

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4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

歩行運動や椅子への着座・退座動作などの人体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, 非接触で人体動作を検出し, 人体動作に識別を行なう研究を実施した。検出した波形をウェーブレット変換することにより得られたスカログラムを得た, この結果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, スカログラムを用いた深層学習を行うことにより個人識別や歩行動作の不自由度を推定することが可能であることを明らかにした。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圧波や脈波に生じる「うなり」を非接触で検出する技術を確立した。さらに, 検出した波形をスカログラム化して深層学習を行うことにより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4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欠陥検出の可能性あることを示した。また、磁歪効果が従来のニッケルより大きな FeCo 系新磁歪材料を導入した、鉄鋼板に適用できるガイド波試験技術を開発した。一方、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配管および金属 3D プリント造形品の非破壊検査装置・技術を開発し、装置の検出限界および技術の実用性を実証した。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肉部を自動推定する技術、ドローンに搭載する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

電界や磁界を制御・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原理実験により示した。

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実験で示した。

2. 共同研究 (12 件)

1) 竹田 史章：

- ① 自動車部品 (プラスチック部品) メーカー, “人工知能を用いた樹脂系部品の状態判定システムの水平展開に対するシステムの改造指導”
- ② 大手食品メーカーA, “(a)人工知能を用いた甲製品 (豆入りチョコレート菓子) の不良品選別検査に関わる検知システムの調査研究, (b)スマートファクトリー構想実現に向けたエッジソリューション調査研究」(継続)”
- ③ 大手食品メーカーB, “コーヒー生豆選別装置用およびコーヒー炒豆自動炒上装置用 AI 検査システムの開発”
- ④ 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”
- ⑤ 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プログラム改造指導及び機能検証”
- ⑥ 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”
- ⑦ 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”

⑧ 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”

2) 廿日出 好：

① 大手分析企業・非破壊検査企業，「IRIS のスキャンマップの AI 画像解析」，2022 年 4 月～2023 年 3 月．

② NEDO，カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／次世代火力発電基盤技術開発／石炭火力の負荷変動対応技術開発／ボイラクリープ疲労損傷の高精度余寿命診断技術開発，研究代表者：西田秀高（中国電力株式会社），委託テーマ⑥「HTS-SQUID 非破壊検査システム開発及びマスターカーブ作成」に関する研究代表者：廿日出 好（近畿大学），令和 2 年 7 月 7 日～令和 5 年 3 月 31 日．

③ 設備検査企業，「高感度磁気センサを用いたセンシング技術の研究」，令和 5 年 3 月 15 日～令和 5 年 5 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”，2022 年 4 月～2023 年 3 月．

3. 主要な研究業績

(1) 著書（1 件）

① 竹田史章，“AIによる一次，二次産業製品検査の自動化の具体的事例” 機会学習・ディープラーニングによる”異常検知”技術と活用事例集 株式会社技術情報協会 2022.12.27 発刊書籍収録 p442～p458.

(2) 論文（4 件）

- 1) Koichi Kurita, A Non-Contact and Real-Time Measurement Technique of Human Body Potential Using Electrostatic Induction Current Accompanied by Human Body Motion, Sensors, 22(19), 7161, 2022.
- 2) K. Watanabe, K. Okada, S. Masumitsu, T. Munkhnyam, W. Sun, Y. Hatsukade, Y. Shoyama and A. Tomotoshi, “Guided Wave Transceive Technique Using Magnetostrictive Effect of STPG370 Pipe itself and High-Temperature Superconductor SQUID”, IOP Conf. Series: Journal of Physics, Vol. 2323, p.012027, Aug. 2022.
- 3) A. Sasaki and A. Ban, “Nearest neighbor classification of binary channel states for secure human body communication,” IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. 71, Sep. 2022, Art. no. 2519314.
- 4) A. Sasaki and K. Fukushima, “Machine-learning approach for solving inverse problems in magnetic-field-based positioning,” IEICE Trans. Fundamentals, vol. E105-A, no. 6, pp. 994–1005, Jun. 2022.

