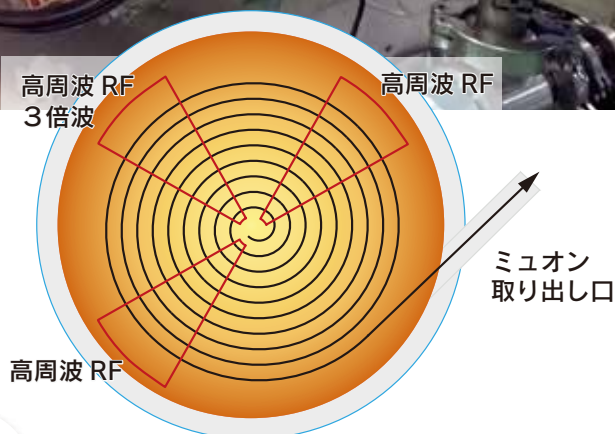




加速後の
ミュオンは
ここから取り出し
鏡筒部へ

高周波 RF
3 倍波

高周波 RF



高周波 RF

ミュオン
取り出し口

ミュオン顕微鏡サイクロトン部調整作業中の山崎 高幸 助教
(2021 年 5 月 KEK つくばキャンパス 加速器試験実験棟にて)

超低速ミュオンの夢が花開くとき ～世界初のミュオン顕微鏡 試作機完成へ～



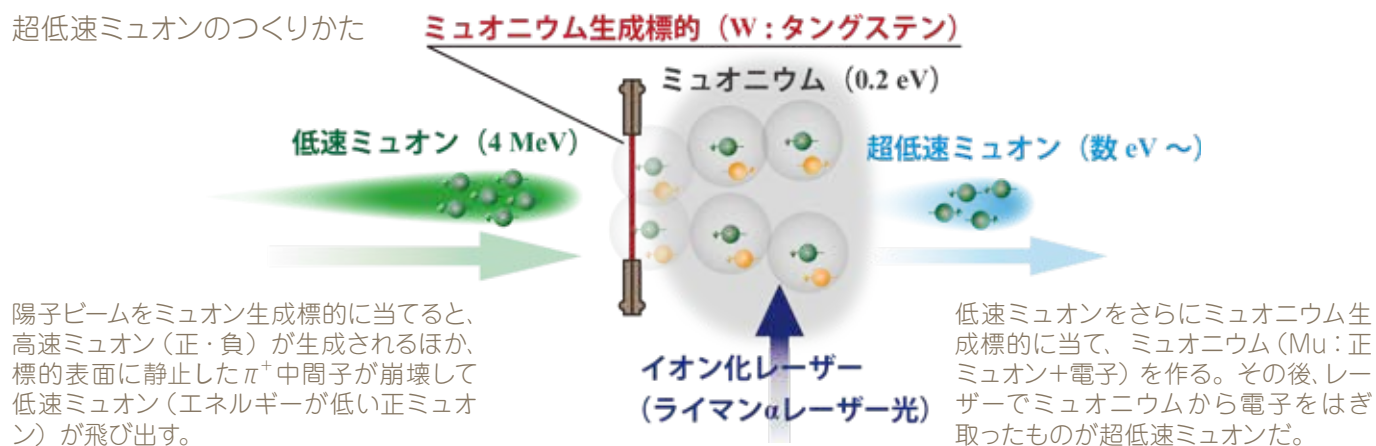
物構研のチョコレート・サイエンスはココア
バターの結晶構造を調べるミクロな食品物
理学ですが、こちらはマクロな食品物理学
です

歯医者×放射光×介護食

記事は 6 ページから

超低速ミュオンを再加速する
ミュオン顕微鏡サイクロトン部
の模式図

超低速ミュオンのつくりかた



陽子ビームをミュオン生成標的に当てると、高速ミュオン（正・負）が生成されるほか、標的表面に静止した π^+ 中間子が崩壊して低速ミュオン（エネルギーが低い正ミュオン）が飛び出す。

