

CIRJE-J-33

**コミュニケーション競争モデルとゲートキーパー
エージェント・ベスト・シミュレーションとメルク社の事例**

東京大学大学院経済学研究科

高橋 伸夫

桑嶋 健一

構造計画研究所

玉田 正樹

2000年10月

このディスカッション・ペーパーは、内部での討論に資するための未定稿の段階にある論文草稿である。著者の承諾なしに引用・複写することは差し控えられたい。

Communication Competition Models and Gatekeepers: Agent-Based Simulation and the Case of Merck

Nobuo Takahashi, University of Tokyo

Kenichi Kuwashima, University of Tokyo

Masaki Tamada, Kozo Keikaku Engineering, Inc.

Abstract

The purpose of this paper is to analyze the emerging process of organizations by using agent-based simulation. The agent-based simulation is one of the representative methods of complexity research and recently used to learn from local problems and to devise a global solution. We develop an agent-based communication competition model which is familiarly called “ComCom Model.” The implications of the simulations are as follows: (1) The big agents cannot win small agents over their side. (2) The big agents increase the emerging speed of the large clusters in the start up phase. However, they cannot improve clusters’ communication performance in the steady phase. (3) The big agents are not at the centers of the clusters. They move around at outskirts of the clusters. It looks like tentacles. (4) The wandering model of agents having high propensity to change has never reached any equilibrium points. But the wandering model improves clusters’ communication performance in comparison with the bounded rational and equilibrium model.

The big agents are considered as “gatekeepers” mentioned in the R&D literature. We investigate Merck & Co. and find out the facts that its gatekeepers have increased the emerging speed of the global R&D team and that this is the core competence of Merck.

コミュニケーション競争モデルとゲートキーパー

エージェント・ベースド・シミュレーションとメルク社の事例

高橋伸夫*・桑嶋健一*・玉田正樹**

*東京大学 大学院経済学研究科 **株式会社 構造計画研究所

はじめに

社会現象、生命現象に対する新しいアプローチとして知られる複雑系(complexity)の分野を象徴するものとして、遺伝的アルゴリズムやカオス理論、そしてここで取り上げるエージェント・ベースド・シミュレーション(agent-based simulation) (あるいはマルチ・エージェント・シミュレーションとも呼ばれる)がある。ここでいうエージェントとは、ユーザの設定したルールに基づいてコンピュータ上で行動する主体を指している。マルチ・エージェント型ではエージェントが複数いて、そのエージェント同士が互いに影響を与え合うことになるので、ルール自体は簡単なものでも、個別エージェントの行動を積み上げた全体では予測できない複雑な動きをすることになる。

エージェント・ベースド・シミュレーションは、1990年代に注目を集めるようになった比較的新しいものだが、幅広い分野で試みられている。Epstein & Axtell (1996)は、エージェントが食べる食糧(砂糖)を配置した空間を人口社会に見立てた Sugarscape と呼ばれるモデルを分析して、交配、文化、戦争、疫病といった様々なインプリケーションを引き出している。日本でも生天目(1998)や有田(2000)が研究を行っている。

そこで、この研究では、ある意味でコミュニケーション自体を餌としている競争モデルを開発し、分析することにしよう。このモデルは「コミュニケーション競争モデル」と呼ばれ、より多くの「アイデア」とコミュニケーションできるようなポジションを求めて移動するエージェントをモデル化している。多くのエージェントが競争することで、クラスターがどのように形成されるのかをシミュレーションで分析する。研究開発の分野でよく言及される Allen (1977)のゲートキーパーに対応した「大きな」エージェントの機能については特に詳しく調べ、はたしてゲートキーパーがいることで、パフォーマンスが向上するのかどうかをコンピュータ・シミュレーションで検討する。その結果、当初の予想はことごとく外れる。すなわち、

大きなエージェントを抱える陣営の方が強くなるということはない。

大きなエージェントが投入されるとクラスターの形成が速くなり、コミュニケーションのパフォーマンスの立ち上がりも速くなるが、最終的なクラスター規模やパフォーマンスが向上するわけではない。

大きなエージェントはクラスターの中心部にはなく、クラスターの周辺部で触手のように動いて、周りのエージェントをかき集める。

合理性や均衡を捨てていつまでも動き回るエージェントの方が、圧倒的に大きなクラスターを形成し、圧倒的に高水準のパフォーマンスを達成する。

特に、大きなエージェントについて、このシミュレーションが示していることは、から、大きなエージェントが「アイデア」をかき集めることで、集団の形成と立ち上げが速くなるという現象である。そこで、実際の製薬企業 Merck & Co.の研究開発組織におけるコミュニケーションを例に挙げて、シミュレーションで見られたゲートキーパーの機能の実際的なインプリケーションについても考察してみよう。

・コミュニケーションとゲートキーパー¹

それでは、経営学でコミュニケーションがどのように取り扱われてきたのか、イノベーション、研究開発との関係で、整理しておこう。

経営学において、イノベーションに関する体系的な研究が始まったのは、1960年代半ばのことである。その嚆矢的研究成果の一つとして、Myers & Marquis (1969)がある。この研究では、5つの産業における567のイノベーションを対象として、イノベーションの成功要因について包括的な分析が行われた。そして、イノベーション研究において、研究開発組織のコミュニケーションに焦点を当てたいわゆる「コミュニケーション・アプローチ」の基礎を作りその後多くの関連研究を刺激したのが、Allen (1977)である。Allenはもともとボーイング社のリサーチ・エンジニアであったが、R&Dマネジメントに興味をもってMITのマネジメント・スクールに留学し、Marquis教授と共同研究をしたのをきっかけに経営学者となった。

Allenは、「コミュニケーションが研究開発のパフォーマンスを向上させる」という予測を立て、研究開発組織におけるコミュニケーションの実態調査を実施した。その結果、パフォーマンスの高いプロジェクトでは、低いものに比べて、プロジェクト内でも、プロジェクト・メンバー以外の社内同僚との間でも、コミュニケーション回数(接触量)が多かった。しかしこれはパフォーマンスの高いプロジェクトはそれだけ研究開発に多くの時間を投入しているためであり、投入時間当たりのコミュニケーション回数とパフォーマンスとの間には有意な関係は見られなかった。

Allenは、外部とのコミュニケーションがパフォーマンスに結びつかないのは、各研究所や組織にはその組織固有の考え方や文化、あるいは用語などがあり、その違いがセマンティック・ノイズとなり、コミュニケーションを阻害するためではないかと考えた。ここでセマンティック・ノイズ(semantic noise)とは、コミュニケーションをとっている当事者間に共通概念が欠如していることが原因となって生じる「意味上の雑音」のことであり、解釈ミスを引き起こすと考えられている。しかし、研究所にとっては、外部からの情報は必要不可欠である。そこでAllenは、研究所における技術者集団のコミュニケーション・ネットワークを詳細に調べたところ、集団のなかには、集団内の誰とでも何らかの形で接触している「スター」的な人間がいることが明らかとなった。こうして、組織にはコミュニケーションのキーとなるスター的な人間、「ゲートキーパー」が存在し、彼らの外部の情報との接触頻度が他の同僚とは明らかに異なっていることがわかった。ここで、ゲートキーパー(gatekeeper)とは、直訳すれば「門番」のことであるが、経営学では、組織や企業の境界を越えて、その内部と外部を情報面からつなぎ合わせる人間のことを指す。さらに、このゲートキーパーは、一般の技術者と比べて、高度の技術専門誌を含めた読書量が圧倒的に多いということも明らかになったのである。よりわかりやすくいえば、ゲートキーパーは、組織内の誰とでも何らかの形で接触しているいわばスター的な存在であるとともに、

¹ この節の記述は、桑嶋(2000)を元に行っている。

組織外部との接触もきわめて多い人間である。

このことから、ゲートキーパーを中心とした次のような技術情報の流れが想定できる。すなわちゲートキーパーは、外部と頻繁に接触することにより、セマンティック・ノイズに煩わされることなく外部情報を獲得することができる。またゲートキーパーは、高度な専門誌の内容をよく理解していることから、そうした情報を一般の技術者に分かり易いように変換し、説明することもできる。こうして組織内の一般技術者は、ゲートキーパーを介して外部の最新の技術情報を獲得することが可能になっていたのである。

では、こうした重要な役割を果たすゲートキーパーとは具体的にどのようなプロフィールを持った人たちなのであろうか。ゲートキーパーと一般の技術者とを比較して、Allen はゲートキーパーの特徴として次の3点をあげている。

ゲートキーパーは高度の技術達成者である。

ゲートキーパーの大半は第一線の管理者である。

技術系の経営者は、ちょっと気をつければ誰がゲートキーパーであるかを正確に見分けられる。

ここで注目すべきは である。実は、Allen が詳細なコミュニケーション調査の結果ゲートキーパーであると判断した人と、マネジメントに対して誰がゲートキーパーであるかと質問した答えは 90%以上一致していた。Allen およびその後の関連研究より、ゲートキーパーの存在は研究開発のパフォーマンスにプラスの影響をあたえるという結果が得られているが、経営者がこのようなゲートキーパーに頼いるためには、骨をおってコミュニケーション調査まで行う必要はなく、ちょっと組織内のコミュニケーションに敏感であればよいのである。

この Allen が提示した「ゲートキーパー」という概念は、その後の多くの研究者を刺激し、研究開発組織を対象としたコミュニケーション研究が多数行われた。日本でも最近、原田(1999)の研究がある。そして、イノベーション研究それ自体は、ここで紹介した Allen によって始められたコミュニケーション研究の流れともう一つ別の流れの、大きく二つの流れに分かれることになる。

もう一つの流れは、1980年代半ばに始まった、企業の競争力の源泉を探る視点から、イノベーション(特に製品開発)のプロセスに焦点を当てた研究である。竹内・野中(1985)は、新製品開発プロジェクトの事例分析より、スピードと柔軟さを同時に要求される製品開発においては、従来型の逐次段階的ないわゆる「リレー型」ではなく、プロジェクトのフェイズをオーバーラップさせた「ラグビー型」の方が有効であると主張した。この研究の流れを受け継ぎ、野中らと同様に企業の競争力と製品開発プロセスに焦点をあてながら、「製品開発組織のパターン」と「パフォーマンス」との関係について世界的な規模で定量的な実証分析を行ったのが、藤本隆宏とキム・クラークの研究である。藤本とクラークは、自動車産業を対象とした実証分析より、製品が持つ多様な製品属性の全体的な調和・一貫性を指すプロダクト・インテグリティ(product integrity)が重要な自動車の製品開発における有効な組織パターンの一つとして、「重量級プロダクト・マネジャー」制度を提示した。ここで重量級プロダクト・マネジャー(heavy weight product manager; HWPM)とは、製品のインテグリティを高めるために、部門間調整(内部統合)と、製品コンセプト推進(外部統合)の2つの機能を兼ね備えた、強力なリーダーをさす。HWPMは、製品コンセプト作成の責任者でありながら、生産、営業、設計現場への影響力も強い。当該プロジェクトに関しては、各機能部門長よりも強い権限をもっており、単なる調整役にとどまらず、自らが創造

したコンセプトをもとに、製品全体を強力にまとめ上げる。

・コミュニケーション競争モデル

1．モデルの概要

このモデルは次のような疑問から出発して考え出された。

組織はどのように形成されてくるのか。
どのような性質をもった組織が競争に生き残るのか。

このモデルでは、そのメカニズムを「コミュニケーション」に絞ってモデル化している。これは、ある意味でコミュニケーション自体を「餌」としている競争モデルなので、「コミュニケーション競争モデル」(communication competition model)、略して「ComCom モデル」と呼ぶことにしよう。このモデルの基本的なルールは簡単である。すなわち、

エージェントは、より多くの「アイデア」とコミュニケーションできるようなポジションを求めて移動する。(このことでエージェントは単独でいるよりも、クラスターに参加することを選好する。)
複数のクラスターが存在する場合には、エージェントは、より多くの「アイデア」とコミュニケーションできるクラスターの方を選択する。(このことで、複数のクラスターが衝突した場合には、勝敗が生まれる。)

さらに、このComCom モデルでは「大きな」エージェントを存在させることにしよう。ここでいう「大きな」エージェントとは、一般的にはコミュニケーション能力が高いエージェントになることに注意してほしい。なぜなら、大きなエージェントは、より多くのエージェントと接触ができるようになるので、より多くのエージェントと直接コミュニケーションできるからである。

