

# 天井設置カラー標的を利用する自律移動ロボットの長時間走行

北海学園大学工学部 ○深谷健一 (株) ティエスティ 青塚卓也 (株) メイテック 東岱慎吾  
要旨

移動ロボットに搭載した画像処理専用 PC を用いて、天井設置のカラー標的を読み取ることでロボットを停止させることなく実時間で自己位置認識をおこなう。認識結果をロボット内蔵オンボード PC に送信し、平均速度 20cm/s で障害物のある実験室からドアを通り抜け廊下端まで実時間の連続走行が実現できた。

## 1. まえがき

ロボットの利用が産業用から民生用へと広がり、環境内を移動して人間との相互作用をするサービスロボットが次の生活の一部になると予測されている<sup>1)</sup>。ロボットの自律移動には自己位置認識が不可欠の要素技術である。我々も廊下天井に設置した単純なカラー標的を用いて自己位置認識し、自律移動するシステムを構築してきた<sup>2)</sup>。しかし、標的のカラー画像処理とロボット移動を一つのオンボードPCで処理するため、ロボットが停止して画像処理を実施した後、位置誤差を修正して移動する非実時間の不連続走行であった。停止することなく自己位置認識をしながら連続走行することが必要である。本報告では画像処理専用PCを移動ロボットに搭載することで、長時間走行を試みる。

## 2. 自律移動ロボットシステム

図1に構築したシステムの構成を示す。自律移動ロボット(Nscout)に画像処理専用ソフト(MVTec社:HALCON)をインストールした画像処理専用PC(Linx社:Fusion)が搭載されており、これにカラーCCDカメラ(SONY:EVI-D100)と無線LAN(WN-G54/C)を接続する。移動ロボット操作にはロボットに内蔵するオンボードPCを用いる。無線LANを接続した2台のPC間でプロセス間通信を行うことで、画像処理とロボット移動のデータを両者で送受信し、停止することなく走行させる環境を構築した。

## 3. 天井設置カラー標的による自己位置認識と航法

### 3.1 カラー標的(図2)

廊下の天井に設置したカラー標的は赤色、青色の二つの正方形A(5cm×5cm)、B(5cm×5cm)で構成されており、実験室と廊下の天井にロボットを進行させる方向に直角に、またそれぞれの標的が一つ手前の標的の中心線延長上になるように設置する。二種のカラー識別なので自己位置認識が容易であり、天井に設置するので実験室・廊下利用の支障にならない。

### 3.2 カラー画像処理

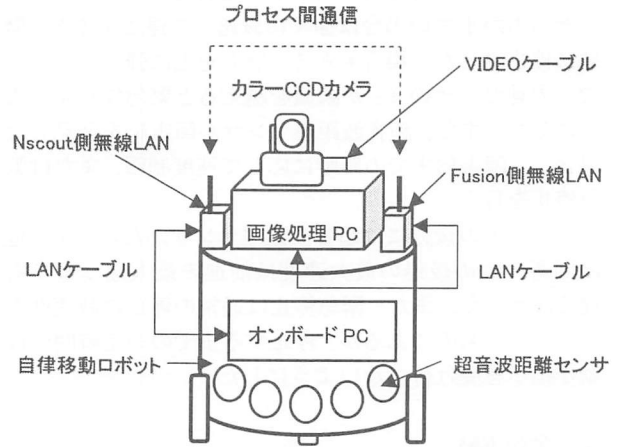


図1 自律移動ロボットシステムの構成

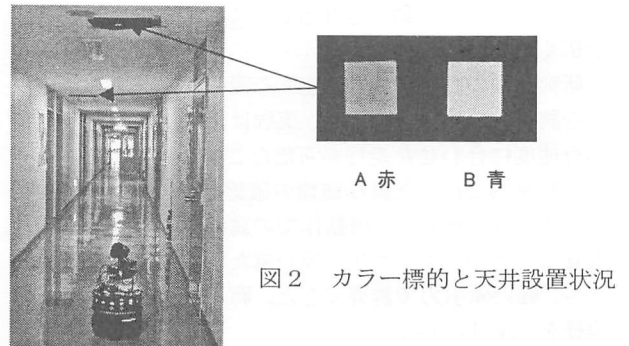


図2 カラー標的と天井設置状況

設定値	-180	-90	-45	45	90	180
平均値	-179.4	-89.2	-43.4	44.2	92.8	180.2
標準偏差	0.5	1.0	0.5	0.4	0.4	0.4

表1 カラー標的的位置精度(単位 度)

カメラから取得したRGB画像(480×640画素)をI1, I2, I3形式に変換後<sup>3)</sup>、閾値設定で検出した領域の重心を標的座標とする。A,B標的の重心を結ぶ直線とカメラ座標軸との傾き角度をパラメータとして測定した5回の平均値と標準偏差を表1に示すが、設定値に対し数度の誤差であり自己位置認識に使うには十分な精度である。

