

# 光通信を利用したマークによる 移動マニピュレータの環境認識・物体操作の実現

## Environmental Recognition and Objects Manipulation for Mobile Manipulators Using Optical Communication Marks

佐藤 弘康 (岡山大学)                      田坂 栄徳 (岡山大学)  
○ 正 永谷 圭司 (岡山大学)              正 五福 明夫 (岡山大学)

Hiroyasu SATO, Okayama University, 3-1-1, Tsushima-naka, Okayama  
Hidenori TASAKA, Okayama University    Keiji NAGATANI, Okayama University  
Akio GOFUKU, Okayama University

Using current sensing technology, it is difficult for mobile manipulator to grasp an object autonomously. The most difficult part to realize such task is object recognition. To solve the problem, we propose a system of optical communication using marks that helps robot's recognition and objects manipulation. Each mark with unique code is attached on object. A communication with marks improves an ability of recognition of object's property and location. In this research, we have constructed a system of optical communication between a robot and marks, and performed a "pick and place" motion by an autonomous mobile manipulator.

In this paper, we explain an overview of the communication system between marks and a robot and report a demonstration result of the mobile manipulator.

*Key Words:* Optical communication, Mobile manipulator, Active flashing mark

### 1 はじめに

ロボットが環境中に存在する様々な物体の中から、特定の物体を認識するためには、高い認識能力が必要である。しかしながら、ロボットに搭載したセンサ類を用いて環境を認識し、この情報をもとに物体の探索と把持動作を行うことは、現在のセンサ技術では、とうてい困難である。そこで本研究では、物体の認識能力の向上を目指すのではなく、物体にマークを貼付し、このマークからロボットへ情報を教示することで、この問題を解決することとした。これにより、環境中存在する把持対象物とロボットが相互に通信を行うことで、ロボットは、探索から把持動作を確実に行うことが可能となる。

本稿では、比較的遠距離でも通信が可能であり、かつ位置の特定が容易な光通信を利用したマークと、これと通信を行うロボット搭載用ディテクタの概要を説明する。また、実ロボットに対して、このシステムの実装を行い、物体の識別と位置の認識による把持から運搬までの動作検証について述べる。

### 2 マークを用いた環境の知能化

#### 2.1 マークによる情報教示

本研究では、ロボットの認識能力の向上を高める手段として、物体に貼付したマークとロボットが通信を行うことで情報を獲得し環境を認識する手法を提案する。ただし、対象とする環境は、人間が生活している環境を想定している。そのため、マークには、その導入が容易であること、小さく軽量であること、遠方から認識に優れていること、非接触により蓄積した情報を教示することが、必須条件となる。そこで、本研究では、光通信によるマークを用いた環境の知能化を採用することとした。

#### 2.2 光通信マークの提案

マークとロボット間の通信手段として光を用いる利点には、以下に示すものが挙げられる。

1. マークの検出には、カメラより取得した画像により情報を受信するため、干渉がおこらない。ゆえに、複数マークの情報を同時に獲得することができる。
2. マークは、光ることで通信を行うため、ロボットが対象物を探索・把持する際、マークが持つ情報を獲得すると同時に

に、発光点の位置認識を行うことで、物体の位置情報についても獲得することができる。

3. マークは、光により情報を発信するため、比較的遠距離のマークとも通信を行うことが可能となる。

そこで、本研究では、物体に貼付するマーク（以後マークと呼ぶ）とマーク検出デバイス（以後ディテクタと呼ぶ）を製作し、これらを用いた移動マニピュレータの知的動作の実現を目指すこととした。

#### 2.3 光通信マークとロボットのシステム構成

本研究で製作したマークと、ディテクタの概略図を Fig.1 に示し、その詳細を以下に説明する。

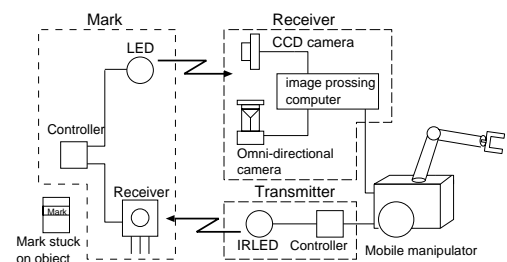


Fig. 1 An overview of optical communication system

ロボットからマークへの通信には、赤外光を用いた。この赤外光に、呼び出す対象となる識別コードを乗せて、マークの呼び出しを行う。一方、マークからロボットへの通信には、可視光を用いた。赤外光の呼び出し識別コードが一致したマークは、その指示に従った点滅を行うこととした<sup>(1)</sup>。なお、相互通信の最大の交信領域は、現状でおよそ 3[m] である。

以下に、本研究で製作したマーク、ディテクタ、本研究に使用するロボットについて述べる。

光通信マーク マークは、環境中存在する様々な物体に貼付するため、安価かつ小型で駆動電源を内蔵していることが望ましい。そこで、本研究では、比較的小電力で動作可能な赤外線受

光素子と、発光ダイオードを用いたマークを製作することとした。このマーク (Fig.2) のサイズは、一辺が 25[mm] であり、高さが 15[mm] である。電源には、ボタン電池を用いており、受信と送信デバイスの駆動電圧である 3[V] を供給する。

ディテクタ ディテクタは、ロボットに搭載するマーク検出デバイスである。これは、マークの点滅により、マークが送信する情報を解析するだけでなく、マークが光る位置を検知し、そのマークの 3 次元位置を確定するため、ステレオ視機能を付加することとした。このため、受信部は、全方位カメラと CCD カメラ、これらの取得画像を加工する画像処理装置で構成されている。また、送信部は、特定のマークを呼び出すための情報を送信する赤外発光ダイオードアレイと、そのコントローラで構成されている。

