

自律的オブジェクトパラダイムに基づく 分散協調シミュレーション

4 G-9

富川裕樹
北海道大学工学部

高井昌彰
北海道大学大型計算機センター

1 はじめに

自律的オブジェクトパラダイム (autonomous objects paradigm [1]) では、知性の主体はメッセージにあり、ノードはメッセージがもたらすプログラムを実行するインタプリタであると考えられる。この枠組みは human agent や自律的ロボットなどの知的エージェントのモデル化に適しており、自律的オブジェクトパラダイムは分散環境におけるマルチエージェントシステムと親和性が高いと予想される。

本論文では、簡単な分散協調問題を設定し、その問題を自律的オブジェクトパラダイムおよび従来の一般的な通信オブジェクトパラダイムに基づいて解く2つのアルゴリズムの設計方針を比較検討する。

2 自律的オブジェクトパラダイム

従来の一般的なオブジェクトパラダイムに基づく分散システムでは、ノード上のプロセスに知性の主体がある。そしてプロセス間のメッセージ交換により処理が行われる。プロセスはメッセージを待つ受動的な存在であり、外部からの要求があったときにその要求に応じた処理を実行する。これを通信オブジェクトパラダイム (communicating objects paradigm[1]) と呼ぶ。

一方、自律的オブジェクトパラダイムに基づく分散システムでは、メッセージが知性の主体であると考えられる。メッセージは計算ステートメント、経路制御ステートメント、データなどで構成されるプログラムであり、ノードにはメッセージがもたらすプログラムを実行するインタプリタが存在すると考える。メッセージは動的に分裂あるいは合体することができる。自律的オブジェクトパラダイムに基づく分散システムのイメージを図1に示す。

自律的オブジェクトパラダイムの下では、従来の data flow とは異なり、program flow [2] により処理が行われる。これは、human agent や自律的ロボットのような mobile intelligent agents [2] をモデル化するのに非常に適している。

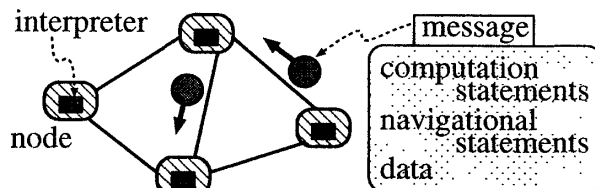


図1: 自律的オブジェクトパラダイムのイメージ

3 分散パネル合わせ問題

自律的オブジェクトパラダイム、通信オブジェクトパラダイムそれぞれに基づいて分散協調問題を解く場合、両者にどのような違いがあるかを具体的に考えるため、次のような分散パネル合わせ問題を設定する。この問題は、分散資源配分問題への発展も可能であると考えられる。

図2の左のように9個のノードが格子状にリンクで接続されている分散環境において、それぞれのノードにパネルを当てはめる問題を考える。条件を次のように設定する。

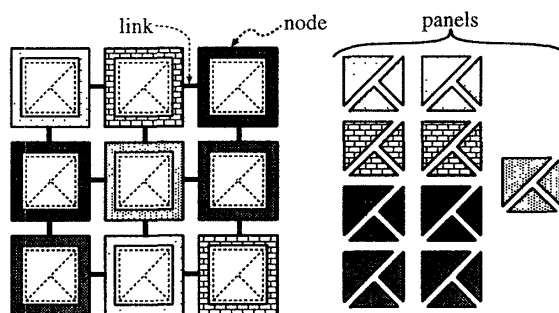


図2: 分散パネル合わせ問題

- ・パネルの形は3種類、色は5種類（図2の右）。
- ・ノードにもパネルと同様5種類の色がある。ノードの色は変化しない。
- ・直接リンクでつながっているノード間のみ通信できる。
- ・1つのノードに同じ形のパネルが複数枚存在可能。

