

平成 21 年 3 月 31 日現在

研究種目：若手研究（B）  
 研究期間：2007～2008年度  
 課題番号：19700157  
 研究課題名（和文） 単眼カメラとラインレーザのみからなる3次元形状復元装置の開発  
 研究課題名（英文） Shape reconstruction from single camera and line lasers  
 研究代表者  
 川崎 洋（KAWASAKI HIROSHI）  
 埼玉大学・大学院理工学研究科・准教授  
 研究者番号：80361393

研究成果の概要： 本研究では3次元コンテンツ作成のための簡易型の3次元計測装置の実現を目的とし、1台のカメラとレーザのみからなる3次元形状計測装置の開発を目指す。実機を作成し実験したところ、高精度な3次元形状計測可能であることを確認した。この成果は2007年の国内最大の画像関連のシンポジウム MIRU において、7件のみのベストペーパー候補に選出された他、Asian Conference of Computer Vision という国際会議において、600件の応募の中から3件のみのベストペーパーに選出された。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,900,000	0	1,900,000
2008年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	420,000	3,720,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：(1) 3次元計測 (2) レーザ装置 (3) 画像処理

## 1. 研究開始当初の背景

3次元計測はこれまで検査等を主な目的として重要性の高い研究分野であったが、近年、これに加えてデジタルアーカイブなど3次元コンテンツ作成としての需要が急激に高まってきている。コンテンツ作成が目的の場合、3次元計測装置に対する要求が、従来、精度中心であったのに対し、これまであまり重要視されなかった操作性や携帯性・価格などにも強く求められるようになってきている。さらに、最終的に形状データの表示が目的であることが多いため、全周が位置ずれな

く穴埋めされている状態で統合されている必要性があり、このための新たな研究課題も生じてきている。

## 2. 研究の目的

本研究では3次元コンテンツ作成のための簡易型の3次元計測装置の開発を目的とする。目的を達成するための具体的な要件は以下の通りである。

(1). 必要十分な精度（計測目的のための最低限の精度・ロバストさ・密な形状復元の確

保)

(2). 簡易なシステム(持ち運びやすく低コストの実現)

(3). 操作が容易(3次元測量やコンピュータビジョンに関する知識の無いユーザでも操作できること)

(4). 全周形状が取得可能(計測後の位置あわせ・穴埋め処理等)

以下では、まず、一般的な3次元計測手法について簡単に説明し、続いて上記要件を満たす具体的な提案手法について述べる。3次元計測は大きくパッシブ型とアクティブ型に分類することが出来る。パッシブ型は、カメラのみを用いる手法のため装置が簡易であるが、反面、画像処理の難しさから精度や安定性に欠け3次元計測に用いられることはあまりない。一方でアクティブ型は、レーザーやプロジェクタなどを対象物に向け照射し形状を獲得する手法であり、安定・高精度であることから広く3次元計測に利用されている。ところが、装置が大掛かりで複雑・価格が高額という問題があった。

提案手法では、十分な精度(条件1)を満たすために、アクティブ型を基本とするが、簡易なシステム(条件2)を実現するため、光源としてはラインレーザーのみを用いることとし、カメラ1台のみの構成とする。また、操作の容易性(条件3)を実現するため、機械式による制御を一切必要としない構成を目指し、近年研究が盛んとなりつつあるハンドヘルド型の3次元計測装置(文献1~4)とした。

実際の計測方法としては、ラインレーザーを手を持ち、対象物体を自由に照射しながら1台のビデオカメラで撮影するだけである。撮影画像上のレーザー軌跡のみから、ラインレーザーの位置姿勢およびレーザー照射位置の3次元座標を同時に取得することが出来る。このようなカメラ1台とラインレーザーのみでの3次元形状復元の実現可能性については、これまでこのようなシステムを提案・実現した例がなかったが、2006年に応募者らによりその実現可能性が示された。本プロジェクトでは、これの実用化を目指す。

### 3. 研究の方法

(1) レーザ装置の試作:

研究代表者がこれまで行った基礎研究(実験およびシミュレーション)により、提案した1台カメラとラインレーザーのみによるシステムで3次元復元が可能であることが確認されている。しかし、実際の実験に用いたレーザー装置は研究室で手作りのため精度が低く、3次元形状は正しく復元されてはいる

もののシミュレーション実験に比べて誤差が非常に大きかった。そこで、初年度は精度の良い計測装置を作成し精度検証を行う

(2) レーザ軌跡の自動検出:

ハンドヘルド型のレーザーは規制を受けるため高い出力にすることが出来ず、単純な閾値処理だけによる高精度な検出を実現することは難しい。そこで、短時間積分による逐次背景生成と、背景差分とを組み合わせたレーザー検出アルゴリズムと、細線化と線分接続による曲線検出、の2つを実装し自動検出を実現する。

(3) 線形解法の実装:

現在の実装は計算可能性を示すため、非線形解法により実装されており、初期値依存性が高くまた局所解に陥りやすい。既に理論計算により、これを4自由度まで線形計算のみで解けることが確認できているため、実際に計算機上に組み込む。

(4) リアルタイムシステムの構築:

ハンドヘルド型の計測機は実際に利用するためには、リアルタイムであることが実用上必須となる。これは、機械式制御でないことから計測にむらが出るため、これを確認しながら計測を行うことが計測効率上必要なためである。そこで、実際にリアルタイムシステムを構築する。

