



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Mathematical Study on Fluorescence Diffuse Optical Tomography : Recovering the Distribution of Fluorophores Using Cuboid Approximation [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Sun, Chunlong
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第14153号
Issue Date	2020-06-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/78941
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Sun_Chunlong_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士（理学） 氏名 スン チュンロン

主査教授 久保 英夫
審査担当者 副査教授 栄 伸一郎
副査助教 西村 吾朗（電子科学研究所）

学位論文題名

Mathematical Study on Fluorescence Diffuse Optical Tomography – Recovering the Distribution of Fluorophores Using Cuboid Approximation
(蛍光拡散トモグラフィの数理的研究 – 直方体近似を用いた蛍光体分布同定)

博士学位論文審査等の結果について（報告）

スン チュンロン氏の研究対象である蛍光拡散トモグラフィは、生体組織の中に例えば医学的に興味がある部位を特定したりする場合に、安全に使える蛍光物質を用いて特異的にそれらを標識した部位を見るために必須な手法である。ポジトロン断層法(PET)、X線CT、核磁気共鳴イメージング(MRI)などの他のトモグラフィと比べ、蛍光拡散トモグラフィは簡便かつ安全性が高いことから、応用面でも極めて高い関心を集めている。光が生体組織により強く散乱されることにより、この系の振る舞いは拡散方程式系により支配される。この数理モデルに対して表面での観測データのみから蛍光体に関する位置などのパラメータを求めることが課題となる。この問題は非適切性の強い逆問題であり、安定的にそのパラメータを得る方法はこれまで多くの研究があるものの、それらは線形近似を行う数学的な裏付けのない中で進められてきたものである。

スン氏はこのような状況のもと、真の解と線形近似を行った解との誤差評価を論理的に導くことに成功し、先行研究における近似が数学的に妥当であることを明らかにした。更に、蛍光体がある簡単な形状であるとの仮定のもとで、高速かつ安定的にその位置を特定する方法を開発し、その新奇な解析手法を本学位論文としてまとめている。より具体的には、蛍光体が直方体である場合に、最小2乗法によるデータ当てはめによる決定を行うというアイデアを提案し、直方体の位置などのパラメータ決定の問題に取り組んだ。このようなパラメータの数値同定法においては、どのように初期条件を設定するかが、安定的に数値同定を行うために極めて重要である。この点に関して、スン氏は詳細なケーススタディーを数値的に実行し、提案手法が実験結果をよく再現することを確かめた。この新しいパラメータ同定法は数学理論に裏付けされた形で提案されており、その点が先行研究とは異なる最大の成果と言える。

本学位論文では、最初に蛍光拡散トモグラフィに関する数理モデルの定式化を与え、その線形化問題の厳密解について議論し、蛍光体の形状を直方体に限定しても蛍光体の位置を推定する際に大きな問題が生じないことを確かめた。さらに、シミュレーションデータを用いて初期条件を段階的に狭める方法について検討し、蛍光体の位置を安定的に推定できることを検証し、最後に実測データを用いて本提案手法の有効性を確かめている。以上を要するに、本学位論文は蛍光拡散トモグラフィの数理構造を数学的に記述すると同時に、蛍光拡散トモグラフィの逆問題に対する高速かつ安定的な新たな解析手法を提案するものであり、当該分野の発展に貢献するところ大なるものがある。

よって、著者は、北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格あるものと認める。