

CIRJE-J-67

研究開発パフォーマンスとゲートキーパー

東京大学大学院経済学研究科

高橋伸夫

筑波大学大学院ビジネス科学研究科

桑嶋健一

株式会社 構造計画研究所

玉田正樹

2002年2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。

研究開発パフォーマンスとゲートキーパー

R&D Performance and Gatekeepers

高橋伸夫* Nobuo TAKAHASHI

桑嶋健一** Kenichi KUWASHIMA

玉田正樹*** Masaki TAMADA

* 〒113-0033東京都文京区本郷7-3-1 東京大学 大学院経済学研究科
(Graduate School of Economics, University of Tokyo)

nobuta@e.u-tokyo.ac.jp

** 〒112-0012東京都文京区大塚3-29-1 筑波大学 大学院ビジネス科学研究科
(Graduate School of Business Sciences, University of Tsukuba)

kuwa@gssm.otsuka.tsukuba.ac.jp

*** 〒164-0012 東京都中野区本町4-38-13 株式会社 構造計画研究所
(Kozo Keikaku Engineering Inc.)

tamada@kke.co.jp

Abstract

There is a difference between Japanese pharmaceutical companies and Merck in the research and development style. The difference between both can be simplified down to the existence of the gatekeeper managers. The innovation research was based on the implicit premise that the gatekeeper had some merit. Then it was not clarified how the organizational performance changed when the gatekeeper existed. As a result of our agent-based simulation, it is proven that gatekeeper managers observed in Merck contribute to the start-up speed of the projects and the idea quantity. In the actual research and development process, the phenomena linked with our simulation results are observed. From this new viewpoint, we try to analyze the case of Merck whether the start-up speed becomes the competitive advantage in research and development or not.

要約

日本の製薬企業と世界最大規模の製薬企業Merckとでは研究開発スタイルに違いがあることから着想を得て、マルチエージェント・シミュレーションのモデルが構築される。単純化すれば、両者の違いはイノベーション研究でいわれるところのゲートキーパー的管理者の有無に要約されうる。ところがイノベーション研究では、ゲートキーパーにはメリットがあることを暗黙の前提としてきたために、ゲートキーパーが存在することで組織的パフォーマンスがどのように変化するのかを必ずしも明らかにしてこなかった。そこで本研究では、マルチエージェント・シミュレーションを行うことで、Merckに見られるようなゲートキーパー的管理者が、プロジェクトとアイデア量の立ち上がりのスピード向上に貢献することを見出した。そして、このことが現実の研究開発プロセスにおいても、どのような現象として観察されるのかを確認しながら、実際のMerckの研究開発上の強みに対して、今までにない角度から分析を試みる。

1. はじめに

一般に製薬産業は、研究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。画期的な新薬を上市すれば莫大な利益をあげることができる反面、医薬品の開発には20年近い年月と1製品あたり100億円、失敗プロジェクトを含めれば200億～300億円もの費用がかかるともいわれる。新薬の上市自体が重要な経営目標となっているほどである(桑嶋・高橋, 2001)。そして企業業績から見れば、日本の製薬企業は世界から水をあげられているといわれる。科学技術水準でそれほど差があるとは思えないのに、その違いは一体どこからくるのであろうか。

そこで本稿では、日本の製薬企業で通常観察される研究開発スタイルと世界最大規模の製薬企業Merckでの研究開発スタイルの違いから着想を得て、マルチエージェント・シミュレーション(multi-agent simulationあるいはagent-based simulation)のモデルが構築される。両者の違いは、単純化してしまえば、ゲートキーパー的管理者の有無に要約されうるのだが、ここでいうゲートキーパーとは、もともとMyers & Marquis (1969)を嚆矢とした体系的なイノベーション研究に由来した概念である。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Allen (1977)は、集団の中に、集団内の誰とでも何らかの形で接触し、かつ集団の外部との接触もきわめて多く、両者を情報面からつなぎ合わせるスター的な人間がいることを明らかにし、それをゲートキーパー(gatekeeper)と呼んだ。われわれがこれまで行ってきた日本の大手製薬企業の調査ではゲートキーパーの存在を意識したことはなかったが、Merckでは、医師でありながら薬の研究をしている管理者が、まさにそのゲートキーパー的な役割を果たしていたのである。

