

分散協調機能をもつ自律移動ロボットシステムの試作 (II)

7E-8 宇津宮 孝一 副島 匡暢 肥川 宏臣 廣岡 平太郎 吉永 伸司 児玉 利忠

大分大学工学部

1 はじめに

計算機システムを応用して分散問題や協調処理に関する研究を行っている分野は極めて広範囲に及んでおり、ロボティクスもその例外ではない。ロボットシステムにおいて協調動作はロボットのさまざまな振舞いとして具体化できるために、その基本概念を評価するのに適切である。そこで、我々は協調機能の解析と設計を支援するためにマルチロボットシステムのテストベッドとして、Gung-Ho(“work together” の意味) システムを試作している。

2 Gung-Ho システム

Gung-Ho システムはロボットの制御に UNIX ワークステーション用いたマルチロボットシステムである [1]。それぞれのロボットは、システムの簡略化と柔軟性のために、移動部と制御部を分離した構成をとっている。これらのロボット群は、既知の環境上の自律協調動作をさせることを目的として設計している。

●移動部 移動部は直径 20cm, 高さ 25cm 大で、制御部のある UNIX ワークステーションと無線で通信を行いながら移動を行う。

●制御部 各ワークステーションは各移動部を制御し、イーサネットを通じてコミュニケーションがとられる。また、移動部を UNIX 上のプロセスで置き換えることにより仮想的に実現した仮想ロボットも存在し、ソフトウェア開発やデバッグを支援している。

3 制御機構

行動制御には、マルチエージェントモデルを用いている。ここで取り扱われるエージェントは、それぞれ自分自身のもつ規則に従って、外部環境を参照したり他のエージェントと相互作用しつつ動作することにより、ロボットの行動を生成するプロセスを指す。各エージェントは図 1 に示すような階層を成している。

- 大域的動作制御機構  
大域的動作制御を行うエージェントは、ロボット群として行動する際、他のロボットとの間に明示的な

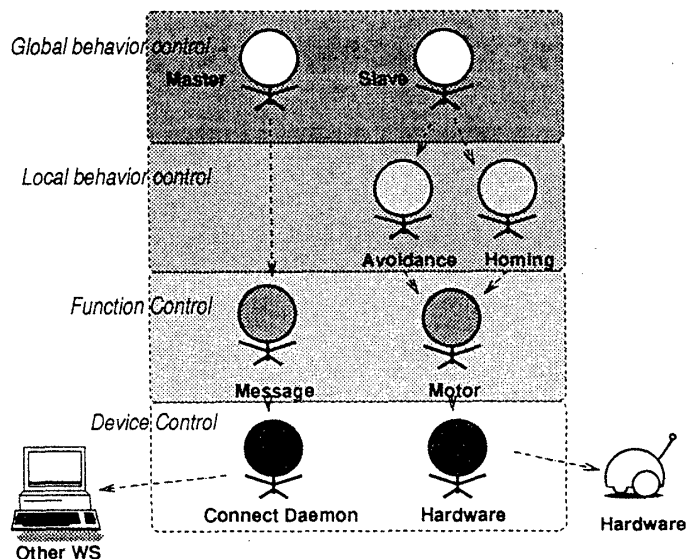


図 1: 機能制御階層

コミュニケーションを必要とするタスク、例えばロボット同士の道の譲り合いなどで働くエージェントである。

- 局所的動作制御機構  
局所的動作制御を行うエージェントは、他のロボットとの間に明示的なコミュニケーションを必要としないような行動、例えば固定された障害物の回避などで働くエージェントである。
- 機能制御機構  
局所的動作制御を行うエージェントによって生成された行動から、ロボットを駆動させるためのコマンド列を生成する。
- デバイス制御  
各デバイスを制御するためのエージェントからなる。

各エージェントは UNIX プロセスによって実現されている。特に動作制御機構のエージェントを複数組み合わせることで、ロボットに種々の特性をもたせることが可能である。後述する実験において用いられているロボットの特性を以下に簡単に示す。

- Selfish ロボット  
タスクの選択を自分勝手に行う。
- Looking-ahead ロボット  
他のロボットと通信を行ってタスクを決定する。

Gung-Ho: A Testbed for Prototyping Distributed Cooperative Autonomous Robots(II).

Kouichi UTSUMIYA, Masanobu SOEJIMA, Hiroomi HIKAWA, Heitarou HIROOKA, Shinji YOSHINAGA and Toshitada KODAMA, Oita University.

