



# 光投影法による距離センサを用いた自律型移動ロボットの環境認識と走行制御

崔, 龍雲

---

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

1995-03-31

(Date of Publication)

2008-12-08

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲1395

(JaLCDOI)

<https://doi.org/10.11501/3105418>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1001395>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



氏名・(本籍)	崔 龍 雲 (大韓民国)
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	博い第81号
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位授与の日付	平成7年3月31日
学位論文題目	光投影法による距離センサを用いた自律型移動ロボットの環境認識と走行制御

審査委員	主査 教授 前川 禎 男
	教授 平井 一 正 教授 北村 新 三

### 論文内容の要旨

自律型移動ロボットは、移動することにより絶えず環境が変化するため、自己の位置や姿勢、また環境の変化を各種センサから得られる情報をもとにまわりの状況を知るといった環境認識能力が極めて重要である。特に障害物が散在している環境での移動ロボットは、スタート地点から障害物を回避しながら目標地点に到達する経路を自動的に決めなければならない。

本論文は、移動ロボットの環境認識に必要なセンサとして、半導体レーザのスリット光とテレビカメラによる距離センサの開発を行ない、これを研究室で試作した自律型移動ロボット Rokkey II に装着させ、周囲の環境認識による障害物回避を中心とした走行や局所地図作成による走行の実験の結果を示している。また、単一スリット光または2つのスリット光を用いる方法では、対象平面までの距離とその姿勢の高精度計測が同時にできないので、3つのスリット光を用いた三角錐スリット光による平面までの距離およびその姿勢の測定方法とそれによる実験結果をまとめたものである。

第1章では序論として、自律型移動ロボットの構成についての考え方や各種センサの役割り、および、ロボットビジョンによる環境認識の研究動向を述べるとともに、本研究の目的について述べている。

第2章では、研究室で試作し、実験で用いた移動ロボット Rokkey II のシステム構成および実際に誘導する際に必要となる走行部の制御方法を述べ、より正確な誘導の実現のための問題点と改良すべき点を示している。

第3章では、スリット光とテレビカメラによる距離センサを移動ロボットに実装し、屋内環境下で障害物回避を中心とした走行実験を行なった結果を示している。

屋内の廊下で予想しない障害物が置かれている場合を想定し、ロボットは、スリット光による距離センサのカメラの視野角内に投影されるスリット光の投影パターンの画像を解析することにより、障害物の配置やロボット自身の姿勢を認識して移動可能領域をみつけだし、走行情報(進行方向と移動距離)を自動的に求めることができた。カメラの視野角内で移動可能領域が見つからない場合、すなわち幅が広い障害物や壁を向いているときおよび突き当たりのような隅の場合は、画像上で得られ

る障害物からの反射光による線情報を利用し、変えようとする方向への角度を求めなければならない。この場合、廊下の壁は平行であることを前提として、ロボットが廊下の方向に正しく向いておれば、観測されるであろうスリット光の反射像を想定（これを基準線と呼ぶ）し、この基準線の方向ベクトルと障害物からの反射光によって得られた線分方向ベクトルとのなす角度を進行方向の修正角度とすることによって障害物回避走行が可能になった。この走行実験の結果より、カメラのみによる走行、超音波距離センサによる走行に比べ、処理時間や環境認識能力の面においてスリット光による距離センサがより有効であることを示した。

第4章では、移動ロボットが現在の位置において周囲の局所地図を作成し、これを用いて障害物を回避したり方向を転換することによって、安全な走行を行なうための方法と走行実験を行なった結果を示している。

第3章で述べた方法では、テレビカメラの視野角に制限があるので、廊下の曲がり角や障害物の横幅が長い場合など、それらの認識が困難な場合がある。そこで、より広範囲な環境情報を得るため、スリット光による距離センサを水平に回転して複数の画像を取り込み、これを合成することにより、総合的に視野角を広げることを考えた。これは床面に垂直な軸まわりに回転できる回転台上にスリット光による距離センサを取付け、旋回させながら移動ロボットの前方5方向の画像を撮像する。各方向から得られた距離データを合成することにより、移動ロボットの現在の位置を中心とする周囲の局所地図を作成することが出来る。これは、ロボットの前方はもちろん、左右の障害物の位置情報を得ることができるので、より複雑な地形においても走行が可能である。実験の結果、複雑な構造の通路や障害物回避走行に有効であることが確かめられた。

第5章では、三角錐スリット光を用いて対象平面までの距離およびその姿勢を求める方法を提案し、その方法で行なった実験結果を示している。

この方法では、三角錐スリット光を対象平面に投影する。得られた三角形は対象平面までの距離が大きくなるにつれて1点に収束し、その後、上下、左右逆になって現われる。この三角形の大きさと正三角形からのずれの程度を利用することによって対象平面までの距離のみならず、従来の方法では得られなかった姿勢（方向と傾き）の同時計測が可能であることを示した。また、スリット光投影像の幅が大きくなることによる誤差を減少させるため、最小2乗法による直線のあてはめを行ない、画像面で求めた三角形の内心から各辺までの距離を利用することによって距離測定の精度を向上させている。

