

平成 21 年 5 月 29 日現在

研究種目：基盤研究 (C)  
 研究期間：2007～2008  
 課題番号：19500152  
 研究課題名 (和文) 人体や臓器等の柔軟対象の変形を実時間で三次元計測する画像システムの開発と応用  
 研究課題名 (英文) Development of a Vision System for Real-Time 3D Measurement of Flexible Objects Such As Human Body and Organs and Its Application  
 研究代表者  
 岡田 伸廣 (OKADA NOBUHIRO)  
 九州大学・大学院工学研究院・准教授  
 研究者番号：80224020

## 研究成果の概要：

人体等の柔軟な対象のモデル生成と変形量推定を三次元形状情報から行う手法の開発、およびそれに使用可能なレンジファインダ装置の開発を行うことによって、それらの問題点を解決した。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2008 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

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：センシングデバイス・システム

## 1. 研究開始当初の背景

一本研究に関連する国内外の研究動向および位置づけ

人体やその臓器等の柔軟で変形しやすい対象の三次元的な形状を取得することが、様々な応用分野で望まれている。医療・福祉の自動化やロボットによる手術、ジェスチャーや表情の理解による高度なマン・マシンインターフェイスの実現、アパレル等の産業分野で必要とされる人体形状の測定、CG 作成のためのモデル生成等が考えられる。特に、ロボット手術の分野では、患者の姿勢が変わったことによって手術前の診断時点での病変部位が手術の際に動いてしまうことに対応できるようになり、非常に有用であると考え

られる。さらに、柔軟な物体の形状を測定できれば、そのような材料を取り扱う様々な分野へ応用を広げることができる。その際には、形状を計測できるのみならず、その変形量をも計測できることが重要である。さらには、それら変形量が実時間で得られることが望ましい。(Fig.1)

対象表面にマーカを貼り付けることなく、画像のみを用いて非接触で対象の三次元形状を計測する手法としては、様々なものが実用化され、市販されている。それらによって得られた情報から対象のモデルを生成する手法としては、ICP (Iterative Closest Point) と呼ばれる手法およびその改良型が有効なものとして広く研究され、利用されて

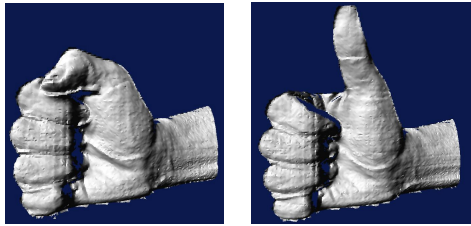


Fig. 1 変形を含む人体の三次元形状計測データ

いる。また、対象の変形を計測する手法としても様々な手法が提案され、中でも RPM (Robust Point Matching) と呼ばれる手法はよく変形量の推定を行えるものと考えられる。

しかしながら、画像を用いて対象の三次元形状を計測する装置 (レンジファインダ) として実用化されているものは、実時間の計測が行えるものは大型かつ高価であり、小型で安価なものは速度や精度が十分ではなかった。モデル化を行う ICP 手法は変形を生じる対象には不向きであり、また変形量を計測する RPM 手法は多大な計算時間を必要としていた。それらに対して本研究は、人体等の柔軟な対象のモデル生成と変形量推定を三次元形状情報から行う手法の開発、およびそれに使用可能なレンジファインダ装置の開発を行うことによって、それらの問題点を解決しようとするものである。

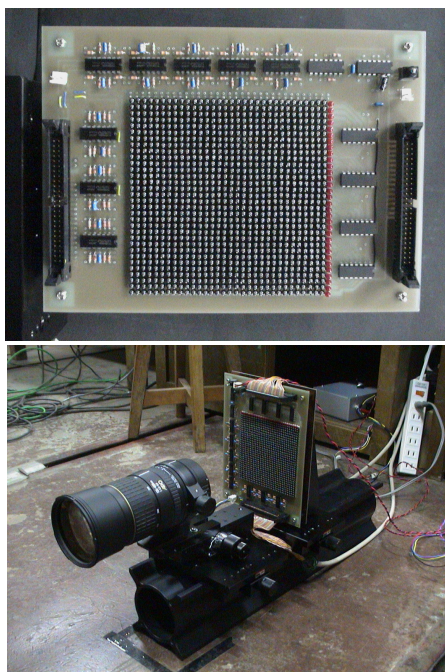


Fig. 2 試作した撮像素子とレンジファインダ装置

—応募者のこれまでの研究成果と着想に至った経緯—

応募者は従来からレンジファインダ装置の研究・開発を行い、小型・安価・高速なレンジファインダ装置を実現できる新規な構成の撮像素子を考案し、撮像素子とレンジファインダ装置の試作を行った (Fig. 2)。この研究によって、撮像素子を LSI 化すれば十分に所望の性能が得られることを検証できた。さらに撮像素子と合わせて小型化が求められるレーザ投光器についても、近年実用化がなされている DMD (Digital Micro mirror Device) を使用することで小型化する方法の着想を得た。

