

千葉工業大学

プロジェクト研究年報

2019年

千葉工業大学
プロジェクト研究年報
2019年度

〔先端研究推進プロジェクト助成金（Ⅱ）〕

多接合型光触媒セルを用いた人工光合成システムによる水素生成	内田 史朗 ……	1
磁気光学効果測定装置の構築と、これを用いた磁性積層構造の磁気 Kerr 効果	安川 雪子 ……	3
マウス亜種間交配を利用した遺伝子制御シスエレメントの包括的解析	清澤 秀孔 ……	5
ファシリテーター介入型の地域コミュニティ活動が児童の心理社会的健康ならびに日常生活行動に及ぼす影響（パイロット調査）	引原 有輝 ……	7
深層学習による非一様カイラル凝縮構造の導出	安武 伸俊 ……	9

〔先端研究推進プロジェクト助成金（Ⅲ）〕

ナノコロイド相界面制御による層状ヒートスプレッドの創製	亀谷 雄樹 ……	11
臨床検査業務における事故再発防止のための対策立案方法に関する研究	佐野 雅隆 ……	13
情報技術社会における熟練技術・技能の伝承支援手法に関する研究	滝 聖子 ……	15
水中環境での身体動作は陸上動作を再現できるか？方法論の確立と基礎調査	金田 晃一 ……	17
地方創生施策である日本版 CCRC の全国動向	青木 和也 ……	19
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 ……	21
ISMS の運用におけるコスト効率化に関する研究	米田 翔一 ……	23

* 先端研究推進プロジェクト助成金（Ⅰ）は2年間の研究課題。研究年報は2020年度になる。

〔科研費採択者助成金〕

Robust Controller Bode (RCBode) plot により改良された H_{∞} 制御器による HDD の磁気ヘッド位置決め制御	熱海 武憲 ……	25
振動モード間の共鳴を基礎とした結合振動子系にみられる波動解析への新たな展開	清水 邦康 ……	27
周波数シフトテラヘルツ波による建築物非破壊検査	水津 光司 ……	29
河川、内湾水中マイクロプラスチック挙動解明と代替物質利用による将来濃度予測	亀田 豊 ……	31
災害救助活動を目的とした柔軟変形ロボットの開発	青木 岳史 ……	33
生物の群逃避行動を模倣する群ロボットの反射的振る舞いの高速伝播メカニズムの実現	王 志東 ……	35
緊急災害対応における無人化施工のためのオペレータ支援システム	藤井 浩光 ……	37
神経ネットワークダイナミクスの複雑性に着目した加齢・アルツハイマー型認知症の解析	信川 創 ……	39

目次

2019年千葉工業大学附属研究所 プロジェクト研究年報

教育実践研究と教授・学習支援システム研究とのマッチングプラットフォームの開発	國宗 永佳	41
画像圧縮符号化への機械学習応用に関する研究 ～CNN/HEVC ブロック適応両方向フレーム間予測～	八島 由幸	43
免疫系に着目した運動トレーニングによる熱産生機能向上のメカニズムの解明	川西 範明	45
運動学習効率の向上に高圧酸素曝露は貢献するか？	佐藤 和	47

〔科学研究費助成事業〕

光学面精密創成用小径イオンビーム加工技術の開発	瀧野日出雄	49
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	51
軽量Nパーティ秘匿関数計算の一般化に基づくセキュアなIoTモデルの提案	藤田 茂	53

〔科学研究費助成事業一覧〕	55
---------------	----

〔先端研究推進プロジェクト助成金（Ⅱ）〕



研究項目 : 先端研究推進プロジェクト助成金 (II)
研究期間 : 2018/6/15 ~ 2019/3/31
研究課題名 (和文) : 多接合型光触媒セルを用いた人工光合成システムによる水素生成

研究課題名 (英文) : Hydrogen evolution of the artificial photosynthesis system using a multi-junction photocatalytic cell

研究者 : 〇内田 史朗 千葉工業大学
UCHIDA Shiro 工学部 先端材料工学科 教授
仲村 友希 千葉工業大学大学院
NAKAMURA Yuki 機械サイエンス専攻 修士課程
小田島 慧 千葉工業大学
ODASHIMA Kei 工学部 機械サイエンス工学科

1. はじめに

地球温暖化対策として化石燃料に頼らない「脱炭素化」に向けた重要な技術として人工光合成による水素生成技術が注目されている。この技術を実用化する為には太陽光エネルギーの少なくとも 10 %以上を水素エネルギーに変換する必要があるとされている。現状では、水が太陽光の赤外成分を吸収してしまう事、そして水を透過した太陽光を効率よく吸収するセルの開発が必要な事、水の電気分解反応によって光吸収セル表面が劣化してしまうなどの課題がある。本研究では、先行研究で実績のある InGaP/GaAs/Ge の 3 接合太陽電池の表面電極上の光触媒材料としてプラチナに注目し、その触媒電極の成膜条件による水素生成反応への影響を調べたのでこれを報告する。

2. 研究の内容

(1) 研究の背景

地球温暖化抑制に効果があるとして人工光合成技術が注目を浴びており、太陽光エネルギーを用いた水の電気分解による酸素と水素の生成技術は水素エネルギー社会実現へのキーテクノロジーとして期待されている。古くは、1998 年に米国の NREL から InGaP/GaAs の 2 接合セルを用いて水素生成効率 12.4 % が報告され[1], 2015 年にはドイツのフラウンホーファー研究所より InGaP/InGaAs の 2 接合セルを用いて水素生成効率 14 % が報告されている[2]. 但し、これらは硫酸[1]や過塩素酸[2]などの強酸中での水素生成反応であり、実用化には改善が必要であった。

これに対し、2017 年に Panasonic が表面電極上に光触媒として白金黒を電解めっきした InGaP/GaAs/Ge の 3 接合太陽電池を用いて、ほぼ中性の 3.0 mol/L KHCO_3 溶媒中での太陽光水素エネルギー変換効率 11.2 % の報告をしている[3].

(2) 蒸着 Pt を触媒電極に用いた InGaP/GaAs セル

先行研究から多接合太陽電池に白金 (Pt) が水素生成反応の触媒作用があるという事実を基に、その Pt の成膜方法として広く利用されている電子ビーム蒸着方式を選択し、InGaP/GaAs-2 接合太陽電池上にこれを成膜した。その際、Pt 電極を十字型模様にもetalマスクを用いてパターン形成した。実際の実験に用いた太陽電池の構造、及び反応システムの概要を図 1 に示す。

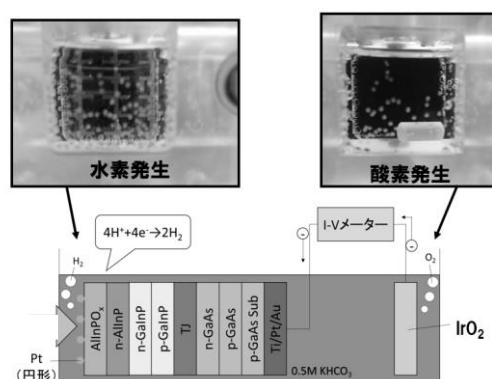


図 1 InGaP/GaAs 太陽電池を用いた水素生成

太陽電池は、p 型 GaAs 基板に p-GaAs ベース層、p-GaAs エミッタ層、トンネル接合層、p-InGaP ベース層、n-InGaP エミッタ層、n-AlInP 窓層の順に結晶成長されており、再表面の AlInP 層は表面を酸化させて AlInPO_x 層として溶媒に溶出しないような構造を用いた。また、AlInPO_x 層上には十字型模様のパターンを周期的に配列させたメタルマスクを用いて、Pt を直接蒸着した。

この Pt 蒸着膜を触媒として用いた太陽電池セルをほぼ中性の 3.0 mol/L KHC₃O₃ 溶媒中で対向電極に IrO₂ を用いて水素生成反応を行ったところ、図 1 の写真に示すように水素の泡が酸素の泡よりも多く発生する様子を観察できた。しかしながら、図 1 の I-V メーターで測定した反応初期の発生起電流値はわずか 1 分程度でその値が半減した。また、実際に擬似太陽光を 1 時間照射し生成反応によって採取した水素の濃度は極めて低く、ガスクロマトグラフィーの検出限界以下であった。

(3) 無電解白金黒めっきを用いた 3 接合セル

前記の水素生成効率を高める為に、めっき溶液に浸すだけで容易にめっきが実現できる無電解方式で InGaP/GaAs/Ge-3 接合太陽電池の縞状のグリッド電極上に白金黒をめっきし、これを触媒として光電極セルを作製した。めっき前のグリッド電極は約 7.9 μm で、3 分間の無電解によるめっき成膜後はその幅が 10.0 μm に拡大し、メッキ後の白金黒が鱗模様に製膜されているのが観察された (図 2)。

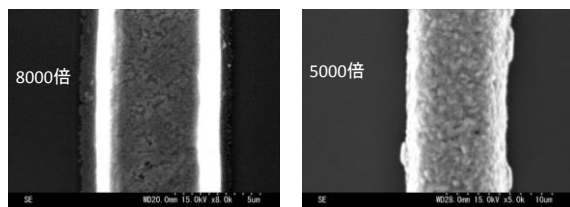


図 2 めっき前後のグリッド電極の SEM 像、(左) めっき前の Ag 電極、(右) 3 分間の無電解めっき後

この 3 接合太陽電池セルを用いて図 1 と同様のシステムで水素生成反応実験を実施した。図 2 にその反応時の生成起電流の経時変化を示す。同じく、60 分間の水素生成反応を試みたが、起電流値は初期に多少の変動がみられたものの、その後安定した値が得られた。初期の変動は、発生した水素の泡によって擬似太陽光の太陽電池セルへの照射が遮蔽されたのではないかと推測している。また、60 分間の光照射時間で採取された水素の量は 22.1 μmol であり、太陽光—水素生成反応率は約 3.0 % と見積もられた。この値は先行研究の Panasonic の 11.2 % と比較すると低いですが、Panasonic が用いたセルの電解めっきによるめっき幅が約 45 μm であった事を考慮すると妥当

な値であると考えている。

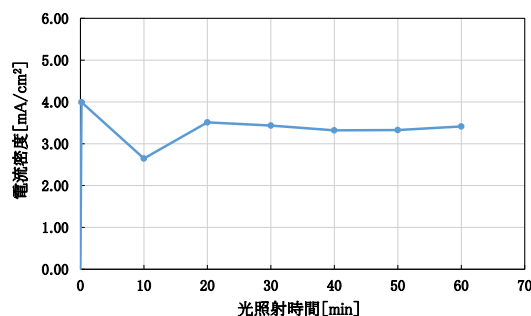


図 3 無電解白金黒触媒太陽電池を用いた水素生成反応での発生起電流の時間変化

3. まとめ

多接合太陽電池にプラチナを触媒電極として用いる事で太陽光を照射するだけで水素生成が実現可能であることが確認された。しかしながら、触媒の成膜方法によってその生成効率や反応安定性が大きく影響を受ける事が判った。本実験では、簡便なプロセスで実現可能な無電解方式による白金黒めっき触媒でも電界めっき方式と同様の水素生成が可能である事を示した。今後は、Pt 触媒の反応効率の改善、および、反応劣化のメカニズムを明らかにして、化石燃料社会から水素社会への移行への一助に貢献してゆきたい。

本研究に関する主な発表論文

- (1) 仲村他, 2017 秋季応用物理学学会 6a-A401-2

参考文献

- [1] O. Khaselev, & Turner, J. A. (1998 Science, 280(5362))
- [2] M. M. Matthias, et al. Nature communications, 6, 425(2015)
- [3] S. Okamoto et al, J. Phys. Chem. C 121(3), 1393(2017),

研究項目 : 先端研究推進プロジェクト助成金 (II)

研究期間 : 2018/6/15 ~ 2019/3/31

研究課題名 (和文) : 磁気光学効果測定装置の構築と、これを用いた磁性積層構造の磁気 Kerr 効果

研究課題名 (英文) : Self-built magneto-optical effect apparatus and magnetic Kerr effects of stacked-magnetic layers evaluated using the apparatus

研究者 : 安川 雪子 千葉工業大学
YASUKAWA Yukiko 工学部 電気電子工学科 准教授

1. はじめに

磁気光学効果とは光と磁気の相互作用であり、古くから様々な分野に応用されている。一方、社会的な要求としてセンサの需要が非常に高まっており、我々は磁気光学効果を利用した新規センサ材料の開発を目指している。磁気光学効果を利用したセンサの実現により、既存のセンサ類と比較してセンシング時間の短縮に期待が持てる。

2. 研究の内容

(1) 磁気光学効果測定装置の構築

当研究室では直流電源/高周波電源の切り替えが可能な高機能マグネトロンスパッタリング装置を複数台現有しており、これを利用して磁性積層膜およびナノ磁性体の試料を作製している。また作製した試料の基本的な磁気特性測定装置も現有している。磁気光学効果を測定するための磁気 Kerr 効果測定装置は共同研究者が現有しており、これまでは共同研究者のご厚意により試料の磁気光学効果を測定させて頂いていた。

しかし研究の進捗に伴い、当研究室に磁気 Kerr 効果測定装置を現有することが不可欠となった。そこで共同研究者の協力を仰ぎ、当研究室に磁気 Kerr 効果測定装置を構築した。図1に構築した磁気 Kerr 効果測定装置を示す。図1には載っていないが、他にバイポーラ電源と A-D コンバータも組み込まれた測定系である。波長 660 nm、出力 51 mW のシングルドット仕様のレーザを入射光源とし、このレーザ光を試料に照射する。またバイポーラ電源によって試料への印加電圧の極性切り替えを可能とした。この印加電圧は試料に印加する外部磁場に相当する。従って印加磁場の極性が可変である。さらに試料に対する入射光の入射角度を可変できるようにした。PC によりこのシステムの印加電圧すなわち印加磁場を制

御し、得られた磁気 Kerr 回転角に相当する電圧信号を取り込んでいる。PC 制御用ソフトウェアには LabVIEW を用いた。



図1 当研究室に構築した磁気 Kerr 効果測定装置

(2) 構築した装置を用いた磁性積層膜の評価
構築した磁気 Kerr 効果測定装置を用いて、我々が実際に作製した FeCo-Al₂O₃ (50 nm) / Pd (2 nm) / FeCo-Al₂O₃ (50 nm) / Pd (10 nm) / ガラス基板試料の磁気 Kerr 効果の外部磁場依存性を図2に示す。図2より、印加磁場強度による試料の磁気 Kerr 回転角変化の検出を確認することができた。また図2から FeCo-Al₂O₃ (50 nm) / Pd (2 nm) / FeCo-Al₂O₃ (50 nm) / Pd (10 nm) / ガラス基板試料は外部磁場の強度によって磁気 Kerr 回転角が変化することが明らかとなった。

同様に図3には Pd (5.3 nm) / ZnO (90 nm) / FeCo-Al₂O₃ (50 nm) / Pd (2 nm) / FeCo-Al₂O₃ (50 nm) / Pd (10 nm) / ガラス基板試料の外部磁場と Kerr 回転角のヒステリシス曲線を示す。FeCo-Al₂O₃ (50 nm) / Pd (2 nm) / FeCo-Al₂O₃ (50 nm) / Pd (10 nm) / ガラス基板試料と Pd (5.3 nm) / ZnO (90 nm) / FeCo-Al₂O₃ (50 nm) / Pd (2 nm) / FeCo-Al₂O₃ (50 nm) / Pd (10 nm) / ガラス基板試料では、基本的な積層構造は等しいが、最上層に Pd (5.3 nm) / ZnO (90 nm) の有無が異なる。この差異が顕著にヒステリシス曲線の差異となって

検出されている。このことから、今回構築した装置の信頼性を実験的に検証することができた。

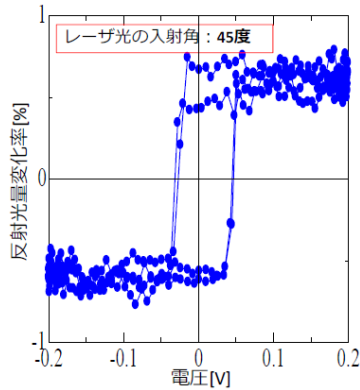


図2 FeCo-Al₂O₃ (50 nm)/Pd (2 nm)/FeCo-Al₂O₃ (50 nm)/Pd (10 nm)/ ガラス基板試料の磁気 Kerr 回転角の外部磁場依存性

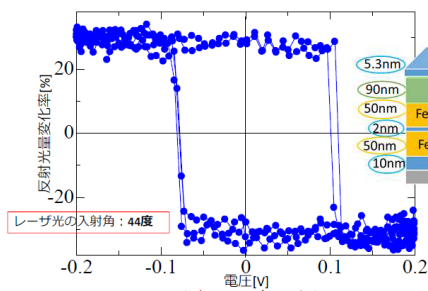


図3 Pd (5.3 nm)/ZnO (90 nm)/FeCo-Al₂O₃ (50 nm)/Pd (2 nm)/FeCo-Al₂O₃ (50 nm)/Pd (10 nm)/ ガラス基板試料の磁気 Kerr 回転角の外部磁場依存性

3. まとめ

本研究では磁気光学効果に立脚した新規センサ材料の開発を目指し、磁気 Kerr 効果装置を構築した。大気中・室温下でこの装置を用いて磁性膜積層構造の磁気 Kerr 回転角を測定した。その結果 Pd (5.3 nm)/ZnO (90 nm)/FeCo-Al₂O₃ (50 nm)/Pd (2 nm)/FeCo-Al₂O₃ (50 nm)/Pd (10 nm)/ガラス基板構造において、反射光量変化率が約 25%に及ぶことを見出した。反射光変化率は磁気 Kerr 回転角に相当する。従ってこの試料には十分大きな磁気 Kerr 回転角を期待できる。また試料の積層構造の差異による鋭敏な反射光変化率の差異の検出にも成功した。

研究項目 : 先端研究推進プロジェクト助成金 (II)

研究期間 : 2018/6/15 ~ 2018/10/31

研究課題名 (和文) : マウス亜種間交配を利用した遺伝子制御シスエレメントの包括的解析

研究課題名 (英文) : Comprehensive analysis of cis-elements for controlling gene expression by mating two sub-species of mouse strains

研究者 : ○清澤 秀孔 千葉工業大学
KIYOSAWA Hidenori 先進工学部 生命科学科 教授

近藤 伸二 情報・システム機構,
KONDO Shinji 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 高知大学
EITOKU Masamitsu 教育研究部医療学系 連携医学部門 助教

1. はじめに

哺乳類では遺伝的に系統の違う個体を交配するとその子 (F1) の遺伝子発現が乱れることがある。我々は、ゲノム刷り込み現象の解析の為、標準的実験室マウス近交系 C57BL/6(B6)と日本産野生マウス由来近交系 MSM/Ms(MSM)を交配した F1 個体、もしくは F1 胚盤胞から樹立した ES 細胞を用いて実験を行ってきた。ゲノム刷り込み現象とは、個体において母親由来の染色体、もしくは父親由来の染色体のどちらか片方の染色体からしか対立遺伝子が発現しない現象である。100~200 遺伝子が知られており、遺伝子によって、発現する親 (母親か父親) の由来の染色体が決まっている。哺乳類特有の現象である。

我々はゲノム刷り込みの解析を行っている時に、親由来でモノアレル発現になるのではなく、近交系由来でモノアレル発現になる遺伝子の方が多いことに気付いた。F1 個体や ES 細胞において、近交系特異的にモノアレル発現となった理由の 1 つは、近交系特異的なシスエレメントにあると考え、研究を行っている。

2. 研究の内容

(1) 今回の研究を開始するまでの準備

MSM と B6 を交配した F1 から作製した ES 細胞を *in vitro* で神経細胞へ分化させたサンプルから RNA を採取し、次世代シーケンサーで RNA-seq を行った。その際、MSM が母親の ES 細胞 (MB-ES

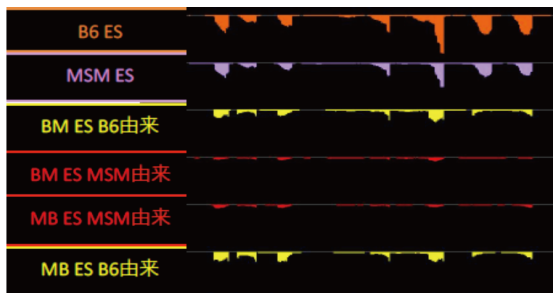
細胞) と B6 が母親の ES 細胞 (BM-ES 細胞) の両方を用いて解析した。これらの実験で F1 で系統特異的なモノアレル発現となる遺伝子のリストを作成した。

次にこれらの系統特異的なモノアレル発現が、親である MSM もしくは B6 でどのような発現になっているかの検証を行った。すなわち、そもそもどちらかの親の近交系で発現がないのか、もしくは交配することによって、F1 において発現がモノアレルになったのかの検証を行った。

(2) モノアレル発現の検証

今年度は、次世代シーケンシングデータにおいて、MSM/B6 間の F1 で、モノアレル発現が見られる遺伝子をいくつか選定し、cDNA 配列をサンガー法によって配列決定することにより、モノアレル発現の検証を行った。

モノアレル発現の確認は、次世代シーケンサーのデータをビューワーである Integrated Genome Browser (IGB) によって可視化し、ビューワー上で目視でモノアレル発現を確認し、遺伝子の選定を行った。データ解析は F1 の ES 細胞のデータを用いた。



上図はある遺伝子座の発現である。

- 1 段目：B6 の ES 細胞での発現
- 2 段目：MSM の ES 細胞での発現
- 3 段目：BM-ES 細胞での B6 由来染色体からの発現
- 4 段目：BM-ES 細胞での MSM 由来染色体からの発現
- 5 段目：MB-ES 細胞での MSM 由来染色体からの発現
- 6 段目：MB-ES 細胞での B6 由来染色体からの発現

親である、MSM や B6 ではほぼ等量の発現が見られるが、F1 では B6 由来の染色体からしか発現していない様子がわかる。

いくつかこのような遺伝子座を選定し、ES 細胞から RNA を抽出し、cDNA を作製し、MSM/B6 間において SNP が存在する領域を選んで RT-PCR を行い、サンガー法によって、モノアレル発現の確認を行った。

3. まとめ

上記のようなモノアレル発現となる遺伝子を選定し、いくつかにおいて検証を行い、モノアレル発現となる仕組みのモデルを考察した。

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：デフォルト神経分化に伴う亜種特異的モノアレル発現の動的変化、第 41 回日本分子生物学会年会、横浜、2018 年 11 月。
- (2) 齋藤彩圭、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 F1 由来 ES 細胞におけるハウスキーピング遺伝子の亜種間特異的遺伝子発現と親亜種間における遺伝的影響の

考察、第 41 回日本分子生物学会年会、横浜、2018 年 11 月。

- (3) 清澤秀孔：MSM/MSs を用いた遺伝子発現解析、「千葉シンポジウム」第 32 回モロシヌス研究会、千葉市、2019 年 6 月。

研究項目 : 先端研究推進プロジェクト助成金 (II)

研究期間 : 2018/6/15 ~ 2019/3/31

研究課題名 (和文) : ファシリテーター介入型の地域コミュニティ活動が児童の心理社会的健康ならびに日常生活行動に及ぼす影響 (パイロット調査)

研究課題名 (英文) : Do programs in children center with facilitator contribute to sound upbringing of elementary school children? (Pilot study)

研究者 : 引原 有輝

千葉工業大学

HIKIHARA Yuki

創造工学部 教育センター 教授

1. 研究背景

近年の核家族や共働き世帯の増加に伴う家庭の教育力の低下や地域連携の希薄化などにより、子どもの健全育成環境を見直す声が高まっている。具体的には、地域の大人の協力を得て、学校等を活用し、緊急かつ計画的に子ども達の活動拠点 (居場所) を確保し、放課後や週末等における様々な体験活動や地域住民との交流活動等を支援する機会の創造である。それを受けて、平成26年に策定された文部科学省の「放課後子ども教室推進事業」と厚生労働省の「放課後児童健全育成事業」を一体型とした「放課後子どもプラン」がスタートしている。

この事業を推進する上で、児童厚生施設 (以下、児童館) や放課後児童クラブを拠点とする児童の地域コミュニティ活動は、ファシリテーター (児童厚生員や放課後児童支援員) が関わり合いを持ちながら、児童の主体的活動 (主に運動遊び) を支援するという点からも中核的な役割を担う。特に、子どもの主体的活動を重んじるという点では、民間スポーツクラブや学校部活動などの放課後活動の概念とは一線を画していると思われる。児童館や放課後児童クラブでの主体性を重んじた「遊び」を柱とする放課後活動は、児童の心身の健康や日常生活のアクティブ化が期待されるだけでなく、ライフスキルの獲得など社会性の発達も強く期待されるが、これまでに「遊び」を柱とした放課後活動の効果 (恩恵) については明らかにされてない。そのため「遊び」を柱としたファシリテーター支援型の地域コミュニティ活動の効果を客観的に評価しておくことは、今後、健全育成を支援する環境を創造していく上で重要であると考えられる。

そこで本研究は、将来的に介入研究を用いて児童館や放課後児童クラブにおける「遊び」の活動の効果を明らかにするにあたり、児童館と放課後児童クラブを利用する子どもの基本属性を評価するためのパイロット調査を実施した。

2. 調査方法

1) 対象者

対象コミュニティは、東京都墨田区にある3つ (A, B, C) の児童館 (放課後児童クラブ) とした。対象者は、それらの児童館 (放課後児童クラブ) のいずれかに通う

低学年 (1~3年) 児童199名であった。調査を実施するに先立ち、保護者への事前説明を行った上で同意が得られた児童を本調査の対象とした。

2) 調査項目

本調査では、保護者に児童の生活習慣状況調査ならびに社会的責任目標尺度評価 (以下、SRG) について回答を依頼した。なおSRGには、規範遵守目標と向社会的目標の2つの下位尺度が設定されている (中谷, 1996)。また、各施設に勤務する児童厚生員ならび放課後児童支援員に各児童の日常的な行動 (ふるまい) を踏まえながら、児童の自己主張および自己抑制評価 (以下、SAR) ならびに児童の社会的スキル尺度評価 (以下、SSRS) について回答を依頼した。なおSARには、自己主張と自己抑制の2つの下位尺度 (首藤, 1996) が、またSSRSには、主張スキル、自己統制スキル、協調性スキル、不注意・多動行動および引っ込み思案行動の5つの下位尺度が設定されている (中台・金山, 2002)。

3. 結果

生活習慣状況調査の項目のうち、放課後活動の実態について報告する (図1~3)。図1には、週当たりの習い事の回数を示す。習い事をしていないと回答した割合がA施設においてやや高い (30%) もの、いずれの施設でも0~2回が50~60%程度を占めた。また図2には習い事の種類の結果を示すが、いずれの施設でも運動系と文化学習系の両方の習い事をしている者が31~46%いた。B, C施設ではいずれか一方の習い事をしている者が約50%であったが、わずかに運動系の習い事の方が多い傾向にあった。

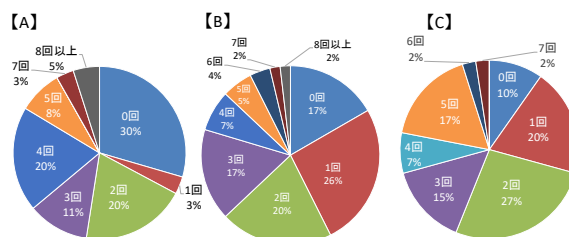


図1 : 施設別の週当たりの習い事の回数

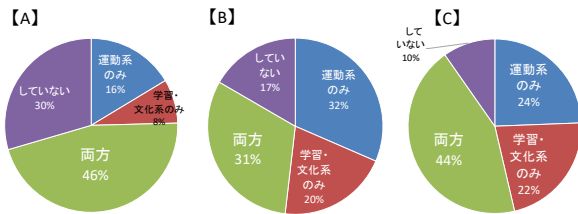


図2：施設別の習い事の種類の割合

図3には、座位行動時間の推定指標にもなるTV視聴およびゲーム実施時間の結果を示す。B、C施設と比較して、A施設では1日30分程度と回答した者が多く、また2時間以上と回答した者が少ない点が特徴的である。いずれの施設においても1時間と回答した割合が32~39%を占めており、最も多い割合であった。概して、A施設においてやや短い傾向がみられた。

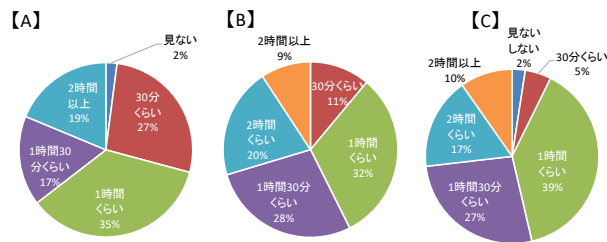


図3：施設別の1日のTV視聴とゲーム実施時間（平日）

図4では、運動・スポーツへの有能感について聞いており、いずれの施設においても得意と答える割合が最も多かった。どちらかと言えば得意と答えた割合を含めると、A、B施設では75%を超えているが、C施設では56%でやや少ない傾向にあった。またC施設ではどちらかと言えば苦手と答えた割合が22%であり、A、B施設のそれぞれ8%、9%よりも多い傾向にあった。

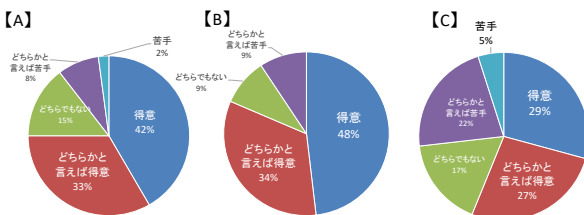


図4：施設別にみる運動・スポーツへの有能感

図5~7には、保護者ならびに児童厚生員（もしくは放課後児童支援員）が児童の社会的スキルを評価した結果を示す。図5の社会的責任目標尺度では施設間に顕著な差はみられないが、図6の社会的スキル尺度ではB施設が良好な結果を示す傾向にあった。また図7の自己主張および自己抑制においても、自己主張でA施設が最も高値を示しているものの、自己抑制ではB施設が最も高値を示した。因果関係は明らかではないが、施設間での社会的スキルの差は、児童館や放課後児童クラブでの取り組み（活動プログラム）が影響している可能性もあるため、今後、改めて地域コミュニティ活動のプログラム効

果を検証する必要があると考えられる。

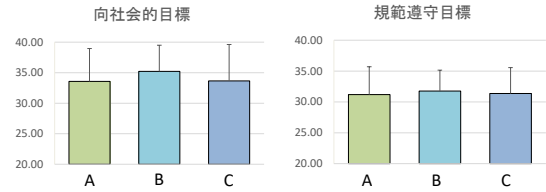


図5：社会的責任目標尺度評価の比較

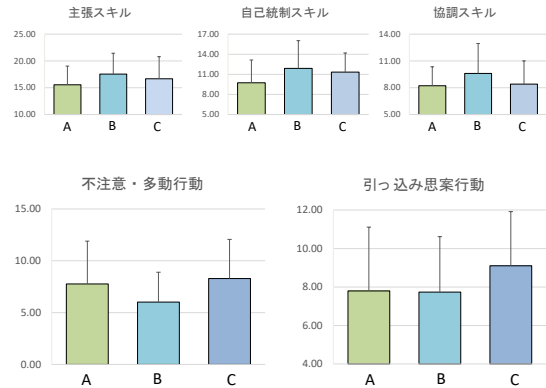


図6：社会的スキル尺度評価の比較

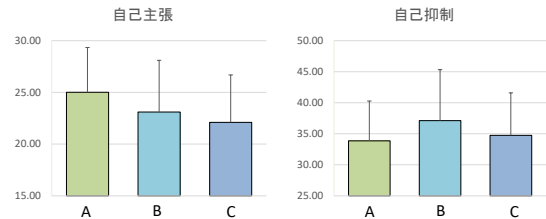


図7：自己主張および自己抑制評価の比較

4. 今後の検討課題

将来的に、ファシリテーター支援型の「遊び」を柱とした地域コミュニティ活動の客観的な効果を明らかにするためには以下に示す検討課題を設定する必要がある。

- ファシリテーター支援型の「遊び」を柱とした地域コミュニティ活動のプログラムとその方略の開発
- 開発したプログラムの客観的評価
- 開発した一連の放課後活動の方略の効果についてクラスター無作為化比較試験を用い検証

5. 参考文献

中谷素之 (1996) 児童の社会的責任目標が学業達成に影響を及ぼすプロセス, 教育心理学研究, 44, 389-399.
 首藤敏元 (1995) 幼児の向社会的行動と自己主張—自己抑制, 筑波大学発達臨床心理学研究, 7, 77-86.
 中台佐喜子, 金山元春 (2002) 幼児の社会的スキルと孤独感, カウンセリング研究, 35, 237-245.

