

審査の結果の要旨

氏名 中村 泰明

悪性腫瘍に対する診断技術では、術前だけでなく術中にも腫瘍とリンパ節などの転移部位を診断して正確な切除範囲を決定することが望まれている。本論文は、新しい核医学イメージング手法として、コンプトン散乱原理を用いた体内プローブによる診断手法を提示して、実証器としての超小型腹腔鏡型コンプトンカメラを開発し、ファントムや摘出患部の画像化試験を行いその有用性を明らかにしたものである。

第1章は序論であり、術中診断の観点から、高エネルギーガンマ線に多く見られるコンプトン散乱を利用した次世代ガンマカメラ・コンプトンカメラに着目し、軽量かつ小型化が容易である特徴を最大限に活かして極小腹腔鏡下で体内から放射性薬剤分布を可視化するまったく新しい手法を考案し、悪性腫瘍に対する術中の高エネルギーガンマ線に対する核医学診断手法の確立を目的として、位置敏感型の腹腔鏡型放射線検出器という新しい領域にて、体内に指向性のある放射線計測器を挿入し、これまでとはまったく違うアプローチで核医学に新しい診断手法を切り拓くことを述べている。第2章は悪性腫瘍イメージング装置の現状技術について分子イメージング診断、術中診断の観点から概観している。第3章はコンプトン散乱原理に基づくイメージング法について、イメージング原理から始まり、解析的な感度・分解能の考察を論じている。既存のガンマカメラ・コンプトンカメラを概観した後、全く新しい解析アルゴリズムとして単一光子集中型の手法を提案し、感度を約5倍以上向上させることが可能であることを示している。さらに、放射線計測の物理に基づき、近接することで感度・分解能を達成できることに着目し、まったく新しい概念の腹腔鏡型コンプトンカメラを提案している。第4章は数値計算による腹腔鏡型コンプトンカメラ設計について示しており、位置敏感型の腹腔鏡型放射線検出器という新しい領域を提示する実証器を製作するための設計について結晶サイズやエネルギー分解能などのハードウェアの制約や、逐次最尤法を用いた画像再構成を行い DICOM データとして出力するモードを含めた統合システム、さらに **General Purpose Graphic Processing Unit (GPGPU)**による並列計算を用いたリアルタイム画像再構成アルゴリズムまでを述べている。

第 5 章は腹腔鏡型コンプトンカメラの実装・評価を行っている。腹腔鏡下に挿入可能なサイズで実装するための読み出しケーブルや筐体の製作を含め、動的時間幅信号処理方式と、Field Programmable Gate Array (FPGA) を用いたデジタルデータ個別読み出しシステムの実装に成功している。新しい光センサーである Multi Pixel Photon Counter (MPPC)を用いた新型検出器では回路の線形性が確保できることを数値的に示し、実証した。また、時間幅信号処理法に対して加算回路を用いた新たな多重化信号処理法を開発している。第 6 章はイメージング評価実験について述べており、イメージャーとしての性能を評価している。実際にファントム、摘出患部のイメージング試験を行い、腹腔鏡型放射線検出器という新しい領域の有用性を示している。

第 7 章は結論であり、論文全体を総括するとともに、将来展望・今後の課題について述べている。

以上のように、本研究はコンプトン散乱原理を用いて小型の体内プローブを開発し、新たな核医学イメージング手法の有用性を示したものであり、バイオエンジニアリングの発展に寄与するところが小さくない。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。