

格子投影法における最適解像度を1回の撮影で推定可能に —データ処理量を削減し宇宙空間での応用を目指す—

<概要>

格子投影法は対象物の表面形状を計測する手法の一つで、プロジェクターから対象物の表面に格子パターンを投影し、それをカメラで撮影することで3次元的な形状を計測できます(図1)。この手法では、撮影した画像の画素ごとの明るさを用いて計測を行うため、画素数が大きいほど(解像度が高いほど)高精度な計測が可能です。しかし、宇宙空間でアンテナ等の大型構造物を計測する場合、膨大な撮影データを処理する必要があり計算コストもかかるため、対象物ごとに求められる計測精度を維持できる最適な解像度を探すことが必要です。

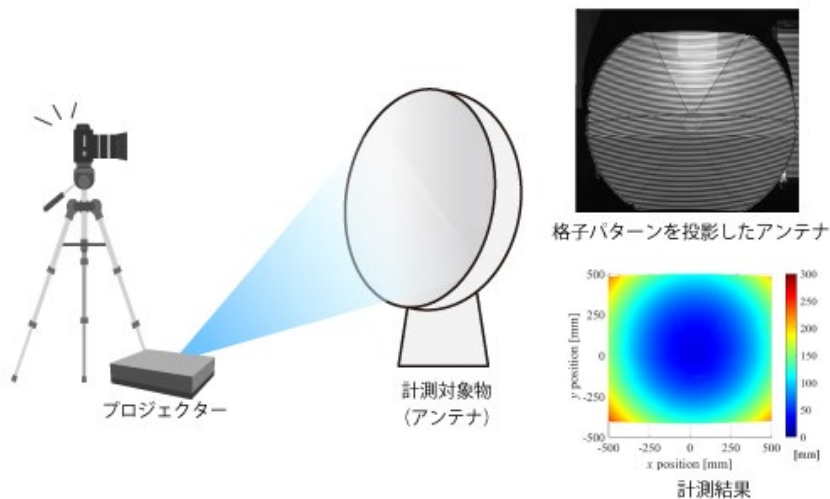


図1 格子投影法による直径1.5mアンテナの3次元形状計測
カメラから見て、手前が赤色、奥が青色で示される。

大阪公立大学大学院工学研究科の岩佐 貴史教授、河田 雅士大学院生(博士前期課程2年)の研究グループは、画像の撮影時に生じるノイズと画素ごとの明るさの関係に着目。従来の手法では、さまざまな解像度ごとに数十回ずつ撮影を行い、求められる計測精度を満たす解像度を見つけていましたが、たった1回の撮影で計測精度を推定できる計算式を見出しました。本計算式を用いることで、最適な解像度の推定にかかる時間の大幅な短縮が可能です。今後は本計算式の適用可能な対象物を拡大し、衛星用の大型アンテナの計測など宇宙空間での応用を目指します。

本研究成果は、2025年1月28日に国際学術誌「Optics and Lasers in Engineering」のオンライン速報版に掲載されました。

物体の3次元形状を、非接触かつ短時間で計測する方法の一つに画像計測法があります。本研究は格子投影法という画像計測法に着目し、その計測精度を短時間で推定する方法を構築しました。この方法が将来の軌道上計測システムの開発に貢献することを願っています。



岩佐 貴史教授 河田 雅士大学院生

<研究の背景>

計測対象物の3次元形状を復元する画像計測法の一つである格子投影法は、計測対象物の3次元位置座標 (x, y, z データ) を撮影画像の画素ごとに計算するため、計測データの解像度が極めて高く、計測対象物の表面形状を詳細に復元できることが特徴です。また、非接触かつ広範囲を一度に計測できるため、大型構造物の表面形状計測に適しており、本研究グループでは宇宙構造物の表面形状計測への適用を目指し、日々研究開発に取り組んでいます。

格子投影法は、計測データの解像度が極めて高いことが特徴ですが、別の視点からみるとデータ量が膨大となり計算コストが高くなるといった問題が生じるため、撮影画像の解像度を調整し計算コストを下げる必要があります。しかし、撮影画像の解像度を粗くすると計測精度も劣化するため、要求精度を満たす適度な解像度を選定する必要があります。一般には静止状態の計測対象物を数十回計測し、得られた計測データを統計処理することで計測精度と撮影画像の解像度の関係を見出しますが、この方法では撮影画像の解像度を変えて複数回計測を行う必要があり、時間的なコストがかかることが課題です。

