sup> |
|-------|-----------|---|----------------|---|----------------|------------------------------|
|       |           |   |                | conv (%)                                    | yield (%) of 4 |                              |
| 1     | <b>3a</b> | 1 | 8              | 0 (0)                                       | 0 (0)          | 0                            |
| 2     | <b>3b</b> | 2 | 11             | 0 (0)                                       | 0 (0)          | 0                            |
| 3     | <b>3c</b> | 3 | 14             | 84 (95)                                     | 76 (84)        | 0.16                         |
| 4     | <b>3d</b> | 4 | 17             | 85 (90)                                     | 87 (90)        | 0.16                         |
| 5     | <b>3e</b> | 5 | 20             | 86 (90)                                     | 71 (84)        | 0.15                         |
| 6     | <b>3f</b> | 6 | 23             | 74 (97)                                     | 73 (85)        | 0.14                         |

<sup>[a]</sup>A 0.01 M MeCN solution of **3** was irradiated for 1 h with a high-pressure mercury lamp through a Pyrex filter. <sup>[b]</sup> Values in parentheses show the results in the sensitization reaction. Benzophenone (5.0 eq.) was added as a triplet sensitizer using the 365 nm line. <sup>[c]</sup> Direct irradiation with the 365 nm line using benzophenone-benzhydrol actinometer for quantum yield determination.

一方、トリエチレングリコールを含む**3c**の0.01M MeCN溶液に、アルゴン雰囲気下で500W高圧水銀灯を用いて1時間光照射すると、効率のかつ排他的な二量化反応が起こり、単一の立体異性体**4c**が76%の収率で得られた(表1, エントリー3)。365nmラインを用いた付加環化反応の量子効率 $\Phi_{cycl}$ は0.16と効率

の良い反応であった。付加環化反応はベンゾフェノン(三重項増感剤)により増感され、より選択的な反応が観測された。同じ条件下で5モル当量のベンゾフェノンの存在下で3cの光反応を行ったところ、環化付加はより効率的に起こり、収率は95%に達した(エントリー3)。また、環化反応は、スチルベンによって効率よく消光され、反応が三重項励起状態から進行することを示唆している。同じ条件下で他のクロモン-2-カルボン酸エステル3d-fを照射すると、87, 71, 73%の収率で同じタイプのダイマー4d-fが得られ、量子収率は0.14~0.16の範囲内にあった(エントリー4-6)。また、ベンゾフェノンを365 nmのラインで使用した三重項増感反応は、全ての場合において84-90%のより良い転化率および化学収率であった(エントリー3-6)。

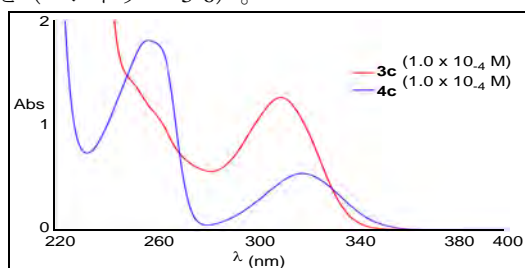


Fig. 1. Absorption spectra of 3c and 4c in MeCN.

図1は、ビスクロモン-2-カルボキシレート3cおよび環化生成物4cの吸収スペクトルを示した。3cは、強い吸収(280~360nm)を示し、これは、 $\pi\pi^*$ および $n\pi^*$ 遷移の混合吸収帯である。一方、シクロブタン4cは、アルコキシフェノン発色団のために、3cに比べて小さな吸光係数を示したが、より長波長域に吸収帯を有していた。直接照射の場合には、クロモンの二量化反応によって生成したシクロブタン4cが同じ領域で光量子を吸収するため、反応の添加率は76%に抑制された。また、単離した4cは長時間の直接照射によって3cに定量的に戻る逆反応が進行することも確認できたが、長時間の光照射では、徐々に複雑な分解生成物を与えた。一方、ベンゾフェノンによる増感反応では、3cの三重項励起状態を直接生成するため、より高い転化率および化学収率をもたらした。全ての場合において、直接照射より良好な結果が得られた。

全てのanti-HH付加物の構造は、単結晶X線結晶解析によって決定できた。これらの結果は、14~23員環のC<sub>2</sub>対称大環状化合物が高い立体選択性で効果的かつ簡便に調製できることを示し、それらの結晶構造により、多環式エーテル鎖は、C<sub>2</sub>対称クロモン二量体の骨格に対して垂直に配置されていた。

3aおよび3bの場合にも、分子内エキシマーを形成するが、立体的なひずみのため環化できずに失活してしまったと考えている。

### 3. 総括

以上のように、異なる長さの種々のポリエーテル鎖によって連結されたクロモンカルボン酸エステルの立体選択的二量体化が効果的に進行し、14~23員環状ポリエーテルを与えることを見出し、さらに、それらの構造はC<sub>2</sub>対称の立体化学を有することをX線結晶構造解析により明らかにした。

C<sub>2</sub>対称化合物は、機能性材料や触媒的不斉合成のリガンド、分子認識ホストとして利用可能である。この反応は、光環化付加が効果的に進行し、生成物がケトンカルボニル基のような修飾可能な官能基も有することから、環状ポリエーテルにC<sub>2</sub>対称性を付与するための非常に効率的な方法であり、ドラッグデリバリーシステムへの応用も可能である。また、フラボノイドの骨格を有していることから医薬品、またはそれらの合成中間体として期待される新規化合物群である。

### 本研究に関する主な発表論文

1. N. Uemura, H. Ishikawa, W. Yoshida, S. Katabira, F. Yagishita, Y. Yoshida, T. Mino, Y. Kasashima, M. Sakamoto, A Facile Synthesis of C<sub>2</sub>-Symmetric Macrocyclic Polyethers by Photodimerization of Covalently-linked Flavonoid Derivatives, *Chem. Lett.*, **2018**, 47, 160-162.
2. N. Uemura, H. Ishikawa, N. Tamura, Y. Yoshida, T. Mino, Y. Kasashima, M. Sakamoto, Stereoselective Photodimerization of 3-Arylindones in Solution and in the Solid-State, *J. Org. Chem.* **2018**, 83, 2256-2262.

### 参考文献

1. C. J. Pedersen, *J. Am. Chem. Soc.* **1967**, 89, 7017; B. Zheng, F. Wang, S. Dong, F. Huang, *Chem. Soc. Rev.* **2012**, 41, 1621; F. Wang, C. Han, C. He, Q. Zhou, J. Zhang, C. Wang, N. Li, F. Huang, *J. Am. Chem. Soc.* **2008**, 130, 11254; S. Dong, Y. Luo, X. Yan, B. Zheng, X. Ding, Y. Yu, Z. Ma, Q. Zhao, F. Huang, *Angew. Chem., Int. Ed.* **2011**, 50, 1905; X. Yan, D. Xu, X. Chi, J. Chen, S. Dong, X. Ding, Y. Yu, F. Huang, *Adv. Mater.* **2012**, 24, 362; M. Zhang, D. Xu, X. Yan, J. Chen, S. Dong, B. Zheng, F. Huang, *Angew. Chem., Int. Ed.* **2012**, 51, 7011; W.-B. Hu, H.-M. Yang, W.-J. Hu, M.-L. Ma, X.-L. Zhao, X.-Q. Mi, Y. A. Liu, J.-S. Li, B. Jiang, K. Wen, *Chem. Commun.* **2014**, 50, 10460; X. Ji, Y. Yao, J. Li, X. Yan, F. Huang, *J. Am. Chem. Soc.* **2013**, 135, 74.
2. I. Ojima, ed., Wiley-VCH, New York, 2000; R. Noyori, *Asymmetric Catalysis in Organic Synthesis*, Wiley-Interscience, New York, **1994**; *Comprehensive Asymmetric Catalysis*, ed. by E. N. Jacobsen, A. Pfaltz, H. Yamamoto, Springer, Berlin, 1999; G. Desimoni, G. Faita, K. A. Jørgensen, *Chem. Rev.* **2006**, 106, 3561.
3. S. Poplata, A. Tröster, Y.-Q. Zou, T. Bach, *Chem. Rev.* **2016**, 116, 9748; V. Ramamurthy, J. Sivaguru, *Chem. Rev.* **2016**, 116, 9914; N. Hoffmann, J.-P. Pete, in *Chiral Photochemistry*, ed. by Y. Inoue, V. Ramamurthy, Marcel Dekker, New York, **2004**, Vol. 11, pp. 179233; J. D. Coyle, *Photochemistry in Organic Synthesis*, The Royal Society of Chemistry, **1986**, pp. 163188; *Synthetic Organic Photochemistry*, ed. by A. G. Griesbeck, J. Mattay, Marcel Dekker, New York, **2005**, pp. 141160.
4. C.-H. Tung, L.-Z. Wu, Z.-Y. Yuan, N. Su, *J. Am. Chem. Soc.* **1998**, 120, 11594; C.-H. Tung, L.-Z. Wu, L.-P. Zhang, B. Chen, *Acc. Chem. Res.* **2003**, 36, 39.
5. K. Tanaka, F. Toda, E. Mochizuki, N. Yasui, Y. Kai, I. Miyahara, K. Hirotsu, *Angew. Chem., Int. Ed.* **1999**, 38, 3523.
6. M. Sakamoto, M. Kanehiro, T. Mino, T. Fujita, *Chem. Commun.* **2009**, 2379; M. Sakamoto, F. Yagishita, M. Kanehiro, Y. Kasashima, T. Mino, T. Fujita, *Org. Lett.* **2010**, 12, 4435; Y. Ueda, F. Yagishita, H. Ishikawa, Y. Kaji, N. Baba, Y. Kasashima, T. Mino, M. Sakamoto, *Tetrahedron* **2015**, 71, 6254; F. Yagishita, N. Baba, Y. Ueda, S. Katabira, Y. Kasashima, T. Mino, M. Sakamoto, *Org. Biomol. Chem.* **2014**, 12, 9644.
7. D. Raff, B. Maggio, M. V. Raimondi, F. Plescia, G. Daidone, *Eur. J. Med. Chem.* **2017**, 142, 213-228; S. Kumar, A. K. Pandey, *Sci. World J.* **2013**, Article ID 162750; S. Kumar, A. Mishra, A. K. Pandey, *BMC Complement. Altern. Med.* **2013**, 13, 120; M. F. Mahomoodally, A. Gurib-Fakim, A. H. Subratty, *Pharm. Biol.* **2005**, 43, 237; A. K. Pandey, *Natl. Acad. Sci. Lett.* **2007**, 30, 383.

研究項目： 競争的外部資金申請準備支援助成金

研究期間： 2017/6/15～ 2017/11/30

研究課題名 (和文)：

水中環境でのスイング動作トレーニングの開発に向けた動作・筋活動調査

研究課題名 (英文)：

Investigation of kinematics and muscle activity during swing motion in submerged condition for the development of training program

研究者：

金田 晃一 千葉工業大学  
KANEDA Koichi 先進工学部 教育センター 准教授

### 1. 研究の背景

水は空気の約800倍の密度を持つ液体であり、水中環境での身体動作は3次元方向に身体負荷を与える媒体でもある。このことから、陸上環境と同じ身体動作を水中環境でも行うことで、陸上環境で獲得あるいは向上させたい身体機能をトレーニングすることが可能であると考えられる。申請者はこれまで水中歩行、椅子の立ち上がり、段差昇降動作などの日常生活動作における動作・筋活動の特徴を明らかにしてきたが、今回はスイング動作に着目して動作や筋活動の特徴を明らかにする。これにより水中環境でのスイング動作トレーニングの開発が期待できる。

### 2. 研究の方法

本研究においては、ゴルフスイング動作を対象とし、陸上環境および水中環境においてゴルフスイング動作を行った際の動作および筋活動を計測する。被験者はゴルフの経験者とし、全力でゴルフスイング動作を行った際の四肢および体幹の筋活動、それに加えて全身の身体動作の計測を行う。筋活動はロガータイプで無線接続の小型の筋電計を用い、身体動作はモーションキャプチャーシステムを用いる。しかし、水中環境でのモーションキャプチャーシステムの使用に関しては、2次元平面での計測においてのみ信頼性が確保されているため、3次元の動作を捉えるために、四肢および体幹に加速度センサおよび角速度センサが内蔵された慣性センサを用いる。陸上環境および水中環境それぞれにおいて行ったスイング動作について計測されたデータから、特に水中環境におけるスイング動作時の動作および筋活動の特徴を明らかにし、水中環境を利用したスイング動作トレーニングの可能性について検討していく。

### 3. 予備実験

ゴルフのコースラウンド経験のある1名の男性(年齢21歳、身長177.2cm、体重73.0kg、ベストスコア112)を対象に、本研究の予備実験として、陸上環境で5回、水中環境で5回、その後さらに陸上環境で5回のゴルフスイングを行ってもらった。予備実験は新習志野キャンパスの11

号館にある1階倉庫で行った(図1)。



図1. 実験環境の様子

ゴルフスイングは、陸上環境においてはドライバーを用いたフルスイング、水中環境においては、グリップ部分のみのクラブを握り、ドライバースイングを行うイメージでフルスイングを行った。各計測の前には対象者の主観でウォーミングアップおよびスイング練習を行った。なお、実験時の環境温は、気温16.0度、湿度69%、水温27.3度であった。

ゴルフスイング中の筋活動および身体動作の計測を行った。筋活動は、左外側広筋、左長内転筋、右腹直筋、右外腹斜筋、右脊柱起立筋、左三角筋後部、左橈側手根伸筋、左橈側手根屈筋、左腓腹筋、左大腿直筋、左大腿二頭筋、左大腿筋、左中臀筋、左広背筋、左上腕二頭筋、左上腕三頭筋とした。動作計測においては、光学式モーションキャプチャーシステム用のLED自発光マーカーを両足のつま先、両膝蓋骨の midpoint、両腸骨の前棘、両肩の肩峰、両手の外側関節にそれぞれ貼り付けた。さらに、9軸の慣性センサを右手の背部(甲)および背部(肩甲骨の midpoint)に貼り付けた(図2)。

筋活動はサンプリング周波数1kHzおよび2kHz、LED自発光マーカーは100Hz、慣性センサは1kHzでそれぞれ収録を行った。また、各試技の様子はハイスピードカメラを用いてサンプリング周波数1000Hzにて動画を撮影し、LEDを映しこむことで各計測デバイスの同期を行った。





図2. センサを貼り付けた様子

取得した各データについて、ダウンスイングの開始からインパクトまでを切り出した。水中環境ではボールを用いないためインパクトはないが、陸上環境でのハイスピードカメラや慣性センサの情報を参考に、水中環境でインパクトに相当する瞬間を同定し、それをもとにデータを切り出した。

筋活動データは 10-500Hz のバンドパスフィルタをかけノイズを取り除き、陸上環境の 4, 5, 6, 7 回目と水中環境の 1, 2, 3, 4 回目を分析対象とし、平均筋活動量と積分筋活動量を算出した。

#### 4. 予備実験の結果

平均筋活動は、右外腹斜筋が水中環境で陸上環境よりも高い値を示した。積分筋活動は、右外腹斜筋、左三角筋後部、左橈側手根伸筋、左橈側手根屈筋が水中環境で陸上環境よりも高い値を示した。

表1. 各筋の平均値および積分値 ( $\mu V$ )

|    |      |         |          |          |
|----|------|---------|----------|----------|
|    |      | 腓腹筋     | 外側広筋     | 大腿二頭筋    |
| 平均 | 陸上環境 | 56.30   | 230.15   | 90.08    |
|    | 水中環境 | 9.51    | 74.14    | 8.36     |
| 積分 | 陸上環境 | 24258.1 | 197099.0 | 38755.9  |
|    | 水中環境 | 9546.5  | 150820.0 | 8553.2   |
|    |      | 大臀筋     | 長内転筋     | 中臀筋      |
| 平均 | 陸上環境 | 49.12   | 198.02   | 44.41    |
|    | 水中環境 | 10.39   | 23.55    | 12.25    |
| 積分 | 陸上環境 | 20720.4 | 170028.0 | 19146.3  |
|    | 水中環境 | 10634.1 | 47665.9  | 12491.3  |
|    |      | 腹直筋     | 外腹斜筋     | 大胸筋      |
| 平均 | 陸上環境 | 71.94   | 84.76    | 172.42   |
|    | 水中環境 | 11.03   | 114.60   | 21.54    |
| 積分 | 陸上環境 | 61793.6 | 72847.5  | 73611.8  |
|    | 水中環境 | 22168.9 | 229655.0 | 21836.7  |
|    |      | 広背筋     | 三角筋      | 上腕二頭筋    |
| 平均 | 陸上環境 | 184.42  | 262.73   | 258.12   |
|    | 水中環境 | 27.13   | 136.53   | 30.60    |
| 積分 | 陸上環境 | 79418.5 | 225511.0 | 111176.0 |
|    | 水中環境 | 27390.5 | 275378.0 | 30701.1  |
|    |      | 上腕三頭筋   | 橈側手根伸筋   | 橈側手根屈筋   |
| 平均 | 陸上環境 | 132.63  | 245.94   | 278.65   |
|    | 水中環境 | 40.50   | 153.88   | 202.00   |
| 積分 | 陸上環境 | 57178.1 | 211451.0 | 239401.0 |
|    | 水中環境 | 41033.0 | 308344.0 | 405220.0 |

慣性センサのデータについて、ハイスピードカメラの映像より、橈屈尺屈方向の動き（回転）がダウンスイングの開始およびインパクトの瞬間とほぼ一致していた。また、基本的に加速度および角速度ともに水中環境は陸上環境と比較して小さな値を示したが、右手の背部における長軸方向の加速度は両環境で似通った波形であった（図3）。角速度については、長軸まわりの回転（図4）と橈屈尺屈方向の動き（回転）（図5）は両環境で似通った波形であった。

