

## 理研の博士に聞いてみよう！



### 橋や道路を透視して 検査します。



#### どうやって透視するの？

中性子を使い、車にのせられる小型の装置で透視できるようにします。

おおたけよしえ  
大竹淑恵 博士

光量子工学研究センター  
中性子ビーム技術開発チーム チームリーダー

### ● 金属の中を透視できる中性子ビーム

みなさんは、レントゲン検査を受けたことがありますか？ レントゲン検査では、X線という放射線の一種を使い、体の中を透視できます。X線は、体にたくさん含まれている水を通りぬけやすく、骨を通りぬけにくいので、骨の写真を撮れるのです。ではX線で金属を見ると、どうでしょう。真っ黒で何も見えません（右ページの右上の写真）。X線は金属を通りぬけにくいからです。

一方、放射線の一種「中性子ビーム」は、水を通りぬけにくいので体の中を見るには向いていませんが、金属やコンクリートを通りぬけやすい性質があります。中性子ビームを使うと、金属のナットを透視して、その内側にあるボルトのねじ山を観察することができます（右下の写真）。

### ● 小型装置の暗い中性子ビームで透視できるようにする

中性子ビームを利用すると、X線では透視しにくいものを透視して観察する

ことができるのです。しかし、病院などで身近に利用できるX線に対し、中性子ビームを利用できるのは、特別な施設に限られていました。

そもそも中性子とは何でしょうか。次のページの絵を見てください。物質をどんどん細かくしていくと、原子になります。その原子も電子と原子核に分かれます。原子核は、プラスの電気を帯びた陽子と、電気を帯びていない中性子が集まってできています。

ですから、中性子をビームにするためには、原子核を壊して中性子だけを取り出す必要があります。加速器という装置で陽子などを高速に加速して物質に当てると、その物質の中の原子核が壊れて、中性子が飛び出てきます。

ものを透視するには、より明るい中性子ビームのほうが便利ですが、明るい中性子ビームをつくるにはたくさんの中性子が必要なので、大型の加速器などがないとつくれません。大型の加速器がある場所は限られているので、見たいものを見たいときに使うことができないのです。

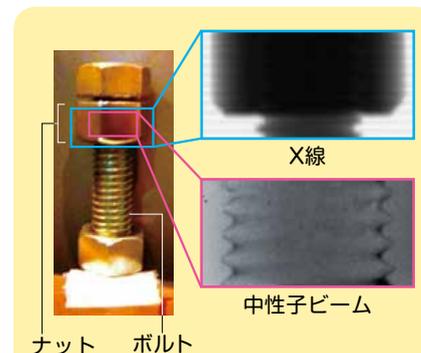
私たちは、小型の中性子装置を開発して、さまざまな場所で中性子ビームを使った観察ができるようにしたいと思いました。そして2013年、加速器で陽子を加速して中性子ビームをつくり、観測ができる全長15m、重さ25トンほどの中性子装置「RANS（ランズ）」を開発しました。

「15mって、かなり大きな装置だな」と思うかもしれませんが、一つの部屋に入る大きさで、さまざまなものを観察することをめざした中性子装置は世界初でした。大型の加速器を置けないような場所にも、RANSなら置けます。ただし、小型のRANSで出せるのは、大型の加速器などがある施設に比べるととても暗い中性子ビームです。