この大きなエージェントは、前述の Allen (1977)のゲートキーパーをイメージして着想されている。しかし Allen は、研究所における技術者集団の中にゲートキーパーがいることを明らかにしただけであって、はたしてゲートキーパーがいることで、パフォーマンスが向上したのかどうかは明らかにされていない。仮に、どの集団にも必ずゲートキーパーがいるとすれば、調査によって、ゲートキーパーがいない状態と比較することは不可能である。そこでコンピュータ・シミュレーションの登場となる。シミュレーションでは、エージェントの中にコミュニケーション能力の高い「大きな」エージェントが含まれることで、

- (a) クラスター間の競争にどのように影響するのか。
- (b) クラスターの大きさ、コミュニケーションはどのように変化するのか。
- (c) 大きなエージェントはどのような役割を果たすのか。


という点が注目される。

2．モデルの仕様

こうしたシミュレーションには使いやすいシミュレータの存在が欠かせないが、教育を目

的としたマルチ・エージェント型のシミュレータとしては、複雑系のメッカ、米国 SantaFe 研究所で開発された Swarm が有名で、世界で広く使われている。マサチューセッツ工科大学では、教育用の StarLogo も使用されてきた。しかし、Swarm では、日本語を使うことができず、シミュレーション・プログラムを組むのに特殊な言語 (Objective C) を習得しなければならなかったり、インストールが難しかったりと、特に社会科学系の研究者や学生にとって、大きな負担になっていた。そこで、Swarm のコンセプトを継承しつつ、日本語環境で利用しやすいシミュレータとして開発されたのが ABS である²。ABS とは Agent Based Simulator の略で、マルチ・エージェントのシミュレーションを行うためのソフト、シミュレータの一つである。このシミュレータ ABS を使うことを念頭に置いて、モデル化を試みよう。まずは、いくつかの概念を定義しておく必要がある。

(1)パス長 L: path length


具体的には、で示してあるような例のようにパス長を測る。パス長は次のように定義される。

同色の二つのエージェント A と B の間がすべて同色のエージェントでつながっている時、それをパスと呼び、A と B はコミュニケーション可能とする。

パス長 L は、エージェント A から B に到達するまでに経由するエージェントの個数とする。ただし、B 自体も数えるので、A と B が隣接している場合でも $L=1$ となる。



いくつかパスがあった時には、そのうち最短のものをパス長 L と定義する。

(2)クラスター値 C: clustering value

具体的には、 (A) で示してあるような計算の仕方をする。クラスター値の定義は次のようになる。

あるエージェントにとって、コミュニケーション可能な同色のエージェントのクラスターのサイズ。

ただし、クラスターのサイズとはいっても、クラスター値 C はクラスターを構成する同色のエージェントの個数の単純な合計ではない。パス長 L が大きくなると伝達に時間がかかるため、 $1/L$ で加重した合計個数になる。

そのため、 (A) の例でもわかるように、同じクラスターに所属していても、そのクラスター内のポジションでエージェントのクラスター値 C の値は変わってくることになる。 (A) では、エージェント A よりも B、さらに D の方がクラスター値が大きくなり、一般に、エージェントのポジションがクラスターの中央に近くなるほど、そのエージェントのクラスター値 C の値は大きくなる。

このクラスター値を使って、コミュニケーション競争モデルのルールを記述することができる。まず、各エージェントにとっては、自分のクラスター値 C の値が大きければ、一定時間の間に、それだけ多くの情報を収集できることになり、より大きな C をもつエージェントが競争優位に立つ。そこで、

² (株)構造計画研究所創造工学部のホーム・ページ <http://www2.kke.co.jp/> から ABS 試用版をダウンロードして使うことが出来る。また ABS を教育目的で使用する場合には、無料貸与もされている。

図1 . パス長の計算例

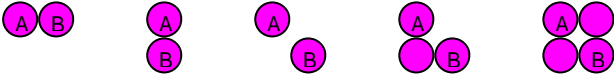
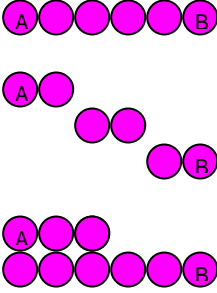
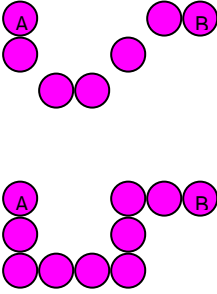
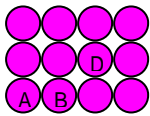
パス長	クラスターの形状の例
L=1	
L=5	
L=6	

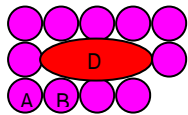
図2 . クラスター値の計算例

(A) クラスター値の計算



	該当エージェント数とクラスター値の計算					
	A		B		D	
L=1	3	$3 \times 1=3.0$	5	$5 \times 1=5.0$	8	$8 \times 1=8.0$
L=2	5	$5 \times (1/2)=2.5$	6	$6 \times (1/2)=3.0$	3	$3 \times (1/2)=1.5$
L=3	3	$3 \times (1/3)=1.0$				
計	11	6.5	11	8.0	11	9.5

(B) 大きなエージェントを投入したことによるクラスター値の変化








	該当エージェント数とクラスター値の計算			
	A		B	
L=1	3	$3 \times 1=3.0$	4	$4 \times 1=4.0$
L=2	8	$8 \times (1/2)=4.0$	7	$7 \times (1/2)=3.5$
L=3				
計	11	7.0	11	7.5

各エージェントは、より大きなクラスター値 C を求めて移動する。
各エージェントが 1 期に移動できる距離は 1 に固定する。
各エージェントは距離 1 の範囲で他のエージェントをサーチする。逆に言えば、距離 2 以上離れると、エージェントは他のエージェントを感知することはできなくなる。
別の色のクラスターと接触したエージェントは、もし相手方に組した方がクラスター値 C の値が大きくなるのであれば乗り換え、寝返る(つまり色が変わる)。

というルールを設定する。このモデルは後の比較のために「合理モデル」(rational model) と呼ばれるが、本来は の性質から、Simon (1947) の定義するような意味で、「限定された合理モデル」(bounded rational model) と呼んだ方が正確である。

(3) 大きなエージェント

大きなエージェントとは、例えば、先ほどの  (A) の例で、今度は、エージェント D がセル 3 個分の大きさのエージェントになったとしよう。このときクラスターを構成するエージェントの個数は変わらないものとするが、そうすると  (B) のようになる。大きなエージェントの特徴は、他のエージェントと接触可能な「面」が多いことと、どんなに大きいエージェントでもパス長を測る時には 1 個と数えるということにある。したがって、 (B) に示されるようにクラスター値が変化することになる。ただし、大きなエージェントを投入したからといって、単純にクラスター内の他のエージェントのクラスター値が大きくなるわけではないこともわかる。実際、 (A) と  (B) を比較すると、エージェント A はクラスター値が 6.5 から 7.0 に増加しているが、エージェント B の方は、逆にクラスター値が 8.0 から 7.5 に減少している。

(4) エージェントの初期配置

クラスターの形成は、シミュレーション開始時のエージェントの初期配置に大きく影響される。コミュニケーション競争モデルの場合、乱数のシード値を指定することで、エージェントの初期配置を再現することができる。乱数シード値は実行環境設定からのみ指定できるので、シミュレーション 1 回毎に変更しなければならない。デフォルトでは、ABS が勝手に乱数を発生させることになっているので、初期配置を指定するためには、実際にコンピュータ・シミュレーションを行う前に、乱数シード値を固定してから行う。

ただし、同じ乱数シード値を使っても、すべて小エージェントの時と、大エージェントを投入したときとは、若干、初期配置が異なってしまう。例えば、全体で 20 個のエージェントのうち、2 個を大きさ 3 の大エージェントに変えると、その大エージェント 2 個を含めて 4 個のエージェントの初期配置が変わってしまう。しかし、極力、両者の初期状態を同じものにしてから比較するために、シミュレーションは乱数シード値を固定して行うことにした。

3. シミュレーションの結果

それでは、さっそくシミュレーションを行ってみることにしよう。ComCom モデル用のプログラムは ComCom.abs として提供されている(より詳細には付録を参照のこと)。コンピュータ・シミュレーションを行う際には、次の三つの指標が注目されることになる。

活動度: これは各ステップにおいて動いたエージェントの数を表示している。ただし、各エージェントの動ける範囲は距離 1 に限定されている。 $t+1$ 期に出力される「活動度」

は t 期のマップから $t+1$ 期のマップの状態に推移する際の活動量を表している。

合計クラスター値: これは、クラスターを構成しているすべてのエージェントのクラスター値を合計したものである。図 1 からわかるように、格子モデルでは、クラスターの角で接触しているエージェントも同じクラスターの一員として扱っている。

平均クラスター規模: クラスターを形成するエージェントの数をクラスター規模と呼ぶ。平均クラスター規模は、全エージェント数を「クラスター数」で割って求める。

ComCom.abs では、いずれの指標も数値とグラフで表示されるようになっている。

そこで、空間を、種別が「格子モデル」、大きさは 20×20 、端点処理は「ループする」に設定する。その上で

(ケース 1) 長さ 1 の赤いエージェント 10 個、青いエージェント 10 個。

(ケース 2) 赤いエージェントは長さ 1 が 8 個に長さ 3 が 2 個の計 10 個、
青いエージェントはケース 1 と同じく長さ 1 のものが 10 個。

各ケースで乱数シード値を 1~30 まで 1 ずつ増やしながらかつ 30 回試行し、各試行で 300 期まで各期の「平均クラスター規模」、「クラスター値の合計」を記録していくことにしよう。

(1)意外な結果をもたらした大エージェント: ゲートキーパー

コミュニケーション能力の高い大エージェントが投入されるのであるから、前述の注目ポイント: (a)クラスター間の競争、(b)クラスターの大きさとコミュニケーションの変化、(c)大きなエージェントの役割、については、当然、次のような結果になるのではないかと、当初、予想していた。

予想 1 . ケース 1 と比べれば、ケース 2 では、大エージェントを抱える赤陣営の方が青陣営に比べて競争を有利に進める。

予想 2 . 大エージェントが投入されることで、より大きなクラスターが形成されるので、ケース 1 よりもケース 2 の方が、平均クラスター規模が大きくなる。同時に、ケース 1 よりもケース 2 の合計クラスター値が増加する。

予想 3 . ケース 2 では、大エージェントが核になって、そのまわりに、ケース 1 より大きなクラスターが形成される。

特に予想 3 では、ひょっとすると、大きなエージェントが何個か偶然につながって、コミュニケーション・ハイウェイのようなものが形成されたクラスターが、強みを発揮して巨大に成長するかもしれないとも予想していた。ところが、シミュレーションの結果は、次のような意外なものだった。

(a)クラスター間の競争にどのように影響するのか。

大きなエージェントを投入したことで、赤陣営が強くなったということはない。表 1 にも示されているように、300 期目の結果を比較すると、すべて小エージェントだけであったケース 1 の場合の、赤陣営の平均は 10.07 個とほぼ 10 であったが、赤陣営の二つの小エージェントを大エージェント二つに入れ替えると、赤陣営の平均はかえって 7.70 個に低

表1 . 300期目の赤エージェントの個数

乱数シード値	合理モデル			徘徊モデル		
	ケース1 エージェント	ケース2 大エージェント2投入	大エージェント 投入で多数派 が逆転	ケース1 エージェント	ケース2 大エージェント2投入	大エージェント 投入で多数派 が逆転
1	14	13		17	20	
2	8	2		17	0	赤逆転負け
3	9	12	赤逆転勝ち	20	20	
4	13	4	赤逆転負け	20	20	
5	20	3	赤逆転負け	11	0	赤逆転負け
6	20	8	赤逆転負け	20	0	赤逆転負け
7	17	17		20	20	
8	14	2	赤逆転負け	0	0	
9	4	0		0	0	
10	10	10		17	0	赤逆転負け
11	20	13		18	20	
12	6	12	赤逆転勝ち	0	0	
13	12	16		6	0	
14	0	4		0	20	赤逆転勝ち
15	4	0		0	0	
16	9	4		0	0	
17	0	10		0	0	
18	6	4		20	20	
19	13	6	赤逆転負け	8	0	
20	20	8	赤逆転負け	20	0	赤逆転負け
21	9	17	赤逆転勝ち	20	0	赤逆転負け
22	8	8		0	20	赤逆転勝ち
23	8	5		9	20	赤逆転勝ち
24	13	0	赤逆転負け	12	0	赤逆転負け
25	8	13	赤逆転勝ち	0	20	赤逆転勝ち
26	9	15	赤逆転勝ち	17	20	
27	0	0		0	0	
28	13	8	赤逆転負け	0	0	
29	12	11		0	0	
30	3	6		0	0	
平均	10.07	7.70	赤逆転勝ち 5	9.07	7.33	赤逆転勝ち 4
標準偏差	5.87	5.35	赤逆転負け 8	8.83	9.80	赤逆転負け 7
平均値の差	t=1.633	p=0.108		t=0.720	p=0.475	
等分散	F=0.038	p=0.847		F=2.446	p=0.123	

