

B3-5 契約ネットプロトコルを用いたロボット間通信による協調行動制御

福井大学 工学部 知能システム工学科 進化ロボット研究室

藤田 陽平 (指導教官：前田 陽一郎)

1 緒言

近年、システムの大規模化、複雑化が進む中、従来の集中管理型システムに代わり自律分散型システムが注目を集め、盛んに研究が行われている。中でもエージェント間の協調行動による複雑な環境や多様な目的に適応および学習する機能は、自律分散型システムにおいて不可欠な能力である。

自律分散型システムにおける、協調行動に関する研究として最近盛んに行われているのが、個々のエージェントに学習機能を持たせることによって協調行動を獲得させる手法である [1]。しかしながら、サブシステムの学習機能による協調制御手法は、環境が変化した場合に、再度学習を行う必要があり、環境の変化や多様な目的に短時間で適応することは困難である。

また一方で、各エージェントの学習ではなく、エージェント間の通信によって協調行動を実現させる手法も多く提案されている [2]。エージェント相互の通信による状態等のやり取りにより協調行動を実現し、システム全体としての効率を上げることができる。R.G.Smith[3] によって提案された「契約ネットプロトコル」では発生したタスクに応じてその都度そのタスクを割当てるのに最適なエージェントにタスクが渡されるため、多様な目的に適応した協調行動を行うことが可能である。しかしながら、タスクを渡す側が固定的であるため、変動する環境に適切に対応することが難しい。

そこで本研究では、自律移動ロボットが複数存在するマルチエージェントシステムにおいて、契約ネットプロトコルに基づいたロボット間通信によって協調制御を実現する手法を提案する。本手法では、本来の契約ネットプロトコルでは固定的であったマネージャを各エージェントが動的にマネージャになれるように拡張し、変化する環境に適応できるように改良した。また、提案手法の有効性を検証するため、RoboCup 中型ロボットリーグ規格のサッカーロボット数台を用いて、いくつかの環境条件について実験を行ったので、これについても報告する。

2 契約ネットとは？

契約ネットプロトコル (Contract Net Protocol) は、1980 年に R.G.Smith によって提案された、分散問題解決のためのフレームワークである。マルチエージェントシステムにおいて通信を用いたエージェント間の契約交渉によって分散問題を解決する手法であるが、特に分散型システムにおけるタスク割り当て問題の解決に重点が置かれている。

契約交渉の際に各エージェントはマネージャと契約者のいずれかとして振舞う。各エージェントはどちらとして振舞うかをあらかじめ明示されることはなく、動的にこれらの役割をこなすことができる。また、入札、落札に際しマネージャと契約者はそれぞれ独立した基準を持ちうる。交渉の際には契約ネットプロトコルに基づいたメッセージがマネージャと契約者の間でやり取りされる。マネージャと契約者の間の交渉の流れは図 1 のようになる。

3 契約ネットを用いたロボット間通信による協調行動制御

本研究ではエージェントとして RoboCup 中型ロボットサッカーリーグ規格のサッカーロボットを想定しており、比較的少数のロボットが存在する分散型マルチエージェントシステムにおいて、ロボット同士の通信を用いたやり取りによる協調行動制御を行うことを目的としている。

