

RIKEN NEWS

No.411 September 2015

9



皮膚感覚を司る神経回路のイメージ（墨絵アーティスト 西元佑貴）
研究最前線「感じる脳を解く」より

研究最前線 ⑫

感じる脳を解く

研究最前線 ⑯

重元素合成の過程を RIBFで検証する新時代が到来

特集 ⑩

試験管内で作製した立体網膜の 実用化を目指す

TOPICS ⑬

- ・ 第23回世界スカウトジャンボリーに「分光学ワークショップ～光の秘密を探る～」を出展
- ・ 「BioJapan 2015 World Business Forum」出展のお知らせ
- ・ 2016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
- ・ 理化学研究所神戸地区一般公開のお知らせ
- ・ ライフサイエンス技術基盤研究センター新研究室主宰者の紹介

原酒 ⑯

自転車とのお付き合い

私たちは、物が触れたという皮膚感覚を、どのように知覚しているのだろうか。脳科学総合研究センター（BSI）行動神経生理学研究チームの村山正宜チームリーダー（TL）は、さまざまな手法を用いて、1個の神経細胞レベル、局所回路レベル、より広域のネットワークレベルで、皮膚感覚を知覚するメカニズムを明らかにすることを目指してきた。そして2015年5月、皮膚感覚を司る新しい回路を発見し、発表した。脳が感じるメカニズムとは？その謎解きを追う。

感じる脳を解く

■ 触覚は、相互作用する唯一の知覚

2015年5月、村山TLを中心とする国際共同研究グループは「“感じる脳”のメカニズムを解明—皮膚感覚を司る神経回路の発見—」と題するプレスリリースを行った。「動物の行動は、どのような神経活動によって形成されるのかを明らかにしたい。それが私たち行動神経生理学研究チームの大目標です。動物の行動の多くは、外部の情報を感覚器で受け取り、それを脳で処理して行動を計画し、命令が筋肉に伝わって行動が実行される、という一連の流れで成り立っています。とても複雑なため、全部を相手にすることはできません。そこでまず、脳が外部の情報をどのように知覚するのかに焦点を当てて研究を進めてきました。そして、これまで知られていなかった皮膚感覚を司る神経回路を発見したのです」と村山TLは解説する。

知覚には、視覚、聴覚、嗅覚、味覚、触覚がある。なぜ触覚に注目したのだろうか。「触覚は、とても面白いんですよ」と村山TL。「触覚は、五感の中で唯一、相手と相互作用します」。例えば、私たちは花の匂いを感じるが、それによって花の匂いが変わることはない。一方、握手をすれば、相手の熱や圧が伝わる。そのとき、相手にもこちらの熱や圧が伝わる。触覚は、相互に物理的な影響を与え合うのだ。「さらに、ほかの感覚では刺激を受け取る部分が目、耳、鼻、舌と限られていますが、触覚では全身の皮膚で刺激を受け取ります。触覚は、知覚の中でも特殊なのです」

■ 多様な手法を駆使し、なければつくる

「私たちの研究チームも特殊です」と村山TLは笑う。「脳科学では、研究室ごとに得意な研究手法があり、その手法を

中心に研究を進めていくことが多いのです。それに対して私たちは、電氣的記録、2光子イメージング、光ファイバーイメージング、膜電位イメージング、光遺伝学など、さまざまな手法を用いています。これほど多くの手法を取り入れている研究室は、世界的にも珍しいですね」

各手法の装置を構築し、それを扱う技術を身に付けるのは簡単なことではない。なぜ、そのような戦略を取るのだろうか。「触覚のような主観的な体験に関する神経メカニズムを理解するには、神経細胞1個、局所回路、より広域のネットワーク、動物個体と、さまざまなレベルの活動を包括的に観察する必要があるからです」と村山TLは答える。

ヒトの脳には全体で約1,000億個の神経細胞がある。神経細胞は、核がある細胞体から2種類の突起が伸びている。いくつにも分岐した樹状突起と、長い軸索

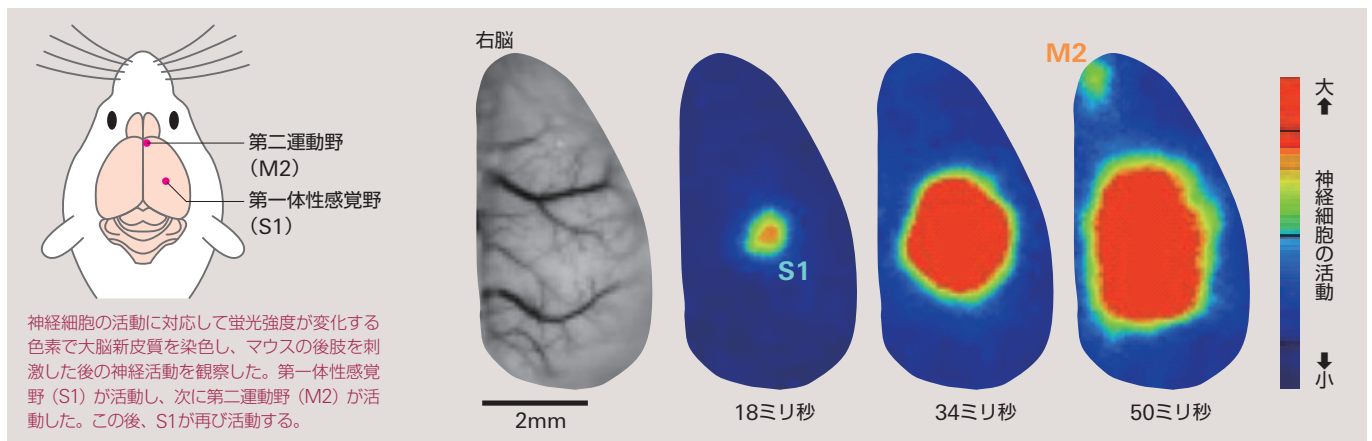


図1 膜電位イメージングによる神経活動の可視化

村山正宜 (むらやま・まさのり)

脳科学総合研究センター
行動神経生理学研究チーム
チームリーダー

1977年、宮城県生まれ。博士（生命科学）。東京薬科大学生命科学部卒業。同大学大学院生命科学研究科博士課程修了。2006年、スイス・ベルン大学生理学部博士研究員。2010年より現職。



である。樹状突起は情報を受け取る入力装置、軸索は情報を送り出す出力ケーブルに当たり、たくさんの神経細胞がつながって複雑なネットワークを形成し、情報を伝達し、処理している。一つの手法で見えるものには限りがあるのだ。

村山TLが多様な手法を取り入れるべきだと考えるようになったのは、大学院生のときに読んだ記事がきっかけだ。「BSIの初代センター長で、現在は特別顧問の伊藤正男先生が、ある雑誌に若手研究者へのメッセージを寄稿されていました。そこには、“何々屋にはなるな”とありました。この世界に入ってきたのは、解き明かしたい現象があるからで、一つの技術を極めるためではないだろう、と。そのとおりで思い、2010年にBSIで研究チームを立ち上げるとき、あらゆる手法を取り入れ、必要ならば新しい手法をつくり、知覚や行動のメカニズムを解明していこうと決めました」

■ 第二運動野から第一体性感覚野へ戻る反響回路を発見

私たちは、物が触れたという皮膚感覚を、どのように知覚しているのだろうか。「実は、皮膚感覚を知覚する神経回路とそのメカニズムは、よく分かっていないのです」と村山TLは言う。

皮膚にある感覚細胞が刺激を受け取ると、電気信号が生じる。その電気信号は感覚神経を通して脳の中央に位置する視床を経由して、大脳の表面を覆っている新皮質の第一体性感覚野（S1）という領域に達する。大脳新皮質は働きごとに小さな領域に分かれていて、その情

報はほかの領域へと伝わっていく。分かっているのは、この程度の大まかな情報の流れだけだ。神経回路のどこで、どのタイミングで皮膚感覚を知覚するのかは、明らかになっていない。

そこで村山TLらは、マウスの後肢を刺激したときの神経活動を観察することから始めた。使用したのは、膜電位イメージングである。神経細胞が活動すると、細胞の内と外で電位差が生じる。膜電位の変化に応じて蛍光強度が変化する色素で神経細胞を染色しておくことで、広範囲の神経細胞の活動を蛍光強度の変化として記録することができる。

マウスの後肢を刺激すると、S1が活動し、その後、第二運動野（M2）が活動した（図1）。「S1とM2を結ぶ神経回路があることは知られていましたが、機能的にもつながっていることが、この実験で初めて確かめられました。さらに驚いたことに、M2の後、再びS1が活動したのです。その活動がどういう意味を持つのか分かりませんでした。そこで、神経活動を抑制する薬剤を使い、S1の1回目と2回目の活動、そしてM2の活動の関係を詳しく調べることにしました」

