

神奈川工科大学

先端工学研究センター

研究報告

第 25 卷

2020 年度

目次

- ・視線解析における逆推論を利用した医療スタッフの行動要因抽出と分析法の考案

臨床工学科 鈴木聡

臨床工学科 大瀧保明

臨床工学科 渡邊晃広

看護学科 青木真希子

看護学科 松沢裕子

- ・魚類ミオグロビンのメト化に関する研究

応用バイオ科学科 小澤秀夫

- ・超高感度センサのための集積形光導波路デバイスの研究

電気電子情報工学科 中津原克己

電気電子情報工学科 小室貴紀

ホームエレクトロニクス開発学科 黄啓新

電気電子情報工学科 後藤みき

電気電子情報工学科 工藤嗣友

情報工学科 木村誠聡

応用化学科 竹本稔

管理栄養学科 澤井淳

- ・LED 有彩色光による心理的・生理的影響の検討

ホームエレクトロニクス開発学科 三栖貴行

- ・AI 技術を活用する EdTech 開発—IoT による教育ビッグデータ構築と個別最適化に向けて—

ホームエレクトロニクス開発学科 杉村博

- ・統計的画像生成による Deep Neural Network の高精度化

情報工学科 森稔

・ QOL 向上のための癒し空間創成に関する研究

情報工学科 大塚真吾
基礎・教養教育センター 師玉真理
基礎・教養教育センター 三浦直子
情報学部 上田麻理
臨床工学科 磯村恒

・ 表示言語を切り替え可能なプログラミング学習支援システムの試作

情報工学科 田中哲雄

・ 浮上式風車を用いた高空風力発電システムのフィールド実証

機械工学科 大久保博志
機械工学科 渡部武夫
機械工学科 水野敏広
ロボット・メカトロニクス学科 吉野和芳
(株)TMIT 研究開発部 藤井裕矩

・ 導電テザーを用いた宇宙デブリ除去技術における新素材テザーの特性調査と
伸展制御に関する研究

機械工学科 渡部武夫
機械工学科 大久保博志
機械工学科 水野敏広
ロボット・メカトロニクス学科 吉野和芳
宇宙航空研究開発機構(JAXA) 研究開発部門第二研究ユニット 河本聡美

・ 多様な気象条件の小型無人航空機の飛行特性に与える影響評価

機械工学科 木村茂雄、今井健一郎、山岸陽一
ロボット・メカトロニクス学科 兵頭和人
産業技術総合研究所 阿部祐幸（本学客員教授）
防災科学技術研究所 佐藤研吾（共同研究締結）、酒井直樹（共同研究締結）

・人と AI が共存する社会創生に向けた AI ELSI の研究

ー神奈川工科大学 AI 憲章と AI デザイン指針に向けてー

情報ネットワーク・コミュニケーション学科 臼杵潤、岡本学

ロボット・メカトロニクス学科 兵頭和人、三枝亮

情報工学科 大塚真悟

情報メディア学科 上田麻理

基礎・教養教育センター 師玉 真理、三浦直子

・AI クラウドと連携した大容量リアルタイムサービスチェイニングの実現

情報ネットワーク・コミュニケーション学科 丸山充、瀬林克啓、井上哲理、

塩川茂樹、井家敦、岩田一

情報工学科 松本一教、田中博、清原良三

電気電子情報工学科 中津原克己、高取祐介

・授業形態や災害時のニーズに的確な ICT 環境を提供する適応型ネットワーク制御技術

情報ネットワーク・コミュニケーション学科 瀬林克啓、丸山充

・インテリジェント・パーソナル・モビリティの開発

ロボット・メカトロニクス学科 高橋良彦

・精神科病棟における病棟文化の醸成に関する研究

看護学科 柴田真紀、田代誠、前澤尚子

・周産期のうつ病をスクリーニング方法の開発

ー性ホルモン濃度の変動が脳の認知機能へおよぼす影響の解明ー

看護学科 青木真希子

看護学科 前山直美

臨床工学科 鈴木聡

ロボット・メカトロニクス学科 高尾秀伸

情報メディア学科 小坂崇之

・プロセッサ負荷連動アダプティブ電源制御による計算機電源エネルギー効率および性能の改善

臨床工学科 河口進一

視線解析における逆推論を利用した 医療スタッフの行動要因抽出と分析法の考案

研究代表者：臨床工学科 鈴木 聡

研究分担者：臨床工学科 大瀧保明

臨床工学科 渡邊晃広

看護学科 青木真希子

看護学科 松沢裕子

1. 研究の目的

認知情報処理に用いられる視線データ解析は、認知処理プロセスの解明に向けたアプローチのひとつである。しかし仮に測定された注視データの正確性が担保されたとしても、注視点の全てが視覚情報獲得に使われておらず、有用な情報を適切かつ効率的に取り出すことの困難性をいかに処理するかが、学術的に問題となっている。これに対し逆推論に基づく視線データ解析が既に提案されており、得られた個々の視線データについて解釈するのではなく、あらかじめあり得る判断を用意して視線データを解釈するという概念であるが、実証はされていない。一連の研究の遂行により、以下に挙げる 4 項目が明らかにすることとした。

- ① 認知処理の内容とそれに対応する視線パターンの一般的関係
- ② 実作業環境下で得られる膨大な量の視線データの効率的な解釈方法およびそれを利用したタスク分析のための具体的方法・手順
- ③ 本研究で対象とする業務における行動形成要因 (Performance Shaping Factor: PSF) 解析への逆推論の利用
- ④ 上記 3 による臨床における課題解決のためのフィードバック

2. 研究の必要性及び従来の研究

従来からの視線データ解析における基本的方法論は、個々のデータをゼロベースで解釈し、これを積み上げることによって全体的な解釈を与えるアプローチである。逆推論 (reverse inference: RI) に基づく視線データの解釈では前述のように、あり得る判断を先に用意しておく形である。RI アプローチの実装方法は、現時点では統計解析的な手法の利用 (例えば“隠れマルコフモデル”の利用) が提案されている。しかし高度な数学の知識を必要せずとも実施できることや、実在フィールドにおける適用を重視しており、本研究は分析手続きの簡便性を狙っている。この方法に含まれる重要ツールである注視

点推移の分類およびその解釈方法は、注視点とそれに対応する認知処理の関係を一般化したものとなる。具体的には、技士であれば血液透析の穿刺行為に対する「上手さ」や、医師であれば疾患診断における「上手さ」などのようなタスクにおいて、どのような視覚的情報を選択・活用し、目的を効率的に達成・解決に至る作業プロセスを対象に、RI アプローチを援用し、医療スタッフが、いつ、どのような目的で、何をしているのかを緻密に追跡し、これを記述し、そこから技士の問題発見・解決プロセスの優れた点・劣った点を同定することを可能とするタスク分析方法を構築する。本研究では医療上の具体的作業は以下の A および B を計画しているが、研究進行に従い必要に応じ新たに設定することもあり得る。A) てんかん様動作を示す患児のビデオを専門分野の異なる看護師や医師に視聴させ、疾患の有無および疑わしい疾病の診断プロセスについて RI アプローチを適用する。B) 血液透析の穿刺作業において、視覚的情報獲得が状況認識・穿刺結果としての成否に与える影響について RI アプローチを適用し、問題発見および解決をさせる実験を、臨床工学技士に対して複数回実施する。A および B はいずれも一連の行動を撮影したビデオデータ、言語プロトコル、視線データ、頭部前頭前野の脳血流データを得るとともに、実験後にデブリーフィングを行い、自身の問題発見プロセスを詳細に説明させ、その際の発話データも得る。ビデオデータ、言語プロトコルならびに発話データに基づき、各技士の問題発見プロセスを、作業研究の方法である階層的タスク分析およびタイムライン分析の技法に従って、精緻に記述する。このプロセスと、そこで観察される視線データに基づき、典型的注視点推移パターンと、その時の目標の関係について精査する。これらの関係を総合し、注視点推移の分類およびその解釈方法の一般的関係として整理する。この一般的関係を用いて、仮想的でない、実作業環境下での医療スタッフの行動・視線データに適用し、タスク目標を適切に抽出できるかチェックする。同時に安全の観点から潜在的危険を含む認知行動、あるいは問題発見を含むタスク実施中の好ましくないプロセスの同定も行う。これによって、個人レベルでの安全上優れた点や劣った点の評価・同定を実施し、実用に耐える方法論として構築していくこととした。

3. 期待される効果

この方法に含まれる重要ツールである注視点推移の分類およびその解釈方法は、注視点とそれに対応する認知処理の関係を一般化したものとなる。この関係は、視線と心的処理が重要なトピックとなっている認知心理学やこれに関連する人間工学における新たな知見であり、学術的な貢献となると考えている。また、今回の対象タスクである「モロー反射」と「點頭てんかん」という、一見類似する小児（新生児）の動きでありながら、正常と異常という真逆のアウトカムと、場合によって対処が要求される場面であり、専門の医療従事者の判断および思考傾向を顕在化させ、意味のある思考プロセスを明らかにし、子を持つ一般の親などにフィードバック（教育）できれ

ば、速やかな治療開始に繋がられる。

4. 研究の経過及び結果・評価

被験者に教示するためのリアルなてんかん様動画を入手すべく、2019 年度にウエスト症候群患者家族会への研究協力依頼を要請し、秘密保持契約等の手続きを進め、2020 年 2 月までに 30 症例程度の動画データを入手した。しかし周知の如く COVID-19 の影響でそれ以降の動画入手の困難や、医療従事者を対象とした被験者依頼は難しくなっていた。2020 年度に入ってから先の見込みが立たない状況であった。多くの医療従事者は日常業務や家族以外の人との接触を制約される状況が発生し、特に医療従事者を被験者とする本研究では、被験者の都合がつかないことが致命的であった。同年後半に当分の間本研究の続行は難しいとの判断に至った。実質的に被験者実験は 2020 年度にはできておらず、研究成果としてはパイロットスタディとして行った僅かな検討のみの成果発表（昨年度の本報告に載せた論文・学会発表）に留まった。オンライン等での実験も検討したが、視線解析がコアとなる本研究の特性上、被験者にアイマークレコーダを装着する必要がある、リモート作業では有効なデータ収集に至らないと考えられる。既に報告したが少ない知見の中、背景の専門知識（業務経験の領域）が小児領域の看護師と参加領域の助産師間で視覚情報獲得から読み取れる診断プロセスにおける方略が異なることや、経験豊富な医療スタッフでは視覚的な注意配分が新生児の眼球周辺に集中しており、その領域を特に注視しつつ四肢の動きは周辺視によって情報獲得していると考えられた。十分なデータが得られていないため、これらの妥当性や理由については検証できていない。

5. 今後の計画

COVID-19 に影響される様々な状況が本報告作成段階においても大きく変わっており、医療の逼迫は連日報道されており、当面は医療職に余裕ある状況は見込めないため、本研究は一旦停止させる。その間にも研究を成立させるための方法論について模索し、また、状況が好転した場合には再開したいと考えている。

6. 研究成果の発表

- 1) 青木洋貴, 関 駿太, 西間木啓行, 鈴木 聡, 青木真希子、乳児のてんかん様動作に対する臨床推論時の知覚パターン —経験の異なる看護師間の比較研究—: 人間工学 (ISSN:0549-4974) 55(5), p200-211. 2019
- 2) 青木真希子、鈴木 聡、青木洋貴、注視パターンから見たてんかん様動作の異常判断プロセスにおける方略の特徴: 第 7 回 看護理工学会学術集会(日本生体医工学会第 58 回学術集会 同時開催)一般演題ポスター(沖縄) 2019.6.7

魚類ミオグロビンのメト化に関する研究

応用バイオ科学科 小澤 秀夫

1. 研究の目的

魚肉の赤さは、ミオグロビンに由来する。その赤さは、鮮度低下によって褐色へと変化し、魚肉の商品価値は損なわれる。褐変は、ミオグロビンのヘム鉄が2価から3価へ酸化されるメト化によって引き起こされる。従って、メト化を防止することは、鮮度低下や魚肉の商品価値低下防止となる。本研究では、メト化に関する知見を深めるために実施した。

2. 研究の必要性及び従来の研究

これまで水産におけるミオグロビンのメト化に関する研究は、精製ミオグロビンのメト化速度を測定するものであった。また、ミオグロビンのメト化の分子機構については、Brantley ら (1993) や Shikama (1998) によって明らかにされている。また、魚肉は凍結温度によってはメト化速度が上昇することが知られている。本研究は、メト化の分子機構をもとに、分子動力学シミュレーションの解析を行い、これまでになされた魚肉ミオグロビンのメト化の抑制ないしは促進の分子メカニズムを明らかにするものである。

参考文献

- Brantley RE Jr, Smerdon SJ, Wilkinson AJ, Singleton EW, Olson JS (1993) The mechanism of autooxidation of myoglobin. J Biol Chem 268:6995-7010
- Shikama K (1998) The Molecular Mechanism of Autoxidation for Myoglobin and Hemoglobin: A Venerable Puzzle. Chem Rev. 98:1357-1374

3. 期待される効果

本研究によって、魚肉褐変防止や促進の分子メカニズムが明らかになる。それによってより効率的な魚肉保存条件が明らかになると期待している。

4. 研究の経過及び結果・評価

生体高分子の分子動力学シミュレーションでは、水分子を明示的に扱う方法と陰に扱う方法の2つがある。本研究では、明示的に扱う方法を採用した。水分子のモデルについては、TIP3P と呼ばれるモデルが一般的である。多くの水分子は、300 K における生体内高分子のふるまいを正確にシミュレートできるようにパラメータが設定されて

いるため、凍結条件のシミュレーションは不正確な面がある。

TIP3P モデルの凝固点は 146 K であり、OPC の凝固点は 242 K である (Xiong et al 2020)。そこで、水モデルは OPC を用い、ミオグロビンを含む系について、通常の凝固点から -10 度ずつ温度を低下させ、目視によって水の動きを確認し凝固点を推測した。その後、10 度ずつ温度を上昇させ、同様に融点を検討した。各温度について 100 ns のシミュレーションを行った。本研究により、報告されている OPC モデルの凝固点よりも -30 から -40 度ほど低い温度において凝固および融解していることが確認された。また、ミオグロビンを含まない系や、ミオグロビンもイオンも含まない系について検討を行ったが、上と同様に、OPC モデルの凝固点よりも -30 から -40 度ほど低い温度において凝固および融解していることが確認された。

上記の研究に加え、ヘム及びその近辺を量子化学的に扱い、他の部分を通常通り分子動力学的に扱う QM/MM/MD シミュレーションを実施した。本シミュレーションでは、ヘム及びヘムに配位する酸素分子と近位ヒスチジン、酸素分子に結合する遠位ヒスチジンを量子化学的に扱った。一般的にヒスチジンは、 ϵ 窒素原子のみがプロトン化した HIE、 δ 窒素原子のみがプロトン化した HID および両窒素原子がプロトン化した HIP と呼ばれる 3 つの状態を取りうる。pH が低下するにしたがって HIP の割合が増加し、遠位ヒスチジンが HIP の状態を取った時、 ϵ 窒素に結合したプロトンが酸素分子に奪われ、容易にメト化反応が起こることが知られている。そこで本研究では、遠位ヒスチジンが HIP の状態の QM/MM/MD 分子動力学シミュレーションを試みたところ、1 ns 以下といった比較的短時間にエラーが起こった。VMD によって可視化したところ、ヘム鉄がポルフィリン環より脱離しており、なおかつ遠位ヒスチジン上の水素原子が解離していた。通常のみオグロビンにおいてはこのような反応が、頻繁に起こることは予想されないため、条件設定に由来するエラーと考えられたが、その原因は不明である。

参考文献

Xiong Y, Shabane PS, Onufriev AV (2020) Melting Points of OPC and OPC3 Water Models. ACS Omega. 5:25087-25094.

5. 今後の計画

目視による凝固点の推定は、不正確であるため、密度、水分子の酸素酸素間動径分布関数、核酸係数など適切なパラメータを観察することによって、凝固点を推定する必要もあるため今後検討する。また、OPC モデル以外の水分子によっても検討する予定である。

QM/MM/MD シミュレーションについては、有望な手法であるため、適切な条件を探索し、今後さらに検討を加える予定である。

6. 研究成果の発表

本研究と関連して、以下の発表を行った。

小澤 秀夫・落合 芳博(2021)魚類ミオグロビンと生体低分子物質との相互作用令和 3 年度日本水産学会春季大会、口頭発表

超高感度センサのための集積形光導波路デバイスの研究

研究者名：工学部 電気電子情報工学科 中津原 克己
工学部 電気電子情報工学科 小室 貴紀
創造工学部 ホームエレクトロニクス開発学科 黄 啓新
工学部 電気電子情報工学科 後藤 みき
工学部 電気電子情報工学科 工藤 嗣友
情報学部 情報工学科 木村 誠聡
工学部 応用化学科 竹本 稔
健康医療科学部 管理栄養学科 澤井 淳

1. 研究の目的

本研究では、多種類の物質の一括検出や動作光の波長範囲が広い光センシング回路の実現を目指し、集積化に適した光導波路デバイスの研究・開発を目的としている。対象とする光導波路デバイスは、リング導波路共振器、光スイッチ、光非相反素子としている。リング導波路共振器の開発によって広帯域光源からの光を導波路形センサアレイに分波して供給することが可能となり、光スイッチによって検出部分の選択が可能になる。また、光サーキュレータなどに代表される光非相反素子を集積化に適した導波路形で実現することにより、センサ素子からの反射戻り光を利用することが可能となり、光集積回路の高機能化・小型化が可能となる。これらの集積形光導波路デバイスの研究に取り組むことにより超高感度センサの性能を最大限に発揮させるセンシングシステムの検討を行う。

2. 研究の必要性及び従来の研究

導波路形光デバイスの研究は光通信技術とともに発展し、能動素子としては半導体レーザや半導体増幅器、受動素子としては、石英系平面回路(PLC：Planar lightwave circuit)で構成された波長合分波器や光スイッチ、光変調器など、様々なデバイスが実用化されている。集積化技術については、PLC上に光源や受光素子のハイブリッド集積が長く続いてきたが、近年、CMOS技術をベースとしたシリコンフォトニクスを中心に国内外で急速に進展してきている。また、小型で高性能な導波路形デバイスは、通信分野だけでなく、センシング分野への応用研究も進められ、研究の重要性が年々高まってきている。

3. 期待される効果

本研究は、極微小な領域に光を局在させる水平スロット導波路を用いたセンサと整合性が良く、集積化に適した導波路形光デバイスを考案し、実際に製作して動作実証することを目指した研究であり、導波路形光デバイスの分野で学術的に意義があるだけ

なく、センサ分野での新たな要素技術の開発を促す研究としても位置づけられる。

本研究の遂行過程において、反応性DCスパッタリング装置 (SPS-280CW：昭和真空製) による導波路材料の高速成膜、また、電子ビーム描画装置 (CABL-9000：クレステック製) による微細パターンの形成の技術向上を行っている。さらに、走査型電子顕微鏡 (S-4700：日立製)、X線回折分析装置 (Xpert-PRO-MRD：PANalytical製) による評価の技術向上により、センサデバイス等への応用展開だけでなく、マイクロリクタ等の材料合成技術への貢献も期待できる。

4. 研究の経過及び結果・評価

4.1 水平スロット導波路の基礎的検討

図1(a)に水平スロット導波路の概要図、図1(b)に SiO_2 -Slot導波路の光強度分布の計算結果例を示す。このように SiO_2 スロット内に光を局在させることで、センシングデバイスの検出部に用いる中空スロット導波路と効率よく接続することが可能であることを理論的に明らかにした。また、並行して、 SiO_2 スロットならびに中空スロット導波路構造を実現するための要素技術の確立に取り組み、図2の電子顕微鏡写真に示すように、厚さ30nm未満の SiO_2 スロット導波路の形成、 Nb_2O_5 に挟まれた SiO_2 の選択的エッチングに成功した。

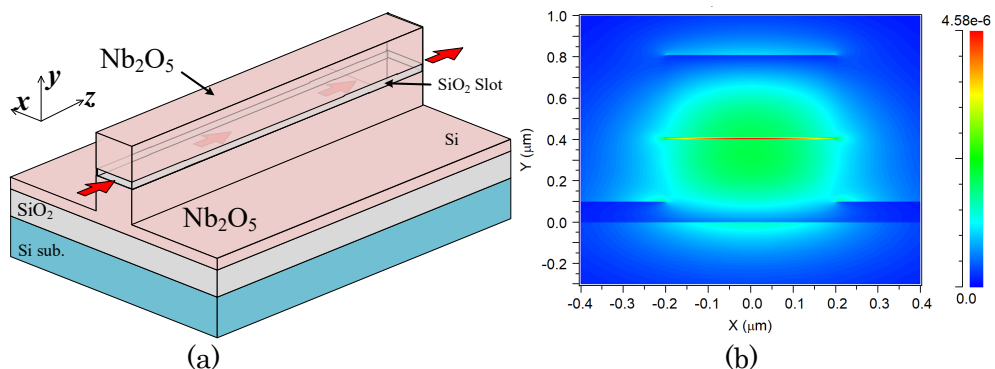


図 1. (a) SiO_2 -Slot 導波路の鳥瞰図 (b) TM モードの 2 次元光強度分布(E_y 成分)

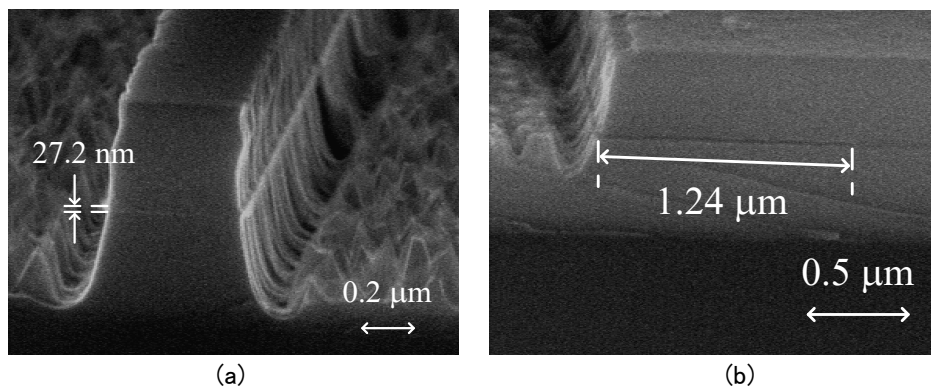


図 2. 電子顕微鏡写真:(a) SiO_2 -Slot 導波路, (b) 選択的ウェットエッチング

4.2 曲線導波路形成条件の確立

リング導波路共振器の基本要素となる曲率半径の小さい曲線導波路の形成条件の確立を図った。図3に示すように半円状の曲線導波路を組み合わせた導波路を試作し、曲率半径と導波特性の関係性を明らかにした。この成果を元にリング導波路共振器を集積した波長合分波器とアレイ状に配置した導波路形光センサデバイスと接続して、多種類の物質の一括検出や動作光の波長範囲の拡大を図る。

