

対話を通じて知識を獲得する対話システム

Dialogue Systems Acquiring Knowledge

研究分野
Department知識科学
Knowledge Science研究者
Researcher駒谷和範 武田 龍 山本賢太
K. Komatani R. Takeda K. Yamamotoキーワード
Keyword対話システム、対話ロボット、知識グラフ、チャットボット
dialogue system, dialogue robot, knowledge graph, chat-bot応用分野
Application医療介護、家電、エンタテインメント
medical care, electrical appliances, entertainment

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

音声や言語を用いて人とインタラクションするシステムの実現に向けた研究開発を行っています。大規模言語モデルを利用して「それらしい」応答をするシステムの実現は容易になっていますが、それを上回る、飽きられないシステムの実現に向けた技術が必要です。

概要・特徴

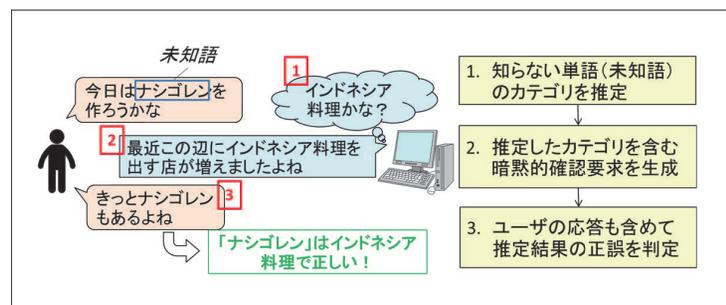
対話を通じて知識を獲得する方式に関する基礎研究を行っています。対話の中でユーザ発言から得られる情報をもとに、ユーザの心象を損なわずにシステムがうまく質問する技術を開発しています。

技術内容

システムの知識を知識グラフとして保持し、そこから対話システムによる応答選択に有用な情報を取り出す試みをしています。これを通じて、自然な対話を続けながら、自律的に賢くなるシステムを目指しています。

また、対話システムに関する複数のコンペティションにおいて本研究室のシステムが入賞するなど、対話システムの設計や開発の経験があります。

マルチモーダルデータからのユーザの心象推定にも取り組んでいます。



知識を獲得する対話の例

社会への影響・期待される効果

- 言語を用いた人と機械とのインタラクションを実現
- 機械に対する親密度やユーザエクスペリエンスの向上

【論文 Paper】

- [1] R. Takeda, H. Munakata, K. Komatani: Link Prediction Based on Large Language Model and Knowledge Graph Retrieval under Open-World and Resource-Restricted Environment. Proc. IJCKG (2023).
- [2] K. Komatani, K. Ono, R. Takeda, E. Nichols, M. Nakano: User Impressions of System Questions to Acquire Lexical Knowledge during Dialogues. Dialogue and Discourse, Vol. 13, No. 1, pp.96-122 (2022).
- [3] K. Komatani, Y. Fujioka, K. Nakashima, K. Hayashi, M. Nakano: Knowledge Graph Completion-based Question Selection for Acquiring Domain Knowledge through Dialogues. Proc. IUI, pp.531-541 (2021).

【特許 Patent】

- [1] 中野、駒谷、林、藤岡：知識グラフ補完装置、および知識グラフ補完方法、特開2020-191009.
- [2] 中野、駒谷、大塚：音声対話システム及び音声対話方法、特開2014-170047.

小型マイクロフォンアレイを使った音源分離・定位

Sound source separation and localization with small microphone array

研究分野
Department知識科学
Knowledge Science研究者
Researcher武田 龍 R. Takeda
駒谷和範 K. Komataniキーワード
Keyword対話ロボット、音源分離、音源定位、深層学習
dialogue robot, sound source separation, sound source localization, deep neural network応用分野
Application医療介護、防犯、家電、エンタテインメント
medical care, crime prevention, electrical appliances, entertainment