背部の角速度についても、屈曲伸展方向（図6）と長軸まわり（図7）の回転は両環境で似通った波形であった。

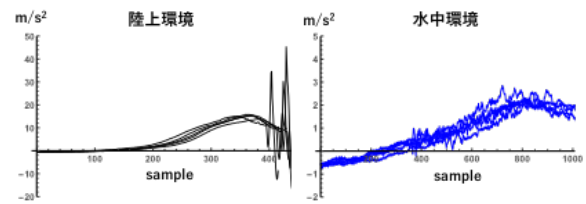


図3. 手背部における長軸方向の加速度

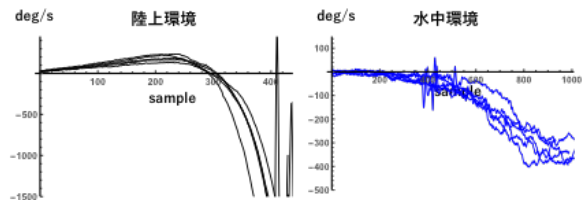


図4. 手背部における長軸まわりの回転角速度

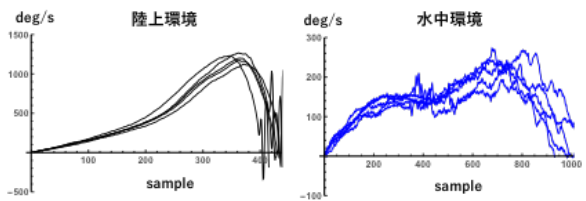


図5. 手背部における橈屈尺屈方向の回転角速度

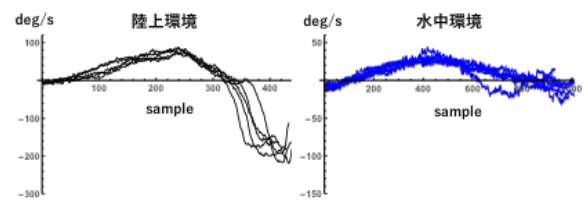


図6. 背部における屈曲伸展方向の回転角速度

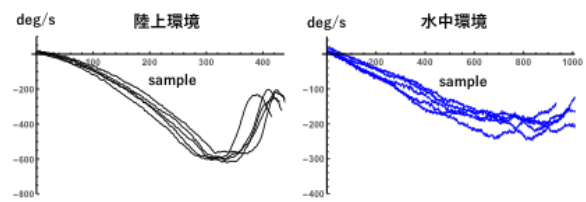


図7. 背部における長軸まわりの回転角速度

#### 5. まとめ

今回は、予備実験を行うことで本研究を進めていく上での実験設定や測定環境の整理を行うことができた。今回の一連の取り組みをもとに、計測筋の選別や、慣性センサデータを用いたスイング局面の切り出し基準についても検討することができた。

今後、学外の競争的研究資金を獲得するために申請内容をさらに吟味して取り組んでいきたい。

---

研究項目： 競争的外部資金申請準備支援助成金

研究期間： 2017/6/15～ 2017/11/30

研究課題名 (和文)：

多次元非一様カイラル凝縮とパスタ構造の競合

研究課題名 (英文)：

Inhomogeneous Chiral condensation and pasta structures in multi-dimensions

研究者：

安武 伸俊

千葉工業大学

YASUTAKE Nobutoshi

情報科学部 教育センター 准教授

---

## 1. はじめに

宇宙で安定的に存在する最高密度(原子核の数倍から十倍程度)の物質である中性子星核物質は、天体物理や核物理において長年研究されてきたにもかかわらず、未だに明らかにされていない。このことは、質量の起源ともいべきカイラル凝縮を明らかにすることと密接に関わっている。一般的にカイラル相は、空間的に変調した秩序変数を有しており、超伝導における Fulde-Ferrell, Larkin, Ovchinnikov 状態と類似した特徴を示す。これまでの非一様カイラル相に関する研究では、主に空間的に1次元の構造を持つ場合に限って解析的手法が用いられていた。しかし、高密度物質の相図を正確に理解するためには、2次元、3次元の高次元構造を解明することが世界的に必須の課題となっており、そのような状況を見据えて、本テーマでは数値的手法を用いてこのカイラル凝縮の研究に取り組んだ。

## 2. 研究内容と手法に関して

空間的に非一様に起こるカイラル凝縮を、相対論的量子力学(ディラック方程式)を用いて数値的に直接計算するとともに、クォーク相互作用を考慮に入れた自己無撞着な解を得る。具体的には縦横それぞれ数百万のサイズの行列を繰り返し対角化する必要がある。これを実行するためには、まず定式化の段階で計算コストを下げる工夫が必要であるが、確実にスーパーコンピュータが必要となる。また、この研究は先行研究例がまだないため、答えが得られたとしても、それが正しいかどうかはわからない。ゆえに、まずは1+1次元(1次元空間+時間)で知られている解を導出し、それを3+1次元に埋め込むことを計画した。

以上についての定式化は、京都大学の巽敏隆(助教)と申請者が行い、数値計算上の工夫を日本原子力研究開発機構の丸山敏毅(主幹研究員)と高知大学のLee-Tong Gyu(研究生)が行った。

これまで我々は、南部=ヨナ・ラシーニヨ模型やギンツブルク=ランダウ模型を用いて、解析的に1+1次元における非一様カイラル凝縮の性質を調べてきた。また一方で、数値的な手法を用いて同様な自己無撞着解を得ることも成功している。相対論的量子力学の数値計算においては、真

空の取り扱い(ディラックの海)をどう取り扱うかが往々にして問題となる。我々の数値的計算の結果と解析解が一致したということは、我々の計算方針が正しかったことを意味する。

しかしながら、現状の我々の数値計算的手法では、波数空間をある程度制限した場合でのみ成功している。ゆえに、より広範囲な波数空間で精度よく計算を行う手法に切り替える必要があることがわかった。以下、我々の現状の計算手法を述べる。

現状の計算では、空間(1次元)を100個程度に区切り、その離散数に対応した波数空間で、1+1次元のDirac方程式を解き、自己無撞着解を得る手法を採用している。波数空間と実空間の橋渡しには、高速フーリエ変換を用いて効率化を図っている。Dirac方程式を自己無撞着に解くことは、エルミート行列の固有値問題を繰り返し解くことに帰着するわけであるが、この固有値問題は数値計算ライブラリLAPACKを用いている。実空間ではなく波数空間で解くべき理由は、少ない離散化数で精度の良い計算が可能であることや、解くべきエルミート行列が対角優位になることなどがあげられる。自己無撞着な計算をするためには、初期に適当に与えたカイラル凝縮に対応した波動関数(固有ベクトル)を求め、その波動関数から凝縮を求めて初期条件を更新する。最終的に初期条件と、結果が無矛盾であれば計算が成功したことになる。

## 3. 現状の結果

この我々の手法によって、従来知られていなかった凝縮解を見つけることに成功した。その後、名古屋大学の研究グループが従来の解析的な手法によって、我々が見つけたものと同様な解を見つけた[参考文献1]。このことから、我々の新しい手法が有効であったことがわかる。

しかしながら、現状の手法では、自由に波数空間を探索させると自己無撞着計算が収束しないという点に申請者は気づいた。簡単に言えば、我々や名古屋大学の見つけた解が最適解である保証はどこにもないのである。ゆえに現在は、自由に波数空間を探索し、収束解を得る方法を模索し

ている。

#### 4. まとめ, 将来の展望

現状で, 凝縮の形を仮定せずに  $1+1$  次元の計算を実行し, 凝縮相の空間分布をある程度計算することができるようになってきている。現在は, この手法の拡張に取り組んでいる。具体的には, 人工知能により Dirac 方程式を解く手法を開発している。「ではなぜ人工知能か?」という点について述べたい。

「自己無撞着計算とは, 最適化計算に他ならない。以上。」でもよいか, もう少し細かい点を述べる。我々の手法における問題点は, 初期条件の更新のさせ方にあると申請者は現れている。上述したように, なんの工夫もなく全ての波数について凝縮の形を更新させれば, 細かい数値的なエラーを拾うせいか, 最終的にただの空間離散数一杯の, ただのギザギザな波形を解として我々のコードは吐き出してしまふ。これを避けるために我々は探索する波数空間を制限していたわけである。今考えている人工知能による計算数値手法では, 間違った解(ギザギザ解)を避けるように目的関数を設定して, あとは自由に波数空間を探索するという手法に切り替えることを目指している。こうすれば, 全ての波数空間を探索して物理的な(現実的な)解のみを拾えるはずだと安易に考えているのだ。

上記の準備も兼ねて, 今は人工知能によって非線形微分方程式を解いている。現状の認識では, 計算コストはかかるものの, 単純な差分による数値解に比べて正しく解を得られているため, やはり有望な手段だと思っている。

いずれにせよ,  $3+1$  次元では, 解析的な手法は絶望的であるために, 我々のような計算的手法にのみ活路があることは明白である。しかしながら, そのような  $3+1$  次元の計算を精度良く計算するためには, 立体的な空間の計算を行うためには, 単純に見積もって 100 万個の体積要素が必要となる。さらに解くべき「場」の数は 4 つ(スピノル)になり, 結果として対角化すべき行列のサイズはこれで 400 万になる。この複素行列の固有値を繰り返し演算するためには, 正しく解くだけでなく計算の効率化や高速化が必要となると予想している。ゆえにこれからは, ハードとソフトの両面における改善を行っていく予定である。

本研究は, 巽 敏隆 氏(京都大学), 丸山 敏毅 氏(日本原子力研究開発機構), Lee-Tong Gyu 氏(高知大学)との共同研究に基づいている。

最後に, 本研究に助成して下さった千葉工業大学ならびに附属研究所の方々に心より感謝いたします。

#### 5. 本研究に関する発表論文

- [1] Tong-Gyu Lee, Kazuya Nishiyama, Nobutoshi Yasutake, Toshiki Maruyama, Toshitaka Tatsumi, JPSC, id. 020808, (2017)
- [2] Nobutoshi Yasutake, Tong-Gyu Lee, Toshiki Maruyama, Toshitaka Tatsumi, Proceeding of IAU symposium No. 337 (2017) accepted.

#### 6. 参考文献

- [1] Yusuke Takeda, Hiroaki Abuki, and Masayasu Harada, Phys. Rev. D 97, 094032 (2018)

---

研究項目： 競争的外部資金申請準備支援助成金

研究期間： 2017/6/15～ 2017/11/30

研究課題名 (和文)：

民間企業が管理運営する道の駅の実態と基礎自治体の意向と支援の在り方に関する研究

研究課題名 (英文)：

Research on the actual condition of the station on the road managed and operated by private enterprises and on the idea of the basic municipality's intention and support

研究者：

青木 和也

千葉工業大学

AOKI Kazuya

附属研究所 共同研究員

---

## 1. 研究背景と目的

道の駅は、道路交通環境形成と地域振興の目的を併せ持ち、地域振興に向けた観光施設と公共施設の二つの役割を持つ施設である。道の駅は、2017年時点で全国に1134駅が設置されている。そのため、地域間競争に伴う地域特性を活かした管理運営が必要不可欠となっている。

従来の道の駅は、地域の内発的活性及び合意形成を促す為に、自治体直営や地域住民を基盤とする第3セクターによる管理運営が積極的に取り組まれていた。しかし、自治体直営や第3セクターが管理運営する道の駅は、経営ノウハウを有していないことから赤字経営から抜け出せない状況がみられている。さらに、自治体直営による管理運営は、行財政の逼迫や行政の公平性や縦割りに伴い、多様な市民ニーズに対応した公共サービスを単独で提供することが困難なことも一因であると考えられる。

そのため、道の駅の管理運営は高度な専門的知見と経営ノウハウを有する民間企業に対して期待が高まっている。しかし、地域に対して馴染みが無く地域特性を把握していない外部の民間企業が、地域と良好な関係性を構築し十分に公益性の確保に取り組むことが可能であるか疑問が残る。このような、民間活力を活用した地域振興は地民間企業の収益性と基礎自治体の公益性のバランスを保つことが重要となる。しかし、民間企業による道の駅の管理運営の指針は未だ明確に定められていない。

民間企業による道の駅の管理運営に関する既往研究は、未だ報告されていない。以上のことから、本研究では民間企業による道の駅の管理運営の実態を捉える。そして、本研究では地域外部の民間企業が管理運営する道の駅の実態

を明らかにし、基礎自治体の意向と支援の在り方を考察を目的とする。本研究により得られる知見は、民間企業による道の駅を管理運営の推進に向けて有益な示唆を与える。

## 2. 研究方法

### (1) 調査分析方法

本研究では、関東地方で道の駅を所有する基礎自治体に、アンケート調査(配布数:153)を実施する。調査項目は、道の駅の管理運営組織や現状、民間委託に関する意向についてである。アンケート調査結果(回答数:95)を基に、地域外部の民間企業が管理運営する道の駅を抽出し、全体的な傾向と比較を行う。そして、地域外部の民間企業を『ローカルビジネス型』『メンテナンスビジネス型』で分け、各々の民間委託を実施している基礎自治体にヒアリング調査を行った。以上の手続きを通じて、民間委託による影響や意向、課題を解決するための支援を明らかにする(図-1)。

### (2) アンケート対象地域の選定

本研究では、国土交通省地方整備局が定めている関東地方(茨城県・栃木県・群馬県・埼玉県・千葉県・東京都・神奈川県・山梨県・長野県)(以下関東地方)の道の駅を所有する基礎自治体を対象とする。関東地方は、2017年時点での道の駅の登録数が最も多い地方であるため対象地域として選定をする。

### (3) 『地域外部の民間企業』の特徴

地域外部の民間企業を、本来行っている事業内容が「民芸品の加工及び販売」「地域活性化事業」「農作物の栽培や加工、販売」などの民間企業と「ビルメンテナンス業」「設備管理業」「建物・設備保全事業」などの民間企業で分け、

地域に密着した事業を行っている民間企業を『ローカルビジネス型』、建物の管理事業を主体で行っている民間企業を『メンテナンスビジネス型』と分類する。

#### (4) ヒアリング対象地の選定

アンケート調査を基に千葉県が地域外部の民間企業へ道の駅の管理運営を委託した(以下民間委託)事例が多く、民間委託した型が異なっており、立地条件が異なることから、南房総市の「道の駅 白浜野島崎」と鋸南町の「道の駅 保田小学校」をヒアリング対象地として選定する。

### 3. 関東地方の基礎自治体が所有する道の駅の管理運営の実態と民間委託に対する意向

#### (1) 道の駅を管理運営する組織

関東地方において道の駅を管理運営する組織は、「地域外部の民間企業」(13%)、「基礎自治体直営」(12%)、「第3セクター」(34%)、「地域内部の民間企業」(23%)、「NPO法人」(2%)、「その他(一般社団法人等)」(16%)であった(図1)。

#### (2) 基礎自治体の民間委託に対する意向

道の駅を所有している基礎自治体の民間委託に対しての意向は「自治体として意向を有している」(43%)、「道の駅担当者個人として意向がある」(4%)であり、民間委託に対して意向を有している方が多いことがわかった(図2)。基礎自治体は民間委託に関して「利用人数の増加」(35%)、「管理運営費の削減等の財政健全化」(21%)を期待している。一方、「取組が自治体の意向とそぐわない」(19%)、「短期間での道の駅の管理運営からの撤退」(16%)が地域外部へ民間委託する際の不安な点である。

### 4. 地域外部の民間企業が管理運営する道の駅

#### (1) 地域外部の民間企業へ民間委託した実態

地域外部の民間企業へ民間委託した道の駅は「管理運営費の削減等の財政健全化」(25%)、「利用人数の増加」(25%)といった効果(図3)や「観光客や地域外の主体を道の駅に呼び込む役割」(55%)、「観光客や地域外部の主体を地域へ繋げる役割」(25%)の役割を担っている(図4)。また、民間委託により生じた課題は「生じた課題は無い」(62%)である。

#### (2) ローカルビジネス型の特徴

ローカルビジネス型は、地域への理解があり、特定の事業に特化した管理運営を行っている。基礎自治体は、施設に目的が定まっているため施設の目的から逸れずに収益を得ることが困難であった。そこで、施設の目的に沿った民間企業に道の駅の管理運営を委託し、収益的活動と公益的活動を行うエリアを分けることで解決している。

#### (3) メンテナンスビジネス型の特徴

メンテナンスビジネス型は、建物管理に関するノウハウとほかの様々な事業によるノウハウをもつため、基礎自治体直営の場合の人手不足や経営ノウハウ不足の管理運営といった課題を解決した。更に、民間委託により「周辺の施設への新たな流れの創出」「地域のしがらみにとらわれない

活動」「様々なノウハウを活かした地域への新たな提案」といった効果が得られた。一方、不安となる点は「途中で地域から撤退してしまう」「地域との衝突」「基礎自治体の意向に沿わない事業」「地域外部の民間企業が公共施設の役目を果たせるのか」という点であった。これらを解決するために基礎自治体が行っている支援は、定期的な話し合いの場を設け、徐々に民間企業が公共施設の役割を意識していくように誘導することである。

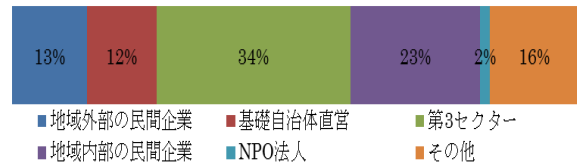


図1 管理運営する組織(回答数:114)

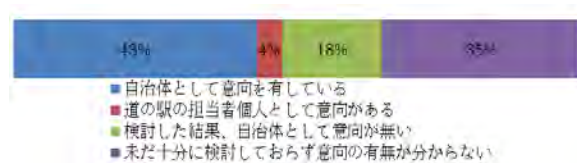


図2 民間委託に関する意向の有無(回答数:91)



図3 民間委託することで得られた効果(回答:32)



図4 民間委託された道の駅の地域での役割(回答:20)

### 5. まとめ

地域外部の民間企業に民間委託した道の駅は、民間企業の経営能力や専門的なノウハウにより、財政負担の軽減や来客数の増加、地域への新たな流れの創出などが見込めるが、実際に地域外部の民間企業に委託をしている事例は多くない。これは、民間企業が途中で撤退をする可能性や活動内容が基礎自治体の意向に沿わないこと、民間企業が公益という目的を果たせるのか不明といった不安があるため。しかし、これらの不安を既に民間委託をしている基礎自治体は、定期的な話し合いの場を設けることや収益活動と公益活動を行うエリアを区別することにより解決している。

基礎自治体がいつまでも民間企業と共に活動することは、基礎自治体直営や第3セクターの管理運営と変わらない。ゆえに、基礎自治体は、負担を軽減するため徐々に地域外部の民間企業が自発的に地域を意識して活動する様に促すことや民間企業が事業を行いやすい制度や仕組みを民間企業と共に作るということが求められる。

