

Ⅱ 平成 30 年度の特筆すべき取組／令和元年度の計画

【平成 30 年度実績】

1. 永続部局としてのAIMRの発展

No.30 ②-1 世界最高水準の最先端研究機構群の設置

実績報告

平成 30 年度には、これまで WPI プログラムにおいて高い評価を得てきた数学－材料科学連携を推進する「ターゲットプロジェクト(TPs)」を更に一段上のステージへと進め、材料創製を実現するため、研究所として TPs の再構築に着手した。

具体的には、これまでの TPs による研究成果を基盤として社会実装へとつなげていくために、材料創製実現のボトルネックとなっていると考えられる主要課題を材料科学者が提起し、その課題解決に有効と考えられる最新の数学を数学者が提案する形でプロジェクトを再構築し、「発展ターゲットプロジェクト(発展 TPs)」として以下の3つのプロジェクトを設定した。

発展 TP1: トポロジカル機能性材料の局所構造制御 (電子・磁気デバイス)

発展 TP2: 結合多様性とその時間発展の統合制御(エネルギーデバイス)

発展 TP3: 自己組織化の高度化と応答制御(バイオ・メディカルデバイス)

平成 30 年度にはこの目標に沿って研究チームを結成し、研究を実施した。

2. 企業と連携した共同研究型人材育成の日本初導入

No.22 ②-1 経済・社会的課題に応える戦略的研究の推進

実績報告

企業と連携した人材育成及び長期的視野での共同研究基盤の構築につながる試みとして、米国カリフォルニア大学ロサンゼルス校 (UCLA) で長年実績ある、企業がスポンサーとなり学生の招へい滞在に係る経費を負担し、企業からの課題解決に学生がグループで取り組む PBL プログラム「RIPS-LA」の Sendai 版(g-RIPS SENDAI)を複数企業、UCLA の協力を得て、数理科学連携研究センターと AIMR との共催により日本国内で初めて実施した。参加学生はコーネル大学等米国大学からの学生 4 名、本学学生 3 名、国内他大学学生 3 名であり、6 月中旬から 8 月上旬までの期間、WPI-AIMR を研究場所とし課題に取り組んだ。

米国においては、Pixar, Microsoft, Symantec, Los Alamos, the Aerospace Corporation, Amgen, Arete, IBM, Standard & Poor's, Jet Propulsion などの一流企業、組織が RIPS のスポンサーとなっており、学生にとっては RIPS の修了証がその後のキャリア形成において非常に役立つものとなっている。これは、RIPS の修了生は非常に優秀であると米国企業では評価されているためである。企業にとっても有益な人材教育、発掘に直接つながると共に、企業側研究者が派遣され本学教員とともに一定期間課題解決に向けて学生の指導を行うことで、優良企業との良好な関係構築から共同研究の推進につながるものと期待される。

 [資料7 週刊ダイヤモンド GRIPS.pdf](#)

特集

① 数学はこれからの必須教養
仕事の最強ツールを手に入れろ!

特集

② 海外に大流出する
中古iPhoneの転機

特集3

時効を巡り大騒動
未払い賃金の請求

DIAMOND WEEKLY 2019
定価 710円 2/9

第107巻6号/毎週土曜日発行/平成31年2月9日発行/大正2年5月10日第3種郵便物認可

週刊ダイヤモンド

ビジネス 数学

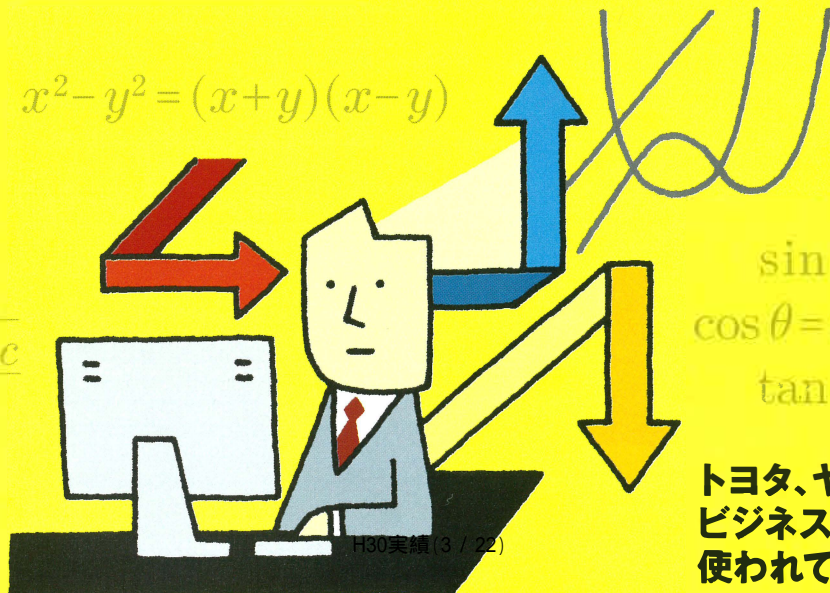
文系でも怖くない

佐藤優が語る極意
中学高校の数学は
こう学び直しせよ

$$x^2 - y^2 = (x + y)(x - y)$$

$$ax^2 + bx + c = 0$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$



$$\begin{aligned} \sin \theta &= y \\ \cos \theta &= x \\ \tan \theta &= \frac{y}{x} \end{aligned}$$

やっと分かった!
三角関数、対数…
実用数学・超入門

トヨタ、ヤフー
ビジネス最先端で
使われている数式

RIDE SHARING 37

ビジネスの最先端で 数学はこう使われる

Hiroyuki Oya

e-Paletteの最適な運用を見つけよう!

トヨタも頼る数学の解決力

ビジネスの難題を解決するため、大企業が数学に目を付け始めた。トヨタ自動車は、将来投入する電気自動車のビジネスモデルのヒントを、数学から得ようとしている。

東

北大学に「e-Palette」はいったい何台必要になるのか――。

2018年6月。日米から選ばれた5人の大学生・大学院生たちに、こんな課題が提示された。出題したのは、トヨタ自動車である。e-Paletteとは、トヨタが18年

1月の世界最大の家電・IT見本市「CES」で満を持して発表した次世代の電気自動車だ。

お披露目の場となった米ラスベガスの会場には、豊田章男社長が自ら登壇。「トヨタを、クルマ会社を超えた、人々のさまざまな移動を助けるモビリティカンパニーへと変革する」とぶちまけた。

自動運転で24時間稼働できるe-Paletteのコンセプトは、用途に応じて中身を造り替えることができる、いわば巨大な「動く箱」だ。人や荷物を運ぶのほ

出題はe-Paletteの運用!

