

## 2024年度 交流助成 成果報告 (海外派遣)



2024年 12月 4日

所属：量子科学技術研究開発機構

氏名：Kang Han Gyu

会議等名称 2024 IEEE NSS/MIC/RTSD

開催地 米国、フロリダ州、タンパ

期 日 2024年10月26日～11月2日

### 1) 会議 (研究会) の概要

今年度は IEEE Nuclear & Plasma Sciences Society 主催で開催した第75回の IEEE Nuclear Science Symposium (NSS)/Medical Imaging Conference (MIC)/Room Temperature Semiconductor Detector (RTSD) 学会でした。世界各地からの粒子物理、核物理、医学物理、電子工学、医用工学などの様々な分野の研究者が参加しました。その中でも私が研究発表をしたのは MIC 学会で、核医学イメージング装置の分野では最も権威がある学会です。米国の Stanford 大学、Yale 大学、UC Davis 等様々な研究グループから核医学に関する先端技術や最新の研究結果が発表されました。具体的には代表的な分子イメージング装置である PET (Positron Emission Tomography)、SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography) や X-ray CT に関する最新の研究結果が発表されました。本学会では大学や研究所等の研究機関だけではなく、SIEMENS, GE 等の医療機器メーカーからの研究開発成果も数多く発表されました。毎年アメリカ、ヨーロッパ、アジアから1500人以上が参加されました。学会中に行われる企業展示会には、高エネルギー物理実験や医療機器の開発に必要な最新の材料や機材等が数多く発表される。

### 2) 会議 (研究会) で発表した研究テーマとその討論内容

私は2024年11月1日午前8時から始まった Simulation and Modeling のセッションで15分間口頭発表を行いました。発表のタイトルは「Design of a sub-0.5 mm resolution mouse brain PET」で、研究内容は超高分解能小動物のシミュレーション及び設計でした。これまでの市販小動物用 PET の空間分解能は約1mm前後でしたので、マウスの脳の細かい構造が識別出来ない問題がありました。小動物用 PET の空間分解

能は主に検出器の結晶ピッチとパララックスエラーによって制限されました。この問題を解決するため私は0.8mmのシンチレータ結晶アレイを3層に積層する検出器を利用して小動物用PETを設計しました。これによってシミュレーション上でPETの空間分解能が従来の小動物用より2倍以上向上された0.4mmまで達成出来ました。シミュレーションで最適された3層結晶アレイのデザインに基づき、PET検出器の信号処理回路と設計しました。来年の学会では実機の小動物用PETを開発完了し、実験で0.4mmの空間分解能を達成するのが目標です。この超高分解能小動物PETはモデルマウスを用いた神経変性疾患の研究、特に認知症研究に役に立つと思っております。質疑応答の時間には小動物用PETの権威者であるカナダManitoba大学医科大学のAndrew Goertzen先生から私のPETのデザインについて質問を受けました。具体的には「体軸方向に検出器の間でgap（結晶無くて空いている空間）が画像に及ぼす影響はありますか」という質問でした。私は「我々が使用する画像再構成アルゴリズムではgapを含む幾何学的はfactorを考慮しますので、画像には問題はございません」と答えました。それ以外にも米国のUC Davis大学のEmilie Roncali先生から「結晶のピッチが0.8mmで凄く細かいですが、結晶アレイにするとアラインメントの精度に問題はありますか？」と質問されました。それに対して私は「結晶の加工と組み立てに関しては、長年にわたり企業との共同研究で行っていますので、結晶アレイの精度には問題はございません」と答えました。

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。）

1 番目の成果は私が日本で行ってきた研究成果を世界の研究者たちの前で発表したのです。具体的にはカナダや米国のPET研究の専門家及び権威者と私の研究に関して討論が出来ました。