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

「百聞は一見に如かず」というように、音には一覽性や可視性がなく、記録や検索が難しいという問題があります。また音は可視光などに比べて波長が長い等の性質があることから、回折や反射による残響などの特性があります。このため、とりわけ周辺雑音や複数の音が存在する場合、特定の音を聞き分けたり、音の到来方向を検出することは単純ではありません。

概要・特徴

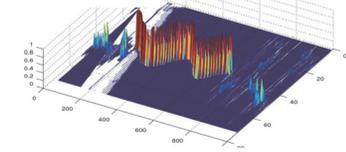
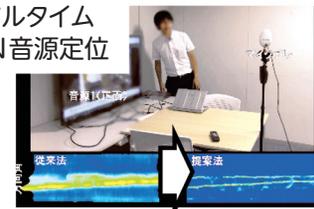
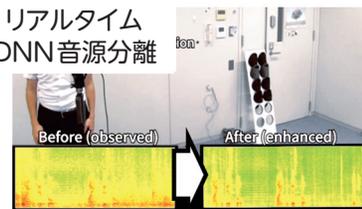
ロボットの頭部に装着された複数のマイクロフォンなど、小型のマイクロフォンアレイを使って、特定の音を聞き分ける音源分離や音の到来方向を検出する音源定位を開発しています。これらは、人の音声を感じ、聞き分け、音声認識するような対話ロボットには必須の技術です。

技術内容

特にマイクロフォン間の位置関係や特性をキャンセルするために、無響室において測定したインパルス応答を用い、入力音響信号と方向ラベルの間の写像をDNN (Deep Neural Network) を使って学習することで、音源定位の高精度化を図っています。また、音響信号と注目する方向ラベルを入力とし、その方向に存在する信号を出力とした写像をDNN で学習させることで、高精度な分離を実現します。インパルス応答を用いて混合音をシミュレートすることで、DNN 学習に必要な大量の混合音データを作り出すことが可能です。

社会への影響・期待される効果

- ロボットに装着された複数のマイクロフォンで音源分離・音源定位を実現
- 音の到来方向の記録や可視化、話者毎の音声記録が可能

DNN 音源定位
スコアリアルタイム
DNN 音源定位リアルタイム
DNN 音源分離

【論文 Paper】

- [1] Hokuto Munakata, Yoshiaki Bando, Ryu Takeda, Kazunori Komatani and Masaki Onishi: "Joint Separation and Localization of Moving Sound Sources Based on Neural Full-Rank Spatial Covariance Analysis," IEEE Signal Processing Letters, Vol.30, pp.384-388, April, 2023.
- [2] R. Takeda, et al.: Spatial Normalization to Reduce Positional Complexity in Direction-aided Supervised Binaural Sound Source Separation, Proc. APSIPA ASC, pp.248-253 (2021).
- [3] R. Takeda and K. Komatani: Sound Source Localization based on Deep Neural Networks with Directional Activate Function Exploiting Phase Information, Proc. IEEE-ICASSP, pp.405-409 (2016).

統計的因果推論における識別性と推定法に関する研究

Research on identifiability and estimation methods in causal discovery

研究分野
Department知能推論
Reasoning for Intelligence研究者
Researcher清水昌平
S. Shimizuキーワード
Keyword統計的因果推論、統計的因果探索、識別性
Statistical Causal Inference, Statistical Causal Discovery, Identifiability応用分野
ApplicationAIの社会実装、AI開発の効率化
Implementation of AI technologies to society, Efficient and effective development of AI

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

従来の統計的因果推論では、定性的な因果関係を表す因果グラフを背景知識に基づいて分析者が用意する必要がある

概要・特徴

介入のないデータから因果関係を推定する統計的因果探索の理論と方法の研究が特徴である。特に、その識別性と推定法の研究に焦点を当てている。

技術内容

- 識別性：どのような仮定の下でどの程度因果グラフを復元可能かを数理的に調べる技術
- 推定法：識別性がある場合に推定誤差が少なく実用的な時間で動作する推定原理とアルゴリズム

仮定(+背景知識)