TOYOTA GRIPS-仙台でのトヨタの課題

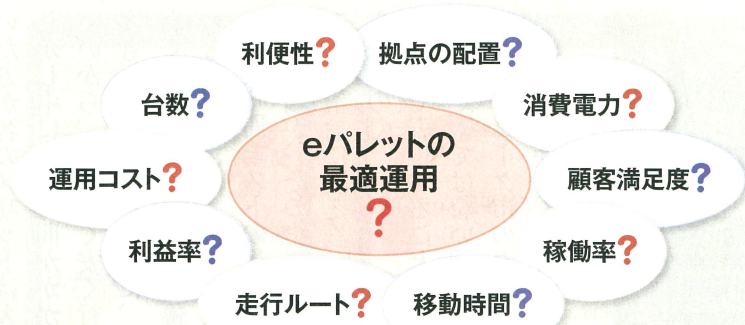
- 何台のe-Paletteが東北大学に必要なか
- 利便性を最大化するようなe-Paletteの最適運用を見つけよ
- エネルギーコストを最小化するキャンパスレイアウトを見つけよ

ちろんのこと、ニーズに応じて移動する店舗やレストラン、オフィスなど多彩な姿へと変えられる。

既に20年の東京五輪で、選手村での選手の移動に使うことがアナ

ニューヨークの必要台数が判明!

トヨタの課題への学生の取り組み



一口に最適化と言っても、どう解けばいいかわからない

$$\max_{x^p, x^r, W, D} \sum_{j, i, v, t} c_{ijv}^p x_{ijvt}^p - \sum_{i, j, v, t} c_{ijv}^r x_{ijvt}^r - \sum_{i, j, t} c_{ijt}^w w_{ijt} - \sum_{i, j, t} c_{ijt}^d d_{ijt}$$

これが最大になればいい! 運賃収入 車の移動コスト 車の待機コスト 客の所要時間コスト

数式にすることで、最大の利益を求める問題へと変換できる

ニューヨークのタクシーの乗降データを基に、最大の利益を計算

	平常時		ピーク時 (朝・夕の通勤時間帯)	
	1人乗り	相乗りあり (2人)	1人乗り	相乗りあり (2人)
利益(ドル)	208,929	209,865	718,846	718,883
車両数(台)	2,946	2,590	4,852	4,852

相乗りありの方が利益が増え、必要な台数も少なくて済む!

ピーク時は相乗りの効果は小さいかも…

東北大学の課題解決のために考案した数式で、ニューヨークの最適な配車方法が判明! さらに、別の都市のデータを活用すれば、東京やパリ、ロンドンなどでも応用が可能!

ウンスされているeパレット。クルマを介したあらゆるサービスへと発展する可能性を秘めているだけに、トヨタの中核では、エリートたちがそのビジネスモデルを必死に練っていることだろう。そんな会社の未来をも左右する難題を解くためのヒントを得るべくトヨタが頼ったのが、数学を得意とする若い俊英たちだった。とりわけ、「利便性を最大化するようなeパレットの最適運用を見つけよ」という問い掛けは、まさ

にビジネスに直結すると真ん中の課題である。数式で表すことで最適化の難題が最大値の計算問題にトヨタと学生をつないだのは、企業が出した課題に、学生が数学を使って取り組む「GRIPS-1 仙台」という教育プログラムだ。学生側の負担は時間だけ。企業は課題を解いてもらう代わりに、滞

在費などを支援する。この基となったRIPSは、米カリフォルニア大学ロサンゼルス校の純粋応用数学研究所(IPAM)が、18年前に始めたプログラムだ。米国では過去にグーグルやIBMといった一流企業がスポンサーとして参加している。日本での開催は今回の東北大が初だ。2カ月後、試行錯誤の末、学生たちは答えを出した。そこで披露された斬新なアイデアに、課題の出題者であり当時ト

ヨタBRU未来社会工学室長だった筑波大学未来社会工学開発研究センターの高原勇センター長は、目を見張った。「一口に最適な運用と言っても、その要素はさまざま。参加者の専門分野を組み合わせ、最適化を掘り下げるところから考えた」と、参加した筑波大学大学院修士課程2年生の野口宇宙さんは振り返る。野口さんの言葉通り、必要台数や運用コスト、顧客満足度など、ビジネスで最適解を求めるために考慮すべき条件は多数あり、焦点を絞ることは容易ではない。最適化を数学として表現するためにどうすればいいのか議論を重ねた結果、学生たちは一つの数式を導き出した。

詳細は割愛するが、ざっくり説明すると、運賃収入から車の移動コストや待機コスト、客の所要時間コストを引いた利益が最大になる条件を計算する数式だ。つまり、数学を使うことで、最適化という難題が、式の最大値を求めるという、解きやすい問題へと変換できたのである。そして、高原センター長が絶賛するのが、学生たちが考案した、式の最後にある客の所要時間コストの項目である。大抵の場合は、目的地に早く着

学生たちが提案したeパレットのホテル型充電ステーション構想。充電中に客室としても使える

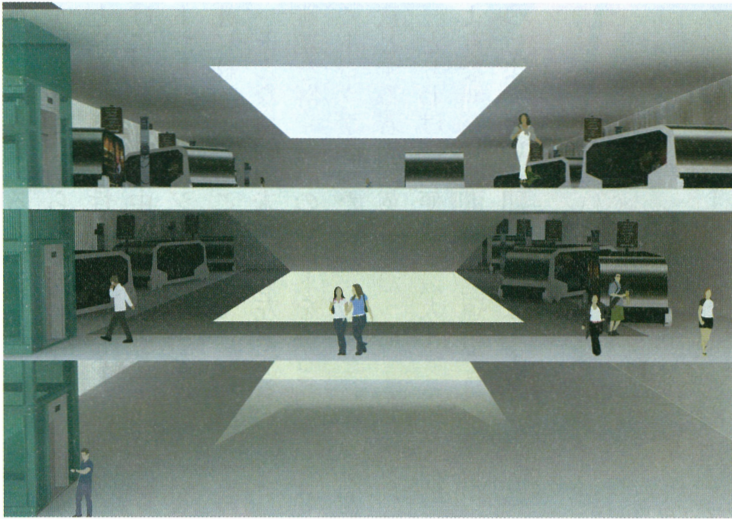


Illustration by Sakura Hoshi

いた方が客のメリットは大きい。しかし中には、時間がかかってもいいから、とにかく安く行きたい客もいるだろう。反対に、運賃が高くとも早く着くことを優先する客も想定できる。