低速ミュオンをさらにミュオニウム生成標的に当て、ミュオニウム（Mu：正ミュオン+電子）を作る。その後、レーザーでミュオニウムから電子をはぎ取ったものが超低速ミュオンだ。

超低速ミュオンの夢が花開くとき ～世界初のミュオン顕微鏡 試作機完成へ～

KEKつくばにミュオン実験施設があったころ、研究者たちは加速器から生み出されるミュオンを、さらに鋭く絞れる「超低速ミュオン」にしようと努力を重ねた。物質表面や界面の研究に使うためだ。実験施設は東海村に移り、ミュオンビームは強度を増した。そしていま、超低速ミュオンはミュオン顕微鏡として開花しようとしている。

超低速ミュオンプロジェクト

超低速ミュオンは、加速器から取り出したミュオンビームに手間をかけて作られる特別なミュオンビームだ。陽子ビームがミュオン生成標的に当たるとエネルギーの高い正負のミュオン（高速ミュオン）とエネルギーの低い**低速ミュオン**ができる。低速ミュオンは標的表面に静止した π^+ 中間子が崩壊したもののなので、正の電荷をもつ。ちょうど陽電子のエネルギーを揃えて低速陽電子を作るように、低速ミュオンのエネルギーを一旦落として揃え、密集度と指向性を高めたものを超低速ミュオンと呼ぶ。

その構想は、筑波研究学園都市のKEKにあった東京大学附属中間子科学実験施設で練られた。この施設で世界初のパルス状ミュオンビームが発生したのが1980年。その5年後に永嶺 謙忠 助教授（現KEK名誉教授）らは、2,000°Cに熱したタングステンに低速ミュオンを打ち込むと熱ミュオニウム（Mu）が発生することを発見した。つくば万博*開催の年のことだ。続いて1987年、熱Muに強力なパルス状レーザー光を同期させることで共鳴を起こし、新たな性質を持つミュオンビームに戻すという実験に成功する。これを超低速ミュオンと名付けた。当時の三宅 康博 助手（現KEK特別教授）は、超低

*つくば万博：1985年3月から9月に筑波研究学園都市（現つくば市内）で開催された国際科学技術博覧会。

速ミュオンのための実験棟新設にも関わり、のちに加わった下村 浩一郎 助手（現KEK教授）らとともに1994年、実用的な超低速ミュオン発生に成功する。1997年に実験施設はKEKの施設となり、その技術はKEK東海キャンパスにできた大強度陽子加速器施設（J-PARC）物質・生命科学実験施設（MLF）ミュオン科学実験施設（MUSE）Uラインに引き継がれていく。

2011年、文部科学省のプロジェクト（新学術領域研究「超低速ミュオン顕微鏡が拓く物質・生命・素粒子科学のフロンティア」代表：山梨大学 鳥養 映子 教授（当時））が発足した。プロジェクトの基幹となる超低速ミュオン源構築チームの代表を三宅が務めた。翌2012年11月、Uラインでは、世界最高強度の表面ミュオン源が完成した。

偶然の出会いから共同研究へ

物構研ミュオン科学研究系の永谷 幸則 特別准教授は、2018年まで生理学研究所*で透過型電子顕微鏡（TEM）を開発する研究員だった。2012年頃、上司に代理を頼まれて、ある委員会に参加した。そこで偶然、三宅がミュオンについて話すのを聴いた。その場で「超低速ミュオンが顕微鏡に使えるんじゃないか」という提案があった。そのミュオ

*生理学研究所：愛知県岡崎市にある大学共同利用機関のひとつ。ヒトのからだと脳の働きを研究している。

*超高压電顕：超高压電子顕微鏡。電子の加速電圧が1,000 kV(1 MV)以上の透過型電子顕微鏡を指す。

ンビームを使えば、電子顕微鏡では難しい「厚い試料」が見える、そう思った。

永谷が見たいのは細胞だ。10 μm ほどの厚みがある細胞を丸ごと nm 分解能で透視したい。TEMはその名の通り試料に電子線を透過させて、その形態を観察する顕微鏡である。しかし電子線の透過力には限界があって、例えば細胞を見るためには薄くスライスしなければならない。加速電圧を上げると透過力が高くなるが、数 MV の超高压電顕*でも観察できるのは数 μm の厚さまでだ。

