

 情報通信

感触を損なわずに弾性柔軟素材を触覚センサにする技術

工学研究科 機械工学専攻

講師 石原 尚

Researchmap https://researchmap.jp/hisashi_ishihara



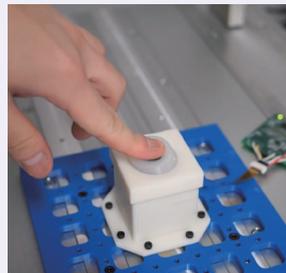
研究の概要

近年、IoT化の進展とともに、人に直接触れるセンシングデバイスの必要性が増しているが、本技術は、ゴムやゲル等の弾性素材の柔らかさを保ったまま、力の向きと大きさを測るセンサを提供するものである。柔軟素材に鉄粉などの強磁性微粒子を局所混合し、その下にコイル配線基板を敷くだけの単純な構造であり、素材の感触の良さをほとんど損なわず、正確なセンシングが可能である。また、変形する部分に壊れやすい電気配線や素子を含まないため、柔軟素材を大きく変形させるような力や衝撃が加わった場合でも、その素材が破壊されない限りセンサ性能が維持され、もし柔軟素材が劣化した場合でも、基板から剥がして貼り替えるだけで性能が回復する特徴を持つ。

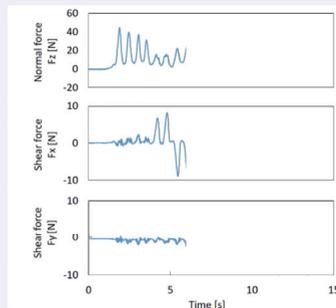
社会実装に向けた将来展望

本技術は、枕やマットレスなどの寝具、車のハンドルやカメラグリップ、マッサージチェアや腹筋訓練ベルトなど、肌との接触感触が重要な製品への触覚センサ搭載に最適である。また、愛玩用ロボットや人にやさしい作業ロボット、食品を取り扱うロボットや、手術ロボットにも応用可能である。

触覚センサの実例



センサによる各方向成分の測定結果



特許

特許出願済

論文

Takumi Kawasetsu, Takato Horii, Hisashi Ishihara, and Minoru Asada. Flexible Tri-axis tactile sensor using a spiral inductor and magnetorheological elastomer. IEEE Sensors, Vol. 18(14), pp. 5834-5841, 2018.

参考URL

https://nararobocon.sakura.ne.jp/kawasetsu_hp/category/ 研究テーマ/

キーワード

柔軟材料、触覚センサ、力覚センサ、感触、安全、耐久

装着型センサを用いた深部体温推定

情報科学研究科 情報ネットワーク学専攻

准教授 内山 彰

Researchmap <https://researchmap.jp/utiyaama>



研究の概要

深部体温の測定には直腸温度や鼓膜温度を計測する必要があるため、活動中の計測は困難である。この課題に対し、我々は装着型センサを用いて個人差を考慮した活動中の深部体温推定手法を開発している。身体情報や気温などの環境情報、および運動負荷を装着型センサや環境センサにより取得し、生体温熱モデルへの入力とすることで、人体の熱産生や体内および外気との熱移動を物理的に計算し、深部体温の変化を推定する。ウェアラブルセンサで得られる体表温度の実測値や休憩時などに間欠的に測定した鼓膜温などを基準として用いることで、個人差や体調を表す生体温熱モデル内のパラメータを適切に定める工夫をしている。

社会実装に向けた将来展望

これまでの実験では夏のジョギングにおいて鼓膜温との誤差0.3℃程度での推定を実現できることが確認できている。現在、様々な年齢や性別による違いなどを調査するため、運動時のみならず、高齢者の見守りなどもターゲットとしてデータ収集を進めており、実用化に向けた取り組みを進めている。また、現在は推定開始時点の深部体温を入力する必要があるため、個人の蓄積データを利用するなど、ユーザの手間をできる限り削減する工夫を検討している。



ウェアラブルセンサを用いた
深部体温推定

環境センサ
(温度、湿度)

腕時計センサ
(体表温、心拍数)

鼓膜体温計
(=深部体温)

