

ナイスステップな研究者 2016

科学技術・学術政策研究所では、平成17年から、科学技術イノベーションの様々な分野において顕著な貢献をされた方々を『ナイスステップな研究者』として選定しています。『ナイスステップな研究者』という名称は、すばらしいという意味の「ナイス」と、飛躍を意味する「ステップ」を組み合わせ、当研究所の略称NISTEP(ナイスステップ)にからめたものです。

2016年においては、科学技術・学術政策研究所の調査研究活動や専門家ネットワークへの調査をもとに、明らかとなった研究者の業績、成果の実社会への還元、今後の活躍への期待等の観点から、若手研究者を中心に11名を選定しました。

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。



文部科学省 科学技術・学術政策研究所
www.nistep.go.jp/

ナイスステップな研究者2016一覧

い がみ みつる

伊神 満

イエール大学経済学部 助教授

「イノベーターのジレンマ」の経済学的解明

いわ した ゆ み

岩下 友美

NASA Jet Propulsion Laboratory・Research Technologist III
(兼)九州大学大学院 システム情報科学研究所 客員准教授

人影に着目した個人認証手法の提案と開発

すえ つぐ けん じ

末次 健司

神戸大学 理学研究科 特命講師

光合成をやめた植物の新種発見と生態解明

たき ざわ けん じ

滝沢 研二

早稲田大学 理工学術院 准教授

流体構造連成にかかわる研究領域を世界的に先導

たけ べ たか のり

武部 貴則

横浜市立大学 准教授

(兼)シンシナティ小児病院 准教授 / (兼)国立研究開発法人科学技術振興機構 さきがけ研究者

iPS細胞から「臓器の芽」を作製する培養手法の開発

たま き え み

玉城 絵美

早稲田大学 人間科学学術院 助教

(兼)国立研究開発法人科学技術振興機構 さきがけ研究者 / (兼)H2L 株式会社 創業者

コンピューターの信号で人の手を動かす装置「ポゼストハンド」の開発と、在学中起業

なか がわ けい いち

中川 桂一

東京大学大学院工学系研究科 医療福祉工学開発評価研究センター

(兼)バイオエンジニアリング専攻 (兼)精密工学科 助教

1兆分の1秒の世界を捉える世界最高速カメラ

「Sequentially Timed All-optical Mapping Photography (STAMP)」を開発

ひら おか やす あき

平岡 裕章

東北大学原子分子材料科学高等研究機構 数学連携グループ

教授・主任研究者

数学理論から開発された位相的データ解析の材料科学への応用研究

～複雑な物質構造を数学理論で解き明かす～

ひろ つ たか あき

広津 崇亮

九州大学大学院 理学研究院生物科学部門 助教

株式会社 HIROTSU バイオサイエンス 代表取締役

線虫の行動特性を利用した、高精度で簡便ながんの早期発見手法の開発

及びベンチャー企業の設立による実用化の取組

みなもと とし ふみ

源 利文

神戸大学大学院 人間発達環境学研究科 特命助教

環境 DNA を用いて水中生物を一括して特定し生物量を把握する技術を開発

やま うち ゆう すけ

山内 悠輔

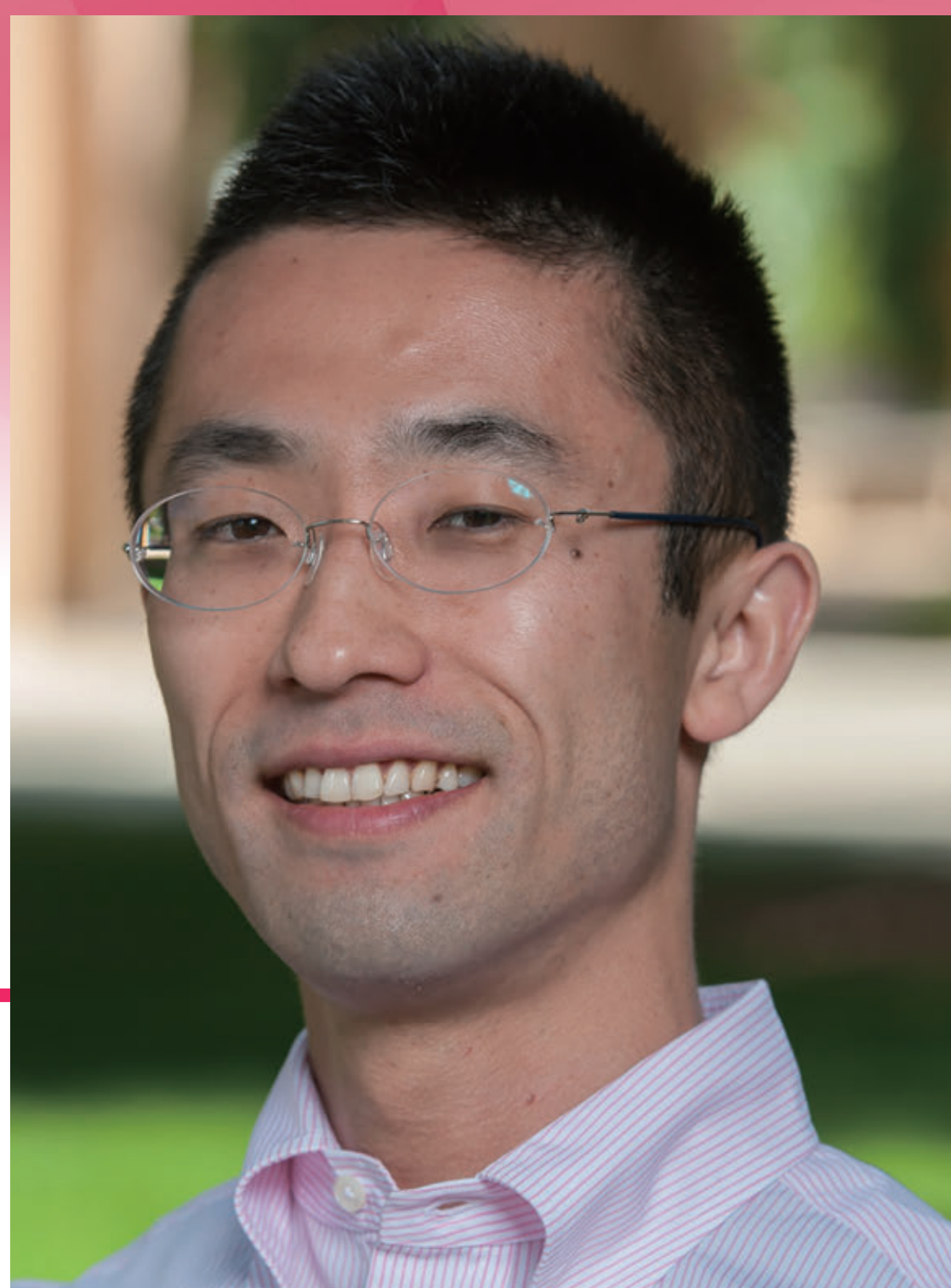
University of Wollongong (オーストラリア) 教授

(兼)物質・材料研究機構 国際ナノアーキテクトニクス研究拠点 (MANA) グループリーダー

新しい無機材料をデザインする様々な合成手法の提案と、数多くの新材料の合成



こちらのナイスステップな研究者の研究の詳細は、以下のウェブサイトで御覧いただけます。
www.nistep.go.jp/n2016



「イノベーターのジレンマ」の経済学的解明

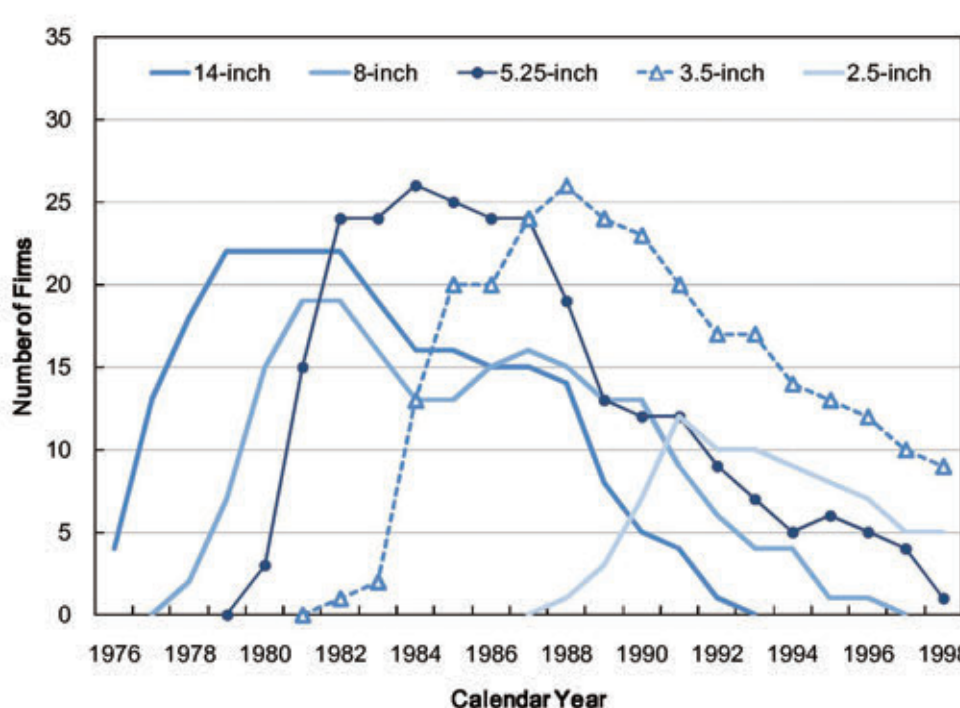
いがみ みつる

伊神 満

イェール大学経済学部 助教授

技術革新の過程で新規参入企業に比べて既存企業のイノベーション活動が遅延しがちであるという「イノベーターのジレンマ」について、世界で初めて経済理論に基づき実証的に解明しました。

技術の変遷によって企業も栄枯盛衰する： 「創造的破壊」



いくら**既存企業**が独占力を強めても、**起業家たち**が新技術によって新たな産業を興せば古い業界もろとも駆逐されてしまう。よって**長期的には競争が維持され**、経済も豊かになる（**シュンペーター**、1942）。

ではなぜ既存企業は、新参企業に先駆けて 新技術を開発・導入してしまわないのか？ 「イノベーターのジレンマ」

- 従来の説明：「**組織の内部事情**」（クリステンセン、1997）
 - A) 既存企業とその経営者には、組織的・情報的・心理的な**バイアス**があるため。
 - B) 既存企業にはそもそも新技術の開発能力が欠けているため。
 - C) 既存企業においては、**大口顧客が新技術を要望しない**ため（少なくとも当初は）。
- しかしこれらの仮説は、煎じ詰めれば全て、「**既存企業は無能だったから淘汰された**」と言っているに等しく、トートロジー（同義反復）、あるいは「後付けの経営学」の印象を拭えない。

既存企業のイノベーションが遅延しがちだ という現象に対する「経済学的な説明」

- 安易に「愚者」探しをしたり、失敗を「無能さ」のせいにしたりするのは、経済学者の好む論理ではない。むしろ次のようには考えられないか？
 - ①「**置換効果**」（アロー、1962）：新旧製品が需要を共喰いしてしまうと、新技術を導入しても利益は増えない。よって既存企業にとってはイノベーションしない方が合理的。
 - ②「**先制攻撃**・「**抜け駆け戦略**」（ギルバート & ニューベリー、1982）：もし新参企業の参入を許せば、既存企業は従来の独占力・独占利益を失ってしまう。よって既存企業は新参企業を出し抜くインセンティブがある。
 - ③「**能力格差**」（シュンペーター、1934 & 1942）：既存企業と新参企業の間では研究開発能力に差があるかもしれない。そしてどちらが優れているかは一概に言えないので、データから検証する必要がある。

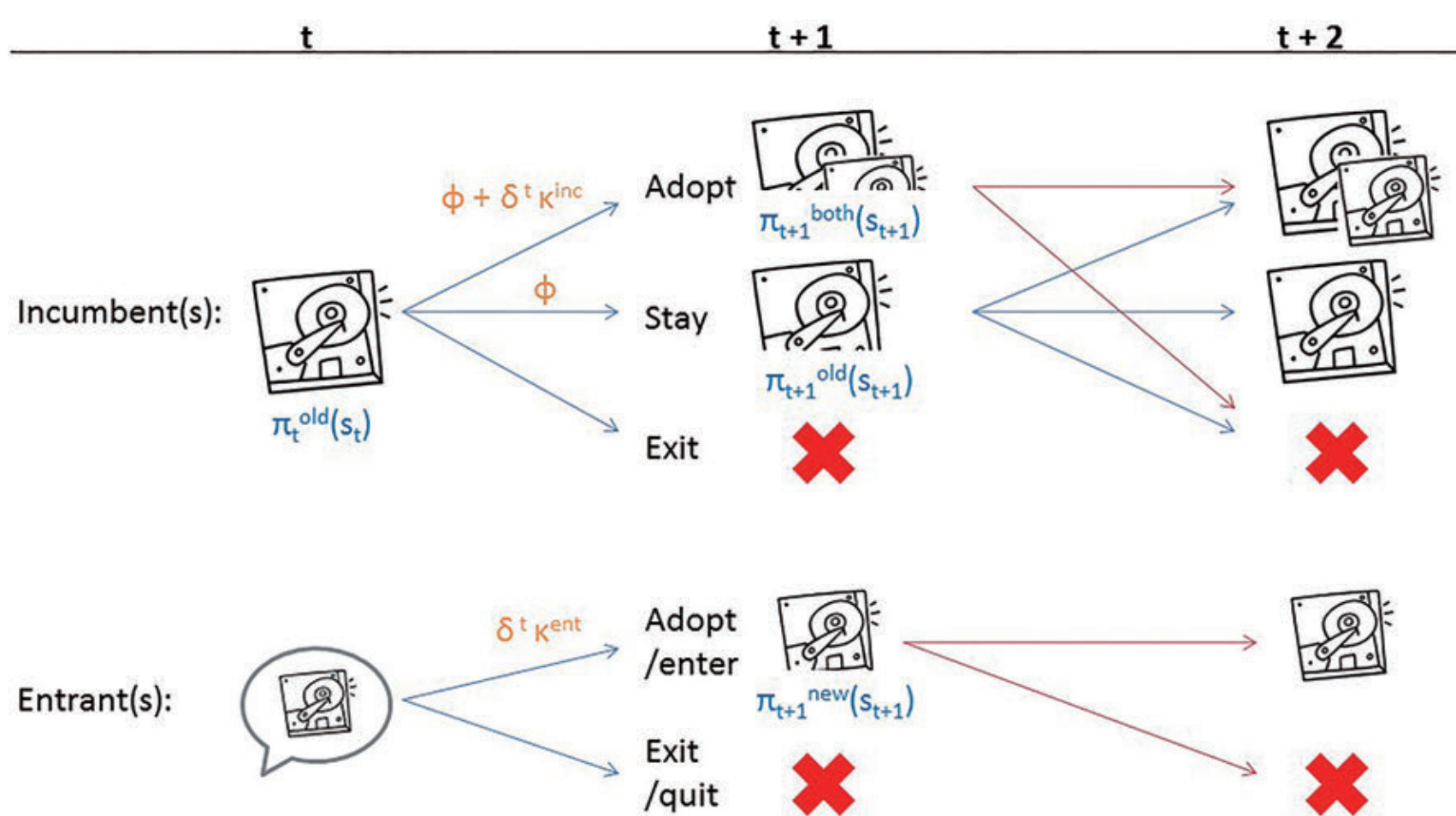
方法論的な課題

- 「対照実験ができない」＝ **大規模**現象を扱う社会科学に共通の悩み
 - ▶ **小規模**現象であれば「実験」も可能だが・・・
 - 例：飲料自販機によるオススメと通勤客の購買行動
 - 例：失業者向けのトレーニングと再就業の成功率
 - 例：蚊帳を家庭に配布しマラリア蚊による感染を防ぐ
 - ▶ **現実の産業を20年以上**も被験者には出来ない。
 - ▶ **歴史**は繰り返さない（1980年代のシリコンバレー）。

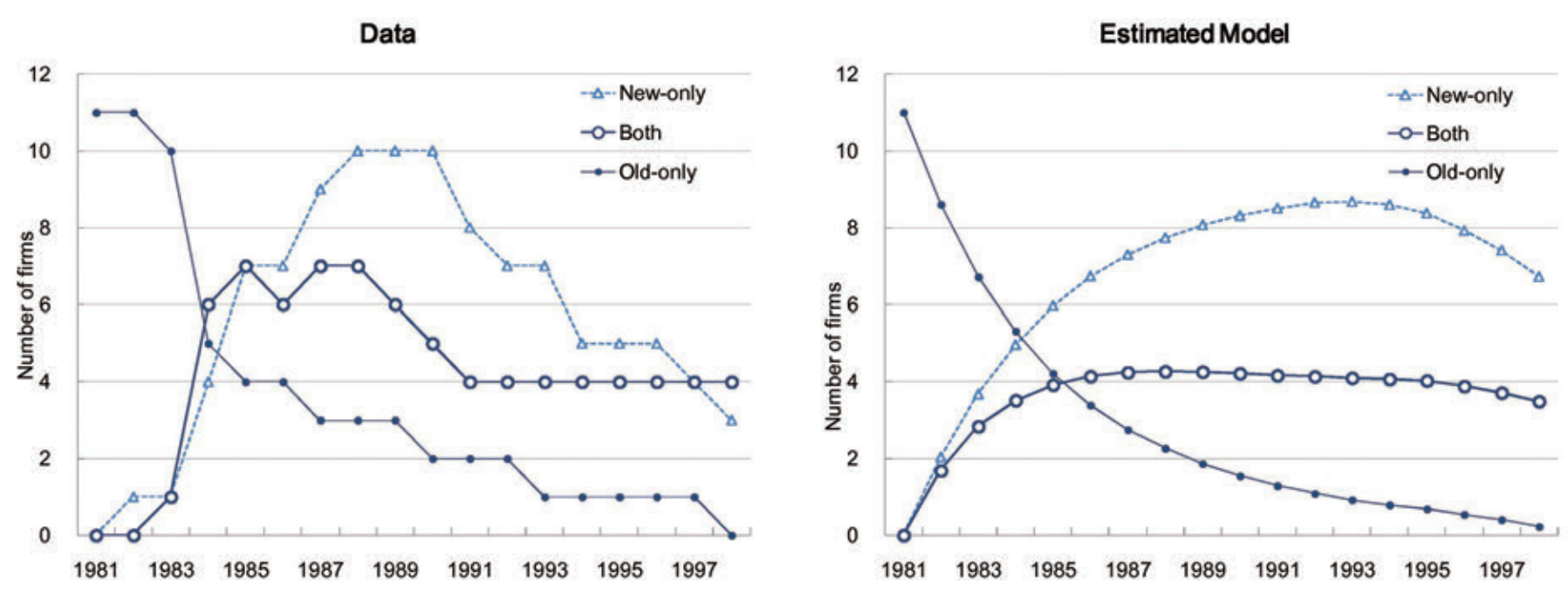
有効な分析手法

- そのような研究対象に有効なのが「**構造推定**」と「**シミュレーション実験**」
 - 1. まずは、**数理モデルを構築**し、そこに理論的に必要不可欠な要因（前述の①・②・③）を織り込む。これによって非論理的な仮説を排除できるが、この段階では「論理的な空想」に過ぎない。
 - 2. つぎに、**現実のデータを統計的に処理**して、数理モデルのパラメータを推定する。この過程で、論理に事実の肉付けがなされる。逆に、歴史的事象に経済学的分析のメスが入るとも言える。
 - 3. そして、「もしも要因①（あるいは②や③）が存在しなかったなら、この業界はどうなっていたのか？」という**反実仮想シナリオをシミュレーション**する。事実とシミュレーション実験結果を比較することで、個別要因の及ぼした影響を正しく測定できる。

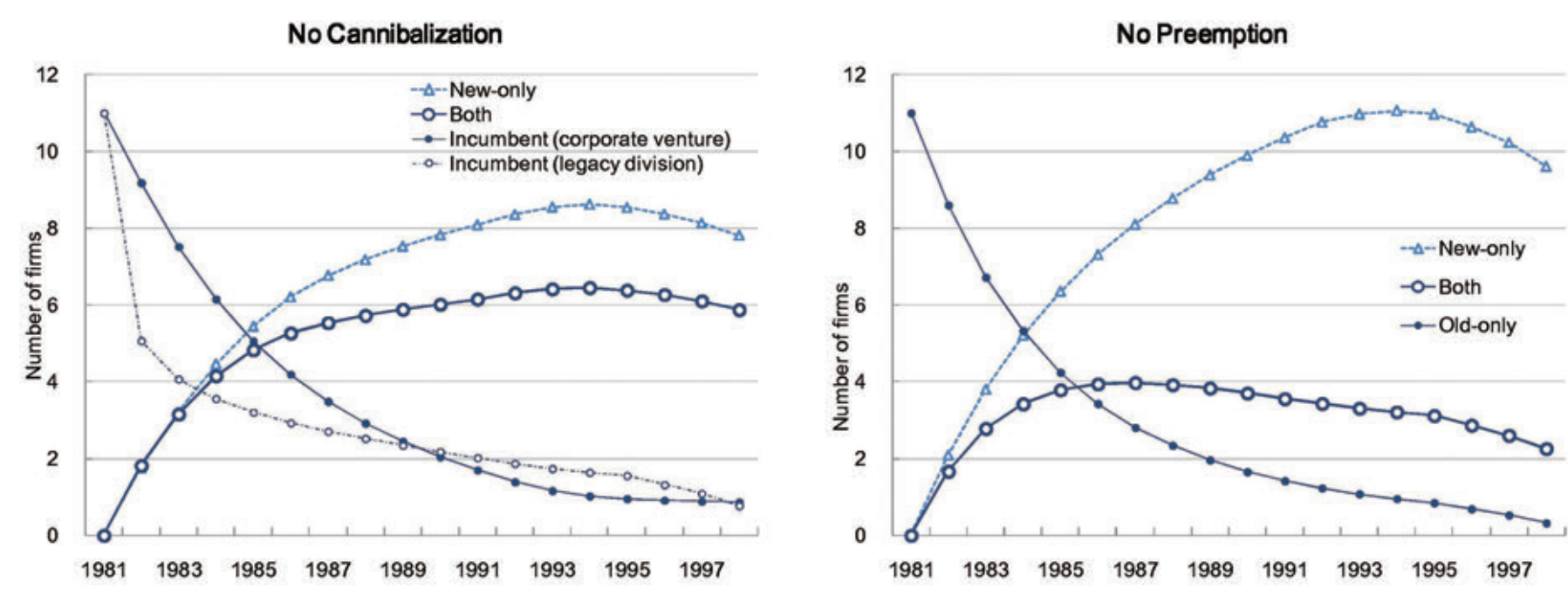
ステップ 1：数理モデルの構築



ステップ 2：データからの統計的推定



ステップ 3：シミュレーション実験



分析結果

- 発見
 - ①「**共喰い**現象」は深刻な影響を及ぼしている。
 - ②「**抜け駆け戦略**」を採るインセンティブも顕著。
 - ③ 既存企業の研究開発「**能力**」そのものは、じつは新参企業よりもむしろ高い。
- 結論
 - ▶ たえ研究開発能力が高くても、また合理的かつ戦略的であっても、**新旧製品が共喰いを起こしている限り、既存企業はイノベーションに本気になれない**。

ではどうすれば良いのか？ 創造的「自己」破壊

- 既存企業の**延命策**としては、「共喰い」を敢えて黙認し、新技術の導入を断行することが有効。
 - ▶ 旧製品部門の没落は早まるが、新製品部門が成功する確率は高まる。
 - ▶ 経営者および従業員にとっては、既存企業の存続が最重要課題であろうから、その観点からは望ましい方策となる。
- ただし「**企業価値**そのものの最大化」や「**社会・経済全体の厚生（幸福）**の最大化」とは矛盾する可能性もある。
 - ▶ したがって経営陣と株主の間の合意には困難が予想される。コーポレート・ファイナンス（企業金融）の見地から探究する余地がある。
- 政府の果たすべき役割は、研究開発補助金（法人税控除）を出したり特許制度を改変したりといった直接的介入ではなく、むしろ
 - 1. 有形無形の参入障壁を撤廃することで**新参企業の活躍**を容易にしたり、
 - 2. 失敗した**起業家が再起しやすい**ような金融市場の整備、および
 - 3. 既存企業からの**失業者が再起しやすい**ような労働市場の整備、
 - ・・・といった地味な環境整備である。



人影に着目した 個人認証手法の提案と開発

いわ した ゆ み
岩下 友美

NASA Jet Propulsion Laboratory・Research Technologist III
(兼)九州大学大学院 システム情報科学研究院 客員准教授

地面に投影された対象人物の全身の影を“影生体情報”と定義し、影生体情報を用いた個人認証手法を世界で初めて提案しました。

世界初: 人影からの個人認証技術

- 空からの広域な見守りシステムが可能

特定人物の発見・追跡

動作認識
(異常検出が可能)

体領域より影領域がリッチな情報
↓
時系列画像から動作情報を抽出

歩容(歩き方)

- 歩容から個人・性別・体調の変化などが推定可能

個人認証の例

【認証画像】

【データベース】

人物 A 人物 B

人物 Z

提案手法1: 影と体領域を用いた歩容認証

- 単一カメラで複数視点画像の取得が可能
➢ 日中であれば太陽, 夜間であれば照明からの影

建造物の上階からの撮影画像

体領域: カメラ視点からの画像
影領域: 太陽視点からの画像

	体領域	影領域	体+影
識別率	95 %	85 %	100 %

識別性能が向上

提案手法2: 統計的形状・歩行動作モデルを用いた歩容認証手法

統計的形状モデル

統計的歩行動作モデル

対象人物の3次元形状の推定

統計的形状・歩行動作モデル

- 従来手法 76.79
- 提案手法 92.86

提案手法3: 不可視な影を用いた歩容認証

- 赤外線による人に不可視な影

近赤外線ライト (850nm)

人が見る光景 (可視光透過フィルタ)

