

ナイスステップな 研究者 2020

文部科学省 科学技術・学術政策研究所(NISTEP)では、科学技術イノベーションの様々な分野において活躍され、日本に元気を与えてくれる方々を「ナイスステップな研究者」として選定しています。平成17年(2005年)より選定を始め、過去にナイスステップな研究者に選定された方の中には、その後ノーベル賞を受賞された山中 伸弥 教授や天野 浩 教授も含まれています。

令和2年(2020年)の選定においては、NISTEPの日頃の調査研究活動で得られる情報や、専門家ネットワーク(約2,000人)への調査で得た情報等により、最近の活躍が注目される研究者約540名の候補者を特定しました。選定においては、研究実績に加えて、新興・融合領域を含めた最先端・画期的な研究内容、産学連携・イノベーション、国際的な研究活動の展開等の観点から、所内審査会の議論を経て最終的に10名を令和2年(2020年)12月15日に選定しました。

「ナイスステップな研究者2020」は、今後活躍が期待される30代～40代の若手研究者(平均年齢41.3歳)を中心に、AI技術やデータサイエンスを駆使した医療・材料科学・化学などへの応用研究、自然科学と人文社会科学の融合研究、認知症の新たな診断法やSDGsに資する技術開発といった現代社会の課題に密接に関わる研究など多岐にわたる分野において、研究活動のみならず様々な形で国内外へ広く成果を還元されている方を選定しています。

これらの方々の活躍は科学技術に対する夢を国民に与えてくれるとともに、我が国の科学技術イノベーションの向上に貢献するものであることから、ここに広くお知らせいたします。



■科学技術・学術政策研究所(NISTEP)では、科学技術イノベーションの様々な分野において活躍され、日本に元気を与えてくれる方々を「ナイスステップな研究者」として令和2年(2020年)12月15日に選定しました。平成17年(2005年)から、科学技術イノベーションの様々な分野において活躍され、日本に元気を与えてくれる方々を「ナイスステップな研究者」として過去174名を選定しており、令和2年(2020年)で16回目の選定です。

■AI技術やデータサイエンスを駆使した医療・材料科学・化学などへの応用研究、自然科学と人文社会科学の融合研究、認知症の新たな診断法やSDGsに資する技術開発といった現代社会の課題に密接に関わる研究など多岐にわたる分野において、研究活動のみならず様々な形で国内外へ広く成果を還元されている方を選定しています。

(年齢は令和2年(2020年)12月15日時点)

いちはし のりかず

市橋 伯一 (45)

東京大学大学院 総合文化研究科・先進科学研究機構・
生物普遍性研究機構 教授

世界で初めて試験管内で分子進化を再構成する
実験系モデルを開発し、生命の起源と進化の謎に迫る



おきべ なおこ

沖部 奈緒子 (46)

九州大学大学院 工学研究院地球資源システム工学部門
資源処理・環境修復工学研究室 准教授

微生物の力を活用した金属製錬法の開発
—バイオハイドロメタラジーによる金属資源開発技術で
サステナブルな社会創生を目指す—



おそがみ たかゆき

恐神 貴行 (45)

日本アイ・ビー・エム株式会社 東京基礎研究所
シニア・テクニカル・スタッフ・メンバー

生物の脳を再現した機械学習の新技術開発
—確率的な環境における意思決定技術に関する、
科学への貢献から産業応用まで—



かつら ゆかり

桂 ゆかり (40)

国立研究開発法人 物質・材料研究機構 統合型材料開発・情報基盤部門 主任研究員
東京大学大学院 新領域創成科学研究科 特任助教
国立研究開発法人理化学研究所 革新知能統合研究センター 客員研究員

論文から過去の実験データを集めることで
大規模材料物性データベースStarrydataを構築
—材料科学にデータ科学を取り入れた
マテリアルズ・インフォマティクスに貢献—



かまだ ゆういちろう

鎌田 雄一郎 (35)

カリフォルニア大学バークレー校 准教授
NTTリサーチ サイエンティスト
東京大学大学院経済学研究科 グローバル・フェロー

ゲーム理論の理論研究と制度設計への応用研究
—待機児童の解消など社会課題の解決に効果的な
マーケットデザインの開発—



Photo by Jim Block

さの ゆきえ

佐野 幸恵 (42)

筑波大学 システム情報系 助教

「物理」の視点で複雑な「社会」を研究する・SNSにおける
情報拡散パターンの解析



ただ しゅこう

武田 朱公 (43)

大阪大学大学院 医学系研究科臨床遺伝子治療学 寄附講座准教授
大阪府立病院機構大阪精神医療センター こころの科学リサーチセンター
認知症ユニット リーダー

世界初「目の動き」を利用した簡便、正確かつストレスのない
認知機能検査法の開発 —認知症の早期診断へ—



たなか だいすけ

田中 大輔 (40)

関西学院大学 理工学部化学科 教授
国立研究開発法人科学技術振興機構 さきがけ研究者

AI技術による革新的な材料探索の実現
—無機物・有機物両方の特性を持つエネルギー貯蔵・
変換材料を目指して—

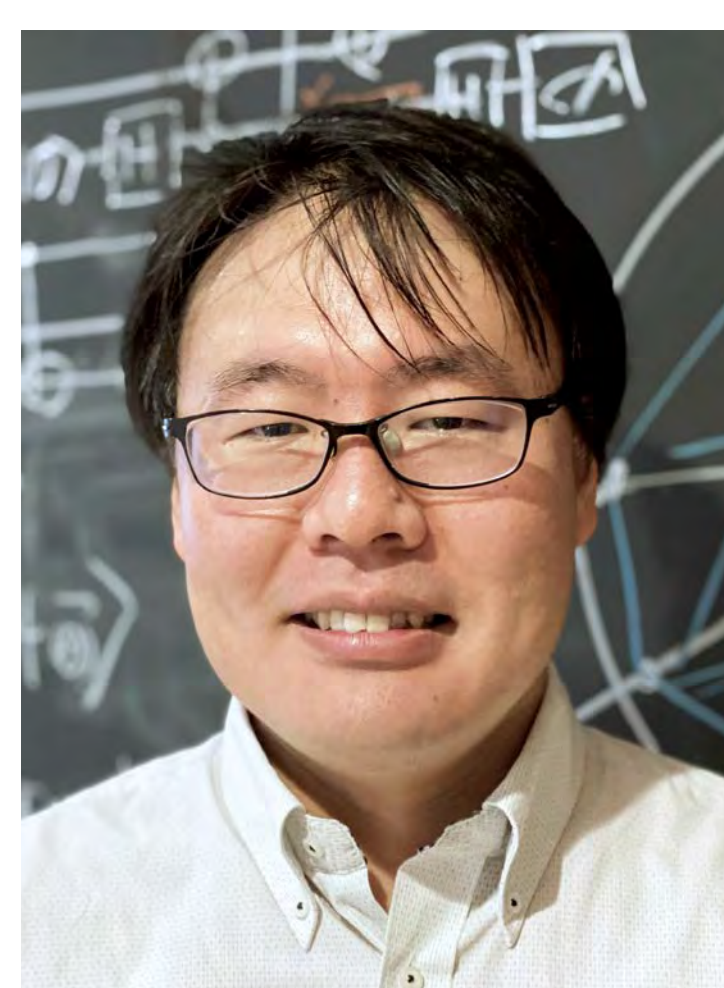


ふじい けいすけ

藤井 啓祐 (37)

大阪大学大学院 基礎工学研究科 システム創成専攻電子光学科学領域 教授
大阪大学 量子情報・量子生命研究センター 副センター長
国立研究開発法人理化学研究所 量子コンピュータ研究センター チームリーダー
株式会社QunaSys 最高技術顧問

万能量子コンピュータ実現を目指した、
量子ソフトウェアの研究開発で量子情報科学分野を先導



やまもと よういちろう

山本 陽一郎 (43)

国立研究開発法人理化学研究所 革新知能統合研究センター (AIP)
目的指向基礎技術研究グループ 病理情報学チーム チームリーダー

がん画像から、新たな知識を自力で発見する医療AI技術を開発
—がん再発予測の画期的進化—



ナイスステップな研究者の詳細は、以下のウェブサイトでご覧いただけます

<https://www.nistep.go.jp/activities/nistep-selection>

お問合せ:企画課

Email:kikaku@nistep.go.jp



いち はし のり かず
市橋 伯一

東京大学大学院 総合文化研究科・先進科学研究機構・生物普遍性研究機構 教授

世界で初めて試験管内で分子進化を再構成する 実験系モデルを開発し、 生命の起源と進化の謎に迫る

1 生命はどうやって生まれたのか？

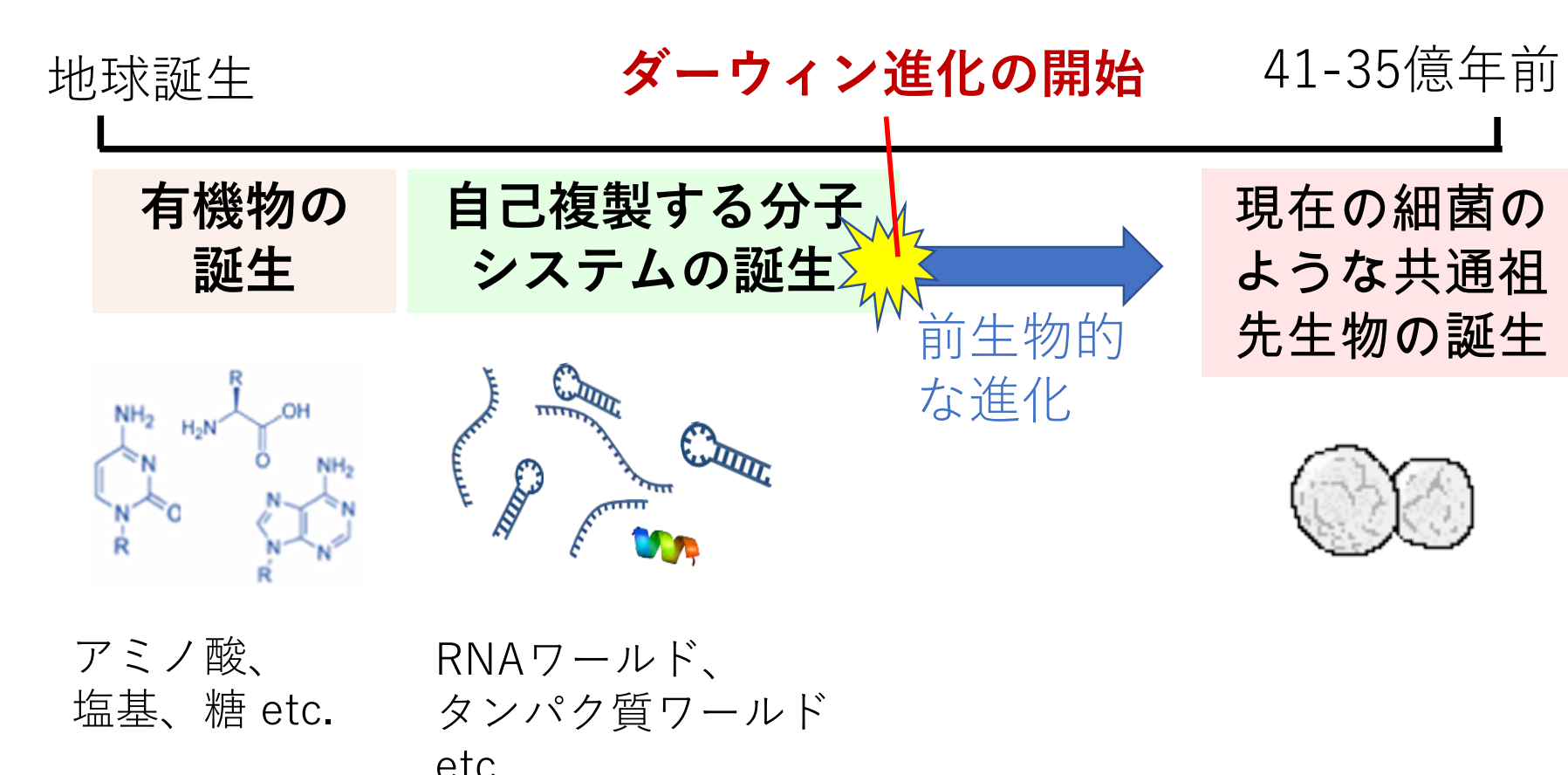


図1:現在、広く信じられている生命誕生のシナリオは、まず原始地球においてアミノ酸や塩基などの有機物が誕生し、その後、それらが重合しRNAやタンパク質となり、それらから自己複製するものが誕生し、ダーウィン進化(生物のような多様性と自然選択による進化)を開始し、進化してどんどん複雑化していった結果、現在の細菌のような共通祖先生物が誕生したというものです。しかしこのシナリオはほとんどが推測に基づくもので、RNAやタンパク質などの分子が進化させたときに何が起るのかは誰もわかっていませんでした。

2 進化する能力をもつ RNA の自己複製システムを作って理解する

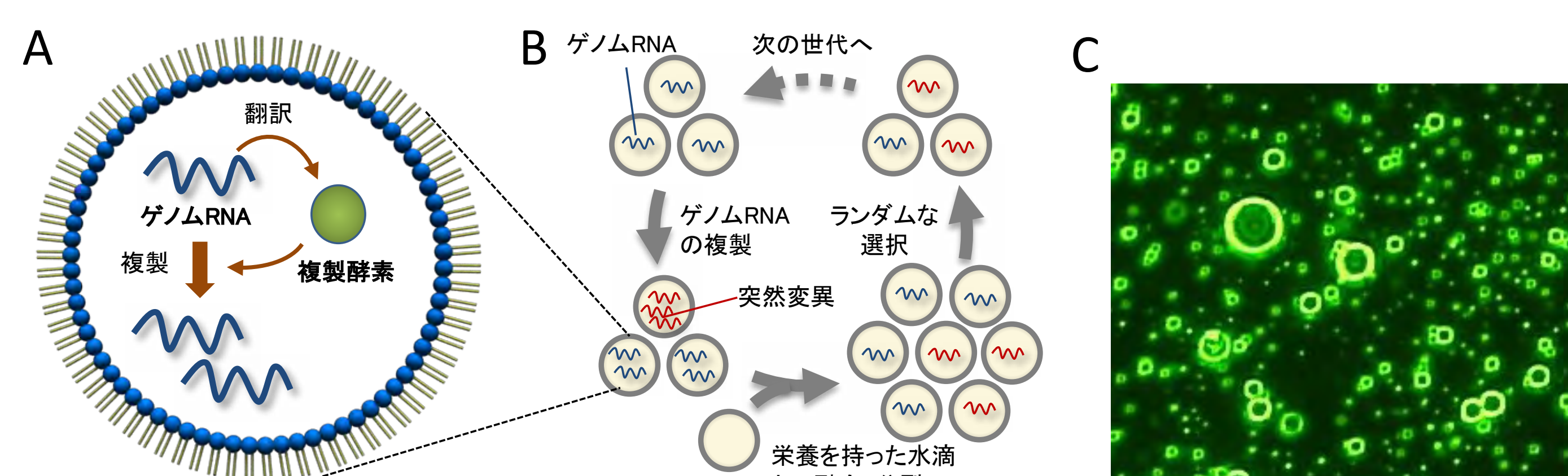


図2:そこで私たちは、実際にRNAの自己複製システムをつくり、RNAを実験室内で進化させてみることで、分子が生物に近づいていく過程を観察しようと試みました。私たちが作ったシステムは人工ゲノムRNAと大腸菌由来のタンパク質の翻訳系からできています。ゲノムRNAからウイルス由来のRNA複製酵素が翻訳され、その酵素によって元のゲノムRNAが複製されます(A)。細胞のような構造を再現するために、この反応が油の中に分散させた微小な水滴(C)に封入されています。この微小水滴に対して、エサとして翻訳系を含んだ水滴を融合させ、攪拌によって分裂させることにより、RNAの自己複製を長期間にわたり続けることができます(B)。この複製途中には複製ミスによって突然変異が入ります。もし、突然変異の結果、元のRNAよりも自身を複製しやすいRNAが生まれたなら、そのRNAはどんどん自分のコピーを増やしていくことになります。これがまさにダーウィン進化と呼ばれる現象です。

3 長期進化実験中の RNA 濃度推移

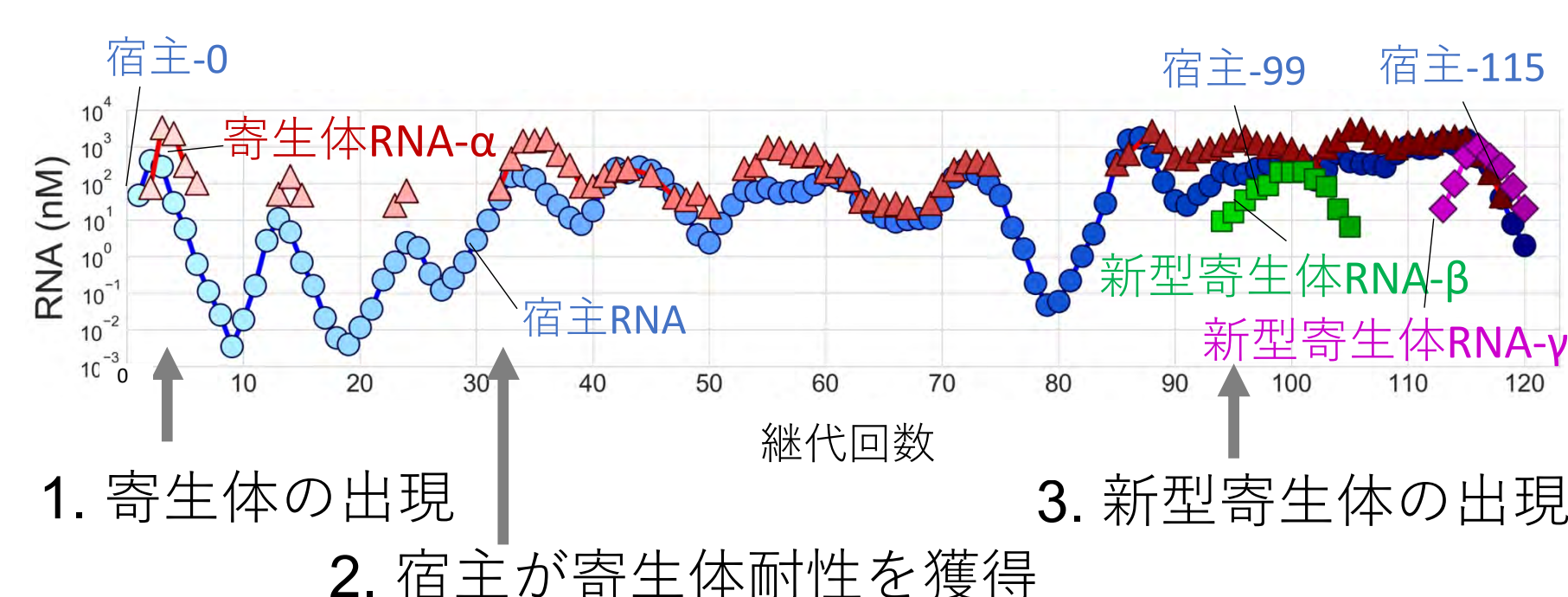


図3:私たちは、図2に示す方法で120回にわたる長期の継代を行いました。その結果、1. すぐに寄生型のRNA(寄生体)が出現しました。この寄生体は、自分だけでは複製できませんが、他のRNAが作ってくれた複製酵素に依存して増えるようになったRNAです(図4参照)。その後、RNA濃度が振動したのちに、2. 宿主となるゲノムRNAが寄生体耐性を獲得し、高濃度で増えらるようになりました。さらに継代を続けると、3. 元の寄生体とは大きさの異なる新型寄生体(βとγ)が出現しました。

4 寄生体 RNA の複製のしかた

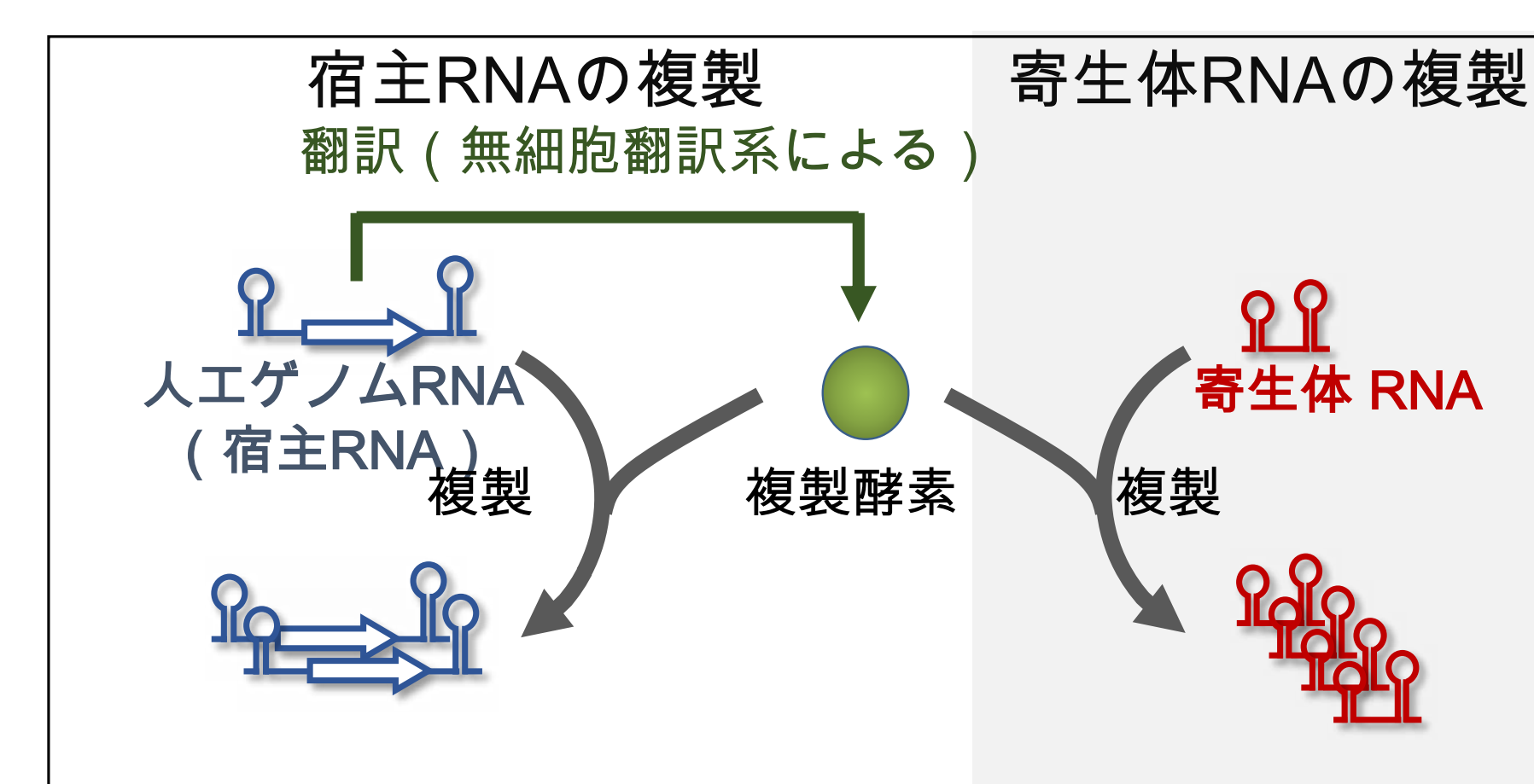


図4:宿主となる人工ゲノムRNAは自身に複製酵素の遺伝子を持つため、自ら複製酵素を翻訳しその酵素によって複製する。一方で寄生体RNAは複製酵素遺伝子を欠落しているため、複製酵素をつくることができないが、他のRNAが作ってくれた複製酵素を横取りして増えることができる。しかも、複製酵素を持たなくなったため、寄生体RNAは人工ゲノムRNAより圧倒的に小さく、そのため複製も圧倒的に速い。

5 宿主 RNA と寄生体 RNA の共進化

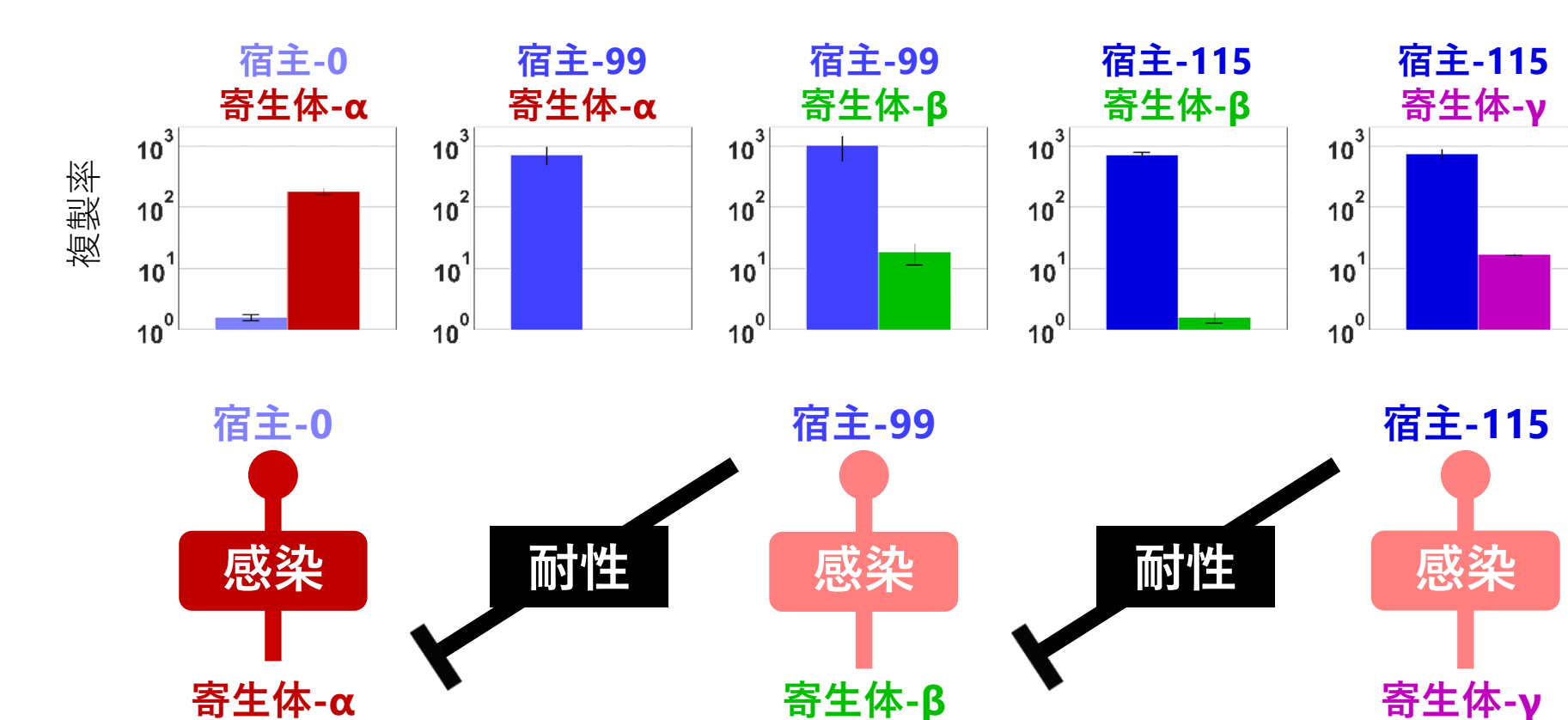


図5:継代途中の宿主および寄生体RNAについて(図3)、それぞれペアにして複製させたときに、どちらがどの程度増えるかを調べた。これによって、寄生体の感染性と宿主の耐性の変化が分かる。最初の宿主-0に対して、最初の寄生体-αは強い感染性(つまり良く増える)を示したが、次の宿主-99は、寄生体-αに対して、ほぼ完全な耐性を獲得していた。ところが、次に出現した新型寄生体-βは、宿主-99に対して感染して増えることができるようになっていた。さらに寄生体-βに対して、最後に現れた宿主-115は再び耐性を獲得し、さらに最後に現れた寄生体-γは再び感染性を獲得していた。このように宿主RNAと寄生体RNAはお互いに対して進化的な「いたちごっこ」を続けていることが分かった。