ただしイノベーション研究では、ゲートキーパーの存在が一体どのような組織的パフォーマンスの違いをもたらすのか、必ずしも明らかにされてこなかった経緯がある。実はAllen (1977)は、研究所における技術者集団の中にゲートキーパー

がいることを主張しただけであって、その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していなかった。それ以降も、ゲートキーパーの存在を明らかにした研究(e.g., Allen *et al.*, 1979; Katz & Tushman, 1979)や、ゲートキーパーの機能(function)・ゲートキーパーを通じた情報の流れ(flow)・移転(transfer)についての研究(e.g., Macdonald & Williams, 1993; Klobas & McGill, 1995; 原田1999)はたくさんあったし、コミュニケーションとパフォーマンスの関係についての研究(e.g., Keller & Holland, 1983; Ebadi & Utterback, 1984; Zenger & Lawrence, 1989)もあったが、ゲートキーパーとパフォーマンスの関係を直接的に扱った研究はほとんどなかった。上級R&D管理者による主観評価を扱ったTushman & Katz (1980)、Katz & Tushman (1981)のような例外を除けば、ゲートキーパーを取り上げた研究の多くは、ゲートキーパーがいることのメリットを暗黙の前提としていたのである。

そこで本稿では、ゲートキーパーと研究開発パフォーマンスの関係について、まずはマルチエージェント・シミュレーションによって理論的な分析の切り口を見つけ出すことにする。マルチエージェント・シミュレーションでは、ユーザー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「エージェント」が複数存在して、それらが互いに影響を与え合うことで、各エージェントの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、予測のできない複雑な動きをするようになる¹。本稿でも、マルチエージェント・シミュレーションではやや意外な結果が得られたが、そこからMerckに見られるようなゲートキーパー的管理者はプロジェクトとアイデア量の立ち上がりのスピードを速めることで、研究開発パフォーマンスに貢献している可能性が見出される。そこで、

¹ ライフ・ゲーム(life game または game of life)あるいはより一般的にはセルラ・オートマトン(cellular automaton) (例えば、Gaylord & Wellin, 1995; 有田, 2000)では空間の方にルールがあるが、マルチエージェント・シミュレーションでは各エージェントがルールをもっている。たとえば、前者では将棋盤(格子空間)の方にルールがあるのに対して、マルチエージェント・シミュレーションでは、将棋盤の上を動き回る駒(エージェント)の方にルールがあることになる。

このことが現実の研究開発プロセスでも、どのような現象として観察されるのかを確認しながら、再度、Merckの事例を日本の製薬企業と比較分析して、Merckの研究開発上の強みについてより整合性の高い説明が試みられる。

2. コミュニケーション競争モデル

2.1 医薬品の研究開発プロセスとゲートキーパー

通常、日本の製薬企業の医薬品研究開発プロセスでは、まず、ある研究テーマを設定した上で、合成研究者(ケミスト)や評価研究者(バイオリジスト)が個人あるいは2~3人のチームをつくって研究活動を開始する。このような個人レベルの研究で、アイデアを出しながら、ある程度目標とする薬効を持つ化合物(リード化合物と呼ばれる)が見つかり、次第に合成研究者や評価研究者の数が増やされ、リード化合物の多様な誘導体(リード化合物の母核の周辺(側鎖)に修飾を加えた派生品)が合成され、さらに活性の強い物質を求めて探索が行われる。