---

研究項目： 競争的外部資金申請準備支援助成金

研究期間： 2017/6/15～ 2017/11/30

研究課題名 (和文)：

レーザー光のパターンや強度分布を変換する特殊形状レンズの設計と応用に関する研究

研究課題名 (英文)：

Study on design and application of special shape lenses that convert laser pattern and intensity distribution

研究者：

森田 翔 千葉工業大学  
MORITA Sho 附属研究所 共同研究員

---

## 1. 研究目的

レーザーに用いる非対称形状レンズの設計手法の開発と、簡便なレンズの製作手法について研究している<sup>1-3)</sup>。ファイバレーザやディスクレーザといったレーザ発振器の高出力化に伴って、ビームをスポットに絞らずに照射しても熱処理などの加工が可能になってきている。また、昨今の多品種少量生産の流れで、加工も決まったシステムで繰り返す大量に行うものから、部品などを高頻度に変更して少量行うような変化の中にある。そこで本研究では、これまで専用のメーカーに依頼して購入してくるものであったレンズを、レーザ加工の付帯設備としての小型加工機械を用いてレンズの利用者が設計し製作し使用することを目標においている。その際、外形加工は卓上型 Computer Numerical Control (CNC) 工作機械により、切削(樹脂を対象とするとき)または研削(ガラスや石英のとき)で可能だが、現在のところ研磨を効率的かつ非対称形状を歪めずに実行することが困難である。これは通常の研磨加工では平面や球面あるいは回転対称形状の品物に対して加工するものが多いためである。CNC による研磨は研磨工具がバフなどの柔らかい材質のため、母性原理に従わない、工具の消耗により加工度が時間経過とともに変わるなどの問題が多い。そこで、ガラス製のレンズを対象として、加熱により表面粗さを改善できないか基礎的な研究を行う。

今回着目したのは、表面張力と熱によるガラスの軟化である。明確な固体-液体の境がないガラスでは、加熱により軟化点に達すると粘度が下がってくる。その際、表面張力が働けば、高周波数の粗面はより表面積を小さくしようとする力が働き、一方低周波数の形状に与える影響は相対的に軽微であると考えられることから、適切な加熱冷却を行えば表面粗さのみを改善できる可能性がある。

加熱手法としては、アクリル樹脂などでは火炎による表面粗さ低減も行われているが、ガラスの場合は軟化点が室温と大きく離れており、温度勾配が急峻となることで熱衝撃による割れが発生するためこの方法は採用できない。そこで、熱衝撃が出ない軟化点より下回る温度まで一旦昇温し、その後軟化点以上まで加熱することで表面粗さが改善するかを調査する。

## 2. 装置と被加工材

加熱に用いる電気炉は、Sybron 社の Thermolyne FB1300 Furnaces をベースとするが、この炉は加熱時間比(デューティ)を温度に応じて手動調整する機能のみ搭載されていたため、そのままでは利用できず実験内容に合わせて改修した。改修内容としては、パナソニック社製 KT4R を用いた PID 制御による温度調節器への交換と、ON/OFF を制御するリレーのソリッドステート化である(図1)。これにより、熱電対での炉内温度フィードバックによる 1℃単位での温度制御が可能になった。炉の能力は消費電力が 880 W、加熱が最大 17℃/分、冷却が 8℃/分(扉解放時 19℃/分)、連続最大温度が 982℃、3時間最大温度が 1100℃である。

被加工材は、顕微鏡観察に用いる松浪硝子社の白板スライドガラスを用いた。軟化点は不明のため、両端支持したスライドガラスを炉に入れ 50℃ずつ昇温し 30分保温する工程を繰り返したところ、600℃で変形することが分かったが、両端支持のような極端な保持でなければ形状変化しないし表面粗さも変化しないため、予熱温度は 600℃とした。試料の表面粗さを粗くするために、フロスト処理されたスライドガラスを主に利用したほか、スライドガラスの片面の一部を #3000 の刃物用ダイヤモンド砥石で摩擦したものを使用した。

### 3. 実験と結果

実験は、600℃まで予熱して30分保持した後、予定温度まで加熱し30分保持し、徐冷を600℃以下となるまで行ってから炉の前面扉を開放し冷却した。連続して次の実験を行う際には炉の電熱線の消耗を避けるため300℃程度まで冷却した時に試料を交換し次の加熱フェーズに入った。

フロストガラスを用いて加熱温度を700-740℃の範囲で10℃ずつ変化させたところ、700℃では変化がなかった。710℃からは敷板の粗さが裏面に転写され始め、730℃では表面の表面粗さが改善したように見え始める。740℃ではガラスと敷板が貼り付く、ガラスの角に丸みが出るなどの影響が出始めたので、表面粗さを改善可能な温度範囲はこの材質の場合710-730℃程度の範囲にあると考えられる。裏面の粗さが転写される問題は、表面のきれいな耐熱材料を敷けば問題ないと考えられる。なお、庫内温度の測定は庫内後部上方の温度を参照しており、断熱能力の低い前面は温度が低いなど分布があるようであった。

処理前試料および処理後の表面粗さをミツトヨ社のポータブル表面粗さ計 surf test 301 で測定した。未加工のフロストガラスの表面粗さ Ra が  $2.17 \mu\text{m}$  であるのに対して、目視で最も改善した 730℃30分保持の試料は  $Ra 0.65 \mu\text{m}$  まで改善した(図2)。しかし、これは研削後研磨して製作したレンズの表面粗さ  $Ra 0.35 \mu\text{m}$  の約2倍であり、十分とは言えなかった。なおこの原因が表面張力の不足によるものか、処理前の試料の表面粗さが大きすぎることにいるのかの切り分けはできなかった。

### 4. まとめ

今回の基礎的研究から、加熱による後処理で粗面のガラス製レンズの表面粗さを小さくすることが可能であることは分かった。ただし、現在の電気炉のみを用いた装置では、昇温や冷却にかかる時間が長いこともあり、迅速な処理とはいえない状態となった。また粗面が軟化する際に自重のかかる試験片の裏面まで軟化してしまう状態であったため、高温の条件では敷板の粗さを転写してしまうことになった。これを避けるためには、軟化点よりわずかに下に温度を保持することで熱衝撃による割れを抑制しつつ、赤外線などで表面のみに集中して加熱することが必要と考えられるが、これは現在の装置構成では実現できないため、さらなる改良が必要である。

さらに、表面粗さ低減実験全体に言えることであるが、試験片で研削加工後の表面粗さを模擬したものを準備すること自体にも課題があることが分かった。市販の擦りの入ったフロストスライドガラスでは入手性はよいものの表面粗さが大きすぎるため実際に研削加工したものと異なった状態であるし、刃物用ダイヤモンド砥石を用いて作成した試料も安定した粗さが出にくい状態であった。しかし、実際にレンズを作るときと同じ研削法では  $12 \times 12 \text{ mm}$  のレンズ加工に4時間かかり有効な実験を行えるだけの試験片の数を作ること自体が現実的でないため、何らかの試験片製

作手段を考案することも今後の課題である。

### 参考文献:

- (1) 森田 翔, 渡辺 翔, 徳永 剛, 桑野 亮一; アクリル樹脂の直接切削によるレーザ加工用非軸対称ビームシェイパの設計と製作, 2015年精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, pp.189-190, 2015.
- (2) 森田 翔, 徳永 剛, 桑野 亮一; 屈折型非軸対称ビームシェイパの設計手法の開発, 精密工学会誌, 82, 11, pp.983~988, 2016.
- (3) 森田 翔, 徳永 剛, 坂本 幸弘; 非対称の屈折面を有するレーザ強度分布変換素子の設計と製作 — ガウス分布-線状均一分布-, 設計工学, 52, 8, 2017.



図1 改修した電気炉の外観



図2 処理前(左)と熱処理後(右)のガラスの外観の変化

研究項目： 競争的外部資金申請準備支援助成金

研究期間： 2017/6/15～ 2017/11/30

研究課題名 (和文)：

オフィス空間におけるセンサ活用に基づく情報セキュリティポリシー遵守の容易化に関する研究

研究課題名 (英文)：

A Study of Facilitation for Compliance with Information Security Policy based on Sensor Utilization in Office Environment

研究者：

米田 翔一

YONEDA Shoichi

千葉工業大学

附属研究所 共同研究員

## 1. はじめに

近年、インターネットの急激な進展につれ、サイバー犯罪の脅威もより大きなものとなってきている。それに伴い、情報セキュリティの重要性もますます高まっている。これに対し、企業などの組織のセキュリティ指針として有効と考えられるのが ISMS (Information Security Management System, 情報セキュリティマネジメントシステム) である。ISMS とは、個別のセキュリティ対策に加え、組織のマネジメントとしてリスク評価を行い、必要なセキュリティレベルを定めてシステムを運用することである[1]。ISMS を導入することで、情報セキュリティに関するリスクを軽減することが可能となるが、日本では、実際に導入することが難しい企業は少なくない [2]-[3]。

ISMS の普及を妨げている主な原因としては、警視庁が企業に対して行ったアンケートによると、情報セキュリティ対策実施上の問題点として、コストに関する要因が挙げられている[4]。

これに対し、IoT (Internet of Things)での利用、小型化、高精度化、高集積化が近年著しく進展している [5]-[6]、センサ技術の活用による解決が考えられる。

本研究は、これらの背景の下、これまでに行ってきた、ISMS における人的稼働をセンサによって代替させる提案を参考に、ISMS が要求する物理的な隔離をもセンサによって代替させることによって、更なる ISMS のコスト削減を図り、ISMS が抱えるコストに関する課題解決の一助となると共に、物理的に隔離された空間の確保が困難な状況においても ISMS の適用を可能とすることで、ISMS の普及促進に寄与することが期待される。

## 2. ISMS の現状と課題

### 2.1 ISMS の現状

ISMS は、図 1 に示すように、組織的人的管理、物理的技術的管理、組織的管理の 3 つの管理面から階層的に構成され、合計 114 の管理項目が規定されている [1]。

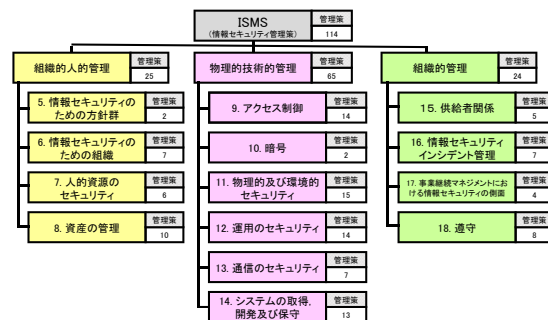


図 1 ISMS の全体構造

### 2.2 ISMS の課題

ISMS では情報セキュリティに対する要求事項を達成するために、PDCA モデルを採用し、情報資産の機密性、可用性、完全性をバランスよく維持し、継続的な改善を行っていくものである。しかし、企業において、その普及は十分でない。この原因として、前述のように、警視庁が企業に対して行ったアンケートによると、情報セキュリティ対策実施上の問題点として、「費用対効果が見えない (59.6%)」、「コストがかかりすぎる (49.8%)」など、コストに関する要因が挙げられている [4]。このように、ISMS を導入したことによる効果が予測しにくい点が挙げられている。また、ISMS を導入している企業に対し、情報セキュリティ大学院大学が行なったアンケート結果では、4割強の企業が ISMS



における管理項目数や作成するドキュメントが多過ぎると回答している [7].

このように、企業が ISMS を導入するためには、まだ不明確な点が多いことがわかる。また、情報セキュリティマネジメントシステムとして運用するには多くのコストと手間が発生すると言われており [8]-[10], 前述のセキュリティエコノミクスの観点から ISMS における費用対効果を明らかにすることは、喫緊の課題である。

### 3. センサ活用に基づく ISMS の費用削減効果

#### 3.1 人的稼働の代替

これまでに、現状の ISMS の管理策の費用構造を運用面にフォーカスし、動的な費用を明らかにした。動的な費用算出においては、人的稼働がかなりの割合を占めることから、この削減が出来ると費用削減効果が見込めることがわかった。これに対し、近年のセンサ技術の進展から、人的稼働がどの程度センサにより可能かに関して検討した。

#### 3.2 物理的な隔離の代替

ISMS ではいくつかの項目で、物理的に隔離された空間を用意することを要求している。これは安全な環境の確保には非常に重要な要求である。しかし、オフィスビルの間取りなどを変えることは非常に困難であるため、それらの条件を満たすためには、新たな部屋を借りるなど莫大なコストがかかってしまう。一方で、ISMS が要求する物理的な隔離は、大きく分類すると破壊や故障を回避するための隔離と、不要なアクセスを回避するための隔離に分けることができる。特に、後者はセンサによる検知とシステムのロックにより、物理的な壁を代替することが出来る可能性が考えられる。これにより、一般的に部屋一つよりも安価となるセンサと情報システム用いることで、コストの削減が期待できる。

本研究では現在、ISMS に 18 あるカテゴリの内、11.物理的及び環境のセキュリティまで調査を行い、物理的な隔離を要求している管理策を合計 10 項目抽出した。表 1 にその一覧を示す。

表 1 物理的隔離を要求する管理策一覧

| 管理策番号  | 管理策名               |
|--------|--------------------|
| 6.2.1  | モバイル機器の方針          |
| 6.2.2  | テレワーキング            |
| 9.4.1  | 情報へのアクセス制限         |
| 10.1.2 | 鍵管理                |
| 11.1.3 | オフィス、部屋及び施設のセキュリティ |
| 11.1.4 | 外部及び環境の脅威からの保護     |
| 11.1.5 | セキュリティを保つべき領域での作業  |
| 11.1.6 | 受渡場所               |
| 11.2.1 | 装置の設置及び保護          |
| 11.2.2 | サポートユーティリティ        |

今後は、18.遵守までの調査を進めて管理策の抽出を行い、各管理策に示された実施の手引を精査することで、センサによる検知とシステムのロックによって代替可能な部分を明らかにする。これにより、ISMS の更なる費用削減を図る。

## 4. まとめ

本研究では、ISMS の普及促進の観点から、ISMS が要求する物理的な隔離を、センサにより代替することで、ISMS の費用削減効果を見込んだ。ISMS の管理策 114 項目に対し、おおよそ 60%の範囲まで調査を行い、物理的な隔離を要求する項目を合計 10 項目抽出した。今後、114 項目全てに対して調査を行った上で、各管理策の実施の手引を精査することで、実際に費用削減効果が見込める項目を明らかにしていく。これらにより、物理的に隔離された空間の確保が困難な状況においても ISMS の適用を可能とし、より低コストでの実施をも可能とすることで、ISMS が抱えるコストに関する課題解決の一助となることが期待できる。

今後の課題は、センサによって代替した場合の安全性の確認や、具体的な代替法の提案が必要となる。

## 参考文献

- [1] 日本規格協会：情報技術-セキュリティ技術-情報セキュリティ管理策の実践のための規範、JIS Q 27002(ISO/IEC 27002), 2014 年 3 月 20 日改正.
- [2] NPO:情報セキュリティインシデントに関する調査報告書, NPO (オンライン), 入手先 <http://www.jnsa.org/result/incident/> (参照 2016-06-07).
- [3] 宇崎駿介：情報セキュリティポリシーの現状, @IT (オンライン), 入手先 <http://www.atmarkit.co.jp/fsecurity/special/27spolicy/spolicy01.html> (参照 2016-06-07).
- [4] 警察庁：不正アクセス行為対策等の実態調査, 警察庁 (オンライン), 入手先 <http://www.npa.go.jp/cyber/research/h26/h26countermeasures.pdf> (参照 2016-06-07).
- [5] 通信とセンサーに見る最新技術動向 PART 3, IT Leaders (オンライン), 入手先 <http://it.impressbm.co.jp/articles/-/9864?page=4> (参照 2016-06-08).
- [6] 総務省：センサーの進展, 第 4 回 ICT 共通基盤技術検討ワーキンググループ (オンライン), 入手先 <http://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/innovation/ict/4kai/siryoy3-3.pdf> (参照 2016-06-08).
- [7] 情報セキュリティ大学院大学：セキュリティマネジメントの運用状況アンケート, 情報セキュリティ大学院大学 (オンライン), 入手先 [http://lab.iisec.ac.jp/~harada\\_lab/survey/2011/2011\\_questionnaire\\_result.pdf](http://lab.iisec.ac.jp/~harada_lab/survey/2011/2011_questionnaire_result.pdf) (参照 2016-06-08).
- [8] 佐々木良一：IT リスク学の提案と最近の動向, 情報処理学会論文誌, Vol.55, No.9, 1946-1955, 2014.
- [9] 内田勝也他：ISMS 認証事業所調査からみたセキュリティマネジメントの課題, 情報処理学会研究報告, 2012.
- [10] 堀川博史他：デルタ ISMS モデルの提案, 情報処理学会研究報告, 2015.