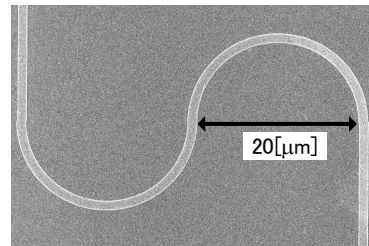


図3. リング導波路共振器形成のために試作した曲線導波路のSEM写真

4.3 エアブリッジ形導波路の形成条件の検討

小型で波長依存性の少ない光スイッチを集積化することにより、検出ブロックの選択が可能になり、検出位置の変更ならびに検出対象の拡大などセンシング回路の高機能化を実現することができる。本研究では光スイッチの動作に必要な可変位相シフタの小型化の検討を進め、2020年度は導波路下部のクラッドを空洞化したエアブリッジ導波路について研究を行った。現在、ドライエッチングプロセスと選択的ウェットエッチングを組み合わせたエアブリッジ導波路の形成条件の確立を進めている。図4に条件探索用試作導波路の断面SEM写真を示す。

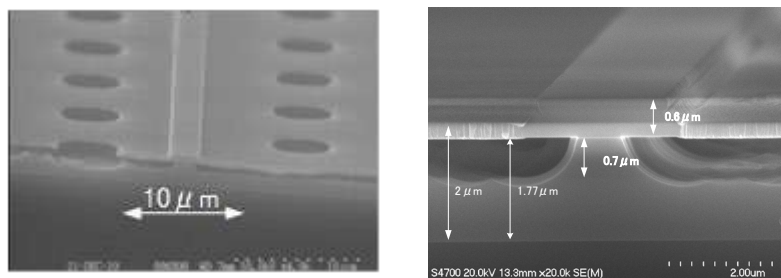


図4. エアブリッジ導波路形成条件探索用試作素子

4.4 光非相反位相効果の評価のためのシリコン細線非対称MZI導波路

光サーキュレータや光アイソレータなど、伝搬方向により異なる伝搬特性を示す光非相反デバイスは、対向方向の伝搬光の分離により、これまで集積化が困難であった光素子の組み合わせが可能になり、光源等の動作安定性も得られ、従来にない革新的な機能の創出が期待される。2020年度は小型の光非相反デバイスを実現するために必要な製作プロセスの検討を行い、Si細線マッハ・ツェンダー干渉計導波路の製作と特性向上に成功した。図5に試作素子のSEM写真、図6に改善した透過率一波長特性ならびに出射光の近視野像を示す。

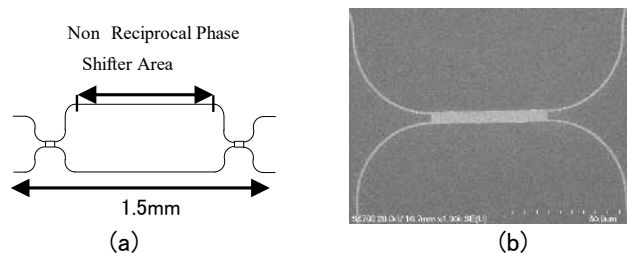


図 5. 光非相反デバイス用 Si 細線マツハ・ツェンダー干渉計導波路

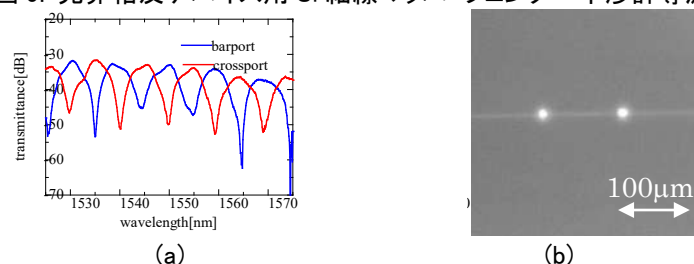


図 6. 光非相反デバイス用 Si 細線マツハ・ツェンダー干渉計導波路の導波特性結果:(a)波長特性, (b)近視野像

5. 今後の計画

本研究の遂行過程で得られた成果・知見をもとに、センシング分野以外の応用分野への適用を検討する。導波路側壁を貫通する水平スロット構造は、検出対象物質を含む気体や液体が通過するように流路を形成することで対象物質の検出が容易となる構造である。また、波長分波器や光スイッチ、光サーキュレータなどと集積化することを検討し、さらなる高機能化を図る。

6. 研究成果の発表

- (1) Y. Hayama, K. Nakatsuhara, S. Ushibori, T. Nishizawa, “Study on analysis and fabrication conditions of horizontal SiO₂ slot waveguides using Nb₂O₅”, IEICE TRANS. ELECTRON., vol. E103-C, no. 11, pp. 669-678, 2020. (査読有)
DOI : <https://doi.org/10.7567/1347-4065/able3e>
- (2) 勝俣直也, 端山喜紀, 中津原克己, 武田正行, “光非相反位相効果の評価のためのシリコン細線非対称MZI導波路”, 第82回応用物理学会春季学術講演会, 19a-Z05-7, (2020).
- (3) 山中直貴, 端山喜紀, 中津原克己, “エアブリッジ形導波路形成のためのエッチングプロセスの検討”, 第82回応用物理学会春季学術講演会, 19a-Z05-4, (2020).
- (4) 端山喜紀, 勝俣直也, 山中直貴, 中津原克己, 武田正行, 西澤武志, “中空スロット構造を有するNb₂O₅バーティカルグレーティング導波路の製作”, 2021年電子情報通信学会総合大会, C-3/4-24, (2021).
- (5) 端山喜紀, 勝俣直也, 中津原克己, 武田正行, 西澤武志, “Nb₂O₅とSiO₂を用いたバーティカルグレーティング構造を有する水平スロット”, 電子情報通信学会, 信学技法, OPE2020-68, (2020).

LED 有彩色光による心理的・生理的影響の検討

研究者名：ホームエレクトロニクス開発学科 三栖貴行

1. 研究の目的

本研究の目的は住環境に模した実寸大の試験室内で LED 照明の有彩色光を浴びることで心理的・生理的な影響を調査することである。特に体感温度が有彩色光の影響を受けるのかを重点的に検証する。将来は IoT によるエアコンとの連動制御により省エネ化に繋げたい。

2. 研究の必要性及び従来の研究

人間は色彩刺激により心理的・生理的に反応することがわかっている {大森正子, 橋本令子, 加藤雪枝, 「色彩刺激に対する心理評価と生理反応評価」日本色彩学会誌 26(2), pp.50-63, (2002)}。さらに光は目で感じるだけでなく、皮膚からも感じられることが実証実験で証明されているため、多くの応用研究が実施されている。類本研究は心理的・生理的影響の数値化および定量化を目指す。

3. 期待される効果

財団法人日本エネルギー研究所は「夏期における家庭の節電対策と消費電力抑制効果 (IEEJ:2011 年 4 月掲載)」の報告書 (<http://eneken.ieej.or.jp/data/3777.pdf>) で、空調機器 (エアコン) の冷房設定温度を 1 度低下させるだけで約 10% の節電効果があると述べている。また、近年の LED 照明は発光色が変更可能になり、LED 有彩色光が省エネ効果をもたらすことになれば LED 照明の新たな使用方法が追加されることになる。

4. 研究の経過及び結果

Fig. 1 に照明光色可変実験室を示す。LED シーリングライトは 2 台設置し、室内を窓側と被験者側に二分割したとき、それぞれの天井面の中心となるように配置した体表面温度の測定のために利用した赤外線サーモグラフィカメラは被験者の顔面から 2m の距離で設置した。被験者が一般映像作品を視聴するためにディスプレイを用意し、被験者の顔面から約 1m の距離に設置した。

4.1. 照明光色可変時の被験者の温熱感評価方法

LED シーリングライトの赤色光と青色光は被験者に不快感を与えるため、赤色が混色された白色光 (以下赤白光) と青色が混色された白色光 (以下青白光) を使用する。xy 色度座標は白色光が

(0.315, 0.313)、赤白光が(0.463, 0.297)、青白光が(0.206, 0.165)であった。LED シーリングライトの白色光と赤白光および青白光の主波長、ピーク波長および照度を Table 1 に示す。各照明光色の被験者が着座する机上面の照度は 79.3lx に統一した。Fig. 2 に照明光色可変時の温熱感評価フローチャートを示す。実験時間は 30 分間に設定し、2 日に分けて行なっ

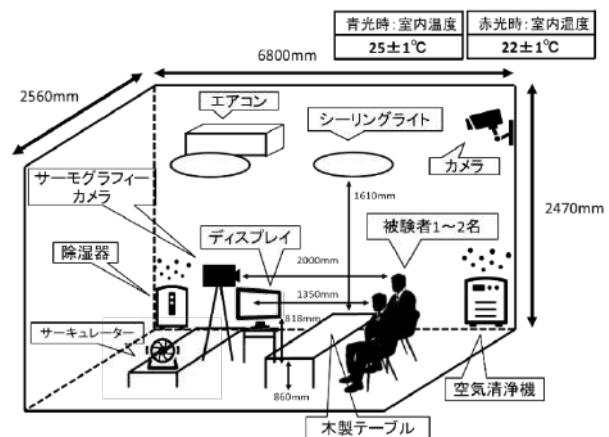


Fig. 1 照明光色可変実験室

た。時間帯による測定データの違いをなくすために 2 日間の実験の開始時刻を統一した。

4. 1. 1. 赤白光が体感温度に与える影響の評価方法

被験者は神奈川工科大学に在学している 20 代前半の男子学生 10 人および女子学生 8 人で行った。実験室のシーリングライトの色を 1 日目は白色、2 日目は赤色として実験を行った。着衣量の統一のため、用意したジャージ上下に着替えさせた。

4. 1. 2. 青白光が体感温度に与える影響の評価方法

被験者は神奈川工科大学に在学している 20 代前半の男子学生 10 人で行った。実験室のシーリングライトの色を 1 日目は白色、2 日目は青色として実験を行った。実験環境は夏季での実験を行ったため、照度 79lx、室温 25℃、湿度 51% ±5% に設定した。被験者には実験前の外気温を統一するため、室温 23℃、白色の照度 79lx の前室で 30 分間安静に待機させた。

4. 2. 照明光色可変時の温熱感評価結果と考察

Fig. 3 に男子学生 10 人の赤白光暴露による VAS 評価を示す。本測定結果は赤白光暴露時の結果から白色光暴露時の VAS の測定結果を減算したものを被験者ごとにまとめた。白色光と比較して赤白光を暖かく感じているのは 10 人中 7 人となり、最高で+55、最低で-4 となった。Fig. 4 に白色光および赤白光暴露による顔表面温度の時間変化を示す。実験開始から 30 分後、白色光暴露時の顔表面温度は 0.2℃低下したが、赤白光暴露時の顔表面温度は 0.3℃上昇した。Fig. 5 に女子学生 8 人の赤白光暴露による VAS 評価を示す。白色光と比較して赤白光で暖かく感じた被験者は 8 人中 4 人で最高で+14、最低で-20 が得られた。Fig. 6 に女子学生 8 人の白色光および赤白光暴露による顔表面温度の時間変化を示す。白色光暴露時の顔表面温度は 30 分後に 0.3℃上昇したが、赤白光暴露時は 30 分後に 0.3℃低下した。実験開始から 30 分後では白色光と赤白光で 0.5℃低下した。女子学生 8 人中 6 人の体表面温度が赤白光暴露により低下した。男子学生は赤白光による心拍数の増加から体表面温度の上昇に繋がったと考えられる。しかしながら女子学生は VAS 評価、顔表面温度は変化量が小さかったが、心拍数は他の評価項目と比べて上昇していた。女子学生の顔表面

Table 1. LED シーリングライトの白色光と赤白光および青白光の主波長、ピーク波長および照度

Color	Dominant wavelength [nm]	Peak wavelength [nm]	Illuminance [lx]
Red	496	631	79.3
Blue	469	465	79.3
White	474	630	79.3

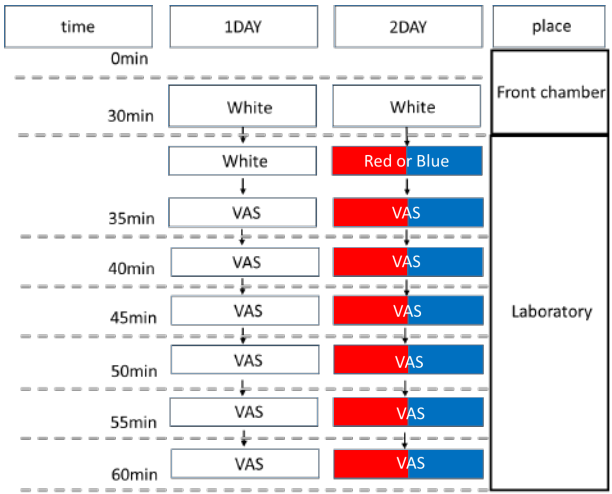


Fig. 2 照明光色可変時の温熱感評価フローチャート

温度が上昇しない理由は男性よりも一般的に皮下脂肪が多いため体表面温度への影響が発現しづらかったと推測している。Fig. 7 に男子学生 10 人の青白光暴露による VAS 評価を示す。青白光で涼しく感じた被験者は 10 人中 4 人で VAS 値は最高で+27、最低で-41 が得られた。Fig. 8 に男子学生 10 人の白色光および青白光暴露による顔表面温度の時間変化を示す。顔表面温度は 10 名中 7 名が青白光で顔表面温度が低下した。

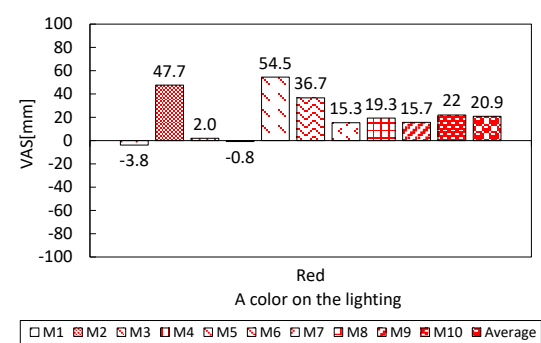


Fig. 3 男子学生 10 人の赤白光暴露による VAS 評価

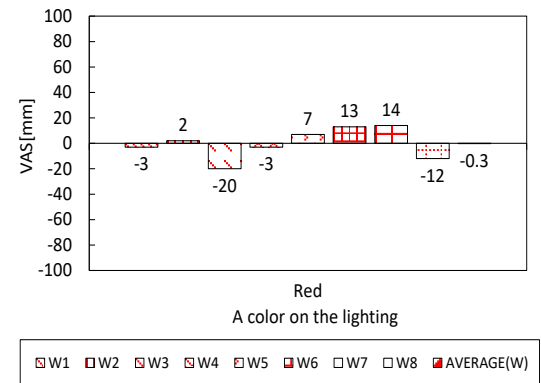


Fig. 5 女子学生 8 人の赤白光暴露による VAS 評価

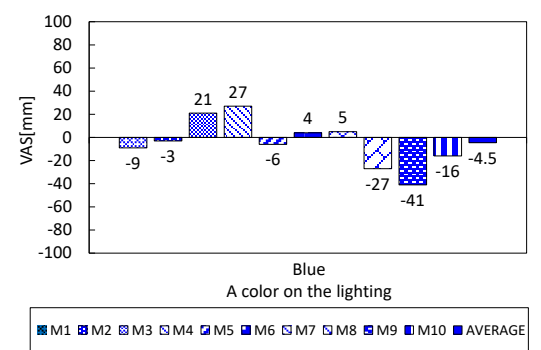


Fig. 7 男子学生 10 人の青白光暴露による VAS 評価

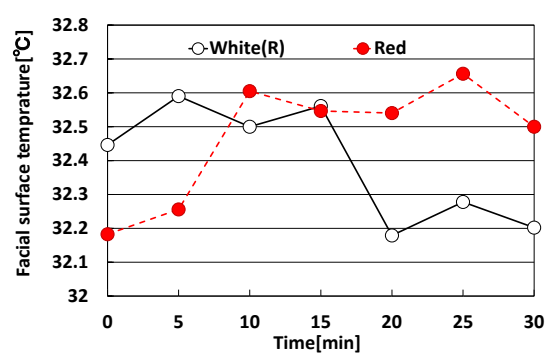


Fig. 4 白色光および赤白光暴露による顔表面温度の時間変化

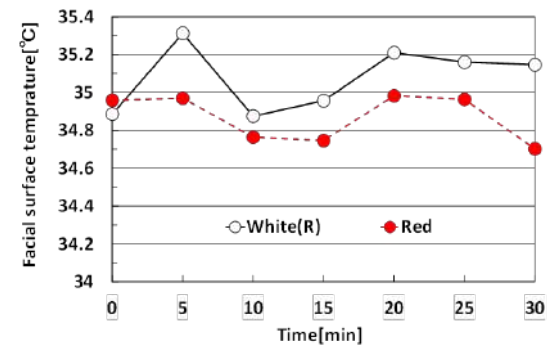


Fig. 6 女子学生 8 人の白色光および赤白光暴露による顔表面温度の時間変化

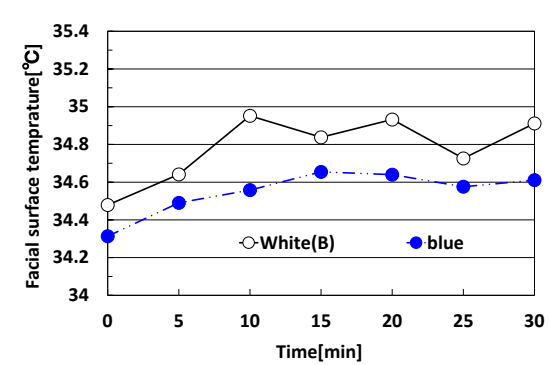


Fig. 8 男子学生 10 人の白色光および青白光暴露による顔表面温度の時間変化

4.3. まとめ

LED 有彩色光による心理的・生理的影響の検討を行い、以下の結果が得られた。

- 1) 赤白光(0.463, 0.297)は男子学生に対して体感温度を暖かくさせるだけでなく、10 人中 8 人の心拍数を上昇させ、30 分間暴露することで顔表面温度が平均で 0.3℃上昇した。
- 2) 赤白光(0.463, 0.297)は女子学生 8 人中 4 人に対して心拍数を上昇させたが、30 分間暴露されることで顔表面温度が 0.5℃低下した。
- 3) 青白光(0.206, 0.165)は男子学生 10 人中 8 人に対して心拍数を低下させ、30 分間暴露することで顔表面温度が平均で 0.30℃低下した。

5. 今後の計画

女子学生の赤白光と男子学生の青白光は体感温度の VAS 評価結果から効果が見られなかった。赤白光暴露による女子学生の VAS 評価結果は男子学生と異なるため、青白光暴露実験を女子学生に実施すると共に実験項目の増加や評価方法を検討していく。女子学生の顔表面温度の測定は化粧なしでの評価が必要と考えている。

6. 研究成果の発表

研究成果発表(2020 年度)を以下に示す。

- [1] 佐々木柊, 荻野大輔, 河野太陽, 宮島大虎, 矢野瞭太, 三栖貴行, "赤色・青色 LED 照明が与える心理的・生理的影響を用いた照明制御システムの検討", HCG シンポジウム 2020 予稿集, A-1-5, pp.1-6, (Dec. 2020)
- [2] 佐々木柊, 三栖貴行, "色度座標の異なる赤色・青色 LED 照明の体感温度への影響", 2020 年度 (第 53 回) 照明学会全国大会, 6-p-21, (Sep. 2020)
- [3] 佐々木柊, 朝原裕樹, 眞田大輝, 三栖貴行, "赤色照明が人体に与える体感温度への影響", 日本色彩学会誌, Vol.44, No.3 pp.70-73, (Jun. 2020)

*本研究は神奈川工科大学ヒト倫理審査委員会承認されています。

テーマ名：LED 照明の有彩色光が及ぼす生体への影響の検討

承認番号：第 20200729-06

AI 技術を活用する EdTech 開発 —IoT による教育ビッグデータ構築と個別最適化に向けて—

研究者名：ホームエレクトロニクス開発学科 杉村博

1. 研究の目的

本研究では IoT(Internet of Things)技術と AI 技術の適用により、学生毎に応じた個別最適化を実現できる EdTech (Education Technology) システムの開発をめざす。学生は個人毎に能力や嗜好が異なり、学習や理解の状況も個人毎に異なる。熟練した家庭教師は、学生の状況を時々刻々と観察しながら、学習ペース、教材の内容や難易度などを柔軟に調整する。理解度により確認テストを行うこともあれば、集中度が下がれば休憩を取ることもある。このような熟練教師の能力を EdTech に持たせることが目標である。そのため、学生の身体に装着した各種センサーやカメラ画像データ、環境中に設置する複数種類のセンサー、あるいは学習中のキーボードやマウス操作のデータ、学習進捗に関するデータなどを総合して、学生の感情、集中度、理解度などをリアルタイムに推定する技術を開発する。また、学習教材を要素毎に分割し、難易度などの情報や相互の関連情報を付与して、教材提示を動的に調整できる技術も開発する。これらの技術を組み合わせることにより、学生の学習中の状況をリアルタイムに推定し、状況に応じて最適な教材を提示して学習を進められるシステムへと発展させる。

コロナ禍において EdTech の重要性はさらに増加している。特に遠隔授業においては学習者の状況を教師が把握することが困難になってきている。従来では実習中の学生の態度、姿勢、顔の表情、それらが集合体となった教室全体の雰囲気によって、教師はその場で質問を受け付けたり、詳細説明を追加したり、もう一度同じ内容を説明したりと柔軟に対応することができた。これが遠隔授業においては全くできていない。また、ほとんどの教師は遠隔授業を初めて経験する状態であって、これを改善する手段を持ち合わせていない。従って遠隔授業に対応した EdTech についても早急な検討が必要になっており、本研究による個別最適化、学生個別への対応力の支援という観点でも視野に入れたシステム開発を実施する。