第6章では結論として、本研究で得られた結果の要約を行なっている。

## 論文審査の結果の要旨

自律型移動ロボットは、移動することにより絶えず環境が変化するため、自己の位置、姿勢や周囲環境の様態を認識することが不可欠である。特に未知の環境や予測し難い障害物が散在している環境での移動ロボットは、スタート地点から障害物を回避しながら目標地点に到達する経路を自動的に決めなければならない。

本論文は、移動ロボットの環境認識に必要なセンサとして、半導体レーザのスリット光とテレビカメラを用いた距離センサの開発を行ない、これを研究室で試作した自律型移動ロボットに装着させ、周囲の環境認識による障害物回避を中心とした走行実験や局所地図作成による走行実験の結果を示している。また、対象平面までの距離およびその姿勢の測定方法として三角錐スリット光による方法を

提案し、その実験結果をまとめたものである。

第1章では序論として、自律型移動ロボットの構成における考え方や各種センサの役割およびロボットビジョンによる環境認識の研究動向を述べるとともに、本研究の目標について述べている。

第2章では、研究室で試作した移動ロボットRokkey IIのシステム構成および実際に誘導する際に必要となる走行部の制御方法を述べ、より正確な誘導の実現のための問題点と改良すべき点を示している。

第3章では、スリット光とテレビカメラによる距離測定法とその構成を示し、これを移動ロボットに実装し、屋内環境下で障害物回避を中心とした走行実験を行った結果を示している。

移動ロボットは、水平に発射されたスリット光が障害物等に投影されたパターンをカメラでとらえ、得られた画像面上のスリット光のパターンを解析することにより、障害物までの距離やその形状等を認識する。このことにより、障害物の配置やロボット自身の姿勢を認識して移動可能領域をみつけだし、走行情報（進行方向と移動距離）を得ることができる。カメラの視野角内で移動可能領域が見つからない場合、すなわち横幅が広い障害物や壁を向いているときや突き当たりのような隅の場合は、画像上で得られる障害物からの反射光による線情報を利用し、変えようとする方向への角度を求めることができる。すなわち、廊下の壁は平行であることを前提とし、ロボットが廊下の方向に正しく向いておれば、観測されるであろうスリット光の反射像を想定（基準線）し、この基準線の方向ベクトルと障害物からのスリット反射光によって得られた線分の方向ベクトルとのなす角度を進行方向の修正角度としている。走行実験の結果、カメラのみによる走行、超音波距離センサによる走行に比べ、処理時間や環境認識能力の面においてスリット光による距離センサが有効であることを示している。

第4章では、移動ロボットが現在の位置において周囲の局所地図を作成し、これを用いて障害物を回避したり方向を転換することによって、安全な走行を行なうための方法とを述べ、また、走行実験を行なった結果を示している。

第3章で述べた方法では、テレビカメラの視野角に制限のため、廊下の曲がり角や横幅が広い障害物の場合など、それらの認識が困難な場合がある。そこで、より広範囲な環境情報を得るため、上記の距離センサを水平に回転して複数の画像を取り込むことにより、総合的に視野角を広げる方法を提案している。これは床面に垂直な軸まわりに回転できる回転台上にスリット光による距離センサを取付け、旋回させて移動ロボットの前方向5方向の画像を撮像する。その各方向から得られた距離データを合成することにより、移動ロボットの現在の位置を中心とする周囲の局所地図を作成している。これは、ロボットの前方向はもちろん、左右の障害物の位置情報を得ることができるので、より複雑な地形においても走行が可能となる。実験を行い、この方法が複雑な構造の通路や障害物回避走行に有効であることを示している。

第5章では、三角錐スリット光を用いて対象平面までの距離およびその姿勢を求める方法を提案し、その方法で行なった実験結果を示している。

すなわち、正三角錐スリット光を対象平面に投影し、得られた三角形は、対象平面までの距離が大きくなるにつれて1点に収束し、その後、上下、左右逆になって現われる。この三角形の大きさと正三角錐からのずれの程度を利用することによって対象平面までの距離のみならず、従来の方法では得られなかった姿勢（方向と傾き）の同時計測が可能であることを示している。また、スリット光投影像の線幅が大きくなることによる誤差を減少させるため、最小2乗法による直線のあてはめを行ない、画像面で求めた三角形の内心から各辺までの距離を利用することによって距離測定の精度を向上させている。

第6章では結論として、本研究で得られた結果の要約と今後の課題について述べている。

以上の通り本論文は光投影法による距離センサを開発し、これを用いて移動ロボットが環境を認識し、障害物を回避しつつ走行する方法を求め、移動ロボットに実装して走行実験を行ない、その有効性を実証したものであり、工学的に重要な知見を得たものとして価値ある集積であると認める。

よって、学位申請者 崔龍雲 は博士(工学)の学位を得る資格があると認める。