研究項目 : 先端研究推進プロジェクト助成金 (II)
研究期間 : 2018/6/15 ~ 2019/3/31
研究課題名 (和文) : 深層学習による非一様カイラル凝縮構造の導出

研究課題名 (英文) : Inhomogeneous chiral phase transition with Deep learning

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

巽 敏隆 京都大学 物理学科 元助教
TATSUMI Toshitaka

丸山 敏毅 日本原子力研究開発機構
MARUYAMA Toshiki 研究主幹

1. はじめに

人工知能、とりわけ深層学習の近年の発展は目覚ましい。本研究は、この技術を科学計算に応用し、これまで数値的に求めることができなかった非一様カイラル凝縮構造を解くことを目指す。この凝縮機構は、物質や質量の起源と密接に関わっており、重力波観測などの天体観測によって検証が進むことが期待されている。本研究は理論によってそれらを予言するものである。

2. 研究内容

本研究では、空間的な変調を伴う非一様カイラル凝縮を、ディラック方程式の直接計算を行うことで解くことを目標としている。当初、この目的を達成するために空間を離散化し、実空間内でディラック方程式を解こうとしていた。しかしながら、1+1 次元の解析解との比較によって、これでは十分な精度が出ないことがわかった。さらに離散化の精度を 6 次まで上げたり、離散数を増やしても十分な精度を達成するには至らなかった。そこで申請者は、擬スペクトル法を新たに採用し、計算コードを大幅に書き換え、十分な計算精度を達成することに成功した。この擬スペクトル法とは、微分方程式などを有限の(複素) 波数空間で解く手法である。

この計算では、初期条件として与えた空間変調をもつカイラル凝縮をもとにディラック方程式を解き、結果として得られる波動関数から凝縮を新たに求めて初期条件と混ぜる、といった作業を繰り返している。最終的に得られた収束解が自己無撞着な解である。例として、図 1 に収束解を示した。この図では、2 本の曲線が描かれており、それぞれ入力した凝縮と波動関数から新たに出力された凝縮に対応している。これらが一致して、1 本の曲線に見えることが自己無撞着な計算が収束している証拠である。

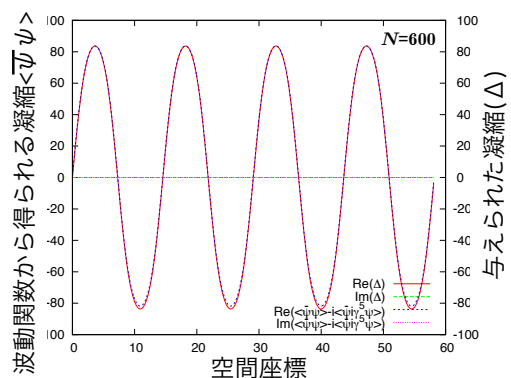


図 1 : 非一様カイラル凝縮の計算例。

しかしながら申請者の現状の方法では、解析解から大きく外れた初期条件を与えた場合は、収束解が得られてない。従って、解析解がよくわかっていなかった非一様カイラル凝縮(カレント質量やアイソスピンを考慮した場合など)についても、仮定なしで計算だけで自己無撞着に求められるようになることを目指した。

上述したように 3+1 次元の場合は、解析解が見つからないために効率よく解を求める方針がわかっていない。このような理由のため、申請者は人工知能による解の探索を研究手法として選択した。ニューラルネットワークには、Universal approximation theorem というものがあり、任意の連続関数を表現することが可能であるためである。

また他の研究にて、申請者は人工知能による解析探索プログラムをすでに独自に組み上げていたが、難点は計算時間が膨大になるということであった。しかし、本研究助成に採択していただいたことを契機に、GPU 計算機を購入することができた。このマシン性能を生かすべく、自前の計算コードを約半年かけて GPU による並列化を行

うことに成功した。しかしながら現状では、CPUのみの計算に比べて2倍程度の高速化しか実現していない。さらなる計算コードの最適化を行うなどをしなければ、100万の固有値問題を多数解くような本研究を遂行することは困難であろう。また、今回購入したGPU計算機にはあと3つGPUを搭載することができる。ゆえにソフト面での最適化による高速化に加えて、GPUをスロットに追加するなどのハードの増強による高速化を行なっていきたい。

また畳み込みニューラルネットワークによる解の探索については、まだ本研究に実装できていない。しかし、これに関しても他の問題でGPU並列計算を実行することに申請者は成功している。やはりCPUのみの計算に比べて計算時間は2倍程度にしか高速化の効果はなかった。こちらに関しても、既述した最適化を今後行っていく予定である。

3. まとめ

本研究では、非一様カイラル凝縮を人工知能による数値計算によって得ることを目的とした。現状では、膨大な計算時間を必要とするために、ソフト面とハード面のさらなる最適化が必要である。しかし、着実に研究は進展しており、本年においてはこの研究に関連した一次相転移中における非一様構造（パスタ構造）の発現に関する国際共同研究の成果をあげることができた（参考文献[2][3][4]）。この場を借りて本研究を助成して下さった千葉工業大学の関係者の方々に深謝する。

将来的には、上述の国際共同研究を加速させ、最終的には、3+1次元の完全計算を行いたい。そこでは、パスタ構造と非一様カイラル凝縮の共存（もしくは競合）が起きると考えられる（図2）。そのような物質の性質を明らかにすることは素粒子物理学や宇宙物理学における究極的な目標の一つである。何故ならば、本研究のテーマが、この世で最高密度での相転移現象であり、それは天文観測によってのみ観測されると期待されているからである。

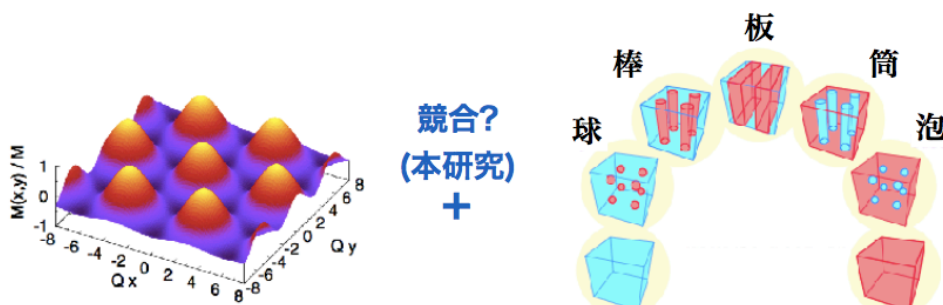


図2：多次元非一様カイラル凝縮とパスタ構造。

4. 本研究に関する発表論文

[1] Yasutake, Nobutoshi; Lee, Tong-Gyu; Maruyama, Toshiki; Tatsumi, Toshitaka (2018) Pulsar Astrophysics the Next Fifty Years, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium, Volume 337, pp. 428-429

[2] Xia, Cheng-Jun; Maruyama, Toshiki; Yasutake, Nobutoshi; Tatsumi, Toshitaka, (2019) Physical Review D, Volume 99, Issue 10, id.103017

[3] Yasutake, N.; Maslov, K.; Ayriyan, A.; Blaschke, D.; Grigorian, H.; Maruyama, T.; Tatsumi, T.; Voskresensky, D. N., (2019) AIP Conference Proceedings **2127**, 020028

[4] Maslov, K.; Yasutake, N.; Ayriyan, A.; Blaschke, D.; Grigorian, H.; Maruyama, T.; Tatsumi, T.; Voskresensky, D. N., (2019) Physical Review C (submitted), arXiv: 1812.11889

〔先端研究推進プロジェクト助成金（Ⅲ）〕



研究項目 : 先端研究推進プロジェクト助成金 (Ⅲ)
研究期間 : 2018/6/15 ~ 2019/3/31
研究課題名 (和文) : ナノコロイド相界面制御による層状ヒートスプレッダの創製

研究課題名 (英文) : Fabrication of thin-film heat spreader using controlled drying technique of nanocolloid

研究者 : 亀谷 雄樹 千葉工業大学
KAMEYA Yuki 工学部 機械工学科 准教授

1. はじめに

近年の電子デバイスの高集積化・高性能化に伴い発熱密度の上昇が続いており、単位面積当たりの発熱量は 1000 W/cm^2 を超えることが見込まれているが、現在有効な冷却能力は 550 W/cm^2 程度にとどまっており、冷却技術のさらなる向上が求められている⁽¹⁾。このような高い熱負荷の条件下で冷却を行う熱輸送デバイスとして、液体が蒸発するときに周囲から奪う気化熱 (潜熱) による除熱効果を効率的に活用できる“薄膜型熱輸送デバイス”が有望視されている。

微細加工技術の進展により、固体表面に μm オーダの構造を容易に形成できるようになったが、液体が流通可能な細孔構造をもつ表面は液体運動を駆動する毛管力を生じさせるため、この作用を利用した薄膜型熱輸送デバイスの研究が活発に進められている⁽²⁾。作動液は毛管力により表面に供給され、蒸発する際に熱を表面から奪う。このとき、微細な表面構造は“薄膜状の多孔質媒体”として機能しており、液体運動を駆動する毛管力と、多孔質体内での液体の流動しやすさを表す“浸透率”とを、ともに向上させることが望ましい。しかし、単一サイズの細孔からなる多孔質構造では、細孔サイズを小さくすると高い毛管力が得られる一方で、浸透率の低下が避けられず、得られる液体輸送性能に関して従来の表面構造では限界がある。液体輸送が制約を受けると、高い熱負荷の際に急速な蒸発に液体供給が追いつかず表面が乾いてしまい、熱輸送についても限界が生じてしまう。

本研究は、高負荷電子機器の局所発熱を緩和させる“ヒートスプレッダ”を提案し、その独自の製作プロセスとして、ナノコロイド相界面制御を用いたマルチスケール構造粒子層の形成⁽³⁾を目指すこととした。ナノコロイドの溶媒蒸発過程を制御することにより、ナノコロイドを用いて μm スケールの表面構造が付与された薄膜状ナノ粒子層の形成を行い、その応用に向けての基礎特性となる超親水性を評価した。

2. 実験方法

使用した酸化チタンナノ粒子の粒径および分散状態を評価した結果を図1に示す。動的光散乱 (DLS) と TEM 観察から得られた平均粒子径はそれぞれ 3.7 nm と 3.6 nm

であった。TEM の乾燥状態と同等の粒径が、溶媒分散状態の粒子に対して計測された DLS から得られたことより、粒子が単分散状態を保っていることが確認できた。この酸化チタンコロイドを用いて実施した試料作製プロセスの概要を図2に示す。微細表面構造の例としてマイクロピラー構造を作製することとし、フォトリソグラフィにより準備したフォトレジストパターンを使用した。酸化チタンコロイドをガラス基板の上に滴下し、PDMS を液滴の上に乗せた。溶媒のメタノールが蒸発するとともに、粒子層が形成された。乾燥後、PDMS を基板から剥離し、電気炉にて焼結処理を行った。酸化チタンは、高温下で結晶状態が変化することが知られており、光触媒としての性能が低いとされるルチル型へ変化してしまう。そこで、焼結温度の検討を行うこととし、処理温度ごとにラマン分光計測を実施した。その結果、 600°C における処理で、アナターゼ型の結晶構造が保たれることが確認できた。

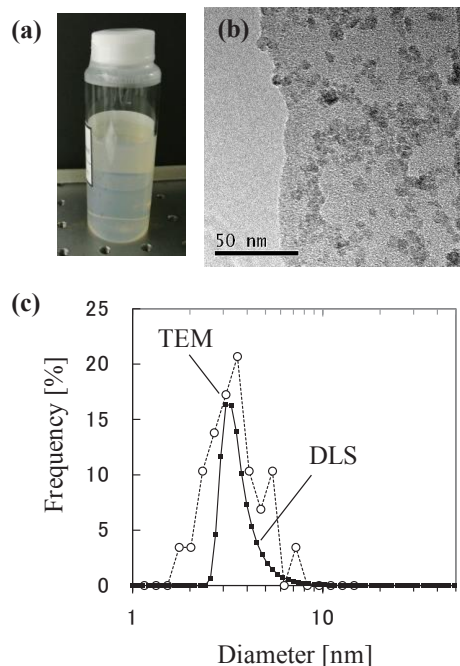


図1.(a) ナノコロイド外観、(b) ナノ粒子の TEM 像、(c) ナノ粒子のサイズ分布計測結果

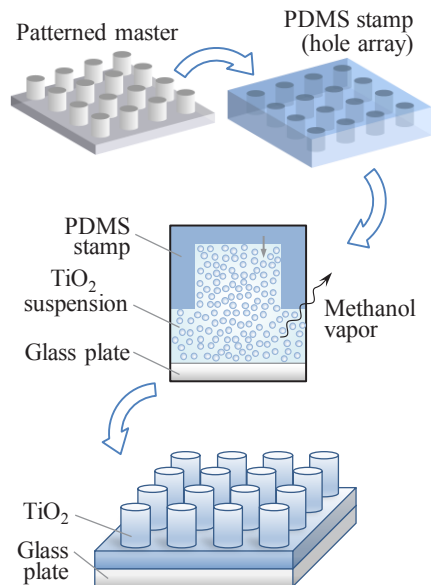


図 2. ナノコロイドの相界面制御を用いた微細表面構造の形成プロセス

3. 実験結果

ここで作製された表面構造の例を図3に示す。ナノ粒子が積層されることによりマイクロメートルスケールの構造が形成されていることが確認できる。焼結処理において、粒子同士の間隔、すなわち粒子層における空隙率に変化する。空隙率変化の程度を知るため、平坦な粒子層を用いて、その膜厚の焼結処理前後での変化を計測した。膜厚計測の際には、粒子層の屈折率に関して空隙率への依存性を考慮した。球形粒子のランダム充填による空隙率を仮定した。データ解析により焼結処理後の空隙率は0.33と見積もられた。

得られた表面に関して、水滴の接触による濡れ性評価を実施した結果の概要を図4に示す。極めて強い毛管力が発現することにより、超親水性が得られることが確認された。

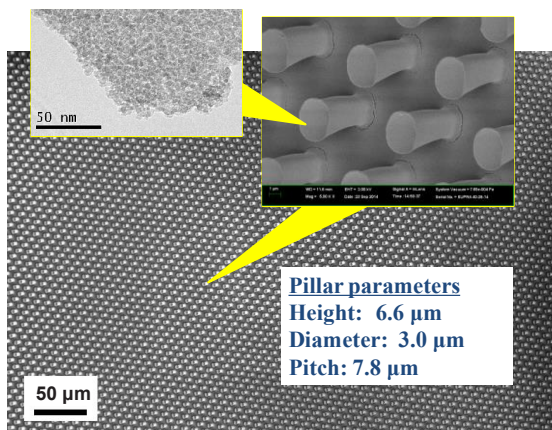


図 3. 形成されたナノ粒子からなるマイクロ表面構造

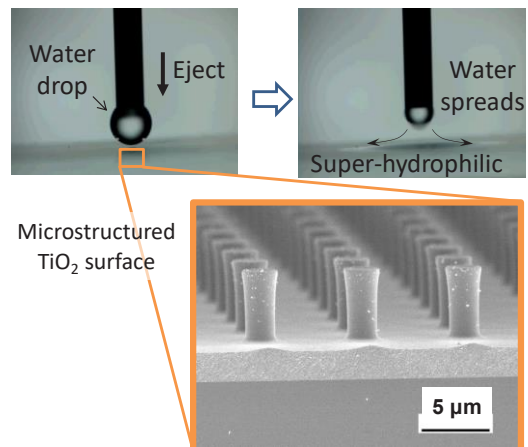


図 4. ヒートスプレッドとしての基礎特性の評価：表面が示す超親水性

4. まとめ

本研究で提案する層状ヒートスプレッドの実現のための初期検討として、ナノコロイド乾燥プロセス制御によるヒートスプレッド機能の発現が期待される膜構造の形成、およびヒートスプレッド表面における作動液膜の輸送において重要となる超親水性の確認を行った。この結果をもとに、製作された表面における伝熱特性の計測を実施し、層状ヒートスプレッドとしての性能の検証が望まれる。

参考文献

- (1) Wilke et al., "Parametric study of thin film evaporation from nanoporous membranes", *Appl Phys Lett.* 111 (2017), 171603.
- (2) Lu, et al., "An ultrathin nanoporous membrane evaporator", *Nano Lett.* 17 (2017), 6217.
- (3) Kameya, "Kinetic Monte Carlo simulation of nanoparticle filmformation via nanocolloid drying", *J. Nanopart. Res.* 19 (2017), 214.

研究項目 : 先端研究推進プロジェクト助成金 (Ⅲ)
研究期間 : 2018/6/15 ~ 2019/3/31
研究課題名 (和文) : 臨床検査業務における事故再発防止のための対策立案方法に関する研究

研究課題名 (英文) : Method for developing countermeasures for prevention of accident in clinical laboratory

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

病院では、医療の質向上のため、医療事故の再発防止に取り組んでいる。その中でも、一步間違えれば大きな事故につながるインシデントの低減は重要な課題である。患者へ薬を投与する際の事故である与薬業務は、件数をもっとも多いため、さまざまな分析がされてきている。しかし、与薬業務の次に多い検査においては、分析している事例は少なく、与薬事故と同様に分析可能かどうか定かではない。

Process Oriented Analysis Method for Medical Incident (以下、POAM) [1][2]では、与薬事故の段階を3つに分類し、プロセスに着目した分析および対策を立案する。蓮井ら[3]は、さらに詳細な分析手法を明らかにすることで、事故状況の可視化にも析検討を行い、エラー要因の特定を行っている。

本研究では、POAMを実際の検査事故に適用し、事故状況を可視化できるかを検証することを目的とする。

2. 研究の内容

2.1 本研究のアプローチ

本研究では、実際に発生した事故事例を対象として、A病院におけるインシデント報告を対象として、モデル図の作成を試みる。その際に発生した分析の課題を整理し、検査業務における分析手法として提案する。

2.2 インシデントの概要

A病院からのインシデント報告には、とり忘れや患者間違い等の間違いの種類、日時、検査の種類、事故状況報告、申告レベルが含まれている。2015年4

月から2017年1月までの報告があった。日時と報告内容から、重複と思われる報告、検査で起こっていない報告を除いて、全体で232件であった。

インシデントを間違いの種類にわけ、さらに検査の種類で細分化した。間違いの種類は、同じ行動で事故要因が類似し、検査の種類によって間違いの多い検査を特定できると考えたからである。

2.3 分析結果

分析した結果を検査の種類に分け、エラー箇所の件数を表1に示す。A病院の検査は血液・生化学検査、血糖検査、採血、細菌検査、生理機能検査、内視鏡、病理検査、輸血検査の8検査である。表では、事故が多い上位3つの検査の件数を出し、その他の5つの検査はその他としてまとめた。エラー箇所は情報、モノ、作業となるが、分析ができなかったものは不可と示してある。

表1 分析結果 (件)

検査	血・生	血糖	採血	その他	合計
情報	51	24	7	21	103
モノ	18	4	10	6	38
作業	30	27	8	11	76
不可	4	1	5	5	15
合計	103	56	30	43	232

分析できた217件を、情報、モノ、作業がそれぞれ何件あるかを出した。情報が103件、モノが38件、作業が76件となった。

血液・生化学検査と血糖の件数を見てみると、モノが極端に少ないと感じた。さらに、合計の件数でも一番少ないのはモノであった。

3. 分析に基づく問題点の整理

分析の結果、作業の件数が多くなってしまったのが問題であるといえる。この結果から、A病院は作業のエラーが多い病院であることも考えられる。しかし、作業のエラーは対策を立てにくい。なぜなら、POAMは情報、モノ、作業に分けるが、作業の間違いは気をつけて作業をするなどの対策が中心となってしまう、エラーブルー化[4]、[5]の対象とすることは難しい。すなわち、作業の件数を少なくして、それまでの過程で起きたエラーであるのとらえることができればよいと考えた。そこで、分析の際に用いるモノの定義の範囲を拡張すれば、モデル図が変更されると考え、定義を変更することとした。

従来研究のモノの定義は、薬剤や器具といった手に取るようなモノである。色々な検査がある病院では、患者名や数値といった手に取らないモノがありそれらを可視化すると基本的に作業の間違いとなる。

そこで、手に取らない患者名や数値もモノとする。以降では、提案法におけるモノの指し示す範囲が変わったことを区別しやすいように「モノ」と表現する。表2にこれまでの定義と、表3に新旧のモノがあらわす範囲を示す。

表2 情報・モノ・作業の従来の定義

プロセス	定義
情報	カルテやWS、口頭といった情報を伝達する情報源を介して、与薬の情報が、与薬を施行する看護師に伝達されるまで（頭の中で情報の内容が変化するところまで含む）
モノ	薬剤や器具など、患者に施行するモノを取って、施行すべき患者のもとに運べる状態にするまで
作業	準備されたモノを患者のもとへ運び、患者に施行し、その後の管理まで

表3 モノと「モノ」の範囲

モノの範囲	「モノ」の範囲
<ul style="list-style-type: none"> ・ 薬剤 ・ 器具 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 薬剤 ・ 患者(名) ・ 器具 ・ 数値

「モノ」に含まれる対象が広がったため、表1のモノの合計の件数が変わると考える。モノを拡張する理由は、情報は作業員に入ってくる情報なので変える箇所がないためであり、作業は準備したモノを使い実施をするので、準備の範囲を変えることによって対応するのがよいと考えたためである。

4. 考察

4.1 検査のインシデントの特徴と調査すべきことがら

本研究では、与薬事故分析手法のPOAMのモノの範囲を拡張した。それにより、作業のエラーをモノのエ

ラーと可視化できるように改善された。

可視化が的確にできれば、事故要因の特定がしやすくなると考える。

分析ができなかったプロセスの記載のない報告は、病院へ行き、事故が起きた前後を知ることにより、事故要因を特定し対策案を出せるのではないかと考える。

4.2 検査業務にPOAMを用いることの意義

分析時間に制約がある中で、すべての事故を分析するには、視点を絞って効率的に解析することが必要である。また、業務手順が定まっている事故に対してPOAMを用いることで、業務の改善に絞っても十分効果が期待できる。

さらに、網羅的に要因を挙げることのできる他手法を活用しても、注意不足などの要因のみにとどまると、改善に結び付けにくい。POAMは、強制的に業務の要因に着目させるため、作業方法の改善に役立てることができる。

5. 結論と今後の課題

本研究では、POAMを臨床検査のインシデント分析に活用できるようにモノの範囲を拡張することを提案した。それにより、臨床検査のインシデントを可視化でき、エラー内容から事故要因を特定できると考えられる。

今後の課題として、プロセスの記載がない事故の分析と、エラー要因や事故要因を特定し対策案を出すことが挙げられる。

謝辞

本研究の推進にあたっては、A病院の方々に、インシデント事例の共有から不明点に関するヒアリングにわたり、対応いただきました。

参考文献

- [1] 佐野雅隆(2014)：“プロセスに着目した与薬事故分析手法の導入・推進”，「品質」，44，1，pp81-83
- [2] 佐野雅隆ら(2009)：“業務プロセスに着目した与薬事故分析手法の提案”，「品質」，39，2，pp.98-106
- [3] 蓮井涼祐，棟近雅彦，梶原千里(2015)：“POAMを用いた与薬事故の系統的分析方法の提案”，日本品質管理学会第45回年年次大会
- [4] 尾崎郁雄ら(2005)：“エラーブルーを活用した与薬事故低減に関する研究”，「病院管理」，42，3，pp.121-133
- [5] 金海哲ら(2013)：“与薬事故に対するエラーブルー化に関する研究-改善対象要素に着目した対策立案方法の提案-”，「品質」，43，3，pp.110-124

研究項目 : 先端研究推進プロジェクト助成金 (Ⅲ)

研究期間 : 2018/6/15 ~ 2019/3/31

研究課題名 (和文) : 情報技術社会における熟練技術・技能の伝承支援手法に関する研究

研究課題名 (英文) : A study on support for transferring skills in information technology society

研究者 : 滝 聖子
TAKI Seiko

千葉工業大学
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、日本の製造業は深刻な人材不足という問題に直面しており、経済産業省等が2017年12月に実施した調査によると、94%の企業が人材確保に課題があると回答しており、熟練者から非熟練者への早期の技能伝承が求められている[1]。他方、現在では、科学技術および情報技術の発展に伴い、働く人々の生産性向上を支援する目的でデジタル機器やコンピュータ制御された機器が導入されている現場は少なくないが、従来よりも時間がかかる事例も生じており、デジタル機器およびコンピュータ制御された機器を効率的に使用できる技能が求められている[2]。以上より、科学技術および情報技術の進む現代における人材育成のための効果的な技能伝承方法を明らかにし、実施する必要がある。

そこで本研究では、コンピュータ制御によるNC旋盤やデジタル表示を有する普通旋盤も普及している旋盤加工作業を対象とし、工作物の加工状況をデジタル表示で示すことのできる、デジタル位置表示装置を有する普通旋盤を用いて加工作業を行う熟練者と非熟練者の眼球運動を分析することにより、普通旋盤の経験の差による眼球運動の違いを明らかにすることを試みた。さらに、ものづくり技能の中でも、工作物を「測る」技能は全ての技能に共通する要素を持っていることから、旋盤加工における工作物に対する測定時の注視範囲を分析することにより作業員間の違いについても考察した。

2. 実験方法および分析方法

本研究の被験者は、工作センターで勤務する男性を熟練者Aとして、旋盤加工の経験が浅い男子学生3名(以下、学生B, C, D)を非熟練者とした。被験者の詳細を表1に示す。

被験者には、眼球運動を測定するための眼球運動計測装置(竹井機器工業(株)製のTalk Eye Lite)を装着した上で、デジタル位置表示装置を取り付けた普通旋盤を使用して、図1に示す支給材料を指定通りに加工してもらった。支給材料はS45C(60×90)として、制限時間30分以内で制作してもらった。実験の様子を図2に示す。

また、本研究の実験結果の分析のため、作業動作の細分化には作業分析ソフトウェア((株)日本生工技研製のTime

Prism)を使用した。

表1 被験者情報

被験者	身長	年齢	経験年数	利き手
A	167cm	63歳	45年	右
B	175cm	24歳	3年	左
C	168cm	26歳	5年	左
D	174cm	23歳	3年	右

