

群ロボット制御システムの構築

Control of Multi-Robot System

○入江 正之* 渡部 慶二** 村松 鋭一** 有我 祐一** 遠藤 茂**

○Msayuki Irie* Keiji Watanabe** Eiiti Muramatu** 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), 群ロボット(Multi-Robot), ベクトル場(Vector field),
シミュレーション(simulation), 画像処理(image processing)

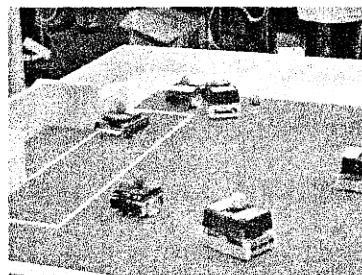
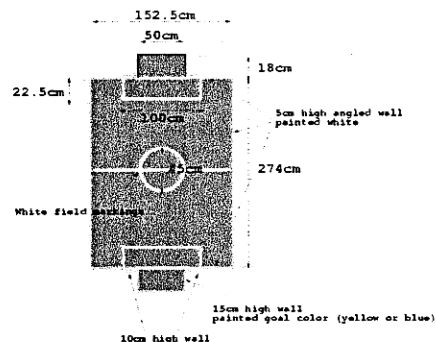
連絡先：〒992-0037 米沢市城南 4-3-16 山形大学 工学部
応用生命システム工学科 渡部研究室
入江正之, Tel (0238)24-5898(内線 11), E-mail ts064@dip.yz.yamagata-u.ac.jp

1. はじめに

1992年、RoboCupが発足された。RoboCup サッカーは、ロボット工学と人工知能の融合・発展のために、自律移動ロボットによるサッカーを題材として日本の研究者らによって提唱された。サッカーという競技を選んだ理由として、リアルタイムである・多数 vs 多数である・そして体が必要であるなどが挙げられる。RoboCup サッカーは、自律移動ロボットの3リーグ、シミュレーションリーグ、ヒューマノイドリーグから成る。RoboCupの目標は、「2050年までに、ワールドカップ優勝チームに勝つロボットチームを開発する」となっている。また、この研究を進めることによって得られる、様々な技術を他の事にも応用しようという狙いもある。1)

そこで、本研究では、RoboCup 小型リーグへの出場を視野にいれ、そのための基礎研究を行う。コンピュータシミュレーション、

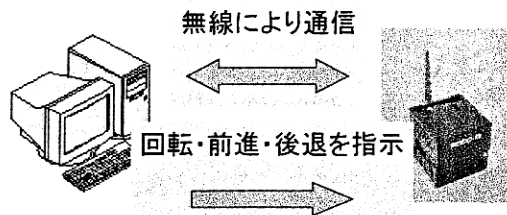
Robo-E の制御、画像処理、これらのプログラムの改良を行い、3つのプログラムを統合したシステムを構築する。これまで行われてきた研究については、ペトリネットを用い、問題点を探し改良する。



2. システムの概要と改善

2.1 ロボット制御システム

図1にこれまでの研究で用いられていたシステムの概要を示す。また、図2にシステムの概要をペトリネットで示す。



シミュレーション実行 移動実行

図1：これまでのシステムの概要

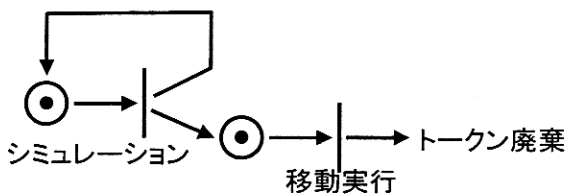


図2：これまでのシステムのペトリネットモデル

ペトリネットから分かるように、移動実行後の状況（トークン）がシステムに反映されていないため、ロボットが実際どれくらい動いたのか分からず、今ロボットがどこにいるのかがわからなくなる。そのまま、シミュレーションを行い、実機とシミュレーションの誤差が大きくなる一方であった。