電子もミュオンも同じ電荷を持った粒子で、どちらも物質と強い相互作用をしない。MVの電圧をかけ加速すると、電子線でできることとミュオンでできることは基本的に同じだ。電子はその静止エネルギー 511 keV を大きく超えて加速して物質を透過させると、制動放射*によるエネルギーの損失が無視できなくなってしまうが、ミュオンは重いので 100 MeV まで加速しても制動放射は起きないはずだ。

TEM開発ではかつて超高電圧化の流れがあった。電子を超高電圧で加速し透過能力を上げていくと、①分解能が上がり、同時に②厚い試料も見えるようになる。しかし1990年代後半、対物レンズの歪みを補正する技術が進むと、数百 kV の電顕でも高分解能が得られるようになった。2大目的の一つ①が満たされたので、大型で高額な超高压電顕は求められなくなっていく。厚い試料を見ることが目的だった永谷は、時代の流れに取り残された格好になった。そんなとき出会ったのがミュオンだった。

世界で初めての「酔狂な」試み

後日、永谷は三宅に「超低速ミュオンの国際会議で顕微鏡の話をしてほしい」と頼まれた。準備のために詳細な計算をしてみると、ミュオン顕微鏡が理論的に可能であることが分かった。ミュオンは 5 MeV 以上まで加速すれば電子ビームより透過し、100 MeV まで加速できれば理論上数百 μm の厚さのものまで nm の分解能で見ることができる。

いけるという手応えがあった。超低速ミュオンを再加速して、超伝導対物レンズを使ってビームを絞れば顕微鏡になる。これまでミュオン顕微鏡が実現できていないのは、そもそも使い物になる超低速ミュオンを発生できる場所が少ないからだ。しか

し J-PARC にはそれがある。どうしたら顕微鏡ができるか、永谷は真剣に考え始めた。

一方、超低速ミュオンプロジェクトでは、超低速ミュオンの生成に成功していた。イオン化レーザーの強度に難があるものの、ナノサイエンスへの展開が期待できる装置が完成した。超低速ミュオンを用いた透過型顕微鏡計画については、三宅が研究費を獲得したが、実現には高いハードルがいくつもあった。

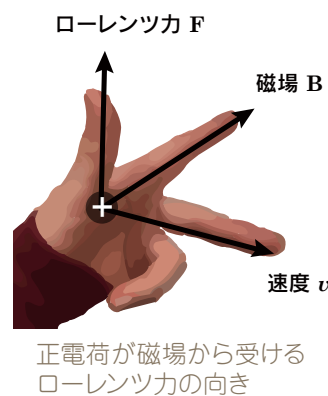
どうやって加速する？

まず問題となったのは、超低速ミュオンをどうやって加速するか、ということだった。粒子を高エネルギーまで加速するためには、低い電圧による加速を繰り返す必要がある。プロジェクトではKEK加速器研究施設の吉田 光宏 准教授、高山 健 名誉教授、安達 利一 シニアフェロー（当時）と議論を重ねた。

初めに提案があったのは、直線加速器とシンクロトロンの組み合わせ。これは J-PARC やフォトンファクトリーと同じ方法だ。しかしミュオンの平均寿命は 2.2 マイクロ秒 (μs) しかない。この方法では加速に時間がかかるため、目標スピードに到達する前にミュオンが崩壊してしまう。

続いて提案があったのが、サイクロトロン方式だ。磁場に荷電粒子が飛んでくると、粒子は速度とも磁場とも垂直な方向にローレンツ力を受け円運動を始める。他に力が加わらなければ粒子はそのまま等速円運動を続ける。一周に数か所、粒子がある角度を横切るたびに高周波電場により一定の力を加えると、粒子は瞬間的に加速する。円運動の周期は速度に依存しないので、粒子は少しずつ半径が大きくなる同心円上を同じ周期で回り続けることになる。