「所要時間コストの最大化、最小化の議論が、そのままビジネスモデルの議論に使える」(高原センター長)のだ。

数式で表現することのメリットはこれだけではない。学生たちは、米ニューヨーク市のタクシー会社のデータを使い、利益が最大にな

る条件を計算した。

そして、eパレットを1人乗りで使うと、平常時は2946台、ピーク時は4852台あれば利益が最大になるという答えを得た。さらに、相乗り(2人)サービスを採用すれば、平常時は利益が増え必要台数が減るといいことづくめなのだが、ピーク時はその効果が小さいことも見えてきた。

もともとの課題は東北大に必要な台数だったのに、なんとニューヨーク市の最適な条件まで導き出したのだ。

当然ながらデータがあれば、東京や英ロンドン、仏パリなどの他の都市でも同じことが計算できる。この応用範囲の広さこそが、数式で一般化することの強みなのだ。

また、学生たちはeパレットの拠点をどこに配置すれば最適なのかという課題にも取り組んだ。

拠点が多ければ利便性は高まるが、土地代などの維持費も増える。そこで、学生たちが提案したのが、eパレットのホテル型大規模充電ステーション構想だ。

1階は大浴場などのホ

テル設備にし、上層階でeパレットを客室として使う。これならば拠点数も少なくて済み、夜間の保管や充電中の車の待機コストを削減でき、高価な急速充電器を使わずとも客の就寝中に充電ができてしまうという「一石三鳥」のアイデアだ。

これに加えて、学生たちは平常時とピーク時に必要な台数の差を目を付けた。

そして、平常時に余裕が出たeパレット50台を移動用店舗として転用すれば、平常時の時間内だけで、仙台市の買い物弱者地域への配送が完了することも計算で明らかにしたのだ。

共通言語「数学」で 若手の発想を 最大限に引き出せる

もちろん、こうした学生たちのアイデアが現実世界でそのまま通用する保証はない。

だが、数学という裏付けがあるため、この仮説を基に実験して見つけた問題点の検証作業は、より精緻に進められる。

今回の課題を通じて高原センター長が実感したのは、「数学を共通言語として使うことで、若手の発想を最大限に引き出せる」ことだ。

ビジネスの世界では往々にして、経験豊富なベテランを前に若手が萎縮してしまうことがある。だが、数学という新たな土俵を用意することで、「お互いにフェアな立場で対話できるようになり、内容も客観的になる」(高原センター長)。

ビジネスの世界で数学を使いこなすための高原センター長からのアドバイスは、「習うより慣れよ」。教科書で一から勉強するよりも、まずは目の前のビジネスの課題を、「数学を使ってみよう」と考えてみるのだという。

「数学の言葉で他人に発信することでアイデアの共有が進み、新たな発見が生まれる」と高原センター長。数学はビジネスの課題を解決するための力強い味方なのだ。

オフピーク時の用途も提案

仙台市の配達問題

	10台	50台
1台当たりの走行距離	665.4km	55km
1台当たりの配送必要時間	17時間	1.38時間

50台のeパレットを配送車に転用すれば、オフピーク時間中に仙台市の買い物弱者地域への配送ができる!

3. 世界トップレベル研究を支える研究開発環境の構築 と研究支援

No.20 ①-2 世界トップレベル研究の推進

実績報告

本学の材料科学関連部局が結集した「材料科学研究拠点」における研究・開発環境の整備、研究支援の充実ため次の事業を行った。

(1) 国際公募により国内外 80 名を超える応募者の中から有望な若手材料科学研究者として選抜・採用した助教 5 名(日本人 2 名, 外国人 3 名)を AIMR に配置し、プロジェクトの研究体制が構築された。本研究者らによる主体的な研究開発により最先端の研究成果の創出が期待される。

(2) 材料科学拠点担当 URA として海邊健二特任准教授を採用し、研究支援体制を強化した。研究成果の国内外への発信、国際連携の強化、外部資金等の獲得に向けた支援などが期待される。

4. 海外主任研究者招へい、GI3 Lab による国際頭脳循環の促進

No.20 ①-2 世界トップレベル研究の推進

実績報告

AIMR では、世界の第一線で活躍する優れた海外研究者を主任研究者(海外 PI)として招へいし AIMR における関連研究グループとの幅広い交流を実現している。また、研究協定を締結する 14 の海外の提携大学・提携機関との共同研究を実施し、幅広い研究者交流を実現している。

平成 30 年度もこれらの研究者交流を支える GI³ Lab(海外 PI の下の若手研究者、学生の交流を相互に進め国際共同研究ラボを構築する仕組み)等を継続的に実施し、平成 30 年度には、延べ4 名のシニア外国人研究者を米国ジョンス・ホプキンス大学等から、5 名の若手研究者を米国パデュー大学等より受け入れるとともに AIMR からは若手研究者 9 名を海外へ派遣し、シニア、若手の両面において国際頭脳循環を活性化させた。

特にパデュー大学を本務として参画している海外 PI の Yong P. Chen 教授は、約3ヶ月間 AIMR において滞在して研究を実施し、夏季期間中には、同研究室の助教(常勤)、同 PI がメンターを務める卓越研究員の准教授(常勤)、同 PI が米国で指導している学生や中国からの関連研究者(短期滞在)が AIMR に集結し、国際頭脳循環のハブとしてその機能を活かした活動が行われた。

また、本務を AIMR からジョンス・ホプキンス大学へ移した海外 PI である Mingwei Chen 教授の研究室では引き続き同 PI の指導の下で若手研究者が研究を継続し、「リチウム電池に貯蔵できるエネルギー量を劇的に増加させ、モバイルデバイスの充電間隔を長くすることができる多孔質材料」の開発に成功、AIMR 所属の助手を筆頭著者として論文が Advanced Materials に掲載されるなどこれまでの連携を活かした取組を継続している。

 [資料1海外PIによるラボ構築.pdf](#)



Yong P. Chen (Full Professor of Purdue Univ.)

