

|          |                                      |
|----------|--------------------------------------|
| 氏 名      | すぎもと なおぞう<br>杉 本 直 三                 |
| 学位(専攻分野) | 博 士 (工 学)                            |
| 学位記番号    | 論 工 博 第 2995 号                       |
| 学位授与の日付  | 平 成 7 年 5 月 23 日                     |
| 学位授与の要件  | 学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当              |
| 学位論文題目   | X 線映画血管造影像の動画像処理による血流速度ベクトル分布<br>の推定 |

論文調査委員 (主査) 教授 英保 茂 教授 長尾 真 教授 池田 克夫

### 論 文 内 容 の 要 旨

生体内の血管や心臓内部の血流状態を詳しく知ることは、血流と動脈硬化性病変や動脈瘤の進展との関連などを明らかにする上で、極めて重要である。本論文は、そのための計測法として通常臨床で用いられている X 線映画血管造影像を対象として、投影された血管像の画像系列から、血流速度ベクトル分布を計測する手法について述べたもので、7章から構成されている。

第1章では、研究の動機や背景について概説している。

第2章では、X 線映画血管造影像を用いた血管の軸方向の血流速度の推定法、ならびに動画像系列からの移動物体の移動速度ベクトル分布の推定法に関する従来の研究を本論文で提案する手法との関連を交えて説明している。

第3章では、連続2コマ間での造影剤の移動をブロック単位で求めて血流速度ベクトル分布を推定する方法について述べている。すなわち、画像領域を互いに隣接する一群のブロックへ分割し、各ブロックで成立する推定の基礎式からの誤差の項と、造影剤の流れの空間的な滑らかさを表す項からなる評価関数を設定し、最大流量制約条件の下でその評価関数を最小化することによって、造影剤の移動分布を推定する手法を与えている(単純ブロック分割法)。さらに、互いにその一部分が重なりあうブロックへ分割する重複ブロック分割法を提案し、単純ブロック分割法に比べて、より精細に、また空間的に滑らかな血流ベクトルの計測を可能ならしめている。

第4章では、モデル実験を行い、提案手法の有効性の定量的な検討を行っている。すなわち、曲がったパイプに拍動流を流し、その中に造影剤を注入して X 線映画撮影を行い、本論文の手法によって推定された流速ベクトルの平均値が電磁流量計による測定値と、精度よく一致することを示している。

さらに、推定された結果を用いて、パイプ走行方向に垂直な方向への速度ベクトルの分布を求めると、流速が最大になる位置がパイプの中心よりも曲がりの外側に位置することが描出されるが、これは、流体力学から予想される結果や X 線映画像の目視観測から予想される結果と一致しており、提案手法が2次元的な流れの評価にも有効であることが示されている。

第5章では、第3章で提案した手法の臨床データへの適用例として、腹部大動脈瘤の血管造影像を処理した結果、重複ブロック分割法によって、動脈瘤内の渦流が明確に描出されている。このことから、より複雑な流れに対しても本論文の手法が有効であり、また、重複ブロック分割法による推定結果と単純ブロック分割法による推定結果の比較から、重複ブロック分割法が単純ブロック分割法の有効な改善法になっていることも示している。

第6章では、X線映画左心室造影像に対する適用例について述べているがほぼ一心拍にわたって左心室内の血流速度ベクトル分布を推定した結果、左心室造影像の目視評価と矛盾しない結果が得られており、新しい心機能評価法への指標として使用できる計測量を与えていることを示している。

第7章では、研究で得られた成果を総括するとともに今後の課題について述べている。

### 論文審査の結果の要旨

生体内の血管や心臓などを流れる血流を非観血的に計測することは、臨床上有意義であるだけでなく、血流の乱れと動脈硬化性病変や動脈瘤の進展などとの関連を明らかにする上で極めて有用である。本論文は、現在臨床で撮像されているX線映画血管造影像を用いて、動理像処理手法により、血流分布を推定するための手法に関する研究をまとめたものであり、得られた成果は以下のとおりである。

1. X線映画血管造影像の連続フレーム間での造影剤の移動を計測し、局所の血流を求めるため、画像空間をブロックに分割し、各ブロックごとの血流速度ベクトル分布推定を行う手法を開発した。

2. パイプに流した拍動流を撮像し、提案手法によって推定された流速ベクトルの平均値が、電磁流量計による測定値と精度よく一致することを示し、さらに、2次元的な流れの評価にも有効であることも示した。

3. 腹部大動脈瘤の血管造影像に対して適用した結果、動脈瘤内の渦流を検出・描画することができ、より複雑な流れに対しても本論文の手法が有効であることを示した。

4. X線映画左心室造影像に対して、一心拍にわたって左心室内の血流速度ベクトル分布を推定した結果、左心室造影像の目視評価と矛盾しない結果が得られ、新しい心機能評価法への指標として使用できるパラメータが計測できることを示した。

以上本論文は、画像系列から、血流速度ベクトルを求める手法に関する研究をまとめたものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また平成7年3月1日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。