サイクロトロンは磁場と周波数を固定して加速するので、それらを変えながら加速するシンクロトロンよりも短時間で加速できるという利点がある。計算上 1 μs で 30 keV から 5 MeV まで加速できる。直線加速器が要らないので場所も取らない。サイクロトロン方式の採用が決まった。





KEK 共通基盤研究施設 佐々木 憲一 教授らが超伝導対物レンズを分解・確認しているところ
(2018 年 10 月 KEK 東海キャンパス 1 号館にて)

どうやってビームを絞る？

透過力の高いビームは曲げるのが難しい。つまりレンズを作りにくい。実際に超高圧電顕では、KEK の大型加速器にあるような巨大な電磁石を冷却しながら使っている。しかもミュオンは重いため電子より曲がりにくい。

一方、ドイツで開発された超伝導対物レンズ*は小型で大電圧を必要としないが強力なレンズだ。超伝導コイルを利用しており、高磁場かつ極低温による温度安定性などが特長だが、機構は複雑だ。1982 年頃、電子顕微鏡メーカー 日本電子株式会社 (JEOL) に技術移転された。JEOL の元技術者岩槻 正志 元副社長は、ミュンヘンで 2 年をかけて技術を習得したという。しかし、超高圧電顕開発の波が去り、お蔵入りしていたのだった。

永谷はそこに目をつけた。岩槻氏に掛け合い、教えを請うた。それだけではなく、試作機にそのまま使える現物をいただけることになった。会社では「大切な技術だから捨ててはいけない」との司令のもと、レンズと書類が保管されていたという。技術者のその想いがミュオンで活きた。

幻の技術とこの一点ものの超伝導対物レンズは KEK 東海キャンパスに運ばれた。技術指導を受け、再励磁テストをして使えることを確認済みである。

サイクロトロンはどうやって作る？

サイクロトロンを新規に作ろうとしたら数億円かかるという。三宅は J-PARC 初代センター長の永宮 正治 KEK 名誉教授に相談した。2018 年頃のことだ。その甲斐あって、陽子加速用として市販されているサイクロトロンを改造するというアイデアを得て、医

療用加速器メーカー (住友重機械工業株式会社) が協力してくれることになった。また、サイクロトロン^{おおにし じゅんいち}の専門家である理化学研究所 仁科加速器研究センターの大西 純一 特別嘱託技師と後藤 彰 博士 (現 物構研 協力研究員) も共同研究に加わった。

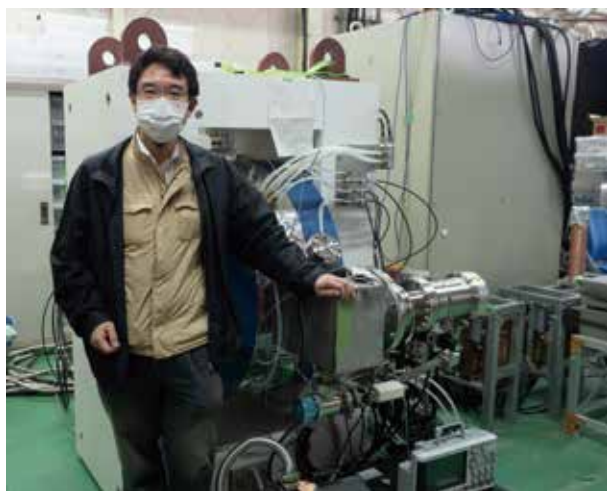
外枠は市販品そのまま、中身はミュオン顕微鏡専用の全面改造だ。永谷や山崎 高幸 助教が、「30 keV に加速した超低速ミュオンをサイクロトロン^{やまざき たかゆき}の中心に入射して加速しながらだんだん直径の大きな円を描かせ、56 周回ったところで取り出して顕微鏡鏡筒部に運ぶ」という設計書を書いた。