下してしまった。平均値の差は有意でこそなかったものの($t=1.633; p=0.108$)、むしろ成績が悪くなってしまったのである。

結果 1 a . ケース 1 と比べて、ケース 2 で、大エージェントを抱える赤陣営の方が青陣営に比べて強くなったことはなかった。むしろ傾向としては、赤陣営の方が弱くなっていた。

実際、表 1 からわかるように、ケース 1 では赤陣営が過半数を占めていたにもかかわらず、ケース 2 になって赤陣営に大エージェント 2 個を投入した結果、赤陣営が逆に少数派になってしまったのは 8 試行にもなる。これは、ケース 1 で赤陣営が少数派だったが、ケース 2 になって赤陣営に大エージェント 2 個を投入した結果、赤陣営が逆転して多数派になった試行数 5 を上回っている。シミュレーションの経過を観察してみると、これは、大きなエージェント自体がすぐに相手方に寝返ってしまうことが原因であった。

(b) クラスターの大きさ、コミュニケーションはどのように変化するのか。

既に(a)で、大エージェントの投入は勝敗には影響しないことがわかったので、赤陣営、青陣営に関わらず、全体で見ることにして、各期における平均クラスター規模を 30 回の試行で平均して求めると、図 3 のようになる。これによると、大エージェントを投入したケース 2 の方が平均クラスター規模は早く立ち上がる傾向があることが分かった。ただし、300 期には、どちらのケースでも平均クラスター規模は 6 個強になっており、その差は縮まっている。つまり、大エージェントの投入により、より大きなクラスターが形成されるようになるのではなく、より速くクラスターが形成される傾向があることになる。

同様に、赤陣営、青陣営に関わらず、全体で見ることにして、各期における合計クラスター値を 30 回の試行で平均して求めると、図 4 のようになる。これによると、平均クラスター規模でみたときと同様に、大エージェントを投入したケース 2 の方が合計クラスター値は早く立ち上がる傾向がある。ただし、300 期には、どちらのケースでも合計クラスター値は 100 強になっており、その差は縮まっている。これはクラスター規模を反映したものと考えられる。

結果 2 a . 大エージェントが投入されることで、ケース 1 よりもケース 2 の方が、より速くクラスターが形成され、合計クラスター値の立ち上がりが速くなる。しかし結果的には、形成が速いだけで、ケース 1 と比べてケース 2 の方が平均クラスター規模が大きくなるわけではないし、合計クラスター値が大きくなるというわけでもない。

(c) 大きなエージェントはどのような役割を果たすのか。

それでは、大エージェントを投入しても、赤陣営が強くなったというわけでもないのに(むしろ弱くなっていた)、なぜ大エージェントの投入で、より速くクラスターが形成されるようになるのであろうか。その理由は、当初予想していなかった大エージェントの意外な振る舞いにあった。大エージェントは当初の予想のようにクラスターの中心にいるのではなく、ほぼ常にクラスターの周辺部に位置していたのである。より正確に記述すれば、ケース 2 の「大エージェント 2 投入」の場合、シミュレーションの最中、大エージェントはほぼ常時、クラスターの表面に露出していた。

例外的だったのは、乱数シード値=12 の試行のときで、大エージェントの周りを 9 個の小エージェントが取り囲むようにしてぐるぐる回る現象が観察されたが(この場合も、正確には大エージェントは露出している)、この場合、正確には、大エージェントを核にクラス

図3 . 合理モデル 平均クラスター規模の平均

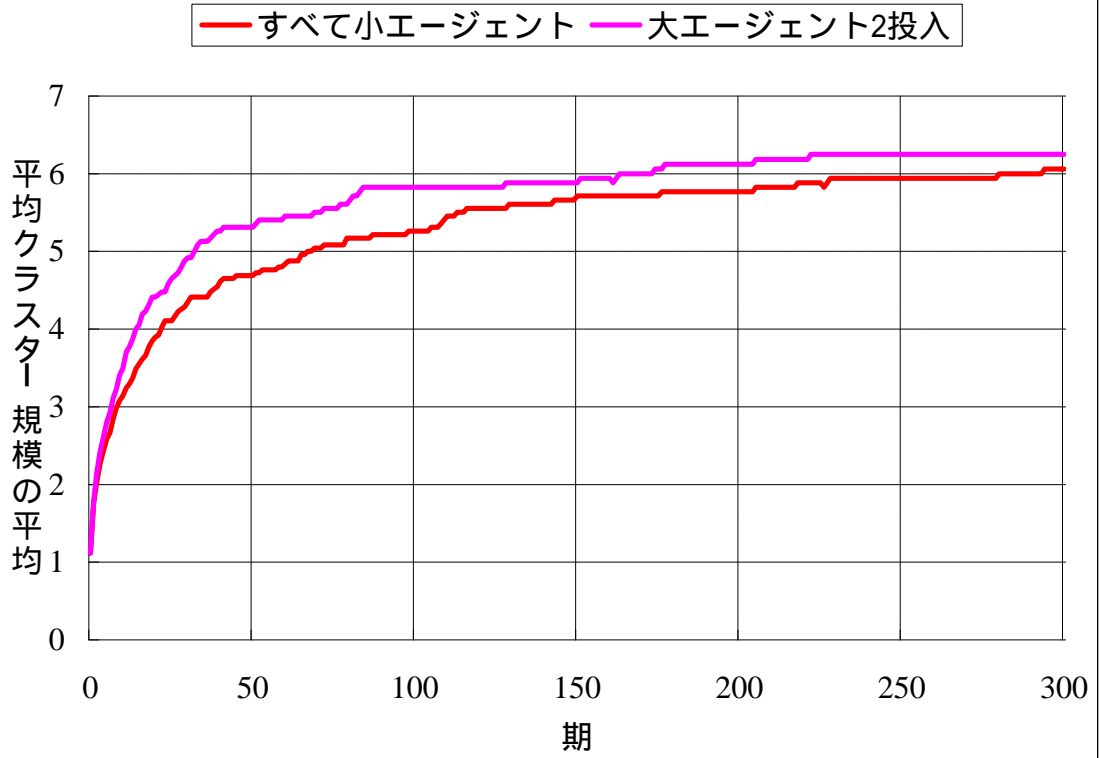
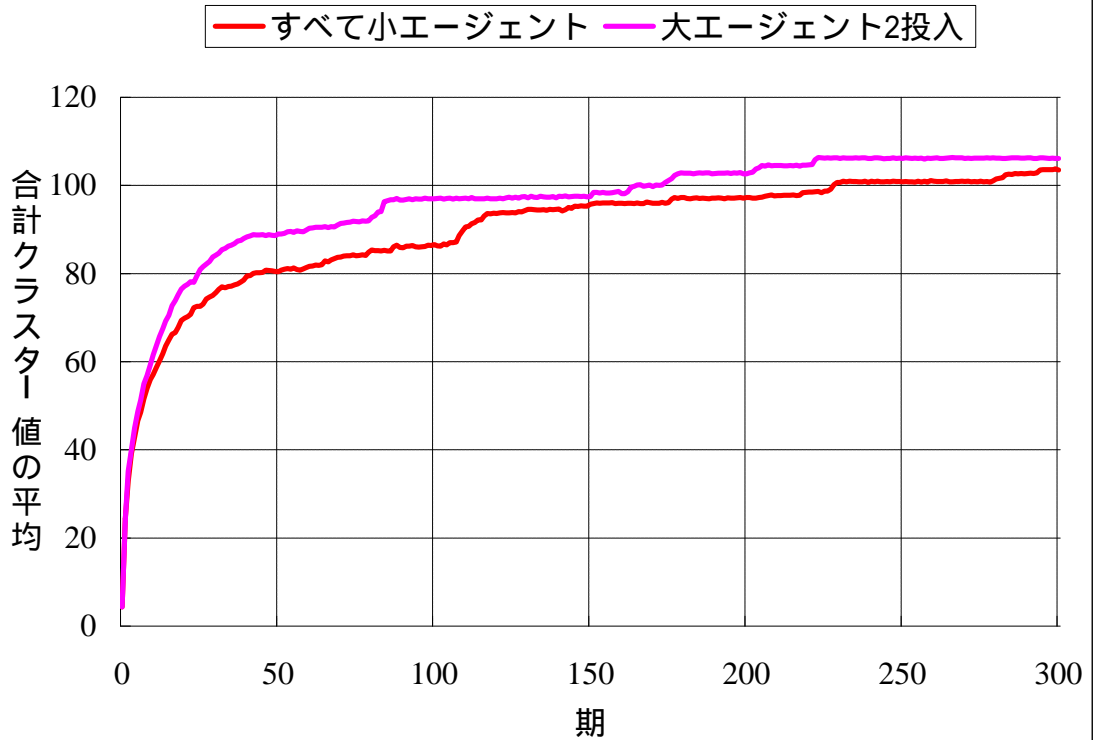


図4 . 合理モデル 合計クラスター値の平均




ターが形成されたというよりも、小エージェントが大エージェントの動きを封じていたと記述の方が正しい。モデルを着想した当初は、大エージェントの周りに小エージェントが群がる姿を想像していたので、これは意外であった。

この乱数シード値=12 の試行を除けば、実際のシミュレーションでは、大きなクラスターが形成されてくると、大エージェントはクラスターの中央ではなく、周りをぐるぐる回り、まるでアメーバが触手を伸ばすかのような動きをしながら周辺のエージェントをかき集めてくる役割を果たすようになる。そのために、大エージェントを投入するとクラスターの形成が早くなるのである。大エージェントはまさにクラスターのゲートキーパーとしての位置を保持し、ゲートキーパーとしての機能を果たしていたのである。

結果 3 a . ケース 2 では、大エージェントはクラスターの周辺部に位置して、ほぼ常時、クラスターの表面に露出して周りをぐるぐる回り、まるで触手のような動きをしながら周辺のエージェントをかき集めていた。

(2)均衡とロックイン

活動度で見ると、ケース 1 のすべて小エージェントのケースでは、30 試行のうち 7 試行(乱数シード値= 6, 8, 12, 13, 14, 18, 23)、ケース 2 の大エージェント 2 投入のケースでは、30 試行のうち 6 試行(乱数シード値= 4, 9, 18, 19, 22, 28)は、300 期になる前に、活動度が 0 になっている。つまり全 20 エージェントが活動を停止したのである。これは、エージェントが現在のポジションから移動するとかえってクラスター値が低下してしまうために、現在のポジションに留まり続けるために起こる現象で、「均衡」状態に対応している。

それ以外の試行では活動度は 0 にはならないが、その場合でもいくつかのクラスターは「均衡」に到達している。正確に言えば、「均衡」の概念はクラスターについてのもので、すべてのクラスターが均衡状態に達したときに、全体の活動度が 0 になるのである。整理がしやすい、すべて小エージェントのクラスターについて、シミュレーションの観察結果を整理すると、5 のようになる。クラスター規模が、4, 6, 8, 9, 10, 13, 15, 16, 20 の場合には、均衡状態となるクラスターの形状が少なくとも一つは存在し、時間をかければそのいずれかの形状に到達し、クラスターは「均衡」する。それに対して、クラスター規模が 1, 2, 5 のクラスターは常に形状を変えながら「ランダム・ウォーク」をすることになる。

そのいずれでもない、クラスター規模が 3, 7, 11, 12 のクラスターは、活動度が 0 になるわけではないが、ある領域の範囲内にエージェントが封じ込められ「ロックイン」の状態になる。例えば、

