大阪大学
THE UNIVERSITY OF OSAKA

研究紹介

リサーチ 2025

RESEARCH 2025

SANKEN

THE UNIVERSITY OF OSAKA

SANKEN
大阪大学 産業科学研究所

研究・技術シーズ目次

Contents

情報 Information
材料 Material
解析 Analysis
バイオ Bio
医療 Medical

大阪大学産業科学研究所 研究組織

第１研究部門（情報・量子科学系）	テーマ番号	
量子システム創成研究分野（大岩研）	13	14
界面量子科学研究分野（千葉研）	11	12
先進電子デバイス研究分野（関谷研）	9	10
複合知能メディア研究分野（中島研）		
知能推論研究分野（清水研）	3	4
知識科学研究分野（駒谷研）	1	2
知的インタラクション研究分野		

第２研究部門（材料・ビーム科学系）		
自然材料機能化研究分野（能木研）	21	22
金属有機融合材料研究分野（坂本研）	25	26
先端ハード材料研究分野（関野研）	17	18
エネルギー・環境材料研究分野（山田研）	19	20
励起物性科学研究分野	32	
量子ビーム物理研究分野（細貝研）	39	40
量子ビーム物質科学研究分野（古澤研）	37	38

第３研究部門（生体・分子科学系）		
励起材料化学研究分野（藤塚研）	27	28
分子システム創成化学研究分野（山口研）	29	30
精密制御化学研究分野	47	48
複合分子化学研究分野（鈴木研）	49	50
生体分子反応科学研究分野（黒田研）	45	46
生体分子制御科学研究分野（西野研）	51	52
生体分子機能科学研究分野（永井研）	43	44

産業科学ナノテクノロジーセンター		
ナノ機能材料デバイス研究分野（田中研）	15	16
先進ナノファブリケーション研究分野	35	36
ナノ構造・機能評価研究分野（末永研）	33	34
ナノ機能予測研究分野（南谷研）	7	8
ソフトナノマテリアル研究分野（家研）	23	24
バイオナノテクノロジー研究分野（谷口研）	41	42
環境・エネルギーナノ応用研究分野	58	

産業科学 AI センター		
トランスレーショナルデータビリティ研究分野（櫻井研）	5	6
生体分子AIセンシング応用研究分野	59	
物質バイオミメティクス研究分野	60	

総合解析センター	31	
精密分子創製化学研究分野（滝澤研）	53	
先進薄膜機能物性研究分野（植村研）	54	
先進材料実装研究分野（荒木研）	55	
生体分子応用科学（山崎研）	56	
核酸標的低分子創薬研究分野（中谷研）	57	
フレキシブル3D実装協働研究所	61	
KOBELCO未来協働研究所	62	

1 テーマ Theme

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 K. Komatani　武田 龍 R. Takeda　山本賢太 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

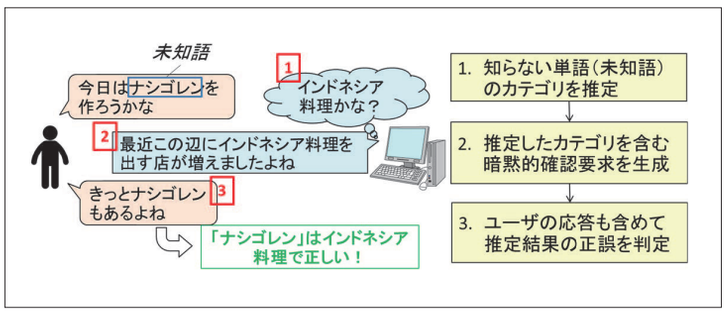
対話を通じて知識を獲得する方式に関する基礎研究を行っています。対話の中でユーザ発話から得られる情報をもとに、ユーザの心象を損なわずにシステムがうまく質問する技術を開発しています。

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.

2 テーマ Theme

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、音には一覧性や可視性がなく、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。

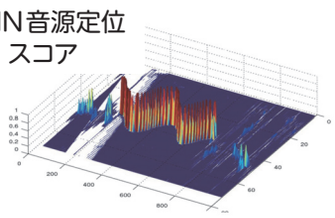
技術内容

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。

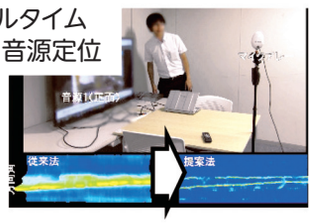
社会への影響・期待される効果

- 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

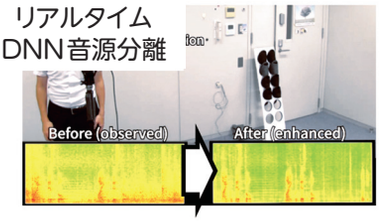
DNN音源定位
スコア



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).

3 テーマ Theme

データに基づき因果関係に関する仮説を探索する研究

Research on finding causal hypotheses based on data

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、データサイエンス、因果AI
Statistical Causal Inference, Statistical Causal Discovery, Data Science, Causal AI

応用分野 Application
AI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

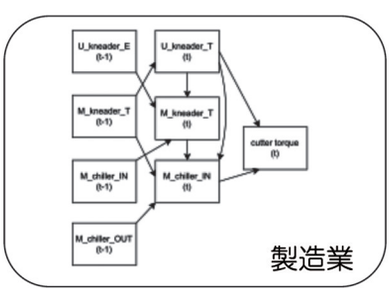
AI技術の進展により、AIに基づく予測が社会の至る所で行われるようになった。しかし、今のAIは因果に関する推論を行うことを必ずしも目指してはいない。

概要・特徴

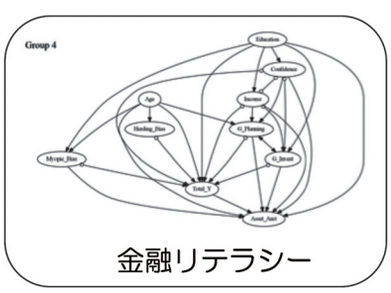
因果関係に関する背景知識が十分にない時に、データから因果関係を推測する方法として，LiNGAM法を提案します。それを土台として、特に、製造業やマーケティング分野の企業と当該分野の課題解決型共同研究を行なっています。

技術内容

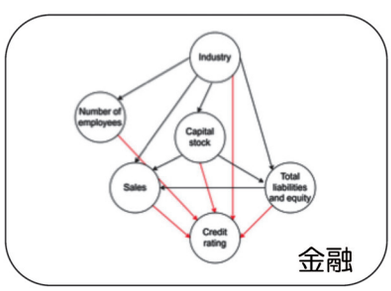
- データを基に因果関係を表す因果グラフを推定する方法
- 推定した因果グラフを基に、因果の大きさを推定したり、AIの説明性・公平性を評価し向上させたりする方法



製造業



金融リテラシー



金融

社会への影響・期待される効果

- 相関に基づく予測だけでなく因果に基づく予測を行うことができます
- 背景知識だけでなくデータも活用し因果関係に迫ることができます

【論 文 Paper】

[1] G. Kikuchi and S. Shimizu. Structure learning for groups of variables in nonlinear timeseries data with location-scale noise. In Proc. 2023 Causal Analysis Workshop Series, PMLR 223: 20–39, 2023.

[2] Y. Jiang and S. Shimizu. Linkages among the foreign exchange, stock, and bond markets in Japan and the United States. In Proc. Causal Analysis Workshop 2023 (CAWS2023), PMLR 223:1–19, 2023.

[3] D. Takahashi, S. Shimizu, and T. Tanaka. Counterfactual explanations of black-box machine learning models using causal discovery with applications to credit rating. In Proc. Int. Joint Conf. on Neural Networks (IJCNN2024), part of the 2024 IEEE World Congress on Computational Intelligence (WCCI2024), pages 1–8, 2024.

4 テーマ Theme

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 Application
AI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

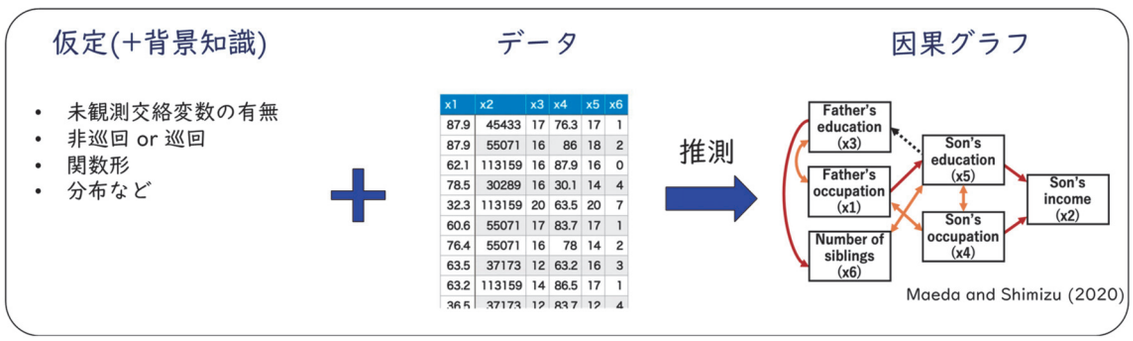
従来の統計的因果推論では、定性的な因果関係を表す因果グラフを背景知識に基づいて分析者が用意する必要がある

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



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 (CLeaR2024), 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.

5 テーマ Theme

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 Application
IoT (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

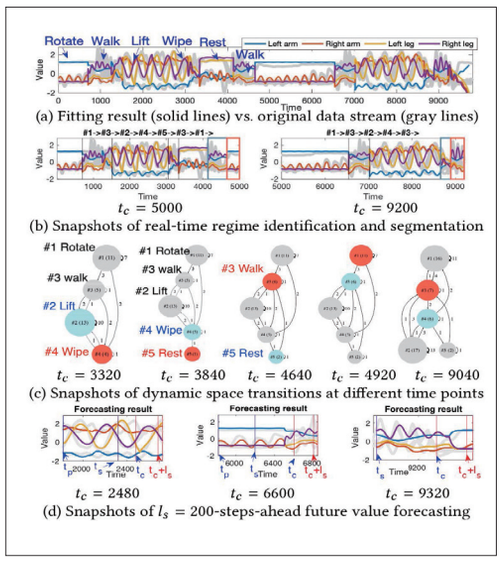
背　景

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。**



モーションセンサーデータを用いた要因分析の様子

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.

6 テーマ Theme

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 Application
IoT (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

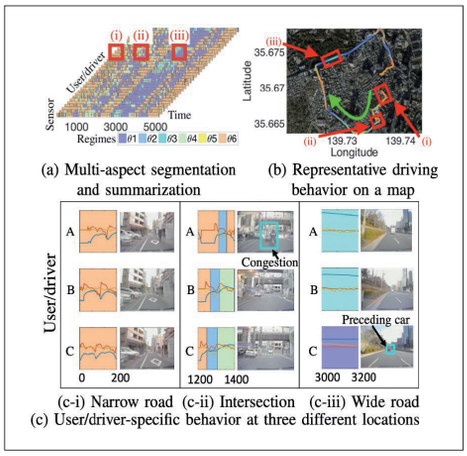
背　景

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。**



車両走行センサーデータを用いた特徴抽出の様子▶

技術内容

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.

7 テーマ Theme

第一原理電子状態計算による固体物性・材料機能の予測

First-principles prediction for material property and functionality

研究分野 Department
ナノ機能予測
Theoretical Nanotechnology

研究者 Researcher
南谷英美
E. Minamitani

キーワード Keyword
第一原理計算、表面界面、層状物質、磁性
first-principles calculation, machine-learning

応用分野 Application
固体物性の理論解析・予測
Theoretical analysis and prediction for material properties

研究開発段階
基 礎 ▼ 実用化準備 応用化

背　景

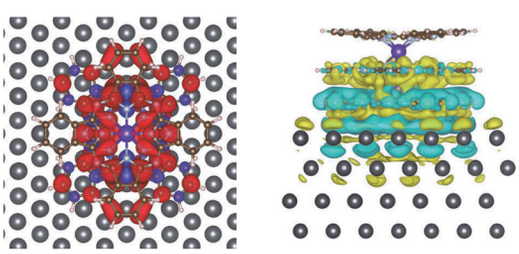
新奇な固体物性の解明のために原子スケールでのシミュレーションを行っています。

概要・特徴

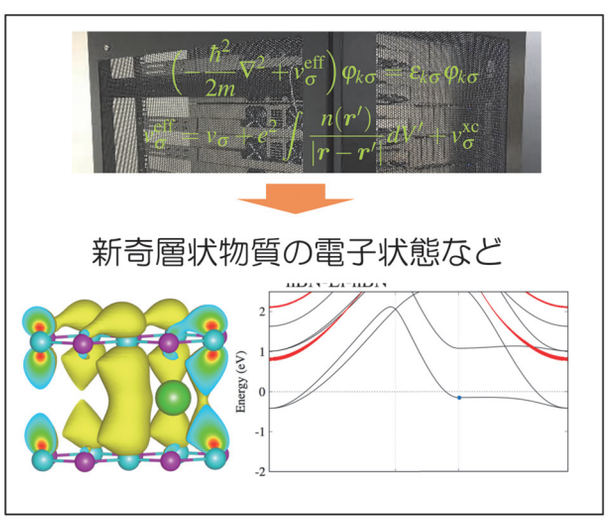
計算機を用いて密度汎関数理論に基づくコーン・シャム一電子方程式を解くことにより、物質の電子状態や格子振動の情報（電子・フォノンのエネルギーバンド構造・状態密度）を得ることが可能です。

技術内容

非経験的・量子論的シミュレーション手法である第一原理電子状態計算に基づき、種々の固体系・表面系で発現する物性・機能を理論的に予測する研究を行っています。ナノ構造、物質機能、電子状態の相関を解明することで、新たな機能性物質を設計する研究にも展開しています。

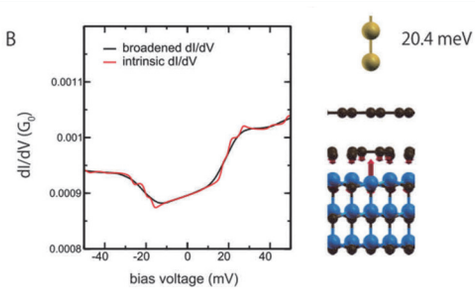


磁性錯体分子と金属表面の相互作用



社会への影響・期待される効果

次世代エレクトロニクス材料（グラフェンや遷移金属ダイカルコゲナイド層状物質など）などの材料特性解析・基礎物性研究を進めています。電子状態以外にも、格子振動やそれが運ぶ熱についての研究も行っています。



グラフェン /SiC 界面フォノンの解明

【論 文 Paper】

[1] Phys. Rev. B. 96, 155431 (2017).
[2] Nat. Commun. 8, 16012 (2017).
[3] Appl. Phys.Express. 10, 093101 (2017).
[4] Nanoscale. Adv. 2, 3150(2020).
[5] Phys. Rev. B, 106, 085202 (2021).
[6] Nature Commun. 13, 6388 (2022).

8 テーマ Theme

トポロジカルデータ解析と機械学習の物質科学への応用

Application of topological data analysis and machine-learning for materials science

研究分野 Department
ナノ機能予測
Theoretical Nanotechnology

研究者 Researcher
南谷英美
E. Minamitani

キーワード Keyword
トポロジカルデータ解析、機械学習、アモルファス、熱伝導率、構造物性相関
topological data analysis, machine learning, amorphous, thermal conductivity, structure-property relationship

応用分野 Application
複雑な構造を持つ物質の物性予測
Theoretical prediction of physical properties of materials with complex structures

研究開発段階
基 礎 ― 実用化準備 ― 応用化

背　景

数理科学やデータサイエンスの手法を組み合わせることによって、望ましい機能をもつ新物質開発の高効率化が求められています。

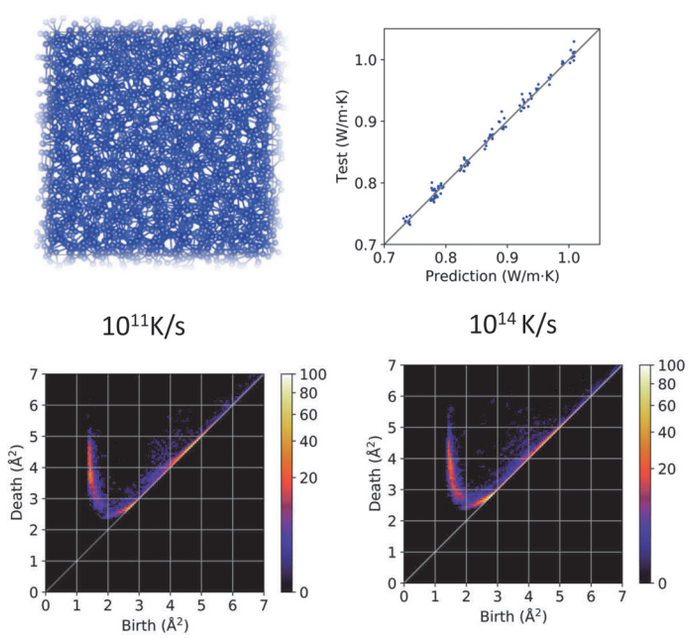
概要・特徴

構造の特徴を取り出す新しい数学的手法であるパーシステントホモロジーや、機械学習を応用することで、乱れのある複雑な構造での物性を理解し、望ましい機能を発現させるための指針を見出すことを目指しています。

技術内容

■ **パーシステントホモロジーによるアモルファスでの物性予測：**
アモルファスでは結晶とは異なり決まった構造が繰り返される長距離秩序はありません。しかし完全にランダムな構造とも異なり、５から20Å程度のスケールでの中距離秩序があると考えられています。アモルファスの規則性とランダムの中間に位置する構造が、熱伝導率などの物理的性質とどのように関係しているのかをパーシステントホモロジーという数学的手法と機械学習を組み合わせて解明する研究をしています。

■ **機械学習ポテンシャル：**精度と計算コストのトレードオフを解決するシミュレーション手法として、第一原理計算結果を再現できる機械学習モデルの構築を進めています。



パーシステントホモロジーを応用した熱伝導率の予測

社会への影響・期待される効果

新材料設計のためのデータサイエンス手法の開発・公開を進めています。とくに、複雑な構造における物性を理論予測する研究を行っています。デバイス材料を始めとする産業応用上重要な物質への応用展開が期待されます。

【論 文 Paper】[1] Appl. Phys. Express 12, 095001 (2019).
[2] J. Chem. Phys. 156, 244502 (2022).
[3] J. Vac. Soc. Technol. A 40, 033408 (2022).
[4] J. Chem. Phys., 159, 084101 (2023).

9 テーマ Theme

IoT・AIを活用した大面積シート型センサーシステムの研究開発

Sheet-type Large-area Sensor Systems utilizing IoT and AI

研究分野 Department
先進電子デバイス
Advanced Electron Devices

研究者 Researcher
関谷 毅 T. Sekitani
植村隆文 T. Uemura
荒木徹平 T. Araki
野田祐樹 Y. Noda
鶴田修一 S. Tsuruta
阿部岳晃 T. Abe

キーワード Keyword
フレキシブルエレクトロニクス、センサー、サイバーフィジカルシステム(CPS)
flexible electronics, sensors, Cyber-Physical Systems

応用分野 Application
バイオシグナルセンサー、ウエアラブルセンサー、IoT
bio-signal sensors, wearable sensors, Internet of Things(IoT)

＊基礎・応用にとらわれることなく広く研究しているのが我々の特徴です。スタートアップ企業を設立して、製品を社会に展開している特長を有しています。

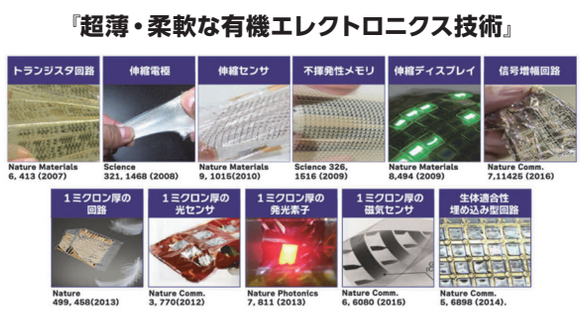
研究開発段階
基 礎 ― 実用化準備 ― 応用化

背　景

優れた機械的特性（フレキシビリティ）と電気的特性を同時に実現した次世代デバイス、“フレキシブルエレクトロニクス・フォトニクス”の研究に取り組んでいます。有機材料を 含む機能性ソフト材料を用いた電子デバイス、光デバイスを基盤技術とし、情報通信技術か ら医療・福祉・バイオ分野、インフラ保守点検など広範な領域において新しい科学を創出し ます。さらに、その具体的応用例を実証し、社会実装することを目標にしています。

概要・特徴

“フレキシブルエレクトロニクス・フォトニクス”の応用研究は、微細構造形成技術、ナノ構造解析技術、最先端材料科学、高度集積化エレクトロニクス技術に支えられています。我々のグループでは、材料、デバイス、界面物理、物性物理、回路設計、システム設計、情報処理といった広範な学術分野を融合した新しいモノづくりを実現しています。



技術内容

有機材料の「優れた電気的・機械的特性」に加えて、「自己組織化現象（有機超分子構造形成）」、「低エネルギー加工性」を応用したフレキシブルエレクトロニクスの基礎材料・物性研究および応用研究を行っています。特に、有機ナノ分子積層技術、有機半導体/絶縁体界面制御技術、有機分子材料物性制御技術、分析技術、有機回路設計技術といった有機材料特有の技術開発を広範な領域において行うことで、有機トランジスタの高度集積化を実現しています。

有機材料を中心に、柔らかく、使いやすいエレクトロニクスを社会へ展開しています。実際に、研究室発スタートアップ企業PGV株式会社を設立し、医療機器の社会実装を実現するなど、真のモノづくり、価値づくりに取り組んでいます。

社会への影響・期待される効果

- メーターサイズの大面積性と、薄膜高分子フィルムの柔軟性を兼ね備えた大面積センサーシステムの構築とこれより得られる膨大な情報のリアルタイム可視化による社会の最適化
- 実世界の情報を正確かつ存在感無く収集するためのセンサーシステムにより、社会システムをより快適に、最適に、安全安心にするための基盤技術開発
- 次世代医療、ヘルスケア、構造物スマート管理など超少子高齢社会を迎えた我が国において社会基盤を支えるテクノロジーの実現

【論 文 Paper】

[1] Nature Materials 6 (2007) 413.
[2] Science 321 (2008) 1468.
[3] Nature Materials 8 (2009) 494.
[4] Science 326 (2009) 1516.
[5] Nature Materials 9 (2010) 1015.
[6] Nature Comm. 3 (2012) 723.
[7] Nature 499 (2013) 458).
[8] Nature Electronics 2 (2019) 351.
[9] Adv. Mater. 32 (2020) 1902684.
[10] Adv. Mater. 33 (2021) 2104446.
[11] Adv. Mater. (2024) 2304048.
[12] Adv. Mater. (2024) 2309864.

関谷教授HP　研究室HP

10 テーマ Theme

シリコン基板中への空洞形成

Void Formation in Si Substrates

研究分野 Department
先進電子デバイス
Advanced Electron Devices

研究者 Researcher
須藤孝一
K. Sudoh

キーワード Keyword
シリコン微細構造
silicon micro-structure

応用分野 Application
微小電気機械素子
Micro-Electro-Mechanical-Systems (MEMS)

研究開発段階
基 礎 ▼ 実用化準備 応用化

背　景

固体材料の様々な産業応用において、ミクロな表面形態を制御することが重要な課題となっており、表面形態の形成メカニズムを理解することは、制御するための第一歩となります。固体表面の表面形態形成現象の普遍的側面に注目し、結晶成長などの非平衡過程を通して表面が形作られていく物理的なメカニズムについて解明し、固体表面の表面形態を利用した産業応用への展開を進めます。

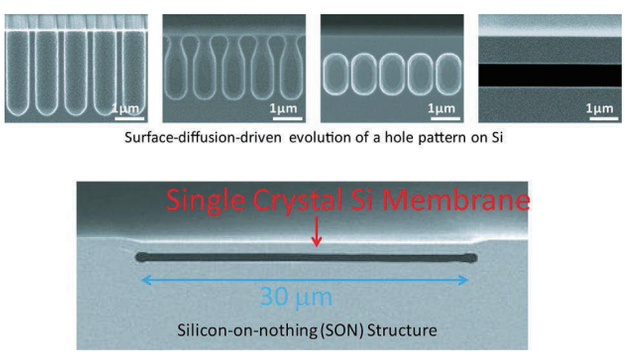
概要・特徴

リソグラフィーや水素アニールなど標準的な半導体製造技術を利用して簡便なプロセスによって、シリコン基板に空洞構造やシリコン膜を形成することが可能です。

技術内容

シリコン基板上に形成した高アスペクト比の微細ホールパターンを高温アニールすることによって引き起こされる自発的形態変化を利用してシリコン基板中に様々な微細空洞構造を形成することができます。また、100nmから1μm程度のシリコン膜を形成することも可能です。

シリコン基板上に形成した微細構造を水素雰囲気や真空中など酸化が起こらない環境で高温アニールすると表面拡散による形態変化が起こります。高アスペクト比のホールが表面拡散によって変形するとき、ホールの開口が自発的に閉じてシリコン基板中に空洞が形成されます。初期のホールパターンの設計によって様々な空洞構造を形成することが出来ます。



Surface-diffusion-driven evolution of a hole pattern on Si

Silicon-on-nothing (SON) Structure

社会への影響・期待される効果

- 従来にない簡単なプロセスでシリコン基板中に微細空洞構造を作製する
- 安価で高品質な単結晶シリコンナノ膜の作製を実現する

【論 文 Paper】

[1] K. Sudoh, R. Hiruta, H. Kuribayashi, J. Appl. Phys. 114, 183512 (2013).
[2] K. Sudoh, H. Iwasaki, R. Hiruta, H. Kuribayashi, R. Shimizu, J. Appl. Phys. 105, 083536 (2009).