運動時に測定可能な情報から深部体温を推定
生体温熱モデルに基づき温度変化を計算
個人差・体調に応じたモデル調整

Gageの生体温熱モデル

身体を**深部と皮膚の2部位**でモデル化
各部位間の温度変化を熱力学的に計算
発汗しやすさなどの**個人差を考慮**

熱損失
発汗
外気

熱吸収
外気
日光

発熱
代謝
(運動)

$$\text{温度変化量} = \frac{\text{熱量の総和}}{\text{質量} \times \text{比熱}}$$

深部体温推定法の概要

気温・湿度
運動量(心拍)

生体温熱モデル

深部体温(推定)

体表温度(推定)

比較

個人差パラメータ(総当たり)

体表温度 or 深部体温(実測)

推定値と実測値を比較して個人差を調整
手法1: 体表温度を比較
手法2: 断続的に得られる深部体温を比較

特許

特開2017-217224

論文

<http://id.nii.ac.jp/1001/00184199/>, <http://id.nii.ac.jp/1001/00145527/>

参考URL

<https://utiyaama.github.io>

キーワード

装着型センサ、生体温熱モデル

センサデバイスにおける信号処理負荷を軽減した新しいセンシングフレームワーク

～軽量脳波計測デバイス実装に向けた取り組み～



工学研究科 電気電子情報工学専攻

講師 兼本 大輔

Researchmap <https://researchmap.jp/dkanemoto>

研究の概要

ウェアラブルデバイスは軽量化が求められるため、搭載するバッテリーの小型化が望まれている。そこで「センシングユニット側に搭載する回路の低消費電力化」が重要になる。兼本グループでは、「圧縮センシングを活用した新しいセンシングフレームワーク」に関する技術を独自に開発し、ウェアラブル脳波計測デバイスへの応用に向けた研究を進めている。

圧縮センシングを用いると、信号を圧縮することで、回路で扱う情報量を削減出来るため、「回路の低消費電力化」が可能になる。ただし、一般的な圧縮センシングは、外乱混入に脆弱であり、復元精度が悪化する課題に悩まされてきた。

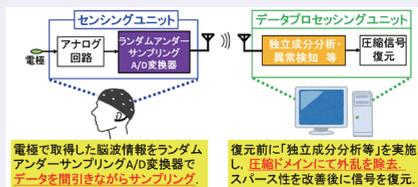
本グループでは、データプロセッシングユニット側で独立成分分析等の信号処理を駆使し、復元前に外乱除去を行う新技術を提案している。この技術を用いると、外乱の影響を抑えられ、圧縮した信号を高精度に復元出来る。

社会実装に向けた将来展望

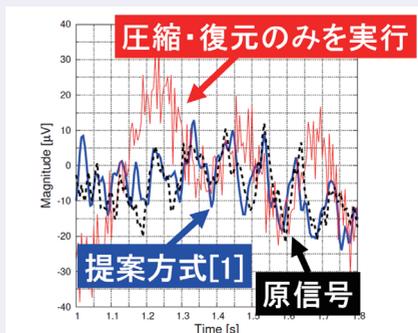
外乱混入が避けられない実環境でも「軽量な脳波計測ウェアラブルデバイスの利用」が期待できる。

さらに本技術は、脳波計測用途だけではなく、圧縮センシングが利用可能なスパース性の高い様々な生体信号のセンシングにも有効である。

これにより、利用者の負担を軽減しながら、今よりも多くの生体情報を取得することが出来るようになるため、ヘルスケアをはじめ多くのアプリケーションへの実用が期待できる。



本グループで提案するセンシングフレームワーク



[1] D. Kanemoto*, S. Katsumata, M. Aihara and M. Ohki, "Framework of Applying Independent Component Analysis After Compressed Sensing for Electroencephalogram Signals," *IEEE Biomedical Circuits and Systems Conference (BioCAS)*, pp. 145-148, Oct. 2018.