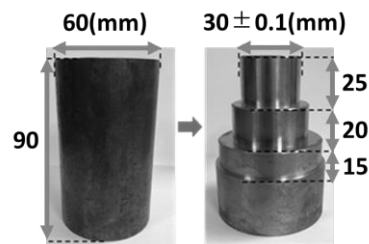


図1 制作課題

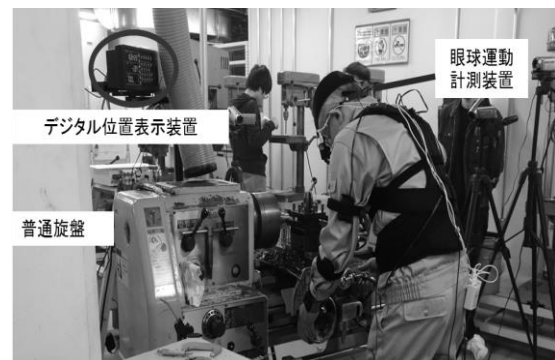


図2 実験の様子

3. 結果および考察

実験結果より、旋盤作業時のデジタル位置表示装置の合計注視時間と合計注視回数を図3に、1回あたりの平均注視時間を図4に示す。図3および図4より、熟練者Aは非熟練者(被験者B, C, D)に比べて、作業中の合計注視時間は最も短い、1回あたりの平均注視時間は長いという結果になった。1回あたりの平均注視時間で検定(有意水準5%)を行ったところ、熟練者Aと被験者B、熟練者Aと被験者Cで統計的有意差が認められた。

図5に、各被験者の各加工段階別の注視時間の割合を示す。図5より、すべての被験者がデジタル位置表示装置を最も長い時間注視していた加工段階は、微調整段階であったが、その割合は被験者間で異なっていた。

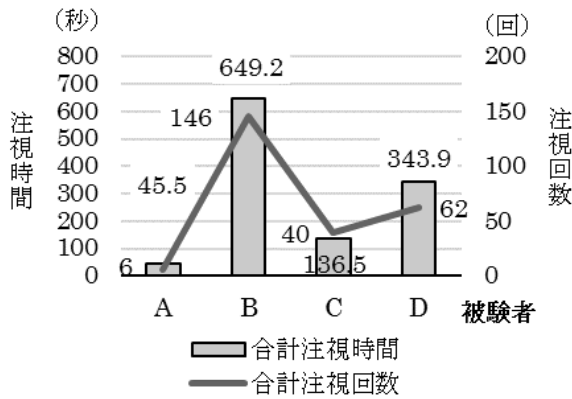


図3 合計注視時間と注視回数

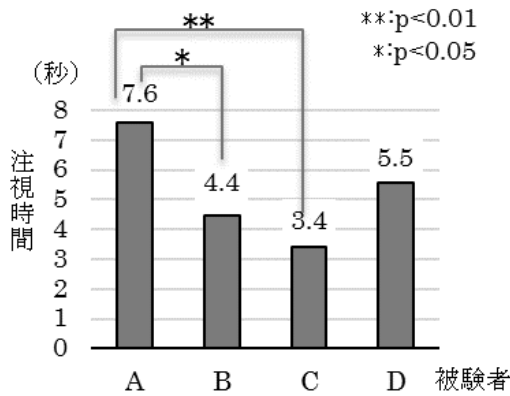


図4 平均注視時間

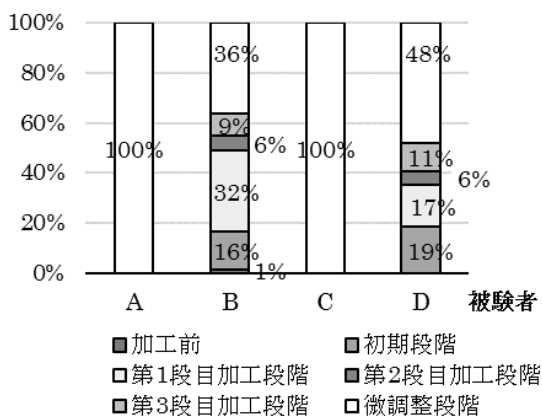


図5 各加工段階別の注視時間の割合

次に、マイクロメータで工作物の測定を始めてから、工作物から離すまでの注視範囲を分析した結果として、注視範囲の標準偏差を表2に、マイクロメータ測定時の各被験者の注視範囲の平均を図6に示す。図6の左側には左眼の座標系を、右側には右眼の値を示している。図6より、熟練者Aは原点付近を中心に注視し、X軸からほぼ離れずに

注視していたが、非熟練者である被験者B, C, Dは原点付近を注視せず、X軸とY軸付近に注視範囲が広がっていた。

表2 マイクロメータ測定時の標準偏差

被験者	左眼		右眼	
	X 角度	Y 角度	X 角度	Y 角度
A	5.60	2.75	5.72	3.61
B	6.87	22.26	12.81	7.12
C	2.27	7.84	5.54	6.85
D	9.64	8.89	13.36	6.00

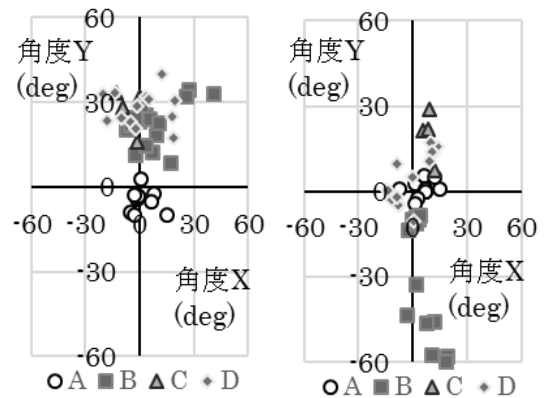


図6 マイクロメータの注視範囲 (左:左眼, 右:右眼)

4. まとめと今後の課題

本研究では、デジタル位置表示装置を用いた普通旋盤作業時の作業者の眼球運動の分析を行った。

- (1) デジタル位置表示装置の注視では、熟練者は合計注視時間が短い1回あたりの注視時間が長く、非熟練者は合計注視時間が長い注視回数が多い1回あたりの注視時間が短い傾向であった。
- (2) マイクロメータ使用時は、熟練者はX軸からほぼ離れずに注視していたのに対し、非熟練者はX軸とY軸に注視範囲が広がっている傾向であった。

今後は、今回と同一の被験者でデジタル位置表示装置を使用しない場合の旋盤加工作業時の眼球運動についても分析し、デジタル位置表示装置の有無による作業の違いを明らかにしたいと考えている。さらに、作業者の身体動作と眼球運動の関係も明らかにしたいと考えている。そして、熟練者と非熟練者を判別する手法を開発し、具体的な教育方法を検討したいと考えている。

最後に、本研究の実施にあたり、ご協力いただいた千葉工業大学工作センターおよび被験者の皆様に感謝する。

参考文献

- [1] 経済産業省・厚生労働省・文部科学省 編：「2017年版ものづくり白書」, 経済産業調査会, 2017.
- [2] 森 和夫：「技術・技能伝承ハンドブック」, JIPMソリューション, 2005.

研究項目 : 先端研究推進プロジェクト助成金 (Ⅲ)

研究期間 : 2018/6/15 ~ 2019/3/31

研究課題名 (和文) : 水中環境での身体動作は陸上動作を再現できるか? 方法論の確立と基礎調査

研究課題名 (英文) : How much similar the motion between in underwater and on the land conditions?

- A development research protocol and fundamental investigation -

研究者 : 金田 晃一

KANEDA Koichi

千葉工業大学

先進工学部 教育センター 准教授

1. 研究の背景と目的

健康増進やリハビリテーションに対する効果的な取り組みは多く紹介されているが、水中環境を用いたものもその一つである (Becker2009)。これは、水の物理的特性が呼吸・循環機能や筋・骨格系に対して作用するためであるが、特に浮力や抵抗は水中環境での動作に直接的に影響する。これまで、歩行を中心に水中環境での動作や筋活動、床半力などが調査され、空気環境との違いについて報告されてきた (Kaneda et al., 2012)。水中環境で運動する利点として日常生活環境で困難な動作を行うことができる、目的の動作そのものをトレーニングできる、といったことが挙げられる。しかし、ヒトは自らがイメージした動作を水中環境で「どの程度」再現できるのかは明らかではない。水中環境を用いた健康増進やリハビリテーションの効果を高めるためには、動作に関する教示方法や注意点に対する情報を得ることは非常に重要である。特に、水の密度は空気の約 800 倍であり、動作に伴い身体が受ける抵抗力は動作速度の 2 乗に比例して大きくなるほか、浸水した身体には浮力が働く (Becker2009)。従って、水の抵抗力や浮力は動作を行う際の筋や関節の感覚受容器へ影響をおよぼす。つまり、水中環境での動作に関わる筋や関節の感覚は空気環境と異なる。よって、水中環境では空気環境での動作を「どの程度」再現できるのか、は一つの重要な知見である。水中環境での健康増進やリハビリテーションにおける動作のトレーニングでは「再現の程度」を認識し、動作の修正を繰り返すことで、その効果を高めることが可能となる。一般者では大きく屈曲角度を過小評価すると予想され、水中環境での健康増進や

リハビリテーションでは空気環境の動作を再現するために大きな動作を行う必要がある。

そこで本研究では、水中環境での身体動作が陸上環境を再現できているかどうかについて検討するため、ヒトを対象に両環境での肘関節の屈曲動作を行なった際の関節動作・関節角度・動作に関わる筋活動を調査し、両環境間でそれぞれのパラメーターを比較することを目的とする。また、慣性センサを用いて関節動作と関節角度を簡便に測定できる方法論の確立を行う。

以上を踏まえ、本報告書では本助成による研究期間において実施した研究環境の整備の内容について報告する。

2. 想定される研究方法

本研究は、千葉工業大学の新習志野キャンパスに設置されている実験用環境制御室で実施することを想定して進めている。

本研究では想定する対象者は、一般の成人男女 30 名である。実験の試技として、座位姿勢における肘関節の屈曲動作 (肘関節の角度が 180 度の伸展姿勢から、30 度、60 度、90 度分まで屈曲していく) を予定している (図 1)。実験時の環境として、陸上環境は気温 22 度~27 度、水中環境は水温 30 度程度とし、水中環境としては対象の上肢のみを浸水可能な小型の実験用水槽を用いる予定である。上記の肘関節の屈曲動作を行った際の、関節動作と筋活動を測定する。関節動作は、光学式モーションキャプチャーシステム (VENUS3D, 株式会社ノビテック) を用い、筋活動の測定には防水型ワイヤレス筋電計 (Mini Wave infinity UnderWater, COMETA Systems) を使用する。測定結果について、目標角度と実測との誤差および試技間の

ばらつきを算出し、再現性の指標とする。また、筋活動量と同時収縮比を算出し、再現動作の制御機能について検討する。これらを水中環境と陸上環境での比較を行うことで、水中環境で自らがイメージした動作を「どの程度」再現できるのか、について、運動制御と絡めた考察を行うことで検討していく予定である。

さらに、本研究では、光学式モーションキャプチャーシステムと比較して環境の制約を受けにくい慣性センサを用いた関節動作の測定方法の確立を目指し、光学式モーションキャプチャーシステムで測定した関節動作との比較による妥当性の検証を実施する予定である。

実験はアイマスクと耳栓で視覚と聴覚の感覚入力を遮断する。両環境は異なる2日間で行う。

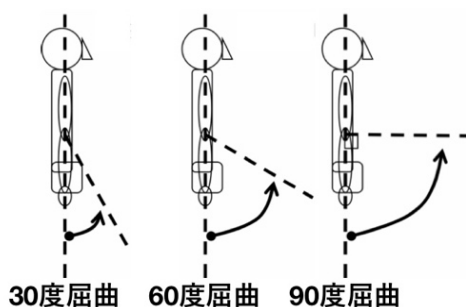


図 1. 肘関節の屈曲試技のイメージ

3. 研究環境の整備

本研究での実験に使用する予定である千葉工業大学の新習志野キャンパスに設置されている実験用環境制御室は、環境温度と湿度、酸素濃度が調整できるが、このうち、環境温度と湿度の調節機能を使用する(図2)。また、水中環境としては対象の上半身のみを浸水可能な小型の実験用水槽を用いる(図3)。本助成では(株) ジャパンアクアテックに小型の実験用水槽を特注し、購入した。この水槽は、一側面がガラス素材となっており、側面から水中映像を光学式モーションキャプチャーシステムによって撮影可能であるため、二次元平面における関節動作の測定および解析が可能である。

本研究に関係する研究分担者として、信州大学の速水達也准教授および新潟医療福祉大学の佐藤大輔教授を迎え、それぞれ本研究に対する筋-神経生理学的側面および脳-神経生理学的側面からの協力、さらには健康・リハビリテーションに関連する示唆および協力を得る。

4. 外部資金の獲得

本助成を受け、これまでの研究環境の整備のもとに、日本学術振興会の研究科学研究費助成事業のH31年度基盤研究(C)に応募し、採択された。



図 2. 千葉工業大学実験用環境制御室

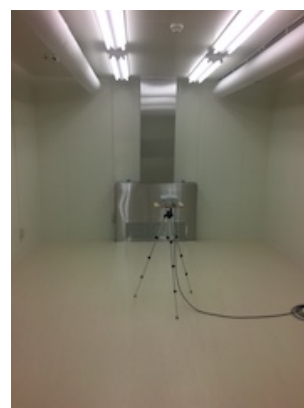


図 3. 小型実験用水槽

5. 本研究の将来

本研究は将来、視覚や聴覚フィードバックの影響、多関節の複合動作への応用、浸水による中枢神経系(脳)への影響との関連、といった次なるステップへ繋がると考えられ、水を用いた健康増進やリハビリテーションのさらなる発展への貢献が期待できる。

参考文献

- (1) Becker BE. Aquatic therapy: scientific foundations and clinical rehabilitation applications. PM R, 1(9): 859-72, 2009.
- (2) Kaneda K, et al. Walking and running kinesiology in water: a review of the literature. Journal of Fitness Research, 1(1), 1-11, 2012.

研究項目 : 先端研究推進プロジェクト助成金 (Ⅲ)
研究期間 : 2018/6/15 ~ 2019/3/31
研究課題名 (和文) : 地方創生施策である日本版 CCRC の全国動向

研究課題名 (英文) : Nationwide trend of Japan version CCRC which is a regional wound creation policy

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. はじめに

我が国は、東京への人口の一極集中に伴い地方部における人口減少と少子高齢化が深刻化しており、持続的な地域運営が困難な状況にある。そのような中で、地方創生施策の一つとして移住施策と医療福祉施策を組み合わせた日本版CCRCが推進されている。

日本版CCRCは、アメリカ発祥の「継続的なケアのある高齢者の共同体 (以下、米国CCRC)」の考えが基となっている。米国CCRCは、高所得の高齢者を対象とした広大な土地をリゾート施設として民間主導により開発する事業である。その一方で、日本版CCRCは低所得者を対象とした自治体主導による新たな地域運営を検討するまちづくりとして位置づけられている。そのような中で、日本版CCRCに関する既往研究は未だに乏しいのが現状である。我が国は導入直後のため未だ運用実態や地域特性に関する知見が十分でないと言えよう。以上のことから、本研究では日本版CCRCの全国動向を明らかにすることを目的とする。

2. 研究の方法

本研究は、以下の手順により進める。3章では、日本版CCRCの実施状況を把握し実施自治体の地域特性を捉えるとともに、事業対象範囲の視点から事業内容の全国的な動向を捉え対象事例を選定する。日本版CCRCの自治体の実施状況は、各自治体が行う地域再生計画の計画名称と計画内容から捉える。日本版CCRCの実施自治体の地域特性は、人口規模と人口増減率、老齢化指数に基づき全国的な傾向を捉える。そして、人口増減率と老齢化指数の傾向から実施自治体を4つのタイプに区分し、自然増減率と社会増減率、県庁所在地及び大都市制度と過疎地域の指定状況を捉える。都市住民が移住を検討する際に求める立地特性は、高速道路ICと鉄道駅の立地状況から交通アクセス及び、安心して良好な医療福祉サービスが担保されるための医療施設と日常生活を豊かにするレジャー施設の立地状況を捉える。そして、4章では各章の結果を横断的に捉え日本版CCRCの全国動向を明らかにする。

3. 日本版CCRCの全国動向と地域特性

(1) 老齢化指数と人口増減率によるタイプ類型

日本版CCRCは、地域再生計画により全国の50自治体により55の計画が認定されている。そして、同一エリアを対象にした計画は一つの計画として集計すると50の日本版CCRCに関する計画が全国で実施されている。実施自治体の内訳は、県が1自治体 (兵庫県) と市が26自治体と町が22自治体と村が1自治体である。日本版CCRCに取り組む基礎自治体の人口増減率は、大半が少子高齢化や人口減少に陥っており、老齢化指数が高く人口増減率が低い傾向がみられ、人口規模が小さい自治体ほど顕著である。全国平均の老齢化指数 (211) より低く、かつ人口増減率 (-8%) を上回っている自治体は数少なく、愛知県知立市、兵庫県加古川市、東京都日野市、茨城県阿見町、山口県山口市の5自治体であり人口規模の大きい自治体が多くを占める。実施自治体を老齢化指数 (中央値: 266) 及び人口増加率 (中央値: -5.1%) を基とした4区分は、タイプ1 (老齢化指数が高く人口増減率が低い) が23自治体 (46%)、タイプ3 (老齢化指数が低く人口増減率が高い) が22自治体 (46%) 該当し、全体の大半を占める。

(2) タイプ区分ごとの地域特性

全国的に少子高齢化及び人口減少が進行するなかで日本版CCRCを実施する自治体は、タイプ1の自治体とタイプ3の自治体が大半を占める。タイプ1は、大半が社会増及び自然増とも全国平均を下回っている自治体が該当し、今後ますます少子高齢化や人口減少の進行が懸念される。その一方で、タイプ3は一部に老齢化指数が全国平均を下回る自治体や社会増を保っている自治体が該当し、少子高齢化及び人口減少が未だ顕著でないものの、今後緩やかに進行する可能性が伺える。なお、少子高齢化傾向にあるが未だ人口減少に至っていない。タイプ2 (老齢化指数及び人口増減率が高い) が2自治体 (4%)、少子高齢化は顕著でないものの人口減少傾向にあるタイプ4 (老齢化指数及び人口増減率が低い) が3自治体 (6%) と少ない。

タイプ1の自治体は、23自治体の内の14自治体 (60.9%) が過疎化指定を受けており、老齢化指数が高い自治体ほど比較的多く指定されている。また、タイプ3の自治体は県庁所在地又は政令指定都市、中核市に6自治体 (27.3%) が該当している。そして、タイプ3に該当しながらも7自治体が過疎指定を受けており、全て

が一部過疎による指定である。中でも、秋田県秋田市と山口県山口市、鹿児島県鹿児島市は県庁所在地又は中核市の指定を受けながらも一部過疎に指定されている。

(3) 立地特性

日本版CCRCに取り組む兵庫県を除く49自治体は、7割以上が行政圏域内に鉄道駅や高速道路IC（37自治体・75.5%）や、レジャー施設（35自治体・71.4%）を有するなか、医療施設は16自治体（32.7%）に留まる。そのなかで、タイプ1は13自治体（56.5%）が行政圏域内に鉄道駅及び高速道路ICを有するが、10自治体（43.5%）がそのいずれも有しておらず交通アクセスに乏しい状況にある。また、レジャー施設は10自治体（43.5%）が有するが、地域医療支援病院が立地するのは2自治体（8.7%）に留まる。タイプ3は、全ての自治体で鉄道駅及び高速道路ICを有している。また、13自治体（61.9%）でレジャー施設、12自治体（57.1%）で地域医療支援病院が立地し、うち6自治体（27.3%）が複数の病院を有する。タイプ3及びタイプ2は、交通アクセスがよく医療施設を有するなど立地条件がよく、一方タイプ1及びタイプ4は交通アクセスに乏しく、医療施設が少ないことが伺える。

4. まとめ

本研究では、日本版CCRCの全国動向を明らかにし

表1 日本版CCRC実施自治体の地域特性

タイプ	実施自治体		人口特性				大都市制度			過疎指定			交通アクセス				医療施設	レジャー施設	事業対象範囲						
	都道府県	市町村	人口規模	高齢化指数	人口増減率	社会増減率	自然増減率	県庁所在地	政令指定都市	中核市	過疎	みなし過疎	一部過疎	路線数	駅数	高速道路				IC数					
1	京都府	笠置町	1万人未満	995	-0.16	-0.56	-2.10							1	1					タウン					
	千葉県	御宿町	1万人未満	674	-0.05	0.29	-1.61							1	1					有	タウン				
	広島県	安芸太田町	1万人未満	601	-0.11	-0.81	-1.88									1	2				タウン				
	埼玉県	鳩山町	1万人以上～5万人未満	484	-0.06	-0.23	-0.93														エリア				
	徳島県	三好市	1万人以上～5万人未満	473	-0.10	-1.02	-1.51							2	10	1	1	2			有	エリア			
	高知県	土佐町	1万人未満	469	-0.08	0.15	-1.59														タウン				
	静岡県	南伊豆町	1万人未満	454	-0.10	-0.13	-1.61														有	タウン			
	千葉県	長柄町	1万人未満	445	-0.09	-0.28	-1.16															タウン			
	北海道	遠別町	1万人未満	359	-0.09	-1.01	-1.26															有	タウン		
	北海道	余市町	1万人以上～5万人未満	357	-0.08	-0.88	-1.05							1	1	1	1					有	タウン		
	北海道	厚沢部町	1万人未満	354	-0.08	-1.44	-1.46															有	タウン		
	秋田県	大館市	5万人以上～10万人未満	347	-0.06	-0.38	-1.05							2	10	2	5					有	タウン		
	長野県	飯綱町	1万人以上～5万人未満	342	-0.07	-0.58	-1.37							1	1							有	タウン		
岡山県	玉野市	5万人以上～10万人未満	337	-0.06	-0.51	-0.74							1	4							有	タウン			
埼玉県	長瀬町	1万人未満	331	-0.07	0.05	-1.18							0	0								タウン			
北海道	黒松内町	1万人未満	331	-0.05	-0.71	-1.75							1	2							有	タウン			
岩手県	栗石町	1万人以上～5万人未満	314	-0.06	0.13	-0.97							1	3							有	タウン			
北海道	上士幌町	1万人未満	309	-0.06	2.01	-0.57															有	タウン			
奈良県	上牧町	1万人以上～5万人未満	308	-0.07	0.26	-0.90																タウン			
福島県	伊達市	5万人以上～10万人未満	301	-0.05	-0.41	-0.90							2	11							有	エリア			
千葉県	匝瑳市	1万人以上～5万人未満	289	-0.06	-0.40	-0.94							1	1								有	エリア		
石川県	加賀市	5万人以上～10万人未満	287	-0.07	-0.17	-0.86							1	3	1	2						有	タウン		
鳥取県	南部町	1万人以上～5万人未満	278	-0.05	-0.02	-0.82																有	タウン		
2	北海道	函館市	10万人以上	317	-0.05	-0.28	-0.85							6	31	1	1	2			有	エリア			
	佐賀県	みやき町	1万人以上～5万人未満	278	-0.03	0.20	-0.50							1	1							有	タウン		
3	秋田県	秋田市	10万人以上	254	-0.02	-0.24	-0.55	○		○				3	11	2	5	1				有	タウン		
	山口県	宇部市	10万人以上	250	-0.02	-0.39	-0.44							3	15	1	1	1				有	タウン		
	静岡県	静岡市	10万人以上	235	-0.02	0.05	-0.44	○	○					4	27	2	6	6				有	タウン		
	茨城県	笠間市	5万人以上～10万人未満	235	-0.03	-0.09	-0.53							2	6	2	4	1					タウン		
	北海道	網走市	1万人以上～5万人未満	234	-0.05	-0.96	-0.64							2	6								タウン		
	愛媛県	新居浜市	10万人以上	232	-0.02	-0.06	-0.54							1	3	1	1					有	タウン		
	福岡県	北九州市	10万人以上	232	-0.02	-0.18	-0.40			○				8	58	4	31	9					有	タウン	
	千葉県	旭市	5万人以上～10万人未満	230	-0.04	-0.62	-0.62							1	4								有	エリア	
	山梨県	都留市	1万人以上～5万人未満	222	-0.05	0.00	-0.42							1	8	1	1	1					有	エリア	
	長野県	佐久市	5万人以上～10万人未満	217	-0.01	0.27	-0.42							2	10	2	6	1					有	エリア	
	群馬県	前橋市	10万人以上	217	-0.01	0.20	-0.40			○				3	19	2	4	4					有	タウン	
	鳥取県	湯梨浜町	1万人以上～5万人未満	213	-0.03	0.26	-0.57							1	2								有	タウン	
	兵庫県	兵庫県	-	210	-0.01	-	-							-	-	-	-	-					有	タウン	
栃木県	大田原市	5万人以上～10万人未満	208	-0.03	-0.32	-0.42							1	1	1	1	1					有	タウン		
山口県	山口市	10万人以上	204	0.00	0.04	-0.38							4	28	2	4	2					有	タウン		
茨城県	阿見町	1万人以上～5万人未満	195	-0.01	0.32	-0.28									1	2						有	エリア		
福島県	本宮市	1万人以上～5万人未満	195	-0.02	0.04	-0.38							1	2	1	1						有	エリア		
東京都	日野市	10万人以上	186	0.03	0.63	-0.05							4	10									有	タウン	
兵庫県	加古川市	10万人以上	182	0.00	-0.36	-0.16							2	6	1	1	2						有	タウン	
鹿児島県	鹿児島市	10万人以上	179	-0.01	-0.07	-0.13	○		○				4	55	3	9	7						有	タウン	
4	北海道	芽室町	1万人以上～5万人未満	179	-0.02	-0.57	-0.41							1	2	2	2						有	タウン	
	愛知県	知立市	5万人以上～10万人未満	132	0.03	0.40	0.30							2	4									有	タウン
	埼玉県	秩父市	5万人以上～10万人未満	154	-0.05	-0.47	-0.80							2	4									有	タウン
	鹿児島県	伊仙町	1万人未満	233	-0.07	0.13	-1.29																	有	タウン
北海道	更別村	1万人未満	214	-0.06	-0.34	-0.61																	有	タウン	

た。地方創生施策である日本版CCRCは、自治体の制度運営上の特性として人口減少に直面する自治体だけでなく、未だ人口を保っている自治体でも運用されることが分かった。人口を保っている自治体は、比較的交通アクセスが良く医療施設を保有し県庁所在地や大都市制度に該当されている自治体が多い。

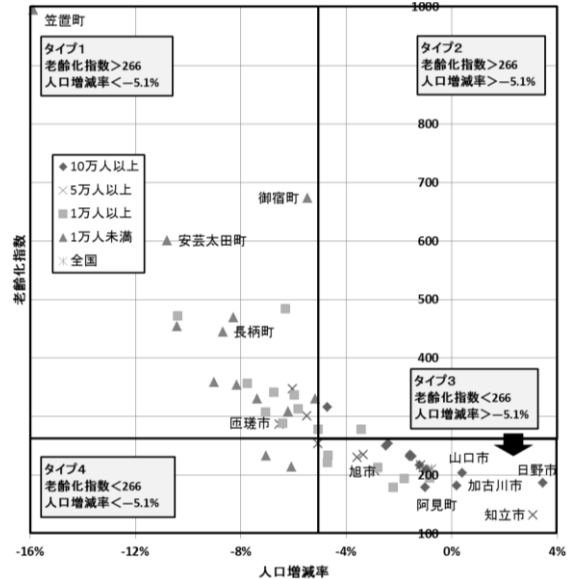


図1 日本版CCRC実施自治体の人口増減率

研究項目 : 先端研究推進プロジェクト助成金 (Ⅲ)

研究期間 : 2018/6/15 ~ 2018/10/31

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

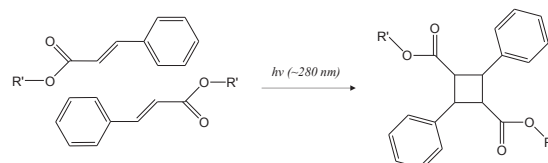
寺本 直純 千葉工業大学
TERAMOTO Naozumi 工学部 応用化学科 教授

1. 緒言

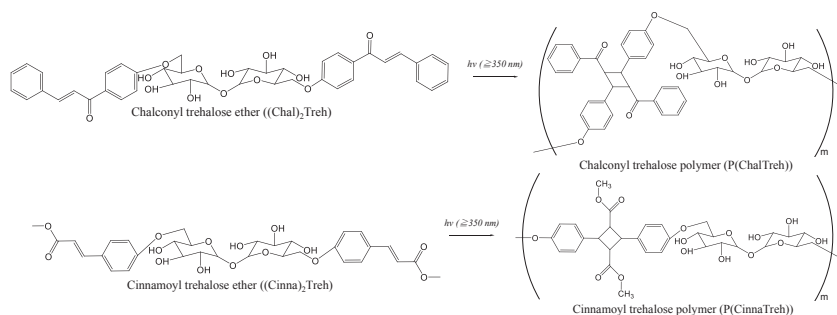
近年、細胞を培養するための基板となる足場材料において、材料表面の性質が重要とされており、本研究では、生体材料として材料表面にコーティングできる新規の機能性材料の研究に着目した。そこで、材料の最表面層の物性制御および架橋による材料の安定化として外部からの光により反応する光反応性基が注目を集めている。天然物由来の有機物では、シナモンと同じ原料から成る桂皮酸(シナモイル)やカルコンなどが知られている。これらは特定の光の波長を照射することにより分子間で結合して架橋する光二量化反応を伴う物質であり (Scheme 1), この現象を利用した新しい機能性材料の作製が考えられている¹⁾。また、生体への高い親和性として糖類が注目されている。糖類は分解した後も毒性を示さず、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²⁾。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³⁾。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が見出された⁴⁾。