まず、神経活動を抑制する薬剤をS1に投与した。すると、後肢を刺激してもS1は活動せず、M2も活動しなかった。次に、その薬剤をM2に投与して後肢を刺激すると、S1の1回目の活動は起きるが、M2の活動とS1の2回目の活動は起きなかった。「これらの結果は、後肢からの情報がS1からM2に伝わり、再びS1に戻ってくる反響回路が存在することを示しています」と村山TLは解説する

（図2）。そのような反響回路はこれまで知られていなかった。

■ 5層神経細胞の持続的活動によって皮膚感覚を知覚

「なぜ反響回路のような複雑な回路をつくっているかに興味があります。複雑な回路をつくることによって消費するエネルギーが増え、知覚までの時間も長くなります。それでも反響回路をつくるからには、何か理由があるはずですよ」

そう考えた村山TLは、反響回路に関わる神経活動をさらに詳しく調べていった。大脳新皮質は層構造になっていて、各層は異なる役割を担っている。表面が1層、一番深い層が6層だ。膜電位イメージングは広範囲の神経活動を捉えることができるが、深さ方向は1層から3層までしか捉えることができない。村山TLは、1層から6層まで全層の神経活動を捉えるため、シリコン電極を使った。

電極は神経細胞の活動に伴う電位変

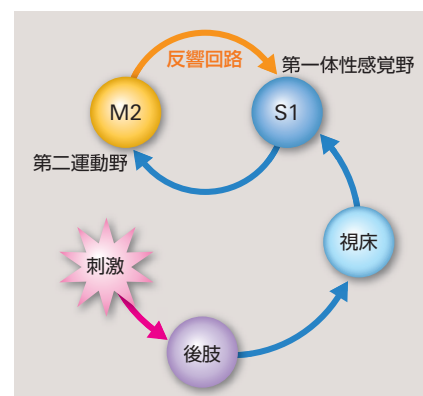


図2 第一体性感覚野と第二運動野の間の反響回路

後肢を刺激した情報は、視床を介して第一体性感覚野（S1）、そして第二運動野（M2）に伝わる。S1とM2の間には反響回路があり、M2はS1を再び活性化させる。

化を捉えるために古くから使われている手法だが、従来の電極では1本で1個の神経細胞の活動しか捉えられない。村山TLが使ったシリコン電極は、16点の記録部位が一行に並んでいる。それを大脳新皮質の層に対して垂直に刺すことで、全層の神経活動を記録できる。

シリコン電極の記録から、M2からS1へ戻る反響回路の存在を支持する結果が得られた。S1での2回目の神経活動は、5層で特に活発であることも明らかになった。これらの結果から村山TLが考えたのは、「樹状突起スパイクが起きているのではないか」ということだった。

1個の神経細胞の複数の樹状突起に同時に入力があると、樹状突起で大きな活動が発生する。それが樹状突起スパイクである。樹状突起スパイクは、細胞体の持続的な活動を引き起こす。大脳新皮質のS1の5層にある神経細胞の樹状突起は、1層から6層まで長く伸びている。そのため反響回路からの入力を同時に受けやすく、樹状突起スパイクが起きているのではないかと考えたのだ。実際、深部を高解像度で観察することができる2光子イメージングで樹状突起の活動を調べると、5層の神経細胞で樹状突起スパイクが起きていることが確かめられ

た。また、M2の活動を薬で抑制すると、S1の5層神経細胞の樹状突起スパイクと細胞体の持続的な活動も抑制された。

「S1の5層神経細胞の長く伸びた樹状突起が反響回路からの入力を同時に受け取ることで、樹状突起スパイクが発生し、細胞体の持続的な活動が引き起こされます。このとき皮膚感覚が知覚されます。私は、そう考えました。それが反響回路モデルです」(図3下)

■ 反響回路は皮膚感覚の知覚に必須

村山TLは今回の研究で、マウスを用いた行動実験も行った。「神経細胞の活動から明らかになった反響回路の機能を、個体レベルでも確かめる必要があると考えたのです。行動実験は初めてだったので、とても苦労しました」

箱の床の半分にはザラザラの紙やすりを、半分にはツルツルの紙を敷き、マウスの行動を観察した(図4)。マウスは個体によってザラザラの床かツルツルの床かどちらかを好む傾向があるため、普通の状態のマウスは一方の床に長く滞在する。次に、光遺伝学的手法によって、反響回路を特異的に抑制したマウスの行動を記録。光遺伝学とは、特定の神経細胞に光に反応するタンパク質を発現させておき、狙ったときに光を照射することで、その神経細胞の活動を抑制あるいは活性化できる手法である。光照射によって反響回路を特異的に抑制したマウスは、ザラザラの床とツルツルの床のどちらにも偏りなく滞在した。

「反響回路を抑制すると、マウスはザラザラの床とツルツルの床を識別できな

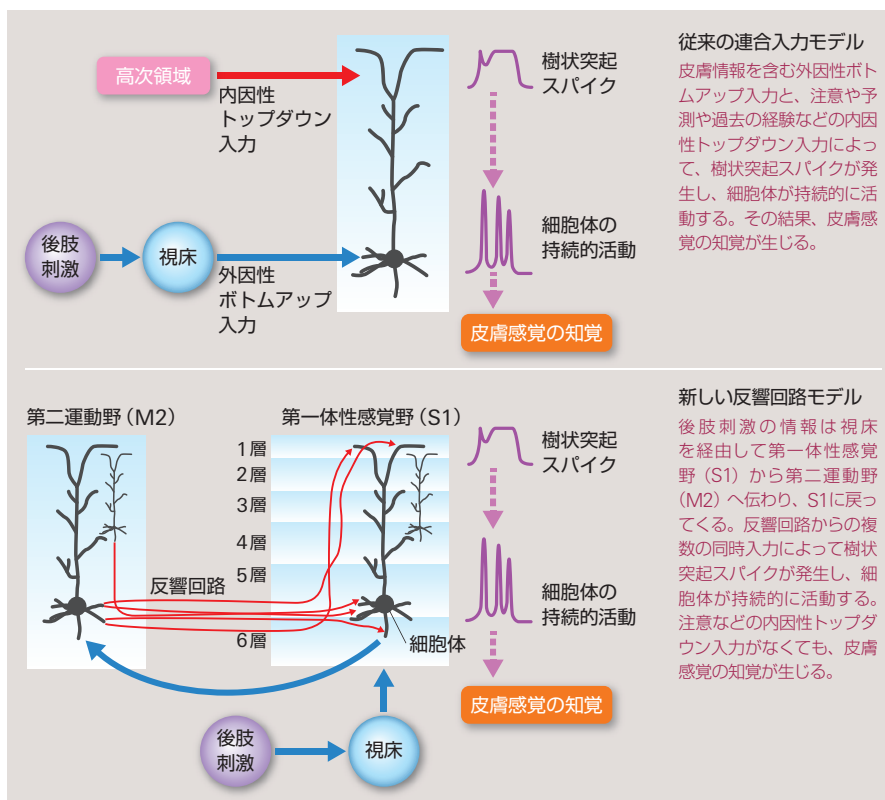


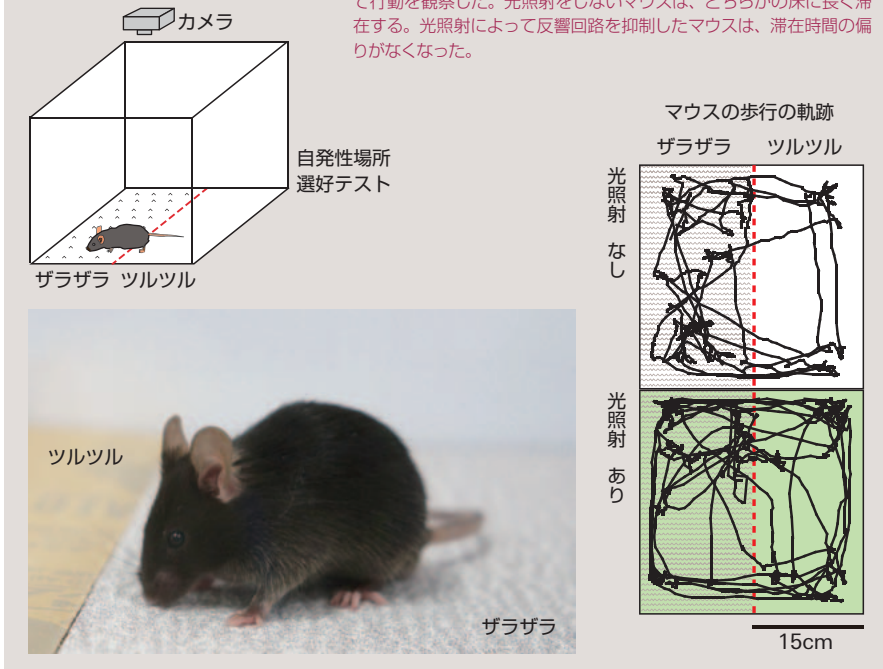
図3 従来の連合入力モデルと新しい反響回路モデル
二つの異なる神経回路が、状況に応じて使い分けられている可能性がある。

