



Title	光CTによる生体計測を目的とした光伝播解析と測定システムに関する研究
Author(s)	江田, 英雄
Citation	大阪大学, 2000, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/42981
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名 江 田 英 雄

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 1 5 0 8 2 号

学 位 授 与 年 月 日 平 成 1 2 年 2 月 2 2 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第 4 条第 2 項該当

学 位 論 文 名 光 CT による生体計測を目的とした光伝播解析と測定システムに関する研究

論 文 審 査 委 員 (主査)
教 授 柳 田 敏 雄
(副査)
教 授 葛 西 道 生 教 授 村 上 富 士 夫

論 文 内 容 の 要 旨

近赤外分光法は、生体への透過性が良い近赤外線を用いて、酸素化-脱酸素化により特徴あるスペクトル変化を示すヘモグロビンを測定することによって生体の酸素状態を知るものである。光 CT は近赤外分光法の頂点であり生体の酸素状態の画像を得ることを目的とする。X線 CT や MRI と比べて酸素動態という機能画像が得られる点や、生体への侵襲や拘束の度合いが低いなどの利点がある。本研究はこの実現のためパルス光を用いた時間分解測定法による画像再構成法を検討し、さらに時間分解測定法を基本とした光 CT システムの研究開発を行ったものである。

時間分解測定によって得られる時間プロファイルの有効な利用方法である時間外挿吸光度法と、逆問題の解法の一つである重み関数法とによって再構成した画像を評価した。評価のために生体と同じ光学特性を持つ固体ファントムをシリコーンゴムをベースに作り上げた。散乱体のみを含むボディに、散乱体と吸収体を含むロッドを挿入する構造にした。ロッドの位置をボディの中央と端の 2 箇所に置いて測定して得たデータから画像を再構成したところ、空間分解能の点で時間外挿吸光度法よりも重み関数法が優れている結果を得た。また、再構成される吸収のピーク値も重み関数法による画像のほうが正しかった。

3 波長のパルスレーザを備え、64 ch 同時に時間分解波形を測定することができる光 CT システムを作り上げた。このシステムは現時点で世界最高の性能を示すものである。また、ロンドン大学から公表された画像再構成プログラムである TOAST を評価し、重み関数法と同様の画像を与えるものの、吸収のピーク値は数桁小さくなることを示した。

実際の血液を流すことのできるファントムを完成し、流す血液の濃度と酸素飽和度を変えて以上のシステムを使って測定した。その結果、血液の酸素飽和度の画像を得ることに成功した。

以上の研究成果は、今後の生体光計測の研究に大きく貢献するものと考えられる。

論文審査の結果の要旨

光 CT は、生体への透過性が良い近赤外線を用いてヘモグロビンを測定し、その酸素化-脱酸素化の画像を得ることによって生体の酸素状態を知ることを目的とするものであり、X線 CT や MRI と比べて酸素動態という機能画像が得られる点や、生体への侵襲や拘束の度合いが低い点などの利点がある。しかし光信号を良い S/N で得ることが難しいこと、及び、光は散乱されて伝播するため従来の画像再構成法がそのまま使えないという問題があるためにまだ実用化されていない。本研究は光 CT による生体計測を目的として光伝播の解析を行い、パルス光を用いた時間分解測定法などによる画像再構成法を検討し、さらに新しい光 CT システムの研究開発を行ったものである。

本論文では、生体光伝播理論の解析、画像再構成法として時間外挿吸光度法と重み関数法の比較、新しい光 CT システムの研究開発、重み関数法とロンドン大学から公表された画像再構成プログラムの評価、血液ファントムの画像、をそれぞれ章ごとに述べている。まず生体光伝播理論の解析では、定常と非定常の場合の生体光拡散方程式の Green 関数を導出し、その Green 関数と理論的境界条件を実際の測定で得られるデータと合わせるための検討を行った。

時間外挿吸光度法と重み関数法の評価では、生体と同じ光学特性を持つ円筒の固体ファントムを作成し、その円筒内部に吸収棒を挿入した測定データから再構成画像を得ることに成功している。時間外挿吸光度法はパルス光を使った時間分解測定によって得られる時間プロファイルから計算した吸光度とフィルター補正逆投影法とを組み合わせる方法であり、重み関数法は連続光を使った測定値と逐次近似法などの逆問題解法を組み合わせる方法である。その結果、空間分解能の点で重み関数法のほうが時間外挿吸光度法よりも優れていること、及び、再構成される吸収のピーク値も重み関数法による画像のほうが正しいことを示した。

3 波長のパルスレーザを備え 64 ch 同時に時間分解波形を測定することができる光 CT システムを作り上げた。この光 CT システムは現時点で世界最高の性能を有するものである。

ロンドン大学から公表された画像再構成プログラムを検討し、新しく作った装置による測定データによって評価した。同じ測定データからそれぞれの手法で再構成画像を得て、公表されたプログラムは空間分解能では重み関数法と同様の画像を与えるものの、再構成される吸収ピーク値が小さくなる問題があることを指摘した。

また、実際の血液を 2 箇所流すことのできる円筒のファントムを完成し、流す血液の濃度と酸素飽和度を変えて測定した結果、血液の酸素ヘモグロビン変化、脱酸素化ヘモグロビン変化、全ヘモグロビン変化、及び、酸素飽和度、それぞれの画像を得ることに成功した。

本所究の成果は、今後の生体光計測の研究に大きく貢献するものと考えられる。