

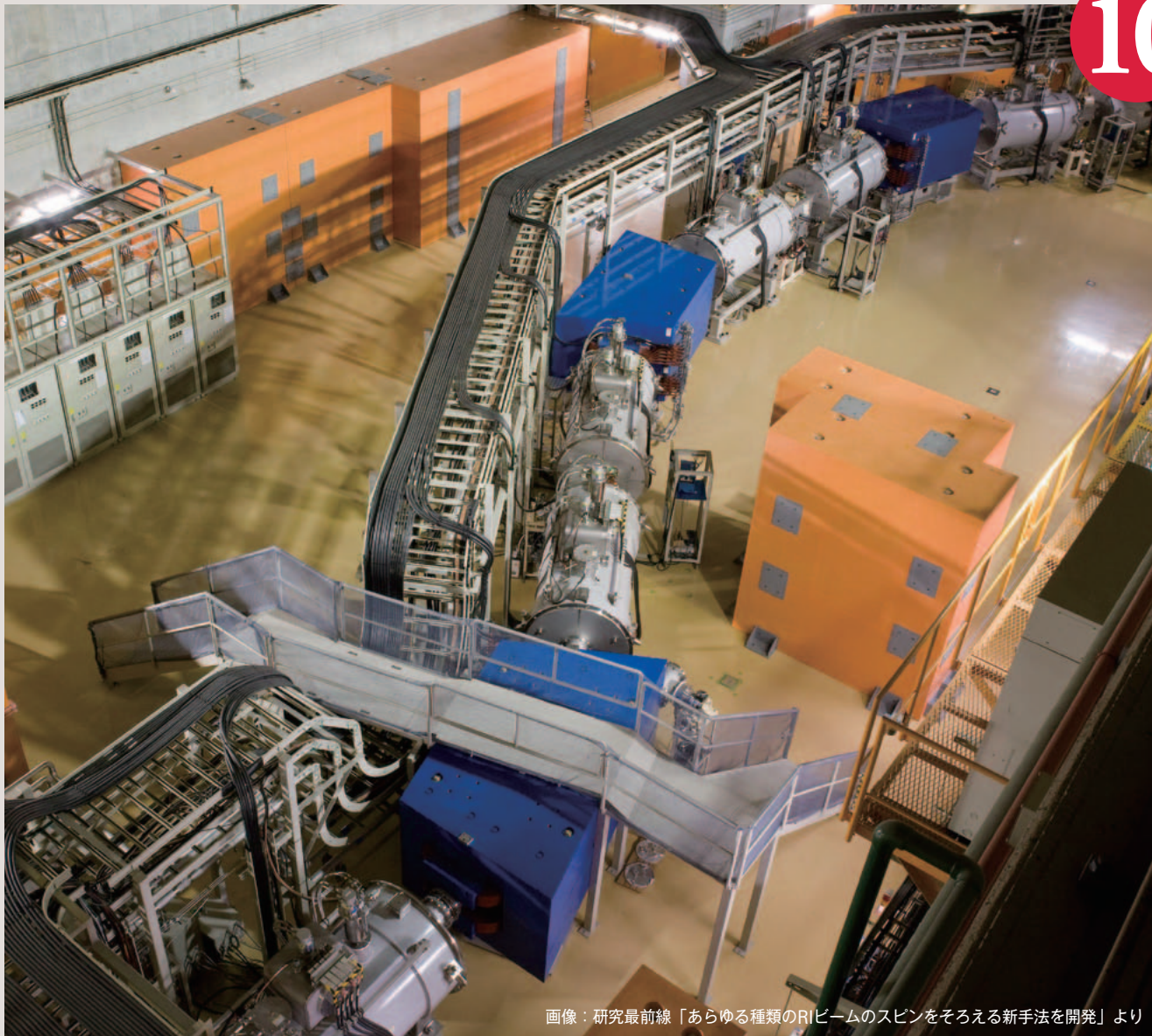


RIKEN

NEWS

No.400 October 2014

10



画像：研究最前線「あらゆる種類のRIビームのスピンをそろえる新手法を開発」より

研究最前線 ⑫

あらゆる種類のRIビームの スピンをそろえる新手法を開発

研究最前線 ⑯

大気中のCO₂から一気に プラスチックなどのマテリアルを生み出す

特集 ⑩

名医を養成する腹腔鏡下手術シミュレータを実用化

患者ごとの生体モデルをつくり、術具に伝わる触感を再現

FACE ⑭

大腸菌1匹まるごとシミュレーションに
挑む研究者

TOPICS ⑮

- ・「BioJapan 2014 World Business Forum」
出展のお知らせ
- ・2015年度「産業界との融合的連携研究制度」、
研究課題の募集を開始
- ・新研究室主宰者の紹介

原酒 ⑯

成長の天才のそばで自分も学び続ける

陽子と中性子が結びついた原子核は、それぞれの数の組み合わせで、さまざまな種類が存在する。その多くは、寿命が短い不安定な原子核（放射性同位元素：RI）だ。理研の重イオン加速器施設「RIビームファクトリー（RIBF）」では、4,000種類ものRIビームを生成して、その性質を詳しく調べることができると期待されている。しかし、陽子あるいは中性子の数のどちらかが大きく偏っている奇抜なRIに対して、原子核の重要な性質の一つであるスピンを測定できるのは、数十種類に限られていた。従来の手法では、ほとんどの種類のRIビームのスピンをそろえることができなかったからだ。理研仁科加速器研究センター（RNC）上野核分光研究室の上野秀樹 主任研究員や市川雄一 研究員たちは、あらゆる種類のRIビームのスピンをそろえる新手法「分散整合2回散乱法」の開発に成功した。

あらゆる種類のRIビームのスピンをそろえる新手法を開発

■ 原子核の隠れた性質

「近年の研究により、原子核には隠れた性質があることが分かってきました」と上野秀樹 主任研究員。

自然界に存在する約270種類の安定な原子核（安定核）は、陽子と中性子の数がほぼ同数だ。従来の原子核理論は、それら安定核の研究により築かれた。

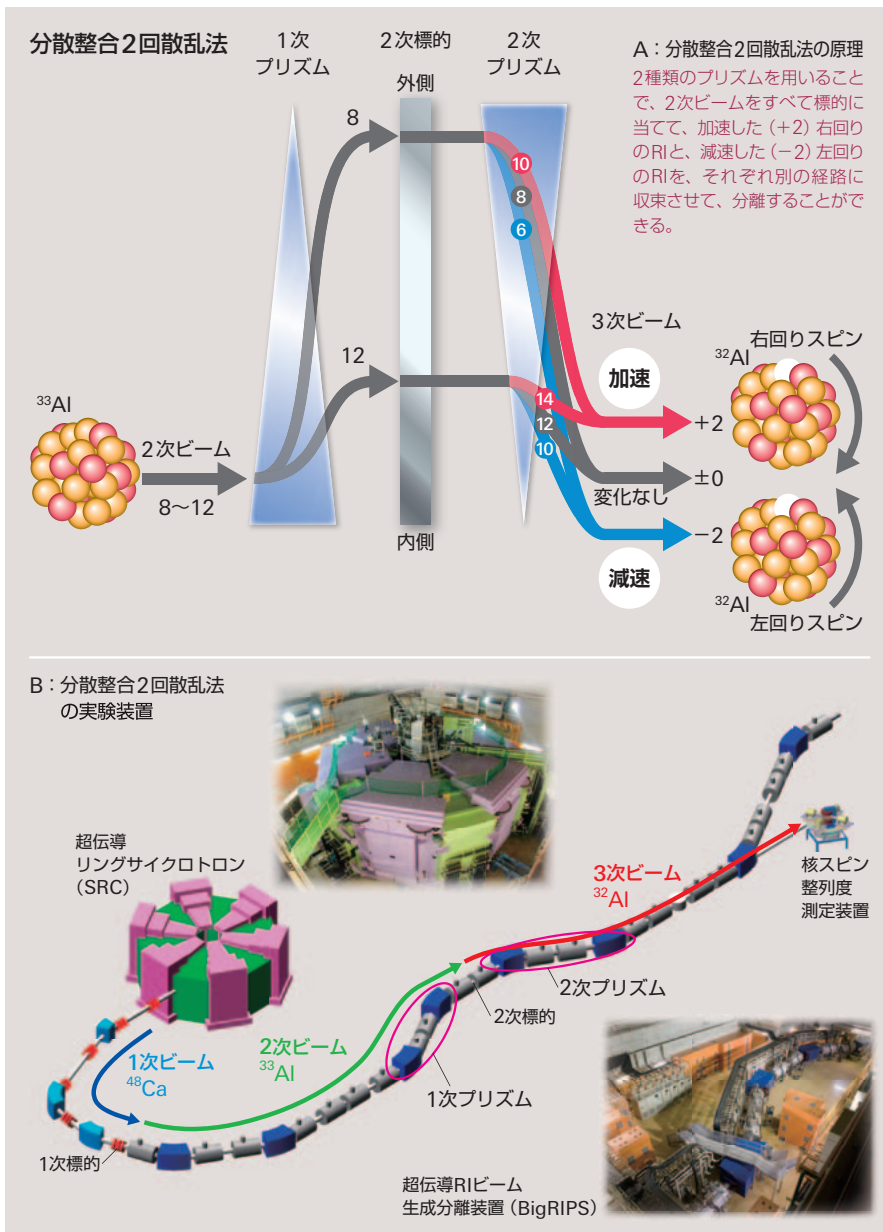
ただし、理論的には1万種類もの原子核があると考えられている。そのほとんどは、短い寿命で崩壊してしまうRIだ。それらのRIでは、従来の理論では説明できない現象が見つかり始めている。