人には不可視な光景 (赤外線透過フィルタ)

影画像データベースの構築

カメラ
赤外線ライト

撮影画像の例

識別率 95 %

今後の可能性

- 低高度飛行体による広域な見守りシステム

撮影画像の例 (神奈川県警より)

特定人物の発見

動作認識



光合成をやめた植物の新種発見と生態解明

すえ つぐ けん じ
末次 健司

神戸大学 理学研究科 特命講師

希少種が多く分布や生態があまり知られていない菌従属栄養植物(光合成をやめ、菌類に寄生する植物)について、写真家などのアマチュアを含む、様々な分野の研究者や関係者と共同研究を行い、各地で新種の菌従属栄養植物を次々に発見し、これらの分類学的整理や生態解明を大きく進展させました。

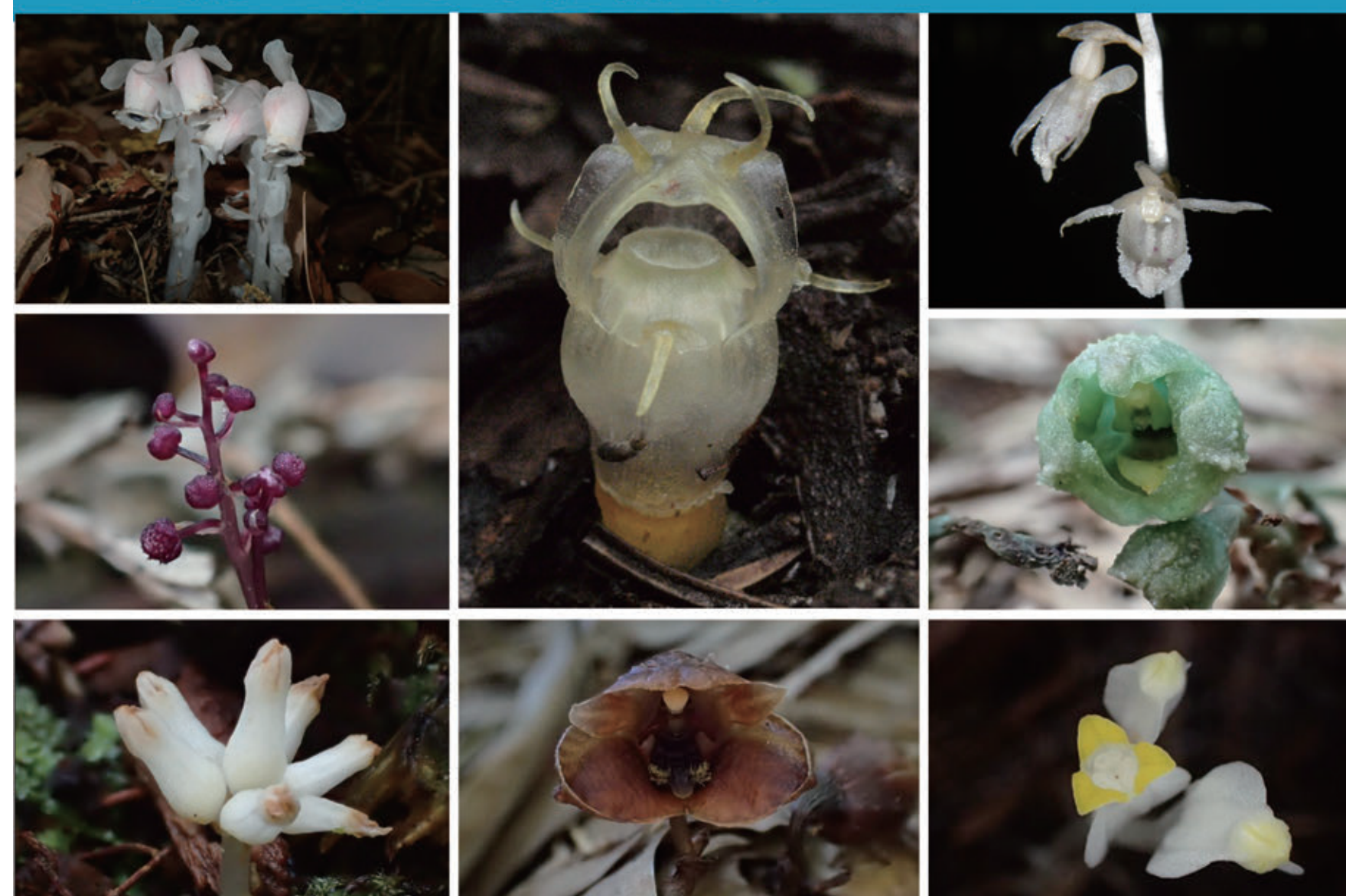
本来、植物は光合成で自活している



屋久島の原始林

皆さんは、「植物の特徴を挙げてください」と尋ねられたら、何と答えるでしょうか？
多くの人が、緑の葉を持ち、光合成を行うこと挙げるのではないのでしょうか？
(撮影：山下大明)

実はこれらも植物です



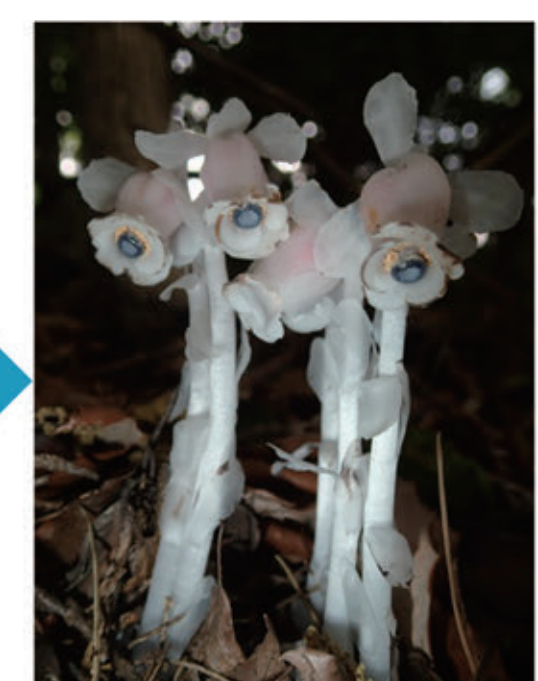
しかし実は、植物の中には光合成をやめて、キノコやカビの菌糸を根に取り込み消化して生育するものが存在します。このような植物は、菌従属栄養植物と呼ばれます。

もともとは「光合成する植物」から進化

植物が光合成をやめる時、
どのような変化が起こったのか？



ドウダンツツジ
(ギンリョウソウに最も近縁な独立栄養植物)



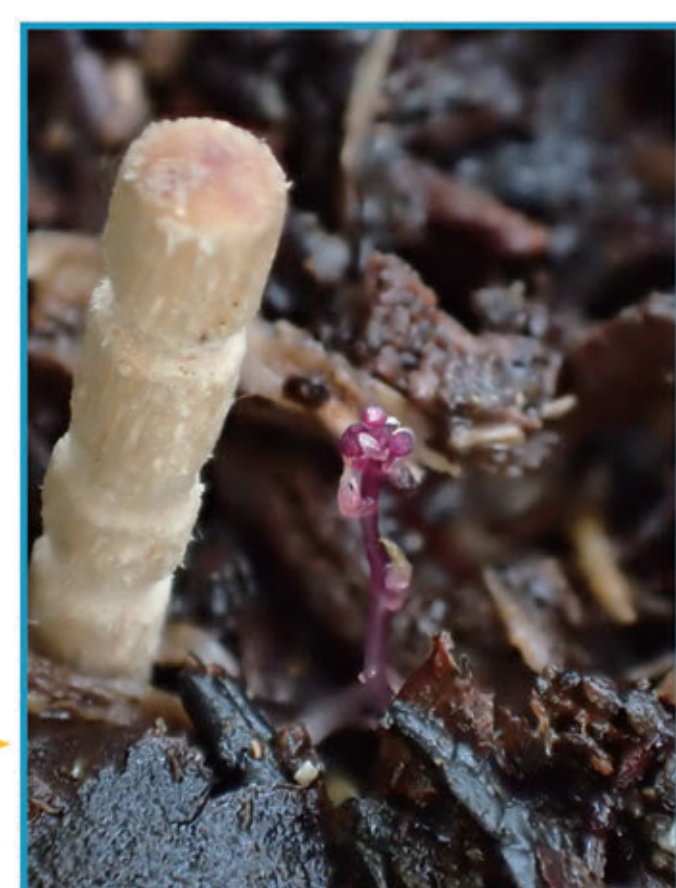
ギンリョウソウ

光合成をやめた植物も、「植物」というからには、元々は光合成をする普通の植物から進化しました。では彼らが光合成をやめた時、どのような変化が起こったのでしょうか？

研究されなかった理由

発見自体が困難で、研究が困難

- 小さい、少ない
- 開花期のみ出現
- 暗い林床に生育



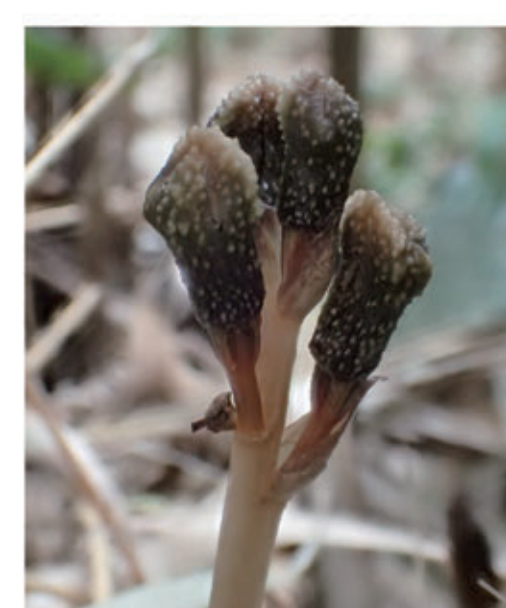
爪楊枝の先よりも小さい
ホンゴウソウ

これはとても面白いテーマなのですが、光合成をやめた植物の多くは稀で小型で、
見つけるのも困難です。このような理由から研究が進んでいませんでした。

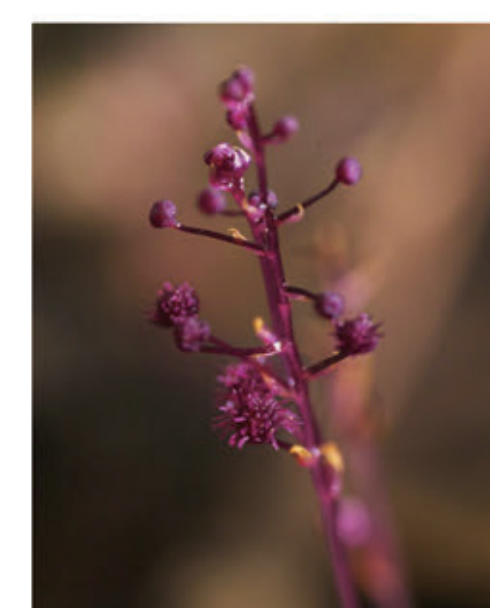
新種の発見

2016年に発見された光合成をやめた植物

2016年には18000種の動植物が記載されたが、
「the top new species of 2016」に選定



Mongabay選定の「top 20 species」
に選ばれたクロシマヤツシロラン



Newsweek選定の「top 10 species」
に選ばれたヤクシマソウ

実は日本は植物の戸籍調べが世界でも最も進んだ地域なのですが、こうした光合成をやめた植物は、例外的に、まだまだ新種が見つかるグループです。
(ヤクシマソウ撮影：山下大明)

フィールドでの観察



観察を行う過程で、光合成をやめた植物は、
他の生物との共生関係が変化させていることに気付く

こうして野外で植物を見つめる過程で、光合成をやめた植物は、他の生物との共生関係を変化させ「驚くべき生活」をしていることがわかってきました。

光合成も咲くことをやめた種も存在

閉鎖花のみをつけるタケシマヤツシロラン
つぼみで一生涯を終える



→は花粉が受粉する仕組みを示したものの。唇弁の形が変化して
自家受粉を促進する形態に進化

例えば、花を訪れる昆虫がほとんどやっこない暗い林床に生育する光合成をやめた植物の中には、受粉に昆虫のサポートを必要としない自家受粉を採用し、花を咲かせることをやめたものまで存在します。

今後の抱負

光合成をやめた植物を初め、
自然界の不思議の一つでも多く明らかに

- 自然を見つめることで得られたアイデアを基に
日本の生物多様性の豊かさを活かす研究



このように植物は、光合成をやめる過程で、花粉を運んでくれる昆虫など、他の生物との共生関係までも変化させているのです。今後も、植物が「光合成をやめる」という究極の選択をした過程で起こった変化を、一つでも多く明らかにしたいと考えています。



流体構造連成にかかわる研究領域を世界的に先導

たき ざわ けん じ
滝 沢 研 二

早稲田大学 理工学術院 准教授

流体の流動と構造物の変形の相互作用に考慮した解析である「流体構造連成」を発展させ、タイヤと路面の設置面周囲の流れ解析や、心臓弁開閉の詳細な流れ解析など、これまでは不可能とされていた解析を次々と実現しています。

T★AFSM



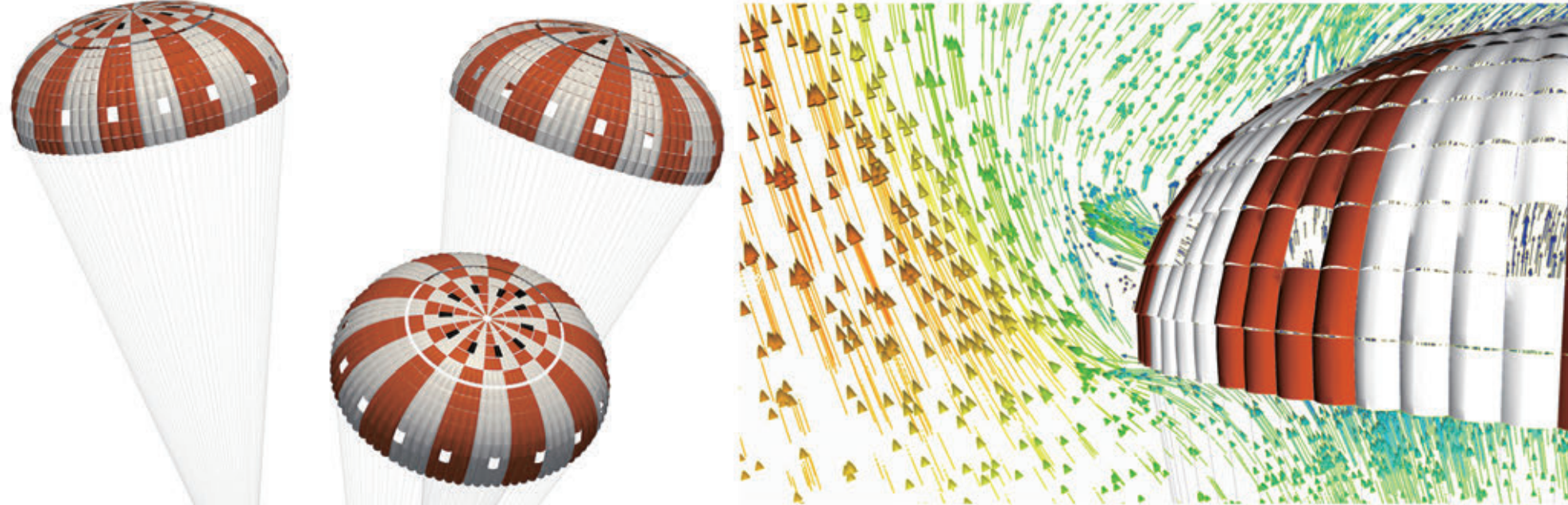
www.taism.org
www.jp.taism.org



高精度な流体構造連成技術の
21世紀主要技術領域における貢献

T★AFSM

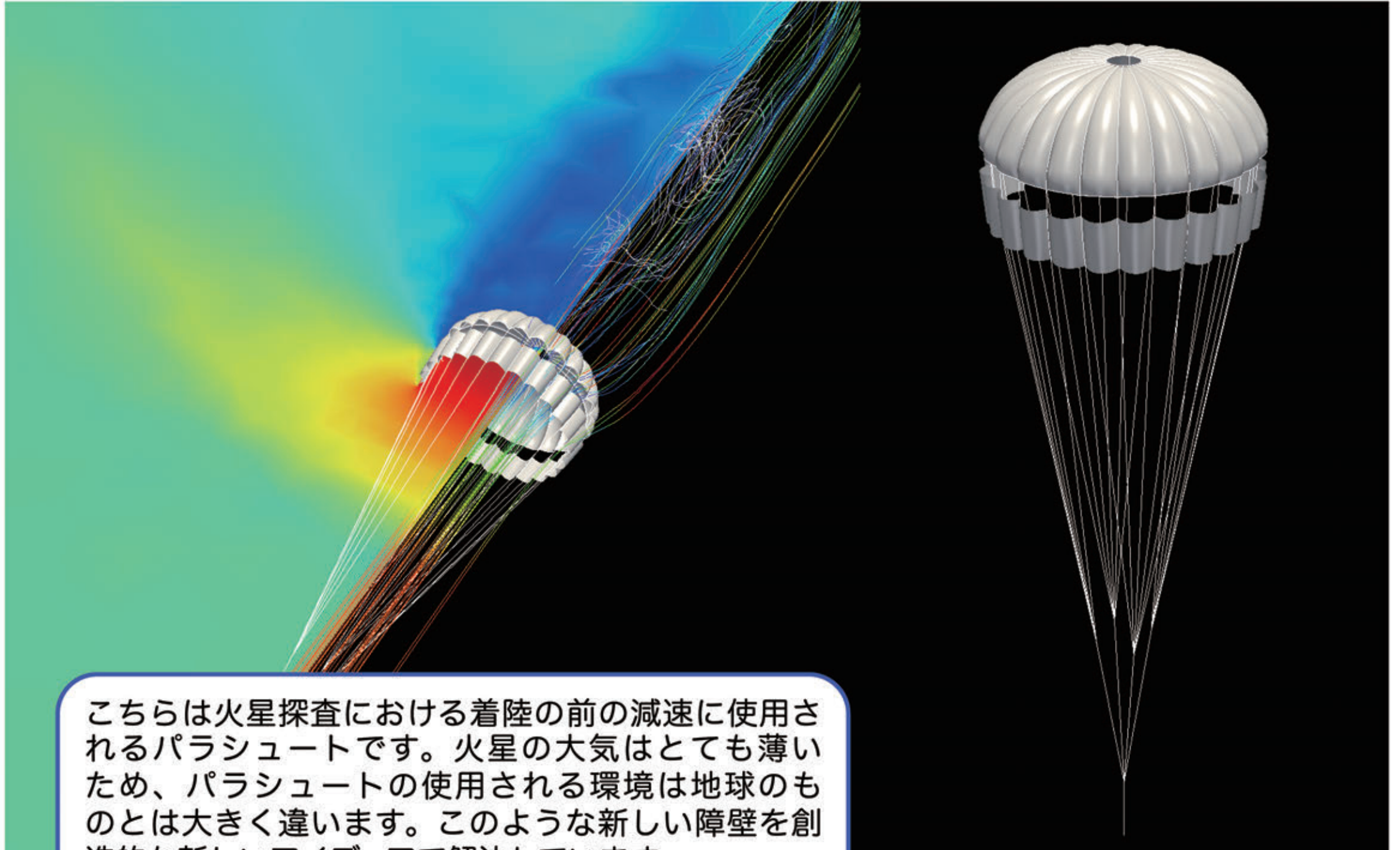
宇宙船を無事に地球に帰還させるパラシュート



私達の技術がNASA Orion宇宙船に搭載されるパラシュートの最終形状に貢献しました。絵にあるリング状の隙間や窓により、宇宙船を安全に着陸させることができます。研究では空気（流体）の流れとパラシュート（構造）の変形相互作用すなわち「流体構造連成」のコンピューターモデリングが重要な役割を果たしています。

T★AFSM

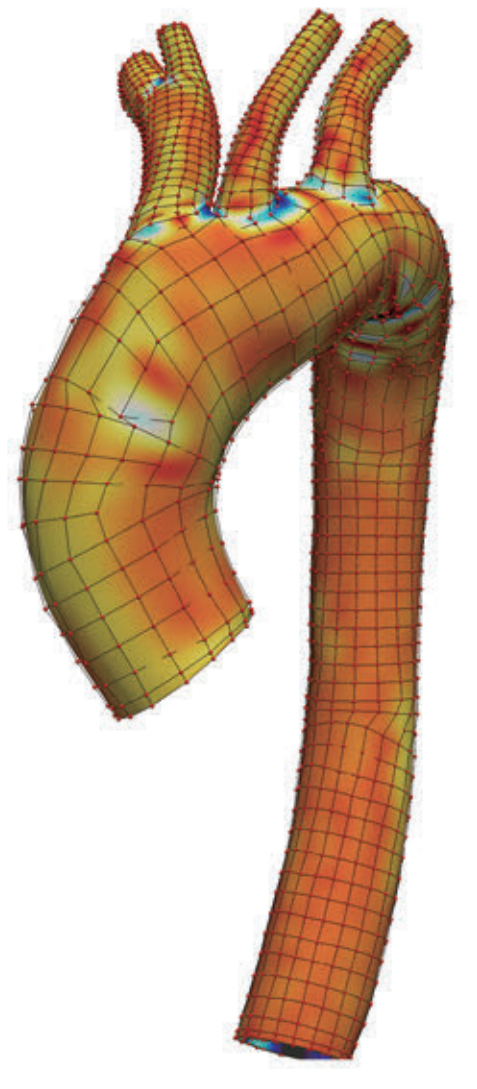
火星への着陸のための超音速パラシュート



こちらは火星探査における着陸の前の減速に使用されるパラシュートです。火星の大気はとても薄いので、パラシュートの使用される環境は地球のものとは大きく違います。このような新しい障壁を創造的な新しいアイデアで解決しています。

T★AFSM

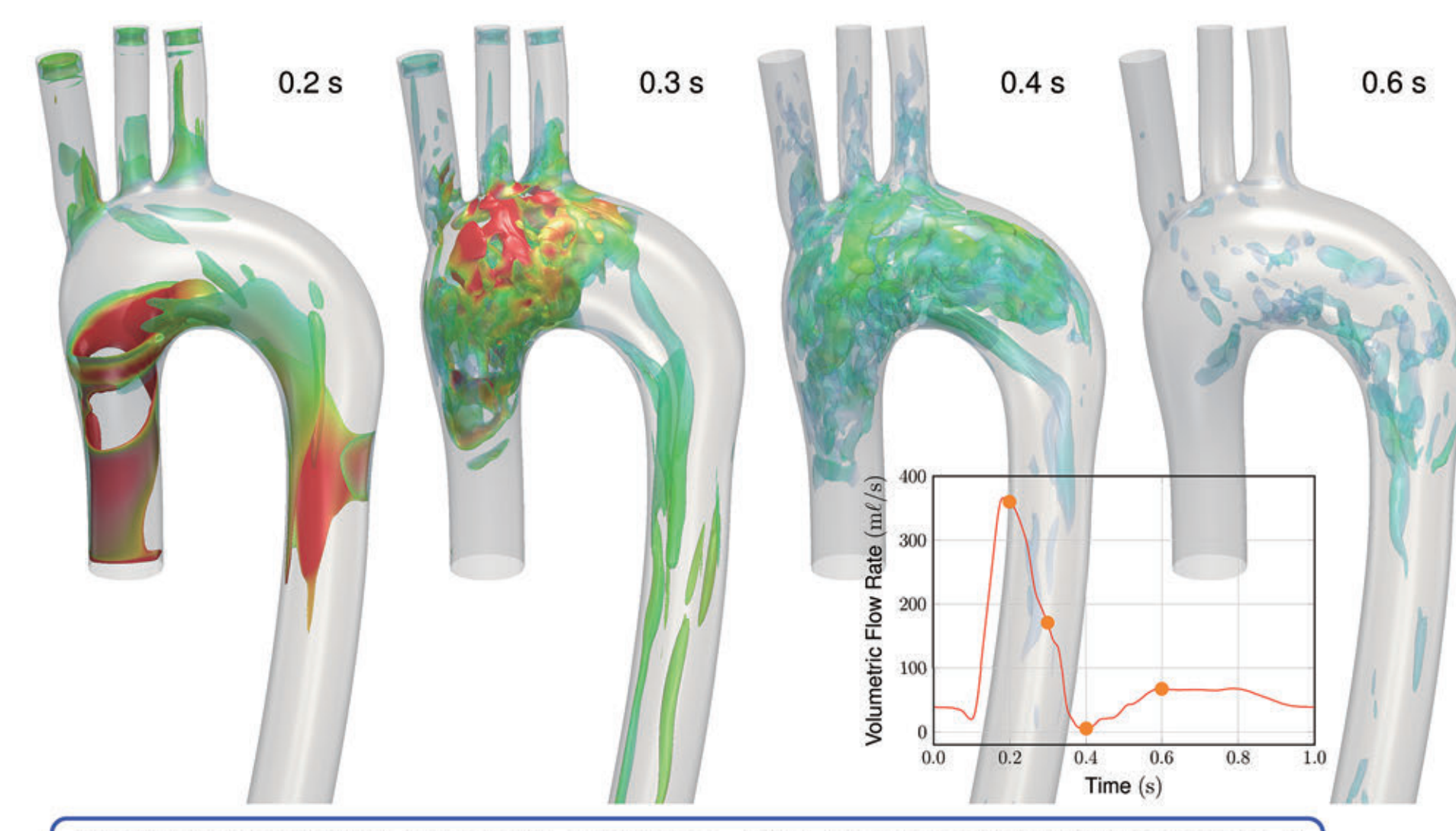
外科のお医者さんのための大動脈壁のコンピュータモデリング



外科医が効果的な治療を行うためには、血流動向を解析することが効果的です。これには、精度の高い血管の変形や運動を知ることが必要です。この運動には、心拍によって変動する血圧や血流が大きく関連しています。分岐のある大動脈のモデリングは非常に難しいです。私たちは、工業製品に使われるCAD (computer-aided design) を活用し、その大動脈モデリングに挑んでいます。