こうして、個人レベルの研究から正式なプロジェクトへと立ち上げられる研究開発プロセスを、実際の「カルベニン」の事例で見てみよう(桑嶋, 1998)。カルベニン(一般名: パニペネム)は1993年に三共から発売された国産初のカルバペネム系抗生物質製剤であるが、カルベニンの売上高は2000年には年間123億円あり、三共の主力製品のひとつとなっている。このカルベニンの研究が開始されたのは1977年で、「カルバペネム化合物の探索」と「類縁のペネム化合物の合成」の二つの研究テーマが同時に着手された。ただし、当初、アプローチの違いにより、カルバペネム研究1チーム、ペネム研究3チームの計4チームでスタートしている。1978年以降、ペネム化合物は多数合成されたが、急性毒性や*in vivo*活性の不十分さなどから有効な化合物が得られない中で、カルバペネムの方が抗菌活性が強いことが判明した。そこでペネム研究の研究チームもカルバペネム研究へと合流し、それまでに蓄積していたペネム化合物の合成法をカルバペネムにも応用して、ピ

ロリジン誘導体やその他の環状アミン誘導体など、多数の誘導体の合成が行われた。そして1981年に、目標とする活性をもつ物質「パニペネム(PAPM)」が見つかったのである。ここから先、前臨床試験から上市まではまだ紆余曲折があるわけだが、ここまでの研究開発プロセスで、

研究開始当初は、2つの研究テーマの下、アプローチの違いから4チームが存在していた。

ペネム研究のチームがカルバペネム研究にテーマ変更した際、ペネム研究でのアイデア(合成法)をもって、研究チームが合流していった。

という特徴があったことがわかる。

日本の大手10社に入るような製薬企業の場合、研究所内では通常、複数の研究テーマについて研究が行われており、しかも同じ研究テーマでも、アプローチの違いによって複数の研究チームが作られることもある。そして、ある研究テーマあるいはアプローチが有望であることがわかってくると、見込みのない研究テーマやアプローチに携わっている研究者は、有望な研究テーマあるいは研究チームへと合流することで、正式なプロジェクトが立ち上げられる。研究テーマやアプローチの変更は、基本的には、室長クラスの現場の直接管理者と研究者との間での協議・相談で決まるといわれている。

しかしながら、こうした日本の製薬企業で見慣れたプロジェクト立ち上げのプロセスから、一転、海外の大手製薬企業、例えばアメリカのMerck社のような企業に目を向けると、そこには際立った特徴があることに気がつく。それは、ゲートキーパー的管理者の存在とその活躍である。Merckでは、世界各地の研究拠点からのアイデアをとりまとめる形で正式プロジェクトが立ち上げられるのだが、その際に重要な役割を果たすのが、各研究拠点の統括管理者(マネジャー)なのである。この管理者は、ある疾患領域において世界的権威であり、医師でありながら医薬品の研究もする、といったプロフィールをもっている場合が多い。たとえ

ば、Merck傘下の萬有製薬(日本)²のつくば研究所の所長は、国立研究所から萬有へと引き抜かれてきたガン研究の世界的権威であるが、Merckでは、こうした管理者たちがプロジェクトの立ち上げにおいて重要な役割を果たすことが強調されている。それでは、このようなゲートキーパー的管理者が存在することで、研究開発プロセスにはどんなメリットがあるのだろうか。

2.2 モデルの概要

そこで最初に、日本の製薬企業の研究開発プロセスをイメージして、研究者をエージェントとするマルチエージェント型モデルを考えることにしよう。マルチエージェント型のモデルを構築する場合、Gaylord & D'Andria (1998)の*Mathematica*のように、より一般的なソフトを使ってシミュレーションのモデルを構築する方法もあるが、本稿では、マルチエージェント用のシミュレータを用いることにする。マルチエージェント用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が有名だが、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。そのためマサチューセッツ工科大学では、教育用にStarLogoなども使用されてきた(Resnick, 1997)。そこで本稿では、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MAS (Multi Agent Simulator)³を使うことを念頭に置いて、具体的にルールでモデルを記述してみよう。

まず単純化して、「赤」と「青」の2つの研究テーマが存在していると仮定す

² Merck と萬有との関係は、1953年に「コルチゾン(リウマチ関節炎治療薬)」の輸入販売契約を結んだことに始まる。翌1954年、合併会社「日本メルク萬有(NMB)」が設立された。その後、両社の関係は約30年間維持され、1985年、萬有がNMBと合併し、Merckが萬有株の過半数(50.02%)を取得する形で萬有はMerckの傘下に入った。