例えば従来の理論では、陽子あるいは中性子の数が、2、8、20、28、50、82、126の原子核は、しっかり結合していて安定で球形だと考えられており、それらの数は「魔法数」と呼ばれている。しかし、RIの中には、それらの魔法数を持つものでも、不安定で寿命が短く、大きく変形しているものがあることが分かってきた。さらにRIでは、新しい魔法数も見つかり始めている。「特に、陽子あるいは中性子の数のどちらかが大きく偏っているRIに、安定核の研究では見えてこなかった、隠れた性質があることが分かってきたのです」

■ 従来手法でRIビームのスピンをそろえられるのは、数十種類

理研のRIBFでは、水素からウランまでの天然に存在する全元素のRIビームを世界最大強度で発生させることにより、さまざまな種類のRIの寿命や質量、形などを測定する実験が進められている。

「さらに原子核にはスピンという重要



上野秀樹 (うえの・ひでき)

仁科加速器研究センター
上野核分光研究室 主任研究員
共用促進・産業連携部 副部長

1967年、東京都生まれ。博士(理学)。東京工業大学大学院理工学研究科応用物理学専攻博士課程中退。2000年、理化学研究所 研究員。仁科加速器研究センター偏極RIビーム生成装置開発チームリーダーなどを経て、2013年より現職。



な性質があります」と上野主任研究員。スピンは地球の自転に似た角運動量(回転の強さ)であり、右回りと左回りの向きがある。原子核をつくる陽子と中性子は総称して核子と呼ばれ、それぞれの核子がスピンを持つ。さらに核子は地球の公転に似た軌道運動をしており、それに伴う軌道角運動量が発生する。つまり、すべての核子のスピンと軌道角運動量を合わせたものが原子核のスピンとなり、ある大きさと向きを持つ。

「原子核物理学の主な目的は、原子核をつくる陽子と中性子にどのように力が働き、結合しているかを知ることです。その結合の仕方によって、原子核の寿命や形、スピンなどの性質が決まります。特に原子核のスピンとそれに伴う磁力を測定できれば、その中で陽子と中性子がどのように結合しているのかを知る、大きなヒントが得られます。しかしRIBFでも、陽子あるいは中性子の数のどちらかが大きく偏っている奇抜なRIについて、そのスピンを測定できるのは数十種類に限られています。スピンや磁力を測

定するには、スピンのそろったRIビームをつくる必要がありますが、それが可能なものが数十種類なのです」

なぜ、限られた種類のものしか、RIビームのスピンをそろえることができないのか。

RIビームは、安定核を持つ原子をイオンにして加速器で1次ビームをつくり、標的中の原子核(標的核)と衝突させて破砕することで生成する(図1)。

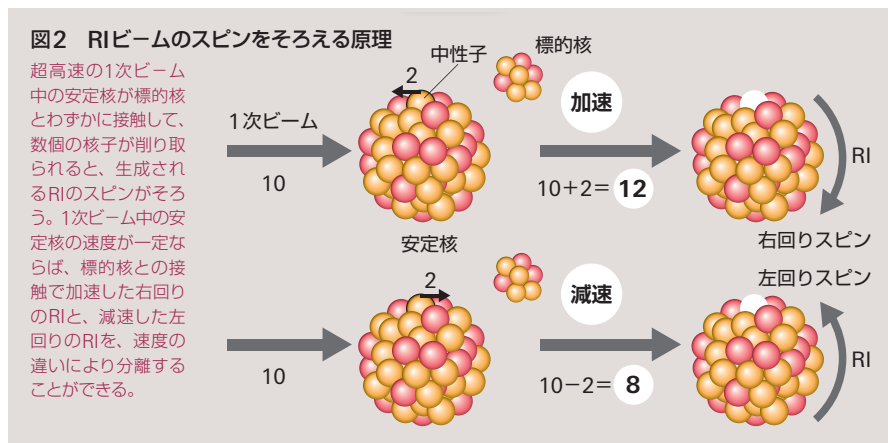
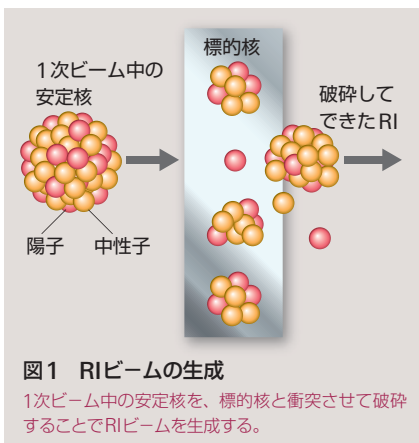
RIBFでは、1次ビームを光速の70%まで加速する。そのような超高速の1次ビームを標的にぶつけると、1次ビーム中の安定核と標的核がわずかに接触して、安定核の表層から数個の核子が削り取られてRIができる場合がある。そのRIでは、核子の軌道運動が影響を受けてスピンの向きがそろうことを、1990年に東京工業大学の旭 耕一郎教授(元理研主任研究員)が明らかにした(図2)。

1次ビームの安定核の速度は加速器により一定にそろえることができる。例えば10という速度にそろえたとして。前述のように、原子核の中で核子は軌道運

動をしている。ビームの進行方向と逆方向に2という速度で運動している核子が削られると、生成されるRIの速度は $10+2=12$ となる。加速したRIのスピンは右回りになる(図2上)。逆に、1次ビームと同じ方向に運動している核子が削り取られると、速度は $10-2=8$ となり、減速したRIのスピンは左回りになる(図2下)。

「標的核との接触で加速した右回りと減速した左回りを、8と12というRIの速度の違いで分離することで、右回りあるいは左回りにそろったRIビームをつくることのできるのです。私は大学院生のとき、旭先生のもとで、その手法によりRIビームのスピンをそろえて、RIのスピンや磁力を測定する実験に携わりました」

しかし、1次ビームとして大強度・超高速に加速しやすい安定核は、酸素 ^{18}O やカルシウム ^{48}Ca など数種類に限られている。「標的に衝突させたとき、安定核からたくさんの核子が削ぎ取られる反応では、RIのスピンはそろいません。安定核から数個の核子を削り取ることによって生成できる数十種類のRIでし



市川雄一 (いちかわ・ゆういち)

仁科加速器研究センター
上野核分光研究室 研究員

1980年、埼玉県生まれ。博士（理学）。
東京大学大学院理学系研究科物理学専攻
博士課程修了。2013年より現職。



か、スピンのそろったRIビームをつくる
ことができないのです。その問題を解決
したいと、当時から考えていました」(図
3)

■「2回散乱法」の大きな問題点

2000年に理研に入った上野主任研究
員は、あらゆる種類のRIビームのスピ
ンをそろえる新手法を開発することを目
指した。「2回散乱法」が有効なことは、
すぐに気が付きました」

例えば、陽子13個と中性子19個が結
合したアルミニウム32 (^{32}Al) のスピ
ンをそろえたいとする。削り取られる核
子の数が少ないほど、RIビームのスピ
ンはそろい。そこでまず、 ^{48}Ca の1次ビ
ームを1次標的に当てて生成される破
砕片の中から、 ^{33}Al を集めて2次ビ
ームをつくる。次に、その2次ビ
ームを2次標的に当てて中性子を1個削
り、 ^{32}Al の3次ビームを生成するのだ
(図4上)。

「しかし、この2回散乱法には、大き
な問題点があります。1次ビームを標
的に当ててつくる2次ビームでは、RIの速

度にばらつきがあることです」

例えば、8~12という速度のばらつき
があるでしょう。そのような2次ビ
ームを標的に当てて、目的のRIをつ
くるとする(図4下)。速度8のRIから、
逆方向に運動する核子が削り取られ
ると、 $8+2=10$ の速度のRIがで
きる。加速したRIのスピンの向きは
右回りだ。一方、速度12のRIから、
同方向に運動する核子が削られても、
 $12-2=10$ の速度のRIが
できる。減速したRIのスピンの向き
は左回りだ。

「10という同じ速度のRIでも、加速
した右回りと減速した左回りが混じ
ってしまうのです。これでは、右回
りと左回りのRIを、速度で分離する
ことができません」

その問題を避けるために、2次ビ
ームの8~12の速度のRIから、例
えば10という速度のものだけを選
び出して標的に当てれば、従来の手
法と同様に、右回りと左回りのRI
を速度で分離することができる。
「しかし、速度を選ぶときに多くの
RIを捨ててしまうため、最終的に得

られる3次ビームの強度が非常に弱
くなってしまいます。それでは事実上、
スピンや磁力の測定ができません」

2回散乱法のこの大きな問題点をど
のように解決するのか、上野主任研究
員は数年にわたり悩み続けた。

■「分散整合」で問題点を解決

「今から8年ほど前、安定核の性質
を調べる別の実験で用いたことのある
“分散整合”を応用できるのではない
かと思いつきました。その手法は学
会会で専門家に説明しても、なか
なか理解してもらえないのですが
……」と上野主任研究員は苦笑す
る。

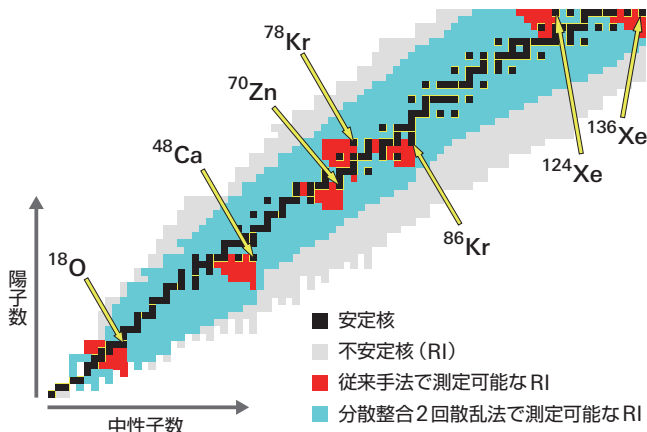
ここでは単純化して、分散整合の
原理を紹介しよう。分散整合は、さ
まざまな速度のRIが混じった2次
ビームをすべて標的に当てて、右
回りと左回りのRIを分離するた
めの手法だ(タイトル図A)。

