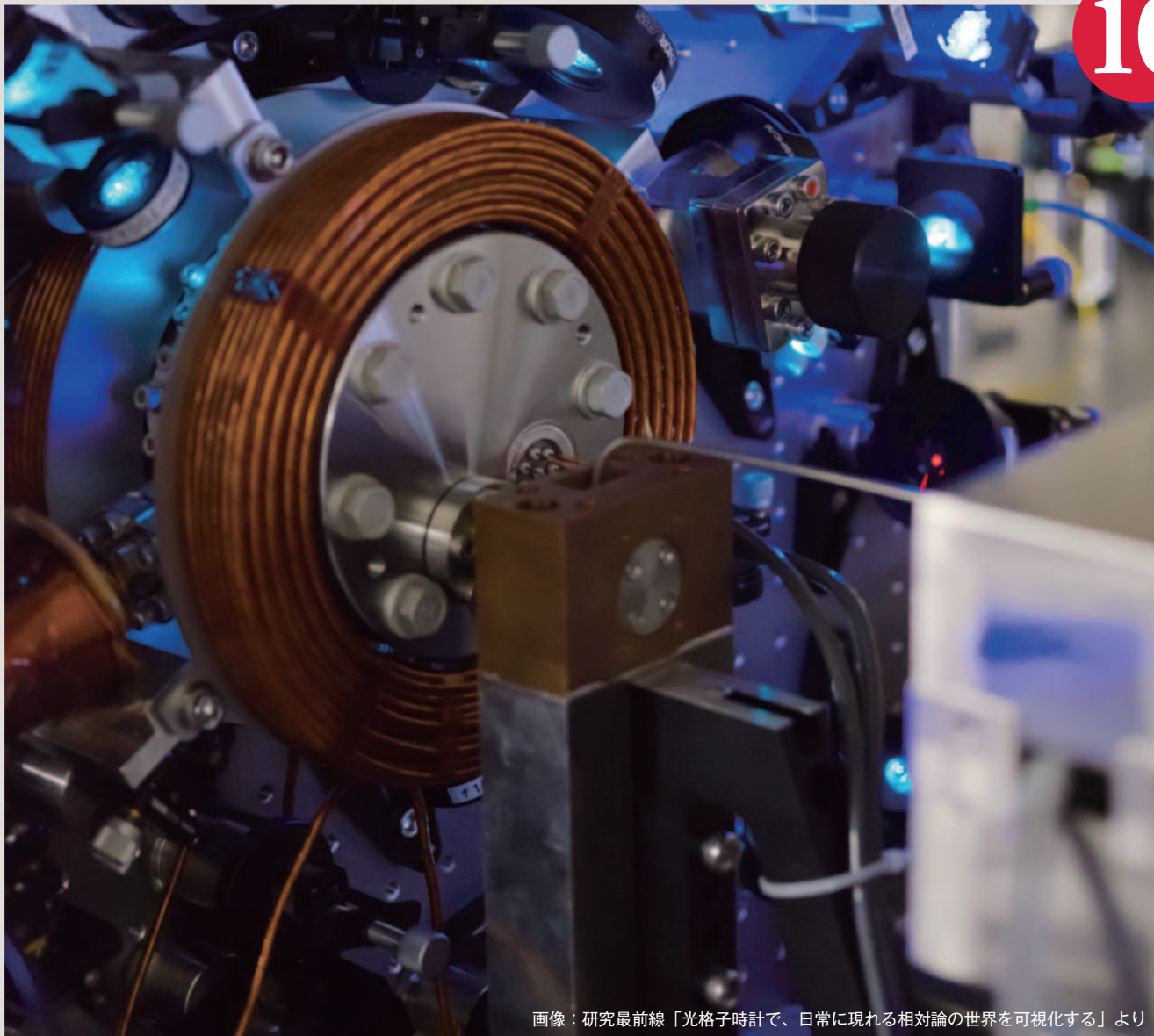


# RIKEN NEWS

No.388 October 2013

10



画像：研究最前線「光格子時計で、日常に現れる相対論の世界を可視化する」より

研究最前線 ②

## 化学反応の理想形を実現する

研究最前線 ⑥

## 光格子時計で、日常に現れる相対論の世界を可視化する

特集 ⑩

## 大量・高速・自由にログを検索できる Loogleを開発・販売

FACE ⑬

元素誕生の謎に迫るRIBFに  
ブレイクスルーをもたらす研究者

TOPICS ⑭

- ・「2013年度 独立行政法人理化学研究所 科学講演会」開催のお知らせ
- ・「サイエンスアゴラ2013」出展のお知らせ
- ・「理化学研究所神戸地区一般公開」のお知らせ
- ・山本内閣府特命担当大臣が  
播磨地区と神戸地区を視察

原酒 ⑯

線路は続くよ和光まで

「現在の化学合成プロセスは、理想形からは程遠い」と魚住泰広チームリーダー（TL）。環境資源科学研究センターのグリーンナノ触媒研究チームを率いる魚住TLが目指すのは、目的の化合物だけを、環境にも人にも優しく安全に、そして安価に簡便につくり出す化学合成プロセスである。「近代化学合成の歴史はたかだか100年。そこでの常識を捨て、30数億年の長い歴史を持つ生命に目を向けることも必要です」と言う。

魚住TLは、水にも油にもなじむ高分子に遷移金属の触媒を組み込むことで、水中での有機物の合成を実現。それを応用し、有害なポリ塩化ビフェニル（PCB）を分解処理するマイクロ反応チップの開発にも成功した。

化学合成の理想形の実現を目指す魚住TLの取り組みを紹介しよう。

## 化学反応の理想形を実現する

### ■ 水の中で有機合成を行う

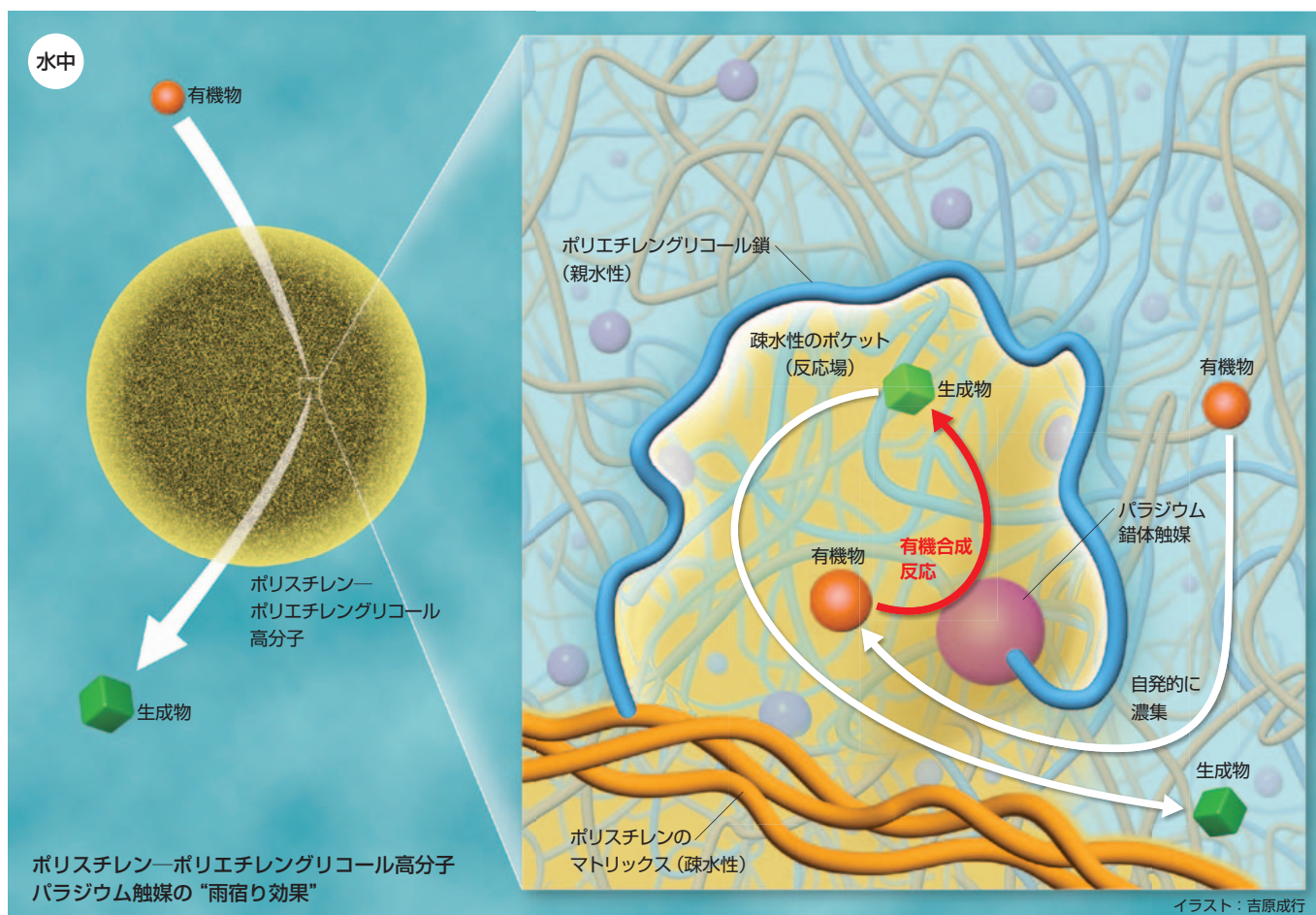
「現在行われている化学合成のプロセスは、理想の姿とはいえません」と魚住TL。「目的の化合物をつくるためであれば、エネルギーをたくさん使ったり、毒性の強い副産物ができたりといった、ある程度の犠牲はやむを得ないと、かつては考えられていました。しかし最近では、

