

就業行動促進支援政策のための  
マルチエージェントシミュレーションを用いた商用プロバイダ経由と  
スーパーSINET経由のグリッドシステム比較実験

村田忠彦・北埜裕子・鵜飼康東・小橋博道・名取良太・伊達 進

RCSS

文部科学省私立大学学術フロンティア推進拠点  
関西大学ソシオネットワーク戦略研究センター

Research Center of Socionetwork Strategies,  
The Institute of Economic and Political Studies,  
Kansai University  
Suita, Osaka 564-8680 Japan  
URL : <http://www.rcss.kansai-u.ac.jp/>  
<http://www.socionetwork.jp/>  
e-mail : [keiseiken@jm.kansai-u.ac.jp](mailto:keiseiken@jm.kansai-u.ac.jp)  
tel. 06-6368-1177  
fax. 06-6330-3304

就業行動促進支援政策のための  
マルチエージェントシミュレーションを用いた商用プロバイダ経由と  
スーパーSINET経由のグリッドシステム比較実験

村田忠彦・北埜裕子・鵜飼康東・小橋博道・名取良太・伊達 進

RCSS

文部科学省私立大学学術フロンティア推進拠点  
関西大学ソシオネットワーク戦略研究センター

Research Center of Socionetwork Strategies,  
The Institute of Economic and Political Studies,  
Kansai University  
Suita, Osaka 564-8680 Japan  
URL : <http://www.rcss.kansai-u.ac.jp/>  
<http://www.socionetwork.jp/>  
e-mail : [keiseiken@jm.kansai-u.ac.jp](mailto:keiseiken@jm.kansai-u.ac.jp)  
tel. 06-6368-1177  
fax. 06-6330-3304

# 就業行動促進支援政策のための マルチエージェントシミュレーションを用いた商用プロバイダ経由とス ーパーSINET 経由のグリッドシステム比較実験

村田 忠彦<sup>1,2</sup>, 北埜 裕子<sup>1,3</sup>, 小橋 博道<sup>4</sup>, 鶴飼 康東<sup>1,2</sup>, 伊達 進<sup>1,5</sup>, 名取 良太<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 関西大学ソシオネットワーク戦略研究センター <sup>2</sup> 関西大学総合情報学部総合情報学科

<sup>3</sup> 大阪府立大学大学院工学研究科

<sup>4</sup> 富士通研究所 IT コア研究所

<sup>5</sup> 大阪大学大学院工学研究科

**Abstract:** 本研究では、一時的な好みに影響を受けやすいファッションの流行を反映させるために提案された近隣エージェント影響モデルを、長期的な視野で意思決定すべき就業行動に適用するための修正方法を提案する。さらに、提案したモデルによるシミュレーション結果を考察するとともに、商用プロバイダ経由のグリッドシステムと、現在日本で最高速のネットワークであるスーパーSINET 経由のグリッドシステムによる数値実験を通して、商用プロバイダとスーパーSINET 経由のグリッドシステムの性能の比較を行う。

**Keywords:** Social simulation, Multi-agent model, Influence among agents, Leader and follower model

## 1. はじめに

本研究では、近年多くの社会学者の関心を集めている「社会シミュレーション」[1]と呼ばれるシミュレーションの社会科学への応用を行う。具体的には、女性就業行動促進支援政策のためのマルチエージェントシミュレーション[2]をグリッドシステムを用いて実装する手法を開発し[3]、商用プロバイダ経由と高速ネットワークであるスーパーSINET 経由のグリッドシステムの比較実験を行う。

近年、多様な背景をもつ研究者が、以下のような目的のもとに人間社会のシミュレーションに取り組んでいる[1]。

- 1) 社会の特徴の理解を深める。
- 2) 社会の将来の状態を予測する。
- 3) 専門家を代理する。
- 4) 模擬環境で初心者を実験する。または、一般にゲームとして利用する。
- 5) 社会における発見や定式化を支援する。

特に最後の目的は、多くの社会学者の関心を集める要因となっており、社会科学と計算機科学の新たな融合が図られている。

一方、マルチエージェントシステムは、人工知能研究における有望な研究分野の一つであり、社会科学の分野にマルチエージェントシステムを適用することに着目したワークショップが1998年から開かれている[4]。文献[4]には、市場力学のモデル化やミツバチの巣における自己組織化のシミュレーションに関する論文、また、言語の発生や排水過程を取り扱っている論文が含まれており、マルチエージェントシステムの対象とする分野が多岐にわたっていることがわかる。

本研究では、既に我々が提案した女性就業行動促進支援政策のためのマルチエージェントシミュレーションモデル[2]における問題点を考察し、モデルの修正を行う。その後、シミュレーション実験によるモデル変更の妥当性を検討する。文献[2]において、我々は、各エージェントが就業行動に関する効用差関数を持ち、年齢、教育年数、配偶者の収入、子供の数に応じて、意思決定を行うモデルを考案した。ここで、設置された託児所を利用することにより、子供をもつエージェントが世話すべき子供の数を減じ、就業行動に関する効用値を変化させるモデルを用いた。このようなエージェントモデルを用いて、就業行動を最も効果的に促進する託児所の設置位置を推定した。

さらに、文献 [2] のマルチエージェントシステムでは、エージェント間の相互影響を考慮した。すなわち、周囲のエージェントの就業行動が、当該エージェントの意思決定を左右するモデルを採用した。Rogers は、意思決定の時間的な違いに基づいて、エージェントを次のような 5 つのカテゴリに分類している [5]。

- 1) 革新者：最初に新しいアイデアや概念を受け入れる層。
- 2) 初期採用者：新しいアイデアや概念が価値あるものなら、受け入れる層。
- 3) 前期追随者：平均的な層が受け入れる前に新しいアイデアや概念を受け入れる層。
- 4) 後期追随者：平均的な層が受け入れた後に新しいアイデアや概念を受け入れる層。
- 5) 遅滞者：最後に新しいアイデアや概念を受け入れる層。

上記のように、文献 [5] では 5 つのカテゴリが示されていたが、文献 [2] では、簡単のため、文献 [6] と同様に 2 つのカテゴリ（リーダーとフォロアー）を用いてモデルを構築した。リーダーは、周囲のエージェントが就業していなくても就業行動を率先して行い、フォロアーは、周囲のエージェントの就業行動に左右される意思決定を行う。このような設定を用いたシミュレーションにより、託児所のふさわしい設置位置を求める。シミュレーション結果から、エージェントの性格分布を考慮に入れて託児所などの公的施設を設置する必要があることが示された。

文献 [2] の託児所を適切な位置に配置するためのシミュレーションでは、多数のパラメータの組合せを考慮した実験を行う必要がある。このような多数のパラメータの組合せのシミュレーションを平行して行うため、グリッドコンピューティングを用いたシステムを開発した [3]。商用プロバイダを経由するグリッドコンピューティングを用いた実験により、4 倍の速度で解が得られることが示された。

本研究では、文献 [2] で用いたマルチエージェントシミュレーションモデルの問題点の考察に基づいてモデルの修正を行い、商用プロバイダ経由のグリッドシステム上で得られたシミュレーション結果について検討する。さらに、商用プロバイダ経由だけでなく、現在、日本で最高速のネットワークであるスーパーSINET 経由のグリッドシステムによる実験も行い、商用プロバイダとスーパーSINET 経由のグリッドシステムについての比較を行う。

本論文を以下のように構成する。続く 2 章では、モデル、エージェントの効用関数、相互影響のメカニズム、環境について説明する。3 章では、相互影響のメカニズムに関する修正点を示す。4 章でシミュレーション結果を示し、最後に、5 章で結論と今後の研究課題について述べる。

## 2. マルチエージェントシステム

図 1 に、本論文におけるマルチエージェントシステムの託児所設置問題への適用の概要を示す。 $[0, 5000]^2$  の非トーラス状の 2 次元空間内に 2 つの職場と 6 つのエージェントが配置されている。○と●はそれぞれ就業、非就業のエージェントを示している。各エージェントは、本章で示す効用差関数に基づいていずれか 1 つの最近隣の職場で働くことができる。本論文では、子供がいるために効用差関数の値が低くなり、就業行動をとれないエージェントが、2 次元空間内に設置された託児所に子供を預けることによって就業行動をとる可能性が増す、という設定でシミュレーションを行う。一方、子供が理由でない場合は、託児所を利用することによる就業行動の促進は期待できない。

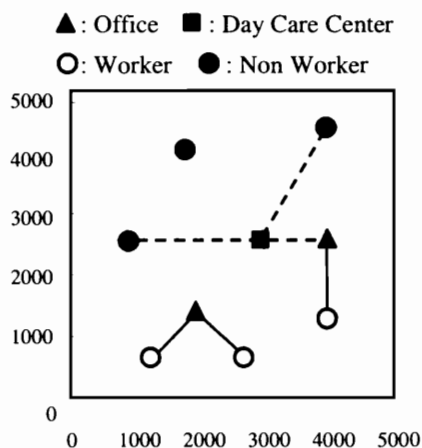


図 1：託児所とエージェントの位置の関係

表 1 : 50 人の既婚女性の就業状況 (Current Population Survey in 1993 by U.S. Bureau of the Census).

