

ImPACT

Newsletter

Vol. | 11 | Dec. 2017

Impulsing
Paradigm
Change through Disruptive
Technologies Program

〔特集〕

タフポリマー製コンセプトカーの
モックアップが完成！—————02

核変換による放射性物質の無害化——05

災害ロボットと消防隊員が連携した
公開フィールドデモンストレーション
を実施—————08

〔TOPICS〕

量子ニューラルネットワーク
クラウドサービス始まる！！—————10

〔プログラムの新たな展開〕

非連続イノベーションの
実現に向けて—————12

タフポリマー製コンセプトカーの モックアップが完成!

研究開発から
実用化へ疾走開始

薄さと軽さと強靱さを兼ね備えた「しなやかなタフポリマー」の
社会実装を進める伊藤プログラムでは、
最終成果物としてタフポリマー製のコンセプトカーの製作を掲げていたが、
待望のモックアップが完成し、お披露目が行われた。



【図1】伊藤プログラムが2018年9月のデビューを目指すコンセプトカー

竹のように力を受け流す しなやかなタフポリマー

伊藤耕三プログラム・マネージャー (PM) が進める研究プログラム「超薄膜化・強靱化『しなやかなタフポリマー』の実現」では、従来の限界を超える薄膜化と強靱化を同時に達成する新たなポリマーの開発に取り組んでいます。

「現在、ポリマーは日常生活のあらゆる場所で使われるようになっていますが、その歴史は浅く、鉄やセラミックなどの素材に比べて壊れやすく、まだまだ研究開発すべき課題が残っています。ポリマーは軽いという特長を持っていますが、一方で壊れやすい。でもどのように壊れるのかがあまり良く分かっていませんでした」[伊藤PM]

伊藤PMはポリマーの破壊の仕組みを研究することで、壊れにくいポリマーの開発を進めてきました。

「従来のポリマーに比べて、壊れにくくタフなポリマーができつつあります

が、ここでいうタフとは、単純に硬くするという意味ではありません。硬いポリマーには脆いという性質があるからです。外部から加わった力を竹がしなるように受け流すことで、壊れにくいタフさを目指しています」[伊藤PM]

このような壊れにくさを、伊藤プログラムでは「しなやかなタフネス」と表現しています。しなやかなタフポリマーが広く利用されるようになれば、産業界に素材革命というイノベーションを起こすことが期待されます。既に成果物として、引張伸度が従来の6倍になる樹脂や、切っても接合可能な自己修復性ゲルが生み出されています。

「しなやかという言葉にぴったり合う英語がうまく見つからなくて、そのままSHINAYAKAと呼んでいます。どこか東洋的な概念なのかもしれ

れないですね」[伊藤PM]

プログラムの最終目標は タフポリマーで自動車を作ること

伊藤プログラムでは、新たな素材の研究開発に取り組む一方で、社会実装の一例としてタフポリマーで作られた自動車(コンセプトカー)を作ることを目標に掲げています。

「ImPACTはアメリカのDARPA(国防高等研究計画局)の研究開発プログラム



【図2】コンセプトカーのインナーモック

を参考にしていますが、DARPAでは成果として、最後に形のあるものを作って見せているという話を聞きました。私のプログラムなら何を作ればいいだろうかと考えていた時に、自動車を実際に作ってみるというのはどうかという話になりました」[伊藤PM]

自動車には様々な素材が使われています。軽さと成形加工性に優れたポリマーは、現在はダッシュボードなどに採用されていますが、車の安全性に関わる構造材料部分にポリマーが入り込むのは未だに困難です。

「鉄やセラミックに比べて、ポリマーの信頼性が低いためです。しかし軽さと強靱性を兼ね備えたタフポリマーであれば、自動車のコア部分に要求される高いハードルを乗り越えられるはず」[伊藤PM]

自動車に使っても問題ないことが証明できれば、タフポリマーは他のあらゆる分野で使用できる信頼性を得ることができます。まさにハイリスク・ハイインパクトな挑戦です。

「ポリマーは鉄に比べて低温で容易に加工できるので、ユーザーの好みに応じて自在に形状までカスタマイズできる自動車を提供することもできるでしょう。まだ素材研究もこれからという段階で、文字通りハイインパクトなコンセプトカー製作をImPACTで認めてもらえたことにも正直驚きました。従来の国家プロジェクトとは全く違うなと感じました」[伊藤PM]

コンセプトカーのおかげで 研究者も企業側も本気になった

伊藤プログラムにはアカデミアの研究者に加え、産業界からも複数の素材メーカーが参加し、伊藤PMはオールジャパンの研究体制を構築しています。

「日本のポリマー技術が世界最高なのは間違いないと思いますが、今回のようにアカデミアと産業界が対等な立場でがっちりと手を組んだ例はこれまであまり多くなく、産学連携の新しい共同

研究の形を模索しながら進めてきました。最初は双方が手探り状態でしたが、大学の研究者からのアイデアに企業側が驚いたり、企業が行っている研究にアカデミア側が関心を持ってくれたりと、少しずつ相乗効果が生まれています」[伊藤PM]

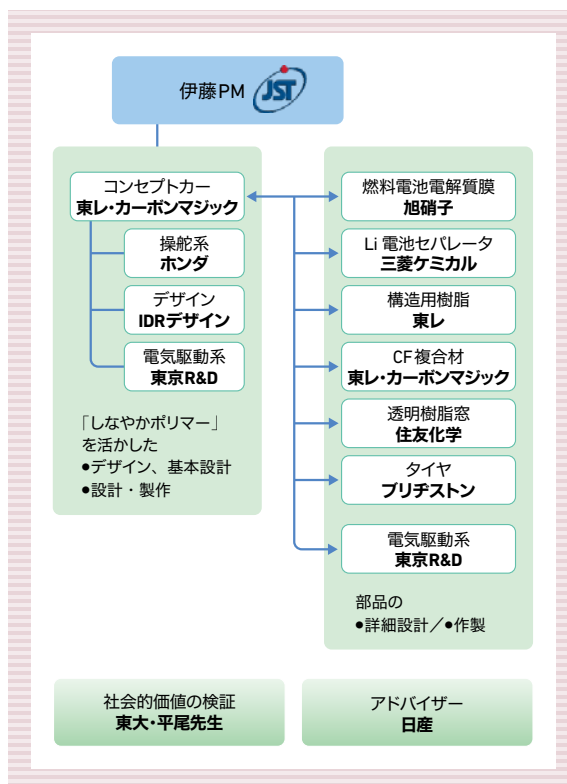
またコンセプトカーの製作を最終目標に掲げたことが、研究者に少なからぬ影響を与えています。

「多くの研究開発プロジェクトでは、具体的な数値目標を達成できれば、それで成功だったわけ。自分たちがやっ

ている研究が社会にどう役立つのかを実感するのは難しかった。ところが今回は素材開発の先にコンセプトカーを作るという大目標が見えるので、研究者たちの気持ちがバラバラにならず、高いモチベーションを保つことができます。最初は半信半疑だった企業側も次第に本気になってきたのを感じましたね」[伊藤PM]

またミニチュアではなく実物大のものを作るとなると、生産技術の問題を避けて通ることはできません。実験室ではうまくいっても、実際に大きなものを作ろうとすると様々な課題が浮かび上がってきます。

「将来の実用化の段階になれば、サイズの大きなタフポリマーを安く作るという問題にどうしても直面します。ならばImPACTの枠組の中で、生産プロセスやコストダウンの問題をある程度解決してしまおうと考えています。たとえばImPACTの期間内にすべ



【図3】コンセプトカー開発体制

て解決できなくても、こういう課題があるということが明らかになると、実用化の加速につながります」[伊藤PM]