クラスター規模 3 のクラスター.....位置的に固定した 2×2 の四つのセルの範囲内で三つのエージェントが移動し続ける状態が続く。

クラスター規模 7 のクラスター.....位置的に固定した 3×3 の 9 個のセルの範囲内で、真中の一つのエージェントの周りを取り残り 6 個のエージェントが移動し続ける。

クラスター規模 11 のクラスター.....位置的に固定した 3×3 の 9 個のエージェントの周りを取り残り 2 個のエージェントがうろつき続ける。

クラスター規模 12 のクラスター.....位置的に固定した 2×2 の 4 個のエージェントの周りを取り残り 8 個のエージェントがうろつき続ける。


これら以外の、クラスター規模 14, 17, 18, 19 のクラスターは、今回のシミュレーションでは観察できなかった。こうして、クラスター規模によって、すべて小エージェントからなるクラスターの状態は 2 のように分岐することになる。

図5. 均衡状態のクラスターの形状例


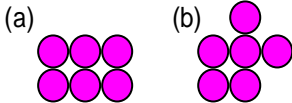
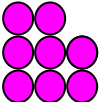
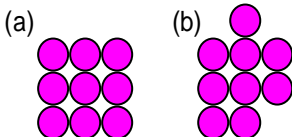
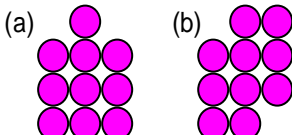
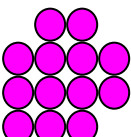
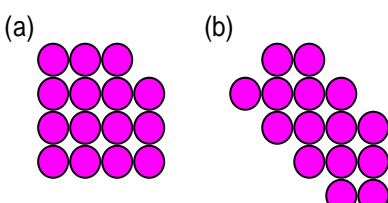
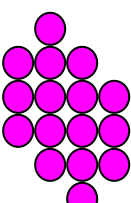
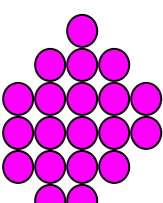
クラスター規模	均衡状態のクラスターの形状例	形状が観察された乱数シード値の例
4		
6		(a) 3, 8 (b) 9, 18
8		4, 5, 7
9		(a) 20, 22, 26 (b) 3, 6, 15, 16
10		(a) 5, 17 (b) 7, 10
13		4
15		(a) 5 (b) 14
16		6
20		14

表 2. クラスタ規模によって決まるクラスタの状態

クラスタ規模	クラスタの状態
1, 2, 5	ランダム・ウォーク
3, 7, 11, 12	ロックイン(ある範囲内にエージェントが封じ込められる)
4, 6, 8, 9, 10, 13, 15, 16, 20	均衡(活動度が 0 になる)
(14, 17, 18, 19)	(観察できなかった)

こうして、表 3 では、ケース 1 のすべて小エージェントのケースについては、30 試行すべてについて、300 期でのクラスタの分布を整理している。この表からわかることは、ランダム・ウォークのクラスタが 300 期でもまだ残っている乱数シード値=2, 3, 5, 11, 24 の 5 試行については、300 期以降もさらにシミュレーションを続けると、別の状態に変化する可能性が残されていることである。しかし、それ以外の 15 試行については、たとえ活動度が 0 にならなくても、既にすべてのクラスタが「均衡」または「ロックイン」の状態にあり、これ以上シミュレーションを続けても、その状態は変化しないことになるのである。

4 . 合理モデルの均衡を超える徘徊モデルのアーメーバ

すべてのクラスタが「均衡」または「ロックイン」の状態にあり、シミュレーションをそれ以上続けても状態が変化しないことは、はたして望ましい状態なのであろうか。そのことを考えるために、これまでの合理モデルに加えて、いつまでも均衡しない、落ち着いたのないエージェントからなる「徘徊モデル」も考えて、合理モデルとの比較の中で、均衡が望ましいといえるのかどうかを考察してみよう。

これまでの合理モデルは、エージェントはより高いクラスタ値を求めて行動するのだが、違いを明らかにするために、多少くどい表現をすると、次のようなモデルだった。

合理モデル(rational model): エージェントは、現在ポジションも含めて、移動可能なポジションの中で、もっともクラスタ値の高くなるポジションに移動する。

したがって、現在ポジションでのクラスタ値の方が移動可能なポジションへの移動後のクラスタ値より大きいまたは等しければ移動しない。そのため、エージェントが現在のポジションから移動するとかえってクラスタ値が低下してしまうときには、現在のポジションに留まり続ける現象が発生する。これを「均衡」と呼んでいたわけである。つまり合理モデルでは、クラスタが均衡することもあったわけである。それに対して、今度は次のようなモデルを考える。


徘徊モデル(wandering model): エージェントは、現在ポジション以外の移動可能なポジションの中で、もっともクラスタ値の高くなるポジションに移動する。つまり、移動可能な場所がある限り、必ず移動する。


徘徊モデルは、合理モデルに比べて、短期的には明らかに劣ったパフォーマンスしかもたらさないはずのモデルである。なぜなら、現在のポジションにとどまっていた方が、クラスタ値が高くなるような場合でも、あえて現在のポジションを捨てて、他へと移動してしまうからである。まさに近代経済学的な均衡概念を否定した行動といえる。実際、徘徊

表3 . 合理モデル/ケース1(すべて小エージェント)のクラスターの分布(300期目)


乱数 シード値	クラスター規模(300期目)																				クラス ター数
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1			3								1										4
2			1	1	1			1													4
3					1	1			1												3
4							1						1								2
5					1										1						2
6				1												1					2
7			2	1						1											4
8						2		1													3
9			1	1		1	1														4
10			2	1						1											4
11					1	1			1												3
12				2		2															4
13				1				2													3
14																			1		1
15				1			1		1												3
16				1			1		1												3
17			2	1						1											4
18						2		1													3
19			2	2		1															5
20									1		1										2
21			2	2		1															5
22			1	2					1												4
23				3				1													4
24			1	3	1																5
25			1					1	1												3
26			1	2					1												4
27									1		1										2
28			1	2		1	1														5
29								1				1									2
30			1					1	1												3

 均衡

 ロックイン

 ランダム・ウォーク

サイズ14,17,18,19のクラスターは観察できなかった

 活動度0

徊モデルのように設定すると、いつまでもたっても活動度が下がらず(=いつまでたっても活動度が0になることはない)、均衡しなくなってしまう。そして、大きなクラスターがまるでアメーバのような動き方をするようになる。

(1)徘徊モデルがもたらす高パフォーマンス

そこで合理モデルのときと同様に、徘徊モデルでシミュレーションを行ってみよう。すなわち、空間は、種別が「格子モデル」、大きさは 20×20 、端点処理は「ループする」に設定して、

(ケース 1) 長さ 1 の赤いエージェント 10 個、青いエージェント 10 個。

(ケース 2) 赤いエージェントは長さ 1 が 8 個に長さ 3 が 2 個の計 10 個、

青いエージェントはケース 1 と同じく長さ 1 のものが 10 個。

各ケースで乱数シード値を 1~30 まで 1 ずつ増やしながらかつ 30 回試行し、各試行で 300 期まで各期の「平均クラスター規模」、「クラスター値の合計」を記録していくことにしよう。シミュレーションの結果、次のようなことがわかった。

(a)クラスター間の競争にどのように影響するのか。

合理モデル同様に、大きなエージェントを投入したことで、赤陣営が強くなったということとはなかった。既に掲げてある表 1 にも示されているように、300 期目の結果を比較すると、すべて小エージェントだけであったケース 1 の場合の、赤陣営の平均は 9.07 個であったが、赤陣営の二つの小エージェントを大エージェント二つに入れ替えると、赤陣営の平均はかえって 7.33 個に低下してしまった。これは合理モデルと同じ傾向である。平均値の差は有意でこそなかったものの($t = 0.720; p = 0.475$)、むしろ成績が悪くなってしまったのである。実際、表 1 からわかるように、ケース 1 では赤陣営が過半数を占めていたにもかかわらず、ケース 2 になって赤陣営に大エージェント 2 個を投入した結果、赤陣営が逆に少数派になってしまったのは 7 試行にもなる。これは、ケース 1 で赤陣営が少数派だったが、ケース 2 になって赤陣営に大エージェント 2 個を投入した結果、赤陣営が逆転して多数派になった試行数 4 を上回っている。これも合理モデルと同様の傾向で、シミュレーションの経過を観察してみると、これは、大きなエージェント自体がすぐに相手方に寝返ってしまうことが原因であった。

結果 1 b . 合理モデルと同様に、徘徊モデルでも、ケース 1 と比べて、ケース 2 で、大エージェントを抱える赤陣営の方が青陣営に比べて強くなったことはなかった。むしろ傾向としては、赤陣営の方が弱くなっていた。

(b)クラスターの大きさ、コミュニケーションはどのように変化するのか。

既に(a)で、大エージェントの投入は勝敗には影響しないことがわかったので、赤陣営、青陣営に関わらず、全体で見ることにして、各期における平均クラスター規模を 30 回の試行で平均して求めると、図 6 のようになる。この図には比較のために合理モデルのときの図 3 を重ね合わせてあるが、合理モデルと比較して、徘徊モデルの平均クラスター規模は圧倒的に大きい。300 期には、合理モデルでは平均クラスター規模が 6 個強だったものが、徘徊モデルではケース 1 で 12 個強と 2 倍、さらにケース 2 では 20 個近くになっている。つまり徘徊モデルでは大エージェントを投入すると、初期配置にかかわらず、300 期ではほぼ一つのクラスターに集約されるようになるのである。

図6 . 合理モデル 平均クラスター規模の平均

— 合理モデルすべて小エージェント — 合理モデル大エージェント2投入
— 徘徊モデルすべて小エージェント — 徘徊モデル大エージェント2投入

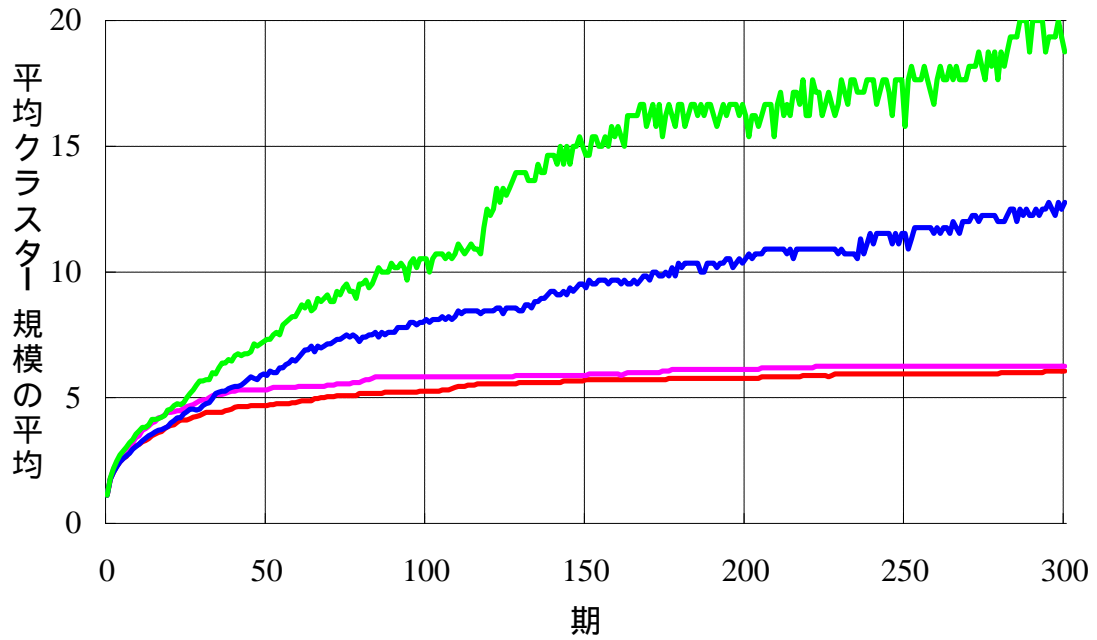
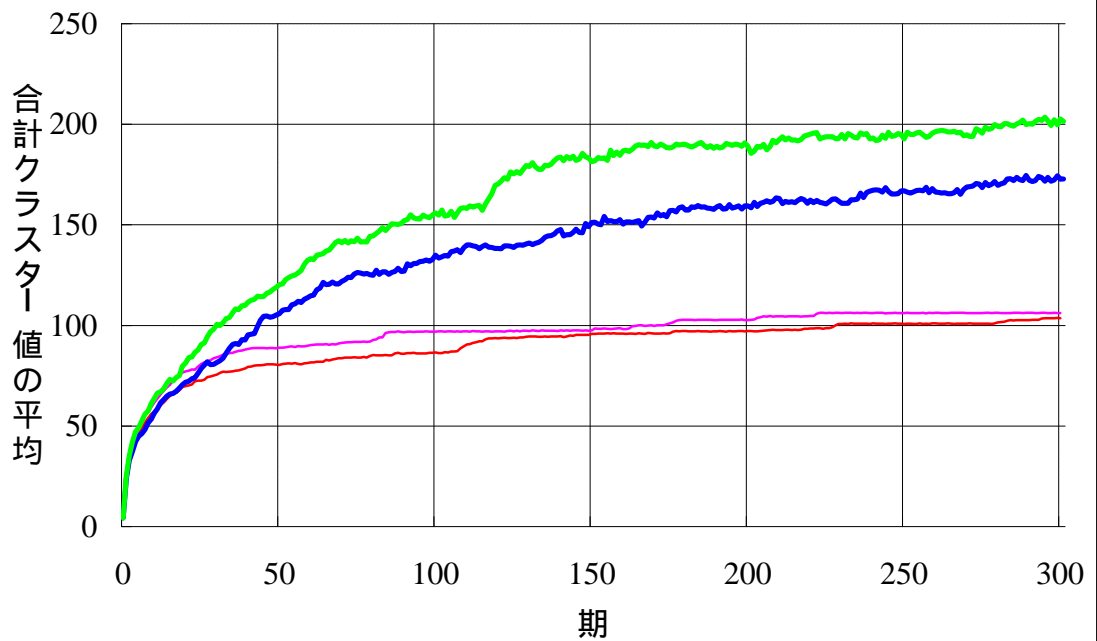