2. 研究の必要性及び従来の研究

現状の EdTech は、教師の目や耳などの感覚器官に相当するデバイスを持たず、教師の「観察」に相当する能力を持たないために、熟達した教師に類似の学生への個別最適化した教育が実施できていない。レポートの解答状況や点数などは現状の EdTech であっても収集可能であるが、それらデータは学習者そのものを観察して得られる生のデ

ータとは異なっている。たとえレポートの点数が同じであったとしても、意欲を持って取り組んだ場合と、意欲なしに取り組んだ場合とでは、教育効果は異なる。このような違いは、学習者を直接観察することでしか判定できない。そこで、IoTによって、学習者の様々な生データや学習環境のデータをセンサーによって直接収集し、教師が行っている観察と類似な機能を実現する研究開発が必須と発想した。そして、収集したセンサーデータを他の多くのデータと関連付けてビッグデータ化した上でAI技術を適用することにより、教師が観察にもとづいて推定している学習者の様々な状況をシステムが自動的に推定することが可能ではないかと発想した。さらに、教師が持つ指導に関するノウハウなどの知識を抽出して知識ベース化してシステムに組み込んでおくことにより、教師と同等の知的で柔軟な指導が可能になるのではないかと発想した。このような発想は、申請者らが従来から行ってきた研究成果および最近のAI技術の進展を用いることで実現可能であると判断し、そのシステムや手法の開発を行う。

3. 期待される効果

従来のEdTechでは、学習に直接関係するデータのみを扱っており、学習者の身体や行動のデータをセンサーにより収集して利用する試みは始まったばかりである。本研究は、教師による観察、理解、指導という一連の知的な行為を、IoTによるデータ収集とビッグデータ化、ビッグデータ上のAIによる高度な推定、および人間教師から抽出した知識の活用により、総合的なAIシステムとして実現しようとする新たな試みである。また、ビッグデータと機械学習（深層学習などを含む）による推定の技術だけでなく、知識ベースを用いた推論技術も併用している。説明可能なAIは重要な研究課題となっているが、学習と推論技術の両方を用いるハイブリッドな構成により、説明可能性を達成する点でも独自性が高い。さらには遠隔授業支援を含めたEdTechに関してはコロナ禍において新たに出てきた問題であり、ここに対して教育を支援するシステムの開発も独自性が高い。遠隔授業での個別学生支援及びリアルタイムな学生の状況把握に関しては多くの教師が困惑している状況にあって、これを支援することで教育効果向上が期待できる。

4. 研究の経過及び結果・評価

2020年度では、IoT環境の整備を実施して住宅情報を利用した学生、生活者のセンシングデータを集約するシステムの開発を実施した。また学生が自宅学習の際に不規則な生活リズムになってしまっていて日中の授業に身が入らない状況があるため、基本的な生活状況を改善するシステムの開発を行った。人工知能技術の要素技術としてビッグデータ解析手法の新たなアルゴリズムを開発して特許申請を実施した。遠隔授業の学生の様子を教師がリアルタイムに確認するために、学生のプライバシーに配慮した仮想カメラシステムについても開発した。

5. 今後の計画

システムの要素に関しては多くの技術開発が実施できた。実際の教育効果はまだ検討できていないため、こちらの効果測定をする必要がある。また、学内にある EdTech 系を研究開発している他の教員とも協力してプラットフォーム化が検討できると、さらなるビッグデータ解析が進むと考えているため、研究体制の見直しを実施して、大学全体として現実に即したシステムと運用に関しても検討したい。

6. 研究成果の発表

査読付き国際会議 1 件

1. Yoshiki Sano, Takahiro Sakai, Moe Hamamoto, Hiroshi Sugimura and Masao Isshiki: Research on the Less Stress Acquisition Method for the Activity Information of Actual Residents Using the International Standard ECHONET Lite, 2020 IEEE 9th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), pp. 680-681, 2020. 10. 13

査読無し口頭発表 2 件

1. 小川実結人, 杉村博, 生徒の表情と集中力を抽象化し確認可能な遠隔授業支援システム, 第 83 回情報処理学会全国大会論文集, No. 4, pp. 481-482, Mar. (2021) 2021. 03. 18
2. 宇田悠佑, 市川雅也, 近藤将一, 渡部智樹, 一色正男, 杉村博, IoT を利用した行動変容による生活改善システム (HEMS 時計) の研究, 研究報告コンシューマ・デバイス&システム (CDS), Vol. 30, No. 3, pp. 1-4 (2021) (2021. 01. 26)

学内シンポジウム発表 2 件

1. 佐野 芳樹, 酒井 貴洋, 久江 健太, 鬢櫛 理子, 杉村 博, 藤田 裕之, 一色正男, 生活習慣の見直しを支援する日常教育サービスの研究, IT を活用した教育研究シンポジウム 2020, vol. 15, pp. 101--103, 2021 (2021. 03. 11)
2. 小川 実結人, 杉村 博, 遠隔授業支援のための生徒の表情と集中力の抽象化, IT を活用した教育研究シンポジウム 2020, Vol. 15, pp. 43--44, 2021 (2021. 03. 11)

特許申請 1 件

1. 情報処理装置、情報処理システムおよびプログラム (特願 2020-126327)

統計的画像生成による Deep Neural Network の高精度化

研究者名：所属学科 森 稔・情報工学科

1. 研究の目的

本研究では、学習データ不足やクラス間の偏りによる認識精度の低下を解決するための、より効果的な画像生成手法について検討する。具体的には、整備されたラベル付与済みの画像から新規画像データを合成・生成する際に、従来のランダムな変形・合成ではなく、学習データの統計的な分布に基づいた効率的・効果的な生成をする。このような画像を用いることにより、学習データの不足によりカバー出来ない領域を、効率的・効果的に補完できる画像を生成する手法について検討する。統計量に基づく新規学習データの生成により、画像のバリエーション不足を解消するだけでなく、クラス間でデータ数に偏りがある場合においても、より適切にそのバランスを解消し、認識精度の改善率を従来手法より向上することを目指す。また、学習時の追加画像数に関し、学習に効果的ではない／不要な画像の生成を抑え、必要十分な数を効率的に増やすことで、学習時の計算コストを従来手法より削減出来るよう試みる。

2. 研究の必要性及び従来の研究

画像認識において、DNN を用いて高い認識精度を達成する為には、認識対象となるクラス（種類）の正解ラベルが付与された大量のデータを、DNN の学習に利用可能であることが前提である。また一般的な画像認識では、認識対象クラスの間で学習データ数にあまり差がないことも、暗黙の前提として存在している。例えば、画像認識の性能評価で良く用いられる ImageNet (Russakovsky et al, 2015) などの画像データベースは、研究機関が長い期間と多数の人手を掛けて整備された多数の画像（ImageNet では 1, 400 万枚以上）で構成されている。そのような画像データベースを用いた認識実験では、DNN は非常に高い認識精度を実現する。そしてこれらの画像データベースは、各クラスの学習データ数の差があまりない状況である。

しかし実際の応用において、上述したような認識対象毎に大量にデータを取得し、正解ラベルを付与する作業には、膨大なコストと時間を要し、実現が困難である場合が多々ある。また、認識対象の画像が得られる機会が少ない例では、そもそも少量の画像しか収集出来ない

い。その為、研究レベルでは非常に高い精度が出ている DNN においても、実応用では学習データ数が十分でないことから、所望の認識精度が得られない例が散見される。クラス間の学習データ数に偏りがある場合は、学習データが少ないクラスに対する認識精度が著しく低下し、さらに大きな問題となる。

学習データ不足に起因した認識精度の低下を解消するアプローチの一つとして、限られたラベル付き画像から、人工的に新しい学習用画像を生成するアプローチがある。一番単純な手法は、各学習画像に対し、トップダウンで回転や縮小・拡大、及び平行移動などの変形モデルを与え、そのモデルに伴って少しずつ変形させることで、新たなバリエーションのデータを生成する（Data Augmentation と呼ばれる）手法である。また、画像の一部を隠ぺいした画像を生成・追加することで、変動に対するロバスト性を向上させる手法も提案されている（Zhong et al., 2017）。しかしながら、これらの手法は対象物の変動に対するロバスト性の向上が主目的であり、学習データ不足の解消や、学習画像として獲得できていない対象物への対応という目的には不十分であり、また必ずしも改善は十分ではない。またランダムな変動により新規画像を生成しており、手法としての妥当性に関しても根拠が薄い。

上記問題に対する解決策として、二つのクラス間の画像を重みづけで重ね合わせることで、クラス間の曖昧な状況を表現する画像を生成し、学習に利用する手法が考案されている（Zhang et al., 2018, Yokozume et al., 2018）。しかし、これらの手法は二つの画像を単純な重みで重ね合わせただけである為、生成された画像に対して割り当てられた比率としてのクラス確率や妥当性に根拠がなく、また追加画像数に対する精度改善の効率性も不明である。また、クラス間のデータ数の偏りは考慮に入れておらず、各画像から等しく派生画像を生成する為、クラス間のデータ数が偏っている場合の認識精度の低下には対処出来ない。

3. 期待される効果

本研究の提案手法により、今まで画像不足で実現出来なかった各種サービスの実用化を推し進めることが出来ると考えている。まず、画像認識を用いた多種多様な実サービスにおいて、整備済み学習データの取得が難しい状況、例えば稀にしか発生しないような事例についても、一部のデータから効率的且つ効果的にデータを生成し、学習データとして用いることで、より高い認識精度を達成することが容易になる。それによって、既存技術のレベル向上だけでなく、現在データが少量の為に実現出来ていないサービスや目的などにも、画像認識技術を適用することで、サービス提供が実現される。現状、データが大量に取得できる場合においても、学習に使用できるよう、正解ラベルを付与する必要があり、かなりの時間及び人手を要する。しかし本研究成果により、一部の正解ラベルの付与、及びそれを元にしたデータ生成により、非常に短期間に学習データを揃えることが可能となり、コストや作業量の削減だけでなく、大幅にサービスの導入までの期間を短縮することが可能となる。

また、稀にしか発生しない異常検出のような場合、正常な状態との学習データ数が極端に異なるため、通常の画像認識とは異なる処理フローで実現される場合が多い。しかし、クラス（本例では異常か正常化の2種類）の偏りが存在しても、それを解消する学習データ生成手法が実現出来ることにより、近年蓄積があるDNNを用いた画像認識の枠組みを、そのまま異常検出に適用することが可能となり、大幅な精度の向上が見込める。

さらに、本研究の枠組み及び手法は、画像認識における精度向上だけでなく、他のメディア（映像や音など）の認識技術への展開・適用も可能だと考えられる。映像認識の中心的な技術は画像認識技術の拡張である場合が多い為、映像認識向けの学習データも本研究の成果と同じ枠組みで生成することにより、認識精度の向上に繋がることが期待できる。また音声認識に関しても、既存の単純な合成手法でも認識率が向上することが確認出来ている為、本研究成果によって生成した学習データを用いた場合でも、さらなる認識精度の向上をより効率的に実現できることが期待できる。

4. 研究の経過及び結果・評価

本研究は、「生成データの付与ラベルの改善」「生成データの効率的・効果的な追加」及び「クラス間の分布の偏り改善」のステップで進めている。表1に、研究計画の概要と進行時期を示す。2019年度の進捗状況、2020年度の進捗状況、及び以降の研究計画の概要を、以下で説明する。

表1：研究計画の概要と進行時期

	前期	後期
2019 年度	既存手法の評価・整理	ラベル改善手法の検討・実装
2020 年度	ラベル改善手法の性能評価・発表	データ追加手法の検討・実装・評価
2021 年度	データ追加手法の発表	分布の偏りの改善手法の検討・実装・評価

2019 年度では、まず既存手法且つ比較対象である Data Augmentation 及び Zhang 及び Yokozume らの合成手法の性能及び傾向を評価分析する為、プログラムの実装等の準備を行った。各種実験で使用する為の、画像認識で共通利用される公開データを準備し、これらを用いて予備実験を行い、既存手法のメリット・デメリットの整理を実施した。

上記の整理から、複数クラスの画像の重ね合わせに基づく画像合成・生成において、合成画像に与えられた比率としてのクラスのラベル（確率）が、人から見て不自然な場合があり、必ずしも妥当ではないとの課題を抽出した。左記課題の改善手法として、合成比率をそのま

まクラスラベルとせず、合成画像に用いた元のクラスと合成画像の類似性を測り、その類似性に基づいた数値によりクラスラベルを修正することで、合成画像により適切な正解ラベルを与えるアプローチを提案した。具体的には、別の簡易な認識手法を用いて合成画像を認識し、その認識結果を用いて、クラスラベルを修正するアルゴリズムを検討し、実装及び初期評価実験を実施した。初期実験結果において、提案手法が合成画像のデータとしての品質を向上させ、より効率的に学習・性能向上が得られることを確認した。本初期実験結果は、3月の電子情報通信学会・総合大会（オンライン開催）で報告した。

2020年度では、上述の二つのクラス間の画像を重みづけで重ね合わせることで、クラス間の曖昧な状況を表現する画像を生成し、学習に利用する手法ではなく、より高性能な合成画像が生成でき、AugMix (D Hendrycks et al. 2020) をベースとして用いた。AugMix は、一つの基本画像から、画像を変動させるだけであるので、他クラスとの間の関係を直接は記述しない。今回、AugMix を改良し、基本となるクラスに対して他クラスの画像を変動させながら合成可能な手法に拡張した。認識実験の結果、ベースの手法に対して、他クラスとの合成画像を生成可能な改良型 AugMix により、より高い認識精度を得ることが可能であることが明らかになった。

5. 今後の計画

上記の改良型 AugMix をベースに、2019年度に提案した2つのクラス間の比率も調整可能な改良をさらに加える予定である。それにより、元のデータからの変動の多様性を確保しつつ、他クラスへの不必要な侵食や現実的に存在しえないような画像の生成を抑制することが可能となる見込みである。得られた実験結果をまとめ、主要な会議に投稿する予定である。

6. 研究成果の発表

2020年度の成果は、まだ認識実験の規模が不十分である為、今後追加の実験をしたのち、適切な学会に投稿予定である。

QOL 向上のための癒し空間創成に関する研究

研究者名：情報工学科・大塚真吾，基礎・教養教育センター・師玉真理，基礎・教養教育センター・三浦直子，情報学部・上田麻理，臨床工学科・磯村恒

1. 研究の目的

本研究では、高齢者や若者を対象として QOL を向上させることを目的とし、具体的には、ロボットを用いて高齢者や若者に笑いのある対話生成を行うことで癒し空間を創生することを目指す。そのためには、1) 笑いの自動生成とロボットによる実演，2) ロボットと高齢者・若者の対話，3) 人間が笑いやユーモアを感じるメカニズム究明，4) ロボットによる笑いが高齢者・若者の健康に与える影響，に関して検討を行う。

現在 AI や ICT を利用した「癒やし空間」を提供するサービスは存在するが、本研究が目指す「笑い」を用いたサービスは存在しない。その理由は、「笑い」の自動生成が非常に難しいためと考えられる。このように、ある程度人間の感覚に依存する「笑い」を AI や ICT により自動生成することは非常に困難であり、本研究は挑戦的であるといえる。また、本研究で行う漫才台の自動生成は、「笑いを喚起する対話文の自動生成」の技術からなる。これは対話文をどのように生成すると笑いやユーモアを感じるかという難しい問題を解決することであり、社会心理学者・哲学者等の知見が必要である。本研究ではこれらの知見を持つ研究者もおり、工学的アプローチだけでないところも学術的独自性が高いといえる。また、ロボットと人間(特に高齢者)との対話では、ロボットの声が聞き取りにくいといった問題点があり、人間の「聴こえ」のメカニズムを明らかにする必要性や、高齢者・子供・様々な障害者に対する音や聴こえ・デザインの研究等の知見が必要である。この点について検討を行っている研究は皆無である。

2. 研究の必要性及び従来研究

医療の発展などに伴い平均年齢が上昇している一方で、健康的な日常が送れる期間である健康寿命との差は、2016 年では男性で 8.84 歳，女性で 12.35 歳あり，今後，平均寿命が延びるにつれてこの差が拡大すれば，健康上の問題だけではなく医療費や介護費の増加による家計へのさらなる影響も懸念される。その一方，高齢者を支える世代である若者に関しては，超高齢化社会に対する閉塞感やあきらめ感，日本の社会に蔓延している同調圧力、非正規雇用により貧困などが原因で，常にストレスを抱える状況が続き，その結果，精神疾患を抱える人の増加や，自分から考えて行動することができない人が増えている。

このような状況の中，Quality of Life (QOL) が脚光を浴びており，高齢者に関しては健康寿命を伸ばす取り組み，若者に関してはなるべくストレスを与えずに生きてい

くための支援に注目が集まっている。たとえば、各自治体では健康寿命を伸ばすための様々な取り組みが行われており、中でも「笑うこと」はストレスの軽減に繋がり、誰でも手軽に取り組むことが可能なため、注目が集まっている。また、精神疾患を抱えている若者への社会復帰支援に関しては、最初に「不安を取り除く」ことが大事であり、何が不安の原因かをカウンセリングにより探り、外出できるように効果的なセラピーを選択していくことが重要である。海外の事例では、ポケモン好きの精神疾患については、ポケモン GO により自発的に外出できるようになり、その後、症状が軽減された事例が数多く報告されている。国内では、若者の貧困問題に関して、吉本興業(株)が 2018 年 3 月にユヌス・よしもとソーシャルアクション(株)を立ち上げ、「笑い」による問題解決を目指している。

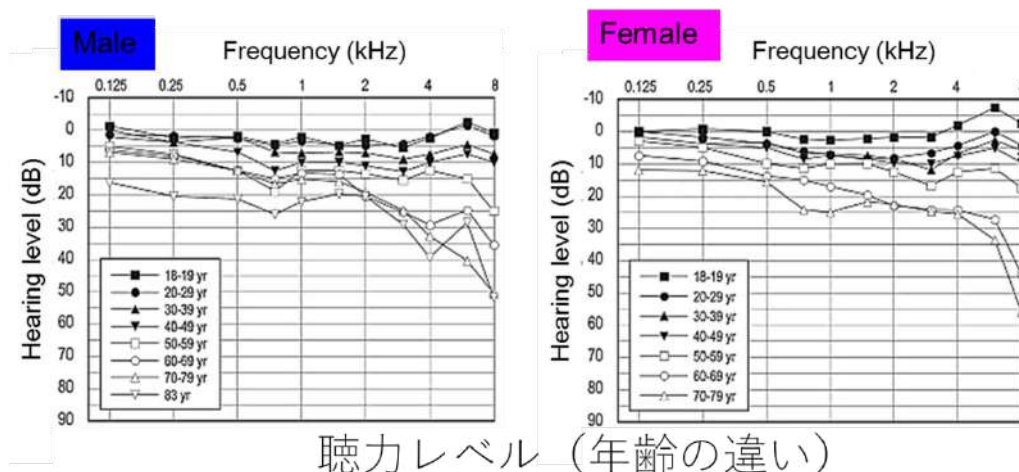
一方、大阪国際がんセンターのパイロットスタディでは、お笑いを鑑賞した患者は、緊張や抑うつ、疲労などの 6 項目全てで改善がみられ、がんの痛みについても改善があったと報告されている。治療についての効果は確認できていないが、一部、免疫細胞が増加する患者も確認されている。このように、お笑いによる癒やしは、がん患者の QOL の改善が可能であると期待されている。さらに、「高齢者の経済生活に関する意識調査（内閣府平成 23 年）」によれば、一人暮らしの高齢者の会話の頻度は、2.3 日に 1 回が圧倒的に高く、日常的な会話がほとんどないことが分かる。また、コミュニケーションロボットの市場は現在急成長を遂げているが、これまで「笑い」に関する製品はなく、本研究により、「誰とも話さない、誰にも頼れない」独居老人の孤独や、様々な問題に直面している若者に対して「笑い」による「癒やし空間」を提供することにより、不安を軽減させ、社会問題のリスクを下げる可以考虑している。

3. 期待される効果

本研究のグランドゴールとして「QOL 向上のための癒し空間創成」を設定する。その上で、以下の小項目を個々の研究分担者がお互いに連携しながら解決していく。

〔大塚 G〕笑いの自動生成とロボットによる実演の検討

本グループでは、これまでロボットの動作と台詞からなる漫才台本自動生成による漫才ロボットの研究開発を行っている。この漫才ロボットは、キーワードを入力するとインターネットから知識を取得し、ルールベース、機械学習、深層学習などの人工知能技術を使い、1, 2 分で漫才台本を生成し、それを演じるロボットである。これまでの漫才台本は、ボケとツッコミからなる面白おかしいロボット同士の対話を自動生成してきた。この技術を元に、本研究では高齢者を対象として、高齢者がロボットに話しかけると、その発話の内容を認識し、発話に対して面白おかしい返答をする、人とロボットの対話文自動生成を行う。さらにその面白おかしい対話に合わせてロボットの面白おかしい動作の自動生成も実現する。これにより、老人ホームや独居老人宅において、手軽に笑いを提供することが実現できると考えている。



聴力レベル (年齢の違い)

〔上田 G〕 ロボットと人間のコミュニケーションに関する検討

本グループでは特に、コミュニケーションに必要不可欠な「音声」及び、「聴こえ」のメカニズム解明及びテクニカルな部分を主な担当とする。上図のように、高齢者や子供の発話は青年に比べて個人差も多く、時として聴きとり難い場合がある。一般的に、ヒトの声の特徴となる音響的特徴は、フォルマントであるが、高齢者や子供の声はフォルマントのみでは説明がつかない場合も多く、話し方等にも起因するといわれているが、その特徴量は未だ定かではない。ロボットが的確に高齢者や子供の音声を認識可能にするためには、そのような音源の収集（高齢者及び子供）と音響解析に基づく機械学習が必須と言える。さらに、高齢者においてはコミュニケーション支援も必須となってくる。そのため、音声の聴きとりを円滑にするための聴こえの支援技術（ヒアリンググループの小型化等）まで範囲を広げて検討を行う。これにより、音声聞き取りにくい人でも、安心して利用できるシステム構築が可能となる。

