

氏名(本籍)	わん 王	じえん 朕	(中 国)
学位の種類	博 士 (工 学)		
学位記番号	博 甲 第 6441 号		
学位授与年月日	平成 25 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審査研究科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	A study on advanced analytical image reconstruction in 2-D computed tomography (2次元コンピュータトモグラフィーにおける先進の解析的画像再構成に関する研究)		
主査	筑波大学教授	工学博士	工 藤 博 幸
副査	筑波大学教授	博士(工学)	牧 野 昭 二
副査	筑波大学教授	工学博士	久 野 誉 人
副査	筑波大学教授	工学博士	徳 永 隆 治
副査	筑波大学准教授	博士(工学)	滝 沢 穂 高

論 文 の 内 容 の 要 旨

本論文は、コンピュータトモグラフィー (CT) において測定した投影データから CT 画像を生成する画像再構成に関するものである。2次元 CT の画像再構成法は、フーリエ変換や微積分を用いて解析的に逆変換を行う解析的画像再構成法と測定データに加わる雑音の統計的性質などにに基づき定義した評価関数を最小化する統計的画像再構成法の2つのクラスに分類され、本論文は前者に関するものである。2000年以前は解析的画像再構成法の中でもフィルタ補正逆投影 (Filtered Backprojection : FBP) 法と呼ばれる手法が実用されてきたが、2000年代の初頭にブレークスルーが起き Katsevich の FBP 法や微分逆投影 (Differentiated Backprojection : DBP) 法と呼ばれる新手法が発見された。しかし、これらの先進の解析的画像再構成法の研究は複雑化しており、実際の CT 装置でどのような長所を生み出すかも十分に解明されていないのが現状である。そこで、本論文では、1) 先進の解析的画像再構成法を体系化して見通しを良くすること、2) 先進の解析的画像再構成法がどのような長所を生み出すか典型的な事例を検討すること、の2つを目的としている。具体的には、大きく以下の2つの成果を得ている。1つ目の成果として、Katsevich の FBP 法や DBP 法を整理して1つの統一的原理に基づき導出して見通しを良くすると同時に、未発見の新手法の存在を示している。2つ目の成果として、Katsevich の FBP 法や DBP 法などの先進の解析的画像再構成法が、1) 被写体の動きによるアーティファクトの軽減、2) 金属アーティファクトの軽減、3) X線を検査の関心領域 (Region of Interest : ROI) のみの照射した投影データから画像再構成を行い被曝量を低減するインテリア CT、などに応用できるポテンシャルを持つことを示している。

第1章は序論であり、本論文の背景と目的について述べている。第2章は、本論文の基礎となる部分であり、解析的画像再構成法として従来の古典的な FBP 法、Katsevich の FBP 法、DBP 法の3つの手法について述べ、更にこれらの手法を整理して演算順序に変更を加えることで新手法の存在を示している。第3章では、Katsevich の FBP 法を取りあげ、X線源の軌道が一般の場合の再構成式を導出して被写体の動きによるアー

ティファクトの軽減に応用可能なことを示している。特に、一般の X 線源軌道の場合に問題となる投影データの冗長性（各データの測定回数にばらつきがあること）の補正法として、正負符号関数と呼ばれるものを提案している。第 4 章では、DBP 法を取りあげ、被写体が金属などの X 線を通さない物質を含む場合に発生する金属アーティファクトの軽減に応用可能なことを示している。第 5 章では、DBP 法を取りあげ、X 線を検査の ROI のみの照射した投影データから画像再構成を行い被曝量を低減するインテリア CT に応用することを検討している。特に、インテリア CT の画像再構成では、数学的に厳密な ROI 再構成を行うのに ROI 内の先見情報が必要なことが先行研究により示されていたが、ROI 外に先見情報を与えて厳密な再構成を行う手法を提案している。第 6 章は本論文のまとめである。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文では、先進の解析的画像再構成法である Katsevich の FBP 法や DBP 法に注目して、1) これらの手法を 1 つの統一的原理に基づき導出して見通しを良くし未発見の新手法の存在を示す、2) これらの手法が被写体の動きによるアーティファクトの軽減、金属アーティファクトの軽減、X 線を検査の ROI のみの照射して画像再構成を行い被曝量を低減するインテリア CT に応用できることを示す、の 2 つの成果を得ている。この方向性の研究は CT 画像再構成分野における世界的なトレンドであり類似研究が多数存在するが、類似研究と比較してアイデアや理論構築に十分な新規性が認められる。更に、第 5 章で述べられているインテリア CT において厳密な画像再構成を行うのに ROI 外の先見情報を与える手法は、独創的なアイデアであり高く評価できる。研究の着目点、新規性、有効性、実用性のどの点も十分な内容の研究であり、医用画像やイメージング分野への貢献が少なくなく、博士（工学）の学位を受けるにふさわしい優れた論文と評価する。問題点としては、実験的な検討が不十分なこと、論文の推敲が不十分で理解が困難な箇所や数式の誤りが見受けられることが挙げられ、より完全な論文を提出して欲しかった。

平成 25 年 1 月 30 日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。