11 テーマ Theme

スピン力学センサの開発

Development of spintronics mechanical sensor

研究分野 Department
界面量子科学
Interface Quantum Science

研究者 Researcher
千葉大地
D. Chiba

キーワード Keyword
スピントロニクス、ひずみゲージ、フレキシブルエレクトロニクス、サイバーフィジカルシステム
Spintronics, Strain gauge, Flexible electronics, Cyber-physical system

応用分野 Application
力学量センシング、フレキシブル・ウェアラブルデバイス
Mechanical sensing, Flexible and wearable devices

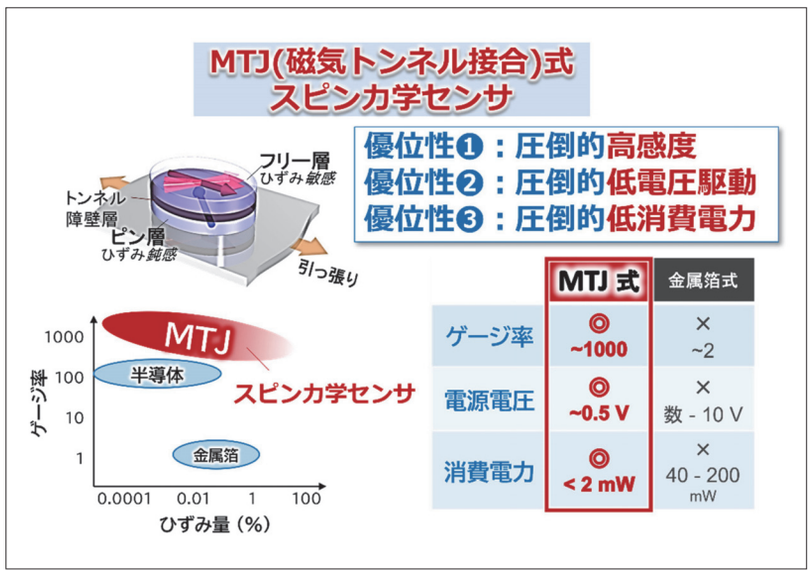
研究開発段階
基 礎 ― 実用化準備 ― 応用化

背　景

フィジカル空間において力学量は最も重要な物理量です。力学センサの高感度化・低電圧駆動・低消費電力化は、高度なサイバーフィジカルシステムの構築に不可欠であるにも関わらず、センサ自体の革新は置き去りにされています。

概要・特徴

世界最高感度のフィルム型ひずみゲージの開発に成功しています。高度に蓄積された“スピントロニクス”技術を新たな社会実装の方向へ導くものです。



技術内容

- 磁界センサや磁気メモリとして市販されているスピントロニクス素子を用い、圧倒的優位性を有する力学センサを開発
- 世界最高感度のフィルム型ひずみゲージを実現、生体モーションを同定を実証
- 圧力センサ等への搭載を通じた社会実装実験を推進中
- スピントロニクス素子の不揮発性を利用した無電源センシングへの展開も視野に

社会への影響・期待される効果

これまでは、力学センサの出力を上げるために高い電源電圧を要していましたが、スピン力学センサは低電源電圧で高感度、エナジーハーベスタ程度の電力で駆動できる低消費電力という圧倒的性能を持ちます。高度に蓄積されたスピントロニクス技術を活かすことで速やかに圧力センサやロードセルへの搭載、製品化に結び付くだけでなく、集積化・ウェアラブル化・スピンの特徴を生かした無電源センシング化などにより、力学センサ市場のゲームチェンジに挑みます。

【論 文 Paper】
[1] Nature Elec. 1 (2018) 124-129
[2] Appl. Phys. Lett 114 (2019) 132401
[3] Appl. Phys. Lett 114 (2019) 202401
[4] Appl. Phys. Lett. 120, (2022) 072407

【特 許 Patent】
[1] 特許第6722304号
[2] 特許第7031023号
[3] 特願2021-198498
[4] 特願2021-137247号
[5] 特願2022-018696
[6] 特願2024-032465

12 テーマ Theme

次世代磁気メモリへの応用を目指した人工カイラルスピン構造の創成

Formation of chiral spin structure based on nano-scale modulation of magnetic property

研究分野 Department　界面量子科学 Interface Quantum Science

研究者 Researcher　小山知弘 T. Koyama

キーワード Keyword　スピントロニクス、スピンカイラリティ、ナノテクノロジー spintronics, spin chirality, nanotechnology

応用分野 Application　次世代情報処理・センシングデバイス pathogen detection, medical diagnosis, drug development

研究開発段階　基礎 ▼ ― 実用化準備 ― 応用化

背景

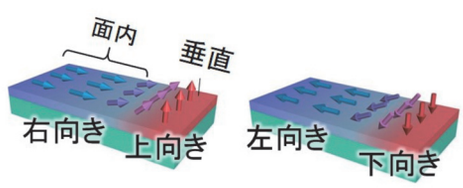
次世代情報処理の基盤技術として、電子の電荷とスピンの特性を融合した新しいエレクトロニクスである「スピントロニクス」が大きな注目を集めています。近年では、スピンの方向と空間変化を結びつける「カイラリティ」という特性により発現するカイラル磁壁やスキルミオンといった特殊なスピン構造を、高速・低消費電力磁気メモリへ応用する「カイラルスピンデバイス」の実現に向けた研究が盛んに行われています。

概要・特徴

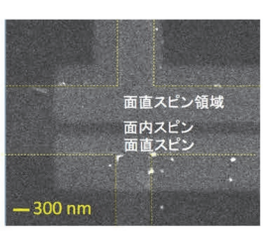
磁気異方性などの磁気特性をナノスケールで空間変調させることにより、カイラルスピン構造を人工的に作製できることを実証しました。

技術内容

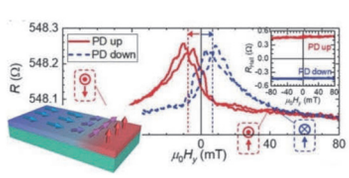
- 磁性体表面のみを低エネルギーイオン照射によりエッチングすることで、磁気異方性の面内⇔面直スイッチングに成功しました。
- 単一の磁性体中に面内スピンと面直スピンをハイブリッドさせた構造において、カイラリティによりそれぞれのスピン方向がカップルし特定方向に向きやすくなることを確認しました。
- 水素を利用することで、フェリ磁性体(希土類元素と遷移金属からなる合金系で、両者の磁気モーメントが反平行結合している材料)の磁気特性を制御できることを発見しました。磁気特性のナノ空間変調をフェリ磁性体で実現できれば、強磁性体を用いた場合に比べてはるかに高速に動作するカイラルスピンデバイスを作り出すことが可能です。



人工カイラルスピン構造の概念図。面内スピンと面直スピンの向きが互いに一意に決まる。



面内-面直ハイブリッド構造の電子顕微鏡像



スピン方向のカップリングを電気的に計測することに成功

社会への影響・期待される効果

スピントロニクスを活用した情報処理デバイスの最大の特徴は、磁石のN、S極の高い安定性に基づく情報の不揮発性です。ナノ磁性変調構造を導入することで不揮発性を保持しつつ、これまでにない機能、すなわち超低消費電力かつ高速な情報書き込みや読み出し、高効率センシング、さらには光制御技術をスピントロニクスデバイスに付与できると考えています。

【論 文 Paper】
[1] Appl. Phys. Lett. 120, 172402 (2022).
[2] Jpn. J. Appl. Phys. 61, 070908 (2022).
[3] Appl. Phys. Lett. 119, 202402 (2021).
[4] Appl. Phys. Lett. 116, 092405 (2020).

13 テーマ Theme

電界制御量子ドットを使った量子中継器開発

Development of quantum repeaters using electrically-controlled quantum dots

研究分野 Department
量子システム創成
Quantum System Electronics

研究者 Researcher
大岩 顕
A. Oiwa

キーワード Keyword
量子ドット、電子スピン、光子、量子中継、量子インターフェース
quantum dots, electron spin, photon, quantum repeaters, quantum interface

応用分野 Application
量子暗号通信、量子インターネット
flexible and wearable devices, switching and sensing devices,
Nano Electro Mechanical Systems(NEMS)

研究開発段階
基 礎 ― 実用化準備 ― 応用化

背　景

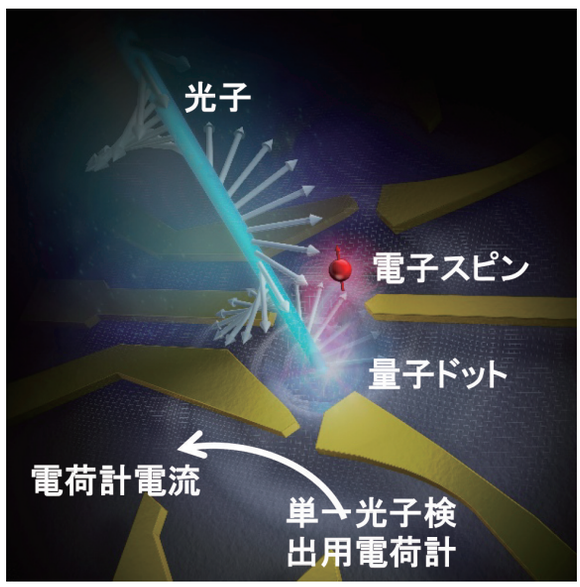
IoTが発達した将来の情報社会において、絶対に安全な通信方法を提供する量子暗号通信の研究開発が進みますが、その長距離化を実現する手法や物理系が未だ未解決です。これを解決して、絶対に安全なグローバル量子暗号通信ネットワークを構築することが必要です。

概要・特徴

電気制御量子ドットを使って、量子メモリー機能を有する光子－スピン量子インターフェースを開発し、長距離量子暗号通信のための量子中継器を実現します。

技術内容

- 減衰した量子情報を復調する量子中継器が必要で、その開発に不可欠な量子メモリー機能を有する光－スピン量子インターフェースをコア技術とした量子中継技術を開発します。
- 量子中継器は、光と固体量子ビットの間で量子情報を変換するインターフェースと量子メモリーで構成されます。我々は単一光子から半導体量子ドット中の単一電子スピンとの変換の技術を有します。
- 通信波長帯域での変換技術を開発したうえで、光学系や電子スピン操作・検出回路、それらを統合した量子中継器システムなどの設計・開発と量子中継の実証を行います。
- 高効率量子もつれ光源の技術開発とのタイアップ。



社会への影響・期待される効果

量子暗号通信のグローバルネットワークが構築され、絶対に安全に情報をやり取りできる社会がもたらされます。

量子コンピュータや原子時計、あるいは量子センサーなどを接続した量子インターネットを構築することで、量子情報を最大限に活用します。

【論 文 Paper】

[1] T. Fujita et al., Phys. Rev. Lett., 110, 266803 (2013).
[2] A. Oiwa et al., J. Phys. Soc. Jpn. 86, 011008 (2017).
[3] K. Kuroyama et al., Phys. Rev. B 99, 085203 (2019).
[4] K. Kuroyama et al., Sci. Rep. 7, 16968 (2017)
[5] T. Fujita et al., Nature communications 10, 2991 (2019).

14 テーマ Theme

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

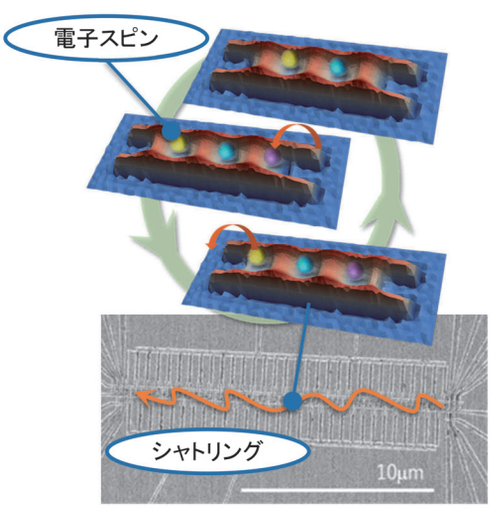
量子コンピュータ開発が激化しながらも、物理を含めた基礎研究は未だ切り離せず、世界中の研究機関や企業で要素技術の研究開発が進められています。様々な物理系が量子ビットとして研究されている中で、半導体量子ドット中の単一電子スピンは、電気的制御と集積化への適性といった利点により注目されています。

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).

15 テーマ Theme

機能性酸化物を用いた新奇ナノデバイス創製

Fabrication of novel devices based on functional oxide materials

研究分野 Department
ナノ機能材料デバイス
Functional nanomaterials and nanodevices

研究者 Researcher
田中秀和
H. Tanaka

キーワード Keyword
機能性酸化物、二酸化バナジウム、二次元原子層材料
functional oxide, vanadium oxide, 2D material

応用分野 Application
フレキシブルデバイス、抵抗スイッチ素子、赤外線センサー、NEMS
flexible and wearable devices, switching and sensing devices, Nano Electro Mechanical Systems(NEMS)

研究開発段階
基 礎 ▼ 実用化準備 応用化

背　景

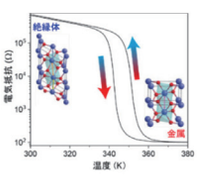
二酸化バナジウム(VO_2)は、67℃付近において絶縁体状態から金属状態へと相転移します。この相転移に伴い電気抵抗値が5桁ほど、赤外線の透過率が50 %以上変化するため、抵抗スイッチ素子や赤外線センサーへの応用が期待されます。

概要・特徴

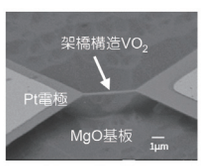
機能性酸化物であるVO_2をナノ構造化させたり、異種機能材料とヘテロ構造化させたりすることで、VO_2のデバイス応用展開の可能性を広げました。

技術内容

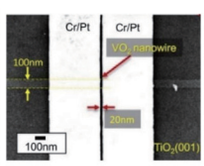
- 酸化マグネシウム(MgO)基板上に成長させたVO_2薄膜を、MgO基板を選択的にエッチングすることで、基板から数μm浮いた架橋構造にすることに成功。
- リソグラフィー技術を駆使することで、電極間距離20nm、線幅100nmのVO_2ナノ細線デバイスを作製。
- VO_2を、六方晶窒化ホウ素(hBN)上に薄膜成長させ、形成したVO_2薄膜とhBNとの積層構造を、粘着性ポリマーを介して異種材料上に転写させることに成功。
- VO_2と二次元半導体である二セレン化タングステン(WSe_2)をヘテロ構造化させることで、急峻にオン・オフスイッチする新原理トランジスタの作製に成功。



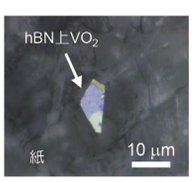
VO_2の電気抵抗値の温度依存性

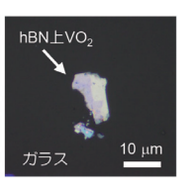


架橋構造を持つVO_2ナノ細線

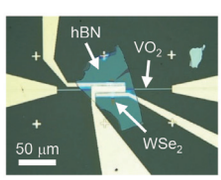


究極のVO_2ナノ細線デバイス





さまざまな材料上に転写したhBN上のVO_2薄膜



VO_2/WSe_2ヘテロ構造トランジスタ

社会への影響・期待される効果

今回作製したナノ架橋構造型VO_2は、熱散逸が極端に抑制されるため、これを用いれば抵抗スイッチの超低消費電力化、赤外線センサーの超高感度化が期待できます。また、VO_2架橋構造は機械的柔軟性を有するため、アクチュエータへの応用も期待できます。

hBNとVO_2との積層構造を柔軟な材料に転写することで、近年その需要が高まっている、ウェラブルデバイスやペーパーデバイスなどへの応用が期待できます。また、どのような形状の窓にも適用できるスマートウィンドウなどの開発も期待されます。

【論 文 Paper】

[1] Appl. Phys. Lett. 107 (2015) 143509(1-6)
[2] Appl. Phys. Exp. 7 (2014) 023201
[3] Adv. Materials 25 (2013) 6430-6435
[4] ACS Appl. Mater. and Inter. 11 (2019) 3224-3230-(1-9)

16 テーマ Theme

強相関電子系金属酸化物の精密3次元ナノ構造創製

Fabrication of 3D nanostructures based on strongly correlated transition metal oxides

研究分野 Department
ナノ機能材料デバイス
Functional nanomaterials and nanodevices

研究者 Researcher
田中秀和 H. Tanaka　服部 梓 A. N. Hattori

キーワード Keyword
3次元ナノ構造、機能性酸化物、相変化、ナノテンプレート
3D nanostructures, functional oxides, phase change, nano template

応用分野 Application
3次元ナノ機能デバイス
3D nano functional devices

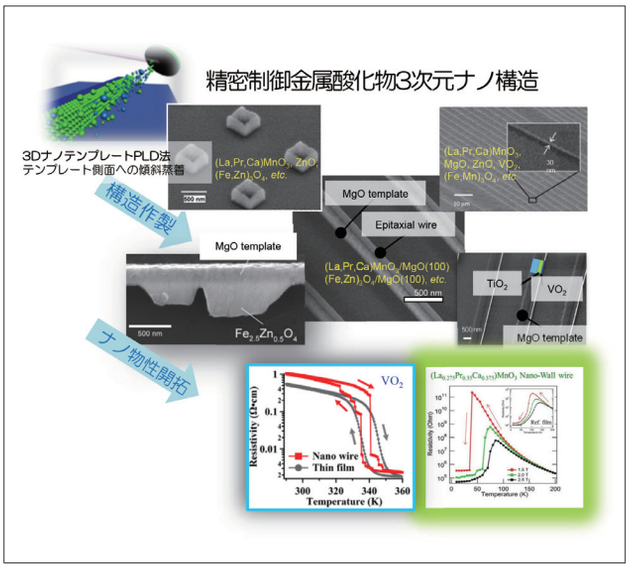
研究開発段階
基 礎 ▼ ― 実用化準備 ― 応用化

背　景

強相関電子系金属酸化物は、金属-絶縁体相転移に伴う抵抗変化が劇的で10^3-10^5にも及ぶためナノエレクトロニクスへの展開が期待されています。しかし、金属酸化物は一般的に難加工材料のため、100 nmを下回るサイズの構造を作る技術が確立されていません。

概要・特徴

トップダウンとボトムアップを組み合わせた独自のナノ構造創製技術により、サイズ制御精度10nm以下で金属酸化物の3次元立体造形技術を確立しました。



技術内容

傾斜パルスレーザー堆積法（PLD）蒸着により、基板上に作製した3次元テンプレートの側面に成長起点を誘導し、テンプレート側面から分子層厚さ精度でサイズ制御したナノ構造を作製する手法を開発しました。テンプレートの形状、配置情報を正確に転写し、かつリソグラフィー分解能に縛られず分子層レベルでナノ構造のサイズ制御が可能であり、基本的にべての物質に適応できる手法です。

立体基板の側面構造を原子レベルで観察・制御する手法も確立しており、これまでの加工、造形、構造評価技術の次元性と精度を大幅に向上した立体ナノ構造創生技術です。

社会への影響・期待される効果

ナノ細線試料では薄膜に比べて10^3-10^6倍もの急激な金属-絶縁体相転移に伴う抵抗変化を発見し、その起源が制限空間内に閉じ込められた電子集団の生成・消滅挙動に起因することを明らかにしました（ナノ構造増感効果）。

極限ナノ構造によるナノ電子相への直接アクセスの可能性を秘めており、人為的な相転移現象の機能化の方法論確立に向けて研究を進めています。魅力的ではあるが操作が難しく、これまでポテンシャルが充分に引き出せていなかった強相関金属酸化物に対して、機能発現の起源を解明し、物性操作法の確立が期待できます。

【論 文 Paper】

[1] Nano Letters 15 (2015) 4322-4328.
[2] Nano Lett. 19(2019) 5003-5010.

17 テーマ Theme

低次元ナノ構造酸化物の構造・機能チューニング

Architecture and Function Tuning for Low-dimensional Nanostructured Oxides

研究分野 Department
先端ハード材料
Advanced Hard Materials

研究者 Researcher
関野 徹
T. Sekino

キーワード Keyword
ナノチューブ、ナノシート、高次機能触媒、エネルギー変換
nanotube, nanosheet, multifunctional catalyst, energy conversion

応用分野 Application
触媒（環境浄化、光、不均一系）、太陽電池、センサー、生体適合材料
catalyst (environmental/heterogeneous/photo), solar cell, sensor, biocompatible material

研究開発段階
基 礎 ― 実用化準備 ― 応用化

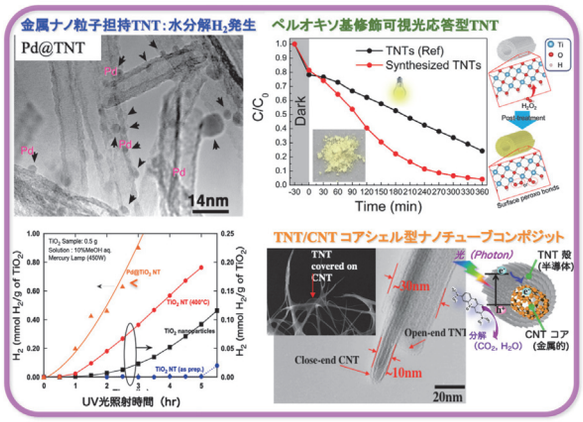
背　景

酸化チタンを基礎とする酸化物ナノチューブやナノシート材料は、Ti-O結合に基づく結晶構造およびその電子状態に由来して発現する光化学物性と低次元ナノ構造との相関により、優れた光触媒能や特異な選択的分子吸着能の共生など従来材料にない多機能性を示します。

概要・特徴

酸化物材料の結晶およびナノ構造と機能を多角的にチューニングして高次機能を更に向上させ、次世代型の環境浄化機能材料、エネルギー創製材料や電池電極、光および化学センサー、更には多機能型生体適合・機能材料など、様々な応用展開・実用化を志向して研究を進めています。

チタニアナノチューブは通常の酸化チタンにはない優れた選択的分子・イオン吸着能と光触媒能を併せ持つ（能動型環境浄化機能）など、単材料でありながら物性-低次元構造協奏に基づく優れた多機能性を持ち、広範囲な環境およびエネルギー材料、更にはバイオマテリアル材料への展開が可能です。



技術内容

ごく簡単で環境低負荷な溶液化学プロセスによりナノチューブ構造などの低次元ナノ構造を持つチタニアを高収率で合成することができるほか、金属表面に直接ナノ構造を形成したりコーティングすることも可能です。さらに、機能性元素固溶やナノ複合化、ポリマーとのナノハイブリッド化など構造修飾を駆使し、物理的光化学的機能を更に向上させることができます。加えて分子レベル構造制御で可視光応答化も可能です。高効率の水分解光触媒のほか、吸着・光触媒特性の共生と向上、太陽電池電極特性の向上、室温ガスセンシング機能化などが可能です。

社会への影響・期待される効果

- 環境浄化・エネルギー創製機能材料、室温駆動型高性能ガスセンサー材料としての展開
- 多機能性を同時に獲得した材料デバイス（センサー等）の創出
- 多機能性生体適合性材料、バイオメディカル材料（DDS・PDT等）、衛生機能材料としての応用

【論 文 Paper】
[1] Chem. Commun., 57 (2021) 12536.
[2] RSC Advances, 11 (2021) 18676.
[3] ACS Appl. Nano Mater., 3 (2020) 7795.
[4] ACS Appl. Nano Mater., 2 (2019) 6230.
[5] Nano Biomed., 8 (2016) 41.

【特 許 Patent】
[1] 特開2021-171734
[2] 特許第4868366号

18 テーマ Theme

高次機能を集約したマルチタスク型先端セラミックス基複合材料の創製

Development of Multitask-type Advanced Ceramic-based Composites with Integrated Functions

研究分野 Department　先端ハード材料 Advanced Hard Materials

研究者 Researcher　関野 徹 T. Sekino

キーワード Keyword　セラミックス、複合材料、ミクロ/ナノ構造、異方性、機能統合、力学/電気/磁気/光化学機能、室温損傷修復能
ceramics, composite, micro/nanostructure, anisotropy, function integration, mechanical/physical/electrical/photochemical functions, room-temperature crack-healing function

応用分野 Application　機能性構造用材料、易加工セラミックス、損傷修復材料、能動的センサデバイス、デバイス製造装置、人工歯骨
functional structural materials, machinableceramics, crack-repair/healing materials, active sensor, device manufacturing, artificial teeth/born

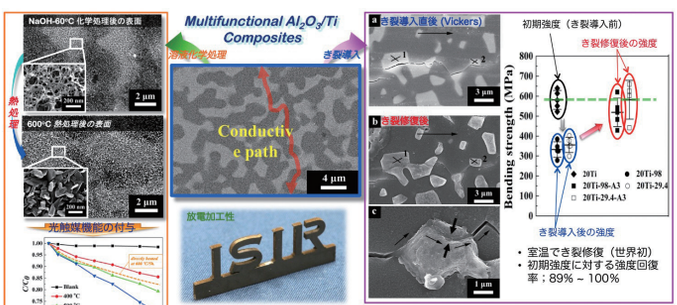
研究開発段階　基 礎 ▼ 実用化準備 ▼ 応用化

背　景

構造用セラミックス材料が持つ力学的・熱的機能を更に向上させると共に、電気的性質や光化学的性質、磁気的誘電的性質などの機能性を同時に共生させることで、ひとつの材料で多様な機能性を獲得し、様々な応用が可能な「マルチタスクな材料」の創製が期待されます。

概要・特徴

構造的機能（力学特性、耐摩耗性、耐熱性）に限定されていた従来の構造用セラミックス材料に、多様な複数機能を共生できます。これにより放電加工性や室温き裂損傷修復機能（世界初の成果）、光触媒機能を同時に備えた新規なセラミックス材料を創製し、生体親材料、機能性電極、光電変換材料、セルフセンシング構造材料などへの展開が可能な、そのものが多様なデバイス型機能を持つ「マルチタスク型材料」のコンセプト提案・創製および機能検証の研究を進めています。



ヘテロ複合構造、低次元ナノ構造の制御によるマルチタスクコンポジット
–力学・電気・放電加工・光触媒・室温き裂修復機能の共生–

技術内容

セラミックスを中心としたバルク材料に、ナノ/ミクロサイズ金属や機能性物質を分散複合化し、構造ユニット毎にその異方構造や配列構造（パーコレーション）、界面を設計・制御すると共に、各機能評価と機構解明を通じて高次な機能集約を果たした「マルチタクス機能型セラミックス」の創製および実証を行っています。

一例として、アルミナ（Al_2O_3）セラミックスに金属チタン（Ti）を分散複合化したAl_2O_3/Ti複合材料は、破壊靱性の向上、Ti粒子のパーコレーションによる電気伝導性の共生、通常のセラミックスでは不可能な放電加工性の付与が可能です。さらに、導電性と化学反応性を制御し、室温での電気化学的処理で材料に生じたき裂損傷を修復し、損傷により低下した強度を初期値まで回復させることを実証（世界初）しました。加えて、化学的または熱的処理で表面ナノ構造酸化物を形成し、光触媒機能を同時に付与することが可能です。

社会への影響・期待される効果

- 力学的機能と多様な物理光化学機能（例えば光触媒機能）が融合したセラミックスの創製
- 室温プロセスによる損傷・き裂修復が可能なセラミックス基材料の創製と機構提案
- デバイス型機能材料の創製およびシステム小型・軽量・低コスト化

【論 文 Paper】
[1] J. Am. Ceram. Soc., 104 (2021) 2753.
[2] J. Alloys Comp., 851 (2021) 156895.
[3] J. Am. Ceram. Soc., 103 (2020) 4573.
[4] J. Am. Ceram. Soc., 102 (2019) 4236.
[5] J. Ceram. Soc. Japan, 126[11] (2018) 877.
[6] J. Am. Ceram. Soc., 101 (2018) 3181.