本技術適用の効果



特許

特願2020-13805

論文

[1] Daisuke Kanemoto*, Shun Katsumata, Masao Aihara, and Makoto Ohki, "Framework of Applying Independent Component Analysis After Compressed Sensing for Electroencephalogram Signals," 2018 IEEE Biomedical Circuits and Systems Conference (BioCAS), pp.145-148, Oct., 2018

[2] Shun Katsumata, Daisuke Kanemoto*, and Makoto Ohki, "Applying Outlier Detection and Independent Component Analysis for Compressed Sensing EEG Measurement Framework," 2019 IEEE Biomedical Circuits and Systems Conference (BioCAS), pp.1-4, Oct., 2019

参考URL

<http://ssc.eei.eng.osaka-u.ac.jp/~dkanemoto/>

キーワード

生体信号、脳波、センシングフレームワーク、低消費電力、圧縮センシング

リアルタイム AI 技術

産業科学研究所

教授 櫻井 保志

Researchmap <https://researchmap.jp/7000016745>

准教授 松原 靖子

Researchmap https://researchmap.jp/yasuko_matsubara

研究の概要

櫻井研究室では、増え続ける時系列ビッグデータをリアルタイムに解析する AI 技術の開発に取り組んでおり、特に、突発的な状況変化に対して即座に対応することができる適応力のある予測技術OrbitMap(KDD2019にて発表)を開発した。大規模データストリームの中から重要な特徴を発見し、刻々と変化していく時系列パターンを自動的に認識し、リアルタイムかつ継続的な時系列予測を可能としている。各時刻において適切なモデルに切り替えて予測することにより突発的な変化にもリアルタイムに対応、世界最高レベルの予測精度を達成している。また、モデル生成と予測のみならず、時系列ビッグデータから因果関係をリアルタイムに捉え、事象の連鎖をモデル化可能である。図はその出力結果であり、環境データの事象の間のつながりをネットワークとして示している。

社会実装に向けた将来展望

本技術により、自動車走行における急なブレーキやハンドル操作、スマート工場における装置故障など、様々な事故やトラブルの兆候をビッグデータから高速かつ自動的に抽出するための要因分析をリアルタイムに行うことができる。現在、トヨタ自動車、富士通研究所、三菱重工エンジン&ターボチャージャ、三菱重工工作機械、ソニーセミコンダクタマニュファクチャリングなど 10 社程度の企業とスマート工場、車両走行データ解析、生体情報解析などのテーマで実用化、事業化に向けて共同研究を実施している。

特許

特許出願済

論文

Yasuko Matsubara, Yasushi Sakurai: "Dynamic Modeling and Forecasting of Time-evolving Data Streams", ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD), pp. 458-468, August 2019.

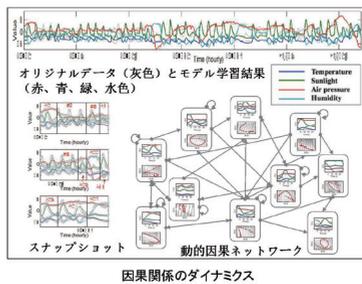
参考URL

<https://www.dm.sanken.osaka-u.ac.jp/>

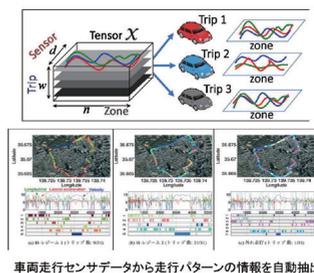
キーワード

時系列ビッグデータ、リアルタイム解析、AI技術、将来予測、要因分析

リアルタイムAI技術



時系列ビッグデータ解析技術の産業応用例



独自アーキテクチャの制御装置で 量子コンピュータの多ビット化実現を目指す

量子情報・量子生命研究センター 副センター長

准教授 根来 誠

<https://researchmap.jp/DNPne56>



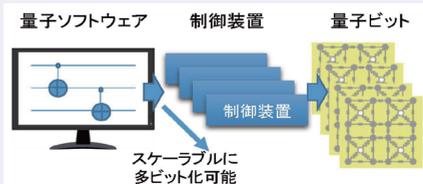
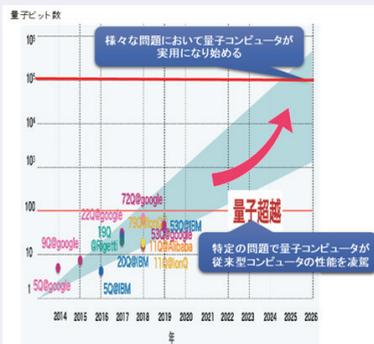
研究の概要