T★AFSM

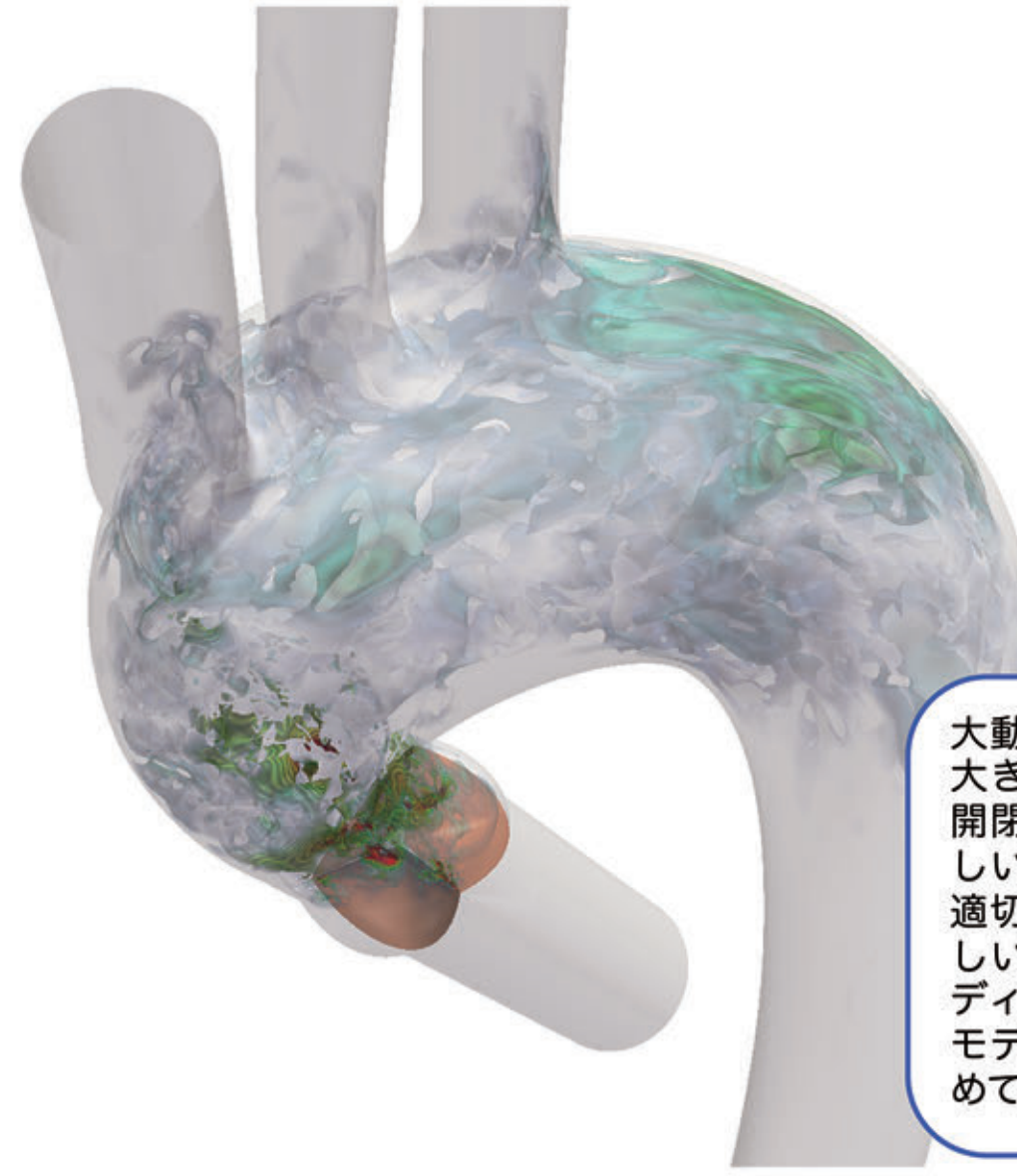
外科のお医者さんのための大動脈内の血流解析



血管内の流れを解析するのもまた難しい問題です。絵に示すような複雑な流れを解析するために様々な工夫を行っています。

T★AFSM

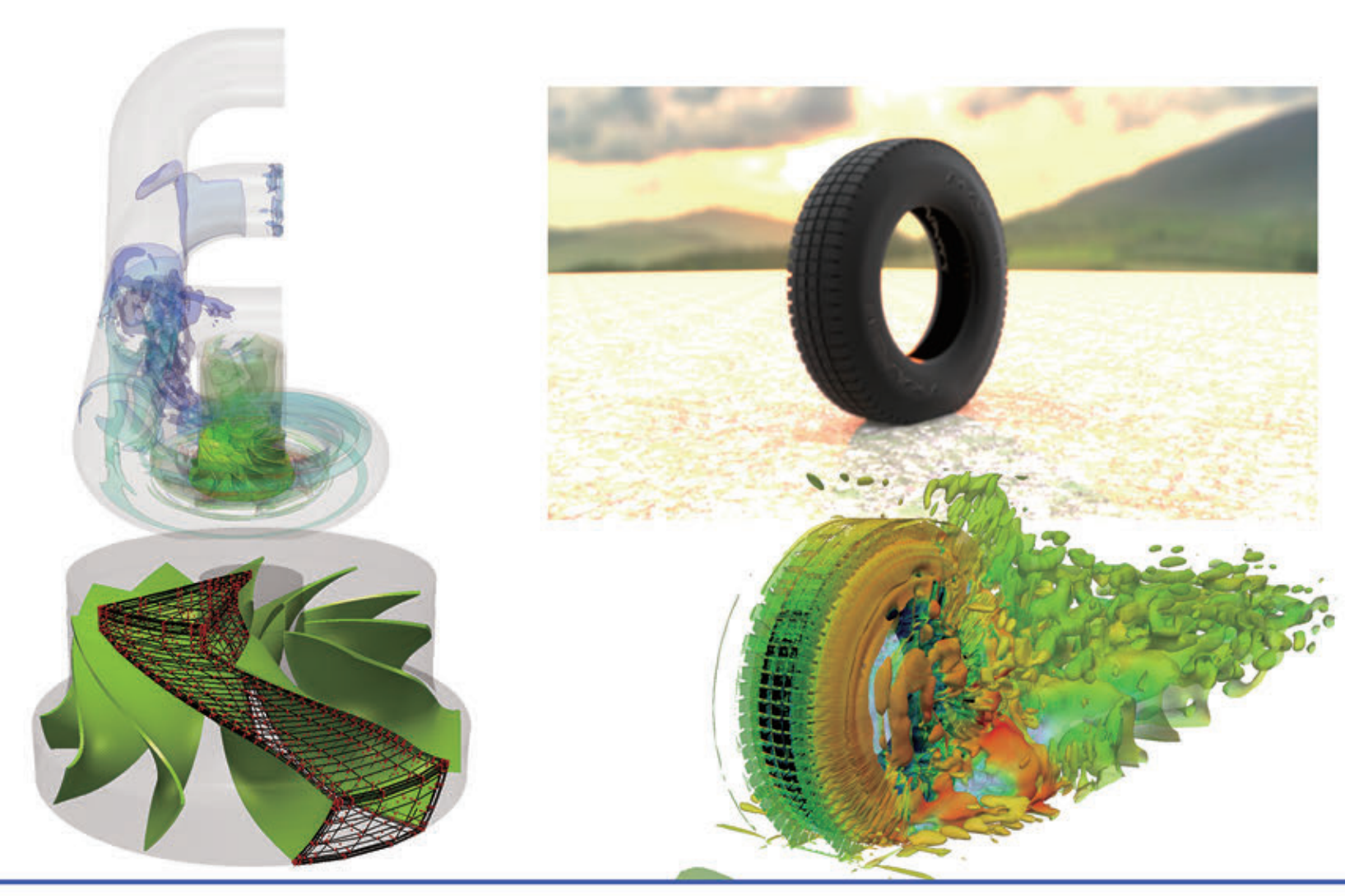
心臓弁もできます！



大動脈内の流れは弁の開閉の影響を大きく受けます。心拍に伴う弁葉の開閉をモデリングすることは最も難しいことのひとつです。この問題を適切にモデル化することが本当に難しいです。実際、私達の新しいアイデアである、時間と空間を同時にモデル化する4次元手法によって初めて実現しました。

T★AFSM

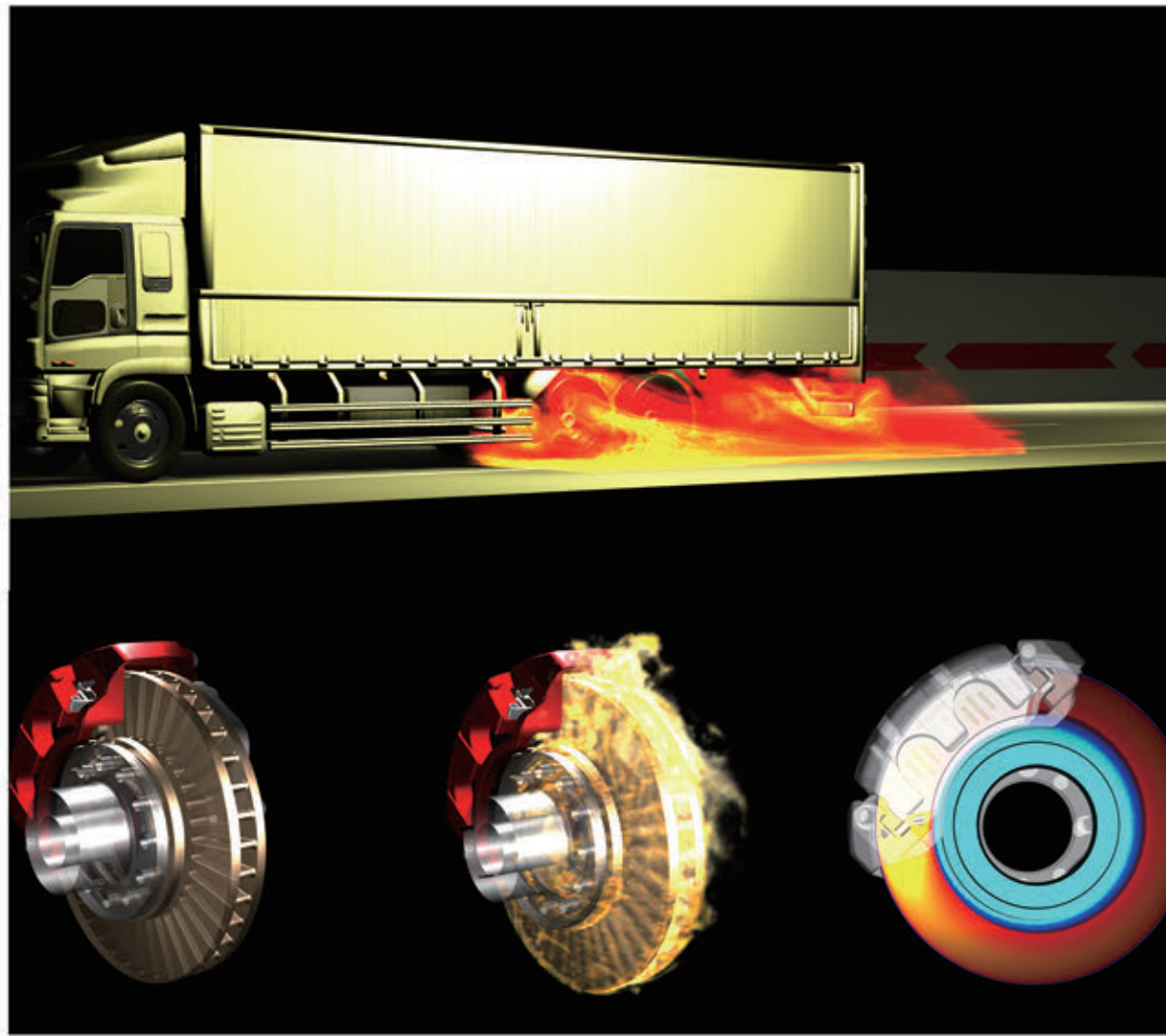
機械工学の工業製品設計への応用



工業製品の性能向上に機械工学は不可欠です。例えばターボチャージャーの中の流れやタイヤの周囲の流れを知ることによってそれらの設計に貢献することができます。絵のような複雑な形状において、その複雑な流れを再現するには、新しいアイデアを必要とします。私たちは日々そのようなアイデアを実現しながら、このような機械工学問題にも新しい解を導いています。

T★AFSM

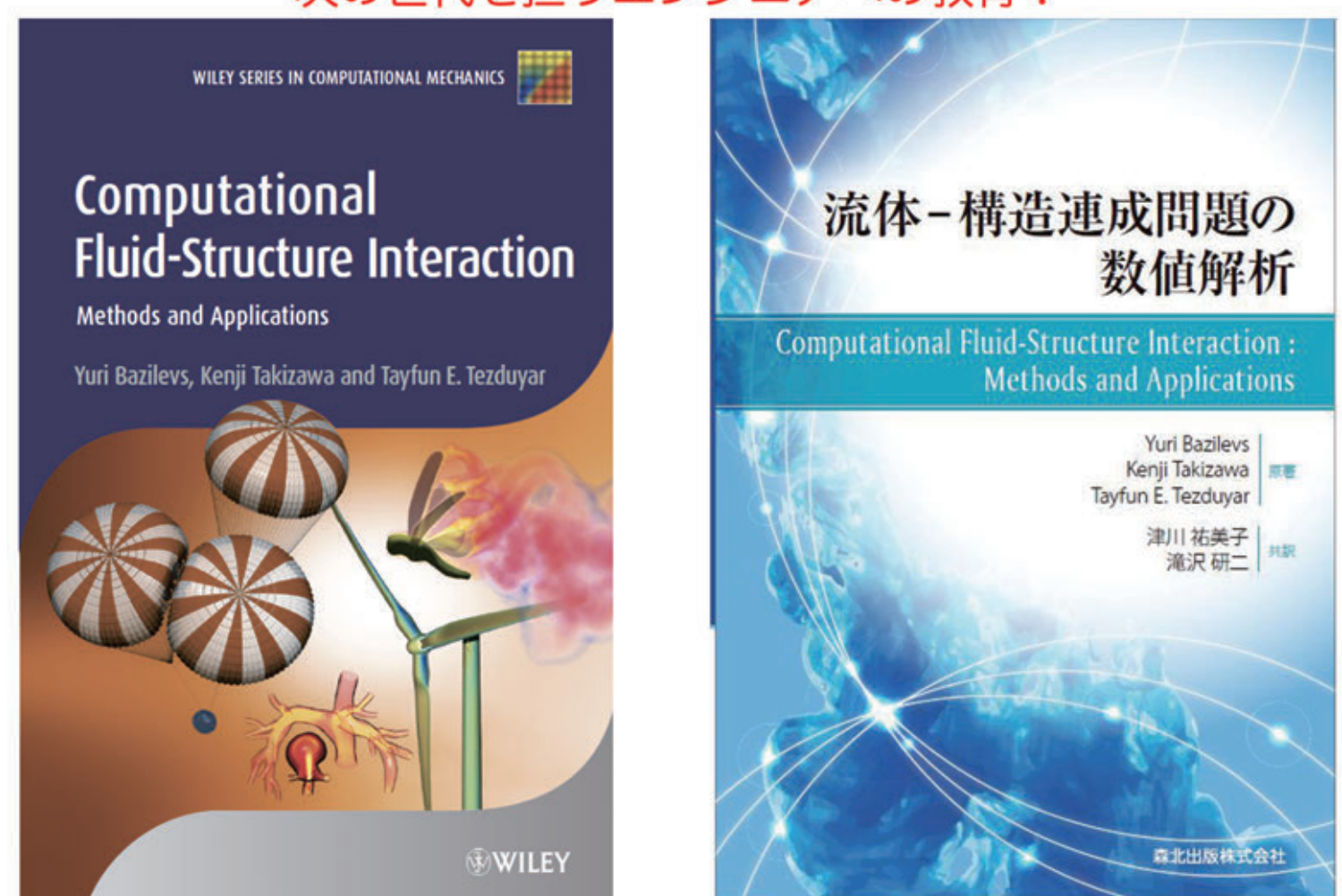
熱流体解析もできます！



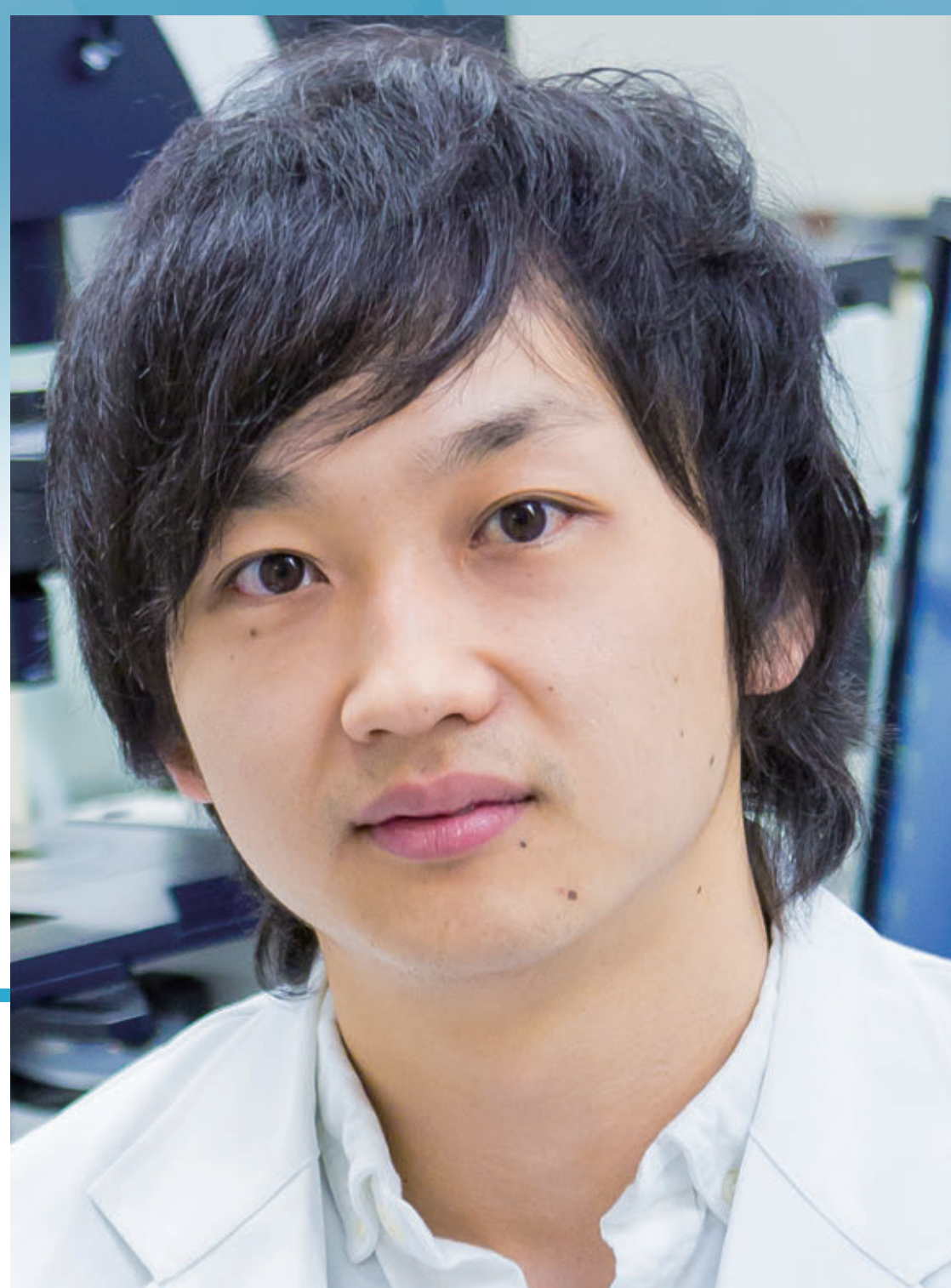
多くの工業製品は、流れに加えて、温度による影響があります。例えば、タイヤや、ディスプレイの発熱がどのように空気に伝わるか、そしてそれらがどのように流れていくかを知ることが必要です。ここでも複雑な形状そして複雑な流れが難しいポイントです。熱伝達問題においても私たちは新しいアイデアを出し、解決に導いています。

T★AFSM

次の世代を担うエンジニアへの教育！



私たちは次の世代を担うエンジニアのために最先端のコンピュータ解析を解説しています。流体構造連成解析のような新しいツールが、今後より多くの分野で使われていくでしょう。



iPS細胞から「臓器の芽」を作製する 培養手法の開発

たけべ たかのり

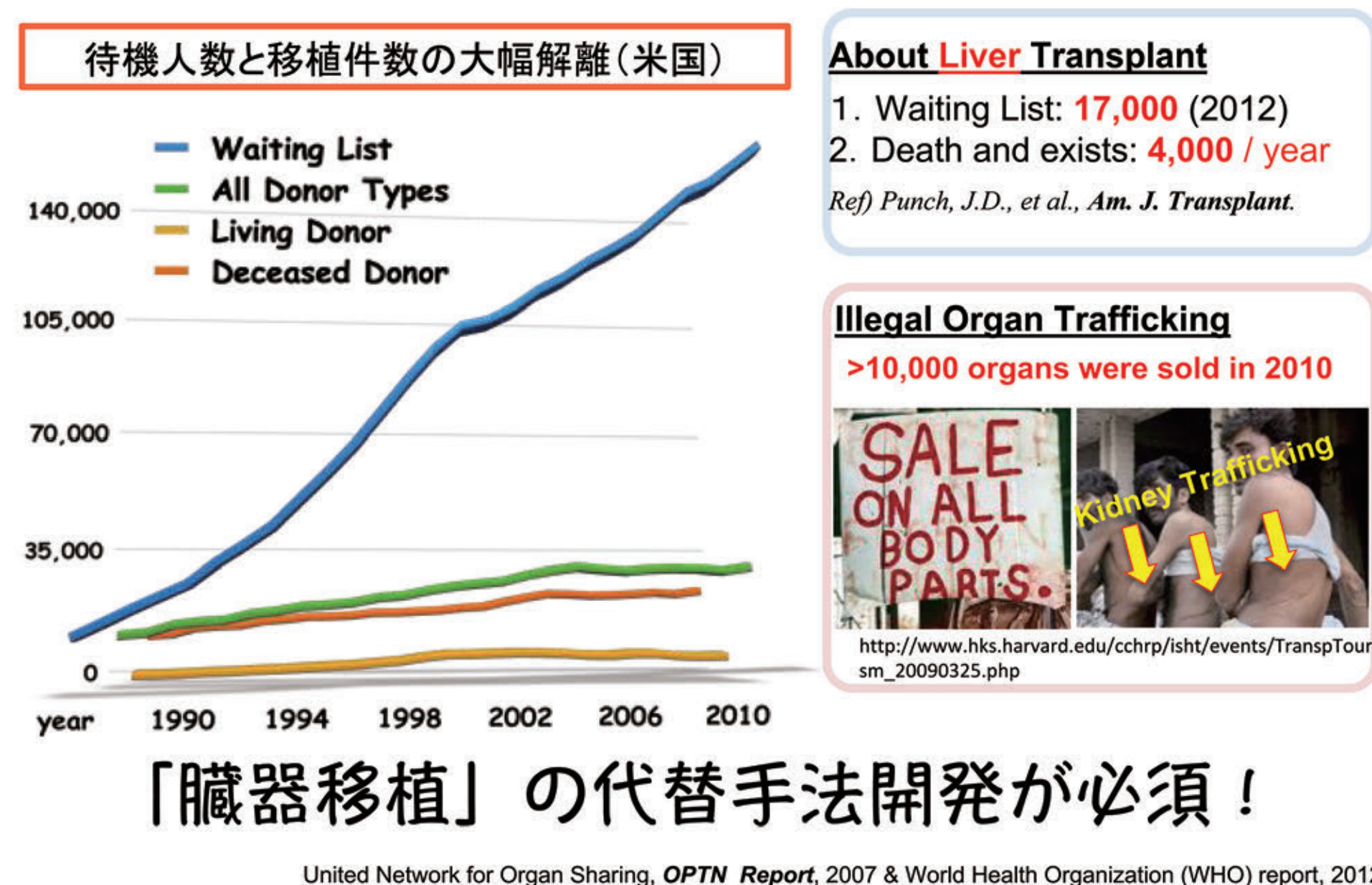
武部 貴則

横浜市立大学 准教授

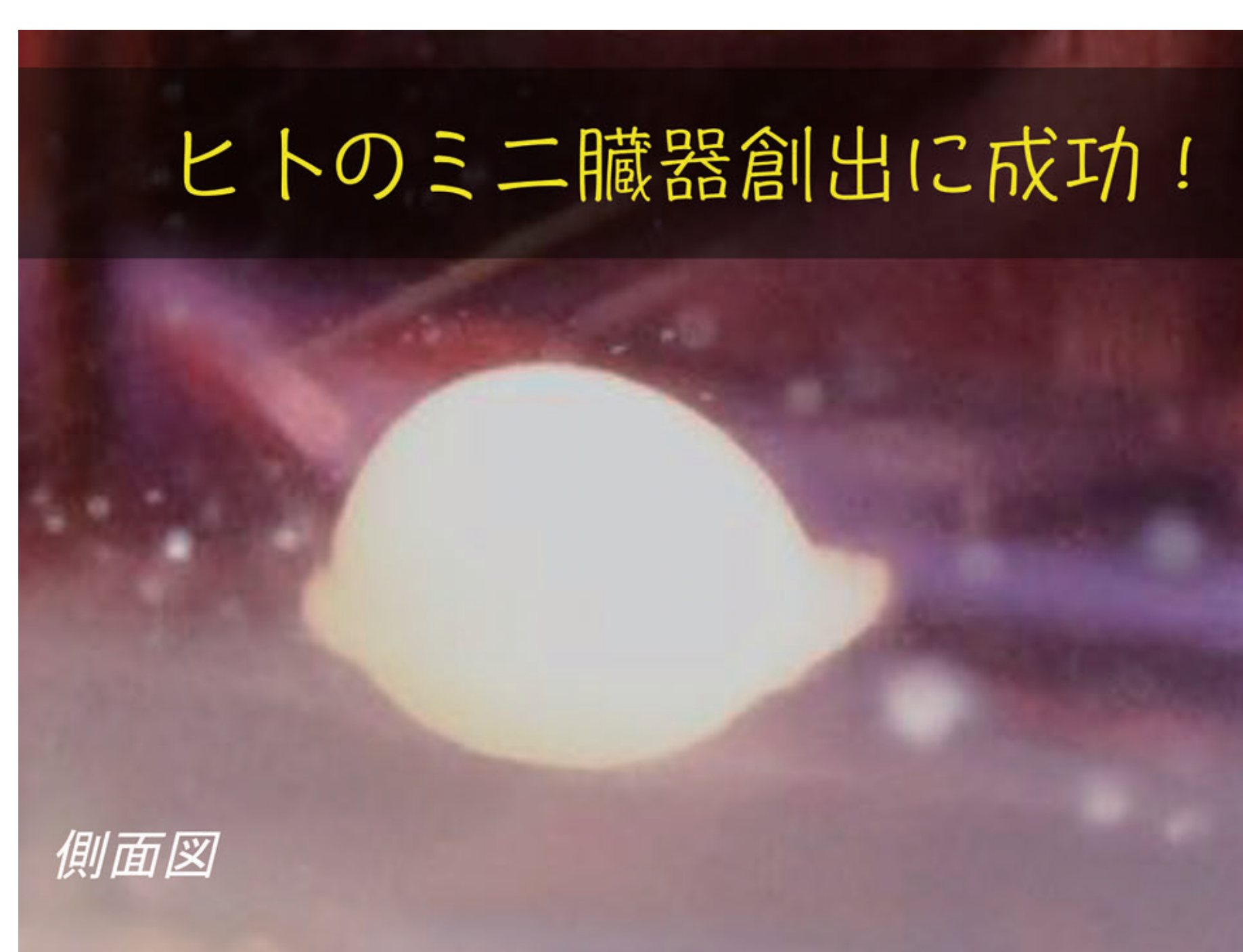
(兼) シンシナティ小児病院 准教授 / (兼) 国立研究開発法人科学技術振興機構 さきがけ研究者