ミュオンの加速後の到達エネルギーはサイクロトロン本体の磁石で決まる。このサイクロトロンでは 5 MeV だ。ばらつきが少ない大電圧の限界でもある。加速前は光速の 2.4%、加速後は 30% くらいになる。

加速は電磁波 RF (Radio Frequency) で行う。1.5 kW のアンプ 18 台分の電磁波 RF を集め、同軸管 (同軸ケーブルの太いもの) でサイクロトロンに運ぶ。

粒子線の顕微鏡において、分解能を下げる要因の一つが粒子のエネルギーのばらつきだ。磁場を使ってレンズを作る、つまり磁場でビームを曲げて集束させるのだが、例えばエネルギーが高い粒子が混じっていると曲がりにくい^いため焦点距離が長くなってしま^まう。高分解能を実現するためには、エネルギーの揃ったビームが必要で、そのためには安定した加速が求められる。

ミュオンは一定の間隔でまとまってやってくるので、粒子群が RF 加速部分を横切るタイミングと



永谷 幸則 特別准教授とミュオン顕微鏡試作機
手作りできるところは自分で。RF アンプを自作しながら「こんな酔狂なこと、誰もやっていない」と楽しそうに言う。
(2021 年 12 月 KEK つくばキャンパス 加速器試験実験棟にて)

RF 電圧の波の山をぴったり合わせて加速する。波の頂点で加速するため、エネルギーの揃った粒子群が得られる。さらに、半周ごとに加える 1 倍波 (108 MHz) にその 3 倍の周波数の波 (324 MHz) を加えると頂点がフラットになり、粒子群はよりエネルギーが揃ったものとなる。これがフラットトップ RF 加速技術で、試作機にはこの RF 3 倍波を送るための改良も加えてある。

最初の画を早く出したい



J-PARC MLF ミュオン U1B ラインにある試作機鏡筒部を見下ろしたようす
ミュオンの向きは上から下

凍らせ、アハラノフ=ボーム効果 (AB 効果)* を用いてその伝播の様子を見たい。AB 効果は 1986 年に日立製作所の外村 彰 博士が自ら開発した電子線ホログラフィー顕微鏡で検証したものだが、それをミュオンで実証してみたいという夢がある。

材料系の試料では厚いものや削れないものを見たいという需要があると見込んでいる。ローレンツ電子顕微鏡法*や位相差顕微鏡法*で見ようと思っても電子や光が透過しないものだ。例えば電子回路の中の電圧分布が透けて見える。電圧が違^{ちが}うとミュオンの透過の仕方が違^{ちが}うので位相差で干渉させると透視できる。

分解能は 1 nm が目標だ。調整を続けていくと分

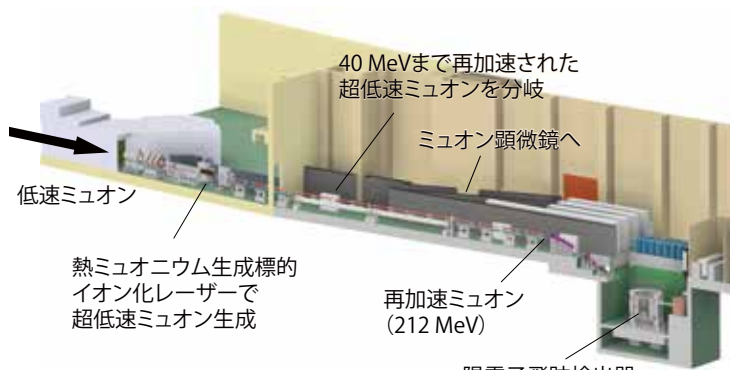
* ローレンツ電子顕微鏡法：電子線が磁性体によるローレンツ力を受けることにより粗密ができた状態を見る手法。