6 寄生体との共進化による進化は加速した

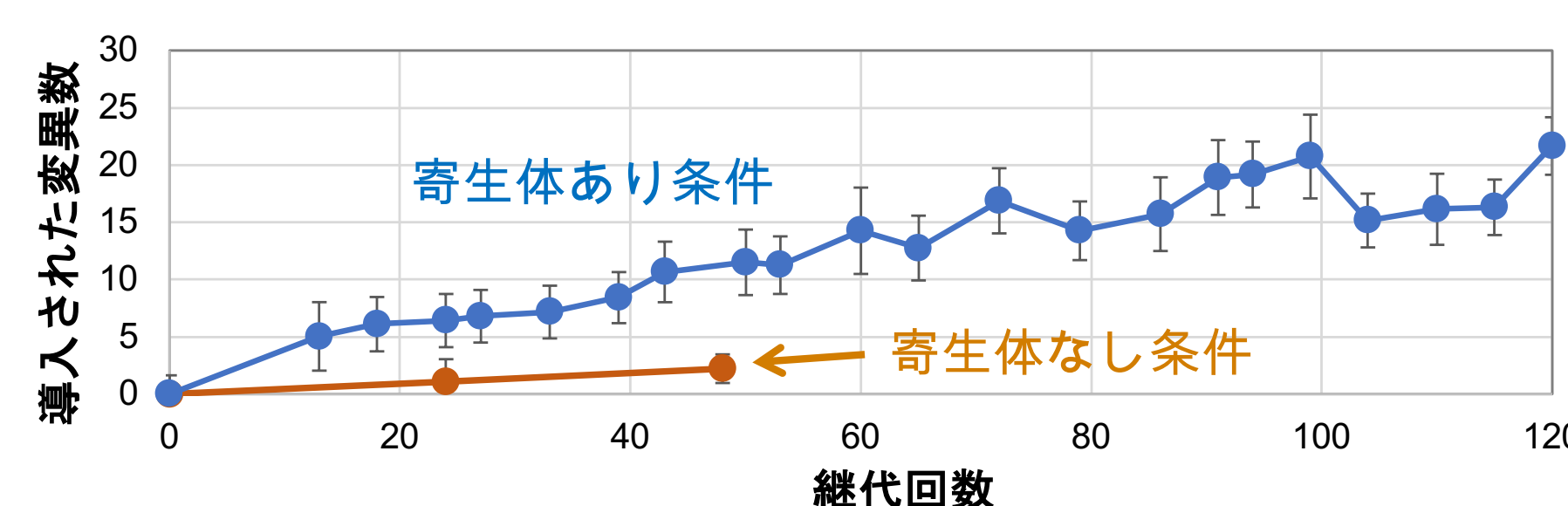


図6:進化の速度は一般的に導入された突然変異の数で測ることができる。寄生体存在下で継代実験をした時(図3)と寄生体が出現しないような条件で継代実験をしたときで変異の蓄積速度を比較すると、寄生体ありの条件が数倍大きくなった。この結果は、寄生体との共進化が宿主RNAの進化を加速させていることを示している。

7 宿主 RNA の多様化

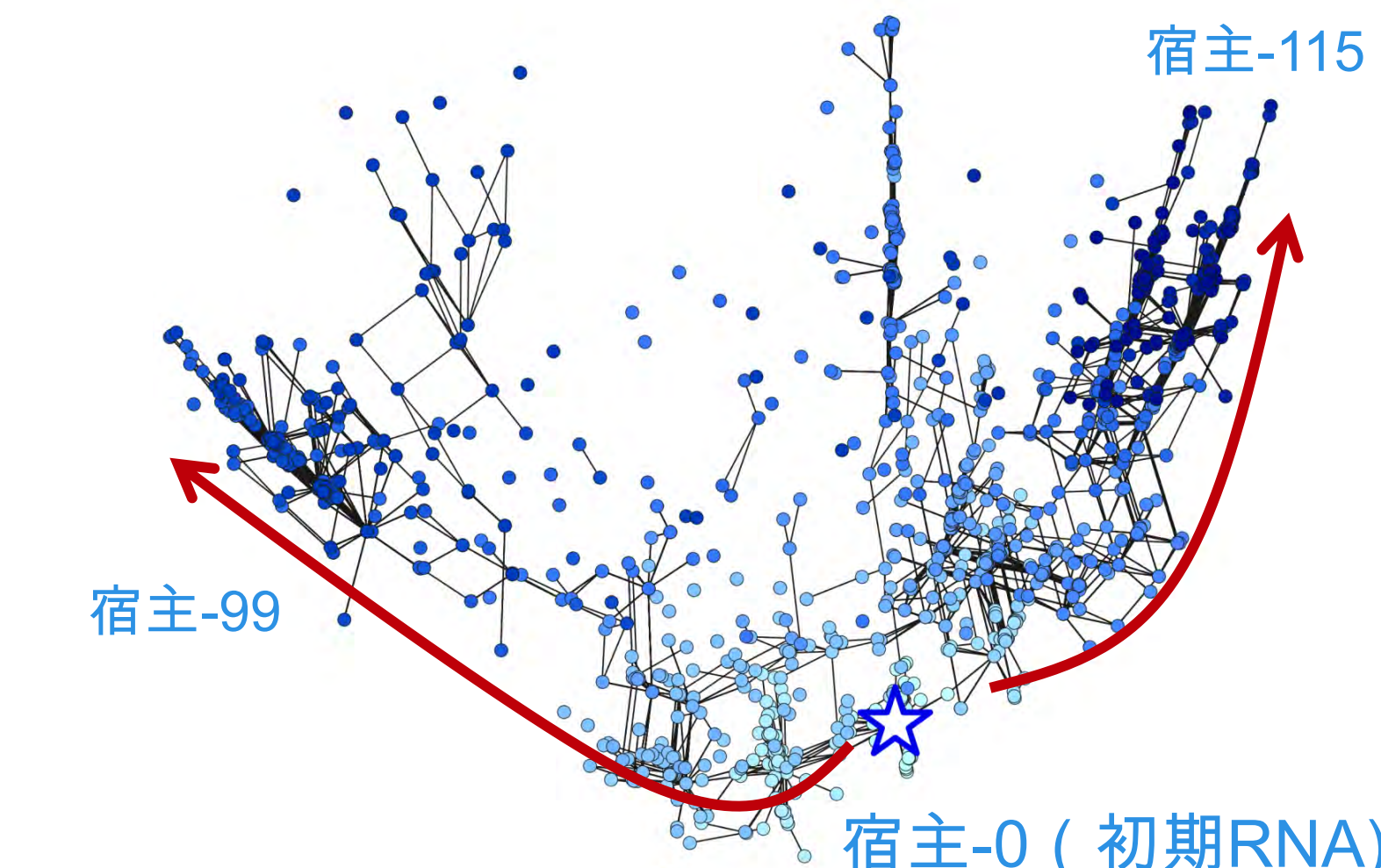


図7:宿主RNA配列の変化を可視化するために、継代中の各段階の宿主RNAを回収し、各時点で最も頻度が高い配列を100個選んで、配列が似ているほど近くに配置されるように図示した。星印がスタート時の配列、丸印が進化途中に現れた配列を示す。丸印の色は、図3の色に対応しており、濃い青色になるほど継代時間が進んでいることを示す。進化の方向性は、赤矢印で示すように大きく2系統があることが読み取れる。この2系統は最終的なRNA集団でも生き残っており、宿主RNAが少なくとも2系統に多様化していることを示している。この多様化した2系統が次に新しい機能を進化させ、生物へと近づいていくことを期待している。



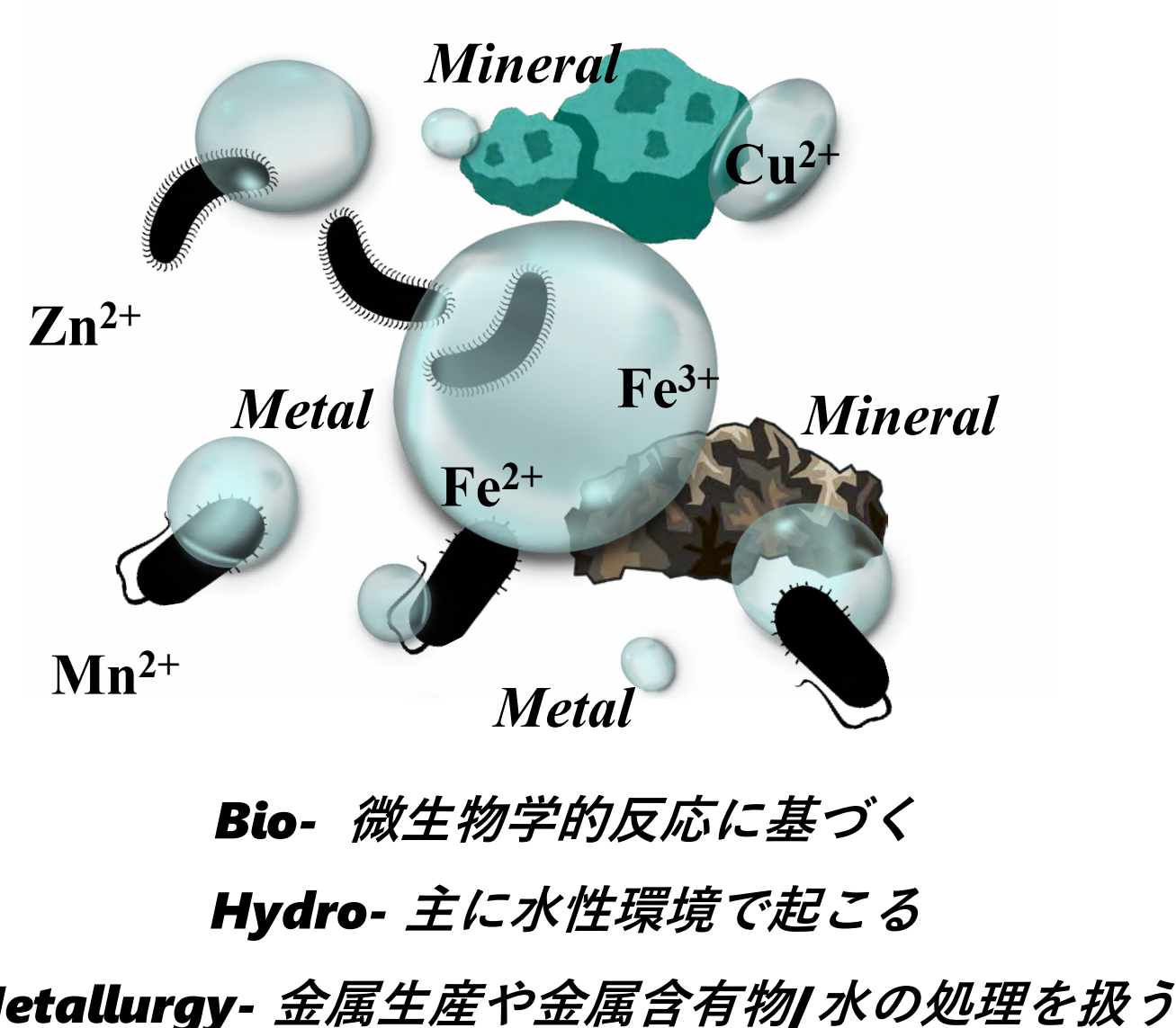
おき べ な お こ 沖部 奈緒子

九州大学大学院 工学研究院地球資源システム工学部門 資源処理・環境修復工学研究室 准教授

微生物の力を活用した金属製錬法の開発 ーバイオハイドロメタラジーによる金属資源開発技術で サステイナブルな社会創生を目指すー



Biohydrometallurgy



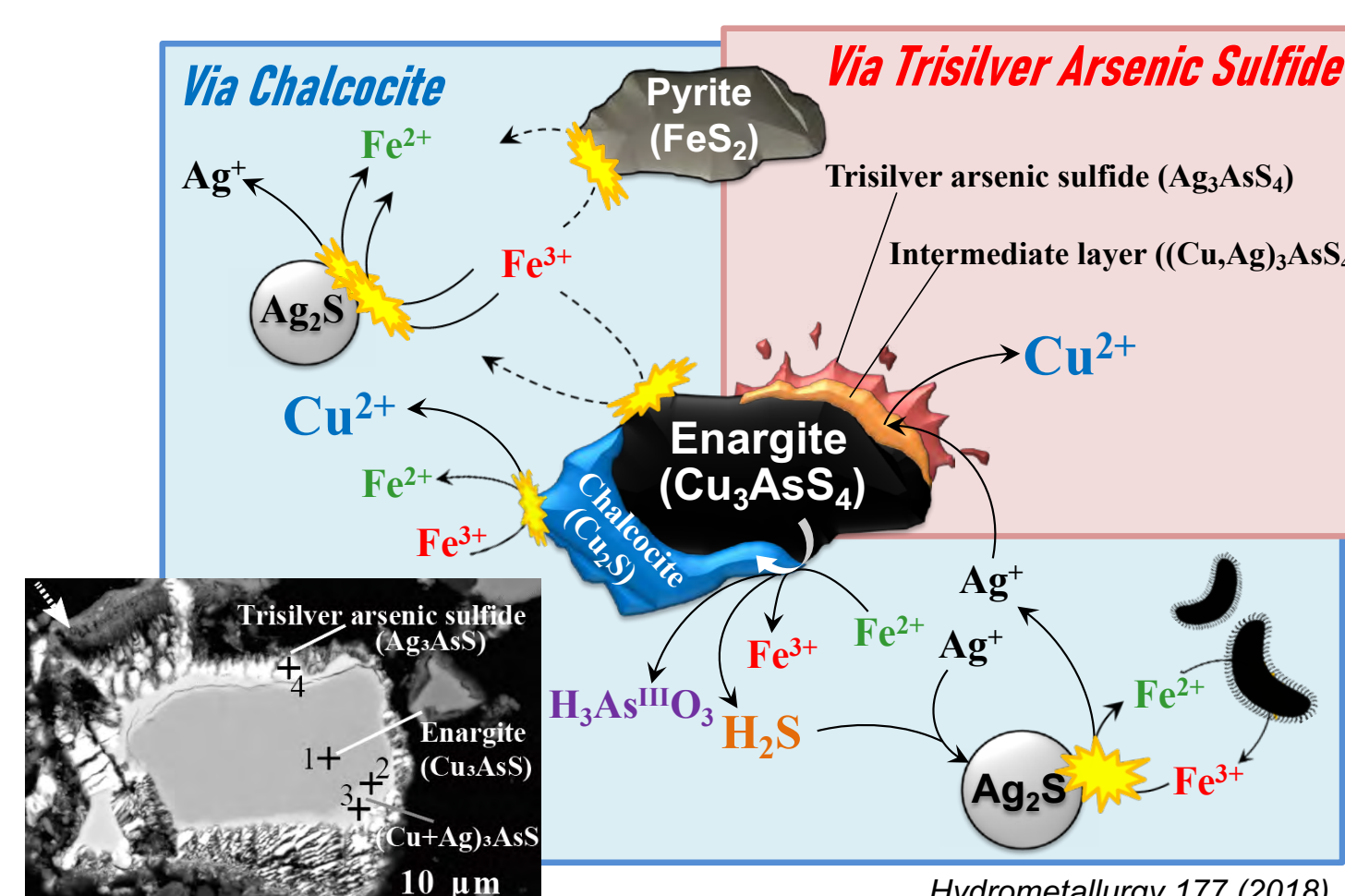
1 サステイナブルな金属供給に向けた技術革新

あらゆる産業基盤の中核を成す「金属」は、「鉱石」という地下資源として採掘された後、様々な分離・精製プロセスを経て初めて「素材」に変化する。地下資源の枯渇が現実迫る中、持続的な金属供給を叶えるためには、下記を可能とする技術革新が必要である:

- ① 従来技術では採算性が無いため未利用となっている低品位・難処理性の「天然地下資源」から有価金属を回収すること
- ② 廃棄された電子機器や工業触媒、つまり「都市鉱山廃棄物」を「地上二次資源」とみなして有価金属を再回収すること
- ③ 鉱山や製錬所で発生する各種「金属汚染水」を経済・環境負荷の低い処理技術で浄化すると共に、汚染水中の有価金属を資源として回収すること
- ④ 少量でも高機能を有する金属ナノ粒子を生成することで、付加価値を創製すること

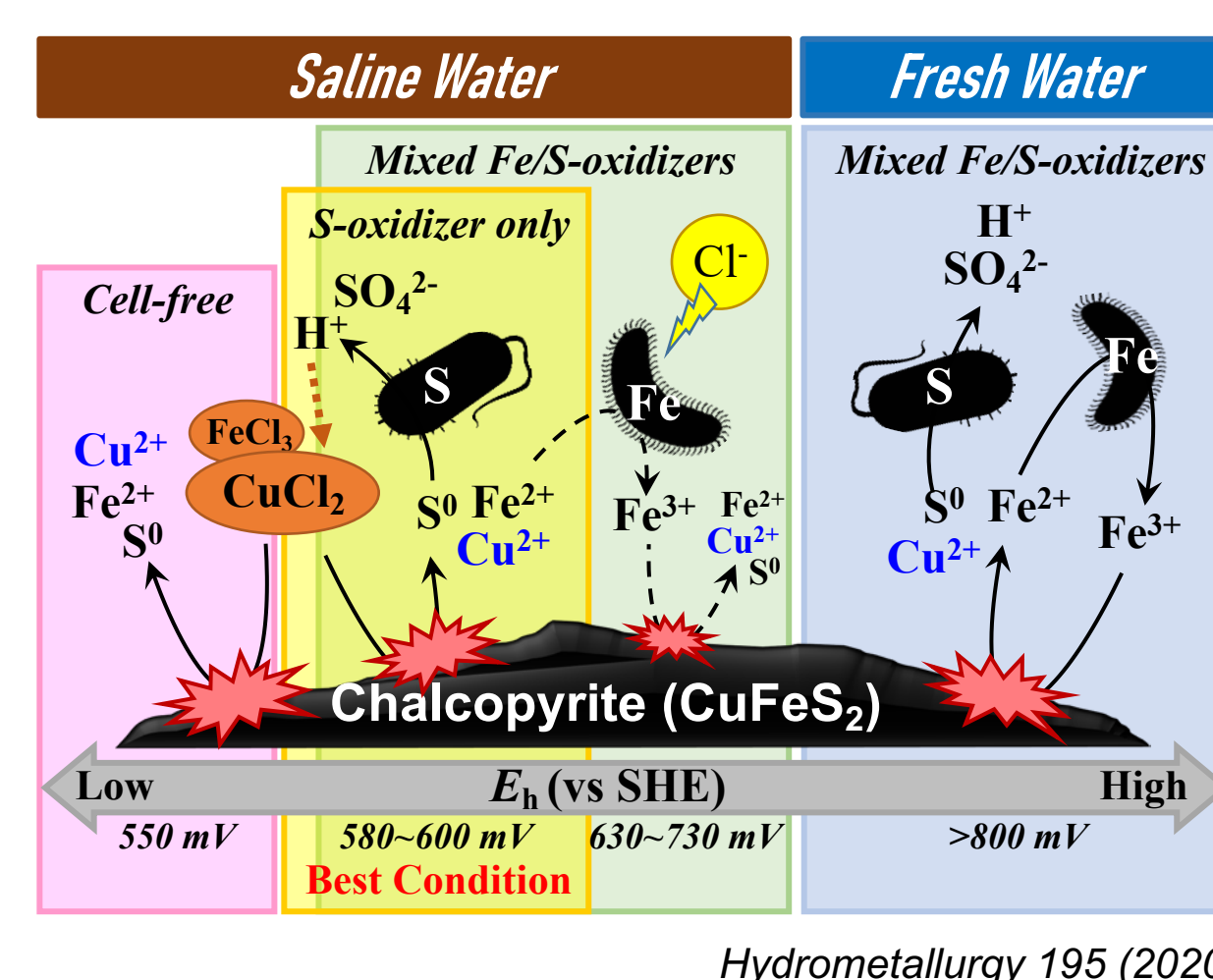
これらの課題に対して Biohydrometallurgy (生物学的湿式製錬技術) を主たるアプローチとして取り組む。

2 使えなかった天然地下資源を使えるものに ー未利用鉱物からの有価金属回収ー



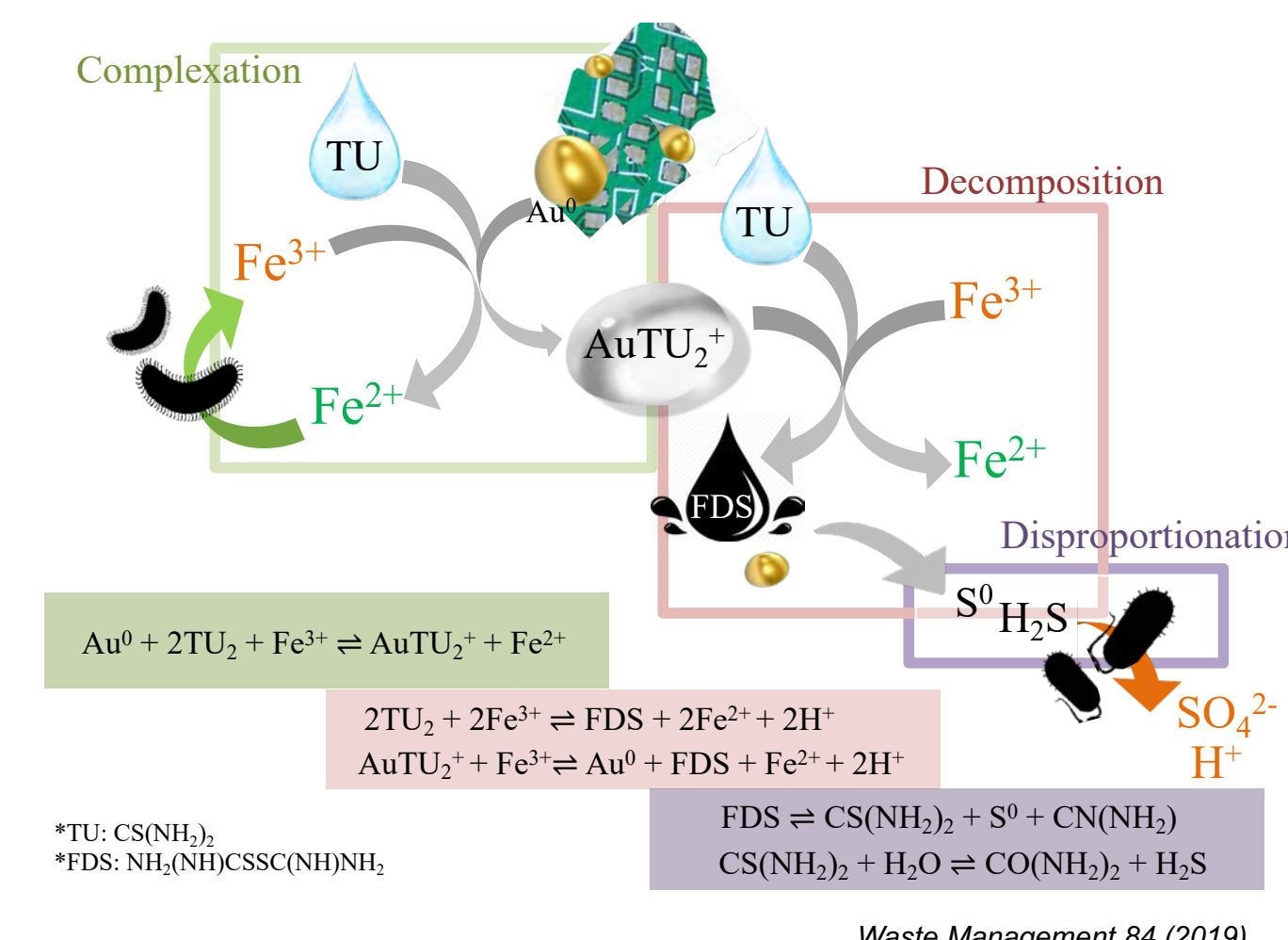
難処理性鉱物である一次硫化銅鉱、特に毒性の高いヒ素(As)を含む銅鉱物から微生物学的に効率よく銅を浸出させる(バイオリーチング)。バイオリーチングに種々の無生物学的反応を同伴させた場合の浸出促進効果メカニズムを明らかにし、技術としての有効性を示していく。図は銀をわずかに含有する場合の浸出メカニズム。その他、活性炭などのバイオリーチング触媒効果も明らかにした。

3 使えなかった天然地下資源を使えるものに ー資源国の塩水化問題ー



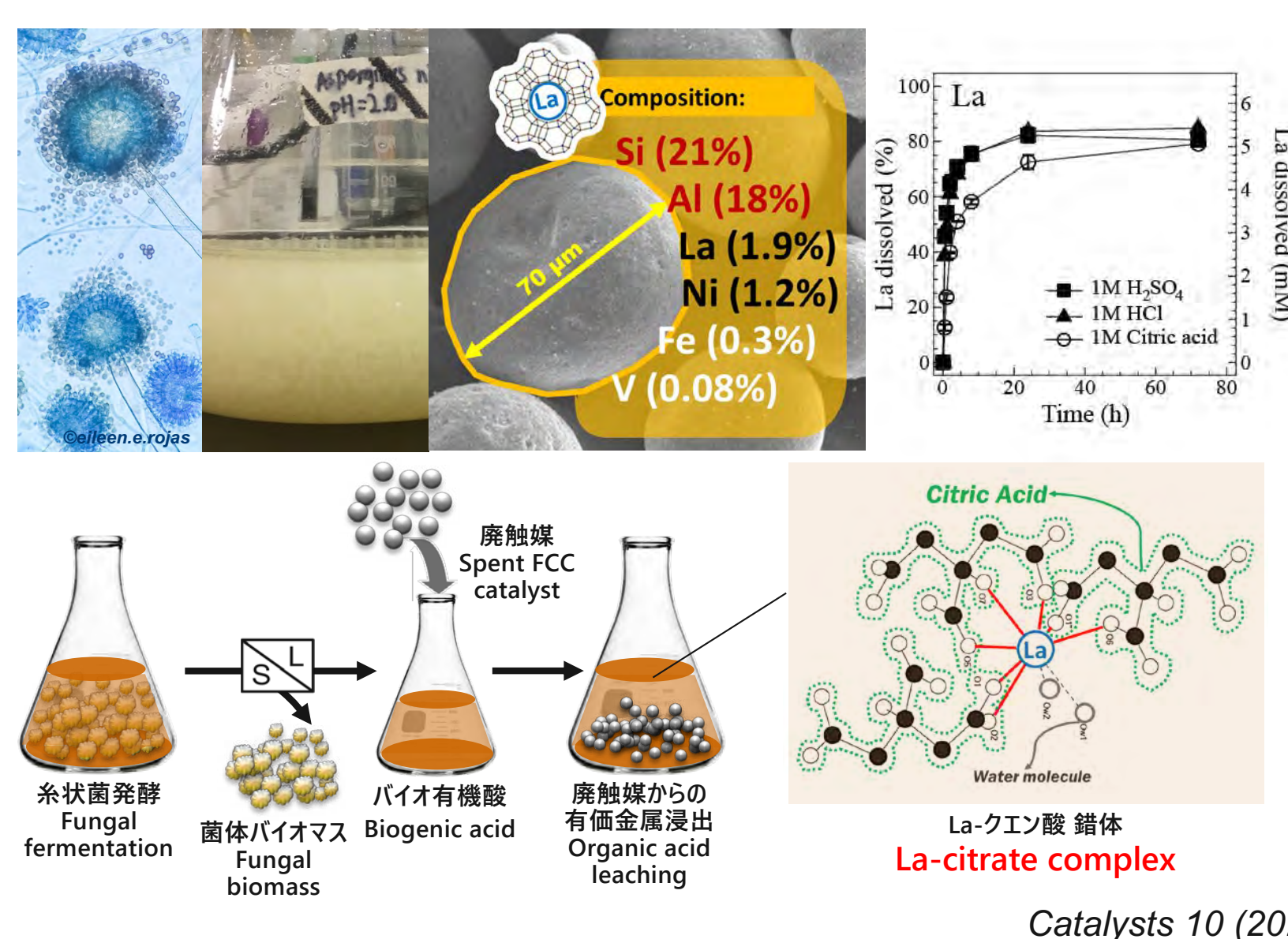
難処理性一次硫化銅鉱である黄銅鉱は将来的な銅資源として期待される。ここでは、特に資源国で問題視されている淡水の枯渇に際して、塩水をバイオリーチングに利用する場合に必要な条件設定や有効性を明らかにした。

4 「都市鉱山廃棄物」は地上の二次資源 ー廃プリント基板から金を回収ー



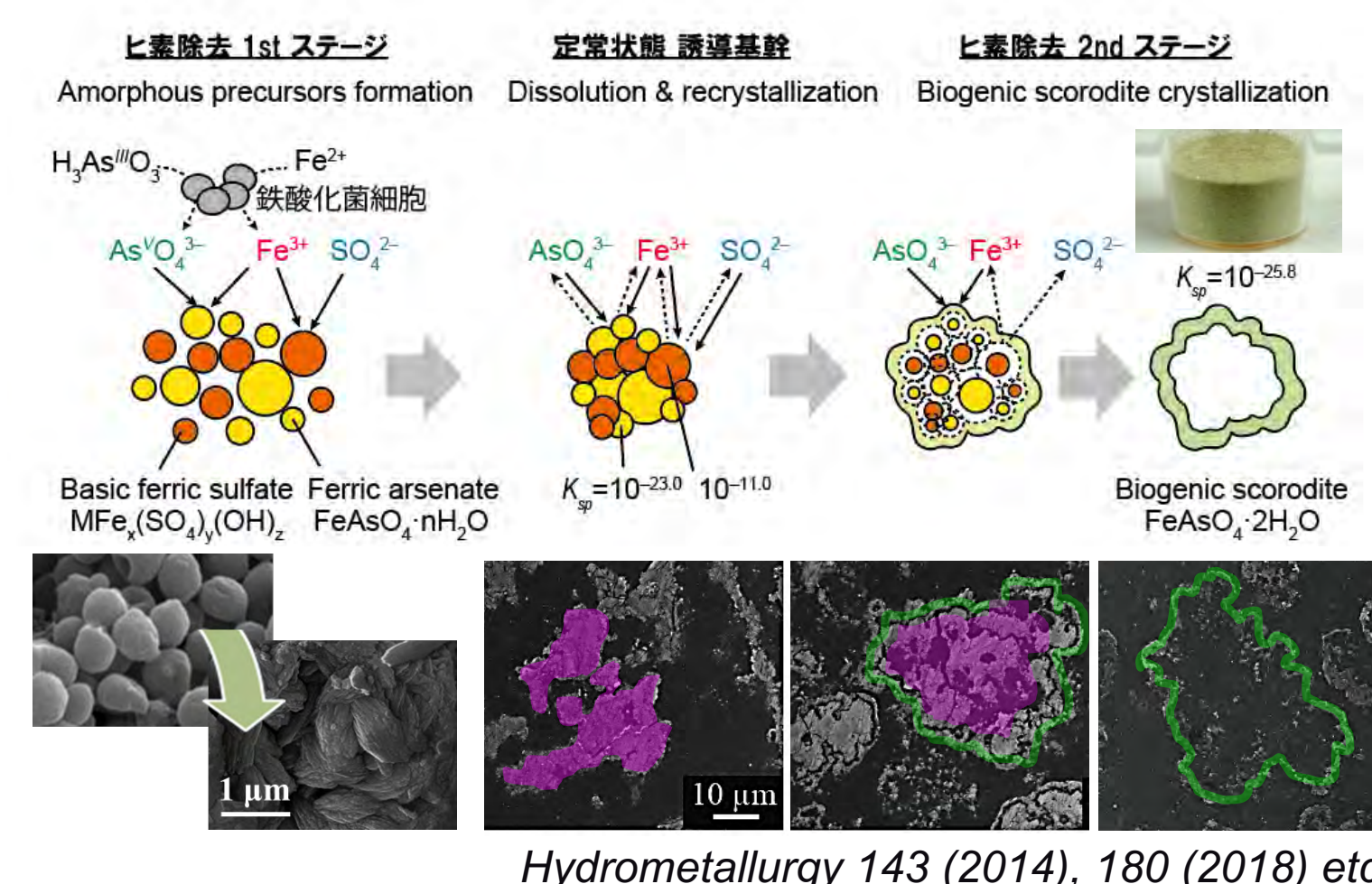
寿命を終えた電気電子機器基板や工業触媒は、天然鉱石よりも高濃度の有価金属を含む「都市鉱山」である。廃基板から金を浸出するために、化学的「チオ尿素法」とに微生物学的鉄酸化反応を相互作用させることで、溶液電位をコントロールし必要試薬量を抑制した「バイオチオ尿素法」を開発した。