2 番目の成果は世界トップレベルの研究成果を口頭発表やポスター発表セッションで見たのです。具体的には核医学装置のセッションで米国のCornell大学の研究グループから頭部専用PETについて学ぶことが出来ました。頭部専用PET研究の核心技術であるtime-of-flight (TOF)とdepth-of-interaction (DOI)が同時に測定可能な検出器について学びました。結晶アレイの上部にprismの形のガラスライトガイドを配置して下部の光センサーアレイに光信号を分散させてDOI情報（ガンマ線が結晶の中で吸収された深さ情報）を得ることが出来ます。一方でDOI情報を用いて結晶の深さ方向で生じる時間情報のバランスを補正し、TOF分解能を向上させる事が可能になりました。このTOFとDOI情報を用いて画像再構成を行うことで脳ファントムの画質が従来のPETに比べて画期的に改善されました。

3 番目の成果はPET高速信号処理用回路のメーカーとの情報共有でした。例えばはヨ

ヨーロッパのポルトガルの会社である PETsys Electronics は PET 信号処理専用の ASIC (Application Specific Integrated Circuit)を開発してきました。最近我々の研究グループでもこの PETsys Electronics 社の ASIC を実験によく使っております。メーカー展示セッションで PETsys Electronics 社の ASIC の timing calibration 方法や時間分解能が従来の ASIC より 25%以上改善される次世代の ASIC について情報交換が出来ました。

4 番目の成果は PET 用光センサーでのメーカーとの情報共有でした。具体的にはヨーロッパのドイツの会社で Broadcom 社は最新の光センサー SiPM (Silicon Photomultiplier)を開発しています。Broadcom 社の担当者である Tim Binder さんから SiPM 光センサーのサンプルをもらうことになりました。今後 TOF-PET の研究開発のために Broadcom 社の新しい SiPM 光センサーを使用する予定です。

5 番目の成果は世界各地の若手研究者との意見や情報交換です。具体的には Stanford 大学のポストドクターである Zhixiang Zhao さんと PET の front-end electronics や data acquisition system について情報交換が出来ました。中国の Tsinghua 大学の大学院生たちと SPECT の検出器や data acquisition について情報交換が出来ました。ドイツの Tubingen 大学の Fabian Schmidt グループリーダーと乳がん専用 PET について情報交換が出来ました。

#### 4) その他

来年には 2025 IEEE NSS/MIC/RTSD 学会を初めて日本（横浜）で開催することになりました。日本側からは来年の開催に向けて公告用のブースを設置しましたので、私も袴を着てブースで来年の横浜開催について説明と広告をしました。

※最後に現地での交流の様子を撮った写真(2～3枚程度)がありましたら、簡単な説明を添えて、挿入してください。



写真 1. 2024年11月1日午前8時頃に行われた私の口頭発表の姿

**Prism-PET II detector module**

**Prism-PET Super-Module**

- 32x32 crystal array
- 1024 crystal signal
- Light-guide
- 256 SiPM signal
- iMux-FEM 128
- iMux
- 64 iMux signal
- ASIC
- Clock & Trigger
- FEB/D
- DAQ

Block level energy summing & Coincidence Sorting

De-multiplexing

WC-RTP

Crystal Identification

DOI & Time offset Correction

DOI-TOF Coincidence list-mode

Prism-PET II detector block	
Crystal size	Tapered 1.5×1.5×20 mm <sup>3</sup>
Crystal Material	LYSO
Number of crystal	32 x 32
Crystal-to-SiPM ratio <sup>[1]</sup>	4:1
SiPM-to-ASIC ratio <sup>[2]</sup>	4:1
Size	5.1×5.1 cm

Measured detector performance	
DOI Resolution	2.2 mm FWHM
Energy Resolution <sup>a</sup>	11.2 % (w/ saturation correction)
TOF Resolution <sup>b</sup>	311 ps
Spatial Resolution	~ 1 mm FWHM

<sup>a</sup> without saturation correction.  
<sup>b</sup> corrected using DOI and multiple light-sharing timestamps.

写真 2. 米国の Cornell 大学からの頭部専用 TOF-DOI PET に関する発表



写真 3. 私が袴を着て来年の横浜開催について説明する姿、右の方は米国 Florida 大学との Bill Huang 先生