待望のモックアップが完成 さらなる研究開発を進める

2017年10月、コンセプトカーのモックアップが完成し、検討会が行われました。車体はレーシングカー製作の実績を持つ東レ・カーボンマジックが担当し、協力各社から提供を受けた部材を使用して組み立てられています。また電気自動車（EV）として設計されていて、イ



【図4】検討会でコンセプトカーに試乗する久間和生議員



伊藤耕三 Kohzo Ito

ImPACT プログラム・マネージャー
東京大学大学院教授

2014年～ImPACTプログラム・マネージャー。1999年に架橋点が自由に動く高分子材料（スライドリング・マテリアル：SRM）を発明。同材料の驚異的なタフネス特性に着目し、2005年にASM社を設立。新材料の開発とともに、事業化に向けたマネジメントにも従事。

ンホイールモーター、リチウムイオン電池を搭載しています。

「モックアップの中でポリマーを使っているのは、衝撃吸収部材、板バネ、ホ

イール、リチウムイオン電池ケースです。特に板バネはスプリングとスタビライザーおよび空力デバイスを兼ね備えたサスペンションになっていて、既存の材料では作製が困難な構造を実現しています。またホイールがタフポリマーなのも画期的だと思います」[伊藤PM]

この大きさの自動車なら車体重量は通常1.5トン程度ですが、コンセプトカーでは800～900キログラムとなり、ポリマーを使うことで大幅な軽量化を達成しています。検討会に出席した総合科学技術・イノベーション会議の久間和生議員も試乗体験し、大変満足された様子でした。またNHK教育テレビ『サイエンスZERO』でも取り上げられました（「自動車までできる すごいぞ！タフポリマー」）。

「NHKの番組で紹介された反響は大きかったです。やはり形としてお見せできるものがあると、どういう研究をしているのかを説明しやすいですから。外装部分は大きいので、タフポリマーで作るのに苦心しているところです。さらに研究を進め、いずれはタイヤを含め、ほとんどの部分をタフポリマーで作れるよ

うにしたいと考えています」[伊藤PM]

今後も引き続き、部材の開発・作製を進め、コンセプトカーとして、2018年9月末のデビューを目標としています。完成後はアウトリーチ活動で積極的に活用し、全国で走行デモを行う他、2018年9月に神戸で開催される「EVS31（国際電気自動車シンポジウム）」の会場で展示する予定です。

自動車産業の変革期に タフポリマーが果たす役割

コンセプトカーの設計にあたり、伊藤プログラムでは日産自動車から様々なアドバイスを受けました。

「われわれは車作りの素人ですので、自動車メーカーからの様々な意見はとても参考になりました。高齢化や都市化が進む中でこれから自動車はどのような存在となっていくのか、未来社会における車の位置づけはどうなるのかなど、議論やブレーンストーミングを重ねました。その成果をふまえた上でデザインに取りかかっています」[伊藤PM]

今後、自動車の主流になっていくと考えられているEVでは、設計の自由度が高まります。従来は構造上の制約や強度のために不可能だった車体デザインが可能となるなら、そこにタフポリマーが活躍できる可能性があるはずです。

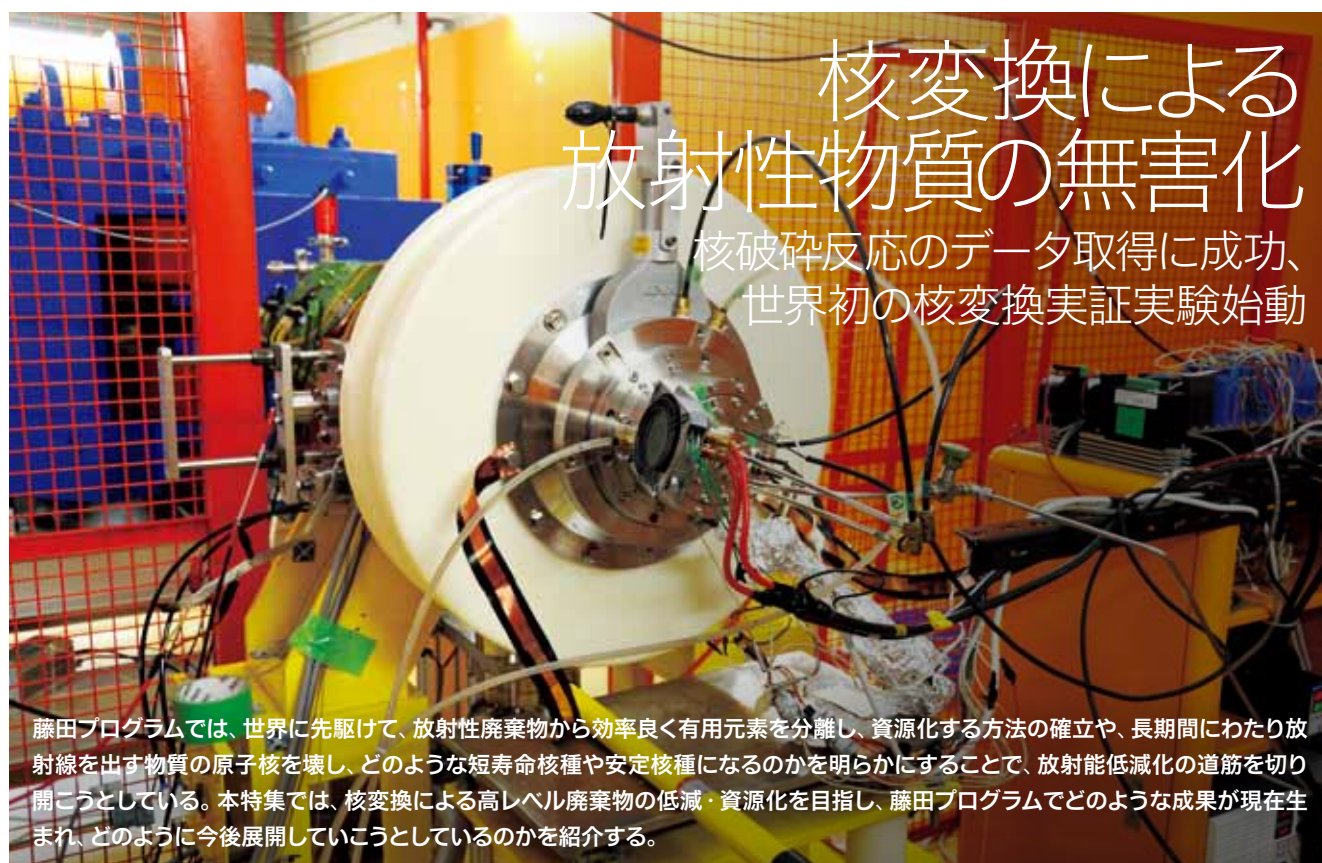
「新興国からも新しい自動車メーカーが生まれてきています。日本や欧米のメーカーとは違った観点で生み出される自動車が世界で走り出す変革の時代に、タフポリマーという新しい素材の選択肢を提供したいと思います」[伊藤PM]

もちろん車以外でもタフポリマーの応用展開の可能性は広がっています。

「競技用自転車やゴルフシャフト、釣竿など、スポーツ・レジャー分野では、軽くて強靱というタフポリマーの性質を活かすことができるでしょう。パラリンピックで活躍する選手が使う競技用義足の素材としても注目されています」[伊藤PM]



【図5】コンセプトカーで使われているタフポリマー



核変換による放射性物質の無害化

核破碎反応のデータ取得に成功、
世界初の核変換実証実験始動

藤田プログラムでは、世界に先駆けて、放射性廃棄物から効率良く有用元素を分離し、資源化する方法の確立や、長期間にわたり放射線を出す物質の原子核を壊し、どのような短寿命核種や安定核種になるのかを明らかにすることで、放射能低減化の道筋を切り開こうとしている。本特集では、核変換による高レベル廃棄物の低減・資源化を目指し、藤田プログラムでどのような成果が現在生まれ、どのように今後展開していこうとしているのかを紹介する。

