

データ駆動型アプローチと撮像系の協調設計による革新的なフォトグラメトリ

研究代表者	大阪大学・大学院情報科学研究科・教授	
	松下 康之（まつした やすゆき）	研究者番号:30756507
研究課題情報	課題番号：23H05491	研究期間：2023年度～2027年度 キーワード：コンピュータビジョン、三次元形状復元、実物体のデジタル化

なぜこの研究を行おうと思ったのか（研究の背景・目的）

●研究の全体像

私たちが実世界の物体を「見る」とき、実際に私たちの目を感じているものは物体から目へ向かって飛び込んでくる光である。その光は、太陽や電灯などの光源から発せられた光の一部が物体表面上で反射したり、透過したり、あるいは物体そのものの発光により生じる。したがって、現実世界の物体の三次元形状や表面の反射率、色などを正しくデジタル化できれば、任意の光源のもとで実際の物体と同じ見た目を持つデジタルコピーが作成できる。さらに、作成したデジタルコピーをコンピュータ上の仮想空間に配置することで、仮想現実や映像制作などに応用することができる。また、美術品等の文化財を三次元デジタル化することで、学術研究への活用や遺産保護、普及・啓蒙活動にも貢献できる。

近年、実世界から獲得したデータをもとにデジタル空間に実世界のコピーを再現するデジタルツインの実現に向けて、カメラを用いた実世界物体の三次元デジタル化のニーズはこれまでになく高まっている。これまでのカメラを用いた実世界物体の三次元デジタル化（フォトグラメトリ）技術では大まかな形状（マクロ形状）の獲得が主眼となっていた。一方で、忠実なデジタルコピーの生成には、より詳細な「メゾ形状（観測画像中のピクセル単位の形状情報）」や、「マイクロ形状（物体の質感を表現するさらに細かな形状分布）」の獲得が必要となる（図1）。これらのメゾ形状、マイクロ形状情報は、リアリティの高いデジタルコピーを作成する上で必要不可欠であるが、現状ではこれらを獲得するには大掛かりで特殊な機器が必要であり、一般的な物体に適用するには困難な問題として残っている。

本研究では、カメラと光源を用いて、マクロ形状、メゾ形状、マイクロ形状の全てを簡便に獲得する新しいフォトグラメトリ技術の確立を目指す。その実現のために、事前知識を利用するデータ駆動型の三次元形状推定技術を創出し、それと同時に撮像系（カメラや光源の配置）の簡略化を目指す。これまでの研究では、三次元形状推定と撮像系の設計は個別に扱われてきたが、実世界物体の忠実な三次元デジタル化というゴールのためには、これらは同時に最適設計されることが望ましい。本研究では、これをふまえてデータ駆動型アプローチと撮像系の協調設計による、実利用を前提とした新しいフォトグラメトリ技術の確立を目的とする。

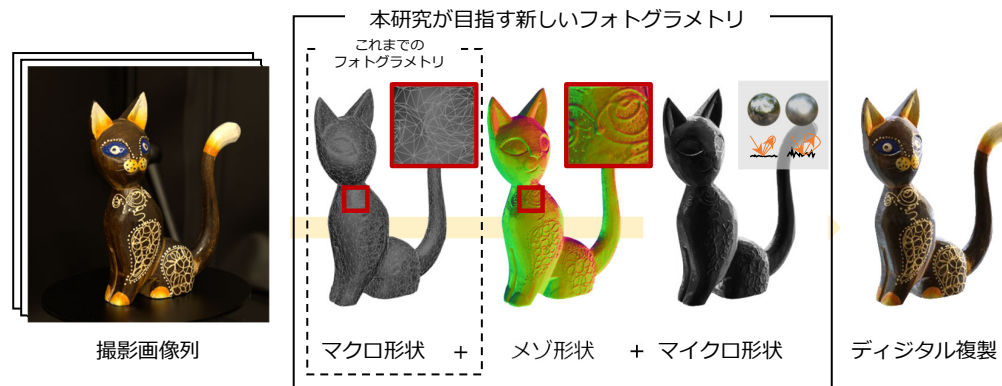


図1 本研究では、データ駆動型アプローチと撮像系の協調設計により、マクロ・メゾ・マイクロレベルの形状を獲得する新しいフォトグラメトリの確立を目指す。

●事前知識データを利用した三次元形状推定

代表者らの研究グループでは、事前知識データを利用したデータ駆動型の三次元形状推定の研究に取り組んでいる。その中で、深層学習を用いた照度差ステレオ法（異なる光源下で観察された画像列から物体表面の法線を推定する方法）の枠組み（図2）を世界に先駆けて提案し、多様な材質を持つシーンに対するメゾ形状の推定を実現している。