表 1: 実験結果

experiment number	combination of robots	time (sec)	distance (cm)	exchanged messages	target changes	deadlocks	task imbalance
1	Selfish × 3	62.7	208.1	0	5.5	5	0.33
2	Master, Slave × 2	61.5	178.5	173.4	6.0	0	0.04
3	Looking-ahead × 3	55.2	168.4	0	4.2	0	0.12
4	Master, Slave, Selfish	65.1	193.8	104.2	5.3	6	0.3
5	Master × 2, Slave	77.3	213.5	124.7	5.6	0	0.25
6	Server × 2, Slave	59.3	174.9	192.8	7.8	0	0.16

- Master ロボット  
Slave ロボットに対してタスクを指示する。
- Slave ロボット  
Master ロボットによる指示に基づいてタスクを決定する。
- Server ロボット  
Master および Slave 両ロボットの特性をもつ。

#### 4 実験と検討

上述したシステムの有効性を評価するために、現在までに実現された機能を用いて、協調動作が必要とされるようなマルチロボットの実験を複数の仮想ロボットを用いて行った。この実験のためにモデル問題として棒倒し問題を設定した。これは既知の環境において複数の位置に散在した棒に対し、ロボットが体当たりしながら倒していくというものである。実験によって得られるデータはタスクの実行時間やロボットの移動距離、通信量等である。このタスクを複数のロボットによって実行することにより、協調行動をするマルチロボットシステムに必要とされる機能についても検討することができる。表 1 に示した実験結果は、上述した特性をもつ 3 台のロボットによる棒倒し実験から得られたものである。これらのデータを指標として効率や負荷分散の程度が示されると考えられる。図 2 は実験 4 における実験画面で破線はロボットの軌跡を示している。

例として実験 1 と実験 3 について比較してみる。両者においてあらかじめ与えられる環境情報は同じものとしてある。実験 3 は実験 1 に対して多くの点で優れていることが実験結果から示されている。両者の違いはロボット間の通信の有無である。つまりタスクの遂行におけるコミュニケーションの重要性が示されていると考えられる。また実験 2 と実験 4 の比較については、自分勝手なロボットが介入したために、ロボットの身動きがとれなくなってしまうようなデッドロックが生じてしまったり、負荷分散がうまくいかずにタスクに偏りができてしまっている。全体として与えられたタスクの効率向上を図るためには、自分勝手な行動は負の要因となると考えられる。このように、種々の特性をもつロボット群によってさまざまな実験を行い、考察することにより、協調概念のモデ

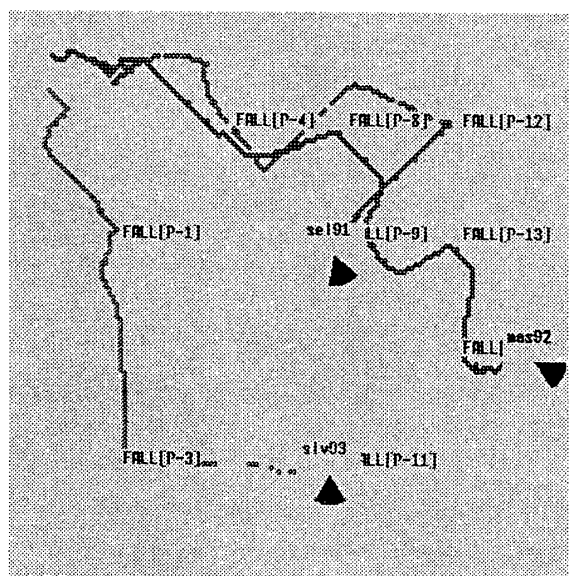


図 2: 棒倒し実験 (実験 4)

ル化をしていくことが必要である。

#### 5 おわりに

我々は、マルチロボットシステムのテストベッド開発に関して、その試作と検討を行った。ロボット処理系をソフトウェアにより構築したこのシステムでは、迅速性、柔軟性、拡張性の点で非常に有利である。このことは単にロボットシステム開発における負担を軽くするのみではなく、協調機能のように問題が複雑で構築し難いものに対して試行錯誤しながら検討を進めていく上でも適当であると考えられる。今後の課題は、さらに実験やシステムの拡張を行いながら協調概念や協調行動のモデル化および協調機構の解明などを行うことである。

#### 参考文献

- [1] 副島, 宇津宮, 肥川, 児玉: 分散協調機能をもつ自律移動ロボットシステムの試作 (I), 情報処理学会第 45 回全国大会論文集, Vol.1, pp. 273-274, 1992.