〔師玉・三浦 G〕 笑いや快・不快を感じるメカニズムの検討および哲学的考察

人間が癒しや快適さを感じるためには、より生身で自然に近い環境を必ずしも提供する必要はなく、たとえば音楽では、人が歌う生声を心地よいと感じる人もいれば、バーチャルシンガー・ソフトウェア「初音ミク」による合成音声を心地よいと感じる人もいる。また、ネット上に投稿される写真も、撮影した風景や自撮りのポートレートに様々な加工を施して画像を「盛る」ことで、美しさや楽しさを引き立てる事例がある。ソフトバンク社のロボット Pepper も敢えてロボットの声にすることで親しみやすくしている。そこで本グループでは、デフォルメされ、人工的であることが、かえって親しみや癒しを生み出す可能性や、AI 時代の変化に適応し受容する若者世代の快適さの変容について、さらに、QOL 向上のためのストレス・マネジメントや笑いのメカニズム等について社会調査を行ない、変化しつつある現代社会に生きる人々の実感や実態を把握することで、QOL 向上のための癒し空間創成について学際的な検討を行う。また、AI が癒しをもたらすメカニズムを解明するには、上記のロボットのような人工的存在

の人間精神への影響のみならず、そのような存在がうみだすコンテンツじたいが孕む人間精神への影響関係を知る必要があり、その解明の為には、笑いや親しみを喚起するストーリー（シナリオ）生成に関わる物語理論や文学理論の考究、心身問題や笑いの哲学等の哲学的議論の現在的な検討、さらには、コンテンツ消費（受容）行動への民俗学的・文化人類学的な解析やアプローチが必要になる。こうした理論領域からの解明を表象文化論的に統括し、その意義と可能性を明らかにすることにより、将来的な癒しの空間の戦略的な創造が可能に寄与すると考えている。

〔磯村 G〕 ロボットによる笑いが高齢者・若者の健康に与える影響に関する検討

我が国における笑い与健康に関する研究は 1970 年代から関心が高まっており、ジャーナリストのノーマン・カズンス氏による体験談などがある。彼は膠原病の 1 つであり治る確率が 500 万分の 1 の難病でもある硬直性脊髄炎に係り、発熱と激しいからだの痛みに襲われたいた中で、精神的な負担の「ストレス」という言葉を生み出したカナダのハンス・セリエ博士の言葉「不快な気持ち、マイナスの感情を抱くことは心身ともに悪影響を及ぼす」がきっかけとなり、笑えるテレビ番組を見てゲラゲラ笑った。この笑いにより、激痛で十分眠ることができなかったが、30 分間大笑いすることで 2 時間熟睡することができるようになり、毎日笑いを取り入れ、短期間の闘病で仕事に戻ることができたと述べている。近年においても、医療や看護の場で実際に笑いを取り入れた療法が実践され始めている。一方、わが国がこれから超長寿社会を迎えるにあたり、ロボットと AI は健康的で文化的な生活の推進への貢献が期待されているが、作業ロボットを除くと、暮らしの中に抵抗なくロボットを取り入れていくまでには至っていない。その要因の一つは人とロボットの信頼関係構築の未熟さにあると考える。本グループでは、笑いを媒介にして人とロボットの信頼関係を醸成する空間を創成するとともに、日々の孤独感や不安を少しでも解消させ、生きる気に繋げていくことを目指している。

4. 研究の経過及び結果・評価

本年度は主に以下の 3 点について研究を行った。

- 笑うポイントの整理とロボットの笑いの動作の生成を行うために、被験者に脳機能計測装置を装着させ、お笑いに関する動画を見てもらい、その状況を顔認識カメラで撮影した。各機器から収集したデータと用いて各個人の笑うポイントやツボの把握を行った。その後、笑う場面についての傾向を整理し、それをもとに面白おかしいロボットの動作について検討と実装を行った。
- AI 時代の身体感覚の検討と笑いを喚起するストーリー構造把握のための先行研究の検討を行った。具体的には、AI 時代の若者世代への意識や感情など身体感覚の変容について社会調査を実施することを視野に入れ、社会学の知見・理論を検討した。さらに、笑いや親しみを喚起するストーリー（シナリオ）生成に関わる考究として、笑いを喚起するストーリー構造把握のための各分野の先行研究の調査と検

討を行い、哲学・言語学・思想・民俗学・創作等の領域から本研究に有用な方法論的視点を抽出した。

- 健康における笑いの効果についての文献的考察に基づき、高齢者の精神的健康度と笑いの在り方を構築するために、高齢者の心理特性に着目し、高齢期の精神機能、感覚・知覚機能、知能、記憶機能、性格特性、人格発達などを指標に高齢者像の細分化を検討した。また、笑いを媒介にして高齢者とロボットの信頼関係を醸成する空間を創成するためのロボットの条件を先行知見に基づき検討した。

5. 今後の計画

本研究は一般研究として3年計画の1年目であり、先端工学研究センターの研究課題として採択されていたが、2021年度は新設された先進AI研究所において本研究を進めて行くこととなり、引き続き研究を進めていく。主な研究計画は以下である。

- 笑いの対話文生成するために、高齢者や若者の発話内容を認識し、その発話に対して面白おかしい返答を自動生成する手法を研究する。これまでの漫才ロボットの対話文生成システムを改良すると共に、新たに発話内容を認識する手法の研究を行う。さらに漫才等の既存の面白おかしい対話をテキスト化しこれを教師データとした深層学習を行うことにより、笑いの対話文自動生成手法の研究を行う。
- 高齢者のコミュニケーションサポートとヒアリンググループの検証実験を中心として実施する。その際DNN等による音声・音源判別を行う。また、高齢者と聴こえ・コミュニケーション支援シンポジウムの開催などを検討中である。
- 社会調査の実施と笑いを喚起する物語生成システム構築のための方法論的検討を行う。若者世代の意識や感情に関する社会調査を実施し、その調査結果を既存の複数の調査研究と比較・分析することで、この先のAI時代の変容を先駆的に解明する実証的研究を行う。また、笑いや親しみを喚起するストーリー（シナリオ）生成に関わる考究としては、これまでの先行研究に加えて、文体論・表現論研究や物語情報学にまで射程を広げて調査・検討するとともに、それら先行研究を、笑いを喚起する物語生成システムに繋げるための方法論的検討も併せて行っていく。
- 高齢期の高齢者の生きがいに資する健康度を検討・定義し、細分化した高齢者像と健康度を評価するアルゴリズムを開発する。また、心理的健康度に着目した開発ロボット特有の笑いと癒し効果のロボット介入前後の比較分析手法を検討する。

6. 研究成果の発表

- ・Mari Ueda et al., “What is this sound in decibel? – We tried to determine students’ comprehension of sound levels, online ver.”, CELDA2020(2020).
- ・Mari Ueda et al., “Investigation on VHF sounds in the ears project Japan – part1”, Internoise2020(2020).

- Masaaki Hiroe et al., “ Investigation on VHF sounds in the ears project Japan - part2” , Internoise2020(2020).
- Mari Ueda et al., “Experimental investigation on sleep disturbance for transportation noise - follow-up test of the noise effect on sleep using recorded traffic noise” , ICBEN2020(2020).
- Mari Ueda et al., “ Study on improvement of auditory perception ability in blind soccer: Development of a training application of blind soccer -related aural sense. ” , IEEE IIAI AAI2020(2020).

表示言語を切り替え可能なプログラミング学習支援システムの試作

研究者名：情報工学科 田中哲雄

1. 研究の目的

テキスト言語でのプログラミング学習の支援とプログラミング的思考の育成を目的として、ビジュアルプログラミングにおける表示言語を切り替え可能なプログラミング学習支援システムを開発する。

2. 研究の必要性及び従来の研究

ICTの進展とともにソフトウェア開発の需要が高まっている。それに伴い、プログラミング技術の教育に対する需要も高まっており、小学校、中学校、高等学校ともに、プログラミングに関わる教育が強化された。

初学者向けのプログラミング学習環境として、教科書にも掲載されている Scratch や なでしこが注目されている。Scratch は Web 上で動作するビジュアルプログラミング環境である。Scratch をはじめとするビジュアルプログラミング環境では、ブロックと呼ばれるプログラムの部品をマウスで操作することでプログラミングができ、プログラミング言語の文法を正確に覚えることなくプログラミング的思考を身につけることができる。なでしこは Windows と Web 上で動作するアプリケーションで、日本語を用いてプログラミングを行うことができ、日本語でソースコードの意味を解釈しながらプログラムを学習できる。

これらのツールは、プログラミング的思考を身につけることができる優れたツールであるが、実際のアプリケーションの開発では、ビジュアルプログラミングを用いる機会は少なく、C 言語や Python, JavaScript といったテキストベースのプログラム言語が用いられることが多い。そのため、Scratch などのビジュアルプログラミング環境で学習した知識をそのままアプリケーションの開発に活かすことが難しい。また、なでしこで学習した内容についても、他の言語でコーディングを行う際は、新たに言語固有の文法や関数名、コーディングスタイルなどの特徴を覚える必要があり、学習した内容をそのまま活かすことは難しい。

3. 期待される効果

本研究では、3つのアプローチをとる。以下、それぞれの概要とそれによって得られる効果について述べる。

- ブロック表示言語の切り替えによる言語理解の支援 : Scratch などのビジュアルプログラミング環境での学習では、Java や Python などのテキスト言語の知識が身に着きづらいという問題がある。本研究は、これを表示言語を切り替える機能によって解決する。この機能は、ビジュアルプログラミング時に操作するブロックを任意のタイミングで

ほかの言語の表示に切り替える機能で、プログラミング的思考を育成しつつテキスト言語のコーディングイメージを修得することができる。

- 言語アセットの登録による様々な学習への対応：ビジュアルプログラミング環境では、プログラムの自由度が低いという問題もある。これについては、言語アセット登録の機能を提供することで解決する。言語アセットは、プログラム言語ごとのデータであり、例えば「C#アセット」「日本語アセット」「JavaScript アセット」などをユーザ（教育者）が登録する。教育者が複数の言語アセットを登録することにより、学習者は、様々な言語を用いてプログラミングを行うことができる。
- 実行ブロック強調による動作の視覚的な理解の支援：プログラミングの初学者にとって、プログラムのソースコードを見ただけでは、その動作を理解するのは困難である。この問題を解決するため、実行ブロックの強調表示機能、変数の値変更通知機能を提供する。実行ブロックの強調表示機能により、利用者は処理の流れを視覚的に確認することができる。また、変数の値変更通知機能により、実行時の変数の変化を視覚的に確認しながらプログラムの学習を行うことができる。

4. 研究の経過及び結果・評価

プログラミング学習支援システムの設計、実装、評価を行った。以下、本システムの機能と評価について述べる。

4.1 学習支援システムの機能

本学習支援システムは、マウス操作でプログラミングを行うビジュアルプログラミング機能、ビジュアルプログラミングで利用するブロックの登録機能を有する。学習者は、ビジュアルプログラミング機能により、キーボードを使わずにプログラムの作成でき、また、視覚的に理解しやすい形で実行できる。ビジュアルプログラミング機能では、複数のプログラミング言語を同時に利用し、言語の表示を切り替えながら実行することができる。教育者は、ビジュアルプログラミングで用いる言語アセットの登録を行い、学習者に向けて公開することができる。教育者が登録した言語アセットや、学習者がビジュアルプログラミングで作成したプロジェクトはWebに保存して、シェアすることができる。

4.1.1 言語アセットの登録

言語アセットの登録機能は、ビジュアルプログラミングで利用するプログラミング言語とそれに属するブロックを登録することができる機能である。

言語アセットには、言語の名前と説明、アイコンなどの表示情報、ブロックの一覧を登録する。例えば教育者が「C#」の言語アセットを作成し、C#アセットに属するブロックを登録することで、ビジュアルプログラミング画面でC#アセットを利用したプログラミングができる。

4.1.2 ビジュアルプログラミング機能

これは、マウスのドラッグ&ドロップでプログラミングを行う機能である。上述の言語アセットのデータを用いてプログラミングを行うことができる。また、ドラッグ&ドロップで作成したプログラムの表示を他の言語の表示に切り替える機能や、作成したプログラムを視覚的にわかりやすい形でグラフィカルに実行する機能もある。ビジュアルプログラミング機能の画面例を図1に、言語の表示切り替えの例を図2に示す。

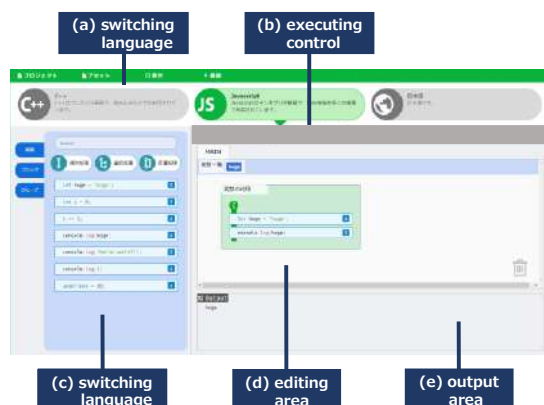


図1 学習支援システムの画面例



図2 表示言語切り替えの例

(1) ドラッグ&ドロップによるプログラミング機能

画面左側に、現在選択されている言語アセットに登録されているブロック一覧が表示される(図1の(c))。このブロックを画面右側の編集エリア(図1の(d))にマウスでドラッグ&ドロップすることでプログラムを作成できる。

利用者は、まずブロック一覧に表示されている順次・選択・反復のいずれかの制御ブロックを編集エリアにドロップする。次いで、命令ブロックを制御ブロックにドロップする。この動作を繰り返すことでプログラムを作成できる。作成したプログラムの命令ブロックは、後述の言語切り替え機能により、他の言語の表示へ変更することが可能である。編集エリアにあるブロックで利用されている変数は、編集エリア上部に変数一覧として列挙される。

(2) 表示言語切り替え機能

画面上部に表示された言語切り替えボタン(図1の(a))をクリックして、言語の切り替えを行うことができる。画面上部には、プロジェクトの作成時に設定した言語アセットのボタンが表示される。このボタンをクリックすることで、図2に示すように、ブロック一覧エリアと編集エリアのブロックの表示を切り替えることができる。この際、学習者が作成した編集エリアのプログラム構造は保持され、ブロックのテキストの表示のみが切り替わる。一つのブロックに対して複数のブロックを対応付けることもできるため、抽象度が異なるブロックの切り替え表示も可能である。

(3) 実行機能

実行機能は、学習者がビジュアルプログラミング機能で作成したプログラムをグラフィカルに実行する機能である。実行操作エリア(図1の(b))にあるボタンをクリックすることで、プログラムを実行できる。

4.2 学習支援システムの評価

本システムの有用性（本学習支援システム利用によるプログラミング学習が効果的か）と、使用性（使いやすさ）を評価項目とし、アンケートにより評価する。被験者は学部生6名とする。被験者にはシステムの概要と簡単な操作の説明を行い、システムを利用してもらった後に、アンケートに回答してもらった。実験時には、「日本語アセット」「JavaScriptアセット」「なでしこアセット」を登録したプロジェクトを使用してもらい、適宜言語を切り替えながら学習を行うよう指示した。

本システムの有用性に関するアンケート結果は以下の通りである。結果から、本システムを利用することによりプログラミング学習を効果的に行えることを確認した。

- ・ 6名全員が本システム利用により言語の理解度が深まったと回答した。
- ・ 言語切り替え機能により、文法や関数・プロパティ名を知るのにどの程度役だったかとの問いに、2名が役立った、4名がどちらかというと役立ったと回答した。
- ・ どの機能が学習に役立ったかとの問いに、4名が言語切り替え機能を回答した。

また、本システムが想定通りの動作をしたかのアンケート結果は次のとおりである。この結果から、ユーザビリティには課題があることを確認した。使いにくかった点としては、制御ブロックを重ねる操作、個別に要素を削除できない点、ブロックのドロップ操作（組み合わせ操作）などが挙げられた。

- ・ 完全に想定通りの動作をした：0人
- ・ 概ね想定通りの動作をした：5人
- ・ まれに想定通りの動作をしなかった：1人

5. 今後の計画

操作性の改善、および、クラスや関数を使うような複雑なプログラムへの対応が今後の課題である。また、本システムの操作ログから、ユーザのプログラミングに関する理解度を抽出することも検討する。

6. 研究成果の発表

本研究の成果を以下の通り発表した。また、国際会議 IIAI 10th International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI AAI)に投稿中である。

上田尚弥, 田中哲雄: 表示言語を切り替え可能なプログラミング学習支援システムの提案, 電気学会情報システム研究会資料, IS-21-013, pp. 67-72, 2021.

研究課題名： 浮上式風車を用いた高空風力発電システムのフィールド実証

研究者名：工学部機械工学科	大久保博志
〃	渡部 武夫
〃	水野 敏広
創造工学部ロボット工学科	吉野 和芳
(株)TMIT 研究開発部	藤井 裕矩

1. 研究の目的

本研究では、上空の風力エネルギーを利用する発電システムの初期実証モデルを開発する。将来的にはより高空の安定した風力エネルギーを利用できるシステムに発展させることが最終目標である。風力エネルギーを効率よく上空から地上に伝達するために、フィールド試験モデルのデザインを決定し、テザー制御技術により安定的に地上にトルクを伝達するシステムを開発する。

2. 研究の必要性及び従来の研究

風力発電システムは、洋上モデルなど大型化が進んでいるが、建設コストが高いこと、台風などの気象条件への適合性など課題も多い。一方、良質な風力が高空で得られることから浮遊式の風力発電手法が注目されている。特に最近の材料技術、IT 技術、制御技術など最先端技術により、その実用性、可能性が広がっている。世界的にみても風型、飛行機型など様々なシステムが提案されており、とりわけオランダのベンチャー Ampyx Power 社による 8 の字飛行する自動誘導グライダーを用いたシステムは、本研究と同様にテザーを用いて地上設置の発電機を駆動するシステムであり注目される。

世界で注目されている空中風力発電 (Airborne Wind Power Generation) であるが、わが国では高空風力発電技術への関心は非常に低いままである。その中で、2015 年 3 月に発足した高空風力発電研究会 (TMIT、神奈川工科大学、九州大学、都立産業高専、大阪府立大学、日本大学、前田建設など) において、浮遊型プラットフォームとテザー技術を用いる風力発電システムの研究開発が進められている。同研究会は 2019 年度から日本風力エネルギー学会「空中風力発電研究会」(2019. 4～2021. 3) として活動している。

本研究では、神奈川工科大学が独自に進めるテザー型動力伝達技術を用いたシステムの開発を行い、プロトタイプモデルを用いた中低空での発電実証を行う。当面は中、低空 (10m～20m) での数十ワットの発電実証をめざし、将来的にはテザー型動力伝達にこだわらず、上空数百mの豊かな風力エネルギーを利用したキロワット級の空中発電の実現をめざす。

3. 期待される効果

他の浮遊型浮力発電システムが発電機を機上に装備するのに対して、本研究で提案するシステムは発電機を地上に設置し、上空の風車のエネルギーをテザー技術により地上に伝達し発電する独創的なものである。

4. 研究の経過及び結果

フェーズ 1.5 フィールド試験モデルを改良した新規モデルを開発し、2021 年 1 月 22-23 日および 2 月 28 日-3 月 2 日に妻沼滑空場において車両走行による発電実証試験を実施した。フィールド試験モデルは、中央部のアルミ製支持構造から左右対称に一对の Phase1.5 直線翼風車(翼幅 650mm・直径 600mm×2 基)を CFRP 製の軸を用いて配置し、着地時の衝撃荷重を吸収する脚(車輪付き)を取り付けている(図 1、図 2)。

牽引走行用トラックの荷台に発電機(SKY-HR180)を設置し、負荷回路を接続するとともにトルクメーターで発電機の回転数、トルク、出力の測定を行った。トラックを時速 30 km(約 8m/s)で走行させることにより、約 80m の牽引用ダイニーマテザーを用いてスレッドカイトを上空約 40~50 mの高さで浮遊させて計測を行った。上空の風車から 50m のループ状テザーによって伝達される発電機軸の回転数、トルクを計測したところ、約 60W の出力が得られることが示された(図 3)。継続して安定的に電力を発生させるためには、カイトを強風の中でも安定して飛翔させる技術、テザーの張力を一定に保つ技術などについての研究がさらに必要である。

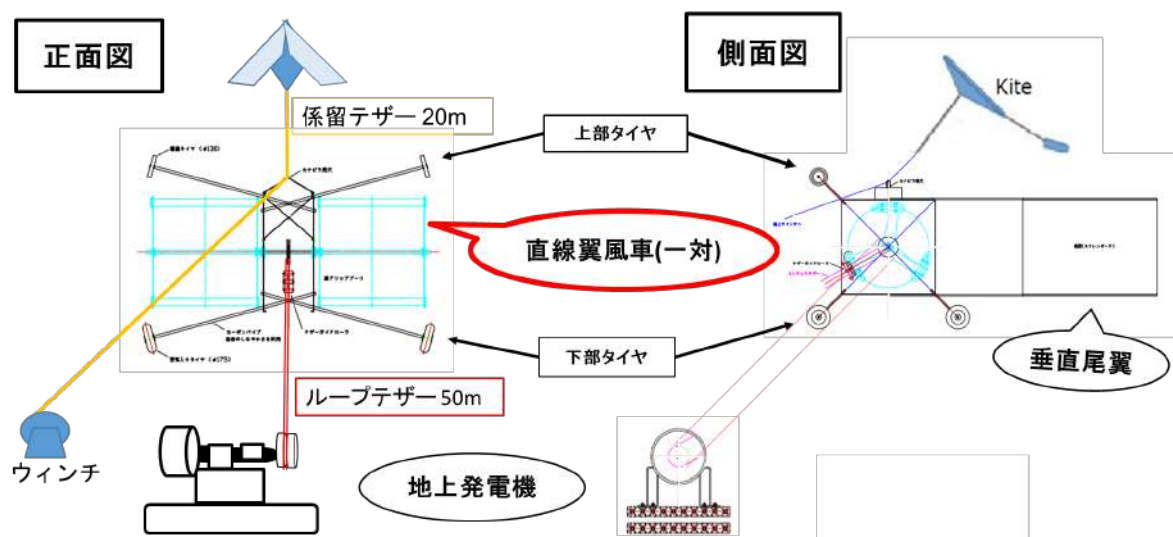


図1 フィールド試験装置の概要図(地上発電機は牽引用トラックの荷台に設置)



図2 フィールド試験モデル(写真)

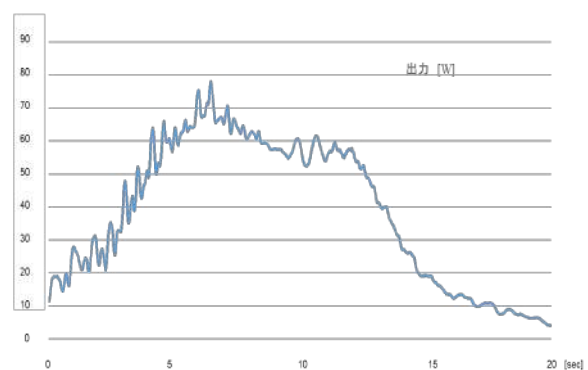


図3 発電機軸出力計測値 [W]