【図1】核変換実証実験用のインプラント装置

パラジウム同位体の偶奇分離技術 レアメタルの再資源化が可能に

原子力発電所の使用済み燃料を再処理した後に発生する高レベル放射性廃棄物は、ガラス固化した上で、地層深くに埋めて処分する必要があります。しかしこの廃棄物の中には半減期が数十万年から数百万年に及ぶ核種も含まれていて、長期保管への不安が付きまっています。そのため処分場を確保することが難しく、社会的な課題となっています。藤田玲子プログラム・マネージャー（PM）の研究開発プログラム「核変換による高レベル放射性廃棄物の大幅な低減・資源化」では、半減期の長い長寿命核分裂生成物（LLFP）を短半減期や安定な核種に核変換することで後世代への負担を軽減することを目指しています。

また藤田プログラムでは、放射性廃棄物に含まれる有用元素を回収し、資源として再利用する研究も行っていて、現在、パラジウム（Pd）の奇数同位体を

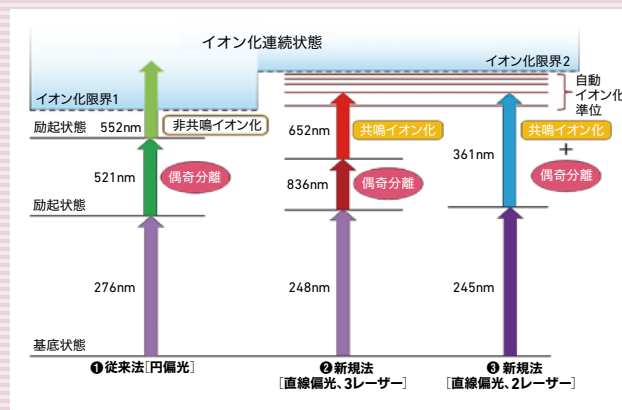
選択的に高効率で分離できるレーザー技術の開発に成功しました。パラジウムは自動車の排気ガス浄化の際の触媒等に使われ、ロシアと南アフリカでしか産出しないレアメタルです。

「パラジウムには同位体がたくさんありますが、半減期が長いものはPd-107だけです。LLFPに含まれるPdには安定同位体の104、105、106、108、110と107が混合した状態にあるため、107を分離する必要があります。しかし同位体は化学的性質が似ているため半減期が長い107だけを分離することは非常に難しい課題でした。そこで、レーザーを使った偶奇分離法という手法を使って、奇数同

位体の107を分離する研究を進めました」〔藤田PM〕

理化学研究所の研究チームは、従来のレーザー偶奇分離法を改良することで、高効率で奇数同位体を分離することに成功しました。107を取り除いた偶数同位体のPdは安定核種であるため、そのまま資源化することができます。

「ゴミを分別するように、半減期の長い核種と安定核種を分離することで、



【図2】レーザー偶奇分離法概念図

図版提供：理化学研究所



藤田玲子 Reiko Fujita

ImPACTプログラム・マネージャー

文部科学省の革新的原子力システム公募で6件が採択されるなど、乾式再処理技術開発の第一人者。東京工業大学原子炉研究所、電力中央研究所などとの共同研究を推進。2014年より2015年まで、日本原子力学会会長。

地下に埋めて処分するLLFPの量を大きく減らせます。また海外輸入に頼らざるを得ないレアメタルを取り出せるため、再資源化できることも大きなメリットとなります」[藤田PM]

理研RIビームファクトリーで世界初の核破砕データを取得 核変換による高レベル廃棄物の低減・資源化へ踏み出す

藤田プログラムでは理研の仁科加速器研究センターの重イオン加速器施設

「RIビームファクトリー」を用いて、Pd-107の核破砕反応実証試験によるデータ取得に取り組みました。

「Pd-107と陽子や重陽子を衝突させて壊すことで、様々な核種に変換されます。その結果、安定核種が約64%、半減期が1年以下の核種が約20%、1～30年が約9%、30年を越えるものが8%以下であることが分かりました。半減期が30年以下のものは保管しておけば自然減衰するので、地下に埋める必要もありません。処分方法の選択肢を広げることに繋がると思います」[藤田PM]

核分裂生成物の核変換についてのデータ取得は世界初であり、藤田プログラムが目指すイノベーションに向けた大きな一歩となりました。

「今回の実験では理研側からの提案により、逆運動学法という手法を使っています。これはLLFPのビームを陽子や重陽子のターゲットに当てるというものです。私たち原子力工学の人間からすると思えない方法でしたが、核物理学の分野では普通に行われていると聞いて驚きました」[藤田PM]

またLLFPであるジルコニウム93の核破砕データについても、逆運動学法を用いて取得に成功しました。その結果、安定核種が約39%、半減期が1年以下の核種が約57%、1～30年が約0.1%、30年を越えるものが5%以下でした。ジ

ルコニウムは原子力発電用燃料の被覆管、燃料電池や酸素センサ等の材料に利用されるレアメタルです。

この成果は、核変換により高レベル廃棄物を低減・資源化していくための大きなマイルストーンに他なりません。

世界が注目する核変換技術 国際的なイニシアチブの確保へ

こうしたImPACTの研究成果は海外からも注目を集めています。2017年9月に韓国・ソウルで開催された核燃料サイクルの国際会議「GLOBAL 2017」で藤田プログラムの展示を行うと、様々な国の研究者や技術者から問い合わせがありました。

「2018年に、高レベル放射性廃棄物の核変換に関する文書をIAEA（国際原子力機関）のレポート（TECDOC）として刊行予定です。人口密度の高い地域、特にアジア圏では今後この技術が必ず必要になることを明記したいと思っています。核変換の先頭に立っているのは日本のImPACTであり、知財戦略も含め、日本発の技術であることを広くアピールし、この分野で国際的なイニシアチブを確保したいですね。放射性廃棄物処分場の反対運動が大きくなっている中国がLLFPの核変換に乗り出してくるのは間違いのないと思います。中国はすぐに追いついてきますので、私たちも気を引き締めていかないとダメでしょう」[藤田PM]

Pd-107をターゲットとして 核変換実証実験を実施

現在、藤田プログラムではマクロ規模の核変換実証実験に取り組んでいます。107が15%含まれた試料を海外から輸入して、インプランテーション装置によってターゲットを作り、そこに重陽子を一カ月程度照射して核変換率を測定する計画です。

「核物理学の人からは逆運動学法で得られた実証実験データで充分と言



【図3】奥野氏（左端）と理研RIBFの研究スタッフ。
後方にあるのが核変換実証実験のためのインプランテーション装置。



【図4】バリウム107(純度15%)が納まっている容器

われるのですが、オーソドックスに107のターゲットに対して陽子や重陽子をぶつけて核変換効率を行ってエビデンスとして示す実証実験が必要であるとも考えています。この実証実験で得たデータが逆運動学法のデータと一致すれば、他のLLFPについても逆運動学法で正確なデータが取得できることが証明されます」[藤田PM]

こうした研究開発を可能しているのがRIビームファクトリーであり、困難なテーマに挑もうとする理研の研究者の存在です。ImPACTで使う重イオン加速器の開発を担当しているのが、仁科加速器研究センター RIBF研究部門加速器基盤研究部の奥野広樹副部長です。