関連情報

●2015年5月22日プレスリリース
“感じる脳”のメカニズムを解明

図4 反響回路が皮膚感覚の知覚に与える影響

マウスには、光を照射すると神経細胞の活動を抑制するタンパク質を発現させておく。箱の床にザラザラの紙やすりとツルツルの紙を敷いて行動を観察した。光照射をしないマウスは、どちらかの床に長く滞在する。光照射によって反響回路を抑制したマウスは、滞在時間の偏りがなくなった。



くなるのです。ほかにも数種類の行動実験を行い、反響回路を抑制しても知覚以外の運動や予測などの脳機能は変化しないことを確認しました。それらの結果から、M2からS1へ戻る反響回路は、皮膚感覚の知覚に必須であることが明らかになりました」

■ 注意していなければ何も感じない？

実は、これまで皮膚感覚の知覚について、一つの神経回路モデルが提唱されていた。外因性ボトムアップ入力と内因性トップダウン入力の連合入力モデルだ(図3上)。皮膚の情報がS1、そして脳の高次領域に伝わる。これが、外因性ボトムアップ入力だ。一方、高次領域から低次領域には、注意や予測、過去の記憶などの情報が伝わる。これが、内因性トップダウン入力だ。外因性ボトムアップ入力と内因性トップダウン入力が入ると、樹状突起スパイクが発生し、細胞体では持続的な活動が生じる。その結果、皮膚感覚を知覚する、というモデルである。

「私たちはボーっとしているときも皮膚感覚を知覚します。しかし、連合入力モ

デルでは、内因性トップダウン入力がない、つまり注意していなければ何も感じないことになってしまう。その点が問題になっていました」と村山TLは指摘する。「私たちが今回発見した反響回路は、注意していないときでも皮膚感覚の知覚が可能であることを示したものです」

では、連合入力モデルは誤っていたのだろうか。村山TLは、「そうではない」と言う。「注意しているときは連合入力モデル、注意していないときは反響回路モデル、というように二つの神経回路が使い分けられていると考えています」

■ 僕の前に道はない、
僕の後ろに道は出来る

今後どのように研究を進めていく計画だろうか。「知覚のメカニズムを詳細に理解するためには、どの神経細胞が活性化するか、さらに踏み込んで、どの樹状突起のどこに情報が入力され、どのように活性化するかまで調べたい」と村山TLは考えている。「樹状突起の局所の活動を制御できる技術や、樹状突起のどこが活動しているかを記録できる技術が必要です。現在、そういう技術はありません。なければ、つくるしか

ないですね」

村山TLは、スイス・ベルン大学の博士研究員時代に、生きたままのマウスで樹状突起の活動を記録したいという思いから、光ファイバーと極小のプリズム状のレンズを組み合わせた光ファイバー顕微鏡を開発したという実績がある。「睡眠時間2時間の日が続き、血尿が出るほど苦労しましたが、樹状突起の活動を初めて見ることができたときはうれしかったですね。新しい技術をつくれば、誰も見たことがない新しいものが見える。それも研究の醍醐味です」

プレスリリースのタイトルに“感じる脳”という言葉を選んだのは、村山TLだ。「印象的な、いい言葉でしょう」と笑う。「実は、M2からS1に戻る反響回路と同様のメカニズムが、触覚だけでなくほかの感覚にも共通してあるのではないかと考えています。私たちは、さまざまな感覚、まさに感じる脳のメカニズム解明の糸口をつかんだのかもしれませんが、そんな意味も含めています。また、この反響回路が学習とも関わっていることを示唆する実験結果が出ていて、現在詳しく調べているところです」

僕の前に道はない、僕の後ろに道は出来る——高村光太郎の詩の一節が好きだという。「動物の行動がどのような神経活動によって形成されるのかを、知覚から行動までひとつながりで理解したい。どうしたらそれができるのか、まだ分かりません。まさに、僕の前に道はない。でもきっと、僕の後ろに道ができる。そう信じて研究を進めていきます」

(取材・執筆：鈴木志乃/フォトンクリエイト)

金やプラチナ（白金）、ウランなど鉄より重い元素が、超新星爆発のときに数秒ほどで合成されたという「r（rapid）過程」仮説が1950年代に提唱された。理研仁科加速器研究センター（RNC）櫻井RI物理研究室の櫻井博儀 主任研究員や西村俊二 先任研究員たちを中心とする国際共同研究グループは、重イオン加速器施設「RIビームファクトリー（RIBF）」を利用して、r過程でつくられたと考えられている原子核の寿命を測定することに世界で初めて成功し、r過程を実験的に検証する新しい時代の扉を開いた。

重元素合成の過程を RIBFで検証する新時代が到来

■ わずか数秒ほどで、鉄からウランまでが合成された？

私たちの身体は、“星くず”でできているといわれる。宇宙誕生のビッグバンでは水素、ヘリウム、リチウムという最も軽い元素しかできない。身体の主成分である炭素や酸素、窒素などの元素は、恒星の中で起きる核融合反応で合成されたものだからだ。

「しかし、それも鉄までです。あらゆる元素の中で鉄が最も安定しているので、プラス電荷を持つ原子核同士がクー

ロン力による反発に打ち勝って結合する核融合反応は、鉄が合成されたところで止まってしまう」と櫻井主任研究員は説明する。

原子核はプラス電荷の陽子と電気的に中性な中性子から成るが、元素の種類は陽子の数（原子番号）だけで決まる。自然界には陽子1個の水素から92個のウランまでが安定に存在している。私たちの身体の中でも、陽子26個の鉄や、それより陽子を多く持つ銅や亜鉛などの重い元素が、生命活動で重要な働

きをしている。それらの重い元素は、どうやって合成されたのか。

1950年代、原子核理論と宇宙天体モデルに基づき、超新星爆発が起きたときに、わずか数秒ほどの間に鉄からウランまでの重い元素の約半分が合成されたという「r過程」仮説が提唱された（図2）。

太陽の8倍以上の重い星は、鉄までの合成が進んで核融合反応が止まると、自身の重力を支え切れなくなり、爆発的な収縮が起きて超高温・高密度状態となる。このとき陽子が電子を吸収して、

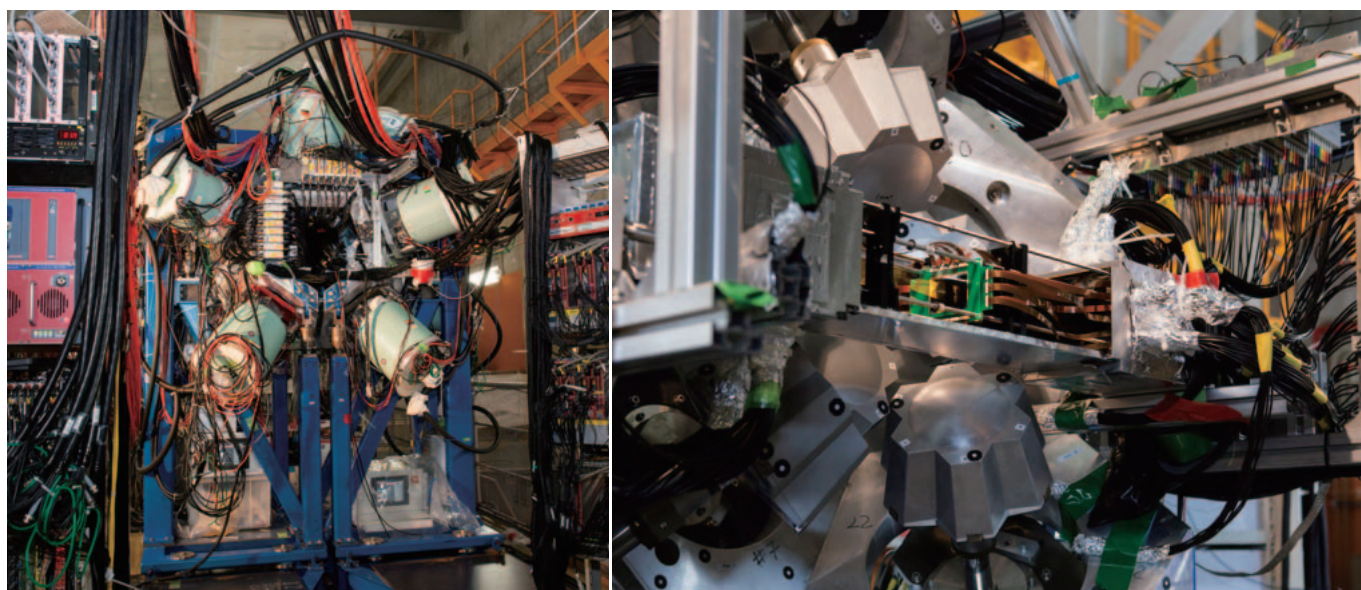


図1 大球形ゲルマニウム半導体検出器「EURICA」（左）とその内部に組み込まれた寿命測定装置「WAS3ABi」（右）

撮影：STUDIO CAC

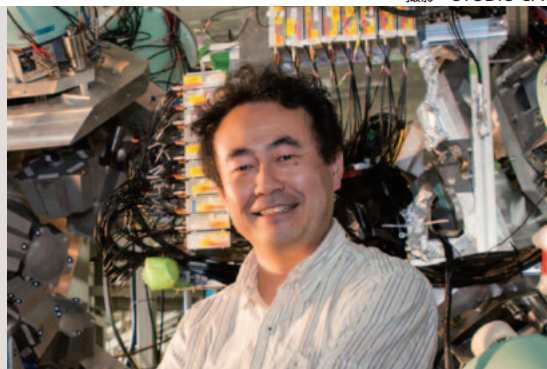
右のWAS3ABi中央の緑枠部分にシリコン半導体が最大8枚まで重ねられている（写真では3枚）。西村研究員は、中性子過剰核の寿命を測定するために開発した手法を次のように解説する。「β崩壊で発生するβ線の信号は微弱ですが、原子核がシリコン半導体で止まったときに発

