

Symposia | シンポジウムA

📅 Wed. Aug 27, 2025 2:30 PM - 5:15 PM JST | Wed. Aug 27, 2025 5:30 AM - 8:15 AM UTC 🏠 Room D(2F 124)

**[SYA4] [A4] おいしさを視る－量子ビームと先端科学の共創－
(日本放射光学会・日本中性子科学会・日本中間子科学会後援)**

世話人：亀谷 宏美（農研機構食品研究部門），本田 孝志（高エネルギー加速器研究機構）

2:30 PM - 2:35 PM JST | 5:30 AM - 5:35 AM UTC

はじめに

2:35 PM - 3:05 PM JST | 5:35 AM - 6:05 AM UTC

[SYA4-01]

What is complementary use and collaboration of quantum beams?

-The current state of multiprobe/multimodal research-

*Takashi Honda¹ (1. KEK/J-PARC Center)

3:05 PM - 3:35 PM JST | 6:05 AM - 6:35 AM UTC

[SYA4-02]

Visualization of the structure of commercially available texture-modified food using X-ray phase-contrast imaging

*Hiromi Miki¹ (1. High Energy Accelerator Research Organization(KEK), Institute of Materials Structure Science, Neutron Science Division)

3:35 PM - 3:50 PM JST | 6:35 AM - 6:50 AM UTC

休憩

3:50 PM - 4:20 PM JST | 6:50 AM - 7:20 AM UTC

[SYA4-03]

Advancement of Cutting-Edge Analytical Techniques Utilizing Cosmic-Ray and Accelerator Muons

*Akira Sato¹ (1. Graduate School of Science, Osaka University)

4:20 PM - 4:50 PM JST | 7:20 AM - 7:50 AM UTC

[SYA4-04]

The application of nuclear magnetic resonance (NMR) in the visualization of food: metabolites, water behavior, and the possibility of collaboration with quantum beam technology.

*Yasuyo Sekiyama¹ (1. National Agriculture and Food Research Organization, Research Center for Advanced Analysis)

4:50 PM - 5:15 PM JST | 7:50 AM - 8:15 AM UTC

総合討論

Symposia | シンポジウムA

📅 Wed. Aug 27, 2025 2:30 PM - 5:15 PM JST | Wed. Aug 27, 2025 5:30 AM - 8:15 AM UTC 🏠 Room D(2F 124)

[SYA4] [A4] おいしさを視る－量子ビームと先端科学の共創－ (日本放射光学会・日本中性子科学会・日本中間子科学会後援)

世話人：亀谷 宏美（農研機構食品研究部門），本田 孝志（高エネルギー加速器研究機構）

2:35 PM - 3:05 PM JST | 5:35 AM - 6:05 AM UTC

[SYA4-01] What is complementary use and collaboration of quantum beams? -The current state of multiprobe/multimodal research-

*Takashi Honda¹ (1. KEK/J-PARC Center)

Keywords : quantum beams、multiprobe、multimodal

氏名（ふりがな）：本田 孝志（ほんだ たかし）略歴：2014年 大阪大学大学院基礎工学研究科物質創成専攻 博士後期課程を修了、同年 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所放射光科学第二研究系に博士研究員として入構。2015年 同研究所中性子科学研究系に助教として異動し、担当ビームライン装置副責任者を経て2022年よりビームライン装置責任者。

我が国、日本はSPRING-8やNanoTerasu, J-PARCといった量子ビーム大型施設を有し、放射光X線、中性子、ミュオン、陽電子といった量子ビーム実験が可能な世界的に見ても稀有な環境である。近年は、学術分野において量子ビーム利用が学生にも多く取り入れられるようになっただけでなく、相補的に利用するマルチプローブ研究も若手研究者を始めとし定着してきた[1-4]。そのため、量子ビーム間あるいは施設間の情報共有の場が必要不可欠となってきたが、徐々に構築し始められてきたのが現状である。学術分野の新規開拓や測定技術の革新において、量子ビーム研究の情報共有の場はその一翼を担う。個々のサイエンス分野では、利用する量子ビームの情報は入るが他の量子ビームの現状・将来展望は入手しづらく、新たなプローブを自身の研究に導入するには自助努力が不可欠である。実験室系のプローブであれば比較的導入しやすいが、大型施設ともなると敷居が高いのは言うまでもない。最近では、実験室系だけでなく大型施設を横断的に利用したマルチモーダル研究が、多角的な視点で研究・解析・評価できることから注目されてきている。また、若手が中心となって量子ビームが一堂に会しサイエンススペースで議論する場を形成し始めており[5,6]、学会間においても連携の動きが出始めている。量子ビーム実験はそのビームの特性によって得手不得手があり、典型例としては従来の中性子実験では放射光X線に比べて大量の試料（gオーダー）が必要といった試料量が挙げられるが、J-PARCにおける高強度ビームの実現により物質・生命科学実験施設（MLF）ではmgオーダーとなり固定観念が変わりつつある。本講演では大型施設における量子ビーム・相補利用に関する紹介および現状を含めた話題を提供する。

