

論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	甲 第 号	氏 名	芝 慎太郎		
論文審査担当者：					
主査	慶應義塾大学	教授	博士（工学）	青木 義満	
副査	慶應義塾大学	教授	工学博士	池原 雅章	
	慶應義塾大学	教授	博士（工学）	斎藤 英雄	
	ベルリン工科大学	教授	Ph. D.	Guillermo Gallego	
	ペンシルバニア大学	教授	Ph. D.	Kostas Daniilidis	
<p>学士（教養），修士（学術）芝慎太郎君提出の学位請求論文は、「Estimating Motion with an Event Camera」（イベントカメラによる動き推定）と題し，7章から構成されている。</p> <p>カメラを用いた動きの推定は，コンピュータビジョンやロボティクスにおける基本的な問題の一つである．生物に着想を得た新しいセンサであるイベントカメラは，画像平面上のエッジの動きなどによって引き起こされる画素の輝度の変化に反応するため，動きの推定に適したデータを得ることができる．非同期的で時空間的なデータ取得原理によって，低遅延，高ダイナミックレンジ，データ効率性などの利点をもつため，イベントカメラは従来のフレームカメラでは困難だった環境での活躍が期待されている．しかしながら，イベントベースで動き推定をおこなう最先端の手法には，いくつかの課題がある．例えば，これらの手法で用いられている典型的な目的関数は，複雑な自己動きやオプティカルフローの推定が不安定である．また，イベントベースのオプティカルフロー推定は，イベントの時空間的な性質を考慮していない。</p> <p>本研究では，イベントデータの性質を再考することで，自己動きやオプティカルフローといった様々な動き推定問題における不良な設定を改善し，新しいフロー推定手法を提案している．さらに，イベントベースの動き推定の応用として，新たなイメージング技術を開発している。</p> <p>第1章では，イベントカメラを用いた動き推定問題の概要を提示し，本研究の貢献について述べている．</p> <p>第2章では，イベントカメラの原理と，イベントカメラを用いた様々な自由度の動き推定に関する既存の手法を概観している．</p> <p>第3章では，低自由度の自己動き推定問題に注目し，イベントのみから動きを推定するコントラスト最大化法の改良を提案している．速度を犠牲にすることなくイベント崩壊（縮退）を緩和することで，より高度で複雑な自己動き推定問題を安定的に解く手法について述べている．</p> <p>第4章は，高自由度のオプティカルフロー推定問題に焦点を当て，コントラスト最大化法を拡張することでオプティカルフローを推定する原理的な方法を提案している．さらに，オプティカルフローの定義をフレームベースからイベントベースの時空間オプティカルフローに拡張し，遮蔽をよりよく処理できることを示している．</p> <p>第5章では，神経科学の知見に基づいた，生物学的により妥当なオプティカルフロー推定手法を新たに提案し，第4章の手法とも比較しながら，実行速度と推定精度のトレードオフについて議論している．</p> <p>第6章では，動き推定の応用として，イベントカメラを使用したシュリーレンイメージング技術を開発し，空気の熱対流を推定する手法を提案している．第4章で提案したフロー推定手法とも比較しながら，線形化イベント生成モデルを拡張し，イベントとフレームを用いてシュリーレンのような複雑な運動を推定する新しい手法を提案している．</p> <p>第7章では，本研究の成果をまとめ，今後の課題について議論している．</p> <p>以上要するに，本論文はイベントカメラを対象として，イベントデータに適した自己動きやオプティカルフローといった動き推定の諸問題を改善する新たな手法を提案し，実応用上の有効性を示したもので，画像情報工学分野において工業上，工学上寄与するところが少なくない．</p> <p>よって，本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める．</p>					
学識確認結果	<p>学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査会委員および総合デザイン工学特別研究第2（電気電子工学専修）科目担当者で試問を行い，当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した．</p> <p>また，語学（英語）についても十分な学力を有することを確認した．</p>				