5 「都市鉱山廃棄物」は地上の二次資源 ー廃石油精製触媒からレアメタルを回収ー



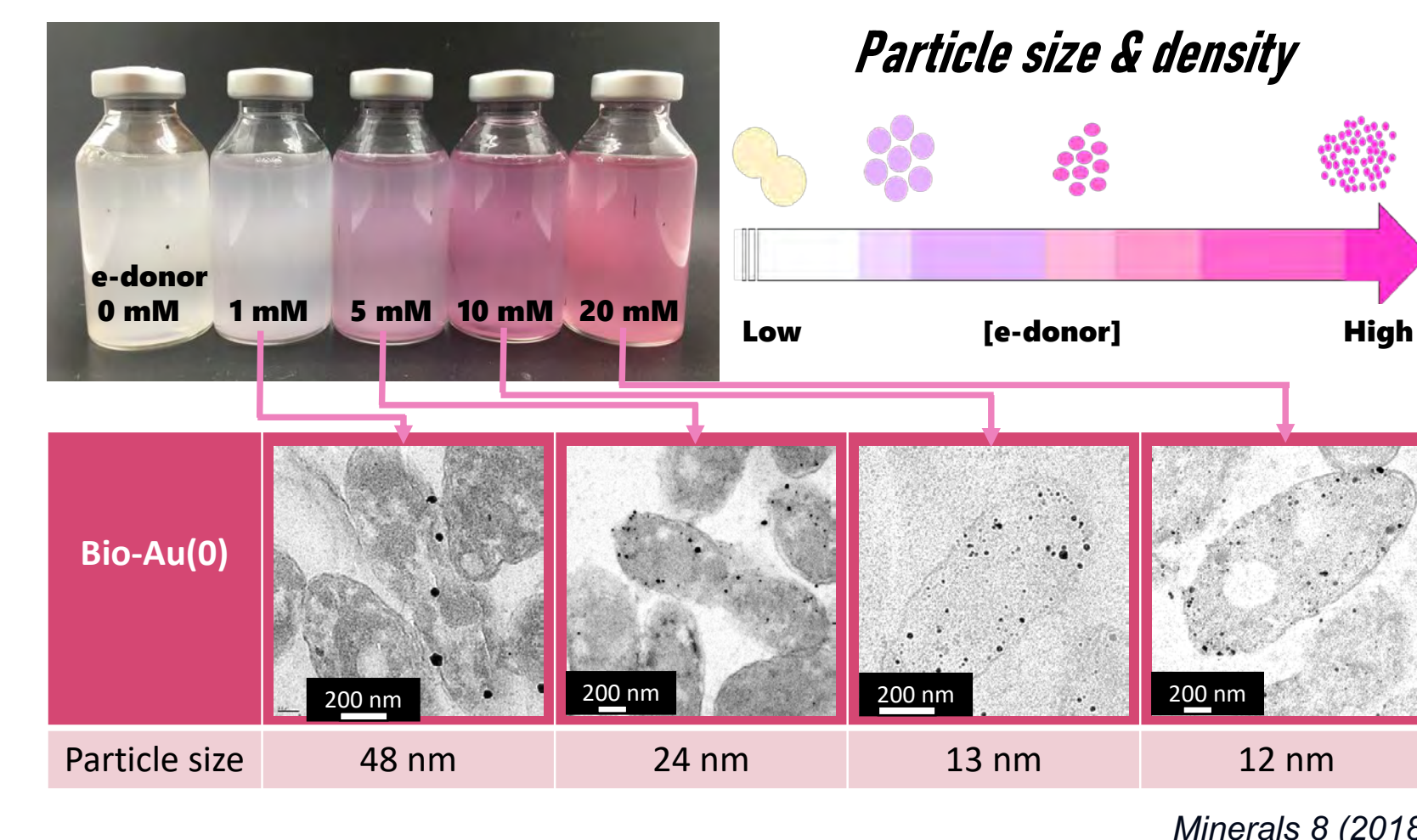
各種廃触媒は高品位の有価金属を含有する。金属種によって有効な浸出剤は異なるが、ここではカビで発酵生成した有機酸を利用して廃触媒のケミカルリーチングを行い、希土類元素であるランタン(La)を金属-有機酸錯体として浸出することに成功した。

6 製錬廃液からの高毒性ヒ素の除去



資源の枯渇に伴い、ヒ素のような不純物を含む地下資源利用が増大している。極限微生物である好熱好酸性鉄酸化アーキアを利用することで、廃液に含まれるヒ素と鉄を同時酸化し、高安定性の結晶性スコロダイトとして沈殿除去することに成功した。「バイオスコロダイト」の生成メカニズムを詳細に明らかにした。その他、廃液中のクロム、バナジウム、セレン、マンガン、亜鉛など各種金属のバイオ回収法について報告している。

7 バイオ金属ナノ粒子の創生



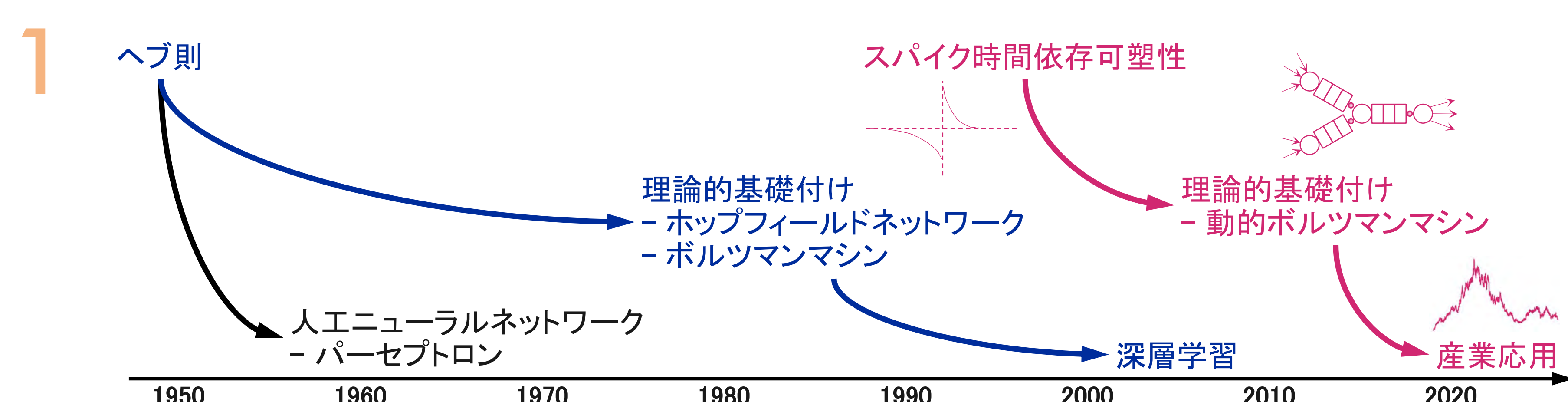
超好酸性細菌やアーキアによる金属還元反応を利用することで、各種貴金属・レアメタルのバイオナノ粒子を生成する。金属は微小粒子になることで比表面積が増大し、少量でも高い触媒作用を発揮することができる。この図では、電子供与体の濃度を調整することで、サイズの異なる金のバイオナノ粒子を生成した。その他、パラジウム、プラチナ、モリブデンのナノ粒子も生成している。



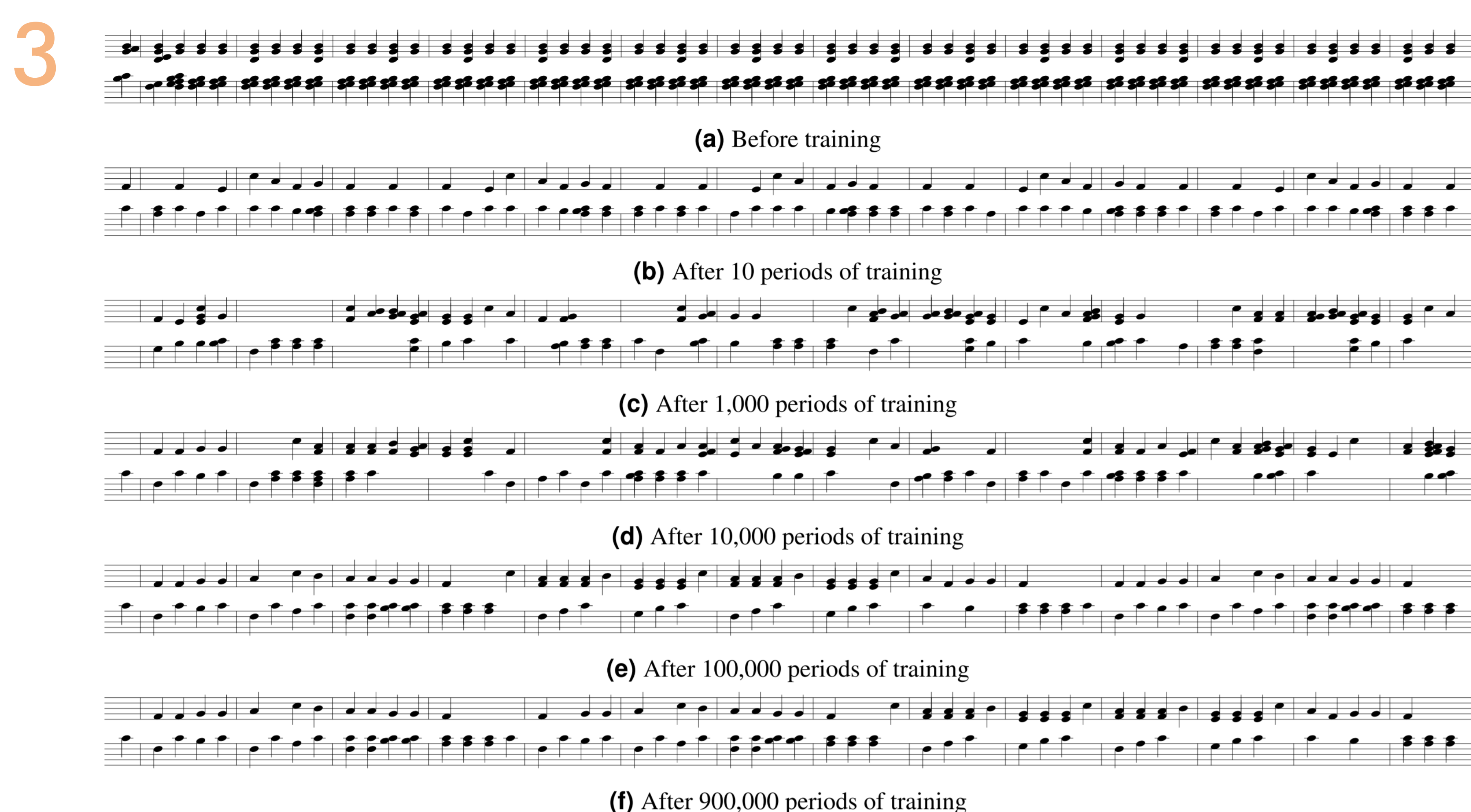
恐神 貴行

日本アイ・ビー・エム株式会社 東京基礎研究所
シニア・テクニカル・スタッフ・メンバー

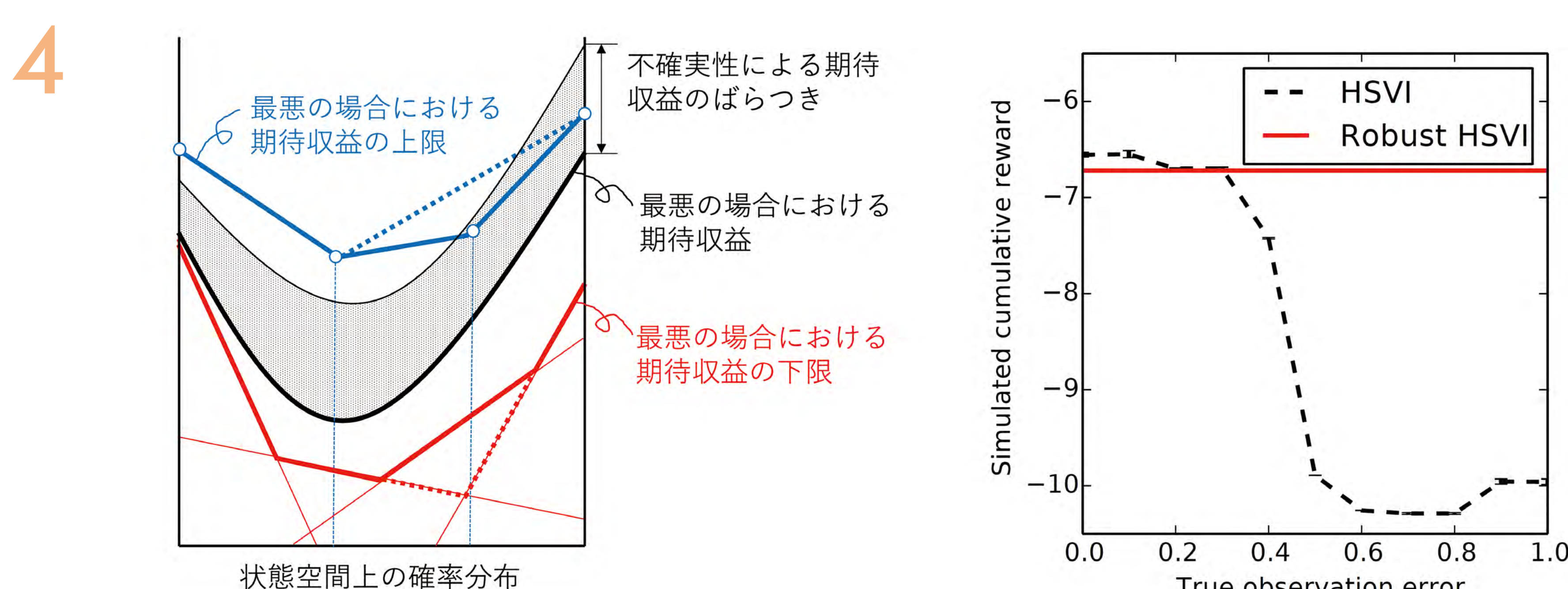
生物の脳を再現した機械学習の新技术開発 —確率的な環境における意思決定技術に関する、 科学への貢献から産業応用まで—



生物の脳は、神経細胞間の結合の強さを変えることで学習をしており、この学習の法則として、ヘブ則やスパイク時間依存可塑性が提唱されてきた。従来の人工ニューラルネットワークはヘブ則から発展してきたが、スパイク時間依存可塑性に理論的な基礎付けを与えるのが動的ボルツマンマシンであり、新たな人工ニューラルネットワークの発展が期待される。



12個の神経細胞からなる動的ボルツマンマシンが、ドイツ民謡「山の音楽家」を簡略化した音符列を学習し、一部を提示すると、それに続く系列を想起するようになる様子 [1]。



不確実性のある場合には悲観的な状況を考慮することで、観測にノイズがある場合でも高い収益が得られるように行動を選んでいくリスク考慮型の逐次的意思決定技術 [2]。



7個の神経細胞からなる動的ボルツマンマシンが、文字列「SCIENCE」を表すビット系列とその逆系列を学習し、一方の一部を提示すると、それに続く系列を想起するようになる様子 [1]。



不完全な情報を頼りに、複数のエージェントを協調させ、長期的な目的を達成するために、逐次的に意思決定していくことが求められるPommerman。リスク考慮型の逐次的意思決定技術は、致命的な失敗を避けながら目標を達成する。

[1] T. Oosaka and M. Otsuka, "Seven neurons memorizing sequences of alphabetical images via spike-timing dependent plasticity," Scientific Reports 5, 14149 (2015).
[2] T. Oosaka, "Robust partially observable Markov decision process," in Proceedings of the 32nd International Conference on Machine Learning, pages 106-115 (2015).



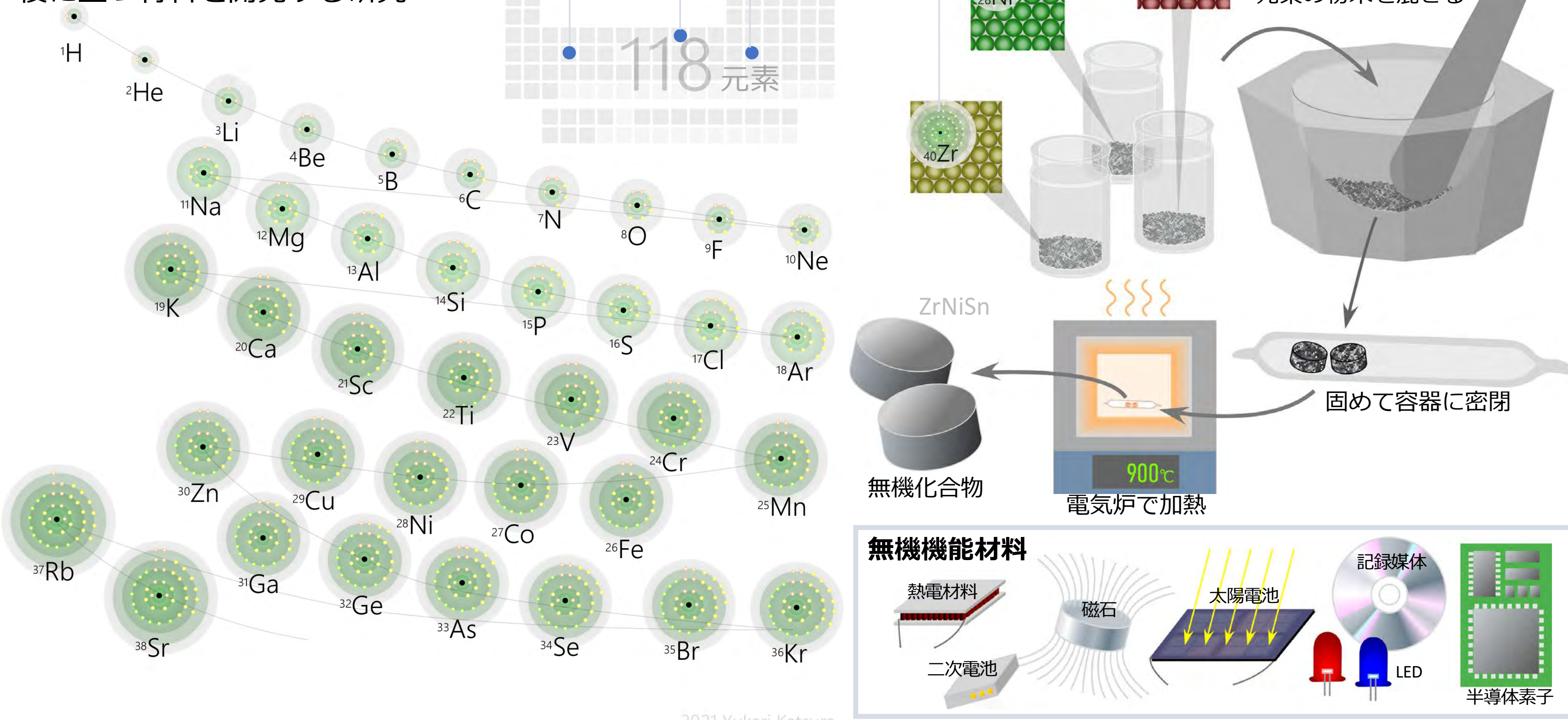
桂 ゆかり

国立研究開発法人 物質・材料研究機構 統合型材料開発・情報基盤部門 主任研究員
東京大学大学院 新領域創成科学研究科 特任助教
国立研究開発法人理化学研究所 革新知能統合研究センター 客員研究員

論文から過去の実験データを集めることで 大規模材料物性データベース Starrydata を構築 —材料科学にデータ科学を取り入れたマテリアルズ・インフォマティクスに貢献—

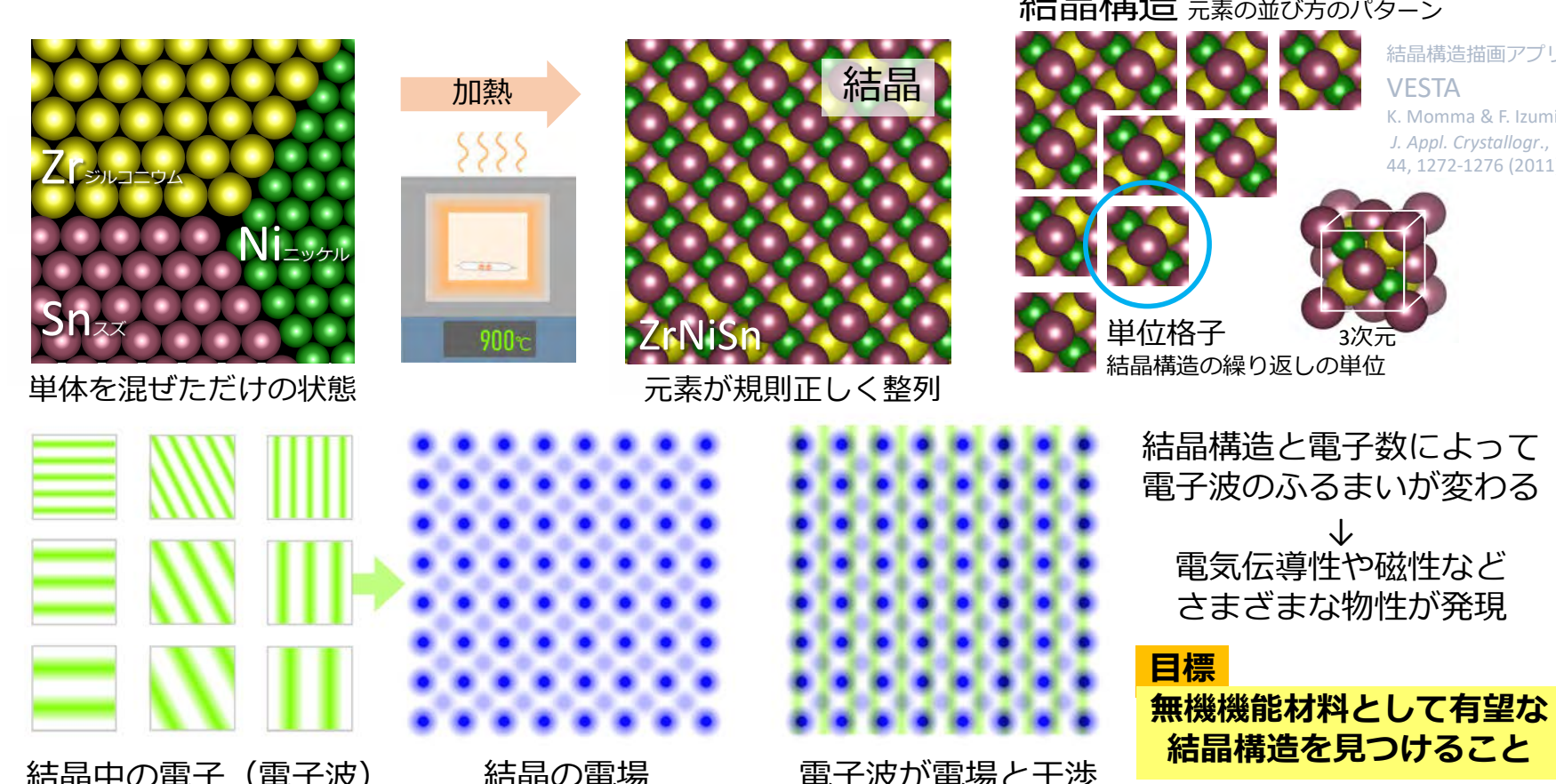
1 無機材料科学

周期表の元素を反応させることで
役に立つ材料を開発する研究



無機材料科学とは、周期表に載っている元素を混ぜて反応させることで、役に立つ「無機機能材料」を作り出す研究です。磁石や太陽電池など、日常生活の中で使われている機能材料もあれば、熱電材料など、これからの普及が期待される機能材料もあります。

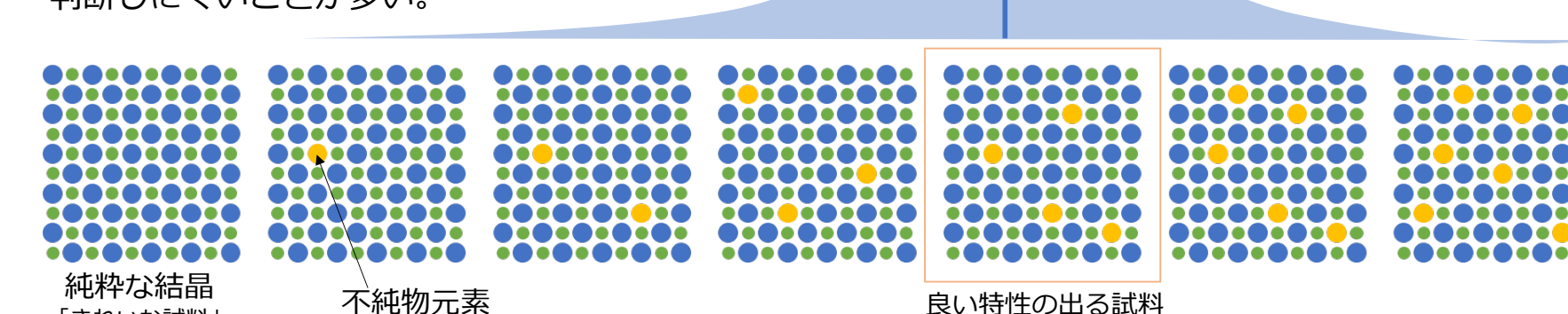
2 無機機能材料と結晶構造



複数の元素を混ぜて加熱すると、原子たちが規則正しく整列して「結晶」を形成します。この並び方のパターンが結晶構造であり、安定なものだけで3万種類以上もあります。結晶の中では、電子の波が結晶の電場と干渉することで、さまざまな物性が現れます。機能材料として利用できそうな結晶構造を見つけ出し、実験によって確かめることが、無機材料科学の研究です。