本研究では、この取り組みをさらに深化させ、マクロ形状、メゾ形状、マイクロ形状の同時獲得と撮像系の最適設計を試みる。

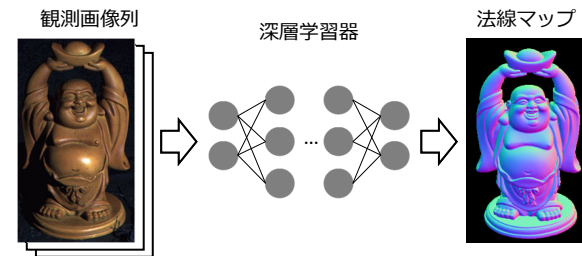


図2 深層学習を用いた照度差ステレオ法のイメージ図

この研究によって何をどこまで明らかにしようとしているのか

本研究の核心的な問いは、実世界物体に関する事前知識（マイクロ形状に関する事前知識データなど）が利用できる環境において、マクロ・メゾ・マイクロ形状の全てのレベルの形状復元に必要な最小の情報量（観測量）の探求と、それに基づくデータ駆動型フォトグラメトリと撮像系の協調設計にある。実世界の反射率分布（マイクロ形状）や法線の空間分布（メゾ形状）は、ランダムではなく、ある構造を持つ低次元のデータとして分布していると考えられる。これらのデータに基づく事前知識を有効に活用し、様々な環境下において最適に働く三次元形状推定アルゴリズムを探求することは、学術的に価値があり、撮像系の簡略化にも貢献する。事前知識データに基づく簡便に利用できるフォトグラメトリの実現により、現在は大掛かりな撮影スタジオや特殊な機材が必要な三次元デジタルコンテンツ作成を民主化し、誰もが手軽に三次元デジタルコンテンツを作成できることを目指す。

開発する三次元推定アルゴリズムと撮像系は、実環境における物体の三次元デジタル化によって評価に取り組む。また、標準的な三次元グラフィックスパイプラインにてレンダリングが可能になるようにデータ変換を行い、一般的な可視化ツール（Sketchfabなど）を通じて共有できるようにし公開に務める。また、創出した技術をもとに、デジタルツインやメタバースのためのコンテンツ作成のワークフローを示し、技術の普及に務める。さらに、既に協力関係が構築できている美術館や博物館と連携し、文化財のデジタル化に取り組み、本研究の有効性を示すことを計画している（図3）。

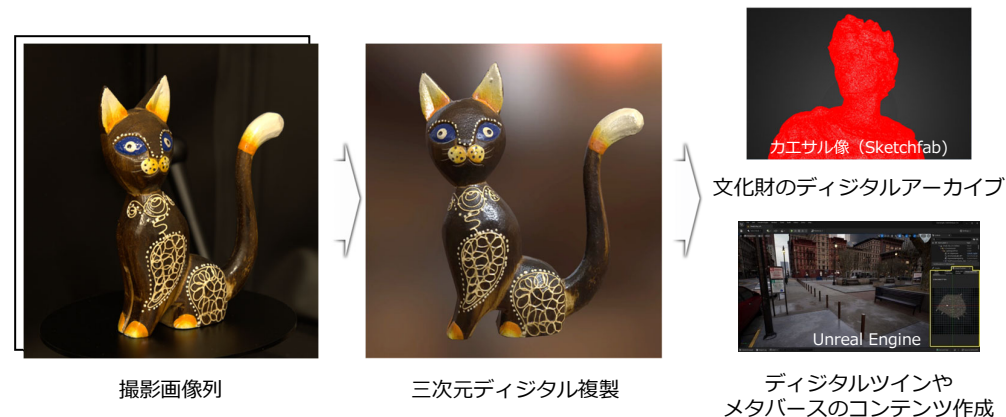


図3 本研究では撮影画像列から手軽に忠実な三次元デジタル複製を作成する技術の確立を目指す。得られた三次元デジタル複製は、デジタルアーカイブや仮想空間のコンテンツ作成に利用できる。