実現が待たれていた iPS 細胞による臓器形成について、特定の条件で一定程度分化した細胞を共培養することで、ヒト iPS 細胞から肝臓原基を形成する方法を発見しました。

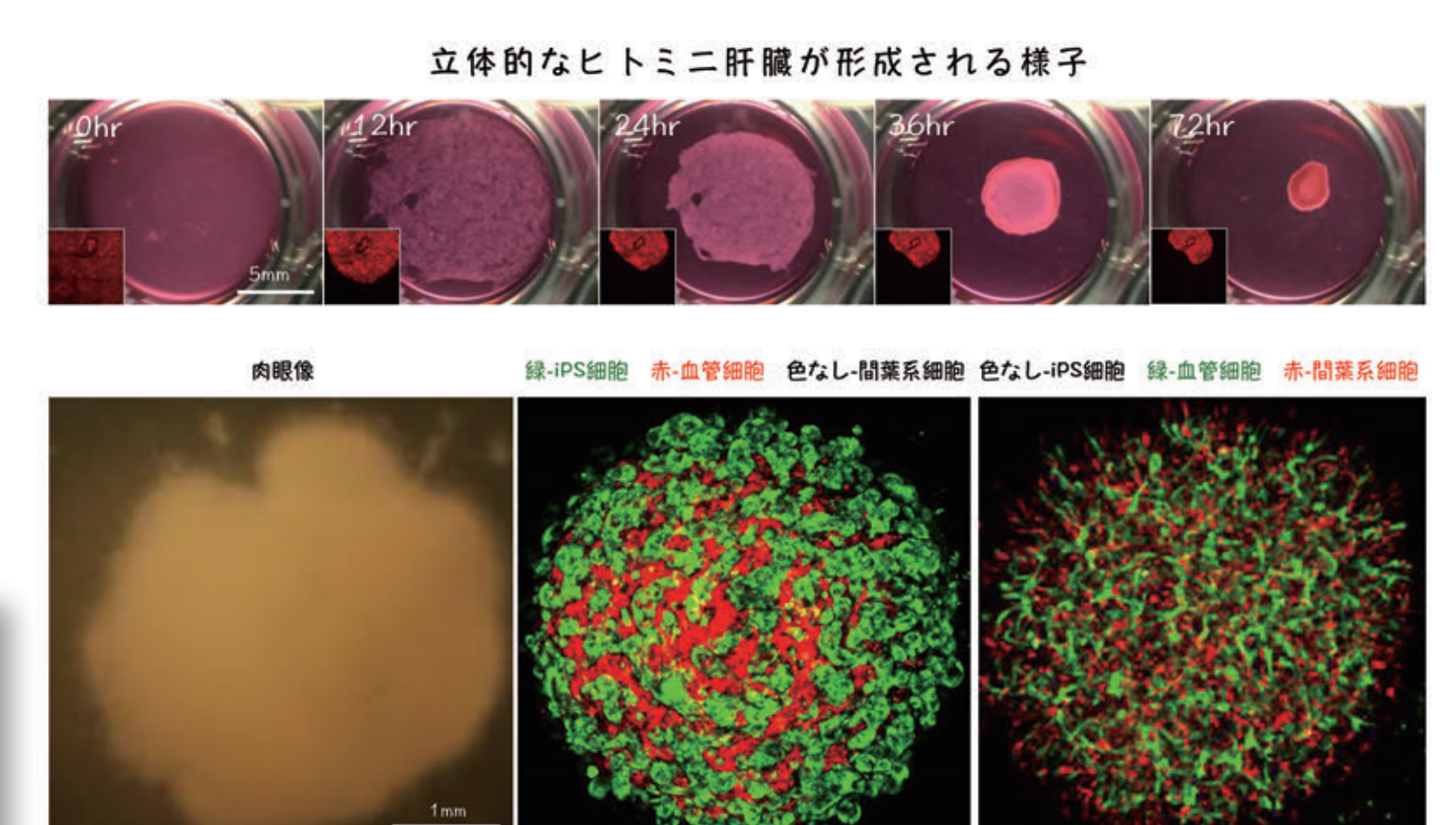
決定的な臓器不足



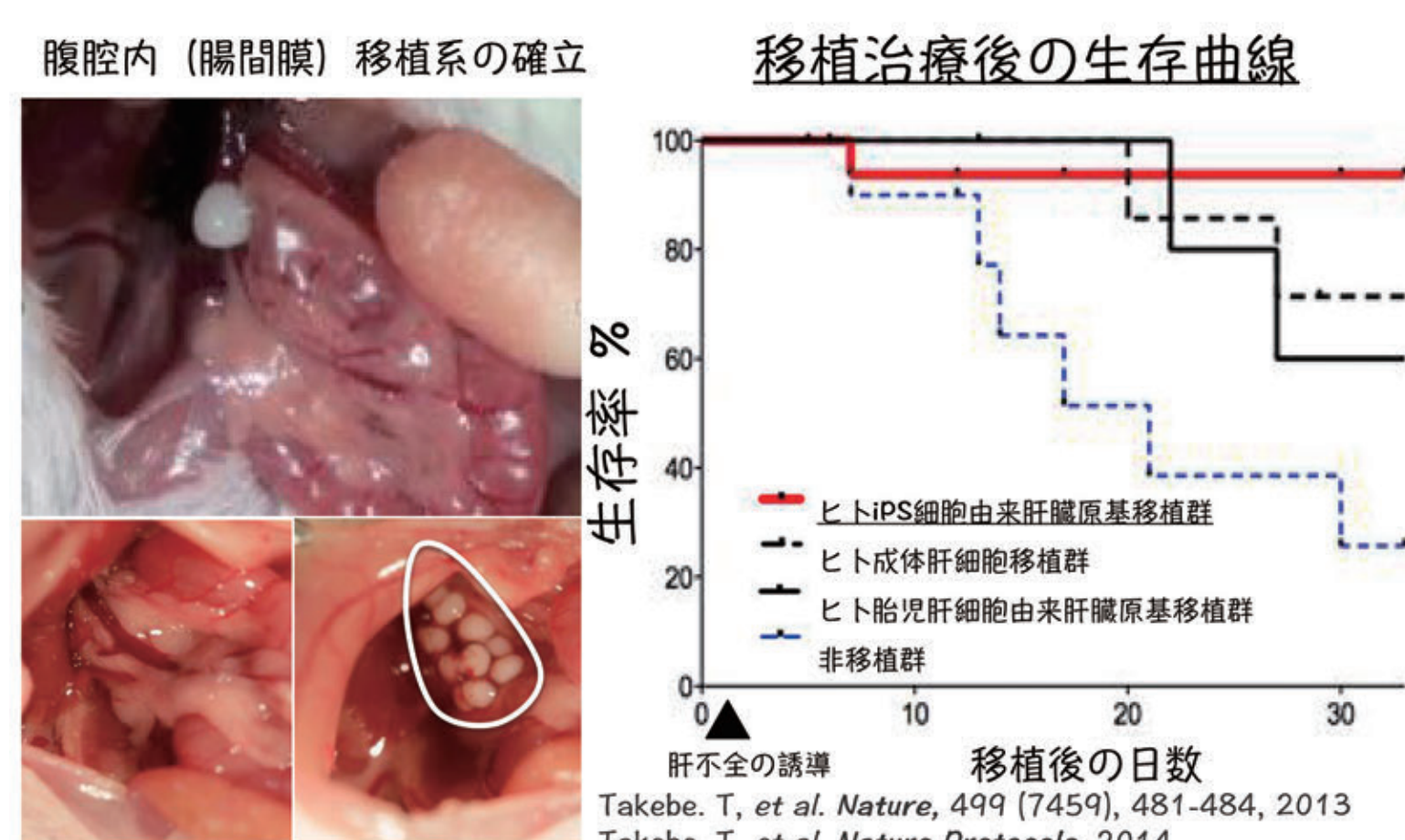
ヒトのミニ臓器創出に成功！



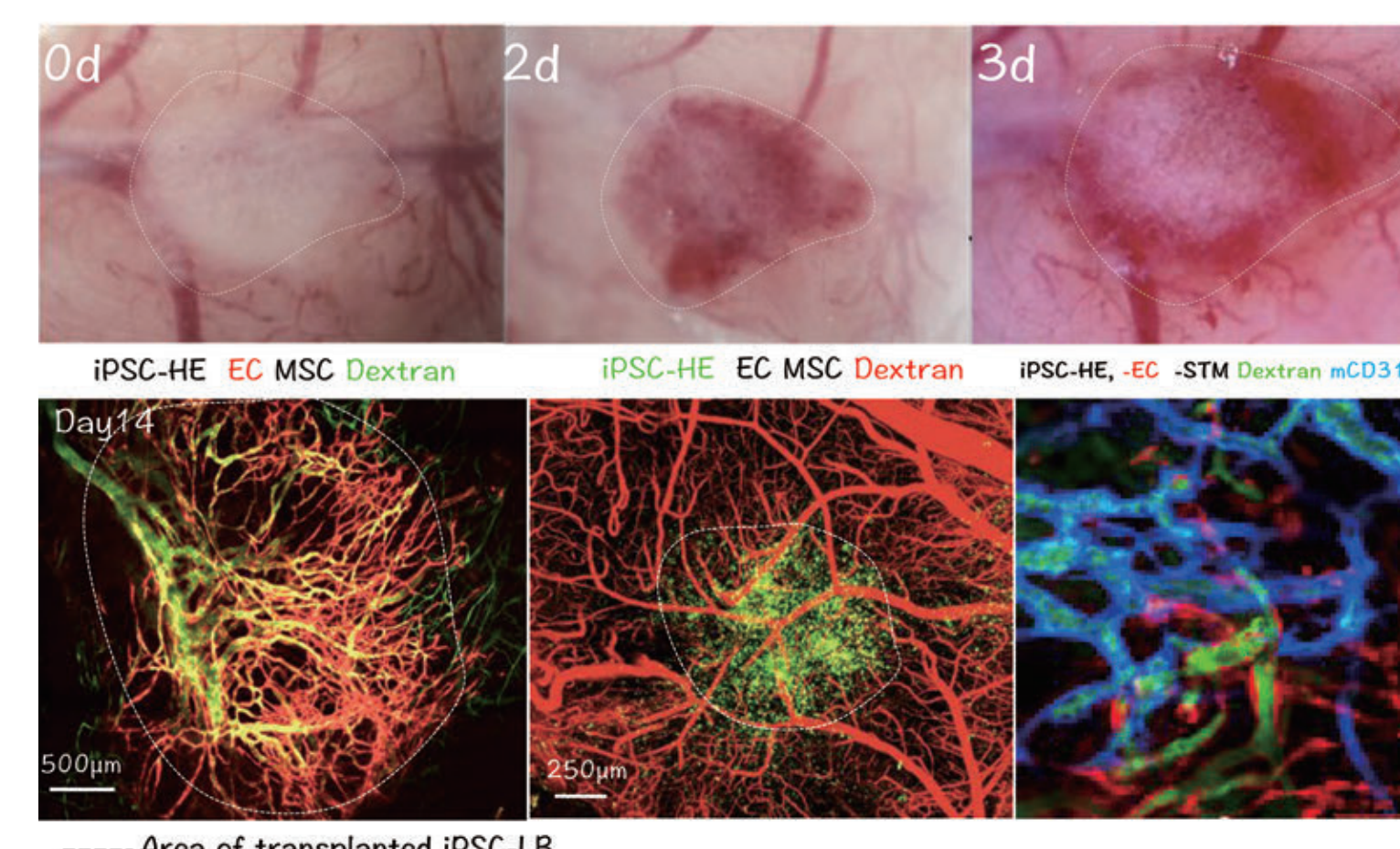
iPS細胞由来ヒト肝臓原基（ミニ肝臓）の形成過程



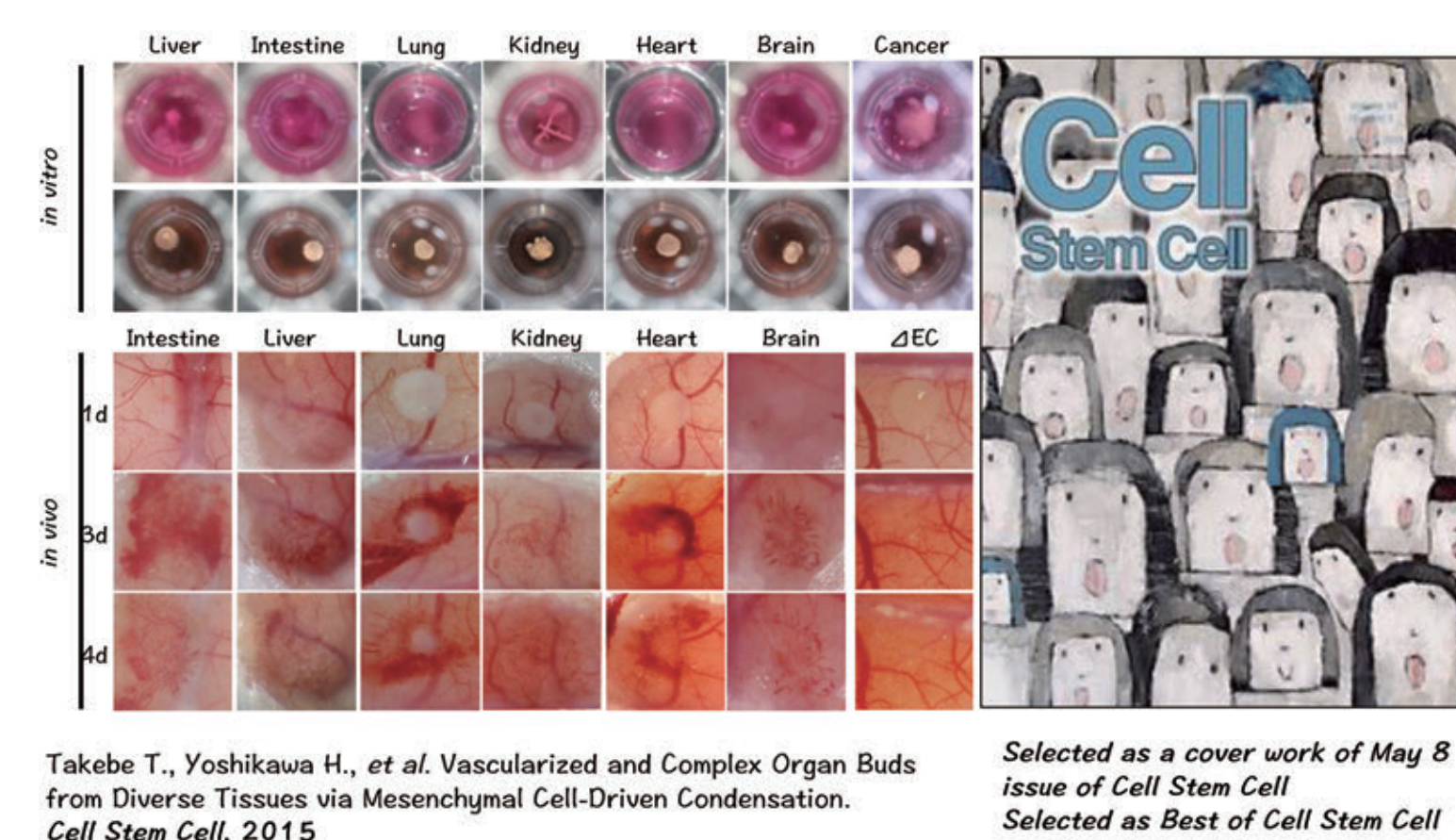
臓器不全モデルマウスを用いた ミニ肝臓移植の治療効果



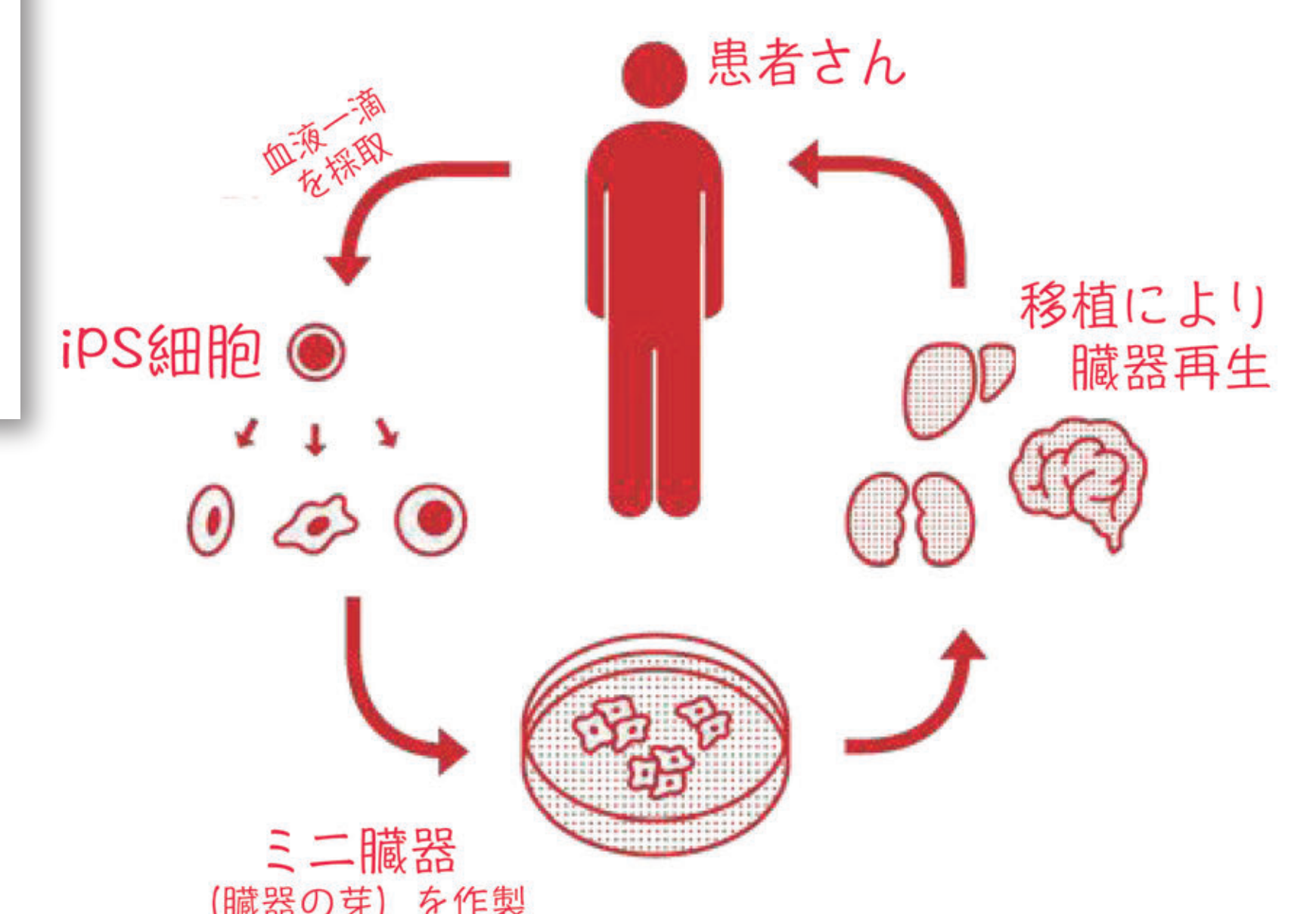
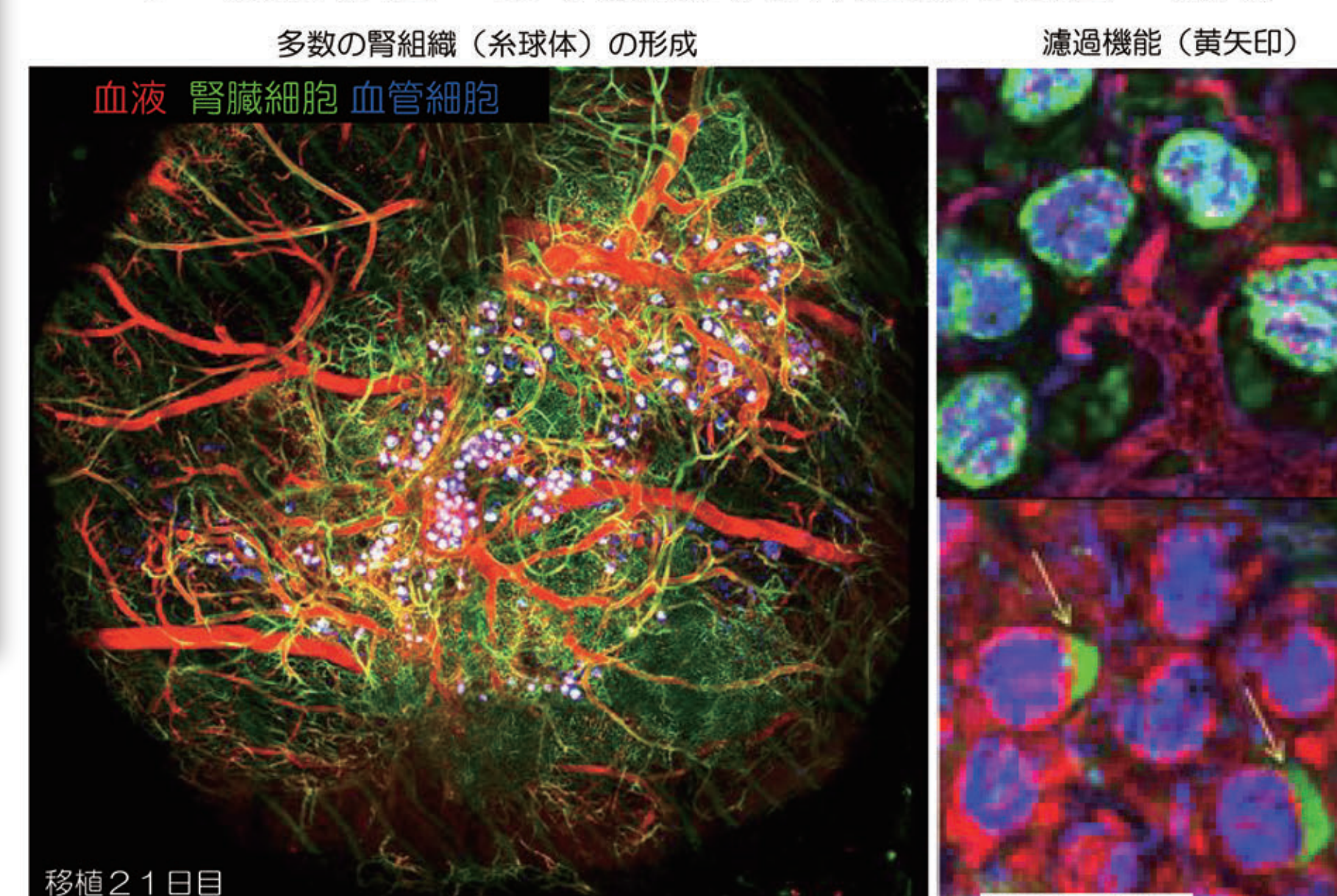
ミニ肝臓移植による血管吻合