本課題では、トレハロースの 6, 6'位にシナモイル基またはカルコン基を有するトレハロース誘導体を合成し、UV 照射の二量化により重合した二種類のポリマーを作製した (Scheme 2)。その後、各薄膜上で細胞培養を行い、光反応基の違いによる細胞適合性の調査を行った。



Scheme 1 UV 照射による桂皮酸の二量化



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. 光反応基含有トレハロースポリマーの作製

トレハロースと臭素にトリフェニルホスフィン(PPh₃)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臭素で置換することにより、生成物(Bromo-Treh)を得た。合成したBromo-Trehと4-ヒドロキシ桂皮酸メチルまたはヒドロキシカルコン(HXC)を仕込み mol 比 1:1 で混合し、炭酸カリウム存在下で反応させ、二種類の光反応基を有するトレハロース誘導体を得た。得られた各生成物の構造解析は、プロトン核磁気共鳴(¹H-NMR)測定を用いて行った。

Fig. 1 に各生成物の¹H-NMR スペクトルの結果を示す。¹H-NMR スペクトルにおいて、トレハロースユニットおよび光反応基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。

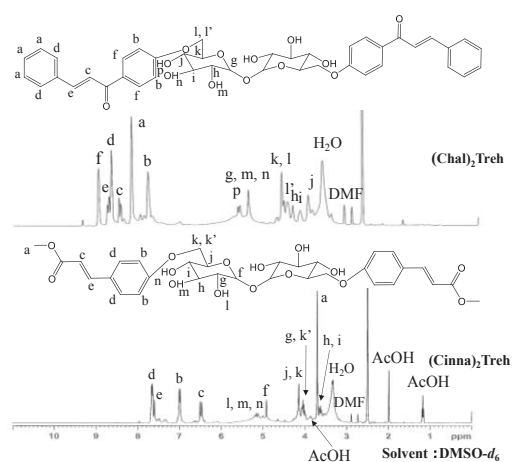


Fig. 1 各生成物の¹H-NMR スペクトル

2.2. 二量化による光重合

試料濃度 20 mg/ml に調製した各試料の MeOH 溶液を石英板上に滴下し、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。また、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。

各試料はそれぞれ UV 照射前に 340 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、340 nm 付近の吸収度の減少が起り、カルコン基を含むトレハロース誘導体は新たな吸収ピークが 300 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。

得られた各試料の分子量は、カルコン基含有トレハロースポリマーが数平均分子量(M_n)=96000、重量平均分子量(M_w)=123000、多分散度(M_w/M_n)=1.3 であった。シンナモイル基含有トレハロースポリマーは UV 照射後、有機溶媒に不溶となってしまったため、測定できなかった。

2.3. 細胞増殖試験

試料濃度 20 mg/ml に調製した各試料の MeOH 溶液をカバーガラス上に滴下し、UV 照射を行い、薄膜を作製した。この薄膜上にマウス 3T3 Swiss Albino 線維芽細胞を播種し、細胞増殖試験を行った。

Fig. 2 に血球計算板を用いた細胞数測定結果を示す。細胞増殖試験において、すべての薄膜上で細胞増殖が見られたことから毒性はないことが分かった。また、各試料を比較したところ大きな差は見られず、細胞培養用プレートと同様の細胞増殖が見られた。これより、光反応性基の二量体が細胞接着に関与していることが推測され、光反応性基が細胞の分子認識に起因している可能性が高いことが分かった。

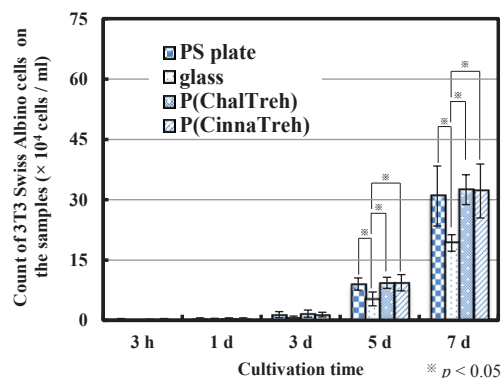


Fig. 2 二種類の光反応基含有トレハロースポリマー薄膜を用いた細胞数測定

3. まとめ

Bromo-Treh と 4-ヒドロキシ桂皮酸メチルまたはヒドロキシカルコン(HXC)を反応し、二種類の光反応性トレハロース誘導体を作製した。各試料に UV 照射を行い、二量化反応によって光重合し、主鎖に光反応基とトレハロースユニットを含むポリマーを作製した。反応はそれぞれ UV-vis スペクトルにおいて 340 nm 付近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。GPC よりカルコン基含有トレハロースポリマーが数平均分子量は 96000 となっていた。シンナモイル基含有トレハロースポリマーは UV 照射後、有機溶媒に不溶となってしまったため、測定することができなかった。

マウス線維芽細胞を用いて、各ポリマーの薄膜上で細胞増殖試験を行った。すべての薄膜上において毒性はなく、細胞培養用プレートと同様の増殖が見られていた。これより、光反応性基の二量体が細胞接着に関与していることが推測された。

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).

研究項目 : 先端研究推進プロジェクト助成金 (Ⅲ)
 研究期間 : 2018/6/15 ~ 2018/10/31
 研究課題名 (和文) : ISMS の運用におけるコスト効率化に関する研究

研究課題名 (英文) : A Study of Cost Reduction Effect on Running Costs in ISMS

研究者 : 米田 翔一 千葉工業大学
 YONEDA Shoichi 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要因としては、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 [3(4)]。即ち、ISMS のコストに関する問題の解決が重要であると言える。

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センサ技術の活用が考えられ [4(5)]-[5(6)]、これまでに 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行ってきた [7]。しかしながら、ISMS の運用にセンサを用いることによって新たに発生すると考えられるリスクに関する検討はまだ充分に行われていない。

本研究では、これらの背景の下、ISMS の運用にセンサを用いることによって新たに発生すると考えられるリスクを明らかにすることで、その対策案の検討

や新たに発生するコストの計算を可能とし、センサ技術による ISMS のコスト削減効果をより現実的なものとすることによって、ISMS の普及促進に寄与することが期待される。

2. センサ活用に基づく ISMS の人的稼働の代替

1. ISMS の現状

ISMS は、図1に示すように、組織的的管理、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]。

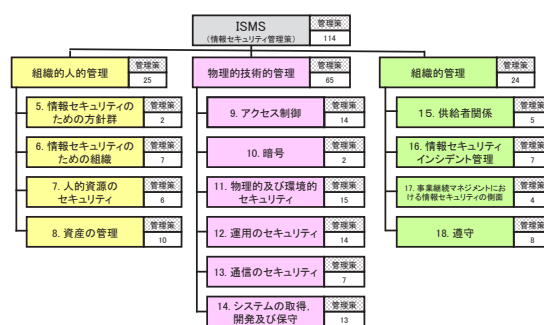


図1 ISMSの全体構造

2. 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てきた [7]。この動的な費用の算出においては、人的稼働が多くの割合を占めることから、これら人的稼働を削減することで大きな効果が得られるとし、センサによってどの程度代替可能かの検討も行ってきた。

表 1 人的稼働の代替における新たなリスク要因（監視カメラ）

No	レベル1	レベル2	レベル3	リスク要因	内容
1	情報的	人為的	意図的	不正アクセス	カメラに対しハッキングされ、意図しない挙動をさせられる。
2				なりすまし	他人のふりをして認可を得られる。
3				ウィルスの感染	カメラがウィルスに感染し、意図しない挙動をさせられる。
4			DoS攻撃	システムをフリーズさせられる。	
5			操作ミス	間違えて他人になりすましてしまう。	
6		非意図的	バグ	コーディングのミス。	
7		非人為的	通信のエラー	システムが停電で止まっているなど通信ができない。	
8			システムのエラー	システムがフリーズしているなど処理ができない。	
9			誤検知	正しいのに違くと判定してしまう。	
10			見逃し	違うのに正しいと判定してしまう。	
11	物理的		人為的	電源の切断	電源の破壊やコードを抜かれてしまう。
12		通信経路の切断		ケーブルを抜かれたり無線の妨害をされてしまう。	
13		破壊		カメラ本体を破壊されてしまう。	
14		視界不良		かぶせ物や煙幕などでカメラの視界を塞がれる。	
15		盗難		そもそもカメラを盗むことが目的だった。	
16		非意図的	電源の切断	誤ってコードを抜くなどしてしまう。	
17			通信経路の切断	誤ってケーブルを抜くなどしてしまう。	
18			破壊	誤ってカメラ本体を破壊してしまう。	
19			視界不良	誤って障害物を置いてしまうなどカメラの視界を塞いでしまう。	
20			停電	停電により電源が落ちてしまう。	
21			故障	何かしらの不良により故障してしまう。	
22	非人為的	視界不良	霧や霏など、自然現象によってカメラの視界が塞がれてしまう。		

3. 人的稼働の代替における新たなリスク要因の抽出

センサによって人的稼働は代替可能であるが、センサを用いることによって新たに発生するリスクに関する検討は未だ充分ではない。

本研究では、センサを用いることによって新たに発生するリスクについて検討を行った。特に、人間の五感を基に抽出したセンサのうち、最も多くの作業を代替可能だとされた監視カメラによって新たに発生するリスクについて検討した。リスク要因の抽出には、リスクマネジメントの代表的な手法である RBS (Risk Breakdown Structure) 手法を用いた[8]。

RBS 手法によって、監視カメラでの人的稼働の代替におけるリスクを体系的に分割し、最終的に 22 のリスク要因を抽出した。その一覧を表1に示す。

多くのリスクは、一般の情報システムにおけるリスクと類似したものであったが、情報的なやりとりを行うネットワークは人間の手によって作成・利用されるため人為的なリスクしか存在しなかった点に対し、センサが独立して稼働することによって、非人為的なリスクが新たに抽出されている。これらリスクが、特にセンサ活用によって新たに発生する固有なリスク要因であると考えられる。

今後は、抽出されたこれらリスク要因を基にリスク分析を行い、リスク対策案の提案を行っていく必要がある。また、監視カメラ以外のセンサに関しても検討を進めることによって、ISMS の人的稼働の代替における新たなリスク要因に関する費用の全体像が明らかになっていくと考えられる。

4. まとめ

本研究では、ISMS の普及促進の観点から、費用削減のために人的稼働を代替するセンサによって新たに発生するリスク要因について検討を行い、監視カメラに関する 22 のリスク要因を抽出した。

これにより、監視カメラによって人的稼働を代替する際に検討しなければならない新たなリスクが明らかになり、センサ技術による ISMS のコスト削減効果をより

現実的に検討することを可能とし、より具体的なコストの計算を可能とすることで、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、より具体的なコスト計算のため、抽出されたリスク要因に対する、リスク分析とリスク対策案の提案及び、その他のセンサに関する検討である。

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/27s/policy/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/siryos3-3.pdf>）（参照 2016-06-08）
- [7] 米田翔一他：センサ活用に基づく情報セキュリティエコノミクス：ISMS における費用対効果の効率化に関する検討，情報処理学会論文誌，Vol. 57, No. 12, pp. 2743-2756, 2016
- [8] PMI：プロジェクトマネジメント知識体系ガイド第5版，2012

[科研費採択者助成金]



研究項目 : 科研費採択者助成金

研究期間 : 2018/6/15 ~ 2019/3/31

研究課題名 (和文) : Robust Controller Bode (RCBode) plotにより改良された H_∞ 制御器によるHDDの磁気ヘッド位置決め制御

研究課題名 (英文) : Magnetic-head positioning control of HDDs with improved H_∞ controller by Robust Controller Bode (RCBode) plot

研究者 : 熱海 武憲 千葉工業大学
ATSUMI Takenori 工学部 機械工学科 教授

1. Introduction

In the 21st century, technologies for data-storage fields are important factors for Internet services, cloud computing, Big Data analytics, and social networking. In the data storage systems, the most widely used device is a hard disk drive (HDD), and positioning accuracy of magnetic heads in HDDs must be improved to meet increasing demands for larger storage capacity. To do so, a magnetic-head positioning system has to compensate for disturbances in the positioning system against plant perturbations. It is known as the robust control problem.

To design the controller for mechatronic systems, we can employ notch filters which are designed independently from a main controller. In this method, design results of the depth or width of notch filters depend on the designer's experiences strongly. This means that performances of the control system also depend on the designer's experiences strongly.

To design the robust controller systematically, the H_∞ control theory is widely used because the small gain theorem makes the robust stability problem easy to handle. However, the H_∞ control theory doesn't handle robust performance problem. As a result, the designed H_∞ controllers may not keep nominal control performances against plant perturbations.

On the other hands, a loop-shaping methodology called "Robust Controller Bode (RCBode) plot" is developed for the robust control design. The RCBode plot represents robust performance criteria as allowable and forbidden areas on Bode diagrams for a controller. Using the RCBode plot, we can improve an existing controller with visualized guidelines in order to keep control performances against plant perturbations. Moreover, we can easily consider the effects of structured uncertainties in control objects without using complicated generalized plants.

However, we cannot design an initial controller by using the RCBode plot because it is a loop-shaping technique.

This means that the loop-shaping design with the RCBode plot requires an initial robust controller, and it is not clear that how to remove a conservativeness in the initial controller for the RCBode plot.

In this study, to overcome the above-mentioned problem, we propose a design method of a robust controller based on the H_∞ control theory and the RCBode plot for the magnetic-head positioning system in HDDs.

2. Magnetic-head positioning system in HDDs

Fig. 1 shows a picture of an HDD without a top cover. The HDD is comprised of disks, a spindle motor, magnetic heads, and a voice coil motor (VCM). In the magnetic-head positioning control systems of the HDD, the control input is an input command value to a VCM driver, and the observed output is the magnetic-head position. Fig. 2 shows the frequency responses of the controlled object P_r (the real plant).

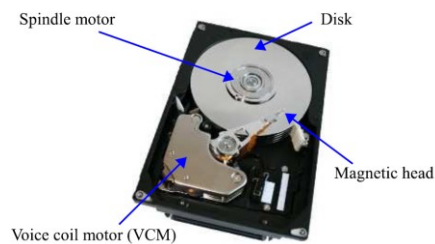


Fig. 1 Primary components of HDD.

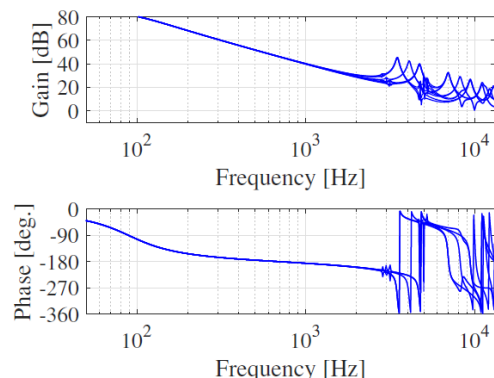


Fig. 2 Frequency responses of real plant P_r .

3. Control system design

Fig. 3 shows the RCBoode plot with the initial H_∞ controller as an original controller. In the RCBoode plot, blue lines show the frequency responses of a controller, gray areas show the forbidden regions that indicate frequencies at which the controller does not meet specific robust performance criteria. From this figure, we can see that the original controller has the excessive conservativeness around 4 kHz because the frequency response of the controller is away from the forbidden regions around 4 kHz. Moreover, the original controller does not meet the does not meet specific robust performance criteria at 120 Hz, 240 Hz, 360 Hz, around 1 kHz, and above 5 kHz.

In the next step, we iteratively design a modified controller so that the frequency response of the modified controller satisfies the robust performance criterion on the RCBoode plot. To do so, we have to modify the notch filters above 2 kHz. This figure also showed that we have to add some loop shaping filters below 2 kHz. Fig. 4 shows the RCBoode plot with the modified controller based on the initial H_∞ controller. This figure indicates the modified controller satisfies the robust performance criterion. Fig. 5 shows the comparison results of frequency responses between the original controller and the modified controller.

4. Performance evaluation

In this section, we compare the control performance between the original H_∞ controller and the modified controller by using RCBoode plot. Fig. 6 shows the amplitude spectrum of position error signals of the magnetic-head positioning system. Table 1 lists H_∞ norm of the sensitivity functions, and the positioning accuracies (three standard deviations of position error signals) for the original controller and the modified controller. From these results, we can see that the proposed method enables us to improve the positioning accuracy by about 15% from that with the original controller without losing stability margins.

Table 1. Characteristics of control systems.

	Original	Modified
Positioning accuracy [% of Track pitch]	11.6	9.8
max $\ S\ _\infty$ [dB]	19.4	10.9

5. Conclusion

In this paper, we propose a design method of a robust controller for the magnetic-head positioning system in HDDs based on the H_∞ control theory and the RCBoode plot. In the proposed method, we employ a loop-shaping methodology called "RCBoode plot" that enables us to handle the robust performance problems with graphical guidelines. Simulation results showed that using the proposed method can improve the positioning accuracy by about 15%.

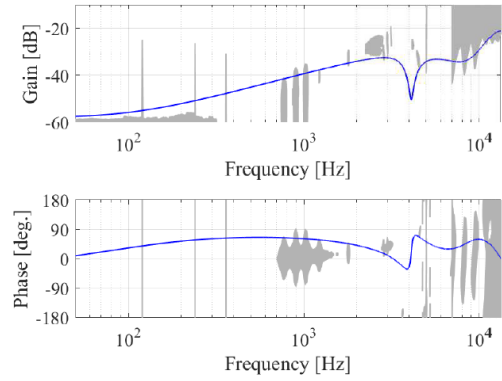


Fig. 3 RCBoode plot with original controller.

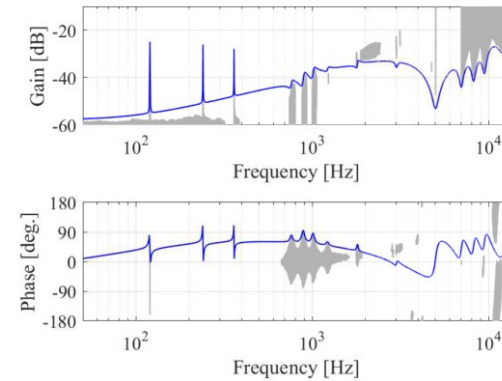


Fig. 4 RCBoode plot with modified controller.

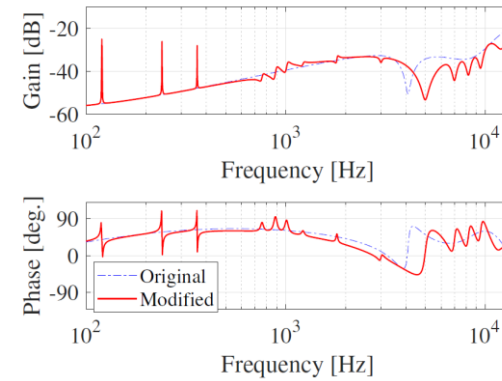


Fig. 5 Frequency responses of controllers.

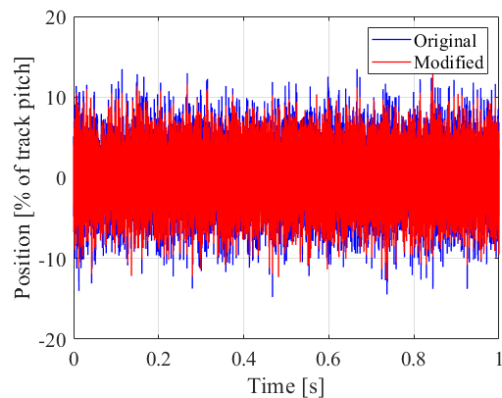


Fig. 6 Comparison of position error signals.

研究項目 : 科研費採択者助成金

研究期間 : 2018/6/15 ~ 2019/3/31

研究課題名 (和文) : 振動モード間の共鳴を基礎とした結合振動子系にみられる波動解析への新たな展開

研究課題名 (英文) : Novel approach to wave propagation analysis by assuming resonance of oscillation modes in coupled oscillator system

研究者 : 清水 邦康

SHIMIZU Kuniyasu

千葉工業大学

工学部 情報通信システム工学科 准教授

1. はじめに

本研究では、電力増幅部に非線形特性を有する非線形発振器の結合系を対象として、振動エネルギーの局在化・伝搬現象のメカニズム解明を目的とする。一般に、振動子が離散的に多数結合された系は多自由度となり、自由度の数だけ振動モードが発生する。このような系において、振動の復元項などに非線形性が関与する場合に、線形系では現れない振動エネルギーが局在化する現象が現れることが多数報告されている[1]。

結合振動子系に現れる局在振動モードは、系の非線形性により単純な振動モードの重ね合わせとして考えられず、局在振動モードの解析やその応用への障壁の一つとなる。本研究では、系の非線形性が弱い場合に適用できる摂動法の一つである平均化法を適用して、近似理論解を導出する。特に、従来研究では十分に検討されていなかった振動モード間の共鳴を、平均化法を用いる際に考慮することで、結合振動子系に現れる局在的な振動エネルギーが集中し移動する波動現象を記述する近似理論解の導出を試みる。本年度は、系の自由度が小さい場合を対象に、近似理論解の導出と回路実験による実証を行なう。

2. 発振器結合系

図1は本研究で対象とする単独の発振器 O_k を示す。ここで、LC 並列共振器に接続された電力増幅部の電圧電流特性は次の特性式で表されるものと仮定する:

$$i_{N.C.}^k = g_1 v_k - g_3 v_k^3 + g_5 v_k^5, \quad g_1, g_3, g_5 > 0. \quad (1)$$

このように増幅部の電圧電流特性を5次特性と仮定すると、この非線形性によって無発振状態と発振状態が共に安定となり、図1の発振回路は双安定となる(ただし、電圧電流特性のパラメータ g_1, g_3, g_5 の値によっては、発振状態が不安定となる場合がある)。この双安定性により、多数の発振器が結合された場合には、振動エネルギーが局在し伝搬するような波動現象など、様々な振動パターンが生まれることになる。

本研究では、図1の非線形発振回路を、インダクタ L_0 で相互に結合させた結合発振器系を対象とする。また、周期境界条件としたリング型の結合とし、結合個数を5個とした小数自由度系の近似理論解の導出、および回路実験による実証を行う。

回路実験では、次のように素子値を設定し実験を行う: $L_0 = 10$ [mH], $L = 2$ [mH], $C = 14$ [nF], $R_1 = 30$ [Ω], $R_2 = 1.2$ [k Ω], $R_3 = 360$ [Ω], $R_4 = R_5 = 540$ [Ω]. 図2は式(1)において、 $g_1 = 1.1126 \times 10^{-3}$, $g_3 = 2.198 \times 10^{-3}$, $g_5 = 7.836 \times 10^{-6}$ と設定した特性曲線に、上記のように素子値を設定した単独の発振回路から得られる電力増幅部の電圧電流特性の計測値を重ね書きしたものである。この図より、理論曲線と計測値がほぼ一致した特性を示していると言える。

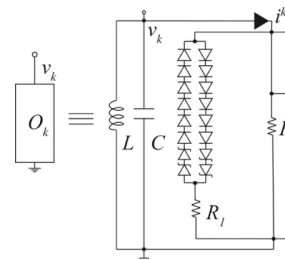


図1. 単独の非線形発振器。

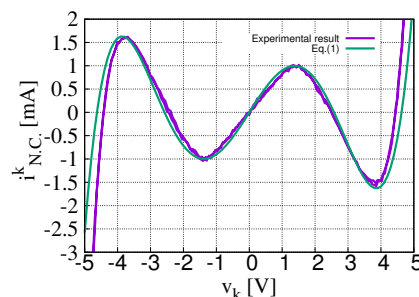


図2. 非線形コンダクタンスの電圧電流特性(紫線: 実験値, 緑線: 理論曲線)。

3. 近似理論解と安定性

近似理論解の導出法に関してその概略を説明した後、本研究で導出する近似解の新規性に関する要点

を簡潔に説明する。

5個の発振器結合系は、次の正規化変数およびパラメータを導入すると：

$$t = \sqrt{LC}\tau, \quad v_k = \sqrt[4]{g_1/5g_5} x_k, \\ \varepsilon \equiv g_1\sqrt{L/C}, \quad \alpha \equiv L/L_0, \quad \beta \equiv 3g_3/\sqrt{5g_1g_5},$$

正規化されたベクトル形式で次のように表すことができる。

$$\ddot{\mathbf{x}} + \mathbf{B}\dot{\mathbf{x}} = \varepsilon\mathbf{G}(\mathbf{x}, \dot{\mathbf{x}}), \quad \left(\ddot{\cdot} = \frac{d^2}{d\tau^2}, \dot{\cdot} = \frac{d}{d\tau} \right)$$

ここで、 $\mathbf{x} = [x_1, x_2, \dots, x_5]^T$ であり、 $\mathbf{G}(\mathbf{x}, \dot{\mathbf{x}})$ は電力増幅部によって決定される非線形関数に相当する。また、行列 \mathbf{B} は対角成分が $1+2\alpha$ で、その両隣の列成分が $-\alpha$ 、および残りの行列成分がゼロの結合行列を表す。したがって、非線形性の程度を表す正規化パラメータ ε の値がゼロであれば線形離散格子系となり、振動モードが調和振動解の重ね合わせとして厳密に導出できることになる。さらに、 ε の値が十分に小さいとすれば、線形系の厳密解から出発して、近似理論解を検討できることになり、このような代表的な手法の一つに平均化法と呼ばれる手法が知られている[2]。平均化法では、元の支配方程式を結合行列 \mathbf{B} の固有ベクトルから作られる変換行列を使ってモード座標に置き換え、近似解として次のように仮定する： $y_k = a_k(\varepsilon\tau) \sin(\omega_k\tau + \phi_k(\varepsilon\tau))$ 。さらに、振幅と初期位相を十分に小さい ε オーダーで時間的に変動する変数とおく。このような仮定下では、元々の系のダイナミクスと、近似解の振幅、および初期位相の時間変動の差が十分大きいとみなせるため、振幅と位相のダイナミクスを次のように平均化して考えればよいことになり、次式を平均化方程式と言う：

$$\dot{a}_k = \frac{\varepsilon}{2\pi\omega_k} \int_0^{2\pi} f_k(\mathbf{y}, \dot{\mathbf{y}}) \cos\theta_k d\theta, \\ \dot{\phi}_k = \frac{-\varepsilon}{2\pi\omega_k a_k} \int_0^{2\pi} f_k(\mathbf{y}, \dot{\mathbf{y}}) \sin\theta_k d\theta.$$

ここで、 $\mathbf{y} = [y_1, y_2, \dots, y_k]^T$ ($k = 1, 2, \dots, 5$) は、変換行列により \mathbf{x} を線形変換した変数であり、関数 f_k は非線形関数 $\mathbf{G}(\mathbf{x}, \dot{\mathbf{x}})$ の k 番目の非線形関数に相当し、 f_k の近似解として $y_k = a_k(\varepsilon\tau) \sin(\omega_k\tau + \phi_k(\varepsilon\tau))$ を代入して、計算を行う。特に、上式の微分値をゼロとした平衡点は元の支配方程式の定常解に相当する。したがって、平衡点周りで近似した線形化方程式から得られるヤコビ行列の固有値から安定平衡点を厳密に議論でき、定常解を得ることができる。また、調和振動の周波数がすべて無理数比であると仮定すれば、複数の定在波の存在を容易に検証することができることになり、様々な振動モード解析に使われ、非線形結合発振器系の解析手法として使われてきた[2]。

その一方で、近似解のモード周波数は結合行列 \mathbf{B} の固

有値の1/2乗となり、結合行列 \mathbf{B} の対称性から、いくつかのモード周波数が縮退する。例えば、5個の結合系から得られるモード周波数は元の回路表現を使えば、次式で表される：

$$f_k = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \sqrt{1 + 2\alpha \left(1 - \cos \frac{2(k-1)\pi}{5} \right)} \quad [\text{Hz}].$$

したがって、 $f_2 = f_5$ 、および $f_3 = f_4$ となるため、これらのモード周波数が縮退する。それゆえに、このような周波数を考慮して平均化方程式を検討する必要があるが、従来研究では小規模な発振器結合系を除いて、十分な検討がなされていないのが実情である[3]。

本研究では、このような縮退されたモード周波数を考慮に入れた近似定常解の導出を行う。その結果、5個の発振器結合系においては、最大で21個の定常解が共存し、振動エネルギーが離散格子系を伝搬する波動解が複数共存する状況を理論的に確認することに成功した。特に、5個の結合系で得られるモード周波数の異なる3つの全ての周波数（縮退されたモード周波数を含む）を成分とした3重モード振動が波動解の一つとして存在することを確認した。なお、本稿の内容は、これまでに公表した我々の研究報告書の内容をまとめたものであり、さらなる詳細は、回路実験に関しては以下の文献(1)、多数の共存する近似理論解については以下の文献(2)をそれぞれ参照されたい。

(1) M. Takahashi, K. Shimizu, 2019 RISP

International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing, pp. 554-557, 2019.

(2) K. Shimizu and T. Endo, IEEE International

Symposium on Circuits and Systems 2019, Sapporo, 2019. (DOI: 10.1109/ISCAS.2019.8702467)

4. むすび

本研究では、5個の双安定な発振器結合系を対象にして、多数の共存する振動モードの近似理論解の導出、ならびに回路実験による実証を行なった。その結果、これまで導出するのが困難とされた多重モード振動解[3]を理論的に導くことに成功し、このような解が振動エネルギーの伝搬現象のメカニズム解明に重要であるという知見を得た。また、大自由度系の結合発振器系の場合には、縮退したモード周波数が多数存在することになるため、縮退したモード周波数の考慮が特に重要となる。この点を今後精査していく予定である。

参考文献

[1] S. Flach and A. V. Gorbach, Phys. Rep., vol. 467, pp. 1-116, 2008.

[2] M. Kojima, Y. Uwate, Y. Nishio, IEEE Tras. on CASI, no. 61, pp. 2653-2662, 2014.