5. まとめ

3月に実施したフィールド試験により、前プロジェクトから引き続き6年間にわたるテザー型高空風力発電システムの開発と飛行試験による発電実証の研究に一区切りをつけることができた。この間、実験室レベルの小型モデルの研究に始まり、Phase 1.0 モデル、Phase 1.5 モデルを開発し、直線翼風車の性能、ループテザーを用いた動力伝達機構の改善、フィールド試験用試作モデルの開発と発電実証試験などに取り組んだ。風洞実験は、東京工芸大学風工学センター、九州大学応用力学研究所、前田建設工業 ICI 総合センターなどのご協力を得て風洞施設を利用させていただいた。また、フィールド試験については、神奈川工科大学、福井県敦賀市気比の松原、日本学生航空連盟妻沼滑空場を利用させていただいた。ここに記して感謝を申し上げる。

世界の気候温暖化防止策の著しい進展に比して見劣りしていた日本においても、ようやく2050年までにカーボンニュートラル、脱炭素社会の実現をめざす目標や、不十分ではあるが、2030年までの温室効果ガス削減目標を2013年度比46%とするなどの大きな前進が見られている。様々な問題点を含みながらも、再生可能エネルギーを真に主要電源として位置づけてゆくためには大きな前進であり、風力発電についても新たな技術開発や資源調査が喫緊の課題として求められている。空中風力発電分野の研究開発は欧米に比して出遅れているが、未来の可能性を秘めた新規技術であり、わが国においても今後の発展が望まれる。本研究がその端緒となり、新たな研究が進展することを願っている。

6. 研究成果の発表

- 1) 大久保博志, 藤井裕矩: 空中風力発電研究会について, 「特集 空中風力発電の現状と未来」, 日本風力エネルギー学会誌, 第44巻第2号, pp.173-175 (2020年8月).
- 2) 藤井裕矩, 丸山裕介, 草谷大郎, 中嶋智也, 高橋泰岳, 大久保博志: 空中風力発電の動向と展望, 「特集 空中風力発電の現状と未来」, 日本風力エネルギー学会誌, 第44巻第2号, pp.176-181 (2020年8月).
- 3) 藤井裕矩, 富田匠: kW から MW へー高性能 UAV による風力発電手法の検討, 「特集 空中風力発電の現状と未来」, 日本風力エネルギー学会誌, 第44巻第2号, pp.191-201 (2020年8月).
- 4) 大久保博志, 藤井裕矩: 直線翼風車とテザーによる動力伝達を用いた空中風力発電, 「特集 空中風力発電の現状と未来」, 日本風力エネルギー学会誌, 第44巻第2号, pp.202-205 (2020年8月).
- 5) 大久保博志, 藤井裕矩, 丸山裕介, 岩原誠, 安藤凱史, 佐藤強: 直線翼垂直軸風車を用いた空中風力発電システムの開発, 第42回風力エネルギー利用シンポジウム, オンライン開催 (2020年11月).
- 6) 藤井裕矩, 大久保博志, 丸山勇祐, 高橋泰岳, 中嶋智也, 草谷太郎, 山本広樹: 東京都立大学発・宇宙テザーから空中風力発電へ, 電気評論, 2020年5月号, pp. 65-72.

導電テザーを用いた宇宙デブリ除去技術における新素材テザーの特性調査と 伸展制御に関する研究

研究者名：工学部機械工学科

//

//

創造工学部

ロボット・メカトロニクス学科

宇宙航空研究開発機構(JAXA)

研究開発部門第二研究ユニット

渡部 武夫

大久保博志

水野 敏広

吉野 和芳

河本 聡美

1. 研究の目的

本研究グループは、宇宙デブリ削減を目指す宇宙環境保全技術の一つとして、導電性テザー（EDT）を利用した宇宙デブリ除去デバイス技術の開発に取り組んできた。このデバイスは、裸（ベア）のテープテザー（テザー：ひも）を折りたたんで収納し、展開する機構を備えており、本研究では、その素材物性や収納・展開特性、伸展ダイナミクス・制御に関する実験的／数値的解析に基づく性能向上を目的とする。

2. 研究の必要性及び従来の研究

宇宙デブリ問題は、宇宙というフィールドにおける新しい「環境問題」であり、これを解決／緩和する宇宙環境保全技術は、持続可能な宇宙利用を実現するために不可欠な存在となりうる。デブリ除去技術には、既存デブリを捕獲・処理する能動的デブリ処理(Active Debris Removal: ADR)と、使用済み衛星のデブリ化を未然に防ぐミッション後除去(Post Mission Disposal: PMD)がある。本研究で開発および性能向上を目指す EDT を使用した PMD デバイスには、軌道上での安全かつ安定した展開が求められ、また、シンプル、コンパクトかつ高効率にデザインされなければならない。

従来の研究では、デブリ処理のための軌道変換には高層大気の空気抵抗を利用することを図る膜面展開や、小型のロケットなどを推進機を用いる方法などが考案され、いくつかの実証機が打ち上げられ試験などもされつつある。それらに対し、当該研究の導電テザー推進による軌道変換方法は、受動的な展開が図られ、推進剤が不要であり、かつ、地磁気との相互作用に起因するローレンツ力を活用するため、大気密度の薄い高高度でも運用することが見込めるなどの利点がある。

上記鑑み、本研究グループは、導電性テザー技術を用いた PMD デバイスを取り扱い、そのテザーにはベアテープテザー、展開機構には折り畳み型をそれぞれ採用したコンセプトを提案し、その実用化と性能向上を目指す基礎研究を産官学連携の体制で行ってきた。

3. 期待される効果

当該年度の研究では、以下の 3 つのテーマ、①テザー展開のシミュレーション、②展開機構模型を用いた落下展開実験、③損傷のあるテープテザーの引張試験、を軸に構成され、それぞれ実験的、数値的な検討を実施した。これらの成果は、当該システムの未解決な課題を克服し、実用化に向けての性能向上に役立つと期待される。

4. 研究の経過及び結果・評価

2020 年度に実施した研究の経過および結果とその評価を以下に示す。

① テザー展開のシミュレーション

簡易的なテザー衛星モデルに関する数値シミュレーションにより、軌道上のテザー衛星の子衛星分離後の展開挙動を解析した。モンテカルロ法を用いて、展開の初期条件をランダムに与え、軌道上でのテザー展開の成否条件を展開後の結果挙動のパターンで分類した。結果は 3 次元にプロットし、初期条件依存性について検討を行い、解析手法についての知見を得た（図 1，2）。

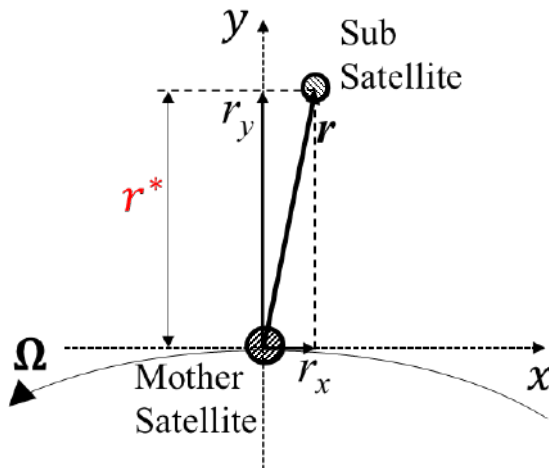


図 1. システムモデル

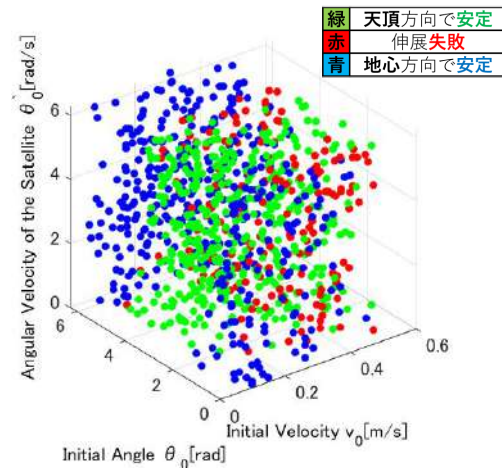


図 2. 計算結果例

② 展開機構模型を用いた落下展開実験

高所から鉛直下向きでの子衛星分離展開試験を実施した。テザーの種類、折り畳みパターン、状態、ならびに、子衛星分離用のバネの仕様、展開制御用のブレーキなどを変化させ、分離展開の様子をハイスピードカメラなどの光学機器で撮影した。複数の実験の結果から、折りたたみ条件と展開挙動の関係性や塑性変形ブレーキの制動特性などに関する知見を得た（図 3，4，5）。

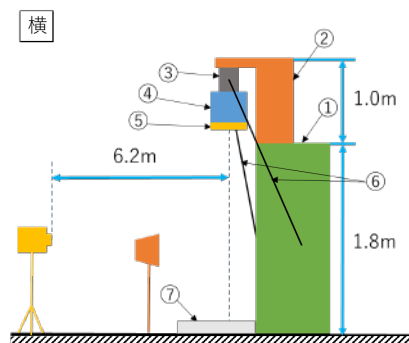


図 3．落下実験概要

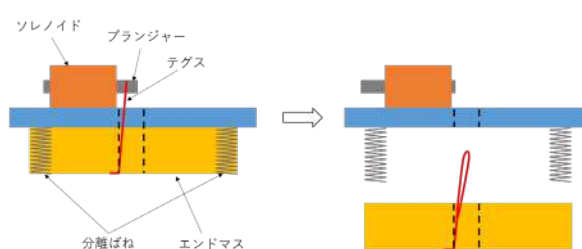


図 4．分離部

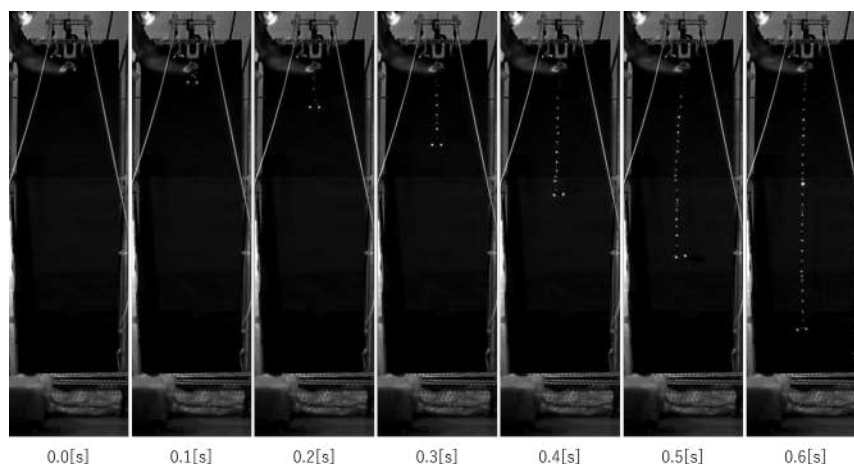


図 5．分離展開挙動例（ハイスピードカメラ画像）

③ 損傷のあるテープテザーの引張試験

損傷のあるテープテザーの引張試験を実施し、破断特性に関する知見を得た。ALPET テザーにナイフ傷を与え、引張による破断の様子をとらえた。破断までの荷重履歴、破断の様子の動画データなどを取得し、延性材料であるアルミ・PET 樹脂で構成されるテープテザーが、き裂の進展により、巨視的には破壊時に脆性的にふるまいうることなどを確認した（図 6， 7）。



図 6．引張試験機

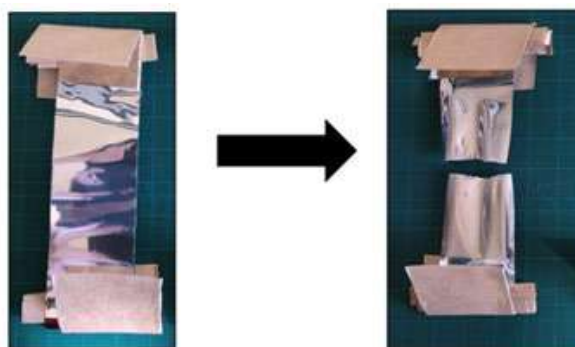


図 7．試験片の破断例

5. 今後の計画

本研究は、一昨年度に開始された民間企業との共同研究にも関わる産学連携事業でもあり、今後も引き続き、共同研究先、連携大学院等と協力しながら実施してゆく予定である。

今後、定盤をもちいた2次元微小重力環境等における分離展開挙動の計測により、展開時、または展開終了時の子機の姿勢変動やテザーの挙動などを観察することなどを計画している。また、テザー収納の効率等を高める工夫などに取り組み、デバイスの価値や優位性を向上させることを目指したい。

6. 研究成果の発表

本研究に関して、以下の学会・論文等において成果の一部を発表した。

[1] 坂元洋輝, 渡部武夫, 佐藤強, 大崎一樹, 佐藤洸輔, 蒲池康, 岡島礼奈「乱数を用いた数値解析によるテザー伸展の成否に関する検討」第64回宇宙科学技術連合講演会、オンライン会場、2020年10月

[2] 佐藤強、河本聡美、渡部武夫、蒲池康、大川恭志、岡島礼奈、大久保博志、「新素材テープテザーを用いたEDTに関する初期検討」、第64回宇宙科学技術連合講演会、オンライン会場、2020年10月

[3] 坂元洋輝、渡部武夫、佐藤強、大崎一樹、佐藤洸輔、蒲池康、岡島礼奈「EDTを用いたPMDデバイスにおけるテザー伸展についての初期検討」第9回スペースデブリワークショップ、2021年2月

多様な気象条件の小型無人航空機の飛行特性に与える影響評価

機械工学科	木村茂雄 今井健一郎 山岸陽一
ロボットメカトロニクス学科	兵頭和人
産業技術総合研究所	阿部祐幸（本学客員教授）
防災科学技術研究所	佐藤研吾（共同研究締結） 酒井直樹（共同研究締結）

1. 研究の目的

気象事象に起因する災害発生時の人的被害の未然の防止、あるいは低減のための防災活動支援に供するため、高強度降雨・降雪・着雪・粉塵環境といった気象学的劣悪条件下で飛行を可能とする小型無人回転翼飛行体（URAV）の設計指針を整備することを最終目的とする。

本年度は以下の2項目について研究を実施した。

1. 着雪対策用機体開発
2. 火山灰対策用機体開発

2. 研究の必要性及び従来の研究

近年ゲリラ豪雨や大雪、火山活動に起因する災害発生（堤防決壊・斜面崩壊・雪崩・地域孤立）が顕著となってきた。災害防止のためには大規模に社会基盤を改良することが求められるが、経済性・実行期等を鑑みるに一朝一夕でなし得るものではない。結果、如何に人命の確保を迅速かつ的確に行うかが問われることとなる。また、災害発生時の人命救助、状況把握などは発生直後の速やかな実施が肝要とされるものの、多くの場合、災害発生をもたらす気象・環境条件が継続することにより、実際に現場に人が赴くことや有人機による活動が阻害されている。

小型無人航空機（URAV）の開発の促進により、性能面や経済性における利用実現性が大幅に向上してきたことを受け、災害対策としてのその活用も叫ばれているが、上記の劣悪な気象条件下での飛行特性に関する定性・定量的な研究はほぼなされていないと言ってよい状況にある。事実、近年実施された2017年度NEDOプロジェクト（自律飛行型マルチローター機による土石流シミュレーション実証実験）においても使用されるUAV機は噴火時、あるいは高強度降雨時に対応した機体ではない。さらに、URAVを用いた災害対策の多くは専ら災害発生後の天候の回復時において実施することを前提としている。前述の如くに、災害発生時には人命確保が第一義に優先されるべきであり、こ

の実践には、災害発生前に的確に避難指示・勧告・命令を発令することとなり、災害発生の際に蓋然性を正しく評価することが求められる。換言すれば、例えば、川の氾濫であれば、水位、堤防の状態等を豪雨時（時間降雨量 100mm 以上）にリアルタイムで観測することが不可避となる。しかし、状況把握を正しく行わずに管理者等が現場へ出向くことは事実上できない。本研究で開発する URUV による適宜な観測が求められることとなる。

現在、産総研とは Drone 用ロータブレードの最適設計に関して共同研究を実施している。防災科学技術研究所とは着雪雪対策に関する共同研究を長年に渡り実施しており、また、同所は衛星情報と Drone を組合せた防災システム開発研究を行っており（土砂災害：先行研究無し）、本研究の応用先としては最適である。

3. 期待される効果

多方面での利用が期待されている小型無人回転翼飛行体（所謂 Drone）の、大雨（高強度降雨時）、着雪雪環境、火山灰等の粉塵環境下での飛行を可能とすることで、災害発生の可能性のある気象条件下での状況把握、人命救助等に活用することが可能となり、高い社会的貢献が期待できる。

特に、本研究で対象とした火山灰対策用機体開発は、共同研究者の所属の産業技術総合研究所内においても期待が高い。というのも、噴火時の火山灰の飛散に関する研究では、シミュレーションによって火山灰の拡散地域を推定するのであるが、現状では噴煙中の火山灰の粒径分布等が分かっていないことから正確な計算ができていないからである。これは、噴煙中の航空機の飛行が禁止されていることや模型飛行機等を利用した観察が行われてこなかったことに由来する。今回の研究により小型無人回転翼飛行体を利用しての観測・試料採取が可能となれば当該分野への情報提供として高い意義を持たせることが可能となる。

4. 研究の経過及び結果

目的に記載された項目についての研究の経過と結果を以下に示す。

4.1 URUV の着雪対策

4.1.1 基本概念と手法

着雪防止法を分類すると大局以下の 4 種となる。

1. 機械的方法：機械的方法は付着した雪の「機械的」除去である。着雪に荷重を掛け被着雪物体表面から剥離させることを意味する。着雪の存在を前提とするので除雪の概念の具現化である。
2. 熱的方法：熱的方法は付着した着雪を加熱して融解させること、あるいは被着雪物体表面を加熱することで界面の着雪を融解させ、着雪塊全体を剥離・除

去する方法である。また、着雪の発生に先んじて物体表面を加熱し過冷却水滴の衝突と同時に融解・蒸発を促すことで、着雪の発生それ自体を防止する方法でもある。除氷・防氷双方の意味を有する。

3. 化学的方法：化学的方法は凝固点降下を活用した手法である。冬季の道路凍結・融雪のために塩化ナトリウム等を散布することや、着雪が予想される環境において航空機が離陸前にグリコール系の溶剤を機体に塗布することがその実用例として挙げられる。
4. 物理化学的方法：物理化学的手法は塗料（Icephobic coating：防着雪塗料）を防着雪対策面に塗布する策をいう。

URAV へのこれらの手法の適用を考える際の問題点をまとめると以下となる。

1. 機械的方法：少ないペイロード（ある程度の規模と重量の装置の具備の要）とバッテリー容量から適用は困難
2. 熱的方法：電気加熱の場合、バッテリー容量が不足
3. 化学的方法：塗布手法が未確立
4. 物理化学的方法：機械的、熱的手法との併用が望ましいが、着雪の離脱を促進させる可能性を有する。

こうした考えに基づき、物理化学的手法の適用を試みた。

4.1.1.1 試験施設および装置

降雪試験は、防災科学技術研究所(新庄)所有の Cryospheric Environment Simulator 内の風洞施設にて実施した。雪質は、乾き雪（0℃以下の環境で発生）は一般に着雪発生が極めて低いと考えられるため、濡れ雪のみとした。このため、環境温度を -2℃に保ち、予め準備した濡れ雪（含水率約 5%）を用いた。試験は、供試体（URAV）

設置部より上流の風洞上部に設置した降雪装置から風洞内に投入した。

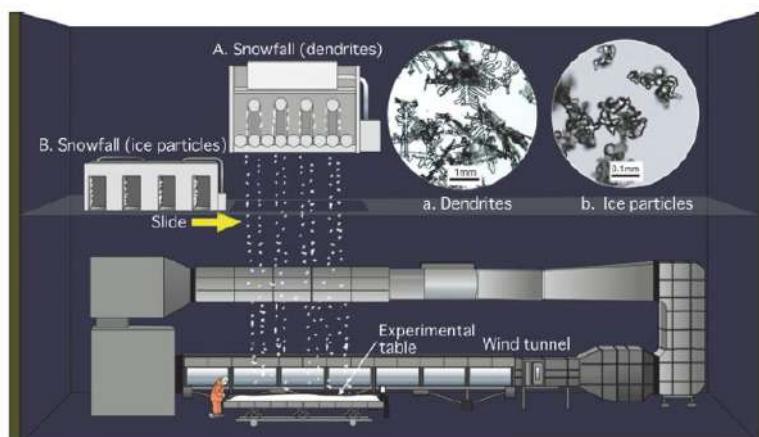


図 4.1.1.1.1. Wind tunnel in Cryospheric Environment Simulator

試験に供したロータブレードは、APC-10in-mr、DJI 社製 Phantom3 用、産総研開発の AIST-H1-D250-dD0.3 である(図 4.1.1.1.1)。さらに、Phantom3 用のブレードでは、オリジナルのブレードに加え、親水性、撥水性、難着雪性の 3 種の塗料を塗布したブレードを準備し、着雪防止効果の確認を行った。

風洞内に設置した URAV 供試体を図 4.1.1.1.2 に示す。なお、試験時間は一般の URAV の飛行許容時間を勘案し 20 分とした。



図 4.1.1.1.1. Rotor blade used for snowing test



図 4.1.1.1.2. URAV with coated surface placed in wind tunnel

4.1.2 試験結果および検討

無風時を前提とし、URAV のホバリング時、水平飛行時 (5m/s、10m/s) の状態を風洞内に再現し、着雪状況の観察とロータ推力の変化を調査した。URAV の水平飛行時の姿勢角は事前に飛行試験を行い、観測から角度を求めた。これより、5m/s と 10m/s 時の角度をそれぞれ 7.6° と 15.7° に設定した。

図 4.1.1.2.1 に推力の変化を、図 4.1.1.2.2 に機体上の積雪質量を、そして図 4.1.1.2.3 に試験後の URAV の様子をそれぞれ示す。ホバリング時にはロータブレード上の着雪は観測できず、URAV 本体上部に冠雪が発生した。しかし、これは URAV を全く移動させないことに起因したものであり、実際には僅かであっても機体を操作することで回避することが可能であると考ええる。飛行時には機体上の着雪はほとんど発生しない。特に、機体全体に超撥水性塗料を塗布した機体は、機体上への着雪が殆どない。