IoT化、AI化の進展とともにデジタルデータの総量は増大の一途であり、それを処理するコンピュータの処理能力への要求も増大する中、従来型コンピュータの処理能力向上は限界を迎えつつある。このため、まったく異なる動作原理で飛躍的な処理能力を持つ量子コンピュータの実用化への期待が膨らむが、実用に耐えうる量子ビット数の量子コンピューティング実現には、量子ビットそのものの開発と合わせ、その制御装置の開発が必須である。

根来グループでは、独自のアーキテクチャと高度なアナログ/デジタル回路技術により、従来と比較して大幅に小型化可能で、かつ、スケーラブルに多量子ビット化に対応できる制御装置の開発に成功し、理化学研究所などと共に量子コンピュータの多ビット化に取り組んでいる。

社会実装に向けた将来展望

量子コンピュータは医薬品開発や材料開発、機械学習等を飛躍的に発展させる可能性があり、既に、キューエル株式会社(QuEL, Inc.)を設立、多量子ビットに対応した量子コンピュータ制御装置の実用化、ひいては量子コンピューティングの社会実装に向けた取り組みを加速している。



スケーラブルな制御装置

- 3 量子ビットに
制御装置を
追加
- 7 量子ビットに
制御装置を
追加
- 9 量子ビットに
制御装置を
追加
- 11 量子ビットに
制御装置を
追加
- 12 つの量子
ビットに
制御装置を
追加

特許 出願済

論文

参考URL <https://qiqb.osaka-u.ac.jp/>

キーワード 量子コンピュータ、多量子ビット化

パーソナル睡眠管理AI: 睡眠環境音で簡便に睡眠の質を判定

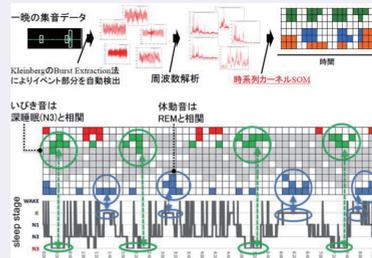
産業科学研究所

准教授 福井 健一

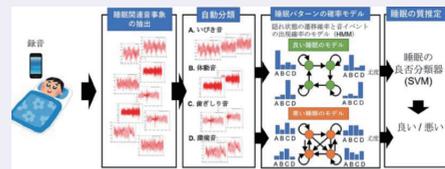
<https://researchmap.jp/read0121963>

研究の概要

福井研究グループは、睡眠中の生体活動音を計測することにより、睡眠パターンを可視化し、さらに睡眠の良否を判定できるAI技術を開発した。従来の睡眠評価法「睡眠ポリソムグラフィ検査」(PSG)は睡眠障害検査や睡眠科学研究向けであり、専門の施設を必要とする。本技術は、睡眠中の生体活動(体動、いびき、歯ぎしり)および環境音(エアコンなど)を計測し、各事象の特徴ベクトルを得、それらの集合を入力としてニューラルネットワーク学習により睡眠パターンを可視化できる。さらに、生体活動に関連する音事象の時系列データを基にして機械学習により睡眠の良否判別モデルを構築した。これらの技術は、従来の睡眠ステージ(レム・ノンレムなど)による機能評価とは異なり、「睡眠の個性」を評価できる。現在、77.5%の正答率で睡眠の良否判定が可能であることを確認している。



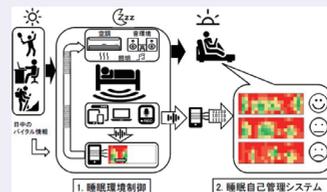
睡眠パターンの可視化



睡眠の良否判定

社会実装に向けた将来展望

スマホへのアプリケーション開発や、ベッドに測定・判定システムを組み込む等、実用化に向けたシステム開発が可能である。個人の睡眠パターンを簡便に可視化し睡眠の良否判定することにより、最適な睡眠環境(空調、音楽、芳香など)を個人に合わせてデザインすることも可能となる。



システム開発例

3

本記事に
関係と関係性

特許

論文

- H. Wu, T. Kato, M. Numao and K. Fukui, Statistical sleep pattern modelling for sleep quality assessment based on sound events, Health Inf Sci Syst. 2017 Dec; 5(1): 11
- H. Wu, T. Kato, T. Yamada, M. Numao and K. Fukui. Personal Sleep Pattern Visualization using Sequence-based Kernel Self-Organizing Map on Sound Data, Artificial Intelligence in Medicine, Vol. 80, pp. 1-10, 2017.