#	C18	AGE	ED	HI	WK
1	0	69	16	0	H
2	0	27	12	37400	W
3	0	58	12	30000	H
4	2	29	12	18000	W
5	0	58	12	60000	W
6	1	36	12	55000	H
7	0	52	13	33000	W
8	0	29	16	28000	W
9	0	46	14	33000	W
10	0	67	7.5	0	H
11	0	65	12	0	H
12	0	51	12	29650	W
13	2	36	13	0	W
14	0	22	2.5	12000	W
15	1	30	14	45000	W
16	2	34	12	39000	W
17	3	38	16	39750	H
18	5	34	11	1200	W
19	0	48	11	0	H
20	3	27	12	14500	H
21	1	43	13	16887	W
22	2	33	12	28320	W
23	0	58	12	500	H
24	0	46	13	1000	W
25	0	52	21	99999	W

#	C18	AGE	ED	HI	WK
26	2	23	11	2300	W
27	2	32	14	11000	H
28	1	34	20	8809	W
29	1	37	11	32800	H
30	0	53	11	0	W
31	0	26	12	15704	W
32	5	42	13	41000	H
33	2	47	12	48200	W
34	1	43	14	0	W
35	0	62	12	0	H
36	1	29	12	0	W
37	0	63	13	0	H
38	0	57	10	20000	H
39	3	34	16	60000	H
40	3	32	16	33000	W
41	0	60	12	0	W
42	0	53	12	45000	W
43	1	37	12	25400	W
44	0	70	12	0	H
45	3	28	12	24000	W
46	0	52	11	0	W
47	1	38	13	14000	H
48	0	57	16	0	W
49	1	52	16	22000	W
50	1	54	12	0	W

WK: "H" means the sample does not work, and "W" means it works.

## 2.1 効用差関数

本論文では、就業するときの効用と非就業の時の効用の差を表現した効用差関数  $U$  を以下のように与え、各エージェントの効用値（効用差関数の値）を計算する。

$$U = \beta_1 + \beta_2 \times C18 + \beta_3 \times AGE + \beta_4 \times AGE^2 + \beta_5 \times ED + \beta_6 \times HI, \quad (1)$$

C18: 18 歳以下の子供の数,  
 AGE: エージェントの年齢,  
 ED: 教育年数,  
 HI: 配偶者の収入.

なお、式 (1) の係数  $\beta_i$  ( $i=1, \dots, 6$ ) は、ロジットモデル [7] を用いて推定した。ロジットモデルはバイナリデータ解析にしばしば用いられる手法である。係数の推定を行うため、1993 年の U. S. Bureau of the Census の調査データ (Current Population Survey) から抽出した 50 人の既婚女性に関するデータを用いた (表 1)。文献 [8] に、表 1 のデータを用いて推定された係数  $\beta_i$  の値が次のように示されている。

$$\beta_1 = -2.302, \beta_2 = -0.667, \beta_3 = 0.245, \beta_4 = -0.004, \beta_5 = 0.085, \beta_6 = -8.2 \times 10^{-6}. \quad (2)$$

本論文では、式 (2) の係数を用いた効用差関数を基礎として、各エージェントの就業意思決定を行う。すなわち、効用値が  $U \geq 0$  のとき、エージェントは就業を選択し、最近隣の職場で働く。一方、 $U < 0$  のとき、エージェントは就業しないことを選ぶ。式 (2) の C18 に対する係数値  $\beta_2$  が負であるため、C18 の値が大きくなるほど、エージェントが非就業に向かうことがわかる。18 歳未満の子供をもつ未就業エージェントが託児所を利用することにより、C18 の値を減じることができ、その結果、効用値が正になれば、就業が可能となる。

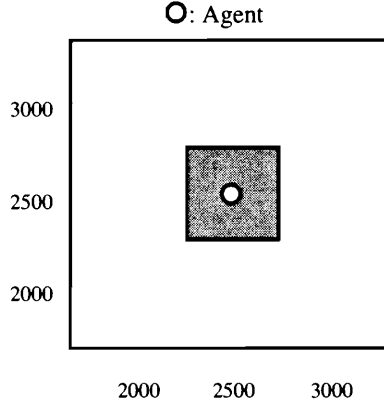


図2：エージェントの情報収集範囲（知覚範囲）

## 2.2 託児所の利用

本論文のシステムでは、文献[2]のシステムと同様に、次のような距離に関する条件も考慮して、エージェントの託児所利用の可否を設定する。ここで、エージェント  $A$  と最近隣の職場間、エージェント  $A$  と託児所間、最近隣の職場と託児所間の距離をそれぞれ  $D_{NW}(A)$ 、 $D_{ND}(A)$ 、 $D_{ND-w}(A)$  とし、次のような不等式が成り立つとき、託児所を利用するものとする。

$$D_{ND}(A) + D_{ND-w}(A) \leq tol \times D_{NW}(A), \quad (3)$$

ここで  $tol$  は エージェント  $A$  の距離許容度を表している。すなわち、 $tol = 1$  の場合、 $D_{ND}(A)$  と  $D_{ND-w}(A)$  の和が、最近隣の職場までの距離  $D_{NW}(A)$  以下であるとき、託児所を利用できるものとする。例えば、図1の座標(4000, 4500)に位置するエージェントが(3000, 2500)にある託児所を利用するためには、距離許容度  $tol$  が1.62以上でなければならない。ここで、託児所を利用するときは、託児所から最近隣の職場に就業すると定義する。すなわち、座標(1000, 2500)に位置するエージェントにとっては、(2000, 1500)にある職場が最近隣であるが、(3000, 2500)にある託児所を利用したときは、託児所から最近隣の(4000, 2500)の職場に就業するものとする。

## 2.3 近隣エージェントの影響

本論文では、各エージェントは周囲のエージェントの就業行動に影響を受けるものとする。エージェントをリーダーとフォロアーの2種類に分け、それぞれで異なるルールを用いて影響を表現する。各エージェントは、エージェントのもつ情報収集範囲（または知覚範囲）の中で周囲のエージェントの就業行動を知ることができる。図2にエージェントの情報収集範囲を示す。各エージェントは  $500 \times 500$  の範囲の情報を集めることができる。もし、エージェントが  $[2500, 2500]$  に位置していれば、そのエージェントは、 $[2250, 2250]$ 、 $[2250, 2750]$ 、 $[2750, 2250]$ 、 $[2750, 2750]$  の4点に囲まれた範囲の就業行動を計測することができる。この範囲は2次元空間全体の1%の領域に相当する。

情報収集範囲において、エージェントが計測するものは、範囲内のエージェント数と就業しているエージェント数である。情報収集範囲内の就業エージェントの割合により、式(1)の第1係数  $\beta_1$  の値を変更する。文献[2, 3]では、リーダーエージェント  $L$  とフォロアーエージェント  $F$  に対して、文献[6]を参考にして、更新ルールを以下のように設定した。以下において、 $RW(A)$  はエージェント  $A$  の情報収集範囲における就業者率である。

[リーダーエージェント  $L$  の係数更新ルール]

If  $0 \leq RW(L) < 0.2$ , then  $\beta_1$  を  $\Delta\beta$  減らす, (L1)

If  $0.2 \leq RW(L) < 0.4$ , then  $\beta_1$  を  $\Delta\beta$  増やす. (L2)

If  $0.4 \leq RW(L) < 0.6$ , then  $\beta_1$  を変えない, (L3)

If  $0.6 \leq RW(L) < 0.8$ , then  $\beta_1$  を  $\Delta\beta$  減らす, (L4)

If  $0.8 \leq RW(L) \leq 1.0$ , then  $\beta_1$  を  $\Delta\beta$  増やす. (L5)

[フォロアーエージェント  $F$  の係数更新ルール]

If  $0 \leq RW(F) < 0.4$ , then  $\beta_1$  を  $\Delta\beta$  減らす, (F1)

If  $0.4 \leq RW(F) < 0.6$ , then  $\beta_1$  を変えない, (F2)

If  $0.6 \leq RW(F) \leq 1.0$ , then  $\beta_1$  を  $\Delta\beta$  増やす. (F3)

ここで、リーダーエージェントは、周囲のエージェントが就業していないときに効用値を高め、フォロワーエージェントは、周囲の大勢が就業者であれば、効用値を高めるものとする。リーダーエージェントとフォロワーエージェントの違いは、効用値を高めはじめる周りの就業者の割合の違いである。

### 3. 近隣エージェントの影響モデルの修正

#### 3.1 意思決定の対象の違いによる更新ルールの変更

文献 [2, 3] において、2.3 の近隣エージェント影響モデルの参考とした文献 [6] のモデルは、服飾関係等のファッションの影響モデルであったため、リーダーエージェントにおいて、周囲のエージェントが同じファッションを採用する割合が多くなったときに、採用行動を減じる設定となっていた (2.3 (L4) 参照)。しかしながら、就業行動とファッション行動では、意思決定の対象が異なるため、他のエージェントの就業が促進された場合にも、就業意欲を減じるとは考えられず、このような設定は不適切であった。そこで、本研究では、以下のようにリーダーエージェント  $L$  の第1係数  $\beta_1$  の更新ルールを変更する。