* 位相差顕微鏡法：試料と背景の屈折率の差を利用した観察法。

解能が上がると見込んでいる。まずは RF1 倍波で見て、RF3 倍波の導入で焦点距離のばらつきを抑えていく予定だ。

将来計画

今回完成した試作機は MUSE 超低速ミュオンビームライン (U1 ライン) で稼働する。U1 ラインでは 1 回に数千個の超低速ミュオンが届くが、写真 1 枚を撮るのに 1 日かかる。TEM なら 10 秒で 1 枚撮れる。J-PARC の大強度をもってしても、超低速ミュオンは弱いのだ。超低速ミュオンにする時点で質の良いミュオンが減るからだ。



ミュオン H ライン完成予想図
(素粒子原子核研究所作成)

しかし、これが現在建設中のミュオン H ラインになると、様子はだいぶ違ってくる。KEK 素粒子原子核研究所 (素核研) と共同で準備を進めているミュオン異常磁気能率 ($g-2$)・電気双極子能率 (EDM) の超精密測定実験では、超低速ミュオン数 100 万个 / 秒、到達エネルギー 212 MeV を目指している。その大強度超低速ミュオンを 40 MeV まで加速したところで分岐してミュオン顕微鏡に使う計画だ。

H ラインの 2 つの計画は物構研と素核研のどちらが欠けても実現しない。ミュオニウムから電子をはぎ取るイオン化レーザーの強力化などの難題を、知恵と技術を出し合^あって解決していこうとしている。

試作機サイクロトロン部は、2022 年 3 月につくばから東海村の MLF に運び設置の計画だ。共振をモニターし RF が出てくることを確認したら、あとは超低速ミュオンビームが来るのを待つだけ。

誰も見たことがない、ミュオンで撮った顕微鏡写真。研究者の世代を超えた夢がもうすぐ花開く。

(作成：深堀 協子)

歯医者×放射光×介護食



「人はものを食べる時、歯と舌とほっぺの筋肉を総動員して、食べ物を小さくし唾液と混ぜてかたまりにして飲み込みます。この『小さくまとめる』という機能が失われたり弱くなっている人のために、あらかじめ飲み込みやすい形状にする必要があるんです。」総合研究大学院大学（総研大）高エネルギー加速器科学研究科（高エネ研究科）物質構造科学専攻4年生の三木 宏美さんが介護食品について説明してくれた。三木さんは、歯科医師として働きながらKEKに通い放射光を使った研究を行っている。

歯科医師である父の後押しもあって、大学では歯学部在籍していたが、物理学に興味があり理工学部の講義も受けていた。あるとき、歯学部の学生でも参加できる勉強会を探していてKEKのサマーチャレンジ*のページにたどりつく。「すごいことができそう」と参加を希望するも、必修科目の補講と重なり泣く泣く諦めることに。その他にも加速器に触れる機会を逸し、憧れを募らせた。やがて「歯科医師免許を取ったら大学院に進んで違う分野の勉強をしたい!」と強く思うようになった。

KEKは総研大の一研究科として大学院生を受け入れている。三木さんは東京で開催された高エネ研究科の説明会に2度参加した。初めは漠然と加速器の研究をしてみたいと思っていたが、それまで勉強してきたことが活かせる物質構造科学が向いているんじゃないかと勧められた。せっかく母校とは違う大学院に行くんだから、歯学系では学べないことをやってみたいという気持ちが強かった。もともと画像処理や映像に興味があったので、放射光イメージングを選ぶことにした。

* サマーチャレンジ：KEKの科学技術体験型スクール。基礎科学を担う若手を育てることを目的に大学3年生を主な対象として行われる。研究者による講義や施設見学のほか、素粒子・原子核の実習を体験できる。 <https://www2.kek.jp/ksc/>



訪問診療中の三木さん（写真提供：三木宏美）

総研大に入学してからは、歯科医業のほか、母校である日本大学 歯学部 歯科放射線学講座でCTやX線画像の読み方を学ぶ研究生と、三足の草鞋を履いている。

訪問診療をする機会があった。身体が不自由な方や高齢の方を診ていると、虫歯を治したり入れ歯を作れば問題が解決するわけではないことに気づく。食べることが難しい場合、介護食（専門用語では嚥下調整食）が必要になる。病気や事故などが原因で神経が障害され飲み込むことが難しい場合もある。飲み込みがうまくいかないと命に関わる。