環境や安全を考えなければいけないという意識が高まっています」

有機物を化学合成する場合、フラスコの中でベンゼンなど石油由来の有機溶媒に原料の有機物を溶かして化学反応を行わせる方法が一般的だ。「有機溶媒の多くは、揮発性で燃えやすい上に毒性もあります。燃えず毒性がない溶媒を

使った方がいいですよ。石油資源の利用削減にもつながります。では、環境に優しく安全な溶媒は何か。水に勝るものはない。それが私の結論でした」

しかし、有機物は水に溶けない。だから有機溶媒が使われてきたのではないだろうか。そう質問すると、魚住TLは、「それは、近代化学の短い歴史の中





**魚住泰広**（うおずみ・やすひろ）

環境資源科学研究センター  
グリーンナノ触媒研究チーム  
チームリーダー

1961年、北海道生まれ。薬学博士。北海道大学卒業。同大学大学院薬学研究科修士課程修了。同大学触媒科学研究センター助手、米国コロンビア大学研究員、京都大学講師、名古屋市立大学教授などを経て、2000年より岡崎国立共同研究機構（現・自然科学研究機構）分子科学研究所教授。2007年より理研フロンティア研究システムチームリーダーを併任。2013年より現職。



で形成された偏見です」と笑う。「有機は生命を意味する言葉で、有機物は生命がつくり出したものという意味です。生命は、体内の水の中で、しかも常温常圧で化学反応を行い、有機物をつくっています。フラスコの中で有機溶媒に溶かして圧力をかけたり温度を高くしたりして有機物をつくるのは、近代化学が始まった1900年以降、たかだか100年間のことです。臆することはありません」

魚住TLは1995年ごろから、水中で有機合成を可能にする化学合成プロセスの実現を目指した研究に着手した。「学会などで発表すると、ベンゼンで有機合成ができていいるのだから、水でやって何の意味があるんだ、と言われる。でも、私からしてみれば、水でできるのなら、燃えやすく毒性のある有機溶媒をわざわざ使ってやることに何の意味があるのだ、と言いたいですね。多くの人は、たかだか100年の間につくられた常識にとらわれ過ぎているのです。30数億年の歴史を持つ生物を見れば、水中で有機合成を行うのは、ごく自然のことです」

### ■ 雨宿り効果で有機合成を駆動する

では、どうすれば水中で有機合成ができるのだろうか。「酵素を手本にしました」と魚住TL。酵素は生物がつくる触媒であり、触媒とは化学反応の速度を増大させ、かつ反応の前後でそれ自体は変化しない物質である。反応する物質が、酵素の活性部位に結合して化学反応が進む。「活性部位に触媒活性のある遷移金属が含まれていることがあります。また、活性部位は水になじまない疎

水性のポケットになっていて、そこに疎水性の反応物質が結合して化学反応を起こしやすくなっているものもあります。こうした酵素が持つ化学反応の駆動力の原理を利用できないかと考えました」

魚住TLは、疎水性のポリスチレンと親水性のポリエチレングリコールを共重合させた高分子に目を付けた。ポリエチレングリコールの部分は水となじみ、ポリスチレンの部分は疎水性のポケットになる。「有機物は疎水性ですから、自発的に高分子内の疎水性のポケットに集まってきます。私たちはこれを“雨宿り効果”と呼んでいます。皆さんは、雨が降ると自発的に軒下に集まるでしょう。それは、皆さんが疎水性だからです」と魚住TL。「高分子内に遷移金属触媒を埋め込んでおけば、疎水性のポケットに集まってきた有機物の反応が速やかに進みます。外部からのエネルギーは不要で、疎水性という分子が持つ性質を駆動力とする反応システムです」（タイトル図）

魚住TLが開発した反応システムには、安全で無害な水を媒質に使うこと以外にも優れている点がある。

触媒には、均一系と不均一系がある。反応物と触媒の相、つまり液相、気相、固相が同じ場合を均一系触媒という。反応物が液体で、その中に触媒が溶けていれば、均一系触媒だ。反応物が液体で触媒が固体というように、両者の相が違う場合、不均一系触媒である。

均一系触媒の場合、反応後の溶媒には触媒と生成物が混ざっている。例えば、エチレンからポリエチレンを合成するにはチタン触媒を使うのだが、生成し

たポリエチレンにはチタン触媒が含まれている。触媒を取り出し再利用するには手間とコストがかかる。含まれる触媒が微量で生成物の性能に影響を与えないなら、そのまましておく方が安上がりだ。「チタンは比較的安価ですからそれでもよいのですが、高価なレアメタルの触媒であれば取り出して再利用した方がいいでしょう。また、医薬品などの場合、わずかな触媒の混合も性質に影響が出ることがあります。私たちが考えた反応システムでは触媒は高分子に固定されている不均一系ですから、ろ過によって触媒を回収できるという利点があります」。まさに、安全性、環境調和性、簡便性を実現した画期的な反応システムである。

### ■ マイクロ反応チップ内に触媒膜を作製

遷移金属触媒を含むポリスチレンとポリエチレングリコールの高分子をつくるには、まず高分子をつくり、次に遷移金

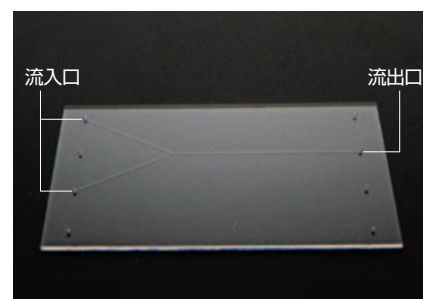


図1 マイクロ反応チップ

70×30mmのガラス板上、幅0.1mmの半円形の流路がY字形につくられている。一方の流入口からアクリルアミドホスフィン高分子の酢酸エチル溶液を、もう一方の流入口からパラジウム塩の水溶液を注入すると、流路の真ん中で高分子パラジウム触媒膜が形成される。触媒膜が形成されたマイクロ反応チップの流入口から反応物を注入すると、触媒膜によって化学反応が進み、流出口から目的物が得られる。

属を入れるという二段階の手順が必要だった。グリーンナノ触媒研究チームの山田陽一 副TLは、それを一段階にできないかと考えた。高分子になっていない短い分子と金属を混ぜてみたらどうだろうか。思い切ってやってみると、金属が分子を架橋する形でうまくつながり、狙った高分子金属触媒ができた。

一方、魚住TLは、マイクロ反応チップを化学反応に使えないかと考えていた。マイクロ反応チップとは、幅0.1mmほどの流路に反応物を流して化学反応を行わせるガラス基板である。分析化学の分野でよく使われている。「ある日、ふと気が付いたのです。山田副TLが開発した方法を使えば、マイクロ反応チップの中で高分子金属触媒ができるのではないかと」

この当時、魚住TLと山田副TLは、分子科学研究所で研究を進めていた。所内でマイクロ反応チップの中で高分子金属触媒を作製して化学反応を行うという構想を発表したところ、研究顧問を務めていた理研フロンティア研究システムの玉尾皓平システム長（現・グローバ

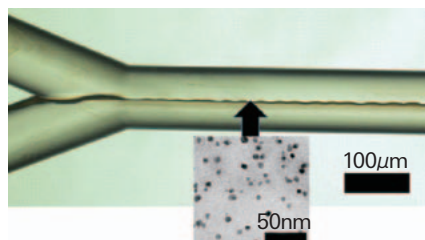


図2 マイクロ反応チップの流路内に作製した高分子パラジウムナノ粒子触媒膜

流路の中央に見える線が高分子パラジウムナノ粒子触媒膜。下は電子顕微鏡写真で、黒い粒がパラジウムナノ粒子。左側の流入口からPCB溶液とギ酸ナトリウム水溶液を注入すると、触媒膜によって水素化脱ハロゲン反応が起き、右側の流出口から無毒化された物質が得られる。

ル研究クラスタ クラスタ長) が声を掛けてきた。「非常に面白い」と。玉尾システム長はフロンティア研究システムにおいて化学分野を強化したいと考えており、魚住TLの研究に興味を持ったのだ。

魚住TLらは2006年、マイクロ反応チップの流路で高分子触媒を作製することに成功。その研究を進めるため、2007年に理研で研究チームを立ち上げた。

0.1mmという細い流路で、どのように触媒をつくるのだろうか。「実は、自然にできるのです」と魚住TL。Y字形をしたマイクロ流路の二つの流入口からそれぞれ別の液体を流し込むと、二つの液体は混ざり合うことなく流れていく。ミクロな世界で起きる層流という現象である。この層流現象を使い、流路の中央に触媒の膜をつくるのだ。

一方の流入口からアクリルアミドホスフィン高分子の酢酸エチル溶液を、もう一方の流入口からパラジウム塩の水溶液を注入。すると、流路の真ん中で高分子とパラジウムが反応して、高分子パラジウム触媒膜が形成される(図1)。

触媒膜が形成されたマイクロ反応チップに、有機ホウ素化合物と有機ハロゲン化合物を流し込んだ結果、炭素と炭素が結合する化学反応が起こり、流出口からビアールという生成物が得られた。この反応を従来のフラスコで行うと、100℃の高温で一晩かかる。マイクロ反応チップでの反応温度は50℃で4～5秒だ。「触媒と反応物が接触する面が大きく、距離が近いから反応も速いのです。しかも触媒は膜に固定されているので、生成物に混ざることありません」

## ■ 超低濃度のPCBを完全に分解する

研究チームでは、さまざまな反応に適用できるマイクロ反応チップの開発を進めている。「最近、超低濃度のポリ塩化ビフェニル(PCB)を分解して無毒化できるマイクロ反応チップを開発しました」と魚住TL。