[3] L. O. Chua and T. Endo, Int. Jour. of Circuit Theory and Applications, vol. 16, pp. 59-92, 1988.

研究項目 : 科研費採択者助成金

研究期間 : 2018/6/15 ~ 2019/3/31

研究課題名(和文) : 周波数シフトテラヘルツ波による建築物非破壊検査

研究課題名(英文) : Non-destructive inspection of buildings 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立することは、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。電波と遠赤外の間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

無い新た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。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。

本研究の遂行にあたっては、(A) 光源/検出系開発、(B) 信号解析、(C) 建築資材解析を3つの柱として研究グループを構成した。電波および超音波解析法をテラヘルツ波に適用したイメージング高精度化の取り組みとして、相関合成法、MUSIC 法および POLSAR 法を発展的に展開させる。かつ、建築物の非破壊診断に必要な研究者を加えて組織し、科学研究費補助金基盤研究(A)にて研究を実施している。

2. 光源/検出系開発

UTC-PD で発生させた FS テラヘルツ波に対し、増幅器を2段設けることで出力増強を試みた。当初は Si レンズから出射される FS テラヘルツ波に対し、単レンズによるカップリングを試みたが、結合効率や安定性において問題が生じた。そこで、導波管タイプの UTC-PD を新たに導入し、結合効率および安定性の改善を試みた。結果、出力の安定したテラヘルツ波増幅が得られた、最大出力

は 74 mW を得ており、当初の目標である 40 mW を超える高出力 FS テラヘルツ波発生に成功した (図 1)。

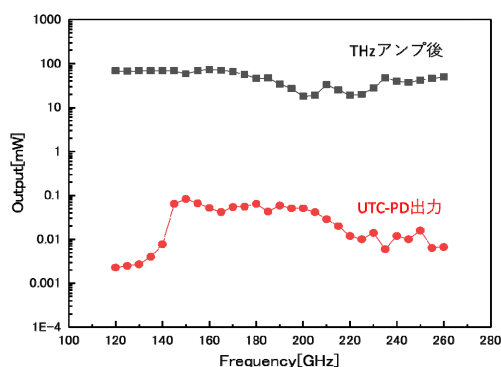


図 1. FS テラヘルツ波出力特性

3. 信号解析

THz-TDS を用いた高分解能イメージング技術において、偏波方向による反射体間の虚像の削減および凹レンズによる有効映像領域の拡大に成功した。高精度距離測定技術の蓄積として、超音波領域で時間反転波と感度補正を併用した複数チャンネル送信式の有効性、及びターゲット移動するダイナミックの条件下での感度補正信号と自己相関処理の有効性をそれぞれ見出した。円弧状合成開口アレーの信号を複数の仮想的な等間隔直線アレー信号に変換して相関低減処理を適用する位置推定法を考案し、従来識別できなかった波長間隔程度のターゲットを識別できることを確認した。THz-TDS に偏波解析を導入し、THz-TDS の持つ広帯域パルスを生かした新たなターゲット識別手法を確立した。この際、ターゲットとして金属平板を用いた校正量を用いることで識別精度が向上することを明らかにした。また、THz-TDS に偏波解析だけでなく合成開口処理を導入 (THz-POLSAR) することで、従来のテラヘルツセンシングで起こる焦点ずれを起こすことなく、アジマス方向に構造変化を持つターゲットの識別能力向上を実現した。

4. 建築資材解析

水分含有率の異なるコンクリートサンプルに対し、THz-TDS によりエリプソメトリにて複素屈折率測定を実施した。乾燥過程および応力印加時における屈折率の変化が確認されたことから、テラヘルツ波によるコンクリート診断の端緒が得られた。

紙で覆われたコンクリート表面のサブミリ幅の亀裂の検知に向けて、近接場散乱を使用した非破壊ミリ波イメージングを実施した。紙の厚さやアンテナの高さが異なる場合に得られる 2 つのミリ波画像の差を計算することで、ミリ波像におけるひび画像のコントラストを最大 3 dB 向上することができた。

5. 今後の展望

E0 検出によるビート周波数測定を、高強度 FS テラ

ヘルツ波により実現する。非線形光学結晶によって、励起 2 波長光と FS テラヘルツ波の和周波発生および差周波発生を行い、FSF レーザー光と同一波長成分のみを光フィルタにより選別し、光増幅器による増強後に光領域で用いられるフォトダイオードにて検波する。理論的には光領域で実施されている FSF レーザーを用いた周波数領域リフレクトメトリと全く同じ計測に持ち込めるため、従来行ってきたショットキーバリアダイオードによる FS テラヘルツ波の自己干渉によるビート観測で問題であったノイズ対応を抜本的に解決し、検出系における SN 比を大幅に向上させることが期待できる。

THz-TDS の SN 比向上のため、M 系列変調信号の有効性についての実験的検討を行う。層状誘電体を介した場合での THz イメージングについての実験的検討を行う。測定データに対する有効性、ターゲットの位置、仮想アレーの素子数や配置位置などによる推定精度への影響を検討し、提案手法の適用条件を明らかにする。また、相関波検出により有効な圧縮センシングなどの適用検討も開始する。レンジ方向に構造変化を持つターゲットの観測を確立するため、レンジ方向に層状変化を持つターゲットを作成し、ターゲット識別能力向上のために、どのような偏波信号処理法が効果的であるか検討を重ねる予定である。

コンクリートを対象として、内部空胞密度や乾燥過程における水分含有量をパラメータとしたテラヘルツ波帯における複素誘電率推定、および応力負荷時の複素誘電率の変化など基礎的な材料評価を継続して実施する。かつ、コンクリートの水分含有および塩分含有に対する新たな評価手法として、テラヘルツ波照射時の誘電緩和の変化を利用し、ケルビンプローブ顕微鏡による基礎検討を実施する。

紙の厚さやアンテナの高さを変えるのではなく周波数掃引により、紙の上部とコンクリートとの界面での反射波の位相が反転する周波数を同定してテラヘルツ画像を取得し、他の周波数での測定結果で得られたテラヘルツ画像の差を計算することで、テラヘルツ画像におけるひび画像のコントラストの向上を目指す。

本研究に関する主な発表論文

- 1) Kazuma Sato, Ryo Toh and Koji Suizu, "Terahertz imaging for multiple reflectors using time-domain correlating synthesis method," Jpn. J. of Appl. Phys., 57, pp. 122502-1-6 (2018).
- 2) Yuki Kamagata, Hiroaki Nakabayashi, Koji Suizu, and Keizo Cho, "Identification of Periodic Structure Target Using Broadband Polarimetry in Terahertz Radiation," IEICE Communications Express, 7, pp. 266-271 (2018).

研究項目 : 科研費採択者助成金

研究期間 : 2018/6/15 ~ 2019/3/31

研究課題名(和文) : 河川、内湾水中マイクロプラスチック挙動解明と代替物質利用による将来濃度予測

研究課題名(英文) : Environmental behaviors of microplastics in rivers and bays and prediction of their future concentration after the use of their alternatives

研究者 : 亀田 豊 千葉工業大学
KAMEDA Yutaka 創造工学部 都市環境工学科 准教授

1. はじめに

河川を経由したマイクロプラスチック(MPs)の海洋への輸送量の把握は海洋中特に沿岸域のMPs削減に必須の情報と考えられる,さらに,輸送量以外の情報,すなわち,ポリマー種別,粒径分布,表面積分布,発生源等のMPsの存在特性の把握はMPsの製造段階における規制やMPsに代わる代替物質の選定においても重要と考えられる.しかし,国内における河川水中のMPs汚染調査¹⁾はピッキングが可能な200 μ m程度以上のMPsを中心に Rowe²⁾が行われており,それよりも微細なMPs(以下,微細MPsと称す.)の調査は世界的にも稀であるため,詳細な粒径粒子数分布や表面積分布は明らかになっていない.一方,本研究室では水中の20 μ m以上のMPsの調査方法及び自動分析手法を開発した²⁾.この方法により,世界的にも水中微細MPsの存在特性把握が期待される一方で,従来の調査方法との差異や微細MPsの測定の意義を把握する必要がある.

そこで,まず本年度の研究として,鶴見川水中の微細MPsを含めたMPsの存在特性を把握するとともに,そのデータを基にした従来の調査方法との結果比較及び微細MPsの調査の必要性について検討した.

2. 調査方法

2018年8月,基底状態における鶴見川にて源流から下流にわたり計5地点にて河川水中MPsを採取した(Fig. 1).現場にて河川水1m³を10 μ mのプランクトンネットで濾過し(Fig. 2),MPsを含む懸濁態を研究室に持ち帰った,懸濁態は30%過酸化水素水で酸化後,NaI水溶液で比重分離を行い,上澄み液をPTFEメンブレンで濾過した.最後にメンブレン上の懸濁態を顕微

FTIR(ThermoScientific社製Nicolet iN 10)にて自動分析を行った.得られた大量のIRスペクトルデータをイメージマッピング化し,微細MPsを含むすべてのポリマー別MPs粒子数,粒径(長径,短径)を自動で同定定量を行った.また,各地点の河川水中クロタミトン,カフ



Fig.1 Sampling points and sewage treatment plant along Tsurumi river

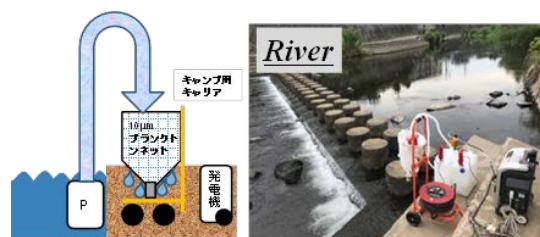


Fig. 2 A developed portable sampling system for microplastics in surface water

エイン, HHCb, AHTN も測定した。

3. 結果と考察

(1) 鶴見川河川水中のポリマー別MPs濃度

Fig. 3 に水中MPsのポリマー別粒子数の流下方向変化を示す。今回、顕微FTIRで測定したMPsは、メンブレン上の全面積の5%しか測定していない。そのため、今回の結果は精度的にやや不十分であることに注意する必要がある。実際に顕微FTIRで測定するメンブレン上のMPsの分布は不均一であることが現在明らかになっており、現在は全面積の25%を測定している。

鶴見川では、源流では少数のポリエチレン粒子しか検出されなかった。これは、源流は地下水の湧水がその流量を多くを占めるためとも考えられるが、一方で測定面積の小ささによる測定値の変動の影響も考えられる。実際、A地点のHHCb, AHTN濃度はそれぞれ63.1 ppt及び10.6 pptであり、生活排水の混入が考えられるレベルであった。今後、25%に測定面積を増加させた結果で評価する予定である。B地点では下水処理場の排水はなく、浄化槽排水や無処理の排水が流入しており、それが排出源と思われるMPsが高濃度で検出された。C, D地点は下水処理場排水に寄与率が高い地域であり、下水処理場排水からのMPsが多いと考えられた。さらに、E地点は1471 p/m³と最も高い濃度であった。しかし、E地点ではD地点に比較してHHCb濃度が1/2以下に減少したことから、海水の影響が考慮された。検出されたポリマー

数も1種(A)<10種(B)<7種(C)<8種(D)<12種(E)であり、不十分な処理排水、下水処理水及び海水の寄与が反映していた。また、E地点に特有なMPsはナイロン、ポリビニルアセテート、ABS樹脂及びポリウレタン樹脂であった。

(2) 鶴見川河川水中のMPs粒子数粒径分布及び表面積分布

Fig. 4にA地点を除くMPsの粒子数及び表面積の粒径分布を示す。今回検出されたMPs粒子数は微細MPsの寄与率が81.6~95.2%と非常に高く、これが従来よりも高濃度である原因と考えられた。一方、表面積では微細MPsは24.5~41.6%であった。この結果から、表面の微細な凹凸や内部の微細孔構造を考慮しない場合、河川においては貝類など微細MPsしか摂取できない水生生物に対する有害化学物質の溶出影響評価や粒子自体の毒性評価には微細MPsの調査が必須であることが推測された。一方で大型魚類など200µm以上のMPsが摂取可能な大型水生生物については、従来の大型MPsのみの調査でも約7割程度は把握できることが推測された。

参考文献

- 1) T. Kataoka, et. al. (2019) Environmental Pollution, 244, 958-965
- 2) Y. Kameda (2018) Society of Environmental Toxicology and Chemistry 39th North America annual meeting.

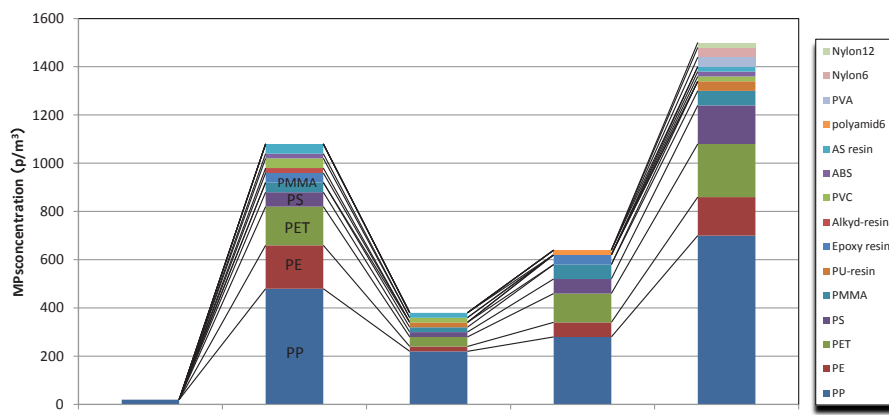


Fig. 3 The trends of microplastics concentrations and their polymer profiles along Tsurumi river

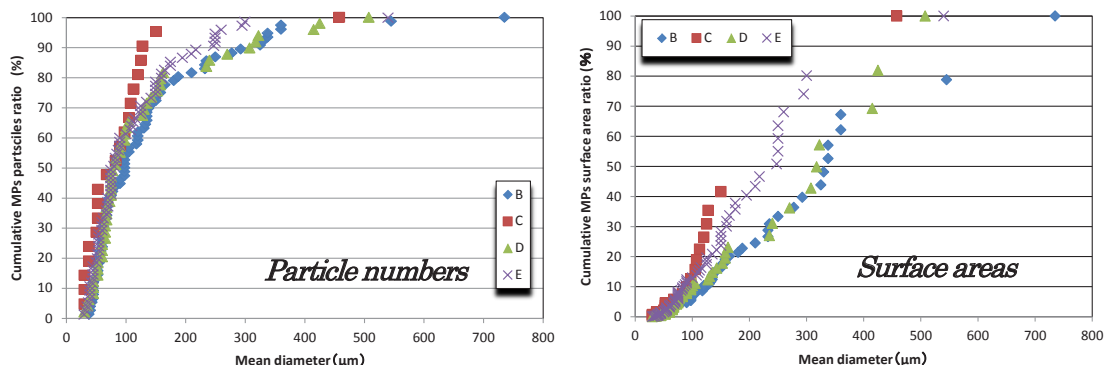


Fig. 4 Cumulative size distributions of microplastics concentration and surface area in surface water from Tsurumi river

研究項目 : 科研費採択者助成金

研究期間 : 2018/6/15 ~ 2019/3/31

研究課題名 (和文) : 災害救助活動を目的とした柔軟変形ロボットの開発

研究課題名 (英文) : Development of soft deformation robot for rescue use

研究者 : 青木 岳史
AOKI Takeshi

千葉工業大学
先進工学部 未来ロボティクス学科 准教授

1. はじめに

自身の形状を柔軟に変形するロボットは、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。移動体において面状の機体であれば、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。先行研究では 3D プリンタにより造形した屈曲モジュールを開発し、それらを組み合わせて面状移動体を構成し、進行波による全方向移動動作を実現した。しかし屈曲モジュールの駆動には高圧の空気圧を必要とするために層間からの空気漏れが発生し、また空気の供給を行う多数のチューブによる移動動作への影響などの問題点も確認された。そこで本研究では、高軟質素材を用いた低圧での屈曲動作が可能な屈曲モジュールと、流路となるチューブの本数を減らすために空気圧自励弁の開発を目的とし、本助成では高軟質素材の射出可能な射出機構の開発と、空気圧自励弁を構成する 2 流路シリコンチューブと排気弁の開発を行った。

2. 射出機構の開発

FDM 方式 3D プリンタで屈曲モジュールの造形を行うために、高軟質素材の射出が可能な射出機構の開発を行う。これまでの屈曲モジュールで用いてきた 3D プリンタ用の柔軟素材である熱可塑性エラストマーは、層間の剥離による空気漏れや、素材硬度により屈曲動作には $0.4 \sim 0.6$ [MPa] の高圧の空気圧が必要であるといった問題点があった。そこで、高軟質素材である PDMS と呼ばれる 2 液硬化型シリコンの射出が可能な射出機構の開発を行った。通常の素材ではノズルから射出された直後から硬化が始まってしまうために層間の結合力が低下し、剥離した箇所から空気漏れが発生する。しかしシリコンでの硬化は、ノズルから吐出された後に各層の上に積層されながら硬化を始めるため、層間の結合力を高くすることができる。また高軟質素材の特性から、低圧での加圧でも大きく膨らむことができるため、低圧での動作が可能な屈曲角度を増大させた屈曲モジュールを造形することができる。

2. 1. 射出機構の構成

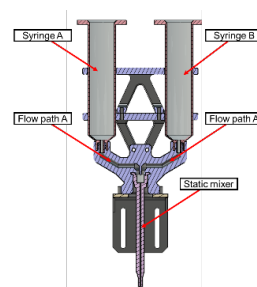


図1 射出機構

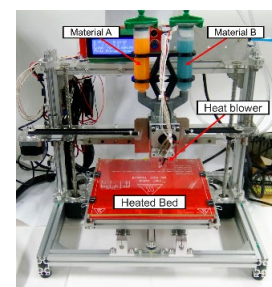


図2 造形装置

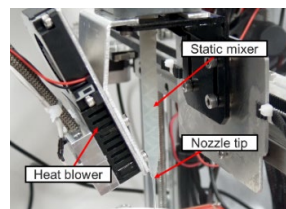


図3 ノズル機構

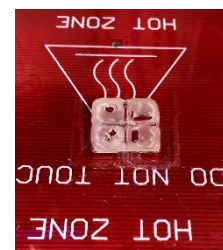


図4 造形結果

射出機構は図1に示すように、空圧シリンジと素材攪拌のスタティックミキサーとで構成する。2 液硬化シリコンの素材となる A 剤, B 剤を空圧シリンジにて押し出し、それぞれ同量が流路を通してスタティックミキサー内部に注入され、空圧シリンジの圧力によって押し出されながらスタティックミキサーの内部で静的に攪拌されてノズルの先から射出される。開発した射出機構を 3D プリンタに実装した状態を図2に示す。空圧で加圧されてスタティックミキサーより射出されたシリコンをヒートベッド上に積層し、造形を行う。さらに図3に示すようにスタティックミキサーのノズル先にヒートブローアを実装する。これは射出された 2 液硬化シリコンへ加熱された熱風を当てることで、硬化を促進するためである。

2. 2. 射出機構での造形実験

開発した射出機構を用いて、2 液硬化シリコンの造形実験を行った。その結果から 0.2 [MPa] での加圧時に、スタテ

ミックミキサーでの2液攪拌および、60[°C]で加熱されたヒートブローアによる硬化促進の影響を確認することができた。しかし図4に示すように正常な造形を行うことができなかった。これはスタティックミキサー内での攪拌とヒートブローアによる加熱によって、シリコンの硬化の転移点がノズル射出よりも前になったことが原因であると考えられる。これによりノズルからの射出時には高粘度状態へと変化し、造形時に周りの層を引張り、造形が崩れてしまった。また、ヒートブローアによる加熱を行わない場合は、ノズルから射出され、層を重ねる際には転移点が間に合わず、常に液硬化状態で垂れてしまい、正常に造形することができなかった。このことから2液硬化シリコンを用いた造形では、液体から固体へ変化する際の転移点を温度調節により緻密にコントロールすることが重要であると考えられる。

3. 空気圧自励弁の開発

これまでに開発してきた柔軟変形移動体は多数の空圧供給チューブによって移動を妨げられていた。そこで移動体へ内蔵できる自励弁を開発し、使用するチューブの本数を減らす必要がある。すでに提案されている自励振動バルブは、一定圧力供給のみで加圧するチャンバを自励的に切り替えるバルブとして利用可能であるが、流量が少ないという問題点がある。そこで本研究で開発する自励弁は屈曲モジュールを動作可能な流量を備えた排気弁と、2流路のシリコンチューブを1ユニットとする構成とした。

3. 1. 2流路シリコンチューブの開発

2流路シリコンチューブは後述する図5に示す排気弁と組み合わせることで1つの流路の給気から屈曲モジュールの上下の気室に交互に給気を可能とする。動作原理としては、チューブ内を2つの流路に分割することで左右の流路に圧力差が発生し、それにより片側の流路の加圧により他方の流路が遮断されるので、接続する屈曲モジュールの片側の気室への加圧が可能となる。2流路シリコンチューブは内部構造が複雑であるため次の方法で製作した。3Dプリンタで造形したPVA(水溶性のフィラメント)製の型にシリコンを流し込み、硬化させる。シリコンの硬化後にPVAを除去し、硬化した2流路シリコンチューブのみを取り出す。

3. 2. 排気弁の開発

圧縮されて座屈した板バネをダイヤフラムとして排気弁の切り替え動作を行う。屈曲モジュールの片側気室のみに加圧すると、一定の圧力に達すると板バネの座屈方向が切り替わる。これにより給気側の2流路シリコンチューブの加圧流路も切り替わる。この動作を繰り返すことで自励的に流路の切り替えが可能となる。

3. 3. 自励弁の動作実験

コンプレッサを用いて製作した自励弁の動作確認を行った。実験の様子を図6に示す。今回は自励弁のみ単体での動作実験を行った。実験方法はコンプレッサを用いて1流

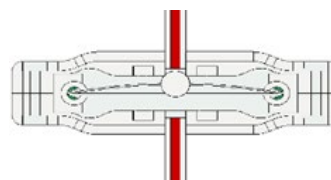


図5 自励排気弁

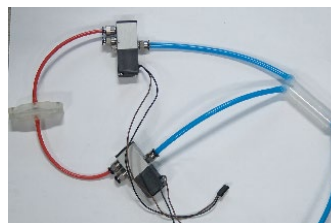


図6 試作した自励弁の動作実験

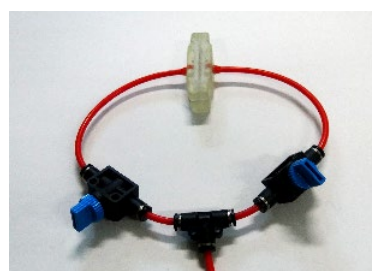


図7 排気弁のみの動作実験

路からの加圧を行う。2流路シリコンチューブ、排気弁の順番で接続し、自励的に流路の切り替え動作が行われるか確認した。実験結果としては、2流路シリコンチューブの流路切り替え動作は確認されなかった。原因としては流路を遮断する中央の膜が閉じ切っていないためと考える。

次に排気弁のみの動作実験を行った。実験の様子を図7に示す。実験方法はコンプレッサから手動バルブを取り付けた2本のチューブに交互に加圧を行う。排気弁内部の座屈した板バネが加圧により反対側の空気穴をシールすることで、ダイヤフラムとして機能できるか確認する。実験結果は0.5[MPa]から板バネの座屈方向の切り替わり動作を確認できた。しかし、0.1~0.4[MPa]においては切り替わり動作を確認できなかった。

4. おわりに

本研究では、高軟質素材の造形を目的とした射出機構の開発と空気圧自励弁の開発を行った。今後は2液硬化シリコンでの造形の確立と、確実に動作し、かつ3Dプリンタでの一体成型が可能な自励弁の開発を進める。

本研究に関する主な発表論文

[1] 井口, 羽田, 青木: ”空気圧を用いた柔軟変形移動体の開発-3Dプリンタを用いた高軟質素材で成形された屈曲モジュールと空気圧自励弁の開発-”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会, 1P2-G07, 2019

研究項目 : 科研費採択者助成金

研究期間 : 2018/6/15 ~ 2019/3/31

研究課題名(和文) : 生物の群逃避行動を模倣する群ロボットの反射的振る舞いの高速伝播メカニズムの実現

研究課題名(英文) : A Design of a High Speed Mode Transferring Mechanism in Swarm Robot Systems by Mimicking Group Reacting Behavior of Bio-Systems

研究者 : O王 志東
WANG Zhidong

千葉工業大学
先進工学部 未来ロボティクス学科 教授

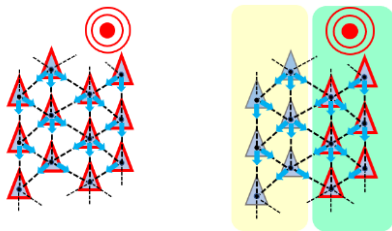
野上 匠
NOGAMI Takumi

千葉工業大学
先進工学部 未来ロボティクス学科

1 緒言

分散制御法では群ロボットの活動環境の状況予測や環境状況に適応性が有利であるが、複雑な群全体の振る舞いを実現する各ロボットの適切な相互作業関係を設計するのは一般的に困難である。解決法の一つとして自然界における個体間での相互作用や、環境との相互作用など、自律分散の形態をとって協調活動をする魚や鳥などの生物を模倣した制御法が提案されている。

Reynolds は3つの単純な相互作用則により鳥の群行動を Boid アルゴリズムとして提案し、コンピュータ上に再現した[1]。本研究グループは、捕食者に対する魚群の群逃避行動に注目し、Boid アルゴリズムを応用することで、魚の運動特性と類似した対向二輪型移動ロボットにおいて、魚群の行動特性を模倣する力学モデルを定式化した。このとき、ロボットの運動特性で遷移する3つの制御状態(Normal モード、Active モード、Passive モード)による制御方式を用いて、群逃避アルゴリズムを提案し、シミュレーションからその有効性を示した[2]。ここで提案した群逃避アルゴリズムは、1つの群としての振る舞いを表現するアルゴリズムである。そのため、高速道路のモデルのような群内でもサブグループを有し、サブグループとの相互作用を分離する必要がある環境下の場合でも、同一の相互作用が発生してしまう(図1)。



(a)単一グループの群逃避行動 (b)サブグループ有する環境下での群逃避行動

図1 異なるグループ環境での群逃避行動の相互作用

本報告では、サブグループを有する環境下である高速道路のモデルを用いて議論を進めていくため、従来の力学モデルを並進運動に限定し、サブグループと分

離した相互作用を用いた力学モデルを示す。また、サブグループとの緊急時に発生する相互作用を記憶しておく Attention モードを定義し、サブグループを有する環境下において利用可能な、従来の群逃避アルゴリズムの制御状態に Attention モードを加えた制御アルゴリズムを提案する。そして、有効性をシミュレータによって検証する。

2 緊急停止群行動

2.1 力学モデル

本稿では、進行方向に一定速度で走行しているのを Schooling、進行方向に何か問題が発生したことを Emergency-Event(以下 Emg-Event)、それによって引き起こされた緊急停止群行動を Emergency-Action(以下 Emg-Action)と呼ぶ。また m 個のサブグループで構成されている群を想定し、個々のサブグループを $G_i (i = 1, 2, \dots, m)$ と定義する。特に自身のグループを Group_Own(以下 G_{own})、他のサブグループを Group_Other(以下 G_{oth})と呼ぶことにする。

Schooling 時と Emg-Action 時の力学モデルを、式(1)、式(2)に示す。i 番目のロボットの並進運動の状態を表現する変数には、速度ベクトル \vec{v}_i 、ロボットの進行方向ベクトル \vec{H}_i を用いている。

$$m_i \frac{dv_i(t)}{dt} = F_p \vec{H}_i + \sum_{\substack{j \neq i \\ j \in G_{own}}} s_{ij} \vec{F}_{KH_{ij}} \quad (1)$$

$$\frac{dv_i(t)}{dt} = \left(\sum_{\substack{j \neq i \\ j \in G_{own}}} s_{ij} F_{emg_{ij}} + \sum_{\substack{k \neq i \\ j \in G_{oth}}} s_{ij} F_{emg_{ik}} + F_b + F_{att}(t) \right) \quad (2)$$

$$s_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{個体iに対して個体jがActiveモード} \\ 0 & \text{個体iに対して個体jがNormalモード} \end{cases} \quad (3)$$

式(1)の Schooling したときの力学モデルである。式(2)は Emg-Action の相互作用で、 $F_{emg_{ij}}$ と $F_{emg_{ik}}$ はそれぞれ G_{own} と G_{oth} から Emg-Action が伝播してきたときに働く制動力である。 F_b は一番初めに Emg-Event を発見した個体が発生させる制動力である。また $F_{att}(t)$ は

Emg-Action が G_{own} から伝播してきたときに、 G_{oth} から受ける Emg-Action の相互作用に Attention 重み関数をかけることで作用させる制動力である。 $F_{att}(t)$ は式(4)のように定義される。

$$F_{att}(t) = \sum_{\substack{i,j \neq i \\ j \in G_{oth}}} s_{ij} F_{emgij} \rho(t - t_{attj}) \quad (4)$$

F_{emgij} は、分離された G_{oth} からの制動力で、 $\rho(t - t_{attj})$ は式(5)で定義される Attention 重み関数である。

$$\rho(\Delta t) = 1 / (\exp(a\Delta t) + b) \quad (5)$$

t_{attj} は、Active モードに遷移した個体 j からの相互作用を受けて、個体 i が Attention モードに遷移したときの時刻である。 a , b は個体の Attention 重み関数のパラメータである。4つの制動力は個体が停止するまで発生する。