以上より、従来飛行が制限されていた濡れ雪降雪環境下においても、超撥水性の表面性状を持たせ、かつ、雪粒子の機体内部への侵入を防ぐことで飛行が可能であることを試験的に証明できた。

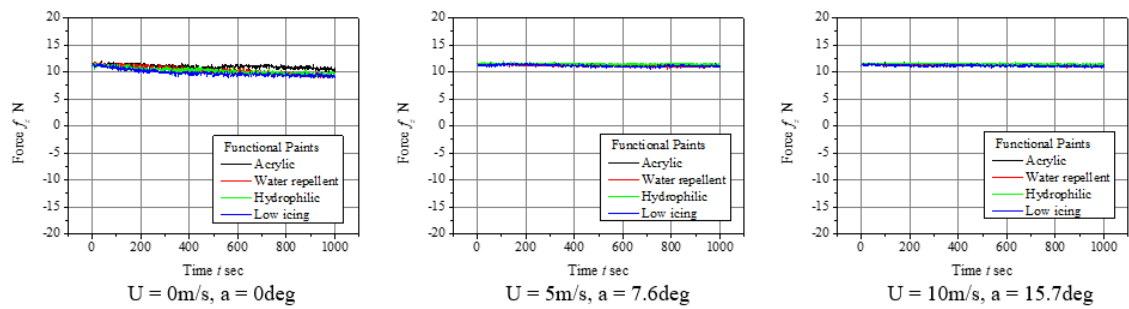


図 4.1.2.1. Effect of snowing on the URV's rotor thrust

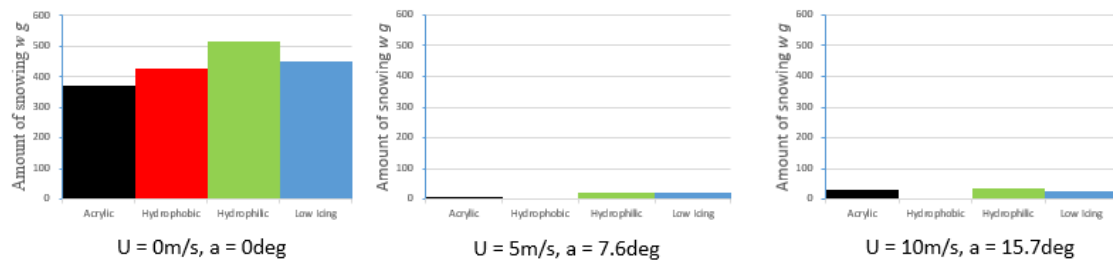


図 4.1.2.2. Amount of snow accumulation on the URVs



図 4.1.2.3. Amount of snow accumulation

4.2 火山灰対策用機体開発

4.2.1 基本概念

火山灰雰囲気中の飛行では、微小な粉体のモータ等への浸入、ブレードのエロージョンに留意が必要となると判断する。

エロージョンに関しては、まず、火山灰雰囲気中で回転試験を実施し、影響評価を実施する。閉鎖空間での試験では粉塵爆発の危険があるため、産業技術総合研究所内の爆発試験装置を利用して試験を予定した。エロージョンがロータブレードの空気力学的特性や構造強度に重篤に影響を及ぼすのであれば、前縁ガードの装着の検討を図る。前縁ガード自体のブレード空力特性への影響評価は別途実施する。

モータ等への粉体浸入については、前年度までに検討していた防塵防水用のモータ

を使用することで対策が講ぜられるものと判断する．しかし、当該モータを製造販売がメーカーによって停止したことから今後再度検討することとする．

4.2.2 火山灰雰囲気内試験

4.2.2.1 試験施設

火山灰雰囲気を閉空間で形成し、URAV のロータを回転させた場合、コロナ放電による粉塵爆発の危険がある．よって、試験は、産業技術総合研究所の所有する「爆発試験施設」にて実施した（図 4.2.2.1.1）．当該施設は、鋼鉄製の円筒をコンクリートで補強し、かつ、床部は 1m の深さで川砂を敷き詰めた構造となっており、500g の TNT 爆発にまで耐えることが可能である．内部は直径 2m で、この中に試験装置を組み上げて試験を実施した．



図 4.2.2.1.1 爆発試験装置全体

4.2.2.2 試験装置

爆発試験施設内に設置でき、かつロータの空気力学的特性に影響がでないように広い自由空間を有する、内形状 1x1x1m の立方体の試験装置を製作した．観察用に、上面と全面に円形の窓（アクリル製）を設けた．

試験装置内にロータ回転面が装置の中央高さとなるようにモータを治具上に設置した．モータは昨年度までの評価対象とした防塵防水用（ツカサ電工社製）である．また、使用したロータブレードは APC 10x5.5MR とした．

ロータ回転数は 6000rpm で一定とし、試験時間は一般の URAV の飛行時間を勘案し 15 分とした．



図 4.2.2.2.1 爆発試験装置内に置かれた試

4.2.2.3 試料

火山灰は産業総合技術研究所・火山研究部門（指宿産）より調達した．試験に際しては、粒径を分類して試験に供した．使用した火山灰の外景を図 4.2.2.3.1 に示す．

1. 粗粒砂： 0.5 - 1.0 mm
2. 中粒砂、細粒砂： 0.15 - 0.5 mm
3. 細粒砂、極細粒砂、泥： 0.15 mm 以下



図 4.2.2.3.1 使用した火山灰

4.2.2.4 計測

前述したように、本試験では粉塵爆発の危険性を有していることから、これまでの URAV 試験で使用したロータ推力検出用ロードセルを用いず、回転数と画像のみの記録とした．上・前面から Video カメラ、試験装置内に小型のカメラを 3 台設置した．

4.2.3 試験結果

製作した試験装置では、3. 細粒砂、極細粒砂、泥： 0.15 mm 以下 のみの火山灰を使用

したときのみ、装置内の火山灰の空間分布を一様とでき、回転するロータに衝突させることができた。大径の火山灰用の装置の再設計が必要であると判断する。

細粒砂の衝突環境下で 20 分間回転（6000rpm）させた後のブレードを図 4.2.3.1 に示す。前縁部一様に細粒砂の衝突によるエロージョン発生が見られる。特徴的な様相として、エロージョンだけでなく、細粒砂自体がブレード表面に食い込んでいることである（図 4.2.3.2）。



図 4.2.3.1 細粒砂環境での試験後のブレード



図 4.2.3.2 ブレード前縁部の浸食

細粒砂の衝突による表面粗さの変化を定量化するためには粗さ計を用いた表面粗度の計測を計画した。しかし、プラスチック製のブレードであることから接触方式の粗さ計の直接の利用は難しく、非接触型の粗さ計であるとブレード表面が平滑でないため、焦点設定が困難である。そのため、歯科用の印象剤を用いて複製を作成し、この表面粗さを計測することで疑似的に粗度計測を計画した。

5. 今後の計画

社会情勢により研究の進捗が著しく遅延した。そのため、当初計画に従う研究実施ができなかった。しかし、研究年度終了後も研究は継続しており、今後以下の項目について評価検討を行う。

1. 表面粗度計測
2. エロージョン発生のブレードによる発生空気力計測
3. 大粒径用試験装置の製作と試験実施

6. 研究成果の発表

以下の学会にて研究発表を計画している.

* 2021 年度火山学会秋季大会

* 日本航空宇宙学会 第 59 回飛行機シンポジウム

人と AI が共存する社会創生に向けた AI ELSI の研究 ー神奈川工科大学 AI 憲章と AI デザイン指針に向けてー

情報ネットワーク・コミュニケーション学科 臼杵 潤, 岡本 学

ロボット・メカトロニクス学科 兵頭 和人, 三枝 亮

情報工学科 大塚 真悟

情報メディア学科 上田 麻理

基礎・教養教育センター 師玉 真理, 三浦 直子

1. 研究の目的

本研究は本学先進 AI 研究所を基軸とし、学部・学科を横断した編成にて、AI と人間と社会との問題を SDG s (Sustainable Development Goals 持続可能な開発目標) の「誰一人取り残さない」精神にのっとなることで、「幅広い『ひと』にとって有意義な AI の使い方」を提案していくことを最終目的としている。特には、AI に関する ELSI (Ethics, Legal and Social Issues, 倫理と法と社会の問題) に取り組み、本学における今後の AI 開発の ELSI を規定する「神奈川工科大学 AI 憲章」の制定に至ることを目標とし、同時に、その原則を具体化して、本学での研究開発現場での指針となり得る「神奈川工科大学 AI デザイン指針」の策定も目指している。

これら最終目標をにらみながら、まずは『ひと』にとって役に立つ AI について、様々な分野における「AI 活用技術」を研究・模索する。特に対象とする『ひと』の定義においては幅広い視点を持ち、健常者ばかりでなく肢体不自由者も含める情報バリアフリーの観点や、必ずしも正しい行為ばかりを行うだけではない人間の不正監視の観点、ロボットと人間のあらたな共存世界の観点、人間の喜怒哀楽すべてにアクセシブルな観点、等々、単純な課題解決だけでなく、究極的には倫理的な観点にまで踏み込んで何かしら新たな知見を得られるような形で各種研究を進めることを目的とする。

2. 研究の必要性及び従来の研究

内閣府は 2019 年 2 月に「人間中心の AI 社会原則」を発表した。この宣言の中に「AI 社会原則を踏まえた AI 開発利用原則を定め、遵守すべき」と記述があり、これ呼応して、人工知能学会倫理委員会、日本ソフトウェア科学会機械学習工学研究会、電子情報通信学会情報論的学习理論と機械学習研究会が、2019 年 12 月、機械学習が向かうべき方向性についての声明として「機械学習と公平性に関する声明」を公開發表している。

これに伴い、AI 研究を扱う大学研究機関においても今後の AI 研究・開発における指針として、ELSI および SDG s の観点から、その基本原則である「AI 憲章」的な指針の策定は必要となる。特に AI 関連の従来研究においては、なんらかの個別課題に対応した各個別技

術による解決を目的とすることで終わっていた。これら研究は「人間に役立つ」「人間と共存できる」AI 技術の向上を目的としているが、本研究はこれら基礎研究を経過目標として踏まえつつ、単なる「技術解決」で終わらせず、それら研究において生まれた社会的・倫理的課題を整理する点に特徴をもつ。

3. 期待される効果

本研究では、幅広い観点での研究成果を持ち寄ることを目標にしつつ、総合的に浮かび上がった科学技術的・社会的・倫理的課題を総ざらいする形で最終目標の「AI 原則」の立ち上げに向かうことを目的としている。特には、各分野の各研究において、下記の波及効果を期待できる。

- ① <ロボット工学> 「ロボット AI 育成」「健康寿命延伸」「リハビリ支援」などの具体的テーマを推進させつつ、これら個別研究で生まれた倫理的課題や「人間心理・感情を理解する AI」等に関する知見を得る。
- ② <情報工学> 「AI 時代のセキュリティ」「AI とシステム設計・マーケティング」「感性工学」等、情報工学における AI 個別研究を推進させつつ、そのなかで生まれた倫理的課題を抽出する。
- ③ <音響学> 音響 AI を用いた人間の監視の研究と、その社会的課題・倫理性課題を抽出する。
- ④ <SDGs 対応> AI が対象とする「人間」の定義に対し「誰一人取り残さない」を観点に「情報バリアフリー」の研究として肢体不自由者向け支援技術の AI 対応を研究し、「AI 成果は誰のものか」の観点で AI の位置づけを探る。
- ⑤ <安全性> 各分野におけるリスクヘッジ・リスク許容・フェールセーフ理論・機能安全性に関して、特に「AI によるリスク・被害」についての課題洗い出しを行う。
- ⑥ <社会性> AI と人間と社会との問題について、文系的な手法でアプローチすることで、上記までの観点とは異なる新たな課題を生み出す。

4. 研究の経過及び結果・評価

本研究においては、先進 AI 研究所として研究会を 9 月 15 日オンライン開催した。この中では、情報セキュリティ大学院大学の元学長・名誉教授の林氏を招いて、新たな来るべき AI 社会に向けて必要な法律の方向性についてご講話いただき、まさにこれら問題への出発点ともなりうる課題について広く発信していただくことができた。加えて、ロボット工学については、ロボット・メカトロニクス学科三枝准教授より「AI の身体性～知能と身体を統合した構成論」と題して講演発表を行った。「AI・ロボットとの共生」を「リハビリ支援」「健康支援」等の観点で研究した成果ばかりでなく、「知能および AI に対する学術的な問い」を行うことで、本研究の出発点ともなりうる課題を共有する点において大いに成果があった。なおこれら成果は「AI の身体性?知能と身体を統合した

構成論」(先進 AI 研究所研究会 (9 月 15 日)) 等にて対外発表も実施された。

更に同研究会においては、情報メディア学科上田准教授より「音×AI による EMS (examination monitoring system) 開発の試み」と題して講演発表を行った。コロナ禍においてオンライン講義が多数を占める中、試験の実施が重要な問題となるが、試験の不正はまさに道德・倫理に関する課題でもあり、それについてプライバシーにもかかわる問題であることについて問題提起を行ったうえで、AI も含めて科学技術がどこまで踏みこむかという点において重要な課題の抽出及び解決案の提案がなされた。これら成果は「音による EMS (Examination Monitoring System) 開発の試み」「Attempt to Develop a Sound-based Examination Monitoring System」と題して対外的に学会口頭発表及び論文発表にも及んでいる。

また AI は人間の喜怒哀楽に直接つながる新たな社会的位置づけになることが予想される。特に「笑い」の観点においてはこれまでは科学的なアプローチが難しい面があったが、AI を用いることで新たな局面を生み出すことが期待できる。そこで情報工学科・大塚教授らは「落語台本のデータ化の手順及びロボットによる落語実演の提案」と題し、まずはビッグデータ観点で「落語」の分析・実演の基礎を作ることを行った。今後これら研究に AI を入れ込んでいくことで更なる発展が期待できる。

さらに SDGs の「誰一人取り残さない」観点から、四肢の運動が難しい不自由者向けの AI 支援技術の研究として、研究代表者の情報ネットワーク・コミュニケーション学科岡本学は足操作あるいは視線動作を用いた認証技術の基礎研究を行い、2021 年度以降に成果を発表予定である。特に視線動作は基本的な人間動作のひとつであり、これを取り込む視線入力装置は個人認証や個人監視にも使える重要なインタフェースである。今後はここに AI を入れ込むことで更なる「誰にでも使える」汎用方式として活用できることが期待できる。

5. 今後の計画

引き続き各分野において基礎研究を続けることで新たな AI 課題を抽出していくが、本研究の最終目標として「幅広い『ひと』にとって有意義な AI の使い方」を挙げていることもあり、これら課題を研究者が考えるばかりでなく、教育機関の特性を生かして学生に考えさせる機会を作ることを今後検討していく。特に学生自身に「AI と共存する未来像」を考えさせることで、新たな教育的効果を生み出すばかりでなく、新しい世代の考えを我々としても取りこむが可能となり、より「持続性の高い」原則を生み出すことに貢献できる。

学生に「AI との共存」を考えてもらう機会を創設するため、「読書コンテスト」に AI 関連の文献を推奨する案や、「あなたが想像する『来るべき AI 世界』」と題して文芸コンクールを開催する案などを今後検討・実施する。これらは学生の AI への理解を進めるだけでなく、「人間が快適に AI と生きていくには何を求めるべきか」を考えさせ、技術者としてだけでなく、倫理的人間としての立ち上げも目指し、教育的な効果も期待

できる.

6. 研究成果の発表

- 上田 麻理, 田中 哲雄, 長谷川 英之 : 音による EMS (Examination Monitoring System) 開発の試み, 日本音響学会 2021 年 春季研究発表会 講演論文集, 3-10-6, pp. 1313-1314, 2021.
- Mari Ueda, Tetsuo Tanaka, and Hideyuki Hasegawa : Attempt to Develop a Sound-based Examination Monitoring System, Acoustical Science and Technology (2021/3/26 採録決定)

AI クラウドと連携した大容量リアルタイムサービスチェイニングの実現

研究者名：N 科 丸山 充，瀬林克啓，井上哲理，塩川茂樹，井家 敦，岩田 一
I 科 松本一教，田中 博，清原良三
E 科 中津原克己，高取祐介

1. 研究の目的

これまで映像制作や医療・教育等のニーズに向けて、情報通信機構（NICT）や国立情報学研究所（NII）等の産学官連携により 8K 非圧縮 IP 伝送を進めてきた他、クラウドサービス（以後クラウド）を用いた 8K 非圧縮仮想サーバの実現、さらには端末とクラウドの間に、エッジ部を導入するモデルを提案し、映像スイッチングなど様々な映像処理ファンクションを実現し、様々なユースケースとして可視化し、情報発信してきた。特にエッジ部におけるソフトウェアベースで数 10Gbps の速度域のリアルタイム処理技術については、内外からの反響があるコア技術になった。

次のステップとして AI を利用した画像認識・検査等と組み合わせたリアルタイム超高精細映像処理を実現するために、エッジ部やクラウド部の計算機の演算・蓄積能力の有効活用を行う処理モデルを明らかにすると共に、様々なサービスファンクションを柔軟に組み合わせて、統合的な映像処理サービスとして提供可能とする「リアルタイムサービスチェイニング」のプラットフォームの開発を進める。

2. 研究の必要性及び従来の研究

ネットワークの広帯域化に伴い、高精細のストリームデータを扱うアプリケーションの普及が見込まれている。特にハイビジョンの 16 倍の画素数である 8K 超高精細映像を扱うアプリケーションは放送分野・医療分野をはじめとして、様々な研究分野の可視化にも有効である。

一方、普及が目覚ましいクラウドを用いた高精細映像アプリケーションの利用が期待されている。クラウドは、計算機ハードウェア上に構成した仮想計算機（VM: Virtual machine）群を時間単位で利用できるため、費用対効果が高く AI 用の計算機リソースも有効に利用できる可能性がある。しかしながら次の課題がある。1 つが高精細映像処理に用いる非圧縮フォーマットは扱うデータ量が大きい（フル解像度 8K の 60 フレーム/sec 仕様で 48Gbps/ストリーム）事である。このため、映像データを遠隔地にある AI 計算機に伝送したり、蓄積して編集したり、複数ストリームを用いて AI 処理や加工する運用には、ネットワーク帯域の確保に加えて、パケット処理性能、演算性能・蓄積配信性能の確保が必要である。また他の課題として、クラウド上の VM の処理オーバーヘッドが大きい事、割り当て方法や他の

ユーザの使用状況によって性能が低下する事、さらにはリソース競合により予期せぬ性能低下が発生する事である。このため、AI クラウドのリアルタイム処理能力を引き出すためには、新たなアーキテクチャモデルが必要である。

3. 期待される効果

これらの経験から、端末と AI クラウドの間に、フレーム単位 (60 フレーム/sec で 16.6ms, 120 フレーム/sec で 8.3ms) の同期制御が可能なエッジ部を設け、この粒度で端末側と同期を取った上で、AI クラウドの VM 群の統括制御、複数ストリームの同期や待ち合わせ処理を行うモデルを科研費の「エッジとクラウドの連携によるリアルタイム映像処理基盤の実現」の中で提案して基本検討をしている。本研究ではこのモデルを一步拡張して AI 計算機群を統合すると共に、適用範囲を広げて実証的に評価する。具体的には、映像ライン単位(数 μ s)のリアルタイム同期制御可能な端末部、1 フレーム単位のリアルタイム同期制御可能なエッジ部、リアルタイム性の保証が難しい非同期制御の AI を含むクラウド部の計算機群に処理を分割し、これらが協調して並列演算処理や蓄積配信処理を行うアーキテクチャモデルを適用する。アーキテクチャモデルの最大要求性能は、フル解像度 8K 映像のリアルタイム AI 処理を目標と定め、実装可能な構成を明らかにすると共に、次に示す適用範囲拡大のための課題に取り組む。

まず、エッジ部における課題である。これまでにエッジ処理の基本機能として映像スイッチング等を実現し、NICT 雪まつり 2019 や Interop Tokyo 2019 の場で実験を行ってきたが、使用するネットワークの構成やクラウドの VM の配信場所や性能によって必要となるエッジ部の機能が異なりその度に多量の配線を組み直す必要が生じている。本技術をさらに展開するためには、使用するアプリケーションやリソースの環境によってエッジ部において必要なファンクションを自在に選択可能な柔軟性が必要である事が課題である。

次にネットワークの多様性である。これまでは光ファイバーベースのネットワークしか考えていなかったが、今後は回線帯域が 10Gbps 程度のローカル 5G や構内の Mesh Wifi 等の無線アクセス回線を利用した入出力端末の有効活用が課題であり、この実現のために、エッジ部に柔軟な圧縮・伸長を実現するトランスコーディング機能を盛り込む。

本提案システムの実現に向けて、次のような課題に取り組む。

- (1) AI クラウド、エッジ部、クラウドのサービスファンクションを自在に連携させるリアルタイム並列分散処理基盤の確立
- (2) セグメントルーティング等を利用したリアルタイムサービスチェイニングネットワークの実現
- (3) エッジ部のトランスコーディング機能を利用した 5G 等の無線アクセスネットワークとの統合

4. 研究の経過及び結果・評価

クラウド環境で実際の映像ワークフローを実現するためには、クラウドとエッジで複数の映像処理ファンクションを自在に連動させる仕組みが必要となる。そこで本年度は、これらの相互接続網の実現のためにセグメントルーティングの一つである、SRv6(Segment Routing IPv6)を用いたサービスチェイニングを導入することで、図1に示すネットワーク上の映像処理ファンクションをリアルタイムに相互接続・連動させ、必要に応じてそれらの組み合わせを切り替えることができる映像処理向けプラットフォームの構築を目指す。

本開発を2つのステップで実施した。

- (1) 研究室内のミニマム構成による検証実験
- (2) 映像スイッチング機能を含めた東阪ネットワークを用いた実証実験

4.1 研究室内のミニマム構成による検証実験

最初のステップとして、映像処理ファンクションの中で遅延補正機能を SRv6 サービスファンクションとし、SRv6 ルータとの組み合わせによる最小限の構成のプロトタイプを実装することで、1)SRv6 を用いた映像処理向けのサービスチェイニングの実現可能性と2)SRv6 の相互結合網を使って 25.6Gbps の非圧縮 8K 映像に対応可能なリアルタイム経路制御の性能を評価する。

