

エージェント集団による創発的問題解決

6D-1

坂本 忠昭

三菱電機(株) 中央研究所

1 はじめに

近年、欧米を中心として人工生命と呼ばれる研究が盛んになってきている [2] [3] [4]。人工生命は、米国のサンタフェ研究所による複雑適応系に関する研究の一つのテーマであり、分子レベルから生態系レベルまで広く自然界に含まれる様々な複雑系を解明し理解しようとするものである。人工生命の基本的な考え方は、複雑系の振舞いは、その系を構成する単純な要素が数多く集まり簡単なインタラクションを行うことによって創発的(emergent)に発生するというものである。

創発(emergence)とは、既存の要素の結合や再編成の結果、全く新しい性質や状態が出現することを言う。水素と酸素が化合して水ができる現象や、様々なタンパク質が集まって組織や器官ができる現象などは創発の例である。

一方、近年の並列分散ブームによって、分散 AI や群知能ロボットといった、数多くのエージェントによって問題解決を行おうとする研究も盛んになってきている [6] [5]。本研究は、このようなエージェント集団による問題解決に対して、創発という概念を導入しようとする試みである。

本稿では、まず創発的な問題解決とは何かについて述べる。次に一つの例題を設定し、それを創発的に解決するために各エージェントが持つべき基本機能や行動パターンについて検討することによって創発的問題解決の可能性を探る。

2 創発的問題解決

創発的問題解決(emergent problem solving)とは、単純なエージェント(問題解決器)を数多く集め、それらの間で簡単なインタラクションを行うことによって、個々のエージェントではできないような解法を自律的・自己組織的に生成し、与えられた問題を解決することである。

与えられた問題を創発的に解決できるエージェントが設計可能であれば、それは問題の複雑さに対して比較的単純なもので済むであろうし、エージェントの設計者が予期しなかった新しい解法を生成する可能性も

ある。

本稿では例題として、フィールド上に散乱している目標物をエージェント集団によって回収する問題 [1] を解くことを考える。様々な行動パターンを持つエージェントを設定し、それが集団として新たな行動パターンを創発するかどうかを観測する。

3 例題：目標物回収問題

問題の設定は以下の通りである。フィールドは100×100の2次元グリッドであり、その周囲は壁で囲まれているとする。フィールドの中心にエージェントの「巣」があり、初期状態では全てのエージェントが巣の中にあるものとする。個々のエージェントの目的は、巣から出て目標物を探索しそれを巣に持ち帰ることである。目標物は巣に持ち帰られて初めて回収されたとしてカウントされる。問題に付加された幾つかの制約として、(1) 同じグリッドに複数のエージェントは侵入できない、(2) エージェントが一度に持てる目標物の数は1つである、(3) 同時に巣に入出入りできるエージェントの数は制限されている、等がある。

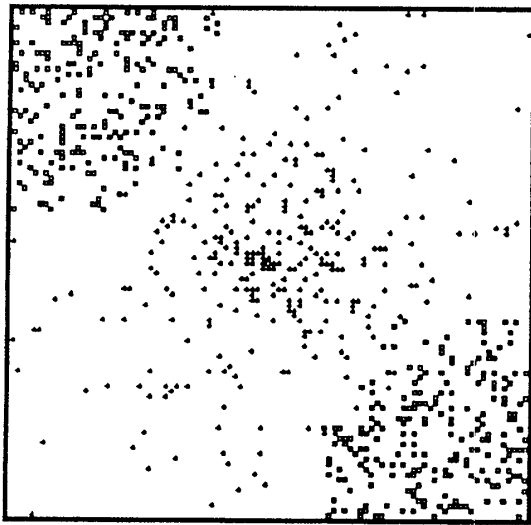
個々のエージェントは、(1) 移動方向を決定する、(2) 移動する、(3) 目標物を拾い上げる、(4) 自分のいる地点の座標を記憶する、(5) 他のエージェントに目標物を渡す、(6) 他のエージェントに自分の記憶している座標を教える、といった基本機能を備えている。エージェントの行動パターンは、これらの基本機能の組合せによって設定される。現在のところ、行動パターンの異なる3タイプのエージェントが設計されている。