Major fields:

Condensed matter physics

Nanoscience and nanotechnology (Experimental)



PURDUE
UNIVERSITY

&



TOHOKU
UNIVERSITY

Total Articles: 184

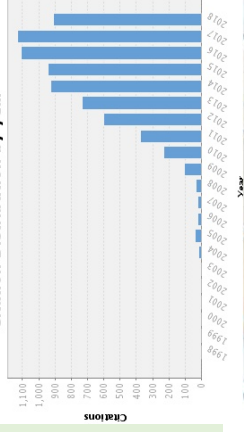
Sum of the Times Cited: 7715

Average Citations per Article: 43.84

h-index: 44
(as of April. 9, 2019)



Citation Distribution by year



A young and energetic researcher

- Fellow of American Physical Society (APS) (2016)
- Masao Horiba Award Honorable Mention in Nanoparticle Measurement (2015)
- University Faculty Scholar (2013)
- IBM Faculty Award (2009)
- NSF CAREER Award (2009-2014)
- DTRA Young Investigator Award (2009-2011)



卓越研究員 熊谷准教授
(メンター Yong P. Chen教授)



井土 宏助教 (東大→ハーバード→AIMR) が研究開始。



Y. P. Chen教授と若手研究者
(Purdue Univ., Fudan Univ., 中国科学院、東北大学) がAIMRで議論する様子



PURDUE
UNIVERSITY

5. 材料科学研究拠点による部局・分野横断型研究の実施

No.20 ①-2 世界トップレベル研究の推進

実績報告

材料科学研究拠点に設置した機能性材料ウイング(3プロジェクトからなる)、構造材料ウイング(2プロジェクトからなる)、及び横串的役割の4プロジェクトに気鋭の研究者をプロジェクトリーダー(PL)として選任し、部局・分野横断型の全学的な実施体制を構築し、着実な研究開発を実施した。

これらのプロジェクトにおいて世界最先端の研究成果が創出されつつあり、例えば、AIMRを本務とするPLによる実績として、高エネルギー密度リチウム負極を用いる全固体電池に適用可能なリチウム超イオン伝導材料を開発し、全固体電池の性能として世界最高のエネルギー密度を達成した成果が”Nature Communications”に掲載(折茂慎一 PL)されたほか、数マイクロメートルの凹凸形状をもつマイクロなハンコを用いて神経細胞がシャーレ内で作る回路網の形状を制御する技術を確立し、脳での配線を模倣した形状に回路を形成させ、従来の方法で育てた細胞に比べて生体に近い発火パターンで活動することを示した成果が”Science Advances”に掲載(平野愛弓 PL)されるなど、国際的に高く評価された。

 [資料2-1 折茂教授:新たなリチウム超イオン伝導材料を開発 _ AIMR.pdf](#),  [資料2-2 平野教授 神経科学_ シャーレの中の神経回路網 | AIMR.pdf](#)

プレスリリース PRESS RELEASES

新たなリチウム超イオン伝導材料を開発

2019年03月07日
東北大学金属材料研究所
東北大学材料科学高等研究所(WPI-AIMR)
東北大学多元物質科学研究所
高エネルギー加速器研究機構

新たなリチウム超イオン伝導材料を開発

— 全固体電池の高エネルギー密度化を一気に加速 —

発表のポイント

- 高エネルギー密度リチウム負極を用いる全固体電池に適用可能なリチウム超イオン伝導材料を開発。
- 全固体電池の性能として世界最高のエネルギー密度を達成。
- 水素クラスターのデザインにより、リチウムイオン伝導率をさらに高めることも可能。

概要

国立大学法人東北大学金属材料研究所の金相倫（キム サンウン）助教と同大学材料科学高等研究所の折茂慎一副所長らの研究グループは、水素とホウ素から形成された水素クラスター（錯イオン）を含む材料のリチウムイオン伝導の研究を進めてきました。今回、その水素クラスターの分子構造のデザインにより、**リチウムイオンが高速で伝導する新たなリチウム超イオン伝導材料を開発**しました。また、この材料は**高エネルギー密度化が実現できるリチウム負極に対して高い安定性を示す**ことも見出しました。開発したリチウム超イオン伝導材料を、リチウム負極を使用した全固体電池の固体電解質として用いることで、**電池の使用時間が大幅に向上することも実証**しました。

これらは、同大学多元物質科学研究所のArunkumar Dora助教、桑田直明准教授、河村純一教授、高エネルギー加速器研究機構の大友季哉教授との共同研究による成果です。

全固体電池のキーマテリアルとなる新たな固体電解質の開発指針の獲得に繋がる本研究成果は、2019年3月6日付で英国科学誌 Nature Communications のオンライン版に掲載されました。

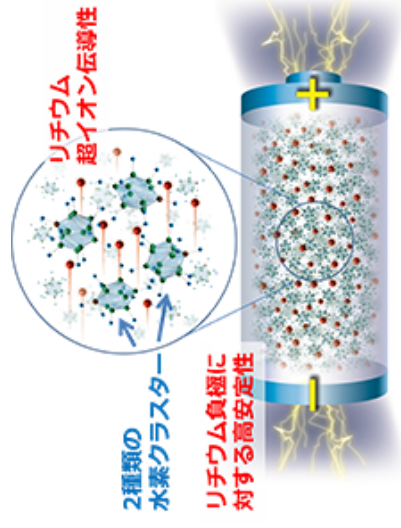
研究の背景

電気自動車やスマートグリッドなどの大型エネルギーデバイスを社会普及させるための重要課題のひとつは、電気を蓄える蓄電池の高性能化です。その実現のためには、安全性・エネルギー密度【用語1】・充放電速度などにおいて、現在のリチウムイオン電池を超える次世代電池の開発が必要となります。

全固体電池【用語2】は固体状の電解質（固体電解質）を用いる次世代電池であり、液体状の電解質（液体電解質）を用いる現在のリチウムイオン電池と比較して安全性が大幅に向上します。さらに、液体電解質では使用が困難であったリチウムや硫黄などの高エネルギー密度電極への適用可能性が広がるため、蓄電池の高エネルギー密度化も期待されます。

全固体電池のキーマテリアルは固体電解質であり、その最も重要な特性はリチウムイオン伝導率【用語3】です。十分に優れた電池作動のためには、室温（25℃）で1 mS cm⁻¹以上の、実用化されている液体電解質に匹敵するイオン伝導率が求められます。

研究グループは、錯体水素化合物【用語4】を中心にリチウム超イオン伝導材料【用語5】の開発を進めてきました。代表的な材料であるLiBH₄は、ホウ素と水素が結合した水素クラスター（錯イオン【用語6】）とリチウムイオンから構成されます。錯体水素化合物の特徴は、錯イオンの不規則性を高めることでリチウム超イオン伝導を誘起できることです。しかし、不規則性を高めるためには、これまでは材料を100℃以上の高温にする必要がありました。温度を下げた室温付近では、錯イオンが規則正しく配列してしまうため、そのイオン伝導率が0.01 mS cm⁻¹まで減少してしまいます。



