

三次元形状計測装置の実用化試作

佐藤辰雄

大分県・産業技術総合研究所研究交流センター

A practical Prototype of a 3D-Sensor

Tatsuo Sato

OITA-AIST Joint Research Center

要旨

画像処理技術を用いた目視検査や計測の自動化は非常に多くの分野で重要な技術である。当センターではその実現を目指して、三次元形状計測技術の開発を進めてきた。本年度は当センターで確立した計測手法に基づく形状計測装置の試作開発を行った。試作した装置では現在約 $30 \times 40 \times 40\text{mm}$ の範囲を約 2 秒弱の速さで計測することができる。また、試作装置はポータブル型と呼べるほどまでには至っていないが、一応現場への持ち込みも可能な設計となっている。

1. はじめに

目視検査や計測の自動化は鉱工業の分野に限らず、農水産物の選別など非常に多くの分野で必要になってきている。これを実現するためには画像認識、画像処理、画像計測、三次元形状計測といった技術が必要である。そのような技術の例として工業計測の分野では様々な方法で形状を計測する技術の実用化が図られてきている。

良く知られている技術としては接触式で極めて高精度に点間の距離を三次元座標として計測する装置がある。しかしこの技術は、正確に言えば測定プローブの位置を測定する仕組みになっており、任意形状立体物の形状をもれなく知るためには非常に多くの測定点を必要とするため、そのような自動化用途には適していない。逆にそういう用途に向けた形状計測技術は、レーザや様々な光などを照射し、その反射情報を元に全体的な形状を求めようとする方法も実用化に向けて多く研究開発されており、いくつかの装置も市販されてきているが、高価であったり計測対象物の表面を白く塗り直す必要があったりして、実際には研究室段階の使用に留まっており、広く普及する段階にはなっていない。

当センターではこのような自動化のための三次元形状計測センサとして独自技術の開発を行い、基礎技術を確認した。本報告ではこの技術に基づき開発した三次元形状計測装置に関する報告を行う。

2. 形状計測装置概要

当センターで確立した三次元計測技術に基づく形状計測装置は、ハードウェアとして液晶プロジェクタ、カ

ラー CCD カメラ、およびそれぞれのインターフェイスボードを内蔵したパソコンから成っている。ただし、液

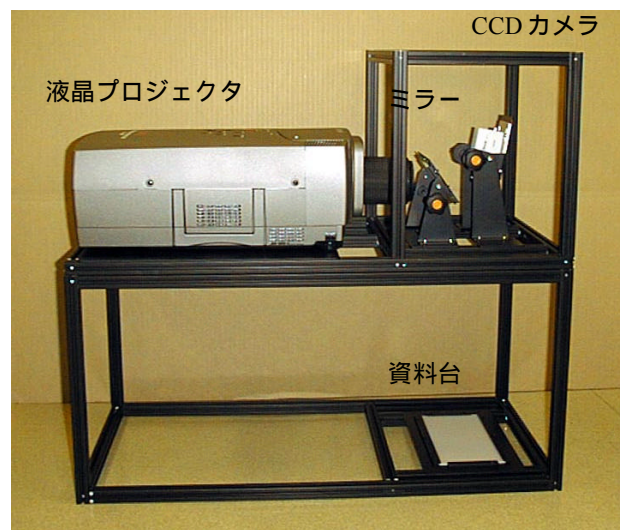


Fig.1 試作した形状計測装置（カバーをはずした状態）

晶プロジェクタや CCD カメラの光学系（主にレンズ）は市販品そのままの標準仕様ではなくそれぞれ専用に改造してある。これらの配置がわかるように、装置本体からカバー等を取り払った写真を Fig.1 に、また光学系の配置を Fig.3 に示す。