「藤田PMからのリクエストはどれもハードルが高いのですが、『それは無理です』とは言いたくありません。高い目標を提示されると逆にやりたくなる研究者が理研にはたくさんいます」[奥野] 奥野氏は核変換実証実験のためのインプランテーション装置、LLFP核変換に欠かせない高強度ビームのための標的等の開発にも関わっている。

「解答が見えないところから研究を始めることには慣れていますし、本来研究開発とはそういうものではないでしょうか」[奥野]

原子力工学と核物理学の橋渡し ImPACTに幅広い知見を集める

日本では様々な事情から、原子力工学(工学)と核物理学(理学)の研究者や技術者間の交流が行われてきませんでした。

「理学ではシミュレーションの成果が

絶対であり、それがそのまま実用化できると考えますが、工学では実際にモノを見せないと納得しません。日本の原子力工学は海外からの技術導入で発展してきたので、基礎研究への関心が元々低いのです。他の分野では基礎の研究者と応用の技術者の交流があるのが当たり前ですし、ImPACTでは両者の橋渡しをしたいと考えています」[藤田PM]

毎月開催されるプロジェクト会議では、工学と理学の研究者がいっしょに参加して、互いの考え方を理解する機会を設けています。交流を深めることで、自分たちに欠けているものに気づき、視野を広げることが可能になります。

「私も原子核物理の研究に没頭している頃は、原子力工学への関心はありませんでした」[奥野]。

「自分の専門分野の中だけにいると、固定観念にとらわれがちです。異なる意見に耳を傾け、奥野さんのように実際に動いてくれる人が増えることを期待したいです」[藤田PM]

若い研究者の成長を促す目標に 核変換こそ最大の社会貢献

東日本大震災による福島第一原子力発電所の事故は、原子力工学と核物理学の双方に大きな衝撃を与えました。多くの核物理学の研究者が「何かできることはないか」と、被災地での線量計測や土壤汚染対策に取り組みました。

「当時、原子力工学だけでは何もできませんでした。放射性物質の影響について核物理の専門家の方が情報発信してくれたことは大きかったと思います」[藤田PM]

ImPACTが進める核変換技術は、震災を機に生まれた工学と理学の協力体制をさらに深め、社会貢献につながる大きな目標になり得ます。

「核変換という出口が示されたことで、若い研究者のモチベーションが高まっ



奥野広樹 Hiroki Okuno

博士(理学)

国立研究開発法人理化学研究所 仁科加速器研究センター RIBF研究部門加速器基盤研究部副部長(大強度化担当)

ていて、ImPACTに参加してくれる人が増えています。少し高いくらいの目標は必ず研究者を成長させると思います」[奥野]

「核物理の基礎研究に取り組んでいる人でも、自分のやっていることが社会貢献につながると分かれば、意欲が違ってくるはずです。原子力工学からは出てこない斬新なアイデアを期待しています」[藤田PM]

核変換のための加速器の仕様検討がすでに始められており、各要素技術の研究も進められています。ImPACTでの成果を元に今後パイロットプラントの製作につなげ、2040年からの実用運転開始を目指します。



【図5】不安定核ビーム低エネルギー化装置「OEDO」の測定装置

災害ロボットと消防隊員が連携した 公開フィールドデモンストレーション を実施



2017年11月10日に田所プログラム「タフ・ロボティクス・チャレンジ」の公開フィールドデモンストレーションが東北大学で開催された。今回は、現役の消防隊員にも参加いただき、「IRS-U」と呼ばれるロボットシステムを使ったレスキューチームを構成。災害対応シナリオに基づき、災害発生から初動情報収集、道路啓閉、要救助者搜索、そして消防隊員による救助までのデモンストレーションを行い、4年目を迎えた研究開発の技術的成果を披露した。

【図1】バックボードを使用して被災者を救出する消防隊

災害ロボットを鍛え上げて 平時の屋外ビジネスでの活用を目指す

災害が発生した直後の緊急対応、そして復旧、それに加えて災害予防は大変重要であり、ロボットが大きな役割を果たすと期待されています。現在の災害ロボットの問題点は、一言で言うと「ひ弱な優等生」であることです。条件が良いとさまざまなことが出来ますが、災害のような厳しい環境下になる

と十分にその性能を発揮できません。このプログラムでは、「ひ弱な優等生」であるロボット技術を鍛え上げて、実際の災害に役立てる基盤を作ることを目的としています。例えば、厳しい環境条件でもアクセスできる、条件が悪くても見える、騒音下でも聞こえる、失敗してもリカバリが可能であり、災害環境条件に適合して仕事出来る、そのようなロボット技術を創り出します。そのために、飛行ロボット、建設ロボット、

索状ロボット、脚ロボット、サイバー救助犬の5つのロボットプラットフォームを開発し、その上に様々な極限技術を搭載します。

このプログラムが目的とする非連続イノベーションを実現するために、災害を模擬したフィー

ルドで、実証試験を繰り返しています。このプログラム内で創られた技術を、ビジネスを行う企業の方々や広く一般の方々にご覧いただき、新しいビジネスを創出したいと考えます。この技術は、災害だけに限らず、広く平時の屋外ビジネスに活用すべきです。平時ビジネスに展開することによって、技術を継続的に高め、適切なコストで災害に対してもソリューションを提供できると考えます。

大規模地震災害を想定して 人命救助の災害ロボットが出動

今回の公開評価会には100名を超える見学者にご参加いただきました。大規模な地震災害が発生し、倒壊家屋での人命救助が求められている状況を想定し、災害対応活動シナリオに沿ったデモンストレーションをご覧いただきました。

最初に、災害対策本部が設置され、ロボットに対して出動命令が下ります。そして、飛行ロボットによる上空からの情



【図2】複腕を使って、パイプを持ちながら切断する建設ロボット



【図3】軽量のサイバースーツを着て、被災地を探索する救助犬



【図4】フィールド試験の準備を行う飛行ロボット

報収集、支援物資の輸送。建設ロボットによる、道路の啓開、瓦礫の撤去、サイバー救助犬による要救助者の捜索、位置の特定、遺留品の発見。能動スコープカメラ（索状ロボット「細径」）による、瓦礫内の情報収集、要救助者の発見。そして、消防隊員による要救助者の救出です。

様々な災害状況に対応する 5つのロボットプラットフォーム

【飛行ロボット】はじめに、全体的な被害状況を早期に把握するために、飛行ロボットによる情報収集が行われました。山岳部でのルートプランを作成し、3機のドローンが編隊を組みながら空撮を実施しました。うち1機は衛星通信を搭載し、目視外地域への飛行が可能な仕様でした。ドローン帰還後には、詳細な2次元オルソ画像の作成と、レーザスキャナーデータからの詳細な3D地図の作成が可能です。その後、ロボットアームを搭載した機体による救援物資の運搬を実施しました。応用技術として、静音型プロペラの紹介も行いました。

【建設ロボット】次に倒壊建物に向かう途中で土砂災害に遭遇し、迅速な道路啓開のために建設ロボットの出動が要請されました。今回のデモでは、360°全方向に回転できる腕を上下に重ねて取り付けた「2重旋回・複腕機構」により、両腕のレイアウトを自由に変更できる特徴を生かした、ガレキの撤去を披露しました。単管の上方を一方の腕で持ち、他方の腕で単管を切断するという難易度の高い作業を実施しました。

【サイバー救助犬】道路啓開後、救助隊は倒壊建物に到着し、サイレントタイムを指示し、要救助者の反応を聴覚で探索しました。その後、サイバー救助犬の出動が要請されました。サイバー救助犬では、中型・大型の救助犬が装着可能なサイバースーツに搭載したカメラ、マイク、慣性センサ、GPS、心電計を利用して救助犬の探索を記録し、そのセンサデータを可視化することで、犬が探索した場所、犬が見ている風景、風景に写った遺留品などを離れた場所にいる人間が確認できることをご覧いただきました。また、先日プレスリリースした犬の情動推定のデモも実施しました。