さまざまな臓器作製に応用可能！



ミニ臓器移植により機能的な腎組織の創出に成功



臓器の“芽”（ミニ臓器）を移植し、体内で機能的な臓器に育成
—ミニ臓器移植という革新治療概念の実証を目指す！—



広告 × 医学 (AD-MED)
= デザイン研究で医療に革新を！

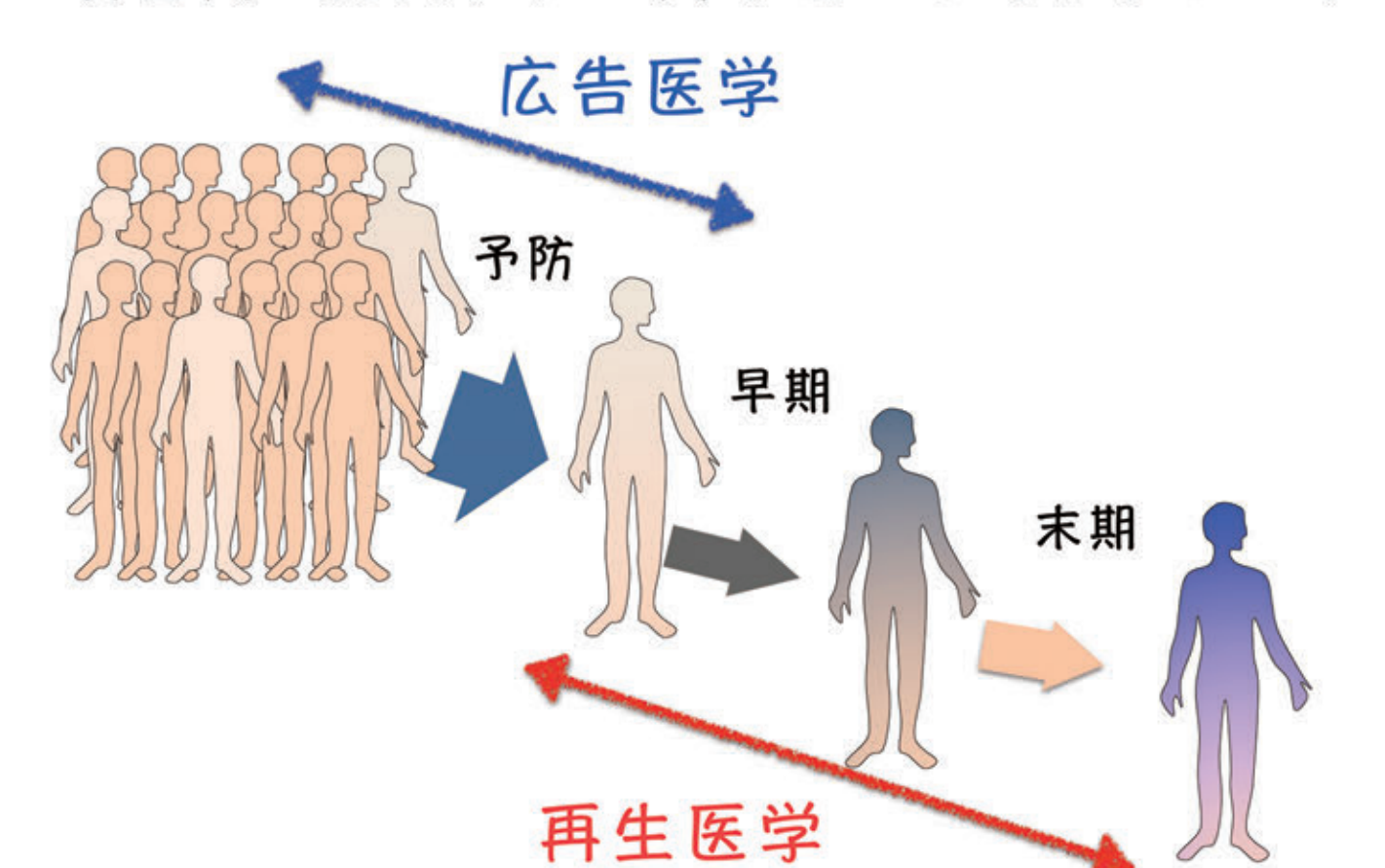
簡易な広告手法による減塩の達成



広告医学 (AD-MED) の3つのアプローチ



次世代ヘルスケアへ向けた2つのアプローチ





コンピューターの信号で人の手を動かす装置「ポゼストハンド」の開発と、在学中起業

たま き え み
玉 城 絵 美

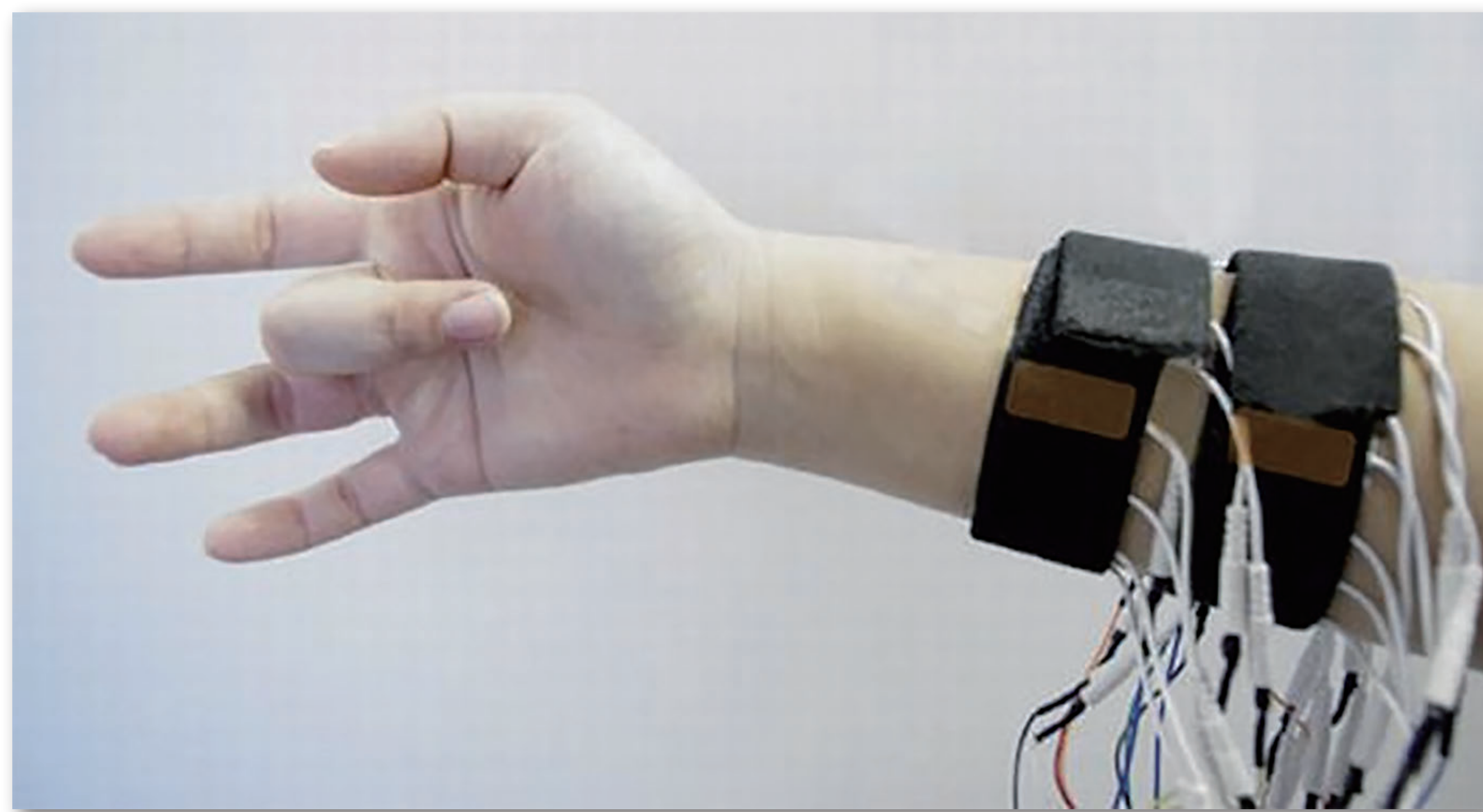
早稲田大学 人間科学学術院 助教

(兼) 国立研究開発法人科学技術振興機構 さきがけ研究者 / (兼) H2L 株式会社 創業者

東京大学大学院学際情報学府博士課程に在学中に、適切に電気刺激を与えることで、本人の意思によらず手と指を自由に動かせる装置「ポゼストハンド」を開発しました。

PossessedHand

前腕周囲に配置した28電極からキャリブレーションシステムにより
コンピュータからユーザの手指の動きを操作し、
触感の一つである固有感覚を伝達する。



UnlimitedHand

UnlimitedHand

PossessedHand を使いやすく改良し、
他分野の研究者や開発者に利用できるようにした製品。

UnlimitedHand

OUTPUT TECHNOLOGY

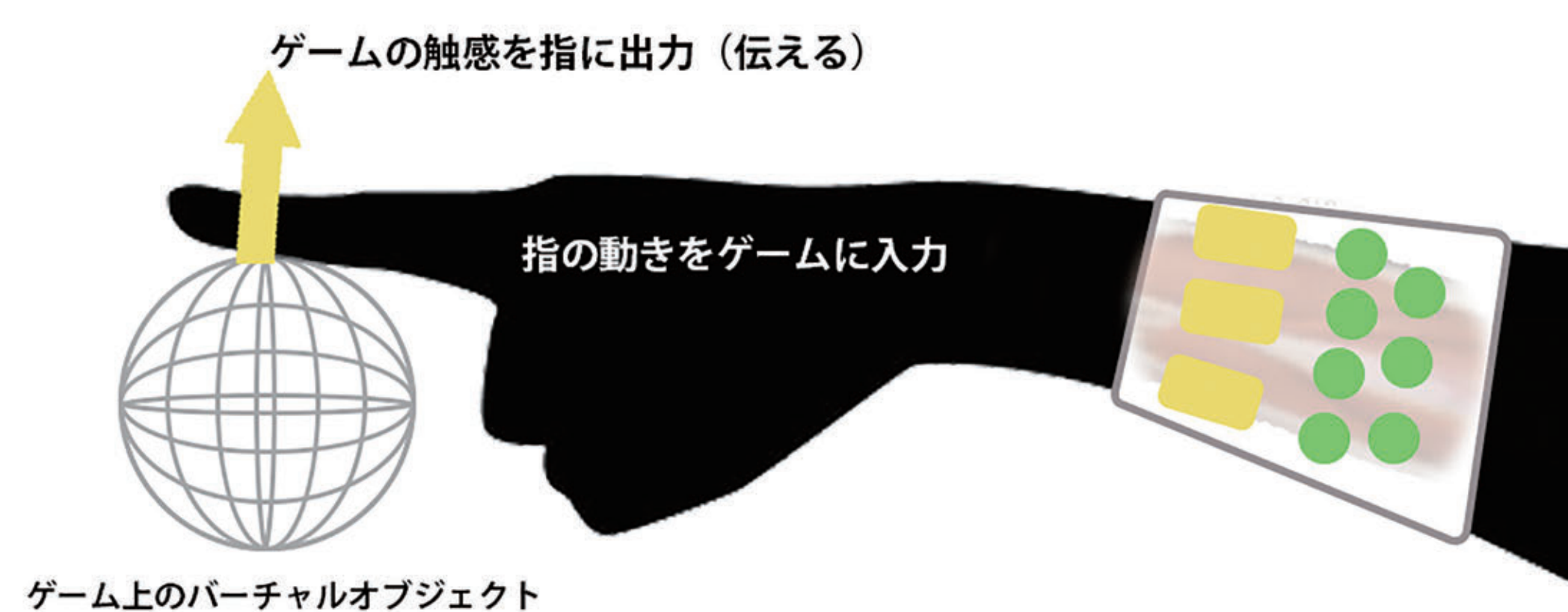
マルチチャンネル EMS (筋電刺激)
指の動きをコントロールし、触感をフィードバックします

バイブレーションモーター
ユーザの腕に緩やかな刺激を与えます

INPUT TECHNOLOGY

筋変位センサー
指に運動した筋肉の変位を検出します

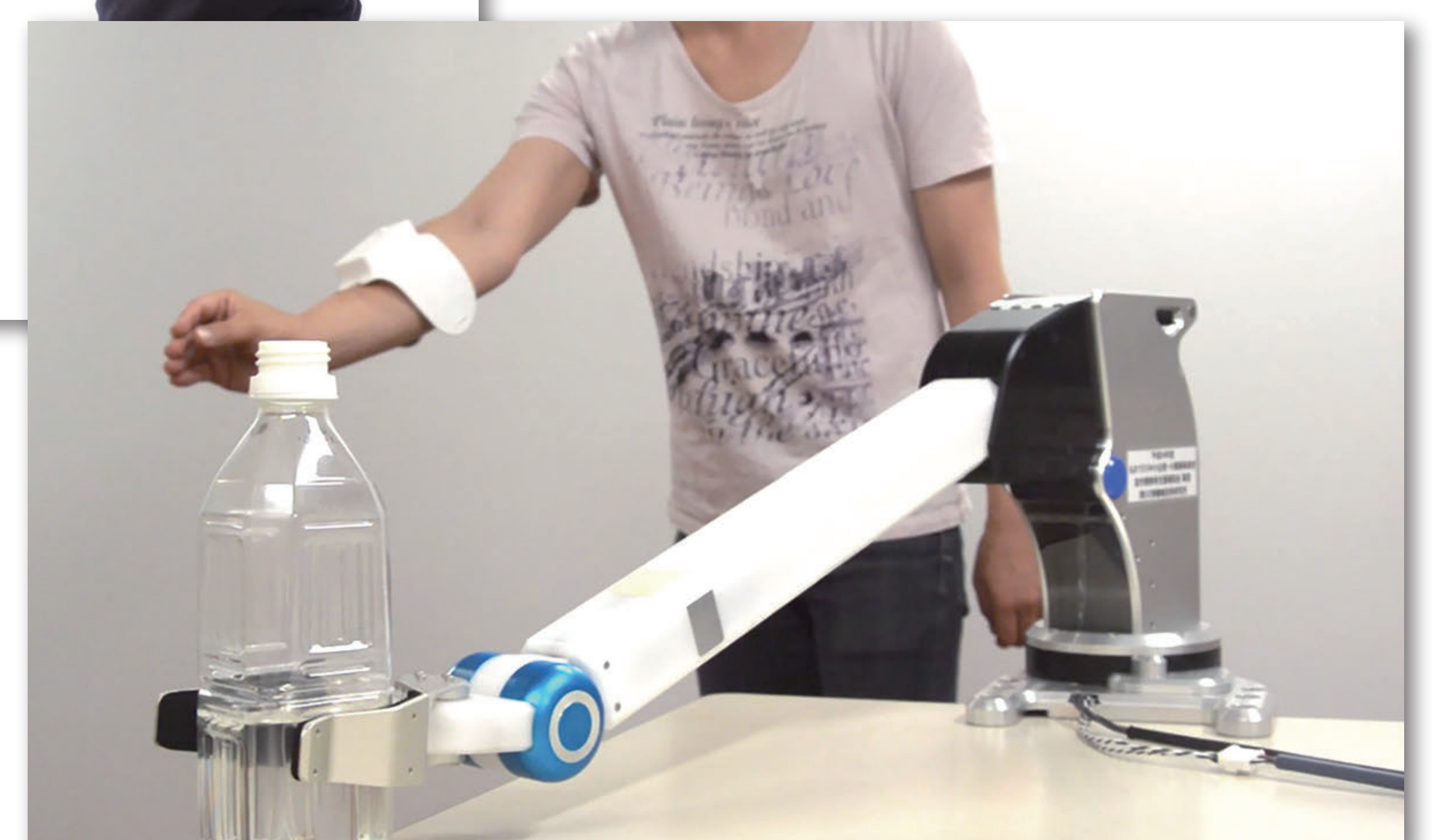
3軸ジャイロスコプと3軸加速度センサー
ユーザの腕の位置を推定します



UnlimitedHand の技術説明



UnlimitedHand の応用例。
VR (バーチャルリアリティ) ゲームの
コントローラとして使用。



UnlimitedHand の応用例。
遠隔地のロボットを操作するシステムの一つとして使用。



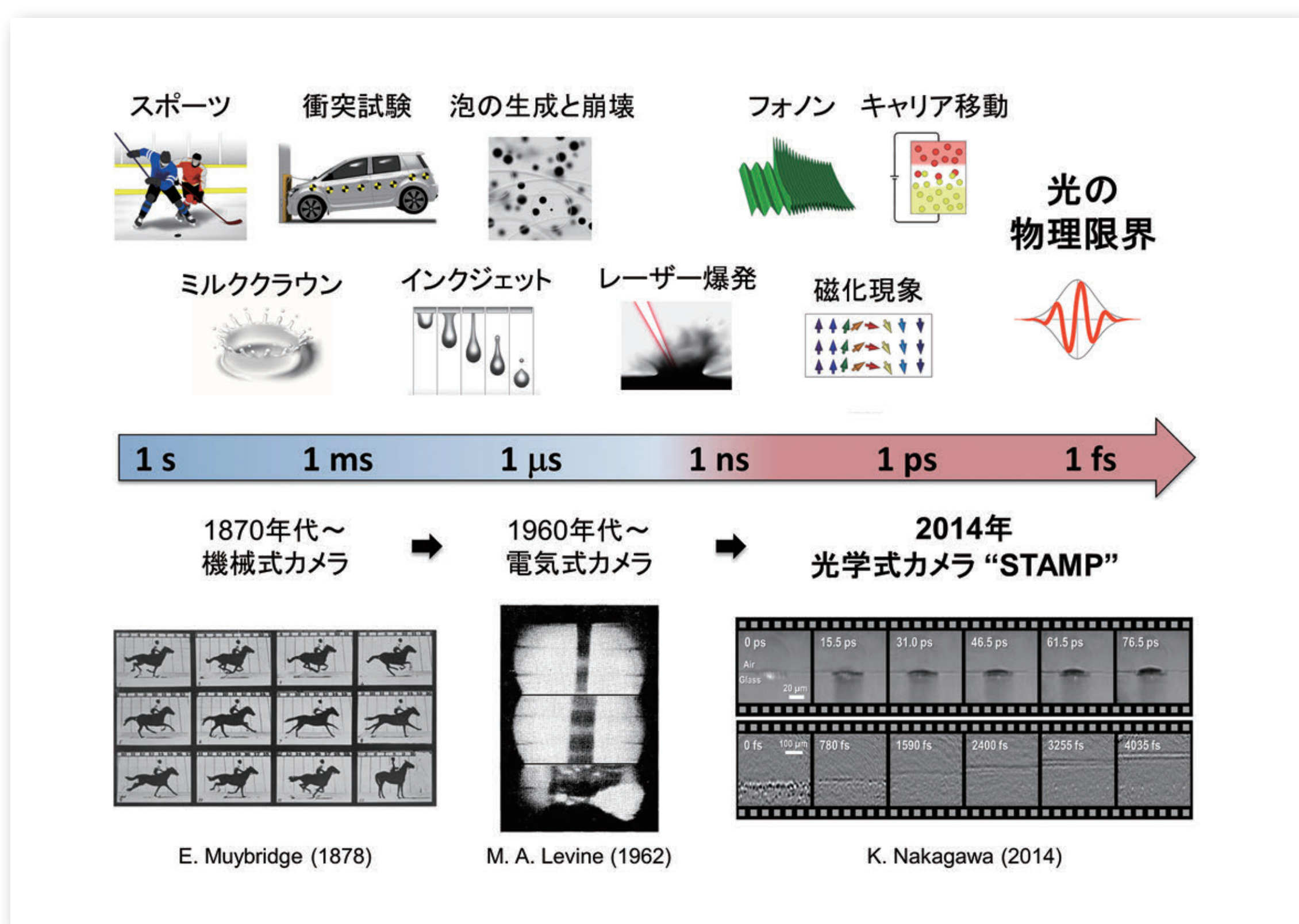
1兆分の1秒の世界を捉える世界最高速カメラ「Sequentially Timed All-optical Mapping Photography (STAMP)」を開発

なか がわ けい いち

中川 桂一

東京大学大学院工学系研究科 医療福祉工学開発評価研究センター
(兼) バイオエンジニアリング専攻 (兼) 精密工学科 助教

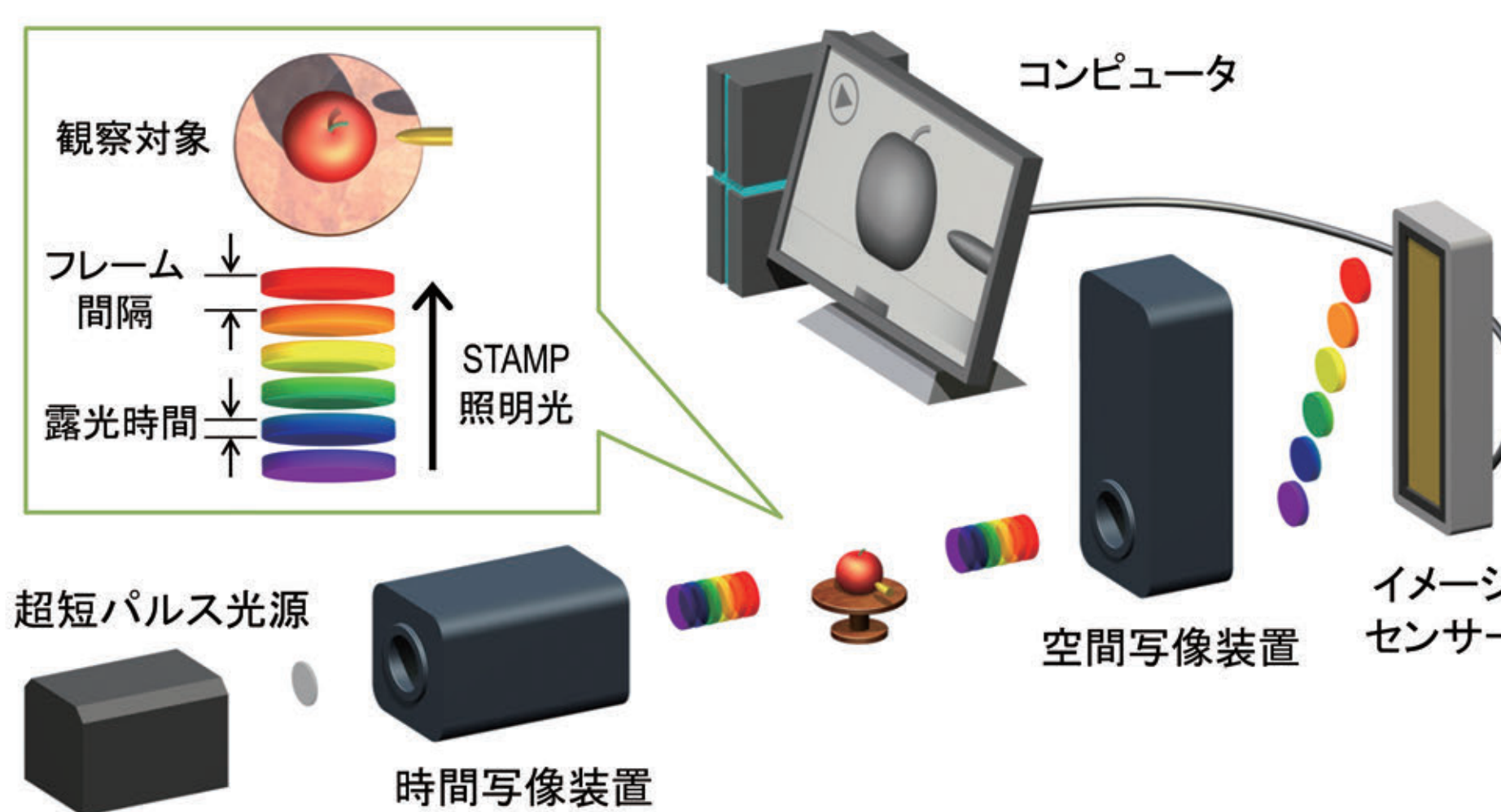
「Sequentially Timed All-optical Mapping Photography (STAMP)」という従来技術より4桁速い超高速撮影法を考案しました。



高速度現象と高速度カメラ

高速度カメラは高速度現象を発見・解析・理解するために極めて有用なツールです。今回開発された光学式カメラ Sequentially Timed All-optical Mapping Photography: STAMP は、機械式・電気式カメラにおける技術限界を乗り越え、光の物理限界におよぶピコ秒・フェムト秒領域の撮影を実現しました。

Sequentially Timed All-optical Mapping Photography 全光学的な時間-空間変換による超高速連写イメージング



STAMPの撮影原理

STAMP では、時間的に変化してゆく現象を空間的にバラバラにして検出することで、撮影速度制限を回避することに成功しました。その操作には光の色による分散を使います。短い光パルスを時間的に分散させ（時間写像装置：たとえば、ガラスの中では赤い光は速く進み、青い光は遅く進みます）、観察対象にあって、今度は空間的にわけて（空間写像装置：プリズムで光が虹色に分かれる原理の応用）、イメージセンサーで検出します。最後に、対象にあたった時間と色、そして色と空間の対応関係から、空間でわかれた画像を時間的に変化する動画として再構成することができます。



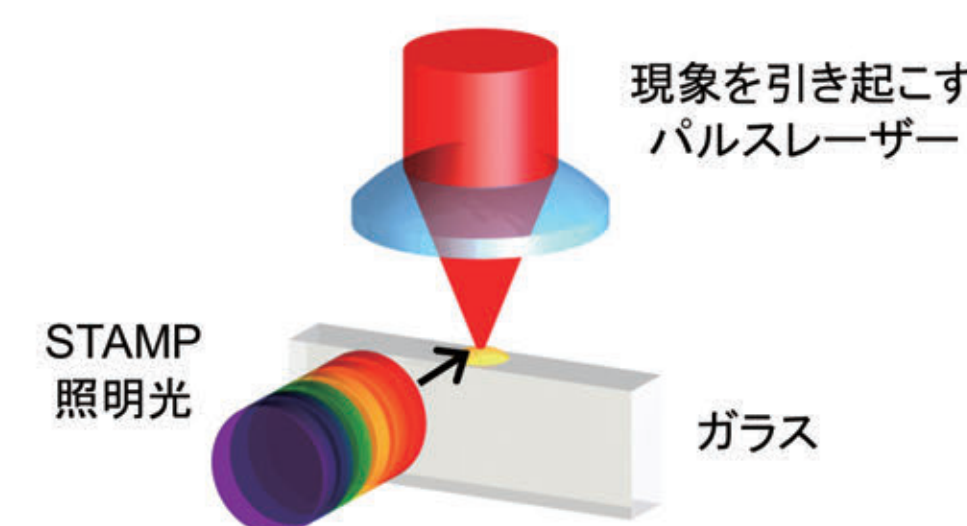
原理実証版 STAMPの「中身」

暗室内に構築した、STAMPの時間写像装置からイメージセンサーまでの外観です。STAMP は光学的な操作によって撮影を実行するため、レンズやミラーなど様々な光学素子が複雑に組み合わさって構成されます。現在は小型化も進んでおり、将来的には市販のカメラのようにユーザーが使えることを目指しています。