そのために、プリズムの役目をする
2種類の電磁石で磁場をかける。速
度の遅いRIほど磁場の力を受ける
時間が長く、経路が大きく曲がる性
質がある。その性質を利用して、白
色光をプリズムに通して7色に分け
るように、1次プリズムの磁場で2
次ビーム中のRIの速度ごとに経路
を分離する。そして、2次標的の
外側に速度8を、内側に12を当て
るようにする。

ここで仮に、速度8と12のRIが標
的に当てられず、同じ速度のまま3
次ビームになったとしよう。「その
3次ビームを、1次プリズムと逆
向きに磁場をかけた2次プリズム
に通します。すると、元の1本の
経路に戻ります。標的の

図3 スピンを測定できる原子核の種類

1日の測定でスピンの値まで決定できる原子核の種類をシミュレーションしたもの。従来の手法では、 ^{18}O や ^{48}Ca など1次ビームに用いられる安定核に近いRIしか測定できなかった。新手法である分散整合2回散乱法により、測定可能なRIの領域が大きく広がる。



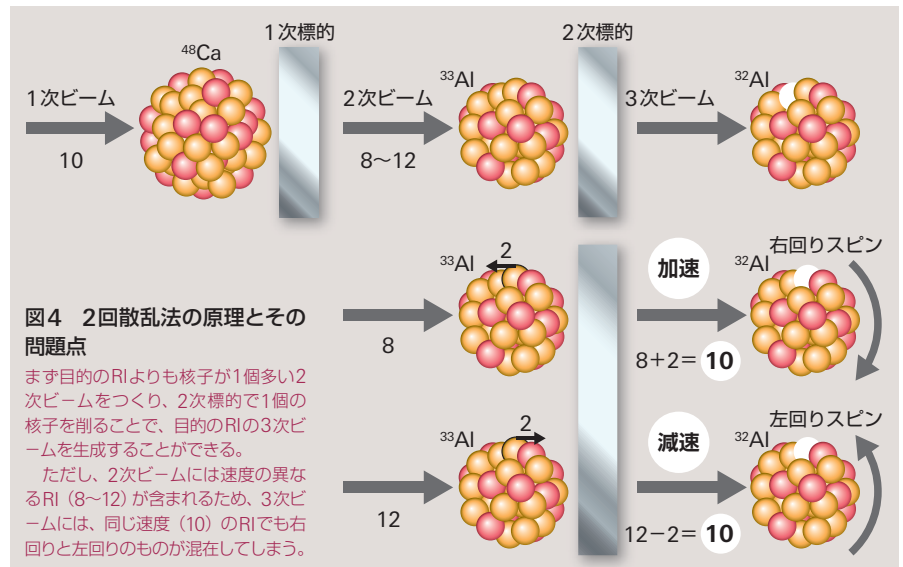
外側から出てきた速度8は遅いので経路が大きく曲げられ、内側から出てきた速度12はあまり曲がらずに、やがて1本の経路に収束します」(タイトル図Aの黒線)

次に、速度8と12のRIが標的に核子が削り取られて+2に加速した場合を考えよう。2次標的の外側から出た $8+2=10$ は大きく曲がり、内側から出た $12+2=14$ はそれほど曲がらない。ただし、いずれも+2に加速している分、磁場の力を受ける時間が短いため、速度が変化しなかったRIの経路(黒線)よりも曲がり方が小さく、外側寄りの1本の経路に収束する(赤線)。逆に、-2に減速したRIは、速度に変化がなかったRIの経路よりも内側寄りの1本の経路に収束する(青線)。

+2に加速した右回りのRIと、-2に減速した左回りのRIを、それぞれ1本の経路に収束させて、分離できます。しかも2次ビームをすべて標的に当てるので、測定に十分な強度も得られます。これが「分散整合」の原理で、スピンをそろった、あらゆる種類のRIビームを生成することができます。2回散乱法と併用するこの新手法を「分散整合2回散乱法」と名づけました」

■「分散整合2回散乱法」の有用性を実証する

実際に、従来の手法では測定ができなかったRIのビームをそろえることができるのか。上野主任研究員はフランスなどとの国際共同研究により、RIBFにおいて分散整合2回散乱法の実証実験を行った。その実験で中心的な役割を担



い、実験を成功に導いたのが、市川雄一研究員だ。

「実験自体は1週間ほどでしたが、そのデータを1年かけて解析し、分散整合2回散乱法を実現できているかどうか、どれくらいの割合でスピンをそろえることができるのか、などを検証しました。もちろん世界で誰もやったことのない実験です。とてもやりがいを感じました」

市川研究員たちは、 ^{48}Ca の1次ビームを標的に当てて ^{33}Al の2次ビームをつくり、分散整合により ^{32}Al のスピンをそろった3次ビームを生成。 ^{32}Al のスピンの測定に世界で初めて成功した(タイトル図B)。

上野主任研究員たちは現在、魔法数に関係するRIのスピンを測定する、次の実験を申請中だ。「仁科加速器研究センターのさまざまな研究者とも議論をして、そのスピンを測定できれば、原子核物理学に大きなインパクトを与え

ることのできるRIを選びました。具体的な種類は、まだ秘密です(笑)。分散整合2回散乱法の最大の特長は、従来はできなかった測定を実現できることです(図3)。新しい原子核物理学を築く上で重要なRIのスピンを、次々と測定していきたいですね」

さらに分散整合2回散乱法は、スピンのそろったRIビームを物質に撃ち込み、物質の性質を調べる物質科学の手法としても有望だ、と上野主任研究員は言う。

今後、世界各国でRIBFのライバルとなる重イオン加速器施設が稼働を始める予定だ。「私たちは、この新手法の有用性を実証し、世界に示していきたいと思います」

分散整合2回散乱法は、RIビーム実験における主要な手法として世界に普及し、原子核物理学や物質科学の発展に大きく貢献していくと期待される。

(取材・執筆：立山 晃/フォトンクリエイト)

化石燃料の大量消費によって大量の二酸化炭素 (CO₂) が大気中に放出され、地球温暖化を引き起こしている。一方、植物は光合成の際にCO₂を吸収し、太陽のエネルギーを利用して糖やセルロースなどのバイオマスをつくり出している。「私たちは、光合成を行う植物や藻類によって温暖化物質であるCO₂を吸収し、CO₂を資源として有効に活用するための技術開発を行っています」と、環境資源科学研究センター バイオマス工学連携部門 合成ゲノミクス研究チームの松井 南チームリーダー (TL) は言う。最近では、ラン藻に多種類の微生物由来の遺伝子を導入して新しい合成経路を構築することで、光合成によってバイオプラスチックを高い効率で生産させることに成功した。また、エネルギー植物として注目されているイネ科のソルガムの研究も進めている。

大気中のCO₂から一気にプラスチックなどのマテリアルを生み出す

■ 一気通貫に

バイオプラスチックをつくる

松井TLは、人工光を照射している恒温室からシャーレを取り出し、「バイオプラスチックの一つ、ポリヒドロキシアルカン酸 (PHA) を生産するラン藻で

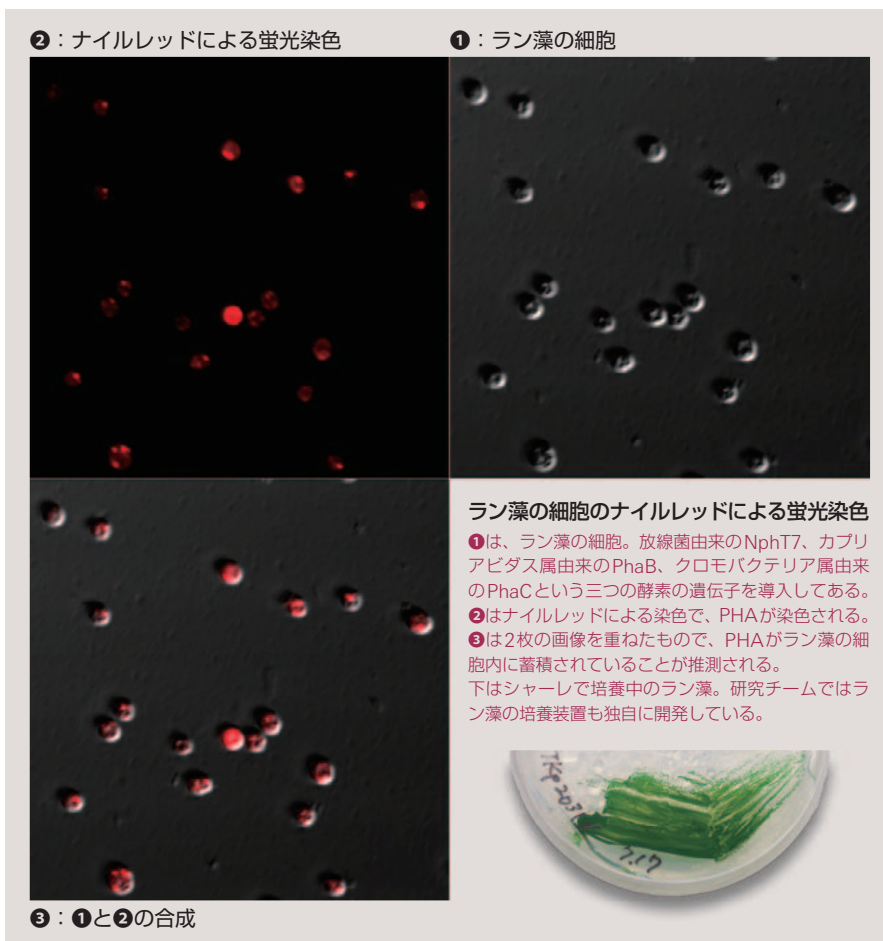
す。このラン藻は光合成だけでPHAを生産することができて、その生産効率は世界トップレベルです」と説明する(タイトル図右下)。