【特 許 Patent】
[1] 特開2020-094233
[2] 特許第5189786号
[3] 特許第3955901号

19 テーマ Theme

機能性電解液材料

Multifunctional liquid electrolyte materials

研究分野 Department
エネルギー・環境材料
Energy and Environmental materials

研究者 Researcher
山田裕貴 Y. Yamada　片山 祐 Y. Katayama　近藤靖幸 Y. Kondo

キーワード Keyword
エネルギー貯蔵・変換、電気化学反応、電解液、電気自動車 (EV)
Energy storage & conversion, electrochemical reactions, electrolytes, electric vehicles (EV)

応用分野 Application
電気化学デバイス、二次電池、電解反応
Electrochemical devices, rechargeable batteries, electrolysis

研究開発段階
基 礎 ― 実用化準備 ― 応用化

背　景

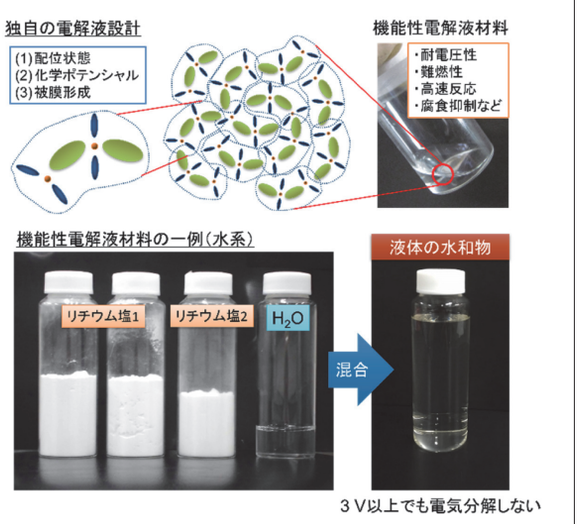
2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、二次電池や電解反応など、電気化学的なエネルギー貯蔵・変換デバイスの重要性が高まっています。その中で、電解液は、イオン輸送を担うだけでなく、反応場となる電極/電解液界面の形成という役割を有し、上記デバイスの性能や安全性を決める重要な液体材料となっています。

概要・特徴

- **さまざまな機能性電解液材料（非水系・水系）を開発しました。**
- **各種電気化学デバイスに応用することで、既存材料では不可能な性能・特性を実現しました。**

技術内容

●液体中における (1) イオンと溶媒分子の配位状態、(2) 化学ポテンシャル、(3) 表面被膜形成反応を統合的に制御する独自の電解液設計を確立しました。●高い耐電圧性、電極反応の高速化、金属の酸化腐食の抑制、難燃性など、多様な機能を持った非水系電解液材料を開発しました。●リチウムイオン電池電解液に必要な不働態被膜形成溶媒とリン系難燃剤の分子構造を融合し、不働態被膜形成能と難燃性を兼ね備えた新有機溶媒を設計・合成しました。●水の電気分解を高度に抑制することができる、3V以上の耐電圧性を有する水系電解液を開発しました。



社会への影響・期待される効果

- リチウムイオン電池の高電圧化・難燃化・超長寿命化（全固体電池の長所を液系で実現）→EVの航続距離延長、火災事故防止、廃バッテリーの低減
- 超高エネルギー密度のポストリチウムイオン電池（リチウム金属電池、フッ化物イオン電池など）→長距離ドローンなどEV以外の用途開拓
- 製造時にドライルームを必要としない水系リチウムイオン電池→低CO2排出・低コストの電池生産プロセスの実現
- 水をプロトン源とした強還元電解デバイス（CO2→有用化学物質、N2→アンモニアなどの変換）→副反応となる水の還元を抑制し、既存電解液では不可能な高効率・反応選択性の実現

【論 文 Paper】
[1] J. Am. Chem. Soc., 136 (2014) 5039
[2] Nature Commun., 7 (2016) 12032
[3] Nature Energy 1 (2016) 16129
[4] Nature Energy 3 (2018) 22
[5] Nature Energy 4 (2019) 269
[6] Angew. Chem. Int. Ed., 58 (2019) 8024
[7] Angew. Chem. Int. Ed., 58 (2019) 14202
[8] Nature Energy 5 (2020) 291
[9] Nature Energy 7 (2022) 1217
[10] Nature Sustainability, 6 (2023) 1705.

【特 許 Patent】
[1] 特許第 5816997 号
[2] 特許第 5816998 号など
登録特許（電解液関係）計34件

20 テーマ Theme

リアルタイム可視化技術を用いた各種電気化学デバイス開発

Operando Analysis-driven Development of Electrochemical Devices

研究分野 Department
エネルギー・環境材料
Energy and Environmental Materials

研究者 Researcher
片山 祐 Y. Katayama　山田裕貴 Y. Yamada　近藤靖幸 Y. Kondo

キーワード Keyword
オペランド分光法、カーボンニュートラル、電気化学界面、反応場
Operando spectroscopy, Carbon neutral, Electrochemical interface, Reaction field

応用分野 Application
Power-to-Xデバイス、燃料電池、次世代二次電池、反応モニタリング技術
Power-to-X, Fuel Cell, Battery, Reaction monitoring

研究開発段階
基 礎 ― 実用化準備 ― 応用化

背　景

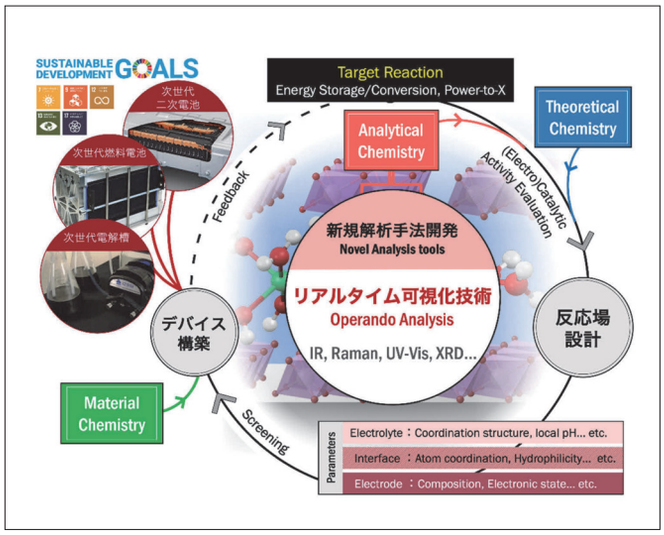
電気化学反応は、エネルギー貯蔵・エネルギー変換・材料合成など幅広い分野で我々の豊かな生活を支えています。これらの反応はいくつもの複雑な反応過程から成り立ちますが、その全てが固体の電極材料と液体の電解液材料の境界「電極/電解液界面」にて進行しています。この「電極/電解液界面」の理解は不十分であり、その解明と最適化の方策を確立することで、電気化学反応特性のさらなる向上が期待されます。

概要・特徴

●電気化学反応をリアルタイムかつ原子レベルで可視化する技術を開発しました。
●メカニズム理解に立脚した材料開発による、各種電気化学デバイスの効率向上・機能拡張に成功しました。

技術内容

●独自の金属薄膜製造技術により、シグナル増強効果を付与した金属薄膜の合成に成功しました。●開発した金属薄膜を集電体として用いることで、高時間分解能かつ高感度なリアルタイム可視化用電気化学セルを開発しました。●開発したリアルタイム測定セルを用いることで、これまで謎だった水分解反応（水から水素と酸素を製造する反応）、二酸化炭素資源化反応、燃料電池反応、二次電池反応のメカニズムを解明しました。●解明したメカニズムに基づくボトムアップ的なアプローチによって、各種電気化学デバイスの特性向上に取り組んでいます。



社会への影響・期待される効果

独自のオペランド測定による電極/電解液界面反応解析を「電極/電解液界面」材料設計に応用することで、エネルギー・環境問題の解決に資する電気化学反応（以下代表例）の飛躍的な特性向上が期待できます。

- ●CO_2資源化デバイス（電気化学的なCO_2→燃料への変換反応）
- ●グリーン水素製造デバイス（電気化学的な水（海水）→水素への変換反応）
- ●クリーンアンモニア製造デバイス（電気化学的な窒素→アンモニアへの変換反応）

【論 文 Paper】
[1] J. Am. Chem. Soc. 146, 8928-8938 (2024).
[2] ACS Energy Lett. 8, 1230-1235 (2023).
[3] Nature Catalysis 3, 516-525 (2020).
[4] Energy & Environmental Science 13, 183-199 (2020).
[5] Science 358, 751-756 (2017).
[6] ACS Catalysis 6, 2026-2034 (2016).

【特 許 Patent】
[1] 特願2022-032910
[2] PCT/JP2022/11337

21 テーマ Theme

電子デバイス用セルロースナノファイバー材料の開発

Developments of cellulose nanofiber materials for electronic device

研究分野 Department
自然材料機能化
Functionalized Natural Materials

研究者 Researcher
能木雅也
M. Nogi

キーワード Keyword
セルロースナノファイバー、水中短絡防止材料、高透明・絶縁・高耐熱性
cellulose nanofiber, water protection, high transparency, high insulation, high heat resistance

応用分野 Application
透明フィルム、生分解性デバイス、マイグレーション防止材
transparent film, biodegradable device, electro chemical migration

研究開発段階
基 礎 ▼ 実用化準備 ― 応用化

背　景

私達はセルロースナノファイバーを使い「透明な紙」を発明しました。また、デバイス回路をセルロースナノファイバー薄膜で覆っておくと、水没した際の短絡故障を防ぐことも明らかにしました。さらに、生分解性デバイスへの応用も可能です。

概要・特徴

- **フレキシブル電子デバイスへの応用に向けて、セルロースナノファイバー材料の開発を行っています。**
- **水没故障を防ぎ、土に還るセンサデバイスを実現します。**

技術内容

【濡れても、故障しない電子機器の実】

●電子回路は濡れると、ショートし、発熱・発火します。●従来は、回路が濡れないように、ポリマーで防水コート（封止）しています。しかし、ポリマー封止材が破損すると、水が浸入し、ショートします。●セルロースナノファイバー薄膜で回路をコートしておけばショートしません。また、もし薄膜が破損しても、ショートしません。

【土に還るセンサデバイスの開発】

●セルロースナノファイバーを用いて、高性能キャパシタを開発しました。●コイルや抵抗なども実装し、雰囲気湿度情報を無線送受信できるセンサデバイスを開発しました。●このセンサデバイスは、紙（セルロースナノファイバー）と金属、石ころ（鉱物）という自然の恵みだけで作られています。●したがって、使用後に土中へ放置すると、40日後には総体積の95%以上が分解します。

社会への影響・期待される効果

これまでのポリマーベースの電子デバイスは、割れて濡れると短絡故障します。しかしセルロースナノファイバーを利用すれば、割れて濡れても、電子デバイスは短絡故障しません。また、ポリマーベースの電子デバイスは野外放置するとゴミになりますが、セルロースナノファイバーを利用した電子デバイスは循環型資源になります。したがって、セルロースナノファイバーは、これからの未来社会において重要な材料となるでしょう。

【論 文 Paper】

[1] ACS Appl. Mater. Interfaces, 11 (2019) 43488, DOI: 10.1021/acsami.9b13886
[2] ACS Appl. Mater. Interfaces, 4 (2021) 3861, DOI: 10.1021/acsanm.1c00267

22 テーマ Theme

バイオマスナノマテリアルの学際的機能開拓研究

Interdisciplinary Functional Development Research on Biomass Nanomaterials

研究分野 Department
自然材料機能化
Functionalized Natural Materials

研究者 Researcher
古賀大尚
H. Koga

キーワード Keyword
ナノセルロース、ナノキチン、環境調和性・持続性エレクトロニクス、リキッドバイオプシー
nanocellulose, nanochitin, environmentally friendly and sustainable electronics, liquid biopsy

応用分野 Application
半導体ナノ材料、サステナブルデバイス、センサー・エネルギー応用、ヘルスケア
semiconducting nanomaterials, sustainable device, sensor and energy applications, healthcare

研究開発段階
基 礎 ▼ 実用化準備 応用化

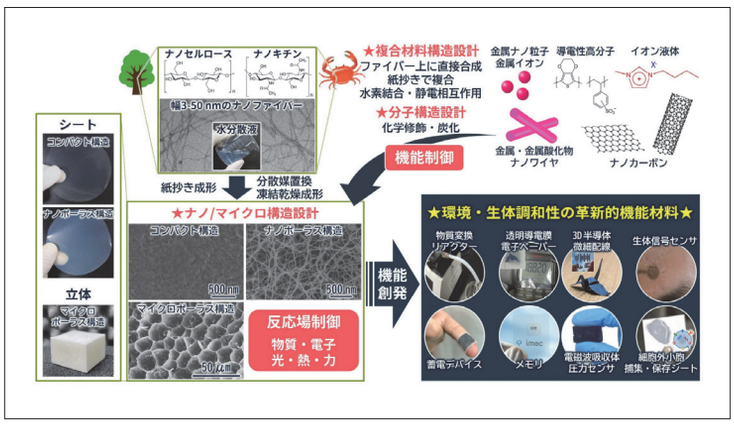
背　景

樹木由来のナノセルロースや甲殻類由来のナノキチン等、地球には魅力的なバイオマスナノ材料が存在します。しかし我々は、バイオマスナノ材料の秘めた機能をまだ使いこなせていません。

概要・特徴

持続可能なバイオマスナノ材料の「ナノ/マイクロ構造設計・複合材料構造設計・分子構造設計」に係るコア技術を構築し、目的・用途に合わせてそれらを自在に組み合わせることで、環境や生体と調和する革新的機能材料の創出に取り組んでいます。「伝統と先端と異分野の融合」をキャッチフレーズに、物質・エネルギー変換、エレクトロニクス、医療といった幅広い展開にチャレンジしています。

技術内容



【環境・生体調和性、持続性エレクトロニクス】

- ナノセルロースシートと種々の電子材料を複合し、透明導電膜、電子ペーパー、メモリ、キャパシタ、生体信号センサといった、高性能、フレキシブル、生分解性、皮膚親和性を示す電子デバイス素子群を創出しました。
- 絶縁体であるナノセルロースやナノキチンの半導体化、および、センサ、エネルギー変換、電磁波吸収等への応用も進行中です。

【簡便・高効率なリキッドバイオプシー】

- ナノポーラス構造を設計したナノセルロースシートに10 μLの唾液を滴下して10秒乾燥させるだけの、簡便で無侵襲な細胞外小胞捕集技術を開発しました。
- 捕集した細胞外小胞は、室温で7日以上も安定保存可能で、非常に多種のmicroRNAを検出できました。
現在、がん診断応用等も進行中で、次代の予防医療への貢献を目指しています。

社会への影響・期待される効果

- バイオマスナノ材料のエレクトロニクス・医療応用を拓き、新たな高付加価値の創出に貢献
- 持続可能なバイオマス由来のマテリアル・サステナビリティトランスフォーメーションに寄与

【論 文 Paper】

[1] Nat. Commun., 14, 6915 (2023). [2] ACS Appl. Mater. Interfaces, 15, 41723 (2023). [3] Chem. Eng. J., 469,144010 (2023). [4] ACS Nano, 16, 8630 (2022). [5] Chem. Eng. J., 450, 137943 (2022). [6] Chem. Mater., 34,7379 (2022). [7] J. Mater. Chem. C, 10, 3712 (2022). [8] ACS Appl. Mater. Interfaces, 11, 15044 (2019). [9] ChemSusChem, 10, 2560 (2017). [10] NPG Asia Mater., 8, e310 (2016). [11] Adv. Mater., 27, 1112 (2015). [12] NPG Asia Mater., 6, e93 (2014). [13] Adv. Funct. Mater., 24, 1657 (2014).

【特 許 Patent】

[1] 特許7426725号
[2] 特許6630091号
[3] 特許6144982号
[4] 特許5970915号
[5] 特許5566368号

23 テーマ Theme

波長選択型有機太陽電池の開発

Development of wavelength-selective organic solar cells

研究分野 Department
ソフトナノマテリアル
Soft Nanomaterials

研究者 Researcher
家 裕隆
Y. Ie

キーワード Keyword
有機半導体材料、光・電子機能材料
organic semiconducting materials, photo and electronic functional materials

応用分野 Application
有機太陽電池、有機トランジスタ、有機フォトデイテクター
organic solar cell, organic transistor, organic photodetector

研究開発段階
基 礎 ― 実用化準備 ― 応用化

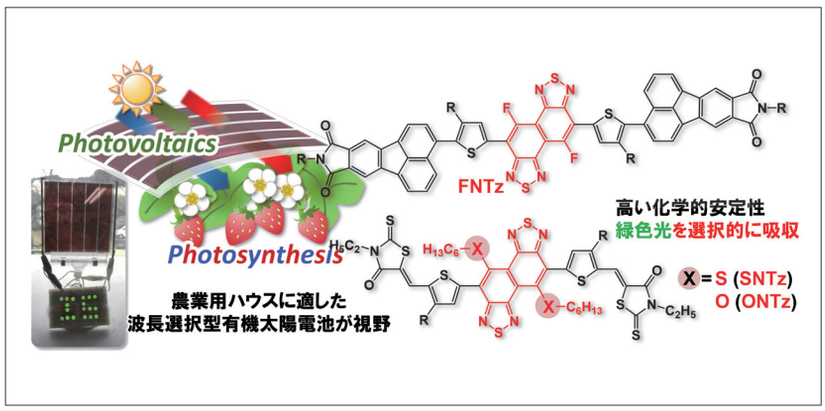
材料 Material

背　景

分子の構造－物性－素子機能の相関を解明しながら、新規機能材料の創製を行っています。
高い機能や新しい機能の創出、および、実用化を目標としています。

概要・特徴

- 高性能有機半導体材料開発の要件：電子受容性ユニットの組み込み
- 課題解決手段：フッ素原子を導入した「ナフトビスチアジアゾール (FNTz)」を開発
- 有機太陽電池のn型、p型半導体材料に活用し、性能向上を確認
- 光吸収波長を調節した材料開発により、波長選択性を付与した有機太陽電池が可能



技術内容

二置換ナフトビスチアジアゾールを有機太陽電池に組み込むことで発電効率が向上しました。
これらのアクセプターは緑色光選択性な光吸収を持つため、波長選択型有機太陽電池が実現できます。

社会への影響・期待される効果

- 高性能有機太陽電池への応用。とりわけ、農業用ハウス搭載に向けた波長選択型有機太陽電池への応用。
- 熱活性化遅延蛍光の鍵中間体への応用。
- 高性能有機半導体材料開発も期待。

【論 文 Paper】
[1] ACS Sustainable Chem. Eng. 2023, 11, 1548.
[2] J. Mater. Chem. A 2022, 10, 20035.
[3] Adv. Energy Mater. 2020, 10, 1903278.
[4] Adv. Energy Mater. 2018, 8, 1702506.
[5] NPG Asia Mater. 2018, 10, 1016.
[6] J. Mater. Chem. A 2017, 5, 19773.
[7] J. Mater. Chem. A 2017, 5, 3932.
[8] Chem. Mater. 2016, 28, 1705.

【特 許 Patent】
[1] 特許第 06141423 号 (2017/05/12)
[2] 特許第 06004848 号 (2016/09/16)
[3] 特許第 05987237 号 (2016/08/19)
[4] 特許第 05954814 号 (2016/06/24)
[5] 特許第 05881283 号 (2016/02/12)
[6] 特許第 05792482 号 (2015/08/14)
[7] 特許第 05643572 号 (2014/11/07)
[8] 特許第 05342852 号 (2013/08/16)

24 テーマ Theme

数ナノメートルスケールの分子導線の開発

Development of several-nanometer-scale molecular wire

研究分野 Department
ソフトナノマテリアル
Soft Nanomaterials

研究者 Researcher
家 裕隆
Y. Ie

キーワード Keyword
電荷輸送材料、光・電子機能材料、分子導線
carrier-transporting materials, photo and electronic functional materials, molecular wire

応用分野 Application
分子エレクトロニクス、有機エレクトロニクス
molecular electronics, organic electronics

研究開発段階
基 礎 ― 実用化準備 ― 応用化

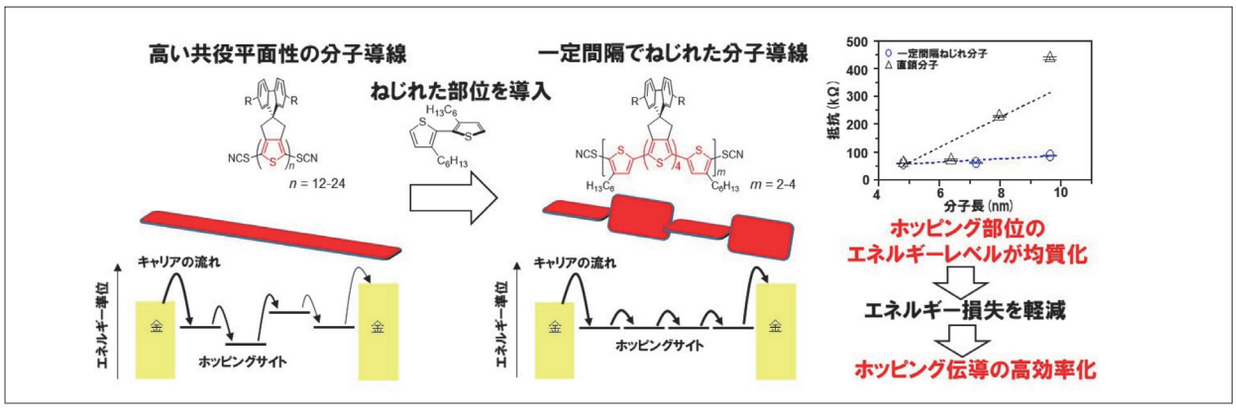
材料 Material

背　景

分子レベルまで超微小化した分子エレクトロニクス実現のためには、高い電気伝導特性をもつ数ナノメートルスケールの分子導線の開発が不可欠です。分子内の長距離電気伝導において重要なホッピング伝導の高効率化の指針を得ることが、実用化に向けた重要な課題となっています。

概要・特徴

完全平面構造の分子導線に対して、一定間隔でねじれをもたせることで、分子内の分子内の電子準位（ホッピングサイト）が均質化し、電気伝導特性が向上することを明らかにしました。



技術内容

分子の長さが数ナノメートルスケール以上になると、正孔などのキャリアが分子内に局在し、ホッピングサイトを飛び移りながら移動していくホッピング伝導が主要なメカニズムとなります。(1)数ナノメートルスケール、(2) 分子間相互作用を排除した完全被覆構造、(3) 分子長の精密な制御、を兼ね備えた分子の有機合成を達成することで、「ホッピングサイトを均質に揃えることがホッピング伝導の効率化に有効」であることを実験的に初めて実証することができました。

社会への影響・期待される効果

- 高いホッピング伝導特性をもつ完全被覆構造の数ナノメートルスケールの分子導線が実現できます。
- 分子エレクトロニクス、有機エレクトロニクスに向けた、分子物性を活かした新機軸の分子開発が期待されます。

【論 文 Paper】
[1] J. Am. Chem. Soc. 2021, 143, 599.
[2] J. Phys. Chem. Lett. 2019, 10, 3197.
[3] J. Phys. Chem. Lett. 2019, 10, 5292.
[4] J. Phys. Chem. Lett. 2015, 6, 3754.
[5] Chem. Eur. J. 2015, 21, 16688.
[5] Angew. Chem. Int. Ed. 2011, 50, 11980.

【特 許 Patent】
[1] 特許第4505568号 (2010/05/04)

25 テーマ Theme

Transparent Solar Cell using Nanocrystals

研究分野 Department
金属有機融合材料
Transcendental materials chemistry

研究者 Researcher
坂本雅典
M. Sakamoto

キーワード Keyword
赤外光エネルギー変換、窓ガラスとして利用可能な太陽電池、ナノ粒子
Infrared light energy conversion, Transparent solar cell, Nanocrystal

応用分野 Application
熱線遮蔽フィルム、建材一体可型太陽電池
Heat shielding film, Building integrated photovoltaic (BIPV)

研究開発段階
基 礎 ― 実用化準備 ― 応用化

背　景

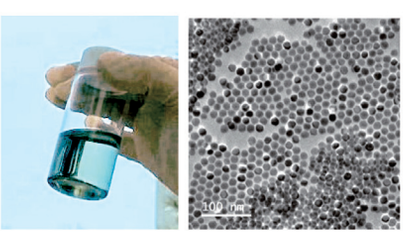
赤外線を選択的に吸収する透明な無機ナノ粒子を開発し、窓ガラスのような無色透明の太陽電池や不可視の赤外センサーといったSF小説に出てくるようなデバイスの開発を行っています。

概要・特徴

窓ガラスの代わりに使用できる無色透明な太陽電池の開発

技術内容

- 優れた熱線遮蔽能を有する新規ナノ粒子群の創成
- 赤外光で発電する無色透明な太陽電池の開発
- 太陽電池、光学式赤外センサーなど優れた熱線遮蔽能を有する新規ナノ粒子群のデバイス化
- 新規ナノ粒子群の塗工技術（インクジェット、ロールtoロールなど）



ナノ粒子

太陽電池

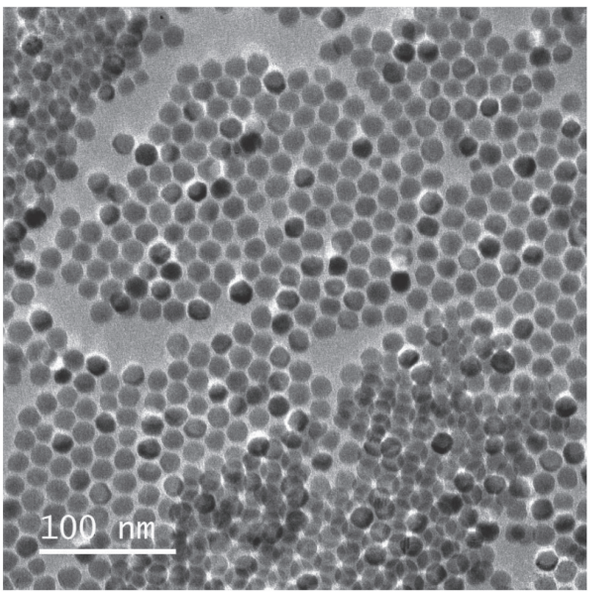
社会への影響・期待される効果

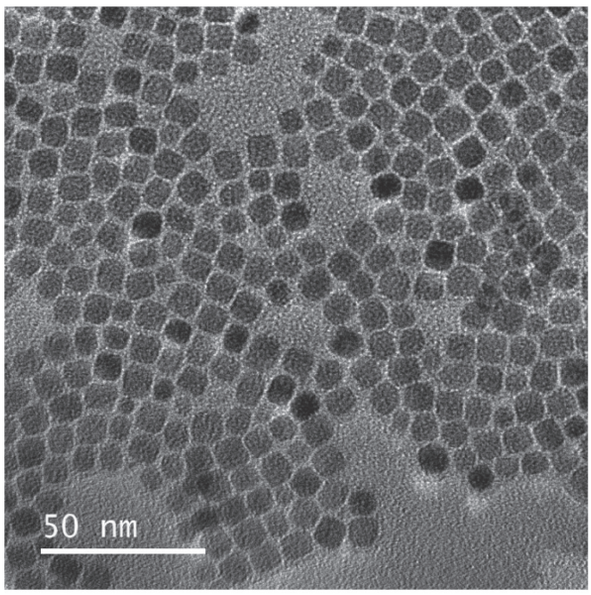
未利用エネルギー資源である赤外域の太陽光（熱線）を有効利用するために、熱線を選択的に吸収して電力に変換する透明な太陽電池（発電ガラス）の開発を進めています。発電ガラスは、①発電によるエネルギー生産効果に加えて、②熱線である赤外線を電力に変換する事に由来する省エネルギー効果（熱線遮蔽効果）を有するため、透明性を活かして窓ガラスの代替品として用いることで、省エネと発電の組み合わせで大きなCO_2削減を実現できることが特徴です。「街を森に！」をスローガンに、発電ガラスを搭載したビル群がエネルギーを産み出す未来の都市の実現を目指します。

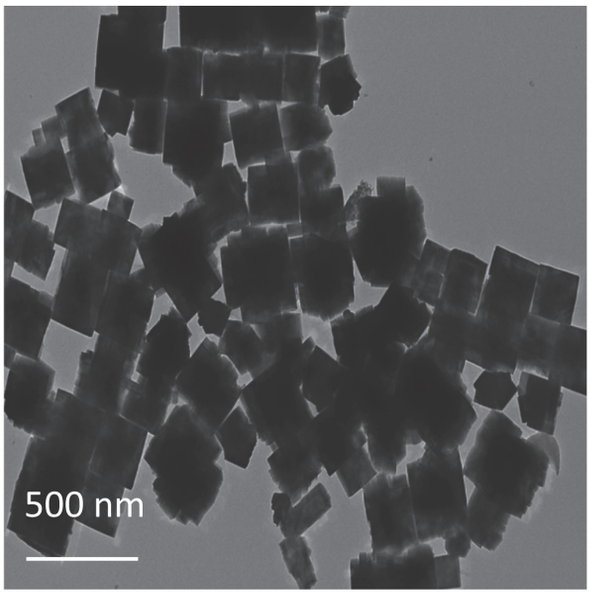
【論 文 Paper】
[1] Nat. Commun, 14 (2023) 4471.
[2] Nat. Sustain, 5 (2022) 1092-1099.
[3] Nat. Commun. 10 (2019) 406.
[4] J. Am. Chem. Soc. 141, (2019) 2446-2450.