2.2 サブグループを有する環境下での振る舞い

高速道路のモデルを用いたときに、Emg-Event が発生する状況と振る舞いは、次の I から III に分類することができる。また、I から III の振る舞いは、3つの制御状態に Attention モード(以下 At-MODE)を加え、4つの制御状態を遷移させて制御する。At-MODE とは、 G_{oth} からの相互作用を記憶し、 G_{own} が Emg-Action に遷移したときのみ、記憶した相互作用を作用させるモードである。また、図 2(a), (b), (c) の各モードと相互作用を示している。

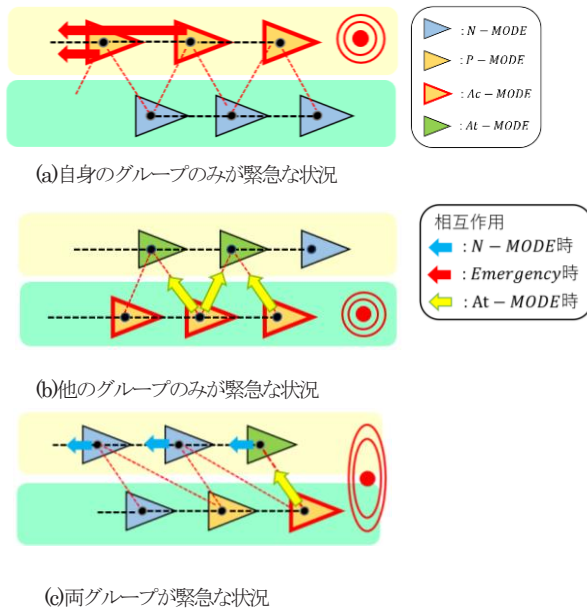


図 2 サブグループを有する環境下での振る舞い

- I. G_{own} のみに Emg-Event が発生したとき(図 2 (a)), G_{oth} には影響がないので、 G_{oth} から伝播してくる制動力はない。したがって、従来のアルゴリズムを応用し、同様に、モードを遷移させていく振る舞いをする。
- II. G_{oth} のみに Emg-Event が発生したとき(図 2 (b)), G_{own} には影響がない。しかし、各サブグループ内のロボットの制御は、局所的な状況からでしか判断できないため、Emg-Event の G_{own} への影響を判断することはできない。よって、At-MODE に遷移させておくことで、 G_{own} に影響が及ばされたときに、記憶していた G_{oth} の相互作用も加え

ることで、強い制動力を発生させることができる。この振る舞いのように、結果的に影響がなかった場合は、N-MODE から P-MODE に遷移するが、式(3)により、0 に収束していき、N-MODE に遷移する振る舞いをする。

- III. 群全体に Emg-Event が発生したとき(図 2 (c)), G_{own} と G_{oth} から伝播してくる相互作用が存在する。(2)で述べたように、局所的な相互作用だけでは、 G_{own} への影響を判断することはできない。したがって、At-MODE に遷移し、 G_{oth} の制動力を記憶しておく。そして、 G_{own} から相互作用が伝播してきたときに、P-MODE に遷移し、を作用させる振る舞いをする。

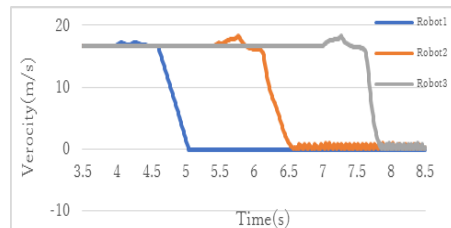


図 3 アテンションモードを用いない場合の速度応答

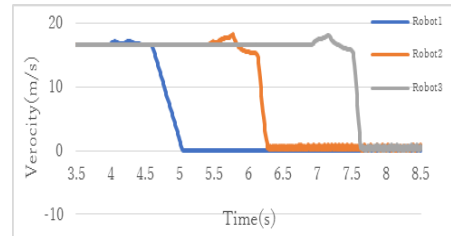


図 4 アテンションモードを用いた場合の速度応答

3 シミュレーションによる検討

関らが作成したシミュレータ[2]を用いて、提案したアルゴリズムの有効性について検討する。高速道路のモデルにおいて、Emg-Event が両グループに発生したときに、At-MODE を用いなかった場合と、用いた場合の速度変化について議論をする。 G_{own} と G_{oth} はそれぞれ 2 行 3 列の群を構成して走行し、 G_{own} 側の At-MODE に遷移する個体を Robot1 から Robot3 とする。At-MODE を用いなかった場合と用いた場合の結果を図 3, 図 4 に示す。At-MODE を用いなかった場合は、Robot2 と Robot3 の十分に減速するまでの時間は、0.73[s] と 0.49[s] にかかった(図 3)のに対し、At-MODE を用いた場合は、Robot2 と Robot3 の十分に減速するまでの時間は、0.46[s] と 0.37[s] に短縮された(図 4)。この結果より、提案したアルゴリズムの有効性が確認できた。

4 結言

本研究では、サブグループを有する複数自律ロボットの群逃避行動における制御アルゴリズムの提案した。そして、数値シミュレーションを用いた検証を行うことで、有効性を確認した。

5 参考文献

- [1] C. W. Reynolds, Flocks, herds, and schools: a distributed behavioral model Computer Graphics, Vol.21 No.4, pp25-34,1987

研究項目 : 科研費採択者助成金

研究期間 : 2018/6/15 ~ 2019/3/31

研究課題名 (和文) : 緊急災害対応における無人化施工のためのオペレータ支援システム

研究課題名 (英文) : Operator Support System of Unmanned Construction for Disaster Response

研究者 : 藤井 浩光
FUJII Hiromitsu

千葉工業大学
先進工学部 未来ロボティクス学科 准教授

1. はじめに

近年の日本の建設産業では、担い手の不足、労働生産性の低さなどが課題となっている。それを背景に、Information and Communication Technology (ICT) を全面的に活用した建設産業の生産性向上を目指す“i-Construction”が国土交通省主導のもと2016年から推進されている¹⁾。具体例として、マシンコントロール (MC)、マシンガイダンス (MG) 技術を搭載した ICT 建機のような知能化・自動化された建機の研究開発、またそれらを用いた ICT 施工の推進がある。

現場における作業で自動化の要求の高い作業の1つが、バックホウとダンプトラックの連携による土砂積み込み作業の自動化である。土砂積み込み作業の際の作業全体の効率を改善するには、施工対象の地形を計測し、施工時に発生する土砂の量を正確に把握することが重要である。これにより施工の進捗管理や必要なダンプトラックの台数を見積もることが可能になる。また、土砂の積み込みの際には、ダンプトラックは運転手により積み込み位置まで移動されるが、バックホウによる積み込み作業を自動化するためには、バックホウに対するダンプトラックの相対的な位置姿勢を正しく獲得する必要がある。

以上より、本研究課題では、主に土砂積み込み作業におけるバックホウとダンプトラックの連携を効率化する目的で、建設現場 (オンサイト) で利用可能な高速かつ精度の良い 1) 土砂量推定法、および 2) バックホウに対するダンプトラックの位置姿勢推定法を構築することを目的とした。

2. 関連研究

近年の i-Construction では Unmanned aerial vehicle (UAV) を用いた Structure from Motion (SfM) や、地上設置型レーザスキャナから取得した 3 次元データによる 3 次元計測が用いられている^{2,3)}。これらの手法は、従来行われてきたトータルステーションなどを用いた計測より短時間で正確に土砂量の推定を行うことが可能である。しかし、例えば UAV による航空測量では撮像した画像から 3 次元データを復元し、そこから土砂の体積を推定する手法が提案されているが⁴⁾、UAV による空撮後の 3 次元復元作業が必要となる。同様に地上設置型レーザスキャナにおいても、測量後の処理の作業時間が必要となる。

また、対象物の位置姿勢推定を行う研究も数多くなされてきている。例えば、距離センサの計測結果と CAD モデルとの照合による 3 次元物体計測⁵⁾や、あらかじめ対象物体のあらゆる姿勢の画像を CAD データから生成したものを教師データとした学習に基づく推定法⁶⁾などがある。しかし、実際の現場では様々なメーカーのダンプトラックが行き交い、また荷台部も現場によって異なるため、事前に CAD データや教師データを用意するのは難しい。

以上のように、ダンプへの積み込みの様子が時々刻々と変化する施工現場を効率化するためには、オンサイトで高速な測定を実現可能な手法が必要である。

3. 提案手法

本研究では、オンサイトで利用可能な測定するために、バックホウのキャビン上部に取り付けた距離センサにより施工現場のセンシングを行う。

3.1. 土砂推定法

図1に提案した土砂量推定法の概要を示す。本手法では、測距データから施工前後の差分を抽出し、ボクセル化したものから土砂量を推定する。

まず、施工前の状態を距離センサによって計測し、施工現場の地表面の 3 次元形状を点群として取得する。施工後に再び施工現場の計測を行い、施工の前後の点群データを比較することで、施工の前後で取得した土砂形状の差分を抽出する。抽出には、3 次元空間上の各領域を木構造に分割することで効率的に点群を扱うことが可能な Octree を用いる。具体的には、施工現場の座標系において位置合わせを行った測距データに対して Octree による領域分割を行い、点群が存在する領域のみを取得する。この処理を施工前後

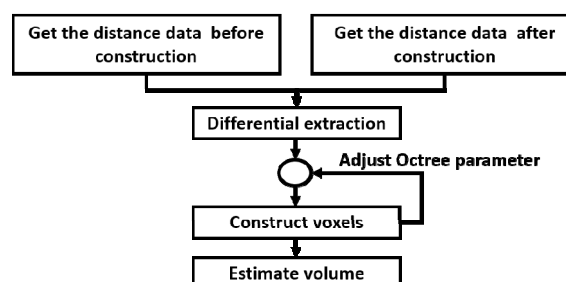


図1: 土砂量推定アルゴリズム

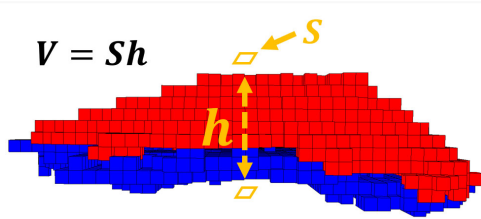


図2：ボクセル化された差分データからの体積推定

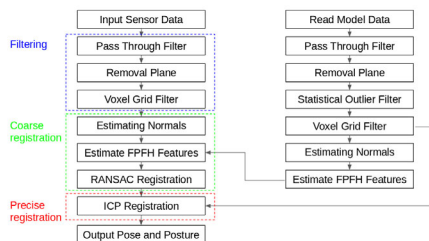


図3：ダンプの位置姿勢推定アルゴリズム

の点群に対して行った後、双方を比較し、片方にのみ点群が存在する Octree の領域を抽出する。差分として抽出した測距データからボクセルを構築し体積の推定を行う。地表面と平行な平面に対するボクセル 1 つあたりの存在範囲（単位領域）に注目する。図2に示す様と同じ単位領域を持つボクセルの地表面と垂直な軸における差異を施工によって生じた差分 h とする。この差分とボクセルの1平面の面積 S から体積を算出し、全ての単位領域に対して合計したものを土砂の体積とする。その際、ボクセル化の空間分解能をパラメータとして点群の密度に応じて任意で調整し、ボクセルを隙間なく構築する。

3. 2. ダンプトラックの位置姿勢推定法

ダンプの位置姿勢推定アルゴリズムを図3に示す。まず、計測した点群データから位置姿勢推定に不要なデータを除去する。具体的には、作業範囲は現場ごとに既知であるとし、土砂積み込み作業範囲を超えるデータを除去する。さらに、地面の点群は位置合わせに不要であるため、RANdom SAmple Consensus (RANSAC) による平面検出を用いることで、ダンプトラックと地面に分割し除去する。さらにダンプトラック以外のデータを除去するため、得られた点群の各点に対して近傍点までの距離を求め、基準値を大きく外れる点をノイズとして除去する。その上で、点群をボクセルに変換することで平滑化することで微細なノイズを除去する。



図4：センサ取付位置



図5：土砂量計測実験

位置姿勢推定においては、2段階の3次元形状マッチングを行う。まず、計測しノイズを除去した3次元点群データの3次元特徴量を求め、3次元特徴量マッチングを行う。その結果を初期値として、再度精密な位置合わせを行うことで正確な位置姿勢推定を行う。3次元特徴量としては、外乱に頑健かつ回転にも強いという利点を持つ Fast Point Feature Histogram (FPFH) を用いて、位置合わせには高精度な位置合わせをする手法である Iterative Closest Point (ICP) を用いた。ICPは、2つの点群の初期値に強く依存する課題があるが、本研究ではFPFHにより初期位置姿勢を求めることで解決した。

4. 検証実験結果

提案手法の検証を行うために、バックホウとダンプトラックを用いた掘削および土砂積み込み作業の実験を行った(図4,5)。実験ではIntel社製の距離画像センサ RealSense D435 を用いて測距を行い、精度の評価においては Total station SPS930 での計測結果を真値として用いた。

土砂量推定実験においては、盛り土と掘削を行い、その前後での土砂量の変化を推定した。盛り土における精度誤差は10.60%、掘削における精度誤差は2.07%となった。特に掘削前後の変化に対して正確な推定を行うことができ、トラックの台数を見積もるための十分な精度を得られた。

ダンプトラックの位置姿勢推定においては、ダンプトラックの斜め背後からの推定結果は真値との誤差は角度が0.4 deg、移動量は0.2 m となった。

5. おわりに

本研究では、近年の無人化施工などの現場で自動化が期待されている、バックホウとダンプトラックの連携作業の1つである土砂積み込み作業に関して、オンサイトで利用可能な高速かつ精度の良い1)土砂量推定法、および2)バックホウに対するダンプトラックの位置姿勢推定法を構築し、実機検証によりその有効性を確認した。

参考文献

- [1] 新田恭士, “国土交通省における ICT, 次世代社会インフラ用ロボットの導入推進の取組について”, 計測と制御, 55 巻, 6 号, pp.470-476, 2016
- [2] Y. Shao, et. al., “Estimation of Soil Volume Change Using UAV-based 3D Terrain Mapping”, 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会2017講演論文集, 2017
- [3] 櫻井 淳 他, “レーザスキャナを用いた多地点計測における高精度な点群データの選択技術の開発”, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol. 72, No. 2, pp.209-218, 2016
- [4] 林 俊寛 他, “三次元物体認識技術を応用したバラ積みピッキングシステムの開発”, IHI 技報, Vol. 48, No. 1, pp. 7-11, 2008
- [5] M. Sundermeyer, et. al. “Implicit 3D Orientation Learning for 6D Object Detection from RGB Images”, The European Conference on Computer Vision (ECCV), pp. 699-715, 2018

研究項目 : 科研費採択者助成金

研究期間 : 2018/6/15 ~ 2019/3/31

研究課題名 (和文) : 神経ネットワークダイナミクスの複雑性に着目した加齢・アルツハイマー型認知症の解析

研究課題名 (英文) : Analysis of Complexity of Neural Network Dynamics in Aging and Alzheimer's disease

研究者 : 信川 創 千葉工業大学

NOBUKAWA Sou 情報科学部 情報工学科 准教授

1. はじめに

超高齢社会を迎える現代, 老年期精神疾患である認知症に対する予防的介入と, それに続く早期発見と治療の実現は直近の課題である. そのためには, 初期の認知症や認知症発症前の軽度認知障害の段階における診断法の構築が必要となる.

脳は神経細胞やその集団が複雑に結合した神経ネットワークで構成され, 脳皮はその活動を非侵襲的で且つ高い時間分解能で捉える脳機能画像法である. これまでに多くの精神疾患において, 神経ネットワークの機能的障害が報告されており, この脳波を利用したネットワーク障害を捉える手法が考案されている. これまでに有効とされる手法としては 2 つの代表的なものが存在する. 1 つ目は, 脳部位間の同期の程度によって定量化した機能的結合のネットワーク構造に着目したものである (C. J. Stam *et al.* Human Brain Mapping 2007). 2 つ目は, 脳活動におけるゆらぎの存在が脳機能を増進させるという確率共鳴の理論 (M. D. McDonnell & L. M. Ward, Nature Rev. Neurosci. 2011) に基づき, 各部位の脳波のゆらぎのダイナミクスを複雑性指標により分析するものである (T. Takahashi, Prog. Neuro-Psychoph. 2013).

近年, 機能的結合のダイナミクスが, 長時間の平均によって捉えられた静的なネットワーク構造と比較して, 加齢/精神疾患のメカニズムにおいて, より重要な役割を担うことが指摘されている (D. S. Bassett & O. Sporns, Nature Neurosci. 2017). また, 確率共鳴の観点からは, 機能的結合のダイナミクスにおけるゆらぎにも脳機能が反映され得るという報告もあり (J. Zhang, *et al.*, Brain 2016), このようなゆらぎを直接的に捉える手法の考案が望まれている.

この中で我々は, 脳部位間の相互作用によって生成される脳波の位相差に複雑な時系列パターンを確認していた. この動的位相差のパターンには, 機能的結合のダイナミクスに関連した詳細な加齢や疾患に伴う神経ネットワークの変質に起因する情報が含まれると予想された. よって, 健常な加齢から認知症への移行において, この動的位相差どのようなパターン変化が生じるかという問いは医用工学への応用的観点から, 極めて重要な課題であると考えられた.

このような背景のもとで, 本研究は, 脳波の各部位間における動的位相差の複雑性の変化に着目するこ

とで, 加齢や認知症における神経ネットワーク変質の新たな特性を捉えることを目的として実施した.

2. 手法

脳波データに対して, ヒルベルト変換とアンラップ処理による動的位相差の作成アルゴリズムに従い, 脳波電極の各組合せに対する位相差時系列を作成する.

[位相差の時系列を作成する手順]

- ① バンドパスフィルタによる delta 波から gamma 波までの帯域毎の脳波成分の抽出.
- ② ヒルベルト変換による帯域毎の位相成分の抽出, 更にアンラップ処理による位相の折返し補正.
- ③ 脳波電極の各組合せに対する位相差時系列の作成.

作成した位相差時系列の例を図 1 に示す. 次に, この位相差時系列に対して, マルチフラクタル解析とマルチスケールエントロピー解析の 2 つの複雑性解析を実施する.

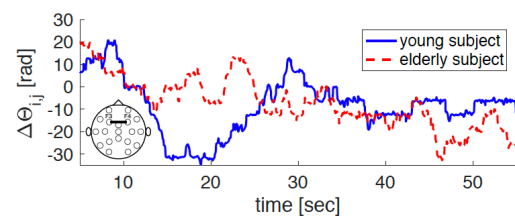


図 1 Alpha 帯域における位相差時系列.

3. 結果

現在までの成果として, 若年者と高齢者の alpha 波帯域における動的位相差に対して, マルチフラクタル・マルチスケールエントロピー解析を実施し, 大域的ヘルダー指数と短い時間スケールにおけるサンプルエントロピーによって, 加齢によるネットワークダイナミクスの変質を捉えることに成功した (図 2) (本研究に関する主な発表文献 [1]).

4. おわりに

本研究では, 脳波の動的位相差時系列のパターンの複雑性に着目することで, 加齢による神経ネットワーク変質の特徴を捉えることに成功した. 認知症における本提案手法の適用はまだ実施できていないが, 準備段階の研究成果として, アルツハイマー型認知症の脳波に時間スケール依存性を持った複雑性変質が見ら

れたことから(本研究に関する主な発表文献 [2]), 動的位相差時系列のパターンにも疾患特異的なパターン変質が現れると推測される。

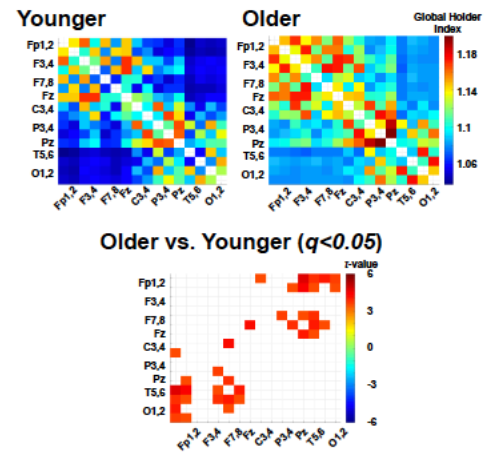
これまでの機能的結合のダイナミクスに関する研究では、まず機能的磁気共鳴画像法(fMRI)によって、血中酸素濃度(BOLD)シグナルを計測する。そして、BOLDシグナルの各部位における同期の時間的推移から機能的結合のダイナミクスを捉えるという手法が用いられてきた(D. S. Bassett & O. Sporns, Nature Neurosci. 2017)。しかし、この場合、時間分解能は数秒程度となるため、発火活動に由来するより高い周波数帯域における機能的結合のダイナミクスを捉えることは困難である。本研究で提案した手法は、脳機能を直接的に反映した高い時間分解能を持つ脳波に着目し、更に単なる同期の概念を拡張した脳部位間の相互作用によって生成される動的位相差を利用することで、この問題を解決しようとした。これによって、従来の機能的結合の評価では見過ごされてきた脳機能に関連する神経ネットワーク中の動的なゆらぎの特徴が、より直接的に抽出できたと考えられる。

一般に脳波検査は非侵襲的で簡便かつ安価に実施できる脳機能検査法であり、臨床の現場における汎用性は高い。そのため、動的位相差の複雑性による認知機能の低下や認知症を判別できる診断システムが確立されれば、早期診断や診断精度の向上、更には治療効果の判定が期待できることから、個々の症例に応じたテーラーメイドの治療方針を策定する上で大きく貢献すると考えられる。また本研究で提案した手法は、統合失調症や自閉症といった他の精神疾患においても、疾患特異的な複雑性の特徴を抽出することで広く適用できると予想される。

本研究に関する主な発表文献

- [1] Nobukawa, S., Kikuchi, M., & Takahashi, T. (2019). Changes in functional connectivity dynamics with aging: A dynamical phase synchronization approach. *NeuroImage*, 188, 357-368.
- [2] Nobukawa, S., Yamanishi, T., Nishimura, H., Wada, Y., Kikuchi, M., & Takahashi, T. (2019). Atypical temporal-scale-specific fractal changes in Alzheimer's disease EEG and their relevance to cognitive decline. *Cognitive neurodynamics*, 13(1), 1-11.

Multi fractal analysis



Multi scale entropy analysis

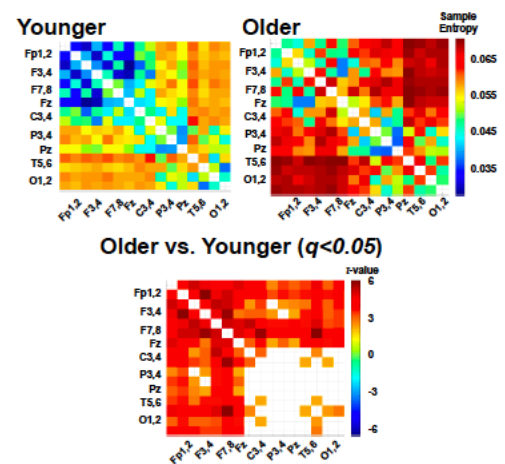


図 2 動的位相差の複雑性解析結果。

研究項目 : 科研費採択者助成金

研究期間 : 2018/6/15 ~ 2019/3/31

研究課題名(和文) : 教育実践研究と教授・学習支援システム研究とのマッチングプラットフォームの開発

研究課題名(英文) : Development of a matching platform for researches on educational practices and educational/learning support systems

研究者 : 國宗 永佳

KUNIMUNE, Hisayoshi

千葉工業大学

情報科学部 情報ネットワーク学科 教授

1 はじめに

本報告書の著者は、これまでに多数の教授・学習支援を目的としたシステムの開発を行うとともに、開発したシステムを用いた教育実践を伴う研究を実施してきた(1)(2)。これらの研究の動機として、主に以下の2つがある。

ニーズ指向: 研究者自身あるいはその周辺の教育実践における問題(ニーズ)を解決すること

シーズ指向: 新しい技術や方法論(シーズ)によって教授・学習活動における課題を解決すること

ニーズ指向の研究は一般に、教育現場における特定の単元や学習活動における課題を解決することを目的として、教師や研究者が「教育実践者」の立場で教授・学習支援システムを導入・適用し、より良い教授・学習環境を実現することを目指すものである。しかしながら、こうした研究では新規性のある機能よりも現実のニーズに対する有効性がより重要視される傾向にあり、ニーズに対応したシステムを新しく開発するよりも、既存のシステムを課題に合わせてカスタマイズする形で活用されることがしばしば見られる。

一方、シーズ指向の研究では、新しい教授・学習に関する方法論を技術的に実現できる開発者や研究者が「システム研究者」の立場でシステムを開発することによって、教育現場に新しいシーズをもたらすことを目指している。しかしながら、新規性の高いシーズは必ずしも現実の教育現場における特性や状況を反映したものとは限らないため、評価や改善は実験室環境で行わざるを得ないケースも多い。

今後、教育の情報化を教育現場で充実・展開していくために、実践したい教育形態や学習時の課題などのニーズを持つ「教育実践者」と、新しい方法論に基づくシステムや活用事例などのシーズを持つ「システム研究者」が、持続的かつ体系的にコラボレーションを行うことが要求される。しかしながら、「教育実践者」と「システム研究者」

の研究者クラスは必ずしも一致しておらず、通常の研究活動において行われている論文の刊行や学会発表等による一般的な情報交換だけでは、教育実践におけるニーズやシステムのシーズに関する相互理解を促進することは困難である。

本研究課題では、このような状況を打開するため、教育実践の場やそこにおける課題とシステムの技術的な詳細や活用事例を「教育実践者」と「システム研究者」の双方が共有することに加えて、教育実践におけるニーズと新たな方法論・システムにおけるシーズの間のマッチングを支援するプラットフォームを提案している。

2 提案プラットフォームの概要

本研究課題で提案するマッチングプラットフォームの概要(図1)について、以下に述べる。

提案するプラットフォームは、個別の教授・学習支援システムが取得する利用履歴データ、学習履歴データ、ユーザデータ(ポートフォリオ)を、教授・学習支援システムと連携しつつ蓄積する。プラットフォームとシステムとのデータ連携には、LTIやCaliper Analyticsなど、学習に関するデータ連携に関する標準規格に準拠したインタフェースを用いる。そのため、既存の教授・学習支援システムを本プラットフォームと連携するためには、これらのインタフェースを備える必要がある。

これらのデータを利用することで、教育実践者に対して学習履歴の分析機能を、システム研究者に利用履歴の分析機能を提供する。これらの機能によって提供される分析結果によって、教育実践および教授・学習システムの効果を確認し、改善に利用することができる。

また、教育実践者が持つ教育実践上の課題(ニーズ)、システムを利用した実践事例や、システム研究者が持つ教授・学習支援システムに関する詳細情報などのプラットフォームに蓄積する。これらの情報の記述においては、各自が任意の記述を行うと情報の粒度や使用する語彙に大きな差異が生じる。そのため、これらの記述に共通する語彙を統制し、語彙間の関連性を記述したオントロ

ジーを構築する。

これらのデータを利用することで、教育実践者のニ

ズに合致するシステム研究者のシーズを、双方から検索することができる、マッチング機能を提供する。

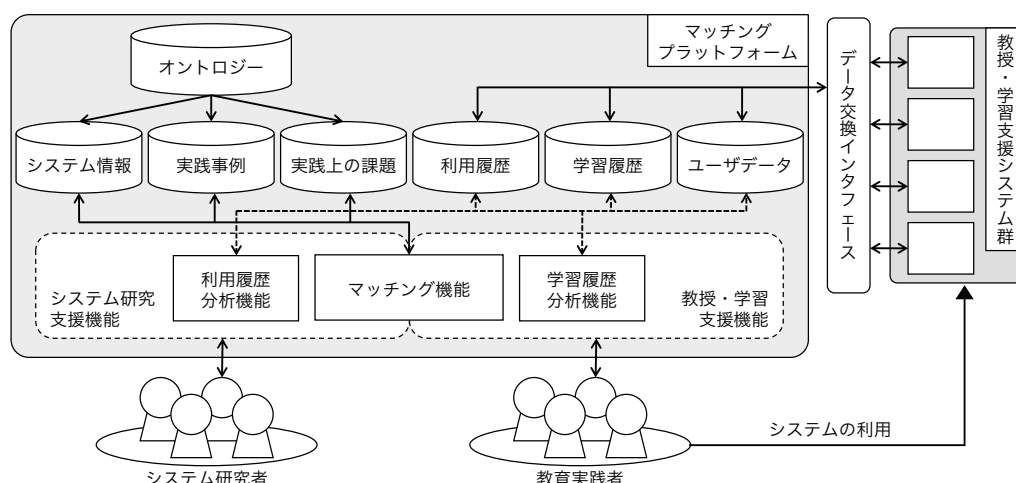


図1 提案プラットフォームの概要

3 研究内容

本研究課題では、上述した提案プラットフォームを実現するために、(1) システム情報や活用事例等の語彙統制・記述形式の策定と、(2) 提案プラットフォームのプロトタイプ開発に関する基礎的な研究を実施した。それぞれの内容について、以下に述べる。

(1)については、教授・学習支援システムを用いた既存の教育実践に関する情報収集を行った。具体的には教授・学習支援システムに関する研究発表が多く行われている、教育システム情報学会および日本教育工学会の2017年度全国大会の講演論文を対象に、計量テキスト分析を実行した。全699件の論文から、既製品のシステムあるいは研究者が開発したシステムを用いた教育実践に関する論文166件を抽出し、計量テキスト分析によって用いるシステムの違いによる使用語彙の特徴についての検討を行った。この分析結果については、2019年3月に人工知能学会先進的学習科学と工学研究会において成果発表を行った[1]。

この分析を行った結果、語に基づいた分析のみでは本研究の目的に対して不十分であることが明確になり、論文単位のトピックを明らかにするトピックモデルの構築を行うことにした。よって、潜在ディレクリ配分法 (Latent Dirichlet Allocation) によるトピックモデルの構築による分析を行うために、専門用語の抽出を行った。

(2)については、2章で述べた提案プラットフォームが提供することを目指している、教育実践者の教育現場における課題 (ニーズ) と、教授・学習支援システム研究者の新しい方法論や技術 (シーズ) の相互検索・共有によるマッチングを実現するための機能の精査を行った。また、各機能を実現するための技術的な詳細についての情報収集・検討を行った上で、システムの仕様策定を行った。

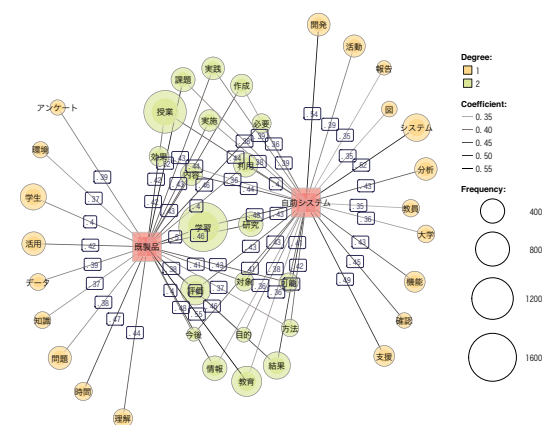


図2 既製品システム (左側)、開発システム (右側) を用いた実践に関する論文の共起ネットワーク

本研究に関する主な発表論文

[1] 山本樹, 金子大輔, 倉山めぐみ, 辻靖彦, 國宗永佳: “教授・学習支援システムを用いた教育実践に関する研究報告の計量テキスト分析”, 人工知能学会研究会資料, 先進的学習科学と工学研究会 (第85回), SIG-ALST-B803-09, pp.49-54, 2019.