私たちは、RANSの暗い中性子ビームでも、さまざまなものを透視して、きれいに観察できる方法を開発してきました。

### ● 装置や材料を透視する

RANSは、今までになかった小型の中性子装置です。私たちは、企業などさま



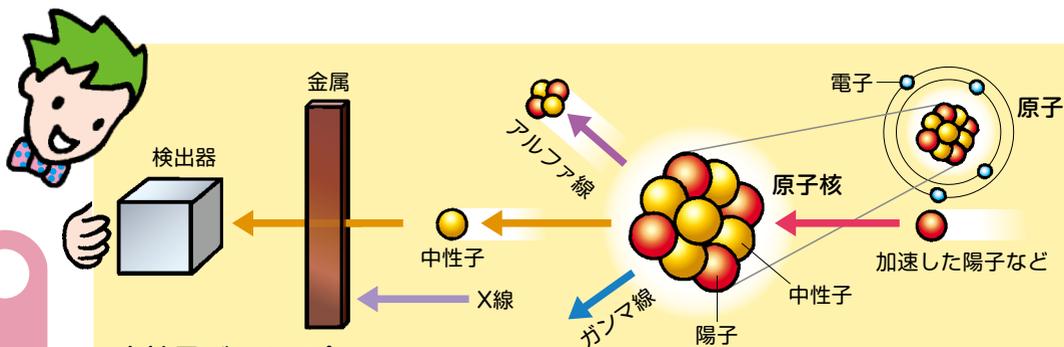
ナットの中のボルトのねじ山を透視できる中性子ビーム

さまざまな組織を訪ねて「RANSでどのようなものを観察してみたいですか？」と質問しました。

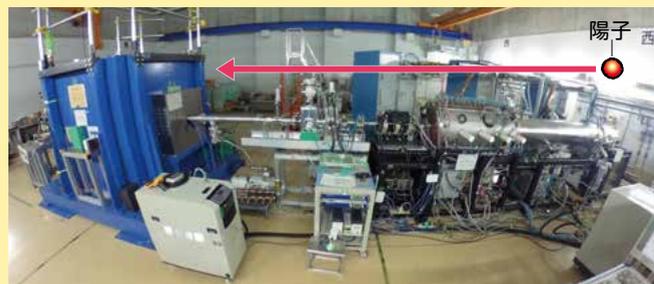
RANSが役立つとても重要な分野の一つは、ものづくりです。これまでも大型の加速器などによる明るい中性子ビームが、ものづくりに利用されてきました。しかし、中性子ビームを利用できる施設は限られていたので、使いたいときにすぐに利用することは難しい状況でした。

RANSをものづくりの現場に置くことで、新しくつくった装置や材料を、その場で中性子ビームを使ってすぐに観察し、改良していくことができるようになるのです。

たとえば、電気をためる蓄電池の開発に役立ちます。自動車メーカーでは今、1回の充電でより長い距離を走ることができる電気自動車を実現するために、電気をたくさんためることができる高性能の蓄電池の開発を進めています。ま

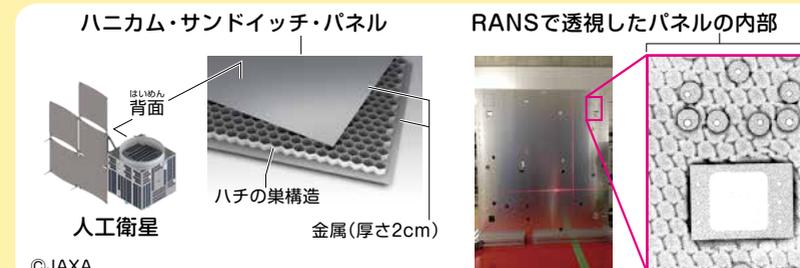


**中性子ビームで金属の中を透視する**  
加速した陽子などを原子核に当てると、中性子が飛び出してくる。中性子ビームを金属に当て、通りぬけた中性子を検出器でとらえることで、金属の中を透視することができる。なお、中性子ビームは原子炉でもつくること



### RANS

右側の加速器で陽子を加速し、青色の箱の中で陽子を原子核に衝突させて中性子ビームを発生させる。中性子ビームを左側へ導き、試料に当てて検出器で計測する。中性子ビームは放射線の一種なので、部屋の外にもれないようにしている。



### RANSで透視したハニカム・サンドイッチ・パネルの内部

中性子ビームは、水素を含む接着剤を通りぬけにくいので、接着剤が六角形の間の黒い影として写っている。

た、太陽光発電や風力発電でつくった電気を蓄電池にたくさんためることができれば、夜や風のない日でも長時間、電気を利用することができるようになります。地震などで停電になっても、停電が復旧するまでの間、蓄電池の電気を利用し続けることができるでしょう。

リチウムイオン電池という蓄電池は、外側が金属で、内部にリチウムなどの軽い元素があります。中性子ビームは、外側の金属を通りぬけて、内部の軽い元素を観察することに向いています。しかもRANSならば、60cm四方までの大きさの装置を丸ごと透視できます。蓄電したり放電したりしているときの蓄電池内部を観察し、軽い元素の分布を丸ごと調べることができれば、より安全で性能の高い蓄電池の開発に大きく役立ちます。

飛行機や人工衛星には、軽くてじょうぶな材料が必要です。そこで、六角形が並んだハチの巣（ハニカム）構造を2枚の金属の板ではさんだ「ハニカム・サンドイッチ・パネル」という材料が使われています。RANSならば、金属の板の中を透視して、パネルの中を点検することもできます。実際に私たちは、JAXA（宇宙航空研究開発機構）が打ち上げる人工衛星に使うパネルをRANSで透視して、内部の六角形どうしを接着する接着剤がきちんと付いているかどうかを調べました。

数々の実験を通して、これまで巨大な施設でしか検査できなかったものでも、暗い中性子ビームで透視できることがわかりました。RANSを使ってみたいと思う人もどんどん増え、さまざまな地域でRANSを設置することが検討されています。中性子ビームが、今よりもずっと身近になることでしょう。