日本摂食嚥下リハビリテーション学会からは、介護者が利用できるように、咀嚼能力に応じた食べ物の形態やとろみの分類表が示されている。介護食品の基準は他にもいくつかあるが、日本介護食品協議会が制定した「かまなくてよい」「舌でつぶせる」などの規格に適合する市販の食品には「ユニバーサルデザインフード」のマークがついている。薬局などでこのマークを見て適切な食品を選ぶことができる。

世界人口の半分以上が米を主食とし、特に米をよく食べるアジアで高齢化が著しい。三木さんは、米を加工した介護食品を調べてみようと思った。規格に沿った工業製品である市販の介護食品をそのまま実験の試料として使おうと考えた。

KEKの放射光実験施設フォトンファクトリー（PF）BL-14Cには、X線位相コントラストイメージング法が使える世界で唯一の大型干渉計がある。この手法は、電磁波（放射光）が試料に当



UDF (Universal Design Food) のマーク
食べやすさに応じた4つの区分がある

米加工品を直径12mmのポリプロピレンチューブに詰め、断面を観察した



たった際の波の周期的振動の位置（位相）のずれを、画像のコントラストとして読み取ることができる。水素や炭素などの軽元素ほど敏感に読み取るので、生体試料や食品などの分析に向いている。

またPFには、PFスタッフを指導教員とする大学院生が優先的に実験できる制度がある。学生は興味を持って取り組めて、かつ実験手法の利点を最大限に生かす試料を選ぶことができる。

例えば、おかゆを放射光で見ると、非破壊で詳細な断面図が得られる。通常のX線CTでは見えない米の構造や、固体と液体の混ざり具合がしっかり読み取れた。X線画像の分析は歯科医師としての読影の経験が活かせる場面でもある。

固体と液体の混ざり具合や散らばり具合は、食感に関わってくるのではないかと考えている。三木さんは既存の食品テクスチャー特性を評価する実験方法も用いながら、食べやすく飲み込みやすい食品の特性を調べている。食べることは人の大きな楽しみのひとつ。放射光イメージングで、介護食品の食べやすさの改善だけでなく美味しさをも追求するヒントが見つかるのではないかと考えている。

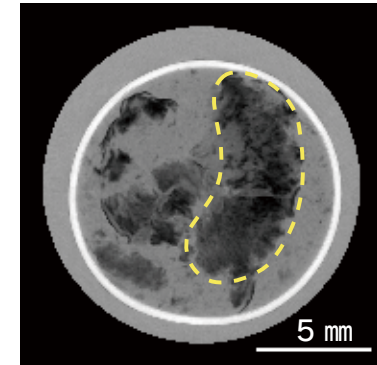
2021年夏、6th International Conference on Food Oral Processing（食品の口腔処理に関する国際会議）でポスター「放射光を用いた位相コントラストX線イメージングによる加工米飯の観察」を発表したところ、Nestlé Young Scientist Award*を受賞した。歯科医師でありながら異分野で研究をしていること、放射光と介護食品の組み合わせが新しいと評価された。

先行研究を調べているうちに、放射光で食品を調べた人は意外と少ないことが分かった。米は品

*Nestlé Young Scientist Award: ネスレ若手科学者賞。食品産業における革新的な製品・サービスへの転換が期待できる、食品科学・工学への優れた貢献をした研究者を奨励するための賞。ネスレはスイスに本社がある食品・飲料会社。