[リーダーエージェント  $L$  の係数更新ルール]

If  $0 \leq RW(L) < 0.2$ , then  $\beta_1$  を  $\Delta\beta$  減らす, (L1')

If  $0.2 \leq RW(L) \leq 1.0$ , then  $\beta_1$  を  $\Delta\beta$  増やす. (L2')

リーダーエージェントに対して、上記のように更新ルールを変更し、シミュレーションを行う。このような変更により、文献 [2, 3] において観察されていたリーダーエージェントの採用行動に関する振動がなくなることが期待できる。一方、自分の周囲 20% 以上のエージェントが就業すれば、係数が上昇するモデルであるため、相互影響の回数が増加するにつれて、リーダーエージェントの就業行動が単調増加するだけになり、就業行動に関する適切なモデルであるとはいえない。この点を解決するため、本研究では、世帯主、非世帯主の区別を新たに導入する。

#### 3.2 世帯主エージェントと非世帯主エージェントの導入

2000 年の国勢調査に基づく総務省統計局の報告 [9] では、2,700 万世帯の核家族世帯中、片親と子供の家庭が、360 万世帯近くあることが報告されている。5 年ごとに行われている国勢調査より、片親と子供の家庭の割合は 9.5% (1980 年)、10.5% (1985 年)、11.4% (1990 年)、12.1% (1995 年)、13.1% (2000 年) と増加していることがわかり、これらの片親世帯では、世帯主として就業する必要性に迫られていると考えられる。さらに、2003 年の厚生労働省の調査 [10] によると、年収 300 万円未満の所得層が、全世帯数に対して 28.9% 占めていることが報告されている。上記のように片親や所得額等の要因で就業しなければならないエージェントがいることを考慮し、本研究では、30% のエージェントが世帯主エージェントであると仮定した。この世帯主エージェントについては、前節の係数更新ルールを割り当ててシミュレーションを行う。

一方、残りの 70% の非世帯主エージェントについては、就業すべき必要性がそれほど高くないため、係数更新ルールが一定でないと考えられる。本研究では、以下のようなランダムルールを導入し、非世帯主エージェントの係数更新を行う。

[非世帯主エージェントの係数更新ルール]

$\beta_1$  を  $\Delta\beta$  だけ (減らす, 変えない, 増やす). (R1)

非世帯主エージェントは、近隣の就業者数に関わりなく、() 内の 3 つの更新のうち、いずれか 1 つをランダムに選ぶものとする。

### 4. エージェントの環境条件

本章では、上述のマルチエージェントシステムを用いて、託児所の適切な設置位置を求めるシミュレーションを行う。本実験において、エージェント数を 1000 とした。各エージェントの 18 歳以下の子供の数、年齢、教育年数、配偶者の収入などの属性値は、表 1 の 50 人のサンプルの平均と標

準偏差を用いた分布から生成した。エージェントの置かれる環境として、職場位置、エージェントの人数比と分布、距離許容度、託児所設置位置を以下のように設定した。

#### 4.1 職場位置

本実験では、2箇所の職場を設定して実験を行った。座標(1000, 4000)の職場はすべての設定で共通とし、図3のような4通りの職場位置を設定した。各職場の座標は以下のように設定した。

OA: (4000, 4000), OB: (4000, 1000), OC: (2000, 4000), OD: (2500, 2500),

ここで、(1000, 4000)の職場とOA~ODのいずれかの職場との組合せを考え、4通りの職場配置について考察する。

#### 4.2 エージェントの人数比と分布

リーダーエージェントとフォロワーエージェントを、それぞれ次の9通りの人数比で発生させた。

0:1000, 10:990, 50:950, 100:900, 200:800, 250:750, 500:500, 800:200, 1000:0

一方を2次元正規分布により分布させ、他方を一様乱数で分布させた。正規分布には次のような中心座標を用いた。

①: (1000, 1000), ②: (1500, 4000), ③: (2500, 2500), ④: (4000, 4000),  
⑤: (4000, 1000), ⑥: (2000, 2500), ⑦: (3000, 2500).

図4にこれらの中心座標を示す。また、正規分布の標準偏差は250とした。なお、職場の位置にあわせて、以下の分布中心を用いて、実験を行った。

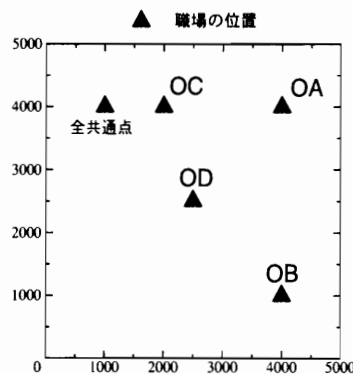


図3：2箇所の職場の配置位置

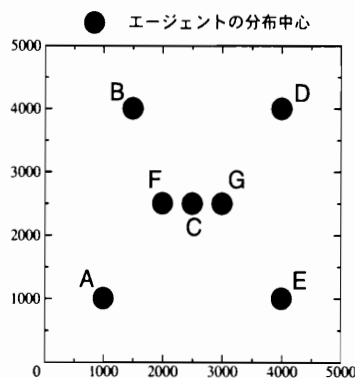


図4：エージェントグループの分布中心（他方のグループのエージェントは一様分布）



- 0A: ①, ②, ③, ⑤,
- 0B: ①, ②, ③, ④,
- 0C: ①, ②, ③, ⑤,
- 0D: ①, ②, ④, ⑤, ⑥, ⑦

なお、一方のエージェントが正規分布にしたがって分布する場合、他方のエージェントは一様分布とした。

### 4.3 距離許容度

式 (3) における距離許容度  $tol$  をエージェントの種類に応じて、 $tol_{Leader}$ 、 $tol_{Follower}$  とし、以下の3通りで与えた。

$$(tol_{Leader}, tol_{Follower}) = (2, 2), (7, 2), (7, 7).$$

ここで、 $(tol_{Leader}, tol_{Follower})$  の値が等しいときは、エージェントの種類によらず、距離に関する許容度が同じであることを意味する。 $(tol_{Leader}, tol_{Follower}) = (7, 2)$  の場合は、リーダーエージェントの方が、距離に関する許容度が高く、積極的に託児所を利用する設定となる。一方、 $(tol_{Leader}, tol_{Follower}) = (2, 7)$  というフォロワーの方が距離に対する許容度の高い設定は、本研究では考慮しない。

### 4.4 託児所設置位置

本実験では、上述のように位置づけられたエージェントと2つの職場を用いて、1つの託児所の設置を検討する。託児所の設置位置は、図5のように7候補を用意した。

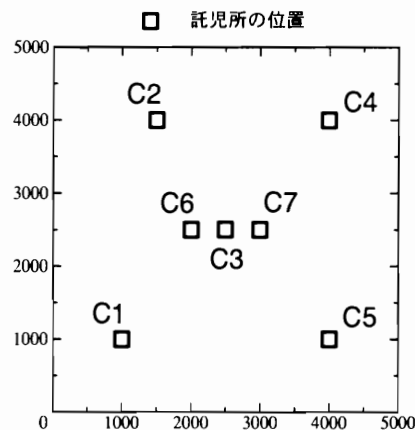


図5：託児所の設置位置

### 4.5 パラメータの組合せ数

上述の4.1節～4.4節までのパラメータの組合せにより、以下の場合の数の実験を行うことになる。

- 職場位置 0A の場合：エージェントの人数比 (9 通り) × エージェントの分布中心 ( $4 \times 2 = 8$  通り) × 距離許容度 (3 通り) × 託児所の位置 (7 通り) = 1512 通り
- 職場位置 0B の場合：エージェントの人数比 (9 通り) × エージェントの分布中心 ( $4 \times 2 = 8$  通り) × 距離許容度 (3 通り) × 託児所の位置 (7 通り) = 1512 通り
- 職場位置 0C の場合：エージェントの人数比 (9 通り) × エージェントの分布中心 ( $4 \times 2 = 8$  通り) × 距離許容度 (3 通り) × 託児所の位置 (7 通り) = 1512 通り
- 職場位置 0D の場合：エージェントの人数比 (9 通り) × エージェントの分布中心 ( $6 \times 2 = 12$  通り) × 距離許容度 (3 通り) × 託児所の位置 (7 通り) = 2268 通り

したがって、すべてのパラメータの組合せ数は 6,804 通りとなる。なお、上述のようにエージェントは正規分布にしたがって分布させたため、確率的な変動があると考えられるので、実験パラメータの組合せごとに 100 回ずつ乱数を異ならせて実験をおこなった。したがって、680,400 回のシミュレーションを行った。本論文の実験では、各実験条件において、場合分けをできるだけ少なくなるようにしたため、このような数の実験回数で抑えることができたが、実験条件をより詳細にすれば、膨大な数の実験を行う必要があることがわかる。パラメータの組合せ数は指数関数的に増えるため、実験条件の厳選は必要不可欠であるが、このような膨大な数の実験を行う体制を整えるため、以下のグリッドコンピューティングの実験環境を整えて、実験を行う。