参考文献

- [1] J. S. White, T. Honda et al., Phys. Rev. B 94, 024439 (2016).
- [2] M. Hiraishi et al., Nature Physics 10, 300 (2014).
- [3] J. Yamaura et al., Chem. Commun. 56, 1385 (2020).
- [4] 本田孝志, 放射光 33, 125 (2020).
- [5] 本田孝志, 藤田全基, 波紋 31, 42 (2021).

Symposia | シンポジウムA

📅 Wed. Aug 27, 2025 2:30 PM - 5:15 PM JST | Wed. Aug 27, 2025 5:30 AM - 8:15 AM UTC 🏠 Room D(2F 124)

[SYA4] [A4] おいしさを視るー量子ビームと先端科学の共創ー
(日本放射光学会・日本中性子科学会・日本中間子科学会後援)

世話人：亀谷 宏美（農研機構食品研究部門），本田 孝志（高エネルギー加速器研究機構）

3:05 PM - 3:35 PM JST | 6:05 AM - 6:35 AM UTC

[SYA4-02] Visualization of the structure of commercially available texture-modified food using X-ray phase-contrast imaging

*Hiromi Miki¹ (1. High Energy Accelerator Research Organization(KEK), Institute of Materials Structure Science, Neutron Science Division)

Keywords : X-ray imaging、phase-contrast、texture-modified food、internal structure

氏名（ふりがな）：三木宏美（みきひろみ）略歴：2016年 日本大学歯学部歯学科卒業，学士（歯学）．日本大学歯学部附属歯科病院総合診療科研修歯科医を経て2023年 総合研究大学院大学高エネルギー加速器科学研究科物質構造科学専攻修了，博士（学術）．その後，日本女子大学家政学部食物学科助手，高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所量子ビーム連携研究センター博士研究員を経て2024年より特別助教．

我が国の高齢化率は2024年現在29.3%であり，過去最高となっている．また世界の国や地域と比較しても最も高い．加齢に伴い摂食嚥下障害を有する人口も増加傾向にある．在宅医療を推進する施策を受け，食事に困難を抱えていても自宅で生活する人もまた増えてきている．病院や施設では，専門のスタッフが日々の食事の準備をしてくれるが，自宅では自分あるいは介護者が準備をしなければならず，食べやすい食事を準備することは大きな負担となっている．そのため，あらかじめ食べやすく飲み込みやすく調整された市販の嚥下食，介護食に対する需要が高まってきている．この傾向は世界的なものである．日本では多くの企業が嚥下食市場に参入しており，スーパーマーケットやドラッグストアなどの身近な小売店で多種多様な調理済みの嚥下食，介護食を購入することが可能である．2023年度の日本国内の市販介護食品の市場規模はおよそ2000億円で市場の拡大傾向が続いている．日本における嚥下食，介護食の特徴としては，特別用途食品，嚥下調整食学会分類，ユニバーサルデザインフードなど，市販食品あるいは病院での調理といった目的に応じて様々なタイプの基準が制定されていることである．

嚥下食のような，これまでにない新たな形態や特性を持つ食品の研究開発にあたっては，食品の構造を分析することが重要となる．食品の構造やテクスチャーは口当たりや舌触り，のどごしといった食感だけでなく，飲み込みやすさや咀嚼嚥下のプロセスと関連している．また，食品の構造は微量栄養素に影響を与え，ある種の食感は食べ過ぎや不健康な食習慣につながる可能性があると考えられる．

構造の分析にあたっては試料の画像を取得し可視化することが肝要であるものの，走査電子顕微鏡や共焦点レーザー走査顕微鏡を用いて試料の画像化を行う場合には分割や凍結，染色といった侵襲的な前処置を行わなければならず，非破壊的に食品の画像を取得することは困難である．このような欠点を克服する新しい評価方法の一つとして，高分子や食品のような軽元素からなる試料の内部構造を非破壊的に画像化できる手法であるX線位相コントラストイメージング法が近年導入されてきている．X線位相コントラストイメージング法とは，X線が試料を透過する際，X線の位相がわずかにずれることを利用して画像を形成する手法で

ある．一方，医学，産業界で用いられているX線発生装置による撮影では，一般的に吸収コントラストを用いて試料の画像を取得する．従って食品のように吸収係数が小さい，すなわち原子番号が小さい物質からなる試料の可視化は困難である．