- 未観測交絡変数の有無
- 非巡回 or 巡回
- 関数形
- 分布など

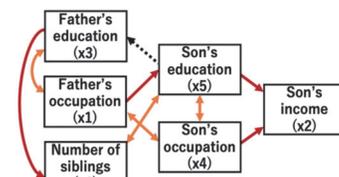
+

データ

	x1	x2	x3	x4	x5	x6
87.9	45433	17	76.3	17	1	
87.9	55071	16	86	18	2	
62.1	113159	16	87.9	16	0	
78.5	30289	16	30.1	14	4	
32.3	113159	20	63.5	20	7	
60.6	55071	17	83.7	17	1	
76.4	55071	16	78	14	2	
63.5	37173	12	63.2	16	3	
63.2	113159	14	86.5	17	1	
36.5	37173	12	83.7	12	4	

推測

因果グラフ



Maeda and Shimizu (2020)

社会への影響・期待される効果

- 因果に関する推論を行うことができるAIの実現。

【論文 Paper】

- [1] T. N. Maeda and S. Shimizu. Causal additive models with unobserved variables. In Proc. 37th Conf. on Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI2021), 97-106, 2021.
- [2] T. Pham, S. Shimizu, H. Hino, and T. Le. Scalable counterfactual distribution estimation in multivariate causal models. In Proc. Third Conference on Causal Learning and Reasoning (CLearR2024), PMLR 236:1118-1140, 2024.
- [3] T. Ikeuchi, M. Ide, Y. Zeng, T. N. Maeda, and S. Shimizu. Python package for causal discovery based on LiNGAM. Journal of Machine Learning Research, 24(14):1-8, 2023.

リアルタイム予測システム

Real-time forecasting system

研究分野
Departmentトランスレーショナルデータビリティ
Translational Datability研究者
Researcher櫻井保志
Y. Sakuraiキーワード
Keyword時系列予測、非線形モデル、リアルタイム処理
time-series analysis, non-linear model, real-time processing応用分野
ApplicationIoT (製造、車両データ解析、環境など)、医療情報
IoT(manufacturing, vehicle sensor data, environmental data, etc.), medical data analysis

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

時系列データは、センサーネットワーク、製造業、経済、ソーシャルネットワーク、医療情報等、様々な分野において大量に生成されています。これらの応用の中で、時系列データのリアルタイム解析、中でもリアルタイム将来予測は、これからのAI時代における最も重要かつ挑戦的な研究課題となっています。

概要・特徴

時系列データは企業活動や人々の行動、自然現象の様々な環境変化や状況変化を表しており、それらの変化は局所的、突発的に起こります。そこで、局所的な環境変化や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リアルタイム予測・要因分析技術を開発しました。

- 時系列データのパターン分け、オンライン学習、将来値の生成、全てをリアルタイムに処理します。
- 最新の既存手法と比較し大幅な精度向上、計算コストの低減化を達成しています。

技術内容

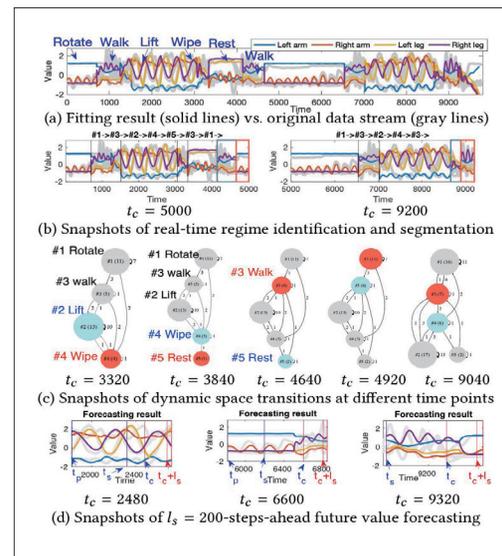
時系列モデル間の因果関係(要因-結果関係)を捉え、事象の連鎖をモデル化し、そのモデル選択と将来予測を高速かつ完全自動で行います。数ある予測手法の中で、世界最高の予測精度と計算速度を示しており、最新の深層学習と比較し最大で約670,000倍の高速化、約10倍の高精度化(予測誤差88%減)を達成しています。