することにより、安定した浮上と運動能力の飛躍的向上を実現しました。今回初公開した自動挿入機により一人でのオペレーションが可能になりました。

能動スコープカメラにより、要救助者の位置・状況が把握され、消防隊員によって救出されました。救出にはバックボードによる頭部・脊柱部の固定が行われ、より実践的なデモを行うことができました。

【屋内フィールド】一方、屋内フィールドでは、災害予防のためのプラント点検をテーマとして、脚口ロボットによるはしごの検出と昇降、固く閉めたバルブの開作業、索状ロボット「太径」によるプラントのパイプ外周への巻付き移動、ダクト内移動をご覧いただきました。さらに世界初となるはしごの昇降を披露し、会場内を沸かせました。

来年度のフィールド評価会は、福島ロボットテストフィールドで開催する予定であり、より完成された研究開発成果を評価いただけるよう、プログラム参加者一同取り組んでいきます。



【図5】自動挿入機により被災建物内へ送られる能動スコープカメラ

【能動スコープカメラ】さらに要救助者は発見されたが、内部の様子を把握する必要があり、能動スコープカメラの出動が要請されました。能動スコープカメラは従来の繊維振動による自走機能に加えて、空気噴射ノズルの方向を制御



【図6】脚ロボットの紹介と説明に聞き入る見学者

量子ニューラルネットワーク クラウドサービス始まる!!

皆さんは、量子コンピュータは未来の技術……なんて思っていないだろうか？

実は量子情報処理技術は既に3つの方式で実現されている。

しかし、実機はまだ数が少なく、誰もが利用できる環境にはない。

しかしそんな量子情報処理装置の一つを山本プログラムでは、研究者だけでなく一般の方々も含め誰もが利用できるように日本で初めてインターネットのクラウドサービスとして利用できるようにした。

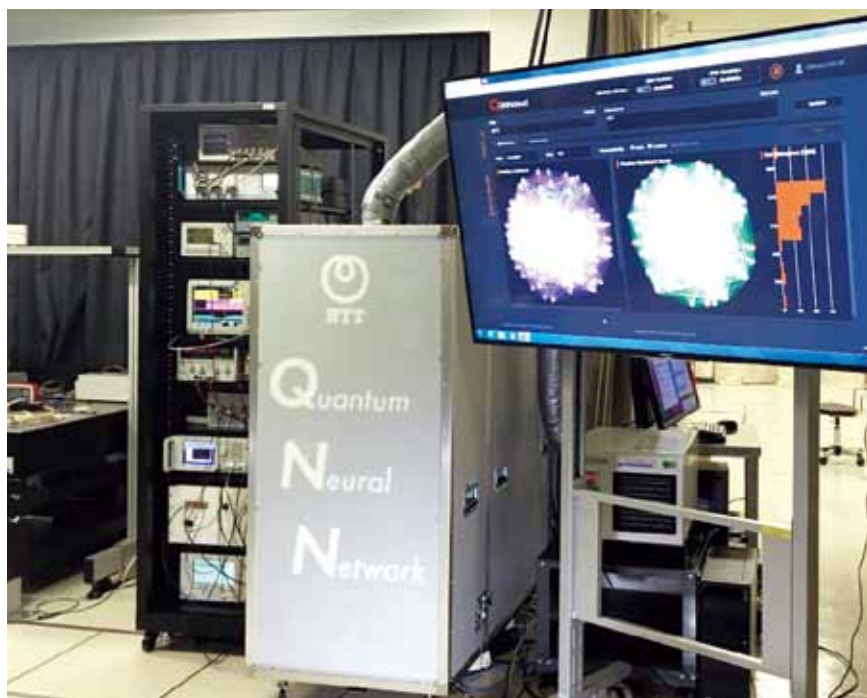
本トピックスでは2017年11月27日より開始した日本初の

量子ニューラルネットワーククラウドサービス「QNNcloud」を紹介する。

世界が注目する量子コンピュータ

スーパーコンピュータを圧倒的に上回る性能を持つとされる量子コンピュータ。その開発は、今まさに転換期と言えるほど、世界的な盛り上がりを見せています。アメリカでは国防省などが毎年2億ドルを投資しており、EUの研究プロジェクト「量子技術フラッグシップ」は10年間で10億ユーロを量子コンピュータなどの技術開発に拠出しています。さらに最近最も活発とされるのは中国であり、量子情報を国の4大重点科学技術の一つに位置付け、2015年には中国科学院に量子計算実験室を設置しています。また日本でも、量子コンピュータの実用化を目指し、2018年度から10年間で約300億円を投じる計画です。

量子情報処理には、量子ユニタリ計算、量子断熱計算、量子散逸計算という3つの異なった原理があり、それぞれゲート型、アニール型、ニューラルネットワーク型で実現されます。量子情報処理装置開発の先頭を進むのは、大学などの研究機関ではなく、民間企業です。Google、IBM、Microsoft、intelといった世界的なIT企業や、スタートアップ企業であるD-Wave Systems、Rigetti computingなど、様々な企業が激しい競争を繰り広げています。特にD-Wave



【図1】筐体に納めたQNN計算装置

Systemsは2011年に世界初の商用量子コンピュータ（アニール型）の販売を開始し、その後も後継機を次々と発表しています。

そんな量子情報処理装置開発における現在のトレンドは、開発した量子情報処理装置をインターネットを介して、世界中の人々に開放する「クラウドサービス」です。これまでにIBMが2016年にゲート型5ビット、2017年に15ビットマシン、D-Wave Systemsが2017年にアニール型2000ビットマシンによるクラウドサービスを行っており、2018年にはGoogleがゲート型49ビットマシンによ

るサービスを開始する予定です。IBMのクラウドサービスは開始からわずか1年で、100カ国以上、4万5000人ものユーザが、約30万回もの実験を行い、これらの成果による研究論文が15本掲載されました。またD-Wave Systemsはドイツの自動車メーカー、フォルクスワーゲンと協力し、D-Waveマシンを使ったタクシーの最適経路計算結果の成果を公開しました。

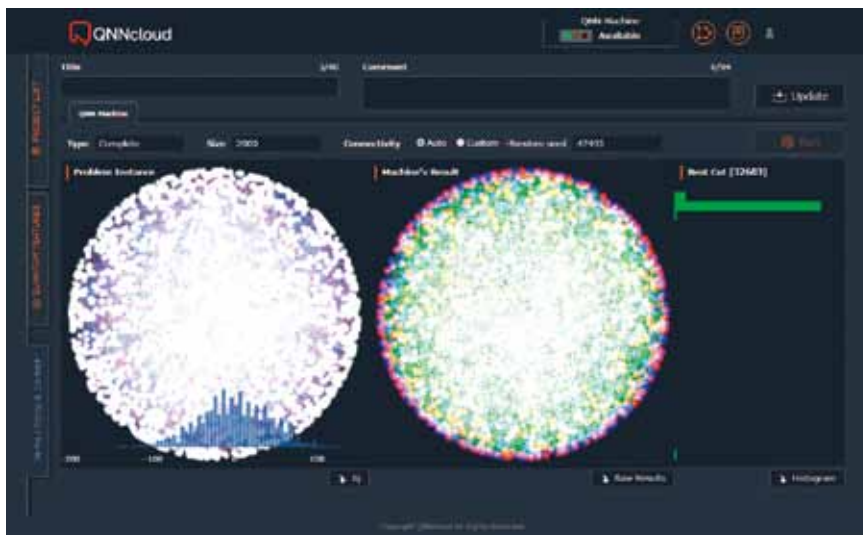
このように、未来の技術とされていた量子情報処理装置は今や研究室を飛び出し、世界中の誰もが使用できるものとなり、実社会の様々な問題の解決に