### 3. 3 自己位置認識

図3にカメラ視野座標系(o-x-y)での標的、ロボットの位置関係を示す。画像処理から点A, Bの重心の座標が求めているので、これらの座標値を用いてロボット進行方向の修正角度  $\theta_1$  と標的座標との前後の偏差  $l$ 、左右の偏差  $s$  が求められる。赤い正方形の重心座標を  $A(X_A, Y_A)$ 、青い正方形の重心座標を  $B(X_B, Y_B)$ 、この2点の中心点の座標を  $C(X_C, Y_C)$  とし、カメラの視野の中心点を  $O(X_O, Y_O) = (240, 320)$  とする。点Oがロボットの現在位置になり、点Cが目標点となる。修正角度  $\theta_1$ 、前後の偏差  $l$  と左右の偏差  $s$  のそれぞれの絶対値が次式より求まる。

$$\theta_1 = \tan^{-1} \frac{X_A - X_B}{Y_A - Y_B}, X_C = \frac{X_A + X_B}{2}, Y_C = \frac{Y_A + Y_B}{2}, \theta_2 = \tan^{-1} \frac{X_O - X_C}{Y_O - Y_C}$$

$$d = \sqrt{(X_O - X_C)^2 + (Y_O - Y_C)^2}, s = |d \sin(\theta_2 \pm \theta_1)|, l = |d \cos(\theta_2 \pm \theta_1)|$$

画像処理専用 PC の画像読み込み時間は平均 0.02sec なので、移動ロボットの走行スピードが 22.9cm/sec のときには読み取り誤差が約 2 画素となり自己位置認識計算では考慮しなくてよい。

### 3. 4 コンピュータ間通信

2台の計算機は図4に示すプロセス間通信によりデータ交換をおこなう。画像処理専用PCからオンボードPCへは標的画像全体がカメラ視野に入るまでは”no”を送り、標的画像が検出できた時点で修正角度  $\theta_1$ 、前後の偏差  $l$ 、左右の偏差  $s$  を 12 桁の数字列の形で送る。オンボードPCは標的データ受信時に”thanks”、目標点到達時に”quit”を画像処理専用PCに送る。

### 3. 5 移動ロボットの前進・回転走行

本ロボットは差動駆動方式の移動機構を採用しており、向きを変えるにはその場回転が必要で、滑らかな運動とはならない。カラー標的を読み取った後、次の標的に向けて直接移動するように設定した。

### 4. 動作実験

図5に走行実験経路を示す。障害物のある実験室からドアを通り抜け廊下を走行する。この経路を移動ロボットが走行したとき6回の実験で標的1から4で最大4度、標的5では7度の誤差で再現性がよい。1820cmの距離を88秒で、すなわち平均速度 20.7cm/secで連続移動している。オンボードPCのみで画像処理とロボット移動を間欠的におこなったときには<sup>2)</sup>各標的で30秒停止しており、大きく改善された。

カラー標的検出は自律走行に十分な精度をえているが、蛍光灯の近くに標的を設置すると閾値処理の  $I_1, I_2, I_3$  の値が変化し標的を認識できないときがあった。

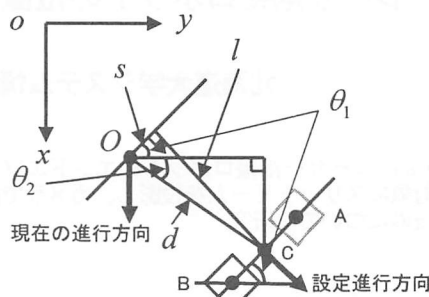


図3 カメラ座標系の標的とロボット位置との関係

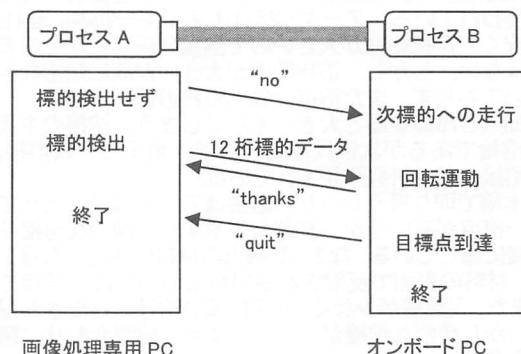


図4 PC間の通信手順

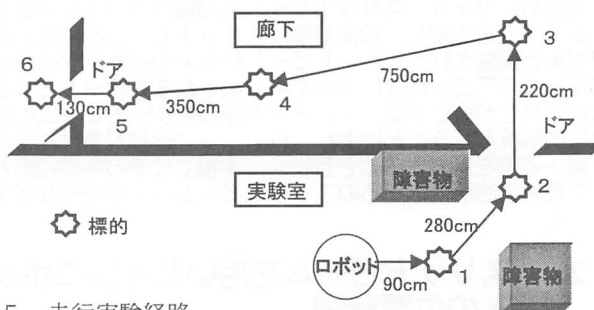


図5 走行実験経路

### 5. あとがき

走行実験では廊下だけでなく、障害物のある実験室内でもスムーズな連続移動ができた。蛍光灯による標的不検出では閾値の値を環境に合わせて適応的に変化させる、ストロボなどの能動照明を用いる方法が考えられる。

謝辞 本研究は北海学園大学ハイテク・リサーチ・センター研究費の支援を受けて行われた。

### 参考文献

- 1) NEDO : 技術戦略マップ 2007, ロボット [http://www.nedo.go.jp/roadmap/2007/data/manu\\_1.pdf](http://www.nedo.go.jp/roadmap/2007/data/manu_1.pdf)
- 2) 武田, 尾倉, 深谷 : 天井設置カラー標的を用いた自律移動ロボット用自己位置計測法, 第32回 SICE 北海道支部学術講演会, A-19, pp.49-50, 2000.
- 3) MVTec : HALCON ver6.1 マニュアル

$$I_1 = (R+G+B) / 3, I_2 = R-B, I_3 = (-R+2G-B) / 2$$