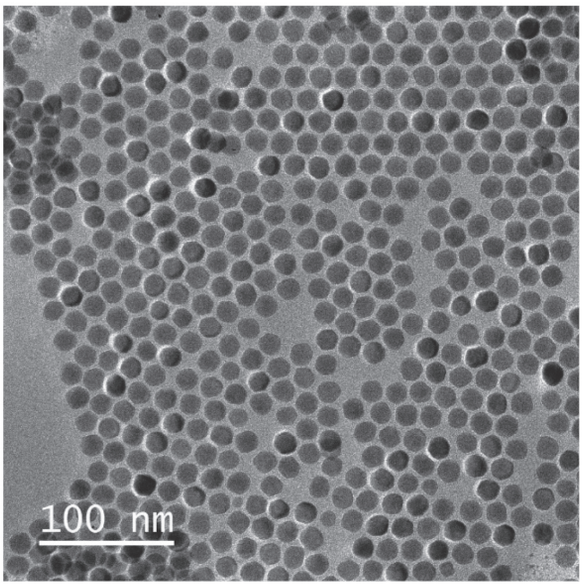
【特 許 Patent】
[1] 特願2020-071711
[2] 特願2020-166375

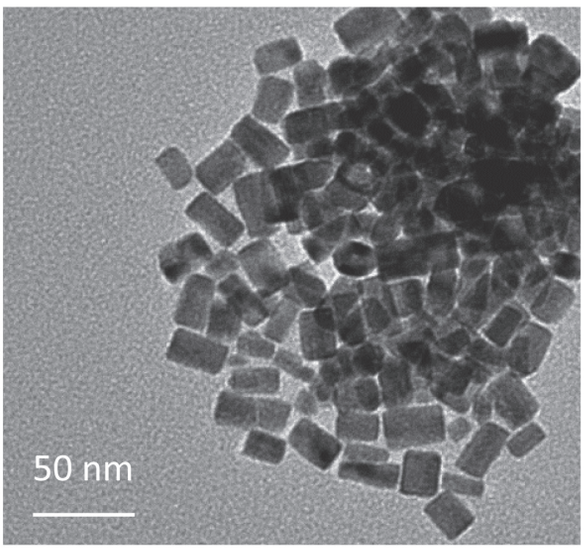
金属有機融合材料研究分野において開発中のナノ粒子

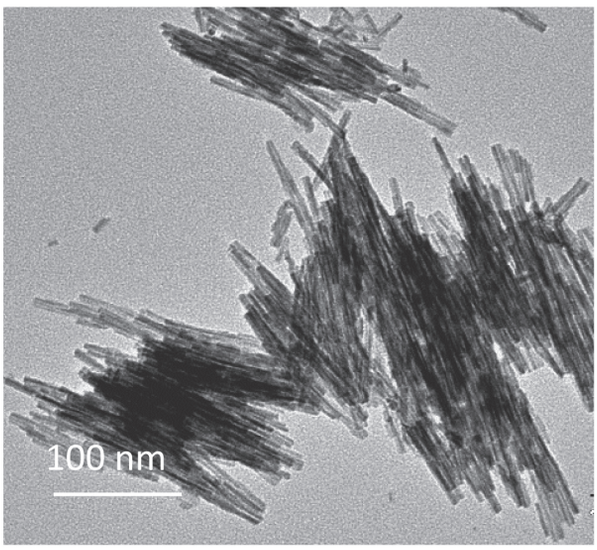












27 テーマ Theme

殺菌作用を有する二次元高分子材料の開発

Development of Two-dimensional Polymeric Materials with Bactericidal Activity

研究分野 Department
励起材料化学
Material Excitation Chemistry

研究者 Researcher
藤塚 守 M. Fujitsuka
小阪田泰子 Y. Osakada

キーワード Keyword
二次元高分子、光増感剤
two dimensional macromolecules, photosensitizers

応用分野 Application
光触媒、殺菌剤、人工光合成
photocatalysts, disinfectant, artificial photosynthesis

研究開発段階
基 礎 ― 実用化準備 ― 応用化

材料 Material

背　景

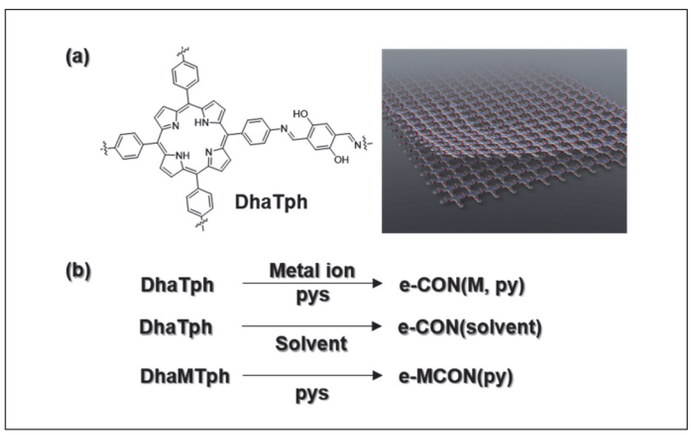
ポルフィリンに代表される光増感剤などからなる光機能性材料は、細菌などを不活性化するための最も有望な材料の一つである。中でも、高分子に分類される光機能性有機材料は、光増感剤としてしばしば用いられている。有機高分子材料の光増感剤の中でも、共有結合性有機フレームワーク（COF）は、細菌を不活性化する光触媒として有望であり、実用化に向けてより高活性な光増感作用をしめす有機高分子材料の開発が望まれていた。

概要・特徴

本研究では、ポルフィリンCOFを剥離することで、ディスク状の高分子材料の共有結合性有機ナノディスク(CON)を合成し、CONはCOFに比べ細菌に対してより優れた光増感作用として高い殺菌活性を示すことを明らかにした。

技術内容

- 簡易な方法で、ディスク状の形状をしたCONを合成できることがわかった。
- 合成したポルフィリンCONは、オリジナルのCOFと比較して、光照射により10倍以上の抗菌活性を示すことがわかった。
- 助触媒存在下で、合成したポルフィリンCONは、COFに比べ、光照射により最大で7倍の水素を発生する光増感剤としても機能することが分かった。



社会への影響・期待される効果

今回作製したポルフィリンCONは、大腸菌の場合、一重項酸素が菌膜の破裂という致命的なダメージを与えていることがわかり、これを用いれば大腸菌のみならず、一般的な殺菌剤としての利用が期待できる。また、光機能に応じた二次元ポリマーの新しい作製方法を複数示し、このディスク状高分子が人工光合成を目指した光触媒反応に使用できる光機能性材料であることを示した。

【論 文 Paper】

[1] Commun. Chem. 2 (2019) 55.
[2] [2] Appl. Surf. Sci. 513 (2020) 145720.
[3] ACS Omega 7 (2022) 7172.
[4] Surf. Interf. 25 (2021) 101249. (Review)

28 テーマ Theme

光機能材料における励起イオン種の応用開発

Application of excited ion species in photo-functional materials

研究分野 Department
励起材料化学
Material Excitation Chemistry

研究者 Researcher
藤塚 守 M. Fujitsuka　Lu Chao L. Chao

キーワード Keyword
光機能材料、励起イオン種、時間分解分光、光化学
photo-functional materials, excited ion species, time-resolved spectroscopy, photochemistry

応用分野 Application
太陽電池、半導体デバイス、光センサー、光触媒
solar cells, semiconductor devices, optical sensors, photocatalysts

研究開発段階
基 礎 ― 実用化準備 ― 応用化

背　景

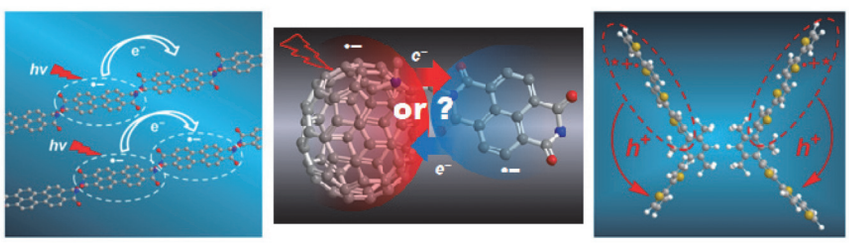
単一電子移動などによる生じたイオン種は光化学や材料化学を含む多くの分野において重要な中間反応体です。一方、これらのイオン種を光励起すると励起イオン種が生成します。励起状態のイオン種は、エネルギー増幅から酸化還元能力が強化されたため、極めて反応性の高い化学活性種として扱われています。これらの中間体は新しい反応への有力な前駆体として、関連する様々な光機能分子材料の伝導過程に寄与することが可能になります。

概要・特徴

励起イオン種は極めて強い酸化還元力を持つ高度活性種であり、高い所有電位から新規化学反応の実現により、「スーパーリダクタント・スーパーオキシダント」と呼ばれ、光エネルギー変換材料への応用展開が期待できます。

技術内容

幅広い時間精度を狙えるレーザーフラッシュフォトリシスなどの手法を用いた超高速分光により、励起ダイナミクス・電荷移動過程をリアルタイムで観察し、さらには解析・制御することも可能になります。研究内容はレーザーを使用した時間分解分光を主な検出方法とし、高度活性種である多種多様な励起イオン中間体に関する励起状態・電荷移動メカニズムの解明とこれらの還元・酸化反応のスーパープレカーサーに関する新たな分野の確立により、新規伝導材料システムへの実用化開発であります。



励起ラジカルアニオン　　励起ラジカルカチオン

社会への影響・期待される効果

未開拓の励起イオン種からの反応は、最も豊富な再生可能エネルギーとしての太陽光をより効率的に使うための新しいルートであり、エネルギー危機の緩和などに貢献できるように期待される所であります。

【論 文 Paper】

[1] J. Phys. Chem. B 119 (2015) 7275-7282
[2] J. Phys. Chem. C 120 (2016) 12734-12741
[3] J. Phys. Chem. C 121 (2017) 649-655
[4] J. Phys. Chem. C 121 (2017) 4558-4563
[5] J. Phys. Chem. C 122 (2018) 13385-13390

29 テーマ Theme

1細胞解析のための光応答性細胞培養表面の創成

Photoresponsive cell culture surfaces for single-cell analysis

研究分野 Department
分子システム創成化学
Synthetic Chemistry for Molecular Systems

研究者 Researcher
山口哲志 S. Yamaguchi　山平真也 S. Yamahira

キーワード Keyword
1細胞アレイ、細胞ソーティング、細胞間相互作用
Single-cell array, Cell sorting, Cell-cell communication

応用分野 Application
1細胞解析、再生医療、細胞治療、がん免疫療法
Single-cell analysis, Regenerative medicine, Cell therapy, Cancer immunotherapy

研究開発段階　基礎　実用化準備　応用化

背景

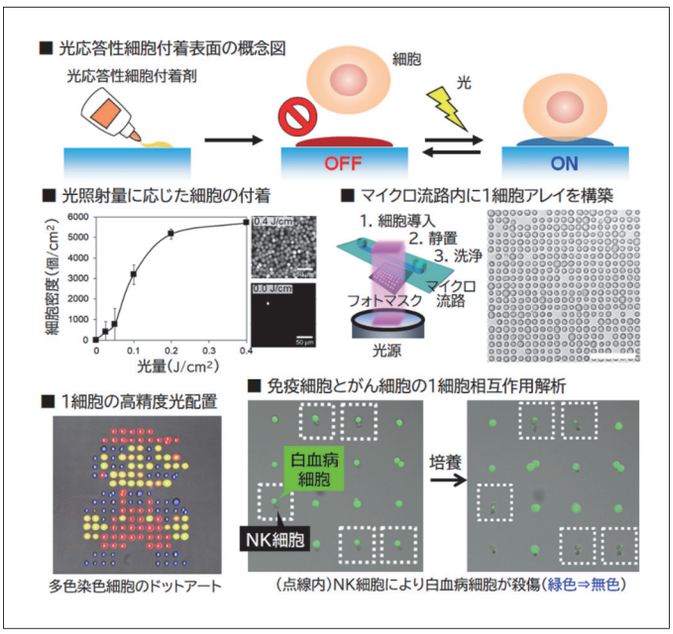
細胞の不均一性に注目が集まり、個々の細胞の特徴や性質を大規模に調べる技術が必要とされています。そこで、細胞を1つずつ並べて集積し、その単一細胞の表現型を網羅的に観察して解析する技術が盛んに研究されています。さらに、特徴的な表現型に応じて細胞を選別・回収し、遺伝子発現を調べることによって、その表現型に関連する鍵遺伝子を同定する技術が必要とされています。

概要・特徴

●細胞自身の接着性に関わらず、どんな細胞の付着も、自在に光制御できる基板表面を開発しました。●複数種類の細胞を光配置して、その相互作用を1細胞解析する技術を開発しました。

技術内容

●光照射に応じて細胞が付着しなくなる表面、逆に付着するようになる表面、光の波長や照射量で付着力が変わる表面の開発に成功してきました。●1枚のスライドガラス上に、接着性のない免疫細胞を数万個並べ、その運動性や細胞内分子局在変化を1細胞定量解析することに成功しました。●複数種類の細胞を1細胞レベルの精度で、自由自在に光配置できる基板表面を開発しました。●免疫細胞とがん細胞の1細胞のペアを並べて、免疫細胞のがん細胞傷害性を大規模に1細胞観察し、その傷害性や殺傷メカニズムを画像解析データの機械学習によって自動分類することに成功しました。



社会への影響・期待される効果

従来の技術と異なり、培養基材の表面に化学修飾するだけで、どんな細胞の付着も光制御できます。そのため、これまで大規模に観察するのが難しかった細胞の表現型を初めて1細胞解析できるようになり、細胞集団の中に隠れて識別できなかった少数のレアな細胞を見つけて、調べることができます。その結果、未知の生命システムの発見や、創薬や早期診断のための新しい標的遺伝子の同定、再生医療や細胞治療に用いる治療用細胞の品質管理や選別に貢献すると期待されます。今回焦点をあてた1細胞解析以外にも、固相表面への細胞の付着を自在に光制御できる本技術は、細胞を使ったセンサーの構築や細胞のマニピュレーション、オルガノイド作製など、幅広い応用が考えられます。

【論 文 Paper】
[1] Angew. Chem. Int. Ed. 51 (2012) 128
[2] Lab Chip 17 (2017) 1933
[3] Biomater. Sci. 7 (2020) 4514
[4] J. Am. Chem. Soc. 122 (2022) 13154
[5] J. Am. Chem. Soc. 122 (2022) 17980

特 許 Patent】
[1] 特許第6901714号
[2] 特許第7205910号
[3] 特許第7236126号

30 テーマ Theme

タンパク質や細胞を遠隔操作する嵩高いケージング技術の創成

Sterically bulky caging for remote-control of proteins and cells

研究分野 Department
分子システム創成化学
Synthetic Chemistry for Molecular Systems

研究者 Researcher
山口哲志
S. Yamaguchi

キーワード Keyword
ケージング、光分解性保護基、タンパク質、細胞
Caging, Photolabile protection, Proteins, Cells

応用分野 Application
ドラックデリバリー、バイオ医薬、細胞治療、再生医療
Drug delivery, Biopharmaceuticals, Cell therapy, Regenerative medicine

研究開発段階
基 礎 ▼ 実用化準備 応用化

背　景

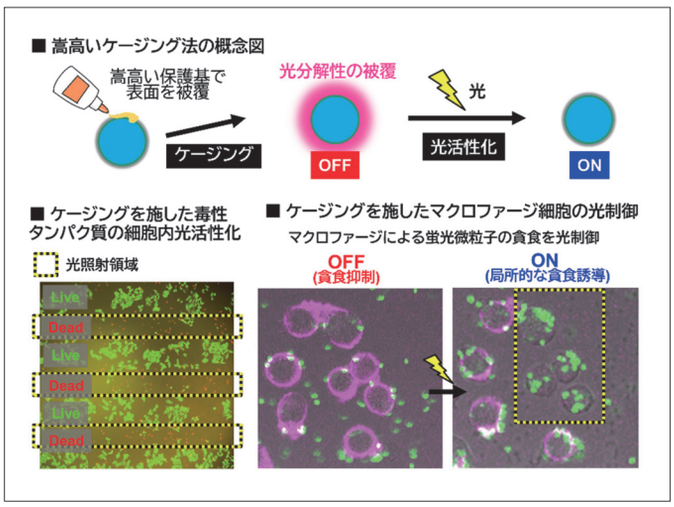
タンパク質や細胞の機能を刺激応答性に変換する技術は、治療用のタンパク質や細胞を局所的に活性化でき、副作用無く、安全に投与できるようにします。生体分子に光分解性の保護基を修飾して一時的に不活性化する技術を「ケージング」と呼びます。ケージングされた分子は、光照射によって保護基が外れ、活性化されるため、その機能が光制御できます。これまでに様々な生体分子がケージングされてきましたが、サイズの大きなタンパク質などを簡便かつ効果的にケージングする技術が無く、新しい方法が求められてきました。

概要・特徴

- **遺伝子操作を用いずに、どんなタンパク質も化学的に光応答性に変換できる「嵩高いケージング法」を開発しました。**
- **嵩高い光溶解性の分子集合体で表面を覆うことで、細胞をケージングする技術を開発しました。**

技術内容

●ビオチン分子を修飾したケージング試薬を開発し、この試薬で化学修飾することで、任意のタンパク質を光応答性に変換する「嵩高いケージング法」を確立しました。●細胞内で核酸を分解する酵素や細胞表層の受容体に作用するタンパク質などを、細胞内外で光活性化することに成功しました。●立体障害の大きな光分解性の分子複合体でタンパク質表面を全体的に被覆する「嵩高いケージング法」のコンセプトを細胞にも応用し、細胞のケージングに世界で初めて成功しました。



社会への影響・期待される効果

従来の技術と異なり、試薬を混ぜるだけで、どんなタンパク質やどんな細胞も簡単に光応答性に変換することができます。そのため、望みの場所、タイミングでの活性化を介して、生命現象におけるタンパク質や細胞の時空間的な役割を明らかにできます。また、ケージングを施した治療用のタンパク質や細胞を投与し、光線力学的療法と同様に、内視鏡などを用いて患部でのみ光活性化することで、活性の強いタンパク質や細胞を副作用なく治療に使用できるようになります。現在、この嵩高いケージング法を用いて、タンパク質やプラスミド、細胞を光応答性に変換してきましたが、開発した試薬の分解性を他の刺激で分解するように変えることで、様々な刺激応答性に変換できるようになると期待されます。

【論 文 Paper】
[1] Chem. Commun. 46 (2010) 2244
[2] Chem. Commun. 49 (2013) 3013
[3] Adv. Health. Mater 5 (2016) 1002
[4] Bioconj. Chem. 32 (2021) 1535
[5] Chem. Eur. J. 28 (2022) e202103941
[6] ChemBioChem 23 (2022) e202200476

特 許 Patent】
[1] 特願2015-179135号

31 テーマ Theme

不斉水素借用反応の開発と天然化合物の触媒的不斉合成

Asymmetric hydrogen borrowing reaction and application for the catalytic asymmetric synthesis of natural products

研究分野 Department
総合解析センター
Comprehensive Analysis Center

研究者 Researcher
鈴木健之
T. Suzuki

キーワード Keyword
イリジウム、不斉触媒、酸化反応
iridium, asymmetric catalyst, oxidation

応用分野 Application
ファインケミカルズ、医薬品、農薬、香料
fine chemicals, medicines, agrochemicals, perfumery

研究開発段階
基 礎 ／ 実用化準備 ／ 応用化

背　景

酸化、還元は合成化学の基盤技術であり、これらに関わる新規不斉触媒反応の開発により、環境負荷の低いグリーンプロセスの構築を目指しています。

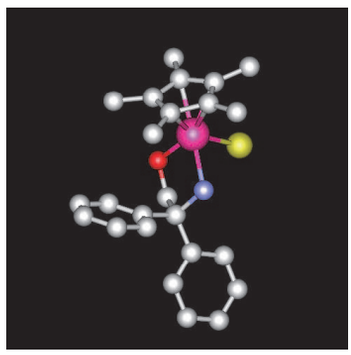
概要・特徴

酸化や還元プロセスに関わる新規不斉触媒反応を用いて有用天然化合物の高効率触媒的不斉合成を行います。

- **対称化合物の非対称化による複数のキラル中心を有する有機化合物を合成**
- **高原子効率の化学変換による環境調和型触媒反応を実現**

技術内容

- 不斉金属錯体の合成
- 不安定中間体の構造決定
- 光学異性体の分離、純度決定
- 有機化合物の構造決定
- 光学異性体の絶対配置決定



Cp*Ir 錯体触媒の X 線構造

社会への影響・期待される効果

- 従来にないレドックスニュートラルな不斉触媒反応の実現
- 有用天然化合物の高効率合成

【論 文 Paper】

[1] Suzuki, T., Chem. Rev. 2011, 111, 1825-1845.
[2] Suzuki, T., Desymmetrization of meso diols. In Comprehensive Chirality,Yamamoto, H.; Carreira, E. M., Eds. Elsevier 2012; Vol. 5, pp 502-533.
[3] Ismiyarto; Kishi, N.; Adachi, Y.; Jiang, R.; Doi, T.; Zhou, D.-Y.; Asano, K.;Obora, Y.; Suzuki, T.; Sasai, H.; Suzuki, T., RSC Adv. 2021, 11, 11606-11609.
[4] Jiang, R.; Ismiyarto; Abe, T.; Zhou, D.-Y.; Asano, K.; Suzuki, T.; Sasai, H.;Suzuki, T., J. Org. Chem. 2022, 87, 5051-5056.

32 テーマ Theme

シンクロトロン放射光角度分解光電子分光による固体電子の様々な相互作用の検出

Probing of the electron-interaction in solids by means of angle-resolved photoelectron spectroscopy with synchrotron radiation

研究分野 Department
励起物性科学
Excited solid-state dynamics

研究者 Researcher
田中慎一郎
S. Tanaka

キーワード Keyword
ARPES, シンクロトロン放射光、２次元物質、電子格子相互作用
ARPES, synchrotron radiation, 2D-material, electron-phonon interaction

応用分野 Application
新機能デバイス開発
development of new-functional devices

研究開発段階
基 礎 ― 実用化準備 ― 応用化

背　景

固体内の電子の静的な性質は、平均化したポテンシャル中での電子の波動方程式を解くことで理解できます。しかし、実際の固体の性質、特にデバイスとしての応用を考えた時重要な電子の動的な性質は、格子の運動による擾乱(電子格子相互作用；図参照) や、光 (電磁波) による励起など、さまざまな相互作用によって決定されます。

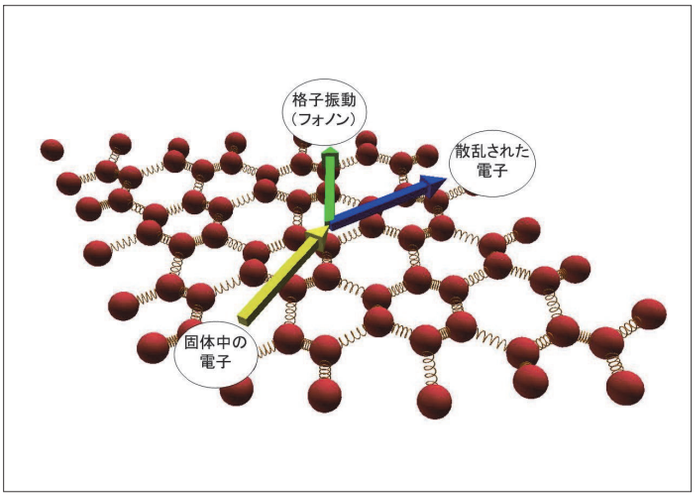
概要・特徴

最先端の計測技術を用いて、グラフェンや遷移金属ダイカルコゲナイドなど低次元系物質電子のダイナミクスを研究し、新機能物質開発のための指針を打ち立てます。

技術内容

固体内電子の相互作用を分光学的に調べることは、固体電子物性の理解に役立ち、将来の新機能デバイス開発のためのしっかりとした指針の形成につながります。現在は、興味深い低次元物性を示すため注目を集めるグラフェンや遷移金属ダイカルコゲナイドなどの層状物質について研究しています。これらは新奇デバイス候補としても有力です。

角度分解光電子分光(ARPES)は、電子の運動量とエネルギーを直接検出できる非常に優れた実験手段です。この光源として最もふさわしいシンクロトロン放射光施設を利用し、多くの他機関の研究者とも連携して研究を進めています。さらに、高分解能電子エネルギー損失分光 (HREELS) や、電子コインシデンス分光法(EECOS)など、先進的なさまざまな電子分光法も用いています。



社会への影響・期待される効果

- 物質の電子物性における基礎過程の解明
- 新機能物質開発のための指針の確立

【論 文 Paper】

[1] S. Tanaka, M. Matsunami, S. Kimura, Sci. Rep. 3, 3031 (2013).
[2] I. Suzuki, Z.Lin, S. Kawanishi, K. Tanaka, Y. Nose, T. Omata, S. Tanaka, Phys. Chem. Chem. Phys, 24, 634 (2022).
[3] T. Terasawa, K. Matsunaga, N. Hayashi, T. Ito, S. Tanaka, S. Yasuda, H. Asaoka, Pys. Rev. Matt. 7, 014002014002(2023).

33 テーマ Theme

電子エネルギー損失分光法によるナノレベル振動分光

Vibration spectroscopy at nano-scale using electron energy-loss spectroscopy

研究分野 Department
ナノ構造・機能評価
Nanocharacterization for Nanostructures and Functions

研究者 Researcher
末永和知 K. Suenaga　吉田秀人 H. Yoshida　岩清水千咲 C. Iwashimizu

キーワード Keyword
電子エネルギー損失分光法、走査透過型電子顕微鏡、フォノン
Electron energy-loss spectroscopy, Scanning transmission electron microscopy, Phonon

応用分野 Application
材料科学、ナノデバイス、化学反応解析
Material science, Nano device, Chemical reaction analysis

研究開発段階
基 礎　実用化準備　応用化

背　景

格子振動の量子であるフォノンの分散は、材料の熱的・光電子的特性などを特徴付けます。しかし、従来の振動分光法で得られる情報は平均データでした。医学・電子工学・エネルギーなど様々な分野でナノテクノロジーの発展と応用が進む中、ナノレベルで局所的なフォノン分散を測定・評価する技術の開発を目指しました。

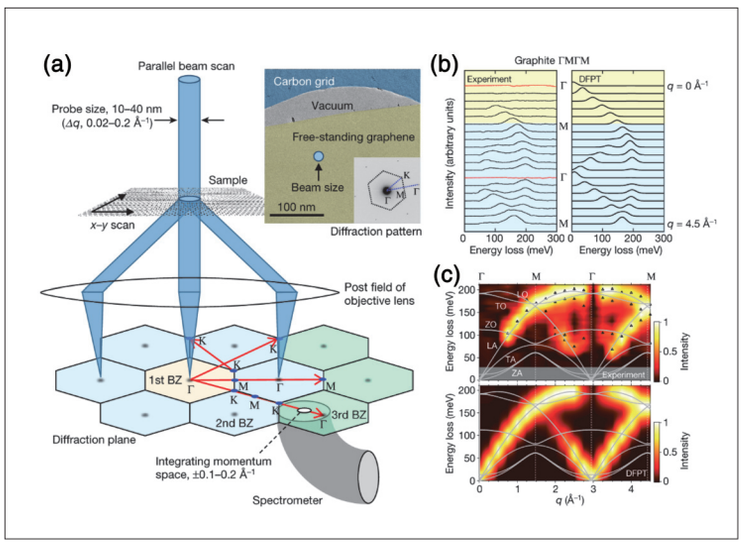
概要・特徴

低加速電圧STEM-EELS装置の高空間・高エネルギー分解能化を達成し、微小二次元物質の振動スペクトルをナノスケールで取得する手法を見出しました。

技術内容

電子損失エネルギー分光法（EELS）と走査透過型電子顕微鏡（STEM）を組み合わせたSTEM-EELS装置を用いてグラフェンと六方晶窒化ホウ素（h-BN）のフォノン分散を取得しました。EELS検出器を軸中心から少しずつずらすことで、運動量移送ベクトルqの関数として分光しました（図（a, b））。縦軸に損失エネルギー、横軸に運動量q、色の明暗に強度を取ることで、フォノン分散図を実験的に取得できました（図（c））[1]。

応用として、幅数10nmの短冊状グラフェンナノリボンの振動モードマッピング[1]や、同位体のピークシフトを利用した数nmレベルでの同位体マッピング[2]に成功しました。



モノクロメーターを搭載し国内最高レベルのエネルギー分解能を達成できたことや、収差補正器の性能向上による高空間分解能化、検出カメラ感度の改善などによる低加速電圧STEM-EELS装置の高性能化がこれらを実現しました。

社会への影響・期待される効果

この研究成果は、半導体や電子デバイスにも応用されるナノ構造固体物質の局所IR測定に特に有用です。また、低加速電圧条件は電子線ダメージを受けやすい低次元物質や有機物の観察を可能にします。

【論 文 Paper】
[1] R. Senga, K. Suenaga, P. Barone, S. Morishita, F. Mauri and T. Pichler, Nature, 573 (2019) 247–250.
[2] R. Senga, Y.-C. Lin, S. Morishita, R. Kato, T. Yamada, M. Hasegawa, K. Suenaga, Nature, 603 (2022), 68–72.