## 5. グリッドコンピューティング

グリッドコンピューティングとは、異なる組織によって管理され、物理的に離れた場所に設置されているコンピュータを、あたかも一つの計算資源であるかのように利用する技術の概念である。文献 [3] では、図 6 のような商用プロバイダ経由のグリッドコンピューティング実験環境を用いた。図 6 の実験環境では、関西大学（大阪府吹田市）と富士通研究所（神奈川県川崎市）を商用プロバイダ経由のネットワーク上に VPN (Vertical Private Network) を用いて結んでグリッドコンピューティング実験環境を構築している。さらに本論文では、図 7 のようなスーパーSINET 経由のグリッドコンピューティング実験環境も構築した。前章で示した数多くのパラメータの組合せによる実験を、図 6 の商用プロバイダ経由の環境と、図 7 のスーパーSINET 経由の環境で行った。具体的には、図 6、図 7 の

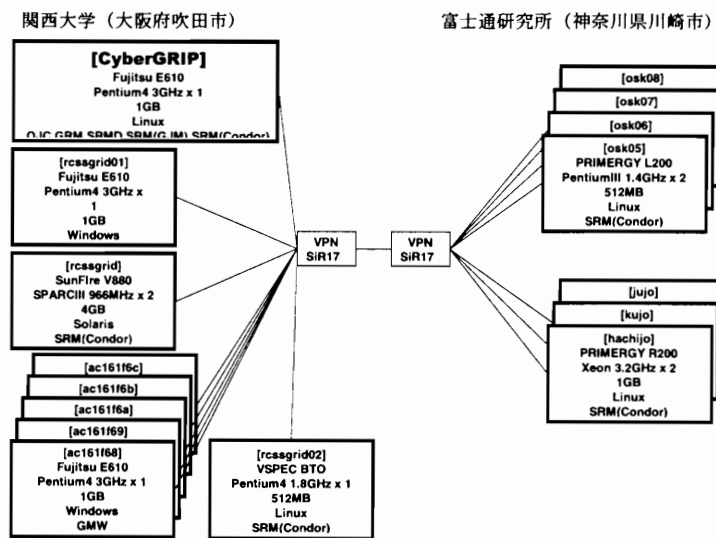


図 6 : 商用プロバイダ経由のグリッドコンピューティング実験環境 (関西大学～富士通研究所)

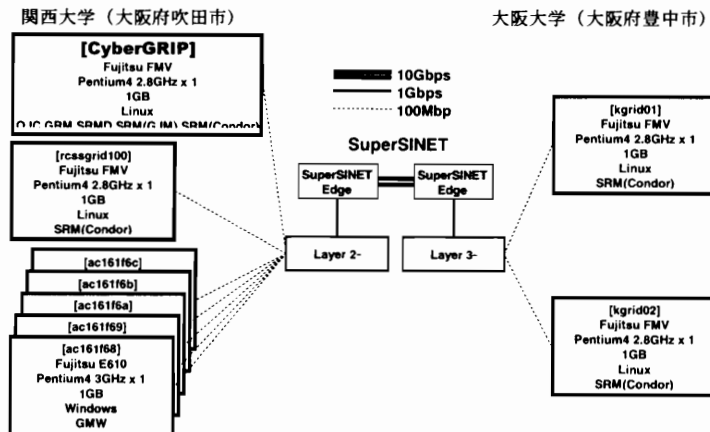


図 7 : スーパーSINET 経由のグリッドコンピューティング実験環境 (関西大学～大阪大学)

表2：単一PC，商用プロバイダ経由，スーパーSINET 経由のグリッドによる総計算時間と各マシンの単位時間あたり実行ジョブ数

	単一PC	商用プロバイダグリッド	スーパーSINET グリッド
総計算時間	317時間 54分 46秒	47時間 26分 14秒	55時間 18分 14秒
単位時間あたり実行ジョブ数	0.3567	0.0996	0.2563

いずれの環境においても，関西大学に設置したグリッドコンピューティングマスターサーバ（CyberGRIP）が実験条件の管理を行い，ネットワークで結ばれた計算資源に各パラメータによる実験が割り当てられる．計算サーバにも，富士通研究所が開発したグリッドミドルウェア CyberGRIP がインストールされており，利用者はどのパラメータの実験をどの計算資源で行うのか意識せずに実験することができる．

表2に前章で示した6804通りの実験を行った際の各グリッドによる総計算時間と単位時間でのマシン1台あたりの実行ジョブ数を示す．なお，総計算時間とは，シミュレーション開始時刻と終了時刻との差を示す．グリッドを用いることにより，いずれの環境においても，単一PCの総計算時間と比較して総計算時間を約6倍短縮したことがわかる．一方，効率性の点では，単一PCの実験では，グリッドでのネットワーク転送による遅延やジョブスケジューリングによる待ち時間を考えなくてよいため，単位時間あたりのジョブ数はもっとも高い値となっている．一方，商用プロバイダとスーパーSINETでは，商用プロバイダの方が，効率が悪い結果となっている．これは，商用プロバイダでは，計算資源数の多さに伴う通信にかかる負荷が高くなったことと，シミュレーションの実行プログラムの実行速度が遅いLinuxマシンが多かったことが理由としてあげられる．なお，通信負荷に関して，ジョブあたりの通信量は，商用プロバイダ，スーパーSINETいずれの環境においても，回線を圧迫するほどではなかったため，通信量ではなく，通信回数の多さが問題であったと考えられる．したがって，ネットワークの違いを比較するためには，双方の計算資源のOSを厳密にそろえて実行する必要がある．ただし，グリッド構築にかかる費用を考えると，商用プロバイダ経由のグリッド環境は，電話回線等で容易に利用できるネットワークを用いているのに対し，スーパーSINET 経由のグリッド環境のネットワークは，特定団体にしか利用が許されておらず，同等の広帯域ネットワークを自力で構築するのは現実的でないといえる．したがって，本実験結果から，ネットワークにコストをかけるのではなく，安価になってきた計算資源の数を増やすことにより，広帯域を用いたグリッドと同等の計算時間で計算が行えることがわかる．

## 6. 実験結果

### 6.1 シミュレーション

各エージェントは，各試行ごとに100回の意思決定の繰り返しを行い，最終的な就業者数を調べる．各パラメータごとに100回のシミュレーションを行い，その平均を求めた．以下に示すシミュレーションにおいて，式(1)の効用差関数のみに基づいて計算された就業者数の平均値は，644.1であった．この場合，職場や託児所の位置，エージェントの分布に関係なく，就業か非就業かが決まるため，すべての実験パラメータにおいて同じ値になる．上述のように本論文で実施した実験パラメータの組合せ数は膨大であるため，次に示すパラメータを基本パラメータとして実験結果と考察を示す．図8に，下記のパラメータを用いてエージェントを配置した時の一例を示す．

- ・ 人数比                      リーダー：フォロアー = 250 : 750
- ・ リーダーの分布          (1000, 1000) を中心に分散 250 の正規分布 または 一様分布
- ・ フォロアーの分布        一様分布 または (1000, 1000) を中心に分散 250 の正規分布
- ・ 職場の位置                (1000, 4000) , (4000, 4000)
- ・ 託児所の位置              (1500, 4000)
- ・ 距離許容度                 $(tol_{Leader}, tol_{Follower}) = (2, 2)$

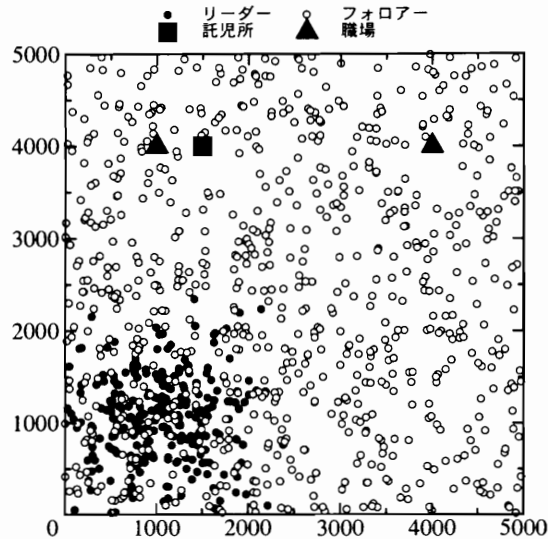


図8：基本パラメータによる環境とエージェントの分布例

## 6.2 更新ルールの変更と世帯主・非世帯主の導入の効果

図9、図10に、時間の経過とともに変化するリーダーエージェントとフォロワーエージェントの就業者数を示す。リーダーエージェントとフォロワーエージェントの人数比は250:750であるので、それぞれの最大就業者数は250人と750人である。図9にリーダーエージェントを集中分布させた場合の結果を、図10にフォロワーエージェントを集中分布させた場合の結果を示す。「ルール修正後」は、3.1節で述べた修正を適用した場合の結果を示し、「ランダムルール導入後」は、3.1節の修正に加えて、3.2節で述べたランダムルール(R1)を導入した場合の結果を示している。

各エージェントが確定的ルールを採用した場合とランダムルールを適用した場合を比較すると、図9と図10からわかるように、確定的ルールを採用した場合、就業者数は単調に増加し、その後就業者数が頭打ちすることがわかる。特に、フォロワー集中分布型では就業者数は、約10人のリーダーエージェントを除いて、皆が就業するという非現実的な結果となった。一方で、3.2節のランダムルールを導入したエージェントは、ゆるやかに就業者数が増加している。加えて就業結果がエージェントの集中分布型に大きく依存しておらず、両分布型で類似した傾向が見られた。世帯主・非世帯主の違いに着目したランダムルールの導入により、現実的な設定を考えることができたと思われる。