PCBは、絶縁性や不燃性に優れていることから、トランス(変圧器)やコンデンサー(蓄電器)などの電気機器に使われてきた。しかし、毒性が強いことが分かり、1972年には国内での製造が禁止され、PCBを使用している電気機器は保管し、適正に処理することが義務付けられている。だが、処理が進んでいないのが現状だ。高温焼却による処理が検討されているが、分解されずに残ったPCBが灰に含まれて環境を汚染する可能性がある。安全で簡便に、PCBを分解する方法が求められているのだ。

「PCBは、塩素原子を水素に置換する水素化脱ハロゲン化反応によって分解され、毒性がなくなります。高分子パラジウムナノ粒子触媒膜を使えば、それが可能です」。高分子パラジウムナノ粒子触媒膜は、先ほど紹介した高分子パラジウム触媒膜を応用したものだ。まず高分子パラジウム触媒膜をつくり、ギ酸ナトリウム水溶液を流入口から流し込む。最初にできる高分子パラジウム触媒は、周りに配位子と呼ばれる原子団が結合している錯体と呼ばれるもので、ギ酸ナトリウム水溶液と反応するとパラジウム錯体が分解されてばらばらになる。それが数百個くらいずつ凝集して、粒径6nmほどのパラジウムのナノ粒子となる。ナノ粒子

#### 関連情報

- 2012年1月12日プレスリリース  
「超低濃度のPCBを数秒で完全処理するマイクロチップを開発」
- 2013年6月27日プレスリリース  
「鉄を用いた安価で効率のよい水素化触媒を開発」

は高分子がつくる分子の網目にはまっているため、パラジウムのナノ粒子が分散した高分子触媒膜ができる(図2)。

この高分子パラジウムナノ粒子触媒膜を形成したマイクロ反応チップに、PCB溶液とギ酸ナトリウム水溶液を流し込むと、水素化脱ハロゲン化反応によってPCBを100%分解し無毒化することに成功した。

「ポイントは低濃度のPCBも分解できることです」と魚住TL。「低濃度のPCBであっても、雨宿り効果で自発的に疎水性のポケットに入ってくるからです。しかも触媒がナノ粒子になっているので反応面積が大きく、反応速度がとて速くなります。濃度10~1,000ppm (ppmは100万分の1) のPCBの分解がわずか2~8秒で完了することを確認しました」

今後は、年間数万トンのPCBの処理が可能な装置の開発が期待される。しかし、マイクロ反応チップで大量の処理が可能なのだろうか。「マイクロ反応チップはどこまでスケールアップできますかと聞かれるのですが、スケールアップはしません」と魚住TL。「小さいフラスコでできたら大きなフラスコにすればいいというのは、100年間の常識でしかありません。そうではなく、マイクロ反応チップをたくさん積み上げるのです。そうすれば大量の処理も可能になります」

#### ■ 安価で安全な鉄を用いた水素化触媒

「理想の化学反応を実現するには、レアメタルの問題も避けて通ることができません」と魚住TLは指摘する。「現在、多くの触媒には白金やパラジウムなどレ

アメタルが使われています。レアメタルは高価で、パラジウムは1kg当たり100万円もします。資源の枯渇も危惧されています。そこで、レアメタルを鉄など安価な一般的な金属に置き換えた触媒の開発が望まれているのです」

そうした背景から、グリーンナノ触媒研究チームは鉄を用いた安価で効率の良い水素化触媒を開発。水素化触媒は石油製品の製造過程に欠かすことができない触媒であり、主にパラジウムが使われている。

魚住TLは鉄に注目した理由を、「豊富にあり、価格は1kg当たり100円と安く、しかも安全です。鉄は人体にもたくさん含まれるものですから」と説明する。

まず、鉄錯体の触媒を含んだポリスチレンとポリエチレングリコールの高分子のビーズをつくる。鉄錯体を分解すると、鉄のナノ粒子が分散した高分子のビーズができる。これが、今回開発した鉄触媒である(図3)。

その鉄触媒をカートリッジに詰めて、上からアルケンやアルキンのエタノール溶液を流し入れて反応させると、1分以下で水素化が進み、石油化学製品の原料物質として広く利用されているアルカンの合成に成功した。生成率は最高で100%、反応速度は従来のパラジウム触媒の数百分の1と大幅に短縮された。

この研究はカナダ・マギル大学との共同研究だ。マギル大学からもプレス発表され、海外でも紹介された。「海外のメディアでは、この触媒はマーガリンの製造にも利用できると紹介されています。プレス発表にはマーガリンのことは一切

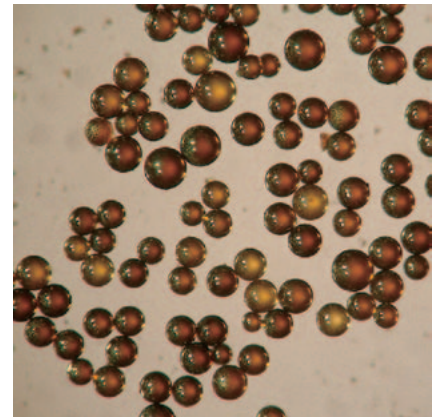


図3 鉄触媒の顕微鏡写真

粒の1個1個が、鉄のナノ粒子が分散しているポリスチレン-ポリエチレングリコールの高分子のビーズで、直径は約90 $\mu$ m。

書いてありません。確かに、この鉄触媒は水素化、つまり還元反応ができます。マーガリンの製造過程には不飽和脂肪酸成分の還元反応が必要なため、そのような記事になったのでしょうか。鉄は食品の製造に使用しても安全です。この鉄触媒には、私たちの考えもしなかった利用方法があるのかもしれない」

今後はどのように研究を進めていく計画だろうか。「鉄触媒を使い、水素化のほかにもさまざまな化学反応を実現していくことが一つ。もう一つは鉄と同じ、周期表の第一周期目の遷移金属であるニッケルやコバルトを使った触媒の探索です」と魚住TL。

化学反応の理想形には近づいているのだろうか。「最終ゴールは、目的の化合物だけを、環境にも人にも優しく安全に、そして安価に簡便につくり出す化学合成プロセスです。一步一步ですが、着実に近づいていると実感しています」

(取材・執筆：鈴木志乃/フォトンクリエイト)



標高の低い場所は高いところよりも重力が強くと、時間がゆっくり進む。

高速で移動する人の時間は静止している人の時間よりもゆっくり進む。

——いずれもアインシュタインが相対論で予言した現象だ。

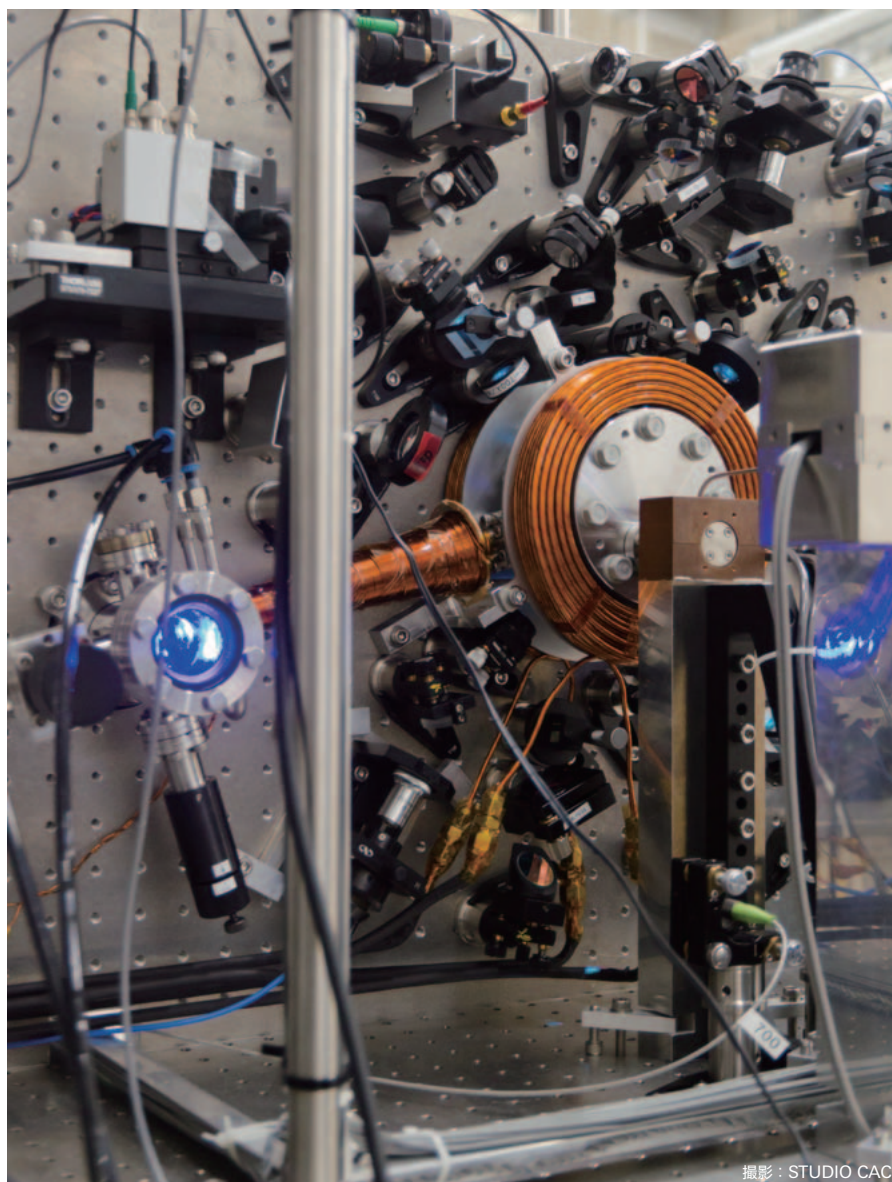
香取秀俊 主任研究員は、高低差1cm、秒速40cmという日常の世界で起きる

時間の遅れを計測できるセンサーを完成しつつある。

それは、1000兆分の1秒のさらに1,000分の1、

100京分の1秒を計ることができる「光格子時計」だ（タイトル図）。

## 光格子時計で、日常に現れる 相対論の世界を可視化する



光格子時計

コイルが巻かれた円筒形の装置の中で、光格子によって多数のストロンチウム原子が閉じ込められている。

### ■ 高低差1cm、秒速40cmの 時間の遅れを計る

理研和光キャンパスの研究交流棟。香取主任研究員たちは、そこに作製した光格子時計と、東京大学本郷キャンパスの工学部6号館に作製した同一の光格子時計を光ファイバーで結び、時間の進み方を比較する実験を進めている（図1）。