34 テーマ Theme

動作中のナノギャップ電極の表面観察

Atomic scale analysis of the surface structure in working nanogap electrodes

研究分野 Department
ナノ構造・機能評価
Nanocharacterization for Nanostructures and Functions

研究者 Researcher
末永和知 K. Suenaga　吉田秀人 H. Yoshida　岩清水千咲 C. Iwashimizu

キーワード Keyword
金属ナノ構造、ナノギャップ、環境制御型透過電子顕微鏡
metal nanostructure, nanogap, environmental transmission electron microscopy (ETEM)

応用分野 Application
表面化学、ナノデバイス
surface chemistry, nano device

研究開発段階
基 礎　実用化準備　応用化

背　景

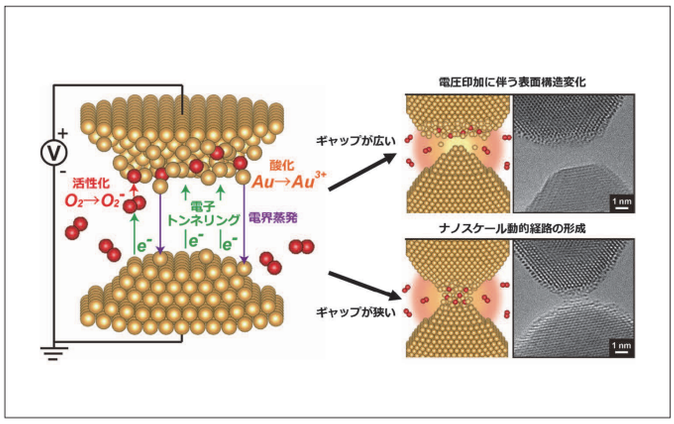
固体表面の構造は電子励起によって変化するが、その反応メカニズムの解明には実時間、実空間、実環境での観察が必要となります。高い空間分解能と時間分解能を有する環境制御型透過電子顕微鏡を用いることにより、動作中の金属ナノギャップ電極表面の原子スケールの構造変化をその場観察で捉えることができます。

概要・特徴

環境制御型透過電子顕微鏡と高速カメラを使用することにより、動作中の金属ナノギャップ電極において、電極表面の構造が原子スケールで連続的に変化する現象を初めて可視化しました。

技術内容

金は化学的に不活性な金属であり電極材料として広く利用されてきましたが、実際に動作中の電極表面の原子スケールの構造はこれまで明らかにされていませんでした。今回、電子顕微鏡内で金ナノギャップ電極に電圧を印加し酸素ガスを導入することで、正極表面の結晶構造が乱れることを明らかにしました。さらにナノギャップ間を金原子が移動する様子をその場で可視化することに成功し、その連続的に変化する構造が金の酸化物であることを解明しました。酸素ガス中における異方的な構造変化がトンネル電子とガス分子との反応によって引き起こされることを世界で初めて明らかにした成果です。



社会への影響・期待される効果

本研究成果により、ナノギャップ電極におけるトンネル電子とガス分子との反応メカニズムが解明され、この反応を利用した新たなナノ材料の開発に繋がると期待されます。

また、金ナノギャップ電極だけでなく、ナノデバイスに用いられる様々な金属電極表面の反応メカニズムを解明する手がかりになり、実環境ガスや実用電極材料を選択することで、電子を利用した新たなナノ材料の開発に繋がると期待されます。

【論 文 Paper】

[1] T. Tamaoka, H. Yoshida, and S. Takeda, RSC Advances 9 (2019) 9113-9116.
[2] T. Tamaoka, R. Aso, H. Yoshida, and S. Takeda, Nanoscale 11 (2019) 8715-8717.
[3] R. Aso, Y. Ogawa, T. Tamaoka, H. Yoshida, and S. Takeda, Angew. Chem. Int. Ed. 58 (2019) 16028-16032.

35 テーマ Theme

極短パルス電子線によるダイナミクス計測

Investigation of reaction kinetics induced by ultra-short electron beams

研究分野 Department
先進ナノファブリケーション
Advanced Nanofabrication

研究者 Researcher
楊 金峰
J. Yang

キーワード Keyword
量子ビーム誘起超高速現象、フェムト秒光パルス・電子ビーム、放射線化学
quantum-beam-induced ultrafast phenomena, femtosecond electron beam/laser, radiation chemistry

応用分野 Application
材料評価、リソグラフィ
materials evaluation, lithography

研究開発段階
基 礎 ― 実用化準備 ― 応用化

背　景

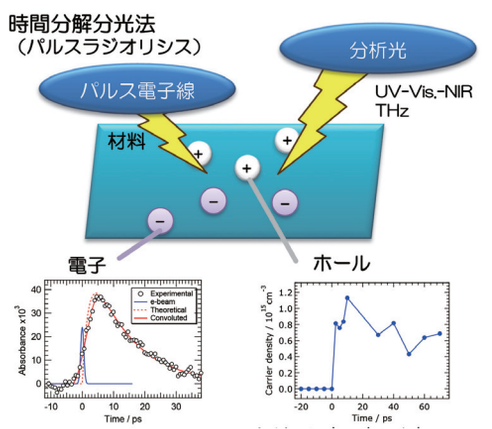
極限ナノファブリケーションを実現するために材料中に量子ビームが誘起する基礎過程の解明を目指しています。そのためのツールとして、世界最高時間分解能を有するフェムト秒・アト秒パルスラジオリシスシステムの研究開発を行っています。

概要・特徴

フェムト秒極短パルス電子ビームを時間分解分光法に適用し、量子ビーム誘起反応による過渡種（ホール、電子、ラジカル）のダイナミクスを実測する装置と測定法を開発・運用しています。電子ビームによる分析光の発生により、THz光も使えるようになり、測定対象、現象に合わせた測定が可能です。パルス電子線の短パルス化と、時間分解分光法の高時間分解化の実現に注力しています。

技術内容

我々は、量子ビームが誘起する超高速反応の基礎過程の解明を目指し、極短パルス電子線によるダイナミクス計測を行っています。フェムト秒・アト秒パルスラジオリシスでは、試料に量子ビーム(電子線）を照射し、分析光(紫外・可視・近赤外・遠赤外)の吸収・透過率の解析により、反応ダイナミクスの計測を行っています。この計測により、電離放射線の利用が検討されている次世代ナノファブリケーション、放射線治療、原子炉水化学等における量子ビーム誘起による超高速反応の知見の提供が可能となります。図にはエタノールやシリコンに電子ビームを照射した直後に起きるピコ秒オーダーの反応の観測例を示します。



エタノール中の溶媒和前電子の生成と減衰の実時間観測例（観測波長 1400 nm）

シリコン中のホールと準自由電子の実時間観測例（観測周波数 1 ± 0.5THz）

社会への影響・期待される効果

放射線場や宇宙空間での材料の劣化や、材料中の電荷キャリヤの動き、EUVリソグラフィー等の次世代半導体微細加工技術の基礎過程の解明に役立つ知見を与えます。これらの知見の材料へのフィードバックが極限空間での活動を支える材料や、次世代材料の開発の契機となることを期待します。

また、極短パルス電子ビームは、物質を高密度にイオン化・励起できる可能性があり、新たな材料プロセスの可能性を秘めています。

【論 文 Paper】

[1] T. Toigawa, et al., Radiat. Phys. Chem. 123, 73-78 (2016); T. Kondoh, et al., Radiat. Phys. Chem. 84, 30-34 (2013); T. Kondoh, et al., Radiat. Phys. Chem. 80, 286-290 (2011); 80, 286-290 (2011).
[2] I. Nozawa, et al., Phys. Rev. ST Accel. Beams 17, 072803 (2014).
[3] K. Kan, et al., Rev. Sci. Instrum. 83, 073302 (2012); J. Yang, et al., Nucl. Instr. Meth. A 629, 6-10 (2011).

36 テーマ Theme

超高速パルス電子顕微鏡

Ultrafast electron microscope with relativistic femtosecond electron pulses

研究分野 Department
先進ナノファブリケーション
Advanced Nanofabrication

研究者 Researcher
楊 金峰
J. Yang

キーワード Keyword
電子顕微鏡、電子線回折、フェムト秒電子線パルス、構造ダイナミクス
electron microscopy, electron diffraction, femtosecond electron beam, structural dynamics

応用分野 Application
構造ダイナミクスの研究、物質機能の解明、新材料・デバイスの創製
structural dynamics, material functions, new device development

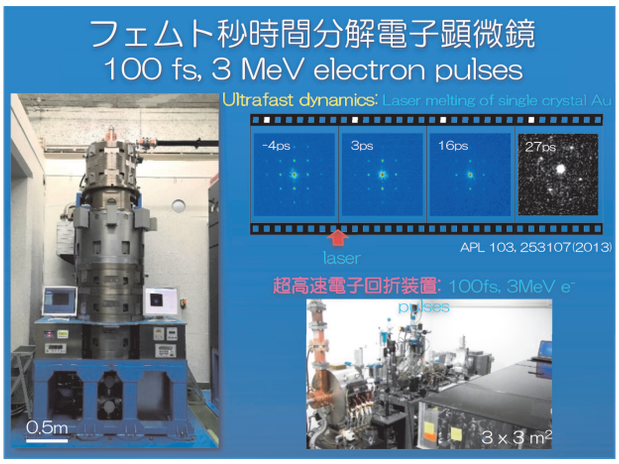
研究開発段階
基 礎 ― 実用化準備 ― 応用化

背　景

新しい物質創製・新物性発現には、実時間（～fs）と実空間（～Å）での原子･分子の動きや構造変化のダイナミクスを直接的に観察し理解することは必要不可欠です。一方、汎用の電子顕微鏡では高時間分解能がなく、フェムト秒・ピコ秒の早い時間領域での構造変化の観察がまだ不可能です。

概要・特徴

最先端加速器技術を用いて、エネルギーが３MeV、パルス幅が100fsの高輝度電子線パルスを発生し、フェムト秒時間分解能を有する「超高速電子顕微鏡」を世界に先駆けて開発し、原理実証に成功しました。



技術内容

我々は、物質科学の研究力を高め、新たな学際領域を切り拓き、革新的製品開発の核となる新知見を創出するために、物理、化学、生物学など幅広い科学分野に利用可能な、時間的にフェムト秒、空間的にオングストロームの分解能を有する「超高速電子顕微鏡」を開発し、実証実験を試みました。

開発した超高速電子顕微鏡では、高周波電子銃技術を用いてエネルギー3MeV、パルス幅100fsの高輝度電子線パルスを発生し、相対論的フェムト秒電子線パルスを用いた電子顕微鏡像の測定に成功しました。電子回折の観察では、単一電子線パルスによる測定や、フェムト秒時間分解構造変化の観察に成功しました。これにより、今まで測定できなかった不可逆な構造ダイナミクスの解明を可能にしました。

社会への影響・期待される効果

相転移等のトリガーに始まる構造変化等の拡大現象や、金属中の転移滑り現象の観測、化学反応における分子構造変化等のダイナミクス解明を目指しています。これにより新しい物質相・新物性の探索、化学反応から生成される様々な中間種の発見が期待されます。

また、様々なタンパク質の構造決定において、ビームダメージよりも早く回折像を取得し、構造決定する手法の確立を目指しています。これにより創薬等への貢献が期待されます。

【論 文 Paper】

[1] Electronics and Communication in Jpn, 98, No. 11, 50-57(2015);
[2] Microscopy, 67, 291-295(2018);
[3] Adv. in Cond. Matt. Phys. 2019, 9739241(2019);
[4] Quantum Beam Sci. 2020, 4, 4(2020).

37 テーマ Theme

量子ビームによる材料の反応解析

Analysis of reactions induced in materials using quantum beam

研究分野 Department
量子ビーム物質科学
Beam Materials Science

研究者 Researcher
古澤孝弘
T. Kozawa

キーワード Keyword
レジスト、微細加工、リソグラフィ、量子ビーム
resist, nanofabrication, lithography, quantum beam

応用分野 Application
半導体リソグラフィ、レジスト材料
semiconductor lithography, resist materials

研究開発段階
基 礎 ▼ 実用化準備 応用化

背　景

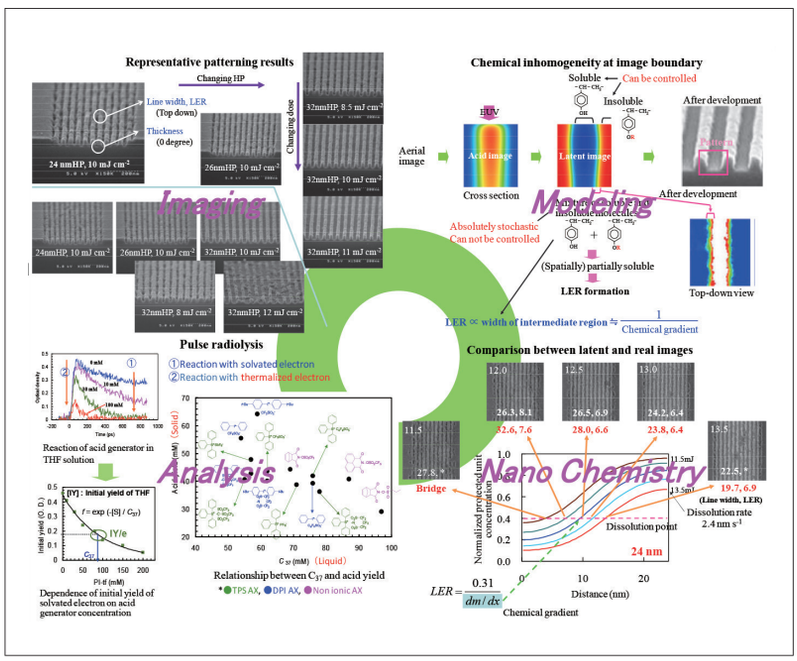
半導体製造における極端紫外光リソグラフィ、粒子線ガン治療等、今後電離放射線領域にある量子ビームの利用が大きく展開して行くことが予想されます。

概要・特徴

短パルス量子ビームを活用した高時間分解過渡吸収分光システムは他に類を見ない装置であり、モデリングに威力を発揮します。

技術内容

最先端の量子ビーム（電子線、極端紫外光、レーザー、放射光、X線、ガンマ線、イオンビーム）を利用して、量子ビームが物質に引き起こす化学反応と反応場の研究を行っています。量子ビームによる物質へのエネルギー付与から、化学反応を経て、機能発現に至るまでの化学反応システムの解明、得られた知見から新規化学反応システムの構築を行い、産業応用分野としては、特に半導体リソグラフィ材料をターゲットとして、反応解析、材料設計指針を得るための研究を行っています。



社会への影響・期待される効果

- レジスト材料の反応解析
- 新規材料の設計指針の取得

【論 文 Paper】

[1] T. Kozawa and S. Tagawa, Jpn. J. Appl. Phys.（Invited Review）49（2010）030001.
[2] T. Itani and T. Kozawa, Jpn. J. Appl. Phys.（Invited Review）52（2013）010002.

38 テーマ Theme

量子ビームを用いた極限状態下の誘起反応化学

Study on radiation induced chemical reactions at extreme conditions

研究分野 Department
量子ビーム物質科学
Beam Materials Science

研究者 Researcher
室屋裕佐
Y. Muroya

キーワード Keyword
量子ビーム、放射線化学、高温高圧流体、超臨界状態、軽水炉水化学
quantum beam, radiation chemistry, high temperature and pressure fluids, supercritical state, water chem

応用分野 Application
環境科学、軽水炉水化学
environmental science, water chemistry in nuclear engineering

研究開発段階
基 礎 ▼ 実用化準備 応用化

背　景

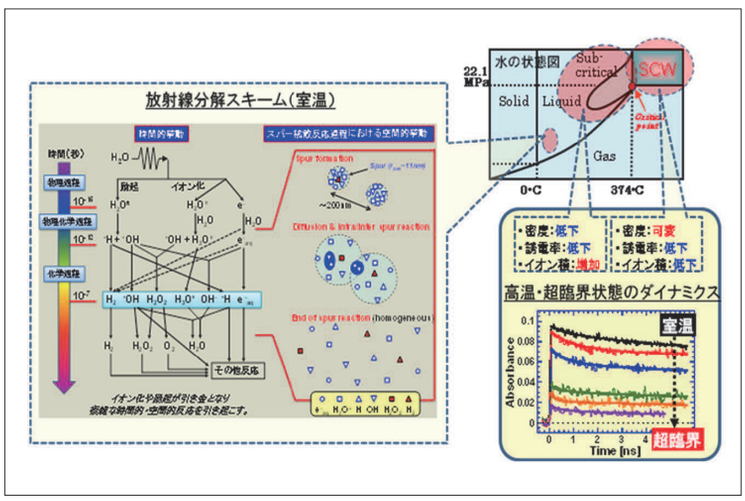
量子ビームはガン治療、半導体加工、環境有害物質の無害化や難分解性物質の分解といった幅広い分野に利用されています。照射によって物質中に生成するイオンやラジカル、電子といった反応活性種をうまく活用することが鍵となりますが、これらの反応性は高温下で著しく増大することから強力且つ効率的な反応場を創製できることが期待されています。一方で原子力工学においてこれらの反応活性種は構造材料の腐食促進の原因となり、バルクー材料界面における化学雰囲気の制御が長期安全性に関わる課題となっています。

概要・特徴

ピコ秒～ナノ秒～マイクロ秒といった極めて短時間に進行する放射線反応を素過程から解明し、これを基に反応システムの把握や制御の研究を行います。

技術内容

電子線、ガンマ線、極紫外光といった様々な量子ビームを用いてバルクや溶液－固体界面において誘起される反応を追跡し、シミュレーションも併用することにより反応機構の解明や新たな反応場創製のための指針を得ることを目指します。



社会への影響・期待される効果

- 高温高圧溶媒の放射線分解反応過程の解明
- 亜臨界・超臨界水を用いた新しい反応場の創製
- 放射線照射下における溶液・固体表面相互作用の解明
- 量子ビームを用いたナノ粒子生成と界面の振る舞いの解明
- 放射性廃棄物処理における化学環境評価

【論 文 Paper】
[1] "Supercritical pressure light water cooled reactors", Springer, ISBN: 978-4-431-55024-2, pp.347-375 (2014).
[2] Chem. Phys. Lett., 657 (2016) 102-106.
[3] Phys. Chem. Chem. Phys., 19 (2017) 23068-23077.
[4] Phys. Chem. Chem. Phys., 19 (2017) 30834-30841.
[5] Nat. Commun., 10 (2019) 102.

39 テーマ Theme

レーザープラズマ駆動高エネルギー電子加速の研究開発

R&D on laser-plasma-driven electron acceleration

研究分野 Department
量子ビーム物理
Beam Physics

研究者 Researcher
細貝知直 T. Hosokai　金 展 J. Zhan　Y. グー Y. Gu
水田好雄 Y. Mizuta　中野和美 K. Nakano

キーワード Keyword
レーザー加速、プラズマ、超短パルスレーザー、極短電子バンチ
laser-driven particle acceleration, plasmas, ultra-short pulse lasers, ultra-short electron bunches

応用分野 Application
高エネルギー加速器、卓上加速器、超高速イメージング、医療、材料、創薬
high-energy accelerators, table-top accelerators, ultra-fast imaging, medicine, materials, drug discovery

研究開発段階
基 礎 ― 実用化準備 ― 応用化

背　景

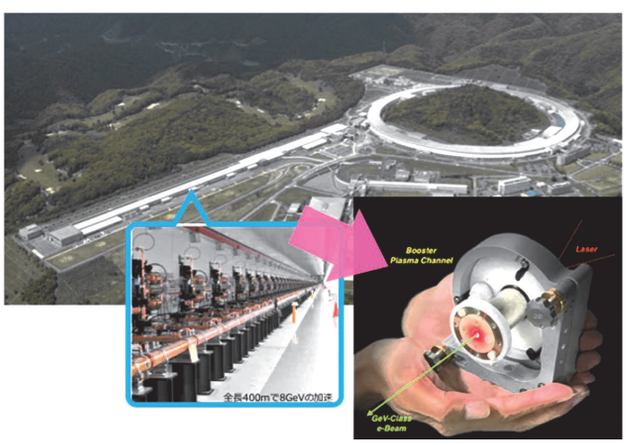
高強度レーザーとプラズマとの相互作用で電子を加速するレーザープラズマ加速は従来加速器の1000倍以上の強度の超高加速電場を生成可能であることから、キロメートルサイズの高エネルギー加速器を卓上サイズにまで小型化可能と期待されています。

概要・特徴

レーザープラズマ加速器の実現に向けた研究開発と高エネルギー電子ビームの利用開拓を行っています。

技術内容

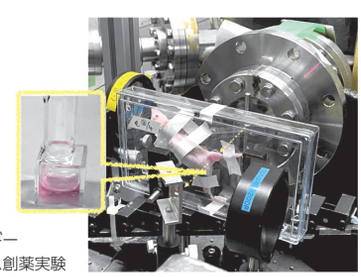
レーザー航跡場加速はGeV級の超高エネルギーの電子加速を卓上サイズで実現可能と期待されています。電子ビームの安定性／再現性、品質、制御性等の粒子加速器としての性能指標の向上がレーザープラズマ加速器実現への大きな課題です。相対論プラズマの挙動と電子加速機構の詳細な理解をベースに、レーザー加速実験を実施し、レーザープラズマ加速器の実現を目指します。同時に、レーザープラズマ加速器ならではのユニークなビームの特徴を利用する新しい研究テーマの開拓も行っています。



開発中のプラズマフースター
－5cmiJJGeV級レーザー加速装置

社会への影響・期待される効果

レーザープラズマ加速による高エネルギー電子ビームをドライバーにしたXUV領域の自由電子レーザーの発振を目指して研究開発を進めています。並行して、体内深部ビーム創薬など、高エネルギー電子ビームの新奇応用を開拓しています。


高エネルギー
電子ビーム創薬実験

【論 文 Paper】
[1] Y. Gu et al. Scientific Reports, 14, 31162 (2024)
[2] A. Rondepierre et al. Scientific Reports, 14, 12078 (2024)
[3] K. Huang et al., Light: Science & Applications. 13, 84 (2024)
[4] Z. Lei et al., Rev. Sci. Instrum. 95, 015111 (2024)
[5] Z. Lei et al., Prog. Theor.l Exp. Phys. 033J01 (2023)
[6] N. Pathak et al., Phys. Plasmas, 28, 053105 (2021)

【特 許 Patent】
[1] 特願2023-152023「電子ビーム照射装置及び電子ビーム照射方法」
[2] 特願2023-111362「電子ビーム発生装置、及び電子ビーム発生方法」
[3] 特許第6873465号「電子ビーム照射装置及び電子ビーム照射装置の作動法」
[4] US 10,104,753 B2 (米国)
[5] GB 2559676 B (英国)

40 テーマ Theme

レーザーと量子ビームによる材料の機能創製

Functionalization of materials by lasers and quantum beams

研究分野 Department　量子ビーム物理 Beam Physics

研究者 Researcher　佐野雄二 Y. Sano　水田好雄 Y. Mizuta　佐野智一 T. Sano　細貝知直 T. Hosokai

キーワード Keyword　パルスレーザー、機能性付与、寿命延長
Pulsed laser, Functionalization, Life extension

応用分野 Application　材料加工、表面処理、医療、非破壊検査
Material processing, Surface treatment, Medical application, Nondestructive testing

材料 Material

研究開発段階　基礎 ― 実用化準備 ― 応用化

背　景

高出力パルスレーザーの超小型化により、材料の改質や機能創製、検査・分析などへ応用が進んでいます。特に、ピーニングは圧縮残留応力の導入により金属部品や構造物の疲労寿命を延長できるため、超小型レーザーの適用により場所を選ばない応用が期待できます。

超小型レーザー

概要・特徴

持ち運びができるレーザーピーニング装置を開発し、高張力鋼・チタン合金・アルミニウム合金などの疲労特性の改善を確認しました。屋外でも使えます。

技術内容

- パルス幅の短いレーザーを使用することにより、小さいレーザー出力でも疲労寿命を延長できることを実証
- 主な金属材料やセラミックスの残留応力および機械的特性の改善効果を確認
- レーザーの冷却方法を工夫することにより、100 Hzの高繰返し運転を実現。ピーニング処理時間を短縮
- 小型の協働ロボットと組合せ、持ち運びができるレーザーピーニング装置を実現。インフラへの適用も可能
- ピーンフォーミング効果による曲面の成型や形状の矯正、表面のクリーニングも可能

開発したレーザーピーニング装置

社会への影響・期待される効果

開発したレーザーピーニング装置は、従来の装置と比較して桁違いに小型・軽量であり、金属部材や溶接部の疲労特性の改善、SCC(応力腐食割れ)の抑制、積層造形した構造物の高機能化、橋梁・発電設備・航空機などの社会インフラの保守・寿命延長への適用が期待できます。

従来のレーザーピーニング装置
https://zal.aero/news/lsp-days-2019-der-2-europaeische-laser-shock-peening-workshop/

【論 文 Paper】

[1] Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B 121 (1997) 432-436
[2] Mater. Sci. Eng. A 417 (2006) 334-340
[3] J. Laser Appl. 29 (2017) 012005
[4] Metals 11 (2021) 1716
[5] Forces in Mech. 7 (2022) 100080
[6] Shot Peener 37-2 (2023) 6-12, Spring 2023

特 許 Patent】

[1] 特願2020-539464
「金属積層造形装置及び金属積層造形方法」

41 テーマ Theme

超高感度ナノポアウイルスセンサ

Ultra-sensitive nanopore virus sensor

研究分野 Department
バイオナノテクノロジー
Bio-Nanotechnology

研究者 Researcher
谷口正輝 M. Taniguchi　筒井真楠 M. Tsutsui　田中裕行 H. Tanaka　小本祐貴 Y. Komoto

キーワード Keyword
ウイルス、ナノポア
virus, nanopore

応用分野 Application
ウイルスセンサー
virus sensor

研究開発段階
基 礎 ― 実用化準備 ― 応用化

背　景

2000年以降、数年に1つの割合で、新たな感染症が発生しています。新興感染症による人的・経済的被害を最小限に留めるためには、発生後、即座に検査法を開発し、感染予防を行うことが求められています。

概要・特徴

固体ナノポアとAIを用いて、1個単位でウイルスを検出・識別できます。検査対象となるウイルスに応じた検査法を即座に作ることができます。

技術内容

固体ナノポアは、微細加工技術で作られたシリコン基板上の貫通孔です。ナノポアを電解質溶液で満たすと、イオン電流が流れます。

ウイルスがナノポアを通過するとき、ウイルスに固有のイオン電流一時間波形が、ナノポアから得られます。この波形を機械学習することで、ナノポアを通過しているウイルスを1個単位で高精度で識別することができます。

このウイルス検査プラットフォームをAIナノポアを言います。AIナノポアは、計測チップ、計測装置、クライアントソフト、サーバソフトから構成され、製品化されています。

患者から採取した唾液をAIナノポアで検査することで、新型コロナウイルスを5分間の検査時間で、感度95%、特異度92%で検査できます。また、新型コロナウイルスの変異型も同様に、高感度・高特異度で検査することができます。

社会への影響・期待される効果

AIナノポアは、ナノポアの直径を検出対象に応じて変えることで、ウイルスだけでなく、細菌や菌糸などの微生物や、タンパク質やＤＮＡなどの生体分子を計測することができます。また、既存の免疫反応とAIナノポアを組合わせることで、既存検査システムの検出限界を超えることができます。さらに、学習データの種類や、直径の異なるナノポアを用いることで、多種検査も可能になります。

【論 文 Paper】
[1] Nat. Commun. 15 (2024) 9619.
[2] Sci. Rep. 14 (2024) 16686.
[3] Lab Chip. 23 (2023) 4909.
[4] J. Phys. Chem. C. 126 (2022) 12197.
[5] Nat. Commun. 12 (2021) 3726.