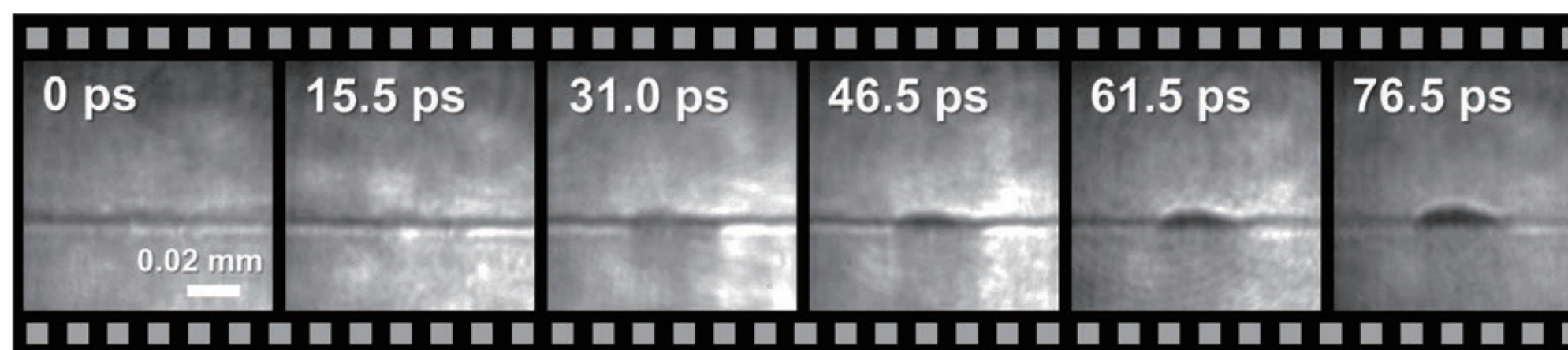
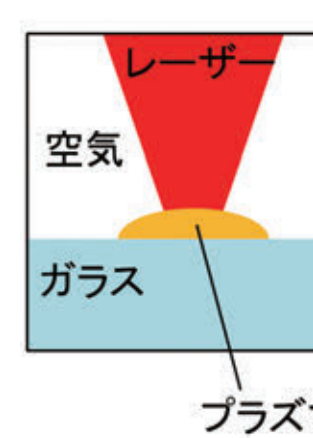
撮影例1：レーザーアブレーション

レーザーアブレーションは、レーザー加工やレーザー治療における根源的な現象です。STAMP によって、そのピコ秒ダイナミクスが初めて連続画として捉えられました。ここではガラス表面にパルスレーザーを集光させ、現象を起こしています。上の動画画ではプラズマ(光を吸収するため黒く写ります)が発生する瞬間をとらえています。下の動画画に示されるように、衝撃波(音速を越えた音波)ですらほぼ止まって見える撮影速度です。

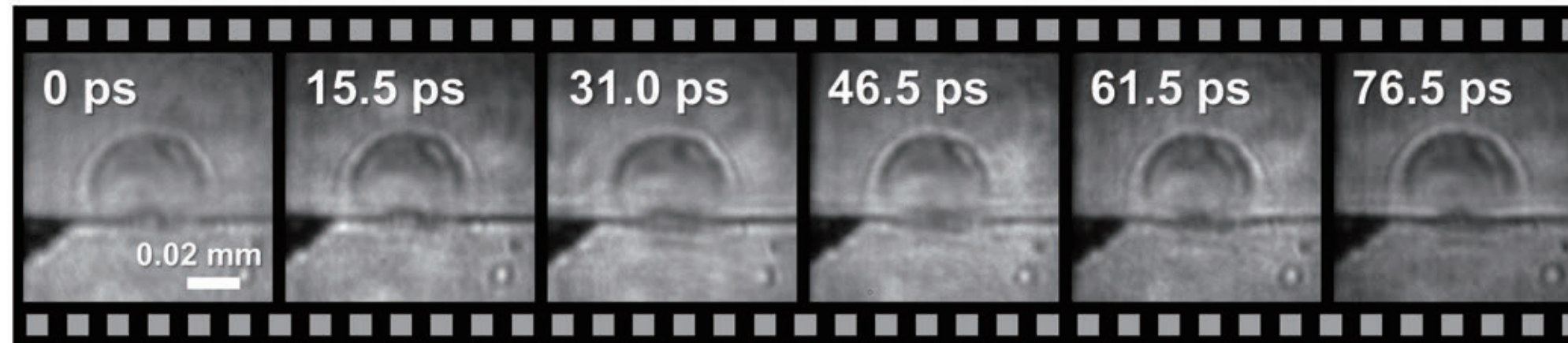
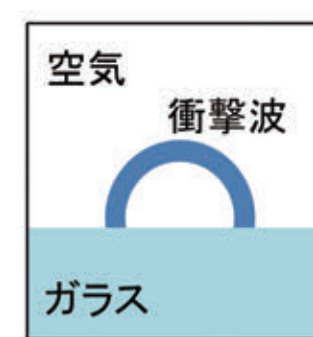
654億分の1秒の世界



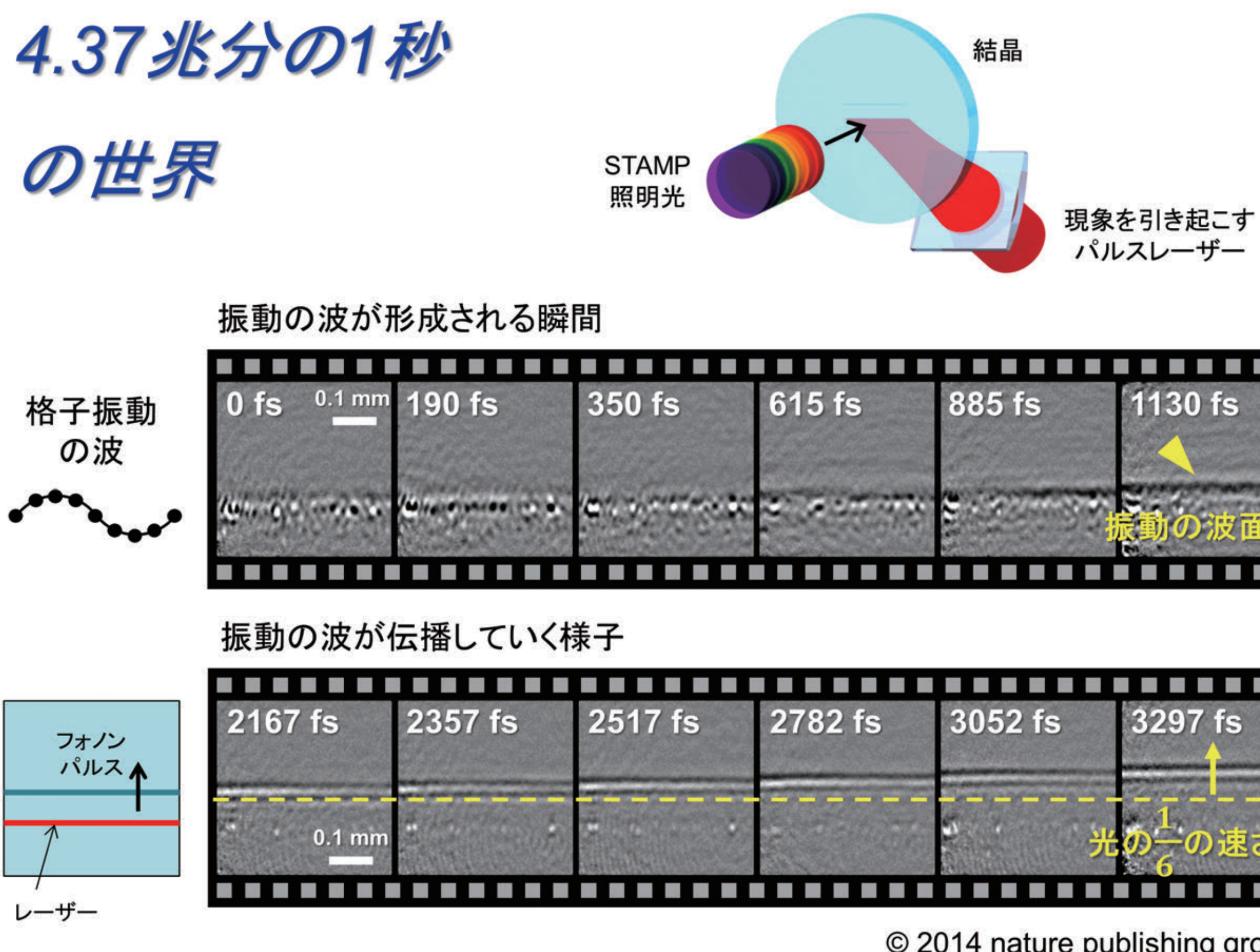
ガラス表面にプラズマが発生する瞬間



そのあとに生じた衝撃波(超音速の圧力波)



4.37兆分の1秒の世界



© 2014 nature publishing group

撮影例2：フォノンダイナミクス

1兆分の1秒は、光が0.3ミリメートルしか進まない極わずかな時間です。ここでは、結晶の内部にパルスレーザーを集光させ、結晶の格子振動(フォノン：音や熱)を引き起こしました。上の動画画は乱雑な振動から整った波が形成される瞬間を、下の動画画はそのあと波が結晶内を伝播してゆく様子を捉えたものです。これらの動画画は、現在のところ史上最も速い連写撮影の結果です。



数学理論から開発された位相的データ解析の 材料科学への応用研究 ～複雑な物質構造を数学理論で解き明かす～

ひら おか やす あき

平岡 裕章

東北大学原子分子材料科学高等研究機構 数学連携グループ
教授・主任研究者

純粋数学の一分野であるトポロジーを使ったデータ解析手法の実社会への応用を進め、材料科学への応用で世界を先導しています。

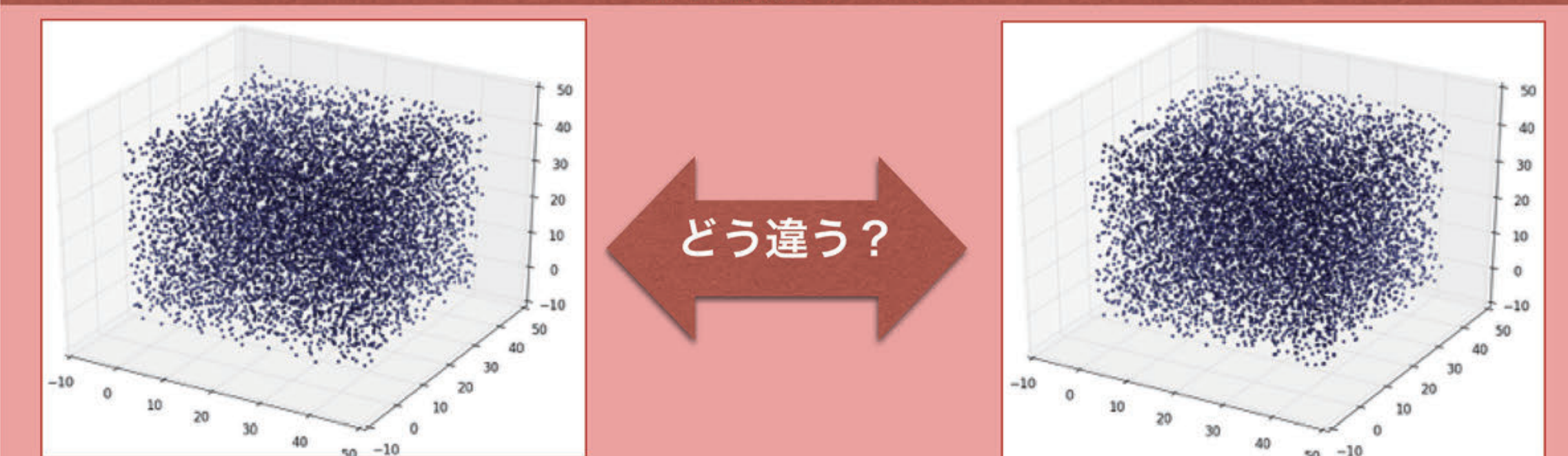
背景：Shape of Data

1

背景①：インターネット・計算機の成長によるデータの氾濫

背景②：データ科学・AI（人工知能）の発展によるデータの潜在価値抽出の必要性

材料構造データ



3次元画像データ



データの形に着目した数学的解析手法の開発

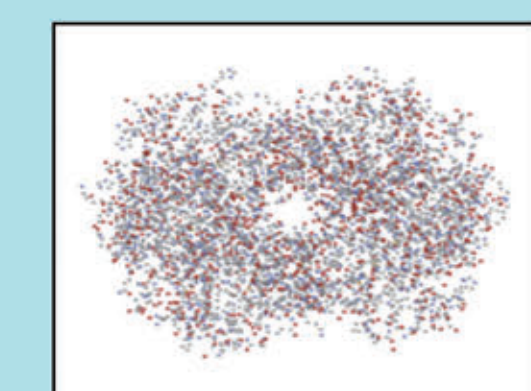
数学手法：位相的データ解析・パーシステントホモロジー

2

入力データ

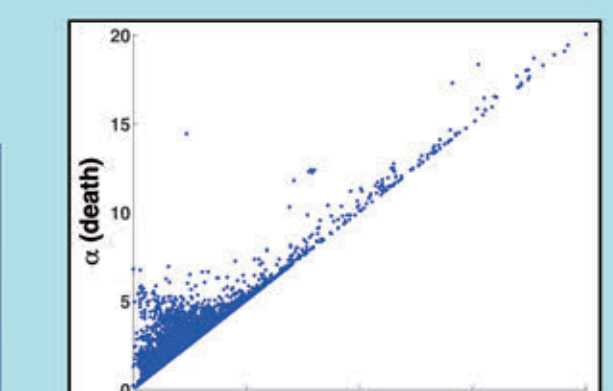
パーシステント
ホモロジー

データに内在する穴の
マルチスケール抽出



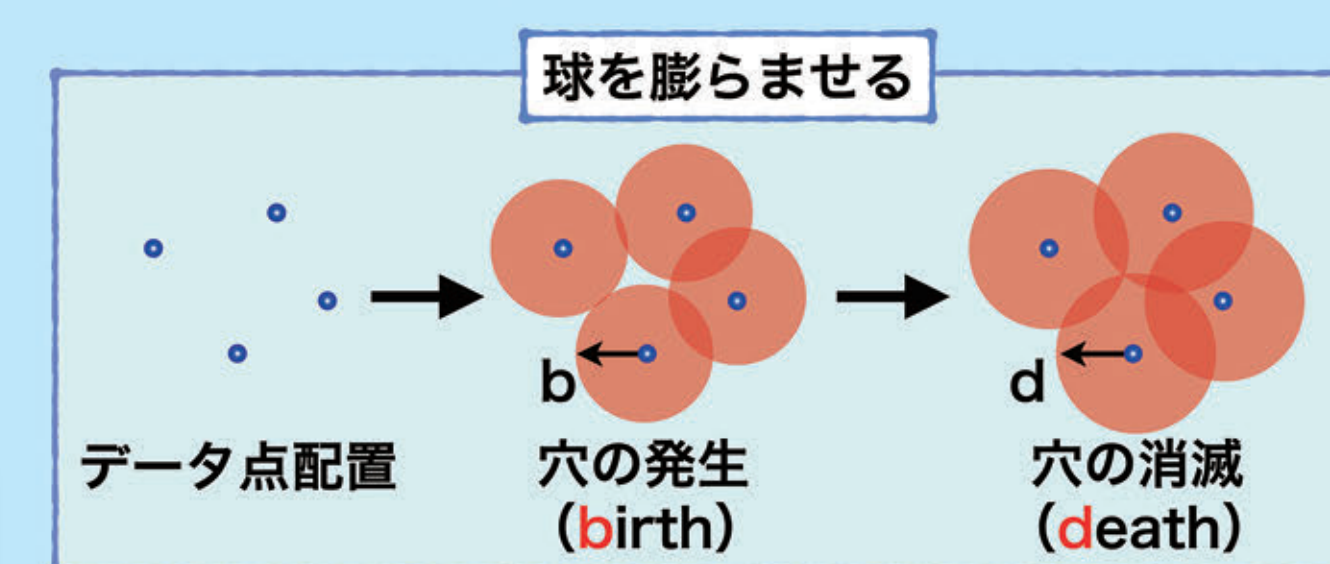
ヘモグロビン原子配置

- ・データに含まれる「穴」の特徴づけ
- ・穴の数、サイズ、形状の記述
- ・マルチスケール解析が可能



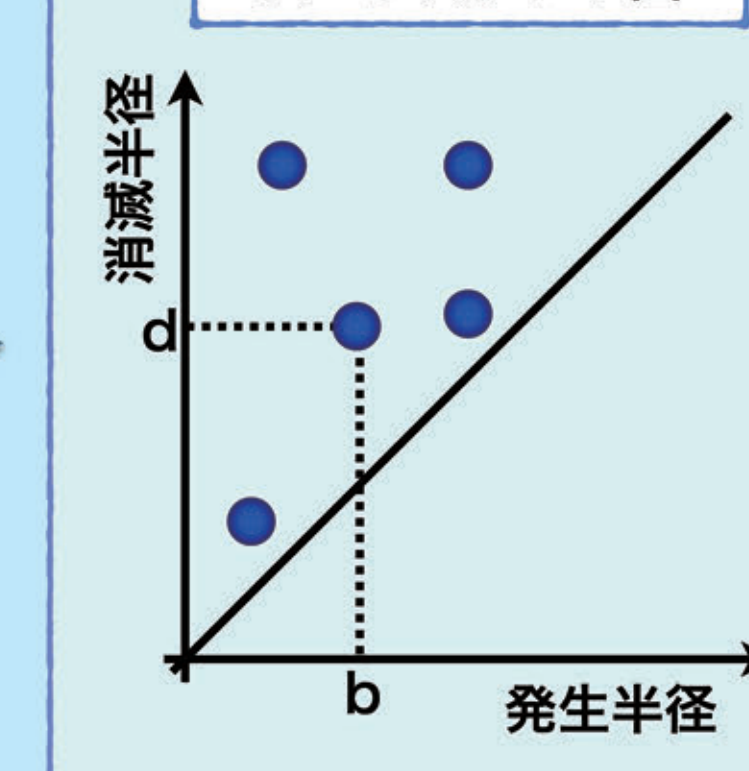
パーシステント図 (PD)

パーシステント図構成法



- パーシステント図の各点はデータ内の穴
- 発生軸は穴の発生パラメータ
- 消滅軸は穴の消滅パラメータ
- 対角線付近の点はノイズ
- 対角線から離れた点はロバスト

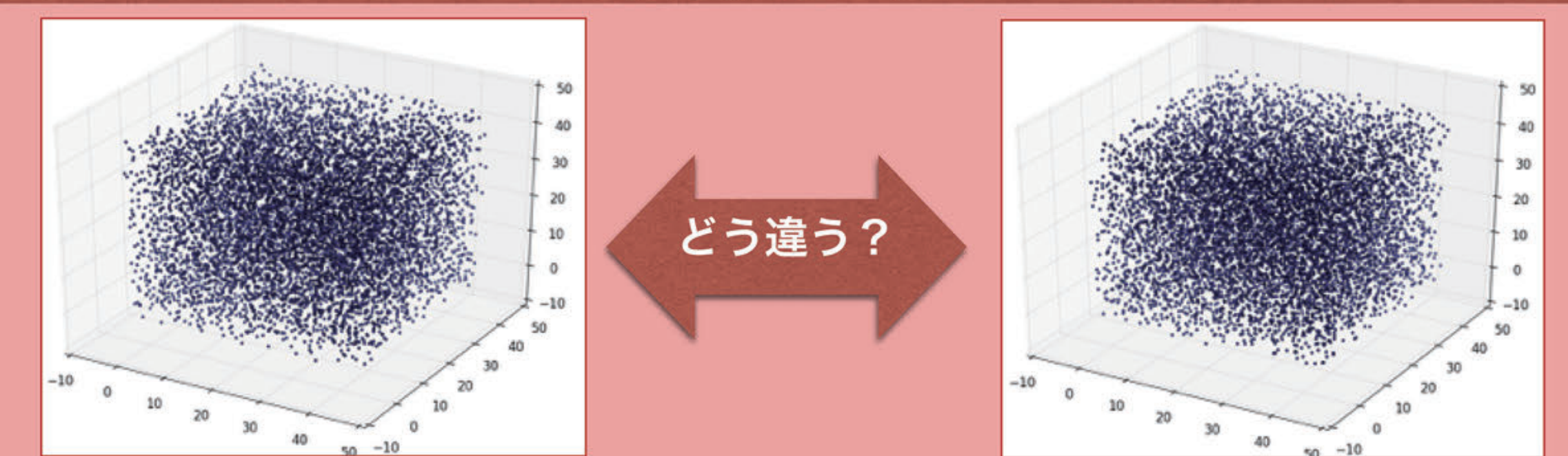
パーシステント図



応用：材料科学

3

材料構造データ



パーシステント図



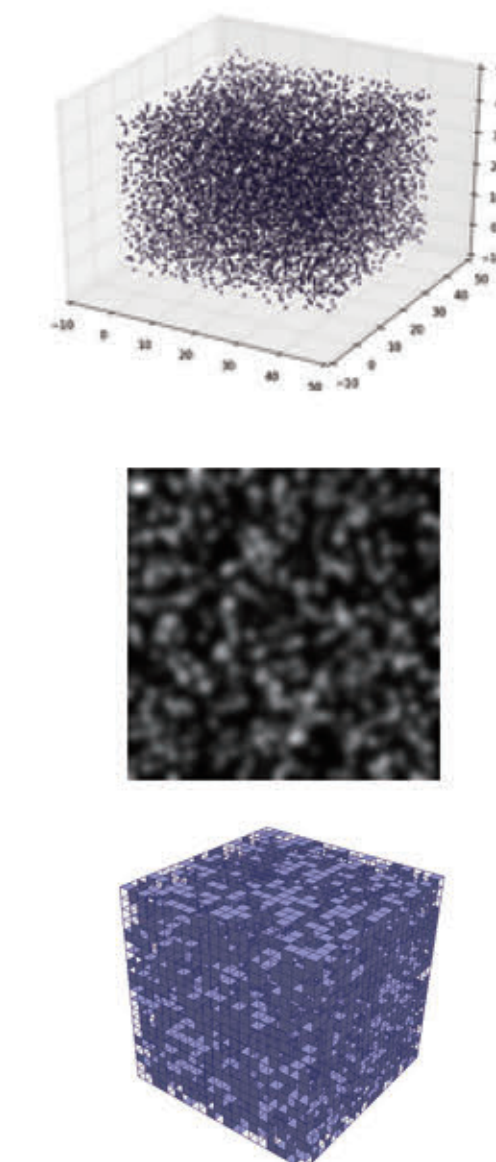
- 曲線の存在による幾何学的秩序の検出
- 逆問題を解くことで曲線に対応する幾何形状の特定
- 材料構造・機能相関を調べる新言語の提案
- 画像データに対しても同様に展開可能
- AI（人工知能）と融合させた新データ解析手法へ発展

応用例：ガラス構造解析、高分子劣化・破壊解析、粉体結晶化現象、画像解析 etc

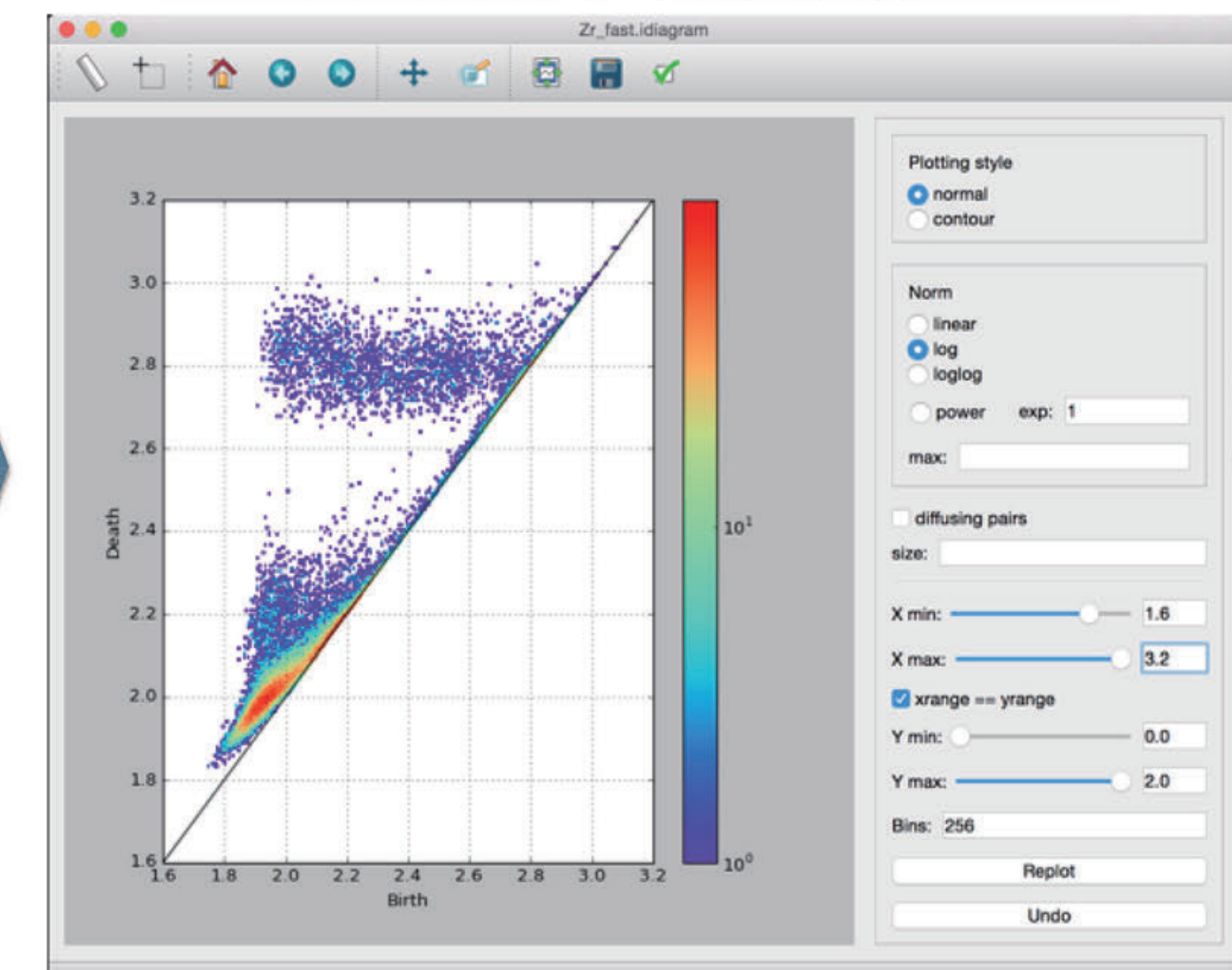
ソフトウェア開発：HomCloud

4

入力データ



パーシステント図 (PD)