生する信号は非常に強く振り切れてしまうので、高感度回路と低増幅率回路の2系統を用意する必要があります。私は、微弱な信号を測定するために開発した高感度回路の時間特性を活用することで、（低増幅率回路なしで）同時に大きな信号も識別できる手法を開発しました」

櫻井博儀 (さくらい・ひろよし)

仁科加速器研究センター
櫻井R1物理研究室
主任研究員

1963年、京都府生まれ。博士（理学）。
東京大学大学院理学系研究科博士課程
修了。東京大学大学院理学系研究科助手
を経て、1995年、理化学研究所研究員。
2005年より現職。2011年より東京大学
大学院理学系研究科教授を兼務。



たくさんの中性子ができる。

中性子は電氣的に中性なので、クーロン力による反発を受けずにプラス電荷の鉄原子核などと結合することができる。多量の中性子が高密度に存在する環境の中で、例えば鉄原子核（陽子26個）は中性子を次々に取り込み、陽子数よりも中性子数が非常に多い中性子過剰な原子核（中性子過剰核）となる。その中性子過剰核は不安定で、中性子1個が電子線（β線）を放出して陽子に変わるβ崩壊を起こし、陽子が1個多いコバルト（陽子27個）になる。このような反応を繰り返し、鉄より陽子数の多い中性子過剰核が次々につくられていき、ウラン（陽子92個）のもととなる質量数（陽子数+中性子数）235や238の重い中性子過剰核までが数秒程度で合成される（r過程）。それら中性子過剰核はβ崩壊して、鉄からウランに至る重い元素の安定核ができたと考えられている。星の収縮はやがて爆発に転じて超新星爆発が起き、r過程で合成された元素は宇宙空間にまき散らされる。

わずか数秒という高速（rapid）で起きるr過程で、宇宙に存在する鉄より重い元素のおよそ半分の量が合成されたと考えられている。残りの半分は、恒星の内部にできた中子と重い原子核が結合して崩壊することで非常にゆっくり合成されたと考えられている。これは「s（slow）過程」と呼ばれている。

■ RIBFで中性子過剰核の寿命を調べる

「s過程の解明が進んだのに対し、r過程を実験的に検証することはできません

でした」と櫻井主任研究員は指摘する。

自然界で安定に存在する原子核（安定核）は約270種類あり、陽子と中子数の数にあまり違いはない。陽子数を縦軸、中子数を横軸にした核図表（図2）上で、安定核は左下から右上へと対角線上に並ぶ。そこから離れて陽子あるいは中子が多い原子核は、寿命が短い不安定核だ。

s過程でできる不安定核は、核図表上で安定核に近いので人工的につくりやすく、寿命や質量などの性質がよく調べられてきた。一方、r過程の経路でできる中性子過剰核は安定核から遠く離れているため、これまで加速器で人工的にたくさんつくることが難しかった。そのため性質を調べてr過程を検証することができなかったのだ。

2007年に稼働した理研のRIBFは、r過程の経路でできる中性子過剰核を人

工的に生成し、その性質を調べることができるとして初めての加速器施設であり、重元素合成の謎の解明を大きな目標の一つに掲げている。「r過程の経路でできる中性子過剰核の中に寿命（半減期）が長いものがあれば、そこではr過程がゆっくり進むはずですが。私はr過程の検証に中性子過剰核の寿命の測定が重要だと考え、2004年ごろから寿命測定装置の開発を進めました」と西村先任研究員（以下、研究員）は振り返る。

それはシリコン半導体を何枚か重ねた装置だ。装置に原子核がやって来ると、何枚目かの半導体で止まり、やがて中子がβ線を放出してβ崩壊する。どの種類の原子核がどの位置に止まったかを正確に捉えた上で、その原子核が止まってからどれだけの時間が経過してβ線が発生するかを捉える。その測定を個々の原子核について行い、統計処

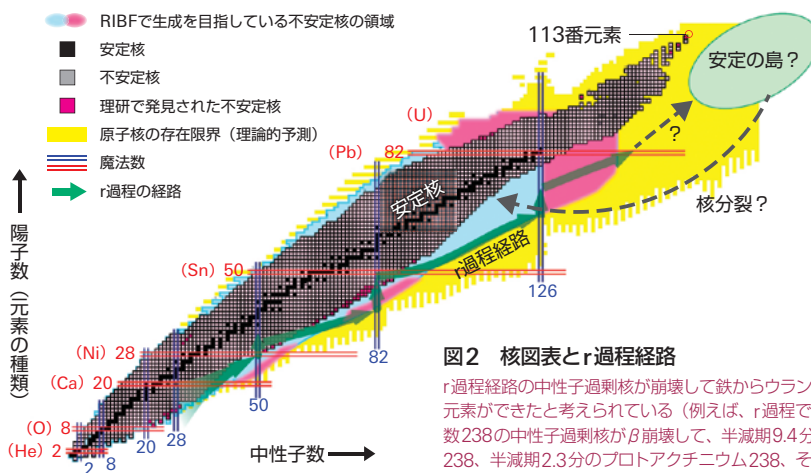


図2 核図表とr過程経路

r過程経路の中性子過剰核が崩壊して鉄からウランに至る重い元素ができたと考えられている（例えば、r過程でできる質量数238の中性子過剰核がβ崩壊して、半減期9.4分のトリウム238、半減期2.3分のプロトアクチニウム238、そして最後にウラン238となる）。

RNCの森田浩介グループディレクターたちが合成に成功した113番元素よりも中子数が多い「安定の島」領域では、比較的安定な超重元素が存在し得ると予測されている。中性子星の合体によるr過程で安定の島の超重元素がつかられ、それが核分裂を起こして重い元素の安定核ができた可能性がある。

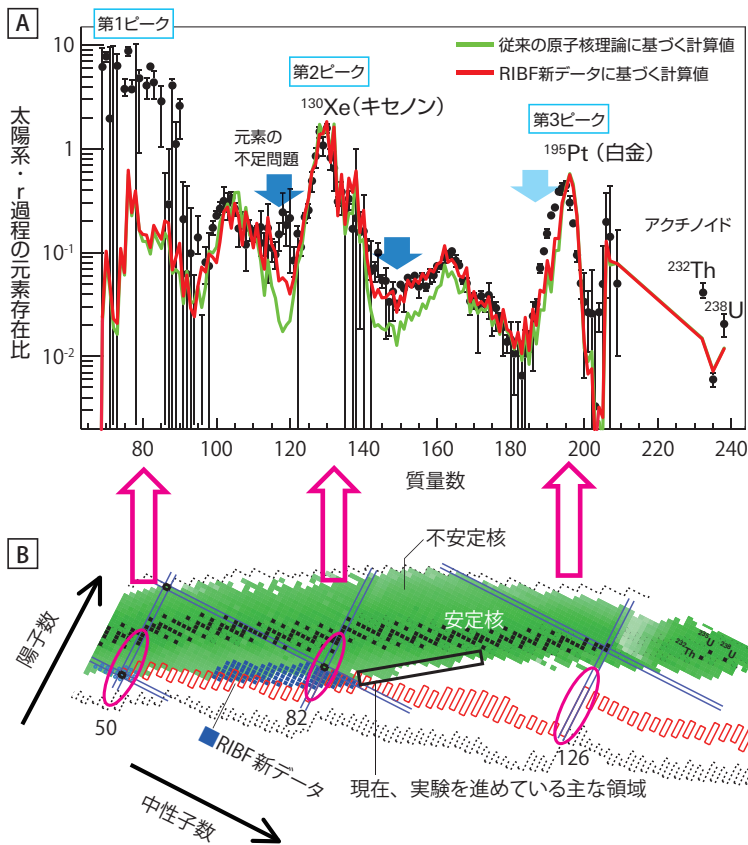


図3 r過程と元素不足問題

Aの黒丸は、s過程成分を除いたr過程による太陽系における元素存在比の観測値。緑ラインは従来の原子核理論による計算値。青四角はRIBFによる中性子過剰核の寿命データに基づきr過程で合成される元素存在比を計算すると、第2ピーク前後の2ヶ所の元素不足が改善した(Aの赤ライン)。なお、第1ピークの元素存在比は、r過程成分の不確実性が大きいなどの理由から、r過程の検証において第2・3ピークほど重要視されていない。

