

京都大学教育研究振興財団助成事業  
成 果 報 告 書

平成23年4月7日

財団法人京都大学教育研究振興財団  
会 長 辻 井 昭 雄 様

所属部局・研究科 情報学研究科

職 名・学 年 講 師

氏 名 延 原 章 平

助成の種類	平成22年度 ・ 長期派遣助成		
研究課題名	超大規模カメラ・プロジェクト環境を用いた完全な光線情報記録による3次元立体映像獲得および提示の実現		
受入機関	アメリカ合衆国カーネギーメロン大学ロボット研究所		
渡航期間	平成22年8月31日 ~ 平成23年3月16日		
成果の概要	タイトルは「成果の概要/報告者名」として、A4版2000字程度・和文で作成し、添付して下さい。「成果の概要」以外に添付する資料 無 有( )		
会計報告	交付を受けた助成金額	1,500,000円	
	使用した助成金額	1,500,000円	
	返納すべき助成金額	0円	
	助成金の使途内訳	航空賃	186,000円
		空港使用料	8,090円
		燃油サーチャージ	28,000円
		発券手数料	8,400円
		宿泊費	1,269,510円

## 成果の概要 / 延原章平

研究課題名「超大規模カメラ・プロジェクタ環境を用いた完全な光線情報記録による 3 次元立体映像獲得および提示の実現」(受入機関：アメリカ合衆国カーネギーメロン大学ロボット研究所，期間：平成 22 年 8 月 31 日～平成 23 年 3 月 16 日)における研究成果について下記の通り報告する。

### 概要

本研究の基本的な考え方は，多視点映像を用いた光線情報記録と，記録された光線情報を用いた 3 次元形状復元による 3 次元立体映像の実現という研究目標に対して，従来高々 20 台程度，つまり空間的に疎な配置しか用いられてこなかったカメラ群を，数百台～1000 台の規模で密に配置し，これによって完全な光線情報記録を実現し，結果として 3 次元立体映像の品質を向上させるというものである。また同時にプロジェクタを用いた能動的な光環境のコントロールを行い，形状復元の精度向上および撮影品質の向上を目指す。

このような目標に対しては，(1)1000 台におよぶ多視点カメラおよびプロジェクタ間の同期，(2)カメラ - プロジェクタのキャリブレーション，(3)膨大な多視点データを実時間で処理するための分散計算機アーキテクチャと形状復元アルゴリズム，といった多くの課題が存在する。今回の派遣ではそれぞれについて受入機関の研究者・博士課程学生とプロジェクトを組んで取り組み，以下のような成果を達成した。

まずカメラ - プロジェクタ間の同期については，専用の同期信号発生器を設計することで解決を図った。また(3)に対応する分散計算機環境において同期撮影を実現するためのアルゴリズムを考案し，実装を行った。

次にカメラ - プロジェクタのキャリブレーションについては，まず従来手法の延長として，時間コストがカメラ台数に比例するアルゴリズムによって解決を図った。またさらに，膨大なカメラおよびプロジェクタ数に対応するために全自動キャリブレーションを目指したアルゴリズムを検討した。

最後に分散計算機環境として PC クラスタを用いたシステムを設計し，実装した。これによってスケーラビリティと可用性がともに高いシステムが実現された。また多視点カメラ映像を用いた 3 次元形状復元の新たなアルゴリズムとして，特に今回の「カメラ台数が増大した場合」に対応するアルゴリズムとして以下を考案した。

### 多視点映像を用いた 3 次元形状・多視点対象領域の同時推定

従来の多視点映像を用いた 3 次元形状復元アルゴリズムは，大きく撮影画像中の対象領域(シルエット)情報を用いる手法(Shape-from-Silhouette, SfS)と，テクスチャ情報を

用いる手法に大別することができるが、特に SfS は視点間の対応付けが不要で比較的安定に動作すること、またテクスチャマッチングに基づく手法の初期形状推定として使用することができることなどの理由から広く用いられている。しかし SfS は各視点で検出された対象シルエットから作られる視錐体の積領域を求めるというアルゴリズム上、1つの視点でもシルエットに欠損があった場合はその欠損が出力3次元形状 (visual hull) にも反映される。このためカメラ数が増大すると全ての視点でシルエットが正確に求まると仮定することは現実的とは言えず、何らかの形でシルエット検出誤りに対処しなくてはならない。

そこでこの問題の根本的な原因が、まず2次元対象シルエットを各視点独立に決定し、次いでそれを用いた3次元形状復元を行う、という2段階のアルゴリズムに起因すると考え、各視点での2次元対象シルエットを陽に決定せず、直接3次元形状と多視点対象領域を同時に決定するアルゴリズムを考案した。

このアルゴリズムのポイントは、「対象の3次元形状が occluding boundary として投影される画像上の位置では、背景差分値の変化が現れる」という事前知識を陽にモデル化している点にある。ここで背景差分値とは背景として事前に撮影された画像と、対象がシーンに入っている画像の差分のことを表しており、この差分が大きいほど「対象が存在している可能性が高い」ことを意味している。

これは具体的には対象表面形状を挟む対象内部の点  $p$  と外部の点  $q$  があつたとき、 $p$  と  $q$  の間の局所表面形状をその法線に直交する方向から撮影しているカメラにおいては、 $p$  の投影先では背景差分値が大きく、逆に  $q$  では背景差分値が小さいべきである、というモデルである。本研究ではこのような法線方向に基づいたカメラを選択という要素を、有向グラフの枝流量へと割り当てることによって、グラフカットの枠内で自然と実現し、このような背景差分制約を満たすような3次元形状の大局最適解を求めることができることを示したことに意義があり、結果として各視点独立に2次元対象シルエットを求めた場合に比べて頑健な3次元形状復元が実現された。

以上