研究項目： 競争的外部資金申請準備支援助成金

研究期間： 2017/6/15～ 2017/11/30

研究課題名 (和文)：

カルコンとトレハロースによる光架橋性コーティング材料の開発および細胞適合性の調査

研究課題名 (英文)：

Development of photocrosslinkable coating material prepared from chalcone and trehalose with cell compatibility

研究者：

○矢野 慎也 千葉工業大学  
YANO Shinya 附属研究所 共同研究員

滝川 愛 千葉工業大学 大学院  
TAKIKAWA Ai 工学研究科 修士課程 生命環境科学専攻

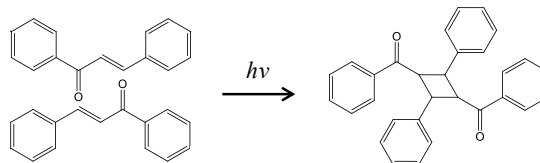
寺本 直純 千葉工業大学  
TERAMOTO Naozumi 工学部 応用化学学科 教授

## 1. 緒言

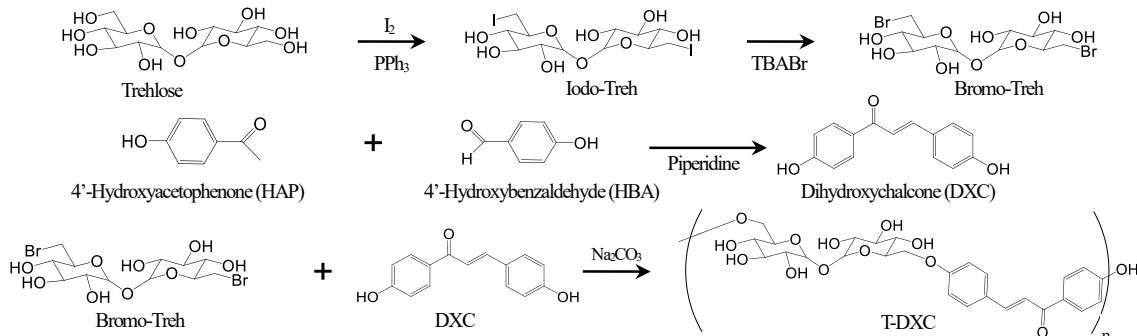
材料の最表面層の物性制御および架橋による材料の安定化として外部からの光により反応する光反応性基が注目を集めている。天然物由来の有機物では、シナモンと同じ原料から成る桂皮酸(シナモイル)や明日葉に含まれているカルコンなどが知られている。これらは特定の光の波長を照射することにより分子間で結合して架橋する光二量化反応を伴う物質であり(Scheme 1), この現象を利用した新しい機能性材料の作製が課題とされている<sup>1)</sup>。本研究では、生体材料として材料表面にコーティングできる新規の機能性材料の研究に着目した。近年、生体への高い親和性から注目されているのが糖である。糖類は分解した後も毒性を示さないため、糖を含有する生体材料の研究において注目されており、生体組織や生体高分子の安定を高める性質か

ら生体材料のベースとして期待できる<sup>2)</sup>。

当研究室では、以前、糖類の一種であるトレハロースにシナモイル基を複数結合し、紫外光(UV)照射により架橋することで、薄膜を作製した<sup>3)</sup>。その細胞評価を行ったところ、シナモイル基の多い化合物の架橋薄膜上で、細胞の増殖活性が高くなることを見出された<sup>4)</sup>。本課題では、シナモイル基と部分的に同じ構造を有し、UV照射により二量化して分子間で結合しうるジヒドロキシカルコンを、トレハロースと交互に重合させることで、光反応性基を有するトレハロースポリマー(T-DXC)を合成し(Scheme 2), UV照射による光反応性の調査を行った。



Scheme 1 UV照射によるカルコンの二量化



Scheme 2 カルコン基含有トレハロースポリマーの合成

## 2. 研究の内容

### 2.1. カルコン基含有トレハロースポリマーの作製

トレハロースとヨウ素にトリフェニルホスフィン(PPh<sub>3</sub>)を加えて反応させ、トレハロースの 6, 6'位のヒドロキシ基をヨウ素で置換することにより、生成物(Iodo-Treh)を得た。その後、テトラブチルアンモニウムブロミド(TBABr)を用いて 6, 6'位のヨウ素を臭素へと置換し、生成物(Bromo-Treh)を得た。また、4-ヒドロキシアセトフェノン(HAP)および4-ヒドロキシベンズアルデヒド(HBA)をピペリジン存在下で反応させ、ジヒドロシカルコン(DXC)を合成した。合成したBromo-TrehおよびDXCを仕込みmol比1:1で混合し、炭酸カルシウム存在下で反応させ、カルコン基を有するトレハロースポリマー(T-DXC)を得た。得られた各生成物の構造解析はフーリエ変換赤外吸収(FT-IR)測定、プロトン核磁気共鳴(<sup>1</sup>H-NMR)測定を用いて行い、重合体の分子量はゲル浸透クロマトグラフィー(GPC)を用いて測定した。

Fig. 1 に得られた重合体(T-DXC)のFT-IR スペクトルの結果を示す。T-DXC のFT-IR スペクトルにおいて、Bromo-Treh由来であるC-Brのピークが消失したこと、DXC由来のピークが確認されたことにより、反応の進行を確認した。Fig. 2 にT-DXCの<sup>1</sup>H-NMR スペクトルの結果を示す。<sup>1</sup>H-NMR スペクトルにおいて、トレハロースユニットおよびDXC由来のピークが確認されたことから、反応の進行を確認した。

得られたT-DXCの分子量をGPCを用いて測定したところ、数平均分子量( $M_n$ )=4700、重量平均分子量( $M_w$ )=6000、多分散度( $M_w/M_n$ )=1.3であった。

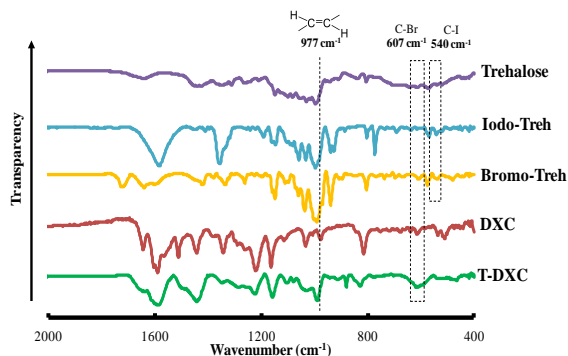


Fig. 1 各生成物のFT-IR スペクトル

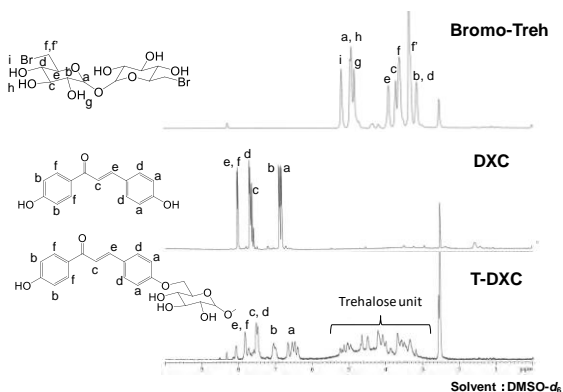


Fig. 2 各生成物の<sup>1</sup>H-NMR スペクトル

### 2.2. 薄膜の作製および光二量化

試料濃度20 mg/mlに調製したT-DXCのDMF溶液を石英板上にディップコートし、薄膜を作製した。この薄膜に対し、所定時間のUV照射を行い、紫外可視吸収(UV-Vis)スペクトルの変化を測定した。

Fig. 3にT-DXC薄膜のUV照射時間によるUV-vis スペクトル変化を示す。T-DXCのUV-Vis スペクトルにおいて、UV照射前に365 nm付近に吸収の極大が見られた。UV照射時間が増加するにつれ、365 nm付近の吸光度の減少が起り、新たな吸収ピークが280 nm付近に現れ、増加した。これより、光二量化反応の進行を確認した。

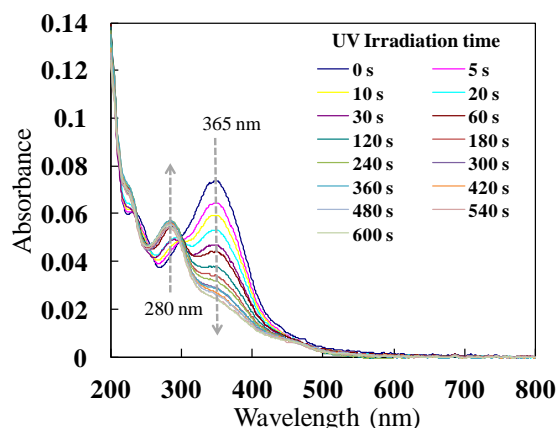


Fig. 3 T-DXC 薄膜の UV 照射時間による UV-vis スペクトル変化

## 3. まとめ

Bromo-Treh と DXC を反応し、主鎖にトレハロースユニットとカルコン基を有するポリマー (T-DXC) を作製した。GPC より数平均分子量は4700となっていた。T-DXC 薄膜にUV照射を行ったところ、T-DXCのUV-vis スペクトルにおいて365 nmにおける吸光度の減少が見られ、光二量化を確認することができた。

今後、マウス線維芽細胞を用いて、T-DXCの薄膜上で細胞試験を行い、細胞適合性の評価を行う予定である。

### 参考文献

- 1) Kawatsuki, N et al., *Macromolecules*, **35**, 706-713 (2002).
- 2) Elbein, AD et al., *Glycobiology*, **13**, 17R-27R (2003).
- 3) Teramoto, N et al., *Polym. Adv. Technol.*, **18**, 971-977 (2007).
- 4) Yano, S et al., *Journal of Bioactive and Compatible Polymers*, **30**, 87-98 (2015).



[私立大学等戦略的研究基盤形成支援事業]



研究項目： 私立大学戦略的研究基盤形成支援事業

研究期間： 2013/4/1～ 2018/3/31

研究課題名 (和文)： マイクロ領域/マクロ領域における複合的プローブ技術の開発に関する研究

研究課題名 (英文)： Research on development of combined probe technology in micro and macro area

|            |                    |       |                   |
|------------|--------------------|-------|-------------------|
| 研究者：○脇田 和樹 | 工学部電気電子工学科・教授      | 室 英夫  | 工学部電気電子情報工学科・教授   |
| 山本 秀和      | 工学部電気電子工学科・教授      | 佐藤 宣夫 | 工学部機械電子創成工学科・教授   |
| 小田 昭紀      | 工学部電気電子工学科・教授      | 安川 雪子 | 工学部電気電子工学科・准教授    |
| 清水 邦康      | 工学部情報通信システム工学科・准教授 | 長 敬三  | 工学部情報通信システム工学科・教授 |
| 陶 良        | 工学部電気電子工学科・教授      | 水津 光司 | 工学部情報通信システム工学科・教授 |
| 中林 寛暁      | 工学部情報通信システム工学科・准教授 | 千村 大  | ポスドク              |

## 1. はじめに

複数プローブによる「その場」計測では、マイクロ（およびナノ）領域においては、複数の計測を同一箇所で行うことは大変困難であることから、本研究が提案する特定のマイクロ領域における多機能・多探針による計測技術の確立は非常に大きな学術的、産業的有用性をもっている。また、マクロ領域計測においても、超音波およびテラヘルツ波という従来併用されてこなかった二つのプローブ技術を混用することにより高精度複合的非破壊計測を確立し、単独プローブによる観測では得られない複合的な情報から、その材料評価およびデバイス診断技術が飛躍的に上昇することが期待される。さらに、発展途上であるテラヘルツ波に対しては電波などで開発された信号処理技術を適用し、高精度な信号解析を実現する。最終的には、先端光電子材料のサイズを問わない複数プローブを用いた「その場」計測による材料の形状や諸物性の高精度、高分解能評価を目的としている。

## 2. 達成した成果

大気・真空、温度制御下でナノ・ミクロン領域における物性計測を可能とする装置（環境制御型原子間力顕微鏡装置）の導入により、光・電子・磁気材料の評価解析を行った。当該装置は、表面吸着水の影響を最小限に抑えることができる高真空状態での電気計測や加熱・冷却状態での試料の物性マッピングを可能としており、また温度スイープ機能（温度環境変化による試料の熱膨張や収縮に起因するZ軸測定域外れを監視するフィードバック制御機能）を具備していることから、最先端材料に関する研究遂行の主要装置として高い使用頻度で利用された。

また当該装置の利用した研究体制の下で、「物性/デバイス評価」、「装置改良」、「マイクロセンサ/アクチュエータ開発」、「理論解析」を行うサブGrを形成し、有機的な連携により遂行された。

「物性/デバイス評価」サブGrでは、主な成果として、(1)有機半導体材料の電子物性評価、(2)SiおよびSiCのパワー半導体デバイスのナノスケール評価とそのシミュレーション解析、(3)CdS:0薄膜のナノ構造評価、(4)磁性

体薄膜材料および金属材料の評価、(5)太陽電池材料を含む多元系化合物材料の評価を行った。

ここで、(3)ではCdS:0薄膜のアニール処理によりAFMおよびKPFMにより5～10nmのナノ構造を観測し、その構造では周囲との関数の相違からCdS:0結晶であると推論した。また、X線回折からCdS結晶は約20nmであると評価でき、また透過型電子顕微鏡により5～10nm程度の結晶構造が存在することを確かめた。

「装置改良」サブGrでは、主な成果として、(1)大気環境下に留まらない真空環境下での表面電位観測の実現、(2)半導体試料の微分容量( $\partial^2 C / \partial z \partial V$ )の分布を測定する走査型容量原子間力顕微鏡と多機能化への改良、(3)共焦点顕微分光システムと近接場光学顕微鏡の複合化を行った。

(3)ではCu<sub>2</sub>ZnSnS<sub>4</sub> (CZTS) 薄膜表面をチップ増強ラマンにより10nm程度の分解能をもつCZTS相とCu<sub>2</sub>S相の分解に成功し、CZTS表面層のナノオーダー領域での組成解析を可能とした。

「マイクロセンサ/アクチュエータ開発」サブGrでは、AFM用カンチレバーの先端位置制御の高精度化の可能性を探るためにSOI-MEMS技術で実現できるようなマイクロアクチュエータ付梁構造の設計、試作、評価を行った。マイクロアクチュエータの方式としては電磁式、圧電式、静電式、熱バイモルフ式、磁歪式等様々あるが、ここでは作製と変位検出が比較的容易な熱バイモルフ式、磁歪式、静電式に焦点を当てて、先端変位を大きくするための最適化構造・駆動方式、梁の応力から先端変位を検出するためのピエゾ抵抗式や静電容量式の変位検出技術などの検討を行った。ここでデバイス試作はMEMSファウンダリーによる外注とし、実装・評価の技術確立を行った。今までの主な成果として、(1)熱バイモルフ式マイクロアクチュエータ関連、(2)ピエゾ抵抗付磁歪式マイクロアクチュエータ関連、(3)電駆動容量検出式マイクロアクチュエータ関連などがある。

「理論解析」サブGrでは、主な成果として、(1)パワー半導体における内部の電荷分布のシミュレーション解析、(2)探針の振動モデル構築とその動作を精査した。具体的には、ダイナミックモードで動作する探針プローブの振動が探針-試料表面間のファンデルワールス力から受ける影

響を精査するために、プローブの振動を非線形力学モデルとした系の数値解析を行った。特に、探針試料間の接近により共振周波数近傍の側波成分が現れることを数値計算と実測結果で見出し、周期的に接触する解の発生点との関係を明らかにした。

テラヘルツ波検出器の位置精密制御を行った上での測定が可能な装置仕様に関しスペクトルデザイン社と議論を重ね開発を行った。当該装置は、サンプル点をピボットとしてレシーバの位置を  $10\mu\text{m}$  の精度で円周上に制御し、サンプルからの反射テラヘルツ波を任意の角度で計測し得る。また、高速光遅延機構および専用の電流アンプを備え、多点に渡る計測の高速化を図っている。導入されたテラヘルツ波測定装置に対しノイズ等の評価を行い、測定時の変調周波数やロックインアンプ時定数を決定した。様々な金属パターン測定に備え、自作での金属パターン作製法を模索した。コピー用紙に対し、レーザープリンタを利用した金属箔熱転写、インクジェットプリンタによる銀ナノ粒子印刷を行い、所望の特性が得られることを確認した。

電波領域におけるレーダポラリメトリの適用に向けた初期段階では、撮像光学系の限界解像度などの評価に用いられるロンキールリングをターゲットとした測定を行った。送信偏波を垂直または水平、受信偏波を垂直または水平とし、金属板をリファレンスとしてターゲットの散乱行列を広い周波数帯域にわたって求め、各周波数で得られる偏波シグネチャを算出した。その結果、周波数により受信される偏波状態が変化することを確認し、ターゲットの分析にポラリメトリを適用することの有効性を一部であるが示した。分析法のさらなる確立のため、コピー用紙と導電性インクを搭載したプリンタを用いて、金属パターンを印刷したターゲットを作製した。作製したターゲットを用いて同様の測定を行い、ロンキールリングと同様に、ポラリメトリを用いた分析法の有効性を示した。さらに、ダイポールアレイ構造を垂直方向、水平方向、角度をつけて設置場合の実験を行った。偏波シグネチャの形状からダイポールの設置された方向を特定可能であること、偏波シグネチャがダイポール状から金属板状へと変化する周波数によりダイポール線幅が特定可能であることを実験的に示した。また、複雑な形状をしたターゲットとして、スパイラル構造に対する偏波シグネチャ解析を行った。スパイラル構造の中央部および外円部からの偏波シグネチャは、照射されたテラヘルツ波ビーム径内の構造を反映しており、外円部の場合にはダイポールに近い偏波シグネチャが得られた。即ち、複雑な形状においても偏波シグネチャの解析によって構造の推定が可能である事が示された。

合成開口アレー技術の適用に向けた基礎測定として、被測定物に金属板を用い、送信位置を固定して正規反射方向に配置した受信装置を円弧上で1度間隔に動かした測定を実施した。また被測定物を動かすことによる受信波位相変化を測定により確認した。測定の結果より、アレー上の位相特性からの正規反射位置推定の可能性を確認した。また評価結果の妥当性を確認するため、測定系をレイ・トレー

シング法でモデル化し、受信アンテナ移動時の受信電力および位相のアレー上分布を解析するツールを作成した。現在測定結果の妥当性を評価している。また測定系のFDTD法でのモデル化も平行して実施し、3つの結果での妥当性評価を行った。また、電波領域で研究の進んでいる高分解能到来方向推定法(MUSIC法)の導入を試みた。これは平面波の到来方向の推定技術であるため、テラヘルツでの実験系に合わせて球面波の推定を行う形式へと展開した。単一の金属ワイヤーをターゲットとした場合、従来法であるビームフォーマー法に比べ、MUSIC法では位置推定精度が大きく向上する事が確認された。2本の金属ワイヤーをターゲットとした場合、平均処理などの施すことで、条件によっては高分解能化に繋がる事が示された。広帯域信号を用いた超音波計測のため、感度補正型送信信号を考案および線形予測法を用いた信号帯域の拡大法を提案した。感度補正型送信信号を用いて受信信号を測定し、線形予測処理を施すことで、信号の時間分解能が向上し、距離測定や方位計測などの超音波計測において測定精度の向上が確認した。高精度な距離測定法を基に、ダブルパルスによる移動物体の速度測定についても検討した。さらに、マルチパスの影響を削減するための時間反転法を導入し、感度補正型信号との併用効果を確認した。