西村 研究員たちは、EURICAとWAS3ABiを用いた国際共同研究により、中性子数82付近の中性子過剰核110種類(図3B 青四角)の寿命を測定し、その結果を2015年に発表した。「従来の理論予測よりも寿命が30~35%も短い中性子過剰核があることが分かりました。それらの測定データを取り入れてr過程のシミュレーションを行うと、2ヶ所の元素不足が改善しました」と西村研究員。

「r過程が提唱されて半世紀以上を経て、ようやく実験データによりr過程を定量的に議論できる時代になったのです」と櫻井主任研究員は今回の研究成果の意義を語る。

従来の理論が予測する寿命が、RIBFでの実験による測定値と異なることは、原子核理論が未完成であることを示している。そもそも従来の理論は、約270種類の安定核の研究に基づき築かれた。しかし、理論的には1万種類の原子核が存在し得ると考えられ、大部分が陽子や中性子の過剰核だ。

「RIBFを利用した実験により、中性子過剰核の領域では従来の魔法数が消えたり新しい魔法数が現れたりすることが分かってきました。原子核理論を完成させるには、魔法数の検証が欠かせません。中性子過剰核がβ崩壊するときγ線も出します。そのγ線のエネルギー(励起エネルギー)は、その原子核をつくる中性子と陽子の結び付きの強さを反映しています。周辺の原子核に比べてγ線のエネルギーが高いと、その原子核の中性子数が魔法数である可能性

理して寿命を決定する。

「原子核が止まったときに半導体に発生する信号が非常に強いのにに対して、β線の信号は微弱です。私は、強さが大きく異なる二つの信号を識別してβ線を感度よく捉える手法を開発しました。それが難しい点でした」と西村研究員は解説する(図1右)。

2009年、西村研究員たちは、開発した寿命測定装置により38種類の中性子過剰核の寿命を測定する実験を行い、その結果を2011年に論文発表した。「私たちはその実験で、r過程経路の中性子過剰核の測定に世界で初めて踏み込むことができました。わずか8時間の測定時間で、世界の過去20年分に匹敵するデータを取得することができ、RIBFの性能を世界に示すこともできました」と櫻井主任研究員。

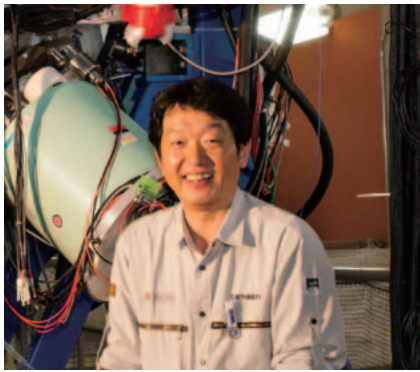
その後、欧州γ線検出器委員会が管理する、γ線を測定する大球形ゲルマニウム半導体検出器「EURICA」をRIBFに移設することが決定され、西村研究員たちが改良を進めた寿命測定装置「WAS3ABi」と組み合わせて実験を行う

国際共同研究が2012年6月にスタートした(図1)。

■ WAS3ABiで元素不足問題に挑む

1990年代、超新星爆発におけるr過程を、原子核理論に基づきコンピュータでシミュレーションして、それぞれの元素がどれくらいの量できるのか、その比率(元素存在比)を計算することができるようになった。それを質量数の順に並べると、その計算値(図3A 緑ライン)は、隕石の分析や天体観測から導かれた実際の太陽系の元素存在比(図3A 黒丸)よりも少ないところが3ヶ所あることが分かった。それは「元素不足問題」と呼ばれ、うち2ヶ所は元素存在比の第2ピークの前後にある(図3A 青矢印)。

原子核理論によると、2、8、20、28、50、82、126は「魔法数」と呼ばれ、中性子数あるいは陽子数が魔法数である原子核は中性子と陽子がしっかり結合して安定している。元素存在比の三つのピークは、r過程が中性子数50、82、126ではゆっくり進んだ影響だと考えられている(図3B)。



西村俊二 先任研究員

撮影：STUDIO CAC

が出てきます。 γ 線の測定は魔法数の検証に重要なのです。私たちはEURICAによる γ 線の測定も同時に進めています」と櫻井主任研究員。

■ BRIKENで安定核への経路を検証

櫻井主任研究員と西村研究員たちは現在、中性子数82を超える領域にある新たな100種類ほどの中性子過剰核の寿命を調べる実験を進めている(図3B)。

さらに2016年からは、遅発中性子測定装置「BRIKEN」を用いた新しい国際共同研究計画を開始する予定だ。r過程経路の中性子過剰核は、中性子が陽子に変わるとともに、過剰な中性子を放出しながら崩壊を繰り返し、安定核へ行き着く。核図表でいえば、左上へ進む経路だ。BRIKENは、中性子数50から82にかけてのr過程経路付近の中性子過剰核が1回壊れるときに、何個の中性子を放出するかを測定する。WAS3ABiはBRIKENに組み込まれ、その測定に貢献する予定だ。

「BRIKENは、中性子過剰核から安定核へ至る経路を検証するのです。放出される中性子数が従来の理論と異なれば、最終的に行き着く安定核の元素の種類が異なり、元素存在比も変わります」と西村研究員は解説する。

RIBFでは中性子過剰核の質量を精密に測定する実験も始まる。「それらの実験データをシミュレーションに組み込むことで、第2ピーク前後にある2ヶ所の元素不足問題は解決できるかもしれません」と西村研究員は語る。

現在、日本の国立天文台は、国際協力

によりハワイに口径30mの望遠鏡TMTの建設を進めている。「2020年代に観測を始めるその巨大望遠鏡を使って、宇宙初期における星の元素存在比を詳しく観測してほしいと思います」と櫻井主任研究員は言う。「太陽系における元素存在比は、宇宙誕生以来、何回も起きたr過程が積み重なった結果です。一方、宇宙初期における星の元素存在比は、1回分のr過程を反映していると考えられます。それをRIBFの実験データに基づく元素存在比と比較したいのです」

■ 重元素はどこで合成されたのか

元素不足問題は第3ピーク付近にもあり(図3A 水色矢印)、そこは今回のRIBFの実験データに基づく元素存在比の計算値でも改善されていない。

「その元素不足の謎を解くには、第3ピークをつくった中性子数126付近のr過程経路にある中性子過剰核の性質を調べることが重要です。しかし、そこは安定核からとても遠く離れているため、それらの中性子過剰核をつくる方法が見つかっていません」と西村研究員は言う。「中性子数82付近の実験を進めてきた私たちは、126付近の実験がいかに難しく重要かを実感しています。そこが、10~20年先を見据えた私たちの大きなターゲットです」と櫻井主任研究員。

近年の理論研究により、超新星爆発では中性子が多くつくられないためウラン合成まで至らないかもしれないと指摘され、r過程が起きる場として中性子星の合体が注目されている(『理研ニュース』2014年11月号「SPOT NEWS」参照)。

関連情報

- 2015年5月12日プレスリリース
重元素合成の鍵を握る中性子過剰核110個の寿命測定に成功
- 2012年3月26日トピックス
世界最高水準の核分光研究「EURICA」プロジェクトがスタート

超新星爆発の後にできる中性子星は、中性子が超高密度で集まった天体だ。連星を組んでいた二つの中性子星が合体することで、大量の中性子が供給されてr過程が起きる可能性がある。

「そのとき、r過程経路がどこで止まるかよく分かっていません。r過程が一気に進み、核図表上で“安定の島”と呼ばれる領域の比較的安定な超重元素ができ、それが核分裂して重い元素の安定核に行き着く可能性があります(図2 破線)。もしかしたら、現在の宇宙の元素存在比は、超新星爆発と中性子星の合体の両方で起きたr過程を反映しているのかもしれませんが。r過程がどこで起きたのかを考える上でも中性子数126付近の実験が重要になります」と西村研究員は指摘する。

約100年前にアインシュタインが相対性理論で予言した重力波の初観測を目指して、東京大学の「KAGRA」をはじめ、各国で重力波の観測計画が進められている。そこで観測可能な強力な重力波源として注目されているのが、中性子星の合体だ。

「重力波を捉えた方向に望遠鏡を向けると、中性子星の合体によるr過程で合成された超重元素が核分裂した熱で輝く天体が見えるかもしれません」と櫻井主任研究員は想像を膨らませる。

櫻井主任研究員や西村研究員たちはRIBFを利用した実験により、さまざまな観測と理論の間をつなぎ、重元素合成の謎を解き、原子核理論を完成へ導くことを目指している。

(取材・執筆：立山 晃/フォトンクリエイト)

