

Title	流体画像系列からの速度場推定手法に関する研究
Author(s)	中島, 義和
Citation	大阪大学, 1997, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/40263">https://hdl.handle.net/11094/40263</a>
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、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

氏名	なか しま よし かず 中 島 義 和
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 13218 号
学位授与年月日	平成9年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科物理系専攻
学位論文名	流体画像系列からの速度場推定手法に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 田村 進一  (副査) 教授 北橋 忠宏 教授 首藤 勝

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、筆者が大阪大学大学院基礎工学研究科（物理系専攻情報工学分野）博士後期課程在学中に行った流体を対象とした時系列画像からの速度場推定手法についてまとめたものである。

本研究は、流体の速度場モデルあるいは物理モデルを導入した拘束式を定式化する。すなわち流体現象のモデル化を行うことで、より安定で高精度な速度場推定を目指すものである。本稿は、大きく2つのテーマより構成される。ひとつは、大動脈のX線造影画像系列から血液の速度場を推定する手法についてであり、もうひとつは、流体の物理モデルを速度場推定手法に導入した速度場推定手法についてである。これら2つのテーマは、流体を対象とした画像系列からの速度場推定手法である点で一致するが、手法的には独立している。前者は多くの画像情報より信頼性の高い情報を抽出するよう定式化した手法であり、後者は少ない画像情報を生かしつつ、対象の物理モデルの導入によって不足条件を補間するよう定式化した手法である。画像系列の撮影条件を考慮し、それぞれの条件に合致した定式化を行うことで、より信頼性の高い速度場復元を目指す。

まず、血管のX線造影画像系列から血流速度場を推定し、さらに速度場から速度の乱れを表現する特徴抽出を行う手法について述べる。血管中で発生している血液の乱れの抽出とその定量化を行うことができれば、血管病変の推定に役立つ。提案手法では、画像情報と速度場の関係を記述した拘束式を提案し、血流速度場を推定する。その定式化の際、実際の血流は心拍動と同期してその速さを変えることから、速度ベクトルの大きさを可変にし、速度場復元と同時に、心拍動に伴う速度のスケール変化を推定する。これにより、時間依存の非定常流を推定できる。円筒管内流のシミュレーションを行い、提案手法の有効性を示す。また、本手法をX線造影実画像系列に適用し、血流の速度場推定を行う。推定した血流速度場より、速度場の信頼性の定量化や、渦の位置や強さなど臨床的に意義があると思われる特徴量の抽出を行う。

次に、対象の物理モデル、とくに流体方程式を拘束条件として導入したオプティカルフローの推定手法について述べる。画像計測において、多くの場合、画像明度変化はオプティカルフローを完全に計算できる情報を持っていない。そこで、オプティカルフロー計算では、何らかの拘束条件を付加する必要がある。Horn and Schunckの提案した勾配法に基づくオプティカルフロー計算手法では、画像明度の時空間勾配と速度ベクトルとの関係を記述した基本拘束式と速度場の空間的滑らか拘束を利用している。しかしながら、この速度場の空間的滑らか拘束は一般的であり、対象を流体に限定したとき、流体の物理法則である流体方程式を拘束条件とする方がより有効であると考えられる。本

研究では、非圧縮粘性流体を対象とし、流体の知識を記述する拘束式として、連続の式、Navier - Stokes 方程式を用いる。対象の知識を拘束条件として導入することで、物理法則にあった解を得ることが期待できる。カルマン渦流の数値計算データ、および実画像を用いたシミュレーションを行い、提案手法の有効性を検討する。

### 論文審査の結果の要旨

従来、時空間画像系列からの速度場推定手法に関する研究は、固体や弾性体を対象としたものが多く、流体を対象とした速度場推定手法に関する研究はあまりない。本論文は、流体を撮影した時空間画像系列から速度場を推定する手法、および速度場特徴量の抽出手法を提案し、医学、産業などの分野への応用を検討したものである。

実例として、大動脈瘤を対象とし、DSA 画像系列からの血流場推定を行っている。その際、心拍動による速度変化を考慮した速度場推定手法の定式化を行っている。これは、画像明度保存則を基にし、時間的速度変化のパラメータを組み込んだ速度場推定手法であり、具体的には、速度ベクトルの方向は変化しないが、速度ベクトルの大きさは変化すると仮定した拘束を用いている。これにより、より精度、信頼性の高い速度場推定を行うことができるようになったといえる。また、速度場推定におけるデータの信頼性を定式化し、各空間位置での速度の信頼性を計算している。さらに、速度場の渦・湧きだし成分など特徴量の抽出を行うことにより、速度場の記号化記述を得ている。推定した速度場は、臨床医の診断ともよく一致することが示されている。

次に、窯業流への応用の動機から、カルマン渦流を対象として、速度場推定を行っている。画像系列情報に加え、対象物体の物理モデルである流体方程式を速度場推定手法に導入した手法を提案し、より精度の高い速度場推定を行っている。提案手法は、画像情報に欠落が生じている場合においても、物理的妥当性のある速度場推定を行えるものである。数値計算で得た速度場でのシミュレーション実験、ならびに実際にカルマン渦を発生させた実画像データでのシミュレーション実験を行い、提案手法の有効性を示している。

以上のように、本論文は、コンピュータビジョン、とりわけ時系列画像からの速度場計測、推定に関する研究分野に新しい知見を与えるものである。よって、博士（工学）論文として価値あるものと認める。