その問題を解決するためにビデオカメラを導入する。本研究の目標とするシステムの概要を図3に示す。また、図4にペトリネットで目標とするシステムを示す。

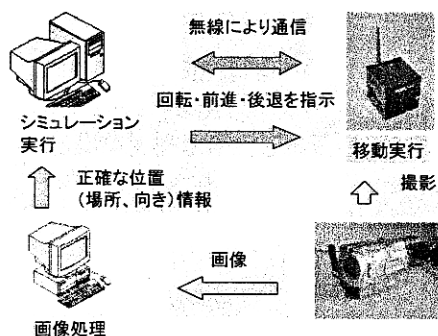
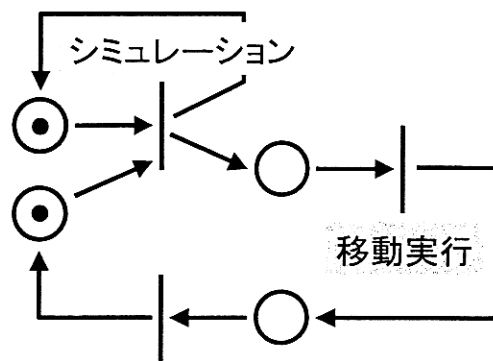


図3：本研究で目標とするシステムの概要



カメラ撮影・画像処理

図4：目標とするシステムのペトリネットモデル

図3のように、ビデオカメラを導入することによって、正確な位置情報を獲得し、コンピュータシミュレーションに反映することによって、正確にシミュレーションを行うことができ、それによって、ロボットをより正確に制御することができると考えられる。

2.2 コンピュータシミュレーション

コンピュータシミュレーションでは、FW（ドリブラー、ゴールを目指す）を想定した、逃げるロボットと、DF（FWのゴールを阻止）を想定した、追いかけるロボットからなる。

2.2.1 有限なシミュレーションフィールド

シミュレーションの様子を図5に示し、シミュレーションのフィールドをペトリネットでモデル化したものを図6に示す。

$$f(X) = e^{-\frac{\|X-X_s\|^2}{\sigma^2}} - e^{-\frac{\|X-X_t\|^2}{\sigma^2}} \dots (1)$$

X_s : 初期位置 X_t : 目標位置 σ : 標準偏差

$$f(X) = Ae^{-\frac{\|X-X_b\|^2}{\sigma^2}} \dots (2)$$

X_b : 障害物位置 A : ポテンシャル

上の2式であらわされるポテンシャル場の様子を図7に示す。

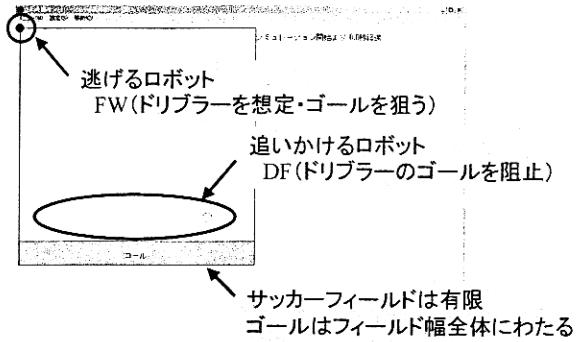


図5：これまでのシミュレーション

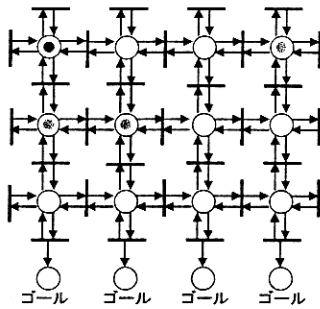


図6：シミュレーションフィールドのペトリネットモデル化

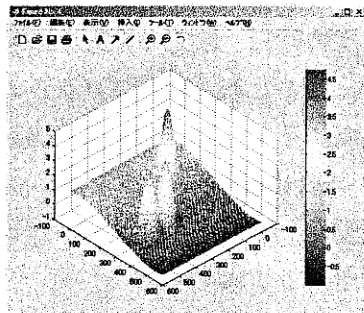


図7：シミュレーションで用いられたポテンシャル場

このシミュレーションでは、フィールドが有限であるにもかかわらず、壁の存在が考えられていない。そのため逃げるロボットは壁に追い詰められてすぐに捕獲されてしまうパターンがよく見られた。