プラスチックは、さまざまな形状に加工ができて、軽くて丈夫なので広く利用

されている。しかし、従来のプラスチックは有限な化石資源である石油を原料とし、生産過程でCO₂を大量に排出し、また自然には分解されないといった問題がある。バイオプラスチックは、化石資源以外の再生可能な生物原料由来のバイオマスプラスチックと、使用後に微生物などによって分解される生分解性プラスチック (グリーンプラスチック) の総称だ。PHAとポリ乳酸 (PLA) は両方の性質を持ち、環境負荷が少ないことから特に注目されている。

PHAはアルカン酸のポリマーで、微生物が体内に取り入れた糖や油脂を分解した後に合成され、細胞内に蓄積される。微生物を大量の糖や油脂を加えた培養液で培養すると効率よくPHAをつくることから、この方法を用いた工業生産化が進んでいる。しかし、糖は高価な上、微生物を無菌的に培養する特別な施設も必要なため、石油由来のプラスチックより生産コストが高くなってしまふ。そこで、簡単に低コストでPHAを生産する新技術の開発が望まれている。

合成ゲノミクス研究チームが属するバイオマス工学連携部門で目指しているのは、原材料から生産素材までをつなぐ“一気通貫”技術だ。「PHA生産のために微生物の発酵原料となる糖や油脂は、植物などが光合成によってつくったもの



松井 南 (まつい・みなみ)

環境資源科学研究センター
バイオマス工学連携部門 部門長
合成ゲノミクス研究チーム チームリーダー

1958年、東京都生まれ。理学博士。京都大学大学院博士課程修了。米国エール大学研究員などを経て、1995年より理研フロンティア研究システム分子機構研究チーム副チームリーダー。ゲノム科学総合研究センター植物ゲノム機能情報グループチームリーダー、植物科学研究センター植物ゲノム機能研究グループグループディレクターなどを経て、2013年より現職。



です。ならば、光合成だけでPHAまで一気につくることができないかと考えました。そこで、光合成を行うラン藻や植物に、PHAの合成経路を組み入れることを検討しました」

■ 多種類の微生物の遺伝子を組み合わせるとラン藻に導入

ラン藻 (*Synechocystis*) はシアノバクテリアとも呼ばれる光合成をする原核生物である。「ラン藻もPHAを少し合成しますが、その蓄積は炭素と窒素のバランスによる環境要因で左右されます。PHAの合成に関わる遺伝子を導入して新しい合成経路を構築すれば、強制的にラン藻にPHAをつくらせ、蓄積させることができるはずですよ」と松井TL。

カプリアビダス属の微生物は、PhaA、PhaB、PhaCという三つの酵素を用いてPHAを生産する。まず、その三つの酵素の遺伝子をラン藻に導入してみた(図1)。しかし、PHAの生産量は高くなかった。代謝経路を詳しく調べると、PhaAはアセチルCoAからアセトアセチルCoAをつくる酵素だが逆向きの反応も起こすため、アセトアセチルCoAから先の反応が進まないことが分かった。

そこで、松井TLらはPhaAの代わりに放線菌のNphT7という酵素の遺伝子を導入してみた(図1)。NphT7は、アセチルCoAとマロニルCoAからアセトアセチルCoAをつくる。その反応は一方向であるため、PHA生産が強制的に進むと期待したのだ。狙い通り、PHAが生産されるようになった。さらに、生産効率を上げるため、さまざまな微生物由来

のPHA生産に関わる遺伝子を導入して調べたところ、PhaCをクロモバクテリア属の微生物由来のものに代えると、生産効率が上昇することが分かった。

「放線菌由来のNphT7とカプリアビダス属由来のPhaBとクロモバクテリア属由来のPhaCの遺伝子を導入することで、糖を加えずに光合成だけでラン藻にPHAを高生産させることに成功したのです」(タイトル図)。これまでPHAの生産効率を上げる方法としては、重合酵素であるPhaCの改変が中心だった。今回は、多種類の微生物の遺伝子を組み合わせている点が大きな特徴だ。

この成果は、マレーシア科学大学との国際共同研究によるものである。2014年1月にプレスリリースすると、多くの新聞でも紹介された。注目の高さがうかがえる。しかし、松井TLは「実用化には

もう少し時間がかかります。生産効率が低いといってもまだ乾燥重量の14%です。それでは工業生産で採算は取れません」と言う。ちなみに、現在工業生産に用いられている微生物は、乾燥重量の約80%のPHAを生産する。

PHAは細胞内に蓄積される物質なので、ラン藻は積極的にはつくりたがらないのだ。生育に使われるべきエネルギーをPHAの生産に使ってしまうため、ラン藻自体の生育が悪くなるという問題もある。松井TLらは、ラン藻の生育に影響がないように光合成機能を強化することで生産効率を上げようとしている。

■ CO₂を資源として有効に活用する

「私たちは、地球温暖化の原因であるCO₂を資源として有効活用するための技術開発を目指しています」と松井TL。

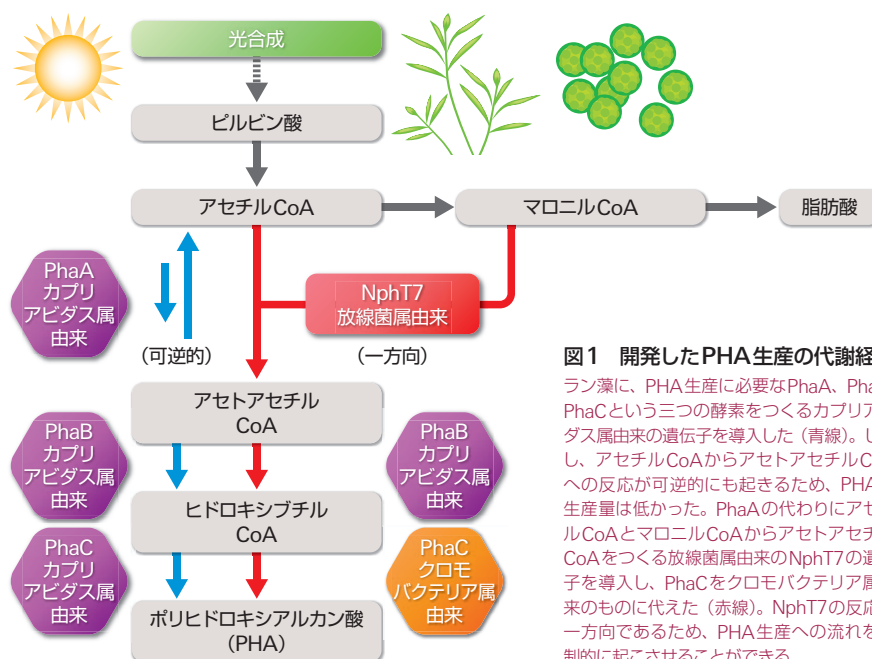


図1 開発したPHA生産の代謝経路
ラン藻に、PHA生産に必要なPhaA、PhaB、PhaCという三つの酵素をつくるカプリアビダス属由来の遺伝子を導入した(青線)。しかし、アセチルCoAからアセトアセチルCoAへの反応が可逆的にも起きるため、PHAの生産量は低かった。PhaAの代わりにアセチルCoAとマロニルCoAからアセトアセチルCoAをつくる放線菌由来のNphT7の遺伝子を導入し、PhaCをクロモバクテリア属由来のものに代えた(赤線)。NphT7の反応は一方向であるため、PHA生産への流れを強制的に起こさせることができる。



図2 ソルガムと、サトウキビ、トウモロコシとの比較

ソルガム(写真)は熱帯アフリカ原産のイネ科の一年生植物。CO₂を効率よく吸収して光合成を行う「C4植物」であり、光合成機構の研究でも注目されている。エタノールなどのエネルギーを抽出できる植物をエネルギー植物と呼ぶ。代表的なものを比較した。

	ソルガム	サトウキビ	トウモロコシ
収穫日数	4ヶ月	12ヶ月	4ヶ月
給水量 (m ³)	4,000	36,000	8,000
穀粒からのエタノール (l/ha)	760	—	1,400
茎からのエタノール (l/ha)	1,400	5,600	0
全エタノール (l/ha)	3,160	8,925	3,216
水コストを含めた エタノールコスト (米ドル/kl)	75.3	111.5	89.2

The International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics
(国際半乾燥熱帯作物研究所) の資料を改変

「ラン藻によるバイオプラスチックの生産のように、CO₂から有用な物質を一気に生み出す技術だけでなく、さまざまな有用物質の原料となるバイオマスを増産する技術の開発にも取り組んでいます」

植物はCO₂を吸収して太陽のエネルギーを利用し、糖や脂質、セルロースなどのバイオマスをつくる。それらは食料や建材として使われるだけでなく、燃料や化学製品の原料になる。バイオマスの量を増やしたり、品質を向上させたり、使いやすい成分にしたりすることで、有用物質の生産につなげようとしているのだ。「バイオマス増産に関しては、ソルガムという植物をターゲットに研究を進めています」と松井TL。

