

## 学位論文の審査結果の要旨

本論文は、次世代 PET 装置のための基本測定単位を極力単純化小型化する事により、時間分解能、位置分解能を極限まで追い求めることができ、またこのために、高性能を時間的および空間的に達成できる事を示している。この単純化は、高エネルギー物理学分野で用いられている手法を、医療機器に適用することにより、今までに無いアプローチで有り、新提案と呼ぶべき斬新さを有する。

高エネルギー物理学実験では、衝突現象の結果同時刻に生じる多数の粒子は独立な存在であるため、独立な測定を行う必要がある。そのため測定装置を細分化し多数の同じ性能を有する基本測定単位で構成する方法が取られている。PET 装置においては、体内に導入した放射性元素の非同期な崩壊により体中から同一エネルギー(=0.511MeV)のガンマ線が対になって反対方向(この直線を LOR (Line Of Response)と呼ぶ)に生成される。特徴的な事象は2個の同一エネルギーガンマ線であり、多数の粒子の存在する高エネルギー実験とは異なる。しかし、問題は、その時刻性にある。ガンマ線発見能力を向上させるために大量の放射性元素を体内に注入する事は、被験者の被曝を増大させ、ガンマ線事象が同一クロック内に偶然入る事象の重なるの可能性を高める。事象の重なりは画像の不鮮明さをます。クロック周波数は、信号処理電子回路で上限があり、これを見据えて注入放射性元素量を制御することになる。この事は本論文 8.1 で議論されている。

ガンマ線の基本測定単位の小型化は、PET においては、位置分解能の向上に直結する。この事は、本申請者が、修士課程に於いて明らかにしており、本論文はこれらを前提として次のステップである、時間分解能の向上について研究したと位置づけられる。時間分解能の重要性は、上記データ収集クロック数の上昇に必要とされるばかりか、PET 装置の画像の曇りを生じさせる誤った LOR 交点の検出に直結する。

小型で時間分解に優れ、時間的に短い波形(シンチレーション光の減衰時間が短い)最小測定単位の採用とこれを用いた実験による性能検証が精力的に本論文では議論されている。その結果は時間分解能にして 100 ps を切る(LOR を線分にして 3 cm 以下)高性能が実現可能であることを示している。この値はチャンピオンデータである事を加味しても、現在の市販型 PET 装置の 500~600 ps を十分に凌駕し、次世代の提案として考慮すべきと考えられる。その中心は今まで使われた事の無い無機シンチレーター(LFS)と最近開発された新型光半導体素子(MPPC)である。特に新型光半導体素子(MPPC)は、別の実験のために、小型で大きな増幅率を有するという点で開発された素子である。これの時間分解能の良さに着目して実験を進めている点は、本論文の卓越した点である。

本論文では、これらの第一線にある世界的開発状況もしっかりと他論文を照会し、本論文の立ち位置の妥当性を評価している。

これらの結果を IEEE/NSS などの国際的に発表意義の高い会議に、採択され英語で口頭発表、ポスター発表を行って、結果の優れた点ばかりでなく、対等な議論を行って、もまれている事は評価に値する。また本論文の結果は、2つの国際的に評価のある英字雑誌に、主著者として、発表されており、高い国際性を有する。審査においてはこれらの事ばかりでなく、基礎的な研究

内容、さらにこれ以降の進んだ PET の発展形に関するアイデアも含む博士論文として認定する事に合意した。

公表主要論文名

論文発表 (1) (レフェリー制のある学術雑誌)

Next-generation PWT capability with lutetium fine silicate and multi-pixel photon counter

Makoto Yamazaki, Tohru Takeshita, Yoji Hasegawa

2012 Journal of Instrumentation (JINST ) 7 P10014

Measurement on properties of MPPC for TOF-PET system

Makoto Yamazaki, Tohru Takeshita and Yoji Hasegawa

2013 Journal of Instrumentation (JINST) 8 P02018

論文発表 (2) (レフェリー制のある国際会議議事録)

Makoto Yamazaki, Tohru Takeshita and Yoji Hasegawa, “Study of TOF capability with LFS and MPPC”

Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (NSS/MIC), 2011 IEEE 10.1109/NSSMIC.2011.6152591 p3286-3290 (2011年10月発表) IEEE conference publications