そのため、逃げるロボットに壁の概念を導入した。シミュレーションフィールドのペトリネットモデルを図8に、ポテンシャル場の様子を図9に示す。

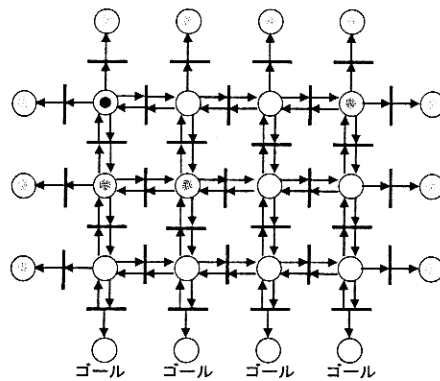


図8：壁の概念を追加したシミュレーションフィールドのペトリネットモデル

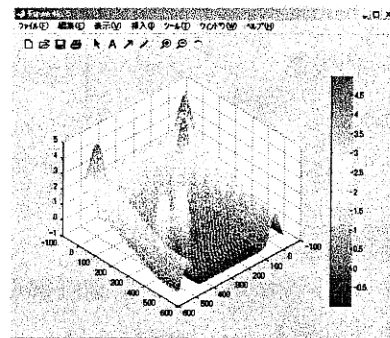


図9：壁を追加したポテンシャル場

2.2.2 協調制御

これまで、追いかけるロボットは、個々に逃げるロボットを追いかけていた。そこで、追いかけるロボットを協調させる。

逃げるロボット捕獲時の状況をペトリネットモデル化したものを図10に示す。

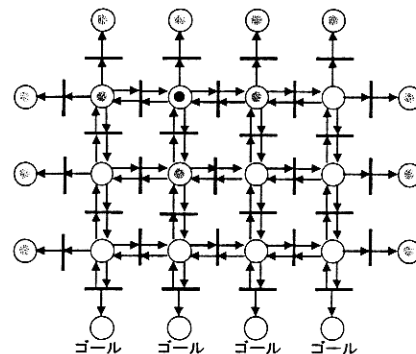


図10：逃げるロボット捕獲時のシミュレーションフィールドのペトリネットモデル

図10に示すように、捕獲時では、逃げるロボットは前後左右どこにも移動できない状態、すなわちデッドロック状態になっている。また、追いかけるロボットの形状が、三角形になっている。その事から、追いかけるロボットの一台を頂点とし、逃げるロボットを重心とする正三角形を描き、他の2台は各頂点を目標として、追いかけるようにした。その様子を図11に示す。

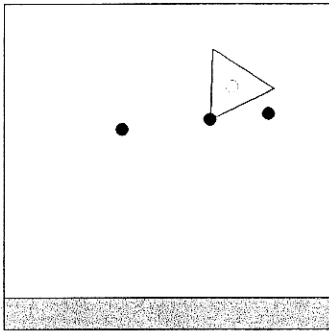


図11：追いかけるロボットに協調制御を導入したシミュレーション

2.2.3 比較

プログラムを改良していく上で気づいた速度の制限など、いくつかの問題点を改善した上で、壁のあり・なし、協調制御のあり・なし、各条件でシミュレーションした結果を比較し表1に示す。

表1：シミュレーション条件による比較

壁	協調制御	捕獲率	平均捕獲時間
なし	なし	100%	5.9s
あり	なし	100%	6.7s
	あり (三角形)	100%	6.3s

どの条件においても、捕獲率は100%である。これは、1対3で捕獲しているため、当然である。平均捕獲時間に注目すると、壁が無い時に比べ、ある時の方が捕獲に時間がかかっている。この事から、逃げるロボットのアルゴリズムが強化されたことが分かる。また、協調制御のなし・ありを比較すると、協調したほうが捕獲時間が短くなっている。こ

の事から、個々にロボットを追いかけるよりも、協調した方がより効率が上がる事が確認できた。

2.3 Robo-E 制御

Robo-E を動かすために必要なプログラムと、その役割を表2に示す。

表2：Robo-E プログラム一覧

Robo-E プログラム	
Robot.c	メイン処理
Comm.c	データ送受信
Config.c	データの設定、取得
Initial.c	初期設定実行
Interrupt.c	各種割り込み処理
Modem.c	モデム設定
Motor.c	モータ制御
Sensor.c	フォトセンサ処理
PC プログラム	

ロボットを、指定の場所に移動させるには、設定した角度の回転、設定した距離の移動が必要である。そのため、PC プログラムを変更・改良した。その変更に伴い、Robo-E プログラムの、motor.c(モータ制御)と comm.c(データ送受信)を改良した。PC プログラム実行画面を図12に示す。