社会への影響・期待される効果

- リアルタイムに時系列データの将来値を予測
- 時系列モデル間の因果関係(要因-結果関係)を捉え、リアルタイムに要因分析

【論文 Paper】 [1] Y. Matsubara, Y. 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.
 [2] Y. Matsubara, Y. Sakurai: "Regime Shifts in Streams: Real-time Forecasting of Co-evolving Time Sequences", ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD), pp. 1045-1054, August 2016.
 [3] 松原靖子, 櫻井保志: "大規模データストリームの将来予測アルゴリズム", 情報処理学会論文誌:データベース, Vol.9 No.4, pp. 32-45, 2016年12月.

【特許 Patent】 [1] 松原靖子, 櫻井保志, "予測装置、予測方法およびプログラム", 特願2019-142295, 2019年8月1日.
 [2] 松原靖子, 櫻井保志, "予測装置、予測方法およびプログラム", PCT/JP2020/029178, 2020年7月30日.



モーションセンサーデータを用いた要因分析の様子

時系列テンソルからの多角的特徴抽出

Multi-aspect mining of time-series tensor

研究分野
Departmentトランスレーショナルデータビリティ
Translational Datability研究者
Researcher櫻井保志
Y. Sakuraiキーワード
Keyword時系列テンソル、自動特徴抽出、イベント予測
time-series tensor, automatic mining, event prediction応用分野
ApplicationIoT (製造、車両データ解析、環境など)、医療情報
IoT(manufacturing, vehicle sensor data, environmental data, etc.), medical data analysis

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

近年のセンサーデバイスの低価格化や高性能化に伴い、生産設備や車両走行、ヘルスケアデバイスなどから得られる時系列データは、より大規模かつ複雑になっています。このようなデータの利活用において特に重要となるのが、大規模時系列データからの効果的な特徴抽出と情報要約、および将来イベントの予測技術の開発です。

概要・特徴

現実世界で収集される時系列データは(車両、センサー、時間)のような複数の属性を持つデータ形式であり、本研究ではそのような複雑な構造を持つビッグデータから時系列テンソルを用いて効果的に特徴を完全自動で抽出、要約する技術を開発しました。また、要約情報に基づいて様々な事象の発生を予測することを可能とする時系列イベント予測技術を開発しました。

- 時系列テンソルに含まれるパターンの時間遷移と個体差の抽出を全て自動的に行います。
- 最新の既存手法と比較し大幅な精度向上、計算コストの低減化を達成しています。

技術内容

車両走行センサーデータを用いた特徴抽出の様子▶

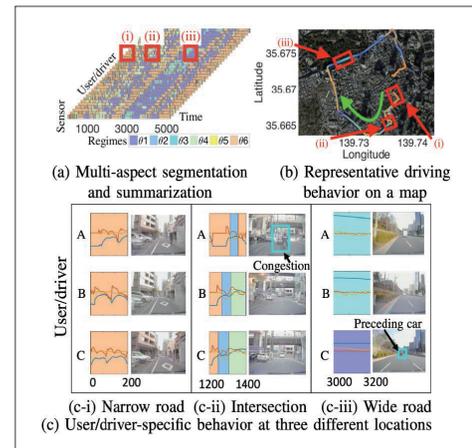
時系列テンソルの複数ドメインにまたがる多角的なパターンを捉え、そのパターンの時間遷移と固有差をモデル化し、要約情報を高速かつ完全自動で抽出します。右図は、車両走行センサーデータから、ハンドル操作、加減速、停止など車両走行の様々な共通パターンを抽出するとともに、交通状況によって生じる車両走行の違いを把握し、例えば慎重な走行、スムーズで安定した走行、渋滞時の走行など車両走行のグループ化を完全自動で行います。