参考文献

(1) 國宗永佳, 香山瑞恵, 新村正明: “「情報の科学」におけるアルゴリズム・プログラミング教育を支援するビジュアルプログラミングシステムの提案”, 日本情報科教育学会誌, Vol.7, No.1, pp.37-46, 2014.

(2) Hisayoshi Kunimune and Masaaki Niimura: “A remote lecturing system offering complementary non-verbal information in lectures”, International Journal of Knowledge and Web Intelligence, Vol.4, No.2/3, pp.187-200, 2013.

研究項目 : 科研費採択者助成金

研究期間 : 2018/6/15 ~ 2019/3/31

研究課題名 (和文) : 画像圧縮符号化への機械学習応用に関する研究
~CNN/HEVC ブロック適応両方向フレーム間予測~

研究課題名 (英文) : A Study on Image Coding using Machine Learning

- Bidirectional Interframe Prediction Method based on Block Adaptive CNN/HEVC -

研究者 : 八島 由幸

千葉工業大学

YASHIMA Yoshiyuki

情報科学部 情報ネットワーク学科 教授

1. Introduction

Recently, video traffic on the Internet continues to increase due to higher definition of images and popularization of SNS, and a lot of video compression technologies that have compression performance beyond that of HEVC are being studied. One of those approaches is to apply machine learning to video coding [1][2]. The authors have examined the method of applying CNN to bidirectional interframe prediction [2]. However, the method has a problem that the prediction efficiency for videos with large motion becomes worse than the normal HEVC prediction efficiency. In this paper, we introduce a method to adaptively switch the CNN-based and the HEVC-based bidirectional interframe prediction block by block.

2. CNN-based interframe prediction

In this section, we review our previous work [2], the deep CNN based interframe prediction method, briefly. Fig. 1 shows the configuration of this method. Let us consider predicting the intermediate frame I (target frame to be predicted) by using its previous frame F and the future frame G . In the normal motion compensation prediction, the encoder searches blocks similar to the current block in the target frame from the previous and future frames, and transmits the motion vectors to the decoder, and the decoder generates predicted values based on the motion vectors. We train the geometric transformation matrices instead of motion vectors. Now, let $\hat{\mathbf{B}}_I$ be a $N_1 \times N_1$ predicted block for a block \mathbf{B}_I in the intermediate frame. In this study, $\hat{\mathbf{B}}_I$ is generated by using transformation matrices $\mathbf{M}_1, \mathbf{M}_2, \mathbf{M}_3, \mathbf{M}_4$ estimated by CNN, according to

$$\hat{\mathbf{B}}_I = \mathbf{M}_1(\mathbf{B}_F - \mu\mathbf{U})\mathbf{M}_2 + \mathbf{M}_3(\mathbf{B}_G - \mu\mathbf{U})\mathbf{M}_4 + \mu\mathbf{U}, \quad (1)$$

where \mathbf{U} is a matrix where all elements are equal to one, and μ is the average of the pixel values in the block. \mathbf{B}_F

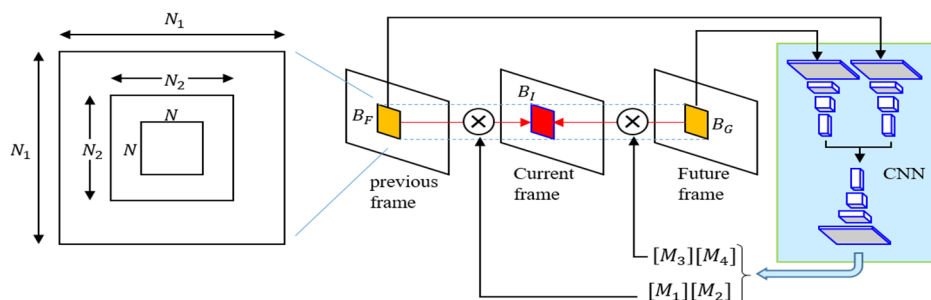


Fig.1 Bidirectional interframe prediction by transformation matrices.

and \mathbf{B}_G are blocks of the previous and future frame that are spatially co-located of \mathbf{B}_I , respectively. Four matrices are estimated by CNN. The block size of CNN input and the size of four output matrices are $N_1 \times N_1$. The loss function when training is defined for $N_2 \times N_2$. The $N \times N$ block at the center of $N_1 \times N_1$ block is extracted as the predicted values when encoding. The advantage of this method is that parallel movement and scaling of arbitrary precision can be represented by using a simple matrix. Furthermore, a simple blur compensation can be performed since one-dimensional convolution operation can be represented by using a matrix. In this way, by changing coefficients of the transformation matrix, any combinations of parallel translation and scaling with arbitrary accuracy are represented by one simple matrix.

3. CNN/HEVC adaptive prediction

The conventional method can provide higher prediction performance than HEVC for video sequences with complicated small motion, because the method can realize the compensation by any combination of arbitrary accuracy parallel movement, scaling and blur change. However, there is a problem that the prediction error for the frames with large motion becomes larger in comparison with the normal HEVC prediction. In order to solve this problem, we propose a block adaptive prediction that can switch

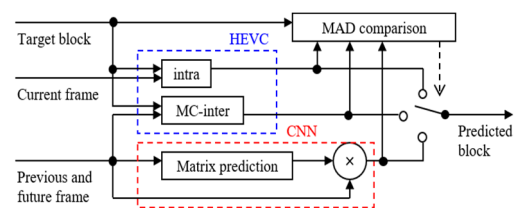


Fig.2 Configuration of CNN/HEVC adaptive prediction.

between CNN-based prediction and HEVC-based prediction based on the mean absolute difference (MAD).

The prediction configuration is shown in Fig. 2. The specific adaptation procedure is described below. A block \mathbf{B}_F of the previous frame and a block \mathbf{B}_G of the succeeding frame which are spatially co-located with the target block \mathbf{B}_I to be coded are input to the CNN, which is designed in advance, and four geometric transformation matrices are estimated. Using the obtained geometric transformation matrices, the temporally previous and future blocks are deformed based on equation (1), and these are set as the predicted values $\hat{\mathbf{B}}_C$. Simultaneously, 35 kinds of intra prediction defined by HEVC and motion compensated interframe prediction using previous and future frames are performed on the block to be encoded, and a prediction value with the smallest prediction error among them is set as $\hat{\mathbf{B}}_H$. The switching between prediction of $\hat{\mathbf{B}}_C$ and $\hat{\mathbf{B}}_H$ is performed for each block according to the following equation,

$$\hat{\mathbf{B}}_I = \begin{cases} \hat{\mathbf{B}}_C, & \text{if } \|\mathbf{B}_I - \hat{\mathbf{B}}_C\|_1 \leq \|\mathbf{B}_I - \hat{\mathbf{B}}_H\|_1, \\ \hat{\mathbf{B}}_H, & \text{else} \end{cases} \quad (2)$$

where L_1 -norm of the prediction error is calculated for $N \times N$ region at the center of $N_1 \times N_1$ block.

4. Experimental results

Simulation experiments were conducted to verify the effectiveness of the proposed method. In this study, ResNet [3] consisting of 25 layers is utilized. The loss function is defined as the mean absolute difference (MAD) between the $N_2 \times N_2$ ($N_2 \leq N_1$) region in the center of $\hat{\mathbf{B}}_I$ and the corresponding region in the ground truth block \mathbf{B}_I . In the input layer and all hidden layers of the CNN, rectified linear unit (ReLU) activation and batch normalization are performed. The window size of all convolutional filters is 3×3 . We use the adaptive moment estimation (Adam) to optimize all network parameters. We use ITE/ARIB HDTV Test Materials Second Edition [4] for experiments. More than 5 million blocks extracted from twenty video sequences are used as the inputs for CNN learning. Five video sequences, ‘‘Cosmos flower’’, ‘‘Sunlight through leaves’’, ‘‘Drama set (day)’’, ‘‘Basket ball’’, and ‘‘Horse racing (dirt)’’, other than the training set are used as the test set.

Fig. 3 shows MAD comparison among CNN-based prediction, HEVC-based prediction and CNN/HEVC-adaptive prediction for the sequence ‘‘Whale show’’. Vertical axis is MAD between the predicted frame and ground truth frame, while the horizontal axis is frame number. Table 1 summarizes the relationship between the occurred bits (bit/pixel) and PSNR (dB) of decoded sequence for various quantization parameter (QP), and BD-bitrate[5] for total frames in case of $N = 16, N_1 = 48, N_2 = 32$. You can see how drastically the proposed method can decrease BD-rate for all test images in comparison with HEVC-based method.

5. Conclusions

In this study, we propose a new method to represent the local movement of the image by estimating the geometric

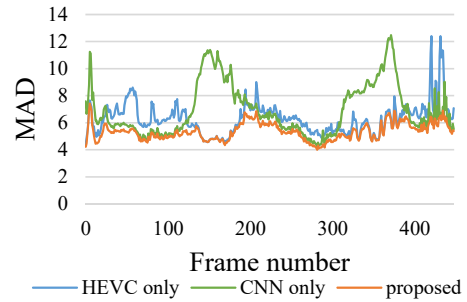


Fig.3 Prediction error

Table 1. Coding performance

Test image	QP	HEVC		Proposed		BD-rate (%)
		Bit-rate	PSNR	Bit-rate	PSNR	
Cosmos flowers	22	1.620	41.0	1.476	41.0	-14.04
	27	1.185	36.3	1.065	36.4	
	32	0.811	31.8	0.704	32.1	
	37	0.505	27.7	0.404	28.2	
Sunlight through leaves	22	1.630	41.3	1.556	41.4	-10.43
	27	1.138	36.9	1.064	37.1	
	32	0.749	32.7	0.683	33.0	
	37	0.466	28.9	0.410	29.4	
Drama set (day)	22	0.525	43.0	0.399	43.8	-35.32
	27	0.244	40.3	0.189	41.2	
	32	0.132	37.7	0.105	38.5	
	37	0.084	35.0	0.068	35.8	
Basket ball	22	0.740	42.5	0.658	42.9	-20.61
	27	0.417	39.1	0.365	39.6	
	32	0.242	35.9	0.211	36.5	
	37	0.150	32.7	0.129	33.5	
Horse racing (dirt)	22	0.592	42.9	0.535	43.2	-22.51
	27	0.306	39.7	0.269	40.2	
	32	0.168	36.5	0.146	37.3	
	37	0.103	33.6	0.089	34.5	

transformation matrix by deep learning and apply it to the interframe prediction. From experimental results we confirmed that the proposed method can obtain excellent predictive performance for images with complicated movement. In addition, by introducing a method of adaptively switching the deep learning-based prediction and HEVC-based prediction for each local region, it is clarified that the bit rate reduction of 10% to 35% is achieved by BD-rate compared with HEVC.

References

- [1] J. Li, B. Li, J. Xu, R. Xiong and W. Gao, ‘‘Fully connected network-based intra prediction for image coding,’’ *IEEE Trans. Image Process.*, vol.27, issue 7, pp. 3236–3247, July, 2018.
- [2] S. Jimbo, J. Wang and Y. Yashima, ‘‘Deep learning-based transformation matrix estimation for bidirectional interframe prediction,’’ *Proc. IEEE Global Conf. Consumer Electronics*, pp.691-695, Nara, Japan, Oct., 2018.
- [3] K. He, X. Zhang, S. Ren and J. Sun, ‘‘Deep residual learning for image recognition,’’ *Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. and Pattern Recognit.*, pp.770-778, 2016.
- [4] Recommendation ITU-R BT.1210-4, ‘‘Test materials to be used in assessment of picture quality,’’ 2012.
- [5] G. Bjontegaard, ‘‘Calculation of Average PSNR Differences between RD-Curves,’’ ITU-T Document VCEG-M33, 2001.

研究項目 : 科研費採択者助成金

研究期間 : 2018/6/15 ~ 2019/3/31

研究課題名 (和文) : 免疫系に着目した運動トレーニングによる熱産生機能向上のメカニズムの解明

研究課題名 (英文) : Elucidation of mechanism of thermogenesis enhancement 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

先進諸国では不活動や過栄養などの生活習慣の変化に伴い肥満患者が急増している。肥満はエネルギー摂取とエネルギー消費のバランスの慢性的な破綻が発症基盤となることから、栄養を中心としたエネルギー摂取の減少と運動を中心としたエネルギー消費量の増大が治療法として有効と考えられている。運動は実施時にエネルギー消費を高めること以外に、骨格筋の肥大や代謝的適応により安静時のエネルギー消費量を増大させる効果を有するが、脂肪組織も骨格筋同様に安静時のエネルギー消費の増大に寄与する。これらのように運動は肥満の予防あるいは改善の効果が期待されているが、適切な運動療法を実施する上でも分子機序を解明することが重要である。

肩甲骨周辺の褐色脂肪組織に局在する褐色脂肪細胞は熱産生を介してエネルギー消費を高めることが知られている。興味深いことに、鼠径部皮下脂肪などの白色脂肪組織にも熱産生を介してエネルギー消費を増大させる作用を持つベージュ脂肪細胞と呼ばれる脂肪細胞が存在する。一方で、これらの脂肪細胞の熱産生機能は加齢や肥満に伴い低下することから、脂肪組織の熱産生機能の向上を標的とした治療法の開発が重要視されている。

近年、持久的運動に伴い骨格筋から分泌される液性因子が、ベージュ脂肪前駆細胞の増殖や分化の亢進、熱産生の増大に関与することが示唆されている。しかしながら、骨格筋由来の液性因子分泌の制御機能は不明瞭な点が数多く残されており、これらの課題を解明する研究が必要不可欠である。

重要なことに、持久的運動に伴い骨格筋には好中球などの免疫細胞の浸潤が増大することが知られている(1)。これらの免疫細胞から分泌されるサイトカインや活性酸素種、ホルモンなどの液性因子は細胞内シグナル伝達経路を活性化することが知られている。したがって、運動時に浸潤が増大する好中球は脂肪組織の熱産生機能を制御する液性因子の分泌調節に関与することが想定される。そこで、好中球が持久的運動後の骨格筋由来の液性因子分泌に及ぼす影響について、好中球の浸潤阻害の実験動物モデルを用いて検証した。

2. 研究の内容

研究の方法

(1) 実験動物

実験にはC57BL/6J オスマウスを使用した。マウスはコントロール抗体投与群 (n=24) と好中球中和抗体投与群 (n=24) の2群に分けた。コントロール抗体投与群には2A3抗体 (Bio X Cell)、好中球中和抗体投与群には1A8抗体 (Bio X Cell) 各200 μ gをPBSで希釈した溶液200 μ lを腹腔内に投与した。投与24時間後に、トレッドミル装置を用いて速度24m/minの条件で走行運動を90分間負荷した。運動前、運動直後、運動の2時間後、6時間後、24時間後、72時間後に麻酔下で解剖を行い、骨格筋組織を採取した。

(2) 遺伝子発現解析

マウス腓腹筋からTotal RNAを抽出し、逆転写反応によりcDNAを作製した。cDNAはPCR法でmRNAの増幅を行った。各標的遺伝子のmRNA発現量は検量線法により定量した。尚、ハウスキーピング遺伝子GAPDHのmRNA発現量で補正した。

(3) 統計処理

全ての統計処理はSPSSを使用した。mRNA発現量に関して、運動要因と抗体投与要因による二元配置分散分析を行い、ダネット (Dunnett) 検定を用いた多重比較により運動前群との有意差を比較した。有意水準はいずれも5%未満とした。

研究の結果

サイトカインの一種であるインターロイキン (Interleukin: IL) 1 β およびIL-6の骨格筋のmRNA発現は運動前と比較して持久的運動の直後に高値を示した (Fig. 1A, B)。一方で、運動直後のIL-1 β のmRNA発現はコントロール抗体2A3を投与した群と比較して好中球中和抗体1A8を投与した群では有意に低値を示した (Fig. 1A)。

ベージュ細胞の増殖・分化を誘導することで脂肪組織の熱産生を制御するメテオリン様タンパク質 (Meteorin-like protein: Metrnl)の骨格筋mRNA発現は運動前と比較して持久的運動の6時間後に高値を示した。しかしながら、MetrnlのmRNA発現は好中球

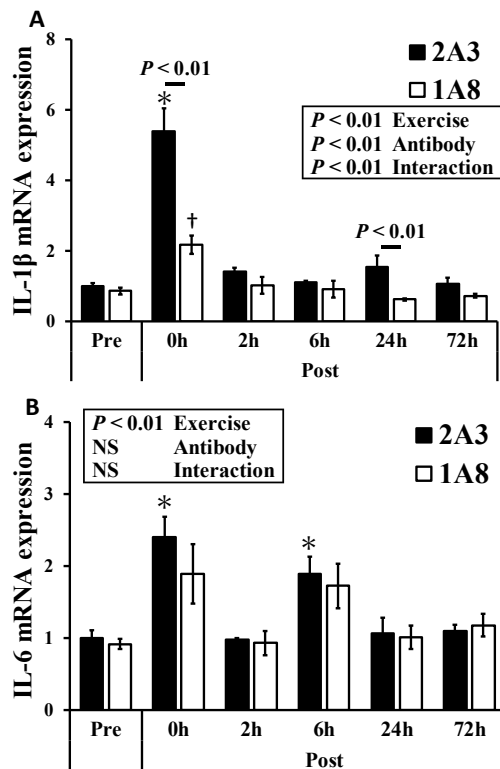


図1 持久的運動および抗好中球抗体投与による骨格筋のサイトカインmRNA発現の影響

中和抗体による影響は認められなかった (Fig. 2A). また, Metrn1 の発現を制御する転写因子である Peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator (PGC) -1 α の骨格筋 mRNA 発現は運動前と比較して持久的運動の2時間後および6時間後に高値を示した. しかしながら, PGC-1 α の mRNA 発現は好中球中和抗体による影響は認められなかった (Fig. 2B).

3. まとめ

運動は骨格筋の肥大や代謝機能の向上を生じさせるのみならず, 脂肪組織の熱産生機能や脳機能の向上などを生じさせることが知られており, これらの運動適応現象の一部は骨格筋由来の液性因子により制御されることが示唆されている. 実際に, 持久的運動により Metrn1 などの遺伝子発現が骨格筋で増強することが報告されている. しかしながら, これらのサイトカインの発現がどのような機序で制御されるのかについては未だ不明瞭な点が数多く残されている.

本研究により, 好中球中和抗体を投与することで, 持久的運動により骨格筋で増強する IL-1 β の遺伝子発現が顕著に減弱することが明らかになった. したがって, 持久的運動により骨格筋で分泌される IL-1 β の一部は好中球由来であることが示唆される. 近年, 好中球由来の IL-1 β が骨格筋の細胞内シグナル伝達経路を制御することが報告されている(2). PGC-1 は細胞内のエネルギー代謝環境の変化, ホルモンやサイトカインなどの刺激により発現が誘導され, 骨格筋の

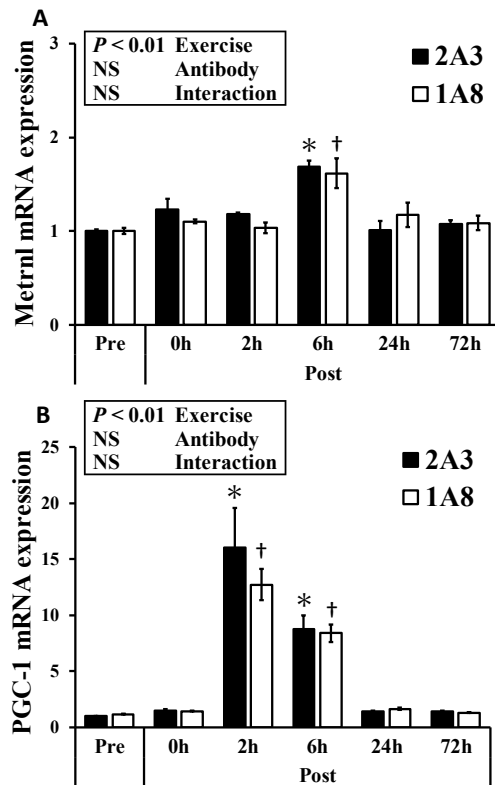


図2 持久的運動および抗好中球抗体投与による骨格筋のMetrn1およびPGC-1 mRNA発現の影響

様々な細胞内シグナル伝達経路を活性化することで骨格筋由来の液性因子分泌の制御に関与することが知られている(3). 本研究において持久的運動により増強される骨格筋での PGC-1 の遺伝子発現は薬剤投与による骨格筋の好中球浸潤を阻害の影響は観察されなかった. また, 持久的運動誘導性の Metrn1 の発現は PGC-1 により制御されることが知られているが, PGC-1 と同様に好中球浸潤の阻害の影響は観察されなかった. したがって, 持久的運動による PGC-1 の活性化を介した Metrn1 の生成に好中球は関与しない可能性が示唆された.

参考文献

- (1) Nunes-Silva A et al., Coimbra CC4, Menezes GB3, Teixeira MM, Pinho V. Treadmill exercise induces neutrophil recruitment into muscle tissue in a reactive oxygen species-dependent manner. An intravital microscopy study. PLoS One. 9(5):e96464. 2014.
- (2) Tsuchiya M et al., Neutrophils Provide a Favorable IL-1-Mediated Immunometabolic Niche that Primes GLUT4 Translocation and Performance in Skeletal Muscles. Cell Rep. 23(8):2354-2364. 2018.
- (3) Schnyder S and Handschin C. Skeletal muscle as an endocrine organ: PGC-1 α , myokines and exercise. Bone. 80:115-125. 2015.

研究項目 : 科研費採択者助成金
研究期間 : 2018/6/15 ~ 2019/3/31
研究課題名 (和文) : 運動学習効率の向上に高圧酸素曝露は貢献するか?

研究課題名 (英文) : Hyperbaric oxygen exposure contributes to the enhancement of motor learning efficiency?

研究者 : 佐藤 和 千葉工業大学
SATO Yamato 創造工学部 教育センター 准教授

1. はじめに

競技スポーツにおいて、競技力向上のために様々なトレーニングを実施しなければ「夢」の実現は望めない。しかし、練習時間には限りがあり、競技成績に直結するようトレーニング効率を向上させることは極めて重要である。体力的要素（筋力や持久力）の向上を目指したトレーニングについては、体力学や栄養学等に基づく数多くの知見からトレーニング効率の向上が図られている。しかしながら、新たな運動スキルの獲得（運動学習）が競技力向上にとって必要不可欠にも関わらず、運動学習の効率を高めるためのエビデンスは乏しい。運動学習の獲得には中枢神経系が重要な役割を果たしており、特に小脳長期抑圧は運動学習の神経基盤であると考えられている (Ito, 2002)。運動学習効率の向上を探究するためには、運動学習に対する中枢神経系（特に小脳）からの理解が不可欠である。

ところで、近年、環境条件が海馬依存型学習に影響することがわかってきた。常圧・常酸素よりも気圧や酸素濃度の高い条件に曝露することで、中枢神経系にポジティブな影響を与えることが報告された (Efrati et al., 2013)。また、外傷性脳損傷モデル動物を対象とした報告では、低下していた空間学習および記憶能力が高圧高酸素環境への曝露によって改善された (Harch et al., 2007)。アルツハイマーモデル動物を対象とした報告でも、モリス迷路のエスケープ潜時が改善し、海馬 CA3 領域のアポトーシス率が減少した (Tian et al., 2013)。つまり、潤沢な酸素供給は、細胞レベルに影響を与え、学習・記憶能力を改善させたのである。また、最近、高圧高酸素環境は運動課題の成績も有意に向上させることが健常者を対象とした研究で報告された (Vadas et

al., 2017)。したがって、高圧高酸素環境への曝露が細胞レベルでポジティブな影響を与え、効果的に運動学習を促進させる可能性は十分に考えられる。しかしながら、現在まで高圧高酸素の曝露が運動学習に与える影響は明らかとされていない。

本研究の目的は、脳卒中やスポーツ障害などの疾患に対する治療促進やアスリートのコンディショニングが主な使用方法である高圧高酸素曝露が、競技者の競技力向上に必要不可欠である運動学習の効率性への効果を調査することであった。

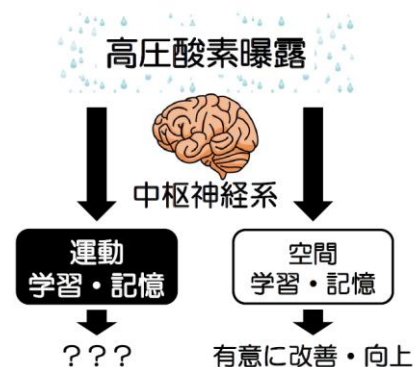


図1. 本研究の概要

2. 研究内容

本研究は高圧高酸素環境への曝露が運動学習に与える影響を検討するために、以下の2つの実験を行う予定であった。

【実験①】基本的課題として、運動学習に対して高圧酸素曝露は効果があるのか?について検討する。本実験では、単独飼育中に高圧酸素曝露の処置期間を変化させ運

動学習への効果を検討する。実験動物は、高圧高酸素群、常圧常酸素群（対照群）を設定する。先行研究から曝露期間は、それぞれ7日間・14日間・21日間・28日間とし、1回あたり90分の曝露とする(Harch et al., 2007, Tian et al., 2013, kawada et al., 2013, Wei et al., 2017)。

【実験②】高圧高酸素曝露が運動学習に影響するのであれば、どのタイミングでの曝露が効果的か？について検討する。これまでの学習・記憶に関する研究において、1) 学習課題前に高圧高酸素曝露を実施し空間学習・記憶能力が改善および向上した (Harch et al., 2007, Tian et al., 2013), 2) ヒトを対象とした運動課題中の曝露で運動課題の成績を向上させた (Vadas et al., 2017), 3) 運動学習後の睡眠や反復経頭蓋磁気刺激は運動学習を促進させることが報告されている (Morita et al., 2016, Robertson et al., 2005)。現在まで、高圧高酸素曝露のタイミングに言及した報告はない。それゆえ本実験では高圧高酸素曝露のタイミングも重要な要因と目し、「運動学習前」「運動学習中」「運動学習後」で運動学習への効果を比較・検討する。各条件において、1回あたりの曝露は実験①と同様に90分とする。

【高圧高酸素環境】気圧の制御に関して、医療機関で実施されている高気圧酸素治療は2絶対気圧で実施されており、2気圧以上は医療行為に分類される。また、外傷性脳損傷への高圧酸素曝露研究では、本研究と同様に実験動物を対象とし、1.5気圧の条件設定で空間学習・記憶能力が有意に改善した (Harch et al., 2007)。以上の理由から、本研究では1.5から1.9気圧の範囲で実施する。酸素濃度は、先行研究から100%酸素を酸素カプセル内に送り込むことで酸素濃度30-35%の環境を実現する (Harch et al., 2007, Kawada et al., 2013)。

【運動学習の評価】運動学習評価は、全身の協調運動能力が必要となるロータロッドテスト(回転棒課題)とする。また、本研究は正常野生型動物を対象として効果を検証するため、運動学習難易度の高い加速度式(加速度毎分10回転)ロータロッドテストを実施し、ロッド上での歩行継続時間をもって運動学習の指標とする。

3. 結果

【現状】

使用を予定していた動物飼育室および実験室の環境が整わず、研究課題を遂行できずに研究期間が終了した。

【予想される結果】

図2は、本研究の予想される結果を示す。横軸はロータロッドテストの施行数、縦軸はロッド上での歩行継続時間を示す。高圧高酸素曝露群は(実線)、対照群である常圧常酸素環境条件の動物にくらべ、少ない試行数でもロッド上歩行時間の増加が確認できるの

ではないかと予想している。

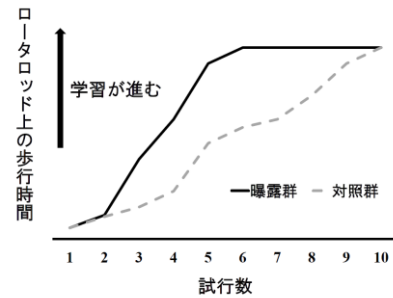


図2. 予想される結果

4. 参考文献

- ① Ito, The molecular organization of cerebellar long-term depression. *Nat Rev Neurosci* 2002. 3: 896-902.
- ② Efrati et al., Hyperbaric oxygen induces late neuroplasticity in post stroke patients-randomized, prospective trial. *PLoS One* 2013. 8(1): e53716.
- ③ Harch et al., Hyperbaric oxygen therapy improves spatial learning and memory in a rat model of chronic traumatic brain injury. *Brain Res* 2007. 1174: 120-129.
- ④ Tian et al., The protective effect of hyperbaric oxygen and Ginkgo biloba extract on Aβ 25-35-induced oxidative stress and neuronal apoptosis in rats. *Behav Brain Res* 2013. 242: 1-8.
- ⑤ Vadas et al., Hyperbaric oxygen environment can enhance brain activity and multitasking performance. *Front Integr Neurosci* 2017. 11(25).
- ⑥ Kawada et al., Hyperbaric hyperoxia accelerates fracture healing in mice. *PLoS One* 2013. 8(8): e72603.
- ⑦ Wei et al., Effects of hyperbaric oxygen and nerve growth factor on the long-term neural behavior of neonatal rats with hypoxic ischemic brain damage. *Acta Cir Bras* 2017. 32(4): 270-279.
- ⑧ Morita et al., Napping after complex motor learning enhances juggling performance. *Sleep Sci* 2016. 9: 112-116.
- ⑨ Robertson et al., Off-line learning and the primary motor cortex. *J Neurosci* 2005. 25(27): 6372-6378.