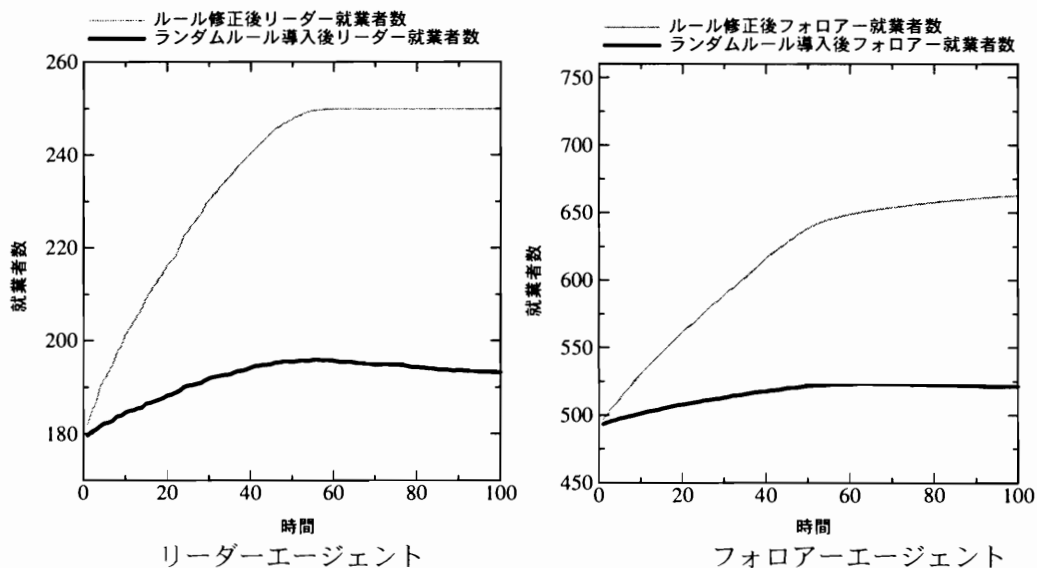


図9：リーダー集中分布型に対する各エージェントの相互影響による就業者数の変化

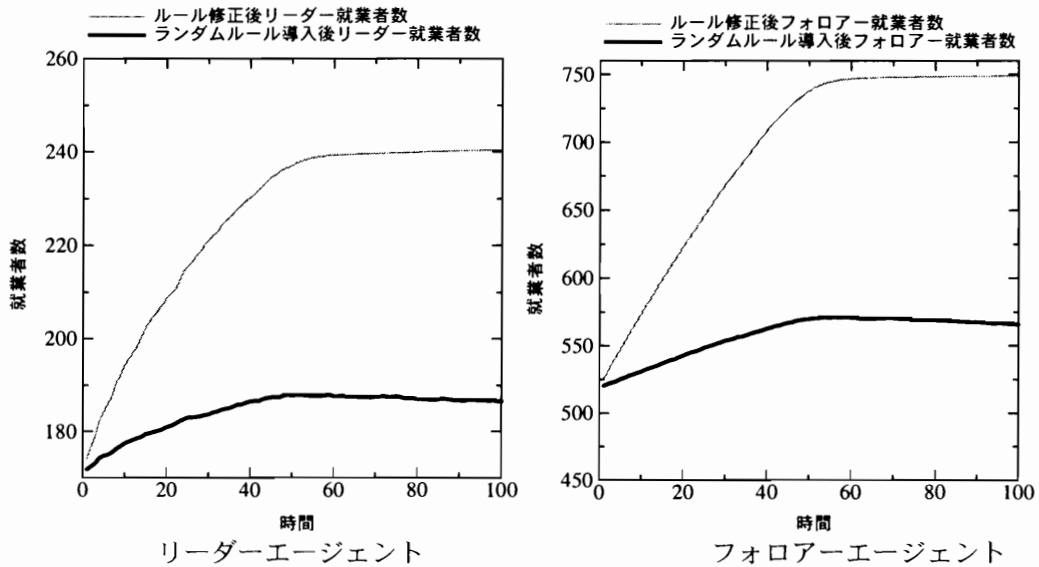


図 10：フォロワー集中分布型に対する各エージェントの相互影響による就業者数の変化

### 6.3 託児所の設置位置に関する考察

6.1 節のパラメータで、職場の位置、リーダーとフォロワーのいずれかの分布中心、託児所の位置を以下のように変更させた場合の就業者数を変更させた実験結果を示す。

- ・ 職場の位置 図 3 OA～OD
- ・ 分布 図 4 A～G を中心に分散 250 の正規分布（他方のエージェントは一様分布）
- ・ 託児所の位置 図 5 C 1～C 7

上記の組合せによる 394 通りの最終就業者数を図 11～図 24 に示す。各図の左側の図は、職場の位置、リーダーかフォロワーのいずれかのエージェントの分布中心、託児所の位置を示す。右側の図は、エージェントの分布中心が同じ場合の、職場の位置と託児所の位置を組み合わせた 28 通りの最終就業者数を示している。

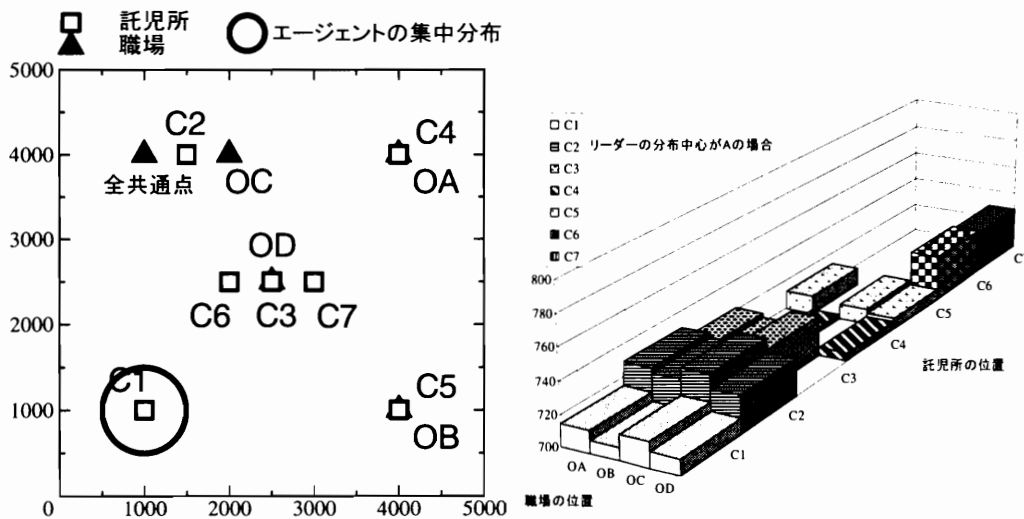


図 11 リーダー集中分布型（中心A）

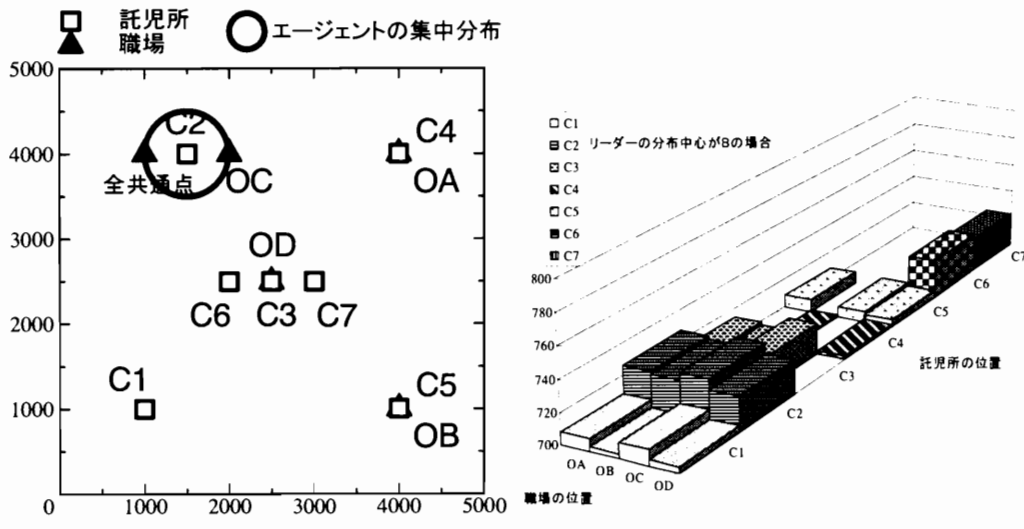


図 12 リーダー集中分布型 (中心B)