### 4. 研究成果

実際にレーザー装置を構築し実験を行った。以下に実験結果を示す。



図1 計測対象



図2 計測風景

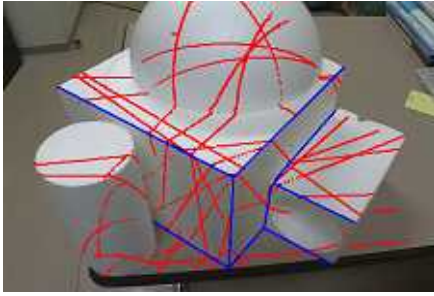


図3 検出レーザ軌跡

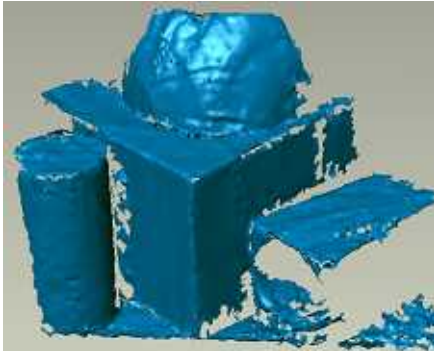


図4 復元結果

このように、ラインレーザのみから形状を復元することに成功した。この成果は、2007年の国内最大の画像関連のシンポジウムMIRUにおいて、7件のみのベストペーパー候補に選出された。

さらに、翌年には、レーザの代わりに影からも形状復元可能であることを示した。以下にその結果を示す。



図5 計測シーン



図6 復元結果



図7 テクスチャ付き復元例

この成果はコンピュータビジョンの分野において意外性を持って受け止められ、国際的にも高い評価を得て、2007年に Asian Conference of Computer Vision という国際会議において、600件の応募の中から3件のみのベストペーパーに選出された。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計9件)

R. Furukawa, H. Kawasaki, Shape Reconstruction and Camera Self-Calibration using Cast Shadows and Scene Geometries, International Journal of Computer Vision, Volume 83, Issue2, 135-148, 2009年、査読有

猪瀬 健二 古川亮 川崎洋, 3Dモデルのための複数テクスチャの合成手法、情報処理学会論文誌、CVIM-22、採録決定、2008年、査読有

川崎洋 古川亮、共面性情報および幾何学的条件を用いた影からの3次元形状復元、情報処理学会論文誌、CVIM-22、採録決定、2008年、査読有

猪瀬 健二, 古川 亮, 川崎 洋, 複数計測による全周3次元モデル生成のための複数テクスチャのシームレスな合成手法、情報処理学会論文誌、Vol.1, No.2, 136-151, 2008年、査読有

川崎 洋, 古川 亮、共面性情報および幾何学的条件を用いた影からの3次元形状復元、情報処理学会論文誌、Vol.1, No.2, 111-123, 2008年、査読有

榎本和史, 猪瀬健二, 川崎洋, 古川亮、複数形状間の誤差最小化によるアクティブステレオのパラメータおよび形状補正、情報処理学会論文誌、Vol.1, No.3, 12-27, 2008年、査読有

川崎洋 古川亮、複数レーザ平面の自己校

正による3次元再構成、電子情報通信学会論文誌、D-II J90-D, No.8, 1847-1857、2007年、査読有

河野亜希, 谷村孟紀, 崔 楊, 河合由起子, 川崎洋、景観の可視性を考慮したルート探索システムの提案、情報科学技術レターズ、6, LK-005、351-354、2007年、査読有

Hiroshi Kawasaki and Ryo Furukawa、Shape Reconstruction from Cast Shadows using Coplanarities and Metric Constraints、LNCS (ACCV2007)、4843, Part II、847-857、2007年、査読有

〔学会発表〕(計3件)

R Furukawa, H Viet, H Kawasaki, R Sagawa, Y Yagi、One-shot Range Scanner using Coplanarity Constraints、IEEE International Conference on Image Processing、2008年10月12~15日、アメリカ・サンディエゴ

R Furukawa, H Kawasaki, R Sagawa, Y Yagi、Dynamic scene shape reconstruction using a single structured light pattern、IEEE Computer Vision and Pattern Recognition、2008年6月24~26日、アメリカ・アンカレッジ

川崎洋, 猪瀬健二, 榎本 和史, 古川亮、共面性情報を用いた影による自由曲面形状の復元手法、画像の認識・理解シンポジウム(査読あり・口頭発表)、2007年7月30日~8月1日、広島市立大学

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計3件)

画像処理装置、画像処理方法およびプログラム、古川 亮, 川崎 洋, 佐川立昌, 八木康史、埼玉大学広島市立大学、特願2008-155605、2008/6/13、日本

画像処理装置、画像処理方法およびプログラム、古川亮, 川崎洋、森栄晃彦, 板野友哉、埼玉大学、広島市立大学、特願2007-196740(GPU)、2007年7月27日、日本  
古川亮、川崎洋、埼玉大学、広島市立大学、特願2007-画像処理装置、画像処理方法およびプログラム、日本

取得状況(計0件)

〔その他〕

研究成果に関するwebページ

<http://www.cgv.ics.saitama-u.ac.jp/ja/research.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

川崎 洋

埼玉大学・大学院理工学研究科・准教授

研究者番号: 80361393

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし