4M−8 協調機能をもつ分散ロボットシステムの検討と試作

副島 匡暢　宇津宮 孝一　児玉 利忠
凍田 和美　吉田 和幸
(大分大学 工学部 知能情報システム工学科)

1. はじめに　我々は、先に情報処理教育の一環として移動ロボットの製作実験を導入した[1]。今回、これを知的機能と協調機能をもつ分散ロボットシステムへと発展させ、知的分散システムの具体的なモデルとして研究対象にすることにした。

本稿では、分散協調処理を実現するための基本方針と分散ロボットシステムでの検証方法について考察する。

2. 集団処理　ここでは、複数ロボットから構成される集団による集団処理を考える。この集団は、構成メンバであるロボットが行うタスクにより、全体として一つの大域的タスクを実行できるものとする。また、集団としてのメンバの構成組織を大域的組織とよび、集団としての制御を大域的制御とよぶ。集団処理で、構成メンバがタスクを実行する際には、以下のような問題が発生する（図1）。

1）協調タスク メンバ間でタスク共有しなければならないような状況。タスクの実行過程でメンバ間の同期や情報交換が必要。

2）競合 メンバ間で資源を共有しなければならない状況。資源利用のためのスケジューリングや排他制御などの処理が必要。

3）不測の事故 何らかの原因によりタスクを実行可能なメンバが変化する。メンバ間でタスクの割り当て調整などの処理が必要。

大域的制御では、これらの問題を調整するための効果的な大域的組織構造とメンバ間の相互作用を支援するコミュニケーション機構を構築することが鍵となる。

集団処理としては、大域的組織構造とコミュニケーション構造により、以下のような分類ができる。

●集中型 マスタ／スレーブ方式に代表されるもので、大域的制御は一台のマスタに管理されるものである。マスタを中心とした階層構造をもち、メンバ間のコミュニケーションもおもにマスタとスレーブの間で交わされる。

●局所型 大域的タスクを大域的組織構造とコミュニケーション構造を含めて、あらかじめアルゴリズム化して各メンバに割り当てる。つまり、大域的制御をあらかじめ計画的に定義し、タスクを実行する。

●分散協調型 大域的制御は、各メンバが自律的に判断することによりなされる。つまり、大域的組織構造およびメンバ間のコミュニケーション構造は必ずしも固定ではない。

分散協調型は、その処理体系が柔軟であることから、不測の事故、処理アルゴリズムの事前の明確化が困難なタスク、あるいは処理構造を明確にしにくい環境でのタスクに対して柔軟に対応ができる。しかし、大域的制御の実現に関しては、まだ多くの解決すべき問題があり、柔軟に対応できるようなモデルの探求がなされている。

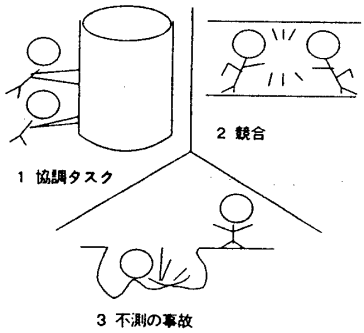

図1　集団処理の問題

3. 分散協調処理とそのアプローチ　分散協調型の処理方法では、通常は各メンバで自律的にタスクを遂行していくが、上述したような集団での問題解決を行うにあたっては、効果的な組織構造とコミュニケーション構造を用いた解決が必要である。分散協調処理における大域的制御を実現するために、以下の機能を考える。

1）多様な組織構造 組織構造やコミュニケーション構造が明確な処理モデルを用いた方が、問題解決に有効な場合も多い。そこで、集団の中に柔軟に階層構造やグループ構造を抽象化できる機構が必要である。

2）多様なコミュニケーション構造 メンバ間での相互作用を十分に伝達するためのコミュニケーション手段とネゴシエーション手法を抽象化できる構造が必要である。

3）1と2を効率的に構築する知識 処理中に発生した問題に効果的に対応するために、1と2の構造を決定する知識が必要である。また、その知識はメンバ間で共有できるように抽象化されなければならない。

組織構造やコミュニケーション機構を含めた分散協調モデルはすでにいくつか提案され、研究がなされている[2]。しかしながら、実際の環境での実現や評価は、まだほとんど進んでいない。そこで、上記の機能を実現するために、先ずモデル問題を用いてこれらの機能を検討し、その後これを抽象化していく手法が有効であると思われる。我々は、分散協調処理のための概念モデルに対して、以下に述べるようにロボットを用いてその模擬実験を行いながら、モデルの妥当性の検討や問題点の洗い出しを行い、一般的な概念モデルを模索していく。

分散配置される複数のロボットが自律動作できるシステムを考えると、ロボットを用いた分散協調処理のモデル化については、以下のような利点がある。

●実際的な問題との対応　1台のロボットでは「実行不可能な

A Consideration of Autonomous and Distributed Cooperative Robot System:
Masanobu Soezima, Kouichi Utsumiya, Toshitada Kodama, Kazuyoshi Korida, Kazuyuki Yoshida, Oita University.

タスク」を準備することによって協調タスクを抽象化できる。また、環境の制約、例えば、衝突回避などの現象を用いることにより、「競合」を抽象化できる。さらに、ロボットが環境内で実際に動作する過程で発生する誤差や故障などの現象が、「不測の事態」に自然な形で対応できる。つまり、分散協調処理のための基本的な問題が、実際の動作環境で自然に抽象化できる。

● 機能の確認 実際に分散協調処理を実現する際に、組織の構造やコミュニケーションの様子が直観的に理解し、確認しやすい。

以上の理由から、分散協調処理をロボットでモデル化することはアプローチとして妥当であると思われる。

4. ロボットシステムの試作 実際に分散協調処理の模擬実験を行うために、以下の機能をもつ自律移動ロボット群を試作し、自律分散ロボットシステムを構築する[3]。

- 超音波センサを基本とするセンサ機能
- ロボット同士の通信機能
- 自律機能
- 移動機能

最終的には、これらすべての機能をロボット本体（図２）に組み込むのが目標であるが、コスト面や実装面での制約もあり、現段階では現実的ではない。そこで、知的処理はワークステーション (WS) 上のプロセスで代行し、RS-232C の通信を用いて移動部やセンサ部のあるロボット本体の制御を行う。また、ロボット間のコミニケーションのための通信を TCP/IP を用いて実現することにより、ハードウェアに依存しない形でシステムを構成し、その動作の試行を行う（図３）。

さらに、ロボット本体のハードウェア部分をワークステーション上のプロセスで仮想的に代行する抽象的ロボットのシミュレータも試作中である。シミュレータは、Xウィンドウ上にロボット本体とその試行環境を仮想的に構築することにより、仮想試行環境の下で、その動作を視覚的に試行することができる。

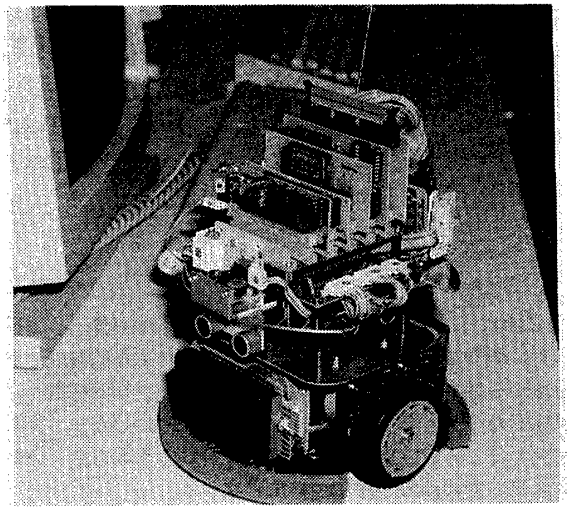

図 2: ロボット本体

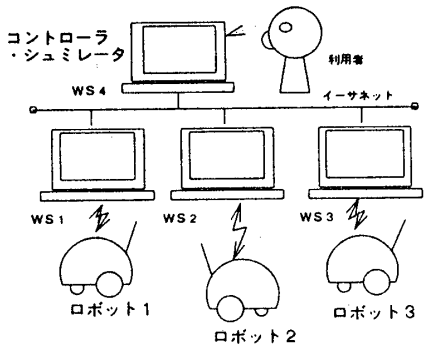

図 3: ロボットシステムの構成

5. ロボットシステムを用いたモデル問題 試作したロボットシステムを用いた分散協調処理のためのモデル問題として、”棒倒し”を検討中である。 ロボットの動作環境におけるタスクとして”棒を倒す”というタスク複数個を用意する。大域的タスクとしては”すべての棒を倒す”というタスクを与え、その達成法について、

●複数ロボットのみでしか倒れない棒を用意したり、棒の位置を変更していくことによるタスクの性質に関わる要素。

●ロボットに与える知識として、すべての棒を倒す知識を与えないなどロボットのタスク遂行能力に変化を与えることによる要素。

●環境内にロボットの知らない障害物を与えるなどの不確定要素。

など、さまざまな要素についての考察を深めることができる。この問題は分散協調処理を非常にわかりやすい形で表現できるため、その評価も容易であると考えられる。また、タスクの性質が比較的単純であることから、環境を簡単化することにより、ロボットに組み込む知識の実現もしやすいものと思われる。

6. 検討 ロボットシステムを試作するには、ハードウェアによる制限や環境認識のなど実現上での問題が数多くある。しかも、現在の知識処理分野の多くを実現しなければならない。しかしここでは、ロボットには協調動作を最低限確認できる機能をもったロボットを作成し、まず限定された環境での協調処理から着手して、その機能を拡張していくとともに一般的な環境に適応した分散協調処理へと考察を深めていく。その上で、我々の応用に適した分散協調処理のための概念モデルの処理系の試作を行っていく予定である。

7. おわりに 上述したように、ロボットシステムを用いて、典型的な例から分散協調処理を見つめ、その実現と評価を行いながら一般的な分散協調処理の実現と応用へと考察を深めていく。同時に、分散協調処理についてはロボット分野でも研究が盛んであるので、この分野での具体的な応用も考えていきたい。また、協調動作を具体的に視認できるということから、教育分野への適用もできるものと思われる。

参考文献

[1] 児玉他：専門情報処理教育のためのロボット製作実験の試み, 大分大学工学部研究報告, No.23, 1991.

[2] 吉田他：場と一体化したプロセスの概念に基づく並列協調処理モデル Cellula, 情報処理学会論文誌, Vol.31, No.7, 1990.

[3] プレムウッティ他：簡単な自律移動ロボットの協調行動モデルのインプリメンテーション, 日本ロボット学会第９回学術講演予稿集, Vol.2, 1991.