BasicSearcher

目標物を持っていないときはランダム探索を行い、目標物を拾い上げると巣に向かって移動する。目標物を持っているときに、何も持っていない他のエージェントに出会えば、その目標物を渡し、再び探索を始める。目標物を受けとったエージェントは巣に向かって移動を始める。

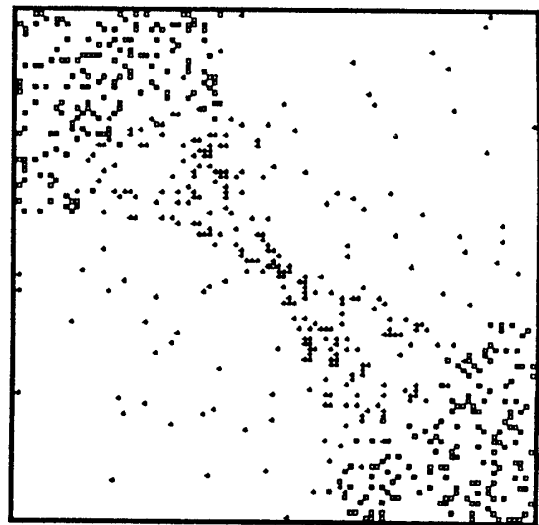
LastMemorizer

最後に目標物を拾った地点の座標を記憶しており、何も持たないときにはその座標を目指して移動する。目的地に到着するとランダム探索を始める。他のエージェントから目標物を受けとった地点の座標は記憶の対象外である。その他は BasicSearcher と同じ。



Step=	191	Agent	=	300	Target =	500
		field(free)	=	272	field =	421
		field(target)	=	25	agent =	25
		nest	=	3	nest =	54

図 1: BasicSearcher の集団行動パターン



Step=	191	Agent	=	300	Target =	500
		field(free)	=	217	field =	321
		field(target)	=	79	agent =	79
		nest	=	4	nest =	100

図 2: PositionInformer の集団行動パターン

PositionInformer

他のエージェントに目標物を渡すときあるいは受けとるときに、一方が座標情報を持っており他方が持っていない場合に限り、座標情報を持っているエージェントが持っていないエージェントにその座標情報を教える。その他は LastMemorizer と同じ。

4 実験

目標物をフィールドの左上及び右下の 40×40 の領域内に 250 個ずつばらまき、300 個のエージェントによって回収を行った。図 1, 図 2 に各々 BasicSearcher, PositionInformer の集団行動パターンを示す。図において、黒い丸がエージェント、白抜きの四角が目標物を示す。図の中心にある白抜きの四角は巣である。

図 2 の PositionInformer の集団では、目標物の座標を教えるというインタラクションによって、目標物のある領域へ向かうエージェントの数が図 1 と比較して大幅に増加していることがわかる。また、この集団では、短時間ではあるが、バケツリレーのような集団行動パターンも観測された。

5 おわりに

本稿では、エージェント集団による創発的な問題解決の第一段階として、回収問題を創発的に解くためのエージェントの検討を行った。今回示したエージェントは新しい集団行動を創発するまでには至っていないが、個々の行動パターンの少しの変化が集団の行動パ

ターンに大きく影響するという現象や、バケツリレーの形成といった創発の片鱗を窺うことができた。

今後の課題としては、引続きエージェントの基本機能や行動パターンの検討を行うことによって、バケツリレーの形成や仕事の分化といったマクロな集団行動パターンの創発を実現させたい。また、個々のエージェントについても、基本機能から行動パターンを創発的に生成するようなメカニズムを考えていきたい。

参考文献

- [1] Goss, S. and Deneubourg, J.L.: Harvesting by a Group of Robots, *Toward a Practice of Autonomous Systems: Proc. of the First European Conference on Artificial Life*, pp.195-204, 1992.
- [2] Langton, C.G. (ed.): *Artificial Life*, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1989.
- [3] Langton, C.G., Taylor, C., Farmer, J.D. and Rasmussen, S. (ed.): *Artificial Life II*, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1992.
- [4] Varela, F.J. and Bourgine, P. (ed.): *Toward a Practice of Autonomous Systems: Proc. of the First European Conference on Artificial Life*, the MIT Press, Mass., 1992.
- [5] 特集: 群知能ロボット, 計測と制御, Vol.31, No.11, 1992.
- [6] 特集: 分散人工知能, 人工知能学会誌, Vol.5, No.4, 1990.