「私たちの光格子時計は100京分の1（ $10^{-18}$ ）秒、18桁の精度を達成しつつあります。高低差1cmの重力の違いによる時間の進み方の違いが、小数点以下18桁目に現れます」

一般相対性理論によれば、重力の強い場所の時間はゆっくり進む。標高の高い場所に比べ、低い場所は重力が強い。本郷キャンパスは和光キャンパスよりも約13m標高が低いとため重力が強く、時間がゆっくり進む。2ヶ所の時間の進み方の違いから、光格子時計が設置された場所の高度差を1cm単位で測ることも可能になる。「ただし、どちらかの時計の進み方が、急に遅くなることもあるかもしれません。例えば、ゲリラ豪雨で局地的に雨水が大量に地下にたまれば、重力が強くなり時間の進み方が遅くなるはずでず。私たちは2ヶ所の光格子時計の時間の進み方をホームページに公開して、皆さんに相対論の世界を実際に見ていただきたいと考えています」

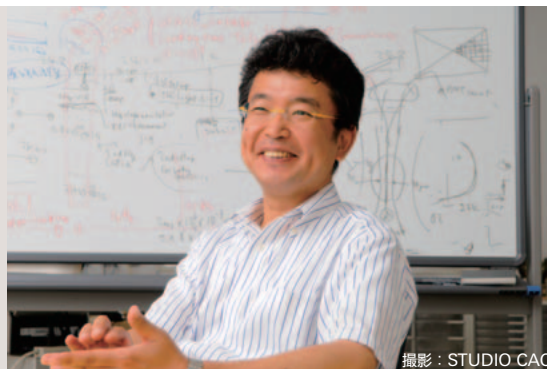
特殊相対性理論によれば、高速で移動する人の時間は静止している人の時間よりもゆっくり進む。「秒速40cmで歩く人に生じる時間の遅れも18桁目に現れます。数年後には光格子時計を小型化して車に搭載し、走らせたいと思ってい

撮影：STUDIO CAC

## 香取秀俊 (かとり・ひでとし)

香取量子計測研究室  
主任研究員

1964年、東京都生まれ。工学博士。東京大学大学院工学系研究科博士号取得。ドイツ・マックスプランク量子光学研究所客員研究員などを経て、東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻教授。2011年より現職。2013年より、理研光量子工学研究領域 時空間エンジニアリング研究チーム チームリーダー（併任）。



撮影：STUDIO CAC

ます。どのような速度で、どの標高の場所を移動したかによって、時計の進み方が変わるはずですが。「相対論的カーナビ」も夢ではありません」

例えば、超高速で飛行する人工衛星を制御したり、巨大な重力を持つ天体現象を理解したりするときに、相対論の効果が考慮されてきた。光格子時計は、相対論を私たちの身の回りの世界に持ち込み、時間の遅れを可視化してくれる。その光格子時計を、香取主任研究員はどのようにして発明したのか。

### ■ 精密に時を刻むには

1秒の長さは、地球の自転周期から決められていたが、1967年にセシウム原子時計による定義に改められ、現在に至っている。そもそも時間は、振りが何回振れたかを数えるように、周期的な現象の繰り返し回数を数えることで計ることができる。「原子時計は、“原子の振子”の振れた回数を数えることで時間を計ります」

原子は、特定の周波数（遷移周波数）の光を吸収すると電子の軌道が変わり、エネルギーが最も低い基底状態から、それよりも高い励起状態となる。そして電子が元の軌道へ戻るとき、同じ周波数の光を放出する（図2左）。「その遷移周波数が“原子の振子”です。遷移周波数は原子ごとに決まっています」

現在、1秒は、セシウム原子が吸収・放出する光（マイクロ波）が、91億9263万1700回振動する時間であると定義されている。セシウム原子の遷移周波数により1秒を決めているのだ。

最新のセシウム原子時計では、1000兆分の1（ $10^{-15}$ ）秒、15桁の精度で時間を計ることができる。それは1000兆秒＝約3000万年に1秒も狂わない時計だ。

「私は、原子時計の研究に挑もうとは思っていませんでした」と香取主任研究員は振り返る。「それは、18桁の精度の原子時計をつくるための完璧な戦略がすでに提案されていたからです。その延長線上の仕事をするのは、科学者として敗北だ、と考えていたのです」

原子時計の精度を高めるには、遷移周波数をより正確に計測する必要がある。それには、原子が運動しないように冷却して、ほかの原子との相互作用や周囲の光など、外部からの影響を受けない状態をつくり出す必要がある。

ドイツのウォルフガング・ポール博士は、電場や磁場でイオンを閉じ込めるイオントラップ法を開発。1980年代、米国のハンス・デーメルト博士は、イオントラップで単一のイオンを閉じ込めた原子時計を考案し、それが18桁の精度を実現できることを理論的に示した。それは300億年に1秒も狂わない時計だ。ポール博士とデーメルト博士には1989年に、それを実験的に完成させた米国のデービッド・ワインランド博士には2012年に、ノーベル物理学賞が贈られた。

### ■ 1秒間に18桁の精度で時間を計る

遷移周波数が高い原子を用いるほど、精度の高い時計が実現できる。1990年代末、マイクロ波よりも周波数の高い可視光が振動する回数を精度よく数えることができる「光コム」という技術が発明

された。その技術を用いて、デーメルト博士が考案した18桁の精度を持つ単一イオン原子時計を実際に作製する研究が世界中で進められている。

先述のワインランド博士たちは、単一イオン原子時計で18桁の精度を実現しつつある。ただし、単一イオンの原子時計には、応用上大きな問題がある。「不思議に聞こえるかもしれませんが、18桁の精度で時間を計測するには、10日間かけて単一イオンの遷移周波数を計測する必要があります」

原子のような量子の世界は、常に揺らいでいる。遷移周波数の計測値にも揺らぎが現れるため、100万回の計測をして平均値を求める必要がある。その計測には10日間ほどかかってしまうのだ。

「そこで私は単一イオンを100万回計測する代わりに、100万個の原子を集めて同時に1秒間計測することで、18桁の精度を実現しようと考えました。このアイデアの原型は、私が量子コンピュータの研究を始めたいと思っていたころに温めていたものです」

量子コンピュータは、原子などの量子力学的な性質を利用して、ある種の大量の計算を超高速で行う未来のコンピュータだ。その計算単位を“量子ビット”という。量子コンピュータを実現するには、量子ビットが外部から影響を受けない状態をつくり出す必要がある。「イオントラップによりイオンを外部から影響を受けないように閉じ込めて、量子ビットとして利用する研究が進められています。精度の高い原子時計と量子コンピュータには共通点があるのです」



大規模な計算をするには量子ビットを集積する必要がある。しかし、電荷を持つイオンはクーロン力で反発し合うので集積しにくいという課題がある。「それならば電氣的に中性な原子を集積できないか、と考えました」

たくさん原子を閉じ込める容器が、レーザー光を干渉させて作り出す光格子だ(図2右上)。「卵パックに入った卵を連想してください。光格子が卵パックで、原子が卵です。光格子を使うと、運動しないように極低温に冷却した多数の原子を、相互作用しないように卵パックのように閉じ込めることができます。ただし量子コンピュータには別の課題もたくさんあり、実現には時間がかかります。そこで私は、光格子・量子ビットの性能評価と称して、時計をつくる研究を始めました」

光格子はそのままでは、量子ビットをつくる手法として問題がある。光格子の影響で、閉じ込めた原子の基底状態と励起状態のエネルギーがシフトして、遷移周波数が変化してしまうのだ。香取主任研究員は、その問題を見事に解決した。「基底状態と励起状態が同じ量だけシフトして、遷移周波数が変化しないようにすればいい。原子に固有の、ある特定の波長のレーザー光で光格子をつくれば、それができることを発見しました。その波長を“魔法波長”と名付けました」

### ■ 光格子時計が開く新時代

香取主任研究員は、魔法波長を用いた光格子時計の原理を2001年に発表した。そして光格子でストロンチウム原子を閉じ込めた光格子時計の開発を進めてきた。ストロンチウムは可視光の

遷移周波数を持つ。その光が429兆2280億422万9873.4回振動する時間が、1秒になる。

今では、原子時計の研究で世界をリードしてきた米国やドイツ、フランスでも、光格子時計の開発が進められている。

「18桁の精度を実現するには、室温の物体が放射する光(黒体放射)も遮断する必要があります。私たちはストロンチウムを閉じ込める装置を約-200℃以下に冷却して実験を進めています。ところが、18桁の精度になると、その時計が本当に正しいのか誰にも分かりません。そこで私たちは、和光キャンパスの実験室に2台の光格子時計をつくり、重力が等しくなるように水平に並べ、同一のレーザー光でその2台を運転して比較しています(図1左)。最近、18桁の精度で2台の時計が一致しつつあります」

