

利己的なマルチエージェント群の分散協調における時間遅れの影響*

4P-3

石塚 悠一†

山梨大学大学院電子情報工学専攻‡

岩沼 宏治§

山梨大学工学部コンピュータメディア工学科¶

1 はじめに

分散協調問題は、マルチエージェント研究における中心的な研究課題である。自律的移動を行う利己的なエージェント群の均一配置問題は、分散協調問題の中でも最も基本的であり、多くの研究がなされている。その中で本研究は、均一配置問題を通して、時間遅れによる分散協調の効率低下とその対策について考察する。まず最初に、時間遅れはエージェントの活性度が中程度の場合に最も影響が大きく、エージェントの均一配置達成が大きく遅れることを示す。次に効率低下の防止を目的に幾つかの高速化技法を考察する。まず移動目標として近傍を重視し、同時に目標近辺のエージェント分布を考慮する技法を導入する。更に、移動中に目標の再選択する機構を導入する。幾つかの評価実験によって、良好な効果が確認できたので報告する。

2 実験で使用する均一配置問題

本研究では、[1, 2, 3] で使用された利己的なエージェント群の自律的な均一配置問題 (resource utilization problem [3]) を対象として、そこでの時間遅れについて考察する。エージェント群が配置される環境は、等価なリソースで構成される 1 次元の配列から成る (図 1)。各リソースは複数のエージェントの存在を許し、エージェントは必ず唯一のリソースに存在する。エージェントは、自分が認識・選択できる範囲 (後述のウィンドウ) に、現在存在するリソースよりエージェント数が少ないリソースがあれば、確率に従って自律的に移動する。全てのリソースに均一にエージェントが分散配置されたとき、システムは安定となり、系全体の作業が終了する。各エージェントは、ウィンドウ内のリソースに位置する周囲のエージェント

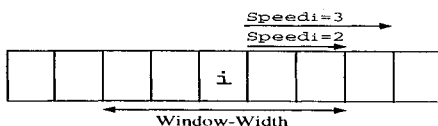


図 1: リソース配列, ウィンドウと移動速度

数を正確に把握できる。

マルチエージェント系全体の挙動は、不活性さ (inertia)¹ により大きく変化する [2]。本実験システムでは、エージェントの活性度は操作可能である。エージェントが、あまりに活発すぎると、系全体では移動が無秩序になり、均一配置の達成は極めて難しくなる。逆にエージェントが極端に不活発であると、移動が起きないので均一化がなかなか進まない。

3 時間遅れ

前述の均一配置問題に時間遅れを新たに導入した場合の影響について考察する。現実世界では移動速度は有限であり、必ず時間遅れが生じ、様々な場面で本質的な影響を及ぼすと考えられる。そこで、エージェントの移動速度を図 1 のように一定の値に制限して、その影響を計算機実験を通して考察する。

3.1 時間遅れと活性度

本節では、時間遅れが系の挙動にどのような影響を与えるかを調べる。エージェントの活性度を変えて時間遅れによる均一化時間の変化を調べる。実験の設定としてエージェント数 60、リソース数 20 とする。

エージェントが非常に活発である場合、移動速度に関わらず殆どの場合に均一状態に到達しない。これはエージェントの移動が殆ど無秩序に行われるためと考えられる。ウィンドウ幅を非常に狭くして、移動に対して一定の制約を課した場合のみ収束する。同様にして、エージェントが不活発な場合にも、時間遅れによる均一化時間の変化は非常に少ない。これは移動中に環境が殆ど変化しないので、一度選んだ目的地の最適性が変化しないからだと考えられる。これに対して活性度が中程度の場合、移動速度・時間遅れの影響が顕著に現れる (図 2)。

4 近傍優先戦略: 時間遅れへの対策 1

マルチエージェントの均一配置問題においては、エージェントが活発、即ち他所への移動確率が高いということは、エネルギーの消費が激しく、または移動のチャンスを狙って常に周囲を監視していることを意味する。監視・移動のためのオーバーヘッドが大きく、系全体として無駄が多いと考えられる。逆に個々のエージェントが不活発過ぎると、エネルギー消費その他は抑制されるが、均一化達成時間は遅くなる。高速化するにはエージェントの移

*On Time Delay in distributed Cooperation of Self-Interested Multi-Agent Systems

†Yuichi ISHIDUKA

‡Graduate School of Electrical Engineering and Computer Science, Yamanashi University

