

## ポテンシャル法による二輪移動ロボットの自律制御

Autonomy control based on potential method for two-wheel mobile robot

○鈴木 敏也\* 渡部 慶二\*\* 村松 鋭一\*\* 有我 裕一\*\* 遠藤 茂\*\*

○Toshiya Suzuki\* Keiji Watanabe\*\* Eiiti Muramatsu\*\* Yuuiti Ariga\*\*  
Sigeru Endou\*\*

\*山形大学 大学院 理工学研究科 \*\*山形大学 工学部

\* \*\*Yamagata University

キーワード：ロボカップ(RoboCup), ポテンシャル法(potential method),  
ベクトル場(Vector field),画像処理(image processing)

連絡先：〒992-0037 米沢市城南 4-3-16 山形大学 工学部  
応用生命システム工学科 渡部研究室  
鈴木敏也, Tel (0238)24-5898(内線 11), E-mail ts064@dip.yz.yamagata-u.ac.jp

### 1. はじめに

ロボカップは、ロボット工学と人工知能の融合、発展のために自立移動ロボットによるサッカーを題材にして日本の研究者らによって提唱された。現在ではサッカーだけでなく大規模災害へのロボットの応用としてロボカップ・レスキュー、次世代の技術を育てるロボカップ・ジュニアなどの活動が行われている。ロボカップの構成は

- ロボカップ・サッカー
  - 小型ロボットリーグ
  - 中型ロボットリーグ
  - 四脚ロボットリーグ
  - ヒューマノイド(人間型)リーグ
  - シミュレーションリーグ
- ロボカップ・レスキュー
  - レスキューロボットリーグ
  - レスキューシミュレーションリーグ

- ロボカップ・ジュニア
  - サッカーチャレンジ
  - ダンスチャレンジ
  - レスキューチャレンジ

と、このようなリーグ構成になっている。ロボカップの目標は「2050年までに完全自立型のヒューマノイドロボットのチームで、ワールドカップチャンピオンに勝つこと」が掲げられている。また、この研究を進めることによって得られる様々な技術を他のことにも応用しようという狙いもある。

そこで本研究ではロボカップ小型リーグへの出場を視野にいたした基礎研究を行う。Robo-E(本研究で使用する小型二輪移動ロボットの名称)の自律的な制御を実現するためにポテンシャル法を用いて軌道生成を行う。図. 1 は実験システム構成である。

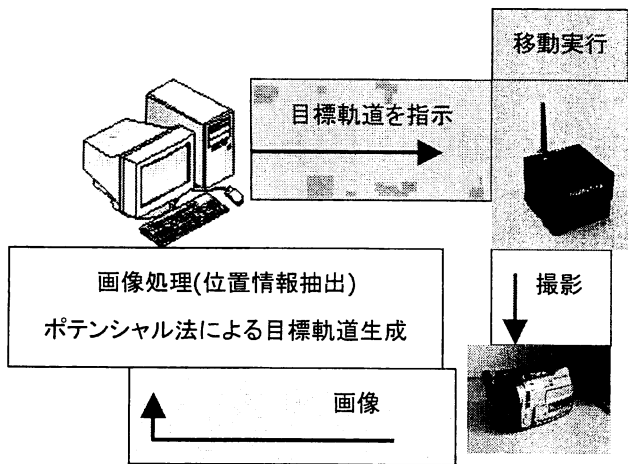


図. 1 実験システム構成

## 2. システム概要

システムを分類すると認識、判断、行動に分けることができる。

- 認識：画像処理による位置情報の取得
- 判断：ポテンシャル法による目標軌道の生成
- 行動：目標軌道を元にした移動

### 2-1. ポテンシャル法による軌道生成

- ・ポテンシャル関数と速度制御ベクトル
- 目標物と障害物によるポテンシャル関数

$$f(X) = A e^{-\frac{\|X - X_t\|^2}{\sigma^2}}$$

- 目標物： $A < 0$ 、障害物： $A > 0$
- 目標位置： $X_t$ 、標準偏差： $\sigma$

- ・速度制御ベクトル

$$V(X) = -\frac{\partial}{\partial X} \cdot fs(X)$$

この速度制御ベクトルの  $fs(X)$  は上記のポテンシャル関数の総和である。

下記ポテンシャル場とベクトル場の図を載せていく。またベクトル場での各対象物の座標はゴール(320,480)、ボール(250,250)、

障害物(350,300)とし、自機の位置は任意にしてある。ここでのポテンシャル場の図は立体的な表現をしているため、見やすさのため重み等を調整していることがある。ベクトル場の図は上方からの視点である。

図. 2 と図. 3 は目標となるゴールとボールだけを入れた場である。図. 4 と図. 5 は前述の場に障害物を追加したものである。ここで、ボールの地点でポテンシャルが落ち窪んでしまい、動きが止まってしまうため切り替えを行う。