研究の内容

本研究では、**錯体水素化物における室温でのリチウム超イオン伝導の実現**を目指しました。ポイントは、錯イオン自体の不規則性を高めることです。そこで、高い不規則性を付与した2種類の錯イオン（ $[\text{CB}_9\text{H}_{10}]^-$ と $[\text{CB}_{11}\text{H}_{12}]^-$ ）を選定、さらにそれらを適切に混ぜ合わせることで不規則性をいっそう高めました。

開発した錯体水素化物リチウムイオン伝導材料 $0.7\text{Li}(\text{CB}_9\text{H}_{10})\cdot 0.3\text{Li}(\text{CB}_{11}\text{H}_{12})$ を詳しく調べた結果、室温付近でも錯イオンの不規則性が維持され、結果として 25°C で 6.7 mS cm^{-1} ものリチウムイオン伝導率が得られました（図1）。これは、**これまで報告されてきた錯体水素化物のなかで最も高いリチウムイオン伝導率**であり、液体電解質の伝導率にも十分匹敵します。

また、開発した材料と、高エネルギー密度（リチウムイオン電池の負極材料であるカーボンに比べて10倍程度のエネルギー密度）を持つことで究極の負極材料として知られているリチウムとの界面におけるリチウムの動きやすさも評価しました。その結果、界面抵抗としてはこれまでで最も低い $0.78\ \Omega\ \text{cm}^2$ となる（即ち、界面でリチウムが極めて動きやすい）ことも見出しました（図2）。この結果は、 $0.7\text{Li}(\text{CB}_9\text{H}_{10})\cdot 0.3\text{Li}(\text{CB}_{11}\text{H}_{12})$ が、**固体電解質として重要な性質となるリチウム負極に対する高い安定性**も示すことを意味します。

以上の特筆すべき性質（即ち、リチウム超イオン伝導性とリチウム負極に対する高安定性）を受け、全固体電池を製作して充放電特性を調べました。 $0.7\text{Li}(\text{CB}_9\text{H}_{10})\cdot 0.3\text{Li}(\text{CB}_{11}\text{H}_{12})$ とリチウムをそれぞれ固体電解質と負極に用いた全固体電池が、 25°C で安定に作動することを実証しました（図3）。さらに、 50°C 、20分で放電する条件での充放電試験によって、 $2500\ \text{Wh kg}^{-1}$ という、**リチウム負極が使用されているこれまでの全固体電池のなかで最も高いエネルギー密度**を持つ、すなわち**電池の使用時間が大幅に向上**することも実証しました。

今後の展開

水素クラスタ（錯イオン）のデザインによりリチウムイオン伝導率をさらに高めることも可能であり、今後もリチウム超イオン伝導材料の開発を進めます。また、リチウムをはじめとする高エネルギー密度電極に対する高い安定性を活かした新しいエネルギーデバイスの設計も目指します。これらの研究を通じて、酸化物系・硫化物系・ポリマー系などの材料に加えて、錯体水素化物系においても、固体電解質に関わる学理探求やそれを用いた全固体電池の社会実装に向けた新たな潮流が生まれることを期待しています。

本研究の一部は、JSPS科研費（研究活動スタート支援（17H06518、代表：金相倫）、新学術領域研究ハイドロジェノミクス（JP18H05513、JP18H05518、領域代表：折茂慎一）、東北大学金属材料研究所 先端エネルギー材料理工共創研究センター（E-IMR）、同大学材料科学高等研究所（WPI-AIMR）アドバンスドゲッタープロジェクトの支援を受けて実施しました。

論文情報

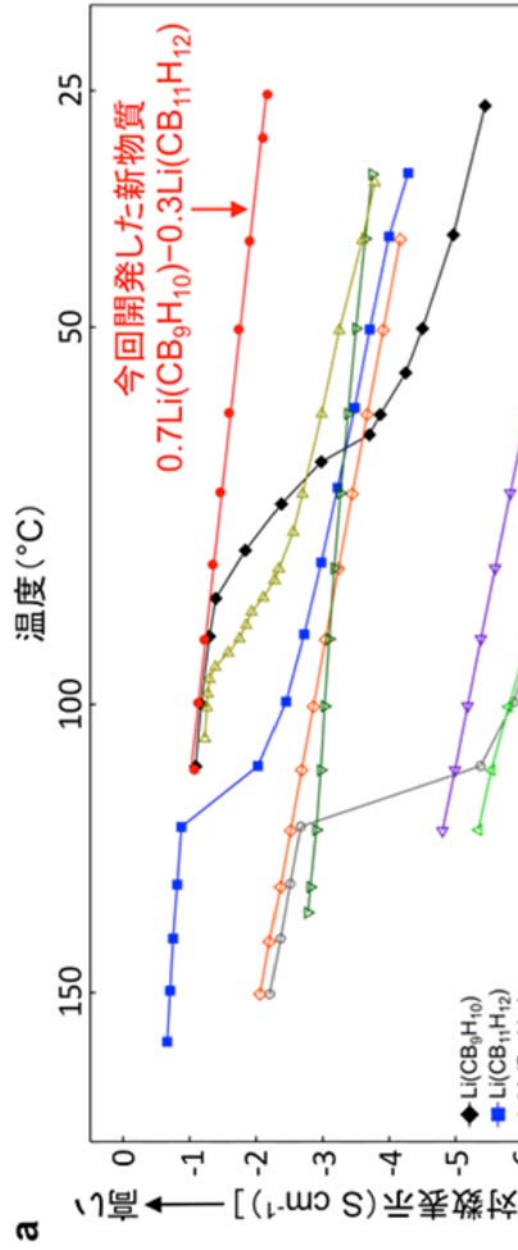
雑誌名：Nature Communications

タイトル : A complex hydride lithium superionic conductor for high-energy-density all-solid-state lithium metal batteries
 著者 : Sangryun Kim, Hiroyuki Oguchi, Naoki Toyama, Toyoto Sato, Shigeyuki Takagi, Toshiya Otomo, Dorai Arunkumar, Naoaki Kuwata, Junichi Kawamura, and Shin-ichi Orimo
 DOI: [10.1038/s41467-019-09061-9](https://doi.org/10.1038/s41467-019-09061-9)