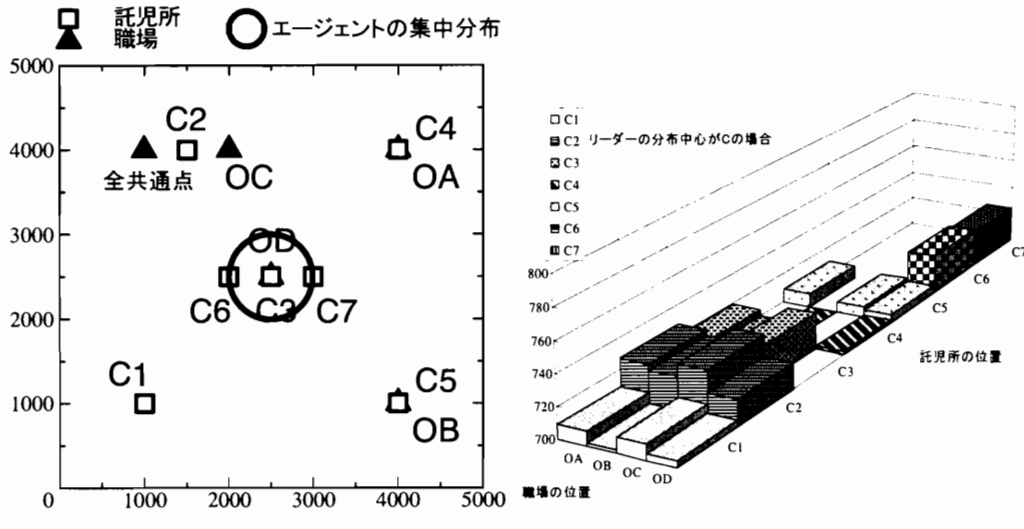


図 13 リーダー集中分布型 (中心C)

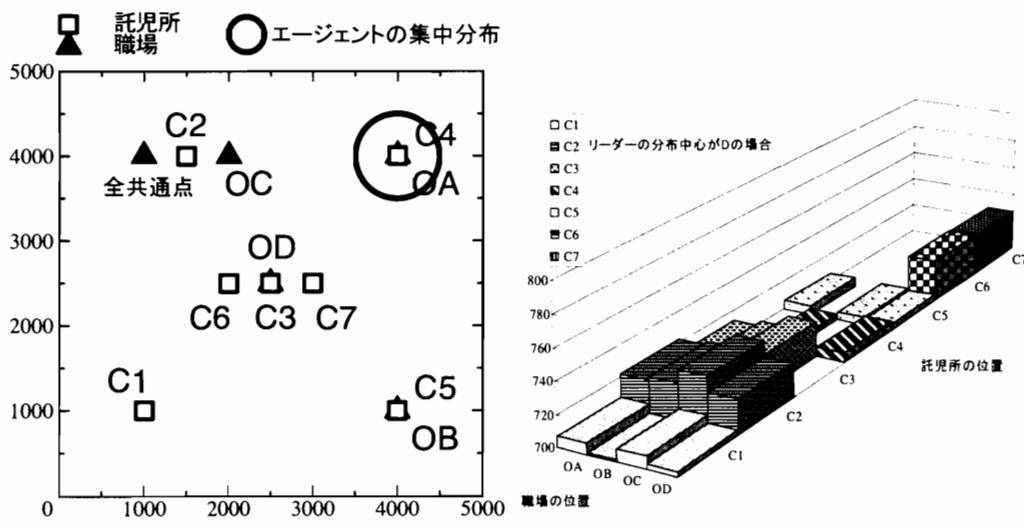


図 14 リーダー集中分布型 (中心D)

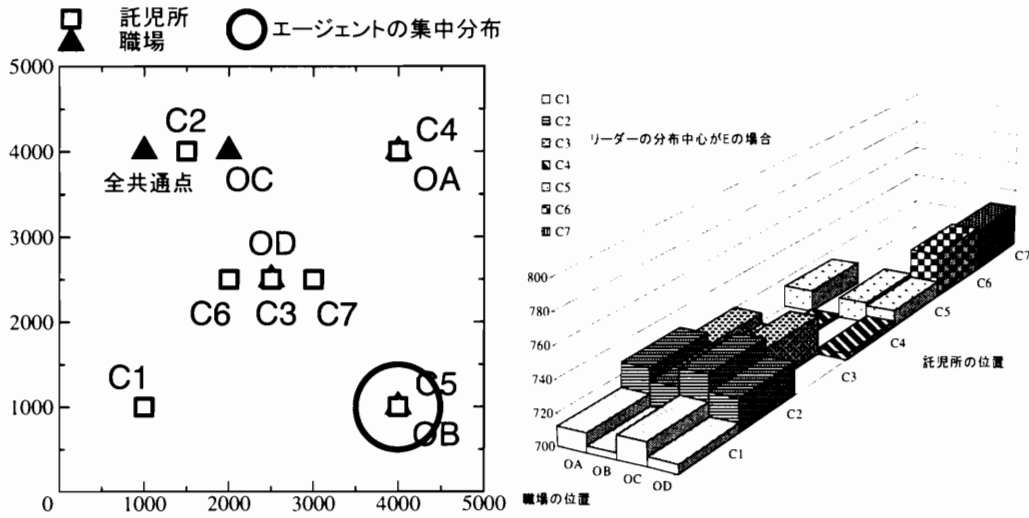


図 15 リーダー集中分布型 (中心E)

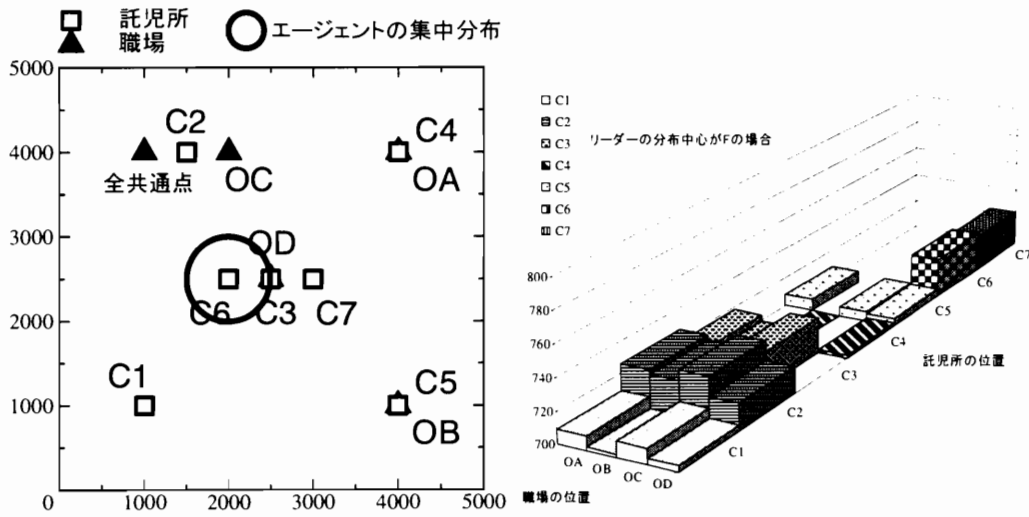


図 16 リーダー集中分布型 (中心F)

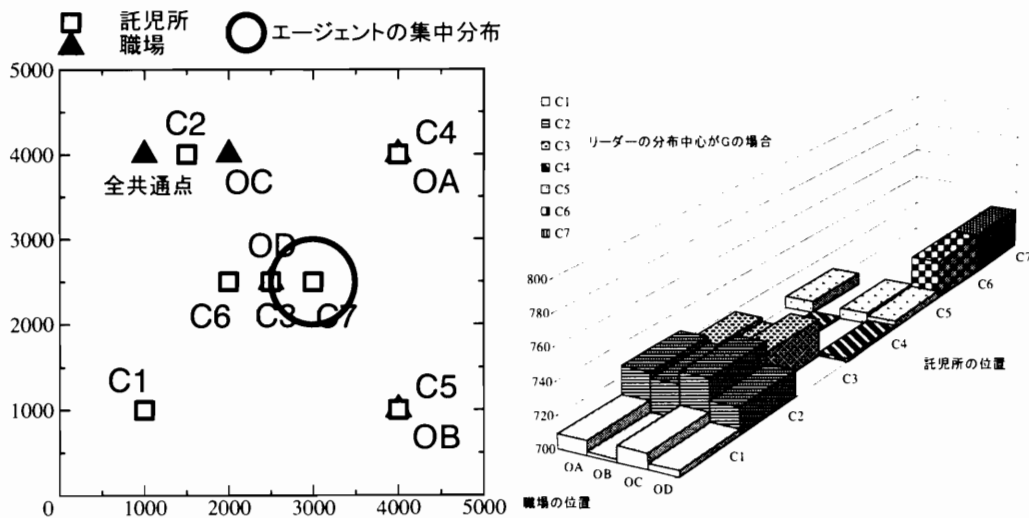


図 17 リーダー集中分布型 (中心G)