³ (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 MAS 試用版をダ

る(研究者は最初どちらかの研究テーマに従事していると仮定する)。実際MASでは、エージェントはそれぞれ赤い丸と青い丸で表示されることになる。さらに、研究テーマやアプローチの有望さについての外的基準を与えることは難しいので、ここでは単純化して、より多くのアイデアが存在する研究テーマ、アプローチの方がより有望であると仮定することにしよう。そして

エージェントはアイデアをもち、より多くの他のアイデア(をもっているエージェント)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。

複数のクラスター(研究チーム)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。

と考えると、エージェントがより有望な研究テーマやアプローチを求めて、より有望なクラスターへと合流することで、研究テーマやアプローチが合流していく様子を表現することにしよう。このような日本企業型のモデルに、Merckで見られたようなゲートキーパーを投入した場合、研究テーマ・プロジェクトが立ち上げられるプロセスがどのような影響を受けるのか、というのが本稿の関心事である。われわれが開発したこのシミュレーション・モデルは、ある意味で「アイデア」を「餌」としてエージェントが競争しているので、「コミュニケーション競争モデル」(communication competition model)略して「ComComモデル」と呼ばれる。

(1)パス長 (path length): L

具体的には、図1で示してある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。

ダウンロードして使うことが出来る。MAS を教育目的で使用する場合には無料貸与されている。

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)有効アイデア量 (amount of effective idea)

具体的には、図2(A)で示してあるような計算の仕方をする。有効アイデア量は、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個数を $1/L$ で加重した合計個数として定義される。 $1/L$ で加重するのは、パス長 L が長くなるとアイデアのインパクトが弱まり、伝達効率も落ちると考えるためである。図2(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有効アイデア量の値は変わってくる。図2(A)では、エージェントAよりもB、さらにCの方が有効アイデア量が大きくなり、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有効アイデア量の値は大きくなる。この有効アイデア量を使って、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。

各エージェントは、より大きな有効アイデア量を求めて移動する。

各エージェントが1期に移動できる距離は0または1である。

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。

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有効アイデア量が大きくなるのであれば乗り換える(つまり色が変わる)。

(3)大エージェント

ComComモデルでは、ゲートキーパーをイメージして着想した「大エージェント」を投入することができる。この大エージェントは、より多くのエージェント

と接触、すなわち直接コミュニケーションできる。例えば、先ほどの図2(A)の例で、今度は、エージェントC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、そうすると図2(B)のようになる。大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、図2(B)に示されるように有効アイデア量が変化することになる。

2.3 シミュレーションの結果

そこで、空間を、種別は「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、次の二つのケースを比較する。

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のものが8個と長さ3のものが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。

ケース2では、大エージェントの効果を調べるために、大エージェントを「赤」テーマだけに投入してみて、大エージェントの従事する「赤」テーマがエージェント獲得に有利になるのかどうかを確認してみよう。

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ので、シミュレーションを行う前に、乱数シード値をMASの実行環境設定で指定してから行うことにした。具体的には、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期まで実行した。

まず、基準となるケース1の場合、300期目の結果を比較すると、「赤」テーマ、「青」テーマのエージェントの平均個数は10.07個、9.93個とほぼ10ずつであった。そこでケース2に進んで、大エージェントを「赤」テーマだけに投入する(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)とどうなるかを調べてみた。

結果は、大エージェントを投入した「赤」テーマが「青」テーマに比べてエージェント獲得競争を有利に進めたわけではなかったのである。300期目の結果を比較すると、「赤」テーマのエージェントの平均個数はケース1の10.07個から7.70個へと低下してしまった。平均値の差は有意ではないが($t = 1.633$; $p = 0.108$)、むしろ「赤」テーマの方が弱くなっている。これは、大エージェントが早い段階で「青」テーマに変更していたことが原因だとシミュレーションの経過観察からわかっている。つまり、大エージェントとはいえ、小エージェント同様にテーマ選択を行うので、初期状態で、大エージェントがどちらのテーマに割り当てられているのかは、研究テーマ間でのエージェント獲得競争つまり研究資源獲得競争にとって決定的に重要な要因ではないのである。

