

2024年度 交流助成 成果報告（海外派遣）

2024年 7月 25日

所属：量子科学技術研究開発機構

氏名：田久創大



会議等名称 5th Jagiellonian Symposium on Advances in
Particle Physics and Medicine

開催地 Kraków, Poland

期 日 2024/6/29-/7/07, (2024/6/29-/7/04のみ参加)

1) 会議（研究会）の概要

過去、2015 年、2017 年、2019 年、2022 年の 4 回に渡って開催されていた、物理学、放射線医工学、核医学、医療等の分野で世界的に著名な科学者が一堂に会する継続的な国際会議。今年で 5 回目の開催で、申請者は初参加。都合により開催期間全ては参加出来ず。核物理学および素粒子物理学、医療用画像処理、放射線治療、診断の分野で様々な機関が得た経験や専門知識を交換することができ、革新的医療技術の研究開発が相互に促進される機会を提供する。次のような発表カテゴリーがある；全身 PET (Positron emission tomography, 日本語では陽電子放出断層撮影法と呼ばれる)、PET 撮像技術、治療と診断を融合する医薬品、PET 用核種、頭部 PET、人工知能、ポジトロニウム(Ps)の医療応用、基礎物理学におけるポジトロニウム、粒子検出技術、粒子線治療モニタリング、エキゾチック原子と原子核物理学など。

2) 会議（研究会）で発表した研究テーマとその討論内容

Positronium lifetime measurement using a clinical PET system for biomedical applications（医工学応用のための臨床 PET 装置を用いた Ps 寿命測定）というタイトルで招待講演を行った。陽電子が時々形成する Ps を PET で画像化することで、腫瘍の低酸素領域（X 線や抗がん剤が効きにくい）等を診断できる可能性が以前から議論されてきた。そこで本研究では、酸素分圧の異なる 2 種類の陽電子放出放射線源水溶液の Ps 寿命測定を行った。これらの水溶液を、低酸素状態の腫瘍細胞（10 mmHg）と健常細胞（40 mmHg）に相当する酸素分圧値に調整し、個別に測定した。測定には、量子科学技術研究開発機構 (QST) が開発した世界最速クラスの時間分解能を持つ検出器を搭載した半球型頭部専用 PET 装置 VRAIN を使用した。各々の Ps 寿命値[ナノ秒]を解析したところ、その違

いを $\pm 1\sigma$ 以上の誤差で弁別することに世界で初めて成功した。講演ではこの成果に加え、Ps 寿命で生体内ラジカルを定量して代謝反応等を理解・調査する研究に応用できる可能性についても報告した。質疑の討論では、高精度測定が出来たことへの称賛、次はより生体に近い液体で同様の実験をしてみることの提案、エネルギーウインドウを変えると統計量や精度が変化する理由について、等のコメントを受けた。

3) 出席した成果（ご自身の研究のみならず、他の研究者との交流を通じて得たものがあれば具体的に報告して下さい。）

出席した成果として以下に示す情報等を収集できた。項目ごとに記述する。幾つかは現地での他の研究者との交流を通じて得たものである。

大会長の1人である Jagiellonian 大学の Moskal 教授からは、開発した J-PET を使った世界初のヒトの臨床 Ps イメージングと基礎物理学研究の内容を報告していた。今後新規開発を予定している Total Body J-PET 装置の概要も説明していた。

UC Davis のグループは複数件の発表をしていた。チェレンコフ光を利用する超高速 PET 検出器、Total body PET の応用など。Total body PET は、一桁以上高くなった感度を活用してのダイナミックイメージング（特に肥満が原因で始まる疾患や代謝異常など）への利用を主に議論していた。また、最近開発・改良した Ps 画像再構成法を実験結果に適用する発表もしていた。1つは *ex vivo* で Cardiac myxoma を J-PET で撮像したデータを利用したもの、もう1つは Rb-82 を注入したファントムを別の PET 試作機で撮像したものであった。ポリカーボネートの板をそのファントムの中に挿入し、水部分が 1.9 ns、ポリカーボネートとの接触部が 2.1 ns の Ps 寿命となることを実証していた。