超音波振幅相関合成法を用いた地中埋設物の映像化探査において、映像化処理に重要な地中音速の推定に着目し、地表面音速との関係を実験的に検討した。さらに、地表面を伝搬するレーリー波は、地中埋設物からの反射波と干渉するので、このレーリー波の特性の解明、およびレーリー波が地中埋設物映像化の結果に対する影響について研究を進めてきた。また、非線形最小2乗法を用いたモデル波形の推定によるレーリー波の削減及び映像化結果に対する効果を検討した。

テラヘルツイメージング分解能の向上を目指し、超音波領域での振幅相関合成映像化技術を、テラヘルツ波への展開を検討し、その効果が数値シミュレーションより確認された。本結果を踏まえ、2本の金属ワイヤーをターゲットとした合成開口反射測定を実施し、振幅相関合成映像化およびパルス圧縮を適用して画像再構築を行った。通常の合成開口に比してアーティファクトを大きく抑制可能であることが実験的に示された。また、相関合成においても現れる多重反射由来のアーティファクトに対しては、偏波を利用することで抑制することに成功した。さらに、5本の金属ワイヤーを非対称に設置してターゲットとし、同様の測定および画像再構築を行った。振幅相関合成では、強い反射が得られる場所と弱い反射しか得られない場所においてコントラストに大きな差が出る性質を持つ。ターゲットの大きさとテラヘルツビーム径が同程度の場合、ビーム内の振幅分布によりこの影響が顕著になる。5本の金属ワイヤーをターゲットとした場合にこの問題が発生した。これを解決するため、テラヘルツビーム径の拡大を行い、ある程度大きなターゲットであっても映像化することに成功した。

研究項目： 私立大学戦略的研究基盤形成支援事業

研究期間： 2013/4/1～ 2018/3/31

研究課題名 (和文)：

安全・快適性向上のための音響情報伝達 (安全・快適性のための音響情報科学研究センター)

研究課題名 (英文)：

Acoustic information Research Center for Safety and Comfortableness

研究者：

|                            |                                  |                             |  |
|----------------------------|----------------------------------|-----------------------------|--|
| ○矢野 博夫<br>YANO Hiroo       | 千葉工業大学<br>情報科学部 情報工学科 教授         | 藤江 真也<br>FUJIE Shinya       | 千葉工業大学<br>先進工学部 未来ITイノベーション学科 准教授      |
| 木幡 稔<br>KOHATA Minoru      | 千葉工業大学<br>情報科学部 情報ネットワーク学科 教授    | 竹本 浩典<br>TAKEMOTO Hironori  | 千葉工業大学<br>先進工学部 知能メディア工学科 教授           |
| 柳川 博文<br>YANAGAWA Hirohumi | 千葉工業大学<br>情報科学部 情報ネットワーク学科 教授    | 菖木 禎史<br>CHISAKI Yoshifumi  | 千葉工業大学<br>先進工学部 知能メディア工学科 教授           |
| 飯田 一博<br>IIDA Kazuhiro     | 千葉工業大学<br>先進工学部 知能メディア工学科 教授     | 関 研一<br>SEKI Ken-ichi       | 千葉工業大学<br>社会システム科学部 応用ロボット工学<br>教授     |
| 佐藤 史明<br>SATOHI Fumiaki    | 千葉工業大学<br>創造工学部 建築学科 教授          | 共同研究機関等：                    |  |
| 大川 茂樹<br>OHKAWA Shigeki    | 千葉工業大学<br>先進工学部 未来ITイノベーション学科 教授 | 坂本 慎一<br>SAKAMOTO Shin-ichi | 東京大学<br>生産技術研究所 教授                     |
| 世木 秀明<br>SEKI Hideaki      | 千葉工業大学<br>情報科学部 情報工学科 准教授        | 橘 秀樹<br>TACHIBANA Hideki    | 東京大学 名誉教授<br>元千葉工業大学<br>情報科学部 情報工学科 教授 |
| 山崎 治<br>YAMAZAKI Osamu     | 千葉工業大学<br>情報科学部 情報ネットワーク学科 准教授   |                             |  |
| 須田 宇宙<br>SUJITA Hiroshi    | 千葉工業大学<br>情報科学部 情報ネットワーク学科 准教授   |                             |  |

#### (1) 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

公共空間や広域放送においては、平常時の案内アナウンスなどの明瞭な音声情報伝達はもとより、非常災害時には、音声あるいはサイン音による警報・避難誘導情報の的確な伝達が必要である。しかし、実際には音響情報による伝達が困難となっているケースも少なくなく、東日本大震災の際には、一段とその重要性が認識された。このような問題を解決するためには、各種公共空間の音環境条件、拡声システムの特性・性能、音源信号となるアナウンスやサイン音の設計などに関する検討が必要である。それと同時に、情報の受け手である人の聴覚特性と視覚特性の相互作用に関する検討も必要である。本研究プロジェクトでは「安全・

快適性のための音響情報に関する総合研究」を研究テーマとして掲げており、音声科学、電気音響工学、建築・環境工学、認知科学の各学問分野を総合して、種々な公共空間を対象とした音響情報伝達システムの性能向上を目的とし、これらの音響情報分野における研究拠点としての確立を目指すものとする。

本研究の内容を音響情報の伝達に関して大別すると、以下の4項目となる。

(1) 音源の設計:公共空間における非常時の避難誘導アナウンスは、その状況に応じて内容を適宜変更する必要があり、その制御や内容の即時更新には、自然性の高い音声合成であるテキスト音声合成 (TTS) が適している。この技術を適用して空間の特性ごとに適応的に聞き取りやすいアナウ



ンスを合成する具体的手法について検討する。サイン音については、音声伝達が不可能な状況下での情報伝達手段として研究の対象として取り入れる。

(2) 電気音響システム：残響時間長大、あるいはロングパスエコーが著しい巨大空間・屋外において、音響情報伝達の明瞭性を確保する手法として、既に連続的時間遅延方式を用いた基本システムを提案している。この方式で用いる最適なスピーカの特性や配置について空間伝搬系を考慮した検討を行う。さらに電気音響システムの一部として、屋外拡声システムの高度化を目指し、住民が受聴点で聞く音の品質を改善するためのアプローチの一つとして、居住地区近隣の建物や地理的影響によるロングパスエコーの抑制などの検討を行うことが考えられる。

(3) 音環境・空間伝搬系：多様な公共空間（駅、空港、アトリウム、トンネル、地下街、市街地など）を対象とし、音環境の実態調査、音響計測、数値シミュレーション（幾何音響法と波動解析法）、ならびに3次元音環境シミュレータによる音場の可聴化と聴感評価手法の確立を目指す。また、対象とする周波数領域を低周波数まで拡張することを検討する。

さらに屋内空間だけにとどまらず、防災無線システムから放送される音の聴取状況の実態を把握すると共に防災無線放送システムの改善を目指すために、聴取音計測システムを検討する。

(4) 聴覚・認識：公共空間における聴覚に基づく位置情報や意味情報の理解を促進するための視覚的な情報の効果について検討する。また、人間の聴覚特性や単語の親密度を考慮した音源信号の生成方法について検討を行うとともに、到来方向や距離知覚など避難誘導に必要な情報の伝達方法についても検討する。

さらに(4)の項目を細分化して、(5) 快適性向上のための音

響情報伝達、および(6) 聴感を始めとする顧客の感性を考慮した設計手法、の二つの研究領域を追加した。

## (2) 研究経緯と研究成果

研究開始から3カ年を経過した時点で中間報告として、第8回 CIT フォーラムと称するシンポジウム「安全・快適性向上のための音響情報伝達」を実施した。ここでは9件の講演発表を行い、梗概集(70頁)を発行した。



写真 中間報告(第8回CITフォーラム)

研究計画に沿って以下の順で研究成果を纏めた。ここでは、表1に研究項目を列挙し、詳細は成果報告書(大学ホームページに掲載予定)を参照していただきたい。なお、研究期間中に発表された論文等は表2に示すとおりである。

表2 研究発表論文数

| 著書 | 学術論文 |    | 学術講演・会議 |    | 特許 |
|----|------|----|---------|----|----|
|    | 国際   | 国内 | 国際      | 国内 |    |
| 5  | 10   | 7  | 1       | 65 | 1  |

本研究プロジェクトでは、若手研究者の育成にも努め、表3に示す大学院生の研究が行われ、平成25年度および29年度に1名ずつ関連テーマの研究により博士号を取得した。

表3 研究に参加した大学院生数

| 年度 | 25 | 26       | 27 | 28 | 29 |
|----|----|----------|----|----|----|
| 修士 | 31 | 25       | 20 | 9  | 8  |
| 博士 | 1  | 1(+1 PD) | 1  | 1  | 1  |

表1 研究テーマの詳細(研究成果報告書目次)

| 章  | 大テーマ                     | 研究テーマ   |
|----|--------------------------|---|
|    | <b>【安全性/公共空間に関わるテーマ】</b> |   |
| 1  | 音源の設計: 音声合成              | 残響下において聞き取りやすいアナウンス音声合成法  |
| 2  | 音源の設計: サイン音              | 2.1 雑音の持続時間およびパワースペクトルによる音像の幅の変化<br>2.2 位相情報に着目した高解像度周波数スペクトル解析法    |
| 3  | 電気音響システム                 | 音線法を用いた数値実験による指向性スピーカを用いた非常放送の明瞭性改善                                 |
| 4  | 電気音響システム                 | 屋外拡声装置の高度化と聴取音計測システムの開発   |
| 5  | 音環境・空間伝搬系                | 5.1 公共空間の音響諸性能とアナウンスの明瞭度指数の対応関係<br>5.2 一般室における6ch.再生システムによる方向感の再現精度 |
| 6  | 音環境・空間伝搬系                | 広域放送の明瞭性改善に関する研究  |
| 7  | 音環境・空間伝搬系                | 気象条件が防災放送の了解度に及ぼす影響<br>—無響室での音場再生とバイノーラルシミュレーションの比較—                |
| 8  | 聴覚・認識                    | 視聴覚情報を手掛かりとした移動における「迷い」と残響の関係                                       |
| 9  | 聴覚・認識                    | 音声単語親密度、話速、ポーズ長が文章理解に与える影響  |
|    | <b>【快適性に関わるテーマ】</b>      |   |
| 10 | 快適性向上のための音響情報伝達          | 音環境デザインのための音響技術とロボティクス技術の融合   |
| 11 | 快適性向上のための音響情報伝達          | 音声による効率的な情報伝達を指向した音声対話システム  |
| 12 | 快適性向上のための音響情報伝達          | スマートホン・タブレットによる簡易音場シミュレータ   |
| 13 | 快適性向上のための音響情報伝達          | 耳介の放射特性に基づく正中面における音源の仰角と頭部伝達関数の第1ノッチの周波数の定式化の試み                     |
| 14 | 聴感を始めとする顧客の感性を考慮した設計手法   | 聴覚を始めとする顧客の感性を考慮した設計手法についての検討                                       |
|    | 資料                       | シンポジウム(第8回CITフォーラム)講演梗概集  |



# 〔科学研究費助成事業〕



研究項目： 科学研究助成事業 (基盤研究 (C))  
研究期間： 2017/4/1 ~ 2018/3/31  
研究課題名 (和文)：  
新しいSm-Fe系磁性相の探求

研究課題名 (英文)：  
Research for new Sm-Fe-based magnetic materials

研究者：  
齋藤 哲治 千葉工業大学  
SAITO Tetsuji 工学部 先端材料工学科 教授

## 1. はじめに

現在、希土類磁石として希土類金属のネオジム (Nd) およびディスプロシウム (Dy) を含む Nd-Dy-Fe-B 磁石がハイブリッド自動車や電気自動車用のエンジンなどとして広く使用されており、今後もこれらの環境にやさしい自動車の生産量の増加が見込まれている。希土類元素は周期表では IIIa 族の第6周期に原子番号57番のランラン (La) から原子番号71番のルテチウム (Lu) までが入っており、希土類元素の化学的性質は非常に似ていることが知られている。これらの希土類金属は希土類鉱石から精錬されて得られるが、希土類金属の Nd や Dy だけを精錬することはできず、その鉱石中に含まれるすべての希土類金属が精錬により得られる。そのため、どの希土類金属もバランスよく使用される必要がある。ある特定の希土類金属のみを使用することは希土類金属の需要のバランスを大きく崩し、希土類金属の使用における問題となっている。特に、供給に対して需要が少ない Sm, Y, Ce の3元素は非常に問題であり、Sm, Y, Ce の用途開発が必要である [1]。

本研究では、現在過剰な供給になっている希土類金属のうち、特にサマリウム (Sm) の応用として磁性材料の応用について検討する。希土類金属の磁石への応用は、Nd-Fe-B 磁石の開発以降精力的に研究されて、新しい希土類磁石の候補は研究し尽くしたかのように思われていた。我々は新しい希土類永久磁石の開発を行ってきたところ、希土類金属のサマリウム (Sm) と遷移金属の鉄 (Fe) からなる Sm-Fe 系合金で  $\text{Sm}_3\text{Fe}_{17}$  金属間化合物相が存在することを、また急冷凝固法で作製した Sm-Fe アモルファス合金を熱処理することにより作製した  $\text{Sm}_3\text{Fe}_{17}$  金属間化合物相が従来までの希土類永久磁石の保磁力を大きく超える高い保磁力を有する

ことを見出した [2]。また、Sm-Fe 系合金には  $\text{Sm}_3\text{Fe}_{17}$  金属間化合物相以外にも  $\text{SmFe}_{12}$  金属間化合物相や  $\text{Sm}_3\text{Fe}_{29}$  金属間化合物相なども存在することがわかっている [3, 4]。

そこで、これらの新しい Sm-Fe 系磁性相の製造方法の確立し、 $\text{SmFe}_{12}$  金属間化合物相や  $\text{Sm}_3\text{Fe}_{29}$  金属間化合物相などの新しい Sm-Fe 系磁性相の製造技術の確立とその磁気特性の向上を目的とする。

## 2. 実験方法

新しい Sm-Fe 系磁性相を有する試料の作製方法としては、まず高周波溶解により Sm-Fe 系合金を作製した後、急冷凝固法により Sm-Fe 系合金急冷薄帯の作製を行った。図1に本実験で使用した急冷凝固装置の概略図を示す。この急冷凝固法では銅ロールの回転速度で冷却速度を変化させ、アモルファスまたは微細な組織を有する Sm-Fe 系合金試料が作製できる。

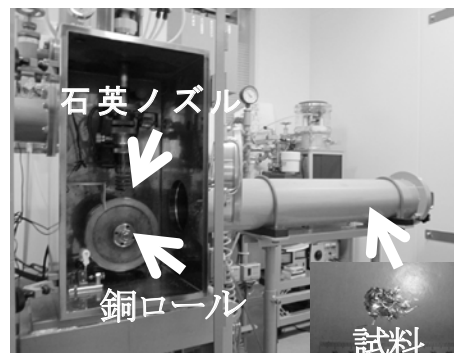


図1 急冷凝固装置の概略図 (石英ノズルに挿入した合金を高周波溶解した後、その溶湯を回転している銅ロール上にノズルから噴射することにより急冷凝固する。)

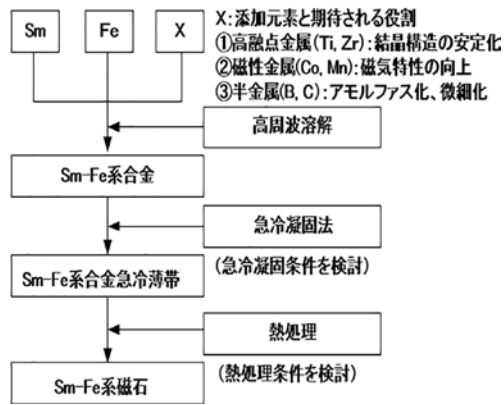


図2 本研究の実験計画

図2に本研究の実験計画を示す。急冷凝固法により作製したアモルファスまたは微細な組織を有するSm-Fe系合金急冷薄帯に熱処理を施して、試料の構造や大きさ等を制御してSm-Fe系磁石を作製する。なお、Sm-Fe系合金急冷薄帯としてはSm-Fe系磁石のSmの一部をTiやZrなどの高融点金属で、Feの一部をCoやMnなどの磁性材料で置換した試料など様々なSm-Fe系合金急冷薄帯の作製を試みる。また、これらの試料にアモルファス化の促進に効果があるとされる半金属のBやCの添加も試みる。

本実験では、急冷凝固法により作製したSm-Fe系合金急冷薄帯およびそれらに熱処理を施した試料の構造はX線回折装置(XRD)で、試料の組織は透過型電子顕微鏡(TEM)で、また試料の磁気特性は振動試料型磁力計(VSM)で調べた。

### 3. 結果および考察

急冷凝固法により作製したSm-Fe系合金急冷薄帯に熱処理を施すことにより $\text{Sm}_5\text{Fe}_{17}$ 金属間化合物相は作製できることがわかっているため、Sm-Fe系磁石のSmの一部をTiで置換した $\text{Sm}_5(\text{Fe}, \text{Ti})_{17}$ 金属間化合物相の作製を行っている。図3に $\text{Sm}_5\text{Fe}_{17}$ 合金急冷薄帯および $\text{Sm}_5(\text{Fe}, \text{Ti})_{17}$ 合金急冷薄帯に熱処理を施した試料のヒステリシス曲線を示す。どちらの試料も25kOeを超える高い保磁力を示すが、 $\text{Sm}_5\text{Fe}_{17}$ 合金急冷薄帯よりもTiを少量添加した $\text{Sm}_5(\text{Fe}, \text{Ti})_{17}$ 合金急冷薄帯の方がスムーズなヒステリシス曲線を示すことがわかった。

また、同様に急冷凝固法により作製したSm-Fe系合金急冷薄帯に熱処理を施すことにより、 $\text{SmFe}_{12}$ 金属間化合物相や $\text{Sm}_3\text{Fe}_{23}$ 金属間化合物相が得られるかどうかについて現在調べている。

### 4. 今後の予定

本研究の目標は「資源リスクを回避する観点から、現存のNd-Fe-B磁石を代替できる磁石の研究」であり、現在広く使用されているNd-Fe-B磁石と同程度の磁気特性を有する新しいSm-Fe系磁石の作製を目標としている。本目標の達成に向けて、今後も研究開発を進めていきたい。

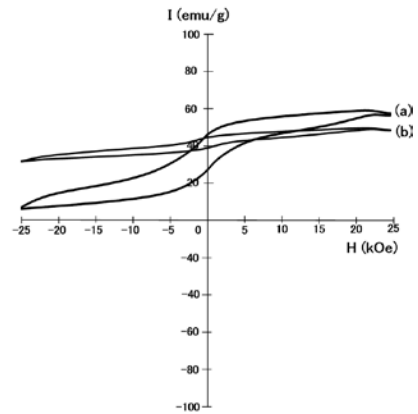


図3 (a) $\text{Sm}_5\text{Fe}_{17}$ 合金急冷薄帯および(b) $\text{Sm}_5(\text{Fe}, \text{Ti})_{17}$ 合金急冷薄帯に熱処理を施した試料のヒステリシス曲線

### 参考文献

- [1] 大橋正広, 電気学会論文誌A, 136, 491 (2016).
- [2] T. Saito, J. Appl. Phys. 101, 09K517 (2007).
- [3] K. H. J. Buschow, J. Magn. Mater. 100, 79 (1991).
- [4] J. M. Cadogan, H. S. Li, A. Margarian, J. B. Dunlop, D. H. Ryan, S. J. Collocott, R. L. Davis, J. Appl. Phys. 76, 6138 (1994).