香取主任研究員は、ライバルたちも同じレベルに達しているだろうと予測している。「ただし、最初に紹介した、離れた場所の光格子時計を光ファイバーで結び18桁の精度で時間の進み方を比較して相対論の世界を可視化する実験を始めているのは、私たちだけだと思います」

そもそも時計は戦略性の高い社会インフラであり、精度の高い時計は新しい時代を切り開いてきた、と香取主任研究員は指摘する。「18世紀、英国議会は懸賞金を懸けて時計の開発を促し、ジョン・ハリソンが船上でも正確に時を刻む、ぜんまい式時計“クロノメーター”を発明しました。それを使って船の位置を正確に知ることによって安全な航海が可能となり、大英帝国隆盛の源となったのです」

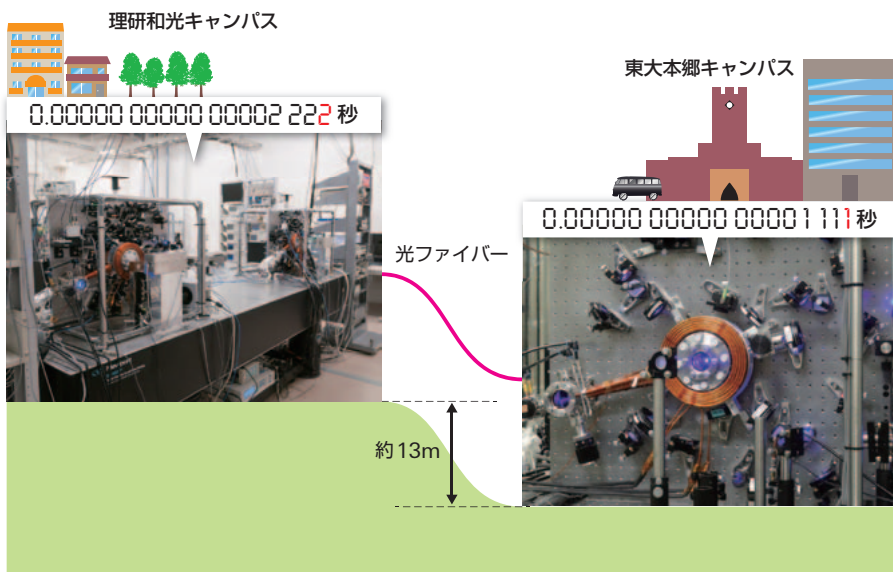
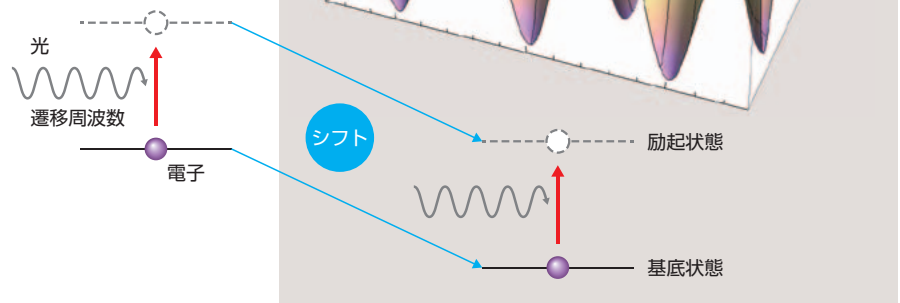


図1 2ヶ所の光格子時計を結び時間の進み方を比較する実験  
和光よりも本郷は標高が約13m低く、その分、重力が強くと時間が遅く進む。1cmレベルの高度差の違いによる時間の進み方の違いが、小数点以下18桁目に現れる(図中の時刻はイメージ)。



**図2 遷移周波数と魔法波長の光格子**

原子は遷移周波数の光を吸収したときに、電子が基底状態から励起状態となる(左)。魔法波長の光格子で原子を閉じ込めると、基底状態と励起状態が同じ量だけシフトするため、遷移周波数は変化しない(右)。



1950年代、セシウム原子時計を発明したのも英国のルイ・エッセン博士だ。米国は原子時計を搭載したGPSを全世界測位の軍事目的で配備し、現在ではカーナビなどに広く利用されている。GPS衛星から電波で送られてくる原子時計の時刻と車のカーナビの時計の時刻は、電波が伝わる時間差だけずれる。そのずれからGPS衛星と車の距離を導き出し、4台のGPS衛星から電波を受けることで、車の位置を特定する。「原子時計が発明された1950年代、GPSのような使われ方をすると、誰も想像できなかったでしょう」

光格子時計は、重力センサーとして地下資源の探査や地震研究に応用される可能性がある。地下に重い金属資源があると、標高が同じほかの場所よりも重力が強くなり、時間がゆっくり進む。また、何らかの地殻変動が起きた際にも、重力に影響を及ぼし、時間の進み方に変化をもたらす可能性もある。それを光格子時計で捉えるのだ。「光格子時計が将来、どのような使われ方をするのか、私にも想像が付きませんが、さまざまな分野の専門家に興味を持ってもらえるような実験を行っていきたいと思います」

### ■ 物理定数は永久不変か？

時計はサイエンスの最重要インフラでもある。「これまで日本は、時間インフラについて欧米発の技術をコピーする立場に甘んじてきました。これからは逆に、日本発の光格子時計をサイエンスのインフラとして世界へ提供していきたいと思っています」

光格子時計を使うと、どのような新しいサイエンスが可能となるのか。「物理定数は本当に不変なのか、ぜひ確かめてみたいと思います」と香取主任研究員は言う。「遷移周波数は、“微細構造定数”と呼ばれる無次元の物理定数で記述されます。ストロンチウムの遷移周波数は微細構造定数のある関数で記述でき、別の原子、例えば水銀の遷移周波数は微細構造定数の別の関数で記述できます。もし微細構造定数が変化すれば、水銀の光格子時計の1秒は、ストロンチウムの光格子時計の1秒とずれるはず。それを確かめるため、水銀の光格子時計をつくって、ストロンチウムの光格子時計と18桁の精度で比較しようとしています」

138億年の宇宙史で物理定数が一定なのか、よく分かっていない。「宇宙誕生から約10億年後にできた天体からの光の分析から、物理定数は変化していると指摘する天文学者もいます。微細構造定数が一定なのか、あるいは年々変化するのか、光格子時計が答えを出してくれるかもしれません」

光格子時計は、物理定数と重力の関係についても詳しく調べることができる。現在の物理学は、ミクロの世界を記述する量子力学と、重力の理論である一般相対性理論を統合できていない。「多く

の物理学者は、量子力学の物理定数である微細構造定数は重力にかかわらず一定だと考えています。しかしそれを高い精度で検証できているわけではありません。地球は太陽の周りを楕円軌道で公転しており、1年の中で太陽からの重力は変化しています。微細構造定数が重力によって変化するのならば、太陽重力が強い時期と弱い時期とで、異種の光格子時計の進み方に違いが現れる可能性があります。巨大加速器が扱うような物理の根幹に関わるテーマに、小さな光格子時計で挑むことができるのです」

### ■ パーソナル時空センサー

「二人で待ち合わせをするとき、時計の針を合わせます。従来、時計は時間を共有するための道具でした。ところが18桁の精度を持つ光格子時計では、二人が同じ時空間を共有していなければ、時間の進み方は一致しません。光格子時計は、個々人の時間と空間の状態を知る“パーソナル時空センサー”となります。サルバドール・ダリが『記憶の固執』で描いた重力でゆがんだ時計を彷彿させる、新しい時計の役割を、広く一般の人たちにも示していきたいと思っています」

光格子時計は、私たちの時間や空間の感覚にも大変革をもたらすだろう。

(取材・執筆：立山 晃/フォトンクリエイト)

Loogleは、サーバやネットワークシステムの管理に不可欠なログファイルを高速に検索し、必要な情報を抽出することができるシステムである。Webで使用されている検索エンジンのGoogleのように、思い付いたキーワードで膨大なログから高速に検索することができる。Loogleの基本部分の開発を行った理研情報基盤センター 和光ユニットの鶴岡信彦ユニットリーダー（UL）、製品化・販売を担当しているエフ・アイ・ティー・パシフィック(株)、そしてLoogleを導入しているイツツ・コミュニケーションズ(株)の各担当者に、Loogleの特徴、誕生のきっかけ、製品化までの苦労、導入による効果などを聞いた。

# 大量・高速・自由にログを検索できる Loogleを開発・販売

## ■ ログをキーワードで自由に高速に検索したい

—Loogleとは？

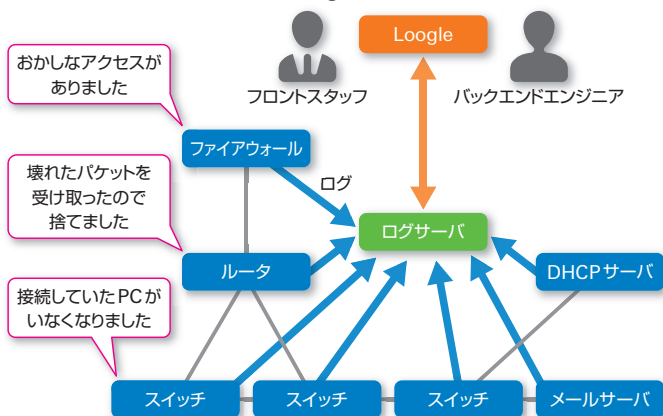
**鶴岡**：計算機が動作したり、サーバにアクセスがあったり、機器の状態が変わると、“ログ”と呼ばれる文字の記録が残ります。Loogleは、そのログを検索するシステムです。理研が基本部分の開発を行い、それをエフ・アイ・ティー・パシフィック(株)（以下、FITP）が改良して製品化し、2010年に市販を開始しました。