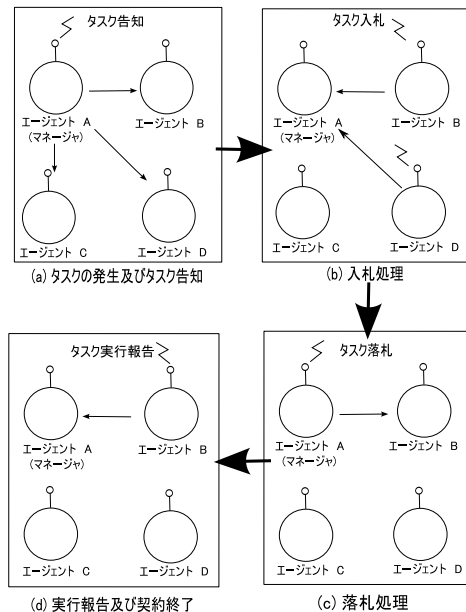


図 1. 契約ネットプロトコルの概念図

3.1 本研究で用いるプロトコル

マルチエージェントシステムに契約ネットを適用する際、システムに合った適切な契約ネットプロトコルを設定する必要がある。本研究で用いるプロトコルは以下のように設定した。

```
message
⇒ [m][ TYPE ][ TASK ](ELIGIBILITY)(ABSTRACTION)[FROM][NUMBER]
TYPE ⇒ [ a | b | w | e ]
TASK ⇒ [ t | p ]
ELIGIBILITY ⇒ ( b | g | f | a )
ABSTRACTION ⇒ [ t ][TEMP]
FROM ⇒ [f][ID]
NUMBER ⇒ [n][CONTRACT NUMBER]
```

図 2. 本手法で定義した契約ネットプロトコル

図中における「[]」と「()」で囲まれたものはメッセージ中に必ず含まれるもので、「()」と「[]」で囲まれたものは、必要に応じてメッセージに含むことを表す。「|」で区切られたものはその中から一つを選択する。各スロットは次のような意味を持つ。

- m : このメッセージが契約ネットプロトコルに基づくものであることを表す。
- TYPE : メッセージの種類を表す。
- TASK : タスクの種類を表す。
- ELIGIBILITY : タスク入札の際の入札条件。
- ABSTRACTION : 入札時、あるいはタスク実行報告時に使用され、契約者の状態を表す。
- FROM : メッセージの送り主の情報を表す。
- NUMBER : 何番の契約についてのメッセージかを表す。

3.2 動的マネージャ選択

一般に、マルチエージェントシステムにおいて、いつ、どのエージェントにタスクが発生するかは未知である。そこで本研究ではタスクが発生したエージェントをマネージャとし、タスクが発生するたびに動的にマネージャを変更することにより全体として効率の良いタスク割り当てを実現する。以下は二つのケースについてのマネージャ選択の例である。