(3) 国際会議発表 (6件)

- 1) Y. Hatsukade, K. Okada, T. Munkhnyam, R. Ohwa, and W. Sun, “Ultrasonic Guided Wave Testing for Pipes using HTS SQUID”, 35nd International Symposium on Superconductivity (ISS2022), ED2-1-INV, Nov. 29, 2022, Nagoya, Japan, invited oral.
- 2) T.Munkhnyam, K.Okada, R.Ohwa, W.Sun, and Y. Hatsukade, ”Development of Guided Wave Inspection Technique Using Novel FeCo-based Magnetostrictive Material for CFRP Plates”, The 43nd Symposium on Ultrasonic Electronics(USE2022), 2E1-4, Nov.8, 2022, Kyoto, Japan, contributed oral.
- 3) 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”, Applied Superconductivity Conference 2022 (ASC 2022), 4EPo1D-02, Oct. 27, 2022, Honolulu, USA, contributed poster.
- 4) 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”, Applied Superconductivity Conference 2022 (ASC 2022), 4EPo1D-03, Oct. 27, 2022, Honolulu, USA, contributed poster.
- 5) 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”, Applied Superconductivity Conference 2022 (ASC 2022), 4EPo1D-04, Oct. 27, 2022, Honolulu, USA, contributed poster.
- 6) A. Sasaki, “Machine learning for sensing and communications with reactive near fields,” Int. Congr. AI & Machine Learning, online, Aug. 3, 2022.

(4) 学会発表 (22件)

- 1) 栗田耕一, “超高感度静電誘導センサと AI を用いた負荷歩行動作の識別技術”, 日本機械学会 第34回バイオエンジニアリング講演会, 2P4-01, (2022年6月26日)
- 2) 川原宗央, 山方駿輔, 栗田耕一, “マイクロ分光器を用いた非接触血圧変動検出技術の開発”, 2022年電気学会 電子・情報・システム部門大会講演論文集, PS1-6, (2022年8月31日)
- 3) 矢野大靖, 平野勝大, 栗田耕一, “静電誘導センサと AI を用いた腕振りの程度が歩行動作に及ぼす影響の評価技術”, 2022年電気学会 電子・情報・システム部門大会講演論文集, PS2-6, (2022年8月31日)
- 4) 山方駿輔, 川原宗央, 栗田耕一, “分光脈波計測システムを用いた脈波中の個人固有のうなりの検出とAIによる個人識別”, 2022年度(第73回)電気・情報関連学会中国支部連合大会 R22-23-04, (2022年10月22日)
- 5) 平野勝大, 矢野大靖, 栗田耕一, “超高感度静電誘導センシング技術を用いた負荷歩行動作の非接触識別手法の開発”, 2022年度(第73回)電気・情報関連学会中国支部連合大会 R22-15-08, (2022年10月22日)
- 6) 川原宗央, 山方駿輔, 栗田耕一, “追尾装置を搭載した分光計測システムを用いた脈波と血圧波の非接触センシング技術”, 2022年度(第73回)電気・情報関連学会中国支部

連合大会 R22-14-02, (2022年10月22日)

- 7) 栗田耕一, “超高感度静電誘導センサを用いた腕振り動作が歩行に及ぼす影響の識別技術”, 日本機械学会シンポジウム: スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス2022, B-3-2, (2022年11月3日)
- 8) 山方駿輔, 川原宗央, 栗田耕一, “非接触分光血圧波計測と深層学習による脈波識別技術の開発”, 第31回計測自動制御学会中国支部学術講演会, 1A-4, (2022年11月26日)
- 9) 平野勝大, 矢野大靖, 栗田耕一, “超高感度静電誘導と深層学習を用いた不自由歩行動作識別技術の開発”, 第31回計測自動制御学会中国支部学術講演会, 1A-5, (2022年11月26日)
- 10) 池上祐哉, 竹田史章, “セラミックボールベアリングを対象とするAIを用いた全面検査システムの提案案” システム制御情報学会 (2022年5月18日)
- 11) 叶悠人, 竹田史章, “焙煎豆類のレベル判定におけるAI感性判断による知的要素技術の提案” システム制御情報学会 (2022年5月19日)
- 12) 佐々木優也, 竹田史章, 菅野明弘(UCC), 藤原明宏(UCC), “AIによる感性判断を具体化したコーヒー豆類の自動検査システムのハードウェアとソフトウェア” システム制御情報学会 (2022年5月19日)
- 13) 福田大河, 竹田史章, “スマートファクトリーを想定したAI製菓状態判定システムの提案” システム制御情報学会 (2022年5月19日)
- 14) 森啓吾, 竹田史章, 菅野明弘(UCC), 藤原明宏(UCC), “豆類を対象とした異物選別における知的要素技術の提案” システム制御情報学会 (2022年5月20日)
- 15) 増満征士, 貞廣直, 孫文旭, 廿日出好, “高感度ベクトル磁気センサとドローンを用いた磁気計測・信号源推定システムの開発”, 2023年第70回応用物理学会春季学術講演会講演予稿集, 18a-D209-14, p.01-120, 2023年3月18日, 上智大学 (ハイブリッド, オンライン).
- 16) MUNKHNYAMTEMUULEN, 平岡友也, 岡田亘平, 大輪凌平, 孫文旭, 廿日出好, “FeCo系新磁歪材料を用いたラム波によるCFRP板の欠陥検査”, 日本非破壊検査協会超音波部門 第30回 超音波による非破壊評価シンポジウム, 2023年1月25日.
- 17) 岡田亘平, 上田倫太郎, MUNKHNYAMTEMUULEN, 孫文旭, 廿日出好, “U字型パーメンダー電磁石と高温超伝導SQUID磁気センサを用いたSTPG370配管の磁歪式非接触ガイド波試験技術の開発”, 日本非破壊検査協会超音波部門 第30回 超音波による非破壊評価シンポジウム, 2023年1月25日.
- 18) 増満征士, 貞廣直, 孫文旭, 廿日出好, “高感度ベクトル磁気センサとドローンを用いた空中磁気計測システムの開発”, 電子情報通信学会 信学技報(IEICE Technical Report), PEM2022-10, pp. 40-43, 2022年10月14日, 呉工業高等専門学校 (対面).
- 19) 廿日出好, 岡田亘平, Temuulen Munkhnyam, 大輪凌平, 孫文旭, 友利明浩, 甘崎恭徳, “高温超伝導SQUIDを用いたSTPG370配管の非接触ガイド波検査技術の開発”, 第34回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム(SEAD34), 予稿集 13C1-7, 2022年5月13日, 仙台市宮城野区文化センター, 宮城, 口頭発表.
- 20) 宮地皇河, 佐々木愛一郎, “磁界式端末位置推定システムの推定精度向上に関する検討”, 信学技報, PEM2022-14, pp. 5-8, 第3回光応用電磁界計測研究会, 2023年2月24日, オンライン.