そこでこの結果をふまえて、次に、「赤」テーマ「青」テーマに関わらず、全体として、クラスターの規模と有効アイデア量についての統計をとることにしよう。ComComモデルでは、次の二つの指標が数値とグラフで表示される。

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。

合計有効アイデア量: 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有効アイデア量を合計したものである。図1からもわかるように、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。

先ほどのケース1、ケース2について、今度は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にあることが分かる。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ようになるのである。

同様に、各期における合計有効アイデア量を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の方が合計有効アイデア量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有効アイデア量は100強になっており、その差は縮まっている。

以上のやや意外な結果をまとめると、(a)最初に大エージェントを投入されたテーマが、エージェント獲得競争で有利になるわけではない。(b)にもかかわらず、大エージェントが投入されることで、全体としては、より速くクラスターが形成され、合計有効アイデア量の立ち上がりも速くなる。(c)しかし、形成が速いだけで、最終的には平均クラスター規模が大きくなるわけではないし、合計有効アイデア量が大きくなるというわけでもない。

それでは、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。実は、当初、ケース2では、大エージェントが核となって、そのまわりに小エージェントが集まることで、ケース1より大きなクラスターが形成されるのではないかと予想していた。ところが実際には、大エージェントはほぼ常にクラスターの境界上に位置していたのである。より正確に記述すれば、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の試行のときだけで、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。しかしこの場合でも、正確には、大エージェントは露出していたことになるし、大エージェントを核にクラス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する方が正しい。そして、この乱数シー

ド値=12の試行を除けば、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、クラスターの境界上を、まるでアメーバの触手のようにクラスターから突き出るような動きをしながら周辺のエージェントをかき集めたために、クラスターの形成が速くなったのである。

3. 研究開発におけるスピードとアイデア量⁴

ゲートキーパーがいると(i)クラスター形成と(ii)アイデア量の立ち上がりが速くなるというシミュレーション結果は、現実の研究開発プロセスにおいては、どのような現象となって観察されるのだろうか。

医師(medical doctor)として人の生体メカニズムについて熟知しながら医薬品の研究もするバイリンガルの(沼上, 2000)存在は、まさにゲートキーパーと呼んでいいものである。Merckでは、そのゲートキーパーが医薬品開発で活躍する。例えば、1999年当時、West Point研究所で初期臨床試験を行っていた抗ガン剤のアイデアは、National Cancer Instituteから招聘された研究者が、West Point研究所のバイオロジストとケミストが既存製品の改良を議論している中からreviewしたものだ。そしてMerck傘下となった萬有製薬(日本)のつくば研究所に招聘されたガン研究の専門家は、すぐにMerck全体の戦略会議やresearch reviewにも参加するようになり、いまや萬有のつくば研究所とWest Point研究所との間でガンの共同研究が行われるようにもなっている。その(i)速いクラスター形成の様子は、まるでシミュレーションで大エージェントの動きを見ているようである。MerckのWorldwide Strategic & Capital Planning部門の担当者は「Merckの強さの秘密は、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

⁴ この節の記述は、*Merck Annual Report* (1999)、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 社本社及びWest Point 研究所でのインタビューを基礎にしている。

いたこと」であるとまで明言する。それに対して、日本の製薬企業では、欧米と比較してmedical doctorの数が圧倒的に少ないことが以前から指摘されており、Merck的なゲートキーパーはほとんどいないのである。

それでは、シミュレーションのもう一つの結果(ii)が示すように、本当にMerckではアイデア量の立ち上がりも速いのだろうか。そのことを示すためには、日本の製薬企業と比べて、Merckでは開発の川上段階でのアイデア量が豊富だということを示せばよいわけだが、このことに関しては次のような傍証がある。1980年代後半から90年代にかけて、新薬のもととなる多くの化合物を高速で評価する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、実に一度で3000サンプル、1週間で50万種の検査が可能だといわれる。こうした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(小嶋, 1997)。つまり、マシンをフル稼働させるだけのアイデアがあるかどうか重要なのである。残念ながら、日本の大手製薬企業では、その8割近くがHTSを導入しているものの、常時動いているといえる状態からはほど遠い⁵。対照的に、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。これはまさにアイデア量の違いを表しているといえるのではないだろうか。