§Koji IWANUMA

¶Department of Computer Science and Media Engineering, Yamanashi University

¹ 一般に inertia は慣性と訳されることが多いが、本研究では文意より不活発さの方が訳語として適切と判断した。

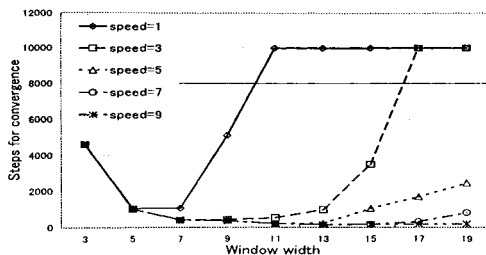


図 2: 活性度が中程度の場合の均一化時間

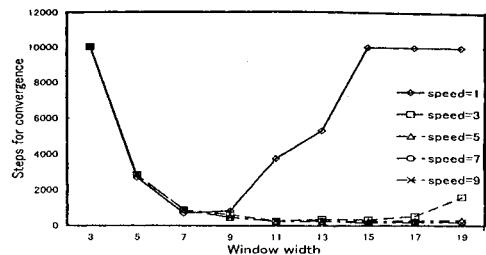


図 3: 高速化技法の効果

動速度を上げることが必要であり、エネルギー消費が増加してしまう。

これに対して活性度が中程度の場合は、基本的にエネルギー消費等があまり多くなく、また条件をうまく設定すれば、移動速度を上げることなく、収束時間を短くすることが可能と考えられる。実際のシステム設計への指針を与える上では、中程度の活性度を前提として、均一化時間を高速化する技法を考察することは有効かつ重要と考えられる。本節と次節では、以下順に高速化技法を導入・考察する。

4.1 近傍優先戦略

時間遅れにより移動中に環境が変化してしまい、選択したリソースが到達時に最適ではなくなるのが均一化を阻害する大きな要因である。そこで第一の手法として、エージェントに「現在のリソースになるべく近いリソースを選択させる」ことを考える。近傍を優先することにより1回の移動距離が短縮され、時間遅れを減少させることができ、エネルギーの消費も抑えることが可能になると考えられる。

4.2 目的地のエージェント分布の考慮

エージェントは、エージェントの数がより少ないリソースに移動する確率が高い。近傍優先戦略を導入した場合、目的地の周辺にエージェントが密集していると、その周辺のエージェント群も同じリソースを選択し、移動してくる可能性が極めて高くなる。つまり目的地を決定する際、目的地のエージェント数だけではなく、周りのリソースのエージェント分布を考慮することが有用と考えられる。以上から、目的地の候補となる各リソースには、1サイクルで移動可能なエージェント数の総和が少ないほど重みを与えることを考える。

4.3 評価実験と考察

4.1節と4.2節で提案した技法を実装して、エージェントの活性度が中程度の場合で実験を行なう。環境は3.1と同じ設定として比較を行なう。

図3が実験結果である。図2と比較すれば、ウィンドウ幅が狭い場合を除いて、全体的に高速に均一状態に到達していることが分かる。図2では1万サイクル以内に均一化しなかった場所も均一状態に到達している。速度3

程度の遅い移動速度であっても、時間遅れの無い場合（移動速度9に相当）とあまり遜色の無い時間で、均一状態に到達している。時間遅れを導入した環境下でも、活性度を中程度にし、ウィンドウ幅を適当に制御すれば、移動速度を抑制しても高速に均一化できることが分かる。

注意すべき点として、ウィンドウ幅が狭い場合がある。均一化時間が極端に遅くなっている。これは近傍優先戦略等により、現在のリソースに留まる確率が高くなり過ぎてエージェントが不活発な状態になったためと考えられる。

5 移動途中での目的地再評価：対策2

前節までのエージェントは、目的地に到達するまでは目的地の再評価を行なわない。そこで、環境の変化への柔軟な対応を可能にするために、移動途中で目的地の再評価・再選択を一定間隔で行うことを考える。これによって最適なリソースへ移動する可能性が生じるので、均一化時間の高速化が図れると考える。

6 まとめ

本研究では利己的なエージェント群の分散協調問題における時間遅れに関して考察を行った。まず始めに、時間遅れはエージェントの活性度が中程度の場合に影響が極めて大きく、均一配置が大きく遅れることを示した。次に中程度の場合を対象にして、幾つかの高速化技術を考察した。まず近傍優先戦略を示し、次に移動中の目標の再評価・再選択する機構を示した。個々のエージェントの移動速度がかなり遅くとも、これらの高速化技術を用いれば、系全体の均一配置は高速に行えることが幾つかの評価実験を通して確認できた。

参考文献

- [1] S.K.Rustogi and M.P.Singh. "The bases of effective coordination in decentralized multiagent systems." Proceedings of the 5th International Workshop on Agent Theories, Architectures and Languages (ATAL-98). Springer-Verlag, pp.261-276. 1999.
- [2] S.K.Rustogi and M.P.Singh. "Be patient and tolerate imprecision: how autonomous agents can coordinate effectively." Proceedings of International Joint Conference on Artificial Intelligence 99, pp.512-517. 1999.
- [3] S.Sen, S.Roycham and N.Arora. "Effect of local information on group behavior." Proceedings of the International Conference on Multiagent Systems, pp.315-321. 1996.