社会への影響・期待される効果

- 完全自動で時系列テンソルの特徴を抽出
- 要約情報に基づく高精度なイベント予測

【論文 Paper】 [1] T. Honda, Y. Matsubara, K. Kawabata, Y. Sakurai: "Multi-Aspect Mining of Complex Sensor Sequences", IEEE International Conference on Data Mining (ICDM), pp. 299-308, November 2019. [2] 本田崇人、松原靖子、根山亮、櫻井保志: "車両走行センサーデータからの自動パターン検出"、情報処理学会論文誌: データベース, Vol.9 No.3, pp. 1-13, 2016年9月. [3] 本田崇人、松原靖子、川畑光希、櫻井保志: "大規模時系列テンソルによる多角的イベント予測"、情報処理学会論文誌: データベース, Vol.13 No.1, pp. 8-19, 2020年1月.

【特許 Patent】 [1] 本田崇人、松原靖子、川畑光希、櫻井保志、"時系列解析に基づくイベント予測装置、イベント予測方法およびプログラム"、特願2020-8388、2020年1月22日. [2] 本田崇人、松原靖子、川畑光希、櫻井保志、"イベント予測システム、イベント予測方法およびプログラム"、PCT/JP2021/000606、2021年1月12日.



量子ビットのシャトリング技術の開発

Development of a semiconductor spin qubit transfer

研究分野
Department量子システム創成
Quantum System Electronics研究者
Researcher藤田高史
T. Fujitaキーワード
Keyword量子ドット、スピン、集積化、量子技術
quantum dots, spin, integration, quantum technologies応用分野
Application量子計算、量子シミュレーション
quantum computing, quantum simulation

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

量子コンピュータ開発が激化しながらも、物理を含めた基礎研究は未だ切り離せず、世界中の研究機関や企業で要素技術の研究開発が進められています。様々な物理系が量子ビットとして研究されている中で、半導体量子ドット中の単一電子スピンは、電気的制御と集積化への適性といった利点により注目されています。

概要・特徴

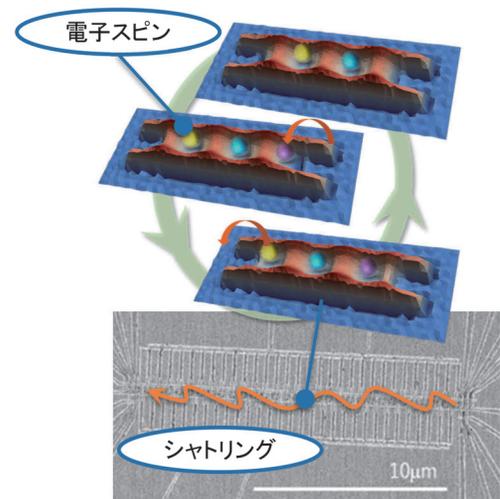
半導体スピン量子ビットの大規模集積化を可能にする、量子ドット間の伝送・量子結合を実現し、半導体スピンのオンチップネットワーク化に貢献します。

技術内容

- 半導体量子ドットとして、量子井戸基板表面のゲート電極を用いて、量子井戸中に誘起・制御されるゲート制御量子ドットを用います。
- 半導体量子ドットの1次元配列デバイスを延長した物理研究は世界的にもまだあまり進んでいません。中規模集積デバイスの試作、多重量子ドットの機械制御、スピン量子ビットの検証実験に取り組みます。
- 量子ドット1次元配列デバイスを用いて、量子伝送・もつれ配信・量子結合・多体量子系のシミュレーションへと発展します。
- 量子技術に着目した半導体産業とタイアップ。

社会への影響・期待される効果

半導体スピン量子ビットの集積化が進むことで、スピン量子コンピュータの早期実現が期待されます。量子コンピュータを実現すれば、その圧倒的な処理能力を活かして、新薬・新材料の開発や災害予測への活用が期待されます。



【論文 Paper】

[1] T. Fujita et al., npj Quantum Information 3, 22 (2017).