理研 多細胞システム形成研究センター (CDB) と

住友化学株式会社の共同研究グループは2015年2月、試験管の中で、

ヒトES細胞 (胚性幹細胞) から胎児の網膜とよく似た層構造を持つ立体網膜を安定的につくり出す

分化誘導技術を開発したと発表した。現在、理研CDBと大日本住友製薬株式会社は共同で、

その分化誘導技術を用いてiPS細胞 (人工多能性幹細胞) から作製した立体網膜を、

網膜色素変性の患者さんの治療に応用するための研究を進めている。

住友化学から研究に加わった桑原 篤 CDB客員研究員 (現 大日本住友製薬 主任研究員) と、

CDB立体組織形成研究チームの永樂元次チームリーダー (TL) に、

立体網膜の分化誘導技術を開発するまでの経緯と今後の展望を聞いた。

試験管内で作製した立体網膜の 実用化を目指す

■ 試験管の中で神経発生を再現する

——永樂TLは、どのような経緯で試験管内で網膜をつくることを目指したのですか。

永樂: 私は、1個の受精卵から脳などの複雑な組織や臓器ができていく発生の仕組みに興味があります。そこで、マウスを使って脳ができる仕組みを探る研究を進めていました。しかしマウスなど哺乳類の発生は子宮の中で進むので、発生過程で何が起きているのか、詳しく観察することができません。

そこで私は2006年に、観察可能な試験管内でES細胞をさまざまな神経細胞や組織に分化させる研究を進めていた、笹井芳樹グループディレクター (GD) の研究室 (旧 CDB 器官発生研究グループ) に入りました。最初は、網膜ではなく大脳皮質をつくることを目指しました。そして2008年、ES細胞から層構造を持つ立体的な大脳皮質をつくることに世界で初めて成功しました。それは、胎児期の脳皮質にそっくりでした。

しかし、その大脳皮質をさらに成長させるには、大きな問題がありました。神経組織はシート状の構造を維持したまま発生が進むのですが、大脳皮質はシートが壊れて断片になってしまいやすく、成長させることが難しいのです。一方、理由は分かりませんが、網膜のシート状構造は壊れにくいことが分かりました。そこで、網膜をつくる実験を始めたのです。そして2011年にマウスES細胞から、2012年にはヒトES細胞から、胎児の網膜に似た層構造を持つ立体網膜をつくることに成功しました。

■ ネガティブデータから生まれた「BMP法」

——住友化学はいつから笹井GDと共同研究を始めたのですか。

桑原: 私たちは化学物質の安全性を評価する上でヒトES細胞の有用性に着目し、2006年から笹井先生に研究指導をお願い

しました。2007年からは継続的に笹井先生の研究室に研究員を派遣して、2012年の立体網膜の作製にも貢献しました。私は、2012年4月から2年間、笹井研究室に派遣されました。取り組んだ研究テーマの一つは、2012年の作製法を改良することです。——どのような点の改良を目指したのですか。

桑原: 光が網膜に達すると視細胞で電気信号に変換され、情報が処理された後、脳へ伝わることで、物を見ることができます。網膜は、視細胞など複数の細胞を含む「神経網膜 (感覚網膜)」と、視細胞の生存や機能を支援する「網膜色素上皮 (RPE)」から成ります (図1・図2)。2012年の作製法では、網膜の形状や神経網膜とRPEの比率にばらつきがありました。また、網膜に分化誘導できる効率が不安定で、最高でも約70%でした。その効率を安定的に向上させ、ばらつきを小さくすることが課題でした。

2012年の作製法では、培養液中に動物由来細胞の抽出物を加えていました。その抽出物にはさまざまな成分が含まれており、その比率も常に一定ではないため、培養・分化させた網膜にばらつきが出るとともに分化誘導の安定性や効率にも影響していると考えられました。そこで私は、その抽出物を使わずに培養して網膜へ分化させる方法を探すことにしました。あるとき、笹井研究室で、ES細胞から網膜とは別の組織をつくる実験をしていた研究員から、「ヒトの網膜のような組織ができてしまったので調べてほしい」と頼まれました。一緒に調べてみると、2012年の作製法と同じくらいの効率で網膜ができることが分かりました。それは、BMP (骨形成因子) というタンパク質を加えて培養する方法でした。その研究員にとって、網膜ができてしまったことは「ネガティブデータ」です。「でも、面白いコメントが頂けるかもしれないので、笹井先生に報告してみたら」と、その研究員に勧めました。

報告の場に私も同席したのですが、初期の断片的なデータを

図1 胎児の目組織の断面

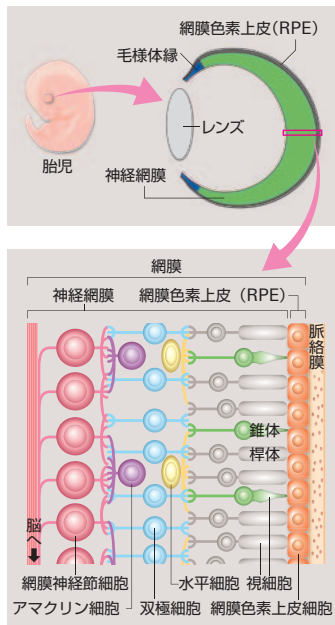
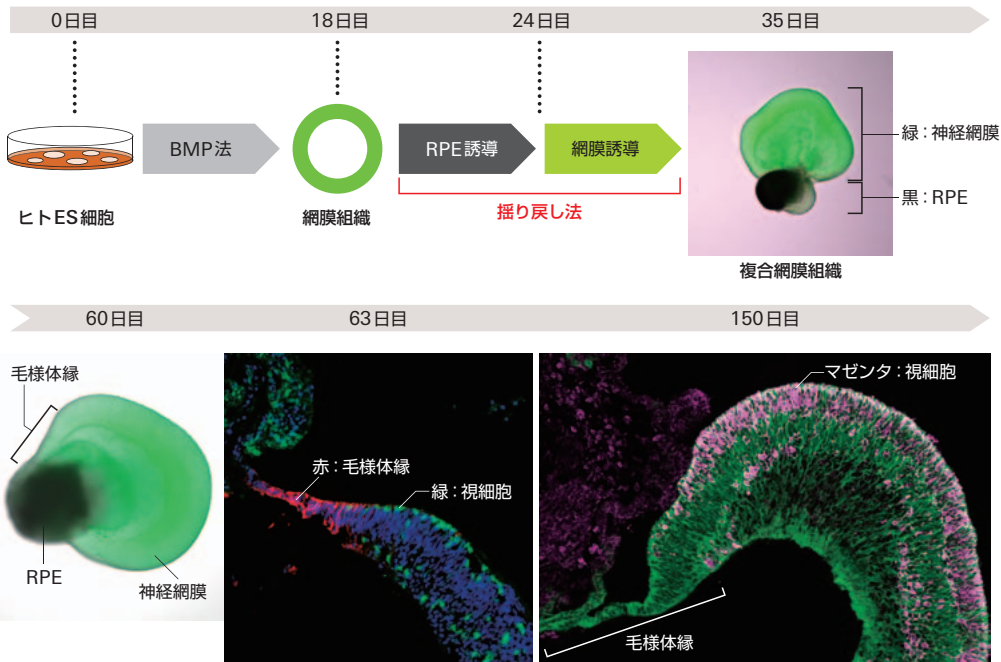


図2 成熟した網膜の構造

図3 BMP法と揺り戻し法で作製した毛様体縁を含む立体網膜



見た笹井先生は、「BMPを加える方法は従来法よりも優れたものになる」と予測されました。その後、BMPを加える濃度やタイミングなどの条件検討を行った結果、まさに笹井先生の予測どおりとなりました。BMP法と名づけたその方法により、常に80%程度の効率で網膜に分化誘導することができるようになるとともに、網膜の形状や神経網膜とRPEの比率のばらつきも小さくなったのです。

■ 謎の毛様体縁をつくり出した「揺り戻し法」

——「毛様体縁」を含む網膜の作製を実現したことも、今回の研究の大きな成果ですね。

桑原：住友化学から笹井研究室に派遣されていた私の前任者が、立体網膜をつくる実験を進めていたときに不思議な領域を見つけました。何か分からなかったので、笹井先生に見ていただいたところ、「おそらく、これは発生生物学で謎となっている毛様体縁だ」と指摘されたそうです。さらに、その構造ができていると、不思議なことに、網膜がきれいな層構造を維持しながら成長しやすいことも分かってきました。そこで、その毛様体縁を含む立体網膜をつくる課題が、私に与えられたのです。

毛様体縁は、胎児期の神経網膜とRPEの境界に形成されず（図1）。試験管の中でもその二つの領域が共存した状態をつくれば、毛様体縁ができると考えられました。しかし、例えて言うなら、一つの容器の中で水と水を同時につくるようなものです。水温を上げれば水に、下げれば氷になりますが、両方の状態を同時につくり出すことは容易ではありません。試行錯誤の末、BMP法で作製した網膜をいったんRPEへ誘導した後に、再び網膜へ誘導する「揺り戻し法」に行き着きました。揺り戻し法を用いると、神経網膜とRPEの領域が共存した状態を約

