

# 福岡工業大学 学術機関リポジトリ

## ロボットアームと最適3D画像計測技術を融合した全 周囲形状計測

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 福岡工業大学総合研究機構研究所所報 公開日: 2023-12-06 キーワード (Ja): キーワード (En): Optimal 3D image measurement, Pattern projection, Robot arm, Hand-eye calibration 作成者: 盧 存偉 メールアドレス: 所属: 電子情報工学科
URL	<a href="http://hdl.handle.net/11478/0002000058">http://hdl.handle.net/11478/0002000058</a>

# ロボットアームと最適 3D 画像計測技術を融合した 全周囲形状計測

盧 存偉 (工学部電子情報工学科)

## Entire Shape Measurement by Combining Robot Arm and Optimal 3D Image Measurement Technique

LU Cunwei (Department of Information Electronics, Faculty of Engineering)

### Abstract

In this research, in order to expand the measurement area by single measurement, shorten the measurement time, and improve the accuracy of 3D image connection in the field of 3D image measurement, we proposed an entire shape measurement method that combines a robot arm and optimal 3D image measurement technique, and built an experimental system. The experimental results demonstrated the effectiveness of the proposed method.

**Keywords** : Optimal 3D image measurement, Pattern projection, Robot arm, Hand-eye calibration

### 1. 研究の背景

3D計測には接触式と非接触式の計測装置がある。接触式の代表的な装置には図1(1)に示されるアーム型計測機があり、全周囲計測ができ計測精度も良いが、一回の計測で1点の3D情報しか取得できず、計測には時間がかかる。非接触式の代表技術にはパターン光投影3D画像計測があり、現在図1(2)のような線投影計測技術と図1(3)のようなシングル側面投影計測技術がある<sup>(1)</sup>。線投影計測技術は点計測より計測時間を短縮することができるが、依然として計測時間が長い。シングル側面投影計測技術は計測の範囲が広く、数回の投影で計測対象物体のある側面の3D情報を取得することができるが、ほかの側面の情報の取得ができない。

そこで、本研究では図1(4)のようなシステムを提案する。カメラと投光器に基づく3D画像計測技術とロボット

アームを融合することにより、画像計測の計測範囲が広く計測時間が短い利点と、ロボットアームの計測精度が高く全周囲計測ができる利点を融合し、計測対象物体のほぼすべての面の3D情報を高速度且つ高精度に取得することができる全方位3D計測システムの開発を目指す。

### 2. 研究の内容

#### 2.1 研究方法

下記の二点よりシステム開発の要点を紹介する。

##### (1) 最適パターン光投影3D画像計測技術の適用

まず、本研究室が提案した最適パターン光投影技術を用い、一回の計測で広範囲の計測を確保すると共に、計測速度と計測精度を確保する<sup>(2)</sup>。

しかし、最適パターン光投影技術はシングル側面の3D計測技術であり、全方位の3D計測のために、各側面に計測した3D情報を接続し、計測対象の全体の3D画像を生成

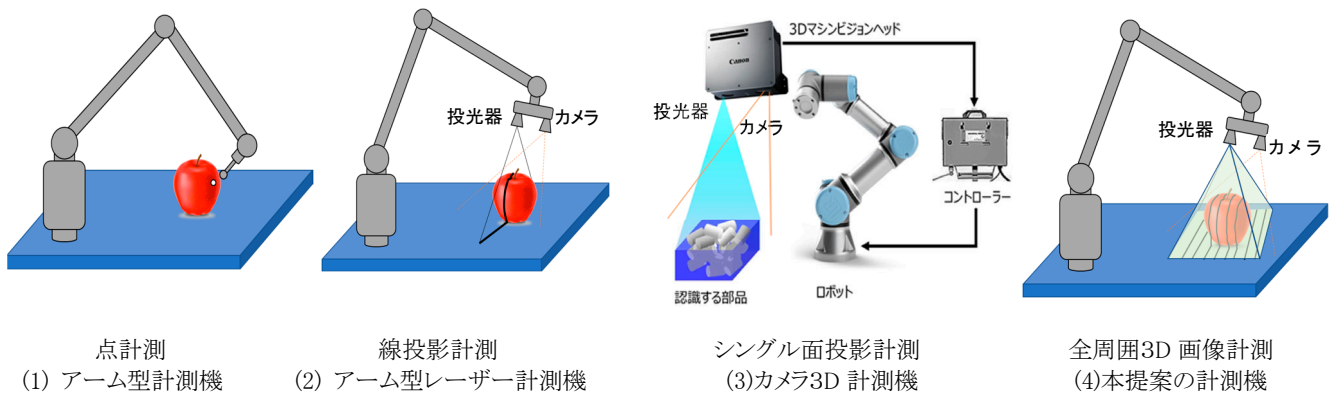


図1 各種 3D 計測機の計測原理のイメージ

Fig. 1. Schematic diagram of the principle of various 3D measuring instruments



図2 本研究の全周囲 3D 画像計測機及び計測実験結果の一例

Fig. 2. Entire shape measurement device and an example of the measurement experiment results