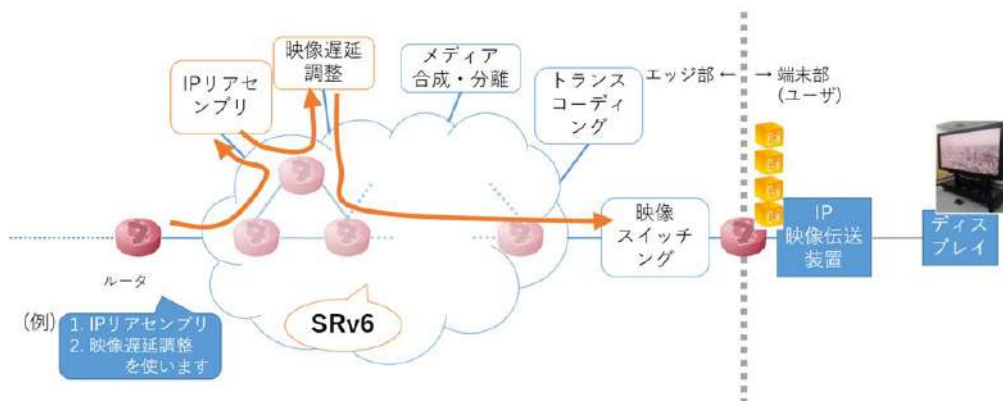


図1 サービスチェイニングを用いた映像処理システム

これまで研究室で開発を進めた映像処理ファンクションはIPv4 マルチキャストベースで動作するものであったため、SRv6 の適用にあたり 1)IPv6 カプセル化機能、2)遅延補正機能の IPv6 折り返し機能、3)IPv6 デカプセル化機能の追加改造を図2のように進めた。IPv6 カプセル化機能は、IPv4 と IPv6 のアドレスマッピングを複数保有し、API 経由で切り替えることで、複数の SRv6 経路を切り替えられるようにした。

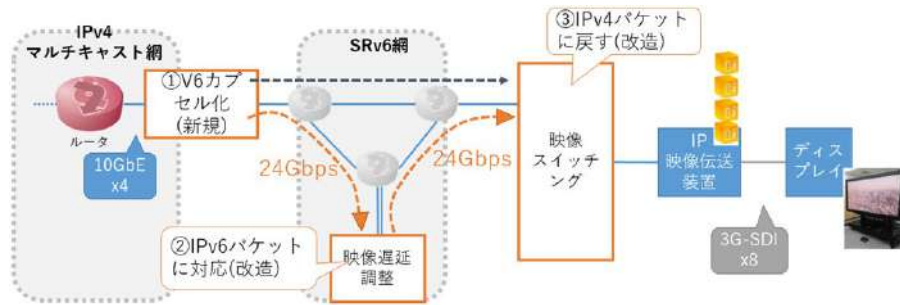


図 2 SRv6 に対応させた映像処理ファンクションとその構成

評価実験は、国立情報学研究所(NII)の SINET5 と情報通信研究機構(NICT)の JGN テストベッド網を組み合わせた広域ネットワーク環境を用いて、SINET5 に最大 192ms の遅延差がある複数パスを提供していただき、非圧縮 8K 映像(25.6Gbps)を用いて実施した。(図 3) 今回は非圧縮 8K 映像として 8K-DG 方式の映像を扱っているが、これを 4 つの色成分別にストリーム分割し、異なる大きさの伝送遅延を付与して転送する。

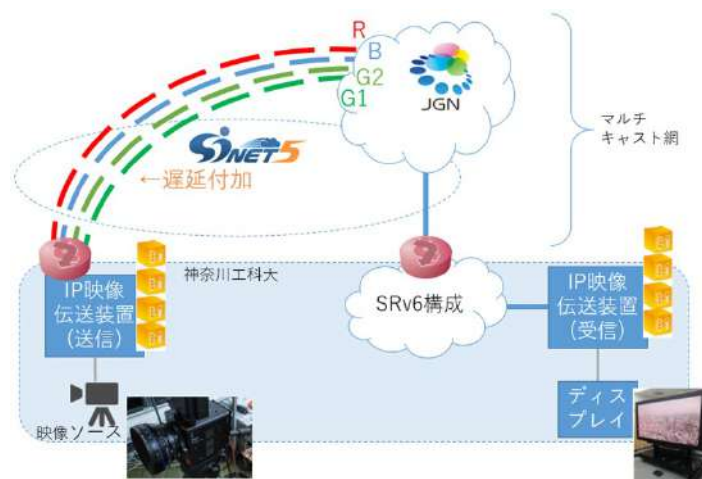


図 3 遅延付加した評価実験構成

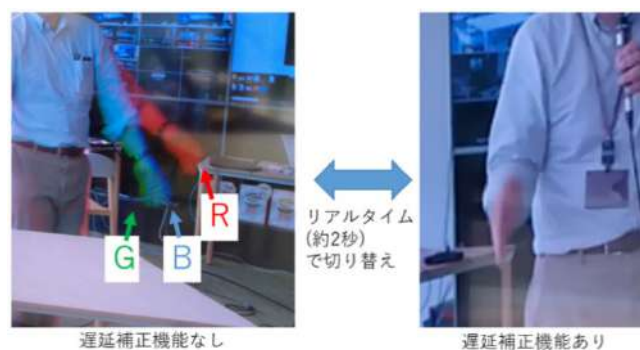


図 4 左: 遅延により色成分がずれた映像
右: 遅延補正機能が適用された映像

遅延調整機能を通さない経路設定にした場合は、ディスプレイに一部の色成分が遅延し

ている映像が流れるが、IPv6 カプセル化機能の API を用いて遅延補正機能を経由するパスに切り替えると、約 2 秒映像が途切れたのちに、色成分毎の遅延差が吸収された正常な映像が表示されることを確認した(図 4). また 72 時間以上の継続した実験を実施し、25.6Gbps のストリーミング帯域を安定して処理可能な性能を確認した。

4.2 映像スイッチング機能を含めた東阪ネットワークを用いた実証実験

映像スイッチング機能をサービスファンクション化し、2021.2 に実施された NICT の高精細映像伝送実験において、東阪ネットワークを用いた実網で検証を実施した。本実証実験は、NICT, NII をはじめとする複数の関係組織との共同で、札幌ー東京ー大阪間の 100Gbps 広帯域国内回線を用いて、8K 非圧縮映像の 8K デュアルグリーン (8K-DG) フォーマット (24Gbps) を対象に行った。新規開発した SRv6 相互結合網は、NTT 堂島 (大阪), KDDI 大手町, NTT 大手町の 3 箇所で分散構成し、SRv6 ルータには、古河電気工業株式会社の FX201 とソフトウェアベースの packetswitch を用いている。

SRv6 相互結合網内には、(A)遅延補正用の映像処理ファンクションと(B)映像切り替え用の映像処理ファンクションがある。入力された映像ソースに応じて、それらの機能を自在に組み合わせて映像処理を行い、受信拠点では、端末の要求に従い複数の映像ソースを 1 映像フレーム (16ms) 以内に無瞬断で切り替えて編集を行う。

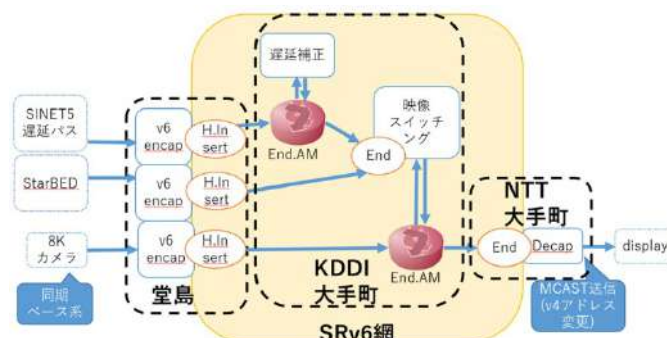


図 5 SRv6 広域網による映像処理の構成

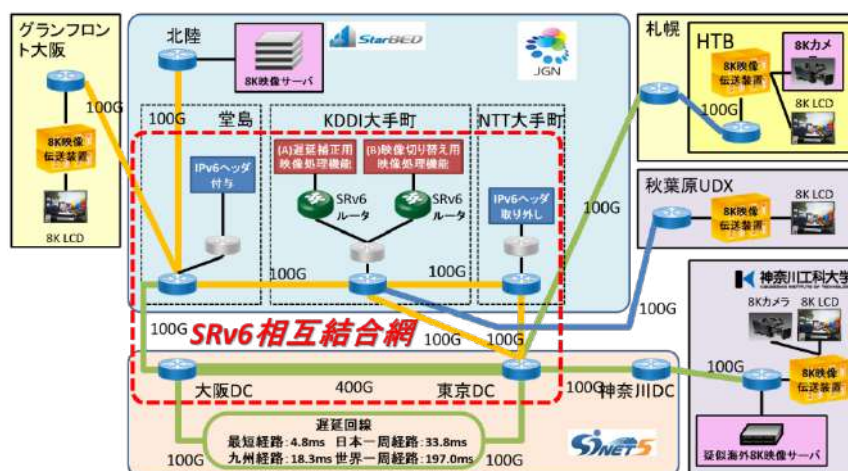


図 8 NICT 高精細映像伝送実験における実験構成

本実証実験では、上記のシステムを用いてライブ映像編集実験を行い、札幌 HTB, 秋葉原 UDX, グランフロント大阪の実験拠点でデモンストレーション実験を行い好評であった。

5. 今後の計画

今年度実現した SRv6 ベースの映像サービスチェイニングシステムについては、これまで SRv6 関係者も扱っていなかったような広帯域アプリケーションであり、様々な反響があった。今後は、AI マシンによる映像認識処理や映像フォーマット変換をサービスチェイニングに組み込む事を目指す。特に映像フォーマット変換は、エッジ部での実用的なアプリケーション提案の 1 つとして映像編集業者の意見収集に努める予定である。また、ブランディングの研究の一環として、学内および地域向けに映像配信・収集・観測をサポート可能な実験インフラ機能の提案を進める。

6. 研究成果の発表

- [1] 君山博之, 丸山 充, 小島一成, 藤井竜也, “推薦論文: 複数クラウドを使った大容量リアルタイム並列分散処理フレームワークの提案,” 情報処理学会論文誌, Vol. 61, No. 12, pp. 1922-1935 (Dec. 2020).
- [2] Hideki Otsuki, Eiji Kawai, Katsuyoshi Setoyama, Hiroyuki Kimiyama, Katsuhiro Sebayashi, Mitsuru Maruyama, “Parallel Monitoring Architecture for 100Gbps and Beyond Optical Ethernet,” The 35th International Conference on Information Networking (ICOIN2021), Theory for Networking, Cloud and Virtualization, 1570666905, Jeju island, Korea & virtual conference, 2021.1.15.
- [3] 丸山 充, 瀬林 克啓, 岩田 一, 小島 一成, 君山 博之, “テストベッドを用いた 8K 超高精細映像処理システムの実現,” 2020 年信学会ソサエティ大会企画講演セッション, BI-7, 最先端 ICT の研究実証を支援するネットワークテストベッド最前線, BI-7-5, 通信講演論文集 2, SS-73-74, オンライン開催, 2020.9.17.
- [4] 瀬林 克啓, 丸山 充, 岩田 一, 小島 一成, 小林 和真, 大槻英樹, 漆谷重雄, 栗本崇, 小原泰弘, 佐野道則, 君山博之, “100Gbps 広域テストベッドを用いた非圧縮 8K 超高精細映像リアルタイムエッジ処理実験の取り組み,” 先端ネットワーク利用に関するワークショップ「ADVNET2020」, オンライン開催, 2020.10.9.
- [5] 小原泰弘, 瀬林克啓, 丸山充, 伊藤匡則, 松本智, 小林和真, “非圧縮 8K 超高精細映像リアルタイム転送を実現するソフトウェアルータを用いた 100Gbps 広域マルチキャストテストベッド実験,” 先端ネットワーク利用に関するワークショップ「ADVNET2020」, オンライン開催, 2020.10.9.
- [6] 石岡朋紘, 瀬林克啓, 樋口駿, 丸山充, 青木弘太, 碓井悟, 藤原達弥, “SRv6 を用いた大容量リアルタイムサービスチェイニングの実現,” 信学技報, vol. 120, no. 186, IA2020-15, pp. 7-10, 2020 年 10 月. 【インターネットアーキテクチャ研究会学生研究奨励賞 受賞】
- [7] 報道発表: 神奈川工科大学が, 世界に先駆けてクラウドやエッジを自在に連携させる 8K 非圧縮ライブ映像編集実験に成功. 2021.02.17

授業形態や災害時のニーズに的確な ICT 環境を提供する 適応型ネットワーク制御技術

研究者名：情報ネットワーク・コミュニケーション学科 瀬林克啓，丸山充

1. 研究の目的

現在、物理的な ICT インフラ（コンピュータとネットワーク）の上に、論理的に独立した仮想 ICT 環境を自動構築構築する技術が進展しており、例えば、大学においては、基盤となる共通 ICT インフラの上に授業毎に異なる要求条件を満足する仮想 ICT 環境を構築することが可能となりつつある。しかしながら、使用者のニーズは時系列的に変化するために、構築時の想定通りに使用者の満足が得られるとは限らず、また、一度構築された仮想 ICT 環境を使用者の満足を得られるように制御することも困難である。さらに、大学は防災拠点としての役割を担うため、災害時には自治体等の災害対策組織と避難住民との情報共有のための ICT 環境の提供も期待されている。

提案者は、災害時に被災地において複数の災害対策組織の用途に応じた ICT 環境を自動構成するシステム開発と実験を行ってきた。本研究はこれらを発展させ、仮想 ICT 環境からリアルタイムに収集した使用状況や使用者の端末操作、学生の課題の進捗度などの多元的な情報から使用者のニーズを把握し、仮想 ICT 環境を適応的に制御するネットワーク制御技術の確立を目指す。

更に、複数の仮想 ICT 環境から収集した多元的な情報から、類似用途の仮想 ICT 環境のネットワークの構成・制御に繋がる“集合知”を導出する技術と、その“集合知”を用いたネットワーク制御アーキテクチャの実現を目指す。

2. 研究の必要性及び従来の研究

従来の研究としては、仮想 ICT 環境技術として、拠点内の仮想ネットワーク構築・制御する SDN コントローラ（Open Daylight, Open Contrail, Ryu SDN Framework 等）、複数の WAN 回線を用いて拠点間の仮想ネットワークを構築・制御する SD-WAN (Software Defined Wide Area Network) コントローラ (Cisco SD-WAN, VeloCloud, Open SD-WAN 等) データセンタの仮想サーバを制御するクラウドコントローラ（OpenStack 等）などがあり、国内外のメーカーとオープンソースコミュニティが連携して開発と普及が進んでいる。しかしこれらは、コストや稼働、利用者への公平性といった運用者の視点で研究が進められている。

本研究は、使用者の“満足度”という「使用者コミュニティの視点」で仮想 ICT 環境

を適応的に制御しようとする点が、これまでの「運用者の視点」の研究と異なる。

また、本研究は、運用者の経験やノウハウが乏しい一般組織の ICT インフラを対象としており、これまで運用経験やノウハウを有する ICT 事業者等の大規模ネットワークを主体に進展してきた仮想 ICT 環境技術に、新たな進展の方向を提示するものである。本研究では、“多元的モニタリング”機能、“集合知”導出機能が仮想 ICT 環境技術の設定記述作成・変更機能を通して、これら既存の仮想 ICT 環境技術の制御を実現する。

3. 期待される効果

社会のいたるところで、ネットワークとクラウド内のコンピュータリソース構成される ICT インフラが不可欠なものとなっている。しかしながら、企業、公官庁、教育機関等の一般組織では担当業務毎に ICT 環境に対する要求条件が異なるため、共通的な ICT インフラで全ての要求を満たすことは困難である。例えば、大学などの教育機関においては、同じ教室用いて特性の異なる多様な科目の授業を実施する。しかし、現在は一様な学内教育用の共通 ICT インフラを用いて実施されるため、全ての授業において、必ずしも学生にとって快適な ICT 環境が提供されているとは限らない。また、教師にとっても授業内容が共通 ICT インフラに制約される場合もある。

これら、用途に応じた ICT 環境の必要性は、大学ばかりでなく、企業、公官庁や自治体等でも同様である。さらに、近年増加している災害時には、教育機関や自治体の施設が避難所などの防災拠点としての役割を果たす。このため、これらの施設では災害時には、平時とは異なり、自治体、災害対策組織、住民間での情報共有のための ICT 環境が必要となる。

このような多様な要求を満たす個別の ICT 環境を、共通 ICT インフラ上に仮想ネットワークと仮想サーバを用いた仮想 ICT 環境として構成する技術として、ネットワーク仮想化技術やサーバ仮想化技術があり、既に多くのネットワーク機器やサーバ OS に仮想化機能として搭載されている。しかしながら、これらの技術の適用先は、現在のところ、クラウドサービスを提供する ICT 事業者等の大規模ネットワークに限られている。

本研究により以下の効果が期待される。

ニーズの多様性と時系列的な変化に対応した ICT サービス提供の実現：

既に ICT 事業者等がクラウドサービスで提供している仮想 ICT 環境は、幾つかのテンプレートをを用いた”レディメイド”の仮想 ICT 環境である。

しかしながら、企業、公官庁、教育機関等の一般組織の ICT インフラで必要とされる仮想 ICT 環境は、担当業務毎に要求条件が異なり、同じ業務でも時間により繁閑の差があり、更に災害時の対応などは通常時とは大きく異なるなど、多様性の点で事業者の仮想 ICT 環境とは大きく異なる。研究により、このような多様性のある”オーダーメイド”の仮想 ICT 環境を構築し、更に時系列的に変化する使用者のニーズに適応的に制御

することが可能となる。

人的リソースの課題の解消：

現在の SDN コントローラやクラウドコントローラは、ある書式で記述された設定内容を対象となるネットワーク機器やサーバに設定するものである。従って、構成時の設定内容は、従来通り、運用者が仮想 ICT 環境の要求条件を分析し作成する必要がある。

また、全ての運用時に起こりうるすべての状況を想定することは困難であるため、運用時において、個々の仮想 ICT 環境の使用状況を把握し、ネットワーク機器やサーバの設定を調整する必要がある。既存技術には、ネットワーク機器やサーバの稼働状況を計測し、運用者にグラフィカルに提示するモニタリング機能が備わっているが、それらは機器個々の物理的・論理的なリソースの使用量でしかない、ネットワーク機器やサーバの設定を適切に調整するためには、計測値から発生している事象を分析し、調整が必要な対象機器を特定し、その機器のパラメータとその設定値を割り出し、設定内容を変更する必要がある。この設定内容の構成時の作成と運用時の変更には、運用者の経験・ノウハウに依存する部分が多い。本研究により、経験豊富な技術者がいない中小規模企業や一般組織の ICT インフラにおいても、ISP やクラウド事業と同等の ICT インフラの運用が可能となる。

4. 研究の経過及び結果・評価

今年度は、“多角的リアルタイムモニタリング”に基づく仮想 ICT 環境の制御」機能の検討として、“多角的リアルタイムモニタリング”機能の検討を中心に検討を進めた。

具体的には、登校自粛により大学での対面授業の機会が減少し、実際の授業での情報収集が困難となったため、大容量映像処理向けリアルタイムサービスチェイニングの実証実験の場を活用し、リアルタイムモニタリング手法を検証した。また、学内からの遠隔授業や学内での遠隔授業の受講の増加に伴い、学内ネットワークでの Zoom の品質劣化が顕在化したことから、その原因の特定のため、学内ネットワークでの Zoom トラヒックの調査の機会を得たことから Zoom の基本特性と分析手法の検討を行い、“多角的リアルタイムモニタリング”の使用状況モニタリングに関する知見を得た。

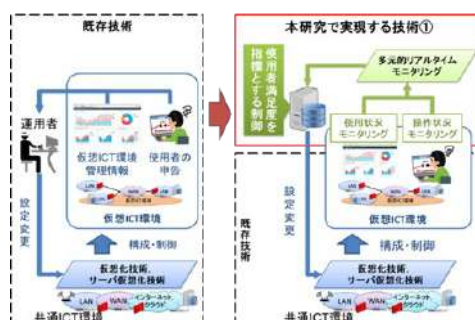


図 1 “多角的リアルタイムモニタリング”に基づく仮想 ICT 環境の制御」機能の検討

5. 今後の計画

今後は、Zoom での遠隔授業と共に対面での実験授業を対象として、“多元的リアルタイムモニタリング”に基づく仮想 ICT 環境の制御機能の検討を進めていく。

(ア) “多元的リアルタイムモニタリング”機能の検討

オンライン授業では、Zoom のログ収集機能で記録した授業中の使用者の行動と今年度構築した Zoom トラフィックデータ収集環境で収集したトラフィックデータから、対面授業では、集中管理型無線 LAN で収集したトラフィックデータから、使用者の“満足度”と相関がある項目を抽出し、満足度を推定・可視化するプロトタイプを作成し、評価を行う。

(イ) 仮想 ICT 環境の設定内容記述を変更する機能の検討

満足度を低下させる要因とネットワーク機器やサーバの使用状況との相関から、調整が必要な制御対象と設定パラメータを特定する手法を検討する。

更に、特定された対象機器に対する設定記述を作成し、元の設定記述から変更する機能のプロトタイプを作成し、評価を行う。

6. 研究成果の発表

- [1] 瀬林克啓・丸山充・岩田一・小島一成（神奈川工科大学）・小林和真（NICT/IPA）・大槻英樹（NICT）・漆谷重雄・栗本崇（NII）・小原泰弘（NTT コミュニケーションズ）・佐野道則（アストロデザイン）・君山博之（大同大学），“100Gbps 広域テストベッドを用いた非圧縮 8K 超高精細映像リアルタイムエッジ処理実験の取り組み”，ADVNET2021，2020 年 10 月 9 日。
- [2] 小原泰弘（NTT コミュニケーションズ）・瀬林克啓・丸山充（神奈川工科大学）・伊藤匡則（協和エクシオ）・松本智（IPA）・小林和真（NICT/IPA），“非圧縮 8K 超高精細映像リアルタイム転送を実現するソフトウェアルータを用いた 100Gbps 広域マルチキャストテストベッド実験”，ADVNET2021，2020 年 10 月 9 日。
- [3] 石岡朋紘・瀬林克啓・樋口駿・丸山充（神奈川工科大学）・青木弘太（ミハル通信）・碓井悟・藤原達弥（古河ネットワークソリューション），“SRv6 を用いた大容量リアルタイムサービスチェイニングの実現”，信学技報，vol. 120, no. 186, IA2020-15, pp. 7-10, 2020 年 10 月。
- [4] 樋口駿，澤亮太，岡本李輝，遠藤秀将，小松太一，瀬林克啓，丸山充，“学内ネットワークにおける zoom トラフィックの調査と提言”，Tを活用した教育研究シンポジウム 2020，2021 年 2 月 17 日。

