

1-8 知能計測工学研究センター活動報告

知能計測工学研究センター長 栗田 耕一
所員 竹田 史章, 廿日出 好, 佐々木 愛一郎

1. 令和 5 年度活動報告

知能計測工学研究センターは平成 30 年 4 月に設立された新しい研究センターである。近年の計測解析技術やインターネット・クラウド技術の進歩により, IoT (Internet of Things) の構築が加速されている。即ち, モノ (物) がインターネットに接続され, インターネットを介して情報のやり取りがなされることにより新しい価値が創造されようとしている。本研究センターでは情報処理技術を駆使したアプリケーション開発や環境・生体の情報をセンシングして解析する技術の開発に取り組む。さらに, 検出したデータを価値あるインテリジェンスに変える AI 技術とその応用技術の開発に取り組む。また, 地域や企業への IoT 実装の貢献と人材育成も進める。

(1) 超高感度静電誘導電流検出技術を用いた人体動作の非接触検出と識別に関する研究

片麻痺歩行動作を模擬した歩行動作により誘起される微弱な静電誘導電流を検出することにより, 非接触で歩行動作を検出し, 模擬片麻痺歩行の不自由の程度を識別する研究を実施した。片麻痺不自由歩行を模擬した 4 つのタスクの歩行運動により誘起される静電誘導電流波形を非接触で計測し深層学習により, 歩行動作の識別を試みた。その結果, 歩行の不自由の程度を約 90%の精度で識別可能であることを明らかにした。また, 検出された歩行波形を被験者間で比較することにより, スカログラムのパターンには個人固有の特徴があることが分かった。また, 本年度は非接触で脈波を検出する技術を開発した。マイクロ分光器を用いた脈波の計測を行い, 従来法では不可能だった血压波や脈波に生じる「うなり」を非接触で検出する技術を確立した。さらに, 脈波波形をウェーブレット変換することによりスカログラムを得た。このスカログラムを学習データとして深層学習を行い, 個人の識別が可能であることを明らかにした。

(2) AI 応用による知的認識・識別技術に関する研究

AI による機械学習での機能の自己組織化 (識別, 予測, 判断, 認識, 修正制御機能などを自動獲得) の研究を実施しています。特に, 独自 AI 基本モジュールをマイクロコンピュータからスーパーコンピュータまでの広域なコンピュータ環境で動作させてきた実績を有しています。ATM, 医療画像認識, 工業製品検査, 魚類・野菜などの自然物の検査とグレーディング, さらに, 自律制御ドローンやセンサ駆動型知的搬送制御など多方面に展開しています。それらの殆どが産業界からのニーズであり, その解決手段に対して大学研究シーズを独自にカスタマイズして提供しています。

(3) 高感度磁気センサを用いた非破壊検査・環境計測に関する研究

超高感度磁気センサである高温超伝導 SQUID を磁歪式超音波ガイド波送受信器と組合せた, 配管や板材のためのガイド波検査技術を開発している。令和 5 年度は, 配管の磁性を利

用した完全非接触ガイド波試験技術のブラッシュアップを行い、一般に使用される 3.4 mm の STPG370 配管において、ガイド波試験により非接触で断面欠損率 10%程度の欠陥検出の可能性を示した。また、厚さ 20 mm の保温材の上からでも検査できる可能性を示した。鉄鋼板を対象とし、電磁石 2 個を直交して組み合わせたプローブを用いて、ガイド波試験を実施して欠陥の位置検出を行い、同プローブを用いた渦電流により欠陥詳細情報を取得する、移動台車にプローブを搭載した移動式非破壊検査装置を開発した。また、高温超伝導 SQUID と渦流探傷試験(ECT)プローブを組み合わせた検査装置のプローブを、ロボットアームで保持し、金属 3D プリント造形した配管に添わせてスキャン検査できる非破壊検査装置・技術を開発している。その他、AI 中の深層学習(Deep Learning)を応用して、超音波画像の中の欠陥信号を自動検出する技術、超音波画像から配管管内部を自動推定する技術、ドローンに搭載した高感度フラックスゲート磁気センサによるリモート環境磁気計測技術を開発した。また、液中の異物検出技術開発、渦流探傷試験によりに得られた磁場マップをメタバース内で可視化・具現化する技術に関する初期検討を行った。