—なぜLoogleを開発したのですか。

**鶴岡**：私は理研情報基盤センターに所属し、所内のネットワークの設計や運用、管理を15年ほど担当していました。運用は外部に委託していたのですが、突然発生する障害には内部で対応しなければならないこともたびたびありました。障害が発生すると、まずネットワークに接続されている機器のログを見ます。ログを見ると、その機器がいつ何をしたかが分かるので、障害の原因解明や問題解決の手掛かりを得ることができます。

ところが、ネットワークにはさまざまな機器がたくさん接続されていて、それぞれ独自の形式でログを出しています（図1）。理研ではネットワークに接続されているすべての機器のログを

図1 ネットワークシステムとLoogle



ログサーバに集めているのですが、集められた大量で多様なログをさまざまな視点で見えていくのは労力と時間がかかり、とても苦痛でした。もっと簡単に必要な情報を抽出できないだろうか考えたのが、Loogleを開発したきっかけです。皆さんは何かを調べたいとき、WebでGoogleなどの検索エンジンを使うでしょう。検索窓に思い付いたキーワードを入れると、瞬時に検索結果が現れます。同じように、思い付いたキーワードを入れて必要なログを瞬時に検索できたらいいなと考えたのです。

—市販のソフトはないのでしょうか。

**鶴岡**：ログを検索する市販ソフトはあり、きれいなレポートも出力してくれます。いくつかテストしましたが、使い勝手が悪かったです。ログは種類も量も多く、その多くは問題がないものです。その中から障害に関連しているログを見つけるには、エンジニアの経験とセンスが必要です。市販ソフトは、扱えるログの種類が限られていたり、検索できる項目が決められていたり自由度が低く、エンジニアの職人技が活かないのです。しかも製品の価格が高く、運用にも多くのコストが掛かります。

サーバのオペレーティングシステムとしてよく使われるUNIXには、grepという検索ツールがあります。私たちはログ検索にそれを使っていました。しかし、システムが大きくなりログが増えてくると、1回の検索に何十分もかかったり、検索漏れがあったりと、だんだん無理が出てきました。そこで、つくってしまえ、となったのです。それが2008年くらいのことです。

## ■ 2010年8月、Loogle発売へ

—どのようなログ検索システムを目指したのでしょうか。

**鶴岡**：思い付いたキーワードで検索ができること、大量のログが対象でも検索できること、検索を実行したら数秒以内で結果が出ることです。レポート機能は搭載せず、ログの高速検索機能に特化したソフトを目指しました。当時、そのようなコンセ



後列左から、理研情報基盤センター 和光ユニットの鶴岡信彦ユニットリーダー、エフ・アイ・ティー・パシフィック(株) 営業部の萩原広明 部長、ICT企画室の安藤正信 室長。前列左から、イツ・コミュニケーションズ(株) 技術本部 技術・ソリューション部サービスオペレーションセンターの高野正俊氏、菅野有亮チーフ、竹岡 肇センターマネージャー。



プトのログ検索システムはありませんでした。

——開発は順調に進んだのでしょうか。

**鶴岡**：いいえ。検索プログラムの書き方がまったく分からず、試作品をつくっては捨てていました。これでは駄目だと、丹念に論文を読んで勉強しました。探してみると、応用できそうなアイデアが書かれた論文がたくさんありました。それを実装していきました。実用化できそうな技術であっても、論文になっていると研究者以外の人の目に触れにくく、埋もれてしまいがちです。学術研究を実用につなぐことが重要だといわれていますが、今回、学術研究と実用の懸け橋になれた気がしました。

——鶴岡ULが開発したログ検索システムは、その後、FITPによって製品化されました。そのきっかけは？

**鶴岡**：FITPとは製品の購入を通じて付き合いがありました。会社の業務内容を聞くと、技術的に新規のものを扱っているということでした。それならば、ログ検索システムなんてどうですか、とお見せしたのです。

**萩原**：当社は技術商社として、情報通信技術や自動車、医療などの関連製品の販売を行っています。ちょうど製品の企画・開発にも力を入れようという時期でもありました。鶴岡さんがログ検索システムの説明をしてくれるのですが、実はその種の製品を扱ったことがなく、言っていることはほとんど分かりませんでした(笑)。でも、鶴岡さんが「今までにない画期的なもの。みんなが使いますよ」とおっしゃるので、もしかしたら売れるかなと思ったのです。

——鶴岡ULはなぜ企業に声を掛けたのですか。

**鶴岡**：理研内で使っていても、少しも改良されないのです。外部の人に使っていただいて、多少辛辣なことを言っていた方が成長するだろうと考えたのです。

**萩原**：さっそく展示会に出したところ、イツ・コミュニケーションズ(株) (以下、イツコム) のシステム担当者の目に留まり、テストしてくださることになりました。それが2009年ごろです。

**竹岡**：当社の前身は「東急ケーブルテレビジョン」です。現在はケーブルテレビと電話のサービス提供に加えて、インターネットサービスプロバイダ業務も行っています。一般消費者だけでなく、法人、さらにはほかのケーブルテレビ局にもサービスを提供しています。

**高野**：当時、メールのログを検索することが多く、それを何とか楽にしたいと考えていました。簡単にログを検索できるということで興味を持ったのですが、テストしてみると、まだ製品といえる状態ではありませんでした。結局、そのときは別の会社のログ検索システムを導入することになりました。

**鶴岡**：私たちは完成した製品だと思っていたので、イツコムのシステム担当者に「これは試作品のレベルですね」と言われ、大きなショックを受けました。

**安藤**：大きな投資をしてプログラムを改良し、2010年8月に「Loogle」という商品名で、発売までこぎ着けました。発売直後、もう一度試していただいけませんか、とイツコムに伺いました。

## ■ Loogleを導入。決め手は検索特化と価格

——現在、イツコムはLoogleを導入しています。そのきっかけを教えてください。

**高野**：ちょうど社内のネットワークシステムの大きな変更があり、ログの出力形式が変わってしまったため、前回導入したログ検索システムが使えなくなり、新しいシステムの導入を検討していたところでした。

**菅野**：私たちがやりたいことはログ検索です。数社のシステムを比較し、ログ検索ができるという条件を満たして一番安いシステムということで、Loogleを導入することに決めました。

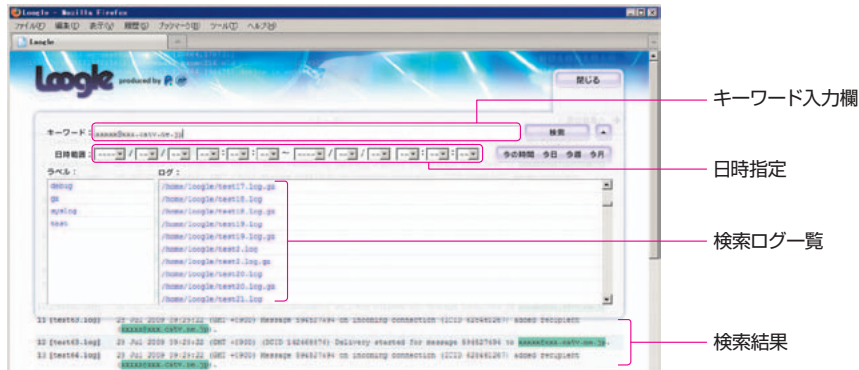
——イツコムではLoogleをどのように使っているのですか。

**菅野**：主にメール追跡やDHCPの検索に使っています。DHCPとは、ネットワークに接続するコンピュータに、IPアドレスなど必要な情報を自動的に割り当てるプロトコルです。公的機関から、スパムメールの発信元や、違法なファイル共有ソフトの発信元のIPアドレスを特定したいという、調査の依頼が来ることがあります。そのようなときにLoogleを使っています。

——導入はスムーズにいききましたか。

**菅野**：いいえ。Loogleのログ検索というコアの部分は優れているのですが、そのままでは専門の知識があるエンジニアでなければ使えないものでした。Googleは、画面を開くと検索窓があり、説明がなくても誰でも使えます。Loogleにもそのようなインターフェースを開発する必要がありました。こういう検索をしたい、こういうインターフェースにしたいと、FITPにいろいろ

図2 LoogleのWebインターフェース



ろな要望を出して、それに一つずつ応えていただきました。その結果、専門的な知識がない人でも使ってみようと思える、シンプルなインターフェースになりました(図2)。

**鶴岡:** 以前の状況を承知の上で導入していただいたイッツコムには敬意を表します。Loogleのように新しい技術に挑戦した製品には、知識と先見性を持ち最初に使ってくれるエバンジェリスト・ユーザーが必要です。要望や問題点を出してもらい、課題を解決していくことで、より良いものになっていくのです。

### ■ 調査依頼の対応時間が60分から15分に

——Loogleを導入したことによる効果は出ているのでしょうか。

**菅野:** はい。メール追跡やDHCPの高度な検索ができるのは、一部のエンジニアに限られていました。そのため、特定のエンジニアに業務が集中したり、そのエンジニアがいないと対応が遅れてしまうことがありました。お客さまから問い合わせを受けるコールセンターにLoogleを導入したところ、その場で解決できることも増えてきました。エンジニアは、コールセンターで解決できなかった案件だけに対応すればよくなりました。