### (学会発表)

- (1) 齋藤哲治, 堀田龍, 第33回希土類討論会(とりぎん文化会館)、平成29年5月15日
- (2) 齋藤哲治, 2017年日本金属学会秋期講演大会(北海道大学)平成29年9月8日
- (3) 堀田龍, 齋藤哲治, 平成29年電気学会基礎・材料・共通部門大会(室蘭工業大学)平成29年9月19日
- (4) T. Horita, T. Saito, MMM2017(Pittsburgh, USA)平成29年11月9日
- (5) T. Saito, D. N. Hamane, MMM2017(Pittsburgh, USA)平成29年11月9日
- (6) 齋藤哲治, 堀田龍, 電気学会マグネティックス研究会(日本電気計器検定所)、平成29年12月21日
- (7) 齋藤哲治, 平成30年電気学会全国大会(九州大学)平成30年3月14日
- (8) 堀田龍, 齋藤哲治, 2018年日本金属学会春期講演大会(千葉工業大学)平成29年3月19日

### (研究論文)

- (1) 齋藤哲治, 堀田龍, 希土類, vol. 70, pp. 76-77 (2017).
- (2) T. Saito and T. Horita, AIP advances, vol. 8, pp. 056228-1-056228-6 (2018).
- (3) T. Saito and D. N. Hamane, AIP advances, vol. 8, pp. 056230-1-056230-6 (2018).

研究項目： 科学研究費助成事業（挑戦的萌芽研究）

研究期間： 2017/4/1～ 2018/3/31

研究課題名（和文）：

回折格子やエタロンを使用しない新規構造の波長可変レーザー開発

研究課題名（英文）：

Development on a novel structure of tunable laser without a grating or an etalon.

研究者：

藤本 靖 千葉工業大学  
FUJIMOTO Yasushi 工学部 電気電子工学科 教授

### 1. 研究背景

光源波長の自由度を提供し得る波長可変レーザーの重要性に関し疑問を挟む余地は無いが、より広範囲の応用を期待するには、より小型で簡素化されたメンテナンスが容易な光学構成が必要である。我々は、これまでの困難であったシリカガラスへの希土類元素の高濃度ドーピングを実現する Zeolite 法[1]の開発を行い、シリカガラスをベースとした機能性蛍光材料の研究を進めてきた。また、シリカガラスは光ファイバ用素材として非常に優秀な素材であり、研究室に導入された生産設備相当の光ファイバの線引き装置を用い、4mm 長の超短尺 Nd ファイバレーザー[2]を始めとする様々な特殊光ファイバによるファイバレーザーを実現してきた。また、GaN 半導体レーザーを用いた Pr ドープ耐候性フッ化物ファイバ (Pr:WPFGE) レーザーでは、可視光の RGB (3原色) 全てにおいて 1W を超えるレーザー光出力 (世界最高値) を得ている。また、Graphene による Q-スイッチング動作を用いた 40mm 長の耐候性フッ化物ファイバによる可視光ファイバレーザーナノ秒パルス生成[3]に世界で初めて成功した。その可視光パルス光発生実験系と同様の構成において、ガラス中における利得スペクトルの不均一広がりを利用し、ミラーをレーザー光軸方向に移動調整するのみで波長可変特性が得られることを実験的に示した[4]。得られた波長可変特性は、ミラーの光軸方向移動量 120 $\mu\text{m}$  に対し、波長可変領域 20nm 以上 (604~625nm) であった。これはレンズ系の持つ色収差による焦点距離の波長依存性の影響によるものであり、希土類ドーピングガラスの広帯域な蛍光スペクトルとの組み合わせにより、小波長可変レーザーを提案できることが分かる。

### 2. 研究の目的

物質と光の相互作用は光の色（波長）と密接な関係があり、適切な波長を選択しうる波長可変レーザーは、医療・創薬、光計測などの様々な分野で広く用いられてきた。一般に多くのレーザーは単一の固定波長で発振するが、広帯域の発光特性を持つレーザー媒質（色素、蛍光ガラス等）と回折格子やプリズムによる分光器のシステムを組み合わせることで波長可変レーザーを達成している。

本研究提案は、光学レンズの色収差と光ファイバのスリット様効果を巧みに利用した新しい波長可変レーザー構成に関するものであり、超短尺ファイバによる光ファイバと組み合わせることにより 10-20mm 程度の超小型波長可変レーザーモジュールも期待できる。以上のアイデアの実現のための物理要因、並びにその仕様を明らかにすることが目的である。

### 3. 研究の方法

本研究提案は、光学レンズの色収差と光ファイバのスリット様効果を巧みに利用した全く新しいタイプの波長可変レーザーである。その基本構造を Fig.1 に示す。波長可変レーザーを構成する必要要素には次の 3 つがある。1) 広帯域な発光波長特性を持つレーザー媒質、2) 広帯域の光源を空間的に、波長毎に分散しうる素子（回折格子、プリズム、エタロン、複屈折板等）、3) 空間的に分散した光を選択する構成（スリット、角度調整機構）である。この 2,3) の素子・構成により波長可変特性を得ることは、光を空間に大きく広げる必要があるため、レーザーの小型化の最大のネックになっている。

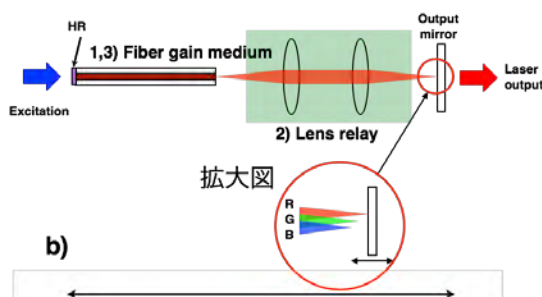


Fig.1 本提案の波長可変レーザー構成

これに対し、本研究提案の手法においては波長分散の決定は焦点距離のみにより決定され、具体的には 100 $\mu\text{m}$  程度のミラーの進行方向への移動のみで済み、空間的な広がりにはほとんど生じない。また、出力ミラーの調整は偏り依存性があるものの、集光レンズの発散角内に反射光を閉じ込めるのみで良く、高い精度を必要とせずに安定する。従って、部品点数の削減やメンテナンスフリーなど、小型堅牢、低コストの波長可変レーザーの構成が可能となる。また、出力ミラーを SESAM にする、もしくはカーボンナノチューブやグラフェンなどの可飽和吸収特性を持つ素子を出力ミラー上に設置することにより、容易に Q スイッチもしくは、モードロックレーザーを構成することが出来る。これにより、これまでに無い小型堅牢で低コストの波長可変パルスレーザーを構成出来る。また、ミラー自動駆動機構を付加することで波長自動掃引も可能となり医療、計測技術など様々な応用が期待できる。本研究においては、Fig.1 をベースとしたレーザーモジュールを構成し、望むような波長可変特性が得られるかを検証した。

#### 4. 研究成果

Fig. 2にGRIN レンズを用いた波長可変レーザーの実験系を示す。ファイバはコア径が  $8\mu\text{m}$  の Pr ドープ耐候性フッ化物ファイバを用いた。このファイバは可視光レーザー光を効率よく発生させることが出来る。

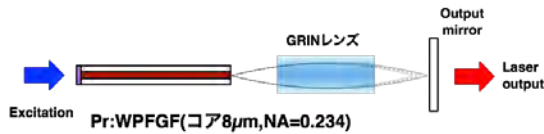


Fig.2 GRIN レンズ波長可変レーザー

GRIN レンズ (Edmund 64538:NA=0.55) をファイバ端面から数ミリの位置に設置し、出力鏡を焦点の位置に設置した。励起は青色半導体レーザーを用い、その励起入力力は  $510\text{ mW}$  一定とした。 $607\text{ nm}$  (オレンジ色) でのレーザー発振を確認後、アウトプットミラーの位置をレーザー出射側方向へ  $10\mu\text{m}$  ずつ変化させることにより、波長可変特性を検証した。その結果を Fig.3 に示す。ミラーの移動距離  $0$  から  $110\mu\text{m}$  においては、オレンジ波長域にてレーザー発振が得られ、およそ  $5\text{ nm}$  の波長幅の範囲でスペクトル変化が得られたもののマイクロメータの読みピーク波長とミラー位置には 1 対 1 の関係性は得られなかった。ミラー移動距離  $120\mu\text{m}$  を越えると赤色レーザーの発振が始まり、 $3\text{ nm}$  程度のスペクトル変化を確認したが、波長対応はオレンジ色と同様であった。

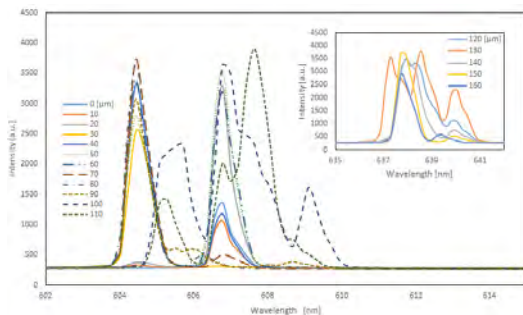


Fig.3 GRIN レンズ波長可変レーザーの波長可変特性の測定

波長可変レーザーとしては、小型にするために NA の大きなレンズ (GRIN レンズ等) を用いるよりも実験当初のレンズ系での結果が最も良い事が解った。また、研究の進展において、シングルモードの Pr 耐候性フッ化物ダブルクラッドファイバが我々のグループによって開発された[5]。そのシングルモード用いた波長可変レーザー特性も GRIN レンズを用いた系とほぼ同じ特性であった。しかしながら、そのゲインファイバと可視域 SESAM を用い、可視域 Q-スイッチパルスレーザー発振を行ったところ、可視域のパルスを非常に効率よく動作させる方法を発見した[6]。その時の時の入出力特性を Fig.4 に示す。最大出力は  $140\text{ mW}$ 、スロープ効率は  $36.3\%$ 、発振閾値は  $223\text{ mW}$  と計算された。また、この時の発振ピーク波長は  $638.6\text{ nm}$  であった。また、この時の繰り返し周波数は  $107\text{ kHz}$ 、パルス時間幅は  $270\text{ ns}$  であった。

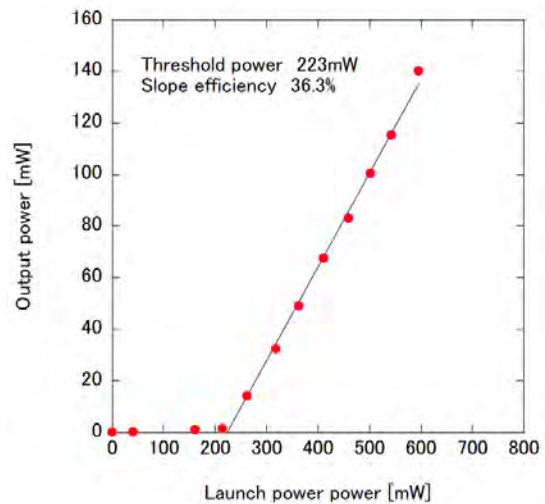


Fig.4 可視光 SESAM を用いた Q スイッチパルスレーザー入出力特性

以上の様に、本研究目的における波長可変特性は思った通り得られなかったが、研究の進展において、新たな成果として安定した可視光 Q スイッチパルスレーザーがシングルモードにて得られる事が分かった。

#### 5. 本研究に関する主な発表論文

- 1) S. Kajikawa, M. Yoshida, S. Motokoshi, O. Ishii, M. Yamazaki, and Y. Fujimoto, "Visible ns-pulse laser oscillation in Pr-doped double-clad structured waterproof fluoride glass fiber with SESAM", The Journal of Engineering, **vol.2107** (2017) pp.407-409
- 2) S. Kajikawa, M. Yoshida, O. Ishii, M. Yamazaki, Y. Fujimoto, "Visible Q-switched pulse laser oscillation in Pr-doped double-clad structured waterproof fluoride glass fiber with graphene", Optics Communications, **vol. 424** (2018) pp.13-16.

#### <参考文献>

- [1] Y. Fujimoto, M. Nakatsuka, A novel method for uniform dispersion of the rare earth ions in SiO<sub>2</sub> glass using zeolite X, Journal of Non-Crystalline Solids, **215** (1997) 182-191.
- [2] M. Murakami, Y. Fujimoto, S. Motokoshi, T. Sato, H. Shiraga, Short-length fiber laser oscillation in 4-mm Nd-doped silica fiber fabricated by zeolite method, Optics Communications, **328** (2014) 121-123.
- [3] Y. Fujimoto, T. Suzuki, R.A.M. Ochante, T. Hirayama, M. Murakami, H. Shiraga, M. Yoshida, O. Ishii, M. Yamazaki, Generation of orange pulse laser in waterproof fluoride glass fibre with graphene thin film, Electronics Letters, **50** (2014) 1470-1471.
- [4] Y. Fujimoto, O. Ishii, M. Yamazaki, Design of simple and compact tunable fibre laser, Electronics Letters, **51** (2015) 925-926.
- [5] S. Kajikawa, T. Terao, M. Yoshida, S. Motokoshi, O. Ishii, M. Yamazaki, Y. Fujimoto, Single-mode visible laser oscillation in Pr-doped double-clad structured waterproof fluoro-aluminate glass fibre, Electronics Letters, **52** (2016) 861-862.
- [6] S. Kajikawa, M. Yoshida, S. Motokoshi, O. Ishii, M. Yamazaki, Y. Fujimoto, Visible ns-pulse laser oscillation in Pr-doped double-clad structured waterproof fluoride glass fiber with SESAM, J Eng-Joe, (2017).

研究項目： 科学研究費助成事業（基盤研究（A））

研究期間： 2016/4/1～ 2018/3/31

研究課題名（和文）：

公共空間の安全性確保を目指した可聴型音響設計システムの構築

研究課題名（英文）：

Acoustic design system using auralization techniques to ensure the safety in public spaces

研究者：

|                          |   |                            |   |
|--------------------------|---|----------------------------|---|
| ○佐藤 史明<br>SATO H Fumiaki | 千葉工業大学<br>創造工学部 建築学科 教授                 | 竹本 浩典<br>TAKEMOTO Hironori | 千葉工業大学<br>先進工学部 知能 <sup>デ</sup> ィ工学 教授  |
| 飯田 一博<br>IIDA Kazuhiro   | 千葉工業大学<br>先進工学部 知能 <sup>デ</sup> ィ工学 教授  | 菅木 禎史<br>CHISAKI Yoshifumi | 千葉工業大学<br>先進工学部 知能 <sup>デ</sup> ィ工学 教授  |
| 大川 茂樹<br>OKAWA Shigeki   | 千葉工業大学<br>先進工学部 未来 <sup>ド</sup> ィ工学 教授  | 藤江 真也<br>FUJIE Shinya      | 千葉工業大学<br>先進工学部 未来 <sup>ド</sup> ィ工学 准教授 |
| 木幡 稔<br>KOHATA Minoru    | 千葉工業大学<br>情報科学部 情報 <sup>ネ</sup> ィ工学 教授  | 柳川 博文<br>YANAGAWA Hirofumi | 千葉工業大学<br>情報科学部 情報 <sup>ネ</sup> ィ工学 教授  |
| 須田 宇宙<br>SUDA Hiroshi    | 千葉工業大学<br>情報科学部 情報 <sup>ネ</sup> ィ工学 准教授 | 矢野 博夫<br>YANO Hiroo        | 千葉工業大学<br>情報科学部 情報 <sup>ネ</sup> ィ工学 教授  |
| 世木 秀明<br>SEKI Hideaki    | 千葉工業大学<br>情報科学部 情報 <sup>ネ</sup> ィ工学 准教授 | 山崎 治<br>YAMAZAKI Osamu     | 千葉工業大学<br>情報科学部 情報 <sup>ネ</sup> ィ工学 准教授 |

## 1. 研究開始当初の背景

我々は平成 17 年度より音響情報フロンティアセンターを学内に組織し、音の情報性・文化性・福祉性・安全性・快適性について議論を重ねてきた。その中で、音響情報による安全確保の手法の開発が一つ喫緊の課題としてあげられた。都市部で集中豪雨が多発発生し、“ゲリラ豪雨”という呼称が一般に広く使用されるようになったのは H20 年である。不特定多数の人々が行き交う公共空間では音の情報性が極めて重要であり、安全性の確保のためにも確実な音響情報伝達の実現の必要性を強く認識し、H22 年度から H24 年度においては“公共空間における安全確保のための音響情報伝達に関する研究（基盤研究 A、課題番号 22241040）”を遂行した。H22 年度の末には、3.11 東日本大震災に見舞われたことは未だ記憶に新しい。本申請は上述の科研課題をさらに深化させるべく応募したものである。

## 2. 研究の目的

公共空間では、平常時の案内アナウンスなどの明瞭な音声情報伝達はもとより、非常災害時には、音声あるいはサイン音による警報・避難誘導情報的確な伝達が必要である。しかしながら、実際には音響情報による伝達が困難となっているケースも少なくなく、東日本大震災の際には、一段とその重要性