用語解説

- 【用語1】 エネルギー密度**
電池から取り出すことが可能なエネルギー量。エネルギー密度が高いほど電池の使用時間が長くなる。
- 【用語2】 全固体電池**
正極、電解質、負極を全て固体で構成した電池。
- 【用語3】 イオン伝導率**
イオンの動きやすさを表す指標。単位として mS cm^{-1} (1センチメートル当たり、ミリジーメンズ) が用いられる。ジーメンズは抵抗の単位 Ω の逆数。
- 【用語4】 錯体水素化物**
錯イオン (用語6) を有する水素化物。
- 【用語5】 リチウム超イオン伝導材料**
リチウムイオンがあたかも液体のように高速で動き回る固体材料。一般的に、 1 mS cm^{-1} 以上のリチウムイオン伝導率を示す材料を指す。
- 【用語6】 錯イオン**
中心原子に複数の原子が結合した分子構造を持つイオン。 $[\text{CB}_9\text{H}_{10}]^-$ の場合、1個のCと9個のBが中心原子、10個のHが複数の原子に相当。

図表



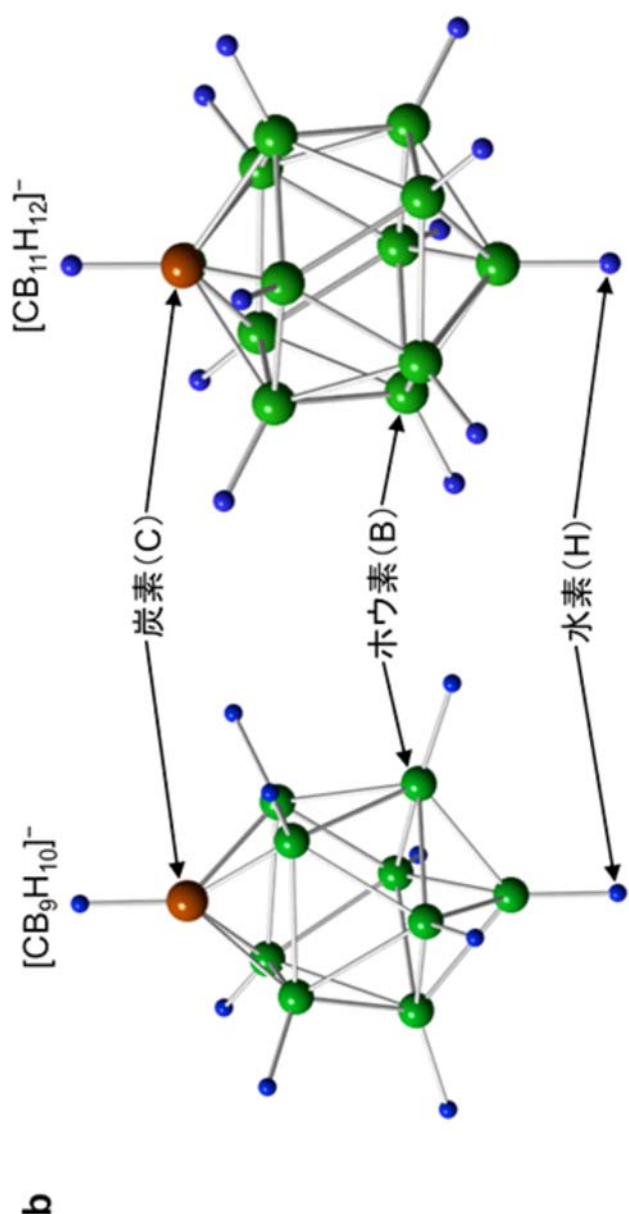
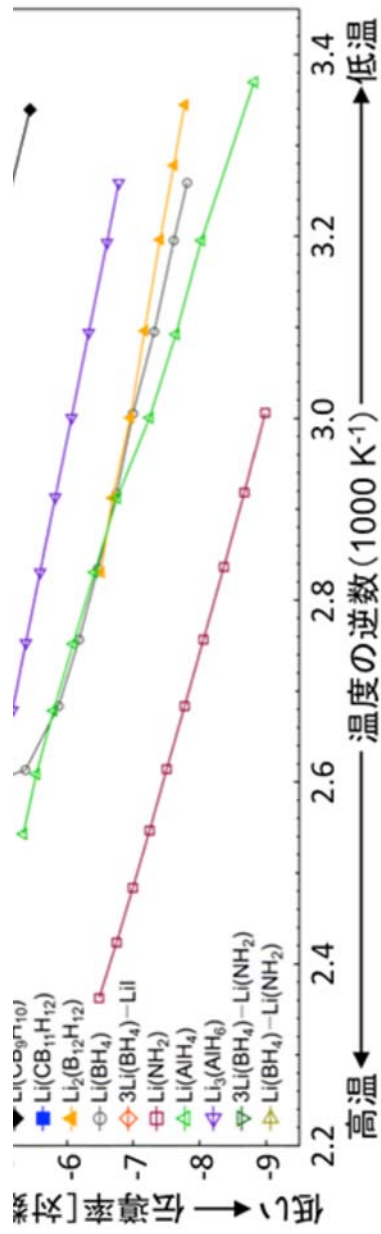


図1. **a** 様々な錯体水素化物材料のリチウムイオン伝導率の温度依存性。開発した $0.7\text{Li}(\text{CB}_9\text{H}_{10})\cdot 0.3\text{Li}(\text{CB}_{11}\text{H}_{12})$ は、これまで報告されてきた錯体水素化物のなかで最も高いリチウムイオン伝導率を示す。

b 高い不規則性を付与した2種類の錯イオン ($[\text{CB}_9\text{H}_{10}]^-$ と $[\text{CB}_{11}\text{H}_{12}]^-$)。