パソコン上では当センターで開発した専用のプログラムが走っており、このプログラムの制御で液晶プロジェクタから虹状のパターン（Fig.）を計測物体に投影する。

この虹状のパターンは“イロアイ”の変化が直線的に変化するように設計してある。そのときの画像を CCD カメラで取得することにより画像上での“イロアイ”が

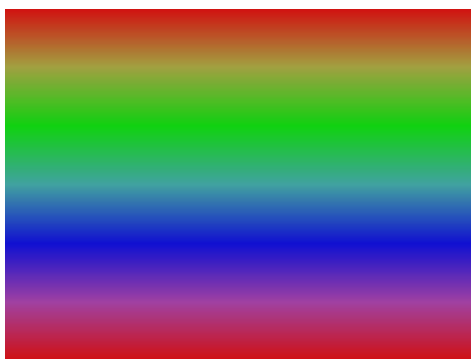


Fig.2 投影パターン

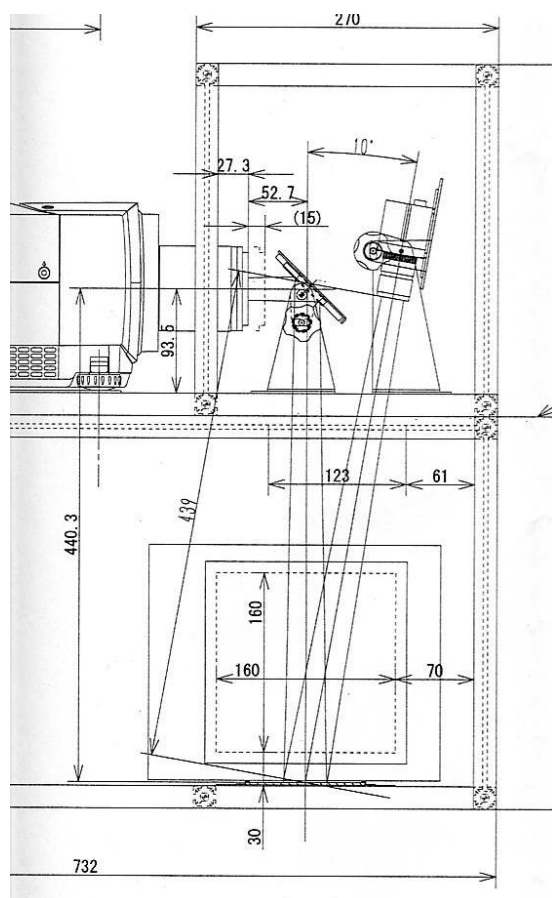


Fig.3 光学系の配置

ら、その点がプロジェクタのどこに該当するか（プロジェクタ座標）を知ることができる。そのプロジェクタ座標と各画素（画像を構成する格子点）のカメラ座標とを計算処理し、画像のそれぞれの画素毎に物体座標系における三次元座標（ X 、 Y 、 Z ）に変換する。これを画像内のすべての画素について繰り返すことにより、物体表面の極めて多数の点の三次元座標を得ることができ、その結果物体表面の形状が計測できることになる。

試作した装置では現在約 $30 \times 40 \times 40\text{mm}$ の範囲を計測することができる。

3. 本手法の特徴

この手法では、撮影画像のすべての画素について三次元座標が計算されるため、空間分解能が高いこと、座標計算は単純な連立方程式の繰り返しで実現できるため、比較的高速な計測が可能（従来の実験装置では一回の計測に約3秒かかっていたが、今開発により高速化され約2秒弱に高速化したことや、主にソフト上でアルゴリズムの改良により1秒以下にもできる見通し）であること、表面に色や模様があっても正しく計測でき、計測対象を選ばない（ただし表面が黒、透明、鏡面などの物体は計測できない）こと、主要部品が市販の汎用品で構成されているため、安価な装置の実用化が見込めること、計測精度が高い（試作装置では現状、誤差が約40ミクロン以下（1ミクロンは1mmの1/1000）等の特徴があり、多くの分野への適用が期待できる技術である。

このような特徴を有することから、試作装置では人の指先にある指紋の立体形状も計測することができた。指紋は人により多少大きさが異なるが、およそ100ミクロン程度の溝型である。この計測データは世界でも珍しい計測例である。

また、この装置ではカメラが一台だけであることから、立体物の一方向からのみの計測となっており、たとえば人形の全周囲を計測する必要がある場合には計測対象である人形を回すか、または計測装置の方を移動する、計測装置を計測対象の周囲に複数台並べる等の手段が必要となる。その技術は今後研究していく予定である。

4. まとめ

カラーグラデーションパターンを投影する三次元計測法に基づく三次元形状計測装置を試作した。

本装置はできるだけ実用的に使用できるように考慮しており、大きさ等ある程度の制約があるものの、現場などへ持ち込めるような構造を採用した。

本技術は産業科学技術センターより特許の申請も行っており、今後は検査装置への適用や、大きさの異なる対象を計測する計測装置の開発など具体的な計測対象に即した応用開発に努めていくと同時に、広く技術移転していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 佐藤，前山田，遠藤：“マルチスペクトル光投影レンジファインダの性能向上に関する検討”，信学技報，PRMU99-164, pp.101-108(1999-11)
- 2) 佐藤，築根：“カラー符号化を用いたレンジファインダ”，電気学会システム・制御研究会資料，SC-00-5，pp.23-28(2000-3)