3 無機材料科学研究の複雑さ

ある結晶構造が機能材料として有望かどうかは
たくさんの試料を合成・測定してみるまで
判断しにくいことが多い

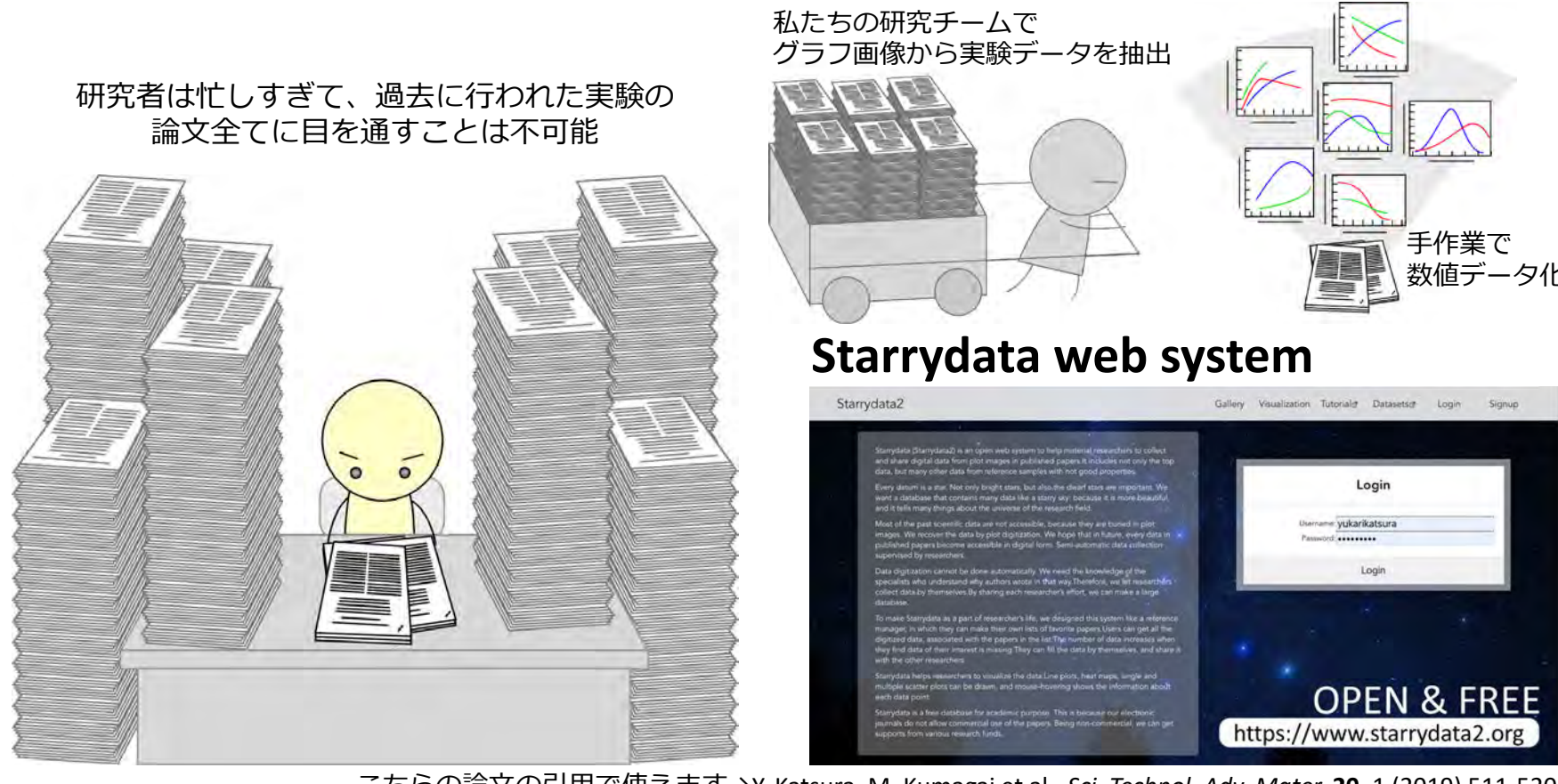


例：熱電材料

熱と電気を相互変換できる材料。
・熱発電電：温度差を与えると発電する。
・ペルチェ冷却：電流を流すと温度差を作る。
不純物元素によって電子やホールの濃度と熱伝導率を調整することで、高い熱電変換効率を実現する。

ただし、無機材料科学の研究は複雑です。せっかく良い結晶構造を選んで、不純物元素を混ぜた試料をたくさん作ってみるまで、良い特性が発現しないことが多いからです。たとえば熱電材料は熱と電気を相互変換できる便利な材料ですが、純粋な結晶では熱電特性が悪いことが多く、大量の不純物元素を混ぜることで初めて良い特性が出るという厄介な材料です。

4 本研究：過去の無機材料研究をデータベース化

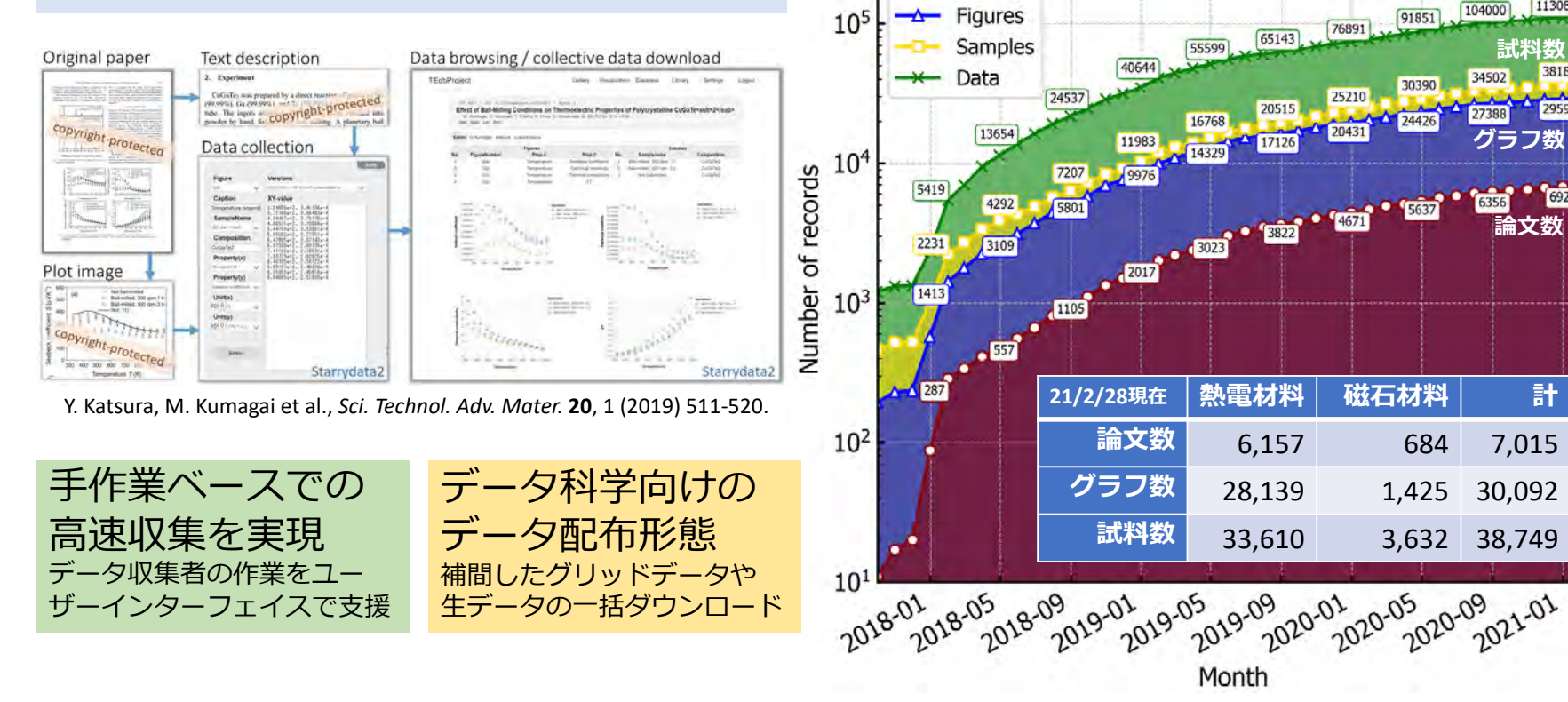


こちらの論文の引用に使えます→Y. Katsura, M. Kumagai et al., Sci. Technol. Adv. Mater. 20, 1 (2019) 511-520.

そんな中重要になるのが、これまでにどんな試料が合成されて、どんな特性が出たのかという実験データです。しかし、これらのデータは論文の中にグラフ画像として埋まったままで、デジタルでアクセスすることができませんでした。そこで私たちが開発したのが Starrydata web システムです。これを使って論文中のグラフ画像から数値データを抽出し、試料情報とともに記録することで、データベースとしてまとめました。

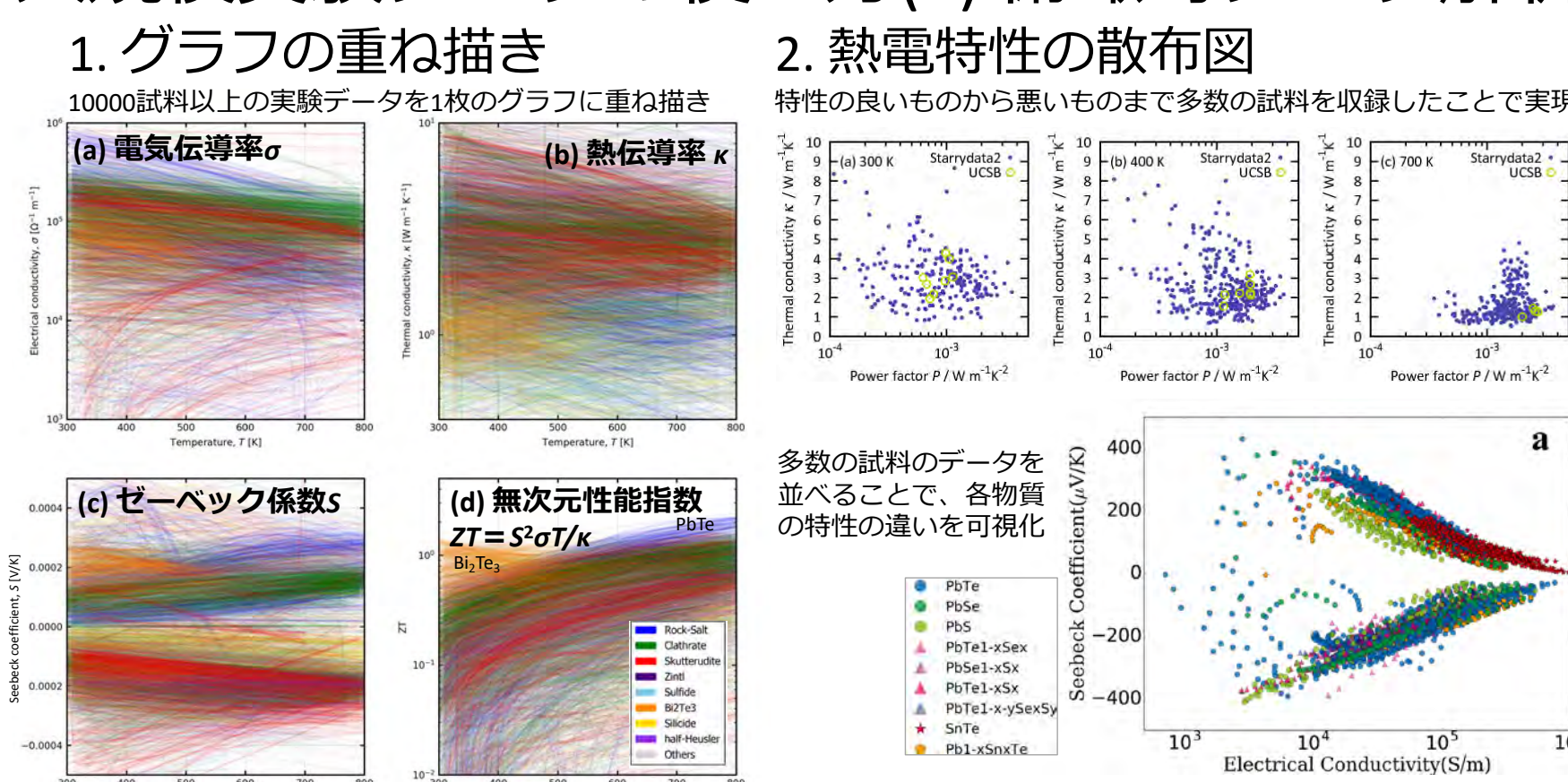
5 Starrydata web システムの特徴

著作権を侵害せずに実験データを共有



このシステムの特徴は、論文の著作権を侵害せずに、数値データのみを共有できることです。現代のAIはデータ収集作業に対応できるほど正確ではないので、代わりに手作業のデータ収集を効率化するUIを開発しました。この結果、数名のデータ収集者による3年間のデータ収集で、世界最大の実験的熱電特性のデータセットを集めることができました。この大規模実験データは、ユーザーが無料で一括ダウンロードできる形で提供しています。

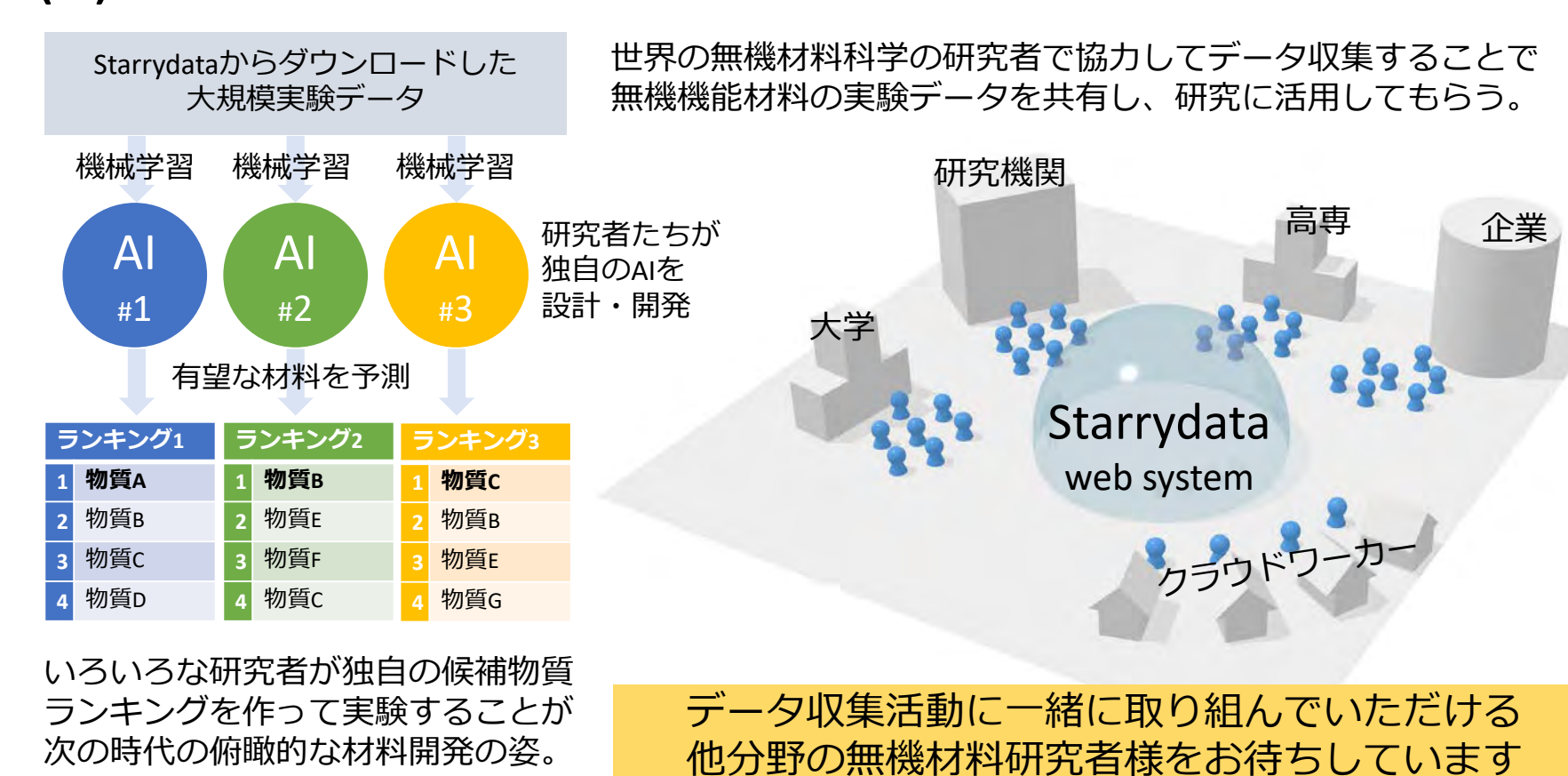
6 大規模実験データの使い方(1) 俯瞰的データ解析



Y. Katsura, M. Kumagai, T. Kodani et al., Sci. Technol. Adv. Mater. 20, 1 (2019) 511-520.

この大規模実験データをプログラムなどで解析すると、いろいろな知見が得られます。これまで論文中のグラフは、軸の単位やスケールが違うために相互比較が難しかったのですが、数値データ化したことにより、図のように材料ごとの傾向を直接比較できるようになりました。そうしたデータ解析がもたらす俯瞰的な材料科学の視点が、新しい無機機能材料の開発に大きく役立つと期待できます。

7 (2) AIの活用による俯瞰的材料開発



このような大規模実験データは機械学習 (AI) への利用にも最適です。AIの設計は研究者の個性の出どころであり、各研究者が独自のAIで俯瞰的に有望材料を予測しながら実験することが、次の時代の材料科学の姿であると考えています。そのためのインフラ整備の一環として、さまざまな無機機能材料の大規模実験データを収集して、世界に提供していくことを目指しています。



鎌田 雄一郎

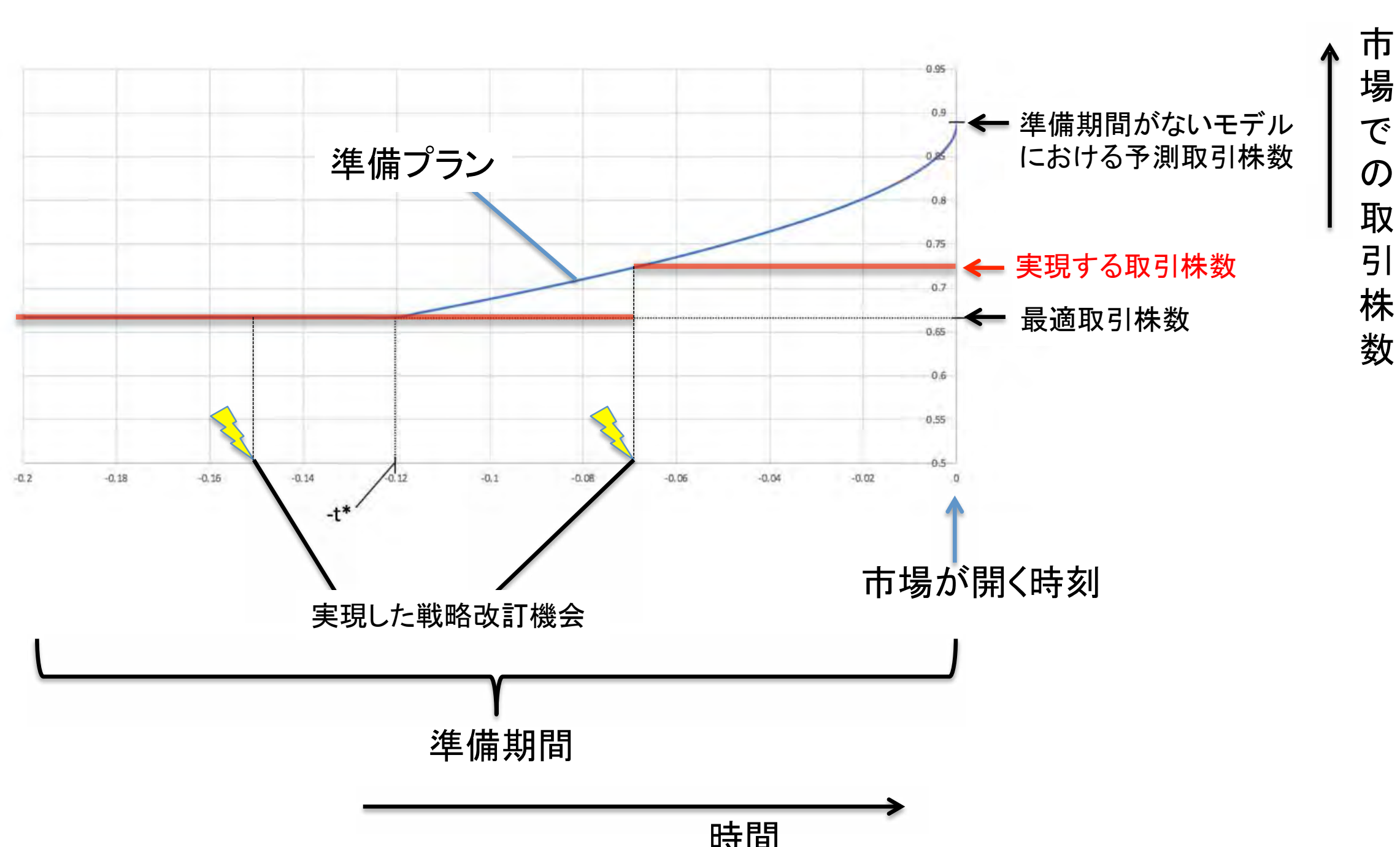
カリフォルニア大学バークレー校 准教授
NTT リサーチ サイエンティスト
東京大学大学院経済学研究科 グローバル・フェロー

Photo by Jim Block

ゲーム理論の理論研究と制度設計への応用研究

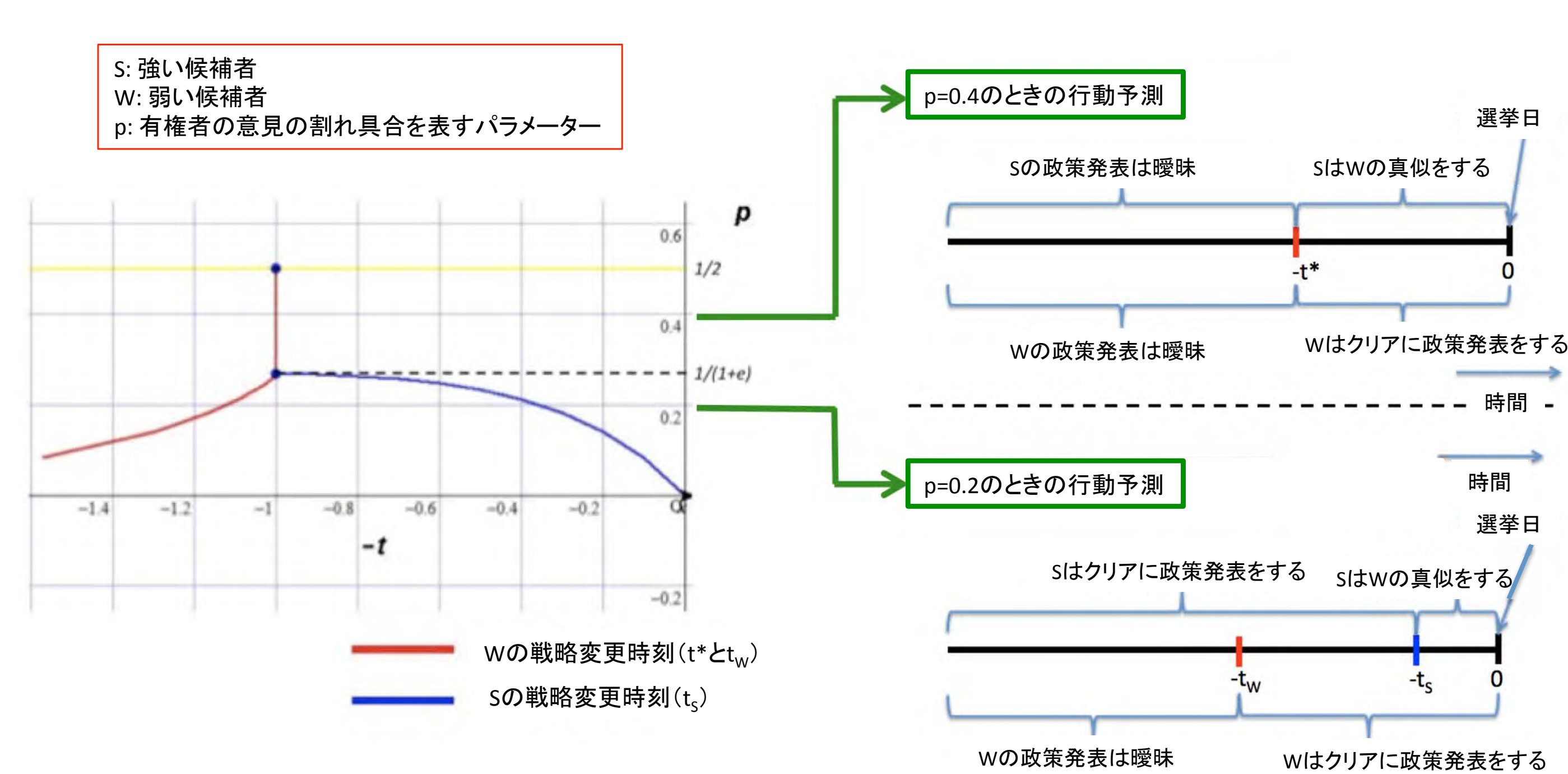
—待機児童の解消など社会課題の解決に効果的なマーケットデザインの開発—

1 株式市場の予測モデル



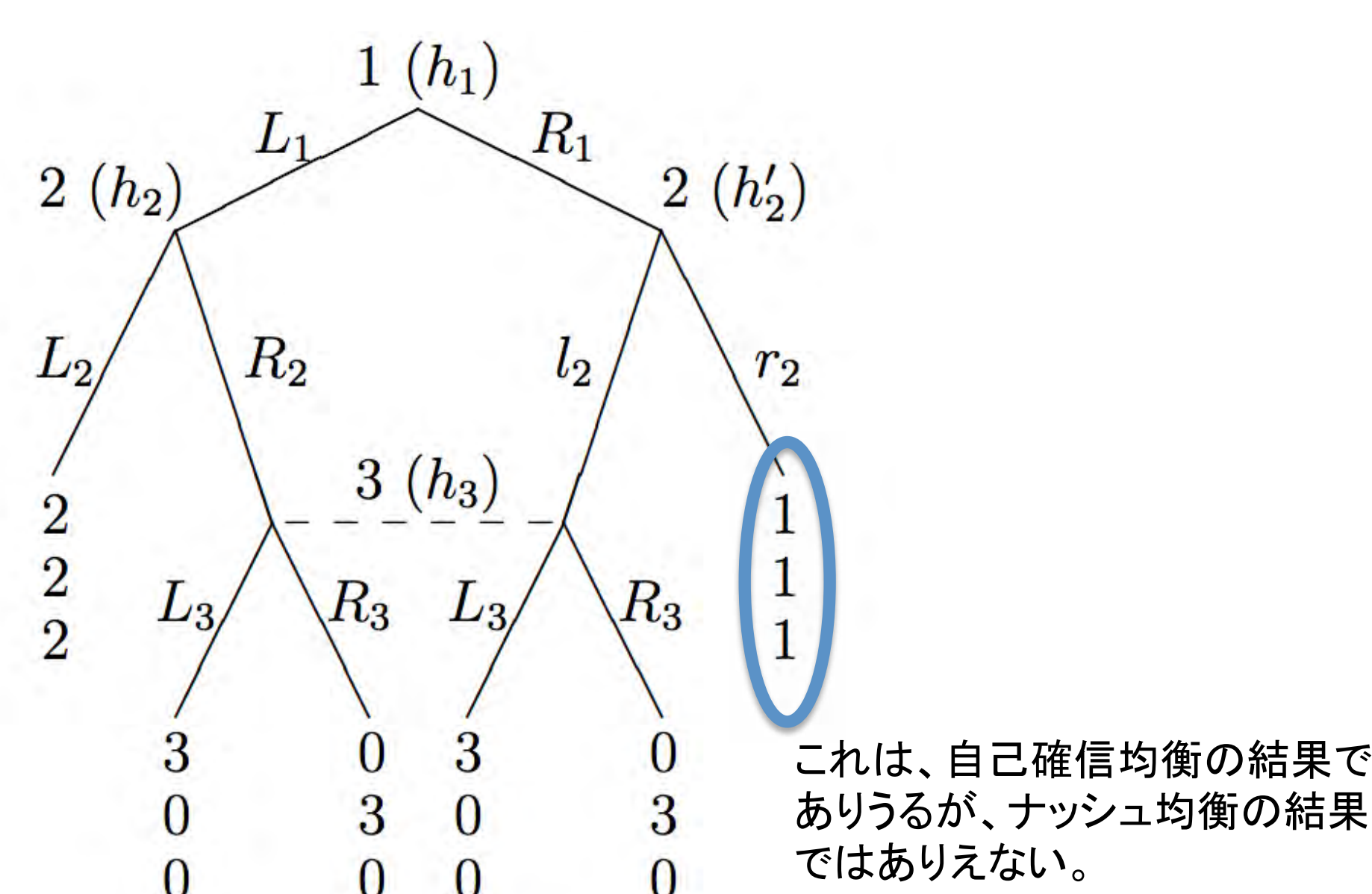
株式市場が開かれる前には、市場参加者(株の売り手と買い手)が自由に取引希望量を提出・改訂できる機会がある。参加者全員の取引希望量が、市場開始時に決まる取引価格に影響を与えるので、参加者はお互いの暫定的な取引希望量を見ながら、希望量の提出を改訂していこうとする。この状況を理論的にモデル化し、取引希望量が時間とともに変化する現象を説明することに成功した。このように、取引がされる前に準備段階があるという状況は多々あるが、考案されたモデルはそのような状況に対応するものである(Kamada, Yuichiro and Michihiro Kandori (2020): "Revision Games," *Econometrica*, 88(4): 1599-1630)。

2 選挙戦の予測モデル



選挙においては各候補者が、お互いがどのようなマニフェストを出してくるかを読み合いながら、当選確率を上げるべく最適なマニフェストを決定する。このことを理論的にモデル化した論文は多数あったが、選挙戦が時間を通して行われ、その間に候補者の政策発表も変わっていくという側面はほとんど考えられてこなかった。この部分を理論的にモデル化し、候補者の直面する複雑なインセンティブおよびそこから派生する多様な行動を、理論予測として導き出した(Kamada, Yuichiro and Takuo Sugaya (2020): "Optimal Timing of Policy Announcements in Dynamic Election Campaigns," Forthcoming in *Quarterly Journal of Economics*)。