それでは、(i)クラスター形成と(ii)アイデア量の立ち上がりが速くなることは、製薬企業としてのパフォーマンスに、どのような影響を及ぼすのであろうか。一

⁵ 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。

般に、開発スピード(開発リードタイム)は企業の競争優位にとってきわめて重要であるといわれる(Clark & Fujimoto, 1991)。研究開発が速ければ、プロジェクト当りの所要時間が短くなり、一定期間により多くのプロジェクトを実施することができる。製薬企業の場合も、仮に成功確率が同じならば、開発の速い企業の方が、それだけ多くの新薬を開発することが可能になるはずである。

しかも製薬産業の場合、研究開発・製品開発のスピードの異なる二つの企業が競争すれば、新薬の開発成功数の差以上に、新薬の上市数に差が生じる。なぜなら、製薬産業では「先行者の優位性(first-mover advantage)」が顕著であり、一つの薬効領域で上市順位が数番目以内でないと市場が無いと言われているからである。したがって、製品の開発自体はほぼ成功したとしても、競合品が既に市場に多く存在する場合には、たとえ多額の費用をかけたプロジェクトでも上市は中止されることになる。開発スピードは新薬の上市数に決定的な影響を及ぼす。

実際、ゲートキーパーのいるMerckの上市実績は驚くべきものである。日本の大手製薬企業10社に入る企業でも過去10年間に自社開発の製品がゼロあるいは1~2個しかない企業も見られるのに対して、Merckには、年間売上げが1億ドルを越す主要製品だけでも「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)」などがある。その結果、Merckは1990年代、年10%以上の増益率を維持し続け、1998年の売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位となっているのである。

4 . おわりに

マルチエージェント・シミュレーションは、2000年以降、日本の学会誌でも相

次いで特集が組まれ⁶、注目を集めているが、現時点では、両極端の使い方が存在していることには注意がいる。すなわち、(a)人工社会のような比較的抽象的なモデルを作って色々な洞察を引き出すアプローチ、(b)出来るだけ具体的な個別事例をモデル化して文字通り計算に使用するアプローチである。例えば、(a)のアプローチで代表的なEpstein & Axtell (1996)は、エージェント(蟻)が食べる食糧(砂糖)を配置した空間を人工社会に見立てた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。それに対して(b)のアプローチでは、例えばThomas & Seibel (1999; 2000)は、マルチエージェント・シミュレーションを実用的に使ってサウスウエスト航空の貨物オペレーションを改善することに成功しているが、ここまでくると、ORの一手法といった方が近い。

このように使い方が両極端に分かれている中で、本稿では基本的に(a)のアプローチを採用しながら、できるだけ個別事例に戻る努力をしてきた。すなわち、Merckの事例から着想を得てモデルを作り、そのシミュレーションの結果を切り口にして再度事例に戻ってゲートキーパーの効果を分析している。このことにより、既存研究の知見の穴をシミュレーションによって埋めることで、新たな調査研究の手がかりとなるアイデアを探索するという研究アプローチの提示には成功したのではないだろうか。

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

⁶ 2000年11月発行の『人工知能学会誌』Vol.15, No.6では「人工市場」で5本の論文と座談会、2000年12月発行の『組織科学』Vol.34, No.2でも「エージェントベースアプローチ」で6本の論文、さらに2001年10月発行の『オペレーションズ・リサーチ』Vol.46, No.10では「マルチエージェ