■ バイオマスとして注目されるソルガム

「これがソルガムです。成長すると草丈が5m近くになります」と、嶋田勢津子 研究員が温室を案内する(図2)。ソルガムは、熱帯アフリカ原産のイネ科の

一年生草本植物で、高粱やモロコシとも呼ばれる。

なぜソルガムを研究対象としたのだろうか。「ソルガムは茎に糖をたくさん蓄積し、物質生産、特にバイオエタノールをはじめ、糖からつくる化学製品の原料にとっても適した植物だからです。しかも、食料の生産と競合しないという利点があります」と嶋田研究員。

例えば、バイオエタノールの原料にはトウモロコシやサトウキビなどが使われている。しかし、それらは食料や家畜の飼料でもある。バイオエタノールの原料としての需要が大きくなると、品薄になり、価格が高騰してしまうことが問題になっている。「ソルガムは、サトウキビと異なり、栽培に多量の水を必要とせず、温帯でも栽培が可能です。また、サトウキビは生育に12ヶ月かかりますが、ソルガムは格段に早く4ヶ月です。さらに、乾燥に強いので、塩害でほかの作物は育たない土地でも栽培が可能です。農

作物の栽培ができなかった土地でソルガムを栽培することで、食料の耕作地との競合を回避できます」(図2)

BTx623という系統のゲノムの全塩基配列が2009年に解読され、分子生物学的な研究が活発化していることも、ソルガムを研究対象とした理由の一つだ。しかも、ソルガムはイネとゲノムシンテニーがあり、イネの研究で得られたさまざまな分子生物学的な情報を応用することができる。ゲノムシンテニーとは、ゲノム上に並ぶ遺伝子の配置が同じか非常に似ていることをいう。ソルガムとイネのゲノムを比較することで遺伝子の機能を類推できるので、研究速度が上がるのだ。

■ ソルガムの完全長cDNA

ライブラリー

ソルガムからエタノールをつくるには、主に茎を使う。茎の搾り汁に含まれている糖を発酵させると、エタノールができる。搾り汁の糖度(ブリックス値)は15~23%だ。「私たちは、ソルガムの糖の生産性を高めることを目指しています。そのためにはソルガムの成長、特に糖生産を促進させる必要があります。成長や糖生産に関わる遺伝子を見つけるため、嶋田研究員を中心に完全長cDNAのライブラリーを作成しました」と松井TLは言う。cDNAとは、遺伝子領域のDNAが転写されたmRNAを取り出し、逆転写して合成したDNAのことだ。タンパク質をつくる情報を過不足なく持っているものを完全長cDNAという。

「生育や糖生産に関わる遺伝子を見つ



嶋田勢津子 研究員(左)と嶋田由布子 研究員(右)

けるためには、まず全体的な遺伝子像を眺めてみる必要があります」と嶋田研究員。ソルガムのゲノムサイズは7億3500万塩基対である。約3万個の遺伝子があるといわれているが、それは塩基配列から予測した数にすぎない。一方、完全長cDNAからは、どの遺伝子がゲノムのどの位置にあるかが正確に分かるのだ。さらに、完全長cDNAを使って実験することで、遺伝子の機能を調べることができる。

嶋田研究員らは、ソルガムで発現している遺伝子を取りこぼさなく捉えることができるように、茎や葉、花、子実などさまざまな器官、さまざまな生育ステージからmRNAを採取して完全長cDNAを作製。これまでに約4万のソルガムの完全長cDNAクローンを収集して塩基

配列を決定した。重複しているものを除くと、その中には約1万個の遺伝子が含まれていた。そのうち約10%が、塩基配列からは以前に予測されていなかった新規の遺伝子であった。また、アンチセンスRNAも含まれていた。アンチセンスRNAとは、mRNAと結合してその働きを調整するものだ。

さらに、器官別、生育ステージ別に、どのmRNAがどのくらい発現しているかを調べた。「ソルガムの成長と糖度の上昇に合わせて発現量が変動する遺伝子を解析しています。今後は、それらの遺伝子について糖度の高い系統での発現パターンを調べ、成長や糖生産に関わる遺伝子を絞り込んでいく予定です」と嶋田研究員は語る。

■ 完全長cDNAデータベース

「MOROKOSHI」を公開

ソルガムの完全長cDNAライブラリーの情報は、「MOROKOSHI」として2014年6月からWebで公開している(図3)。データベースを構築したのは、嶋田由布子 研究員である。「ソルガムの完全長cDNAデータベースは世界初です。このデータベースでは、遺伝子ごとに、いつ、どの部位で、どのくらい発現しているかという発現プロファイルも、世界中で研究されているデータと比較して見ることができます」。糖の生産に関わる遺伝子を探したいときは、茎で特異的に発現している遺伝子を検索することで、候補を絞り込むことができる。また、新規の遺伝子であっても発現部位が分かれば機能を知る手掛かりが得られる。

関連情報

- 2014年1月23日プレスリリース
「光合成によるバイオプラスチックの生産効率で世界最高レベル達成」

「単にデータを集めただけでなく、研究者が欲しいデータに素早くアクセスできて、研究の役に立つ情報を出せるデータベースをつくることを心掛けています。そのためには、コンピュータでデータを扱うドライな研究現場と、生物やDNAを扱うウエットな研究現場との話し合いが不可欠です」。そう語る嶋田研究員は、これまでにいくつもの生物データベースを構築してきた。今後、どのようなデータベースが必要とされているのだろうか。「さまざまな生物種のデータを結合し、縦横に検索できるデータベースです。ゲノムを比較して似た機能を持つ遺伝子を探したり、利用できる代謝経路を探索したりと、合成生物学的な利用に役立つでしょう。それは、年々増加するゲノム情報の有効な利活用にもなります」

■ 植物合成生物学がもたらす未来

「現在の合成生物学では数個の遺伝子を導入していますが、将来的には多数の遺伝子を導入し、一気に発現させる技術も進むと考えています。一つの合成経路ではなく物質生産のシステム全体を新しく構築することで、有用な物質を自在に効率的につくり出す。そんなことも夢ではないでしょう」と松井TLは展望する。

CO₂を材料に太陽光を利用したものづくり——それは、日本ならではの優しくクリーンな科学技術である。大気中のCO₂は増え続けている。松井TLらが進める合成生物学に大きな期待が寄せられている。

(取材・執筆: 鈴木志乃/フォトンクリエイト)



図3 ソルガム完全長cDNAデータベース「MOROKOSHI」

<http://sorghum.riken.jp>

手術を受ける際、

誰もが経験豊富な名医に執刀してほしいと願うだろう。

そこで、名医を養成する再現性の高い手術シミュレータが求められている。

三菱プレジジョン株式会社は、横浜市立大学の窪田吉信^{くぼた} 学長や

同大学医学部の横山和秀^{よこやま} 准教授、理研光量子工学研究領域 画像情報処理研究チームの

横田秀夫^{よこた} チームリーダーたちと共同研究を進め、患者のCT画像などから生体モデルをつくり、

術具に伝わる触感を再現する腹腔鏡^{ふくくうきょう} 下手術シミュレータの

実用化に世界で初めて成功した(図1)。

名医を養成する腹腔鏡下手術シミュレータを実用化

患者ごとの生体モデルをつくり、術具に伝わる触感を再現

■ CT画像から患者ごとの生体モデルを生成

—どのような経緯で手術シミュレータの開発を始めたのですか。

菊川：私たち三菱プレジジョンは、飛行機の操縦や自動車の安全運転教育を行うシミュレータの開発・販売を行ってきました。シミュレータでは、めったに起きない事故や故障をバーチャルに再現して、その対応方法を学ぶことができます。そのメリットを医療業界でも役立てたいと、腹腔鏡下手術シミュレータの開発を始めることにしました。そこで、独立行政法人 情報通信研究機構の委託研究に応募して採用され、2004年に開発をスタートさせました。

—腹腔鏡下手術とは、どのような手法ですか。

横山：1990年代くらいから盛んに行われるようになった術式です。多くの場合、腹部に5~10mmほどの穴を4~5ヶ所開けて、

そこからカメラとメスなどの術具を入れて手術を行います。腹部を大きく切って行う従来の開腹手術に比べて、出血量が少ない、合併症の危険性が低い、術後の回復が早いなどの大きなメリットがあります。開腹で行われていた多くの手術が、患者さんの負担が少ない腹腔鏡下手術に置き換わっています。

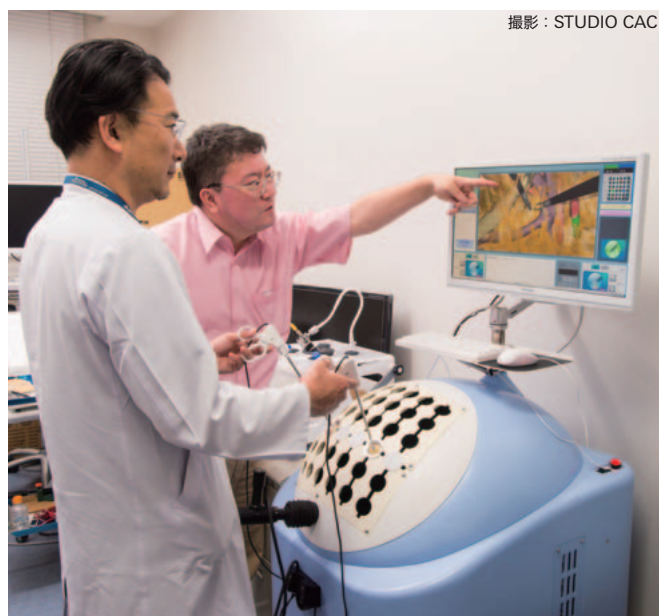
ただし、腹腔鏡下手術は習熟するまでに時間がかかるという課題があります。開腹手術は2人1組で行うことができるので、一方が初心者でも、ベテランの医師が直接指導することができます。腹腔鏡下手術は1人で行うため、その医師の実力がそのまま手術に反映されます。そのため、腹腔鏡下手術では手術をする前に十分な訓練を積むことが、より重要になります。