図7 . 徘徊モデル対合理モデル 合計クラスター値の平均

— 合理モデルすべて小エージェント — 合理モデル大エージェント2投入
— 徘徊モデルすべて小エージェント — 徘徊モデル大エージェント2投入



同様に、赤陣営、青陣営に関わらず、全体で見ることにして、各期における合計クラスター値を 30 回の試行で平均して求めると、**図 7** のようになる。この図には比較のために合理モデルのときの **図 4** を重ね合わせてあるが、合理モデルと比較して、徘徊モデルの合計クラスター値は圧倒的に大きい。これは徘徊モデルの方が圧倒的にクラスター規模が大きいからである。300 期には、合理モデルでは合計クラスター値が 100 強だったものが、徘徊モデルではケース 1 で 170 強、さらにケース 2 では 200 強になっている。つまり徘徊モデルの方が合計クラスター値が 2 倍にもなるのである。

このように徘徊モデルは、合理モデルと比べて、圧倒的に大きなクラスターが形成されることになるが、同時に、ケース 1 とケース 2 の差も大きくなっている。合計クラスター値についても同様である。しかし、これは大エージェントの投入により、より大きなクラスターが形成されるようになったのではない。実は、**図 6** から、小エージェントだけのケース 1 では、300 期ではまだクラスター形成の途中であり、平均クラスター規模がまだ増加傾向にあることが読み取れる。合理モデルと同様に、大エージェントを投入したケース 2 の方が平均クラスター規模は早く立ち上がる傾向があるのである。同様に **図 7** でも、大エージェントを投入したケース 2 の方が合計クラスター値は早く立ち上がる傾向が見える。

それでは、本当に、徘徊モデルのケース 1 では、300 期でもまだクラスター形成の途中経過しか見ていないのであろうか。そこで、合計クラスター値を使って、そのことを分析してみよう。ここで平均クラスター値を使わないのには理由がある。徘徊モデルでは、平均クラスター規模は単調に増加しないで、上下に変動しながら増加する傾向がある。これは、徘徊モデルでは、一旦はクラスターを形成したエージェントが、時々 1 個だけ波しぶきのように離れ、また集団にくっつく現象が起こるためである。しかしクラスターが 1 個になった後でも、時々 2 個になることがあると、実際にはクラスターが分断されたのではなく、エージェントが時々 1 個だけ波しぶきのように離れただけでも、平均クラスター規模は半分になってしまう。このように平均クラスター規模は徘徊モデルの場合、振れが大きく、あまり実態を反映していないことがある。それに対して、合計クラスター値は比較的安定しているので、こちらを使うのである。

そこで、今度は 300 期の最後の 10 期、すなわち 291 期から 300 期の合計クラスター値を平均して、それで 30 の試行をケース 1、ケース 2 の内で、それぞれ順位づけてみることにしよう。すると **図 8** が得られる。この図からわかるように、実は、「すべて小エージェント」のケース 1 でも、30 試行中、上位 17 番目の試行までは、「大エージェント 2 投入」のケース 2 と同じ合計クラスター値なのである。ところが、ケース 1 の場合にはそれ以降の試行では、300 期までに、まだ一つのクラスターを形成するに至っていないのである。つまり、ケース 1 では、300 期ではまだ半分の試行で、クラスター形成の途中で打ち切られた状態で観察していることになる。実際、ケース 1 の上位 17 番目の試行までだけで、合計クラスター値の平均を計算すると、**図 9** のようになり、「大エージェント 2 投入」のケース 2 と比べて、立ち上がりが遅いだけであることがより鮮明に分かる。そこで、結果を次のようにまとめよう。

結果 2 b . 合理モデルと同様に、徘徊モデルでも、大エージェントが投入されることで、ケース 1 よりもケース 2 の方が、より速くクラスターが形成され、合計クラスター値の立ち上がりも速くなる。しかし形成が速いだけで、結果的には、ケース 1 と比べてケース 2 の方が、平均クラスター規模が大きくなるわけではないし、合計クラスター値が大きくなるというわけでもない。

図8 . 徘徊モデル 合計クラスター値の最後の10期平均

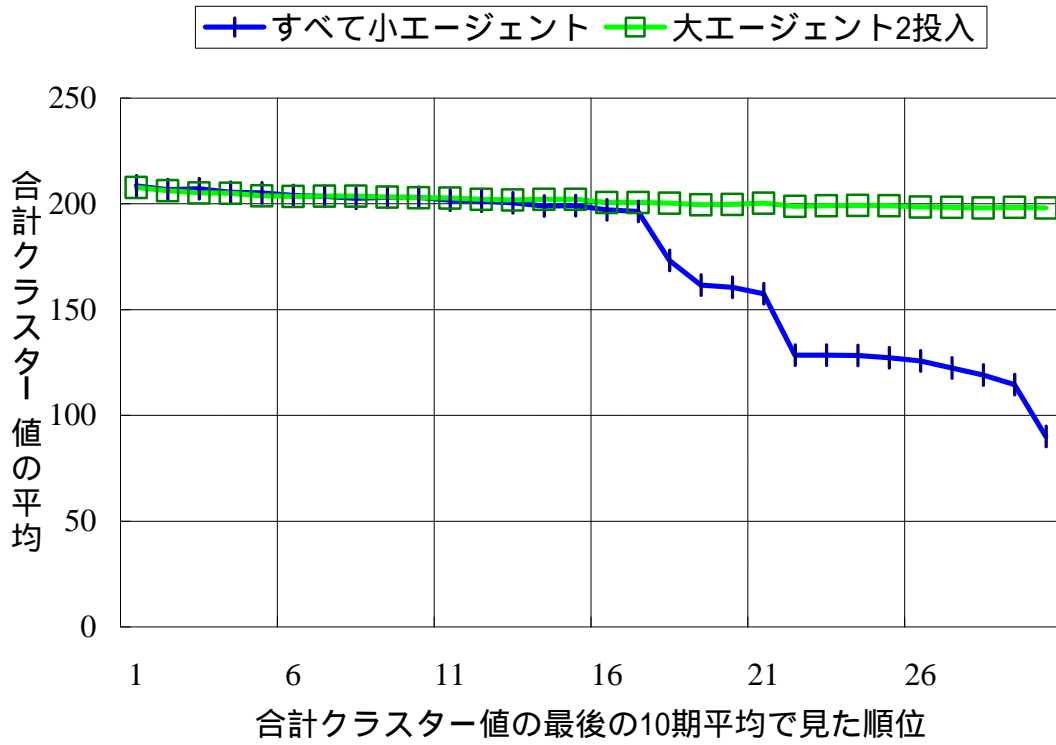
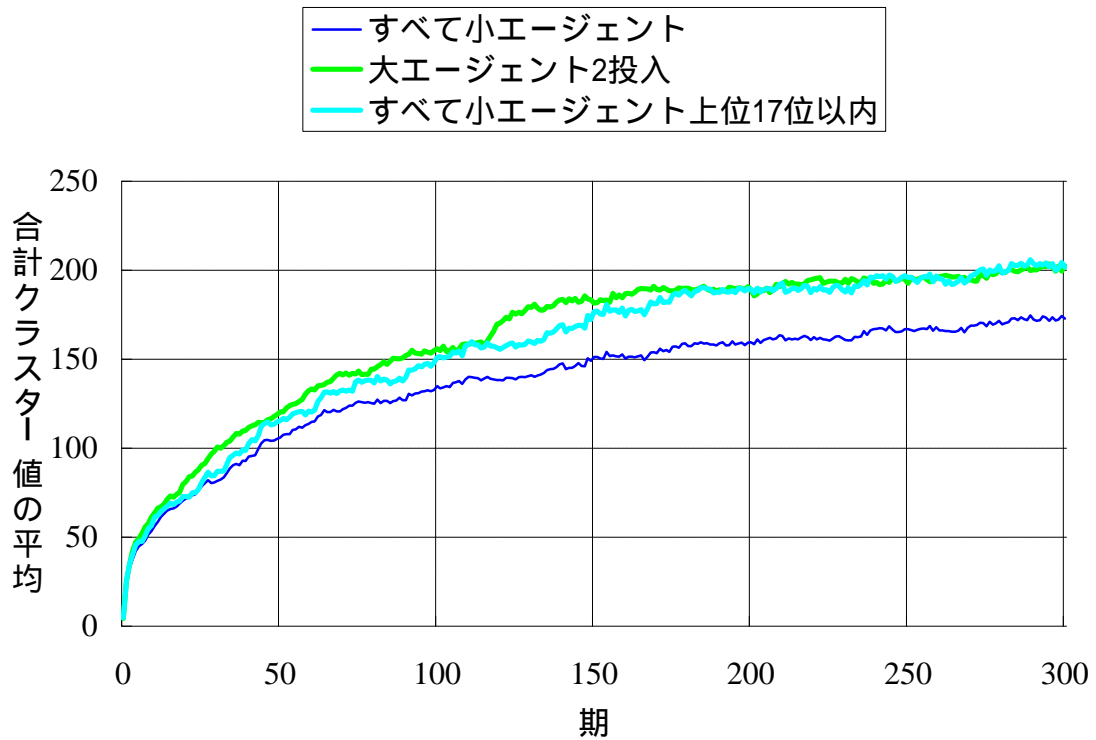


図9 . 徘徊モデル 合計クラスター値の平均の比較



おそらく、もっと時間をかければ、ケース1でも、すべての試行でクラスターは一つになるのだろうが、現在のコンピュータでは、既に計算時間が限界にきており、数千期のシミュレーションを行うことは現実的ではない。

(c)大きなエージェントはどのような役割を果たすのか。

結果3b．合理モデルと同様に、徘徊モデルでも、大エージェントはクラスターの周辺部に位置して、ほぼ常時、クラスターの表面に露出して周りをぐるぐる回っていた。徘徊モデルではクラスター自体の形も変化し続けるので、クラスター全体が、まるでアメーバが触手を伸ばすような動きをしながら周辺のエージェントをかき集めていた。

ところで、合理モデルでも徘徊モデルでも、このシミュレーションの結果2a、2bは、大きなエージェントの投入は、クラスターの形成・立ち上げを迅速にするという点では効果があることを示している。したがって、時間との競争をしているような研究開発においては、大きなエージェントの投入は効果があるかもしれない。しかし、品質を造り込んでいくような品質管理を重視する実際の製造現場では、かならずしも大きなエージェントは必要ないかもしれない。時間はかかっても、いずれクラスター規模、合計クラスター値の指標で追いつくことになるからである。そこで、次の節では、製薬産業での研究開発の事例をとりあげ、ゲートキーパーの機能をR&Dチームの形成と立ち上げという観点から考察してみることにする。