- 21) 坂明憲, 佐々木愛一郎, “複素チャネル利得情報を用いた人体通信系の2状態識別”, 信学技報, PEM2022-06, pp. 23–27, 第2回光応用電磁界計測研究会, 2022年10月13–14日, 呉工業高等専門学校.
- 22) 佐々木愛一郎, 坂明憲, “最近傍法を利用した人体通信チャネル識別”, 信学技報, PEM2022-02, pp. 5–16, 第1回光応用電磁界計測研究会, 2022年7月15日, 機械振興会館.

(5) 講演 (2 件)

- 1) 竹田史章, “AI を用いた画像処理技術”日本食品機械工業会, (2022年6月8日).
- 2) 廿日出好, 孫文旭, 杉内栄夫, 西田秀隆, “実用化目前! 高温超伝導 SQUID ベースの非破壊検査技術”, 2023年電子情報通信学会総合大会 エレクトロニクスソサイエティ チュートリアルセッション “高感度磁気センサ・計測技術の近況: SQUID センサの現在地”, エレクトロニクス講演論文集 2, CT-1-2, pp. SS-4 – SS-7, 芝浦工業大学 (対面) (2023年3月9日).

(6) 特許出願 (2 件)

- 1) 竹田 史章
 - ① 企業との共同出願, 出願番号: 特願 2022-080633
 - ② 企業との共同出願, 出願番号: 特願 2023-019812

4. 外部資金獲得 (15 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: 受託研究費, 1件
- 3) 竹田 史章: 共同研究費, 7件
- 4) 廿日出 好: 受託研究費, NEDO
- 5) 廿日出 好: 共同研究費, 1件
- 6) 廿日出 好: 寄付研究費, 1件
- 7) 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)
- 8) 佐々木 愛一郎: 大学研究助成金, 公益財団法人サタケ技術振興財団
- 9) 佐々木 愛一郎: 受託研究費, 1件

5. 学外兼務業務

- 1) 栗田 耕一: 電気学会中国支部 協議員
- 2) 廿日出 好: 電子情報通信学会 エレクトロニクスソサイエティ大会運営委員長
- 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: 広島県 EMC 研究会 理事
- 5) 佐々木 愛一郎: Special Section Editor of IEICE Transactions on Communications
- 6) 佐々木 愛一郎: Special Section Editor of Future Internet
- 7) 佐々木 愛一郎: Technical Advisor of 2022 IEICE International Conference on Emerging Technologies for Communication (ICETC 2022)

6. その他

- 1) 栗田 耕一, 2022 年度 企業等の技術指導・技術相談 (1 件)
- 2) 竹田 史章, 2022 年度 企業等の技術指導・技術相談 (3 件)
- 3) 廿日出 好, 2022 年度 企業等の技術指導・技術相談 (2 件)