が認識された。このような問題を解決するためには、各種公共空間の音環境条件、拡声システムの特性・性能、音源信号となるアナウンスやサイン音の設計などに関する検討が必要である。それと同時に、情報の受け手である人の聴覚特性と視覚特性の相互作用に関する検討も必要である。図 1 に安全確保のための音響情報伝達のフローを示す。そこで本研究では、様々な公共空間を対象として音響情報伝達システムの性能向上を目的とし、その具体的方法として可聴型音響設計システムを構築する。

## 3. 研究の方法と構築したシステム

公共空間における明瞭かつ確かな情報伝達を確保するという課題に対処していくためには、様々の関連分野（建築音響学、音声、電気音響、信号処理、認知心理学など）を統合して取り組むことが重要である。幸い、我々の研究グループは上記の各分野を専門とする者の集まりであり、そこで、5 つの要素研究（1: 音環境、2: 電気音響システム、3: 音声合成、4: サイン音、5: 聴覚と視覚の相互作用）を設定し（分担課題と担当については図 2 参照）、各要素研究の深化と各要素研究で構成される 3 次元音環境シミュレータの深化を並行して進めていくことで可聴型音響設計システムの構築を図った。構築したシステムを図 3 に示す。



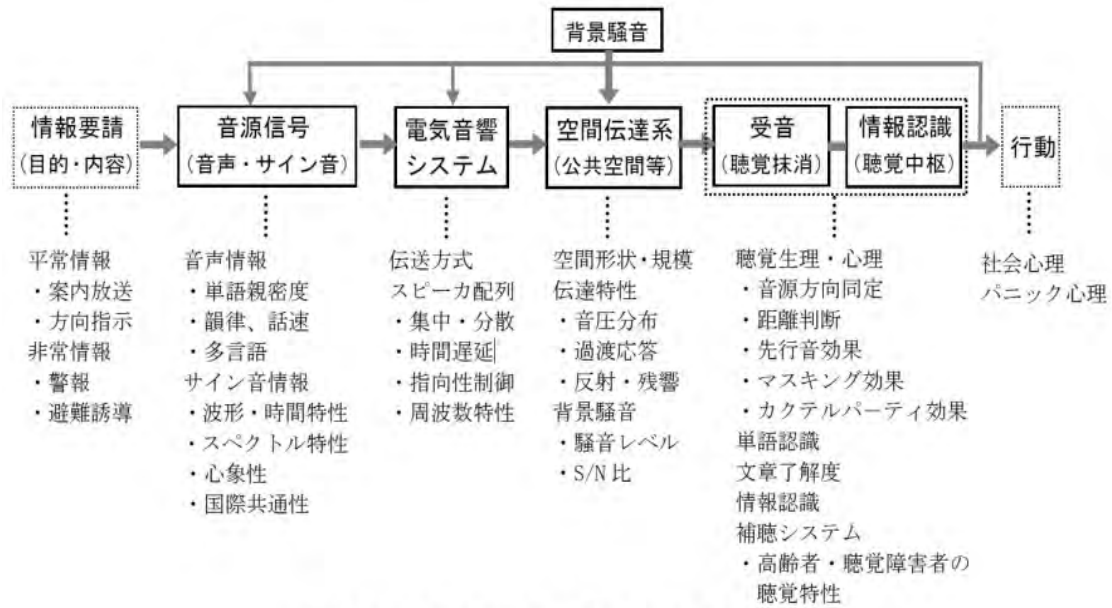


図1 安全確保のための音響情報伝達 (構成のフロー)

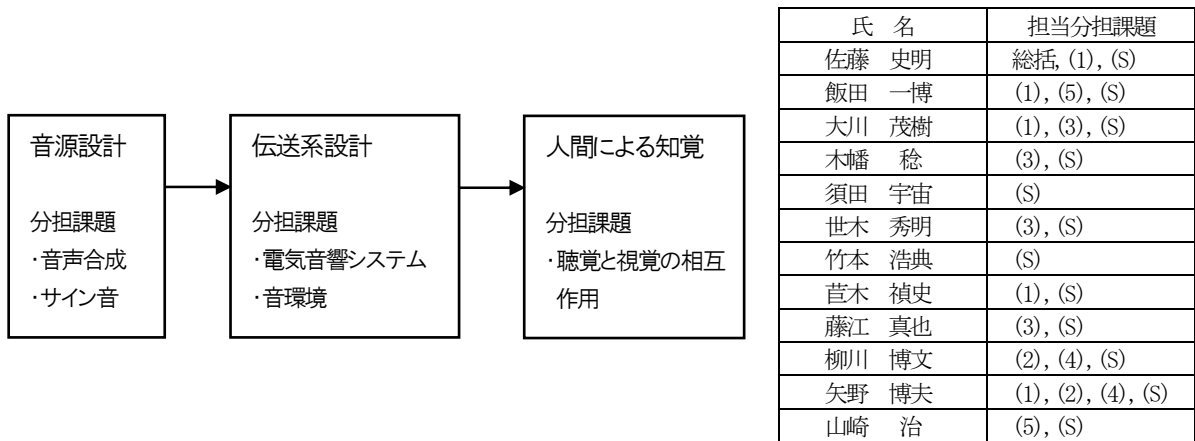


図2 分担課題ならびに担当

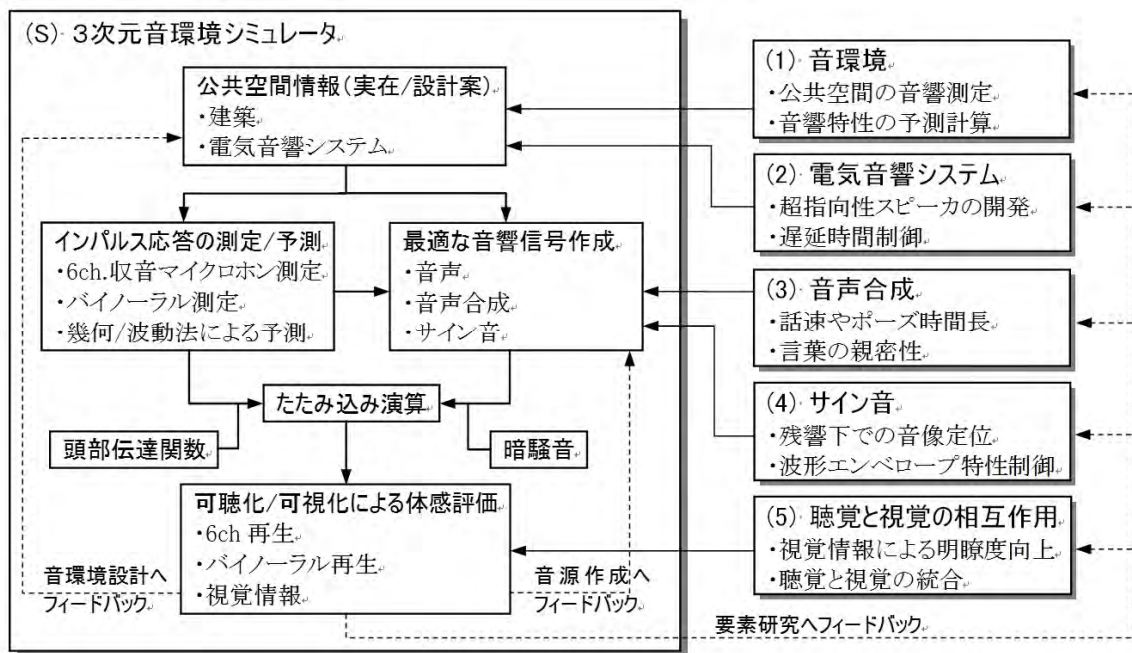


図3 可聴型音響設計システム (視覚情報の提示も含む)

---

研究項目： 科学研究費助成事業（基盤研究（A））

研究期間： 2017/4/1 ~ 2018/3/31

研究課題名（和文）：

拡張可能な学習支援システムのための分散マルチプラットフォームアーキテクチャの研究

研究課題名（英文）：

A Study on a Distributed Multi-Platform Architecture for Extensible Learning Support System

研究者：

○仲林 清 千葉工業大学  
NAKABAYASHI Kiyoshi 情報科学部 情報ネットワーク学科 教授

森本容介 放送大学  
MORIMOTO Yosuke 教養学部 准教授

池田 満 北陸先端科学技術大学院大学  
IKEDA Mitsuru 知識科学研究科 教授

瀬田和久 大阪府立大学  
SETA Kazuhisa 人間社会システム科学研究科 教授

田村恭久 上智大学  
TAMURA Yasuhisa 理工学部 教授

---

## 1. はじめに

e ラーニングの分野では、教育品質の向上や内容の豊富化のために、学習コンテンツや学習方略記述の流通再利用を促進することが不可欠である。しかし、学習者適応機能を有するコンテンツや協調学習の学習方略記述を流通再利用する枠組みは確立されていない。これは、流通再利用性と学習支援機能の拡張性の両立が困難であるためである。

上記の課題を解決するため、報告者は「教材オブジェクト」と呼ぶ概念を導入した学習支援システムアーキテクチャ ELECOA（Extensible Learning Environment with Courseware Object Architecture）を提案した[1]。このアーキテクチャでは、相互運用性と機能拡張性の両立のために、教材オブジェクトという概念を導入している。新たな機能を実現する際には、新規の教材オブジェクトを追加して拡張を行う。既存コンテンツは既存教材オブジェクトを使用して動作するため機能追加の影響を受けず、機能拡張性を向上できる。この機能拡張性を活用し、SCORM 規格準拠の独習環境、グループ型作問学習環境などを実装してきた。さらに、独習、グループ学習の学習制御に共通する教材オブジェクト間の基本通信パターンを見出し、教材オブジェクトがこの通信パターンを遵守するためのデザインパターンを導いた。このデザインパターンによって、個別に開発された独習用コンテンツをグループ学習で再利用することが可能になること、グループ型作問学習など実用的な学習環境が実現できることを示した[2]。

以上の研究成果を踏まえ、本研究では、再利用可能な教材オブジェクトが、Web サーバやスマートフォンなどの複数プラットフォームに分散・連携するマルチプラットフォーム学習環境の検討・開発を行う[3]。

## 2. 教材オブジェクトのデザインパターン

ELECOA の通信パターンについて整理する。対象とする学習コンテンツ・学習制御構造は階層型（木構造型）とし、各ノードに教材オブジェクトを配置する。木構造の一部のサブツリーを取り出して再利用可能とするため、教材オブジェクト間の通信は、直接の親子間に限定するものとする[1]。さらに、ツリー全体での学習制御機能を実現するために、直接の親子間の通信を組み合わせることで特定の機能を実現する通信パターンを定義する[2]。これらの通信パターンを実装している各教材オブジェクトは自由に組み合わせることが可能となり、教材オブジェクトを修正・追加することで、新たな学習制御機能を追加できる。通信パターンは、独習型学習環境[1]で規定された「シーケンシング処理」、「ロールアップ処理」、「ポストコンディショナルルール処理」、「学習コマンドリスト生成処理」の各処理に対応する。グループ学習で必要となる機能についても、他学習者の状態を条件とする分岐はシーケンシング処理で、他学習者との同期および他学習者の状態を条件とする強制移動はポストコンディショナルルール処理で実現できる[2]。

この通信パターンを満たすための教材オブジェクトのデ

デザインパターンを図1に示す[2]。Leaf, Block, Rootは木構造の各ノードの教材オブジェクトである。それぞれのノードは、学習コンテンツ・学習制御構造の階層構造を規定する隣接通信層、上に説明した「シーケンシング処理」などの4つの通信パターンを実装する基本通信層、教材オブジェクトや学習環境固有の学習制御機能を実装するアプリケーション層からなり、全体としてレイヤ型のデザインパターンを構成する。隣接通信層のインスタンスはコマンドの送受信を行うが、その内容には関知しない。学習者のコマンドを左端のCommand Entryが受け取り、4つの通信パターンを起動する。学習制御処理は、4つの通信パターンに対応した基本通信層から起動されるアプリケーション層のメソッドで実行される。

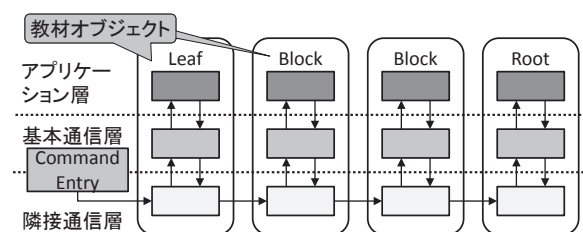


図1 レイヤードesignパターンによる教材オブジェクト間通信

### 3. 分散マルチプラットフォーム学習環境

図1のデザインパターンでは、隣接教材オブジェクト間の通信を司る隣接通信層と各教材オブジェクトの学習制御を実装する基本通信層、アプリケーション層が明確に分かれている。従って、物理的な通信手段を上位層から隠せば、教材オブジェクトとして実装されたさまざまな学習制御機能がサーバ、スマートフォン、電子教科書など、複数プラットフォームで再利用可能な分散マルチプラットフォーム学習環境を実現できる[3]。

この学習環境の構成イメージを図2に示す。コンテンツツリーは、サーバとスマートフォンなどの端末にまたがって配置される。通常は、端末がサーバと通信してグループ学習のための学習制御が行われる。端末がオフラインになった場合も、端末上の教材オブジェクトによって学習を進めることができる。

このような分散マルチプラットフォーム学習環境を実現するうえで検討すべき課題を挙げる。

- (1) 分散プラットフォームアーキテクチャ
- (2) 教材オブジェクト間通信方式
- (3) 教材オブジェクト動的再配置方式
- (4) 実用的学習支援環境への適用

2017年度は、(1)の分散プラットフォームアーキテクチャの検討を進めた、これまでの実装では、図2のような複数のコンテンツツリーは、ひとつのサーバ上に配置されており、教材オブジェクト間の通信は、オブジェクト指向言語のメソッド呼び出しで実装されていた。今回はコンテンツツリーが複数プラットフォームにまたがる環境を対象とする。分散環境での教材オブジェクトの流通再利用のために

は、プラットフォーム内とプラットフォーム間の通信の区別がないことが望ましい。しかし、サーバや携帯端末の開発言語・動作環境はさまざまである。教材オブジェクトの流通を図るためには、プラットフォーム環境の影響を受けないことが望ましい。そこで、図1の教材オブジェクトのデザインパターンを参照モデルとして、教材オブジェクトからプラットフォーム間通信や開発言語・動作環境を隠ぺいした分散プラットフォームアーキテクチャの検討を行う。

プラットフォーム間通信を隠ぺいする方法としては、

- (1) TCPポートで共通インターフェースを実装する、
- (2) JavaScriptなどのAPIを設ける、
- (3) アプリケーション層の機能記述言語を開発する、

といった選択肢があり得るが、現在、(2)の方針で進めている。教材オブジェクトはJavaScriptで実装し、WebサーバはNode.js、スマートフォンはReact Nativeを開発環境とし、プラットフォーム間の通信はWebSocketを用いる。

現在、学習実行時の教材オブジェクト間の通信手順、複数学習者の教材オブジェクトツリー間の通信手順、学習開始時の教材オブジェクトのインスタンス化手順などについて、詳細検討と実装による動作検証を進めている。Webサーバ、スマートフォン双方で、JavaScriptで教材オブジェクトを実装することができれば、複数プラットフォームにまたがる教材オブジェクトの再利用が可能となり、教材オブジェクトの動的再配置の技術的な基盤が確立できる。

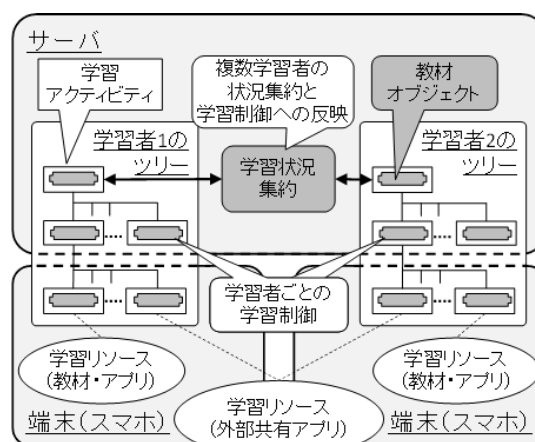


図2 分散マルチプラットフォーム学習環境

### 参考文献

- [1] 仲林 清, 森本容介 (2012) 拡張性を有する適応型自己学習支援システムのためのオブジェクト指向アーキテクチャの設計と実装, 教育システム情報学会誌, 29(2), 97-109.
- [2] 仲林 清, 森本容介 (2018) 拡張性を有する学習支援システムにおける再利用性向上のための教材オブジェクトデザインパターンの設計と実装, 教育システム情報学会誌, 36(2), 248-259.
- [3] 仲林 清, 森本容介, 池田 満, 瀬田 和久, 田村 恭久 (2018) 拡張性を有する学習支援システムアーキテクチャに基づく分散マルチプラットフォーム学習環境の検討, 教育システム情報学会研究報告, 32(6), 69-76

---

研究項目： 科学研究費助成事業（挑戦的萌芽研究）

研究期間： 2017/4/1 ~ 2018/3/31

研究課題名（和文）：

ビデオ視聴と他レポート吟味により学習に関する内省を支援する教授設計の研究

研究課題名（英文）：

A Study on a Pedagogical Design to Promote Reflection on Learning Process by Viewing Video and Reviewing Reports of Other Students

研究者：

○仲林 清 千葉工業大学  
NAKABAYASHI Kiyoshi 情報科学部 情報ネットワーク学科 教授

田中 孝治 北陸先端科学技術大学院大学  
TANAKA Kouji 知識科学研究科 助教

---

## 1. はじめに

近年、初中等教育や高等教育において自ら学ぶ力の育成が重視されている。また、産業界においても自ら学び続けることのできる人材が求められている。自ら学ぶ力に関して、学習におけるメタ認知[1-2]や自己調整学習[3]などの研究が多数行われている。社会人の成長についても、熟達者の行動特性や学習形態について多くの研究が行われている。一方、このようなメタ認知、自己調整学習や熟達化を促進するための教授方法についても様々な研究があるが、多くは個別の教科・分野に依存したものとなっている。