いずれにせよ、合理モデルに比べて、短期的には明らかに劣ったパフォーマンスしかもたらさないはずの徘徊モデルが、結果的には、圧倒的に高いパフォーマンスをもたらすということは確かである。現在ポジションにとどまっていた方が、クラスター値が高くなるような場合でも、あえて現在のベスト・ポジションを捨てて、他へと移動してしまうという、まさに近代経済学的な均衡概念を否定した行動が、結果的には高パフォーマンスをもたらすのである。合理モデルで、均衡とロックインの支配する世界は、まるで死の世界のように見える。それに対して、徘徊モデルでは、大きなクラスターがまるでアメーバのような動きをするようになる。まさに「死」対「生」、あるいは「無機的」対「有機的」という対比を連想させる。そして徘徊モデルでは、大きなエージェントは、アメーバのような動きをするそのクラスターの周辺で露出しながら、時々クラスターから突き出して、まるでアメーバの触手のような役割を果たしているのである。ゲートキーパーとは、まさにそのような機能をもった人のことをさすのかもしれない。

結果4．合理モデルに比べて徘徊モデルでは圧倒的に大きなクラスターが形成され、さらに合計クラスター値も圧倒的な高水準に達する。

(2)均衡かチャレンジか

「徘徊モデル」という名称は、エージェントの動き方を見て、つけられたものである。しかし実は、徘徊モデルはABSのプログラムを組む際のプログラム・ミスから偶然に発見された。

最初ComComモデルのプログラムを組んだときに、何度シミュレーションを行ってみても、いつまでたっても活動度が低下せず、均衡状態に到達しないままだった。そこで不審に思って、プログラムを調べ直したところ、「エージェントが、現在ポジション以外の移動可能なポジションの中で、もっともクラスター値の高くなるポジションに移動する」設定になっていたことに気がついたのである。これでは、移動可能な場所がある限り、必ず移

動してしまい、いつまでも均衡には到達しないはずである。しかも、この設定では、現在のポジションにとどまっていた方が、クラスター値が高くなるような場合でも、あえて現在のポジションを捨てて、他へと移動してしまうために、合理モデルに比べて、短期的には明らかに劣ったパフォーマンスしかもたらさない。そこで、本来の「合理モデル」に設定を戻して、「現在ポジションも含めて、移動可能なポジションの中で、もっともクラスター値の高くなるポジションに移動する」設定にしたのである。ところが、驚いたことに、このように正しい「合理モデル」に戻した途端、パフォーマンスが大幅に低下してしまった。

それでは、なぜ徘徊モデルのような、まさに近代経済学的な均衡概念を否定した行動をとるモデルが圧倒的に高いパフォーマンスをあげるのでしょうか。それは、徘徊モデルでは、いつまでもたっても活動度が下がらず(=いつまでもたっても活動度が0になることはない)、均衡しなくなってしまうために、大きなクラスターがまるでアメーバのような動き方をするようになる。そのために時間はかかっても、周囲のエージェントを次々と吸収し、結局はより規模の大きなクラスターを形成してしまうからである。

そして、「徘徊モデル」の「現在のポジションにとどまらない」という性質自体が、直ちにあることを連想させた。それは、実際の日本企業の行動様式を分析する際に用いられる「変化性向」の概念である。変化性向とは、もともと日本企業のぬるま湯的体質を解明するために、高橋(1989)が最初に提唱した「体感温度仮説」において使われ始めた概念である。現状に甘んじることなく変化を求める傾向、現状を打破して変化しようとする傾向、これを変化性向と呼んだ。そして、組織メンバーが現状を打破して、変化をもたらそうとする意欲がどの程度あるのかを表す指数として「体温」を定義し、これで組織のメンバーの組織人としての変化性向を測定した。他方、お湯の温度に相当する「システム温」は、組織のシステムとしての変化性向であり、組織のシステムがメンバーの変化を受け止め、あるいは促す仕組み、制度にどの程度なっているのかを表す指数と定義した。体感温度仮説とは、この体温とシステム温との温度差で、ぬるま湯感が説明できるというもので、ぬるま湯と感ずるかどうかは、組織人としての体温をベースとした体感温度の問題なのだと考えられている。既に1万人以上のデータによって体感温度仮説が成り立つことが検証されており、こうした一連の研究成果は高橋(1993; 1997)にまとめられている。

この変化性向の概念は、チャレンジの概念と密接に結び付いたもので、外発的には動機づけられていないのに、組織に貢献している「ぬるま湯」現象が日本企業で多く観察されるということは、まぎれもなく、日本企業に勤める多くの従業員が、少なくとも動機づけの場面においては、近代経済学的な期待効用原理の世界ではなく、チャレンジに重きをなす未来傾斜原理の世界に住んでいるということを示している。その点で、近代経済学的な均衡の世界観とは別の世界観を形作る概念としても変化性向は注目されるのである。

しかし、なぜ日本企業では変化性向の高い方が好まれるのかについて、これまではよくわかっていなかった。単に好き嫌いの問題だとも考えられていた。しかし今回のシミュレーションで、「合理モデル」と「徘徊モデル」を比較することにより、均衡するよりもあえてチャレンジすることの方が、時間はかかっても、結局は高いパフォーマンスをもたらすことになるという可能性が示されたことになる。

． Merck におけるグローバル研究開発とコミュニケーション³

組織論の議論では、研究所にはコミュニケーションのキーになるスター的人物「ゲートキーパー」がいて、彼らは、外部の人とのコミュニケーションの度合いが高いことがわかっている(Allen, 1977)。しかし今回のシミュレーションの結果では、ゲートキーパーの機能は、R&D チームの形成と立ち上げを速くすることだということになる。そこで、「時間との競争をしているような研究開発」をしている典型といえる製薬企業において、「大きなエージェント」の一例であるゲートキーパーが、R&D チームの形成と立ち上げの局面で、どのような機能を果たしているのかを考察してみることにしよう。ここでは世界最大規模の製薬企業 Merck & Co., Inc.を取り上げ、その研究開発組織がどのようになっているのかを事例紹介することで、このシミュレーションの結果の組織論的な意味を考えてみたい。

1 ． Merck のおいたち

Merck は、世界最大規模のアメリカの製薬会社である。1998 年の売り上げは世界全体で約 270 億ドルに達し、そのシェアは世界市場の 5% 強を占めて世界第 1 位となっている。世界 65 ヶ国以上に展開した営業拠点、18 ヶ国 31 ヶ所におよぶ工場、そして、それらを支える研究者、MR、スタッフ部門などを含めた従業員は総勢 5 万 7300 人に達する。主な製品としては「Mevacor (高脂血症治療剤、1983 年発売)」「Vasotec (抗高血圧薬、日本名レニベース、1986 年発売)」「Pepcid (胃潰瘍治療剤、1986 年発売)」「Zocor (高脂血症治療剤、日本名リポバス、1992 年発売)」「Cozaar (抗高血圧薬、1998 年発売)」などがあげられ、これらはいずれも年間売上げが 1 億ドルを越す製品である。

現在このように巨大な成功企業となった Merck は、もともとはドイツの小さな化学企業 E. Merck 社のアメリカ支部としてスタートした。Merck がアメリカ企業として独立するきっかけとなったのは、第一次世界大戦である。この戦争が始まるまで、Merck は生産プロセスに関する多くの部分をドイツの親会社に依存していたが、戦争によりドイツが敵国となったために、それを自らやらざるを得なくなったのである。独立後しばらくの間、Merck は苦しい経営を強いられたが、この時期を乗り越えた後は、順調に成長を続けることになる。

Merck の成長過程において決定的に重要な役割を果たしたのが、M&A 戦略である。すなわち Merck は、数十年かけて川下垂直統合的な M&A を効果的に実施することにより、今日のような一貫した巨大な製薬企業へと発展した。Merck が行った M&A のなかでエポックメイキングなものは、次の 2 つの合併であろう。まず第一の合併は、1927 年に行われた、医薬用化学品の製造・販売を手がける Power-Weightman-Rosengarten (PWR) 社とのものである。PWR は Merck と補完的な製品ラインを持つ企業であったことから、合併により Merck の製品ラインは格段に充実した。それに加えて、生産とマーケティングに関する規模の経済効果も発揮できるようになった。こうして生まれた巨大企業(1929 年の売り上げが 1300 万ドル)は、巨額の研究開発投資も可能となり、その後の Merck のイノベーションの重要な基礎を提供することになったのである。

もう一つの重要な M&A は、1953 年の Sharp & Dohme 社との合併である。この企業も PWR と同様、Merck と補完的な関係にある企業であった。すなわち研究に関しては、両社ともサルファ剤を経験しているという点では共通していたが、Sharp & Dohme は Merck が経験していない血漿やワクチン、その他の生物関係の研究を幅広く行っていた。こうして 1953

³ この節の記述は、Merck 社史 *Values & Visions: A Merck Century*, 1991、および 1999 年 7 月に米国で行われた Merck 社へのインタビューを基礎にしている。

年に実施された両社の合併により、Merck は様々なメリットを享受し、その成果も比較的短期間で現れた。例えば研究開発に関してみれば、Merck の Rahway 研究所と Sharp & Dohme の West Point 研究所との間で大きな相乗効果が生まれ、合併後まもなく、新型利尿剤の開発成功という形でその成果が現れることとなったのである。

以上取り上げた 2 つの合併の他にも、Merck はいくつかの M&A を積極的に実施した。それにより Merck は、研究開発・製造・マーケティングそれぞれの機能部門の能力を拡大し、今日のような世界に冠たる製薬企業へと発展したのである。Merck は現在、世界の製薬企業のなかでも常にトップクラスの好業績をおさめる企業になっており、1990 年代に入って以降でも、年間 10% 以上の増益率を維持し続けているのである。

2 . Merck のグローバル研究体制

(1) 製薬産業の研究開発の特徴

それでは、今日の Merck の高業績の背景にはどのような組織体制があるのだろうか。一般に製薬産業は、製品開発の成果が企業業績に多大な影響を与える産業であるといわれる。製薬企業は、画期的な新薬を開発すればそれにより莫大な利益をあげることができるが、医薬品の開発には 20 年近い年月と 1 つの製品あたり 100 億円もの費用がかかると言われる。しかも、医薬品の製品開発の成功確率は、きわめて低く 6000 分の 1 程度であると言われる⁴。こうした製品開発の成功確率の低さから、日本の大手製薬企業 10 社に入る企業でもコンスタントに自社開発の製品を上市するのは容易ではなく、過去 10 年に自社開発の製品がゼロあるいは 1~2 個しかないという企業もみられる。こうして製薬産業では、新薬の上市自体が重要な経営目標となっているのである。

このような製品開発の困難さにもかかわらず、Merck はつぎつぎと新薬を上市し、高業績を維持し続けている。その重要な基礎のひとつとなっているのが、新薬のもととなる新規化合物発見能力の高さである。前節でみたように、Merck は川下垂直統合的な M&A を通して、研究開発・製造・マーケティングに関する能力を獲得・発展させてきた。たとえば Sharp & Dohme との合併では、Merck の Rahway 研究所と Sharp & Dohme の West Point 研究所の相互作用が、画期的な新薬開発の成功に結びついた。アメリカ国内だけではない、現在 Merck は、世界各地に研究施設をもち、それらを効果的に結びつけてグローバルな研究体制を実現することにより、次々と新製品を開発することに成功しているのである⁵。

こうした Merck の高業績を支える「グローバル研究開発」を管理・運営する上で、実は「組織コミュニケーションのありかた」が重要な要因になっているのである。以下では Merck の「グローバル研究体制」について概観しよう。

(2) グローバル研究開発体制

Merck Annual Report (1999) によると、現在 Merck は、年間約 18 億ドルを研究開発に投資し、アメリカ、カナダ、イギリス、フランス、イタリア、スペインなど世界の広範な地域にまたがるグローバルな体制で研究開発・製品開発を実施している。

Merck がグローバル研究開発を実施する上で重要な鍵となっているのが、研究活動の分業、すなわち世界に分散する各研究所の分担に関するマネジメントである。分業・分担が必要となるのは主に次の 2 つの理由による。ひとつは、クリティカル・マス (critical mass) の問題である。一般に医薬品の研究開発にはクリティカル・マスがあるため、ある規模を