40%の効率で実現できます。そして、その境界領域に毛様体縁ができていることを確認しました（図3）。

——毛様体縁には、どのような謎があるのですか。

永楽：その役割は動物種で違います。魚類や両生類、鳥類などを用いた研究では、毛様体縁で幹細胞が維持されることで、網膜の成長や再生に貢献していることが知られています。しかしマウスでは、そこに幹細胞があるかどうか議論が分かれ、役割はよく分かっていません。さらにヒトでは、実験に使用できるサンプルが入手困難なため研究ができず、その役割はまったくの謎でした。今回、毛様体縁を含むヒトの立体網膜ができたことで、その役割を調べる実験が初めて可能になりました。

桑原：揺り戻し法を用いて私たちがつくり出した毛様体縁には幹細胞が存在し、神経網膜を構成する視細胞や神経節細胞、RPEの細胞などに分化して、立体網膜を成長させていることが分かりました。

永楽：例えば、マウスよりヒトの目は大きいですが、それは毛様体縁の役割の違いが影響しているのかもしれませんが。試験管の中でヒトとマウスのES細胞から毛様体縁を含む立体網膜ができる過程を観察して、その役割の違いを調べれば、なぜ種によって目の大きさが異なるのか、といった謎の解明につながるかもしれません。

——誕生後も毛様体縁があるのですか。

桑原：ヒトでも誕生後、毛様体縁があった場所に幹細胞が存在すると指摘している研究者がいて、目の組織の修復に貢献している可能性があります。まだよく分かっていません。誕生後の神経組織には幹細胞は存在せず、神経細胞は新しくつくれないと長らく考えられてきました。しかし近年、脳の海馬という場所には神経幹細胞が維持されており、新しい神経細胞が

関連情報

- 2015年2月19日プレスリリース
ヒトES細胞から毛様体縁を含む立体網膜を形成
- 『理研ニュース』2014年4月号
世界初! iPS細胞を用いた網膜の再生医療へ



永樂元次チームリーダー（右）と桑原 篤 CDB客員研究員

つくられて記憶に重要な役割を果たしていることが分かってきました。

永樂：幹細胞が長期間維持されている場所を、「幹細胞ニッチ」と呼びます。骨髄や腸管上皮などにも幹細胞ニッチがあり、組織の再生などに貢献していることが知られています。しかしどのような仕組みで幹細胞が維持されているのか、よく分かっていません。これまで、ヒトとマウスの両方で幹細胞ニッチを研究できる実験系はほとんどありませんでした。試験管内につくった毛様体縁で実験を進め、幹細胞を維持するために必要な遺伝子を探っていきたいと思います。

■ 網膜色素変性の再生医療へ

——立体網膜を網膜色素変性を対象とした再生医療に応用するための研究を進めているそうですね。

桑原：網膜色素変性は、遺伝子の異常が原因で視細胞が変性して失われ、視野が狭まったり視力が低下したりする疾患で、治療法がありません。滲出型加齢黄斑変性という別の目の疾患の患者さんを対象に、理研CDBの高橋政代プロジェクトリーダー（PL）たちが、ヒトiPS細胞から作製したRPEを移植する臨床研究を進めています。その高橋PLが中心となり永樂TLたちと共に、網膜色素変性の患者さんにヒトiPS細胞から作製した立体網膜を移植することで、失われた視細胞を補う再生医療の研究開発を進めています。現在、ヒトES細胞やヒトiPS細胞から作製した立体網膜を網膜色素変性のモデル動物に移植して、治療効果や安全性を確かめている段階です。

その研究に住友化学のグループ企業である大日本住友製薬が参加しています。立体網膜の製造技術を住友化学から大日本住友製薬へ移管し、臨床应用到に用いる立体網膜の製造はそちらで実施する予定です。私自身も2014年から大日本住友製薬に出向して、臨床用ヒトiPS細胞から立体網膜を安全かつ高効率で安定的に作製する技術の研究開発などを行っています。

■ 基礎と応用の研究者が日常的に連携して、再生医療の実現を目指す

——永樂TLは今後、立体網膜を使ってどのような基礎研究を進め

るつもりですか。

永樂：先ほど紹介した毛様体縁の研究とともに、黄斑が形成される謎を探っています。レンズの役目をする角膜と水晶体を通った光は、網膜中心部にある直径2mmほどの黄斑で焦点を結びます。光を電気信号に変換する視細胞には、錐体と桿体があります（図2）。錐体は細かい物を識別する能力に優れ、桿体は光に対する感度が高いという性質があります。黄斑以外の網膜では桿体の比率が高いのですが、黄斑では逆に錐体の比率が高くなっています。黄斑は細かい物を識別する能力、視力を担っているのです。どのような仕組みで、ちょうど焦点を結ぶ場所に錐体の比率が高い黄斑が形成されるのかが大きな謎です。

実は、私たちが2011年に立体網膜をつくることに成功して以降、世界中の研究者たちが、黄斑のような錐体が集中した領域を持つ網膜を、試験管の中でつくることに挑んでいます。私たちがつくり出した立体網膜には錐体と桿体になる前段階の細胞がありますが、その比率を制御することはできていません。私たちも、その比率を制御して錐体の比率が高い領域をつくり、黄斑形成の謎に迫りたいと思います。

桑原：幹細胞研究では、そのような基礎研究で得られた知見が応用研究でもとても有効になります。現在所属する大日本住友製薬の研究室が、CDBの隣にある先端医療センター研究棟の1階、永樂TLの研究室が2階にあります。何かあると2階へ上がっていき、議論をしてアドバイスを頂くことができます。

永樂：私たち基礎の研究者にとっては、大日本住友製薬のように本気で再生医療の実現に取り組む企業が出てきたのは有り難いことですね。基礎研究だけでは再生医療は絶対に実現できませんから。

桑原：企業だけでも実現できません。再生医療の実現には、基礎科学の最新の知見が不可欠ですが、一企業で基礎科学の最先端を切り開いていくことは困難です。永樂TLたち基礎科学の最先端を走る研究者がすぐ近くにいる日常的に連携できることは、とても大きなメリットです。この環境を生かして、1日も早く立体網膜を実用化して網膜色素変性の再生医療の実現に貢献していきたいと思います。

（取材・構成：立山 晃／フotonクリエイト）

第23回世界スカウトジャンボリーに「分光学ワークショップ～光の秘密を探る～」を展覧

日本各地で猛暑日の連続記録が生まれた2015年7月28日から8月8日までの12日間、第23回世界スカウトジャンボリーが山口県山口市きらら浜で開催されました。世界スカウトジャンボリーは4年に1度開催される世界のスカウトのための教育イベントで、日本での開催は1971年の第13回大会以来、44年ぶり2度目のことです。今回のジャンボリーには世界152の国と地域から約34,000人のスカウトたちが集まり、約2週間にわたって、キャンプをしながら「世界の仲間」と「国際理解」、「カルチャー」、「サイエンス」というカテゴリーごとに行われる多彩なイベントに参加し、さまざまな体験を共有し学習しました。

理研（本部所在地は埼玉県和光市）は、日本ボーイスカウト埼玉県連盟からの展覧依頼を受け、地域連携およびアウトリーチ活動の一環として、7月30日から8月6日までの8日間、サイエンスモジュールにブースを展覧しました。今年は「国際光年」ということもあり「分光学ワークショップ～光の秘密を探る～」という体験学習プログラムを行いました。

始まる前は、さまざまな国のスカウトたちがこのワークショップに興味を持ってくれるか、そもそもこのブースに立ち寄ってもらえるのかなど、スタッフ一同不安に思っていたのですが、そんな不安を吹き飛ばすように、連日多くのスカウトたちが集まり、ワークショップは毎回満員御礼の大盛況。最終的には43の国と地域から782名のスカウトが分光学ワークショップに参加しました。

参加したスカウトたちは、暑さに負けず講師の話に熱心に耳を傾け、「光」とはどのようなものなのか、「スペクトル」とは何かを学びました。講義の後は理研スタッフとIST（International Service Team）から派遣されたスカウト指導員数名と共に、スカウトそれぞれが分光器の作製を行い、昼光、白色蛍光灯やランタン、電球などを、肉眼で見たとときと分光器を通して見たときの違いについて観察し、光の仲間分けを行いました。ワークショップの最後には、元素名を伏せてスペクトルの観察を行い、サンプルのスペクトル写真と見比べることで、その元素が水素とネオンであることを同定しました。分光することによって、遠くの天体や組成が不明なガスがどんな元素からできているか調べられることを体験しました。

講義がよく分からなかったという顔をされた子どもの、実験を通して講義内容が分かったときの目の輝きが何よりも印象的でした。理研ブースには中高生のスカウトだけでなく、スカウト指導者も多く訪れ、その中には持ち帰って教材にさせてほしいと申し出る方も何人かいらっしゃいました。「サイエンスに国境はない」ことを身をもって実感したアツい8日間でした。