これらの先行研究が、特定の科目の授業設計において、自己調整学習を促進させる介入を行うものであったのに対して、本研究は、大学生レベルの学習者を対象に、自らの学習経験と、上記の学術的・体系的知識とを結びつけて内省・概念化させる機会を与え、以後の活動におけるメタ認知や学習方略の活用を促進することをねらいとしている。

## 2. 学習主題

本研究では、自己調整学習[3]を中心に学習理論や学習の動機づけを取り上げる。自己調整とは、教育目標の達成を目指して学習者が自ら作り出す思考・感情・行為であり、学習過程において、メタ認知・動機付け・行動に能動的に関与することを自己調整と呼ぶ。特に、自己調整学習方略・自己効力感・目標への関与が重要とされている。

自己調整学習は、予見段階、遂行段階、自己内省段階からなる個人的フィードバック・ループとしてモデル化される。本授業実践では、後述するドキュメンタリービデオの内容との関連から、以下を具体的な学習主題とした。

### (1) 予見段階における目標設定・動機付け・自己効力感

予見段階では、学習に先立ち学習を自己調整する準備と自己動機付けを行う。準備では、課題の目標設定や課題を解く方略の計画立てが行われる。動機付けは、自己効力、結果予期、課題興味などに依っていて、課題の目標設定や

方略計画に関係している。自己調整学習に上達した学習者は、明確で具体的な目標設定や計画を立てることができ、自己効力や結果予期に起因する高い動機付けを得る。

### (2) 遂行過程のセルフ・モニタリング

遂行段階は、実際の学習や課題解決に対応し、セルフ・コントロールと自己観察からなる。このうち、セルフ・コントロールには、各種の認知的・メタ認知的学習方略が含まれる。自己観察は、メタ認知モニタリング（セルフ・モニタリング）と自己記録が含まれる。自己調整学習に上達した学習者は、遂行過程のセルフ・モニタリングを行い、これに基づいてセルフ・コントロールを行って方略を修正していくことができる。

### (3) 自己内省段階における自己評価や原因帰属、それによる適応的／防衛的反応

自己内省段階は、学習や課題解決の結果に関わる段階で、自己判断と自己反応が含まれる。自己判断は、遂行結果を目標基準と比較する自己評価、遂行結果の原因を能力・努力・方略使用などの原因と結びつける原因帰属からなる。自己反応は、自己満足／感情と適応的／防衛的決定に分類される。前者は情動的な決定で、一般に学習者はマイナスの感情を生じる学習活動を避ける。適応的決定は、使用した方略に原因を帰属した場合に、次回は方略を修正する、という決定を行うことである。逆に、防衛的決定は、能力に原因を帰属させ、マイナスの感情から逃れるために遅延や課題回避を行うことである。自己調整学習に上達した学習者は、自己評価を行い、努力や方略に原因を帰属し、これらを修正する適応的決定を行うことができる。

### (4) 自己調整学習を促進するための教師の介入

教師は、自己調整学習を促進するために、命令や指示といった「統制的教授行動」をとるのではなく、「自律性支援的教授行動」をとることが望ましい。このような教授行動には、「学習者がしたいことを尋ねる」、「理由を説明する」、「フィードバックでほめる」などが含まれる。

### 3. 授業設計

本授業の対象の大学生は、メタ認知や自己調整学習の能力を誰もが身につけているわけではないが、小中等の学習者に比べれば、前節のような学術的・体系的知識を理解するのに十分な知的水準を有していると仮定できる。また、学習過程に関する経験があり、これを客観的に振り返る能力も有していると期待できる。そこで、これらの学術的・体系的知識と学習者自身の経験・既知知識とを結びつけさせて内省・概念化を促進する。これに基づく授業設計の枠組みを図1に示す。学習の主題に即したドキュメンタリーを視聴させ、これに関するレポートを課す。次の授業直前までにレポートをオンラインで集約して授業で配布し、教員が内容を適宜紹介する。これを必要に応じて繰り返す。

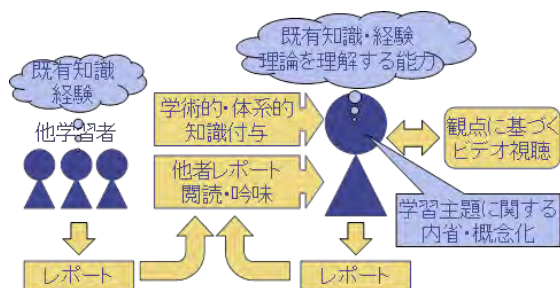


図1 授業設計の枠組み

2017年度の授業では、3本のビデオを使用した。うち1本は、NHKの「あしたをつかめ」というシリーズの「#33 塾講師」(以下、塾講師)である。塾講師と上司、および、女子中学生が主な登場人物である。中学生は数学が苦手な成績が伸びずやる気を失っている。講師との面談では「周りが天才だから」と発言する。講師は、努力すれば成績が伸びることを伝えたいと上司に相談し、上司は、自発的に勉強させる施策が大事だ、とアドバイスする。講師は自習ノートを生徒に渡し、科目を自分で選んで目標を書いて自習するように告げる。生徒は、科目を数学に決め、「その日間違ったところを復習する」という目標を決める。この結果、次の小テストで1回で合格する

上記の生徒の言動は、自己調整学習の観点から以下のように解釈できる。生徒は、数学に苦手意識があり、自己効力感がない。「周りが天才だから」という発言から、成績の悪さを能力に原因帰属していることがうかがえる。また、間違えたところを振り返ることもしておらず、防衛的な感情が出ている。それに対して講師は、生徒の適応的決定を促すために、自習する科目・目標を自分で決めるように告げて目標設定を促し、また自習ノートによる努力の可視化の仕組みを作っている。これによって生徒は、「数学でその日間違ったところを復習する」という近時的で具体的な学習目標を自分で決め、この結果、小テストに合格しプラスの感情を得ることができた。

授業では、1コマ目に学習理論の説明と自身の学習経験に関するレポートを執筆、2コマ目と3コマ目にさらに自己調整学習などの理論説明と「塾講師」のビデオ視聴を行い、レポートの執筆・配布を行った。

### 4. 実践評価

2017年の前期に授業を実施した。対象は情報ネットワーク学科の1年生である。今年度は特に、学習に対する工夫の変化とメタ認知的な気づきの関係に着目した[4-5]。事前・事後に自身の学び方に関する工夫を三つまで記述させた(表1)。事後にはメタ認知的な記述が増えている。また、事後に学び方に関する意識変化を記述させた(表2)。記述内容に、自身の考えや行動についてのメタ認知的モニタリング、メタ認知的コントロールに関する内容が含まれているか否かの分類を行った。学び方の工夫でひとつでも「自己調整」に属する記述を行った学習者と、学び方の意識変化でメタ認知的な記述を行った学習者のクロス集計を行った結果を表3に示す。 $\chi^2$ 検定を行った結果、事前には有意な関連は無かったが、事後(以前)、事後(今後)には有意な関連が見られた。本授業でメタ認知的な意識変化が見られた学習者に、自己調整的な学びの工夫を記述する傾向が表れた。

表1 学び方の工夫 (1名三つまで記述, n=113)

| カテゴリー  | 記述割合 (%) |          |          |
|--------|----------|----------|----------|
|        | 事前       | 事後<br>以前 | 事後<br>今後 |
| 総記述数   | 293      | 300      | 288      |
| 不適応的   | 0.7      | 3.3      | 1.4      |
| 抽象的    | 23.9     | 20.7     | 21.9     |
| 抽象自己調整 | 21.8     | 28.0     | 33.3     |
| 基礎     | 15.0     | 14.7     | 8.0      |
| 自己調整   | 20.5     | 24.0     | 32.3     |
| その他    | 18.1     | 9.3      | 3.1      |

表2 学び方に関する意識変化の記述例

(上段:メタ認知無し, 下段:メタ認知有り)

|  |
|--|
| 学習の方法について良い方法を知る事が出来た<br>意味を考えて勉強することの大切さを知った  |
| 単なる知識を暗記するだけではなく、それがどのようにしているかを追求していくことが今後大事になってくると感じた。今回の講義で自分もこれできていなかったんだと気づけて、その気づけたことそのものがメタ認知なんだと意識して考えられるようになったのでそこが変わったとこだと思う。 |

表3 学び方の意識変化と自己調整的記述 (人数)

| メタ認知 \ 自己調整記述  | 事前   |    | 事後(以前) |    | 事後(今後)  |    |
|----------------|------|----|--------|----|---------|----|
|                | 無    | 有  | 無      | 有  | 無       | 有  |
| なし             | 28   | 13 | 27     | 14 | 24      | 17 |
| あり             | 37   | 35 | 31     | 41 | 23      | 49 |
| $\chi^2$ 検定のp値 | 0.08 |    | 0.02*  |    | 0.006** |    |

#### 参考文献

- [1] 市川伸一(編)(2010) 発達と学習, 北大路書房
- [2] 三宮真智子(編著)(2008) メタ認知, 北大路書房
- [3] 自己調整学習研究会(編)(2012) 自己調整学習, 北大路書房
- [4] 仲林 清(2017) 自己調整学習に関する内省・概念化を促す授業における学習者の意識変化, 日本教育工学会研究報告集, JSET17-4, 51-58.
- [5] 仲林 清(2018) 自己調整学習に関する内省・概念化を促す授業における学習者意識変化の分析, 教育システム情報学会研究報告, 32(5), 1-8.



# 〔科学研究費助成事業一覽〕



## 科学研究費助成事業一覧

| No. | 種目      | 氏名    | 研究課題名                                      |
|-----|---------|-------|--|
| 1   | 基盤研究(A) | 佐藤 史明 | 公共空間の安全性確保を目指した可聴型音響設計システムの構築              |
| 2   | 基盤研究(A) | 仲林 清  | 拡張可能な学習支援システムのための分散マルチプラットフォームアーキテクチャの研究   |
| 3   | 基盤研究(B) | 安藤 昌也 | 社会的資源の配分を巡る譲り合い行動を促す利他的インタフェースの設計理論の確立     |
| 4   | 基盤研究(B) | 小澤 俊平 | Al 合金のフラックスフリーロウ付に対する雰囲気酸素分圧と添加元素の影響       |
| 5   | 基盤研究(B) | 原 祥太郎 | 固体酸化物形燃料電池の電極電解質一体焼成プロセスの解明と制御             |
| 6   | 基盤研究(B) | 枚田 明彦 | 機能性誘電体層集積導波管スロットアレーアンテナとその近接テラヘルツ無線応用の研究   |
| 7   | 基盤研究(C) | 秋葉 知昭 | 多様な多目的ネットワークの最適解導出方法の研究                    |
| 8   | 基盤研究(C) | 伊藤 剛司 | 馴分岐拡大を用いた不分岐岩澤加群の研究                        |
| 9   | 基盤研究(C) | 上田 隆一 | 実世界を行動するエージェントの空間認識能力と行動決定則の同時学習           |
| 10  | 基盤研究(C) | 鎌倉 浩嗣 | イメージセンサ受信機を用いた可視光通信による車車間アドホックネットワークの構築    |
| 11  | 基盤研究(C) | 國宗 永佳 | 学習・教育支援機能を有する初心者向けビジュアルプログラミング環境の開発        |
| 12  | 基盤研究(C) | 久保 裕史 | 高効率水耕型ソーラーシェアリングシステムの基礎研究                  |
| 13  | 基盤研究(C) | 熊本 忠彦 | 個々の書き手・読み手を意識した統合的な感性情報マイニング技術に関する研究       |
| 14  | 基盤研究(C) | 齋藤 哲治 | 新しいSm-F e系磁性相の探求                           |
| 15  | 基盤研究(C) | 佐藤 徹治 | 人口減少時代における高速交通整備による地域経済効果計測手法の開発           |
| 16  | 基盤研究(C) | 佐波 孝彦 | MIMO伝送のためのエネルギー効率を改善する人工雑音・人工高速フェージング生成法   |
| 17  | 基盤研究(C) | 菅原 真司 | 複数ユーザによる multi-cloud 型コンテンツストレージシステムの設計と実装 |
| 18  | 基盤研究(C) | 鈴木 浩治 | 3D プリンタによる位相最適化コア層 CFRP サンドイッチ構造のテーラーメイド設計 |
| 19  | 基盤研究(C) | 鈴木比呂子 | 間隙水圧の変動を考慮した直接基礎構造物の液化化被害予測手法の提案           |
| 20  | 基盤研究(C) | 関 弘和  | 電動アシスト車いすのユーザ特性適応型制御法と操作訓練システムの開発          |
| 21  | 基盤研究(C) | 竹本 浩典 | ビブラートの生成メカニズムに関する研究                        |
| 22  | 基盤研究(C) | 長 敬三  | 平面型周波数分散性移相器構成法の研究                         |
| 23  | 基盤研究(C) | 富井 規雄 | トータルな視点からの鉄道のダイヤ乱れへの対応策の最適化                |
| 24  | 基盤研究(C) | 中川 泰宏 | 物理模型と仮想環境をマッピングしたネットワーク教育プラットフォームの作成       |
| 25  | 基盤研究(C) | 林原 靖男 | 頑健な自律ヒューマノイドロボットプラットフォームの開発                |
| 26  | 基盤研究(C) | 東山 幸司 | 二重ベータ崩壊の半減期評価のための原子核構造の精密計算                |
| 27  | 基盤研究(C) | 引原 有輝 | 子どもの外遊びを促進するための公園環境の提案                     |
| 28  | 基盤研究(C) | 藤原 明広 | 長期近接遭遇特性を反映する標準移動モデルの開発と遅延耐性通信の安定性評価       |
| 29  | 基盤研究(C) | 前川 仁孝 | 戦略的な投票行動による合議アルゴリズムを用いた囲碁プログラムの効率化         |
| 30  | 基盤研究(C) | 松井 伸介 | AFM を用いた研磨加工素過程とナノ・マイクロ加工の研究               |
| 31  | 基盤研究(C) | 三村 尚央 | 文化的記憶としてのイギリス多文化主義についての研究                  |
| 32  | 基盤研究(C) | 宮田 高道 | 確率的凸最適化アルゴリズムによる画像処理・伝送に関する研究              |
| 33  | 基盤研究(C) | 望月 悦子 | 建築ストックの健康寿命延命のための照明レトロフィットに関する指針提案         |
| 34  | 基盤研究(C) | 安川 雪子 | 厳密制御した局在表面プラズモン共鳴型磁気プラズモニク材料:磁気センサへの展開     |
| 35  | 基盤研究(C) | 山本 典史 | 凝集誘起発光イメージングで「観る」プリオンタンパク質オリゴマーの形成・伝播機構    |
| 36  | 基盤研究(C) | 吉村 晶子 | 災害応急期の捜索救助医療活動に関するデータベース構築と災害救助訓練学の確立      |
| 37  | 基盤研究(C) | 米田 完  | 慣性アシスト付き2足ロボットおよび人の歩行のスムーズな補助              |
| 38  | 基盤研究(C) | 脇田 和樹 | タリウム系化合物の構造相転移によるナノドメインの直接観察               |
| 39  | 挑戦の萌芽   | 市川 洋子 | 教育実習日誌を利用した教員志望学生の主体的実践省察の熟達化の解明と支援開発      |
| 40  | 挑戦の萌芽   | 小澤 俊平 | 無容器溶融凝固法によるマルチフェロイックコンポジットの創製              |
| 41  | 挑戦の萌芽   | 藤本 靖  | 回折格子やエタロンを使用しない新規構造の波長可変レーザー開発             |
| 42  | 若手研究(B) | 大貫 俊彦 | 明治期の近代文体成立過程における批評家内田不知庵の翻訳言語と文学概念に関する研究   |
| 43  | 若手研究(B) | 小田 僚子 | 船舶レーダーと画像解析に基づく都市域における降雨微細構造の解明            |
| 44  | 若手研究(B) | 小野寺一浩 | 多項式に付随するゼータ関数の非正整数点における挙動の解明               |
| 45  | 若手研究(B) | 金田 晃一 | 水中環境での日常生活動作の動作・筋活動調査およびフィードバックツール開発の試み    |
| 46  | 若手研究(B) | 魏 秀欽  | 世界最高水準の超高周波小型電源における理論の体系化とその開発             |
| 47  | 若手研究(B) | 木島 愛  | フランス語の知覚動詞に関する凝結表現の研究                      |
| 48  | 若手研究(B) | 小林 学  | イギリス土木・機械技術の展開と工学理論との相互関係について              |
| 49  | 若手研究(B) | 佐野 雅隆 | 医療事故を防ぐためのプロセス改善を目指した新しい分析手法の開発            |
| 50  | 若手研究(B) | 島崎 俊明 | パーフルオロアルキル基を有する C3 対称低分子量ゲル化剤の創製と機能開拓      |
| 51  | 若手研究(B) | 菅 洋志  | ナノギャップ NEMS を利用した高耐久エレクトロニクス素子基盤技術の開発      |
| 52  | 若手研究(B) | 高木 彩  | 電磁波に関するリスクコミュニケーションの基盤形成                   |
| 53  | 若手研究(B) | 滝 聖子  | 製造業における技能伝承と人材育成の体系化に関する研究                 |
| 54  | 若手研究(B) | 田隈 広紀 | 事業に適した業績評価指標を抽出するデータ分析手法及び格納形式の研究          |
| 55  | 若手研究(B) | 信川 創  | 小脳型スパイクニューラルネットワークによる革新的機械学習機構の構築          |
| 56  | 若手研究(B) | 福嶋 尚子 | 学校財務評価制度・実践モデルの構築                          |
| 57  | 若手研究(B) | 藤木 竜也 | 政府高官官舎・地方高官官舎に見る「和洋館並列型住宅」の成立と展開に関する研究     |
| 58  | 若手研究(B) | 渡邊 努  | 変分モンテカルロ法を用いた励起子凝縮状態の研究                    |

\*各センターを除く

\*プロジェクト研究年報への掲載は任意である



---

---

千葉工業大学 プロジェクト研究年報 2018年  
Vol.15

平成30年9月発行

編集発行：千葉工業大学 附属研究所

---

---



千葉工業大学

CHIBA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

〒275-0016 千葉県習志野市津田沼2-17-1

2-17-1, Tsudanuma, Narashino, Chiba 275-0016, Japan

Tel:047-478-0325

Fax:047-478-0434