4 例題の解法

前節で示した問題クラスは、パネルをどのように組み合わせることを目的にするかにより様々な問題設定が考えられる。ここでは、次の2つの例題を考える。

例題1

ノードの色と同じパネルを合わせる（解は図3の左）

例題2

ノードの色と異なり、かつ3種のパネルの色が全て異なるように合わせる（解の例は図3の右）

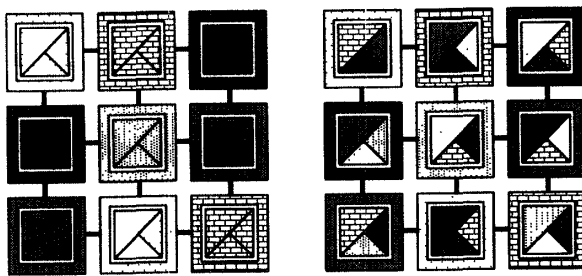


図3: 例題の解の例：例題1（左）、例題2（右）

この2つの例題を、自律的オブジェクトパラダイム、通信オブジェクトパラダイムそれぞれで解く場合のアルゴリズム設計の方針を考える。自律的オブジェクトパラダイムの場合、個々のパネルそのものをネットワーク上で動かまわる自律的オブジェクト（メッセージプログラム）として考える。一方、通信オブジェクトパラダイムの場合にはノード上のプロセスをオブジェクトとしてアルゴリズムを考える。その際、パネルは受動的なデータとしてプロセス間でやりとりされる。

パネルの初期位置は、ランダムにネットワーク上のノードに配置されるものとする。

4.1 例題1を解く方針

自律的オブジェクトパラダイムの場合

パネル（メッセージ）は自分と同じ色のノードを探して移動する。途中のノードで自分と同じ色で形の異なるパネルと出会った場合には合体する。

通信オブジェクトパラダイムの場合

ノードは、パネルを受け取ったら自分のノードの色と同じ色のパネルを残し、それ以外のパネルを他のノードへ送る。

4.2 例題2を解く方針

自律的オブジェクトパラダイムの場合

あるノードで異なる色で形の異なるパネル同士が出会ったら合体する。3つの形のパネルが合体したら、そ

の3色のパネルの色と異なる色のノードへ移動する。目的とするノードが埋まっているときには、他のパネル、あるいは他の合体パネルとあるノードで出会ったときにパネル交換の交渉をする。

通信オブジェクトパラダイムの場合

ノードはパネルを受け取った時に、そのパネルの色が自分の色と異なり、かつ自分が現在持っているパネルと色も形も異なる場合はそのパネルを残し、残りのパネルを他のノードへ送る。3種類の形のパネルがそろわないノードは、隣接ノードとのパネル交換の交渉をメッセージを介して行う。

4.3 両パラダイムの方針の違い

通信オブジェクトパラダイムの場合は受け取ったパネルの取捨選択が基本となっており、それだけでは解決できない場合にメッセージを介した交渉を行っている。しかし、隣接ノード間でのみ交渉で解決できない場合にどう対処するか、という点に関してアルゴリズムが複雑になってしまうことが予想される。

一方、自律的オブジェクトパラダイムの場合は、パネル（メッセージ）の動的再編成がアルゴリズムの基本となっている。このため、全てのパネルは対等な立場にあり、お互いに直接交渉できないパネルは存在しないため、通信オブジェクトパラダイムの場合のような問題は起きないと思われる。

5 おわりに

簡単な分散協調問題の例として分散パネル合わせ問題を設定した。そしてこの問題を解くためのアルゴリズム設計の方針を、自律的オブジェクトパラダイムおよび通信オブジェクトパラダイムそれぞれに基づく場合について示した。

今後、アルゴリズムを実際にインプリメントし、分散協調問題を自律的オブジェクトパラダイム、通信オブジェクトパラダイムで解く場合の両者のメリット・デメリットを具体的に検証する予定である。

参考文献

- [1] L. F. Bic, M. Fukuda and M. B. Dillencourt: "Distributed Computing Using Autonomous Objects", *IEEE Computer*, Aug. 1996, pp.55-61.
- [2] P. S. Sapaty, M. J. Corbin, and S. Seidensticker: "Mobile intelligence in distributed simulations", *Proc. 14th DIS Workshop on Standards for the Interoperability of Distributed Simulations*, 1996; <http://ftp.sc.ist.ucf.edu/STDS/workshop/14th/papers/158.ps>.