【特 許 Patent】
[1] 特願2012-017325
[2] 特願2012-286115
[3] 特願2013-047373

42 テーマ Theme

1分子量子シークエンサー

Single molecule DNA sequencer

研究分野 Department
バイオナノテクノロジー
Bio-Nanotechnology

研究者 Researcher
谷口正輝 M. Taniguchi　筒井真楠 M. Tsutsui　田中裕行 H. Tanaka　小本祐貴 Y. Komoto

キーワード Keyword
マイクロRNA、がん診断、1分子技術
microRNA, cancer diagnosis, single molecular technologies

応用分野 Application
次々世代DNAシークエンサー
next generation DNA sequencer

研究開発段階
基 礎 ― **実用化準備** ― 応用化

背　景

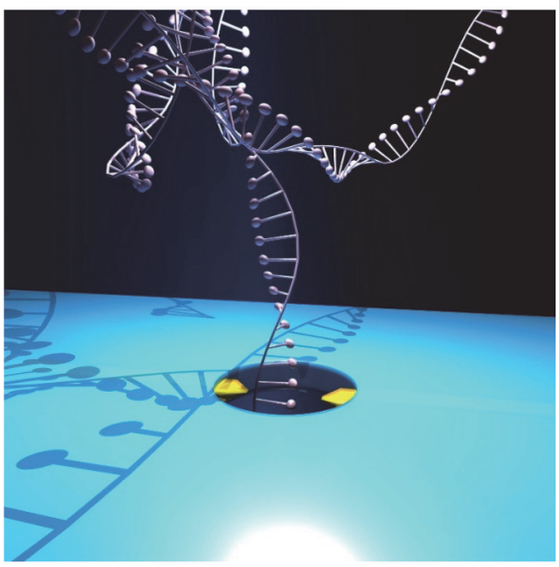
これまで、マイクロRNAによるがん診断は、乳がんや肺がんなどの早期診断を可能にすることが知られていました。マイクロRNAによるがん診断を行うためには、数種類のマイクロRNAの塩基配列とその量比を同時に決定する定量解析が必要ですが、これまでの解析方法では定量解析が不可能でした。

概要・特徴

1分子レベルでマイクロRNAの塩基配列、化学修飾、量比を同時に決定する1分子定量解析法を世界で初めて開発しました。

技術内容

1分子量子シークエンシング法は、1塩基分子の電気抵抗の違いをトンネル電流で読み出す方法であり、DNAやマイクロRNAの塩基配列、ペプチドのアミノ酸配列、および化学修飾された塩基分子とアミノ酸分子を直接解読できる方法です。さらに、特定の塩基配列・アミノ酸配列や化学修飾塩基分子・アミノ酸をマーカーにすることで、計測分子数を決定できます。今回、当研究グループは、1分子量子シークエンシング法により、がんの診断マーカーであるマイクロRNAの塩基配列、化学修飾、および量比を同時に決定する1分子定量解析に成功しました。これにより、マイクロRNAを利用した乳がんや肺がんなどの早期診断が期待されます。



社会への影響・期待される効果

本研究成果により、マイクロRNAによる乳がんや肺がんなどの早期診断が期待されます。また、本1分子量子シークエンシング法は、マイクロRNAをそのまま1分子レベルで定量解析でき、マイクロRNAをDNAに逆転写してDNAを増幅する操作が不要となるため、低コストかつ迅速ながん診断が期待されます。

【論 文 Paper】

[1] "Scientific Reports" (online) on September 29, 2021. “Single-molecule RNAsequencing for simultaneous detection of m6A and 5mC”

43 テーマ Theme

生物発光タンパク質を利用したオンサイト検出法の開発

Development on-site investigation system by chemiluminescent proteins

研究分野 Department
生体分子機能科学
Biomolecular Science and Engineering

研究者 Researcher
永井健治
T. Nagai

キーワード Keyword
生物発光タンパク質、オンサイト検査、スマートフォン
Bioluminescent protein, on-site investigation, smart devices

応用分野 Application
医療、環境調査
clinical use, environmental investigation

研究開発段階
基 礎 ― 実用化準備 ― 応用化

背　景

我々の研究室では、肉眼でみえるほど明るく、多色な生物発光タンパク質を開発してきました。
この明るさを利用して、様々な検出技術への応用を展開しています。

概要・特徴

生物発光タンパク質とスマートフォンを組み合わせて、生体物質や環境成分を高感度で迅速に検出可能なシステムを開発しました。

技術内容

生物発光タンパク質を利用したセンサーおよび検出法①②③を開発しました[1-3]。対象となる分子の濃度を発光波長の変化、つまり色の変化により計測します。これらのセンサーは非常に明るい発光を示すため、その色変化をスマートフォンなどのカメラを用いて検出することができます。

①ビリルビンバイオセンサー「BABI」新生児黄疸の原因分子であるビリルビンを検出します。
②トロンビンバイオセンサー「Thrombastor」血栓症の原因となりうる血液凝固因子トロンビンの活性を検出します。
③Cu^{2+}検出システム「DERK-Cu(II)」環境水や飲料水の銅イオン(Cu^{2+}) を検出します。

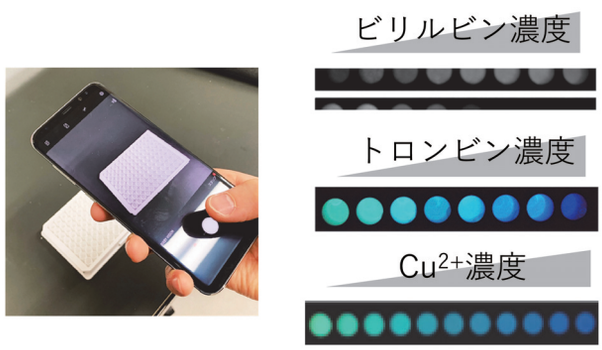


図1.生物発光タンパク質を利用した検出。スマートフォン搭載のカメラで撮影し、色成分を解析することで濃度が計算できる。①BABIによるビリルビンの検出。濃度に応じて血液を通した発光色が青から橙に変化する。②Thrombastorによるトロンビン活性の検出。活性に応じて発光色が緑から青に変化する。③DERK-Cu(II)による銅イオンの検出。濃度に応じて発光色が緑から青に変化する。

社会への影響・期待される効果

生物発光タンパク質を利用した検出法は特別な装置を用意する必要がなく、その場で簡便にシグナルを得ることができるため、オンサイト検出の実現に適したツールです。

スマートフォンなどの汎用的な機器を用いた検査方法を確立することで、誰もが気軽に検査ができる社会が実現されます。また、通信機能と組み合わせることで、検査結果を医療機関へ送り診断を仰ぐ、といった在宅医療の新しい形が期待されます。

【論 文 Paper】
[1] ACS Sensors, 6, 889-895, 2021.
[2] Anal. Chem., 93, 13520-13526, 2021.
[3] Talanta, 287, 12756, 2025.

【特 許 Patent】
[1] 特許7014437「生体物質の検出方法、それに用いる化学発光指示薬」
[2] 特許7137842「デバイス、及びそれを用いた判定システム」

バイオ Bio

44 テーマ Theme

生物発光の多色展開および生物学への応用

Multicolor development of bioluminescence and biological application

研究分野 Department
生体分子機能科学
Biomolecular Science and Engineering

研究者 Researcher
永井健治
T. Nagai

キーワード Keyword
生物発光、自発光植物、細胞観察
Bioluminescence, auto-luminescent plant, cell observation

応用分野 Application
バイオイメージング、顕微鏡、産業利用
Bioimaging, microscopy, industrial use

研究開発段階
基 礎 ― **実用化準備** ― 応用化

背　景

生物発光は蛍光のように光を照射することなく得ることができる観察対象に優しい光です。当研究室では自然界の生物発光システムを改良して、基礎研究さらには産業利用へと応用展開をしています。

概要・特徴

生物発光の多色化、複数の細胞の発光を同時に観察する方法、自ら発光する植物など、生物発光の様々な利用法を開発しました。

技術内容

生物発光タンパク質に蛍光タンパク質を繋げて発光色を変化させる方法を発展させることで、20色の生物発光タンパク質シリーズ「eNLEX」を開発しました[1](図1左)。スマートフォンなどに使われているカラーカメラを用いることで、ワンショットにより全ての発光色の細胞を同時に撮影することに成功しました(図1右)。

生物発光に不可欠な発光基質の合成経路を生物発光タンパク質と同時に導入することで、自ら発光する(自発光)システムを構築できます。バクテリア由来の自発光システムを基盤にして、発光色を新たに6色の「NLX」シリーズへと展開しました[2](図2左)。この生物発光タンパク質と発光基質の合成経路を導入することで、自発光植物の開発に成功しました(図2右)。

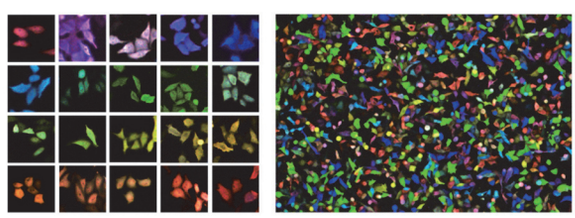


図1. 20色の生物発光タンパク質シリーズeNLEX。ヒト培養細胞にそれぞれ導入し(左)、混在した状態で同時に撮影した(右)。

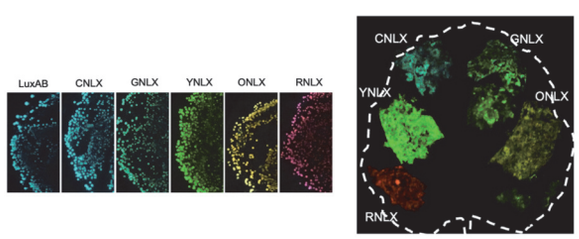


図2. バクテリア由来自発光システム。大腸菌コロニーでの6色のNLX発光像(左)。タバコ葉での発光像(右)。

社会への影響・期待される効果

カラーカメラによる細胞観察法は簡便であり低コストで導入が可能なため、生物発光利用の裾野が広がります。個々の細胞を識別する方法は、細胞運命の追跡や薬剤応答など、細胞の個性の違いを解析する上で有益な解析手段となります。

自発光システムの生体への導入は、外部から人為的にエネルギーを投入する必要なく発光するため、植物による照明といったエコ社会の実現への貢献が期待されます。

【論 文 Paper】
[1] Sci. Adv., 11, eadp4750, 2025.
[2] PNAS, 121, e2406358121, 2024.

【特 許 Patent】
[1] 特許7553993「発光タンパク質」

45 テーマ Theme

ヒト嗅覚システムを再現した匂いセンサーの開発

Development of odor sensor mimicking human olfactory system

研究分野 Department
生体分子反応科学
Biomolecular Science and Reaction

研究者 Researcher
黒田俊一 S. Kuroda　立松健司 K. Tatematsu

キーワード Keyword
匂いの数値化、ヒト嗅覚受容体、嗅覚受容体アンタゴニスト
smelldigitization, human olfactory receptor, odorant-receptor antagonist

応用分野 Application
AI調香師、消臭剤、仮想現実
AI perfumer, deodorizer, virtual reality

研究開発段階
基 礎 ― 実用化準備 ― 応用化

背　景

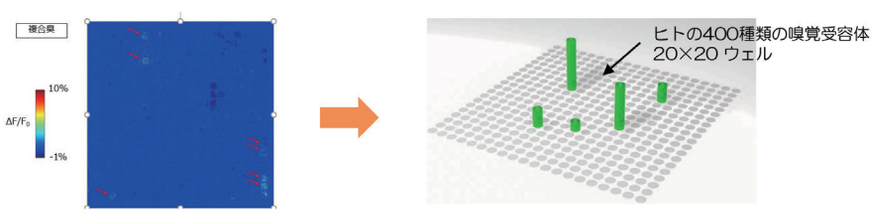
食品、香粧品等の広範な製品開発において匂いの官能試験は非常に重要ですが、試験士の資質に大きく依存するため、再現性やスループット性が低く、しかも他者との情報共有が困難でした。一方、化学系匂いセンサーは特定の匂いしか検出できず、官能試験との連携は不可能でした。

概要・特徴

ヒト嗅覚受容体全て（約400種類）を用いた嗅覚受容体センサーを作製し、ヒトの感じる匂い全てを定量することに成功しました。

技術内容

人間の視覚や聴覚の情報はデジタル化され「情報の正確な記録と再現」が可能となっており、映像作品や音楽として商業的に活用されています。一方で、嗅覚情報は「匂いの基準」となるものが存在せず、匂いを正確に表現することが困難でした。



嗅覚受容体センサー応答画像　　匂いマトリックス【概念イメージ】

私たちはヒトの約400種類の嗅覚受容体を発現する細胞からなる嗅覚受容体センサーを開発しました(特許技術、図左)。この匂いセンサーはヒトの嗅覚受容体を網羅的に発現させたものであり、ヒトが匂いを感じる仕組みをアレイ上で再現したものです。各嗅覚受容体の応答は細胞内カルシウムイオンの濃度変化を蛍光強度に変換し、約400種類の嗅覚受容体の応答を一括測定することができます。これにより、約400種類の嗅覚受容体の応答をまとめた匂いの基準「匂いマトリックス」の作成、すなわち嗅覚情報のデジタル化が実現されます(図右)。

社会への影響・期待される効果

これまで匂いのデジタル化そのものが困難であったため、当技術の市場展開が匂い関連製品にパラダイムシフトを起こす可能性があります。具体的には、遠隔地への匂い情報の転送と再構成（匂いが伝わるテレビや映画）、嗅覚受容体応答情報の医療への応用（アロマテラピーの発展型等）が想定されます。

【論 文 Paper】
[1] Sensors (Basel) 23 (2023) 6164
[2] Biosci. Biotechnol. Biochem. 86 (2022) 1562-1569
[3] 生産と技術72 (2020) 78-80
[4] Aroma Research 20 (2019) 38-39

【特 許 Patent】
[1] 特許出願2019-536790

46 テーマ Theme

多剤耐性細菌の情報伝達を阻害する新規抗菌薬の開発

Development of novel antibiotics targeting signal transduction of multi-drug resistant pathogens

研究分野 Department
生体分子反応科学
Biomolecular Science and Reaction

研究者 Researcher
岡島俊英 T. Okajima　内海龍太郎 R. Utsumi

キーワード Keyword
多剤耐性菌、二成分情報伝達系、ヒスチジンキナーゼ
Multi-drug Resistant Bacteria, Two-component Signal Transduction System, Histidine Kinase

応用分野 Application
多剤耐性菌感染症治療薬、新規抗生物質
Drug for Infection of Multi-drug Resistant Bacteria, Novel Antibiotics

研究開発段階
基 礎 ― 実用化準備 ― 応用化

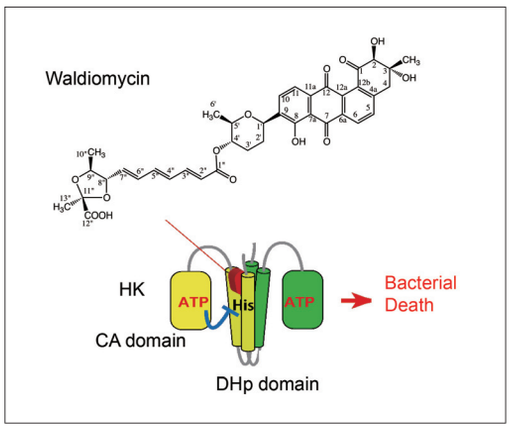
背　景

既存の複数抗生物質が効かない多剤耐性菌の院内感染あるいは市中での蔓延は、公衆衛生上の大きな問題となっています。これまでの抗生物質が改良されても、新たな耐性菌が直ちに出現する状況にあり、新しいコンセプトによる抗生物質の開発が望まれています。

概要・特徴

細菌の情報伝達系を阻害することによってMRSAやVREなどの多剤耐性病原菌にも抗菌作用を示す新規な薬剤を開発することに成功しました。さらに、病原性と薬剤耐性を抑え込む次世代の機能性を目指しています。

技術内容



細菌の主要な環境応答システムである二成分情報伝達系（TCS）は、細胞膜に存在するヒスチジンキナーゼ（HK）と転写因子レスポンスレギュレーター（RR）から構成されています。HKは環境シグナルに応答して、自己のHis残基をリン酸化し、そのリン酸基をRRへ転移します。リン酸化RRは遺伝子発現を制御し、各種の重要な生理過程に関わります。TCSはヒト細胞に存在せず、動植物病原菌の病原性、増殖、薬剤耐性等にも関与するため、抗菌薬の新規かつ重要な標的と考えられています。これまでに我々はHKに特異的に作用する阻害剤を放線菌から発見し、特許化しています。そのひとつwaldiomycinは、HKの自己リン酸化部位周辺の保存領域に対して特異的に結合します。その結果、MRSAやVRE等の多剤耐性菌の情報伝達を阻害して、抗菌作用を示すことを明らかにしました。さらに、病原性、薬剤耐性に関わるHKを標的とすることで、病原性と薬剤耐性を抑え込む次世代型抗菌薬の開発を目指している。

社会への影響・期待される効果

Waldiomycinは広範なTCSを同時に阻害するため、抗菌特性を示すばかりでなく、同時に薬剤耐性や病原性も抑え込むマルチな機能性をもつ次世代型抗菌薬のシードとなり得ます。

【論 文 Paper】
[1] 化学と生物62 (2024) 480-489
[2] J. Antibiot. (Tokyo) 77 (2024) 522-532
[3] Biomolecules 12 (2022) 1321-1321
[4] Anal. Biochem. 600 (2020) 113765-113765
[5] 化学と生物57 (2019) 416-427
[6] J. Antibiot. (Tokyo) 70 (2017) 251-258
[7] J. Gen. Appl. Microbiol. 63 (2017) 212-221
[8] J. Antibiot. (Tokyo). 66 (2013) 459-64

【特許 Patent】 [1] 特許第5686981号

47 テーマ Theme

RNAを標的とする低分子創成

Small molecules targeting functional RNAs

研究分野 Department
精密制御化学
Regulatory Bioorganic Chemistry

研究者 Researcher
堂野主税
C. Dohno

キーワード Keyword
RNA、DNA、低分子、創薬
RNA, DNA, small molecule, drug development

応用分野 Application
創薬リード創出
drug lead development

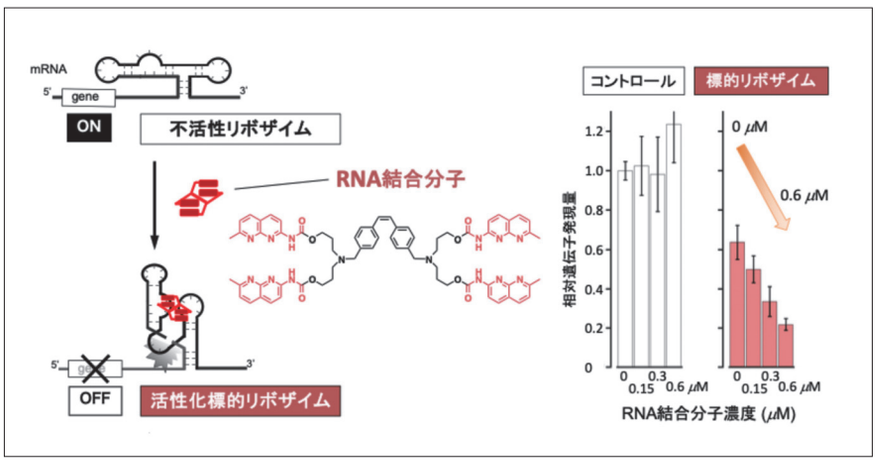
研究開発段階
基 礎 ― 実用化準備 ― 応用化

背　景

創薬の主要な標的であったタンパク質に加えて、さまざまな機能をもったRNAが創薬標的として注目されています。創薬リード創成につながる、RNAを標的とする新しい低分子化合物の創成が求められています。

概要・特徴

- **遺標的となるRNAの部分的な配列や構造を認識するRNA結合分子の設計と合成**
- **RNA結合分子が標的RNAに作用することで、関連する生理機能を調節できる**



技術内容

- 標的RNAに特異的に結合する分子の創成
- RNA結合分子が標的RNAに作用するとその構造を変化させ、RNAに由来する生理機能も変化させる
- 酵素活性をもつリボザイムRNAを標的として、リボザイム活性を制御し、遺伝子発現量の調節に成功

社会への影響・期待される効果

- 標的RNAを調査する分子プローブ開発
- RNAを標的とする低分子創薬開発

【論 文 Paper】

[1] Restoration of Ribozyme Tertiary Contact and Function by Using a Molecular Glue for RNA, Dohno, C.; Kimura, M.; Nakatani, K. Angew. Chem. Int. Ed. 2018, 57, 506-510.

[2] A synthetic riboswitch that operates using a rationally designed ligand-RNA pair, Dohno, C.; Kohyama, I.; Kimura, M.; Hagihara, M.; Nakatani, K. Angew. Chem. Int. Ed. 2013, 52, 9976-9979.

[3] Molecular glue for RNA: Regulating RNA structure and function through a synthetic RNA binding molecule, Dohno, C.; Nakatani, K. ChemBioChem 2019, 20, 2903-2910.

48 テーマ Theme

光による核酸機能制御

Molecular photoswitches for modulating DNA/RNA functions

研究分野 Department
精密制御化学
Regulatory Bioorganic Chemistry

研究者 Researcher
堂野主税
C. Dohno

キーワード Keyword
photoswitch、RNA、DNA
photoswitch, RNA, DNA,

応用分野 Application
光核酸スイッチ、光薬理学
DNA/RNA photoswitch, Photopharmacology

研究開発段階
基 礎 ― 実用化準備 ― 応用化

背　景

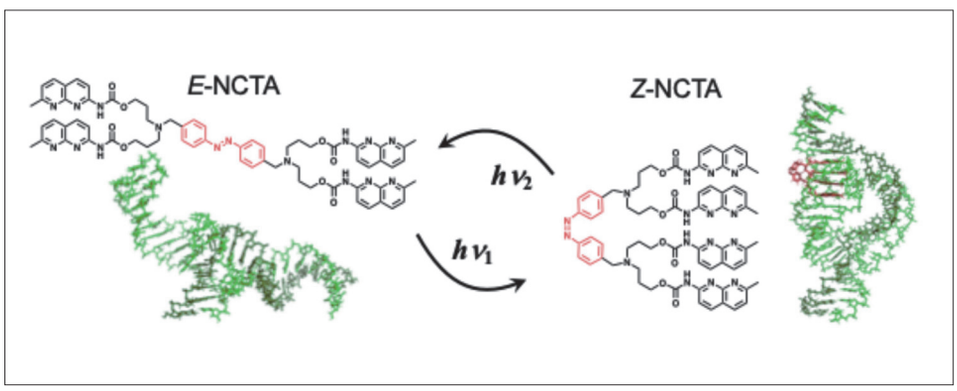
光は時空間的な制御が容易であるため、生体機能を制御する外部刺激として優れています。
核酸のもつ様々な機能を光照射によって自在に制御することのできる分子創成を目指しています。

概要・特徴

- **光照射に応答して核酸に作用する、作用しなくなる分子の開発**
- **光応答性分子の存在下、標的とする核酸機能のON/OFFを光によって時空間に制御することが可能**

技術内容

- 核酸結合分子に光応答性の分子骨格を導入することで、光応答性の核酸結合分子の創成
- 光応答性核酸結合分子NCTA（図）を用いると、標的としたRNAの構造と機能を光によって制御できる
- 特定の場所、時間に限定した時空間的な制御に成功



社会への影響・期待される効果

- 任意の機能が光で制御される人工細胞系の構築
- 薬効を光で調節する光薬理学

【論 文 Paper】

[1] Photoswitchable molecular glue for RNA: reversible photocontrol of structure and function of the ribozyme, Dohno, C.; Kimura, M.; Fujiwara, Y.; Nakatani, K. Nucleic Acids Res. 2023, 51, 9533-9541.
[2] Rational Design of a Photoswitchable DNA Glue Enabling High Regulatory Function and Supramolecular Chirality Transfer, Simeth, N. et al. Chem. Sci. 2021, 12, 9207-9220.

