

論文審査の結果の要旨

氏名 日置 尋久

コンピュータビジョンやコンピュータグラフィックスの分野においては、三次元シーンをカメラで撮影し、得られた二次元画像から三次元データを得る計測方法が不可欠である。本論文に報告されている研究は、対象の形状や色の特徴に影響を受け難く、また画像のノイズに対しても頑強であるパターン光投影法をもとにして、変化のあるシーンへの応用も考慮して、短時間で多くのデータが得られるような計測法の確立を目的としたものである。具体的には、ある投影パターン光により得られた画像でのパターンの同定結果に応じて、次の画像でより多くのパターン光の要素を同定できるようにパターン光を適応的に変更する適応的光投影法を提案し、計測システムと計測アルゴリズムを実装している。従来のパターン光投影法では、投影パターン光がシーンとは無関係に決められており、各画像が独立に処理されていたのに対し、提案された手法は、シーンから得られた情報を活用して計測を行うという点に特徴を持つ。また本論文では、実際の三次元シーンに提案手法を適用して実験を行うことで、その有効性を示している。

本論文は全 8 章から構成されており、まず第 1 章で研究の動機と目的について述べている。つづいて第 2 章では、三次元シーン計測の分野の様々な従来の研究について調査を行っており、特にパターン光投影法を他の手法と比較し、その長所と短所をまとめている。第 3 章では、三角測量に基づく三次元シーン計測で利用する数学的モデルを導入している。第 4 章では、適応的光投影法のために開発された計測システムの概要について述べている。第 5 章では適応的光投影法の枠組みのもとで SPIKE と呼ばれる新しい適応的計測アルゴリズムを提案し、その詳細を述べている。第 6 章では、SPIKE アルゴリズムを用いて実際の三次元シーンを対象とした実験を行い、アルゴリズムの有効性を調べている。また計測システムのキャリブレーションについて述べている。第 7 章では、計測システムの性能について考察を行っている。最後に第 8 章で、本論文の結論と今後の展望についてまとめている。

第 4 章で詳述されている計測システムは、CCD ビデオカメラと液晶ビデオプロジェクタと計算機によって構成されている。このシステムでは、計算機上で生成した任意の画像をプロジェクタによりシーンに投影することができる。また画像を変更することで、計測中に随時投影パターン光を任意に変更できる。画像の生成方法などはシステムに与える計測アルゴリズムによって制御されており、このアルゴリズムを変更することにより、一つのシステムで様々な光投影法をシミュレートできるようになっている。このような柔軟性をもつシステムは、従来の光投影法においては見られなかったものである。

第 5 章では、適応的光投影法の枠組のもとに SPIKE という新しい適応的計測アルゴリズムが提案されている。このアルゴリズムでは、複数の水平な長い線分(stripe)とエピポーラ線に沿った短い線分(spike)からなるパターンを用いている。このアルゴリズムではエピポーラ構造を利用することで、複数の stripe を一度に同定することを可能にしている。またこのとき計測システムの設定パラメタから、三次元空間の計測可能な範囲を割り出し、効率のよい投影パターン光の生成、およびパターン光の同

定に利用している。さらに本章では、シーンの変化が滑らかであることを仮定して、ある画像で得られた stripe の同定結果に基づいて、次の画像においてより多くの stripe が同定できるように投影パターン光を修正する方法が述べられている。またパターン光の同定にエピポーラ構造を利用していることから、たとえシーンの変化が急激であったとしても、同定プロセス自体には影響がないことが述べられている。

第 6 章では、SPIKE アルゴリズムの有効性を調べるために、実際の三次元シーンに対して実験を行っている。まず 3 つの実験により、シーンに変化がある場合も含めて、投影パターン光が適切に修正され、一枚の画像から多くの三次元データを得られることが示されている。また比較実験により、シーンに無関係にパターン光を固定した場合よりも、適応的に修正した場合の方が、より多くの三次元データを得ることが示されている。また本章では、計測システムのキャリブレーションについても述べられている。ここでは、投影パターン光が自由に設定できることをうまく活かしているのが特徴的である。

第 7 章では、まず主に CCD ビデオカメラ、液晶ビデオプロジェクタに潜む様々なノイズを生み出す要因を取り上げ、それらが画像に及ぼす影響を実験により考察している。次に画像のコントラストを左右する要因について考察を行っており、同時に SPIKE アルゴリズムでは、大きく反射率の異なる物体を同時に計測できることを実験で示している。さらに SPIKE アルゴリズムで例外としていたケースを処理できるようにアルゴリズムを拡張する方法について述べ、実験によりそのようなケースを扱い、適切な結果を得ている。また計測により得られる三次元データについて、パターン光の抽出位置のずれによって生じる誤差を解析して、その大きさを評価している。

第 8 章では、まず適応的光投影法と SPIKE アルゴリズムについて総括を行い、SPIKE アルゴリズムの性質から、このアルゴリズムに適しているあるいは適していない物体について検討している。また SPIKE アルゴリズムへの拡張として、特に画像上に現れているパターンを追跡することで、一度により多くのパターンを同定できると期待できることが述べられている。さらに計測システムについて、第二のカメラあるいはプロジェクタを増設すること、あるいはシステムの内部パラメタを計測中に変更可能とすることにより、より適用範囲の広いシステム、自律的なシステムへと発展させられる可能性があることが言及されている。

以上、本論文では、三次元シーンを計測する手法として適応的光投影法を提案し、計測システムと計測アルゴリズムの実装を行い、実験によりその手法の有効性を実証している。これにより、本論文は、三次元シーン計測の分野に対して貢献をしており、博士(理学)を与えるに十分な内容を有していると認められる。なお、本論文第 4 章は、品川嘉久氏、國井利泰氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって、計測システムの構築、およびシステムの基本プログラムの実装を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断される。