参考URL

http://www.ai.sanken.osaka-u.ac.jp/?page_id=459&lang=ja

キーワード

睡眠、環境音、ニューラルネットワーク、AI、可視化、良否

シリコンチップ技術に基づく 小型テラヘルツ合分波器の開発

基礎工学研究科 電子光科学領域

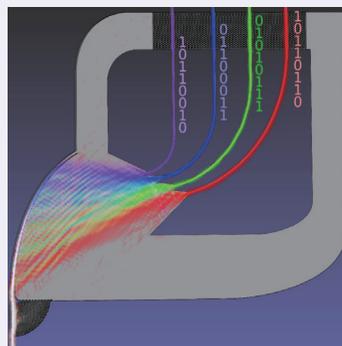
准教授 富士田 誠之

Researchmap <https://researchmap.jp/fujitamasayuki>



研究の概要

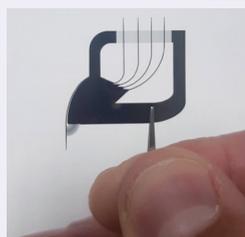
電波と光の中間領域の周波数を有する電磁波であるテラヘルツ波は、次世代の移動体通信6Gなどの超高速無線通信への応用が期待されていますが、そのデバイス技術が未熟という課題があります。特に、超大容量通信の実現に向けて、複数のチャネルを用いた情報伝送を可能とする信号多重化技術が必要であり、テラヘルツ信号を合成・分離する合分波器の開発が求められています。本研究では、誘電体としてのシリコンに着目し、4チャネルテラヘルツ合分波器の開発に成功しました。本デバイスの大きさは、約4 cm²と極めて小型であり、テラヘルツ波を用いた超大容量通信の各種応用展開を切り拓く成果です。



(主要図) 開発した合分波器の動作のイメージ。様々な周波数成分を含む広帯域なテラヘルツ波が開発した合分波器で4つの伝送チャネルから合成、もしくは、4チャネルに分離される。

社会実装に向けた将来展望

今後、送受信デバイスを集積化した小型テラヘルツトランシーバの開発を進めるとともに、動作周波数の向上、チャネル数の増加および、多値変調方式の利用などを進めることで、6Gのさらに次世代の目標になると予想される1テラビット毎秒級の超大容量通信の実現にもつながります。このようなシリコン配線を用いた小型テラヘルツ機能デバイスの実現は、経済発展と社会課題の解決の両立を目指す仮想空間と現実空間を高度に融合させたサイバーフィジカルシステムの実現において鍵となる超大容量通信技術が、携帯端末やドローン、自動運転、ロボット、航空宇宙応用など、様々なシーンにおいて実装されることにつながると期待されます。



(補足図) 開発したテラヘルツ合分波器の写真。



特許

特願2020-128220

論文

Headland, Daniel; Withayachumnankul, Withawat; Fujita, Masayuki et al. Gratingless integrated tunneling multiplexer for terahertz waves. *Optica*. 2021, 8 (5), pp. 621-629, doi:/10.1364/OPTICA.420715

参考URL

<https://www.jst.go.jp/pr/announce/20210429/index.html>

キーワード

6G、シリコン、テラヘルツ、合分波器、通信

プライバシーを保護した分散データ活用技術

工学研究科

教授 宮地 充子

Researchmap <https://researchmap.jp/read0121114>

研究の概要

Privacy-preserving Distributed Data Integration (PDDI)システムは、情報漏洩を懸念することなく、複数機関が所有するデータ統合を実現します(図1)。PDDIにより下記が実現できます。