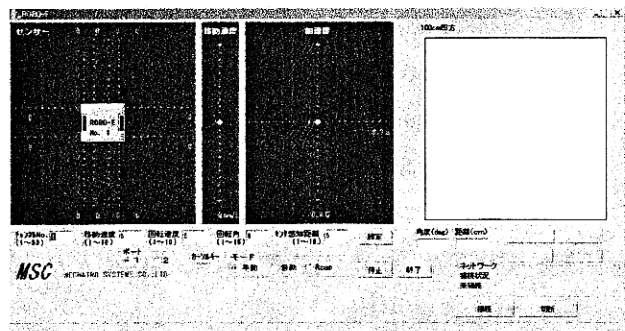


図12：Robo-E 制御 PC 側プログラム

いずれ、画像処理プログラムと通信が必要になる事から、サーバプログラムを追加した。将来的にはシミュレーションプログラムも追加する予定である。

2.4 画像処理

ビデオカメラから得た画像を処理し、位置情報を得るプログラムの実行画面を図13に示す。このプログラムは、各色の閾値を設定する事により、色を検出し座標を求める。閾値設定ダイアログを図14に示す。

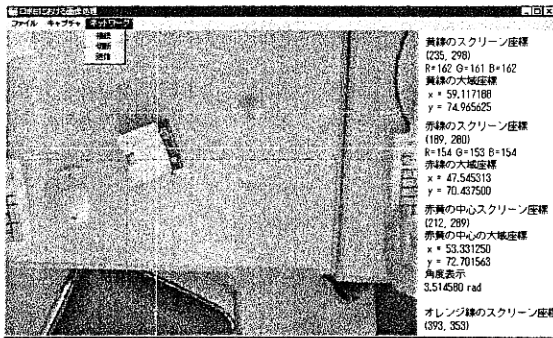


図13：ビデオカメラの映像と位置情報取得プログラム実行画面

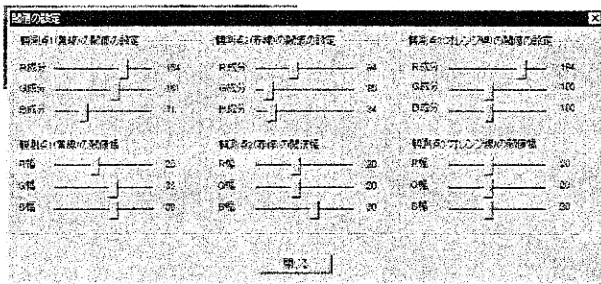


図14：閾値設定ダイアログ
(左から黄色、赤、オレンジ)

Robo-E 本体に黄色と赤のビニールテープを貼り、それを検出し座標を求めている。また、ボールは、オレンジ色を検出し座標を求めている。このプログラムは、3色、各1点ずつの検出が可能である。

また、Robo-E 制御プログラムとの通信用にクライアントプログラムを追加した。

3 おわりに

3.1 これまでの成果

- シミュレーションプログラムにおいて、協調制御を導入し、いくつかの問題点を解決することが出来た
- 1台のロボット操作を目的とした、Robo-E 制御プログラム・画像処理プログラムがそれぞれ完成した
- Robo-E 制御プログラムと画像処理プログラムにサーバ・クライアント機能を追加し情報をやり取りできるようにした

3.2 これからの課題

- シミュレーション・画像処理・Robo-E 制御、各プログラムを統合し、1台のロボットを制御し、ボールを蹴るプログラムを完成させ考察する。
- 複数台の Robo-E を操作できるように各プログラムを改良し捕獲シミュレーションを実機で行い考察する。
- シミュレーションプログラムをより良いものに改良する。

4 参考文献

- 1) 松原仁, 竹内郁雄, 沼田寛: ロボットの情報学 2050 年ワールドカップ、人間に勝つ!?, 8/23, NTT 出版社, 2001.
- 2) 松本吉央, 宮崎猛, 稲葉雅幸, 井上博允: 仮想環境を用いた視覚移動ロボットのシミュレーションの提案と画像の記憶に基づく走行手法への適用, 日本ロボット学会誌, vol.20, no.5, pp.497-505, 2002.
- 3) 伊藤忠徳: ネットワークを介した分散協調制御, 山形大学工学部電子情報工学科卒業論文, 2002.
- 4) 伊澤元貴: 移動ロボットの位置と角度の検出, 山形大学工学部電子情報工学科卒業論文, 2003.