活躍しています。そんな量子情報処理装置によるクラウドサービスが、この度日本で開始されたのです。

量子ニューラルネットワーク クラウドサービス「QNNcloud」

今回のクラウドサービスで公開される量子情報処理装置は、山本プログラムで開発した「量子ニューラルネットワーク (Quantum Neural Network: QNN)」です。QNNは従来のゲート型、アニール型とは異なる第三の原理、量子散逸計算を実現したもので、光パラメトリック発振器 (OPO) と呼ばれる新型光源の量子力学的な特性を用いて計算を行います。山本プログラムでは2016年に最大2000要素の最適化問題を瞬時にして解くQNNを開発しています。今回、これまで大規模な光学実験装置であったQNNの小型化と、1週間以上にわたって安定して大規模最適化計算を行うことのできる長時間安定動作の実現に成功しました(図1)。

さらに山本プログラムでは、このQNNをインターネットを介し世界中の誰もが体験できるクラウドサービス「QNNcloud」を2017年11月27日より開始しました。このサービスは国立情報学研究所 (NII) が運営・管理しており、ユーザが直接触れることのできるウェブアプリケーションサーバと、NTT物性科学基礎研究所に設置されているQNN計算装置との計算リクエスト・結果リスポンスのやり取りを制御する計算タスク制御サーバから構成されています。今回の公開では、最大2000ビットからなるQNNを用いて、大規模かつ難しい組み合わせ最適化問題の一つ、Max-Cut問題について、2000全ての要素間に結合があるような難しいケースを解くことができます。さらに本サービスでは、量子コンピュータや組み合わせ最適化問題に詳しくない方でも、簡単なシミュレータを用いゲーム感覚でQNNやMax-Cut問題について知り、体験することができるPLAYGROUND (チュートリ



【図2】QNNcloud: 「MACHINES」ページ



【図3】QNNcloud: 「PLAYGROUND」ページ

アル) や、QNNの量子論や性能について学ぶことのできる技術資料・論文リストなど、知識・経験・目的など様々なユーザに応じた多様なサービスも提供しています(図2、3)。

QNNcloudのこれから

今回のサービスは、QNNの動作原理や性能を世界の人々に広めることを目的としています。QNNcloudでは今後、実問題を解くことのできるアプリケーションやより大規模かつ複雑な最適化問題に適用できる10万要素全結合QNNマシンの開発など新たなサービス

を次々と予定しています。これらのサービスの提供により、世界規模でのユーザーグループの形成や、新たな応用分野・応用アプリケーションの発掘と開発が期待されます。

皆さんもぜひ、このサービスを訪れてみてください。そして量子の世界と未来の技術を体験してみませんか？

QNNcloud: <https://qnncloud.com/>

非連続イノベーションの実現に向けて

ImPACT（革新的研究開発推進プログラム）は、公募で選ばれた16名のプログラム・マネージャー（PM）を中心に、それぞれのプログラムが“ハイリスク・ハイインパクト”な研究テーマに挑み、日々、目覚ましい成果を上げています。そうしたプログラムの最新動向をご紹介します。

原田PM

<http://www.jst.go.jp/pr/announce/20171004/index.html>

医療・介護・健診に関するビッグデータの統合解析によるエビデンスに基づく地域包括ケアシステムの実現に向けた取組みを始動

一般財団法人医療経済研究機構の満武巨裕および東京大学生産技術研究所の喜連川優教授の研究グループは、三重県名張市と協力し、地域における医療・介護・健診に関するビッグデータを活用し、エビデンスに基づく効率的な地域包括ケアシステムを実現するための研究の取組みを開始しました。これは、これまでImPACTプロジェクトで開発してきた医療・介護・健診のそれぞれのビッグデータを統合して解析可能な超高速ヘルスケアビッグデータ解析システムを用いて地域における医療・介護・健診の実態に即した地域包括ケアシステムの確立に向けた具体的な施策立案を目指すものであり、我が国で初めての試みです。〔プログラム・マネージャー 原田博司〕



▶ 三重県に於ける国民健康保険被保険者の通院動態の可視化の一例

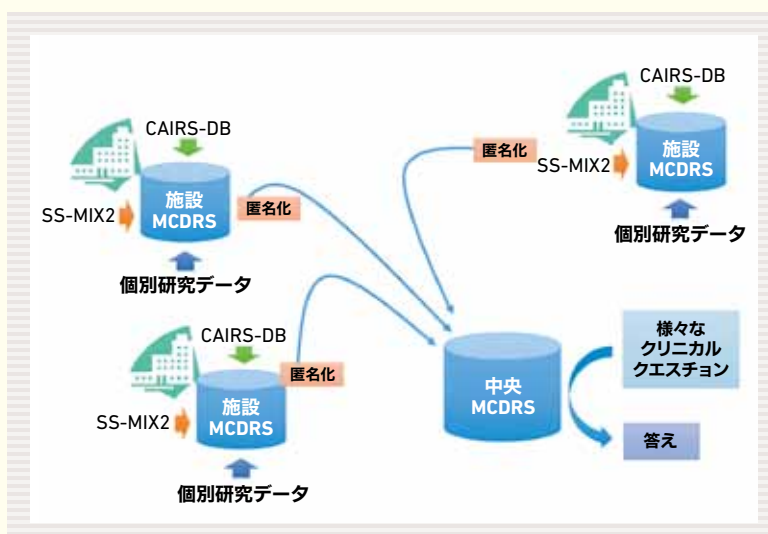
原田PM

<http://www.jst.go.jp/pr/announce/20171019-2/index.html>

社会リスクを低減する超ビッグデータプラットフォームに利用可能な複数循環器医療施設からの統合情報収集システムを開発

学校法人自治医科大学学長の永井良三の研究グループは、株式会社ケーアイエス、株式会社グッドマンと共同で、複数循環器医療施設からの統合情報収集システムを開発しました。現在医療の現場において、詳細な検査・治療情報をできるだけリアルタイムで収集し、それを時系列に整理し、解析してタイムリーにフィードバックすることが求められています。しかしながら、これまで電子カルテやカテテルレポートのシステムが病院によって異なるために、これらの情報を標準化して集めることはできませんでした。本システムは各施設において電子カルテからSS-MIX2標準化ストレージに書き出した血液検査値などのデータ、およびCAIRS心臓カテテル検査レポートシステムからSS-MIX2拡張ストレージに書き出したデータを対象にデータをMCDRシステムにより自動収集し、匿名化後に集約して解析を行うことができ、上記

の要請に応えることが可能になります。〔プログラム・マネージャー 原田博司〕



▶ 統合情報収集システムの概要

IoTデータ収集・制御用広域系Wi-RANシステムによる 70km超無線多段中継伝送を用いた多地点広域データ伝送試験に成功

京都大学大学院情報学研究科の原田博司教授および株式会社日立国際電気の加藤数衛の研究グループは、モノのインターネット (IoT) 用データ収集・制御用広域系Wi-RANシステム用無線機による無線多段中継伝送を用い、3段・分岐有という構成で総中継距離75.0km、単区間最大距離27.8kmでの5拠点同時中継データ伝送試験に成功しました。そして、このWi-RAN同時中継回線を用いて、血圧・脈拍等の生体計測データを取得する医療データ収集システムと、災害時における被災現場の情報収集としての防災・減災危機管理システムとの異システム同時運用試験に成功しました。このシステムは長距離の多段中継回線を容易に構築するために、無線機の電源投入のみで、自動的に通信可能な無線機をセンシングし接続していくことにより、順次中継エリアを拡大していく機能を有しており、自動多段中継ネットワーク構築を詳細設定不要に構築することが可能になります。