具体的には、お客さまからの調査依頼1件につき当番のエンジニアが対応にかかる時間は、約60分でした。Loogle導入後、15分に短縮できました。当番者が対応する調査依頼は月40件ほどありますから、2,400分が600分に、つまり1ヶ月当たり1,800分もの時間を節約できたこととなります。エンジニアは、空いた時間を別の業務に使うことができます。

——今後はどのようにLoogleを活用していく計画ですか。

**菅野:** 当社ではアプリケーションサービスプロバイダとして、インターネットを通じてさまざまなアプリケーションを法人のお客さまに提供しています。オプションとしてLoogleを提供することを計画しています。また、現在は障害が起きたり調査依頼があってからLoogleを使っていますが、ログ監視システムも盛り込み、障害を未然に防いだり、いち早く検知できるようになればいいですね。理研の技術力を使ってできませんかね。

**鶴岡:** ログ監視システムですね。できると思います。検討します。

——Loogleは今後、どのようなニーズが期待されますか。

**鶴岡:** 病院における電子カルテや、ホテルや不動産業における

顧客情報への、内部関係者によるアクセスの管理などにも使えるでしょう。

**安藤:** Loogleは、ログがたまっているところであれば、アイデア次第でさまざまなことに使えます。今後も展示会などを通じて、企業や官公庁、大学などにLoogleを知っていただきたいと思っています。同時に、イッツコムから法人のお客さま向けにLoogleをサービス提供していただくことで、より多くのお客さまにLoogleを使っていただくことになれば、とてもうれしいです。

### ■ 理研生まれの技術を企業と組んで社会に出す

——イッツコムの皆さんは、理研をご存じでしたか。

**菅野:** 名前は知ってはいましたが、スーパーコンピュータをつくるなど国家戦略規模の大きな仕事をする研究所という認識でした。まさか、私たちのような普通の会社のネットワークシステム管理に使えるものを開発しているとは、正直、驚きました。——FITPは今回、理研とパートナーを組みましたが、順調にいきま

ましたか。  
**安藤:** 最初はどのように進めたらよいか分からなかったのですが、理研の実用化コーディネーター、泉名英樹さんを紹介していただいてからはスムーズに進みました。研究者と企業をつないでくださる方がいることは心強いです。

——鶴岡ULがご自身の業務軽減を目指して開発したログ検索システムが、企業で実際に使われるまでに成長しました。

**鶴岡:** 外部委託が進み、私がログ検索をすることはほぼなくなったので、自分の業務軽減には直接貢献しませんでした。でも、社会で使われているのはうれしいですね。すごいものをつくったから売れる、というわけではないことも学びました。

ITの仕事はたくさん機械が動いていて一見、人手は要らないように思います。しかし実は、人手が掛かる仕事がとても多いのです。私は、機械には機械なりの仕事をさせることで、優秀なエンジニアの頭脳をもっと有効に使うべきだと考えています。Loogleは小さなツールですが、その実現に少しでも貢献していきたいです。

(取材・構成: 鈴木志乃/フォトクリエイト)

#### 関連情報

- Loogleホームページ <http://www.loogle-search.com/>



## 元素誕生の謎に迫るRIBFに ブレークスルーをもたらす研究者

理研のRIBF（重イオンビームファクトリー）は、世界最高性能の重イオン加速器施設だ。ウランなどの重イオンビームを標的に当てて壊すことで、未知の1,000種類を含む4,000種類の不安定な原子核（不安定核）をつくり出す計画である。それらの性質を詳しく調べることで、鉄からウランまでの重い元素がどのようにつくられたのか、元素誕生の謎に迫ることができる。ただし、それら重い元素の誕生過程でできたと考えられる未知の不安定核の多くは、生成するのに大強度のウランビームを必要とするが、その強度が目標値の1,000分の1程度しか達成できていないという大問題があった。今尾浩士 研究員たちは、ヘリウムガスストリッパーという装置を開発して、ウランビームの強度を高めることに成功した。プロゴルファーを目指していた中学生は、なぜビームを扱う専門家になったのか。



### 今尾浩士

仁科加速器研究センター  
加速器基盤研究部 加速器高度化チーム  
研究員

#### いまお・ひろし

1976年、三重県生まれ。博士（理学）。  
鈴鹿中学校・高等学校卒業。京都大学  
理学部卒業。東京大学大学院理学系研  
究科博士課程修了（物理学）。理研山崎  
原子物理研究室訪問研究員などを経て、  
2010年より現職。

「父が電気関係の自営業をしていて、はんだごてやオシロスコープ、電子部品などが転がっている、実験室に似た環境に育ちました」。小学校高学年のとき、夏休みの自由研究で世界一の竹とんぼづくりに挑んだ。「家にあった赤外線センサーなどを使い、試行錯誤しながら最適な形状を設計しました。その竹とんぼは驚くほどよく飛びましたが、先生や友達は、「子どもらしくない。やり過ぎだ」と引いていました（笑）」

中高一貫の鈴鹿中学校・高等学校へ。「中学生のとき、マンガの影響でプロゴルファーを目指し、レッスンプロに週2回習っていました。教科では数学が好きでした。若い数学の先生が中学や高校のレベルを超えた難問を時々出してくれて、それに挑戦するのが楽しかったのです」

京都大学理学部へ進み、3年までは数学を専攻したが、4年生で物理の研究室へ。「アルバイト先にその研究室の院生がいて仲良くなり、エレキギターや物理を教えてもらいました。その先輩に憧れて素粒子の実験や理論研究を行う研究室に入ったのです。研究室ではミュオンという素粒子のビームを用いた実験の装置を、みんなで工夫しながらつくりました」

RIBFでは、元素誕生の謎を解くために必要な未知の不安

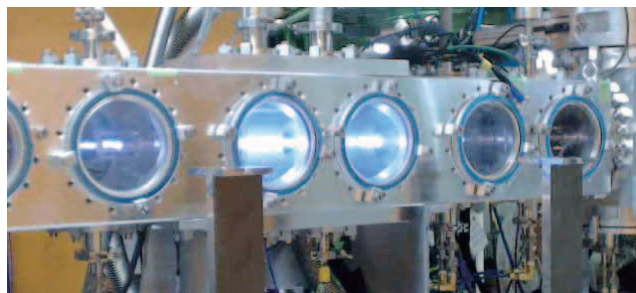


図 ヘリウムガスストリッパーにウランビームを通したときの発光

定核の多くを、ウランビームを標的に当ててつくる。その生成確率はとても低いため、粒子の数の多い大強度のウランビームが必要となる。しかし世界最高性能のRIBFをもってしても、その強度は目標値の1,000分の1程度しか実現できていなかった。「いくつかの加速器を用いてウランビームの多段加速を行うRIBFでは、加速の途中でビームを構成するウランからマイナス電荷の電子を剥ぎ取り、プラス電荷の強い、価数の大きいイオンにする“荷電変換”により加速効率を高めることが、必須プロセスとなります。従来、ビームを炭素膜のストリッパーに通して荷電変換を行っていましたが、しかし価数の大きいウランビームを大強度で通すと、すぐに炭素膜が劣化して使えなくなってしまいます。それがビーム強度の上限を決めるボトルネックとなっていました」

そこで今尾研究員たちは、ヘリウムガスのストリッパーを開発することにした。「ビームの通り道は真空ですが、その途中で50cmにわたりヘリウムガスを仕切りを設けずのために、そこにウランビームを通して荷電変換を行います。効率的な荷電変換のためにはヘリウムガスがよいのですが、とても漏れやすく、真空側へ流れ出てしまいます。ヘリウムガスを従来の装置より50倍効率よく蓄積できる差動排気方式のガス蓄積システムを設計し、さらに吸い出したヘリウムを高い純度で戻して99.5%の効率で循環させるストリッパーを完成させ、昨年から稼働させています。電子を効率よく剥ぎ取るとともに劣化もなく、強度限界の壁を取り払い、ウランビームの実効的な強度を約10倍高めることに成功しました」

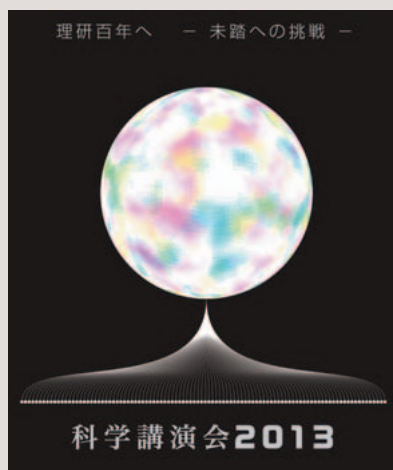
今後の目標は？「米国やドイツでは、RIBFより高いデザイン性能を持つ重イオン加速器計画を進めていて、2020年前後に本格稼働させる予定です。それら強力なライバルが登場しても世界トップを競えるように、RIBFの加速器を増強したりストリッパーをさらに改良したりして、目標とするウランビーム強度に近づけていきたいと思います。そのような将来計画について若手で集まり検討しています。自分のアイデアを試せる機会が多く、とてもやりがいを感じています」

（取材・執筆：立山 晃／フotonクリエイト）

## 「2013年度 独立行政法人理化学研究所 科学講演会」開催のお知らせ

本年度の科学講演会を右の通り開催します。

今回は「理研百年へ ～未踏への挑戦～」をテーマに、理研を代表する3名の研究者が登壇します。皆さまのご来場をお待ちしております。



日時	2013年10月19日(土) 14:00~17:00	
場所	丸ビルホール(東京都千代田区丸の内2-4-1 丸ビル7階)	
入場	無料(事前申込制:先着430名) 下記URLの申込フォームよりお申し込みください。 携帯電話からもお申し込みいただけます。	
詳細	<a href="http://www.riken.jp/pr/events/events/20131019/">http://www.riken.jp/pr/events/events/20131019/</a>	
問合せ	理化学研究所 広報室 TEL: 048-467-9443(直通) FAX: 048-462-4715	

### プログラム

13:30	開場
14:00~14:10	開会挨拶 理事長 野依良治
14:15~15:00	講演①「新元素の探索—現代の錬金術—」 仁科加速器研究センター 超重元素研究グループ グループディレクター 九州大学大学院 理学研究院 物理学部門 基礎粒子系物理学 教授 森田浩介
15:00~15:20	<休憩>
15:20~16:05	講演②「窒素分子を常温・常圧で切る —より良いアンモニア合成法をめざして—」 環境資源科学研究センター 先進機能触媒研究グループ グループディレクター 侯 召民
16:10~16:55	講演③「iPS細胞を用いた網膜細胞治療」 発生・再生科学総合研究センター 網膜再生医療研究開発プロジェクト プロジェクトリーダー 高橋政代
16:55	閉会挨拶 理事 川合真紀

## 「サイエンスアゴラ2013」出展のお知らせ

2013年11月9日(土)、10日(日)、東京・お台場地域で開催される「サイエンスアゴラ」に今年も出展します。この秋、お台場で世界最先端の研究に触れてみませんか?