49 テーマ Theme

エピジェネティクスの化学的制御に基づいた医薬品創製

Development of therapeutic agents based on epigenetics

研究分野 Department
複合分子化学
Complex molecular chemistry

研究者 Researcher
鈴木孝禎
T. Suzuki

キーワード Keyword
エピジェネティクス、阻害剤
epigenetics, inhibitor

応用分野 Application
医薬品、生物試験用試薬
therapeutic agents, reagents for biological studies

研究開発段階
基 礎 ― **実用化準備** ― 応用化

背　景

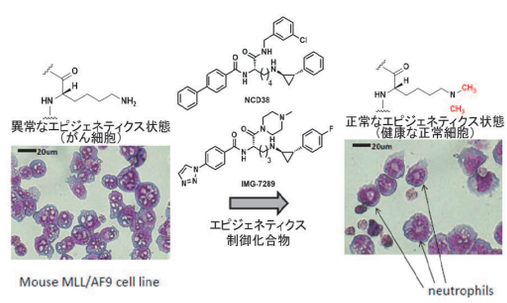
DNAの塩基配列に依存しないで遺伝子の発現を制御する機構「エピジェネティクス」の異常は、がんなどの疾病に関与する。エピジェネティクスをコントロールする化合物は、抗がん剤などの治療薬として応用することが期待できます。

概要・特徴

疾患に関与するエピジェネティックタンパク質の阻害剤を創製し、それらの阻害剤が疾患細胞を正常細胞に変化させることを示しました。

技術内容

- 標的誘導型合成やフォーカスドライブラリーのスクリーニングなどの独自の創薬手法を用いて、エピジェネティック阻害剤を創製しました。
- エピジェネティック阻害剤は、疾患細胞中の異常なエピジェネティクス状態を正常なエピジェネティクス状態に変えることで、疾患細胞を正常細胞に分化させる作用(例：白血病細胞を好中球などの正常細胞に分化させる作用) を示しました。
- 動物実験 (マウスがんモデル、マウスうつ病モデル) においても、エピジェネティック阻害剤は、少ない副作用で、高い治療効果を示しました。



エピジェネティクス制御によるがん細胞の分化

社会への影響・期待される効果

がんは、1981年以降死因の第1位であり、最近では、総死亡数の約3割を占めています。また、認知症の患者数は約500万人ですが、その数は増加の一途をたどり、2025年には730万人に達すると予測されています。さらに、うつ病などの精神疾患の患者数も約500万人であり、精神疾患による自殺者の増加は著しく、それに伴う損失額は年間2.7兆円と推定されています。これらの疾患治療は、喫緊の課題です。

これらの疾患には、エピジェネティクスの異常が関与していることが分かっており、エピジェネティック阻害剤は、これらの疾患の根本治療に役立つと期待されます。

【論 文 Paper】

[1] J. Med. Chem. 66 (2023) 15171-15188
[2] ACS Med. Chem. Lett. 13 (2022) 1568-1573
[3] ACS Catal. 10 (2020) 5383-5392
[4] J. Am. Chem. Soc. 142 (2020) 21-26
[5] J. Med. Chem. 62 (2019) 5844-5862

【特 許 Patent】

[1] 特許第6238908号
[2] 特願2018-08464「ヒストン脱アセチル化酵素阻害剤」
[3] 特願2019-106166「KDM5C阻害剤及び抗うつ剤」

50 テーマ Theme

標的タンパク質分解誘導剤の創製

Development of targeted protein degraders

研究分野 Department
複合分子化学
Complex molecular chemistry

研究者 Researcher
伊藤幸裕 Y. Itoh
鈴木孝禎 T. Suzuki

キーワード Keyword
プロテインノックダウン、分解誘導剤、ユビキチン
protein knockdown, degraders, ubiquitin

応用分野 Application
医薬品、生物試験用試薬
therapeutic agents, reagents for biological studies

研究開発段階
基 礎 ▼ 実用化準備 応用化

背　景

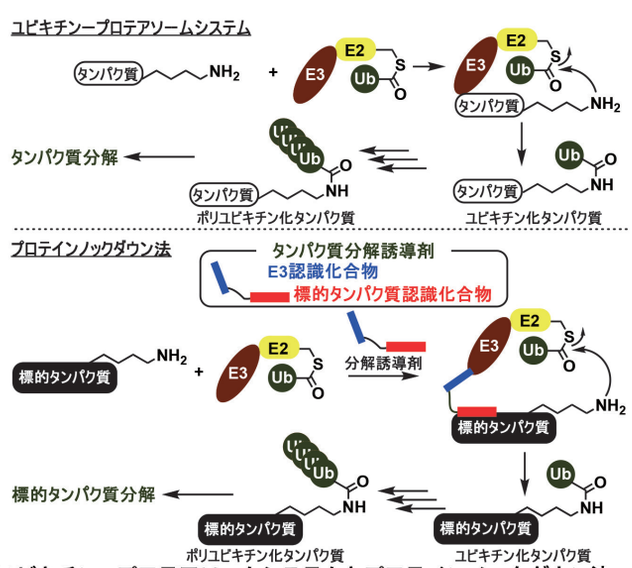
プロテインノックダウン法は、標的タンパク質を分解する新しい技術として注目を集めています。プロテインノックダウン法で用いるタンパク質分解誘導剤は、抗がん剤をはじめとする様々な医薬品として期待されています。

概要・特徴

標的タンパク質を特異的に分解する技術を確立し、疾患に関連するタンパク質を標的とする種々の分解誘導剤を創製しました。

技術内容

- 生体内のタンパク質分解機構であるユビキチン—プロテアソームシステムをハイジャックし、狙ったタンパク質を特異的に分解する技術を確立しました。
- 本技術が様々なタンパク質に適応できることを明らかにしました。
- 神経芽細胞腫や前立腺がんの生育に関与するタンパク質など、種々のタンパク質を分解する分解誘導剤を創製しました。
- タンパク質分解誘導剤は、酵素阻害薬などの従来のタンパク質制御化合物とは異なる作用を示します。



ユビキチン—プロテアソームシステムとプロテインノックダウン法

社会への影響・期待される効果

プロテインノックダウン法で用いるタンパク質分解誘導剤は、狙ったタンパク質を特異的に分解し、その細胞内存在量を減らすことができます。病原性タンパク質を標的とする従来の医薬品の多くは、受容体アンタゴニストや酵素阻害薬であり、それらはタンパク質の特定の機能を阻害します。一方、タンパク質分解誘導剤は、標的タンパク質のみを分解するため、特定の機能のみならず、そのタンパク質が持つあらゆる機能を阻害できます。このように、タンパク質分解誘導剤は、これまでの医薬品とは異なる新たな創薬モダリティとして期待できます。実際、本技術ならびに分解誘導剤は世界中の創薬研究で利用されており、その中には臨床研究に進んでいるものがあります。

【論 文 Paper】

[1] Chem. Commun. 58 (2022) 4635-4638.
[2] ChemMedChem 16 (2021) 1609-1618.
[3] Chem. Rec. 18 (2018) 1681-1700.
[4] J. Am. Chem. Soc. 132 (2010) 5280-5286.

51 テーマ Theme

多剤耐性菌感染症を克服するための創薬研究

Drug Discovery to Overcome Multidrug-Resistant Bacterial Infections

研究分野 Department
生体分子制御科学
Biomolecular Science and Regulation

研究者 Researcher
西野邦彦 K. Nishino
西野美都子 M. Nishino
山崎聖司 S. Yamasaki
田口厚志 A. Taguchi

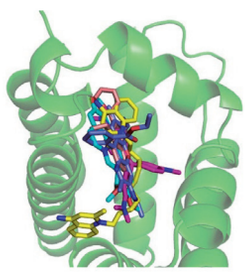
キーワード Keyword
多剤耐性、化学療法、細菌感染症
multidrug resistance, chemotherapy, bacterial infection

応用分野 Application
感染症治療
treatment of infection

研究開発段階
基 礎 ― 実用化準備 ― 応用化

背　景

世界中で抗菌薬で治療することができない薬剤耐性菌による感染症が問題となっている。薬剤排出ポンプは抗菌薬を細菌の中から外へ排出することで、細菌多剤耐性化に関係しています。



薬剤排出ポンプ制御因子による抗菌薬認識

概要・特徴

私達の研究室では、抗菌薬を効かせなくする病原細菌について、薬剤排出ポンプの機能と制御機構に着目し、細菌の適応能力を明らかにした上で、新たな感染症治療戦略の開発に取り組んでいます。

技術内容

ポストゲノム解析を駆使して、これまでに細菌ゲノムに潜む数多くの薬剤排出ポンプと、その制御ネットワークを同定してきました。これらの同定された因子は、多剤耐性を克服する新たな薬のターゲットとして期待されています。さらには、病原性発現と多剤耐性の両方に関与する制御因子の構造を明らかにしました。薬剤排出ポンプや制御因子に対する阻害剤を用いることによって病原性を軽減させながら、細菌の多剤耐性化を抑制する新たな感染症治療が可能になります。

社会への影響・期待される効果

- 世界中で問題となっている多剤耐性菌感染症の克服
- 感染症新規治療戦略の確立

【論 文 Paper】

[1] Proc. Jpn. Acad. Ser. B Phys. Biol. Sci. 100 (2024) 57-67. Changes in the expression of mexB, mexY, and oprD in clinical Pseudomonas aeruginosa isolates.
[2] Front. Microbiol. 14 (2023) 954304. Investigating multidrug efflux pumps associated with fatty acid salt resistance in Escherichia coli.
[3] J. Biol. Chem. 299 (2023) 104892. Functional and structural characterization of Streptococcus pneumoniae pyruvate kinase involved in fosfomycin resistance.
[4] Antimicrob. Agents Chemother.66 (2022) e00672-22. Spatial Characteristics of the Efflux Pump MexB Determine Inhibitor Binding.
[5] Front. Microbiol. 13 (2022) 839718. Identification of Bacterial Drug-Resistant Cells by the Convolutional Neural Network in Transmission Electron Microscope Images.
[6] Antimicrob. Agents Chemother.66 (2022) e02392-21. Proximal Binding Pocket Arg717 Substitutions in Escherichia coli AcrB Cause Clinically Relevant Divergencies in Resistance Profiles.
[7] Front. Microbiol. 11 (2020) 581571. Identification of Genetic Variants via Bacterial Respiration Gas Analysis.
[8] Commun. Biol. 2 (2019) 340. Phylogenetic and Functional Characterisation of the H. influenzae multidrug efflux pump AcrB.
[9] Nature Commun. 9 (2018) 124. Multiple Entry Pathways within the Efflux Transporter AcrB Contribute to Multidrug Recognition.
[10] Nature Commun. 4 (2013) 2078. The Crystal Structure of Multidrug-Resistance Regulator RamR with Multiple Drugs.
[11] Nature 500 (2013) 102-106. Structural Basis for the Inhibition of Bacterial Multidrug Exporters.
[12] Nature 480 (2011) 565-569. Structures of the Multidrug Exporter AcrB Reveal a Proximal Multisite Drug-Binding Pocket.
[13] Mol. Microbiol. 59 (2006) 126-141. Virulence and Drug Resistance Roles of Multidrug Efflux Systems of Salmonella enterica Serovar Typhimurium.
[14] Science 307 (2005) 864. Bacterial Multidrug Exporters: Insights into Acquisition of MDR.

52 テーマ Theme

脂溶性生理活性物質の輸送体の同定と輸送体を標的とした創薬

Discovery of a drug that is targeting a novel lipid mediator transporter

研究分野 Department
生体分子制御科学
Biomolecular Science and Regulation

研究者 Researcher
西 毅
T. Nishi

キーワード Keyword
免疫抑制剤、リンパ球、輸送体、阻害剤、脂質メディエーター
immunosuppressant drug, lymphocyte, transporter, inhibitor, lipid mediators

応用分野 Application
自己免疫疾患治療、がん転移抑制、感染症治療
treatment of autoimmune diseases, suppression of tumor cells metastasis, treatment of infection

研究開発段階
基 礎 ▼ 実用化準備 応用化

背　景

脂溶性の生理活性物質（脂質メディエーター、ステロイドホルモン、ビタミン等）の細胞内外での輸送機構が様々な細胞機能に必須であることがわかってきました。

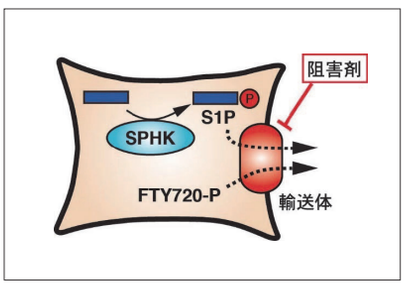
概要・特徴

我々は生理活性脂質であるスフィンゴシン１リン酸（S1P）をモデルとして、細胞外への放出輸送体SPNS2やMFSD2Bを同定し、これら輸送体の活性を測定する細胞系を開発しました。S1P輸送体の阻害剤はこれまでに無い新しい作用機序で副作用の少ない免疫抑制剤や抗がん剤のターゲットとして有効であると考えられます。

S1Pを細胞内に蓄積する細胞を構築し、そこに輸送体を発現させることで輸送活性を測定できる系を確立しており、この系を用いて阻害剤のスクリーニングが可能です。またこの系は、新しい輸送体や異なる生理活性脂質の輸送系の探索にも応用可能です。

技術内容

S1Pはヒトでは免疫細胞の血管移行に中心的な役割を果たします。そのためS1P受容体は免疫抑制剤の開発の標的となり、FTY720などの薬が開発されました。しかし、受容体の多様性などから依然として副作用が存在し、S1P受容体の欠損マウスは胎生致死となります。我々はS1Pの細胞外への供給に関わる輸送体を同定し、この輸送体の欠損マウスでは他に顕著な異常を示すことなく、血液中へのリンパ球の移行のみが特異的に抑制されることを見いだしました。このことからこの輸送体の阻害剤がこれまでに無い新しい作用機序で副作用の少ない免疫抑制剤や阻害剤のターゲットになります。測定系が確立しており阻害剤の探索はすぐにでも開始できます。



社会への影響・期待される効果

- 副作用の少ない免疫抑制剤の実現
- トランスポーターオリエンティッドな新しい作用機序を持つ創薬の実現

【論 文 Paper】
[1] Science 323, 524-527 (2009)
[2] J Biol Chem. 286, 1758-1766 (2011)
[3] PLoS ONE 7(6): e38941 (2012)
[4] J Lipid Res 57: 2088-2094 (2017)
[5] Sci.Rep. 8 (1), 1-11(2018)

【特 許 Patent】
[1] 特許第5373346号スフィンゴシン１－リン酸の新規トランスポーター分子

53 テーマ Theme

医薬品および有機材料開発を加速するデータ駆動型合成化学

Data-Driven Fine Organic Synthesis for Pharmaceutical and Material Development

研究分野 Department
精密分子創製化学
Data-Driven Organic Synthesis

研究者 Researcher
滝澤 忍 S. Takizawa
モハメドサレム M. Salem

キーワード Keyword
フロー合成、電解合成、光触媒、機械学習
flow synthesis, electrolytic synthesis, photocatalysis, machine learning ML

応用分野 Application
ファインケミカルズ、π共役系機能性材料
fine chemicals, π-conjugated functional materials

研究開発段階
基 礎 ― 実用化準備 ― 応用化

背　景

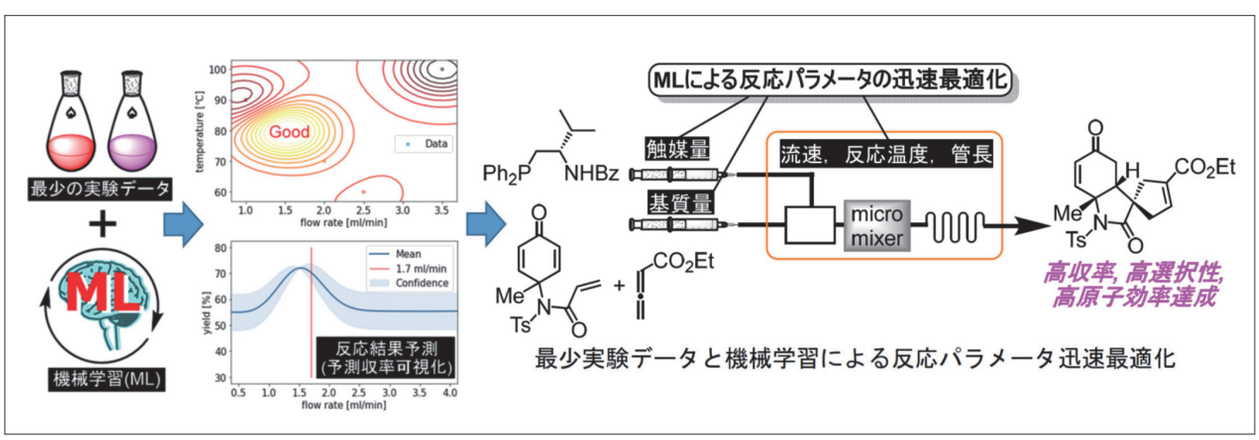
医薬原料等のファインケミカルズ安定供給は、人類の安全と快適な生活を維持するためにも重要です。ファインケミカルズのフロー・電解・光触媒自動合成に向け、最少実験と実験計画をハイブリッドした実践的MLを基盤とする反応プロセス技術の革新を目指しています。

概要・特徴

反応支配因子の多くが連続パラメータであるフロー・電解・光触媒反応の高品質かつ高い再現性を有する学習データを効率的に収集することで、膨大な数の学習データを必要とするMLの常識を覆し、最少コストにて反応・材料開発を加速する実践的なデータ駆動型有機合成化学を拓きます。

技術内容

フロー・電解・光触媒合成法は、「分子拡散や熱移動を精密に制御でき個々の操作が実験者の技術に依存しにくくデータ精度が高い」「反応温度・基質当量・溶液の混合速度などのパラメータを容易に変更できる」「コンピュータ制御による自動化が可能であり信頼性の高いデータを集積化できる」といった特徴を有します。本合成法は機械学習との親和性が極めて高いことから、有機分子触媒によるフロードミノ反応やケチミンの電解合成にガウス過程回帰やベイズ最適化を適用したところ、10回程度の実験試行から収率の可視化や複数の反応条件最適化が可能なことを実証しました。



社会への影響・期待される効果

- 廃棄物の削減と再資源化・低コスト化
- 新規反応・有機材料開発における迅速最適化

【論 文 Paper】
[1] Chem. Commu. 2020, 56, 1259.
[2] Green Chem. 2021, 23, 5825.
[3] Commun. Chem. 2022, 5, 148.
[4] Adv. Synth. Catal. 2023, 365, 373.
[5] Green Chem. 2024, 26, 375.
[6] Nat. Commun. 2024, 15, 3708.
[7] ACS Sustain. Chem. Eng. 2024, 12, 12135.

54 テーマ Theme

フレキシブル有機集積回路を活用したウェアラブルデバイスの研究開発

Development of wearable devices utilizing flexible organic integrated circuits

研究分野 Department
先進薄膜機能物性
Advanced Thin-Film Functional Properties

研究者 Researcher
植村隆文
T. Uemura

キーワード Keyword
フレキシブルエレクトロニクス、有機エレクトロニクス、ウェアラブルセンサ
Flexible electronics, Organic electronics, Wearable sensors

応用分野 Application
ウェアラブルデバイス、ウェアラブルバイオセンサー、IoTセンサ
Wearable devices, Wearable biosensors, IoT sensors

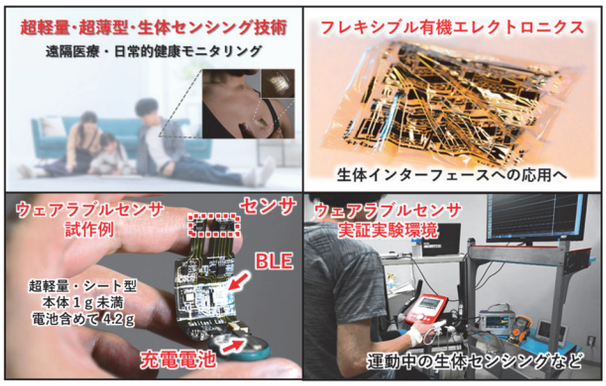
研究開発段階
基 礎 ― 実用化準備 ― 応用化

背　景

フレキシブル有機エレクトロニクス技術を活用した新しい生体センシングデバイスの実用化に向けた研究開発に取組んでいます。超軽量・超薄型のフレキシブル有機電子回路技術を用いて、脳波、心電、筋電、生体代謝物計測をはじめとするバイタル・健康関連情報の常時取得が可能なウェアラブルセンサ・バイオセンサの実用化を目指しています。

概要・特徴

「超軽量・超薄型」というフレキシブル有機電子回路の特徴により、装着感の非常に少ない新しいウェアラブルデバイスが実現し、生体情報の常時モニタリングが可能となります。日常的・長期の生体情報の取得・解析による、未病・フレイルの早期発見と予防的治療実現のためのセンサデバイスの開発を行っています。



技術内容

- 「超軽量・超薄型」という特徴を持つフレキシブル有機トランジスタ回路の製造技術・集積化技術を有しています。
- フレキシブル有機トランジスタによる差動増幅回路の実現により、ハムノイズや生体の動きによるノイズを除去することが可能な低ノイズ心電計測技術を有しています。
- 有機半導体/絶縁体界面の制御により、脳波などに代表されるμVレベルの微小生体信号を増幅・検出可能なフレキシブル・低ノイズ信号増幅回路技術を有しています。
- 運動中の汗などの生体分泌物をリアルタイムに採取し、NaやKなどのイオン濃度を計測する技術を有しています。

社会への影響・期待される効果

フレキシブル有機エレクトロニクス技術は、無意識下のウェアラブル生体計測を実現するためのデバイス技術として、遠隔医療・デジタルヘルスケアで実現する持続的な社会の構築を目指した研究開発が行われています。

また、生体計測だけではなく、ロボティクス、モーションセンシングに活用されるセンサシステムとして、温度、圧力、歪み、磁気など、フレキシブルなシート状のセンサシステムを貼付けるだけで様々な物理量の検出を可能とする新しい世界観の実現が期待されます。

【論 文 Paper】
[1] Adv. Electron. Mater. 1-8 (2023) 2201279.
[2] Adv. Electron. Mater. 9-9 (2023) 2201333.
[3] ACS Appl. Electron. Mater. 4 (2022) 6308.
[4] Adv. Mater. 33 (2021) 2104446.
[5] Org. Electron. 96 (2021) 106219.
[6] Nat. Commun. 12 (2021) 2399.
[7] Sci. Adv. 6 (2020) eaay6094.
[8] ACS Appl. Mater. Interfaces 11 (2019) 41561.
[9] Nat. Electron. 2 (2019) 351.
[10] Sci. Rep. 9 (2019) 9200.

【特許 Patent】
[1] 特許第6629887号「生体信号計測装置」

55 テーマ Theme

地域スマートシティにむけた先進材料とセンサシステムの共創

Co-creation of Advanced Materials and Sensor Systems toward Regional Smart Cities

研究分野 Department
先進材料実装
Advanced Materials and Implementations

研究者 Researcher
荒木徹平 T. Araki　阿部岳晃 T. Abe

キーワード Keyword
ナノ・マイクロ材料、柔軟エレクトロニクス実装、センサシステム
Nano & Micro Materials, Flexible Electronics Packaging, Sensors & Systems

応用分野 Application
次世代ヘルスケア、農業IoT、建設テック
Next Generation Healthcare, Agriculture IoT, Construction Tech

研究開発段階
基 礎 ▼ 実用化準備 ▼ 応用化

材料 Material

背　景

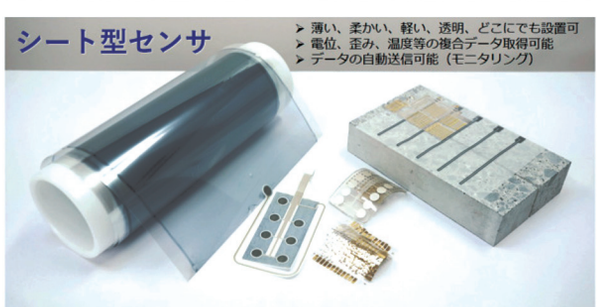
最近、世界では、温室効果ガスや自然災害の増加、構造物老朽化、社会情勢の変化、少子高齢化(人材不足) などの社会課題を抱えています。それら社会課題解決に向けて、ゼロエミッション、レジリエント、アダプティブ、サーキュラーといった機能があらゆるものに希求されています。同時に、Internet of Things(IoT) 等の技術を活用し、持続可能な社会を創出するためのスマートシティ事業が国内外で始まりつつある状況です。

概要・特徴

地域住民が安全・安心に暮らせる持続可能なまちづくりへの貢献を目指し、地域社会に潜む課題を解決するための先進材料や電子デバイスの基礎研究から、IoTなどを活用した“さりげなく見守るセンサシステム”を創出するための応用研究まで行っています。センサシステムは「信頼される人とデジタルのインターフェース」として機能し、地域を支える人・ファシリティ・自然を対象としたヘルスケアを実現します。研究推進時には、あらゆるステークホルダーと連携して、地域スマートシティへのテクノロジーの実装や、新たな価値づくりをゼロから共創することも試みています。

技術内容

人・ファシリティ・自然などとデジタル空間の翻訳機となるシート型センサは、柔軟性や透明性が高いため、対象物表面に貼りついた状態で「違和感・装着感なく、対象物を傷つけることなく」内部の特徴量を抽出できます。



社会への影響・期待される効果

シート型センサは、微小な電気信号処理を検出できるため、人、農作物、インフラ構造物などにおける異常の早期検知が可能となります。また、自然な状態での計測を行って得た結果をクラウドで共有することにより、リアルタイムでの状況判断や行動につなげるような効率化も達成できます。

【論 文 Paper】

[1] Advanced Materials, Early View (2024) 2309864
[2] Advanced Materials, Early View (2023) 2304048
[3] Advanced Science, 10 (2022) 2204746
[4] Advanced Materials Technologies, 7 (2022) 2200362

【特 許 Patent】

[1] 特許第6889941号 生体信号計測装置
[2] 特許第6865427号 電極シート及びその製造方法
[3] 特許第6832535号 電極シート

Research map

56 テーマ Theme

全ての細菌とより良い共存・共生関係を構築するための新規手法の開発

Development of new methods for better coexistence and symbiotic relationships with all bacteria

研究分野 Department
生体分子応用科学
Biomolecular Science and Application

研究者 Researcher
山崎聖司
S. Yamasaki

キーワード Keyword
細菌共存学、薬剤耐性菌、腸内細菌、健康管理
Bacterial Coexistence Science, Antibiotic Resistant Bacteria, Gut Bacteria, Health Management

応用分野 Application
細菌排出ポンプ阻害剤、細菌検出ナノデバイス、スマートヘルスケア
Bacterial efflux pump inhibitors, Bacteria Detection Nanodevices, Smart Healthcare

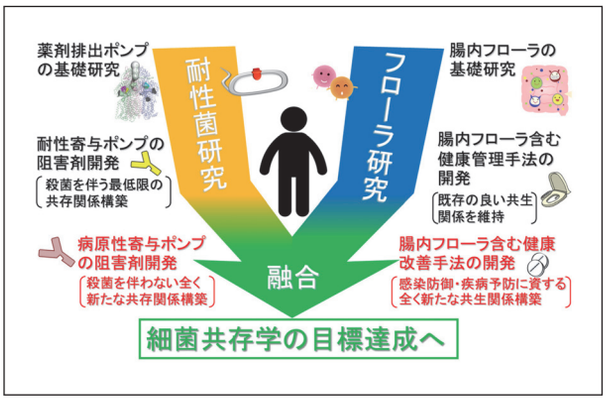
研究開発段階
基 礎 ― 実用化準備 ― 応用化

背　景

近年、薬剤耐性菌および腸内細菌に関する世間の注目度は非常に高まっています。さらに、抗生物質使用による腸内フローラの乱れの問題や、腸内フローラによる病原菌感染防御機構の存在等、両者は密接に関わっていることが明らかになりつつあります。

概要・特徴

本研究分野では、ヒトに害を為す細菌・有用な細菌を含めた、全ての細菌とうまく「お互い攻撃し合うことなく共に生存していく（共存）」「共に助け合って生きていく（共生）」ために、常に両者を考慮しながら研究を進める新たな学問「細菌共存学」の開拓と発展に取り組んでいます。



技術内容

- 薬剤耐性に関わる細菌排出ポンプの機能解析技術を用いて、抗生物質との併用を想定した排出ポンプ阻害剤の開発を進めています。
- 病原性に関わる細菌排出ポンプを見出し、もはや抗生物質が不要となる全く新たな治療法の創出を目指しています。
- 大型の異分野融合・産官学連携研究の経験を活かして、腸内フローラ含む健康管理および改善手法の開発を進めています。

社会への影響・期待される効果

細菌関連の社会課題解決にとどまらず、生物に関する幅広い知識を有する薬学系の研究分野として、異分野融合型の研究を積極的に牽引・推進し、早期の社会実装を見据えた応用開発を速やかに進めていくことで、人々の健康維持・安心安全な社会の構築に大きく貢献していきます。

researchmap

【論 文 Paper】

[1] Biol. Pharm. Bull. (2025) in press. Point mutation analysis of the drug efflux pump MexB in clinical isolates of Pseudomonas aeruginosa.
[2] Proc. Jpn. Acad. Ser. B Phys. Biol. Sci. 100 (2024) 57-67. Changes in the expression of mexB, mexY, and oprD in clinical Pseudomonas aeruginosa isolates.
[3] Front. Microbiol. 14 (2023) 954304. Investigating multidrug efflux pumps associated with fatty acid salt resistance in Escherichia coli.
[4] Antimicrob. Agents Chemother.66 (2022) e00672-22. Spatial Characteristics of the Efflux Pump MexB Determine Inhibitor Binding.
[5] Front. Microbiol. 11 (2020) 581571. Identification of Genetic Variants via Bacterial Respiration Gas Analysis.
[6] Nature Commun. 9 (2018) 124. Multiple Entry Pathways within the Efflux Transporter AcrB Contribute to Multidrug Recognition.
[7] Nature 500 (2013) 102-106. Structural Basis for the Inhibition of Bacterial Multidrug Exporters.
[8] Nature 480 (2011) 565-569. Structures of the Multidrug Exporter AcrB Reveal a Proximal Multisite Drug-Binding Pocket.