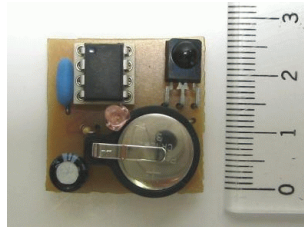


Fig. 2 Active flashing mark

ロボットプラットフォーム 本研究では、物体に貼付するマークと、これと通信を行う検出ユニットの適用対象として、移動マニピュレータを使用することとした。マークからの光を受信するディテクタとして使用する全方位カメラは、高さ 1040[mm] の位置に設置され、さらに CCD カメラをマニピュレータの手先に設置した。また、画像処理装置、赤外発光ダイオードアレイをロボットの胴回りに取付けた。

### 3 移動マニピュレータによる物体操作

#### 3.1 マークを用いた物体把持の動作設計

ここでは、移動マニピュレータによる物体把持・運搬という動作タスクを対象とし、マークの有用性を検討する。

まず、対象物を把持するため、画像情報より把持対象物に貼付された三次元位置を計測する<sup>(2)</sup>。この結果よりロボットは、物体の高さとマニピュレータの操作性を考慮し、移動マニピュレータの台車とマニピュレータの手先が到達すべき位置を求め、把持対象物に向かって移動する。このとき、推定位置と実際位置の差が大きくなるように、ロボットの回転が最小になるように旋回し、開始点と終点を直線で結ぶ経路を走行することとした。

マニピュレータの各関節は、計算した目標角だけ回転させ、手先のアプローチを行う。ただしこの時点で、対象物の三次元位置には、誤差が含まれるため、ハンドに組み込まれた視覚センサを用いて手先の位置修正を行う。なお、この手先の位置修正は、マークからの光を画像面の中心に捕らえる方向へマニピュレータの手先を移動させることで、修正動作を行う。最後に、手先を物体方向にある程度まで移動させ、把持動作を行う。

#### 3.2 タスクの設定と条件

提案したマークとディテクタ間の通信の有用性を検証するため、本研究では、このシステムを利用した移動マニピュレータの動作を実現した。

ここで設定したタスクは、屋内環境において、移動マニピュレータが把持対象物の探索を行い、それを把持し、指定した地点に対象物を設置するというものである。なお、設置場所までの走行を行うためには、固定環境に貼付されたマークとの通信により、ロボットの経路修正も行う。ロボットには、一連の動作手順、ならびに通信すべきマークの識別コードは予め与えているが、把持対象物の位置、ならびに走行可能な範囲は、未

知とする。なお、本タスクでは、持対象物を空き缶とし、環境中に適当に設置するものとする。

### 3.3 動作結果と考察

把持動作結果の一連の流れを Fig.3 に示す。一般の屋内環境であるため、全方位カメラやハンドアイには、人の姿が写り込む状況もあったが、ロボットは、環境からマークの情報を分離し情報を獲得できたこと、また、複数マークが同時に発光している状況でも、ロボットは、それぞれのマークを個別に認識していることが確認された。その結果、対象物体の把持を比較的高精度で実現することが可能となった。よって、本研究で提案した光通信を利用したマークにより、移動マニピュレータの多様な動作が可能になり、マークを用いた移動マニピュレータの認識能力の向上が有効であることが確認された。

一方、各マークの電源には、3V のボタン電池を利用しているが、この電池の寿命が短い (待機状態で 24 時間) という問題も生じた。さらに、ロボットから見てマークが対象物の裏側にあると認識できない (オクルージョン問題)、マークを貼付された対象物の姿勢がわからないという問題も確認された。

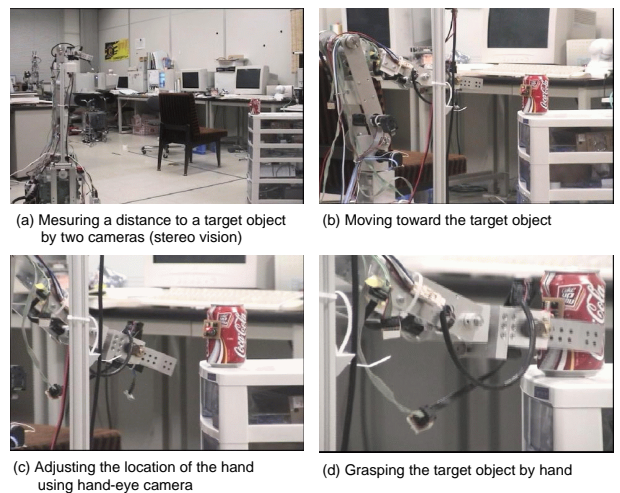


Fig. 3 Motion series of grasping a target

### 4 おわりに

本稿では、ロボットとマーク間の光を用いた相互通信により移動マニピュレータの環境認識能力の補助となる光通信によるマークの構成及び機能を紹介した。また、これを実際に移動マニピュレータに適用して対象物を把持する動作戦略を述べ、実ロボットによる動作検証を行った。この動作検証の結果より、マーク側の電池の寿命の問題、オクルージョンの問題、姿勢認識の問題が生じた。今後は、これらの問題に対する検討を行い、移動マニピュレータによるマークを利用した柔軟なハンドリングを行うことを目標としている。

#### 【参考文献】

- (1) 佐藤弘康, 永谷圭司, 五福明夫: 環境からの助言を用いた移動マニピュレータによる知的動作の実現-インテリジェントマークとロボット間の相互通信の構築-, 計測自動制御学会システムインテグレーション部門学術講演論文集, 1, pp.215-216 (2002)
- (2) 佐藤弘康, 田坂栄徳, 永谷圭司, 五福明夫: 環境からの助言を用いた移動マニピュレータによる知的動作の実現-IMSを適用した移動マニピュレータの動作戦略-, 第 21 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, (2003)