

# 一対のウェッジプリズムと距離計を用いる 面法線計測に関する研究

長谷川 直 樹\*

## A study on measurement of surface-normal using a rangesensor with a pair of wedge-prisms

by Naoki HASEGAWA

本研究は、隔てた位置にある対象物表面の法線方向と距離を計測する方法及びその装置に関する。一般に用いられる装置は、構造、制御が複雑であると共に、ポリゴンミラーの回転角制御分解能や距離測定分解能が十分でないため、例えば階段の立ち上がり面等の小領域面の計測には不向きであるという問題を有する。このような課題を解決することを目的とし、一対のウェッジプリズムと距離計を用いる面法線計測法について検討し、検出原理の提案と誤差の解析、および原理の有効性を確認する計測システムの開発と実験について考察した内容を7章にわたってまとめている。

第1章では、本研究の背景、目的、概要を述べる。一般に、面法線の検出法として対象面に光を照射し、1) その正反射方向への構造化パターンの変形を観測する、2) 変調光の位相差を測定する、3) 三次元レンジファインダにより形状を認識する、他様々な方法が提案されているが、これらには検出可能な距離が小さい、大距離における検出分解能が低い、システム構成が複雑である、等の問題がある。ポリゴンミラーでスキャンする方法では、制御が複雑で検出分解能が距離の増大とともに低下する。この他、複数のレーザ光源を切替えて照射する方法もある

が、状況は同様である。本研究は、これらの問題を解決するため、距離計の前段に一対のウェッジプリズム組込み、かつプリズムを回転させて限られた領域内に平行な光ビームを照射することの有効性を指摘する。本研究の目的が距離のみならず照射面の法線方向までを計測可能にすることにあることを明らかにする。

第2章では、面法線の基本的計測原理を説明する。とくに、計測システムの構成に必要な光学要素と光路の幾何学、及び、光伝搬時間の大小に基づく距離計測の光飛行時間補正の必要性を述べる。実際にプリズムを格納する筒状光学系を距離計に組み込み、筒を回転させるセンサの構成を明らかにする。

第3章では、面法線計測センサの精度確認実験及び精度向上法について述べる。まず、実験環境の明るさや平面状物体の傾きを変えた実験により、距離の増大とともに法線計測精度が劣ることを確認する。平行性が崩れる照射光では距離とともにビームシフト量が増大するが、ビームシフト量の補正により、精度を改善できることを示す。曲面状物体についても同様な実験と考察を行う。

第4章では、光学素子の配置誤差に起因する計測誤差解析と精度向上のための指針について述べる。

\*新潟大学大学院自然科学研究科

現在 新潟県工業技術総合研究所

〔新潟大学博士(学術) 平成18年3月23日授与〕

照射点のシフト量は距離に応じ補正することで改善できるが、補正量は小さいのが望ましい。そこで、ビームシフト光学系に加工組立時のずれが存在することを想定して、距離計測及び法線計測の誤差を解析し、定量的に評価した。その結果、第1プリズムに対する第2プリズム配置の回転ずれの影響が大であること、また、このずれの影響により平行性を失う照射光は、距離増加に伴い照射位置ずれを大きくし、その結果、面法線計測誤差を大きくすることを明らかにした。このことは、2枚のプリズムの光軸上への平行配置とその間隔を正確にすることが光学系設計上極めて重要なことを示す。

第5章では、移動ロボットのための階段認識への応用について述べる。階段配置の認識には、CCDカメラ、3次元レンジファインダを用いる種々の方法が考えられるが、移動するロボットには、計算負荷の少ない簡単な構成の計測法が望まれる。そこで、面法線計測センサを適用し、ロボットの階段接近に伴う状況の変化から、階段の寸法と配置を算出する方法について検討した。まず、距離計使用上の注意点を指摘する。その後、面法線計測センサによる認識の手続きを明らかにする。電動スライダとモデル

階段を使った実験結果から、ロボット用階段認識の手段として有効なことを示す。

第6章は、埋設管先曲折方向の識別について述べる。地面や壁に埋設された配管に異常が発生する場合の修理は、大がかりな作業になることが多い。そこで、本研究成果の応用として非接触で遠方に突き当たる管壁の傾きを検出し、修理に役立つ配管レイアウトを調べ出すことを検討した。具体的に、水道管先にあるエルボの取付け角度の計測について、シミュレーションによる計測値の推定、認識実験の結果、及びセンサの設置ずれが計測結果に及ぼす影響について述べる。そして、提案する面法線計測センサが埋設管先曲折方向の識別に有効なことを示す。

第7章は、全体を総括し、今後の課題及び展望について述べる。得られた成果は、対象物の表面状態を非接触で簡単に観測／計測することを可能にし、外界状況の変化や異常の検知技術として活用できると考える。

終わりに、本研究の実施と論文の執筆に当たりご指導とご鞭撻を賜りました岡田徳次教授に深く感謝いたします。