(4) 電界・磁界を利用した知的センシングシステムに関する研究

電磁界を制御・計測する技術と機械学習を組み合わせ、近距離通信や非接触認証に応用可能な知的センシングシステムの研究を行っている。

現在は電界を利用したテーマとして、人体通信の研究に取り組んでいる。人体通信では、ユーザの携帯端末から発せられたデータ信号は、電界として人体表面を伝搬し、そのユーザが触れた別の端末によって受信される。しかし人体表面を伝搬する電界は、ユーザ周囲に存在する第三者の人体にも容易に伝播してしまうため、誤送信によるセキュリティの低下が問題であった。このような問題に対し、我々は受信信号から誤送信信号を識別する手法を提案し、機械学習によってこのような識別が可能であることを実証した。またインパルス信号を利用することで、識別速度が格段に向上することを確認した。

磁界を利用したテーマとしては、端末位置推定の研究に取り組んでいる。ユーザが携帯する端末の位置を知るには、端末が発した磁界を複数のセンサで検出し、そのセンサ信号を基に端末位置を計算する必要がある。我々は機械学習を用いてこのような計算を行う方法を定式化し、従来法に比べて高精度かつ短時間で計算可能であることを数値計算によって示した。さらに磁界式位置推定システムを構築し、機械学習によって端末位置推定が可能であることを原理実験により確認した。

2. 共同研究 (9 件)

1) 竹田 史章：

- ① 大手機械メーカー，“セラミックス球体の表面欠陥を自動認識する技術の開発”
- ② 自動車部品（金属部品）メーカー，“AI 実証検査システム構築の為のシステム設計と複数部品に対する汎用化のプログラム改造指導及び機能検証”
- ③ 自動車部品（金属部品）メーカー，“AI を用いた養殖魚の食欲検知システムの構築及び設計”
- ④ 自動車部品（金属部品）メーカー，医療福祉関連商社，“AI による浴室内挙動検知システムを用いた見守り支援システムの構築及び設計”

⑤ 大手機械メーカー，“自社製コネクタ類外観検査への AI 活用知見と技術指導”

2) 廿日出 好：

- ① 大手分析企業・非破壊検査企業，「プロトタイプソフトの改変作業」，2023 年 7 月～2024 年 3 月
- ② 成長型中小企業等研究開発支援事業（Go-Tech 事業），「油中微粒子の組成をリアルタイムに計測する掌サイズのプロアクティブセンサの開発」，主たる研究等実施機関：トライボテックス株式会社，従たる研究等実施機関：近畿大学（研究代表者：廿日出好），令和 5 年 7 月～令和 8 年 3 月。
- ③ 非破壊検査企業，「非破壊検査データを活用したプラント機器の可視化に向けた予備検討」，令和 5 年 2 月 5 日～令和 6 年 3 月 31 日。

3) 佐々木 愛一郎：

- ① 電気機器メーカー，“電磁界の効率的な生成に関する技術指導”，2023 年 4 月～2025 年 3 月

3. 主要な研究業績

(1) 著書（2 件）

- ① 竹田史章，“食品製造プロセスにおける AI・センサデータの活用方法とその実践例”” 技術と活用事例集 株式会社技術情報協会 2023 年 6 月発刊 p310～p324
- ② 竹田史章，“食品業界における検品・選別作業の自動化について” -コーヒー豆の異物検査と焙煎のグレーディングおよび球体食品・食材を前提とした全面撮像機構- FOOMA 技術ジャーナル 一般社団法人 日本食品機械工業会

(2) 論文（8 件）

- 1) 大輪 凌平，岡田 亘平，廿日出 好，「CFRP を対象とした新磁歪材料を用いた超音波ガイド波試験技術の開発」，非破壊検査（日本非破壊検査協会機関誌），2023 年 12 月 15 日論文投稿。
- 2) 岡田 亘平，大輪 凌平，廿日出 好，「円筒形電磁石を用いた STPG370 配管のガイド波試験技術の開発」，日本 AEM 学会誌，Vol.32，No.1（2024 年 3 月に掲載決定）。
- 3) 廿日出好，杉内栄夫，「SQUID 磁気センサと ECT プローブを組み合わせた伝熱管の非破壊検査」，IEEJ Journal, Vol. 143, No. 6, pp.331-334, Jun. 2023.
- 4) Wenxu Sun, T. Kasa, Y. Hatsukade, M. Yonehara, T. Ikeshoji, and H. Kyogoku, “Quality Assessment of SUS316L Fabricated by Metal Additive Manufacturing with Eddy Current Inspection”, NDT and E International, Vol. 138, p102901, Jun. 2023.
- 5) T. Kasa, W. Sun, Y. Hatsukade, M. Yonehara, T. Ikeshoji, and H. Kyogoku, “Eddy Current Testing Based Non-destructive Inspection for Metal 3D Additive manufacturing Objects with HTS-SQUID”, IEEE Transaction on Applied Superconductivity, Vol.33, No.5, p.1600504, Aug. 2023.
- 6) W. Sun, T. Kasa, Y. Hatsukade, T. Sugiuchi, and H. Nishida, “A Novel Method for Creep Life

Assessment of Super 304H Boiler Tubes Based on HTS-SQUID Gradiometer”, IEEE Transaction on Applied Superconductivity, Vol.33, No.5, p.1601005, Aug. 2023.