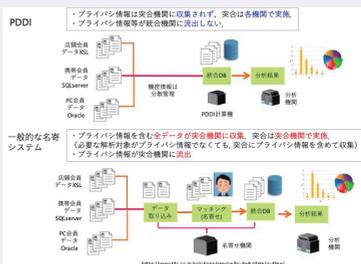
- ・ 高機密性:各機関が許可したデータのみが許可された機関でのみ閲覧可能。(名寄せ不要)
- ・ 高汎用性:データ数・機関数に非依存。対象機関・突合項目・解析項目を自由に設定可能。
- ・ 耐故障性:データの分散管理により、データ預託機関は不要。

社会実装に向けた将来展望

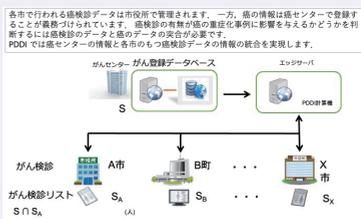
現在、神奈川県立がんセンターとがん検診データとがん情報の疫学研究を実施中です。プライバシーを保護しながら、がん検診ががんの重症化につながる関係があるのかを解明することで、より効果的ながん検診の推進に貢献したいと考えています(図3)。さらに、事故情報の統合による事故原因の究明、教育データの統合による効果的な教育手法の構築と社会実装を進めたいと考えています。



(図1) Privacy-preserving Distributed Data Integration (PDDI)とは



(図2) PDDIと一般的な名寄せシステムとの違い



(図3) がん検診事例

特許

特許第6802572号 データ解析方法及びデータ解析システム

論文

- [1] Atsuko Miyaji, Tomoaki Mimoto, "Security Infrastructure Technology for Integrated Utilization of Big Data - Applied to the Living Safety and Medical Fields". Springer 2020, ISBN 978-981-15-3653-3.
 [2] Atsuko Miyaji, Kazuhei Nakasho, Shohei Nishida, "Privacy-Preserving Integration of Medical Data A Practical Multiparty Private Set Intersection". Journal of Medical Systems, Vol. 41 No. 3(2017), Plenum Press, DOI: 10.1007/s10916-016-0657-4, 1-10

参考URL

<https://cy2sec.comm.eng.osaka-u.ac.jp/miyaji-lab/pddi/index-jp.html>

キーワード

プライバシー、分散データ、耐故障システム

レーザー走査によるIoT照明ステーション

レーザー科学研究所

教授 山本 和久

Researchmap <https://researchmap.jp/7778>

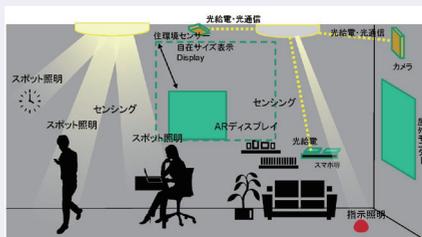
研究の概要

可視光半導体レーザー光の高速走査をベースとした“IoT照明ステーション”は、レーザーセンシング(LiDAR)で収集したデータを信号処理し、得た制御情報でレーザー出力を行い、必要な人および物に必要な時に、必要なだけの明かりや情報、エネルギーを提供するものである。これにより超省エネ照明実現とともに多岐の応用が可能となる。

社会実装に向けた将来展望

“IoT照明ステーション”の基本動作原理を実証、実現の見通しをつけた。3つの想定課題とその対応結果は以下であり、社会実装可能性が高まっている。

- ・ 走査利用機能として、可視光半導体レーザーによるセンシング(LiDAR)、照明、表示、光給電、空間光通信を実証、およびその連動性を検証した。
- ・ IoTに対応可能な超高速化を実現する光走査方式の開発として、MEMS等従来のメカニカルな方式に代わる強誘電体電気光学結晶を用いた分極反転型デバイス構成により高速角度可変動作を実証した。
- ・ 高指向性と高速変調を可能とする多色半導体レーザー直接走査にて照明を得る際、高い演色性確保のため赤、緑、青に加え実現されていない黄色半導体レーザーの開発方策を明らかにした。