- Press, Cambridge, Mass. (中村信夫訳 『 “ 技術の流れ ” 管理法』 開発社, 1984)
- Allen, Thomas J, Michael L. Tushman and Denis Lee (1979) "Technology transfer as a function of position on research, development, and technical service continuum," *Academy of Management Journal*, 22, 694-708.
- 有田隆也 (2000) 『人工生命』 科学技術出版.
- Clark, Kim B. & Takahiro Fujimoto (1991) *Product Development Performance: Strategy, organization, and management in the world auto industry*, Harvard Business School Press, Boston, Mass.(田村明比古訳 『製品開発力』 ダイヤモンド社, 1993)
- Ebadi, Yar M. & James M. Utterback (1984) "The effects of communication on technological innovation," *Management Science*, 30(5), 572-585.
- 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)
- Gaylord, Richard J. & Louis J. D'Andria (1998) *Simulating Society: A Mathematica Toolkit for Modeling Socioeconomic Behavior*. Springer-Verlag, New York.
- Gaylord, Richard J. & Paul R. Wellin (1995) *Computer Simulations with MATHEMATICA: Explorations in Complex Physical and Biological Systems*. Springer-Verlag, New York. (荒井隆訳 『MATHEMATICA複雑系のシミュレーション 物理学と生物学の探求』 シュプリンガー・フェアラーク東京, 1998)
- 原田勉(1999) 『知識転換の経営学』 東洋経済新報社.

ント実験経済学」で7本の論文の特集が組まれている。

- Katz, Ralph & Michael L. Tushman (1979) "Communication patterns, project performances, and task characteristics," *Organizational behavior and human performance*, 23, 139-162.
- Katz, Ralph & Michael L. Tushman (1981) "An investigation into the managerial roles and career paths of gatekeepers and project supervisions in a major R&D facility," *R&D Management*, 11, 103-110.
- Keller, Robert T. & Winford E. Holland (1983) "Communicators and innovators in research and development organizations," *Academy of Management Journal*, 26(4), 742-749.
- Klobas, Jane E. & Tanya McGill (1995) "Identification of Technological gatekeepers in the information technology profession," *Journal of the American Society for Information Science*, 46(8), pp.581-589.
- 小嶋伸夫(1997)「HTSによるリード化合物の探索」コンピナトリアルケミストリー研究会編『コンピナトリアルケミストリー』化学同人, pp. 204-216.
- 桑嶋健一(1998)「日本製薬企業の製品開発マネジメント」『製薬産業における知的生産力向上についての研究』日本製薬工業協会, pp.24-50.
- 桑嶋健一・高橋伸夫(2001)『組織と意思決定』朝倉書店.
- Mcdonald, Stuart & Christine Williams (1993) "Beyond the boundary: An information perspective on the role of gatekeeper in the organization," *Journal of Product Innovation Management*, 10, 417-427.
- Myers, Sumner & Donald G. Marquis (1969) *Successful Industrial Innovations: A Study of Factors Underlying Innovation in Selected Firms*. National Science Foundation.
- Resnick, Mitchel (1997) *Turtles, Termites, and Traffic Jams: Explorations in Massively Parallel Microworlds*. MIT Press, Cambridge, Mass.
- 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.

Tushman, Michael L. & Ralph Katz (1980) "External communication and project performance: an investigation into the role of gatekeeper," *Management Science*, 26(11), 1071-1085.

Zenger, Todd R. & Barbara S. Lawrence (1989) "Organizational demography: The differential effects of age and tenure distributions on technical communication," *Academy of Management Journal*, 32, 353-376.