57 テーマ Theme

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 K. Nakatani　Chen Qingwen 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

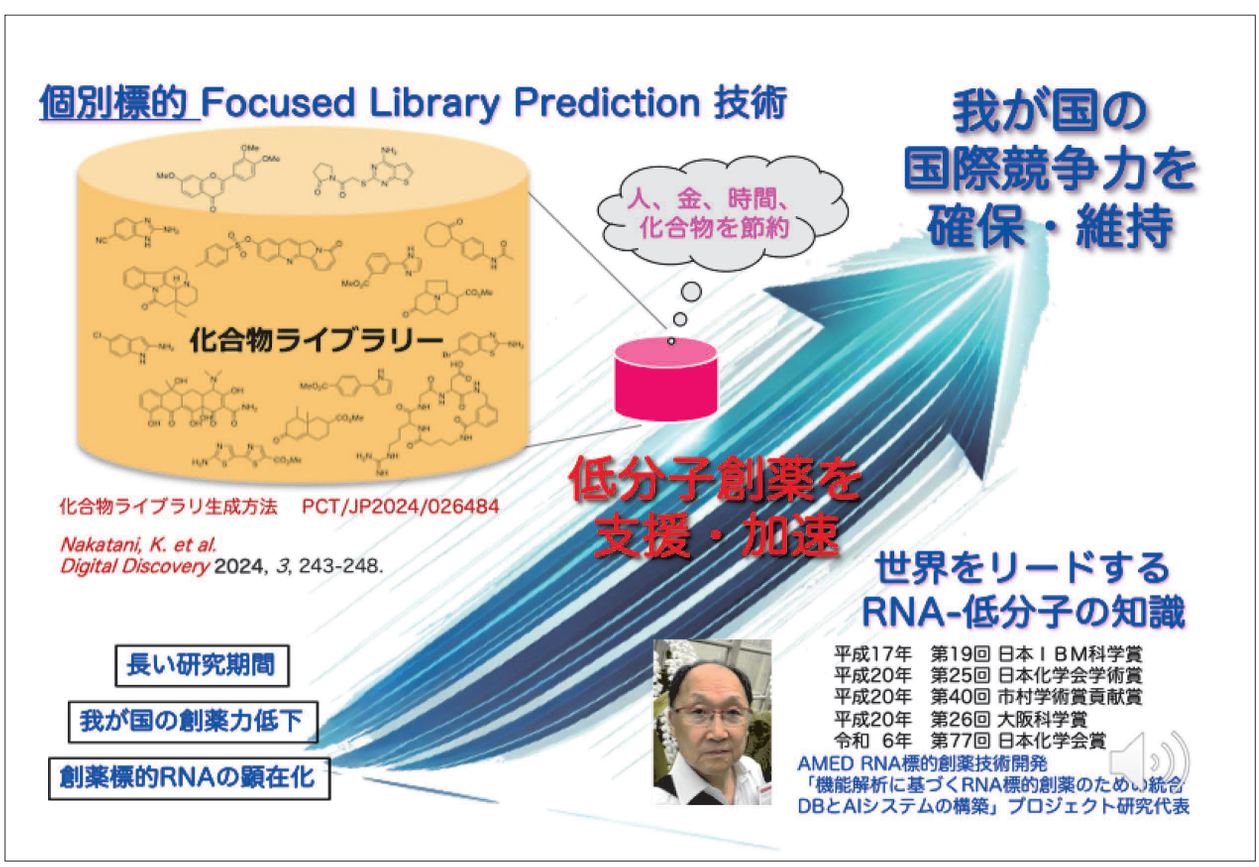
研究開発段階
基 礎 ― 実用化準備 ― 応用化

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。



58 テーマ Theme

金属有機構造体による環境課題解決とシリコン/黒鉛シート複合体を用いたリチウムイオン電池の創製

Metal organic frameworks for environmental remediation and fabrication of Si/graphite sheet anodes in Li ion batteries

研究分野 Department
環境・エネルギーナノ応用
Metal organic material science

研究者 Researcher
松本健俊
T. Matsumoto

キーワード Keyword
金属有機構造体、吸着、分解、放出、リチウムイオン電池、シリコン切粉、黒鉛シート
metal organic framework, adsorption, decomposition, release, Li ion battery, Si swarf, graphite sheet

応用分野 Application
土壌改善、農業、緩効性施肥、金属有機構造体被膜、エネルギー貯蔵、電動移動体
soil improvement, agriculture, controlled-release fertilizer, metal organic framework layer, energy storage, electric vehicle

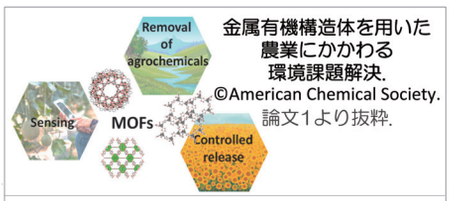
研究開発段階
基 礎 ― 実用化準備 ― 応用化

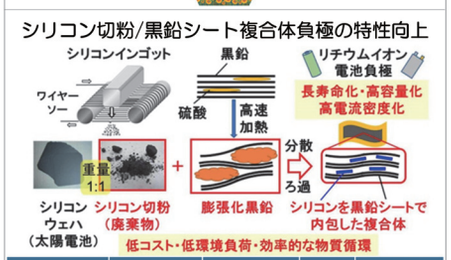
背　景

有機フッ素化合物や農薬、産業廃棄物、過剰な施肥等による環境問題が、世界的に報道されています。低濃度でも健康被害や生態系破壊につながる可能性も指摘されています。リチウムイオン電池の高容量負極の材料として、シリコンが研究されています。充放電時の体積変化により、破壊されやすい欠点もあります。

概要・特徴

土壌中の化学物質の選択的除去・分解と、緩効性施肥が可能な金属有機構造体を探索します。シリコン切粉/極薄黒鉛シート複合体負極により、リチウムイオン電池の充放電特性が向上しました。





電極	理論容量 (mAh/cm²)	面積容量 (mAh/cm²)	サイクル	電流密度 (mA/cm²)
nanoSi/FLG	8.8	5.2~4.2	120	2.4
Si/黒鉛シート	10	4	≥75	5
	2	0.8	901	1

技術内容

●金属有機構造体の安定性、吸着挙動や化合物の選択性を評価し、反応メカニズムを解明します。●金属有機構造体からの化合物の放出速度の制御法を研究します。●金属有機構造体の吸着化学物質の分解方法を探索します。●フレーク状のシリコン切粉と極薄黒鉛シートを溶媒中で分散、ろ過し、複合体を作製します。●シリコン/極薄黒鉛シート複合体負極を十分に充電し、放電容量を制限することで、サイクル寿命が向上します。●厚いシリコン負極を用い、高容量・高電流密度での充放電と、電池の軽量・低コスト化が可能です。

社会への影響・期待される効果

金属有機構造体の利用について、水資源や農業分野での報告例が少なく、今後、食料・環境問題を解決するために、より多くの研究成果が必要です。これらの分野において、安心・安全な生活環境の実現が期待されています。簡便な化学物質の検出技術の研究・開発も加速しています。

シリコン切粉は、世界で年間約10万トンも発生する廃材として扱われましたが、ワイヤーソーの砥粒固定法や冷媒が改良され、水洗のみで利用可能です。極薄黒鉛シートは、膨張化黒鉛や黒鉛シートの副産物を分散し、室温でシリコンと複合化でき、循環型経済に寄与します。有機構造体被膜のシリコン負極への効果も検証します。

【論 文 Paper】
[1] ACS Appl. Mater. Interfaces 14 (2022) 16983. (DOI: 10.1021/acsami.2c00615)
[2] J. Electrochem. Soc. 168 (2021) 020521-1-14. (DOI: 10.1149/1945-7111/abdd7e)
[3] J. Alloys Compd. 720 (2017) 529-540. (DOI: 10.1016/j.jallcom.2017.05.228)
[4] J. Electrochem. Soc. 164 (2017) A995-A1001. (DOI: 10.1149/2.0361706jes)
[5] Sci. Rep. 7 (2017) 42734-1-10. (DOI: 10.1038/srep42734)

【特 許 Patent】
[1] 特許第7489087号.

59 テーマ Theme

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

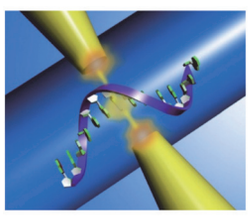
1分子レベルのセンシング技術とAIによるデータ解析の融合が、医療診断や環境モニタリングなどの分野でナノスケールの機能性構造を活用が進みつつある．特に量子センシング技術と深層学習による分子パターン認識の組み合わせは生体分子の高感度検出とリアルタイム解析を実現すると期待されている。

概要・特徴

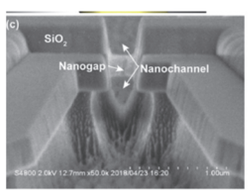
機能性ナノ構造（ナノギャップ）デバイスを用いた1分子センシングと深層学習による分子パターン認識を組み合わせることで、医療診断や極限環境探査などの幅広い応用が可能。

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クエンサー（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

60 テーマ Theme

非線形解析とAIによるメンタルリスク予測モデルの構築

Development of a Mental Risk Prediction Model Using Nonlinear Analysis and AI

研究分野 Department
物質バイオミメティクス
Material-based Biomimetics

研究者 Researcher
神吉輝夫 T. Kanki　小山嘉晃 Y. Oyama　下江美英 M. Shimoe

キーワード Keyword
非線形解析、心拍変動解析、AIによるメンタルリスク予測
Nonlinear Analysis, HRV Analysis, AI-based Mental Risk Prediction

応用分野 Application
個別化メンタルヘルスケア、育児支援と発達モニタリング、職場・教育現場でのストレス管理
Personalized Mental Healthcare, Parenting Support and Developmental Monitoring, Workplace and Educational Stress Management

研究開発段階
基礎 ― 実用化準備 ― 応用化

背　景

現代社会では、ストレスや精神的負担の増加により、メンタルヘルス問題が深刻化している。特に、子どもの発達や教育現場におけるストレス管理は重要な課題である。本研究テーマでは、非線形解析とAIを活用し個別最適なメンタルリスク予測モデルの実現を目指します。

概要・特徴

ノイズの少ない独自の心電計測技術と非線形解析・AIを統合し、個別最適なメンタルリスク予測モデルを構築することで、精度の高いメンタルヘルスケアを実現します。

技術内容

- **ノイズの少ない独自の心電計開発**
  入浴時や日常生活において高精度な心拍計測を可能にする独自のECG技術を開発し、従来の測定手法と比べてノイズの影響を低減。
- **心拍変動（HRV・RRI）の非線形解析**
  カオス理論やフラクタル解析を用いて、従来の統計的手法では捉えにくい生理的変動の特徴を抽出し、個人ごとのメンタルリスク評価を高精度化。
- **AIを活用した時系列データ解析と予測モデルの構築**
  機械学習・深層学習を活用し、心拍変動データから個別最適化されたメンタルリスク予測モデルを開発し、動的な変化をリアルタイムで評価可能とします。
- **生理的同期の評価と個人最適化メンタルケアの設計**
  心拍リズムの同期性を解析し、母子関係や集団内のストレス要因を定量評価。教育・育児・職場環境での適切な介入手法の設計に応用。

社会への影響・期待される効果

本研究の遂行によって、個別最適化されたメンタルリスク予測が可能となり、メンタルヘルスケアの精度が飛躍的に向上します。特に、発達段階にある子どもの心理状態を科学的に評価できるため、育児や教育現場での適切な支援が可能となります。また、職場や社会福祉分野でのストレス管理にも応用でき、予防的介入による精神疾患の低減が期待されます。さらに、個々の生理的特性に基づいたパーソナライズドヘルスケアの実現に貢献し、より健康で持続可能な社会の構築につながります。

【論 文 Paper】

[1] 特願2021-081120（日本）
[2] 特許第7628309号（日本）（登録日：2025年1月31日）
[3] 特許第6644279号（日本）（登録日：2020年1月10日）
[4] 特許1639309.8（欧州）（登録日：2021年3月30日）

61 テーマ Theme

先端高密度3D実装材料・プロセス・信頼性評価技術開発

Development of 3D Systemintegration technology

研究分野 Department
フレキシブル3D実装協働研究所
Flexible 3D Systemintegration Laboratory

研究者 Researcher
菅沼克昭 K. Suganuma　陳 伝彤 C. Chen　末武愛士 A. Suetake　謝 明君 M.-C.Hsieh
西嶋雅彦 M. Nishijima　中桐卓也 T. Nakagiri　劉 ラン R. Liu

キーワード Keyword
エレクトロニクス実装、パワーエレクトロニクス、接合・接着、フレキシブル、ポスト5G、高密度実装
electronics packaging, power electronics, interconnection, flexible, beyond 5G

応用分野 Application
パワーエレクトロニクス、フレキシブルデバイス、ポスト5G半導体高密度実装
power electronics, flexible devices, post 5G advanced semiconductor, 3D interconnection

研究開発段階　基 礎　実用化準備　応用化

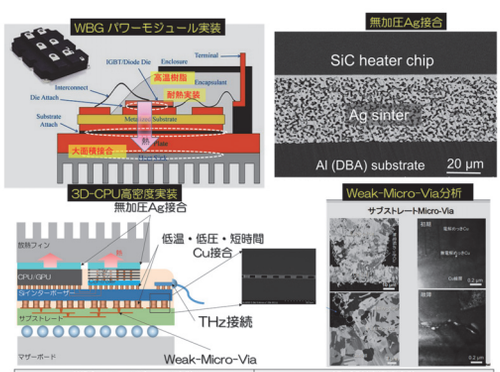
材料 Material

背　景

先端半導体は、自動運転を実現する車載半導体からロボット、宇宙・航空、医療へと展開します。そのエッジAIからデータセンターまでを支えるパッケージ技術は、日本の高度な材料・製造技術と信頼性技術を必要としています。F3D（フレキシブル3D実装協働研究所）では、WBGパワー半導体、エッジAI半導体などの開発に於いて、先端3D高密度実装の開発をオープンなプラットフォームを形成し推進しています。

概要・特徴

金属焼結接合を新たに提案し、WBGパワーと先端半導体実装で世界の物造りの流れを導いている。また、モールドも欠かせない技術である。それぞれに学術的基礎を示すことで、世界を納得させる信頼性の高い技術実現を目指しています。



WBG パワーモジュール実装	3D-CPU高密度実装
a. 耐熱実装材料技術の開発	a.高密度パッケージCuピラー接合技術の開発
b. 耐熱樹脂の開発と樹脂/金属接着界面評価	b.高性能ビルトアップ半導体サブストレート開発
c. 大面積ヒートシンク接合要素開発	c.ビルトアップ層樹脂設計
d. 熱計測管理技術の開発	d.低誘電導波路コネクタ設計
e. リアルタイム高精度劣化検出技術の開発	e. Weak-Micro-Via対応高信頼性技術

技術内容

- WBGパワーエレクトロニクス実装に幅広く取り組み、世界初の無加圧銀焼結接合の提案、DBA基板、ヒートシンクとの大面積接合開発などを提案しています。
- 先端電子機器で大きな課題となる熱問題を解決するため、新材料と計測技術を開発提案し、デジュール、デファクトとして国際標準化を目指しています。
- 3D高密度実装で大きな課題となっているマイクロビアの「隠れた脅威」現象の解明から、「Mooreの法則」の限界を超えるため、ポスト5G／AI実現に必須の先端半導体高密度実装技術を開発しています。
- 接接合の基礎科学から樹脂/金属接着技術と劣化分析技術の再開発を目指し、産業界で必要な要素技術の基礎を提供していきます。

社会への影響・期待される効果

生成AIが展開するDX、更には自動運転電気自動車が拡大する世界で、日本が得意とする摺り合わせの物造り基礎を証明・構築し、「絶対に壊れない」機器を製造するためのノウハウを蓄積することで、日本の物造り産業の糧とする。但し、決して過剰品質を日本製品の特徴とするのではなく、IECやISOで開発技術・基準を国際標準化することで、国際ビジネスの基本的な流れを導きます。

【論 文 Paper】

[1] IEEE Transactions on Power Electronics 39[9](2024), 10638.
[2] Composites Part B: Engineering, 254, (2023) 110562.
[3] Journal of Materials Research and Technology 26, , (2023) 1079-1093.
[4] SiC/GaN パワー半導体の実装と信頼性評価技術、日刊工業新聞社 (2014.12).
[5] Wide Bandgap Power Semiconductor Packaging - 1st Edition, Elsevier(2014)

【特 許 Patent】

[1] US Patent App. 17/595,826, 2022
[2] 特願2016-213000「接合構造体の製造方法」

62 テーマ Theme

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しています。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

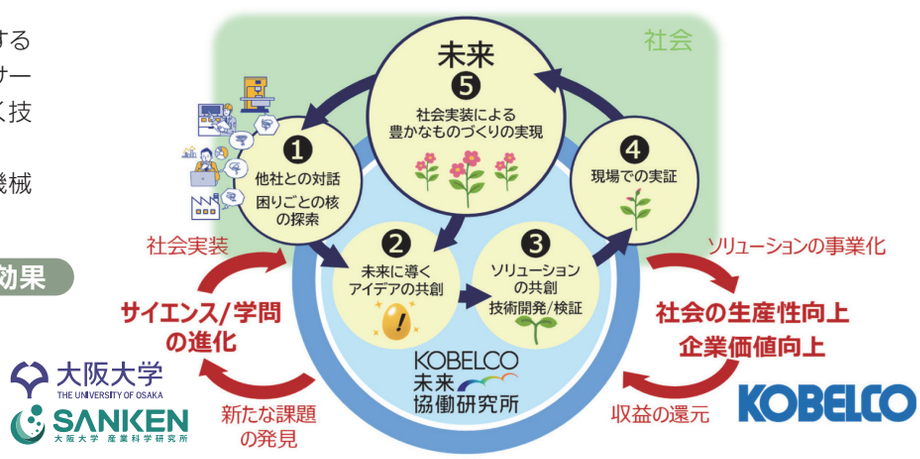
- **ビジョン：「人がシステムと共に成長しながら、創造性豊かにイキイキと活躍できる“ものづくりの世界”の実現」**
- **KOBELCOの多種多様でリアルなものづくりの経験/技術資源と、AIをはじめとする大阪大学の先端技術・科学力とを融合することで、社会に広く役立たせられるソリューションの創出を目指しています。**
- **ものづくりを支える様々な企業や組織との意見交換も積極的に行っています。**

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。



KOBELCO 未来 協働研究所
KOBELCO Future Pioneering Co-Creation Research Center

産研研究分野全体のSDGsマップ

9 産業と技術革新の基盤をつくろう

材料技術
- 3次元ナノ構造
- CNF
- 環境触媒
- EUVフォトレジスト
- 宇宙用バイオ材料
- 磁気冷凍
- 磁壁メモリ材料
- 低次元構造酸化物
- 自己修復材料（セラミックス/ナノAg/ポリマー）
- メタマテリアル
- シリコン製剤
- 触媒（AI材料開発）
- 核酸標的創薬
- 植物照明
- 固体表面/構造制御

プロセス技術
- MI
- AI
- 薄膜新プロセス
- 量子ビーム材料改質
- 量子ビーム材料開発
- 薄膜機能のバルク発現
- 超微小信号計測
- 医薬・有機物省エネ製造
- AI活用スマート工場

システム技術
- 音声間深層転移学習
- 量子技術
- Mott-FET
- DNAメモリ
- 相変化Tr
- スピン・マグネト新センサ
- 新型ジャイロ
- プリンテッドデバイス/IoT
- 超高解像度電子顕微鏡分析
- トランススケール細胞イメージング

デバイス技術
- 量子コンピュータ（最適化）
- 量子暗号通信
- 量子ビーム解析
- 量子中継器
- マルチモーダル対話ロボ
- パターン認識/人物認証（画像解析）
- 音声認識/人物対話
- 映像からの人流推定
- 国際標準化（実装技術）
- におい計測デバイス

システム技術
- AI教育
- ペーパーディスプレイ
- 音声対話先生ロボット
- マルチモーダルプレゼン支援

12 つくる責任 つかう責任

材料技術
- 環境触媒
- MIレアメタル削減
- AI新材料創出
- レアメタルフリースピントロ/磁気冷凍
- 低次元酸化物環境浄化
- CNF使い捨てセンサ
- CNFサスティナブル材料
- 自己修復セラミックス/ナノAg/ポリマー
- Si製剤（副作用無し）
- リサイクルSAM膜
- 触媒リサイクル
- 薬剤耐性（細胞コンタミ防止）
- CNF複合材料
- レーザー改質材料
- 自己修復ポリマー
- MI化学合成プロセス最適化
- 石油系材料分解技術

システム技術
- ナノポア環境汚染検査
- 微小信号測定値保障
- 故障予知センシング
- 酵素水ナノミストの農作物リサイクル
- 衣料品ジャストフィットセンサ
- 産業IoT適用リアルタイムAI

デバイス技術
- インフラ用センサ（フレキシブル）
- インフラ用センサ（スピントロ）
- 土砂崩れセンサ（スピントロ）
- 衣料品ジャストフィットセンサ
- 5Gインダクタ
- CNF透明窓
- 非破壊モニタリング磁気センサ
- ワイヤレス通信デバイス
- Beyond5G向けデバイス

11 住み続けられるまちづくりを

システム技術
- 建造物内鉄筋計測
- ウイルスクラスタ発見（ナノポア、Grセンサ等）
- 磁気冷凍式空調
- 交通渋滞解析
- 量子センサネットワーク
- 動解析認知症発見
- 歩行解析高齢者検出
- 人物解析高齢者見守り
- Beyond5G向けエッジAI
- 発電ガラス技術
- 透明太陽電池

10 人や国の不平等をなくそう / 2 飢餓をゼロに / 1 貧困をなくそう

システム技術
- 歩容解析による乳牛疾病検出
- 食品鮮度可視化
- 光合成量推定
- 食物疾病検出

材料技術
- 機能性酵素食品
- 1細胞育種
- ゲノム編集
- Si製剤による畜産
- Si製剤動物愛護

15 陸の豊かさも守ろう

- フードロス改善
- 食物鮮度保持
- 1分子計測種の保存
- CNF利活用
- 植物成長推定
- 植物疫病検出
- 発電/農業の両立

プロセス技術
- MI/AIによる省エネ材料開発
- 省エネ薄膜合成プロセス
- レーザー表面改質
- AI自動運転による省エネ化

システム技術
- 省エネ量子コンピュータ
- 光/動き解析による省エネ化

3 すべての人に健康と福祉を

医用デバイス技術
- 磁気冷凍冷えピタ
- 1分子シーケンサ
- ナノポアセンサ
- 圧電ヘルスセンサ
- 薄膜呼気センサ
- 量子センサネットワーク
- ウエアラブルスピンメカセンサ
- グラフェンバイオセンサ
- 脳波センサ ●心電センサ
- 筋電センサ ●バイオセンサ
- 匂い・香りセンサ
- ペプチドバイオセンサ
- 発光タンパク生理機能センサ
- 多剤耐性菌検出キット

診断技術
- フェムト秒放射線（治療）
- 超高速イメージング
- 超小型加速器
- ヘアピンプライマーPCR
- ナノポアウイルス検出器
- 医療AI応用機器
- 医療機器・デバイス高信頼性実装
- AI活用医療診断

医療機器技術
- 老化・健康の可視化
- 歩容解析（認知症診断）
- 動き解析（認知度推定）
- 容体解析（体調診断）
- 画像解析（異常検出）
- 感染症AI診断
- 腸内フローラ計測・改善
- 発光タンパクによる診断
- イメージング診断・検査

介護/介助
- 音声対話介護ロボ
- 音による見守り ●表情読み取り
- 認知症予防センサ

医用材料技術
- MI材料開発
- 抗菌・抗ウイルスセラミック
- シリコン製剤
- CNF細胞培養基材
- CNFバイオリアクタ材料
- レーザー改質・量子ビーム創薬
- 量子化学計算創薬
- 創薬用触媒
- バイオナノDDS
- 次世代抗菌薬
- 核酸標的創薬
- 多剤耐性病原菌による感染症未然防止

8 働きがいも経済成長も

- AI自動作曲
- Ft秒反応の自動・遠隔検出
- MI活用研究効率化
- Si製剤で健康に働く
- 量子活用金融、商取引
- 自動音声応答
- 動線解析による仕事効率化
- 歩容解析による疲労度判定
- 筋電計測によるストレス定量化
- 脳波センサ体調管理 ●機能性酵素食品
- 腸内フローラで健康維持 ●生体イメージング健康管理

6 安全な水とトイレを世界中に

システム技術
- スマートトイレ（腸内フローラ計測）
- ナノミスト食品腐敗防止
- ヘルスケア
- 感染症予防
- 呼気センサ
- 農業IoTバイオセンサ
- 太陽電池僻地電源供給
- 脳波センサ、電気化学センサ

材料技術
- ナノポア分離膜
- 重金属吸着低次元酸化物
- 抗菌セラミックス
- CNFフィルター
- 有用微生物単離

デバイス技術
- 重金属センサ
- 大腸菌センサ
- 電気化学センサ
- 細菌検出
- 水硬度センサ

16 平和と公正をすべての人に

- 1分子検出テロ防止センサ
- 太陽電池非常電源
- レーザ短波長光源
- 不審者検出（音、動き、歩容解析）
- Gr.危険物センサ
- バイオナノ粒子センサ

7 エネルギーをみんなにそしてクリーンに

材料技術
- ナノ固体触媒省エネ化学品製造
- ナノ熱電材料/電池材料
- 省エネ創薬プロセス用触媒
- 波長選択型有機半導体分子設計
- 低次元酸化物太陽電池/電極材料
- Siによる体内水素発生
- 高安全性水系Liイオン蓄電池
- Liイオン電池電極用Si
- 新型水系キャパシタ
- 発光植物
- 磁気冷凍

デバイス技術
- Ft秒反応解析半導体省エネ
- ナノ立体構造機能増幅
- ナノ固体触媒省エネ化学品製造
- ナノ熱電材料/電池材料
- 省エネスピントロニクス
- MIによる省エネ材料開発
- 無電源メカニカルレジスタ
- 磁気冷凍（フロン削減）
- 相変化省エネTr
- 高効率Si太陽電池
- CNF使い捨てセンサ
- Mott-FET
- フレキシブルセンサ
- 振動発電
- 環境発電デバイス
- 新奇CPLデバイス
- パワーデバイス
- 波長選択型太陽電池

材料技術
- 低次元酸化物CO2吸収
- CNF新材料
- 水濡れに強いデバイス用CNF膜
- 化石資源代替のCNF
- 夜間発光植物CO2吸収

13 気候変動に具体的な対策を

システム技術
- Approx.コンピュータ
- 量子コンピュータ災害予測

- 土に還るCNFデバイス
- 防災IoTデバイス
- グラフェンバイオセンサー
- 香り・においセンサー

索引・キーワード

Keyword Index

産学連携

大阪大学
THE UNIVERSITY OF OSAKA

SANKEN
大阪大学 産業科学研究所

産業科学研究所

〒567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘8-1

TEL.06-6879-8448

● E-mail

air-office@sanken.osaka-u.ac.jp

● ホームページ

www.sanken.osaka-u.ac.jp/labs/air/

● 企業リサーチパークホームページ

www.sanken.osaka-u.ac.jp/research-park/

企業リサーチパーク
ホームページ

産業科学研究所
戦略室

2025.4