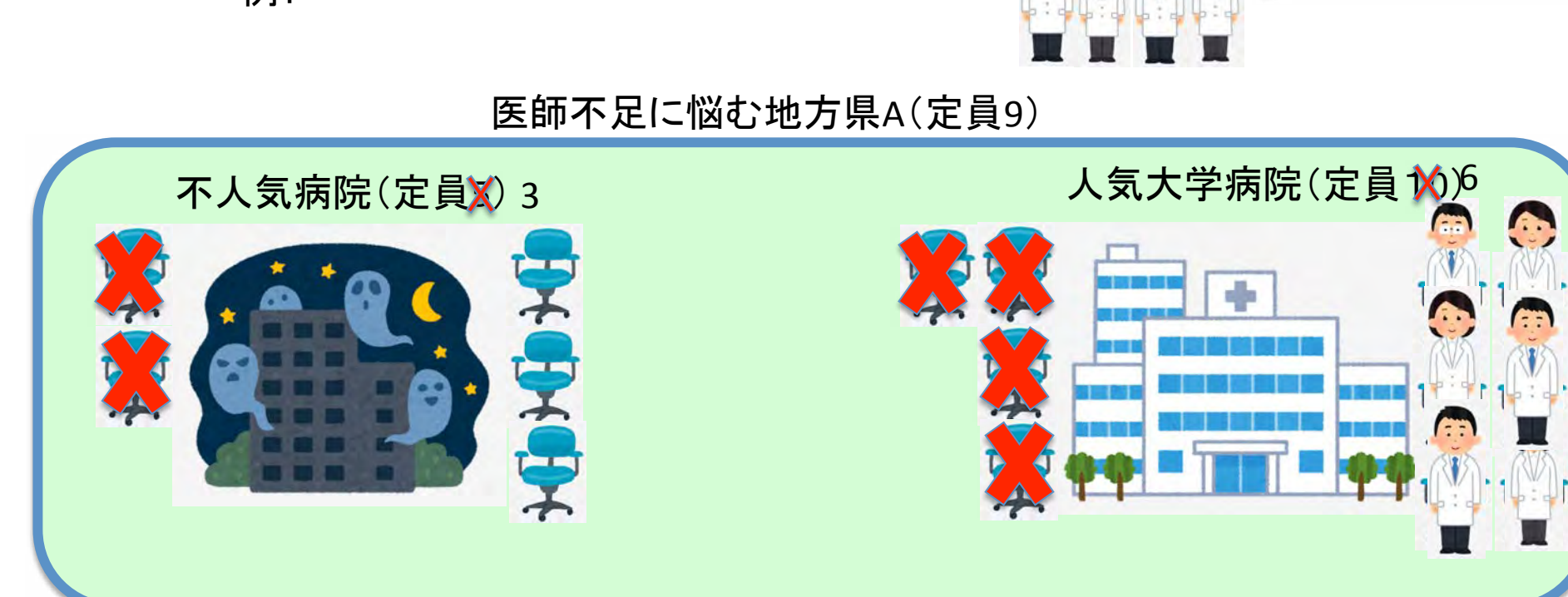
3 ゲームにおける学習の理論



プレイヤーが相手の戦略を学習すると結局自己確信均衡(self-confirming equilibrium)が実現されるという理論が1993年に提唱され、「自己確信均衡のもと結果はナッシュ均衡の結果と一定条件のもと等しくなる」という定理が与えられた。この定理の反例を発見し、正しい定理を導き出したのが、海外留学のきっかけとなった論文である(Kamada, Yuichiro (2010): "Strongly Consistent Self-Confirming Equilibrium," *Econometrica*, 78(2): 823-832)。

4 研修医マッチング：現行方式の問題点

- ・ **現行方式**: 都道府県別定員が守られるように、(学生の希望にかかわらず)各病院の定員を一律削減。削減された定員のもと、マッチングを決定。
- ・ **問題点**: 医師不足問題が助長される可能性



日本で毎年行われている、研修医と研修先病院プログラムのマッチングに応用できる新しいマッチング方式を開発した。現行方式では、各病院の定員が、都道府県別の定員が守られるように一律削減されている。このために、もしある病院の枠が余ったとしても、それを同じ都道府県内の他の病院の枠に移し換えるということができない。このような硬直性をなくし、柔軟な対応を可能にするマッチング方式を開発した(Kamada, Yuichiro and Fuhito Kojima (2015): "Efficient Matching under Distributional Constraints: Theory and Applications," *American Economic Review*, 105(1): 67-99.)。

5 保育園マッチング：現行方式の問題点

- ・ **現行方式**: 制約が満たされるように、各園で、(家族の希望にかかわらず)各年齢の定員をあらかじめ設定。この定員のもと、マッチングを決定。
- ・ **問題点**: 待機児童問題が助長される可能性



日本の各自治体で毎年行われている、児童と認可保育園のマッチングに応用できる新しいマッチング方式を開発した。現行方式では各園で各年齢ごとに定員が定められているために、もしある年齢の枠が余ったとしても、それを他の年齢の枠に移し換えるということができない。このような硬直性をなくし、柔軟な対応を可能にするマッチング方式を開発した(Kamada, Yuichiro and Fuhito Kojima (2020): "Fair Matching under Constraints: Theory and Applications" Forthcoming in *Review of Economic Studies*)。

6 様々なリーチアウト活動



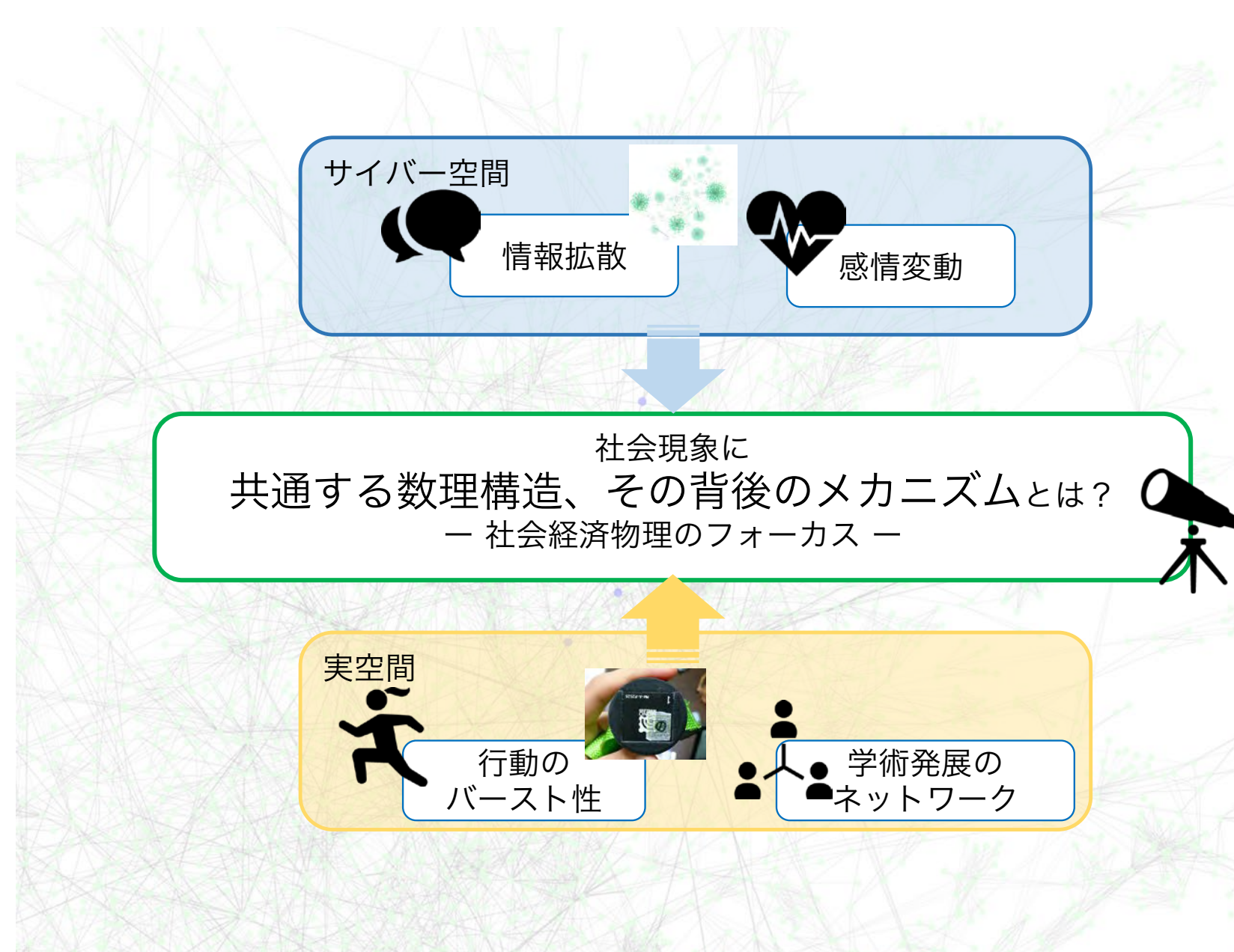
一般向けの経済学の啓蒙活動にも力を入れている。一般向けの書籍の出版のほか、「Zoomで経済学」と銘打ち、日本人若手経済学者が一般向けに最新の研究成果を発表する場を創り、オーガナイズしている。



佐野 幸恵

筑波大学 システム情報系 助教

「物理」の視点で複雑な「社会」を研究する：SNSにおける情報拡散パターンの解析

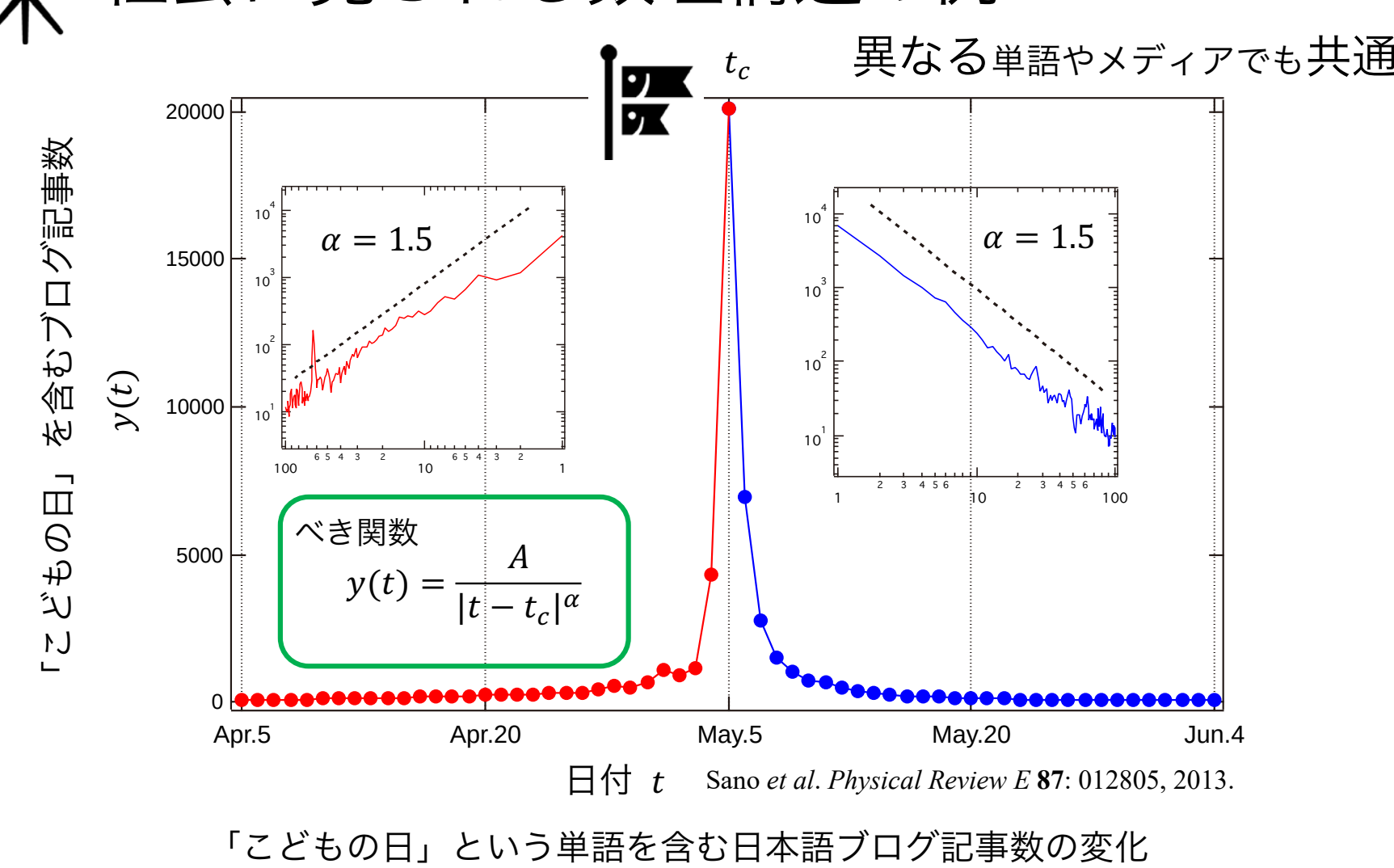


1

異なる現象の中に共通するメカニズムを探索する視点が、物理では重要になります。このような視点で社会現象を研究する分野は、「社会経済物理」と呼ばれています。社会経済物理学は、複雑な「社会」を物理現象のように捉え、新たな視点で分析します。社会経済物理の対象は、サイバー空間から実空間まで多岐にわたります。



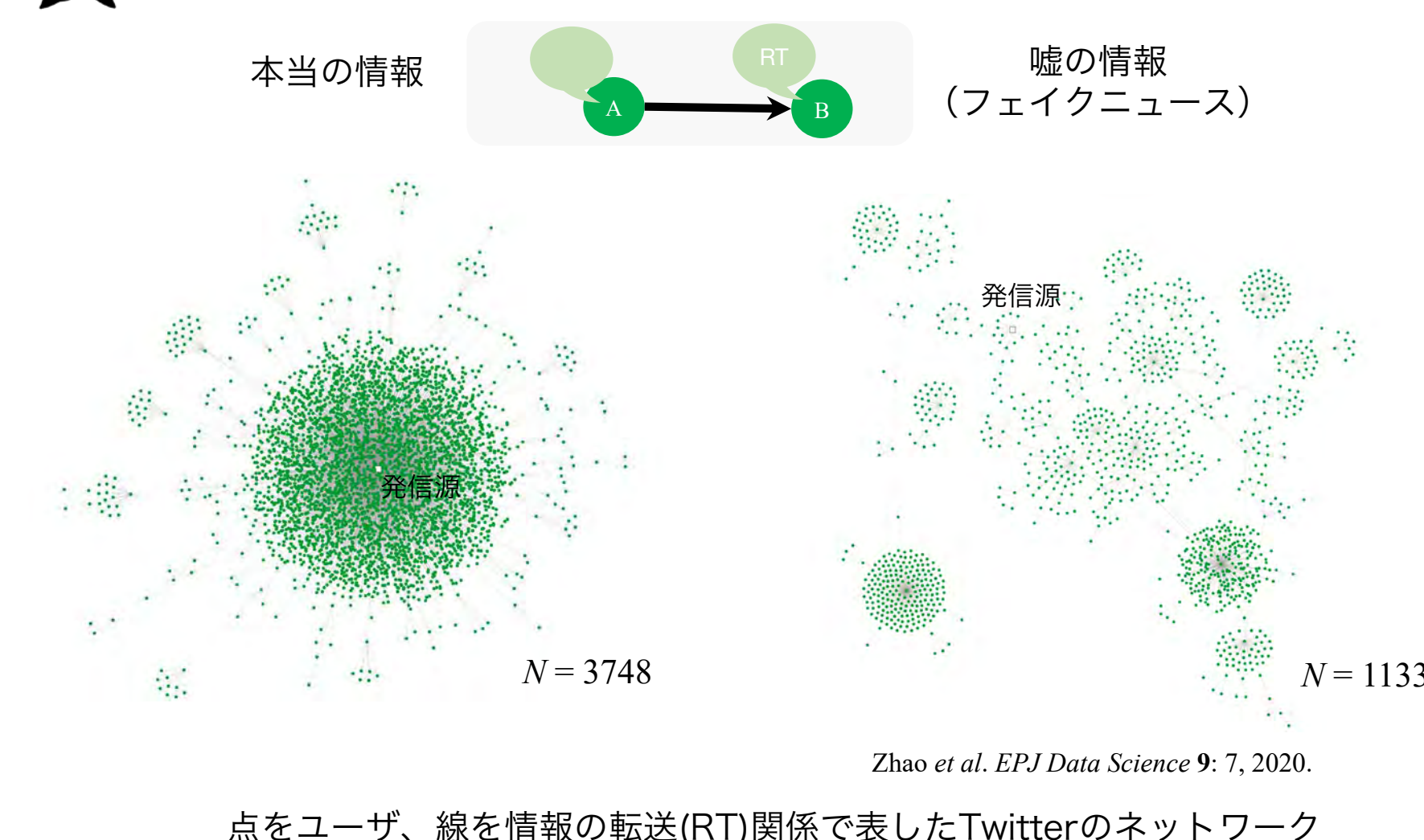
社会に見られる数理構造の例



2

ブログは誰もが書き込みできる、比較的古いソーシャルメディアの1つです。毎年、5月5日のこどもの日前後では、ブログ記事に「こどもの日」という単語を書き込む人が増えます。その増減の様子は、「べき関数」と呼ばれる式で表現することができます。べき関数は、物理の世界では、磁性の変化などの臨界現象でも観測することができます。社会現象の中にもこのような数式が現れることは、複雑な社会現象の中にも、単純で一般的な法則性があることを示唆しています。

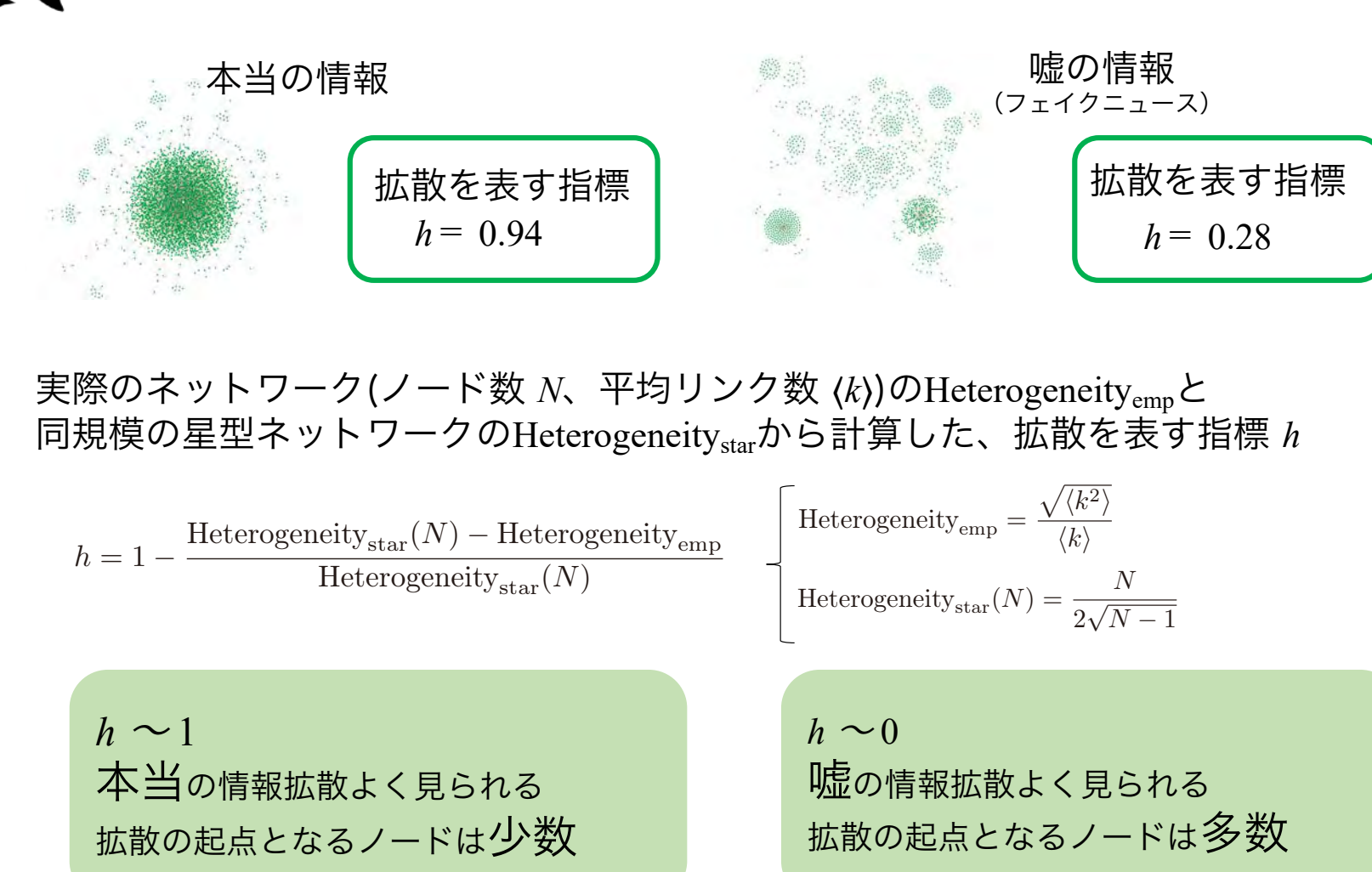
情報拡散の「カタチ」の違い



3

点(ノード)をユーザ、線(リンク)を情報の転送(RT)関係で表したTwitterのネットワークです。2011年の東日本震災時には、多く人がTwitterを介して情報をやり取りしました。これは震災当時に現れた、本当と嘘の情報の拡散ネットワークです。本当の情報は発信源(白い四角)を中心とした、一極集中型の構造となっているのに対し、嘘の情報は、拡散の起点となるノードが散在し、本当の情報とは異なる広がりをしていたことが分かります。

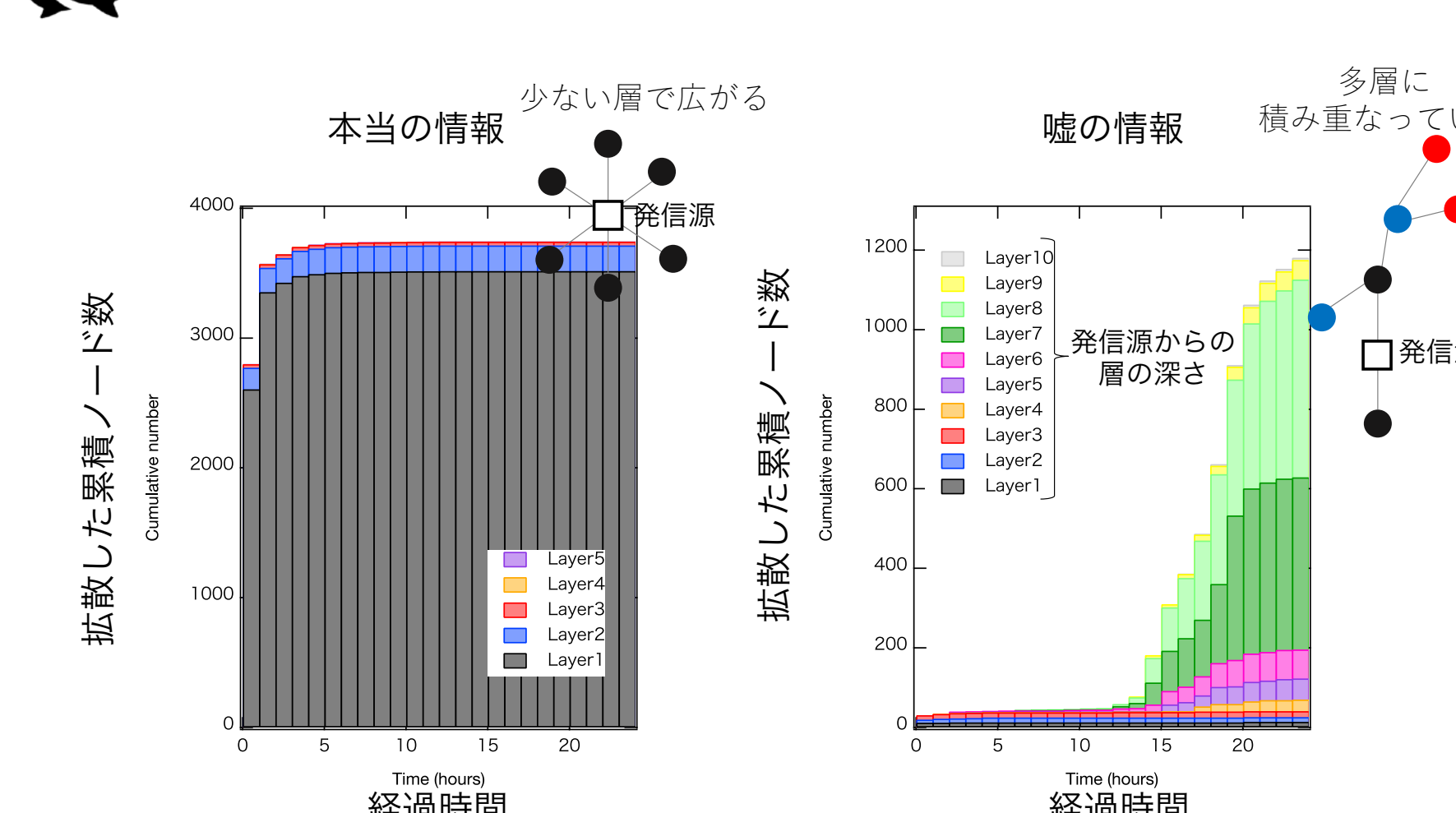
情報拡散の「カタチ」の違い



4

本当と嘘の情報拡散ネットワークを数値化するために、指標hを開発しました。本当の情報は、起点となるノードを中心に星型に広がっていくことに着目し、実際のネットワークと星型ネットワークとの差をhで表します。hは0から1の間の値を取り、1に近いほど星型に近いことを表します。嘘の情報はhが小さくなる場合が多いです。

フェイクニュースは多層で伝りがち

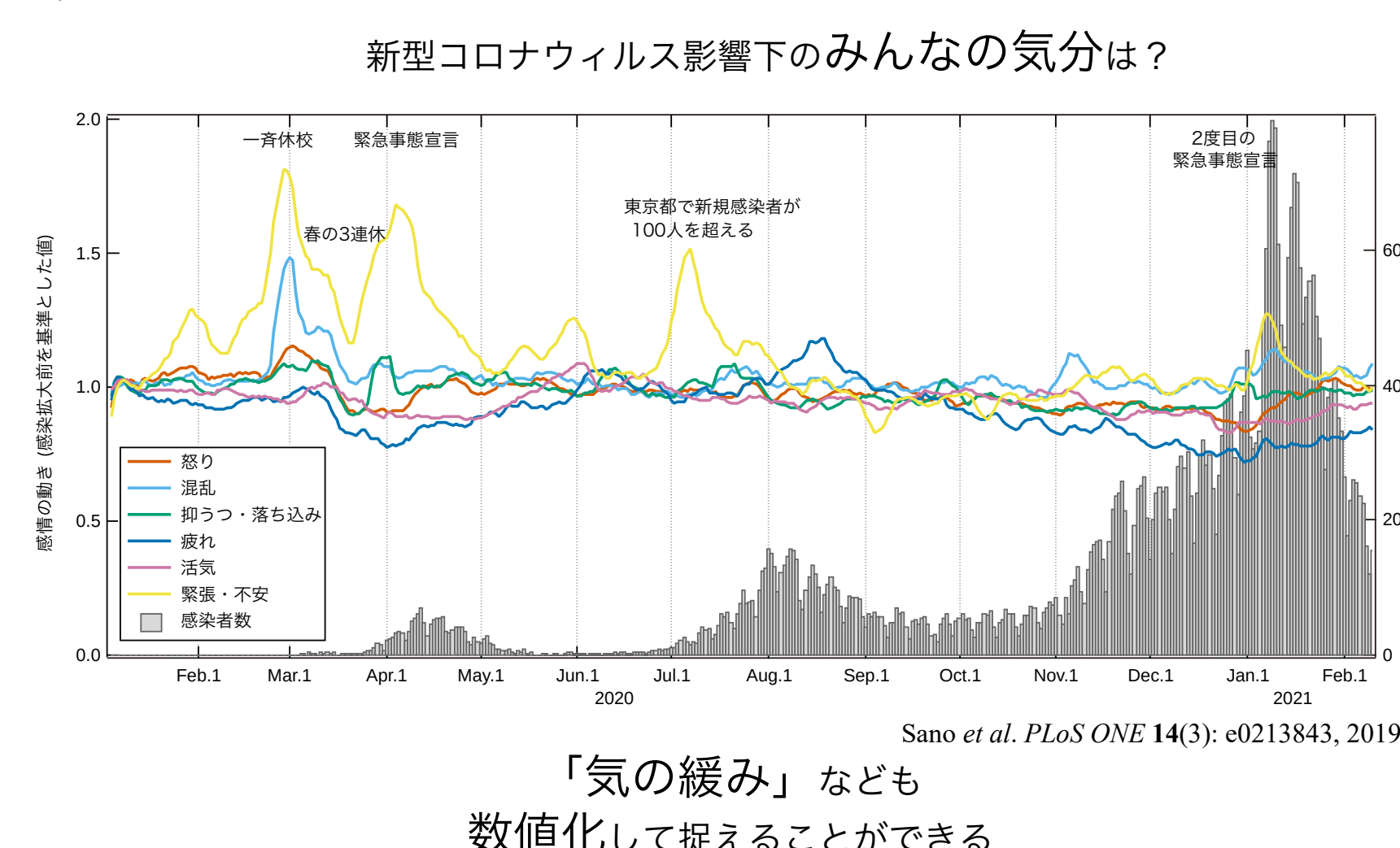


5

情報を転送(RT)したノード(ユーザ)が、発信源からネットワーク上、どの程度離れていたかを表した図です。情報発信源を直接RTするとLayer1、Layer1をRTするとLayer2などと色分けして表示しています。嘘の情報は、発信源から距離が離れたノードも多数RTしており、「又聞き」のような状態で情報が拡散されていることが分かります。このような拡散の違いは、Twitterだけではなく、中国のWeiboでも観測できており、一般性が高いことが考えられます。