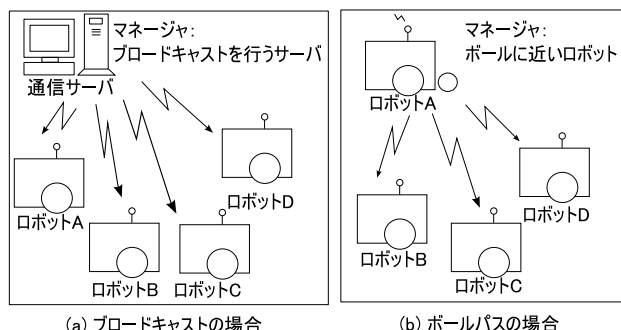


図 3. 動的マネージャ選択

3.3 アルゴリズムフロー

本手法における全体としての契約交渉の流れは、図 1 の処理手順に沿って行われる。マネージャ、契約者それぞれのアルゴリズムフローは図 4 のようになる。

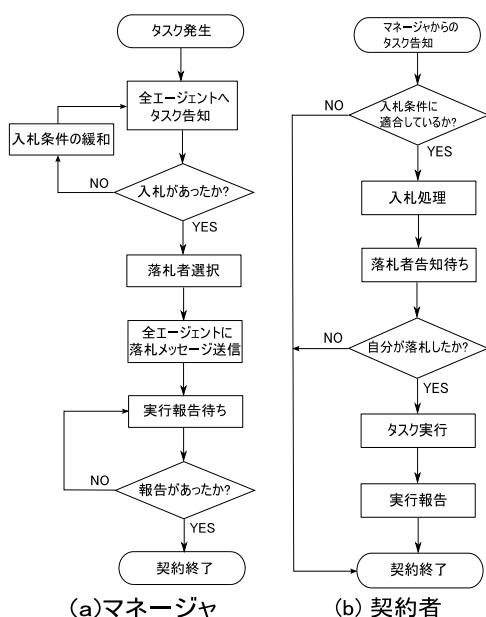
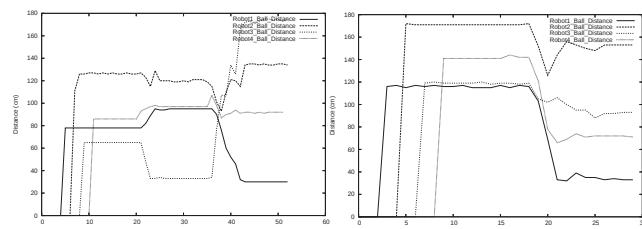


図 4. アルゴリズムフロー

4 サッカーロボットを用いた実機実験

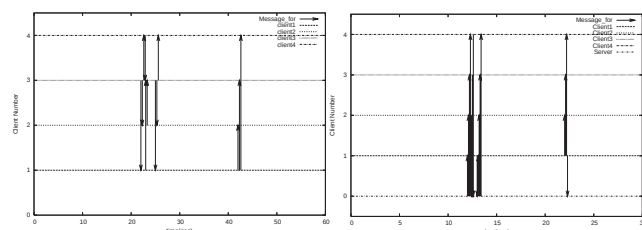
提案手法の有効性を検証するため、当研究室で試作した RoboCup 中型ロボットリーグ規格のサッカーロボットを 4 台用いて実機実験を行った。タスクとしてボールパスとフリーキック時のキッカー選択を、入札条件としてボールまでの距離が一定以下、ゴールまでの距離が一定以下、自分の周りに誰もいないことの三つを設定した。入札条件は一つのタスクに一つだけ設定した。また、ロボットの状態をいくつかに分け、それぞれについてエージェント同士の交渉の流れを検証した。

実験結果を図 5, 図 6 に示す。両図において、(a) はそれぞれのロボットとボールとの距離を、(b) はロボット同士のメッセージのやり取りを表している。例えば (b) でクライアント 1 からクライアント 2 に矢印が向いていたら、クライアント 1 からクライアント 2 にメッセージの送信があったことを表している。今回の実機実験でタスクが発生した際に動的にマネージャが選択され、適切にサブタスクが割り振られることが確認された。



(a) ロボットとボールの距離

(b) ロボットとボールの距離



(b) メッセージの流れ

(b) メッセージの流れ

図 5. パス

図 6. キッカー選択

5 結言

本研究では、自律移動ロボットが複数存在するマルチエージェントシステムにおいて、契約ネットプロトコルに基づいたロボット間通信によって協調制御を実現する手法を提案した。また、サッカーロボットを用いた実機実験によって提案手法の有効性を検証した。その結果、タスクの種類によってマネージャが変化することが確認された。さらに、契約ネットを用いることで、タスク実行に最適なエージェントにタスクが割り当てられることも確認した。今後の課題として、タスクの種類とタスク発生条件を増やし、複雑な状況下でも適応可能な手法を検討する必要がある。

参考文献

- [1] 柴田崇徳, 福田敏男, "マルチエージェントシステムの遺伝的アルゴリズムを用いた学習による進化的協調行動," 日本ロボット学会誌, Vol.11, pp.1272-1280 (1993)
- [2] 尾崎功一, 浅間一, 嘉悦早人, 遠藤勲, 石田慶樹, 横田和隆, 松元明弘, "自律分散型ロボットシステムにおける通信を用いた協調チーム編成手法の開発と評価," 日本機械学会論文集, Vol.61, pp.3039-3044 (1995)
- [3] R.G.Smith, "The Contract Net Protocol: High-Level Communication and Control in a Distributed Problem Solver," IEEE Trans. on Computers, Vol.C-29, pp.1104-1113 (1980)