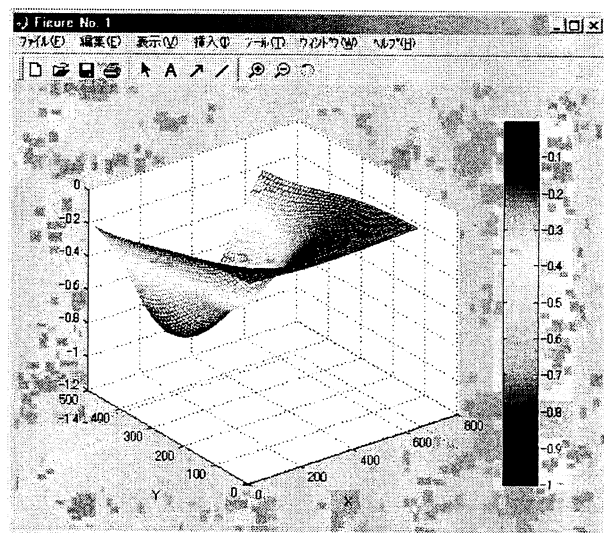


図. 2 ボールとゴールのポテンシャル場

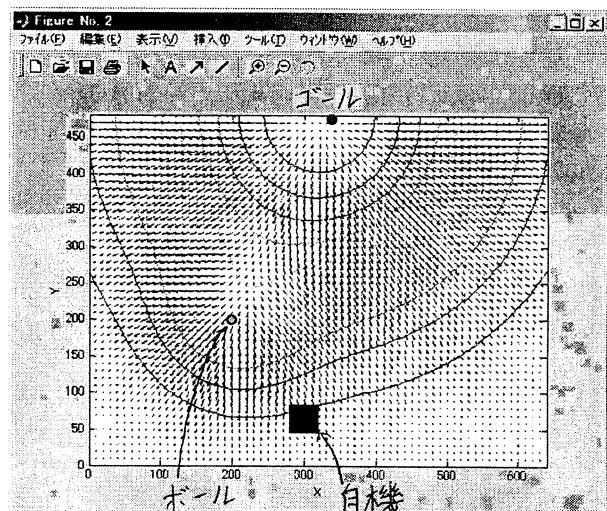


図. 3 ゴールとボールと自機のベクトル場

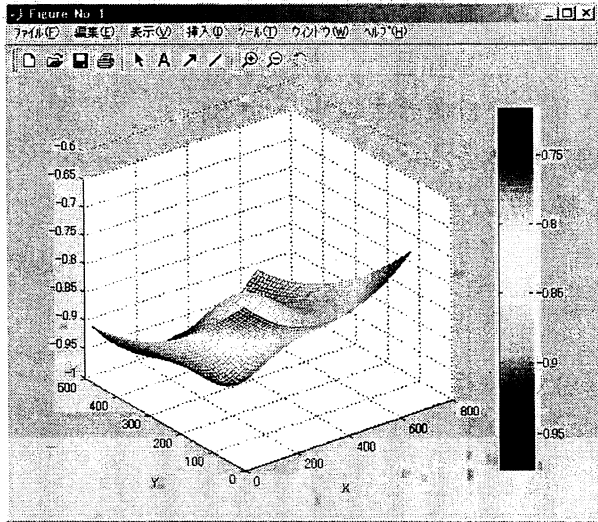


図. 4 ゴールとボールと障害物の  
ポテンシャル場

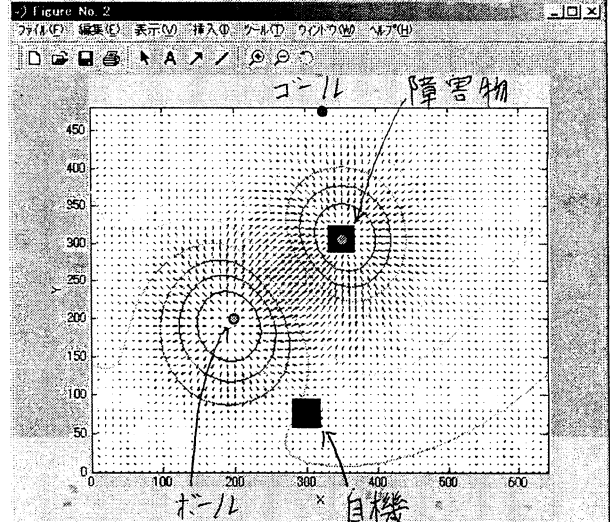


図. 7 図. 5 の一段階目のベクトル場

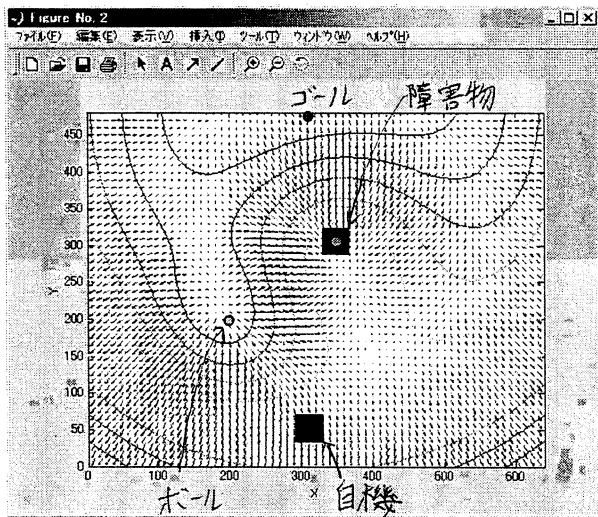


図. 5 ボールとゴールと障害物の  
ベクトル場

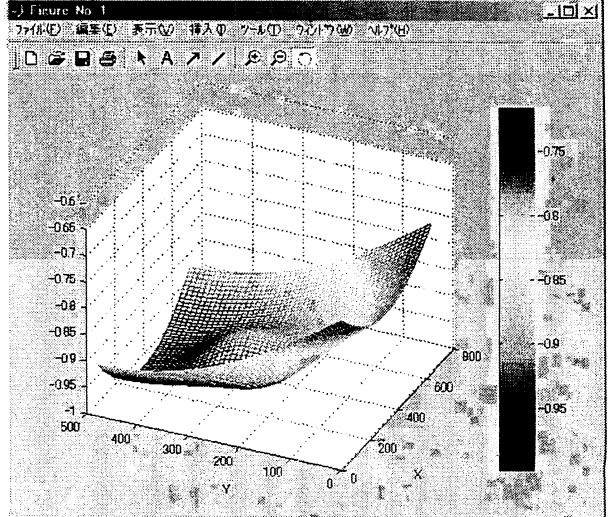


図. 8 図. 4 の二段階目のポテンシャル場

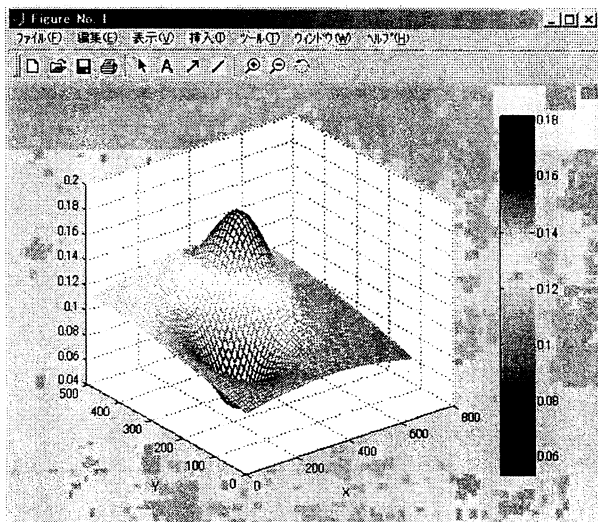


図. 6 図. 4 の一段階目のポテンシャル場

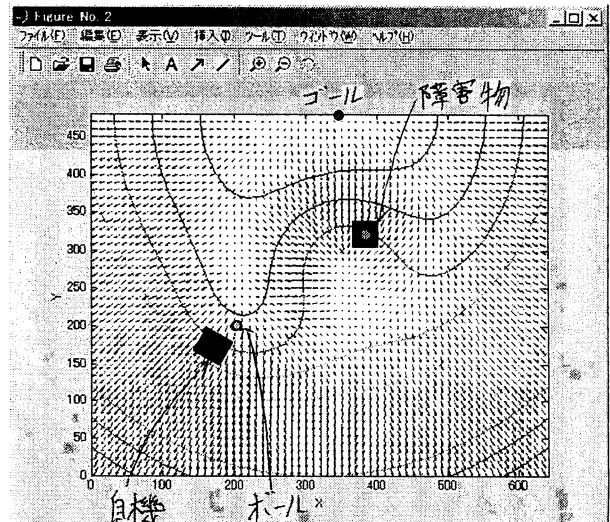


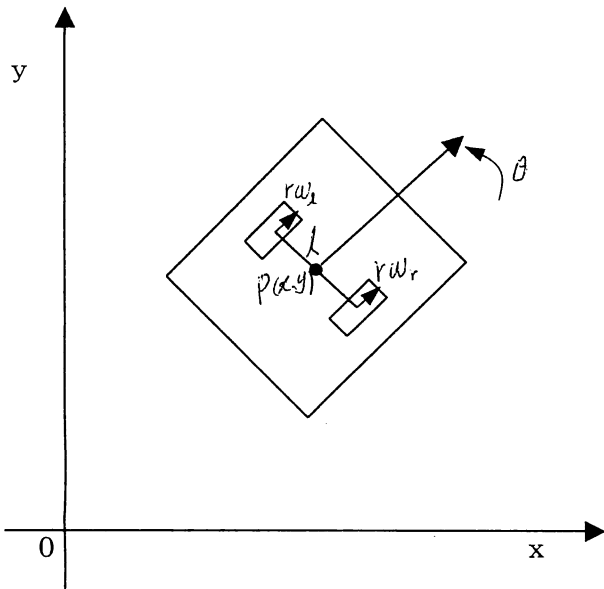
図. 9 図. 5 の二段階目のベクトル場

図. 5と図. 6では図. 3と図. 4の切り替えを行った前半の一段階目描いている。ゴール部を小さい重みで正(障害物と同じ方向)にすることで、自機がボールの次の目標となるゴールへ向かわせるための回り込みをポテンシャル場の重ね合わせで実現した。図. 7と図. 8では図. 3と図. 4の切り替え後の二段階目を描いている。回り込みが出来たことにより、ゴールへシュートすることにスムーズに移行できるであろう。これらは、自機が攻めているという条件での描き方なので、自機よりも相手側の方がよりボールに近くこちらが守りに入るべき時にはまた、違ったポテンシャル場を生成する必要がある。