- 7) W. Sun, T. Kasa, Y. Hatsukade, T. Sugiuchi, and H. Nishida, “Development of an HTS-SQUID Based Non-destructive Evaluation System for Boiler Tubes On-site Inspection in USC Thermal Power Plant”, IEEE Transaction on Applied Superconductivity, Vol.33, No.5, p.1600605, Aug. 2023.
- 8) 佐々木愛一郎, 坂明憲, “利得・位相情報を利用した人体通信チャネルの2クラス分類,” 近畿大学次世代基盤技術研究所報告, vol. 14, pp. 71–76, Dec. 2023.

(3) 国際会議発表 (4 件)

- 1) Y. Takemoto, S. Sadahiro, Y. Hatsukade, “Development of Magnetic Measurement and Source Localization System with a Drone and AI - Aiming for Application to Magnetic Material Detection -”, Proceeding of PEM2023, PEM2023-T5, pp.55-58, 5th International Workshop on Photonics applied to Electromagnetic Measurements, Nov. 28, 2023, contributed oral.
- 2) K. Okada, R. Ohwa, Y. Hatsukade, “Novel Magnetostrictive Guided Wave Testing for STPG370 Pipes Using HTS-SQUID”, 16th European Conference on Applied Superconductivity(EUCAS2023), 3-EP-AS-03S, Sep, 6, 2023, Bologna, Italy, contributed poster.
- 3) A. Sasaki, “Machine-learning approach to short-range sensing and communications with reactive near fields,” Workshop on Advances in Photonics, ETRI, Daejeon, Korea, Aug. 28–29, 2023. (Invited)
- 4) K. Miyaji and A. Sasaki, “Improvement of prediction accuracy of magnetic field-based positioning with a high-isolation relay circuit,” Proc. 5th International Workshop on Photonics applied to Electromagnetic Measurement, Sapporo, Hokkaido, Japan, Nov. 28–29, 2023, T-4, pp. 51–54. (Student Best Presentation Award)

(4) 学会発表 (17 件)

- 1) 平野 勝大, 栗田 耕一, “超高感度静電誘導センサと深層学習を用いた模擬片麻痺歩行動作の非接触識別技術の開発”, 2023年度(第74回)電気・情報関連学会中国支部連合大会, R23-24-02, (2023年10月28日)
- 2) 山方 駿輔, 栗田 耕一, “非接触分光血圧波検出技術を用いた腹式呼吸が血圧波形状に及ぼす影響の評価”, 2023年度(第74回)電気・情報関連学会中国支部連合大会, R23-14-03, (2023年10月28日)
- 3) 平野 勝大, 栗田 耕一, “超高感度静電誘導と深層学習による負荷歩行動作識別システムの開発”, 第32回計測自動制御学会中国支部 学術講演会, 3D-5, pp. 111 - 112, (2023年11月25日)
- 4) 山方 駿輔, 栗田 耕一, “非接触分光血圧波計測と深層学習による自律神経評価のための新たなアプローチ”, 第32回計測自動制御学会中国支部 学術講演会, 3C-2, pp. 95 - 96, (2023年11月25日)