- 1) 東北大学AIMRで開発するTDAソフトウェア（開発リーダー：大林一平氏）
- 2) 高機能GUIの搭載による汎用性（トポロジーの予備知識は不要）
- 3) 高速PD計算PHAT、DIPHAを搭載
- 4) 空間点データおよび2D/3D画像データ解析
- 5) PD逆問題、PD統計解析、PDスパース解析（LASSOなど）

http://www.wpi-aimr.tohoku.ac.jp/hiraoka_lab/index.html



線虫の行動特性を利用した、高精度で簡便ながんの早期発見手法の開発及びベンチャー企業の設立による実用化の取組

ひろ つ たか あき

広津 崇亮

九州大学大学院 理学研究院生物科学部門 助教
株式会社 HIROTSU バイオサイエンス 代表取締役

線虫が匂いによって 95.8%という高い精度でがんを識別できることを発見し、簡便、安価かつ短時間で、早期がんも含めて、がんの有無を判断できる画期的な手法を開発しました。

日本のがん検診受診率は圧倒的に低い

国	がん検診受診率 (%)
アメリカ合衆国	83.5
イギリス	79.4
ニュージーランド	70.7
オランダ	70.6
オーストラリア	60.6
日本	24.5

OECD Health Data 2009

がんの「匂い」と、線虫*C. elegans*の驚異的嗅覚に注目

- 生物研究のモデル生物で、世界中で広く研究されているポピュラーな生物
ノーベル賞科学者6名
- 飼育が容易
寒天培地上で大腸菌を餌として飼育
世代交代は約4日
雌雄同体のため、かけ合わせが必要ない
凍結保存により半永久的に株を保持できる
- 生理学的、分子生物学的な解析が可能
- 嗅覚が優れている
人間の約3倍、犬より多い(1200個) 嗅覚受容体を持っている
化学走性を利用して、簡便に匂いに対する応答を調べることができる

線虫がん検査N-NOSEは1滴の尿でがん検査ができる

がん患者の尿

健常者の尿

線虫はがん患者の尿に寄っていく

線虫は健常者の尿からは逃げる

N-NOSEは以下の利点を合わせ持った従来にない画期的技術

- ①苦痛がない：尿で検査。必要量は1滴
- ②簡便
- ③早い：約1時間半
- ④安価：材料費だけなら1回数百円
- ⑤多くのがんを1度に検出できる
- ⑥早期発見：早期がんでも高感度
- ⑦高精度：感度、特異度ともに90%以上

* 感度 = がん患者をがんで見分ける確率
特異度 = 健常者を健常と見分ける確率

腫瘍マーカーと比較して圧倒的高感度で、早期がんでも感度が変わらない

ステージ	感 度			
	CEA	抗p53抗体	尿中シアセチルスベルミン (DIACSpM)	N-NOSE
0	33.3%	0.0%	0.0%	100.0%
I	0.0%	22.2%	11.1%	88.9%
II	20.0%	20.0%	0.0%	100.0%
III	25.0%	0.0%	25.0%	100.0%
IV	100.0%	33.3%	66.7%	100.0%
Total	25.0%	16.7%	16.7%	95.8%

N-NOSEはがん種も特定できる

①野生型線虫で、すべてのがんについて有無を調べる

②特定のがん種の匂いへのみ反応しない線虫株シリーズで解析

N-NOSEが社会実装されたら ①

がん種ごとに受けていた膨大ながん検診が N-NOSEの1回で済む

<現状>

腫瘍マーカー(PSA)→生検
マンモグラフィ→生検
ウイルス検査+細胞診→組織診
ABC検診(抗体+内視鏡)
胸部CT検査+腫瘍マーカー
超音波→MRI、CT
超音波+腫瘍マーカー→造影CT
などなど...

がん種ごとの膨大な検査

陽性者のみ精密検査

膨大な検査は経済的、肉体的、時間的に大きな負担。感度もあまり高くない。

N-NOSEが社会実装されたら ②

安価に、高感度に、痛みなく早期がんを発見！

↓

- ◎がん検診受診率の向上
- ◎がんによる死亡者数の激減
- ◎医療費の大幅削減 (国内数兆円、世界数十兆円レベル)
医療費を削減する方向の新技術は少ない

N-NOSEの一刻も早い実用化を目指す

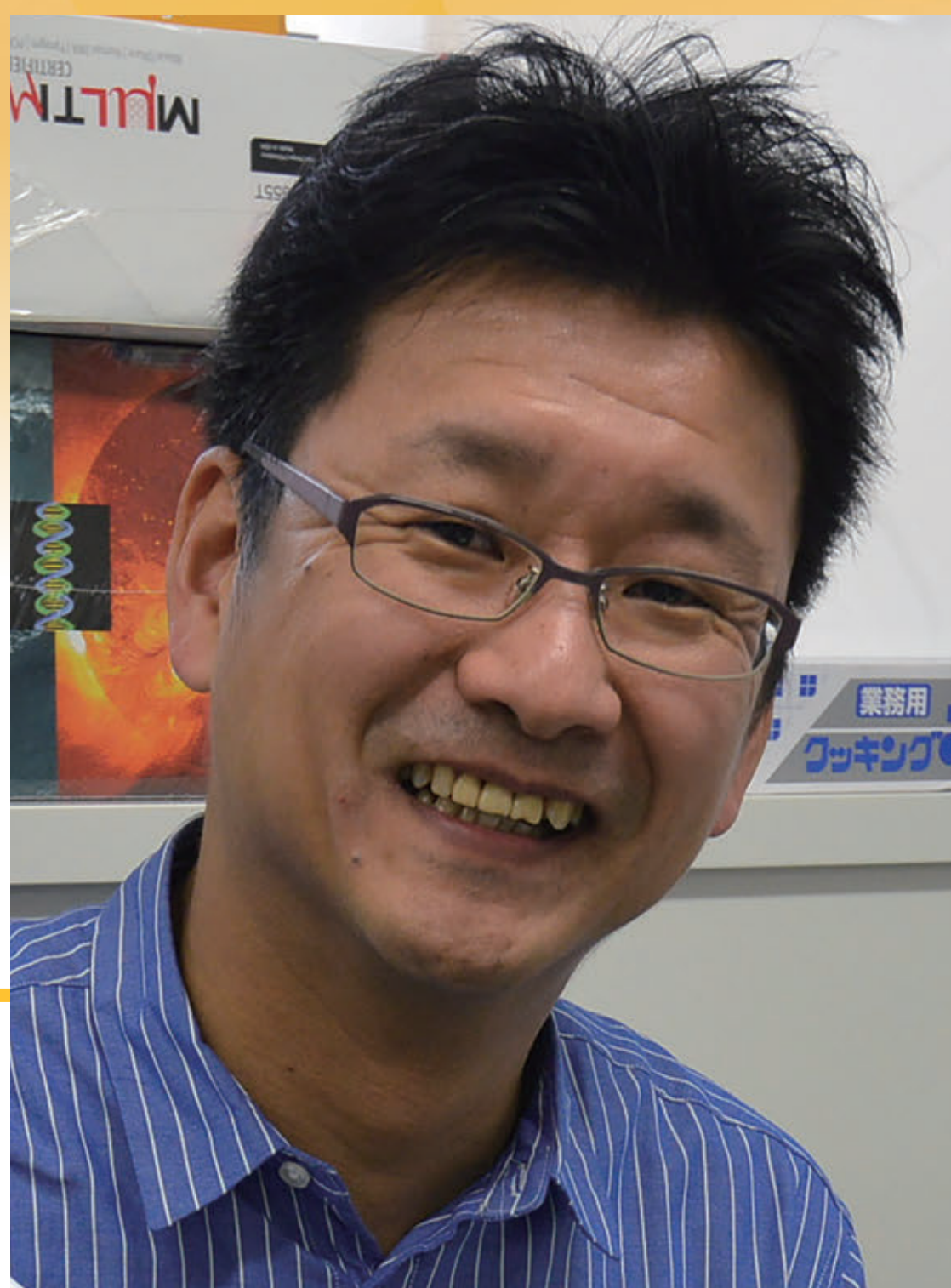
株式会社HIROTSUバイオサイエンス

本社：東京都港区赤坂5-4-9
代表取締役：広津 崇亮
<http://hbio.jp/>

- ・がんマルチスクリーニング (2019年)
- ・がん種特定システム (2021年)
- ・がん再発モニタリング (2019年)

8

9



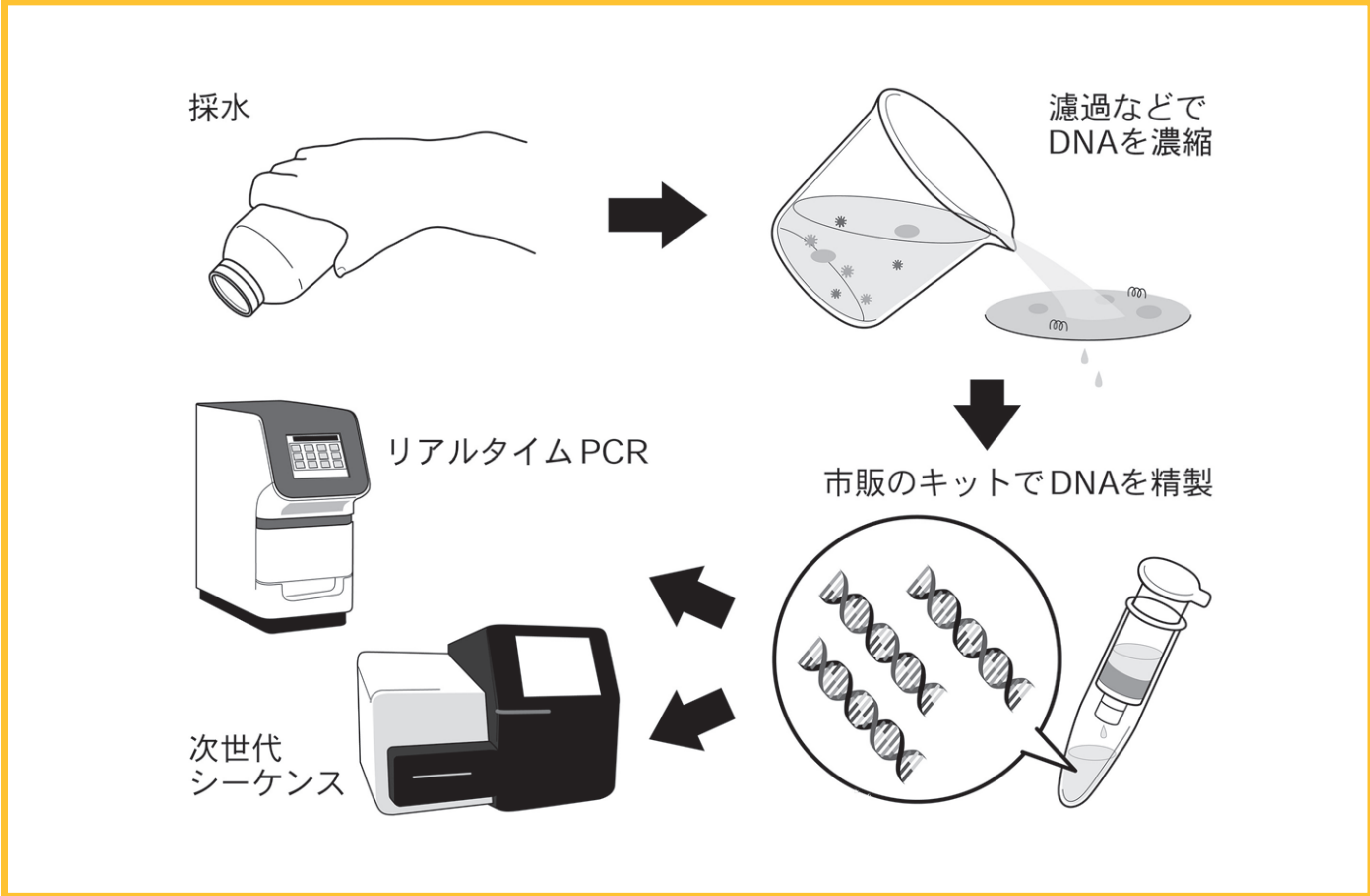
環境DNAを用いて水中生物を一括して特定し 生物量を把握する技術を開発

みなもと とし ふみ

源 利 文

神戸大学大学院 人間発達環境学研究科 特命助教

水中生物が分泌物や排せつ物を通して水中に放出している環境DNAの測定方法を追求し、水中に存在する複数種の生物の存在を一度に、迅速かつ簡便に、精度よく検出する方法を確立しました。



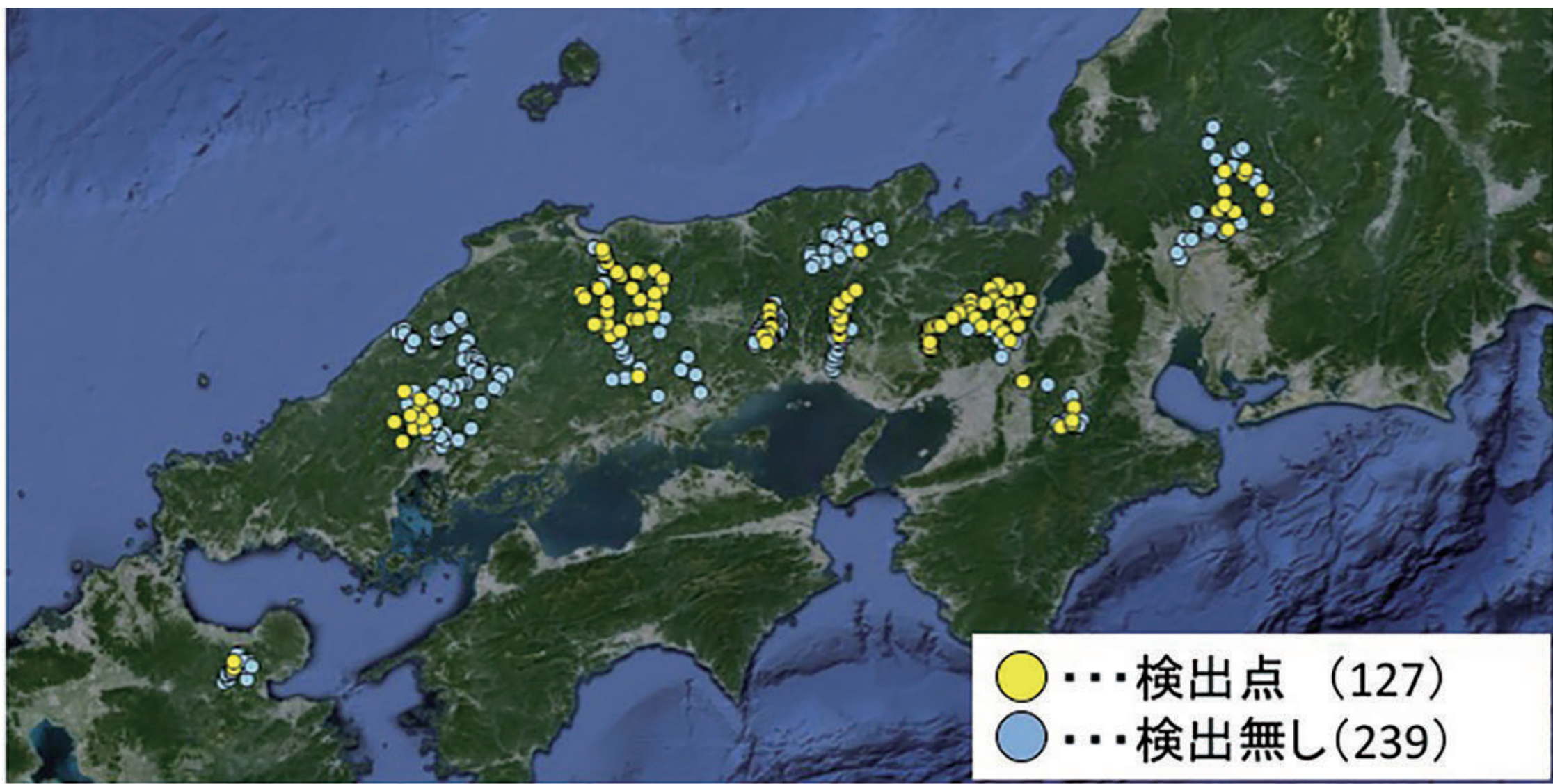
環境 DNA 分析の流れを示した図（源 Bioindustry 2016 より引用）。河川や海などから得た環境水からDNAを精製し、分子生物学的な分析を行うことで、生息する生物の情報得ることができる。



川での採水の様子。基本的に、現場での作業は採水のみであり、迅速に広域の調査が可能である。

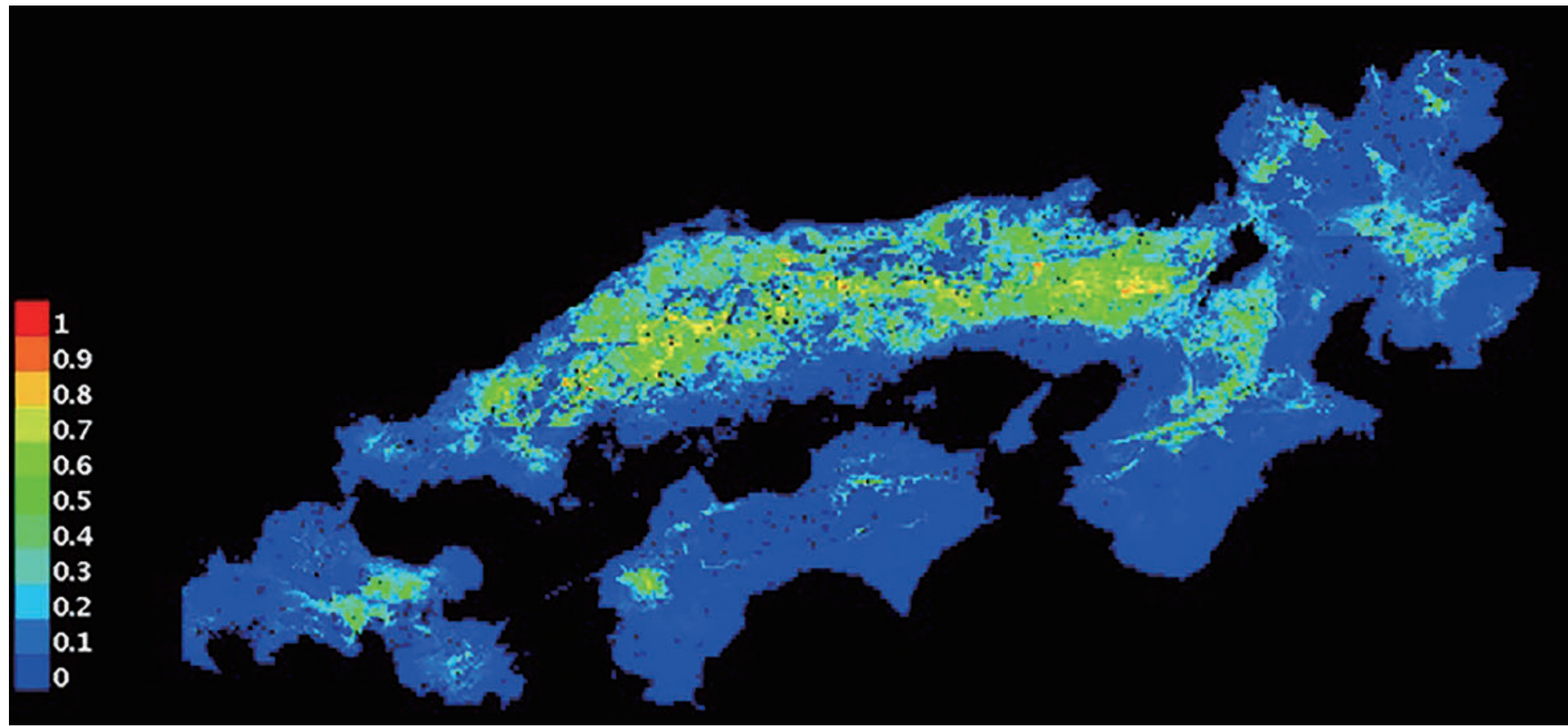


海での採水の様子。バンドーン採水器という機器を用いて、深層の水を得ている場面である。



環境DNA分析による、オオサンショウウオの存在を示した図。西日本の河川において336箇所を採水し、分析した結果、約 1/3 にあたる 127 地点でオオサンショウウオのDNAが検出された。

左図の環境 DNA 検出データと、気温や降水量などの環境データから作成したオオサンショウウオの生息適地図。オオサンショウウオの分布域をかなり正確に予測することが可能であり、気候変動による分布域の変化なども予測可能である。

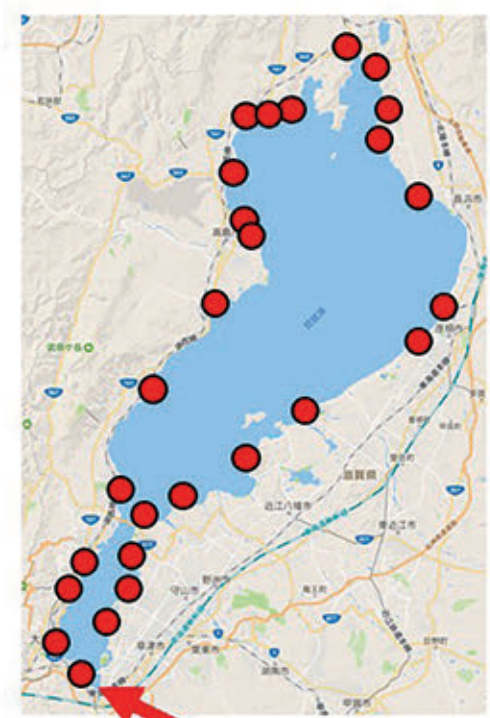


琵琶湖における環境DNAメタバーコーディングのデータの一部。水を汲むだけで、どんな魚が生息しているかが推定できる。

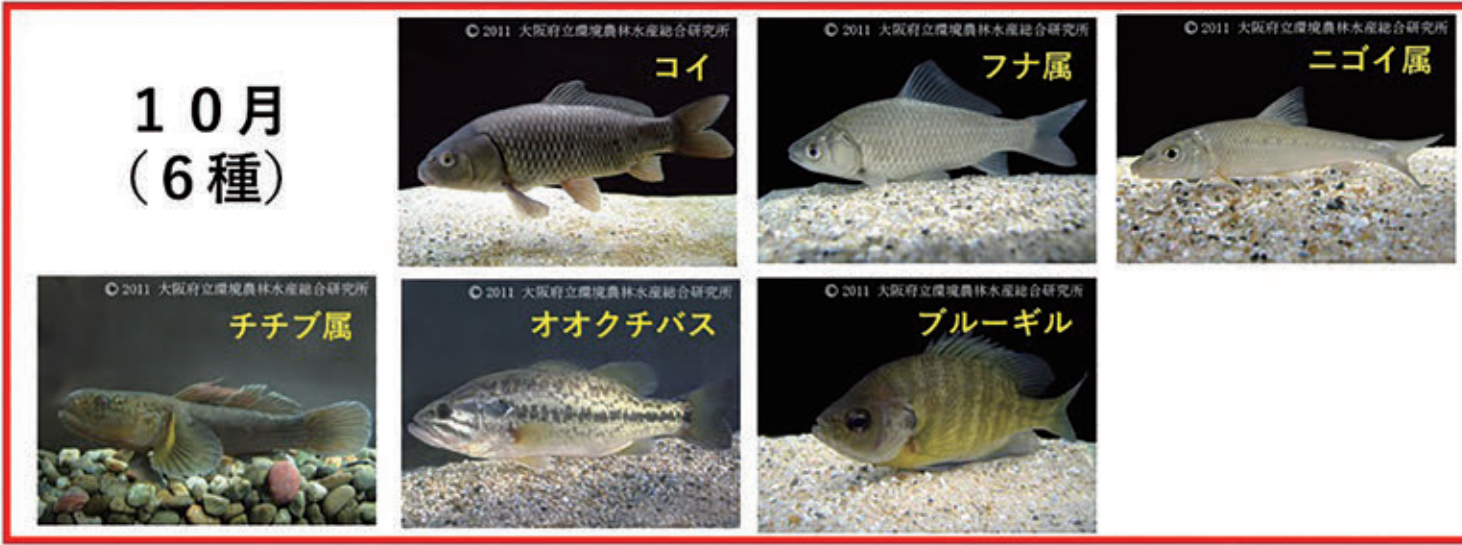
サンプル名	ハス	オイカワ	アブラハヤ	ウタイ	ビワヒギイ	タモロコ	ホンモロコ	ゼゼラ	カマツカ	コウライニゴイ	コウライモロコ	デメモロコ	ドジョウ	ナマズ	アユ
el.BW2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
el.BW2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
el.BW2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	26
el.BW2004	18	0	0	0	0	0	0	0	29	0	0	0	0	0	0
el.BW2033	0	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
el.BW2001	93	0	0	0	0	0	0	0	8	8	0	0	0	0	18
el.BW2032	0	505	0	350	0	0	0	0	0	522	0	0	0	0	12
el.BW2014	84	0	0	13	110	0	14	484	210	1853	54	0	0	0	0
el.BW2015	99	0	0	0	31	0	0	166	61	0	0	0	0	12	0
el.BW2006	164	0	0	10	0	0	123	983	125	56	0	0	0	0	0
el.BW2007	107	49	0	0	0	0	208	2952	718	562	0	0	0	0	14
el.BW2008	22	0	0	0	6	14	72	170	0	84	18	0	0	0	84
el.BW2027	171	16	26	78	21	0	107	603	75	14	0	0	15	4	26
el.BW2028	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
el.BW2031	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
el.BW2029	4	18	0	57	28	0	0	40	14	4	0	0	0	0	52
el.BW2026	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
el.BW2030	4	0	0	10	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	10
el.BW2017	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	8	12	0
el.BW2018	205	27	0	12	63	0	6	105	0	46	33	0	17	101	0
el.BW2024	4	0	17	0	0	0	0	45	0	13	0	0	0	0	4
el.BW2016	32	0	0	97	27	0	0	0	0	283	0	0	0	0	235
el.BW2023	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
el.BW2025	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