空気を読む！研究

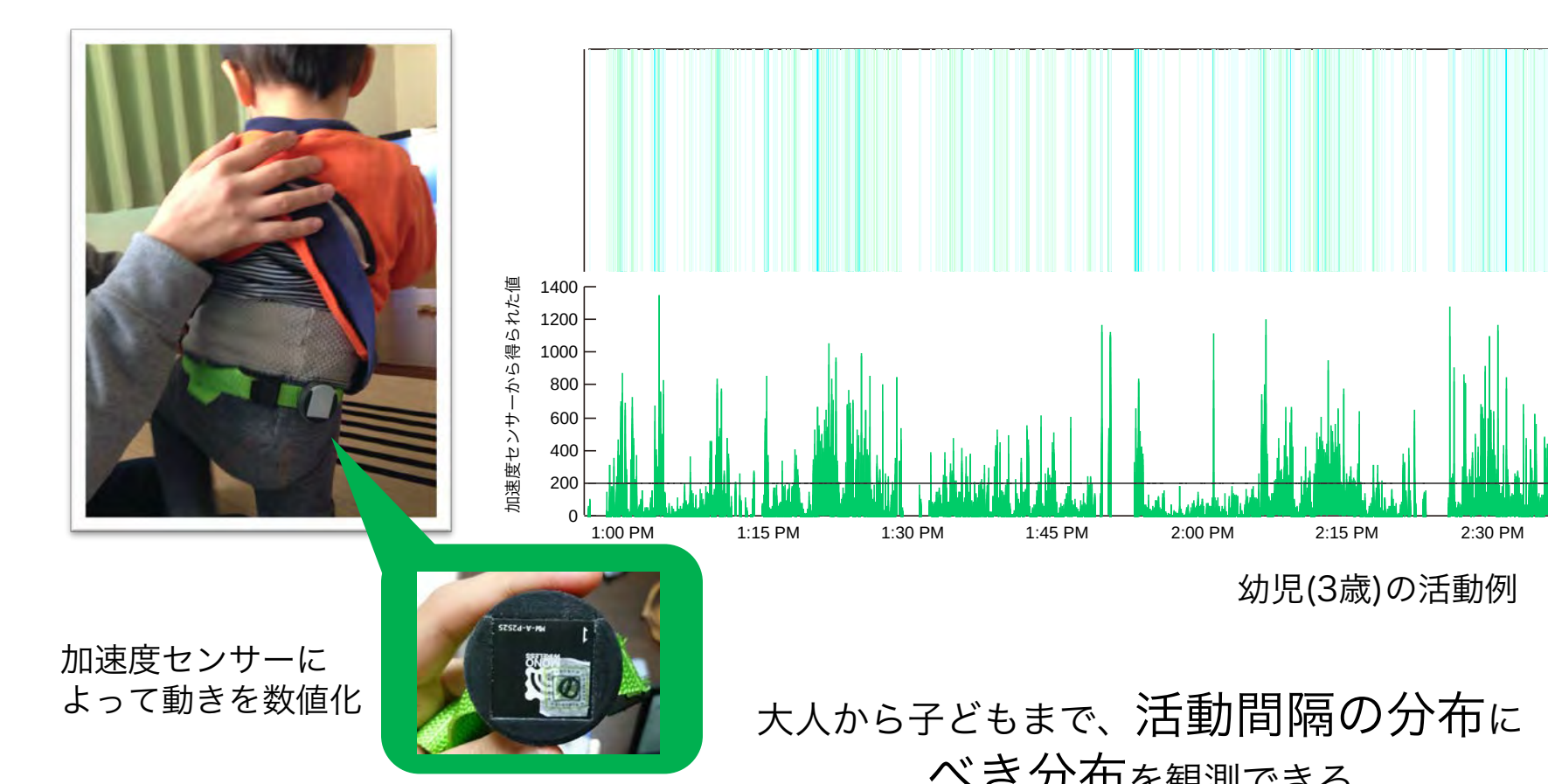


6

ブログは2021年現在も、日本で1日に20万記事以上、投稿されています。毎日20万人にその日の気分を尋ね続けることは困難ですが、何気ないブログへの書き込みを集計するだけでも、世の中の雰囲気を知る手がかりになります。図は2020年以降、感情に関連する単語を含むブログ記事数の日次時系列です。曜日の周期性を除くため、7日間の移動平均で表しています。新型コロナウイルスの影響で、初回の緊急事態宣言が発出された時は、緊張・不安の感情が増加していますが、2021年に2回目の緊急事態宣言が発出された時には、その増加幅が小さくなっていることが分かります。

人間活動のバースト性

人間活動の背後に潜むメカニズムとは？



7

社会現象に共通するメカニズムを探索するために、実空間での人間の動きも観測しています。例えば、大人と子どもでも共通する活動の法則性とは何か。加速度センサーを取り付けて、得られた値から活動強度を定義し、ある活動と次の活動までの時間間隔を観測すると、大人と子どもで共通してべき分布になります。



謝辞から見る研究者のネットワーク

引用でも共著でもない関係性



8

社会ネットワークという点では、研究者間の関係も社会ネットワークです。これまで、研究者の引用や共著関係は広く調べられていました。それに加えて、「謝辞」での言及関係からも研究者のネットワークを構築して分析しています。そこで得られる結果が、どのくらい一般性を持てるのか、そして、どのような関係性が科学の発展に寄与するのかを調べています。



世界初「目の動き」を利用した簡便、 正確かつストレスのない認知機能検査法の開発 —認知症の早期診断へ—

軽度認知障害(MCI)

→ **第三世代**・デジタル治療

本システムの有用性を更に高めるため、アイトラッキング系認知機能評価法をスマート端末で実装するためのシステム開発を行った。スマート端末アプリとしてタスク映像の提示・アイトラッキング・視線データ解析を行うことが可能となり、より広範囲での活用が期待できる。個人レベルでの認知機能の簡易チェックは、認知機能維持や認知症予防にもつながる。言語の介在が相対的に少ない認知機能検査であるために、言語の壁を越えたグローバル展開も視野に入る。この新技術の事業化をめざし、科学技術振興機構の大学発新産業創出プログラム(START)による支援を受け、2019年に大阪大学発ベンチャー「株式会社アイ・ブレインサイエンス」を設立した。



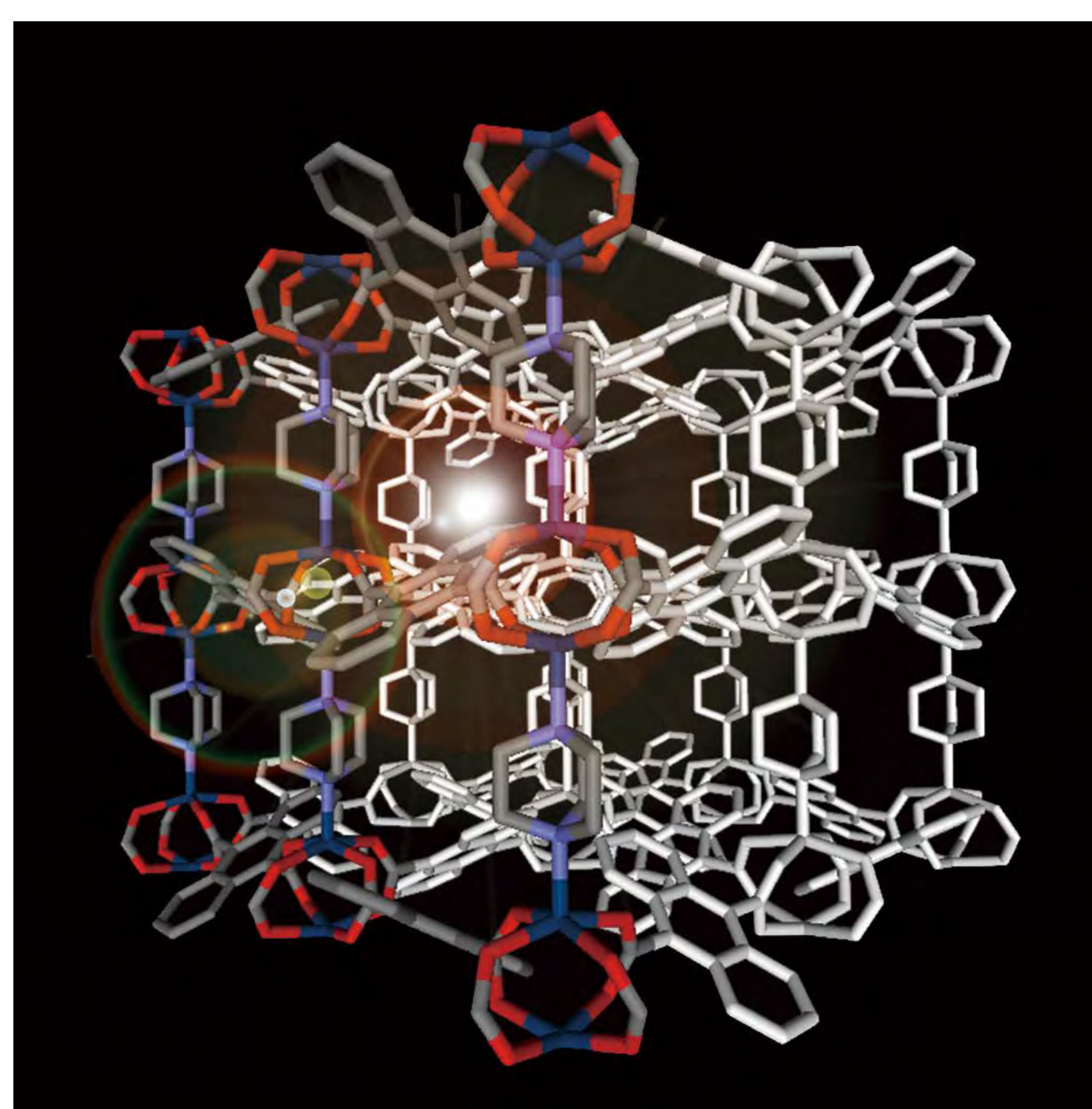
た なか だい すけ
田中大輔

関西学院大学 理工学部化学科 教授
国立研究開発法人科学技術振興機構 さきがけ研究者

AI技術による革新的な材料探索の実現

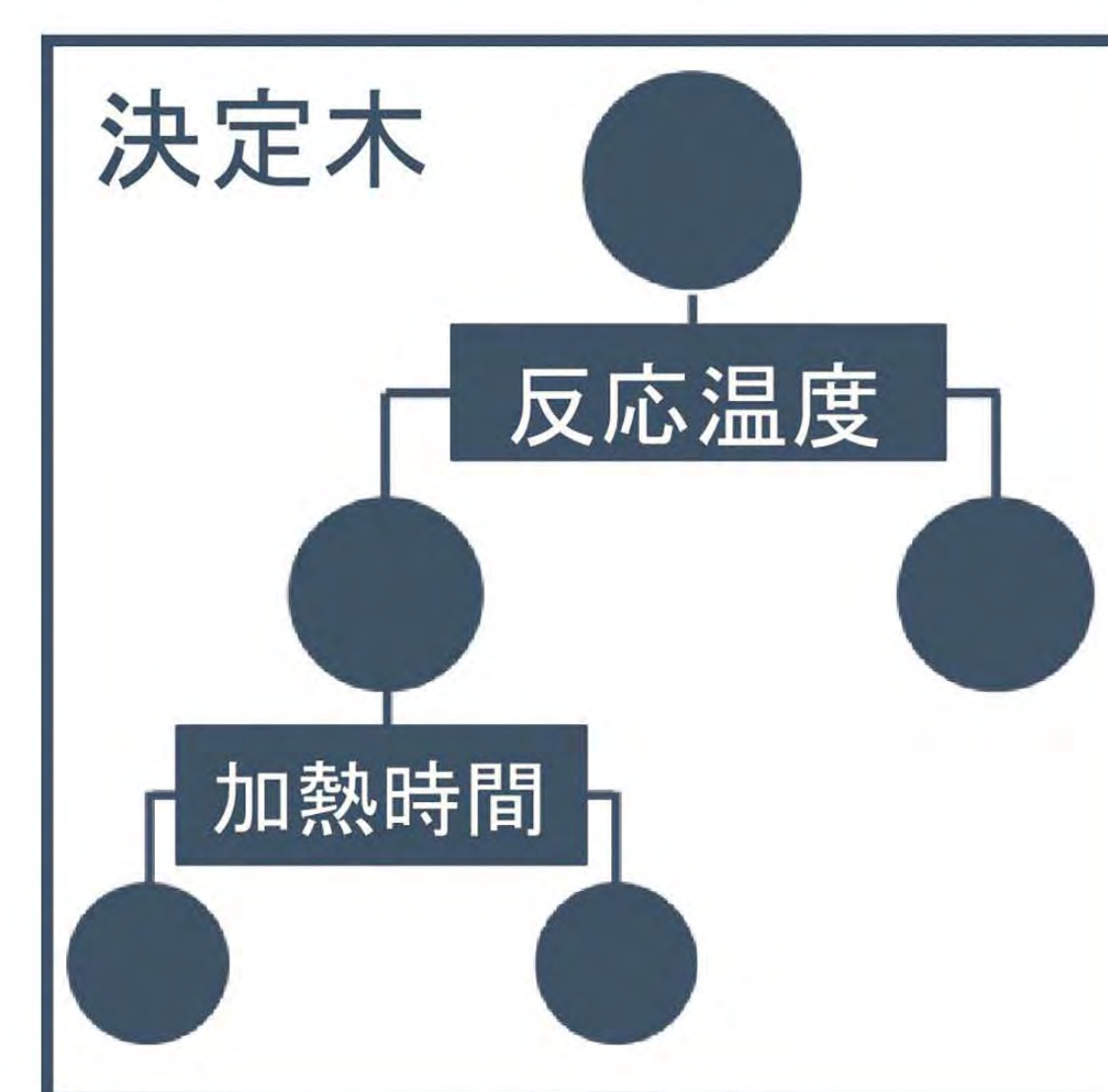
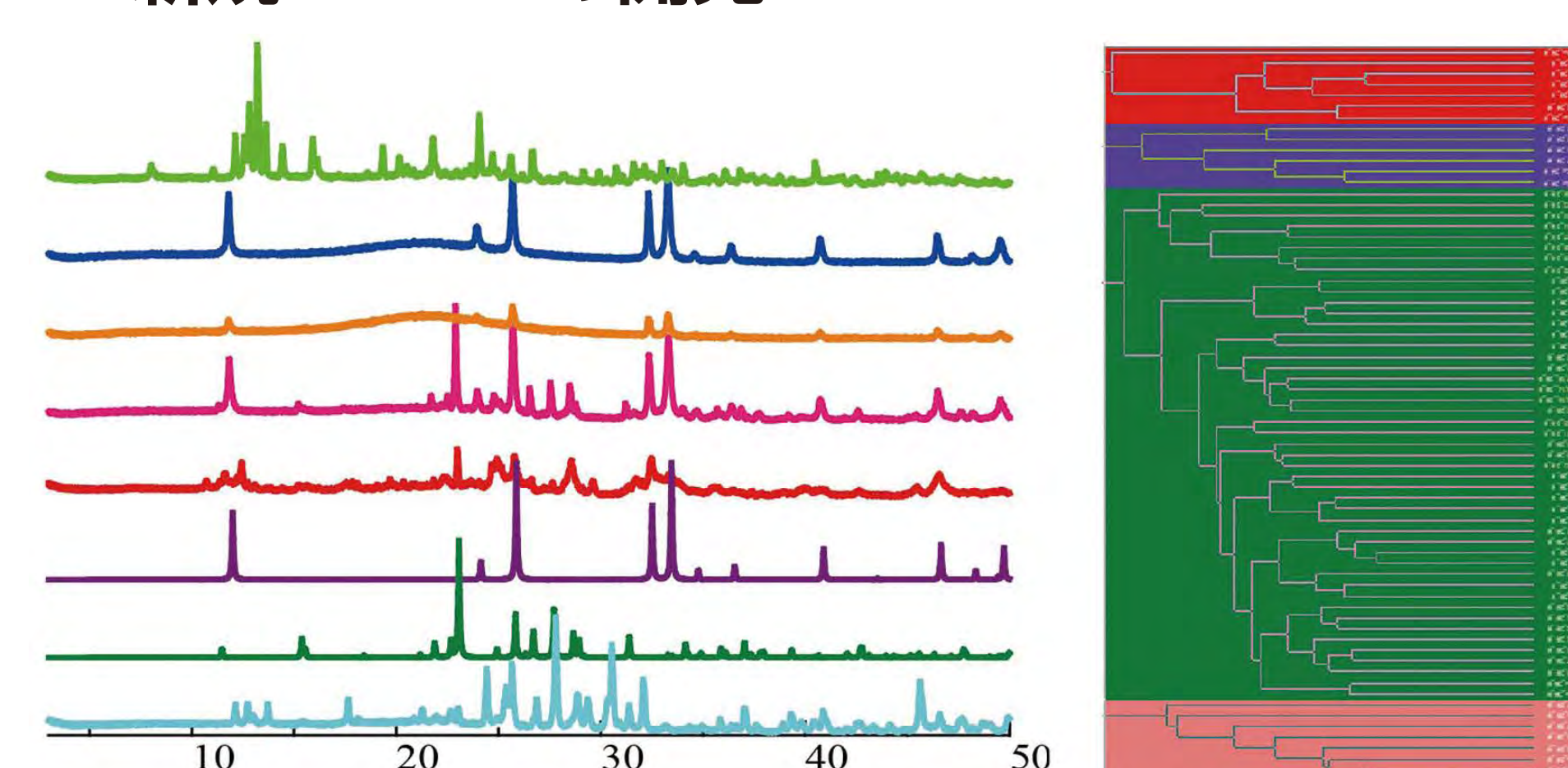
—無機物・有機物両方の特性を持つエネルギー貯蔵・変換材料を目指して—

1 金属・有機構造体（MOFs）による環境・エネルギー材料の開発

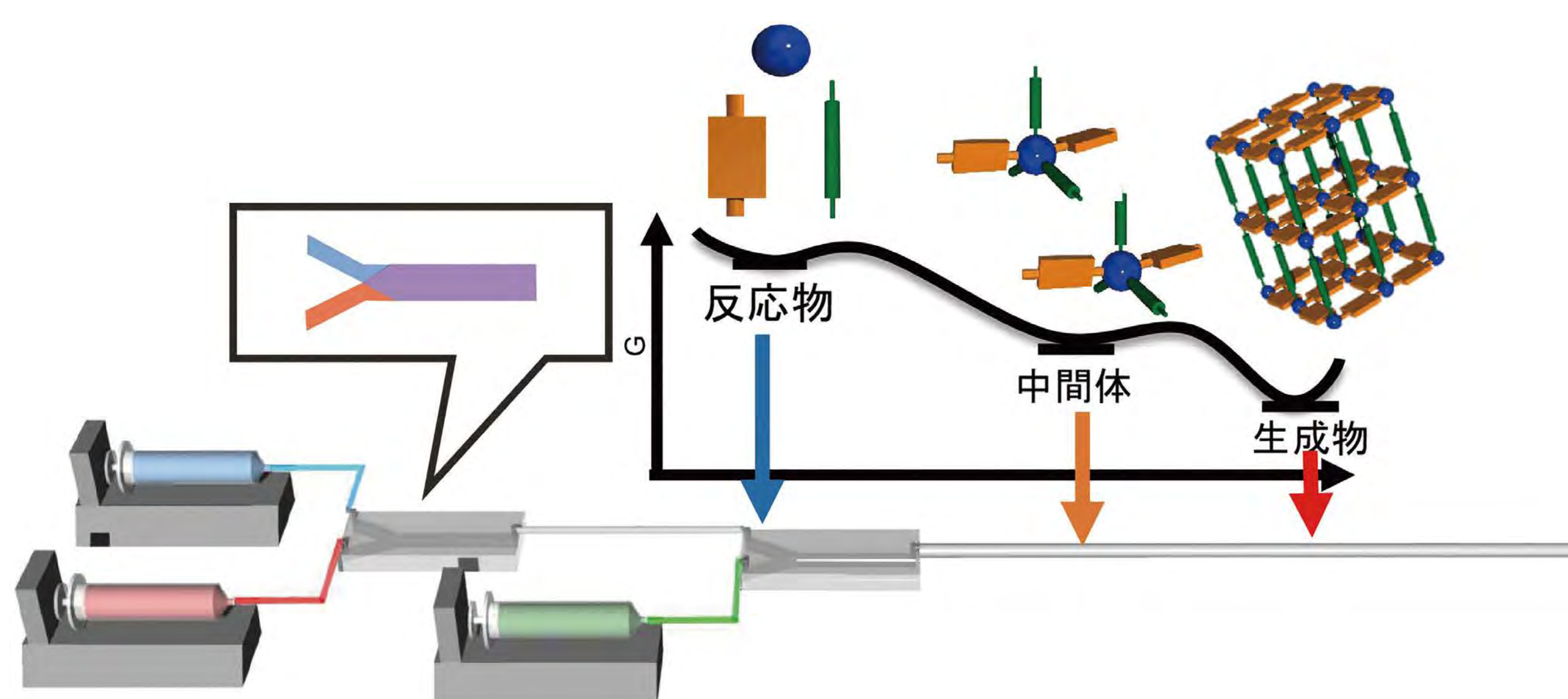


すべての人々が安心して満たされた生活が送れる持続可能な社会を実現するためには、地球環境を保全し、永続的に利用可能なエネルギーを開発する必要があります。革新的な環境・エネルギー材料を実現するために、この研究では新しいMOFsを開発しその特性を評価しています。MOFsは分子サイズの小さな孔を無数に有する多孔性材料で、有機物と無機物の性質を併せ持つ、次世代材料として世界中で研究がなされています。

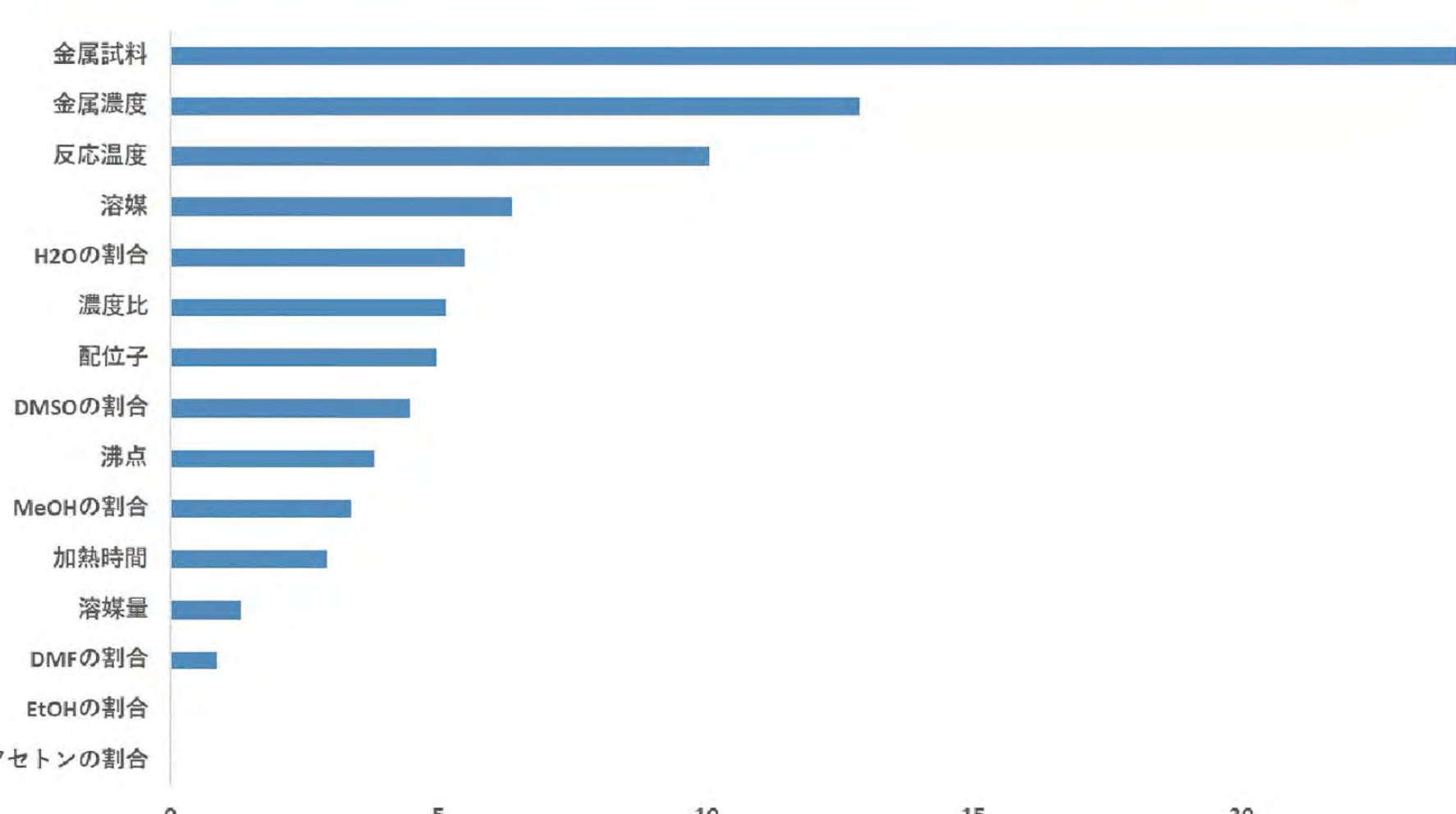
2 マテリアルズインフォマティクスを活用した新規 MOFs の開発



3 マイクロ流路合成を活用した、MOFs の結晶生成過程の解明

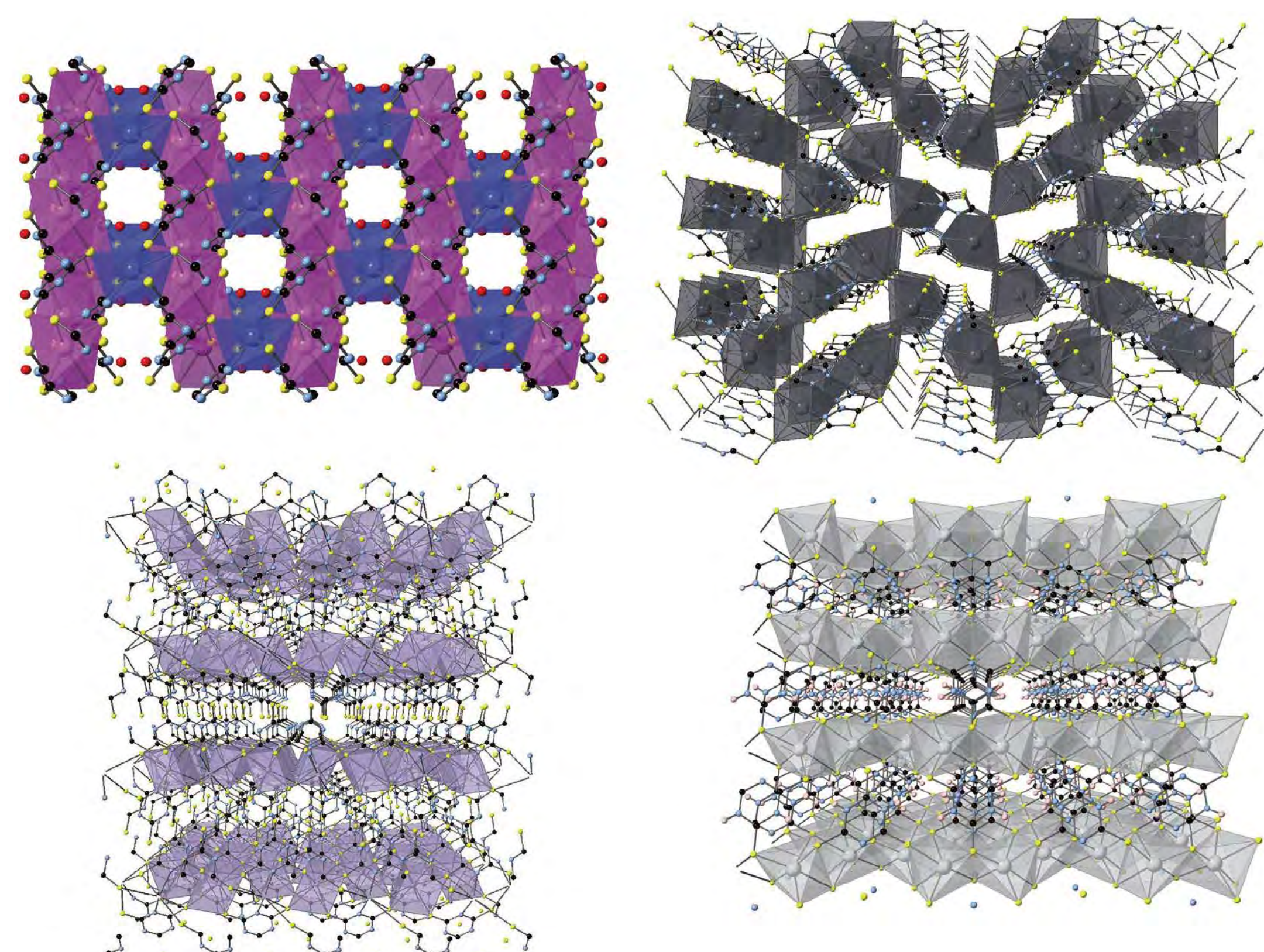


MOFsは、有機分子と金属イオンを溶液中で混ぜただけで合成が可能です。一方で、溶液の中でどのようにしてMOFsの多孔性骨格が組みあがるのかは、十分に解明されていませんでした。この研究では、マイクロ流路と呼ばれる極微小の流路を反応容器として用いることで、従来の方法では観測が難しかった反応中間種の単離と構造の評価を行うことに成功しました。