インテリジェント・パーソナル・モビリティの開発

研究者名：R 科 高橋良彦

1. 研究の目的

本研究では、高齢者が安全に安心してスーパー等に移動できるインテリジェント・パーソナル・モビリティ(電動車椅子)の開発を目的としている。

2. 研究の必要性及び従来の研究

パーソナル・モビリティで高齢者が安全に安心してスーパー等に移動するためには、
(項目 1)デコボコ道でも安全に移動できるシステム
(項目 2)人混みでも安全に移動できるシステム
(項目 3)人間の感性を考慮して安心して移動できるシステム
等が必要となる。

(項目 1)に関しては、通常の電動車椅子は室内の平たん路での移動を前提として設計されており、屋外の踏切や交差点等のデコボコ道は想定されていない。本研究では、自動車の設計手法を用いて、デコボコ道を想定した移動体を設計する。

(項目 2)に関しては、スーパー等人混みで移動する場合、後方が見えずに不安となるケースが多いことから、後方の状況をサーチして利用者に知らせるセンサーフュージョン・システムを開発する。

(項目 3)に関しては、スーパー等人混みで移動する場合、他の人との接触が不安となることから、心理的に不安になる状況の把握を行い、心理的な不安を取り除くシステムを開発する。

3. 期待される効果

デコボコ道でも、人混みでも、高齢者が安全に安心してスーパー等に移動できるインテリジェント・パーソナル・モビリティ(電動車椅子)の開発が可能となる。

4. 研究の経過及び結果

(項目 1)に関しては、ゼロ次試作機の機構部の製作が終わり、簡単な走行実験を開始している。しかしながら、駆動システムの剛性が不十分で、悪路の走行はできていない。機構部の改良を行う。

(項目 2)に関しては、超音波センサーを三個用い、さらにそれを揺動させるセンサーフュージョンシステムを製作し実験を行なった。周囲物体の検知ができるようになった。しかしながら、検知に時間がかかる、さらには検知物体の材質に依存して検知が難しい

場合があること等がわかった。さらに改良を加える。

(項目 3)に関しては、顔の表情から人の動揺等感情を読み取る調査を行っている。人の感情データを基にシステムを制御するアルゴリズムを構築している。

5. 今後の計画

(項目 1)に関しては、機構部の改良を行い、駆動制御システムの設計・製作を行う。

(項目 2)に関しては、センサーフュージョンシステムのソフトウェアの改良を行う。

(項目 3)に関しては、人の感情測定データを蓄積していく。そのデータを利用したシステム制御のアルゴリズムの構築を行う。

6. 研究成果の発表

1. Control of Soap Bubble Ejection Robot Using Facial Expressions, International Journal of Manufacturing, Materials, and Mechanical Engineering (IJMMME), IGI Global, Volume 11, Issue 2, pages 1-16 (2021)

精神科病棟における病棟文化の醸成に関する研究

研究者名：看護学科 柴田真紀、田代誠、前澤尚子

1. 研究の目的

本研究の目的は、精神科病棟でのフィールドワークを用いて、病棟看護師の視点から病棟文化とその醸成のプロセスを明らかにすることである。

2. 研究の必要性及び従来の研究

本研究の意義について、精神科病棟におけるケアの質の確保の重要性、精神科病棟で働く看護師の共感疲労の現状という2つの視点から論じたい。

① 精神科病棟におけるケアの質確保の重要性

現在、日本の精神科医療の現場は、国の施策による病棟機能の再編により入院患者の急性期化が進んでいる。長期入院患者の退院を促進し、病床の急性期化を進めているものの、いまだ長期入院の問題は続いており、ケアの質を確保し、対応することが求められている。

また、日本全体の高齢化の流れに伴い、精神科病棟内においても患者の高齢化が進むとともに身体合併症をもつ患者が増加しており、病棟で働く看護師はその対応に苦慮している現状がある。また、日本全体の看護師不足から人員不足となっている精神科病院もある。このように、急速に変化する精神科医療現場において、ケアの質を確保することは喫緊の課題である。

② 精神科病棟で働く看護師の共感疲労の現状

一方で、そのような精神科病棟を支える看護師の現状はどうであろうか。看護師の仕事が感情労働であることが日本において報告されてから、看護と感情労働に関する研究は少しずつ積み重ねられている。とりわけ精神科看護の領域では、患者との関係性、患者の語りを聴く看護師の体験など、臨床体験からその実態が報告されている。その内容には、患者の痛みや苦しみを看護師も追体験すること（白柿, 2010）、傷ついた患者と密接な距離で相対する看護師にとってその関係そのものが苦痛となり、強い感情的葛藤を引き起こすこと（堀井, 2008）など、看護師の二次的トラウマに関するものもあり、臨床現場での体験が看護師のメンタルヘルスに大きな影響を及ぼしていることが伺える。精神科における看護では、もはや共感疲労は避けて通れない問題であり、病棟文化と深く関連している（柴田, 2016）といえよう。

さらに、精神科看護師のバーンアウトに関する論文（北岡ら, 2004）では、仕事の量的負担や患者との人間関係がバーンアウトに関連する職場ストレスとしてあげられ、業務改善や教育プログラム、サポート体制の整備の必要性など、看護管理者の介入が重要であることも述べられている。

上記のように、看護の質を保証すべき看護師は共感疲労にさらされている。そして、病棟文化および病棟風土が看護ケアに影響を及ぼすことが文献でも明らかにされている（吉浜，2007；安保，2011）。

しかし、フィールドワークを用いた研究は近年報告されておらず、実際にケアの場で看護師と患者・家族、その他の医療関係者の間にどのようなことが起こっているのか、現場に根ざした視点から病棟文化として包括的に描き出し、検討する必要がある。

3. 期待される効果

本研究は、病棟におけるフィールドワークにより病棟看護師の視点から病棟文化とその醸成のプロセスを明らかにすることを目的としている。病棟文化が個々の看護師のケアおよび看護師自身のメンタルヘルスにどのような影響を及ぼしているのかを考察し、精神科病棟に勤務する看護師およびそのケアの質を支えるため必要な要素は何かを明示したいと考えている。

4. 研究の経過及び結果・評価

①フィールドワークの成果

2019年度は、文献レビューおよびフィールドワークを行い、特にフィールドワークにおいては患者同士のピアの力があり病棟内で支えあう姿が見られること、患者同士の自治が成り立っていること、その力を看護師も理解し、患者へのかかわりに反映させていることがうかがえた。

一方、医療スタッフをめぐる病棟文化として、治療プログラムをめぐる職種間の確執がみられた。治療プログラムの一つである認知行動療法は、多職種が連携して運営するプログラムであるが、職種間で日々の仕事内容は異なり、協働する際に職種間の理解のずれが起こることが背景にあった。そこには勤務調整や看護師への業務内容の説明など看護管理職者の介入の影響がうかがえた。

2020年度は、当初の計画では2019年度に引き続きフィールドワークを行う予定であった。しかし、新型コロナウイルスの流行によりフィールドワークができず、研究計画の変更を余儀なくされた。そのため、2020年度前半は、2019年度のデータ整理を行いつつ、研究の焦点化を進めた。

②インタビューの実施

2019年のフィールドワークのデータを整理したところ、上記のように病棟文化には看護管理職者も大きくかかわっていることが推察された。そのため、2020年度は病棟文化の中でも看護管理職者の役割に焦点を当てて研究を行うこととした。具体的には、フィールドワークに出られるようになった11月から、当該病棟の病棟管理職者と病棟看護師を対象に「病棟管理職者に関するインタビュー」を行った。

インタビューに参加してくれたのは12名の看護師で、対象の属性は、当該病棟のス

スタッフ 9 名、管理職者 3 名で、男性 5 名、女性 7 名、年齢は、30 代 2 名、40 代 2 名、50 代 6 名、60 代 2 名であった。

インタビューは病棟内のプライバシーの保てる個室を用いて、研究者と研究参加者の 1 対 1 で、半構成インタビューとした。合計 506 分、平均 42 分であった。インタビューの内容は、参加者の許可を得て IC レコーダに録音し、テキストデータに変換した。

5. 今後の計画

2021 年度は、2019 年度に行ったフィールドワーク、2020 年度に行ったインタビューをもとに、データを統合、分析し、総括する予定である。

柴田は、フィールドワークおよびインタビューのデータについてデータ分析を行うとともに、補足が必要な部分については再度フィールドワークを行い、データの補充を行う。田代は、フィールドワークおよびインタビューのデータについて、精神看護専門看護師の立場からデータ分析を行う。前澤は、公認心理師の立場から、データ分析を行う。

具体的には、フィールドワークおよびインタビューデータをテキストデータに起こし、文脈の理解を行った後、コード化、カテゴリー化を行って、病棟文化を構成する要因について分析する。質的に検討を行っていくため、研究者による分析のほか、質的研究の専門家によるスーパービジョンを受け、分析の妥当性を確保していく。また、精神看護関連の学術集会に参加して近年の精神科病院を取り巻く状況について最新の知見を学び、データ分析に活用する。

6. 研究成果の発表

研究成果は、日本精神保健看護学会にて発表、学会誌に投稿する予定である。

<引用文献>

- [1] 安保寛明(2011).【治療環境としての看護師】精神科病棟が治療的文化をもつために必要なこと, *精神科看護*, 38(9), 14-20.
- [2] 堀井湖浪 (2008). 精神科に勤務する看護師の反省的实践を促すピア・グループに関する実践研究. 日本赤十字看護大学大学院看護学研究科博士論文.
- [3] 北岡(東口)和代・谷本千恵・林みどり他 (2004). 精神科看護者のバーンアウトと職場ストレス要因についての検討. *石川看護雑誌*, 1, 7-12.
- [4] 柴田真紀(2016). 精神科病棟における患者の語りを聴く看護師の感情体験―共感疲労の視点から―, *日本看護研究学会雑誌*, 39(5), 29-41.
- [5] 白柿綾 (2010). その背景にあるもの 患者の「語り」と町のエスノグラフィー. *精神科看護*, 37(10), 12-17.
- [6] 吉浜文洋(2007).【行動制限最小化のための技術】行動制限最小化のための変革-患者をコントロールする病棟文化から、患者と協働する病棟文化へ, *精神科看護*, 34(3), 16-22.

周産期のうつ病をスクリーニング方法の開発

—性ホルモン濃度の変動が脳の認知機能へおよぼす影響の解明—

研究代表者：青木真希子（看護学科）

研究分担者：前山 直美（看護学科）

鈴木 聡（臨床工学科）

高尾 秀伸（ロボットメカトロニクス学科）

小坂 崇之（情報メディア学科）

1. 研究の目的

近年、妊娠中や産後（周産期）における自殺者数が増加し、社会的な問題となっている。その背景には、周産期に発症する抑うつ症状が潜んでいると考えられ、早期に発見し対応することが求められている。現在、周産期うつのスクリーニングにはエディンバラ産後うつ病自己評価スケール（EPDS）が使用されているが、主観評価のため正確性に課題がある。そこで、周産期うつを客観的に評価するために、近赤外分光法（Near-infrared spectroscopy : NIRS）に焦点を当てた。

NIRS は、脳前頭前野の認知機能評価が可能であり、うつ病の補助診断として保険適応されている。しかし、周産期うつの客観的評価として使用した報告はない。それは、周産期うつは、ホルモンの変調によってうつ症状を呈するという見解もあり、評価が難しいとされているからである。そのため、本研究では周産期うつスクリーニングのための評価方法構築のための第1段階として、ホルモン変動が周期的に繰り返される成人女性を対象に性ホルモンと認知機能の関連について検討することを目的とする。

2. 研究の必要性及び従来の研究

周産期うつは、周産期を経験した女性の7人に1人が経験し（Patricia et al., 2007）、有病率は10~20%と通常のうつ病と比較して高い（O'Hara et al, 1988）。周産期うつとは妊娠から出産し育児期にかけて発症するうつ病である。この周産期うつは、虐待や母親の自殺との関連性が指摘され、患者本人だけではなく、胎児やパートナーまで深刻な影響を与える（村瀬, 2017）。そのため、早期に発見し、適切な対応および治療が重要である。

周産期うつスクリーニング方法として最も使用されているのは、エディンバラ産後うつ病自己評価スケール（EPDS）である。これは、自記式質問紙であるため、スクリーニングが均一に実施されていないことが指摘されている。さらに、唾液アミラーゼや尿中ストレスホルモンの有効性が検討されているが、睡眠状態や生活習慣によって影響を与えるという欠点もあり、現状では有効な周産期うつスクリーニング指標は構築されていない。そのため、簡便で正確にスクリーニングできる指標の構築が必要である。

3. 期待される効果

従来、経験が豊富な精神科の医師の経験と臨床症状によって判断されてきた抑うつ症状を、脳の認知機能を反映すると考えられる前頭前野領域の脳血流と個人の体調の指標の1つと考えられる性ホルモン濃度という客観的に計測可能な指数によって、再定義することで、抑うつ状態を客観的に評価できる。周産期うつの原因を従来のうつ病の原因と考えられている労働負荷に加えて、妊娠や出産に伴う女性の社会的環境の劇的な変化（社会的なキャリアの喪失、自己実現の目的の喪失、パートナーとの関係性）などの心理社会的要因と、ホルモンバランスの変調（周期的なプロゲステロンとエストロゲンの変動の変化）による身体的負担であると考えており、身体的負担が脳の認知機能に及ぼす影響を明らかにした上で、周産期うつ時の脳認知機能の計測から、NIRSによって周産期うつを鑑別できると考える。これにより、産後うつを含む周産期うつの早期発見・早期治療が可能となる。

また、ジェンダー平等を実現することがSDGsの達成目標の一つとして掲げられており、2016年「女性の活躍促進のための開発戦略」が発表された。女性の活躍の場はますます幅広くなっている一方、周期的な女性ホルモンによる月経周期によって心身の症状を抱える女性は多い。性ホルモンと認知機能の相関では、月経前症候群（PMS）への応用も可能となり、基礎体温に代わるセルフケアデバイスの開発など、すべての女性のWell-beingのための提案となると考えている。

4. 研究の経過及び結果・評価

一般女性を対象とし、黄体期および卵胞期における唾液ホルモン（プロゲステロン、エストラジオール）濃度とNIRSによる前頭前野領域の脳血流の計測を行なった。一般女性のPMS症状を有する群と症状がない群に分けて、ワーキングメモリ課題遂行中の脳血流の比較を行い、黄体期のPMS群では低賦活状態であることが明らかとなった。これは、PMS症状を有する女性は黄体期に認知機能が低下することを表している。また、周産期女性における認知機能評価のための予備検討として、妊娠中と出産後の2フェーズにある女性への縦断的調査及び30代非妊婦との唾液ホルモン（プロゲステロン、エストラジオール）濃度とNIRSによる前頭前野領域の

脳血流を比較する予定であった。しかし、妊娠 30 週時点での妊婦 2 名および 30 代非妊婦 2 名の計測はできたものの、COVID-19 の影響により産後の計測は実施できず、妊娠後期の妊婦と非妊婦の比較となった。その結果、妊娠後期の妊婦の脳血流は非妊婦と比較して低賦活である傾向が示された。

以上から、PMS 症状を有する女性および妊娠後期の妊婦において、認知機能の低下を NIRS による脳血流の低下として検出できる可能性が示唆された。

5. 今後の計画

今回の結果から、PMS 症状を有する女性および妊娠後期の妊婦における認知機能の低下が明らかとなった。今後は、認知機能のみならず自律神経など多角的な評価を行い、PMS や周産期女性の生体信号による特徴を明らかにしていく。さらに、芳香成分による認知機能の改善についての検討や対処方法の確立を目指している。

6. 研究成果の発表

海外ジャーナルへ投稿中である。発表は以下の通り。

- 1) 青木真希子, 鈴木聡, 高尾秀伸. (2020). 客観的周産期うつ診断法を目指した NIRS による認知機能評価—妊娠による認知機能への影響—. 第 61 回日本母性衛生学会総会・学術集会. オンライン開催
- 2) 青木真希子, 鈴木雅登, 鈴木聡, 青山真悠子, 内藤紀代子, 所恭子, 今野和穂, 海野多栄子, 岡山久代. (2020). 黄体期における月経前症候群を示す女性の気分と N-back 課題遂行能の特徴. 第 8 回看護理工学会学術集会. オンライン開催.

プロセッサ負荷連動アダプティブ電源制御による計算機電源エネルギー効率および性能の改善

研究者名： 臨床工学科 氏名 河口進一

1. 研究の目的

本研究の目的は計算機プロセッサ内のデータ処理状況を活用することによる、プロセッサ電源での電力損失削減と負荷変動応答性能の向上である。

2. 研究の必要性及び従来の研究

脱炭素社会に向けた省エネルギー化を目指し様々な研究開発が進められている。特に IoT、スマートフォン、サーバなどの情報機器が消費する電力は今後も増加が予想され、その省電力化は極めて重要な課題である。これまでもプロセッサ等、情報機器内の主要デバイスでの消費電力削減や各モジュールでの効率化による省電力化が進められて来た。

一般的な計算機でアプリケーションを実行するプロセッサでは、入出力 (I/O) アクセス等により、図 1 の通り低負荷となる時間が多くを占める。一方、プロセッサの電源では図 2 のように低負荷領域において効率が急激に悪化する。実運用において、低負荷である時間が多くを占めるため、トータルとしては大きな電力損失につながる。従って、計算機の実際の運用に対応する電源の効率化を図り電力損失を削減することが強く求められる。

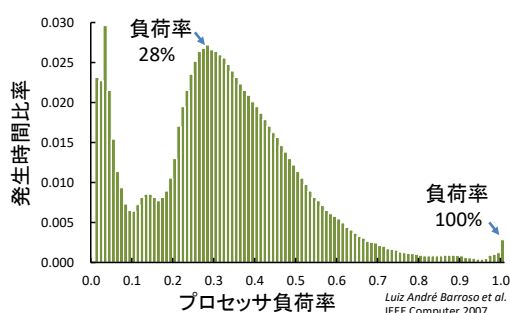


図1 データセンタでのプロセッサ負荷率

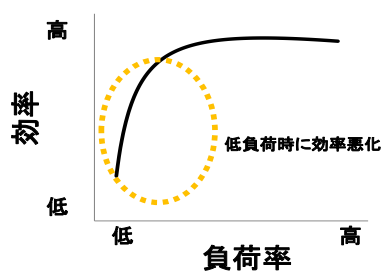


図2 電源効率曲線

低負荷時のプロセッサ電源の効率を改善する取組みとして、複数の電源ユニットが並列稼働する構成を取り、負荷に応じて稼働ユニット数を制御する取り組みが行われてきた。また、電源効率化に向けて高度な機能実現が見込まれるデジタル制御電源につ

いても国内外で盛んに研究がおこなわれている。デジタル制御では出力電流検出において AD 変換を伴い、この遅延が大きな課題とされてきた。この問題に起因して上記の電源稼働ユニット数の動的かつ迅速な変更も難しい状況であった。本研究はプロセッサ負荷を電源制御の 1000 倍以上高速にデジタル情報としてプロセッサから直接取得し、ディープラーニング (AI 手法) によりプロセッサ負荷電力を予測する。AD 変換を伴わず負荷電力を早期に推定することで、従来の電源出力部の電流検出では得ることが難しい速度で電力負荷情報取得を可能とするものである。従来の電源制御は電力供給部を境界として課題の解決を目指していた。具体的には電源出力部で電圧、電流を計測し、負荷に応じて並列構成を変更して電源効率化を図る手法等である。さらに個別デバイスの低損失化での効率向上が取り組まれてきた。本研究はプロセッサ内部動作も含めた電源システム全体での最適制御による電力損失削減という課題解決を目指している。

3. 期待される効果

本研究では負荷電力推定との電源制御連動という新たな概念を確立することで、情報システムにおける電力供給技術での省電力化に向けた新たな解を創造し、電力損失のさらなる削減を目指す。また、負荷を含めた全体システムでの電源技術をさらに発展させることで従来のアプローチでは得ることが困難であった新たな価値をもたらす研究になることが期待できる。

4. 研究の経過及び結果・評価

プロセッサ動作に連動させた電源効率制御を行う手法 (Kawaguchi, Yachi IEEE Trans. on Industry Applications 2016) により、電源での電力損失が平均 25%削減できることをシミュレーションで示した。これらの概念に対して、2020 年度学内研究資金配分での研究では、プロセッサ負荷連動アダプティブ電源制御における負荷電力予測向上においてニューラルネットワークの応用を目指した。プロセッサ電力負荷予測に適するニューラルネットワークの基礎となる構成を検討した。実証用の GPGPU 演算コアを搭載する計算機およびニューラルネットワークのシミュレーションのソフトウェア環境を構築し、アダプティブ電源制御に向けたネットワークトポロジーの適性調査や負荷電力予測精度の検証を進めた。その結果、試行したニューラルネットワークにより実験用計算機ハードウェア環境に搭載されるプロセッサでの実消費電力値に対して、極めて細かな時間分解能で RMS 誤差として 5%未満での予測精度が実現できることが示された。

ニューラルネットワークを用いた負荷電力予測において、期待される精度が得られたことから、本予測方式を用いて、プロセッサ負荷連動アダプティブ電源制御によるプロセッサ電源での電力損失をさらに削減させることが見込めることが明らかになった。

5. 今後の計画

2020年度での研究において基礎的に検討された電力予測方式での検証結果を踏まえ、さらに多くの条件での検証を進める。電源応答性能向上という視点での電力予測検討にも着手する。また実電源制御への応用の準備として本方式のハードウェア実装手法の検討を開始する。これらの結果から、プロセッサ負荷連動アダプティブ電源制御への組み込み技術確立への検討につなげる。

6. 研究成果の発表

現在、2020 年度学内研究資金配分での研究成果に基づく特許出願を準備中である。また本研究成果に関して、国際会議 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (Vancouver, Canada 2021 年 10 月 10 日開催)での論文発表が受理されている。