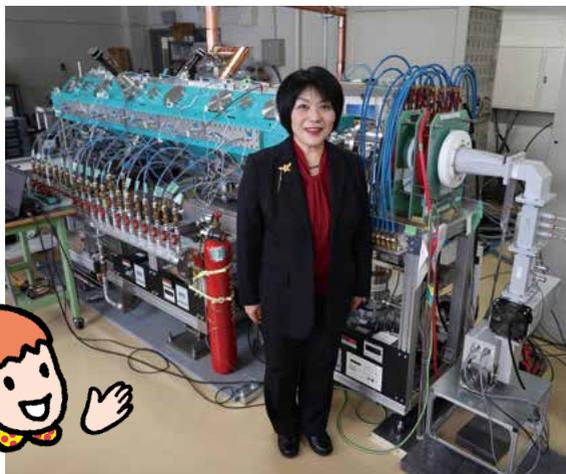
## ●古くなった橋や道路を透視して検査する

ものづくりと並び、RANSがとても役立ちそうな重要な分野がもう一つ見つかりました。橋やトンネル、道路の点検です。1964年に最初の東京オリンピックが開かれた高度経済成長のころ、日本全国で橋やトンネル、道路がたくさんつくられ始めました。それらが古くなった今、壊れやすくなっているおそれがあります。

日本全国に約72万カ所の橋があり、完成から50年たった橋が2015年時点で全体の18%、2025年には42%になります。全国のたくさんの橋やトンネル、道路をきちんと検査して補修をすることが、待ったなしの状況なのです。

橋やトンネルの主な点検方法は、まずは目で表面をしっかりと見る目視。そして、表面をハンマーで軽くたたき、音を聞く打音検査です。それはコンクリート内部に異常がないかどうか知るための優れた方法です。ただし、30cmほどの間隔でたたいて調べる必要があり、時間と費用がかかります。橋の下やトンネルの天井など、打音検査が簡単にはできない場所もたくさんあります。

橋やトンネルが壊れやすくなる主な原因は、コンクリート内部にしみこんだ水により鉄筋がさびることです。水がしみこんでいないかどうか、実際にその内部を観察するには、一部をくりぬいて試料を取り出して調べるしかありません。試料をくりぬくときに鉄筋を切断してしまうおそれもあるそうです。



RANS-II

そこで、コンクリートをくりぬいたりしなくても内部を透視して検査できる手法が強く望まれています。RANSの出番です！

道路の場合はどうでしょうか。特に高速道路では、小さな穴でも、オートバイが転倒して大事故につながる危険性があります。道路に穴があく主な原因は、

アスファルトの下にあるコンクリート内部のセメントが水で流れて、土砂になってしまうことです。RANSでアスファルトの下のコンクリート内部のすき間や水がたまった場所を透視して調べることができれば、穴があく前に補修することができます。

しかし、中性子ビーム

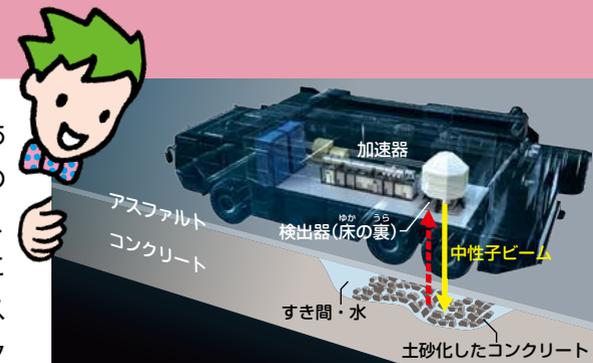
をものに当て、通りぬけた中性子を検出する従来の観察方法では、アスファルトの下にあるコンクリート内部を透視できません。コンクリートのさらに下に検出器を置いて、通りぬけてきた中性子をとらえる必要があるからです。それは無理ですよ。

そこで、地表近くからアスファルトに向けて中性子ビームを当て、アスファルトの下のコンクリート内部で反射してきた中性子を検出することにしました。その中性子が戻ってくるまでの時間と量を測ることで、コンクリート内部のすき間や水を調べる手法を開発したのです。そのやり方でRANSを用いて実験し、アスファルトの下の幅5~10cmのすき間を見つけました。

橋や道路を点検するために車にのせるには、RANSをもっと小さく軽くしなければなりません。現在、全長5m、重さ5トンほどのRANS 2号機「RANS-II」を開発中で、もうすぐ中性子ビームを発生させるところまでできています。さらに全長3m、重さ2トンほどのRANS 3号機「RANS-III」の設計を進めています。それを車にのせて橋や道路を点検する実験を始める計画です。

2018年に起きた大阪府北部地震では、学校のブロックの壁が壊れて小学生が亡くなる事故が起きました。コンクリートブロックの中の鉄筋の長さが不十分だったそうです。RANSならば、それが見えたはずですよ。

私たちはRANSの研究開発を進めることで、より安全に、安心して暮らせる町づくりにも貢献していきたいと思えます。



車にのせたRANSで道路を点検するしくみ  
道路に向けて中性子ビームを当て、戻ってくる中性子を検出する。それにより、アスファルトの下のコンクリート内部のすき間や水を調べることができる。このとき使う中性子ビームは暗くて弱いので、人の健康に悪影響を与えたり、アスファルトやコンクリートが放射能を帯びたりすることはない。