

## 学位論文及び審査結果の要旨

横浜国立大学

氏名	岩男 悠真
学位の種類	博士（情報学）
学位記番号	環情博甲第358号
学位授与年月日	平成27年3月25日
学位授与の根拠	学位規則（昭和28年4月1日文部省令第9号）第4条第1項及び横浜国立大学学位規則第5条第1項
学府・専攻名	環境情報学府 情報メディア環境学専攻
学位論文題目	胸部CTおよびMR画像のモダリティ統合に基づく時空間解析システム
論文審査委員	主査 横浜国立大学 教授 後藤 敏行 横浜国立大学 教授 竹林 茂生 横浜国立大学 教授 有光 直子 横浜国立大学 准教授 富井 尚志 横浜国立大学 名誉教授 影井 清一郎 神奈川県立循環器呼吸器病センター 放射線科部長 岩澤 多恵

## 論文及び審査結果の要旨

医用画像の撮像法の進展にともない、医師の負担軽減や診断精度の向上を目的としたコンピュータ支援診断システム（CAD）に対する注目が高まっている。CADとは、各種の医用画像に対して画像処理技術を用いて解析し、種々の情報を医師へと提示するものであり、モダリティ、部位、病気の種類を対象としてさまざまな研究が広く行われている。医用画像のモダリティの代表的なものとして、X線CT(Computed Tomography)やMRI(Magnetic Resonance Imaging)があげられる。X線CTは、MRIと比較して人体内部の形態情報が詳細に得られるが、放射線被ばくの心配があり、時系列的な撮像など長時間のX線照射をとまなう検査は困難である。一方でMRIは低侵襲であり、血流を始めとする人体の諸機能の観察も可能であるが、解像度が低く詳細な形態情報を得ることは難しい。

これまで、複数モダリティのレジストレーションについては、頭部など動きのない器官を対象とした研究は多いが、呼吸運動により大きく変形する胸部に対する研究には課題が残っていた。本論文では、CTを対象とした胸部の構造解析手法について検討したのちに、種々のMRIの解析情報との統合を目指して、モダリティ間レジストレーション手法を提案している。さらに、これらの手法をもとに、肺野構造、血流動態、病巣解析といった情報を相互に結び付けて医師に提示するシステムを試作し評価を行っている。本論文は、序論（第1章）から結論（第5章）の5章で構成されている。

第1章は序章であり、研究背景となる医用画像および研究の現状について述べ、本研究の位置づけと目的を明らかにする。また、続く第2章では、本研究と関連する従来研究についてまとめている。

第3章では、胸部の解剖学的構造の解析では、3次元CT画像に対する従来の気管支や肺血管の構造解析法において計算量が多いという問題に対して、処理機構をあえて単純化し、その処理過程を監視しそこで生じた画像処理の失敗を自動的に検出し、処理結果が破綻した場合にはそれまでの処理を時間的に巻き戻したのちに再試行するという破綻対応型アルゴリズムを提案している。これに基づいて、肺の気管支構造の解析に必要な計算量の削減と画像処理の安定を同時に実現している。これによって、従来手法による気管支抽出処理と比較して、同等の抽

出精度で 100 倍以上の高速化が実現できることを示している。さらに、抽出した気管支枝の分布をもとに肺野を解剖学的に分類する手法を開発し、肺葉領域を誤差数%の精度で分類可能であることを確認している。また、この肺領域の構造解析結果と肺野領域の病変解析結果を統合することによって、肺の解剖学的構造単位に各種病変を解析できるシステムを試作している。

第 4 章は、CT と MRI の統合に必要なレジストレーションについて述べている。胸部器官は呼吸運動により大きく変形するという問題に対して、複数の特徴点をグループとして構成し、画像の局所的類似性に加えて、グループ内における相対的な位置関係を相互情報量を用いて評価することで、特徴点間の非線形な対応付けを行う手法を提案している。これにより、2つのモダリティの撮像時に生じる分解能や呼吸状態の違いなどによる変形の問題を解決し、対応関係を求めるシステムを試作している。さらに本研究では、開発したシステムを用いて評価実験を行い統合精度の評価を行っている。

第 5 章では、本論文全体のまとめと今後の展望について論じている。

本研究は、画像処理の基盤技術として有用性も高く、医用画像解析分野への貢献も大きい。本研究によって試作されたシステムは既に複数の呼吸器病専門機関において、臨床適用に向けた検討・評価が始められている。また、これらの研究成果は 3 編の査読付正論文および国際会議論文、その他の多くの口頭発表によって公表され、いずれも高く評価されている。

以上のように、本論文は博士(情報学)の学位請求論文として十分に価値があると審査委員全員一致して判断し、平成 27 年 1 月 31 日(土)14 時 30 分から 15 時 30 分まで、環境情報 1 号棟 316 大会議室において博士論文発表会(公聴会)を開催した。引き続き同日 15 時 30 分から 16 時まで、環境情報 1 号棟 310 教室において審査委員全員出席のもとで、岩男悠真氏の最終試験を行った。はじめに同氏より、博士請求論文を構成する学術論文の公表状況や単位取得状況について説明があり、審査委員からは審査論文に関する質問や、論文内容と関連する医用画像処理や 3 次元画像解析に関する専門知識について質問がなされた。質疑応答の結果、論文の公表状況および専門知識は十分であることを確認した。外国語については、公表論文がすべて英語で執筆されていること、本人が国際会議において英語で発表していることから学力を確認した。

これに基づき、環境情報学府情報メディア環境学専攻会議にて審議し、全員一致で本論文を博士(情報学)の学位論文として価値があるものとして環境情報学府教授会に付議することを決定した。その後、環境情報学府学務委員会での確認を経て、平成 27 年 3 月 9 日(月)に開催された環境情報学府教授会において審議および無記名投票により、同氏に博士(情報学)の学位を授与することを決定した。

注 論文及び審査結果の要旨欄に不足が生じる場合には、同欄の様式に準じ裏面又は別紙によること。