<研究の内容>

本研究では、撮影画像の輝度値と画像ノイズの関係を予め求めておくことで、1枚の撮影画像から格子投影法の計測精度と撮影画像の解像度の関係を簡易的に求める方法を提案しました。格子投影法で計測対象物の3次元位置座標 (x, y, z データ) を求めるプロセスは、(1) 格子パターンを投影した計測対象物をデジタルカメラで撮影する、(2) 撮影した画像から格子パターンの輝度値の変化を解析し位相情報を取得する、(3) 取得した位相情報から3次元位置座標 (x, y, z データ) を計算する、の3つに分類されます。

この3つのプロセスにおいて、(1) で取得した格子パターンの画像には必ず画像ノイズが含まれます。そして、この画像ノイズが(2)の解析を通して位相情報へ影響を及ぼし(位相解析精度に影響)、(3)において(2)の位相解析精度が計測精度へと影響を及ぼします。このうち、撮影画像の解像度の影響は画像ノイズが位相解析精度に伝搬する(2)の過程で生じるため、本研究ではこの過程を詳細に調べました。その結果、撮影画像の解像度と位相解析精度の間には1つの規則性があることを見出し、この規則性を定式化するとともに誤差の伝搬則と組み合わせることで、1枚の撮影画像から格子投影法の計測精度を簡易的に求める計算式を導出しました。この計算式を利用することで、要求精度を満たす撮影画像の解像度をたった1回の撮影で見出すことができ、大幅な時間短縮が可能です。また、従来手法で求めた計測精度と解像度の関係とも高精度で一致することが分かりました(図2)。

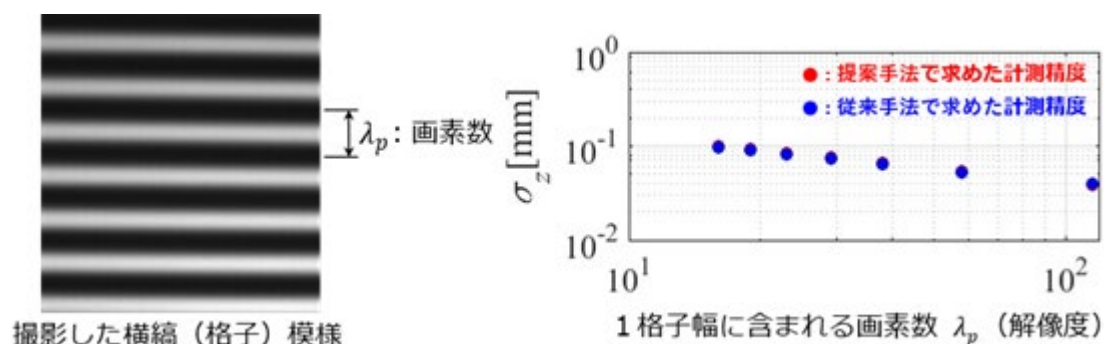


図2 計測精度 σ_z と解像度 λ_p の関係 (提案手法と従来の方法との比較)

<期待される効果・今後の展開>

本研究で提案した計算式を用いることで、1枚の撮影画像から格子投影法の計測精度を撮影画像の解像度に応じて推定できるため、従来の方法と比べて撮影画像の解像度の適正値を短時間で求めることができます。今後はより大型構造物への本計算式の適用に向けて研究を進めます。

<資金情報>

本研究の一部は、JSPS 科研費 挑戦的研究(萌芽)(21K18780)、基盤研究(B)(23K26301)からの支援を受けて実施しました。

<掲載誌情報>

【発表雑誌】 Optics and Lasers in Engineering

【論文名】 Prediction of measurement precision for fringe projection photogrammetry using whole-space tabulation method

【著者】 Takashi Iwasa, Masashi Kawata

【掲載 URL】 <https://doi.org/10.1016/j.optlaseng.2025.108853>

【研究内容に関する問い合わせ先】

大阪公立大学大学院工学研究科
教授 岩佐 貴史 (いわさ たかし)
TEL : 072-254-9238
E-mail : iwasa.takashi@omu.ac.jp

【報道に関する問い合わせ先】

大阪公立大学 広報課
担当 : 竹内
TEL : 06-6967-1834
E-mail : koho-list@ml.omu.ac.jp