核酸標的低分子創薬の支援、加速

Support for the Nucleic Acids-targeted Drug Discovery

研究分野
Department

核酸標的低分子創薬
Department of Nucleic Acid-Targeted
Small Molecule Drug Discovery

研究者
Researcher

中谷和彦 Chen Qingwen
K. Nakatani Q. Chen

キーワード
Keyword

核酸、RNA、創薬、低分子、機械学習、Focused Library Prediction
Nucleic Acid, RNA, Drug Discovery, Small Molecule, Machine Learning, Focused Library Prediction

応用分野
Application

低分子創薬、核酸標的創薬
Small Molecule Drug Discovery, DNA- and RNA-targeted Drug Discovery

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

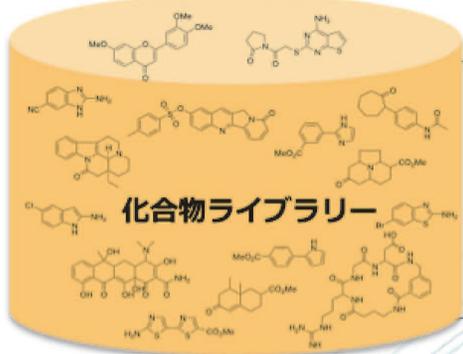
背景

医薬品モダリティが多様化するゲノム創薬の時代の中で、低分子医薬の重要性は相対的に低下する傾向にあるものの、低分子医薬は依然として医薬品モダリティの主流である。日本企業は、米国企業に次ぐ低分子医薬品の開発品目数、低分子医薬品創出の高いポテンシャルを維持してきた。AI・情報科学の進展とともに、低分子創薬の可能性の拡大が見込まれ、我が国の強みである低分子創薬力を維持・発展させていくことが引き続き重要な課題である。

概要・特徴

独自に研究開発した個別標的**Focused Library Prediction**技術を用いて、大規模なライブラリから、標的に結合や活性を示す化合物群を**Focused Library**情報として提供することで、**低分子創薬を支援あるいは共同開発するスタートアップの設立**を目指す。

個別標的 Focused Library Prediction 技術



化合物ライブラリ生成方法 PCT/JP2024/026484

Nakatani, K. et al.
Digital Discovery 2024, 3, 243-248.



**低分子創薬を
支援・加速**

**我が国の
国際競争力を
確保・維持**

**世界をリードする
RNA-低分子の知識**

長い研究期間

我が国の創薬力低下

創薬標的RNAの顕在化



平成17年 第19回 日本IBM科学賞
平成20年 第25回 日本化学会学術賞
平成20年 第40回 市村学術賞貢献賞
平成20年 第26回 大阪科学賞
令和6年 第77回 日本化学会賞
AMED RNA標的創薬技術開発
「機能解析に基づくRNA標的創薬のための統合DBとAIシステムの構築」プロジェクト研究代表

超高速生体高分子解析のための
AI駆動型量子シーケンシング

AI-Powered Quantum Sequencing for Ultra-Fast Biomolecule Analysis

研究分野

Department

生体分子AIセンシング応用
Applied Research of AI-Driven Biomolecular Sensing

研究者

Researcher

大城敬人
T. Ohshiro

キーワード

Keyword

機能性ナノ構造デバイス、1分子センシング、深層学習による分子パターン認識
Functional Nanostructured Devices, Single-Molecule Sensing,
Deep Learning-Based Molecular Pattern Recognition

応用分野

Application

診断・医療デバイス、宇宙・極地探査、食品・環境モニタリング
Medical Diagnostics & Healthcare, Space & Extreme Environment Exploration,
Food Safety & Environmental Monitoring

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

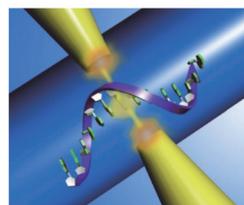
1分子レベルのセンシング技術とAIによるデータ解析の融合が、医療診断や環境モニタリングなどの分野でナノスケールの機能性構造を活用が進みつつある。特に量子センシング技術と深層学習による分子パターン認識の組み合わせは生体分子の高感度検出とリアルタイム解析を実現すると期待されている。