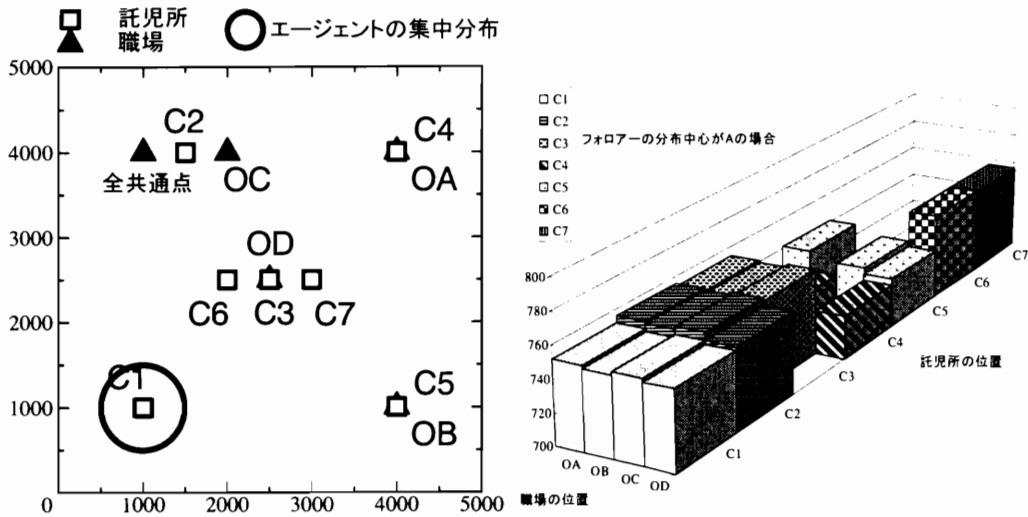


図 18 フォロアー集中分布型（中心A）

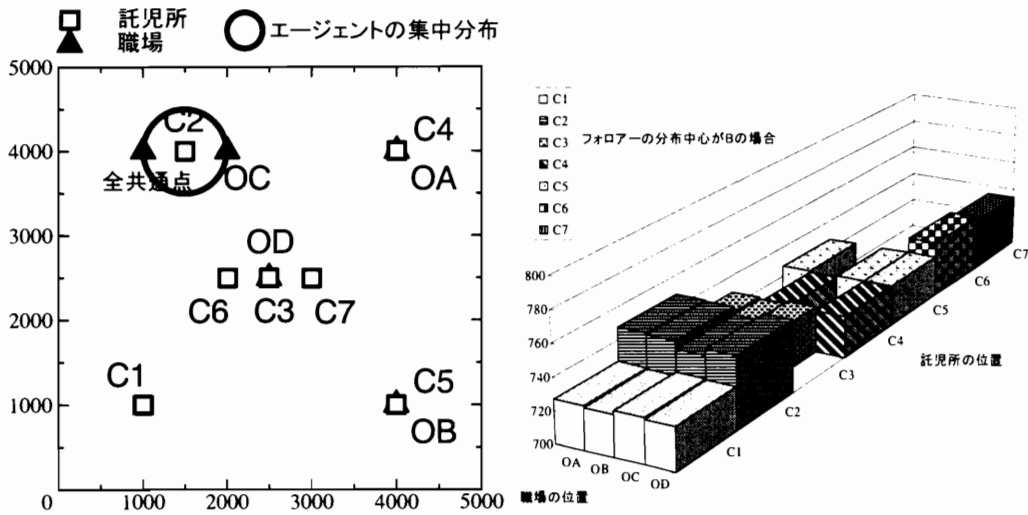


図 19 フォロアー集中分布型（中心B）

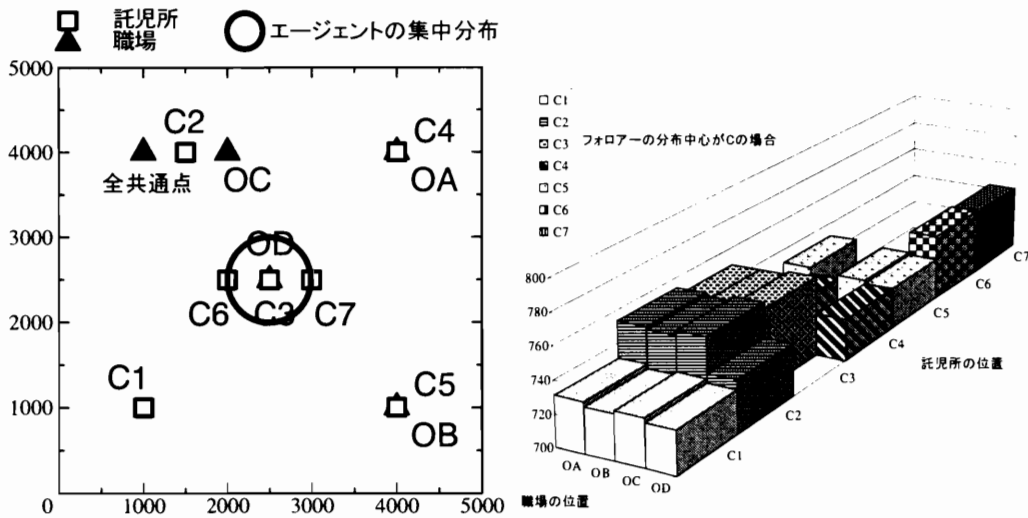


図 20 フォロアー集中分布型（中心C）



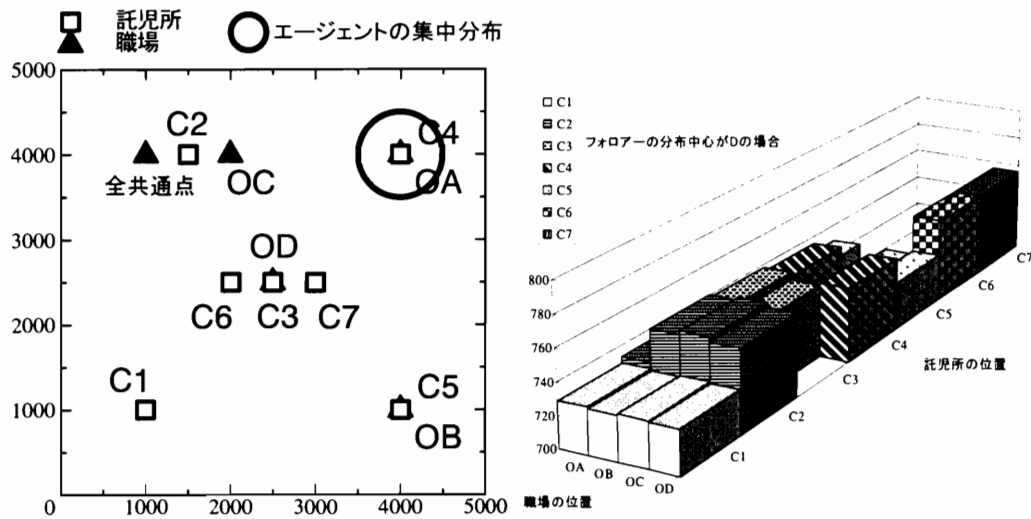


図 21 フォロアー集中分布型 (中心D)

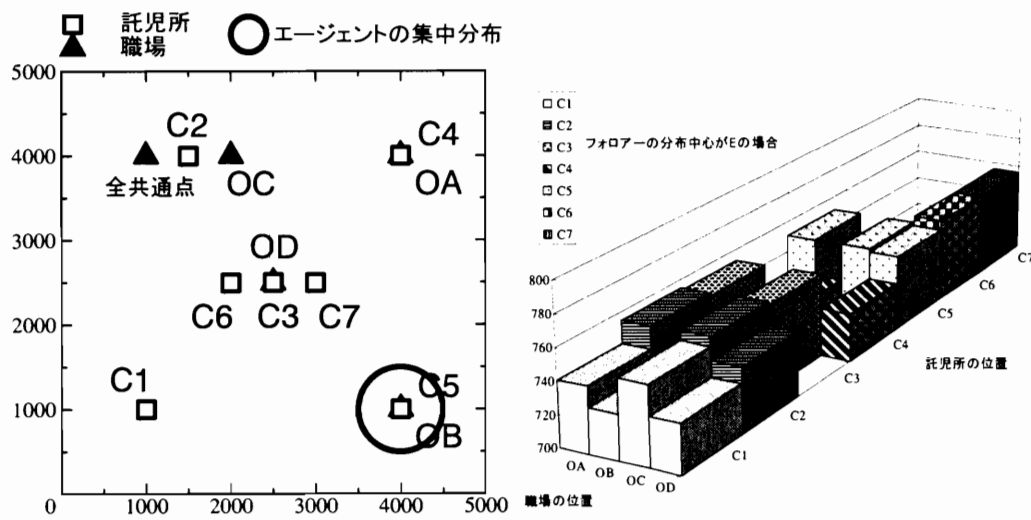


図 22 フォロアー集中分布型 (中心E)