- 5) 栗田耕一, “超高感度静電誘導センサと AI を用いた模擬片麻痺歩行動作識別技術”, 令和 6 年電気学会全国大会 K308-C2,3-101 (2024 年 3 月 16 日)
- 6) 田中大地, 竹田史章, “ニューラルネットワークによるコーヒー豆類の焙煎度判定手法の提案” システム制御情報学会 (2023年5月16日)
- 7) 森啓吾, 竹田史章, “豆類を対象としたAIによる異物選別システムの提案” システム制御情報学会 (2023年5月16日)
- 8) 池上祐哉 竹田史章, “ベアリングボールを対象としたAI検査システムの提案” システム制御情報学会 (2022年5月19日)
- 9) 叶悠人, 竹田史章, “豆類を対象としたAIによる焙煎レベルの判定システムの提案” システム制御情報学会 (2023年5月16日)
- 10) 十九百淳, 竹田史章, “AI及び画像処理によるセラミックボール全面検査システムの提案” システム制御情報学会 (2023年5月19日)
- 11) 清水翔太 竹田史章, “豆類を対象とした異物選別における非線形選別手法の提案” システム制御情報学会 (2023年5月19日)
- 12) 山内隆聖 竹田史章, “金属部品を対象とした複数分割撮像によるAIマルチテンプレート外観検査システムの提案” システム制御情報学会 (2023年5月19日)
- 13) 貞廣 直, 中島 空, 廿日出 好, “管断面超音波画像を対象とした AI 解析に対する Seg-Grad-CAM の適用”, 第 31 回超音波による非破壊評価シンポジウム, 2023 年 1 月 23-24 日, 東京, 口頭発表
- 14) 貞廣 直, 中島 空, 廿日出 好, “配管の超音波画像を対象とした AI による解析と検査支援システムの開発”, 第 11 回院生サミット, 要旨集 p94-95, 2023 年 8 月 31 日, 近畿大学広島キャンパス, ポスター発表
- 15) 岡田 亘平, 大輪 凌平, 廿日出 好, 「円筒形電磁石を用いた STPG370 配管のガイド波試験技術の開発」, 第 35 回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム (SEAD35)、予稿集 OS4-2-1, 2023 年 6 月 14 日、広島国際会議場、広島、口頭発表
- 16) 大輪 凌平, 岡田 亘平, 笠 友樹, 廿日出 好, 「同一プローブを用いた磁歪式ガイド波試験と渦電流探傷試験を行う非破壊検査技術の開発」, 第 35 回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム (SEAD35)、予稿集 OS4-2-2, 2023 年 6 月 14 日、広島国際会議場、広島、口頭発表
- 17) 佐々木愛一郎, “中間周波帯信号の評価と光応用電磁界計測,” 2024年電子情報通信学会総合大会 依頼シンポジウム「光応用電磁界計測の現在、そしてこれから」, BI-10-05, 広島大学, 2024年3月7日.

(5) 講演 (3 件)

- 1) 竹田史章, “食品製造工程に使用される画像処理及び AI 応用技術の現状と今後,” (2023 年 4 月 13 日) 日本食品工業倶楽部 大阪支部
- 2) 竹田史章, “食品業界における検品・選別作業の自動化について”(2023 年 6 月 7 日) 日本食品機械工業会
- 3) 竹田史章, “食品製造工程に使用される画像処理及び AI 応用技術の現状と今後” (2023

年 7 月 23 日) 日本食品業倶楽部 東京支部

(6) 特許出願 (3 件)

- 1) 竹田 史章
- ① 企業との共同出願, 出願番号: 特願 2023-019812
- 2) 廿日出 好
- ② 企業との共同出願, 出願番号: 特願 2023-117949
- ③ 大学単独出願, 出願番号: 特願 2023-090814

4. 外部資金獲得 (12 件)

- 1) 栗田 耕一: 文部科学省科学研究費, 基盤研究(B) 2021 年度~2023 年度 (代表者)
- 2) 竹田 史章: 共同研究費, 5 件
- 3) 廿日出 好: Go-Tech 事業
- 4) 廿日出 好: 受託研究費, 2 件
- 5) 廿日出 好: 文部科学省科学研究費, 基盤研究(C) 2022 年度~2024 年度 (代表者)
- 6) 佐々木 愛一郎: 受託研究費, 1 件
- 7) 佐々木 愛一郎: 文部科学省科学研究費, 基盤研究(C) 2023 年度~2025 年度 (代表者)

5. 学外兼務業務

- 1) 栗田 耕一: Scientific Committee Member of SENSORSMEET2023
- 2) 廿日出 好: 電気学会中国支部 協議員
- 3) 佐々木 愛一郎: 電子情報通信学会 光応用電磁界計測特別研究専門委員会 委員長
- 4) 佐々木 愛一郎: 電子情報通信学会 和文論文誌 B 編集委員
- 5) 佐々木 愛一郎: 2024 年電子情報通信学会総合大会 企画セッション オーガナイズ
- 6) 佐々木 愛一郎: 広島県 EMC 研究会 理事
- 7) 佐々木 愛一郎: Chair of 5th International Workshop on Photonics applied to Electromagnetic Measurement (PEM2023)
- 8) 佐々木 愛一郎: Technical Advisor of 2023 IEICE International Conference on Emerging Technologies for Communication (ICETC 2023)

6. その他

- 1) 竹田 史章, 2023 年度 企業等の技術指導・技術相談 (1 件)
- 2) 廿日出 好, 2023 年度 企業等の技術指導・技術相談 (3 件)