概要・特徴

機能性ナノ構造（ナノギャップ）デバイスを用いた1分子センシングと深層学習による分子パターン認識を組み合わせること、医療診断や極限環境探査などの幅広い応用が可能。

技術内容

- ナノギャップ構造を有する機能性ナノデバイスを開発し、1分子レベルでの生体分子検出を可能にした。
- 深層学習アルゴリズムを組み込むことで、分子パターンを高精度に識別し、超微弱シグナルのリアルタイム解析を実現した。
- ナノスケール電極間で取得した分子シグナルをAI解析に適した形式に変換し、高速かつ高感度なセンシングを可能にした。
- 医療診断、宇宙・極地探査、食品・環境モニタリングへの応用を視野に入れた、汎用性の高い分子センシングプラットフォームの構築に成功した。



ナノギャップによる生体分子計測計測原理図



デバイスナノ構造のSEM像



2024年に発表した生体分子シーケンサー（プロトタイプ機）

社会への影響・期待される効果

本技術により、がんや感染症の超早期診断が可能となり、個別化医療の発展や医療負担の軽減に貢献すると期待される。また、宇宙・極地探査や環境モニタリングなどの分野でも、極限環境下での生体分子検出や有害物質のリアルタイム解析が実現し、持続可能な社会の構築に寄与する。現在、JST K Programで実用化に向けた研究開発を進めている。

【論文 Paper】

- [1] Nat. Nanotech. (2014), 9,835-840
- [2] Sci.Rep., (2020), 10,11244
- [3] Sci. Rep. (2021),11,19304
- [4] Sci.Rep. (2022), 12, 6945

【特許 Patent】

- [1] 特許登録（国際）特許番号08124417
- [2] 特許登録（国際）特許番号6334118

KOBELCO未来協働研究所

KOBELCO Future Pioneering Co-Creation Research Center

研究分野

Department

ものづくりの革新
Innovation of manufacturing

研究者

Researcher

鷲尾 隆 T. Washio	駒谷和範 K. Komatani	友近信行 N. Tomochika
加藤 淳 J. Kato	赤澤浩一 K. Akazawa	伊原涼平 R. Ihara

キーワード

Keyword

人とシステムの共進化、デジタルトランスフォーメーション、オープンイノベーション
co-evolution of people and systems, digital transformation, open innovation

応用分野

Application

機械部品加工、切削加工、成形加工、技能継承、人材育成、ソリューションビジネス
Machine parts processing, cutting process, forming process, skill transfer, human resource development, solution business

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

ものづくり産業にとって、現場で働く人々の成長促進とノウハウの継承・強化、並びに製造プロセス技術の革新は、必須の活動です。近年は脱炭素化をはじめとする急激な環境変化にもさらされており、これらの活動の重要性はさらに増えています。今後、少子高齢化による労働力の減少が一段と進む中、これらの活動を継続・進化させる必要があります。

その課題解決のためには、人とデジタル技術とが共存しながら進化するものづくりの実現が重要です。ものづくりを革新するためのソリューションを産学連携で創造し、広く社会に実装することを目指し、KOBELCO未来協働研究所を2022年10月に設立しました。

概要・特徴

- ビジョン：「人がシステムと共に成長しながら、創造性豊かにイキイキと活躍できる“ものづくりの世界”の実現」
- KOBELCOの多種多様でリアルなものづくりの経験/技術資源と、AIをはじめとする大阪大学の先端技術・科学力とを融合することで、社会に広く役立たせられるソリューションの創出を目指しています。
- ものづくりを支える様々な企業や組織との意見交換も積極的に行っています。

技術内容

- 機械部品加工産業をはじめとする製造業や、その周辺を支えるサービス業などの成長と進化を導く技術開発
- 各種シミュレーション技術と機械学習技術の融合

社会への影響・期待される効果

- 日本のものづくりの持続的成長のために、社会実装可能なソリューションを具現化し、新たな価値と新事業の芽を生み出すことで、社会の生産性を向上します。
- 活動を通して得た新たな課題や収益を還元することで、社会も大学も企業も継続的に発展するエコシステムの構築を図ります。