受賞記念に指導教員の平野 馨一 准教授とともに大型干渉計の前で（2021年7月 フォトンファクトリー BL-14Cにて）



おかゆのX線位相コントラスト写真（米粒1つを点線で囲んでいる。白い円はチューブの断面）

種も調理法も多く奥が深い。三木さんは「食品については、まだまだ調べたいことがあるので研究を続けていきたい」と生き生きと語る。

時間のやりくりは大変だが、歯科医業と研究活動が互いにいい影響を及ぼしているという。柔軟な発想で異分野研究の垣根を越えていく研究者になってほしい。



実験に使った米加工品を並べて見せる三木さん（2021年12月撮影）

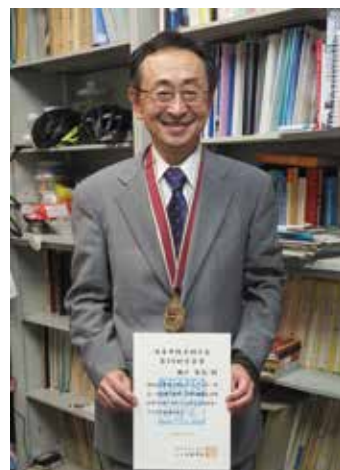
（作成：深堀 協子・大島 寛子）

瀬戸 秀紀 教授が日本中性子科学会 学会賞を受賞

物構研 中性子科学研究系の瀬戸 秀紀教授が、2021年度の日本中性子科学会 学会賞を受賞しました。日本中性子科学会 学会賞は、中性子科学の進歩発展に寄与しその業績が顕著な者に対して授与されるものであり、受賞テーマは「中性子散乱のソフトマター研究への応用と発展」です。

瀬戸教授は、長年にわたりソフトマター研究に必要な中性子実験装置群の開発や利用研究に尽力し、物性物理学をベースとしたソフトマター研究において顕著な成果を挙げました。

受賞できたのは、助言と励ましを頂いた先生方、一緒に問題を解決してきた共同研究者、そして共に学んできた学生と若手研究者の皆さんのおかげです。どうもありがとうございました。



受賞講演直後の笑顔
2021年12月1日
KEK つくばキャンパスにて

野村 昌治 名誉教授が日本放射光学会 放射光科学賞を受賞



日本放射光学会 横山利彦 会長から表彰を受けた野村昌治 名誉教授(右)
2022年1月7日 東京大学小柴ホールにて

KEK の野村 昌治 名誉教授が、日本放射光学会 第5回 放射光科学賞を受賞しました。放射光科学の進展に大きく貢献した研究者の功績を讃える賞で、受賞理由は「XAFS 計測技術の開発による放射光科学への貢献」です。

実験環境整備とともに功績の象徴とも呼べるのが、X線吸収分光(XAFS)実験を行う研究者のための「XAFS 実験ステーション利用の手引き」です。ウェブから情報を得られなかった時代、この手引きは「日本の XAFS 実験のバイブル」であり、赤線を引いてぼろぼろになるまで使い込んだ研究者は少なくありません。野村名誉教授はハードとソフト両面での貢献で多くの研究成果創出を支えました。



XAFS 実験ステーション利用の手引き
<https://lib-extopc.kek.jp/preprints/PDF/2001/0126/0126005.pdf>



こちらから pdf を閲覧できます。「まえがき」に著者の想いが込められています。

ウェブ連載

愛称は「わたスピ」

「私にスピンをわからせて！」

量子のスピンが気になる人のための、物理の教科書には書かれていないスピンのお話です。文系の方にも分かるように、丁寧に用語を解説、実験例を多く紹介して、できるだけ数式を使わないスピンの解説を試みています。



「私にスピンをわからせて！」のページ
<https://www2.kek.jp/imss/news/wataspi.html>



編集：物構研 広報室(雨宮 健太、安達 成彦、市村 規子、入江 敦子、岩野 薫、宇佐美 徳子、大島 寛子、北村 未歩、瀬戸 秀紀、瀬谷 智洋、中村 惇平、深堀 協子、山田 悟史、和田 健)

発行：高エネルギー加速器研究機構(KEK) 物質構造科学研究所
〒305-0801 茨城県つくば市大穂1-1 TEL: 029-864-5602
<https://www2.kek.jp/imss/> e-mail: imss-pr@ml.post.kek.jp (物構研 広報室)
禁無断転載 ©All rights reserved by High Energy Accelerator Research Organization (KEK)



IMSS web