

氏 名（本籍）	やま 山	もと 本	みき 幹	お 男
学位の種類	博 士（医 学）			
学位記番号	医 第 2 6 3 8 号			
学位授与年月日	平 成 6 年 2 月 23 日			
学位授与の条件	学位規則第 4 条第 2 項該当			
最 終 学 歴	昭 和 46 年 3 月 31 日 上智大学大学院理工学研究科物理学専攻 修士課程修了			
学位論文題目	医用陽電子放出断層撮像法における飛行時間差情報の利用と効果に関する研究 放射線医学総合研究所不定期刊行物 NIRS-R			

(主 査)

論文審査委員	教授 福 田	寛	教授 坂 本	澄 彦
	教授 田 中	元 直		

# 論文内容要旨

近年、核医学の体内画像化法で、定量性が高く局所動態機能測定を得意とする PET (positron emission tomography : ペット) が注目されている。PET は、ポジトロン CT, 陽電子コンピュータ断層撮像法とも呼ばれている。

一般に PET では、体内に投与され分布した医薬品にトレーサーとして組込まれた陽電子放出核種 ( $^{11}\text{C}$ ,  $^{15}\text{O}$ ,  $^{13}\text{N}$ ,  $^{18}\text{F}$  など) 近傍より、ほぼ正反対方向に同時に放出される 2 個の 511keV の  $\gamma$ 線を計測の対象とする。

従来の PET では、これらを体外に体を取巻くように配置された多数の検出器の内の 2 個で同時計数する。

これらの情報を多数集め、コンピュータを利用して、X線 CT と原理的に同一な CT 画像再構成法を用いて、医薬品の体内分布像を作成する。

他方、2 個の  $\gamma$ 線がそれぞれ検出されるまでの飛行時間の差 (time-of-flight : TOF) 情報を  $10^{-10}$  秒の高精度で測定すると、次元多い位置情報が利用でき、画質を飛躍的に向上させられる可能性がある。

本論文は、TOF 情報の PET への導入による高速化、高画質化、ならびに小型化などを通じ医学へ貢献することを目的として行った以下の研究を報告する。

1. 著者も参画し世界で初めて開発に成功した TOF-PET, Super PETT I, にて収集した、同一のデータを基にして、画像再構成に TOF 情報を利用した場合と利用しない場合の 2 種類の画像を得、それらの画像中の雑音の分散の比である TOF による増感度を指標にして、TOF 情報自体が画質に与える効果のみを他の因子から分離して定量的に明らかにする実験を行なった。

TOF による増感度は、TOF を利用すると利用しない場合に何倍の時間をかけて測定したのと同等の画質を得られるかを意味する。

直径 35cm の円筒均一 RI 分布ファントムに関する実験結果では、TOF 利用による増感度は、低放射能強度では約 3 であり、理論的推定と一致した。放射能強度を増すと、約 8 に増加する傾向が、初めて示された。

この放射能強度依存の理由を TOF による偶発同時計数の大幅低減効果で説明し、実験結果をうまく説明できる理論式を提出し、この原因と性格を解明した。

他のファントム画像と臨床試行画像を得、TOF-PET の実用性を明らかにした。

2. PET の小型化・簡易化を目的として、TOF 情報のボケを雑音の増強を伴わずに半分位に修正できる高速な逐次近似アルゴリズムを開発し、それを利用して、TOF を用いて初めて可能と

なる簡易型ポジトロン・イメージング法を開発した。

単部位用原型システムと複数部位用システムを試作し、線線源、ファントム、臨床試行実験を行い、CT法を全く用いない本法による簡易な断層撮像と動態測定の可能性を画像とデータで示した。

3. TOF利用の利点と問題点、今後の課題などを考察した。TOF法は、投与放射エネルギーの多い時、また高レベル放射能分布と共存する低レベル部位に関心のある場合に、特に有利な方法である。高検出率で高時間分解能を持つTOF用検出器の出現が待たれる。

## 審査結果の要旨

本論文は、PET (positron emission tomography, ポジトロン CT) へ、原理的に新しい飛行時間差 (time-of-flight : TOF) 情報を導入し、高速化、高画質化、ならびに小型化をはかることを目的として医学物理的基礎研究を行ったものである。

一般に PET では、陽電子放出核種 ( $^{11}\text{C}$ ,  $^{15}\text{O}$ ,  $^{13}\text{N}$ ,  $^{18}\text{F}$  など) 近傍より、ほぼ正反対方向に同時に放出される 2 個の 511KeV の  $\gamma$ 線を計測の対象とする。従来の PET では、これらを体外に円周状に配置した多数の検出器の内の 2 個で同時計測する。これらの情報を多数集め、コンピュータを利用して X 線 CT と原理的に同一な CT 画像再構成法を用いて、医薬品の体内分布像を作成する。

TOF 法では、2 個の  $\gamma$ 線がそれぞれ検出されるまでの飛行時間差 (TOF) を  $10^{-10}$  秒の高精度で測定し、一次元多い位置情報を利用することにより、PET の画質を飛躍的に向上させられる可能性がある。本論文ではまず著者も参画し世界で初めて開発に成功した TOF-PET (Super PETT I) にて収集した同一のデータを基にして、画像再構成に TOF 情報を利用した場合と利用しない場合の 2 種類の画像を得、それらの画像中の雑音の分散の比である TOF による増感度を指標にして、TOF 情報自体が画質に与える効果のみを他の因子から分離して定量的に明らかにした。

TOF による増感度は、TOF を利用しない場合に TOF 画像と同等の画質を得るのに必要なデータ収集時間の比で定義される。直径 35cm の円筒均一 RI 分布ファントムに関する実験結果では、TOF 利用による増感度は、低放射能強度では約 3 であり、理論的推定と一致した。さらに放射能強度を増すと、約 8 に増加する傾向が初めて示された。この放射能強度依存の理由を TOF による偶発同時計数の大幅低減効果で説明し、実験結果をうまく説明できる理論式を提出し、この原因と性格を解明した。これらの結果は、TOF 情報自体の効果を初めて実験的に評価した物である。

またファントム画像と臨床試行画像を得、TOF-PET の実用性を明らかにした。次に PET の小型化・簡易化を目的として、TOF 情報のボケを雑音の増強を伴わずに修正できる高速な次近似アルゴリズムを開発し、それを利用して、TOF を用いて初めて可能となる簡易型ポジトロン・イメージング法を開発した。システムを試作し、線線源、ファントム、臨床試行実験を行い、CT 法を全く用いない本法による簡易な断層撮像と動態測定の可能性を画像とデータで示した。

以上のように、本研究は原理的に新しい TOF の PET への導入に関するもので、いずれも世界で初めての研究であり極めてオリジナリティーが高く、本分野への貢献度が高い。

以上により本研究は学位授与に値するに十分な論文と評価する。