—訓練にはどのような方法があるのですか。

横山：カメラや術具の操作を訓練する機械装置を使った方法があります。動物を使った訓練も行われています。海外ではさらに、死体を用いた訓練も実施されています。今回開発したシミュレータの画期的な点は、患者さんのX線CT(コンピュータ断層撮影)やMRI(核磁気共鳴画像法)の画像に基づき、患者さんごとの生体モデルをつくるというコンセプトです(図2)。

患部の大きさや位置、血管の本数や形状は、患者さんごとに異なります。手術で患部を摘出するには、まず、患部に走っている血管を切り離します。そのとき、組織に埋まっている血管を1本ずつ取り出し、周囲に付いている膜をきれいに剥がし、止血・切断する必要があります。今回開発したシミュレータは、そのような手術のリハーサルが、患者さんごとにできるのです。

窪田：私は横浜市立大学附属病院で泌尿器科の部長をしていました。病院を管理する立場としては、若い医師もベテランと同じようなレベルで腹腔鏡下手術ができるように、早くなってほしいわけです。CT画像などから立体的な画像をつくるソフトウェアはすでに市販されていました。しかし、患者さんのCT画像などから生体モデルをつくり、それを操作して術具に伝わる触感(力触覚)まで再現する手術シミュレータはありませ



撮影：STUDIO CAC

図1 腹腔鏡下手術シミュレータLap-PASS®

画面を見ながら触感が再現された模擬術具を操作して、手術のシミュレーションを行うことができる。

んでした。その世界に類のないシミュレータのコンセプトを聞き、手術の訓練に大変有効なものになると考え、開発に参加することにしました。

——理研はどのような経緯で開発に参加したのですか。

横田：理研では1999年から、生きている人体をコンピュータ上に再現し、人体の動きや血流を再現する生体力学シミュレーション研究が、牧野内 昭武 顧問、情報基盤センターの姫野 龍太郎センター長の提案で進められていました。私は、CT画像からシミュレーション用生体モデルをつくるための技術開発を担当しました。CT画像は、少しずつ位置を変えて撮影した断層画像ですので、そのままでは濃淡のデータにすぎません。シミュレーションをするにはまず、患者さんのCT画像から臓器の領域を抜き出して3次元の形状データに変換する必要があります。従来、この部分はもっぱら手作業に頼り時間が非常にかかっていたため、生体モデルは患者ごとでなく標準的なモデルにならざるを得ませんでした。私たちはその手作業を自動化するソフトウェアの開発を目指すとともに、さまざまな臓器の硬さなどのデータベース化も進めていました。それが可能になってきた2004年に三菱プレジジョンの方から連絡をいただき、この手術シミュレータの開発に参加することにしました。

菊川：私たちは、患者さんごとの生体モデルをつくるというコンセプトで開発をスタートしましたが、壁にぶつかり、横田先生たちに共同研究をお願いすることにしたのです。

■ リアルタイムの生体力学シミュレーション

——生体モデルのシミュレーションは難しいのですか。

横田：人体のような軟らかいもののシミュレーションには、膨大な計算量が必要です。例えば、ある組織を引っ張って伸ばし、離すと元に戻るといった10～20秒ほどの過程を精密に計算するには、当時のスーパーコンピュータで1週間ほどかかりました。

——メスで組織を切っても血が流れるのが1週間後では、手術の訓練には使えませんね。

横田：そうです。私たちは基礎科学の研究として正確さを追求しましたが、手術シミュレータの実用化にはリアルタイムで画像を更新する必要があります。そこが、とても困難な課題で

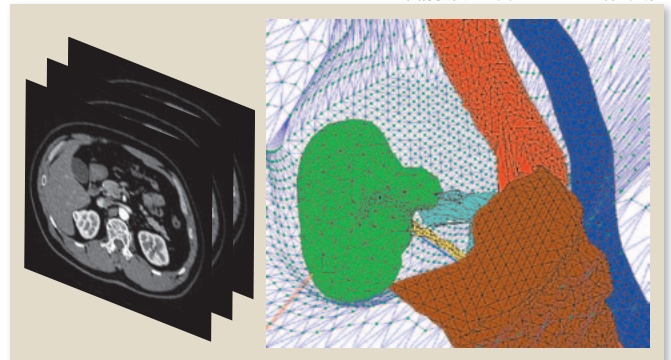


図2 CT画像からつくられた生体モデル

患者のCT画像などから生体モデルをつくることで、患者ごとの手術のリハーサルを行うことができる。

した。

——どれくらいの頻度で画像を更新する必要がありますか。

菊川：飛行機や車のシミュレータでは、1秒間に60回以上更新しています。手術シミュレータで人が違和感を感じないようにするには、同じくらいの更新頻度が必要だと考えられます。

私たちは大型のスーパーコンピュータではなく、手術シミュレータに内蔵できるサイズのコンピュータで、それを実現しなければなりません。コンピュータに計算させる並列化などの方法や計算式を工夫するとともに、計算量そのものをいかに減らすかがポイントです。手術で触れない部分は簡略化し、手術で触れる部分に集中して計算を行う必要があります。

長坂：そのために、2006年ごろから毎週のように槇山先生に開発中のシステムを操作していただき、手術ではどこが重要で、どこを簡略化できるのか、探っていました。

槇山：初めてシステムを操作したのは、肝臓や腎臓が再現されたものでした(図3)。術具でつかんで引っ張ると伸び、離すと元に戻るといった動きが、確かにリアルタイムで再現されていました。しかし手術で臓器を引っ張って伸ばすことはありません(笑)。手術に必要な操作に焦点が絞れていない、医師の目線が入っていないという印象でした。

——共同研究で苦労された点は？

槇山：長坂さんたち工学分野の人と私たち医師では、考え方や視点が異なり、共通の用語もありません。別世界の人間であることを実感しました。ただし、手術シミュレータの実現には、

本件の問い合わせ先

理研社会知創成事業 連携推進部 知財創出・活用課
泉名英樹 実用化コーディネーター
http://www.riken.jp/contact/#outreach

手術と工学の両方の知識が必要です。私の方は工学の話をしてできるだけ理解し、長坂さんたちには手術を理解してもらうように努めました。

■ 触感をいかに再現するのか

— 術具に伝わる触感はどうに再現しているのですか。

菊川：生体の変形した量に従って術具にどれくらいの力がかかるかを変換式によって計算しています。しかしその変換式で導き出した力と現実にはまだ差があるので、改善の余地があります。違和感のない触感を再現するには、理想的には力を1秒間に1,000回変化させる必要があるといわれています。

術具の末端が3本に枝分かれしていて、それぞれにモーターが付いています。その三つのモーターの力を制御して、術具に伝わる触感を再現しています。

長坂：術具で生体組織を押しったり引っ張ったりという感覚は再現できますが、握ったりひねったりという感覚はまだうまく再現できていません。機械の仕組みも改善の余地があります。

横山：触感も開発当初から比べるとかなり良くなり、手術の訓練に使えるようになりました。しかし生体の触感はとても微妙です。臓器や組織を術具で触った感覚を私たち医師は大事にして、その微妙な違いを頼りに手術を進めていきます。触感についても、さらに改善されるものと期待しています。

長坂：触感を本物らしく再現することはとても難しく、永遠の課題です。

■ まれな症例のリハーサルや新しい手術法の開発に

— 苦節10年にわたる開発の末、腹腔鏡下手術シミュレータ「Lap-PASS®」が2013年に完成しました(図1・図4)。

横山：実際に使ってみて効果を実感したのが、内臓の配置が左右逆転している内臓逆位の患者さんの手術です。腎臓の手術でしたが、血管の走り方も左右逆なので、普段通りの感覚で行うと間違ってしまう。

1人の医師が内臓逆位の患者さんの手術をする機会は、一生に1~2回でしょう。内臓逆位の患者さんの手術は、どんな医師でも戸惑うと聞きます。私はLap-PASSを使ってその患者さんの生体モデルでリハーサルをしてから腹腔鏡下手術に臨んだところ、そのような戸惑いがなく、普段と同じように行うことができました。