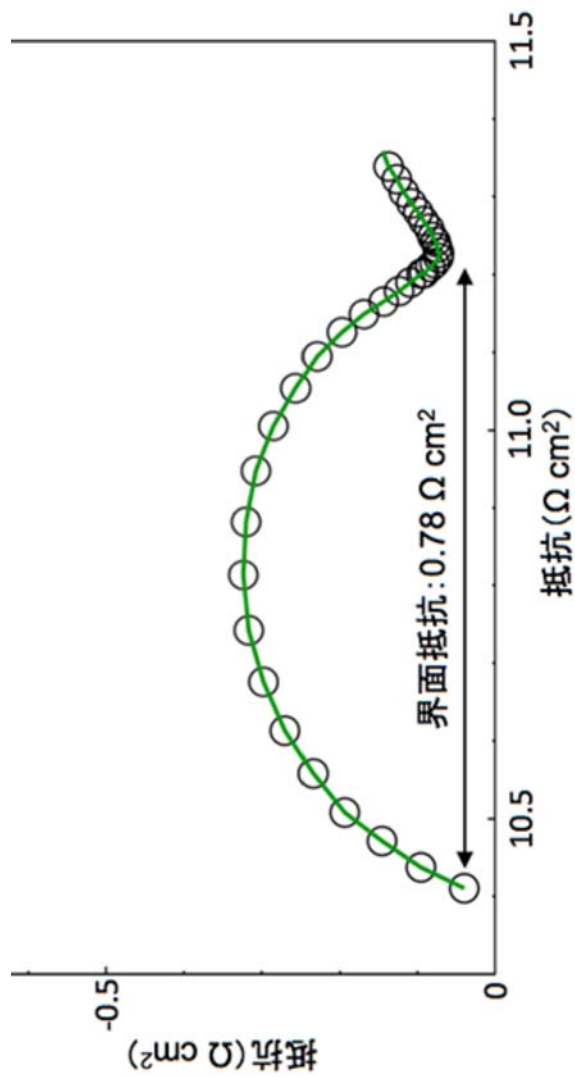
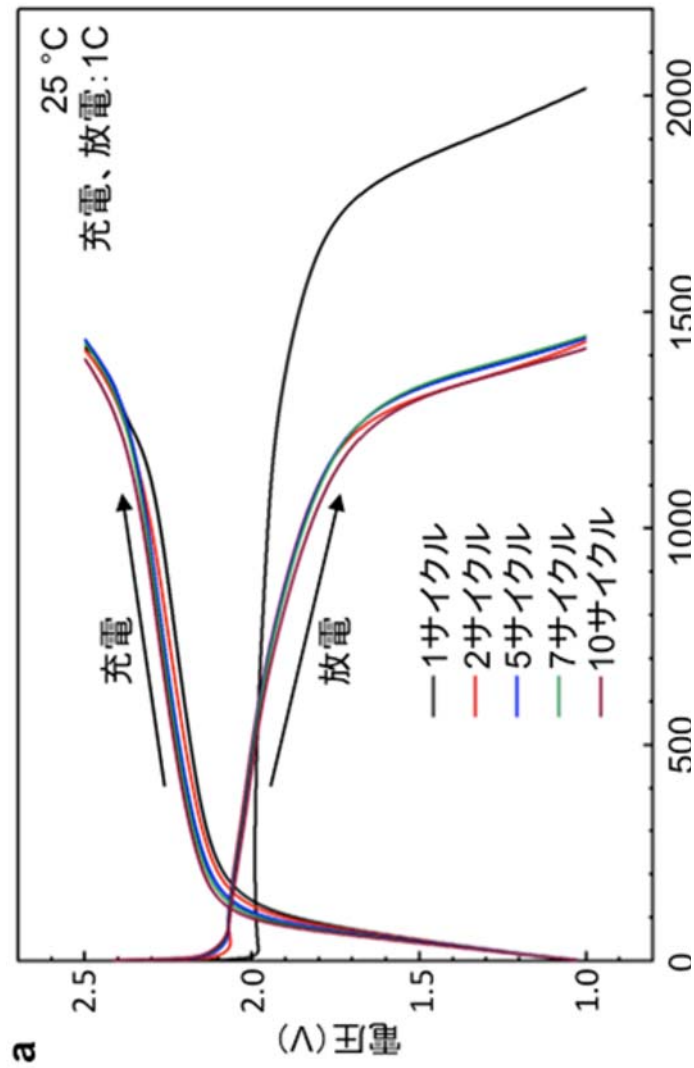


図2. 開発した $0.7\text{Li}(\text{CB}_9\text{H}_{10})\cdot 0.3\text{Li}(\text{CB}_{11}\text{H}_{12})$ とリチウムの界面抵抗の測定結果。横軸が実数軸、縦軸が虚数軸に対応する。界面抵抗は、半円の幅から $0.78\ \Omega\ \text{cm}^2$ と算出。



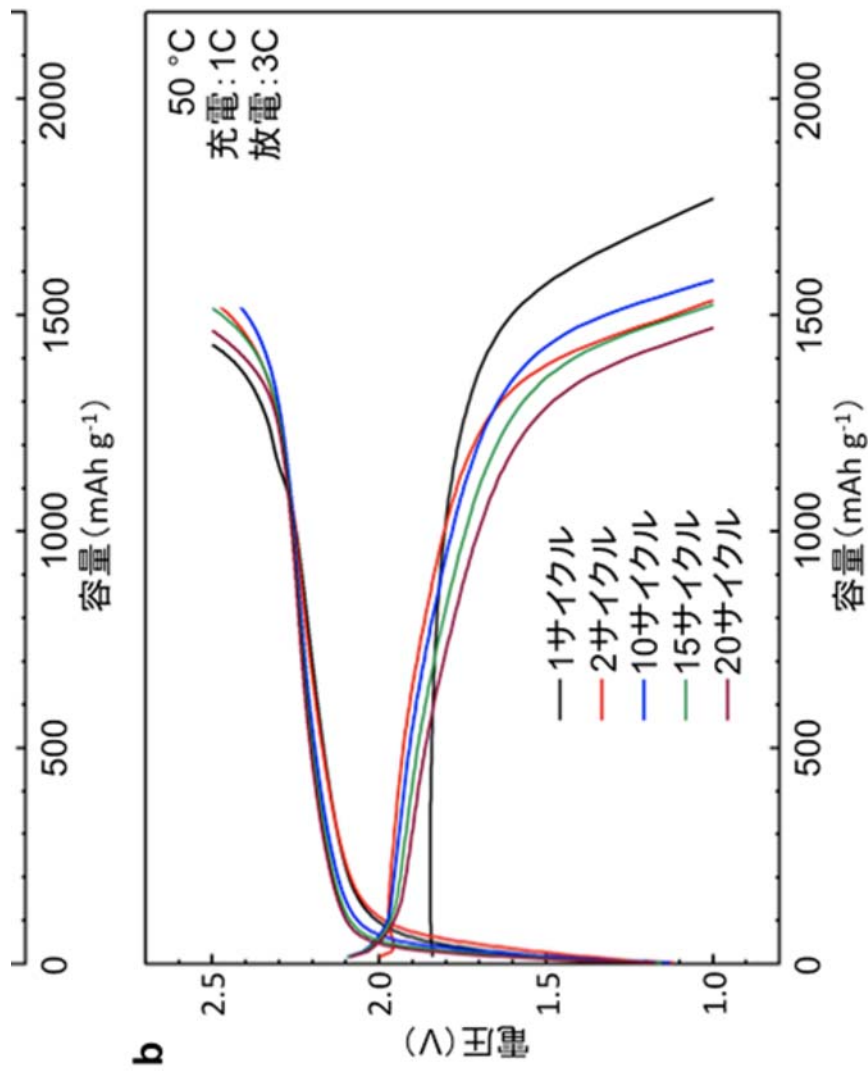


図3. 全固体電池の充放電特性。

a 25 °C、1Cでの特性。

b 50 °C、1Cの充電、3Cの放電での特性。

(1Cは、1時間で充電又は放電が可能な条件を表す。25 °Cでは1時間で充電、50 °Cでは1時間で充電、20分で放電が可能であることを示す。エネルギー密度は、放電曲線の下部の面積から算出。)