また応募者はこれまでに、ICP 手法を用いて対象の三次元モデルを生成する研究、および RPM 手法を用いて柔軟な対象の変形量を推定する研究を行ってきた。これらの研究により、RPM 処理が多大な計算時間を費やしている部分を突き止め、その計算量を削減する方法についての指針を得ることができた。

## 2. 研究の目的

—柔軟対象物の変形量推定を三次元形状情報から行う手法の開発—

既に、RPM 手法を用いて変形量推定を行えることについては実証を行ってきた。研究期間内にはさらに、実時間でこの推定を行うことを目指す。これまでに計算時間を短縮するためにデータ点を間引きする手法を開発したが、それでも結果を得るためには約 1 秒～数秒程度の計算時間を要した。それに対して、間引きしていないデータ点に対してビデオレート (1/30 秒) で行う手法を開発する。

—小型・安価・高速なレンジファインダ装置の開発—

レンジファインダ装置を構成する撮像素子とレーザ投光器について既にそれぞれ、基本構成の有効性の検証および新規な構成法を考案した。研究期間内には、撮像素子の LSI 化とレーザ投光器の試作・評価、およびそれらを用いたレンジファインダ装置の開発を行う。サイズに関しては、移動ロボットに搭載して人間の動きを追跡したり、内視鏡に接続して臓器の計測を行ったりできる程度の小型化を行う。また、速度に関しては、ビデオレート (1/30 秒) で三次元距離画像を得られる速度を達成する。さらに、将来の製品化を目指して価格についても検討を行う。

## 3. 研究の方法

平成 19 年度計画

平成 19 年度には、柔軟対象物の変形量推定を高速化する手法の開発、およびレンジファインダ装置用の小型レーザ投光器の開発を行う。

1) 変形量推定の高速化に関して応募者はこれまでに、RPM手法を用いることで柔軟対象の変形量推定を行う手法を開発し、その評価を行ってきた。しかしながらその手法は、従来のものと比較して十分に高速ではあったが、実時間での変形量の推定にはなお速度が不足するものであった。本研究では、さらに高速化を行うことによって実時間での処理を実現することを目的とする。これまでの研究により、PRMの処理時間が、処理しようとする点群に含まれる点の数、および処理内で設定するアニーリング温度、に非常に大きく依存することが明らかとなった。そこで既に、推定対象の点群を複数の点群に適切に分割した上で間引きをしてから処理を行うことによって処理時間を大幅に短縮し、また最適なアニーリング温度を決定してRPM処理時間を短縮させる手法を開発してきた。しかしながら、実時間処理のためには更なる高速化が必要であり、また測定点を間引きしたことによって精度が悪化していた。

そこで平成19年度には、RPM処理内部の計算をより詳細に検討し、精度を悪化させることなくさらに高速化を実現するためのより適切な計算アルゴリズムを開発する。既に、大まかな検討によって改良を行うべき点がある程度絞り込んでおり、またいくつかの改良法の考案を行って、その改良によって目的とする実時間処理が期待できるとの検討結果を得ている。従って、本研究では以下を行う。

- ① 高速化プログラムの開発：いくつかの改良案に従ってプログラムを開発する。
- ② 精度評価手法の改良：変形量推定結果の評価手法について、従来使用していた手法を再検討して、より適切な評価手法を開発する。
- ③ 変形量推定の高速化：①で開発した各高速化プログラムについて、その高速化の度合いを比較するとともに、②で開発した精度評価手法に基づいて推定結果の精度も評価し、最も適切と考えられる手法を選択する。
- ④ 変形量推定の応用例の検討、および実際の応用：開発した、柔軟変形物体の実時間での変形量推定手法の具体的な応用例を検討し、それらのいくつかに対して実際に応用を試みる。

この研究を行う際には、三次元トラッキング手法の開発には実時間で距離画像を取得できる装置が必要である。平成19年度においては本研究で開発する距離画像取得装置は開発中であるため、計測速度と分解能が不十分であるが、本補助金で購入する松下電工製距離画像センサEKL3101を用いて距離画像の取得を行う。

2) 小型レーザ投光器の開発については、可動部を持たずにレーザスリット光を走査することのできる投光器をどのようにして実現するかが課題であった。この点について応募者はこれまでに検討を行い、DMD(デジタル・マイクロミラー・デバイス)技術を応用する新規な走査装置を考案した。平成19年度は、この考案に基づいて、走査装置の開発・試作を行う。その際には評価用のDMD装置であるTyRex製DMD Discovery 1100 Starter Kitを本補助金によって購入し、使用する。

ここでの研究の要点は、以下の2点を明らかにすることである。

- ① 性能の評価：新たに考案したレーザ投光器走査装置が所望の小型さと性能を得られるかを評価する。
- ② 製品化に関する評価：装置を十分な価に製作することができるかを明らかにする。

従って研究においては、考案した走査装置が小型のDMD素子以外に付加的な部品をほとんど用いずに安価な部品と簡易な工作方法で製作できること、等を検証することを主な目的とする。

3) その他、変形量推定の高速化については、これまでの検討により、ほぼ目的を達成できる見込みがある。小型レーザ投光器の開発については、試作する装置の評価の結果として問題点が明らかになった場合には、応募者が所属する学科で他の研究者が開発を行っている異なる方式のDMD素子を活用することも視野に入れる。