理研からは、五つの展示、講演を行います。

それぞれのブースでは、理論物理学者が研究する姿の展示や高校生向けの動画上映、レゴブロックでつくった核図表、生

命科学の世界を楽しく理解できる研究成果の紹介、医療研究の研究材料が医療機器につながっていく様子の展示など、さまざまな研究分野の最先端の研究について展示をします。また、楽しみながら感染症について学べる講演会も行います。

研究者と直接話ができる機会でもあるので、「普段どんな生活をしているの?」「どうしたら研究者になれるの?」などなど、疑問に思ったことをどんどん質問してください。

皆さまのご来場をお待ちしております。



昨年のサイエンスアゴラの様子

日時	2013年11月9日(土) ~ 10日(日) 10:00~17:00
場所	お台場地域 (日本科学未来館、産業技術総合研究所臨海副都心センター、東京都立産業技術研究センター、周辺屋外)
参加費	無料
詳細	<a href="http://www.riken.jp/pr/events/events/20131109/">http://www.riken.jp/pr/events/events/20131109/</a>
問合せ	理化学研究所 広報室 TEL: 048-467-9443 / FAX: 048-462-4715



## 「理化学研究所神戸地区一般公開」のお知らせ

理化学研究所神戸地区では、今年も「一般公開」が行われます。普段、見ることや入ることができない実験室や施設、スパコンを公開し、研究活動やその成果について理解を深めていただく機会を提供しています。

当日は、最先端の研究を支える施設の公開やツアー、生き物の観察、工作、コンピュータの並列計算の仕組みをグループワークで体験するワークショップなど、科学の不思議が分かる体験型イベントをはじめ、注目の「iPS細胞の臨床応用」などに関する講演、サイエンスカフェなど、子どもから大人まで楽しめるさまざまな催しを行います。皆さまのご来場をお待ちしています（入場無料、一部事前予約制）。

日時	2013年10月19日（土）10：00～16：00 ※入場は15：30まで
場所	理化学研究所神戸地区 第一会場：〒650-0047 兵庫県神戸市中央区港島南町2-2-3 第二会場：〒650-0047 兵庫県神戸市中央区港島南町7-1-26 ※第一会場・第二会場間は無料シャトルバスを運行
詳細	<a href="http://www.cdb.riken.jp/openhouse/13">http://www.cdb.riken.jp/openhouse/13</a>
問合せ	第一会場：理研神戸事業所 TEL：078-306-0111 第二会場：理研計算科学研究機構 TEL：078-940-5555



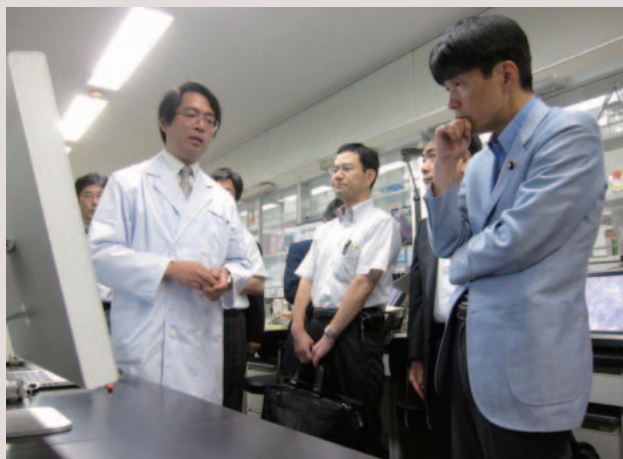
## 山本内閣府特命担当大臣が播磨地区と神戸地区を視察

8月9日、山本一太 内閣府特命担当大臣（科学技術政策担当）が、理研播磨地区の放射光科学総合研究センターと神戸地区の発生・再生科学総合研究センターおよび計算科学研究機構を視察しました。

放射光科学総合研究センターでは、高田昌樹 副センター長が大型放射光施設「SPring-8」とX線自由電子レーザー施設「SACLA」の概要を説明。その後、SPring-8のビームラインおよびSACLAの実験ホールなどを視察し、最先端の研究基盤施設の在り方や産学連携の取り組みなど、研究開発の成果を国民が享受できる仕組みづくりの重要性などについて意見交換が行われました。

発生・再生科学総合研究センター（CDB）では、竹市雅俊 センター長がCDBの概要やミッション、特色、研究成果について説明。その後、笹井芳樹 副センター長が世界をリードする再生医療研究について解説するとともに、研究室でiPS細胞やiPS細胞から分化させた網膜色素上皮細胞を観察しました（写真）。山本大臣は、実験動物を使った網膜色素上皮細胞の移植手術の概要をまとめた動画を見ながら、医療イノベーションにつながる研究成果に強い関心を示しました。

計算科学研究機構では、平尾公彦 機構長が本格稼働から10ヶ月が経過したスーパーコンピュータ「京」の最新の研究成果や活用状況を説明し、その後「京」を視察。国としてスパコンを継続的に開発する必要性などについて意見交換が行われました。



## 線路は続くよ和光まで

澤 扶美 さわ・ふみ

情報基盤センター 上級センター技師

私は東急東横線の自由が丘駅から和光まで電車で通勤しています。理研に入所した5年前、ちょうど東京メトロ副都心線が開通した直後で、面接を受けに来たときが初乗車でした。実は、前の仕事でもしばしば和光には来ていたのですが、当時は池袋で東武東上線に乗り換えていたので、和光は「そこそこ遠い」場所だったのですが、副都心線の開通で「意外に近い」場所になりました。

通勤初日、行きは問題なかったものの、帰りに間違っ  
て東上線に乗ってしまい、結局池袋で東武からJRに乗り換  
え渋谷まで行き、東横線に乗り換えて帰ることになり、  
疲れ果てたことをよく覚えています。

その後、副都心線と東横線が直通運転になるというう  
わさを聞き、いつなのかと楽しみにしていたのですが、皆  
さんご存知のように2013年3月、私が理研に入所しても  
うすぐ5年目というころに、やっと直通運転が始まりまし  
た。最後に東横線の渋谷駅ホームから帰った日は、これ  
で大変な乗り換えが不要になるといううれしい気持ちと、  
寂しい気持ちが入り混じり、とても複雑でした。

直通開始直後の自由が丘駅では、和光市、小手指など東  
急沿線の人にはなじみのない駅名が行き先案内に表示さ  
れ、多くの方が困惑している中、私は「急行和光市行き」  
の表示に心踊る思いでした。

この路線は、横浜高速鉄道みなとみらい線、東急東横線、  
東京メトロ副都心線・有楽町線、西武池袋線、東武東上  
線がつながっているという日本一（世界一!?）複雑な路線  
で、正しく早く目的地に着くためには乗り換え案内サー  
ビスに頼らざるを得ません。調べていてもうっかり乗り  
換えを間違えることがしばしば。海外からのお客さまに  
「都内から電車で行きます」と言われたときは、迷わず来  
てもらえるかこちらのほうがドキドキしました。



和光にあるスーパー  
コンピュータと  
(筑波バイオリソース  
センター 太田聡史さ  
ん撮影)



和光市駅の様子  
内板。「急行を待つ  
べきか迷います」

複数の鉄道会社が乗り入れているため各社のいろいろな  
車両に乗れるのですが、日本の鉄道の車両は本当によく  
できているし、運用も素晴らしいと感心します。現在、  
官民を挙げて日本の鉄道を世界に売り込むことに取り組  
んでいます。たくさんの国で日本の鉄道の技術が利用  
されてほしいと願っています。

話を業務で携わっているスーパーコンピュータに移すと、  
日本製のスーパーコンピュータが海外で使われている事例  
が一時期ほぼなくなっていたのですが、「京」の後継のコ  
ンピュータが海外でも導入され始めていて、知り合いの技  
術者の方が海外のプロジェクトに参加されていることもあ  
ります。日本に来た海外の方が電車に乗って、きれいに清  
掃された電車が過密なダイヤ通りに正確に動いていること  
に感動するそうですが、日本製のスーパーコンピュータが  
せっかく海外に導入されるなら、ハードだけでなく技術者  
のレベルや運用・サポートなどのノウハウも高く評価され  
るようになればいいと思っています。

ところで、和光から横浜方面行きの直通に乗ると、渋谷駅  
でとてもカッコいいサイン音（お友達のミュージシャン、  
向谷 実さん作曲）が流れます。和光市駅から渋谷を通り  
横浜方面に行かれる機会があれば、聴いてみてください。

### 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/