今回，食品の内部構造を非破壊で観察可能な手法であるX線位相コントラストイメージング法ならびに嚥下食を含む市販の米飯製品を用いた実際の測定結果を紹介する．また，テクスチャプロファイルアナリシスの結果との比較および国内外での嚥下食の分類基準についても合わせて紹介する．

Symposia | シンポジウムA

📅 Wed. Aug 27, 2025 2:30 PM - 5:15 PM JST | Wed. Aug 27, 2025 5:30 AM - 8:15 AM UTC 🏠 Room D(2F 124)

[SYA4] [A4] おいしさを視る－量子ビームと先端科学の共創－ (日本放射光学会・日本中性子科学会・日本中間子科学会後援)

世話人：亀谷 宏美（農研機構食品研究部門），本田 孝志（高エネルギー加速器研究機構）

3:50 PM - 4:20 PM JST | 6:50 AM - 7:20 AM UTC

[SYA4-03] Advancement of Cutting-Edge Analytical Techniques Utilizing Cosmic-Ray and Accelerator Muons

*Akira Sato¹ (1. Graduate School of Science, Osaka University)

Keywords : Muon Non-Destructive Analysis、Muography、Muon Induced X-ray Emission、Muon Spin Spectroscopy、Muon Transmission Microscope

大阪大学大学院理学研究科 物理学専攻 助教 略歴：1996 年東京理科大学理工学部物理学科卒，1998 年同大学大学院理工学研究科博士前期課程修了，2001年同大学大学院理工学研究科博士後期課程修了 博士号（理学）取得，2001年4月より大阪大学大学院理学研究科附属原子核実験施設 研究機関研究員，2003年 同大学大学院理学研究科 助手、後に助教。大阪大学ミュオン施設MuSICの責任者を務める。専門は素粒子実験物理学，ミュオン応用利用。

「宇宙から降り注ぐミュオンでピラミッド内部が明らかに」，「ミュオンによる緒方洪庵“開かずの薬瓶”内薬剤の同定」，「はやぶさ2が持ち帰ったリュウグウの石の炭素量をミュオンで測定」など，近年，「ミュオン」が新聞やニュースでも取り上げられる機会が増えており，ミュオンを用いた非破壊分析技術への関心が高まっている。ミュオンは，宇宙を構成する基本粒子（素粒子）の一つで，電子と同じレプトンに属する。電子の約207倍の質量を持ち，正ミュオン（ μ^+ ）および負ミュオン（ μ^- ）の二種類が存在する。宇宙線起源の自然ミュオンや加速器生成ミュオンを利用することで，従来のX線・電子線・中性子線では難しかった深部観察や高感度分析が可能となる。本講演では，代表的なミュオン利用分析技術の原理と，各技術が開拓した多彩な応用例について概説する。

1. ミュオグラフィおよびミュオン透視・トモグラフィ：宇宙線ミュオンが物体を透過する際の減衰率（透過法）や散乱角（散乱法）を測定し，内部の密度分布を画像化する手法である。大規模構造物（火山，原子炉，ピラミッド，貨物コンテナなど）でも遠隔かつ非侵襲に空洞や高密度領域を検出できる点が特徴である。

2. ミュオンスピン分光（ μ SR）：加速器で生成したスピン偏極ミュオン（主に μ^+ ）を試料に導入し，そのスピン歳差運動・緩和挙動を時間分解測定する分光技術である。固体中の微視的磁場分布や電子相互作用を解析でき，強磁性・超伝導・スピン液体などの物性研究に広く応用されている。また，ミュオニウム（ $\text{Mu}=\mu^++e^-$ ）は軽い水素同位体として化学反応性や拡散挙動の解析にも利用され，化学・生命科学分野での分子動態解析にも貢献している。

3. 負ミュオンによる元素分析：負ミュオン（ μ^- ）が物質中で停止すると「ミュオン原子」を形成し，内殻への遷移に伴って特性ミュオンX線を放出する。これらのX線は元素固有のエネルギーを持ち，電子起因特性X線に比べ約207倍高エネルギーであるため，深部からの検出が可能となる。さらに，入射ミュオンのエネルギー制御により，任意深さでのプロファイリング分析や局所元素定量が非破壊的に実施できる。

4. ミュオン透過型顕微鏡：加速器生成ミュオンビームを試料に透過させ，内部透視像

を取得する新規顕微鏡技術である。ミューオンの高い透過力により、電子顕微鏡では困難な数十 μm 厚の試料内部まで観察できる可能性を秘めている。将来的には、生細胞や複合材料の深部構造を非破壊で可視化するプラットフォームとしての応用が期待される。