[プログラム・マネージャー 原田博司]



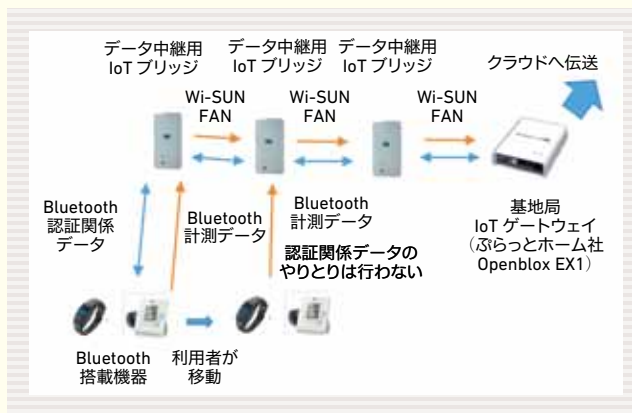
▶ 広域データ伝送試験における無線局設置場所

出典: Geospatial Information Authority of Japan「(国土地理院の地理院地図 (電子国土Web)『京都市付近』掲載)」

国際無線通信規格Wi-SUN FANを搭載した小型IoT用ゲートウェイによる Bluetooth搭載各種機器からの移動対応、広範囲情報収集システムの開発に成功

京都大学大学院情報学研究科の原田博司教授およびローム株式会社の内貴崇の研究グループは、IoT用国際無線通信規格Wi-SUN FANおよびBluetooth搭載IoTゲートウェイを用いて、Bluetooth搭載ウェアラブル機器および医療機器等の各種機器からの情報を、利用者が移動しても広範囲に情報収集することができる通信システムを開発しました。Bluetooth搭載各種機器は基本的に接続認証 (ペアリング) が許可された一つのIoT機器にのみ接続できます。利用者が移動した場合は、別途移動先のIoT機器に再接続認証する必要性がありました。本システムは接続時に認証に必要な情報が、Wi-SUN FANを用い、すべての中継用IoTゲートウェイに共有されます。その結果、利用者が移動した場合でもBluetoothの再接続することなく情報をクラウドまで伝送することが可能になります。

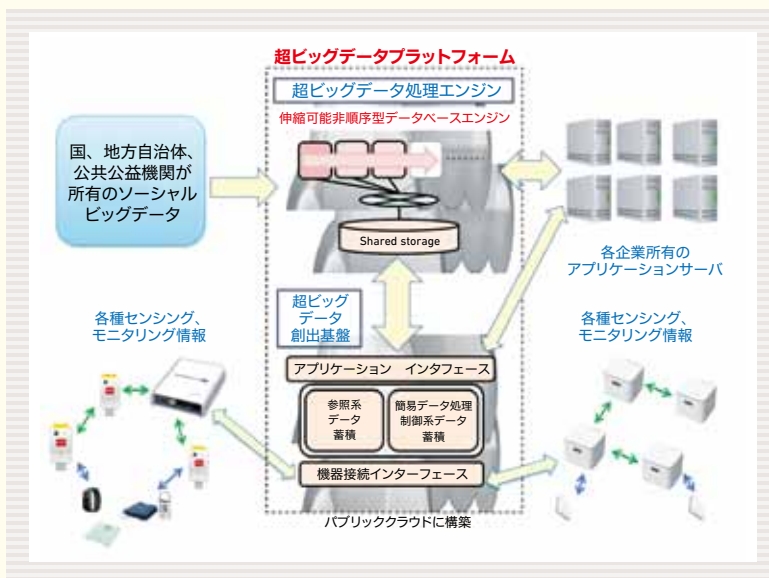
[プログラム・マネージャー 原田博司]



▶ 開発した通信システムの基本動作

パブリッククラウド上に超ビッグデータを創出する共通基盤の構築に成功

京都大学の原田博司教授の研究グループは、医療、ものづくりの環境で取得されたモノのインターネット (IoT) 機器で取得された情報を安全、かつ確実に収集するための超ビッグデータ創出基盤をパブリッククラウド上に構築しました。この基盤は、各種IoT機器に対して、接続するための共通インターフェースを定義し、機器登録を行い、電子証明書を自動発行する機能を搭載しています。また、制御系データを蓄積機能、簡易データ処理機能、蓄積されたビッグデータに簡単にアクセスする共通インターフェースを搭載しています。この開発により、各種IoT機器に対して簡単に、安全に収集できる基盤をハードウェアを自ら持つことなく構築することが可能になります。[プログラム・マネージャー 原田博司]



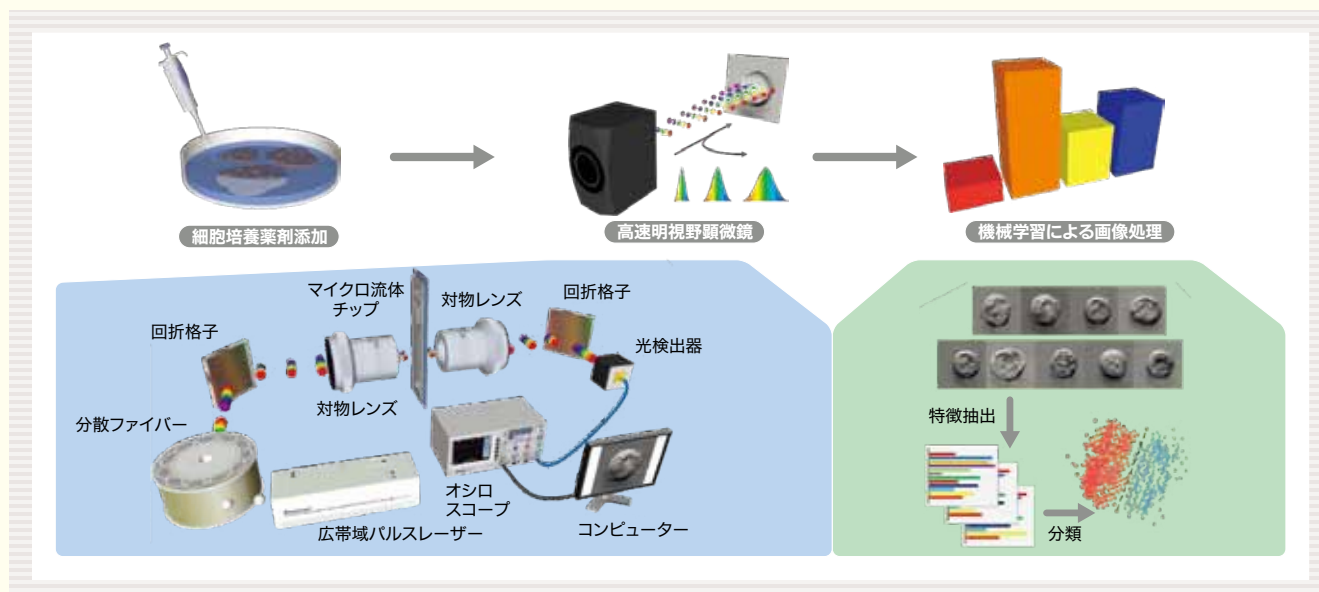
▶ 超ビッグデータ創出基盤の位置づけ

機械学習と無標識画像で細胞の薬剤応答を検出する技術確立

薬剤スクリーニング、細胞診断、IoBMT [Internet of Bio-Medical Things] への展開

東京大学の雷誠特任助教らは、高速イメージング法である高速明視野顕微鏡を用いてマイクロ流路中を約10m/sで流れる多数の細胞を無標識で連続撮影し、抗がん剤によって生じたがん細胞の形態学的変化を、機械学習により高精度に検出することに成功しました。本研究成果は、2017年9月29日に科学誌「Scientific Reports」のオンライン版で公開されました。