本件に関する問い合わせ先

(研究内容)

東北大学 金属材料研究所 助教

金相侖 (キム サンユン)

TEL : 022-215-2094

FAX : 022-215-2091

E-mail : sangryun@imr.tohoku.ac.jp

東北大学 材料科学高等研究所 (WPI-AIMR) 副所長・教授

東北大学 金属材料研究所 先端エネルギー材料理工共創研究センター (E-IMR) センター長・教授

高エネルギー加速器研究機構 (KEK) 物質構造科学研究所 客員教授

折茂慎一 (オリモ シンイチ)

TEL : 022-215-2093

FAX : 022-215-2091

E-mail : orimo@imr.tohoku.ac.jp

(報道担当)

東北大学 金属材料研究所

情報企画室広報班 (富松)

TEL : 022-215-2144

FAX : 022-215-2482

E-mail : pro-adm@imr.tohoku.ac.jp

東北大学 材料科学高等研究所 (WPI-AIMR)

広報・アウトリーチオフィス (西山、萩田)

TEL : 022-217-6146

E-mail : aimr-outreach@grp.tohoku.ac.jp

東北大学 多元物質科学研究所

広報情報室 (伊藤)

TEL : 022-217-5198

E-mail : press.tagen@grp.tohoku.ac.jp

大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構 (KEK)
社会連携部広報室 (引野)

TEL : 029-879-6047

FAX : 029-879-6049

E-mail : press@kek.jp

ウェブサイト



Copyright © 2019 Tohoku University. All Rights Reserved.

リサーチハイライト

神経科学: シャーレの中の神経回路網

2019年02月25日

神経細胞を操作して単純な脳モデルを構成することによって、脳が2種類の活動状態を共存させる仕組みが見えてきた

東北大学材料科学高等研究所 (AIMR) の研究者らは、細胞とスライドガラスとの界面を精密に設計することによって、脳神経回路のモデルとなる小さな回路網をシャーレの中に作製する技術を開発した¹。この回路網は脳内における神経細胞の結合様式を模倣しており、脳機能の神経基盤の解明に繋がる貴重な知見をもたらした。

ヒトの脳には、特定の情報を処理するのに特化した、さまざまな領域が存在する。例えば、見た物の色を処理する領域もあれば、言語を処理する領域もある。

しかしこれらの情報は、個別に処理されるだけでなく、一つの事柄として統合される必要もある。



AIMRの研究者らは、ラットの神経細胞を用いて四つの

AIMRの山本英明助教は、こうした情報の統合が行われていることは、「赤」と「青」という文字を見せられた時、「赤」と「青」と書かれた場合よりも「赤」と「青」と書かれた場合の方が迅速に認知できることから分かる、と説明する。

神経回路モジュールを作り、その間の相互作用の強さを人工的に制御した。これによって、脳で見られるような神経活動パターンをシャーレ内で模倣することに成功した。

「一般的な話としてですが、情報が統合される場合には神経細胞群が同期して活動するのに対して、分離して処理されている場合にはその同期性が弱まります」と山本助教は言う。「脳の中ではこれらの神経活動状態はうまくバランスがとれており、複雑な情報処理を実行するための土台になっています」。

© 2019 Hideaki Yamamoto

しかし、同期と非同期という二つの相反する活動状態がどのようにして一つの神経回路網の中に埋め込まれるのかについては、明らかになっていない。「細胞が集まってどのようにして脳としての情報処理を実現するようになるのか。そのメカニズムの解明は、現代自然科学における最大の難問の一つです」と山本助教は指摘する。

今回、山本助教は、東北大学、バルセロナ大学（スペイン）、東北福祉大学、早稲田大学、山形大学の研究者らと共に、作ることで理解するという構成論的アプローチを用いてこの問題に挑んだ。研究チームは、四つの小さな回路モジュールが結ばれた、非常に単純な「脳モデル」を作製した。そして、モジュール間の相互作用の強度を人工的に制御して、同期と非同期のバランスに及ぼす影響を調べた（図参照）。

その結果、四つのモジュール間の結合がちょうど切れかかっている状態においてのみ同期と非同期が共存できることが明らかになった。結合がそれより少しでも強ければ回路全体での同期が優位になり、弱ければ各モジュールが個別に活動するだけになる。

今回の研究グループを率いたAIMRの平野愛弓教授は、「神経回路網にモジュール構造を持たせることで過剰な同期を適度に抑制し、実際の脳に近い活動パターンをin vitroで実現することができました」と言う。「いま観察されているダイナミクスは、まだまだ脳神経回路の複雑さには程遠いものですが、その活動パターンを形作る基本的なメカニズムについての新たな知見を得ることができました」。

今回の研究成果は、脳におけるモジュール性接続の機能的役割を明らかにしただけでなく、工学的なアプローチによって複雑系の集団現象を探究できることを示す好例であるとも言える。

References

1. Yamamoto, H., Moriya, S., Ide, K., Hayakawa, T., Akima, H., Sato, S., Kubota, S., Tanii, T., Niwano, M., Teller, S. *et al.* Impact of modular organization on dynamical richness in cortical networks. *Science Advances* **4**, eaau4914 (2018). | [article](#)

このリサーチハイライトは原著論文の著者の承認を得ており、記事中のすべての実験データは同著者から提供されたものです。

キーワード ソフトマテリアル, 表面工学, 神経回路網, 生体情報処理, 複雑ネットワーク, 同期, モジュール構造

ツイート  いいね! 0

[リサーチハイライト一覧へ](#)



Copyright © 2019 Tohoku University. All Rights Reserved.