数字はシーケンスリード数

琵琶湖における環境 DNA メタバーコーディングのデータを可視化した例。



大津市御殿浜



魚の写真は大阪府立環境農林水産総合研究所Webページより



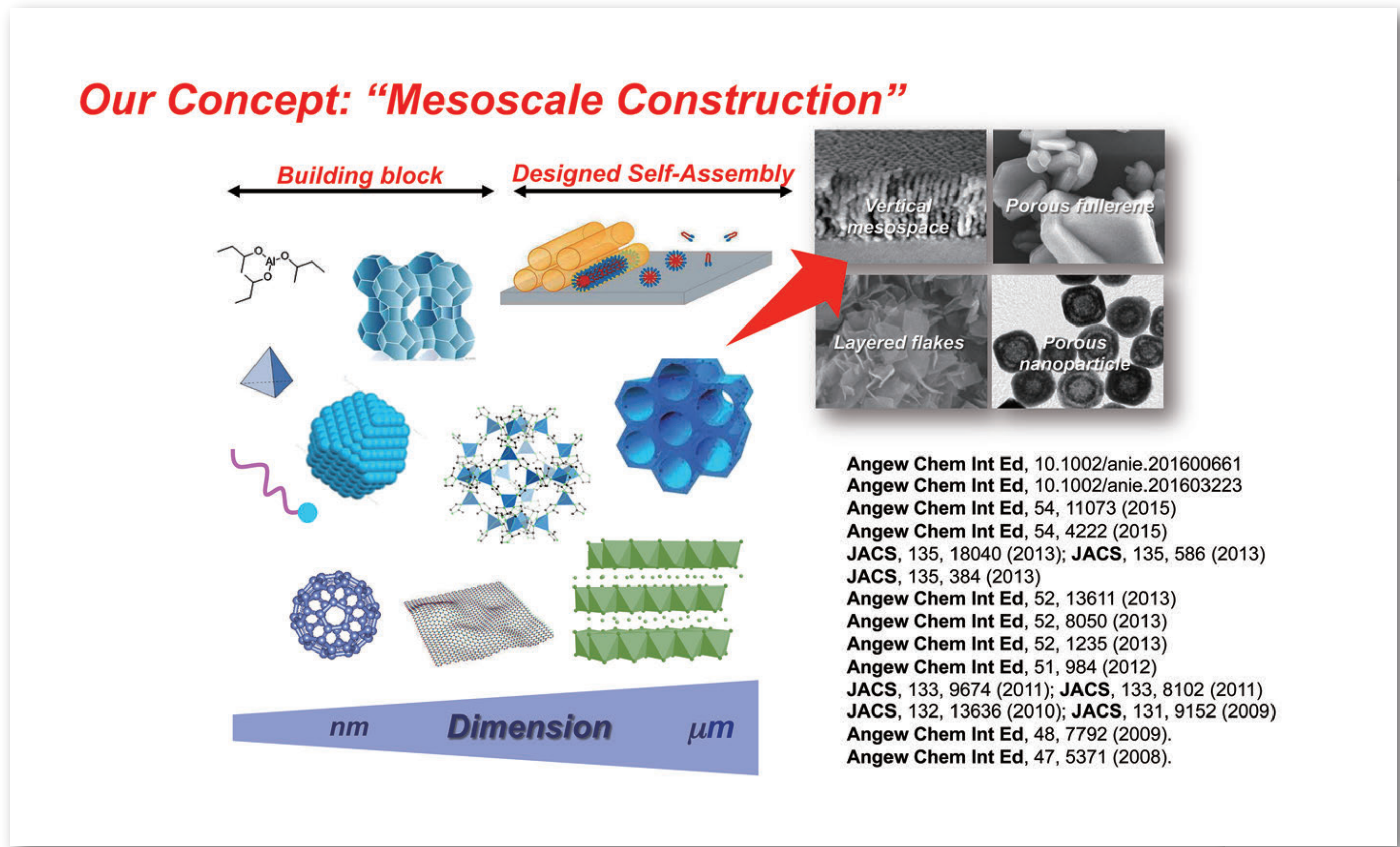
新しい無機材料をデザインする様々な合成手法の提案と、数多くの新材料の合成

やま　うち　ゆう　すけ

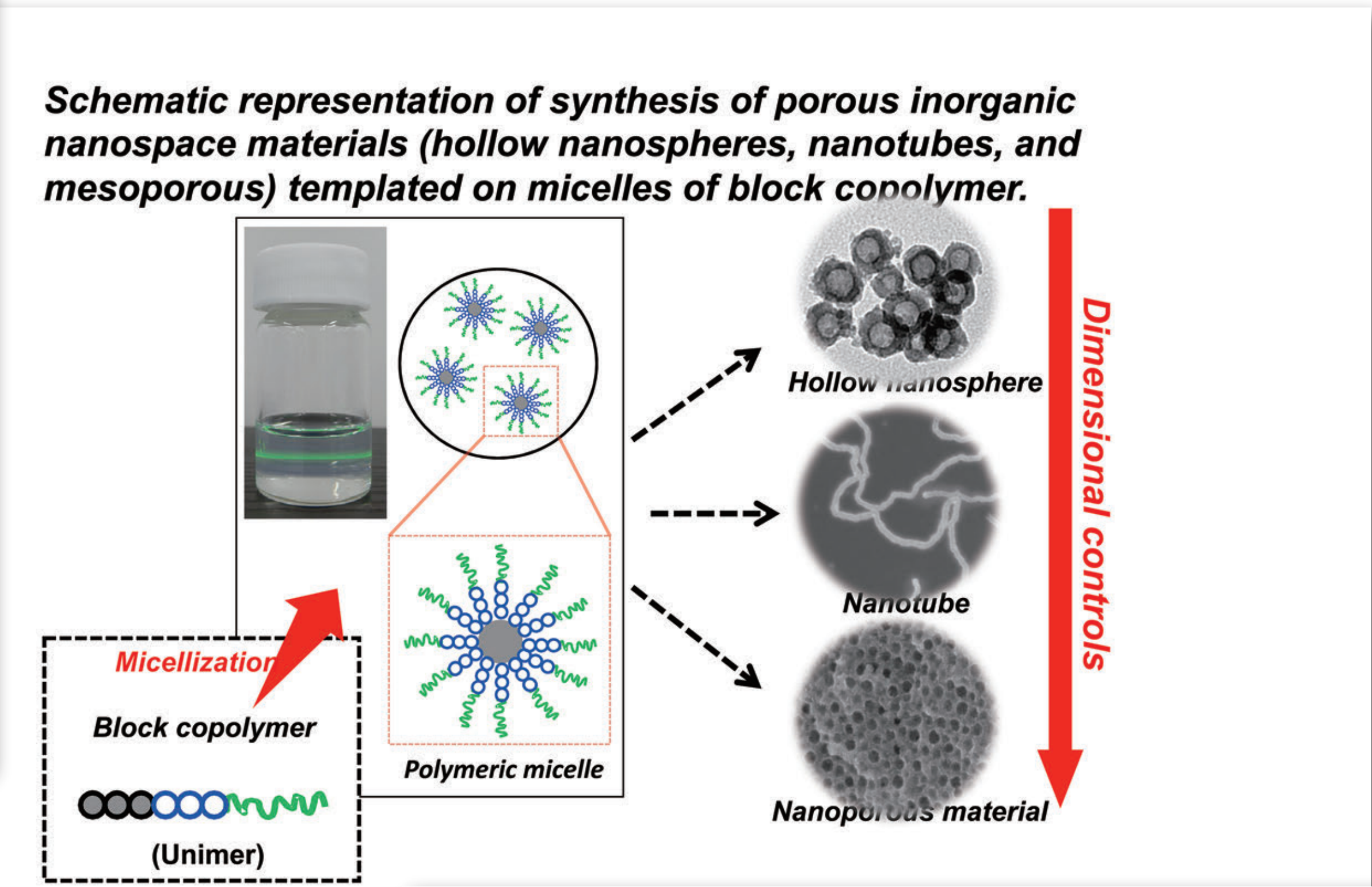
山内 悠輔

University of Wollongong (オーストラリア) 教授
(兼) 物質・材料研究機構 国際ナノアーキテクトニクス研究拠点 (MANA) グループリーダー

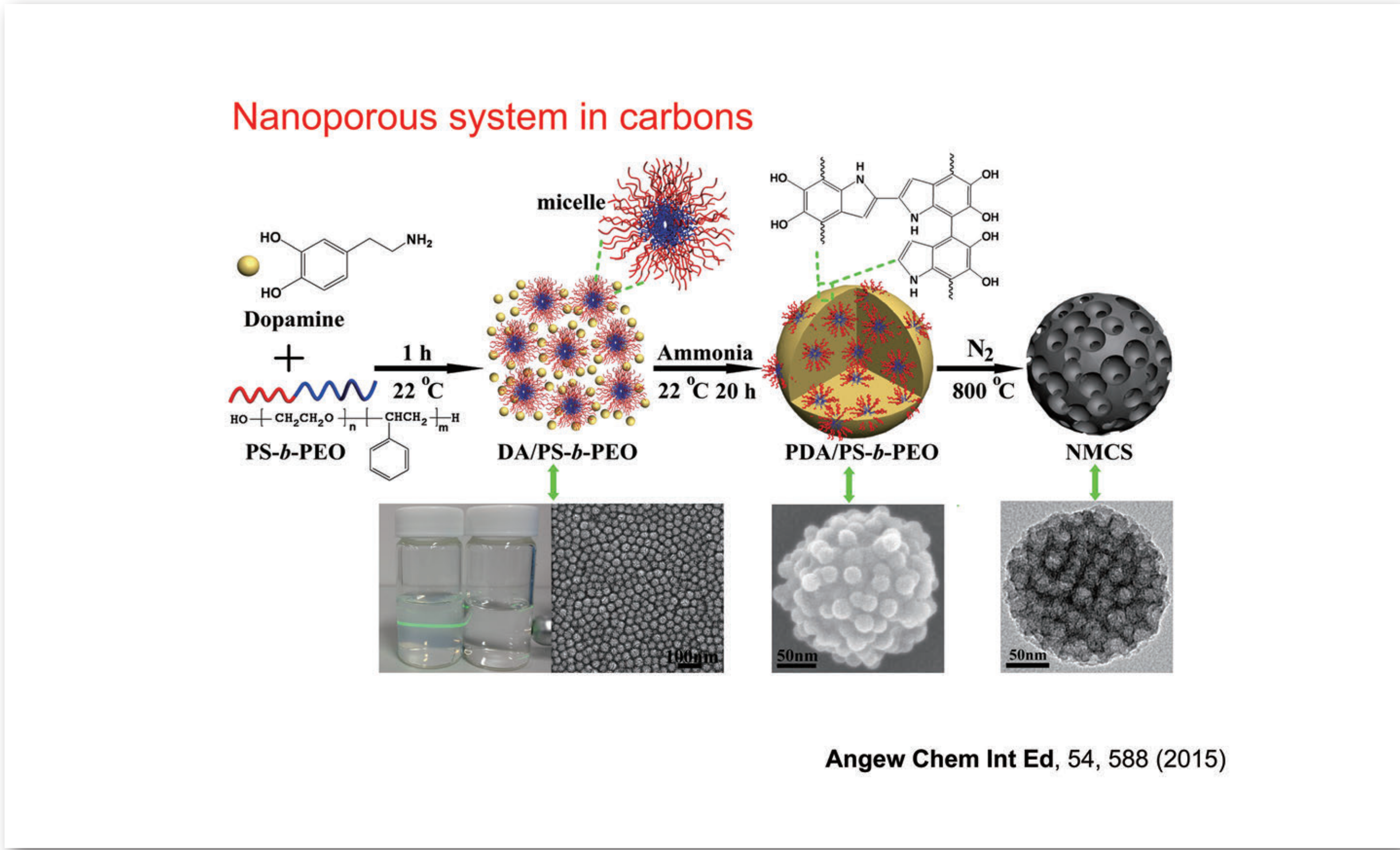
物質をナノレベルで精密に制御し、ミクロレベル及びマクロレベルで制御する高度な分子設計技術に基づき、既成概念にはない合成手法を提案し、次々に新しい無機材料を合成しています。



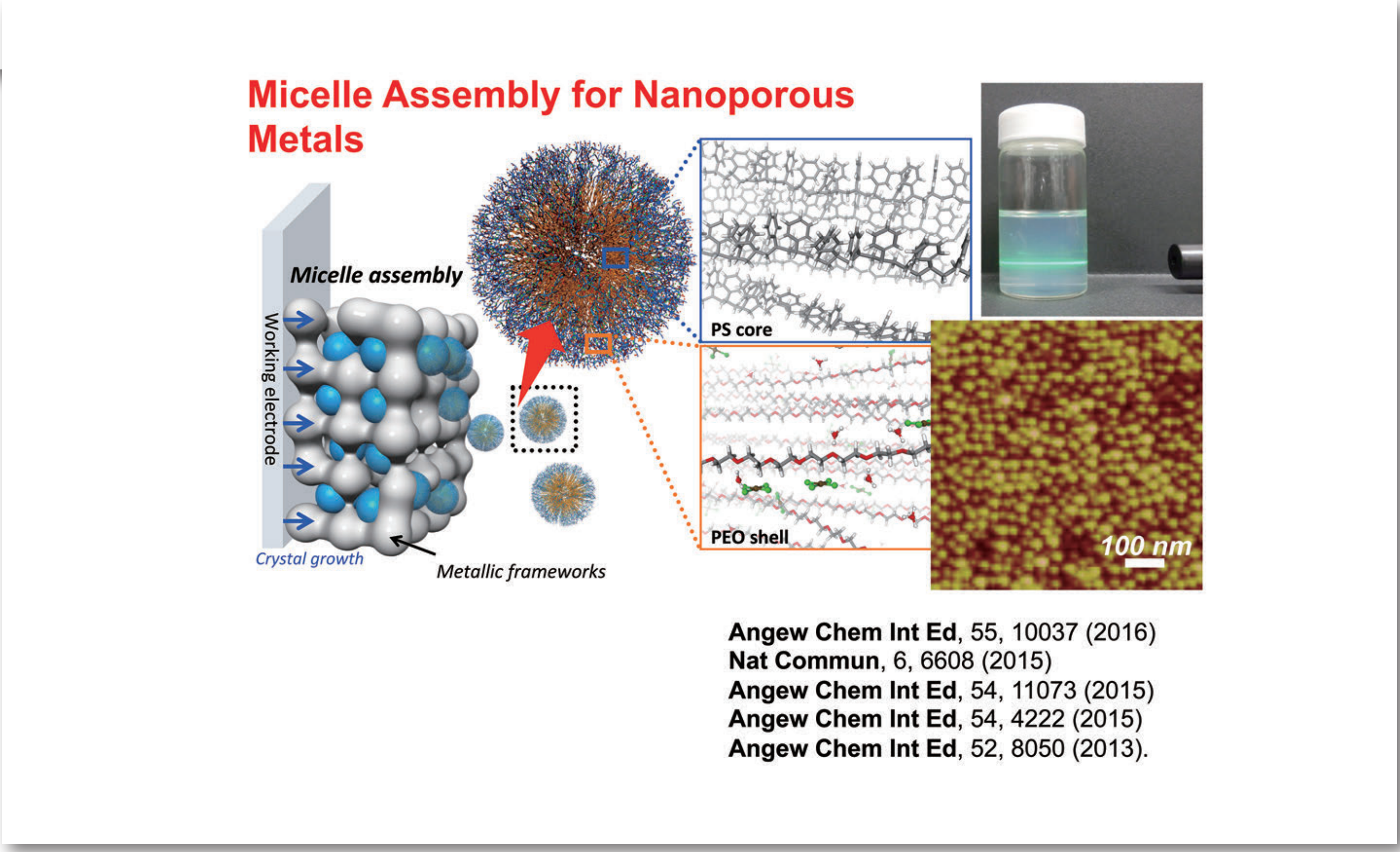
最小構造単位(ビルディングブロック)を有機分子の自己組織化現象を利用して、ボトムアップ的に集積させることで今までにない結晶性ナノ多孔体の合成します。これまで、本合成手法を利用して、金属酸化物、金属、カーボンなど多岐にわたる組成、ナノ粒子、薄膜など様々な形態を実現しています。



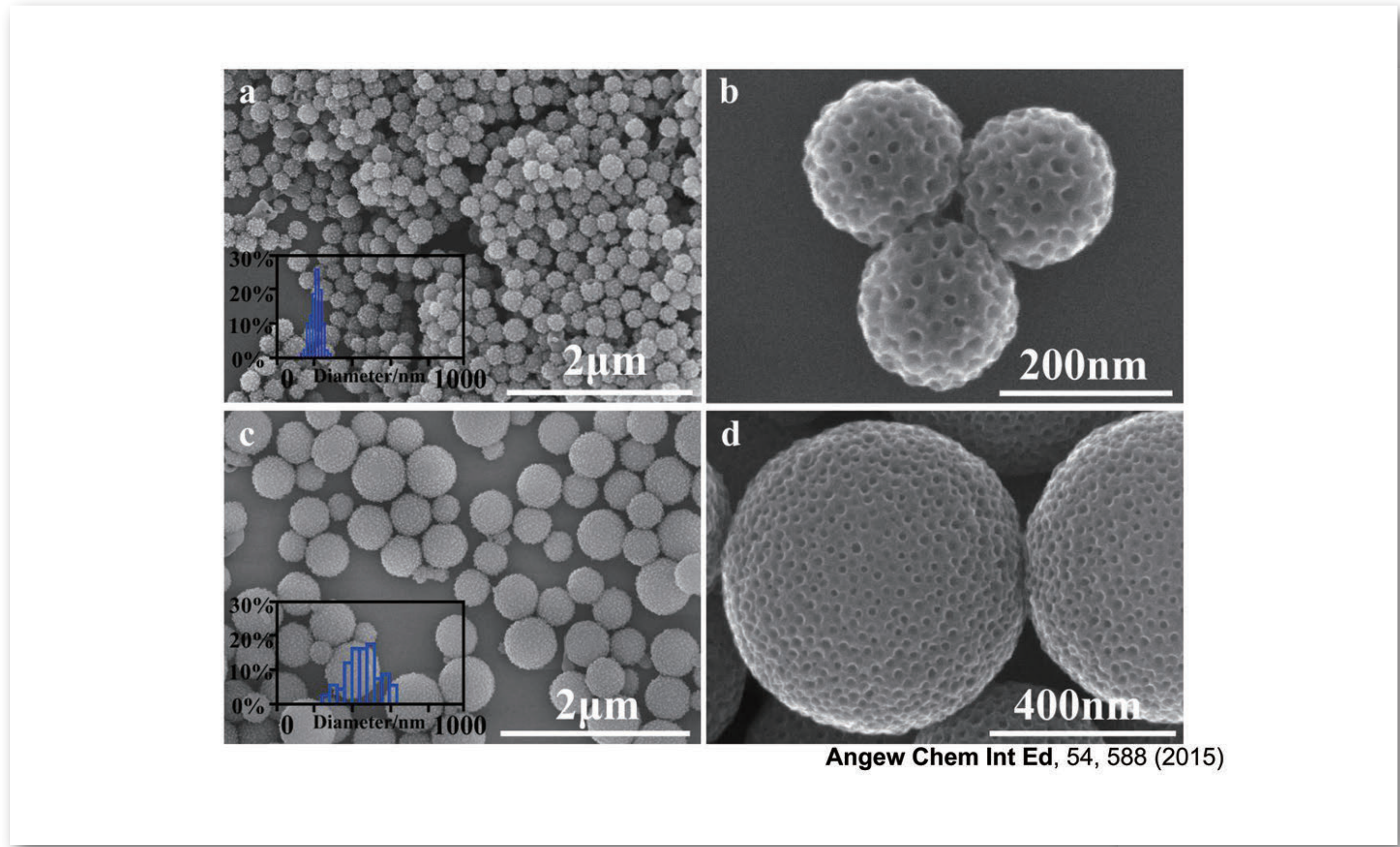
両親媒性ブロックコポリマーが形成する様々なナノ構造、そしてそれらを鋳型にした構造転写。



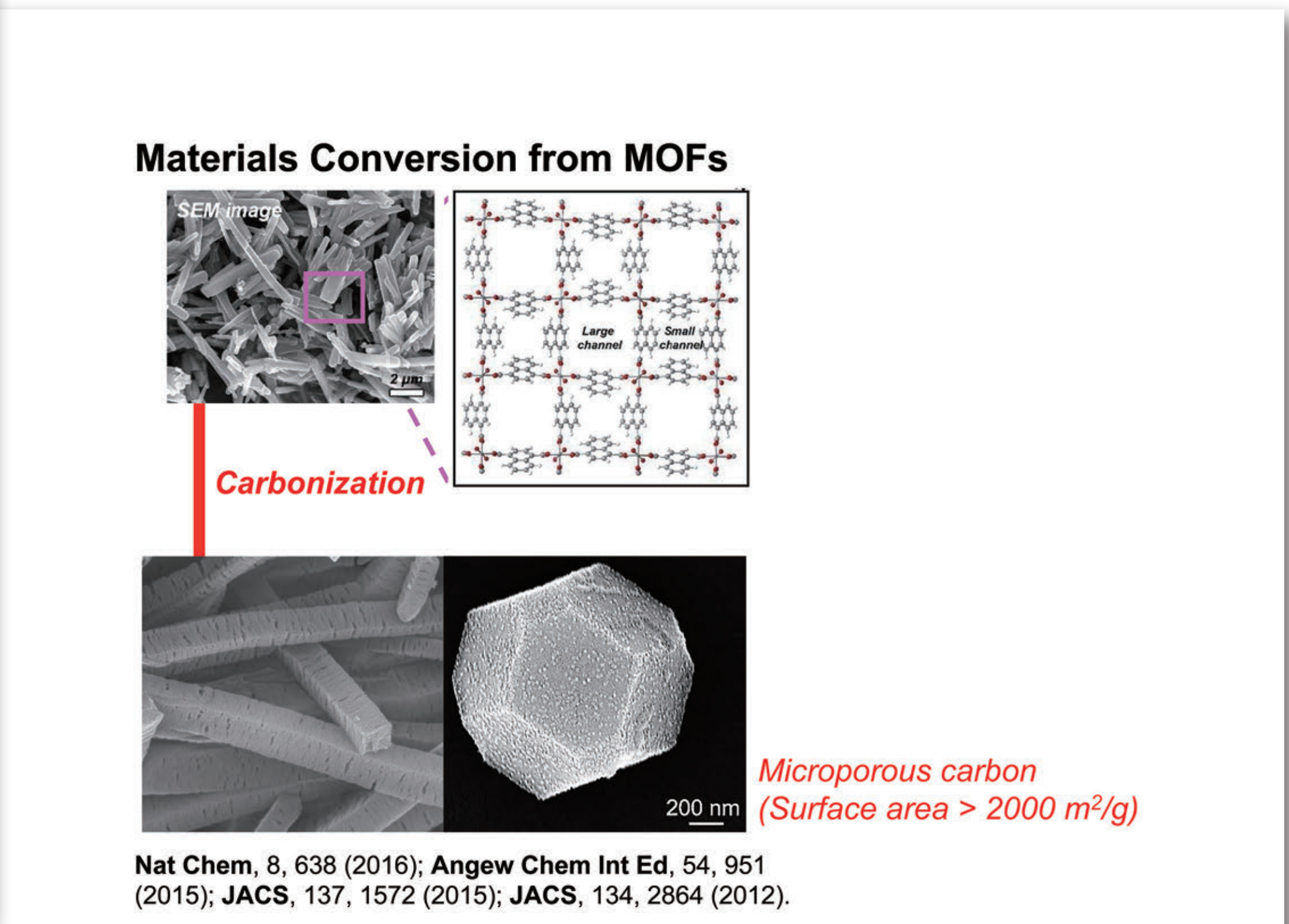
溶液中に溶存させたミセルの表面に炭素源となる高分子を被覆させ、その後熱処理で炭化させることで、炭素系ナノ多孔体の合成が可能となる。



溶液中に溶存させた高分子ミセルに金属イオンを配位させ、電気化学的な手法で金属を析出させることで、最終的に金属ナノ多孔体構造が実現する。



上図の手法により得られた炭素系ナノ多孔体の電子顕微鏡像



有機金属錯体を直接熱処理し、その後酸処理することで、新しい炭素系ナノ多孔体が得られる。今までの鋳型法と比較して、きわめて簡単な手法であると言える。