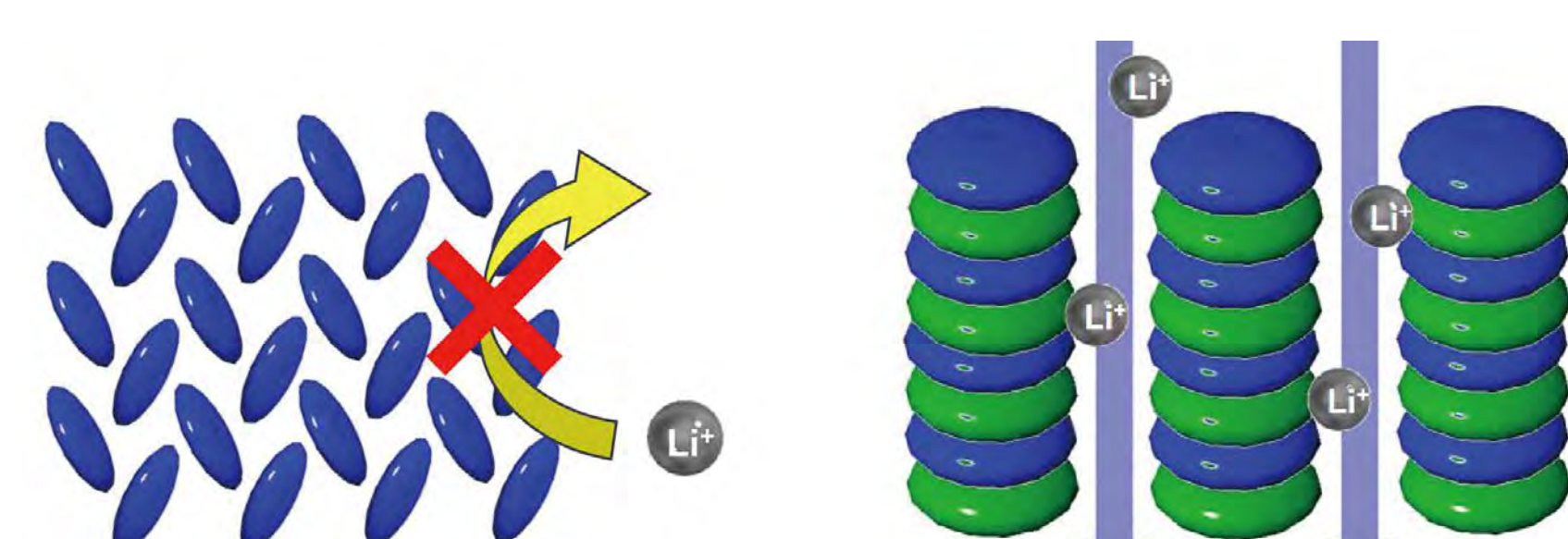
従来の材料探索は、人間の勘と経験に基づいた非効率な方法で進められてきました。この研究では、材料探索の効率を飛躍的に向上するために、機械学習を活用したマテリアルズインフォマティクスの手法を駆使して、従来合成が困難とされてきた半導体 MOFs の開発を行いました。教師あり学習と教師なし学習を適切に組み合わせて活用することで、これまでに機械学習による解析報告が無かった、新規 MOFs の合成実験データの可視化に成功しました。

4 半導体 MOFs を用いた光水素発生触媒の開発

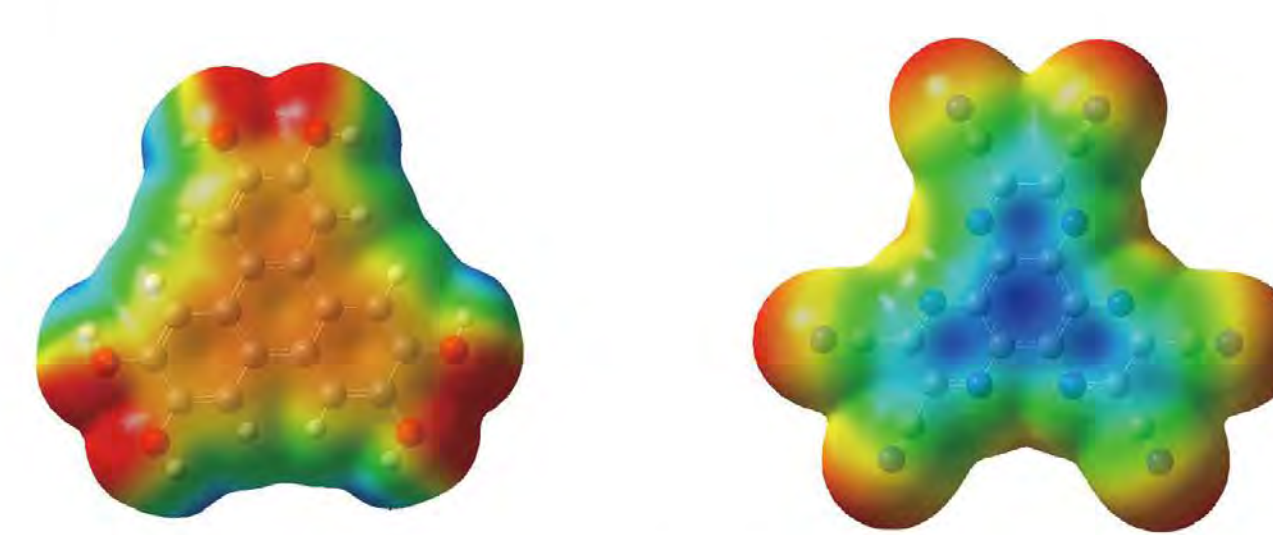


水素は燃やしても温暖化ガスが発生しない次世代のエネルギー源として注目されています。特に、水に光を当てただけで水素を合成することが可能な光水素発生触媒は、太陽光から無尽蔵にエネルギーを取り出すことが可能な夢の材料です。この研究では、機械学習を活用して合成した、様々な新規半導体 MOFs が光水素発生触媒として機能することを見出しました。

5 2種類の有機分子の混合による、多孔性リチウムイオン電池電極材料の開発

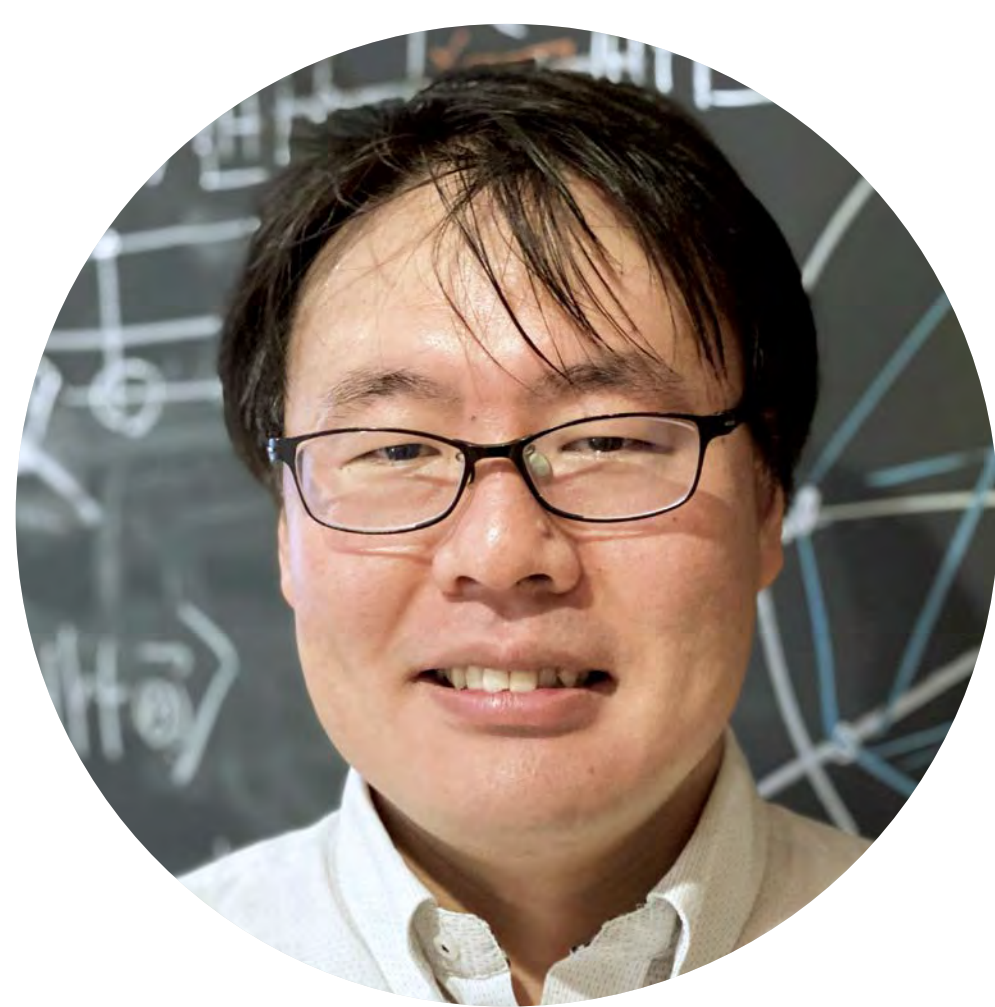


リチウムの拡散が困難な有機物質の集積構造
リチウムイオンの拡散経路を2種類の有機分子により実現



反対の電荷をもつ2種類の有機分子

リチウムイオン電池は、圧倒的に高いエネルギー密度を示すことから様々な用途で幅広く使われています。現在、希少元素を含まない有機物からなるリチウムイオン電池の正極材料が盛んに研究されています。この研究では、2種類の反対の電荷をもった有機物を混合することで、有機分子の間に微小な隙間を形成し、その隙間をリチウムイオンが拡散することで高い電極特性を実現することに成功しました。



藤井 啓祐

大阪大学大学院 基礎工学研究科 システム創成専攻電子光科学領域 教授
大阪大学 量子情報・量子生命研究センター 副センター長
国立研究開発法人理化学研究所 量子コンピュータ研究センター チームリーダー
株式会社 QunaSys 最高技術顧問

万能量子コンピュータ実現を目指した、量子ソフトウェアの研究開発で量子情報科学分野を先導

量子コンピュータとは

従来のビット：

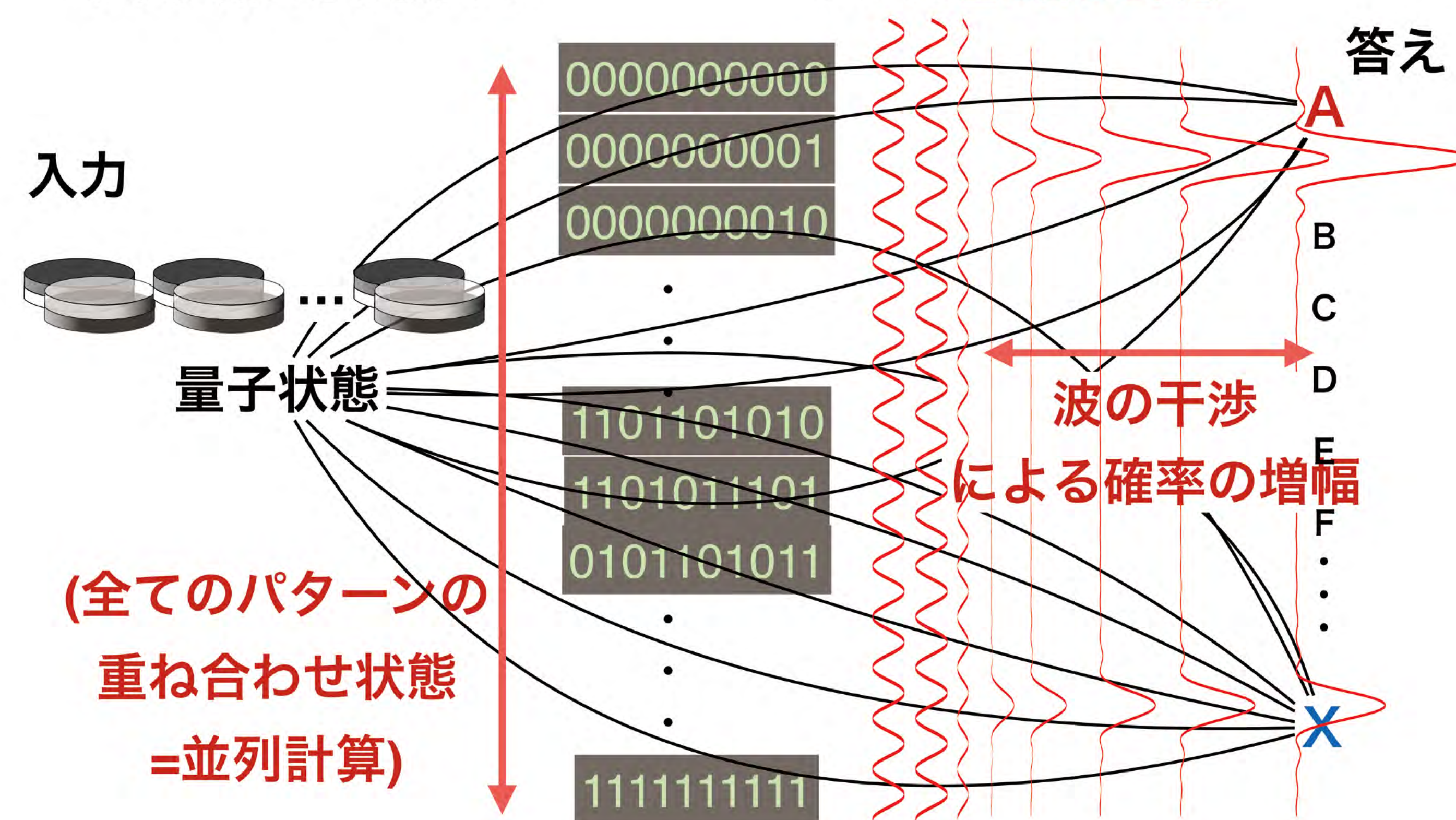


・0もしくは1どちらか1つ

量子ビット：



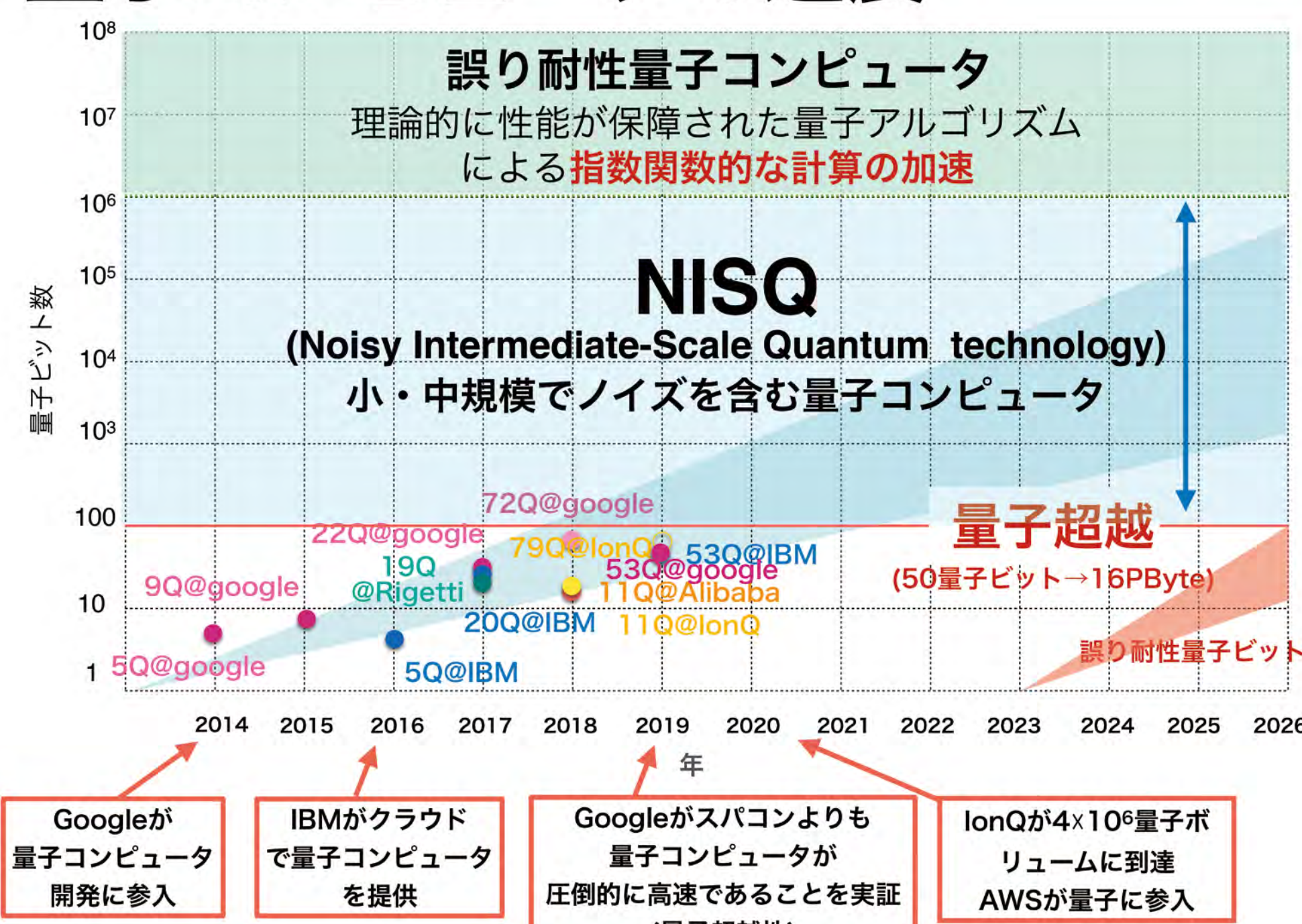
・0と1の重ね合わせ状態



1

従来コンピュータでは、情報は「0」もしくは「1」を表すビットによって表現されます。一方で、量子力学には重ね合わせの原理があり、異なる2つの状態の重ね合わせをとることが許されています。量子ビットは「0」と「1」が重ね合わさった（「0」か「1」かがまだ決まっていない）状態であり、量子の世界の情報の最小単位です。従来のコンピュータにおける足し算や掛け算と異なり、量子コンピュータでは重ね合わせ状態や、その重みの干渉などを利用して素因数分解や分子や材料のシミュレーションなど現代のコンピュータでも難しい問題を高速に解くことができると期待されています。

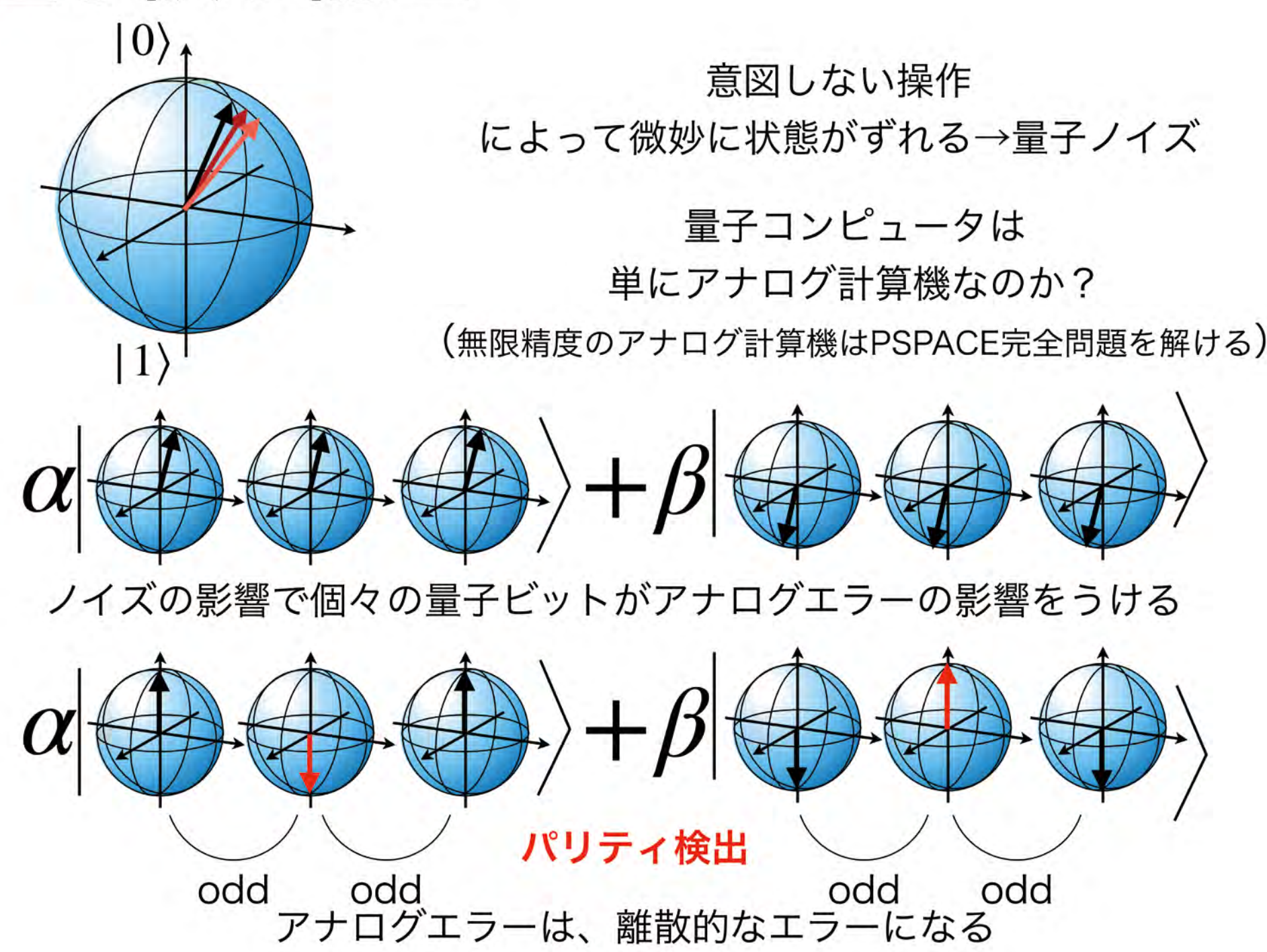
量子コンピュータの進展



2

2014年以降、Google、IBM、Intel、Microsoftなどの巨大IT企業に加え、スタートアップも立ち上がり量子コンピュータの開発競争が始まりました。量子コンピュータの規模を表す量子ビットの数が年々増えており、2019年には、50量子ビットを超える量子コンピュータが実現し、スーパーコンピュータで1万年とされるタスクを200秒で実行できることが示されました。量子力学の原理で動作するコンピュータが従来のコンピュータを凌駕することが示されました。

量子誤り訂正



3

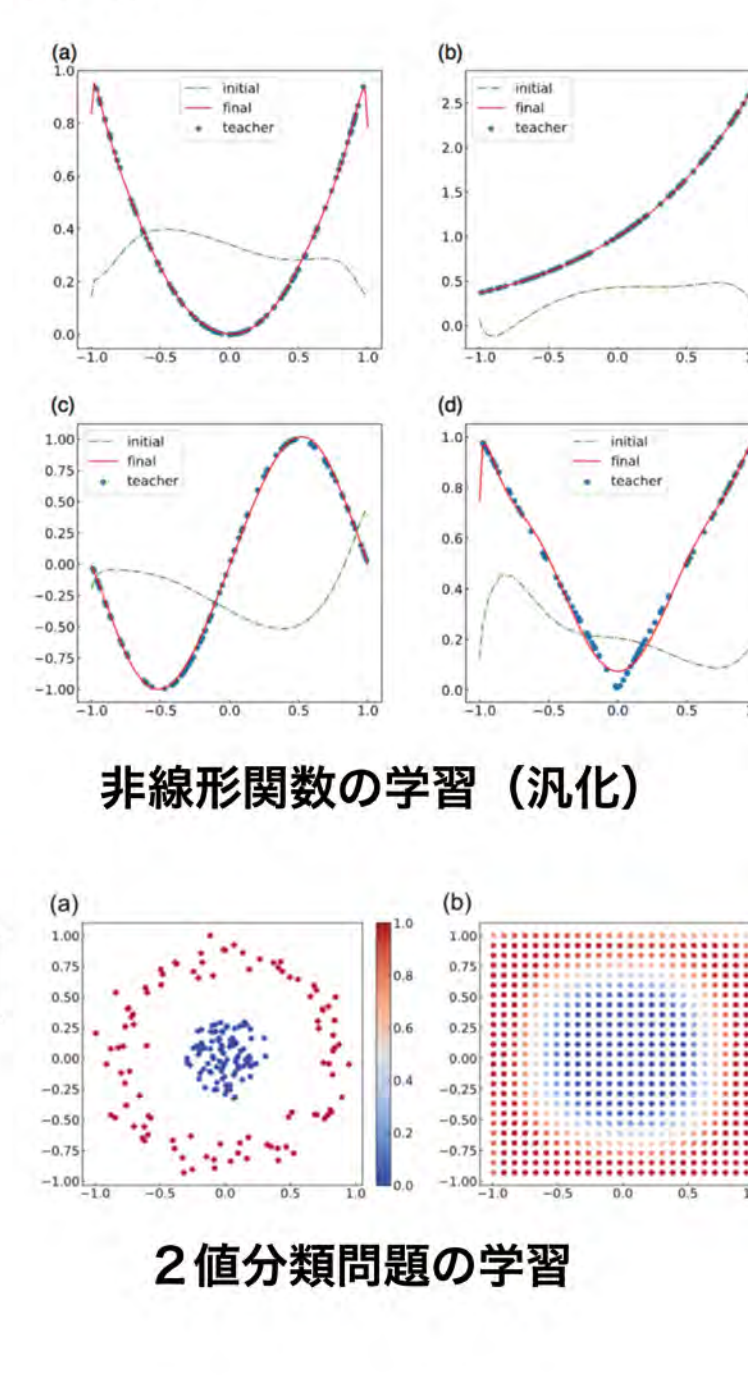
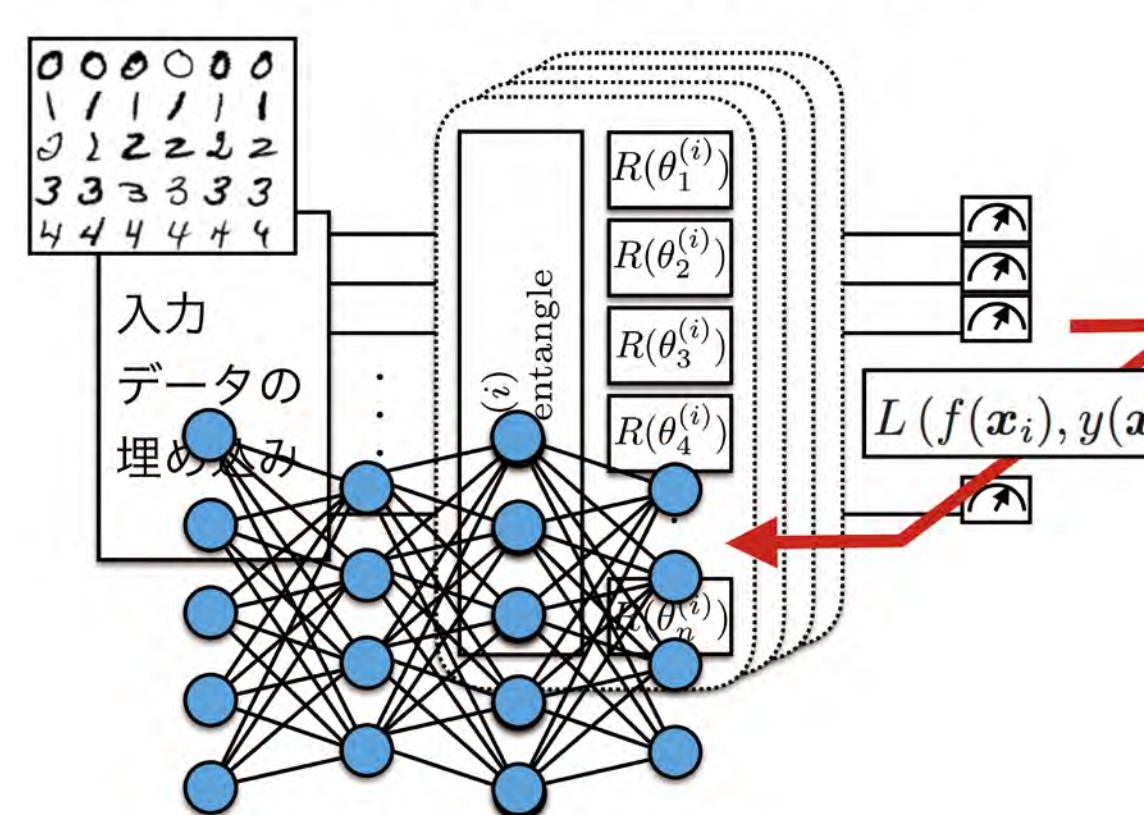
指数関数的な計算の加速を保証する複雑な量子アルゴリズムを実行するためには、大規模な量子コンピュータが長期的な視点で必要となります。これは、ノイズによって発生するエラーを訂正する、量子誤り訂正のために多くの量子ビットを必要とするためです。量子誤り訂正の性能向上のための新方式の提案や、現在実現しているデバイスを用いて量子誤り訂正を実証するための提案や性能解析を進めています。

量子コンピュータの応用

量子回路学習

“Quantum Circuit Learning”, K. Mitarai, M. Negoro, M. Kitagawa, and K. Fujii Phys. Rev. A 98, 032309 (2018)