することが必要である。既存の 3D 画像接続技術の精度が 3D 画像計測精度より 1 桁ほど低いので、3D 画像接続技術の使用により、システム全体の 3D 計測精度が 1 桁ほど低下してしまう。

### (2) ロボットアームとの融合

図 1 (1) に示すロボットアームを用いた 3D 計測機は点計測のため、計測対象物体の全体の 3D 情報を取得するために、数十分乃至数時間の計測時間が必要である。しかし、位置決定精度の高いロボットアームを用いれば、ロボットアームを動かすことより、計測対象物体の全体の 3D 情報を高精度に取得することができる。

そこで、本研究では、ロボットアームの 3D 座標を用い、3D 画像計測における 3D 画像の接続精度を補正する。これによりシステムの計測精度を向上する。

## 2.2 研究成果

図 2 に本研究が提案した 3D 画像計測システムの構成及び実験結果の一例を示す。図 2 (1) は計測システムの構成図であり、計測システムは市販のロボットアームとカメラ、及び自作投光器により構成される。図 2 (2) は 3D 計測の風景であり、計測用パターン光は投光器より計測対象物体に投光し、その写真はカメラより撮影される。投光及び撮影は自作プログラムより自動制御し、計測スイッチを押すだけで、計測が自動的に行われる。

また、自作画像計測プログラムより、撮影画像を解析し、計測対象物体の表面のすべての計測点の 3D 情報（3D 世界座標）を算出する。図 2 (3) は計測対象物体の 3D 計測結果の点群表示である。2D の紙面では 3D 情報の表現が困難であるが、図 2 (3) より、計測対象物体の全周囲の 3D 情報が計測されていることが分かる。

これらの研究成果としては、査読付き論文 2 篇、国際会議 1 篇、国内学会 1 篇で発表した<sup>(3-6)</sup>。文献(3)と文献(6)は、ロボットアームとパターン光投光器及びカメラシステムの統合カリブレーションの手法を提案し、本研究の計測精度の確保に関する研究成果である。論文誌文献(4)と国際会議文

献(5)の論文は、同一テーマのものであり、ロボットアームを用いたクロスパターン投影による三次元画像計測に関する研究成果である。

## 3. 今後の展開

今後は計測時間、計測精度の評価を行い、研究成果を纏め、システム開発論文を投稿する予定である。また、特許出願も検討中である。更に、実用化を目指し、産学連携を通じて実用化研究を進めていく予定である。

## 謝辞

本研究の一部は本学エレクトロニクス研究所の 2022 年度科研費リトライ支援制度により実施したものである。

## 文 献

- (1) <https://canon.jp/corporate/newsrelease/2021/2021-04/pr-machinevision>, 2023 年 6 月 21 日アクセス。
- (2) 盧・上塘・孫・辻野・長:「立体カメラ: 全自動三次元画像計測システムの開発と応用」, 電気学会論文誌 C, Vol.131, No.2, pp.320-328(2011).
- (3) Dayong Tai, Zhixiong Wu, Ying Yang and Cunwei Lu, "Plane-based Hand-eye Calibration Method of Articulated Arm and Linear Structured Light 3D Camera Based on the Plane", OA Journal of Engineering & Technology, Vol.1, No.2, pp.33-44(2022).
- (4) Dayong Tai, Zhixiong Wu, Ying Yang and Cunwei Lu, "A Cross-Line Structured Light Scanning System Based on a Measuring Arm, Instruments", Vol.7(1), No.5, pp.1-12(2023).
- (5) Dayong Tai, Zhixiong Wu, Ying Yang and Cunwei Lu, "Cross line structured light scanning system based on measuring arm", 2nd International Conference on Electrical, Computer, Communications and Mechatronics Engineering (ICECCME 2022).
- (6) Wu Zhixiong, Lu Cunwei, Tai Dayong and Yang Ying, "The Hand-eye Calibration Method for Measuring Arm with Single Pattern Projection on Single Plane", 2022 年度第 50 回画像電子学会年次大会, (2022).