#### 平成20年度計画

平成20年度には、レンジファインダ装置用の撮像素子のLSI化、および柔軟な対象物の変形量の実時間計測を三次元形状情報の計測から変形量推定まで一貫して行うシステムの開発を行う。

1) 撮像素子のLSI化について、応募者はこれまでに個別部品を用いて新規な構成のレンジファインダ用撮像素子を試作して評価を行い、素子をLSI化することで目標とする小型・高速なレンジファインダ装置を構築できるとの結論を得た。そこで平成20年度には実際に撮像素子のLSI化を行い、平成19年度に開発する小型レーザ投光器と組み合わせるレンジファインダ装置を構築することを目的とする。LSI化の際には研究教育用LSI試作プログラムであるVDECを活用して本補助金で試作を行い、開発設備としても応募者の大学内にあるVDECの設備を利用する。

より具体的には、以下を明らかにすること

を目標として研究を行う。

- ① LSI 撮像素子の開発と評価: LSI 撮像素子の設計と製造を行って評価し、目的とする機能と性能を達成できるかを検証する。
- ② レンジファインダ装置の構築と評価: それぞれ開発した撮像素子とレーザー投光器を組み合わせることでレンジファインダ装置を構築する。その評価の際には特に、ビデオレートでの測定が可能かどうか、内視鏡との接続等が可能な程度に小型かどうか重点を置く。さらに、安価に製造が可能かどうかについても検討を行う。

2) 柔軟対象物の変形量推定システムの開発について、本研究で開発したレンジファインダ装置と変形量推定プログラムとを組み合わせることで一貫した処理を行うシステムを開発する。その際には高速な処理を行える計算機が必要となるので、本補助金で購入する計算機を用いる。システム開発においては、研究全体の目標を達成するため、特に以下の点について重点を置いて行う。

- ① 速度および精度の向上とそれらの評価: ビデオレートでの処理と、人体や臓器の変形量の計測に十分な精度を達成することを目標にシステムを構築し、それらが達成できたかを検証する。
- ② 具体的な応用: いくつかの応用例について実際に開発した装置を応用して使用者の意見を聴取し、今後の改良点についての指針を得る。

3) その他、開発したレンジファインダ装置が目標とする性能を達成できなかった場合には、平成 19 年度に購入する距離画像センサを用いて暫定的な変形量推定システムを開発し、レンジファインダ装置の改良を継続する。

#### 4. 研究成果

本研究では、人体等の柔軟な対象のモデル生成と変形量推定を三次元形状情報から行う手法の開発、およびそれに使用可能なレンジファインダ装置の開発を行うことにより、それらの問題点を解決することを目的とした。本研究によって、以下の研究成果が得られた。

1) 変形量推定システムの開発について、19 年度に推定プログラムの高速化法を開発して評価を行い、高速化と高精度化を両立させた。20 年度には、新たに構築した高速処理システム上でプログラムを動作させ、さらに市販のレンジファインダ装置を接続して動作実験を行った。それにより、実時間処理の実

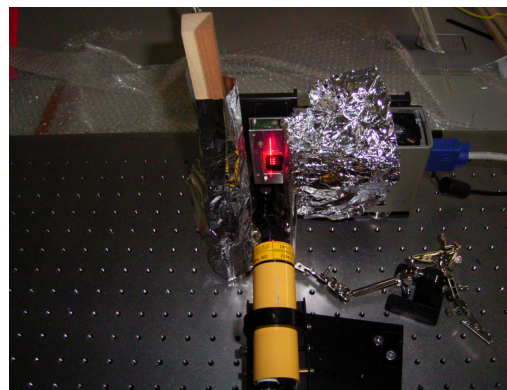


Fig. 3 本研究で試作した

DMD 使用レーザー投光器

現のための様々な知見を得た。

2) レンジファインダ装置用レーザー投光器の開発については、DMD(Digital Mirror Device)素子を利用するレーザー光走査装置を考案し、試作を行った (Fig.3 参照)。本装置は小型で可動部なしに高速かつ高精度にレーザー光を走査することができ、それによってレンジファインダ装置の小型化・高速化・低価格化を実現することができると考えられる。

3) レンジファインダ装置に用いる撮像素子の LSI 化について、当初は平成 20 年度に実際に撮像素子の LSI 化を行ってレンジファインダ装置を構築することを目的としていたが、平成 19 年度にさらに検討を行ったところ、現在の回路構成のままでは撮像回路の感度が不足する可能性があることが判明した。そこで平成 20 年度には、評価用に試作していた撮像回路の感度を向上させるための方策について検討を行った上で回路を改造し、性能の評価を行った。その結果、改良を施した回路構成によって撮像回路の高感度化と高速化が実現できることを確認した。

#### 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)

[学会発表] (計 1 件)

大森高宏, 岡田伸廣, “DMDを利用した距離画像センサの開発”, 日本機械学会九州支部第 62 期総会講演会予稿集, No.098-1, pp.113-114, Mar., 2009.



6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡田 伸廣 (OKADA NOBUHIRO)

九州大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号：80224020

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者