- 変分量子回路を用いた教師あり学習
- テンソル積構造による非線形性とユニタリ変換
- 量子回路の解析微分による勾配の計算



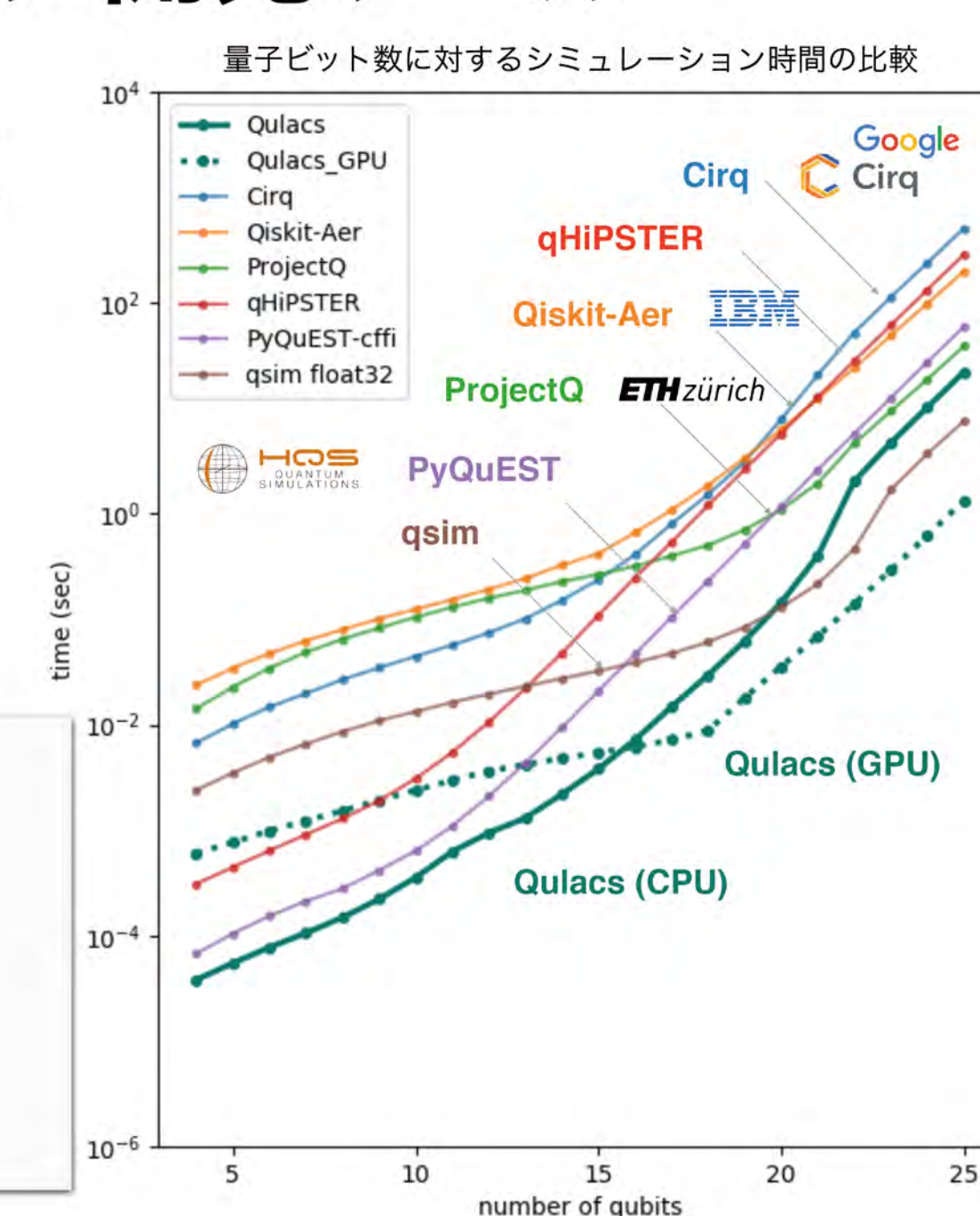
4

現在実現している規模の量子コンピュータは、まだ誤り訂正機能が搭載されておらず、NISQ (noisy intermediate-scale quantum) デバイスと呼ばれています。短期的には、このNISQデバイスの応用が注目を集めています。我々は、このNISQデバイスを用いて機械学習を行う、量子回路学習アルゴリズムを世界で初めて提案しました。ここで導入されたパラメータの更新方法などが現在世界で広く利用されています。

量子ソフトウェア開発ツール

Qulacs: pythonインターフェースをもつ世界最速OSS量子コンピュータシミュレータ

ハンズオン形式の教育教材も公開



5

量子ソフトウェアの研究・開発において、実機のノイズや制約に依存せずにアルゴリズムの性能評価を行うために、従来コンピュータを用いた量子コンピュータのシミュレータが重要となります。我々のグループでは、世界最速の量子コンピュータシミュレータをオープンソースソフトウェアとして公開しています。海外のベンチャー企業が提供するサービスのバックエンドとしても利用されています。

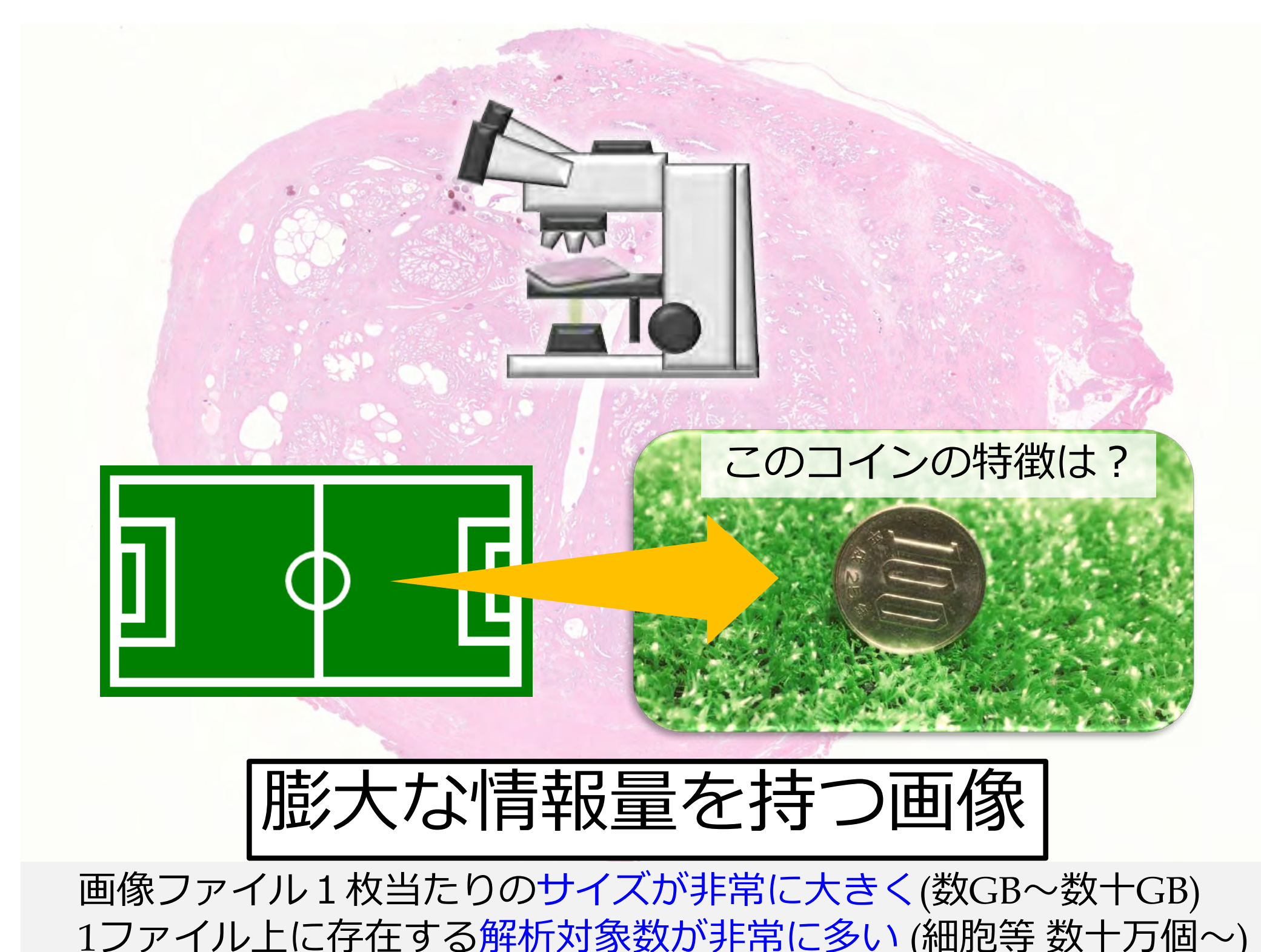


やま もと よう いち ろう
山本 陽 一 朗

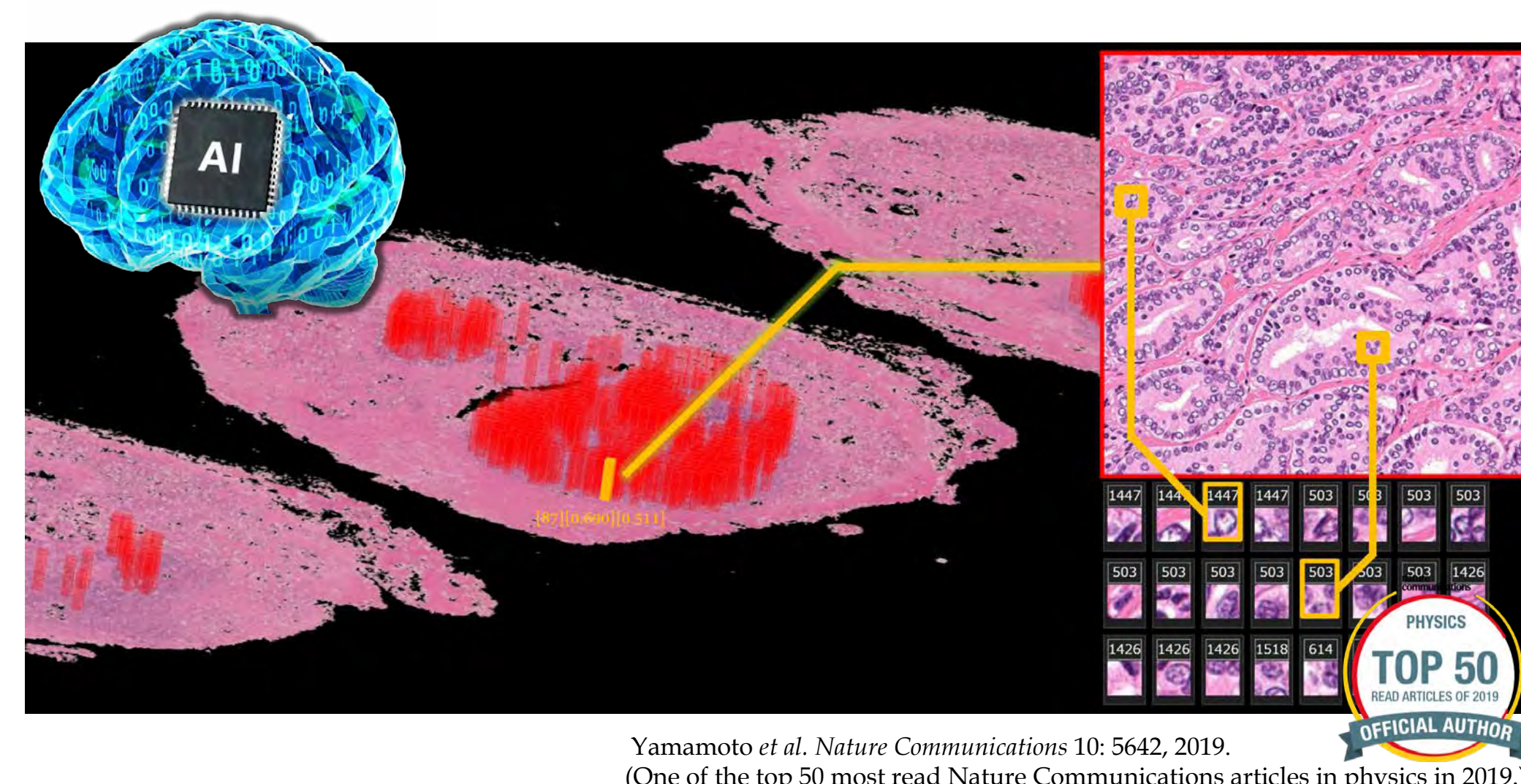
国立研究開発法人理化学研究所 革新知能統合研究センター（AIP）
目的指向基礎技術研究グループ 病理情報学チーム チームリーダー

がん画像から、 新たな知識を自力で発見する医療AI技術を開発 —がん再発予測の画期的進化—

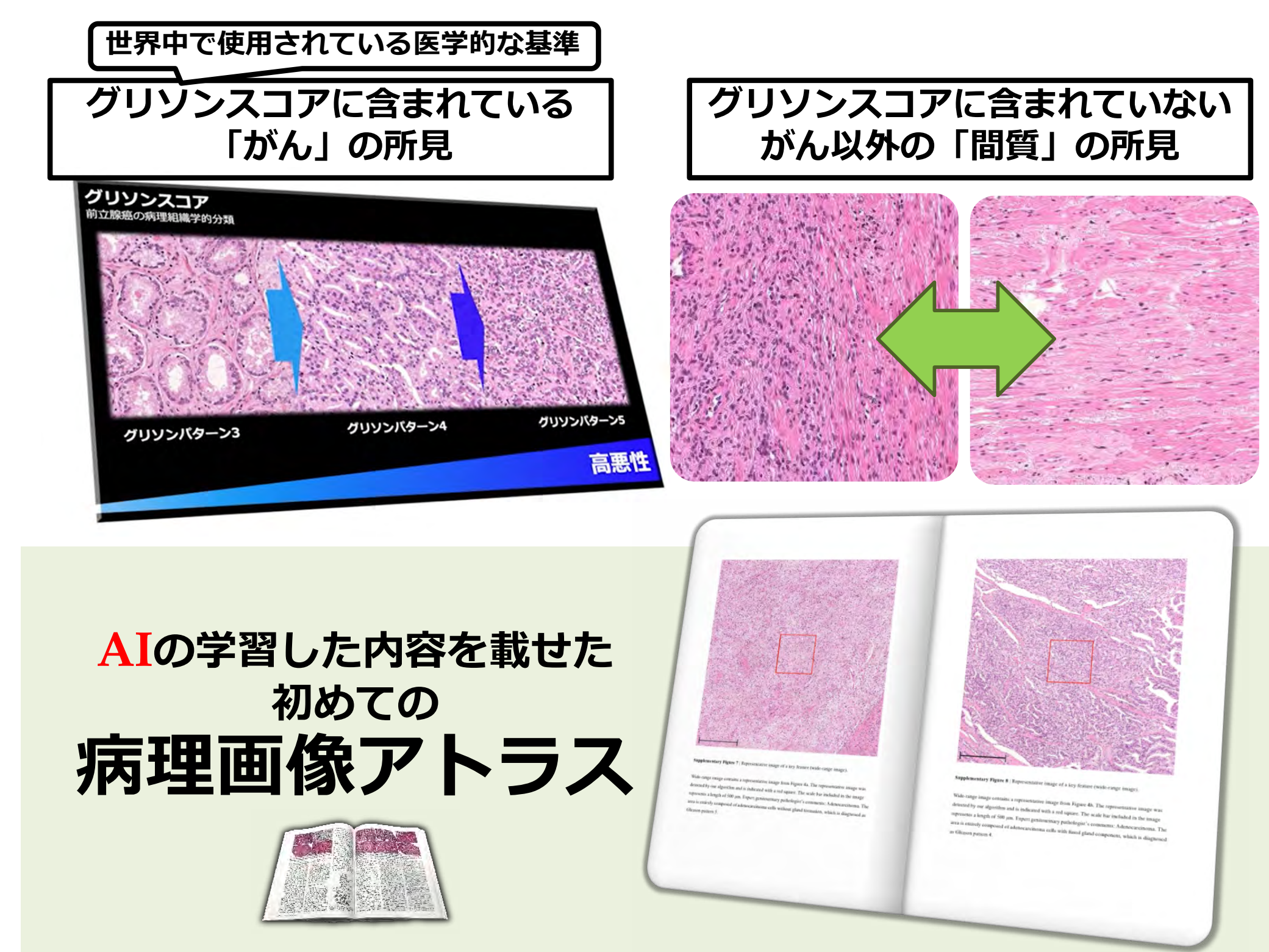
山本氏は、がんや正常組織の顕微鏡画像や医師の診断情報について教えなくても、今まで知られていなかった新たながんの特徴を発見するAI技術を開発しました。



2 病理医は、患者さんから採取したがん組織の細胞の形や並び方を顕微鏡で観察し、がんの悪性度などを診断します。病理標本をサッカー場とするとコインの大きさがちょうど細胞に相当します。いわば多様な芝生のサッカー場の中の落ちているコインの特徴を見極める作業ともいえます。



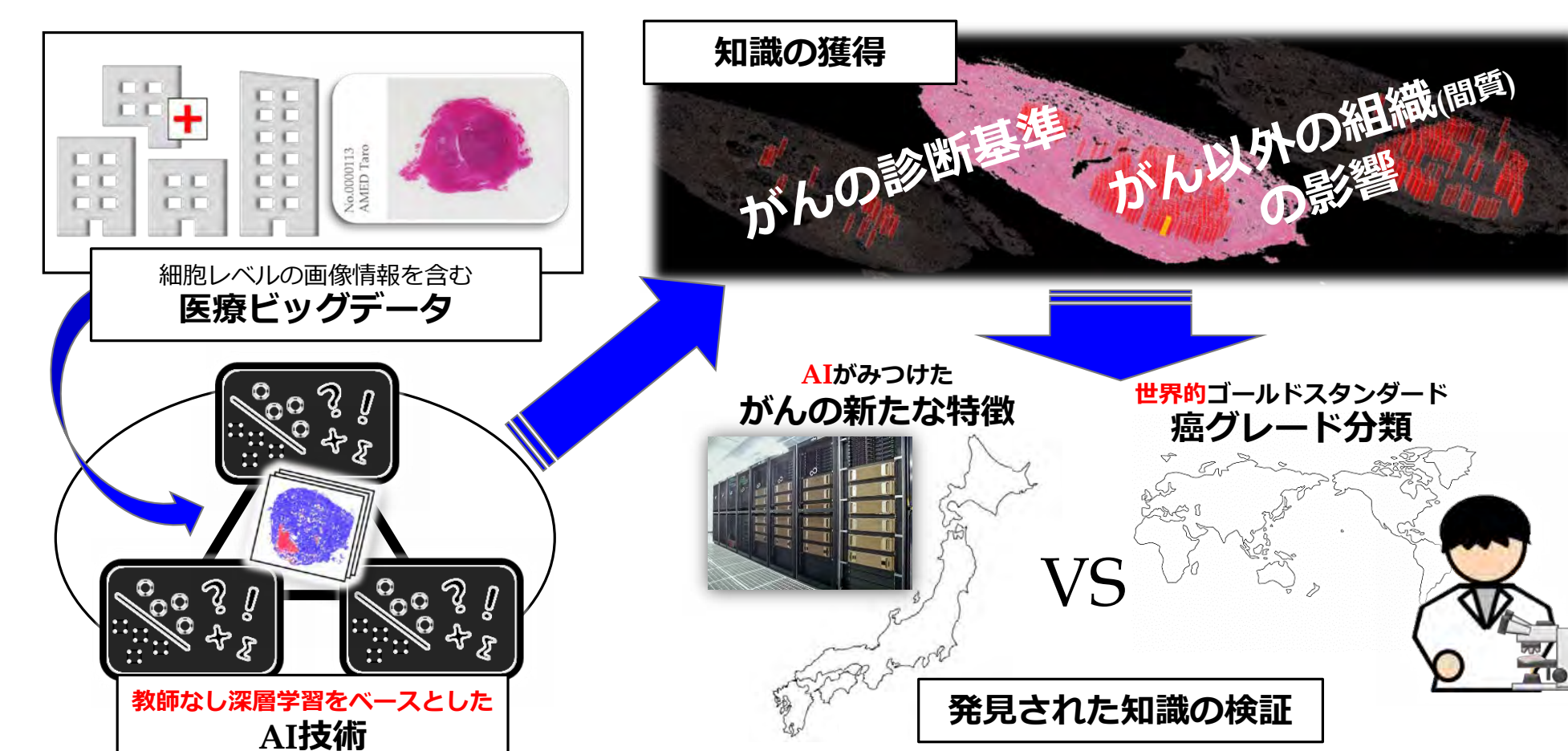
4 本研究では、がんや正常組織の顕微鏡画像や医師の診断情報について教えなくても、今まで知られていなかった新たながんの特徴を発見するAI技術の開発に成功しました。この図は、前立腺病理標本の連続切片に対するAI解析と3D化病理画像を示しています(赤い領域は、AIが再発しやすいがんの特徴を発見した部分)。



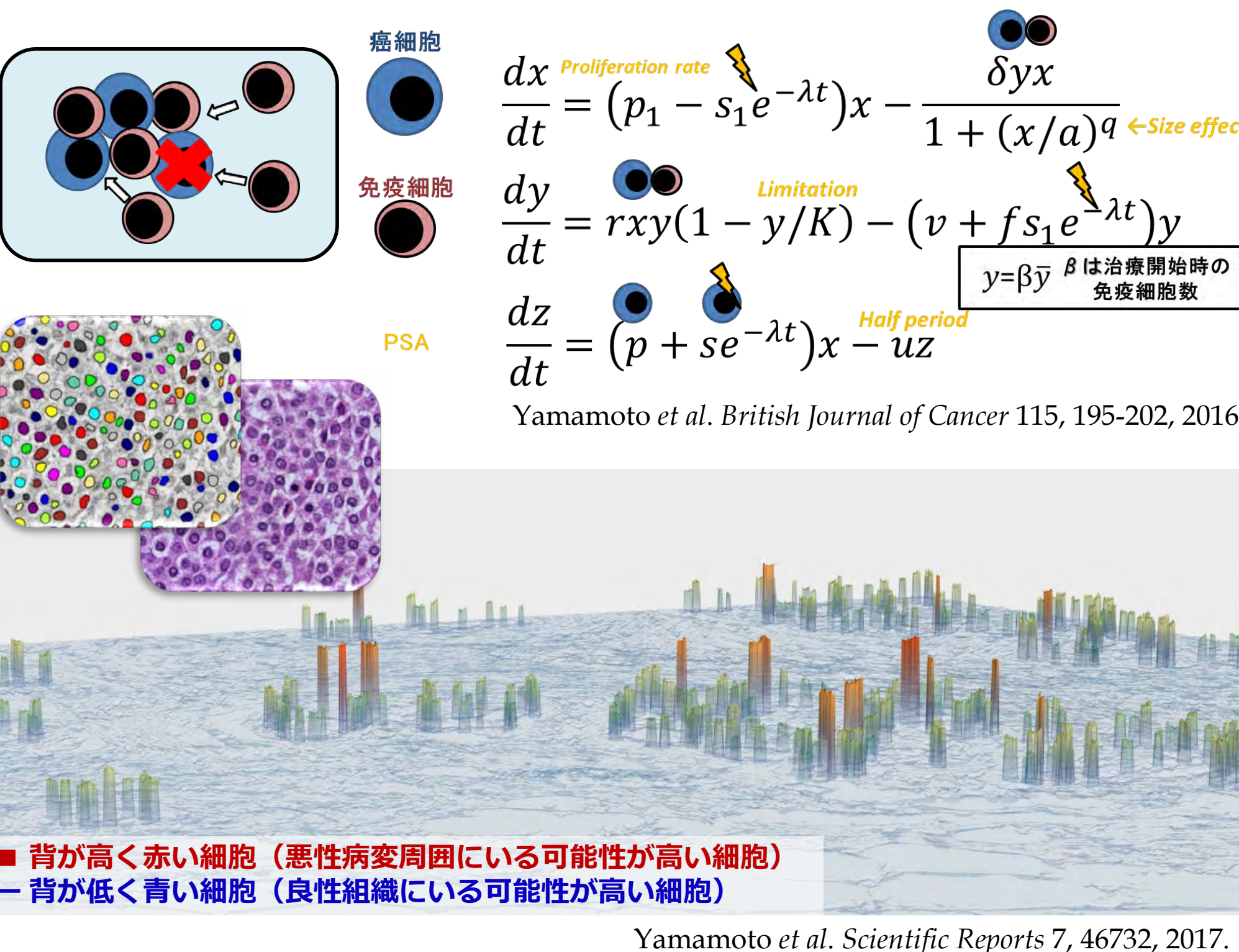
6 AIが見つけた再発に関わる要素には、前立腺がんの悪性度を評価するために世界中で用いられているグリソスコアと呼ばれる診断基準の他、これまで専門家も気づいていなかった「がん領域以外の間質の変化」が含まれていました。これらの詳細な所見は、AIが作成した初めての病理画像アトラスとして閲覧が可能です。

今後の可能性

- ▶ 検査と治療スケジュールの構築に貢献し健康寿命を延ばす。
- ▶ 新規治療法開発のための研究利用。
- ▶ 様々な画像から新たな知識を獲得するための自動解析手法。



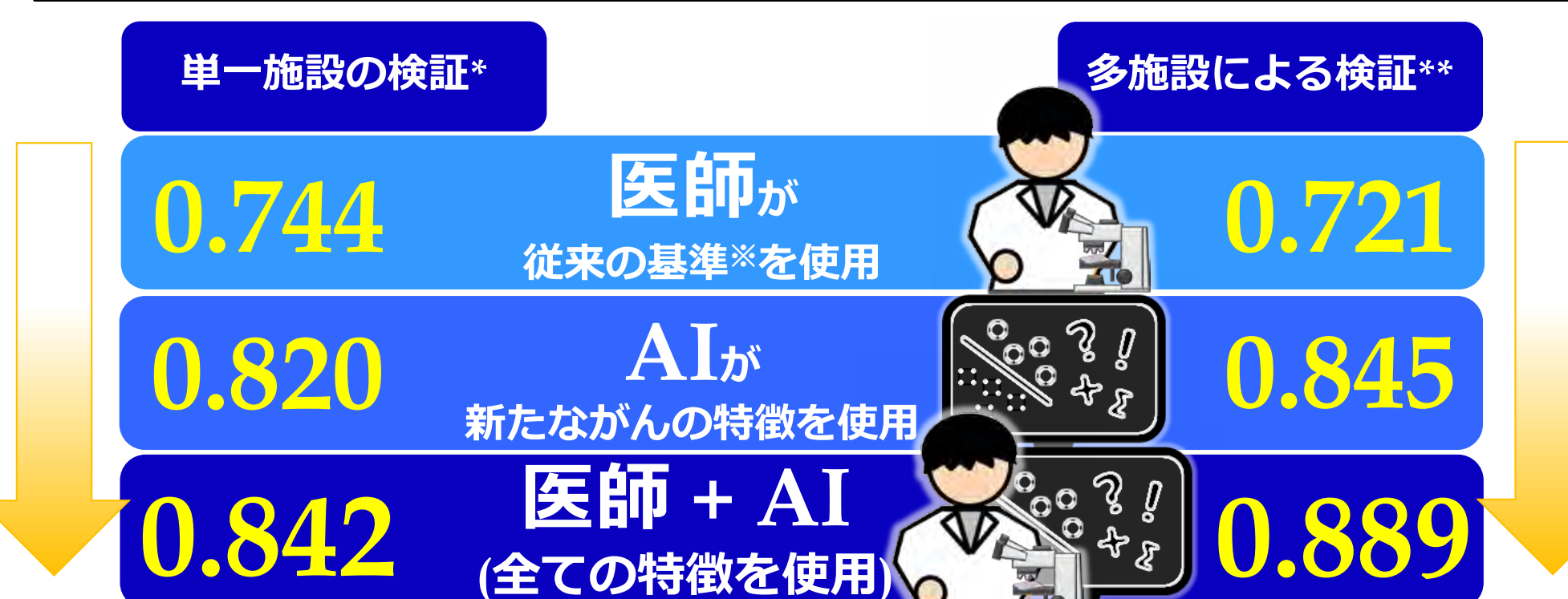
1 がんや正常組織の顕微鏡画像や医師の診断情報について教えなくても、今まで知られていなかった新たながんの特徴を発見するAI技術を開発しました。そして発見された知識を用いることで、従来より高いがん再発予測が可能になることを、異なる複数施設で検証することに成功しました。



3 これまで山本氏は、病理学と数理学との統合を通して、がん治療に免疫細胞が与える影響を解析するための数理モデルの構築や、病理標本上の全ての細胞核形態のAI解析を行うシステムの開発などの成果を挙げてきました。一方で、今までの医療画像AI技術の多くは、医師の診断がついた大量の画像が必要であると共に、既存の診断基準を超えた新たな分類ができない、といった限界がありました。

AIによる学習 × 説明可能性 がんの未知なる特徴の発見

前立腺がんの再発予測の比較 (1年: AUC)



5 教師なし深層学習をベースとすることでAIが人に教わることなく自動で特徴を取得し、さらに、それを人間が理解できる情報として出力することで説明可能性を付与したことが、未知なる特徴の発見につながりました(発見的な機械学習)。

7 AIが見つけたこれらのがんの特徴を、三つの大学病院における15000枚以上の前立腺の病理画像を用いて検証した結果、現在の前立腺がんの診断基準よりも高い精度で再発予測ができました。また、AIが見つけた特徴と病理医の診断を組み合わせると、それぞれが単独で予測するよりも、さらに予測精度を上げることができました。