### 2-2 実機への適用のために

ポテンシャル法での軌道生成をしてきたが、本研究で扱う実機は二輪移動ロボットなので基本行動は前進・後退・左右旋回となる。そのため、全方向移動可能を前提しているポテンシャル法をそのまま適用すると旋回してから進むことで目標軌道を追うことが出来るが、旋回してから進むために目標よりも遅れる可能性が高い。

実機は左右独立駆動型である。



両車輪の回転速度:  $\omega_l, \omega_r$

車輪径:  $r$  車輪間隔:  $l$

自機の中点:  $P$  とすると

固定座標系に対する位置と姿勢:  $x, y, \theta$  を  
基本的な速度に関する順運動学は下記

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\cos \theta}{2} & \frac{\cos \theta}{2} \\ \frac{\sin \theta}{2} & \frac{\sin \theta}{2} \\ \frac{1}{l} & -\frac{1}{l} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r \omega_r \\ r \omega_l \end{bmatrix}$$

と、このようになり固定座標系に関する姿勢と位置は次のように求められる。

$$\theta = \theta_0 + \frac{1}{l} \int_0^t r (\omega_r - \omega_l) dt$$

$$x = x_0 + \frac{r}{2} \int_0^t \cos \theta (\omega_r + \omega_l) dt$$

$$y = y_0 + \frac{r}{2} \int_0^t \sin(\omega_r + \omega_l) dt$$

これらの式により、自機の軌道を式から描くことが出来るであろう。

### 2-3 画像処理

認識部である画像処理はビデオカメラからの画像から色検出を行い、各対象物の位置情報を取得する。実行画面は図. 10 に示す。

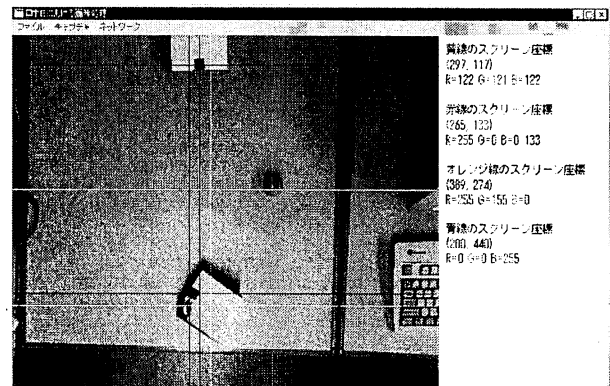


図. 10 画像処理の実行画面

### 3. おわりに

ポテンシャル場の重ね合わせだけで次の行動(シュート)のために回り込むといったただ目標へ向かうだけではない軌道を生成することが出来た。

パターンにはめて行動を決定する IF= THEN 法よりも、センサ情報を取得し、ポテンシャル場を生成しより自律的な制御へ近づけることができる。

これからの課題は以下のものがある。

- ・ ポテンシャル法による軌道生成
  - ▶ 複数台に対応したポテンシャル場の生成
- ・ 実機の応用のため
  - ▶ 順運動学で求めた式でのシミュレーション
- ・ 画像処理
  - ▶ 中心の一点だけ検出方法を取っているため、対象物の大きさが不明な場合の画像処理での大きさの認識

### 4. 参考文献

- 1) 林 晴比古 著、「新 VisualC++入門シニア編」、ソフトバンク、1999 年
- 2) 中野栄二、小森谷清、米田完、高橋隆行、「大学院情報理工学 4 高知能移動ロボティクス」、講談社、2004
- 3) 入江正之、「群ロボット制御システムの構築」、山形大学修士論文、2004