日本からは基礎物理系の研究者が数人参加していた。基礎物理系の発表の多くは殆ど理解出来なかったが、休憩時に簡単に解説して頂き、粒子識別に寿命測定技術がよく使われていることは理解できた。また、同じ QST 高崎研究所の研究者から、陽電子ビームの材料分析への応用に関する発表があった。

Ps イメージングに適した核種とされる Sc-44 や Sc-43(372 keV, 23%)の製造に関する発表があった。新しく開発した製造プロセスなどを発表していたが、まだ安定的に製造・供給できるレベルまで技術が達していないという印象を受けた。

シカゴ大学で Ps イメージングと EPR(ESR)ハイブリッドシステムを開発していることを知った。原理的には1度の動物スキャンで画像上での酸素分圧の検証ができる。現状の最大の問題は Ps イメージングの実現と精度。現在 PET 検出器の TOF 化を目指して研究開発中。イリノイ大学は、生体サンプルの Ps 寿命を計測するために開発している実験セットアップを発表していた。脂肪・肝臓・筋肉組織の Ps 寿命を計測していた。

2022 年のノーベル物理学賞の対象となった量子もつれ(Quantum entanglement)現象を PET に応用する発表が数件あった。基本的には偶発同時計数（や散乱検同時計数）の影響を減らすことが出来る、というのが現状考えられる応用の1つ、というのが申請者の

理解。しかし量子もつれ現象の検出に成功したのは半導体検出器を使った研究のみである。そもそも時間分解能の悪い半導体検出器を使う場合、偶発同時計数等の悪影響が大きくなるため、それを補うだけではないか、というのが率直な印象。我々が開発している WGI で Quantum entanglement を計測したいと言っている研究者がいた。今後共同研究の可能性もあるかもしれない。

2 つの PET 核種を PET で同時撮像するという発表があった。発表ではその解析手順を説明し、市販の小動物 PET Inveon で実証していた。(Zr-89 と I-124 の同時撮像)

J-PET グループのラボを見学するツアーを行っていた。ラボは市中心部からタクシーで 15 分くらい離れていた。プラスチックシンチレータ検出器の製作環境、Ex vivo Ps イメージングを実証した J-PET 1 号機、臨床 Ps イメージングを実証した Modula J-PET、Ps イメージング研究のための生物・化学系の実験設備を見学できた。

4) その他

本会議の参加に要する渡航費及び滞在費をご助成下さった公益財団法人中谷医工計測技術振興財団に心より御礼申し上げます。



写真 1 会場近くの市街地



写真 2 学会会場の様子

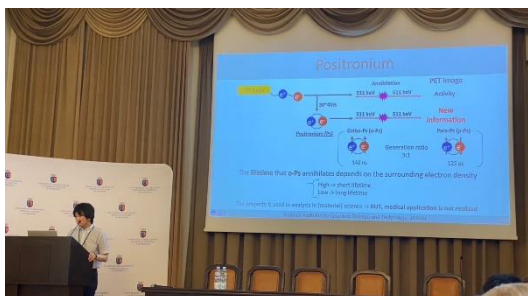


写真 3 申請者の発表の様子

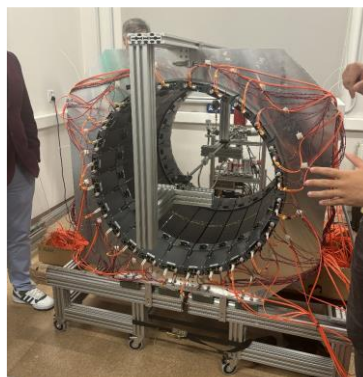


写真 4 世界初のヒトの Ps イメージングを実証した Modular J-PET。ラボ見学ツアーで撮影