窪田：私は、内臓逆位の患者さんの手術は開腹方式しか経験がありませんが、とても大変でした。普段通りにできるというのは、素晴らしい効果だと思います。

Lap-PASSを使えば、いくつかの選択肢のうちどれが最も手術がしやすく時間を短縮できるか、試してみることもできますね。

横山：腹腔鏡下手術では、患部の位置によって腹部と背中とのど

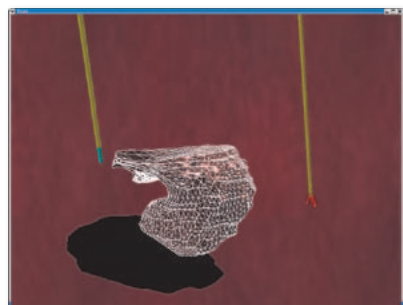


図3 開発当初(2006年)の画面
腎臓を術具で引っ張って伸ばしたシーン。
画像提供：三菱プレジジョン株式会社

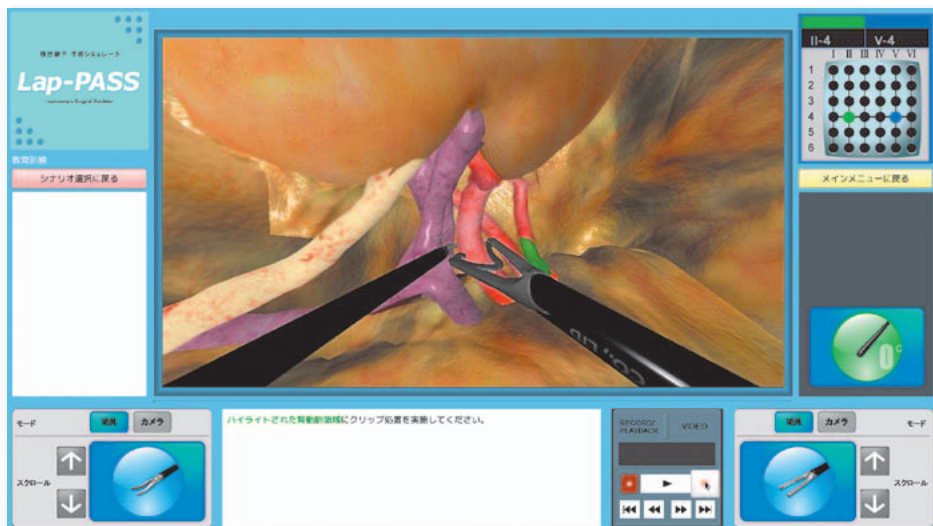
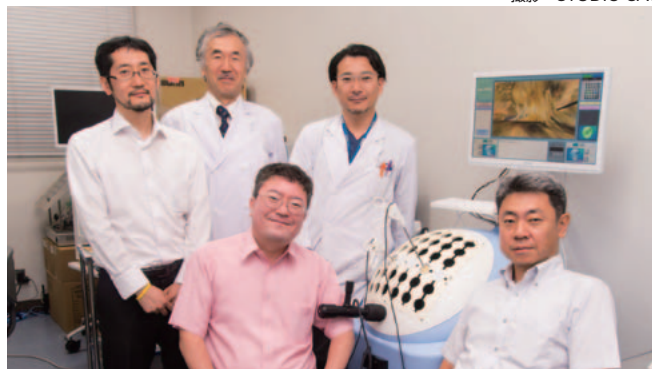


図4 Lap-PASS®の画面

現在、腎臓と胆嚢たんのうの手術のプログラムがある。肝臓や子宮などの手術プログラムも開発中である。

画像提供：三菱プレジジョン株式会社

前列左から、理研光量子工学研究領域の横田秀夫チームリーダー、三菱プレジジョン㈱自動車・電子応用システム課の菊川孝明 手術シミュレータ事業推進プロジェクトマネージャー。
後列左から、三菱プレジジョン㈱画像センサグループの長坂 学チームリーダー、横浜市立大学の窪田吉信 学長、同大学医学部泌尿器病態学教室の横山和秀 准教授。



ちらに穴を開けた方が手術をしやすいか、迷うことがあります。実際に私はLap-PASSで両方をシミュレーションして最適な方を選び、手術を行っています。

横田：シミュレーションでは、現実には実施されたことのない方法を試してみることができます。Lap-PASSを使っているいろいろな方法を試すことで、新しい手術の方法を開発することができるのではないのでしょうか。

横山：新しい手術の方法の開発は、動物実験などで行われてきました。しかしヒトと動物の体は違うので、人体で新しい方法のシミュレーションができる意義は大きいと思います。

Lap-PASSは緊急事態に対処する訓練にも効果があると思います。例えば、大出血が起きた際には、素早く対処しなければなりません。ベテランの医師でもそのような方が一の事態の経験は多くはありませんが、Lap-PASSで訓練しておけば、よりの確に対処できるでしょう。

■ 誰もが名医の治療を受けられるように

——Lap-PASSへの反響はいかがですか。

菊川：今年から販売を開始したばかりですが、患者さんのCT画像から生体モデルをつくるというコンセプトが、とても好評です。

横田：まったく新しいモデル化システムを開発した井尻 敬さん（理研 基礎科学特別研究員）の貢献が大きいですね。短時間でそれを実現しているシステムは、現在でもLap-PASSだけです。

横山：今では、1人の患者さんのCT画像から生体モデルをつくるのに、数時間ほどで済むようになりました。ただし、CT画像から手術に必要な情報を抜き出すために、私たち医師が指示を出しています。例えば、手術では枝分かれしている細い血管がとても重要な場合があります。医師がCT画像からようやく見つけることができる細い血管も生体モデルに組み込むには、まだ人の指示が必要です。

横田：今後、医師の先生たちが指示をして生成された“正解”の生体モデルを蓄積していけば、その正解をコンピュータに学習させることで、将来は全自動でCT画像から生体モデルを生成できるようになるでしょう。

——従来、医師の方々は、2次元のCT画像から手術に必要な3次

元の形状などを読み取っているのですね。

横山：そうです。この組織を剥がしたら患部がこう見えるはずだ、といった手術の各シーンを、CT画像を見ながらイメージしていくのです。

窪田：ただし、それは横山先生のような経験豊富な医師には可能でも、若い医師には難しいことです。Lap-PASSがあれば、若い医師でも手術の各シーンを患者さんの生体モデルで確かめ、操作してリハーサルすることができます。私は、誰もが名医になってもらえる訓練システムが欲しいのです。それを実現するシステムとして、Lap-PASSに大いに期待しています。実際に、Lap-PASSにどれくらいの訓練効果があるのか、私たちの病院で検証データを取っていく予定です。

横山：手術の上手・下手を言葉で説明するのはとても難しいことです。例えば、術具にかける微妙な力は言葉では表現し切れません。Lap-PASSの技術を発展させれば、術具にかける力を数値化して、手術の各シーンで最適な力と実際に操作した力がどれだけ違うかを、数値で示すことができるようになるでしょう。そのような手術の数値化により、大きな訓練効果が期待できます。

窪田：Lap-PASSには次に行う操作を指示する機能がありますね。実際の腹腔鏡下手術のカメラのモニターにも、この血管から処理すべきだ、といった最適な手順を示す支援機能があればいいですね。

菊川：Lap-PASSの技術を発展させて、そのような臨床現場のニーズに応じていくことで、将来、医療分野のシミュレーションを当社の事業の柱の一つに育てていきたいと思っています。

横田：私たちが理研で生体力学シミュレーションの研究プロジェクトを始めたときに目指したものは、“誰もが名医の治療を受けられるようにすること”でした。Lap-PASSの開発過程で、臨床現場では何を望んでいるのか、私たちの技術を社会に役立てるにはどこに力を入れるべきか、皆さんと一緒に議論しながら学んできました。Lap-PASSは、理研で進めてきた生体力学シミュレーションの技術が本格的に手術に適用された最初の実用化例です。私たちの技術を医療現場でさらに役立てるために、皆さんとの共同研究を今後も続けていきたいと思っています。

（取材・構成：立山 晃/フォトンクリエイト）

大腸菌1匹まるごと シミュレーションに挑む研究者

生命の活動は、細胞内での分子の化学反応の複雑なネットワークによって引き起こされる。生命システム研究センター（QBiC）生化学シミュレーション研究チームの海津一成 基礎科学特別研究員（以下、研究員）は、その過程をコンピュータの中に再構成する細胞シミュレーションの技術開発に取り組んでいる。理研の2013年度研究奨励賞を受賞。「うれしかったですね。でも理事長との記念撮影の後、ふと胸元を見ると、スーツの胸ポケットから携帯のストラップが飛び出ていました。朝、妻に全身を確認してもらったのに。私は詰めが甘いんです」と苦笑いを浮かべる。そんな海津研究員の素顔に迫る。



海津一成

生命システム研究センター
生化学シミュレーション研究チーム
基礎科学特別研究員

かいつ・かずなり

1982年、広島県生まれ。博士（理学）。慶應義塾大学環境情報学部卒業。同大学大学院理工学研究科博士課程修了。2011年より理研生命システム研究センター生化学シミュレーション研究チーム特別研究員。2013年より現職。

「母によると、手のかかる子だったそうです。小学校の通知表には、落ち着きがないと書かれていました。父がプログラミングの仕事をしていたのでコンピュータには興味がありましたが、なりたい職業は特にありませんでした」と海津研究員。「高校生のとき突然、数学ができるようになったのです。しかし、クラスにもっとできる人がいたので、数学の世界で生きていくのは厳しいと思っていました。そのころ、話題になっていた複雑系の本を読み、人工生命に興味を持ちました」

そして、慶應義塾大学環境情報学部へ進学。「2年生から研究室に入れるので、人工生命の研究をしている富田勝教授の研究室に申し込もうとしたら締め切りが過ぎていました。そこで、山形県の鶴岡タウンキャンパスにある富田教授が所長を務める先端生命科学研究所に半年間滞在して学ぶ、バイオキャンプに申し込みました。行ってみると、本物の細胞を使った実験をしている……。人工生命の研究はコンピュータの中だけではないことを初めて知り、がくぜんとしました」

3年生のとき大きな出会いがあった。「『数学が得意なんだった？細胞シミュレーションを一緒にやらないか』と、当時慶應大の大学院生だった高橋恒一チームリーダー（TL）に声を掛けられたのです」。高橋TLは富田教授と細胞シミュレーションのソフトウェア「E-Cellシステム」を1996年に開発して

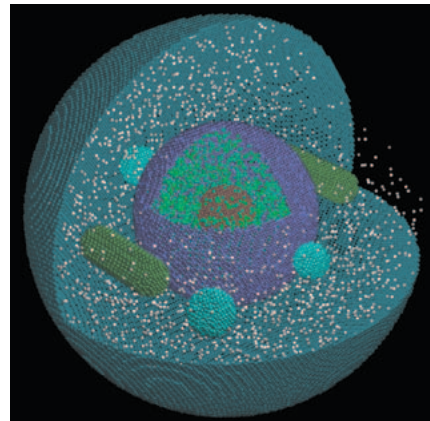


図 E-Cell 4による細胞シミュレーションのイメージ

いた。海津研究員は、「面白そう」とその改良に加わり、代謝や遺伝子発現、情報伝達など計算法や時間スケールが異なる反応も効率的にシミュレーションできるE-Cell 3を開発した。