※簡易分光器の作り方などは下記URLをご参照ください。
<http://www.riken.jp/pr/fun/spectroscopy/>



「BioJapan 2015 World Business Forum」出展のお知らせ

理化学研究所は、10月14日（水）～16日（金）に開催される「BioJapan 2015 World Business Forum」に出展します。

理研ブースでは、研究成果についてポスター展示を行います。また、「産業界との融合的連携研究制度」のご紹介、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	2015年10月14日（水）～16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無料）
詳細	BioJapan 2015 公式ホームページ http://www.ics-expo.jp/biojapan/main/index.html

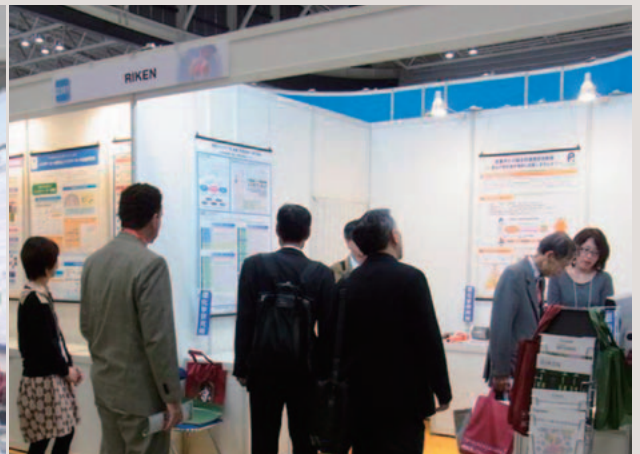


出展者一覧

光量子工学研究領域 エクストリームフォトニクス研究グループ 生細胞超解像イメージング研究チーム 中野明彦
大森素形材工学研究室 大森 整
環境資源科学研究センター ケミカルバイオロジー研究グループ 本山高幸
統合生命医科学研究センター 統合細胞システム研究チーム 岡田眞里子
統合生命医科学研究センター 粘膜システム研究グループ 大野博司
産業連携本部 イノベーション推進センター 人工ワクチン研究チーム 増田健一
産業連携本部 創薬・医療技術基盤プログラム
産業連携本部 予防医療・診断技術開発プログラム
産業連携本部 横断プログラム推進室
産業連携本部 産業界との融合的連携研究制度



「BioJapan 2014」の様子



2016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2016年度新規研究課題の募集を、2015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14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2015年11月20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。

事前相談・問合せ窓口

理研産業連携本部
イノベーション推進室 後藤、筒
TEL：048-462-5459
E-mail：yugorenkei@riken.jp

理化学研究所神戸地区一般公開のお知らせ

神戸地区の理化学研究所（多細胞システム形成研究センター、ライフサイエンス技術基盤研究センター、生命システム研究センター、計算科学研究機構）では、今年も「一般公開」を開催します。

普段、見ることや入ることができないスーパーコンピュータ「京」や実験室、研究を支える施設を公開し、研究活動とその成果について理解を深めていただく機会を提供します。

当日は、各会場において、研究現場の公開や施設の見学ツアー、科学の不思議が分かる体験型イベントなど、子どもから大人まで興味を持っていただけるようなさまざまな催しを行います。今年完成した融合連携イノベーション推進棟においては、最先端の研究を紹介する講演会の開催も予定しています。

また、神戸地区での一般公開は、神戸市を事務局として、神戸医療産業都市を多くの方に知っていただくイベントとして開催されており、理研を含めた多くの大学、研究機関、企業が参加していますので、先端医療や計算科学に関するさまざまな研究に接することができます。

皆さまのご来場を心よりお待ちしております。

日時	2015年10月24日(土) 10:00~16:00 ※入場は15:45まで
場所	理化学研究所神戸第一地区 (最寄駅:ポートライナー「医療センター」駅) ●多細胞システム形成研究センター会場 兵庫県神戸市中央区港島南町2-2-3 ●ライフサイエンス技術基盤研究センター会場 兵庫県神戸市中央区港島南町6-7-3 ●融合連携イノベーション推進棟会場 兵庫県神戸市中央区港島南町6-7-1
	理化学研究所神戸第二地区 (最寄駅:ポートライナー「京コンピュータ前」駅) ●計算科学研究機構会場 兵庫県神戸市中央区港島南町7-1-26
問合せ	神戸第一地区 神戸事業所 TEL:078-306-0111 神戸第二地区 計算科学研究機構 TEL:078-940-5555 http://www.aics.riken.jp/openhouse15/



ライフサイエンス技術基盤研究センター 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



分子ネットワーク制御ゲノミクスユニット
ユニットリーダー

ARNER Erik アーナー・エリック

①1973年 ②ストックホルム(スウェーデン) ③カロリンスカ研究所(スウェーデン)にて博士号取得
④理研ゲノム科学総合研究センター、理研オミクス基盤研究領域、理研ライフサイエンス技術基盤研究センター ⑤薬剤の標的となる新規分子の発見を目的としたトランスクリプトームネットワーク解析 ⑥特になし ⑦音楽、食べること



分子ネットワーク制御イメージングユニット
ユニットリーダー

向井英史 むかい・ひでふみ

①1981年 ②大阪府 ③京都大学大学院薬学研究所博士後期課程 ④京都大学、理研ライフサイエンス技術基盤研究センター ⑤ナノバイオDDS、治療用バクテリアの開発 ⑥俯瞰的かつ精緻に ⑦バイオリン

自転車とのお付き合い

西山 朋子 にしやま・ともこ
脳科学総合研究センター アシスタント

運動不足解消を目指して、自転車通勤を始めてみました。とはいっても片道約19kmの道のりをすべて自力で移動するほどのガッツはなく、自宅からバイクで出て道中の駐輪場に止めてある自転車に乗り換える、なんちゃって自転車通勤です。

いつもはバイクで素通りする道も、自転車だと匂いや新緑の色に気が付いたり、ゼイゼイと肺を震わせながらも楽しく乗っています。この自転車通勤を始めたことで、今までは浅く、時には深くお付き合いをしてきた自転車とのいろいろを思い出しました。浅いお付き合いでは、高校生のころ、友人と思い立って埼玉から伊豆半島に自転車で行ってみました。小田原城が見えたときには感激して、やっと海が見えたときには感涙しました。

深いお付き合いでは、カナダとアメリカを2ヶ月ほど自転車で回ってみました。大学を卒業し、留学資金稼ぎにアルバイト期間を1年過ごした後、そのまま留学先の大学に行くのもつまらないし、語学学校に入るお金もないし、セメスター（学期）が始まる前の2ヶ月間、北アメリカとやらを自転車で回ってみるか、と、自転車、テント、寝袋を持参でカナダのバンクーバー国際空港に到着。行くあてはどこにもありませんでしたが、「道はつながっている、たぶん。地図と方位磁針さえあればどうにかなるだろう」と空港で組み立てた自転車にまたがり、よっこいしょとこぎ出したことを鮮明に覚えています。

実際にどうにかなったその2ヶ月間は、大切な思い出をたくさん私にくれました。森の中から早朝に出発した際にグリズリーの親子に追っ掛けられて必死で自転車をこいで逃げたこと、初めてカヌーツーリングをしたこと、キャンプファイヤーで北米では定番の焼きマッシュマロとチョコをグラハムクラッカーで挟んだS'moreを初めて食べて、「うお～！世の中にこんなおいしいものがあるのですか！」とうれしかったこと。その中でも一番の宝物であり、

写真1・カナダのロッキー山脈と。だいぶん太股が張ってきました。



写真2・どのように知り合ったか忘れましたが、カナダで中年のご兄弟のおうちの庭に間借りしてしばらく滞在させてもらいました。

時につれ思い出し今でも自分を励ましてくれるのは、カナダ西部バンクーバーアイランド最北の地で元軍人のいかついホステルマネージャーに言われた、といいますが、叱られた言葉です。

雨の多いその島で、自転車をこぎ出して間もない私は天気が悪い日はボサッとホステルで過ごしていることが多かったのですが、それを見かねた彼が「どうして外に出ない。レインギアは持っているだろ?」。私はもごもごと「まあ、そうですね」とアライグマに餌をやりませう。彼は畳み掛けて言います。「崖があったならば、そのエッジまで行って見ないと向こうの景色は見えないものだよ。まずはそこまで行ってみなくちゃ」。重い腰を上げ雨具を着て外に出ました。海岸沿いの森の中に分け入り、こけむした柔らかい樹々の肌を触り、その森の匂いを深く嗅ぎました。海岸に到着するころには雨もひとまずやみ、グレーの空と荒れた海面の間から少しだけオレンジ色の夕日が顔を出していました。「そうか、そういうことか」。背中を押されて外に出た私は、そのときとても気持ちが良かったことを覚えています。

さて、今回の自転車とのお付き合いは、浅くとも長く続きますように。

創立百周年記念事業寄附金へのご支援のお願い

創立百周年（2017年）の記念事業寄附金へのご支援をお願いします。

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

理研 寄附金
Support RIKEN

理化学研究所 創立百周年
RIKEN 100th Anniversary



http://www.riken.jp/