図1 . パス長の計算例

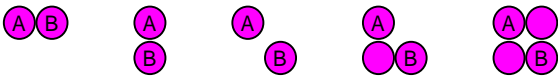
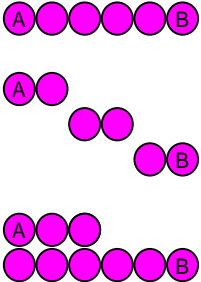
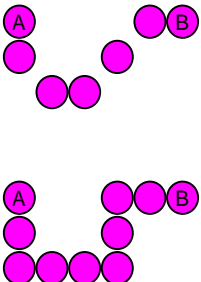
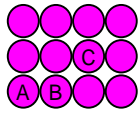
パス長	クラスターの形状の例
L=1	 <p>Five small clusters of 2 particles each, labeled A and B. The clusters are: 1) A and B side-by-side; 2) A above B; 3) A to the left of B; 4) A above B with another B to the right of A; 5) A and B side-by-side with another A and B stacked on top.</p>
L=5	 <p>Three larger clusters of 6 particles each, labeled A and B. The clusters are: 1) A horizontal line of 6 particles (A, 4 unlabeled, B); 2) A diagonal chain of 6 particles (A, 4 unlabeled, B); 3) A U-shaped cluster of 6 particles (A, 4 unlabeled, B).</p>
L=6	 <p>Two clusters of 7 particles each, labeled A and B. The clusters are: 1) A U-shaped cluster of 7 particles (A, 5 unlabeled, B); 2) A more complex U-shaped cluster of 7 particles (A, 5 unlabeled, B).</p>

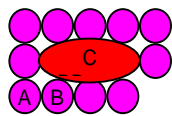
図2 . 有効アイデア量の計算例

(A)有効アイデア量の計算



	該当エージェント数と有効アイデア量の計算					
	A		B		C	
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有効アイデア量の変化



	該当エージェント数と有効アイデア量の計算			
	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

図3 . 平均クラスター規模の平均

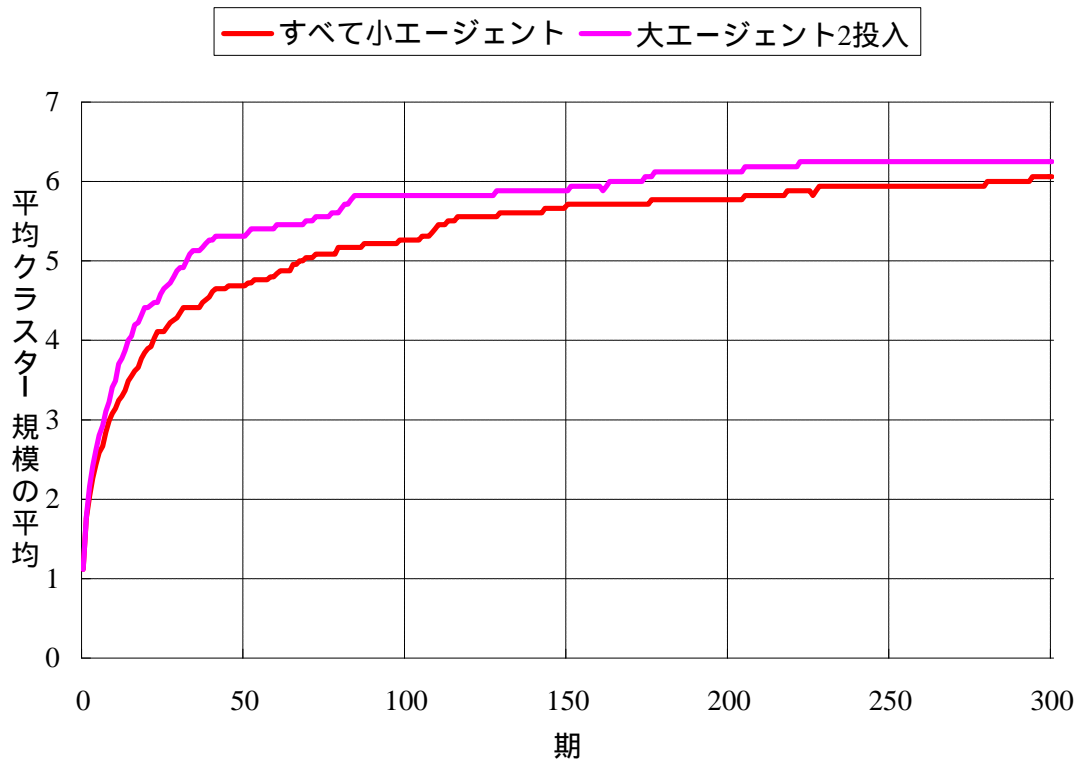


図4 . 合計有効アイデア量の平均