「大学に入ったところから博士号は取りたいと思っていたので、迷わず大学院に進みました」。そして、博士課程修了後の2011年4月、QBiCの発足とともに高橋TLの生化学シミュレーション研究チームへ。最近では、分子1個1個の振る舞いを高精度で高速に計算できる「改良グリーン関数反応動力学法（eGFRD）」を用いて、細胞内の分子間でどれだけの情報を伝達できるのか、その上限を計算した。1977年に提案された直感的な古典理論と、2005年に出された統計物理学に基づく精緻な理論の予測結果に矛盾があり、問題になっていたのだ。海津研究員らは後者の誤りを指摘し、前者を発展させた新理論を導き出し、論争に終止符を打った。

「現在はE-Cell 4を開発しています。分子1個1個の振る舞いを高精度に再構築する『1分子粒度シミュレーション』の実現が目標です」と海津研究員。膨大な計算をいかに高速に高精度で行うかが課題で、eGFRDの改良を進めている。「E-Cell 4が完成すれば細胞内のさまざまな現象を空間的に、これまで難しかった分子1個の精度でシミュレーションできるでしょう。単細胞生物である大腸菌をまるごと1匹コンピュータの中につくり出し、動かすことを計画しています」（図）

趣味は古書店巡り。「大阪の江坂にある天牛書店が好き。知らない本に出会えるのが楽しくて、数学や物理に始まって少しずつジャンルが広がってきています。最近では美術や料理の本も読みます。古書店のすべての棚を楽しめるようになるのが夢ですね」

研究での夢は？「細胞シミュレーションは、いまだに『それで何が分かるの？』と言われることがあります。顕微鏡で細胞を見ることは、今や当たり前です。それと同じくらい、コンピュータで細胞をシミュレーションすることを当たり前にしたいですね」

（取材・執筆：鈴木志乃／フotonクリエイト）

「BioJapan 2014 World Business Forum」 出展のお知らせ

理化学研究所は、産業界との連携に向けて「BioJapan 2014 World Business Forum」に出展します。理研ブースでは、5つの研究成果についてポスター展示を行います。技術導入・共同研究などに関する相談も承ります。皆さまのご来場をお待ちしています！

日時	2014年10月15日(水)～17日(金) 10:00～17:00
場所	パシフィコ横浜 (神奈川県横浜市西区みなとみらい1-1-1) 最寄駅: みなとみらい線「みなとみらい駅」、 JR線・市営地下鉄「桜木町駅」
主催	BioJapan 組織委員会
入場料	5,000円 (ウェブサイトで事前登録された方は入場無料)
詳細	BioJapan 2014 公式ホームページ http://www.ics-expo.jp/biojapan/main/index.html

出展テーマ 一覧

理研のアカデミア発創薬・医療技術への取り組み
社会知創成事業 創薬・医療技術基盤プログラム

バイオマーカー探索と遺伝子検出法に関する技術シーズ導出
社会知創成事業 予防医療・診断技術開発プログラム

バイオマス原料を使った有用物質の生産とバイオプロダクションを
目指した細胞創製
社会知創成事業 バイオマス工学研究プログラム

「京」を利用した新しい創薬プロセスの可能性
HPCI計算生命科学推進プログラム

膜タンパク質結晶化用装置 –脂質メソフェーズ法に最適な器具類の開発–
ライフサイエンス技術基盤研究センター
構造・合成生物学部門 構造生物学グループ
タンパク質機能・構造研究チーム 羽藤正勝

BioJapan 2014 World Business Forum

2015年度「産業界との融合的連携研究制度」、研究課題の募集を開始

「産業界との融合的連携研究制度」の2015年度新規研究課題の募集を、2014年9月1日から開始しました。本制度は、産業界との新しい連携の試みとして2004年度から展開しています。企業主導のもとに研究課題の提案およびチームリーダーを受け入れて、理研内に時限的研究チームを編成するという、企業側のイニシアチブを重視した研究プログラムです。現在、採択した課題について11チームが研究を行っています。

本プログラムでは、下記(1)～(6)の特徴のもとに研究を実施します。

- (1) 企業のニーズに基づいた研究テーマの設定
- (2) 研究計画の共同作成
- (3) 企業からのチームリーダーの受け入れ
- (4) 理研と企業の研究者が参加する時限付きの研究チームの編成
- (5) 理研の研究設備などの活用
- (6) 研究予算は理研と企業の両方で負担

募集要項などの詳細は下記URLでご覧いただけます。
<http://www.riken.jp/outreach/programs/entry/>
募集の締め切りは2014年11月28日(当日必着)となっております。
ご応募、お待ちしております。

問い合わせ・事前相談窓口

理研社会知創成事業
イノベーション推進室 横尾・平林
TEL: 048-462-5459
E-mail: yugorenkei@riken.jp

新研究室主宰者の紹介

新しく就任した研究室主宰者を紹介します。

①生まれ年、②出生地、③最終学歴、④主な職歴、⑤活動内容・研究テーマ、⑥信条、⑦趣味

創発物性科学研究センター



量子多体ダイナミクス研究ユニット
ユニットリーダー

福原 武 ふくはら・たけし

①1980年 ②鳥取県 ③京都大学大学院理学研究科博士課程 ④マックス・プランク量子光学研究所(ドイツ)、科学技術振興機構ERATO研究員 ⑤極低温原子気体を用いた量子多体系の研究 ⑥物理の可能性に挑戦する ⑦散歩、お酒

脳科学総合研究センター



高次脳機能分子解析チーム
チームリーダー

山森哲雄 やまもり・てつお

①1950年 ②富山県 ③京都大学大学院理学研究科博士課程 ④基礎生物学研究所 ⑤霊長類脳の機能的特質の解明 ⑥originalであること ⑦スキー、囲碁、読書

成長の天才のそばで 自分も学び続ける

伊藤裕司 いたう・ひろし

放射光科学研究推進室 課長代理

「お父さん、今日はここでええで」と、4歳になったばかりの長女。いつもの朝のように園の教室付近まで送り届けようとする私を遮り、きゃしゃな体に荷物を抱え、意気揚々とたくさんのお友達の中に消えていった。育休中は「パパ、抱っこ〜」ばかりだったのに、頼もしい姿を見せてくれるものだ。

2年ほど前に育児休業に挑戦した。日本の男性育休取得率はまだ2%程度ようだ。私の場合は、幸運にも年子で娘たちを授かり、妻も私も実家から離れた土地で生活基盤がなかったために取得に踏み切った。しかし、一日中育児に向き合うのは簡単なことではないし、給与の支給はなくなるし^{*}、キャリアの中断という点などからも、多くの方が二の足を踏む気持ちも非常によく理解できる。

一方で、そういった大変なことと同じかそれ以上にうれしかったこと、学んだことも多かった。何より娘たちの成長をすごく近くで見届けられたのは特権だと思ったし、子育ての大変さを身をもって体験することで世のお母さんたちの苦勞をより深く理解できた気がする。平日の昼間から公園などに行くことが多かったので、職場との往復だけとは違う地域とのつながりも広がった。人生で育休を取れるチャンスは少ないので、もし迷っておられる方がいたら、ぜひ挑戦していただければと思う。

さて、育休後、時がたち、長女は幼稚園に行く年齢になった。仕事で帰りが遅くなることも少なくないが、登園は努めて私がついていくようにしている。入園式の制服姿を見たときは、成長したな、と思ったが、その勢いはとどまることを知らない。入園後1ヶ月もしないうちに播州弁をマスター（以前は両親の影響で尾張弁）し、クラスメートやそのきょうだいらも含めすべてフルネームで覚えてきたのには驚いた。また、次女もそれに引きずられて播州弁口調や歌、数字、文字などを覚える。



写真1・
長女の入園式にて。
左端が筆者。



写真2・
現地（オーストラリア）の大学院での修了式にて。右端が筆者。

すごい吸収力である。そして、自立心も含め日々成長を感じさせてくれる。

そんな娘たちの成長をそばで見ている、自分も成長せねばと強く思うようになった。その一つとして、オンライン中心の海外ビジネススクールのプログラムに挑戦してみた。予想通り苦戦を強いられた。受講料は決して安くはないし、時間の捻出にも骨が折れ、世界で活躍する企業や起業家・経営者のクラスメートとの経験・知識の差は顕著であった。それでも、志を共にする学友に助けられ、何とか修了することができた。学問的なことはもちろん、子育て中の学友も多く、早朝の時間の使い方や諦めずにやり切ることの大切さも学んだ。

次に挑戦したいのはコーチング。もちろん、そういった実用的なものだけでなく、歴史や文化も学ぶ必要があるし、スポーツや楽器も娘たちと共に学んでいきたいと思っている。自分には絶対音感など特殊な天性はないけれど、学び続けるというのは努力次第でできるので、親の生きざまの一つとして引き続き取り組んでいきたい。

最後に、育休にしても、勉強にしても、職場や家族の理解・協力があってのこと。あらためて感謝の意を表したい。

^{*}雇用保険から育児休業給付金が一定条件で支給される。平成26年4月より、その支給率が引き上げられている。

寄附ご支援のお願い

理研を支える研究者たちへの支援を通じて、日本の自然科学の発展にご参加ください。

問合せ先 ● 理研 外部資金室 寄附金担当

Tel: 048-462-4955 Email: kifu-info@riken.jp (一部クレジットカード決済が可能です)



http://www.riken.jp/