〔科学研究費助成事業〕



研究項目 : 科学研究費助成事業 (基盤研究 (C))
研究期間 : 2018/4/1 ~ 2019/3/31
研究課題名 (和文) : 光学面精密創成用小径イオンビーム加工技術の開発

研究課題名 (英文) : Development of etching technique using small diameter ion beam for optical fabrication

研究者 : 瀧野 日出雄 千葉工業大学
TAKINO Hideo 工学部 機械工学科 教授

1. 緒 言

近年, 先端的な光学機器に用いられる光学素子にはナノメートルまたはそれ以下の極めて高い精度が求められるようになってきた. このような要求から, 精密加工技術としてイオンビーム加工に注目が集まっている⁽¹⁾⁽²⁾. イオンビームによる光学面の精密加工は, 光学面の口径よりも小径に絞ったイオンビームを用いて, 光学面を局所的に修正加工するものである. これまで, イオンビーム加工の適用例は大口径光学素子がほとんどであって, 小~中口径の光学素子の加工に適用した例は少ない. これは, 小径で高いイオン電流密度のイオンビームの生成が容易ではないためと考えられる. このようなイオンビームが簡素な装置で生成できれば, 小~中口径の高精度光学素子の製造に有効と考えられる.

イオンビームを小径化する簡単な方法として, 絞り (開口部を有する遮蔽板) の利用があるが, これはイオンビームの利用効率が低く, イオン電流密度も高くできない. そのほかの方法として, 静電レンズや電磁石による磁気レンズを用いる方法が考えられるが, 装置が大がかりになる. ここで, 磁気レンズを永久磁石で構成できれば, 小型で単純なイオンガンとなるので工業的に有用と考えられる.

そこで我々はイオンビームの小径化および高いイオン電流密度化をめざして, 永久磁石を用いた小型磁界型 4 極子磁石によるイオンビーム収束技術の開発を進めている. 本報では, 小型磁界型 4 極子磁石の基本構造を検討し, 収束特性を数値シミュレーションで調べたので報告する.

2. イオンビームによる光学面の精密創成技術

我々が検討を進めている光学面形状創成用イオンビーム加工装置は, 主にイオンガン, 真空チャンバ, ステージ, および各種制御装置から構成されている. イオンビームは, イオンガン内部で発生させたプラズマから引き出される. イオンビームの照射位置は固定されていて, このイオンビームに対してステージ上に搭載した被加工物を走査して加工する. また, ステージに取り付けられたファラデーカップでイオン電流密度を測定することもできる.

本装置では, イオンガンのイオンビーム出口に磁気レンズを配置する. これにより, 磁気レンズの中心を通過するイオンビームを収束させて, 被加工面の所定の領域を除去加工する.

3. 磁気レンズによるイオンビーム収束の原理

図1に4極子磁石からなる磁気レンズの模式図を示す. 同図に示すように, 1つの4極子磁石には, 4個の磁石がN極とS極とが互い違いになるように円周上に配置してある. 4極子磁石は, イオンビームの上流から下流に向かって2組配置してある. 下流の4極子磁石は, 磁極を90°回転させてある.

4極子磁石の磁束密度は, イオンビーム通過経路の中心から半径方向に変化する. そこで, 1段目4極子磁石に入射した正の電荷を持ったイオンビームは, y方向に中心に向かう力を受けて収束する. つぎに, 2段目4極子磁石に入射すると, 同じようにしてz方向に収束する. こうして, 原理的にはイオンビーム径

を小径化することが可能になる。

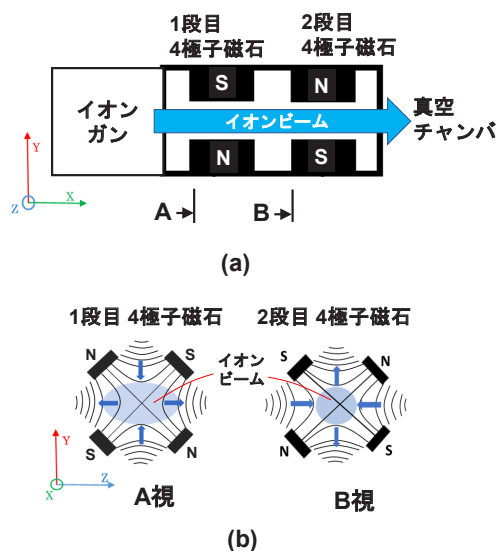


図1. 4極子磁石により構成された磁気レンズの模式図。(a) 磁気レンズの断面図。(b) 磁気レンズの断面図とイオンビーム径の変化。

4. 磁気レンズの基本設計とイオンビームの軌道シミュレーション

本研究では、次のように磁気レンズを基本設計した。まず、ネオジウム磁石 (残留磁束密度 12,000 gauss, 保磁力 10,900 Oe) を用いて磁気レンズを構成した場合について、磁石やイオンビーム通過領域近傍の磁界をシミュレーションした。これにより得られた磁束密度の値を用いて磁気レンズのモデルを作成し、イオンビームの軌道シミュレーションと、仮定の被加工面へ入射するイオンビーム分布をシミュレーションした。シミュレーションには、市販の荷電粒子の軌道計算ソフトウェア (SIMIONTM) を用いた。シミュレーションは、磁気レンズに入射するイオンのエミッタンス ϵ_{ms} が異なる場合について実施した。エミッタンス ϵ_{ms} は、磁気レンズに入射するイオンの入射角度分布に対応する。すなわち、入射するイオンの入射角度分布が広い場合にエミッタンス ϵ_{ms} は大きく、反対に入射角度分布が狭い場合にエミッタンス ϵ_{ms} は小さくなる。本研究では、エミッタンス $\epsilon_{ms}=8.6, 17.2 \mu\text{mm-mrad}$ について検討した。

磁気レンズを使用せずにイオンガン直接将真空チャンバに接続した場合に、エミッタンス ϵ_{ms} が 8.6 または $17.2 \mu\text{mm-mrad}$ の条件で被加工面に入射するイオンビーム分布を計算したところ、どちらのエミッタンス ϵ_{ms} の場合でもイオンビームは $30 \times 30 \text{mm}$ 程度の領域に広がっていた。図 2(a)に、計算結果の一例としてエミッタンス $\epsilon_{ms}=17.2 \mu\text{mm-mrad}$ の場合のイオンビーム分布を示す。

まず、図 1 のように 2 段の 4 極子レンズから構成される磁気レンズを用いた場合のイオンビーム軌道と、被加工面に入射するイオンビーム分布をシミュレーション

した。その結果、イオンビームは収束する傾向にあることがわかった。具体的には、エミッタンス $\epsilon_{ms}=8.6, 17.2 \mu\text{mm-mrad}$ の場合、被加工面上のイオンビーム分布は、それぞれ長辺方向 (z 方向) に 9.7mm と 22.5mm となった。

前記の 2 段磁気レンズでのシミュレーションの結果から、長辺方向の収束させることができれば、イオンビームはさらに小径化が可能と考えられる。そこで、4 極子磁石を 1 段追加して、3 段とした場合の収束特性を調べた。エミッタンス $\epsilon_{ms}=8.6, 17.2 \mu\text{mm-mrad}$ について、被加工面に入射するイオンビーム分布をシミュレーションした結果、それぞれで長辺 (z 方向) 2.2mm, 長辺 (y 方向) 5.0mm に収束できることがわかった。図 2(b)に、計算結果の一例としてエミッタンス $\epsilon_{ms}=17.2 \mu\text{mm-mrad}$ の場合のイオンビーム分布を示す。

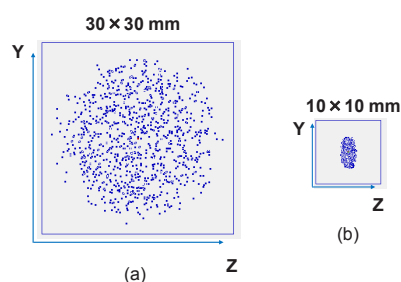


図 2. 磁気レンズによるイオンビームの収束効果。被加工面上のイオンビーム分布。エミッタンス $\epsilon_{ms}=17.2 \mu\text{mm-mrad}$ 。(a) 磁気レンズのない場合、(b) 3 段磁気レンズを用いた場合。

5. 結 言

イオンビームの小径化および高イオン電流密度化を目的に、ネオジウム磁石を用いた小型境界型 4 極子磁石を基本設計し、収束特性を数値シミュレーションで検討した。その結果、2 段または 3 段の磁気レンズを用いることにより、イオンビームを収束させることができる見通しを得た。磁気レンズに入射するイオンビームのエミッタンス ϵ_{ms} を 8.6 または $17.2 \mu\text{mm-mrad}$ に仮定した場合、たとえば 3 段磁気レンズを用いることにより、約 30mm からそれぞれ 2.2mm または 5.0mm に収束できると期待される。

謝 辞

本研究にご協力頂いた、金属技研(株) 国部利寿氏、水戸工業(株) 三浦孝治氏、本学卒業生 柳下裕也氏、本学大学院生 矢上裕晃氏に深く感謝申し上げます。

文 献

- (1) 瀧野日出雄: イオンビーム加工による超高精度ミラーの製作, 精密工学会誌, 84, 6 (2018) 502.
- (2) 瀧野日出雄: 光学部品の製造技術 (前編), 電気加工学会誌, 47, 115 (2013) 69.

研究項目 : 科学研究費助成事業 (基盤研究 (A))

研究期間 : 2018/4/1 ~ 2019/3/31

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 NAKABAYASHI Kiyoshi	千葉工業大学 情報科学部 情報ネットワーク学科 教授
森本容介 MORIMOTO Yosuke	放送大学 教養学部 准教授
池田 満 IKEDA Mitsuru	北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科 教授
瀬田和久 SETA Kazuhisa	大阪府立大学 人間社会システム科学研究科 教授
田村恭久 TAMURA Yasuhisa	上智大学 理工学部 教授

1. はじめに

教育品質向上や内容豊富化のために, 学習コンテンツや学習方略記述の流通再利用促進が不可欠である. しかし, 学習者適応型コンテンツや協調学習方略記述の流通再利用性と学習支援機能の拡張性の両立は困難である.

こ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]. 流通再利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, 機能追加の際には新規の教材オブジェクトを追加する. 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た. さらに, 各種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, 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. これによって, 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できること, 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

対象とする学習制御構造は木構造型で, 各ノードに教材オブジェクトを配置する. サブツリーの再利用を可能とするため, 教材オブジェクトの通信は, 親子間に限定する[1]. 親子間通信を組み合わせ, 「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ンルール処理」, 「学習コマンドリスト生成処理」に対応する4つの共通的な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, 新たな学習制御機能を容易に追加できる. 4つの通信パターンは, もともと独習型学習環境[1]で規定されたものであるが, グループ学習で必要となる基本機能についても実現できる[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. 各ノードは, 親子間通信を行う隣接通信層, 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通信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.

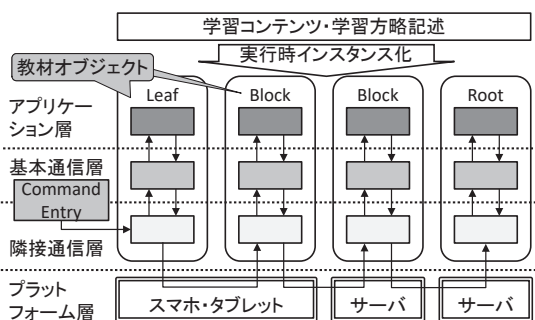


図1 レイヤーデザインパターンによる教材オブジェクト間通信

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ぺいすれば、教材オブジェクトの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、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独習が可能である。

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

2018年度の時点で、(1)の分散プラットフォームアーキテクチャの検討は完了し、プラットフォーム間の通信はWebSocket、教材オブジェクトはJavaScriptを用いる方式で、サーバ・端末にまたがった動作を確認した。

また、(2)の教材オブジェクト間通信方式について、検討・実装を進めた。教材オブジェクトは複数プラットフォームに分散配置されるため、その間の通信オーバーヘッドが問題となる。例えば、サーバ上のノードにポストコンディションルールが設定されていると、端末上の独習教材のページを移動するごとに、サーバ・端末間の通信が発生する。そこで、教材オブジェクト間の通信パターンが定型化されていることを活用して通信オーバーヘッドを抑制できる通信方式を検討した。具体的には、以下の組合せによる方式の検討を進めた。

方式1) シーケンシング処理やポストコンディションルール処理など、学習状態に依存する処理は、ロールアップ処理での学習状態変化に影響を受けるが、ルートに近いノードほど学習状態変化は起きにくいことを利用して、キャッシュにより通信を省略する方式

方式2) 学習状態を上位に伝搬させるロールアップルールやポストコンディションルールを学習実行前に評価して、ルール実行の条件を洗い出しておくルールプリコンパイル方式

方式3) 他学習者の学習状態変化や、作問学習での新たな問題教材オブジェクトの追加などの状態変化を、学習コマンド入力前に先行伝搬させてコマンド入力時の応答を改善する方式

方式1については実装を終え、2019年度に効果測定を行う。他については、2019年度に順次実装する。

また、2018年度は、独習型学習環境の新たな標準規格であるcmi5のELECOAによる実装を行った[4]。cmi5は、ブラウザを用いていないスマートフォンアプリなどとの親和性が高いため、これらのアプリを連動させた学習環境構築への適用が期待できる。

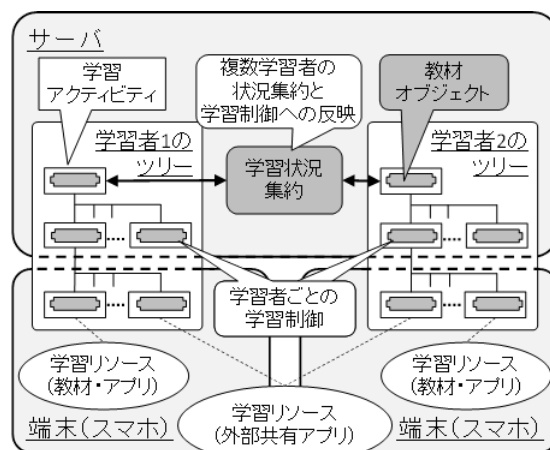


図2 分散マルチプラットフォーム学習環境

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, 35(3), 248-259.

[3] 仲林 清, 森本容介, 池田 満, 瀬田 和久, 田村 恭久 (2019) 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と試作, 教育システム情報学会研究報告, 33(5), 59-66

[4] 森本容介, 仲林 清, 星野忠明, 前田 宏 (2019) ELECOAを用いた cmi5 対応学習管理システムの設計と実装, 教育システム情報学会誌, 36, 投稿中

研究項目 : 科学研究費助成事業 (基盤 (C))

研究期間 : 2018/4/1 ~ 2019/3/31

研究課題名 (和文) : 軽量Nパーティ秘関関数計算の一般化に基づくセキュア IoT モデルの提案

研究課題名 (英文) : A Secure IoT Model which is based on Generalized Lightweight N Party Secure Function Evaluation

研究者 : ○藤田 茂 千葉工業大学
FUJITA Shigeru 情報科学部 情報工学科 教授

白鳥 則郎 中央大学
SHIRATORI Norio 研究開発機構 機構教授

1. はじめに

Internet of Things: IoT は、物のインターネットとも呼ばれる仕組みであり、今後の普及が期待されている。IoT は、日本では Society 5.0 [内閣府 2016] にも含まれ経済産業省を中心に様々な企業で研究開発が行われている。

IoT を実現する個別の機器は多種多様な場所に設置あるいは移動する車や機器に搭載される。このため、全ての IoT 機器の保守管理を人手により実施することは多額の費用を要し、IoT の普及の阻害要因となる。

一方で、数多くの IoT 機器から収集されるデータをビッグデータとして取り扱うことで、IoT 機器単体から取得されるデータからは予想しないデータが取り出される。例えば電力メーターの人手による検針を不要とするスマートメーターのデータから、ある家屋の不在状況が容易に発見できる。このため、IoT 機器そのもの、および IoT 機器から得られたデータの秘密を維持することが必要である。

データの秘密を維持するために、データの暗号化を行うことが考えられるが、一般に、データ処理を行うためにはデータを復号化する必要があり、この箇所を攻撃されるとデータの漏洩を引き起こす。このため、暗号化したまま処理を行う準同型暗号が注目されている。しかし、準同型暗号は計算負荷が大きく CPU 能力に制限のあることが多い IoT 機器では、採用が難しいと考えられる。

Shamir はデータを複数の主体 (サーバ、IoT 機器に相当) に分散し保存する秘密分散を示した [Shamir 1979]。また、この分散されたままの状態で行う秘密計算が提案されている [Yao 1982, Yao 1986]。これら秘密計算、秘密計算は計算負荷が準同型暗号に比べると小さく [菊池 2018]、IoT 機器向けであると言える。

軽量Nパーティ秘関関数計算 [滝 2018] は、千田らによって提案された、エラー検出可能な軽量 3 パーティ秘関関数計算 [千田 2011] を N へ拡張するための条件を明らかにした秘密分散・秘密計算の一部を実行する方式である。本稿では、セキュア IoT モデルを構築する本研究の概要を述べる。

2. 概要

IoT を実現する個別の機器をすべてセキュアな環境に設

置することは現実的ではない。これは物理的なセキュリティを確保することが条件となっているデータセンターに置かれるクラウドコンピューティングとは対象的である。また、IoT 機器は無線を通じてインターネットへ接続されることも多く、通信路の盗聴に対応する必要がある。

本研究の結果を適用した複数の IoT 機器からなるシステムでは、たとえ幾つかの IoT 機器がクラック、あるいは盗難にあったとしても、データを復元できず、データの安全性が維持される。

図 1 に本研究提案の概念図を示す。IoT 機器の例として、例えばセンサーから取得されたデータ (DATA (A), DATA (B)) は、乱数 (r1, r2) を含んだ形で分散される (図 1 では 3 つの主体)。

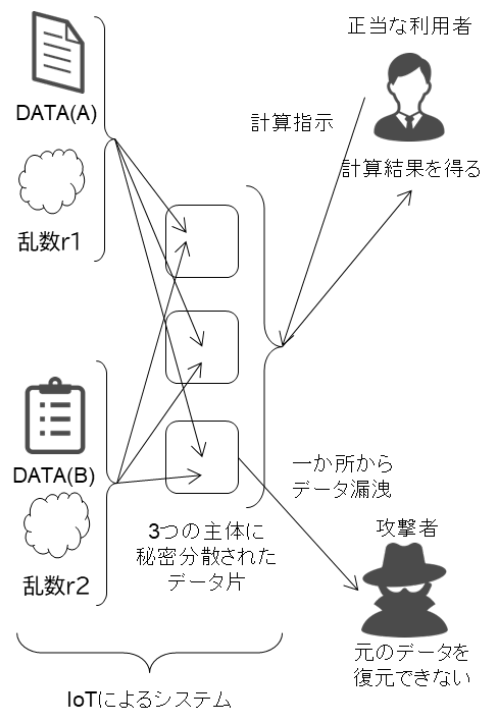


図 1: 本研究提案の概念図 (主体数を 3 とした場合)

正当な利用者は、主体に対して、DATA (A), DATA (B) の計算を指示する。軽量秘関関数計算では、加算、減算、乗算、

定数倍, 論理回路演算 (否定, 論理積, 論理和, 排他論理和) を実行できる. 一方, 乱数を含んだ形でデータが分散しているために, 攻撃者が一つの主体からデータ片を入手したとしても元のデータを復元することが出来ない. 主体による計算手順 (Protocol), 全体の主体数 n とデータの復元に必要な主体の数 k の関係の証明は文献[滝 2018]に示した. ここでは結果のみを示す.

$$\begin{cases} n \geq 2k & (n \text{ は偶数}) \\ n \geq 2k - 1 & (n \text{ は奇数}) \end{cases}$$

3. 応用例

軽量 N パーティ秘匿関数計算は, IoT 機器に限定されるものではなく, クラウドやその他のシステムの根幹として利用可能である. 現在, Amazon Web Services, AWS や Microsoft Azure, Google Cloud Platform, IBM Cloud など, いわゆるクラウドサービスに業務の基幹システムを構築する企業・行政機関は多い. 一方で, クラウドシステムの管理が他社になるために, オンプレミス環境に比べてセキュリティ面で懸念がある. このため, たとえ一か所のデータが流出しても, 元のデータを復元できない秘密分散・秘密計算は, 自治体の住民データ保存, 保険点数計算システムに応用できる[樋地 2019]. 研究代表者のグループは, このために現在整数の計算に限定されている提案手法を, 文字列検索へ拡張する研究を進めている[滝 2019].

角田らは文献[角田 2018]で, デジタル・アイデンティティ (DI) が, 機器の廃棄や更新, また利用者の死亡や組織からの離脱によって失われ, 必要な情報へアクセスできなくなることを指摘している. 現在研究代表者と角田らの研究グループでは, この DI の危険化に対して, “デジタル寺院” と呼ぶ, DI の保管庫を作成し, 永続的に DI と DI の関係を維持するモデル[藤田 2019]を提案している. “デジタル寺院” を実現するシステムでは, 攻撃に対する耐性と永続性を両立する必要があり, 一つの集中型のシステムとして構築するのではなく, 分散システムの集合として構築することが必要であり, 本研究の成果が活用できる.

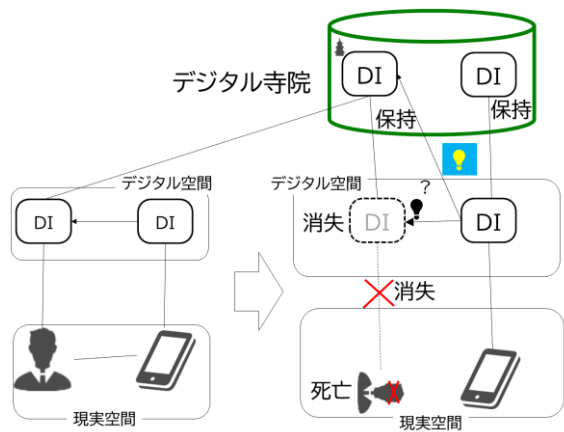


図2: デジタル寺院概念図

5. おわりに

本稿では, 軽量 N パーティ秘匿関数計算を使い, データの漏洩に対して耐性のあるセキュアな IoT システムを構築する基盤となるモデルの概要を述べた.

本研究に関する主な発表論文

- (1) 滝雄太郎, 藤田茂, 宮西洋太郎, 白鳥則郎, “軽量 N パーティ秘匿関数計算の一般化”, 情報処理学会論文誌, Vol. 59, No. 10, pp. 1895–1902, 2018
- (2) 藤田茂, “軽量 N パーティ秘匿関数計算を用いたセキュアな IoT システムの考察”, 情報処理学会シンポジウムシリーズ, DPSWS (ポスター), 2018
- (3) 藤田茂, “途絶遅延ネットワーク上での秘密分散によるセキュアな IoT システムの検討”, 合同エージェントワークショップ&シンポジウム (ポスター), 2018

参考文献

- (1) Adi Shamir, “How to Share a Secret”, ACM Communications, Vol. 22, No. 11, pp. 612–613, 1979
- (2) 千田浩司, 五十嵐大, 濱田浩気, 高橋克巳, “エラー検出可能な軽量 3 パーティ秘匿関数計算の提案と実装評価” 情報処理学会論文誌 Vol. 52, No. 9, pp. 2674–2685, 2011
- (3) 内閣府, “平成 28 年 1 月 22 日, 平成 28~32 年度の第 5 期基本計画が閣議決定”, <https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index5.html> (2019 年 7 月 31 日 確認)
- (4) Andrew C. Yao, “Protocols for Secure Computations”, Annual IEEE Symposium on Foundations of Computer Science, pp. 160–164, 1982
- (5) Andrew C. Yao, “How to Generate and Exchange Secrets”, Annual IEEE Symposium on Foundations of Computer Science, pp. 162–167, 1986
- (6) 菊池亮, 五十嵐大, “秘密計算の発展”, IEICE Fundamentals Review, Vol. 12, No. 1, pp. 12–20, 2018
- (7) 角田篤泰, 山澤昌夫, 五太子政史, 白鳥則郎, “デジタル・アイデンティティの危険化に抗う「デジタル寺院」構想”, 日本セキュリティマネジメント学会第 32 回全国大会研究報告書, p. 1–6, 2018
- (8) 樋地正浩, 橋祐一, 菊池一彦, 藤田茂, 宮西洋太郎, 白鳥則郎, “分散秘匿計算による情報管理基盤が切り開く応用領域 - 減災分野, 医療分野 -”, 2018 年度情報処理学会東北支部研究会, 2019 年 2 月 9 日
- (9) 滝雄太郎, 藤田茂, 宮西洋太郎, 樋地正浩, 白鳥則郎, “軽量 N パーティ秘匿関数計算の文字列検索拡張”, 情報処理学会シンポジウムシリーズ, DICOMO, pp. 740–742, 2019
- (10) 藤田茂, 樋地正浩, 滝雄太郎, 宮西洋太郎, 角田篤泰, 菅原研次, 白鳥則郎, “‘デジタル寺院’: モデルと基盤技術”, 情報処理学会研究報告, Vol. 2019 - CDS - 26 No. 10, pp. 1–8, 2019

[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)	水津 光司	周波数シフトテラヘルツ波による建築物非破壊診断
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)	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
4	基盤研究(B)	國宗 永佳	教育実践研究と教授・学習支援システム研究とのマッチングプラットフォームの開発
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)	青木 岳史	災害救助活動の支援を目的とした柔軟変形ロボットの開発
8	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
9	基盤研究(C)	熱海 武憲	可視化されたロバスト機構・制御系統統合設計法の確立と次世代HDDへの応用
10	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
11	基盤研究(C)	王 志東	生物の群逃避行動を模倣する群ロボットの反射的振る舞いの高速伝播メカニズムの実現
12	基盤研究(C)	亀田 豊	河川、内湾水中マイクロプラスチック挙動解明と代替物質利用による将来濃度予測
13	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
14	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
15	基盤研究(C)	五明美智男	地域環境リテラシーと社会人基礎力を高める環境調査手法の開発・活用に関する実践研究
16	基盤研究(C)	齋藤 哲治	新しいSm-F e系磁性相の探求
17	基盤研究(C)	佐波 孝彦	移動体通信における通信路情報に基づくポーラ符号化法とその応用
18	基盤研究(C)	清水 邦康	振動モード間の共鳴を基礎とした結合振動子系にみられる波動解析への新たな展開
19	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
20	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状化被害予測手法の提案
21	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
22	基盤研究(C)	瀧野日出雄	光学面精密創成用小径イオンビーム加工技術の開発
23	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
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)	藤田 茂	軽量Nパーティ秘匿関数計算の一般化に基づくセキュアなIoTモデルの提案
29	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
30	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
31	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
32	基盤研究(C)	八島 由幸	画像圧縮符号化への機械学習応用に関する研究
33	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
34	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
35	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
36	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
37	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
38	若手研究	石原 沙織	ムーブメント発生時の応力状態を踏まえたシーリング材の耐久性設計法の検討
39	若手研究	蛭子 彰仁	超幾何級数の値
40	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
41	若手研究(B)	亀谷 雄樹	触媒粒子層の表面反応機能高度化を実現するナノ粒子マイクロプリンティング法の開発
42	若手研究	川西 範明	免疫系に着目した運動トレーニングによる熱産生機能向上のメカニズムの解明
43	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
44	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
45	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
46	若手研究	佐藤 和	運動学習効率の向上に高圧酸素曝露は貢献するか
47	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
48	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
49	若手研究	高木 彩	萌芽技術に対するリスクの認知機構の解明
50	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
51	若手研究	信川 創	神経ネットワークダイナミクスに着目した認知症の早期診断システムの構築
52	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
53	若手研究	藤井 浩光	緊急災害対応における無人化施工のためのオペレータ支援システム
54	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
55	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
56	挑戦的萌芽	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
57	挑戦的萌芽	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

*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 2019年

Vol.16

令和元年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