⁴ 日本製薬工業協会 (1999) 『 DATA BOOK 1999 』 日本製薬工業協会。

⁵ Merck が高業績をあげているもう一つの基礎として「戦略的提携の効果的な活用」があげられるが、ここでは扱わない。

越えて同一テーマの研究を行っても意味がないといわれる。プロジェクトの重複は資源の無駄遣いになってしまうのである。もうひとつの理由は、各国の研究所が抱えている研究者の得意分野・専門分野の違いである。現在、グローバルに展開している大手製薬企業の間では、日米欧の3極を軸として研究体制を構築する動きが見られるが、これは各国の科学的基盤とも関係して、研究者の得意分野が各国ごとに異なっていることがひとつの重要な要因となっている。具体的には、1999年現在の Merck のグローバルな研究開発の主な分担は、以下のようになっている。

アメリカの Rahway 研究所：抗炎症剤・内分泌・基礎バイオケミストリー・免疫

アメリカの West Point 研究所⁶：循環器・骨・ガン・ワクチン・抗菌剤

カナダ：抗炎症剤・喘息

イギリス：中枢神経・脳神経

それでは、こうした研究の分担は具体的にどのようにして決定されているのであろうか。Merck の Worldwide Strategic & Capital Planning 部門の担当者によれば、分担の決定に際しては、各国の研究者の得意分野は何か、そこから当該テーマに関するアイデアがどれだけ出るか、が重視されるという。「アイデア」は、新薬のもととなる新規化合物のさらに源、すなわち新薬の「タネ」である。その重要性は、例えば、アメリカにおけるエイズ関連の研究開発において、当初は多くの企業・組織が参入したが、結局、試すべきアイデアが尽きてしまうと、研究開発から撤退していったという事実からもうかがえる⁷。

さらに、そうしたアイデアの重要性については、近年の医薬品開発における新技術との関係からもわかる。1980年代後半から90年代にかけて、多くの化合物を高速に評価する HTS (High Throughput Screening) という新技術が普及してきた。HTS は、多数の穴(一般に96)があいたマイクロプレートを処理することにより、一度に大量の化合物(サンプル)を自動で評価するシステムであり、CC (Combinatorial Chemistry) と呼ばれる大量合成技術とセットで用いられることが多い。近年では、HTS をはるかにしのぐ能力をもつ UTS (Ultra Throughput Screening) も登場してきている。UTS は、一度に3000サンプル、1週間に、実に50万種の検査が可能だといわれる。しかし問題は、それをフル稼働するだけのアイデアがあるかどうかである。たとえば Merck の West Point 研究所では、UTS が24時間オープンで、ほぼ常時稼働している。しかしながら、例えば日本では、大手製薬企業の8割近くが HTS を導入しているものの⁸、常時動いているにはほど遠い状況にある。これはまさにアイデア量の違いといえるかもしれない。HTS などの高速スクリーニング・マシンを使ってスクリーニングを行う際の最も重要な成功のポイントは、できるだけ多様な構造の化合物を多数用意することであるといわれるが(小嶋, 1997)、そもそもアイデアがなければ、せ

⁶ 米国ペンシルベニア州(PA)West Point の研究所(Research Laboratories)。米国ニュージャージー州(NJ) Whitehouse Station にある本社から車で1時間半ほどの距離、Philadelphia からは車で1時間ほどの距離にある。陸軍士官学校で有名な West Point は New York の近くにある別の町。

⁷ エイズに関する Merck の研究は軌道に乗っており、米国内では Merck がエイズ・ワクチンの臨床試験を1999年内にも始めるという報道も1999年7月30日にはされていた。普通の薬であれば、化学薬品と同じで、世界中どこでも生産できるが、ワクチンは特殊で、研究施設のすぐそばでなければ生産できないので、研究所の敷地内に工場が作られる。

⁸ 日本製薬工業協会(1998)『製薬産業における知的生産力向上についての研究 創薬プロセスの現状と課題』日本製薬工業協会。

っかくの HTS も活用できないのである。

それでは、そうした新薬の源となるアイデアは一体どこから生まれてくるのであろうか。Merck の場合、実は 50% のアイデアは研究所のベンチ科学者から出てきているという。上級管理者は、全世界からあつまってくるそうしたアイデアの research review を行い、どこで研究を実施するのかを決めるのである。例えば、1999 年現在、West Point で初期臨床試験を行っている抗ガン剤のアイデアは、既存製品をどう改良するかについて、West Point のバイオリジストとケミストが議論するなかで生み出されたものであった。こうしたアイデアに加えて、West Point には、National Cancer Institute の研究者が招聘されていた。こうした条件が整っていたために、同研究所にガンに関する研究が割り当てられることになったのである。現在では、Merck 傘下の萬有製薬（日本）のつくば研究所にもガン研究専門家が招聘されたことから、つくばでもガンの研究を進めているという。

この例のように、研究の分担に際しては、同じテーマに関して複数の研究所からアイデアが出てくる場合や、人的資源等の関係から複数の研究所のテーマが重なってしまうこともある。そうした場合、Merck では、共同研究の形態がとられることもあるという。クリティカル・マスの問題から、ただ単に一定以上の人員を投入することは非効率につながるが、同じテーマに対して異なる環境で、異なったアイデアをベースに研究することは、必ずしも無駄ではない。こうして Merck では、パズルを組み合わせるように、重複しないような形で pieces of project を分散するようにしているという。

(3) 企業内コミュニケーションと「大きなエージェント」

Merck の Worldwide Strategic & Capital Planning 部門の担当者によれば、以上みてきた Merck のグローバル研究体制をマネジメントする上で最も重要な意味をもっていたのが、「過去 25 年にわたって、医師でありながら薬の研究もするという人が責任ある立場にいたこと」であるという。医薬品は、最終的には人間の体の中で作用するものであるから、単に化学や薬学などの科学的知識や興味をもとにアイデアを出しても、それが医薬品として意味があるかどうか分からない。したがって、医師 (medical doctor) という人の生体メカニズムについて熟知した人物が、ベンチ科学者からあがってくるアイデア評価をする上で、すぐれた能力を発揮したと考えられるのである。ちなみに日本企業と欧米企業とを比較した場合、日本企業では medical doctor の数が圧倒的に少なく、これが日本の医薬品開発力の弱さの 1 つの原因であるとの指摘も多い。

また、グローバル研究体制のもとでは、国境を越えて global team が結成され、共同研究が行われることも多い。例えば先にあげたガン研究は、Merck の West Point 研究所と萬有のつくば研究所の間で共同研究が行われている。こうした、global team では、毎週、face to face、あるいはビデオ会議やコンピュータ上で頻繁にミーティングがおこなわれ、このことにより高価な機械とアイデアの共有が図られるし、global team としての joint program report も作成されるという。こうした global team を意味あるものにするためには、統括者の高いコミュニケーション能力が必要とされるが、上記の Merck の研究責任者は、そうしたコミュニケーション能力にも長けた人物だったと考えられるのである。

以上みてきたように Merck のグローバル研究開発体制のマネジメントにおいては、幅広い知識ベースとそれに基づいた高いコミュニケーション能力をもった統括者、すなわち「大きなエージェント」が重要な意味を持っていた。彼らが、

ベンチ科学者から出てくるアイデアの research review を行い、世界各地にどんな科学者・専門家がいるのか、その capability を見て極力重複を避けた効率的な資源配分を行う。

その一方で、別々の研究所でシナジー効果の見込まれる発見やアイデアがでてきた場合には、人員の移動などを通して迅速にそれらのアイデアの結合を図る。さらにグローバルな共同研究の実施に際しては、様々なコミュニケーション手段を通じて円滑な研究の実施をサポートする。

といったマネジメントを行ったことが、Merck の世界レベルでの効果的な製品開発につながっていると考えられるのである。

3 . Merck と萬有の接触

Merck の対日戦略は 20～30 年先を見て考えられてきたもので、非常に明快な戦略(very clear strategy)に基づいている。日本は米国に次ぐ世界第二位の市場であり、Merck はパイプラインにいくつかの製品をもっているが、それらは日本で売れる可能性があった。Merck は日本市場でこうした製品のコントロールをしたいと考えていたが、そのためには治験、生産にもっと大きな会社が日本に必要な。同時に、日本で Merck の日本的な存在を高め、日本の会社として日本の市場でのプレイヤーになりたいとも考えていた。

そのころ、日本の萬有製薬は、Merck とは対照的に、自らのパイプラインに製品がなくなってしまうという苦しい状況に追い込まれていた。そこで Merck は、1954 年に、萬有製薬との間で Merck 50.5%、萬有 49.5% の出資比率で日本 Merck 萬有を設立し、この日本 Merck 萬有を使って、Merck の製品の日本でのライセンス生産とマーケティングを始める。ただし、この合併会社が担当したのはマーケティングまでで、販売は萬有が行っていた。1984 年 10 月に友好的な takeover によって萬有本体も Merck の子会社となる。1985 年 10 月 10 日、日本 Merck 萬有は萬有製薬に営業権を譲渡し、一体化し、これで萬有製薬は Merck に吸収合併されたことになるのである。

既に述べたように、Merck の研究開発は、世界規模で活躍する「大きなエージェント」の存在に依存している。Merck にはこの 25 年間、医師でありながら薬の研究もするという人が責任ある立場にいたことで、自らがアイデアを生み出すだけでなく、他人のアイデアを review する能力にも優れた、すなわち「大きなエージェント」が存在していた。そのことで、アイデアが研究所内をより潤滑に巡って共有されるようになり、他の企業と比べたときに競争優位を生み出すことになる。そして、実際、萬有製薬のような他の企業は、Merck との接触を持つことで、今度は、Merck の世界の research site の一つとして機能するようになるのである。

少し地理的には遠いものの、萬有製薬もカナダや英国にある Merck の研究所と同じように世界の research site の一つということになる。Merck 本社は、将来的には、吸収した萬有製薬が source of new products となり、日本の国外でも売れるような製品を開発してくれることを望んでいる。そのために、萬有製薬の基礎研究を強化してきたし、科学者のリクルートもしたし、つくば研究所も作ったのだという。前述の萬有製薬つくば研究所に招聘されたガン研究専門家も Merck の戦略会議や research review に参加しているという。そろそろ萬有製薬でも新製品が出るのではないかと期待されている。

．マルチ・エージェントらしさとは

本稿を終えるに当たって、マルチ・エージェントらしさとは何かを整理しておこう。最近では、マルチ・エージェント・シミュレーションは単にインプリケーションを与えるにとどまらず、「局所的な問題から学び、全体的な解を考案する」(learn from local problems and

try to devise a global solution) という実用的な使い方も見られるようになってきた。一例として、サウスウェスト航空(Southwest Airlines)の貨物事業(cargo business)において、マルチ・エージェント型のシミュレーションを使うことで、貨物のオペレーションの改善に成功したという Thomas & Seibel (1999; 2000)による事例を紹介しておこう。

サウスウェスト航空は、かつて貨物オペレーションでいくつかの問題を抱えていた。

貨物室スペース(bin space)は、満載の状態と比べて、重量的にも容量的にも、約 7%程度しか使われていなかった。

にもかかわらず、便によっては運ばなくてはならない貨物の量が多く、やりくりする貨物室スペースが不足して、飛行機の出発時間が遅れた。しかし、サウスウェスト航空は基本的に旅客航空であり、貨物収入は全体収入のわずか 2~3%にすぎず、貨物の理由で飛行機の出発遅れは許されない。

こうした問題に対して、まず、運送貨物エージェント(freight agent)とランプ・エージェント(ramp agent)をエージェントとして組み込んだシミュレーション・モデルが組まれた。ここで、「運送貨物エージェント」は積荷目録を作成する運送貨物事務所(freight office)に対応し、「ランプ・エージェント」とは、米国の空港で飛行機の脇にいてベルトコンベアーで貨物の積み下ろしをしている作業員(ramp personnel)のことである。日本では、貨物は空港ビル内で一旦、貨物コンテナに詰め込んでから飛行機に積み込んでいるが、米国の国内線では、貨物コンテナは使われず、棚型の車両に貨物をばらばらのままで積んで飛行機の脇まで持ってきて、一個ずつ送り先を確かめながら、ベルトコンベアーと手作業で積み下ろしする。つまり、そのままバラ積みになっている。その作業をしているのがランプ・エージェントである。