本技術では従来の顕微鏡による観察に比べて非常に高速かつ無標識で細胞の形態学的変化を検出できます。このため、従来の薬剤スクリーニングでは対応できなかった評価や、新たな細胞診断方法への応用、治療モニタリングなど臨床応用への展開などが期待されます。[プログラム・マネージャー 合田圭介]



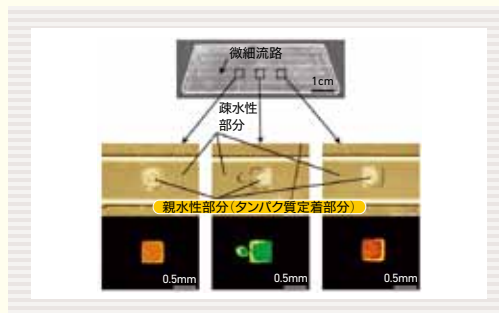
▶ 細胞の薬剤応答検出の流れと高速明視野顕微鏡の模式図

微細な流路への細胞パッケージング 「貼って付ける」から「付けて貼る」へ

理化学研究所の田中陽ユニットリーダーらは、細胞や生体分子の機能を損なわず、マイクロ流体チップ中にパッケージングする手法を開発しました。本研究成果は、科学誌「Chemical Communications」オンライン版で2017年9月28日に公開されました。ガラス板に細胞や生体分子を所定位置に定着させた後、ガラス板を常温で表面処理と加圧により貼り合わせて流路形成する手法を開発し、複数種類の細胞や生体分子を1本の微細流路内に機能を維持したまま区画定着できることを確認しました。今後、生命科学分野では貴重な試料を用いる研究が加速され、医療分野では患者への侵襲を

最小限にした検査法が開発されると期待されます。[プログラム・マネージャー 合田圭介]

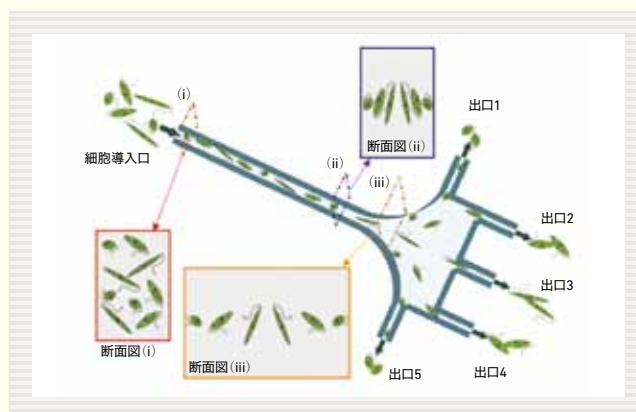
▶ 流路内に
区画定着された
タンパク質



細胞を形状ごとに分離するマイクロ流体チップを開発 藻類バイオ燃料開発などに有望な新技術

カリフォルニア大学ロサンゼルス校のDino Di Carlo教授らは、マイクロ流体中の慣性力を利用することにより、細胞を形状ごとに自律的に分類するマイクロ流体デバイスの開発に成功しました。本研究成果は、2017年9月7日に科学誌「Scientific Reports」のオンライン版で公開されました。この技術により、藻類細胞など形状が複雑・不均一な微生物や細胞を形状ごとに分離することで、より均一な条件下で実験を行うことが可能となり、研究の質や効率の向上が期待されます。また、構造が単純なため低コスト化やスケールアップが容易であり、バイオ燃料生産に適した藻類細胞の探索や研究が加速すると期待されます。 [プログラム・マネージャー 合田圭介]

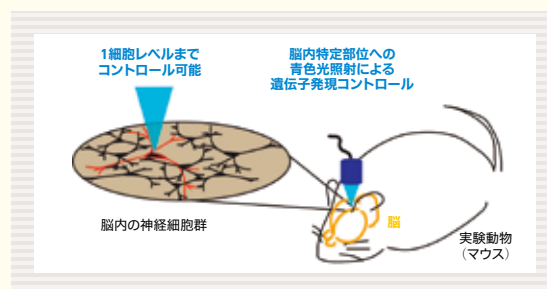
▶ マイクロ流路チップに導入されたミドリムシの形状による分離



光により遺伝子発現量を素早く300倍に増加できる技術を開発

コロンビア大学の矢澤真幸アシスタントプロフェッサーらは、哺乳動物に応用可能な高性能の青色光誘導型の遺伝子発現コントロールシステムを開発しました。本研究成果は、2017年10月10日に科学誌「Nucleic Acids Research」オンライン速報版で公開されました。本技術により光を使って自由自在に遺伝子発現をコントロールすることが可能で、従来では不可能であった生体(マウスなどの動物個体)の遺伝子発現を、生体外からの非侵襲的な光照射によってコントロールすることができるようになりました。本研究の成果は、神経科学や幹細胞の増殖・分化や、疾患に関わる様々な遺伝子の機能

解明にも役立つことが期待できます。[プログラム・マネージャー 合田圭介]



▶ 本研究成果による詳細な脳機能の解析

革新的研究開発推進プログラム[ImPACT]

ImPACTは、実現すれば社会に変革をもたらす「非連続的なイノベーションを生み出す新たな仕組み」です。成功時に大きなインパクトが期待できるような、ハイリスク・ハイインパクトなチャレンジを促し、企業風土を醸成することを目指しています。また、内閣府「総合科学技術・イノベーション会議[CSTI]」が設定するテーマについて優れたアイデアをもつ16名のプログラム・マネージャー[PM]を厳選し、大胆な権限を付与し、優秀な研究者とともにイノベーション創出することも特徴のひとつです。

プログラム・マネージャー [PM]	プログラム
伊藤耕三 Kohzo Ito	超薄膜化・強靱化「しなやかなタフポリマー」の実現
合田圭介 Keisuke Goda	セレンディピティの計画的創出による新価値創造
佐野雄二 Yuji Sano	ユビキタス・パワーレーザーによる安全・安心・長寿社会の実現
佐橋政司 Masashi Sahashi	無充電で長期間使用できる究極のエコIT機器の実現
山海嘉之 Yoshiyuki Sankai	重介護ゼロ社会を実現する革新的サイバニックシステム
鈴木隆領 Takane Suzuki	超高機能構造タンパク質による素材産業革命
田所諭 Satoshi Tadokoro	タフ・ロボティクス・チャレンジ
藤田玲子 Reiko Fujita	核変換による高レベル放射性廃棄物の大幅な低減・資源化
宮田令子 Reiko Miyata	進化を超える極微量物質の超迅速多項目センシングシステム
八木隆行 Takayuki Yagi	イノベティブな可視化技術による新成長産業の創出
山川義徳 Yoshinori Yamakawa	脳情報の可視化と制御による活力溢れる生活の実現
山本喜久 Yoshihisa Yamamoto	量子人工脳を量子ネットワークでつなぐ高度知識社会基盤の実現
白坂成功 Seiko Shirasaka	オンデマンド即時観測が可能な小型合成開口レーダ衛星システム
野地博行 Hiroyuki Noji	豊かで安全な社会と新しいバイオものづくりを実現する人工細胞リアクタ
原田香奈子 Kanao Harada	バイオニックヒューマノイドが拓く新産業革命
原田博司 Hiroshi Harada	社会リスクを低減する超ビッグデータプラットフォーム



企画・編集・発行 国立研究開発法人科学技術振興機構[JST] 革新的研究開発推進室
〒102-0076 東京都千代田区五番町7 K's五番町
TEL 03-6380-9012
E-mail impact@jst.go.jp
URL http://www.jst.go.jp/impact/