レーザー走査によるIoT照明ステーション

機能	目標	検証結果
照明	走査スポット照明 >1000ルーメン	光束1580ルーメン  白色照明写真
表示	ラスタースキャン 分解能1000本/ライン以上	ラスタースキャン 分解能1280本/ライン  表示 ラインパターン
情報伝送	光空間伝送 変調速度10MHz	光空間伝送 変調1GHz 確認  アイパターン (1GHz)
電力給電	光利用効率90% 1m光(1cmΦ)	光利用効率95% 1m光(1cmΦ)  エネルギー伝送実験
指示	目標へのビームの照射 1m距離で精度1cm	1.6m距離で 中心差5mm精度達成  精度検証実験

多機能要素実証



特許

特願2017-125886 照明装置

論文

M.Ishino, T.Kitamura, A. Takamori, J. Kinoshita, N. Hasegawa, M. Nishikino and K.Yamamoto: "Scanning 3D-LiDAR based on visible laser diode for sensor-integrated variable distribution lighting" Optical Review 26, pp 213-220 (2019)

参考URL

<https://prcra.vlda-cons.org/>

キーワード

レーザー、IoT、照明、走査

計測指向機械学習を用いた 超ロバスト高速小型ローコストセンシング

産業科学研究所

教授 鷲尾 隆

Researchmap <https://researchmap.jp/784791>



研究の概要

IoT社会の到来を背景として、様々な新しいセンサや計測装置が開発されつつある。一方、その多くが複雑な計測原理を用いて厳しい条件下で複雑な対象を捉えるものになっており、複雑な形式を有する計測データを大量に処理する必要性に迫られている。このような背景から機械学習などの情報処理技術が、補助的立場ではなく計測処理の中核を占め、もはやそれ無しには多くの先端計測・センシングが成り立たない状況になりつつある。当研究室では、先端計測・センシングに従来の機械学習を導入した高精度化を目指すだけでなく、計測に適した機械学習原理を基礎理論から応用に至るまで研究開発し、ハードデバイスを情報処理で置き換える計測指向機械学習を提案している。これにより、ニオイセンシング、微小生体センシング、1分子計測、超解像イメージング、振動センシングなど多くの先端計測分野において、必要最小限のデバイスを用いた超ロバスト、超高速、超小型、超ローコスト計測・センシングを実現している。



社会実装に向けた将来展望

計測指向機械学習は計測・センシング全般に適用可能な汎用技術であり、すでに多数の先端計測装置・センサの実用化を果たしている。今後も、新たな計測・センシング問題への適用によって、多くの実用成果が得られると期待される。

3 千円以下に
実現可能な

8 携帯可能な
超小型の

9 産業と情報科学の
融合による

現在遂行中の計測指向および機械学習研究の全体概要

1. 物理的・数理的限界を超える超高精度計測
例：量子精度限界を超える計測
例：ノイズに完全に埋もれた現象の計測
2. 激変環境下の超ロバスト計測
例：極高温高圧から極低温低圧まで有効な計測
3. ピコ秒スケール現象までの超高速計測
例：1分子高速反応過程の直接計測
例：時系列・動画の超高密度大量統計計測
4. 極少量や極微量物質の超高効率計測
例：複雑な物質構造の超超イメージング計測
5. 広範普及のための超ローコスト・超コンパクト計測
例：スマートフォンに実装可能なニオイ計測
6. 現象解明のための超見える化計測
例：物理・化学機構と観測結果の関係計測
例：物質反応時状態変化の因果関係計測

計測指向機械学習の展望

特許

特開2017-120257 分類分析方法、分類分析装置および分類分析用記憶媒体
特開2018-141650 化学センサによる試料識別方法及び装置

論文

Gaku Imamura, Kota Shiba, Genki Yoshikawa, Takashi Washio, "Free-hand gas identification based on transfer function ratios without gas flow control", Scientific Reports, Vol. 9, Article number: 9768 (2019)
Masateru Taniguchi, Takahito Ohshiro, Yuki Komoto, Takayuki Takaai, Takeshi Yoshida, Takashi Washio, "High-Precision Single-Molecule Identification Based on Single-Molecule Information within a Noisy Matrix", J.Phys. Chem. C, Vol.123, No.25, pp.15867-15873 (2019)

参考URL

<https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/project/1111092/16815521.html>

キーワード

先端計測、先端センシング、計測指向機械学習、嗅覚センサ、ナノポア計測、ナノギャップ計測、1分子計測、超解像顕微鏡、振動センシング