ここで運送貨物エージェントのルールとは、基本的に積荷目録(manifest)の記載ルールのことである。したがって、「積荷目録記載戦略」(strategies for manifesting)を創発的に作り上げていく作業を、シミュレーションで全体的な効率性を確認しながら行おうというわけである。そのための手順としては、

サウスウェスト航空の(a)1998年の積荷の記録(重量、個数、出発地と目的地、取扱サービスのクラスといった情報を含む)、(b)飛行計画、(c)運送日誌(貨物よりも優先される郵便や手荷物を除いて実際に利用可能な貨物室スペースを示している)といった実際のデータを使って、現在の貨物オペレーションをシミュレーションで再現する(reproduce)。運送貨物エージェントのルールを、現場から提起される問題点や提案を取り入れて書き直してみて、そのルールをもとにコンピュータが作り出した(computer-generated)積荷目録とランプ・オペレーションを使って、シミュレーションを行ってデータを集める。

という作業を繰り返して、全体的な効率の点で、より良いルールを求めていくのである。

このうちの問題点と提案については、たとえば、貨物を扱うステーションの中には、実際には、取扱量の多いステーション(heavily used station)と取扱量の少ないステーション(lightly loaded station)がある。そのために前者では、貨物の積み下ろしに時間がかかり過ぎて出発時刻が遅れたり、貨物が一夜を過ごすことも出てくる(overnighting)。こうして考えられたのが same-plane strategy である。これは、最短経路にこだわらず、回り道をしてもいいから、なるべく積み替えなくても済むように同じ飛行機に載せっ放しにしておくルールである。貨物を最短経路で運ばないと、コスト的に割高になるという心配もあるが、実際には、貨物室が空であろうと満杯であろうと飛行機を飛ばすコストに大差はなく、ほとん

ど貨物室が空であっても飛行機は飛ばさなくてはならないので、貨物を回り道させても、コスト的には問題にならない。問題は貨物の積み替え時間の方である。

この same-plane strategy を使ってシミュレーションを行うと、例えば、ボトルネックになっていたロサンゼルスからフェニックスへの便は、貨物量が従来は 1 万ポンド運送しなければならなかったものが、2000 ポンドだけで済むようになり、ボトルネックが解消された。こうした局所的な問題解決を取り入れて、個々のエージェントのルールを改良していき、サウスウェスト航空の会社全体のシミュレーションを行うと、次のような measure の改善が見られた。

- (a) 各ステーションで取り扱われる貨物量(積み替えも含む): 例えばフェニックスでの積み替え貨物量は週 16 万ポンドから 5 万ポンドへと約 1/3 に激減する。全体での取扱貨物量は 325 万ポンドから 250 万ポンドに減少する。
- (b) 一夜を過ごして保管される貨物量(安全上の理由で、夜間は飛行機から倉庫に移して鍵をかけて保管し、翌朝また飛行機に戻される): システム全体で週 24 万ポンドあったものが 5 万ポンドへと約 1/4 に激減する。このことで、料金的にかなり高い空港施設を使うことになる貨物保管のコストを削減できる。
- (c) 各荷物のサービス水準(例えば、NFG: Next Flight Guaranteed や Rush つまり 24 時間サービスなど)が達成されたかどうか: Rush については達成率がやや落ちるが、NFG については達成率が改善する。

以上が、サウスウェスト航空の事例である。この事例から、マルチ・エージェント型のシミュレーションの特徴をいくつか整理することが出来る。まず、こうしたシミュレーションの手法を使いながら試行錯誤で出された解については、最適性が保証されていないということである。しかし、現実には、各エージェントのルールが簡単であっても、システム全体では複雑になりすぎて、数学的に定式化したり解いたりすることは難しい。さらに重要なことは、最適かどうかを議論する前提になるべき代替案もしくは選択肢が、われわれには常にそのごく一部しかわかっていないという現実である。そこで、問題を可能な限り単純化することで最初から全体最適を求めるというアプローチを放棄し、全体的な効率を少しでも改善するような代替案を局所的に探索することが選ばれる。その一例がマルチ・エージェント・シミュレーションを使った手法なのである。

実際、本稿では、限定された合理性とはいえ合理モデルの均衡よりも、いつまでも均衡に到達しないでフラフラとエージェントが動き回っている徘徊モデルの方が、圧倒的にパフォーマンスの良いこともわかったが、このことは最適性や均衡といった概念に対するナイーブな信頼の仕方にある種の疑問を抱かせる。しかも、もっと興味深いことは、この徘徊モデル自体が、実は偶然のプログラム・ミスから発見されたという事実である。最初はそのような選択肢すら考えられていなかった。

さらに、こうしたマルチ・エージェント型のシミュレーション・モデルの特徴は、なんといっても個々のエージェントのルールからシステム全体の振る舞いを予測することが難しいということである。多数のエージェントの集合行動は、個々のエージェントの行動を累積したものと全く異なったものになる(生天目, 1998)。そこで、個々のエージェントのルールをある程度共通に決めてしまったら、あとはそうしたエージェントの総体の全体的な振る舞いを予見にとらわれずに虚心に観察するのである。実際、本稿でも観察されたように、予想 1 に対して、結果 1a、1b は全く異なるし、予想 2、3 に対しても、結果 2a、2b、3a、3b は本質的に異なっている。つまり、マルチ・エージェント型のシミュレーションでは、各エージェントのルールが簡単な場合でも、全体としては当初の予想と異なる結果が

出てくることが多いのである。

だからこそ、シミュレーションを試みることに価値があるのであり、局所的な「知恵」を、すべてのエージェントのルールに反映させて、全体的な振る舞いを観察することが重要なのである。それに対して、システム・ダイナミクスなどでは、要素間の関係・結びつきが変化することで、システム全体の振る舞いがどのように変化するかを調べるのであって、個々の要素のルールを変化させることは、そもそも分析の対象ではない。局所的な視点から代替案を学習していくプロセスを大切に、その局所的な代替案が、全体的な効率にどのような影響を及ぼすのかを調べるためには、マルチ・エージェント型のシミュレーション・モデルは有用である。局所的な問題から学び、全体的な解を考案しようとするとき、マルチ・エージェント型のシミュレーションには他のシミュレーション・モデルにはない可能性があるといえる。

付録: ComCom.abs について

本稿で取り上げたルールの他にも、ComCom.abs では次の 3 種類のルールを用意している。

方向性ルール「ルール 1」:各エージェントは、同じ大きさのCをもたらすポジションがいくつかある時には、できるだけ右下に移動する。

凝集性ルール「ルール 2」:一つのクラスターを構成するすべてのエージェントは同じ方向に移動する。その際の「方向」はクラスター全体の多数意見に従う。

ランダム・ルール「ルール 3」:各エージェントは、ランダムに移動する。

本文中で取り上げているのは「基本ルール」と呼んでいるもので、これは ComCom.abs では「ルール 0」に対応している。これらのルールは、ある意味で利己的な「基本ルール」に対して、エージェントが迷ったときには、リーダーの指し示す方向・方針・戦略に従うという「方向性ルール」、あるいは、特に事情がない限りは(つまり他のクラスターと接触しない限りは)、所属するクラスターの全体の多数意見に従って、同じ方向に移動する「凝集性ルール」という組織論的な意味づけが考えられている。

こうした背景から、ComCom.abs では、基本ルールを含めて、方向性ルール、凝集性ルール、ランダム・ルールの四つのルールから二つを選んで、それぞれをもっているエージェントの間で対戦もしくは競争させることもできる。さらに、ルールを途中で変えられるので、どのようなルールの組み合わせが望ましいのかを試行錯誤しながら考えることができる。実は、どのような組織戦略が良いのか、これまでのところあまり知られていない。現場の知恵を生かす形で、創発的な組織戦略をシミュレーションで色々と実験しながら生み出していければ面白い。いままでのところ、とりあえず大きなクラスターを形成するのが目的ならば、凝集性ルールで、できるだけ多くの周辺のエージェントをかき集めて、大きな、しかし中身の詰まっていない骨格だけのようクラスターを作り、それから基本ルールでクラスターの引き締めにとりかかるとというのが、強い組織作りには向いているような感触が得られている。

また、ComCom.abs は、現在のパソコンの処理スピードと比較すると、まだ重たいプログラムである。リアルタイムで観察していると動きが鈍くなる。そこで、一旦はログ・ファイルを作成させて、後でそれを再生する方法をお勧めする。ログ・ファイルとは計算結果を格納するもので、これを使えば、速くシミュレーションの結果を再生させることができる。ComCom.abs はログ・ファイルを出力することを前提としているので、シミュレーシ

ョンを実行する前に、次のような設定が必要になる。

ログ・ファイルを格納するためのフォルダを作成する(名称は自由)。

ABS を起動する。

[設定]-[実行環境設定]さらに[ログファイル][設定]で のフォルダを指定する。

シミュレーションを実行する。

ログ・ファイルを再生するには、[エクスプローラ]-[フォルダ]で のフォルダを開いてからファイルをクリックすると ABS が起動するので、ABS のウィンドウで[再生]-[再生]。あるいは、ABS のウィンドウで[ファイル]でファイルをクリックしてから、[再生]-[再生]。

参考文献

- Allen, Thomas J. (1977) *Managing the Flow of Technology: Technology Transfer and the Dissemination of Technological Information within the R&D Organization*. MIT Press, Cambridge, Mass. (中村信夫訳 『”技術の流れ”管理法』 開発社, 1984)
- 有田隆也 (2000) 『人工生命』 科学技術出版.
- Epstein, Joshua M. & Robert Axtell (1996) *Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom up*. Brookings Institution Press, Washington, D.C. (服部正太・木村香代子訳『人工社会 複雑系とマルチエージェント・シミュレーション』 構造計画研究所/ 共立出版, 1999)
- 藤本隆宏 = キム・クラーク(1991)田村明比古訳 『製品開発力』 ダイヤモンド社.
- 小嶋伸夫(1997)「HTS によるリード化合物の探索」コンビナトリアルケミストリー研究会編 『コンビナトリアルケミストリー』 化学同人, pp. 204-216.
- 桑嶋健一(2000)「ゲートキーパー」高橋伸夫編著 『超企業・組織論』 有斐閣.
- 桑嶋健一・高橋伸夫・玉田正樹(2000)「コミュニケーション競争モデル」日本行動計量学会第 28 回大会 発表論文抄録集 pp.339-342.
- 桑嶋健一・高橋伸夫(2000)「グローバル研究開発とコミュニケーション能力 製薬会社を例として」国際ビジネス研究学会第 7 回全国大会. 報告要旨(近刊).
- 原田勉(1999) 『知識転換の経営学』 東洋経済新報社.
- Myers S. & D. G. Marquis (1969) *Successful Industrial Innovations*, National Science Foundation.
- 生天目章 (1998) 『マルチエージェントと複雑系』 森北出版.
- Simon, Herbert A. (1947; 1957; 1976; 1997) *Administrative Behavior: A Study of Decision-Making Processes in Administrative Organization*. Macmillan, New York. 3rd and 4th eds. Free Press, New York. (松田武彦・高柳暁・二村敏子訳 『経営行動』 ダイヤモンド社, 第 2 版の訳 1965; 第 3 版の訳 1989)
- 高橋伸夫 (1989)「日本企業のぬるま湯的体質」『行動計量学』 16(2), pp. 1-12.
- 高橋伸夫 (1993) 『ぬるま湯的経営の研究』 東洋経済新報社.
- 高橋伸夫 (1997) 『日本企業の意思決定原理』 東京大学出版会.
- 竹内弘高・野中郁次郎 (1985)「製品開発プロセスのマネジメント」『ビジネス レビュー』 32(4), pp.24-44.
- Thomas, Charles R., Jr. & Fred Seibel (1999) “Adaptive cargo at Southwest Airlines,” The 4th Annual Colloquium on the Application of Complex Adaptive Systems to Business (Ernst & Young), July 25-27, 1999, The Cambridge Center Marriott, Mass.
- Thomas, Chuck R., Jr. & Fred Seibel (2000) “Adaptive cargo routing at Southwest Airlines,”

Embracing Complexity: A Summary of 1999 Colloquium on the Application of Complex Adaptive Systems to Business. Ernst & Young, Cambridge, Mass., pp.73-80.

社史・資料

Merck Annual Report, 1999.

Values & Visions: A Merck Century, 1991.

『製薬産業における知的生産力向上についての研究 創薬プロセスの現状と課題』
日本製薬工業協会, 1998.

『DATA BOOK 1999』日本製薬工業協会, 1999.