このように、ミューオンは高透過性と独自の量子力学的性質を活かし、従来技術では実現困難であった様々な分析を可能にしている。物性、化学、生命科学、考古学などの学術分野のみならず、原子力施設の安全監視、インフラ診断分野への展開も視野に入れて研究が進展中である。今後は装置の小型化・高性能化、データ処理技術の高度化、さらにはミューオン源の普及によって、より多くの現場でミューオン分析技術が実用化されることが期待されている。

Symposia | シンポジウムA

📅 Wed. Aug 27, 2025 2:30 PM - 5:15 PM JST | Wed. Aug 27, 2025 5:30 AM - 8:15 AM UTC 🏠 Room D(2F 124)

[SYA4] [A4] おいしさを視るー量子ビームと先端科学の共創ー (日本放射光学会・日本中性子科学会・日本中間子科学会後援)

世話人：亀谷 宏美（農研機構食品研究部門），本田 孝志（高エネルギー加速器研究機構）

4:20 PM - 4:50 PM JST | 7:20 AM - 7:50 AM UTC

[SYA4-04] The application of nuclear magnetic resonance (NMR) in the visualization of food: metabolites, water behavior, and the possibility of collaboration with quantum beam technology.

*Yasuyo Sekiyama¹ (1. National Agriculture and Food Research Organization, Research Center for Advanced Analysis)

Keywords : Nuclear Magnetic Resonance (NMR)、Magnetic Resonance Imaging (MRI)、metabolites、water behavior

氏名（ふりがな）：関山 恭代（せきやま やすよ）略歴：1995年明治大学農学部卒，1996年-2001年東京工業大学大学院理工学研究科，2001年-2005年理化学研究所抗生物質研究室，2002年東京工業大学にて理学博士号取得，2005-2010年理化学研究所植物科学研究センター，2010年独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所入所，2021年より現職（農研機構 基盤技術研究本部高度分析研究センター 上級研究員）。

農産物や食品の品質，特性を評価するために，様々な化学的・物理的な分析法が用いられる。食品の分析と解釈を難しくする要因として，機器分析の立場からは次の2つが考えられる。ひとつ目は，多数の成分の複合的な効果によりそれぞれの食品に特有の味や風味が発揮されること，ふたつ目は，性状の多様性と構造の不均一性により，やはりそれぞれの食品に特有の食感が生み出されることである。改良・制御したい農産物や食品の特性をどの様に検出するかで視えるものは異なってくる。核磁気共鳴法（NMR）は，一般的には0.5～20テスラほどの磁場中に置いたサンプルに数十～数百メガヘルツの電磁波を照射することで，分子の化学構造や運動性，分子間相互作用などを明らかにする技術である。NMRは有機化学，創薬科学，材料科学など多くの研究分野で活用されており，これらに比べると食品分析への活用例は多くはないが，液体からゲル，固体まで幅広い性状のサンプルが計測可能であり，得られる信号の定量性も高いことから，食品に関わる様々な技術開発において指標となるデータを提供できる可能性がある。本講演では，我々が取り組んできたNMRメタボロミクス（作物の代謝物や食品成分をノンターゲットで一斉分析する技術）および磁気共鳴画像法

（MRI，NMRイメージング，X線CTに対しNMRCTとも呼ばれることもある）による農産物・食品の分析例を紹介する。

NMRメタボロミクスでは，サンプル中の多数の成分を一斉に検出・定量する。この技術は主に創薬マーカーの探索や病態マーカーの探索に用いられてきたが，農産物や食品の品質評価にも有効である。代謝プロファイルをフィンガープリントとして利用したり，有効なマーカーが同定できればNMR装置を使わなくても酵素キットなどによる簡易法の組み合わせで定量が可能になるため，活用場面が広がる。

MRIは，磁場強度に勾配をかけることでNMR信号に空間分解能をもたせ，非破壊的にサンプル内部の断層画像を得る技術である。MRIは医療診断において実用化されているが，食品研究においても活用されている。主には水と油の分布や運動性の違いをマッピングして画像

コントラストを得ることで、組織構造や物性の情報を得て食品の評価を行う事例が多い。非破壊計測であるという利点を生かし、装置の中にサンプルを入れたまま一定時間おきに撮像することで、保存中の食品の水や油の分布の変化をリアルタイムで観察することも可能である。近年では、装置の高感度化により水や油だけではなく糖やアミノ酸、有機酸などの局在を見ることも可能になってきた。

一方で、NMRやMRIで得られる情報には制限もあり、例えば検出できる核種、検出感度、試料サイズ、空間分解能、時間分解能など、測定原理や技術面での限界がある。医用画像分野では、複数のモダリティの組み合わせにより患者体内の様態を多角的に計測する試みがなされている。本講演では、NMRによる食品分析の実情も共有することで、農産物・食品を多角的に可視化するためのアイデア、連携の可能性について今後議論していくための呼び水としたい。