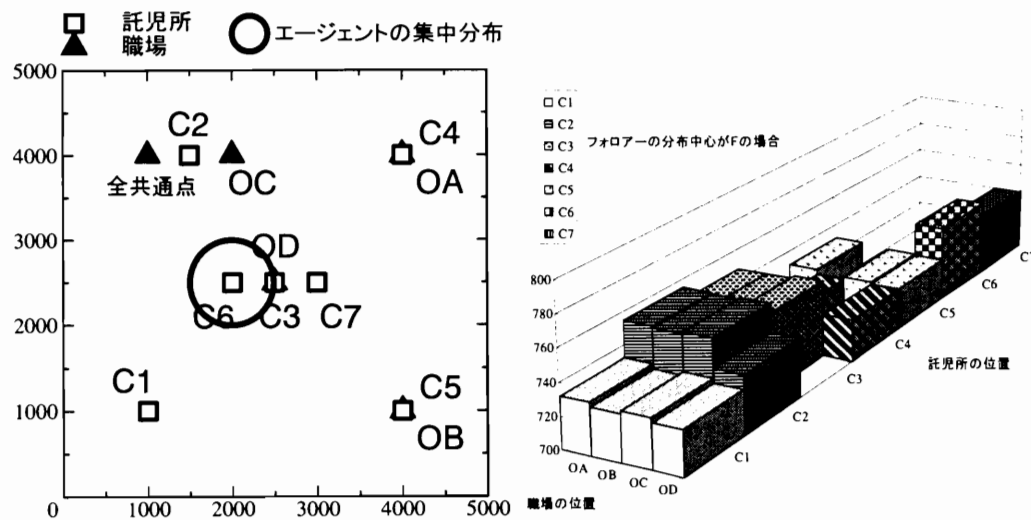


図 23 フォロアー集中分布型 (中心F)

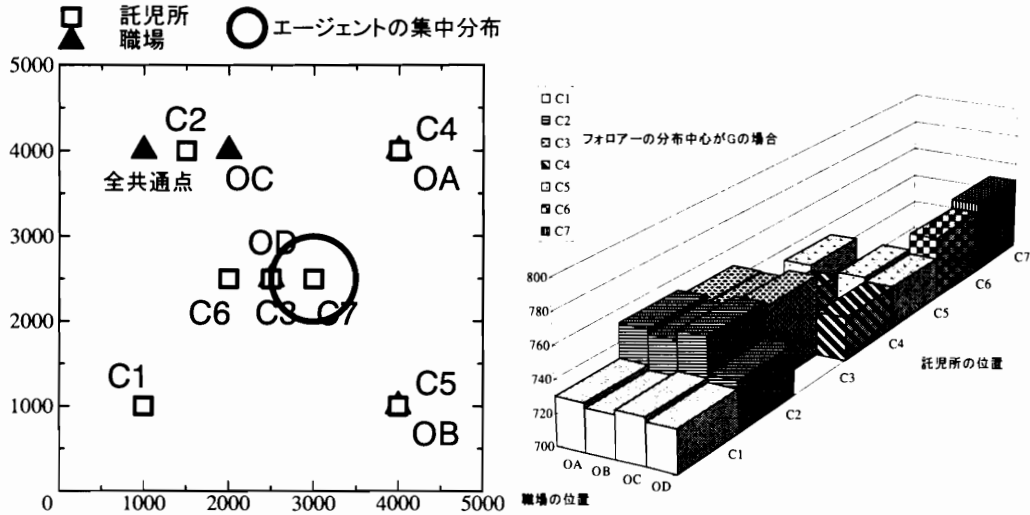


図 24 フォロワー集中分布型（中心G）

図 11～図 17 のリーダー集中分布型と、図 18～図 24 のフォロワー集中分布型の結果を比較すると、フォロワー集中分布型が総じて高い最終就業者数を示していることがわかる。表 3 に 394 通りの結果の中で、相互影響後の最終就業者数が最も高かったパラメータ上位 10 番目までの組合せを示す。最も高い最終就業者数を示したのは、フォロワーが A に集中分布する場合で、託児所の位置が C2、職場の位置が OC の場合であった。図 25 にフォロワーが A に集中分布する場合に設置した託児所（3 箇所）の場合でのエージェントの動線を示す。C2 や C6 に託児所が設置された場合、職場に近接する位置であるので、託児所設置後に就業者数を増加している。また、C3 はやや職場から離れているものの託児所を利用する場合の距離的なロスはそれほど大きくない。一方、託児所の位置が C4 で、職場が OA の場合も託児所と職場が近接している配置ではあるが、エージェントの分布中心からの最近隣の職場が全共通点の位置になり、距離許容度の点で問題が出てくるので、託児所をそれほど利用しなくなっていると思われる。C5 と OB の組合せは、上位 10 番目には入っていないが、図 18 から高い最終就業者数を示していることがわかる。

最終就業者数が高くなるケースが、フォロワーを集中分布させたパラメータになっている理由としては、フォロワーの方が人数が多いためであると考えられる。リーダーエージェントの方が、ルールとしては積極的に効用値を高めることができるが、数的に多いフォロワーエージェントが積極的に影響を与えあう環境の方が、より最終就業者数が多くなるといえる。

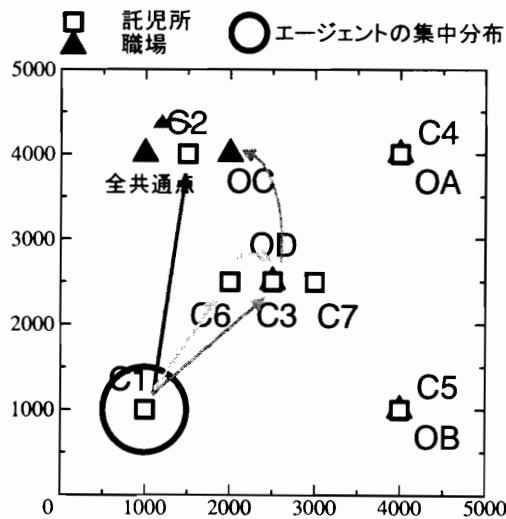


図 25 フォロワー集中分布型（中心A）の場合の託児所利用者の動き

表3 相互影響後の就業者数トップ10（全体）

集中分布エージェント	分布中心	託児所の位置	職場の位置	単独	託児所設置後	相互影響後
フォロアー	A	C2	OC	644.1	699.3	757.2
フォロアー	A	C6	OD	644.1	698.0	756.6
フォロアー	E	C2	OC	644.1	699.3	756.4
フォロアー	A	C2	OA	644.1	697.8	756.2
フォロアー	D	C2	OC	644.1	698.8	756.1
フォロアー	A	C7	OD	644.1	697.2	756.0
フォロアー	G	C2	OC	644.1	698.4	755.8
フォロアー	E	C6	OD	644.1	697.9	755.8
フォロアー	D	C6	OD	644.1	697.8	755.6
フォロアー	F	C2	OC	644.1	697.8	755.5

表4 相互影響後の就業者数ワースト10（全体）

集中分布エージェント	分布中心	託児所の位置	職場の位置	単独	託児所設置後	相互影響後
リーダー	F	C4	OB	644.1	649.6	700.3
リーダー	C	C4	OB	644.1	650.0	700.6
リーダー	D	C1	OB	644.1	652.1	701.0
リーダー	G	C4	OB	644.1	650.9	701.1
リーダー	B	C4	OB	644.1	650.2	701.3
リーダー	F	C4	OD	644.1	651.8	702.1
リーダー	C	C4	OD	644.1	651.8	702.2
リーダー	G	C4	OD	644.1	652.1	702.3
リーダー	E	C4	OB	644.1	650.3	702.5
リーダー	F	C1	OB	644.1	653.3	702.6

表5 相互影響後の就業者数トップ10（リーダー集中分布）

集中分布エージェント	分布中心	託児所の位置	職場の位置	単独	託児所設置後	相互影響後
リーダー	A	C2	OC	644.1	695.5	733.7
リーダー	E	C2	OC	644.1	695.7	732.7
リーダー	D	C2	OC	644.1	695.8	732.0
リーダー	C	C2	OC	644.1	695.2	731.7
リーダー	G	C2	OC	644.1	695.4	731.6
リーダー	F	C2	OC	644.1	695.1	730.8
リーダー	E	C6	OD	644.1	692.3	730.6
リーダー	A	C6	OD	644.1	691.9	730.3
リーダー	B	C2	OC	644.1	687.5	729.7
リーダー	A	C2	OA	644.1	690.6	729.7

表6 相互影響後の就業者数ワースト10（フォロアー集中分布）

集中分布エージェント	分布中心	託児所の位置	職場の位置	単独	託児所設置後	相互影響後
フォロアー	DI	C4	OB	644.1	645.9	726.4
フォロアー	DI	C1	OB	644.1	646.8	726.7
フォロアー	DI	C4	OD	644.1	646.8	727.0
フォロアー	DM	C4	OB	644.1	646.0	727.0
フォロアー	DI	C1	OD	644.1	647.5	727.2
フォロアー	DI	C5	OD	644.1	647.5	727.2
フォロアー	DM	C4	OD	644.1	646.6	727.3
フォロアー	DJ	C4	OD	644.1	646.7	727.4
フォロアー	DL	C4	OB	644.1	645.8	727.6
フォロアー	DI	C5	OC	644.1	648.3	727.7

## 4. おわりに

本論文では、託児所設置問題に対して、マルチエージェントシステムを適用し、託児所の適切な設置位置に関する考察を行った。本研究で用いたモデルは簡単なものであり、多くの点で改善・改良を必要とし、結果を注意深く考察する必要があるが、託児所の設置位置として、職場に隣接する設定がよいことがわかった。また、ただ単に職場に隣接する位置に設置するだけでなく、多数のエージェントの分布中心からの距離に応じて、どの職場に隣接させて設置すべきかも変わってくるということがわかった。これらの結果は、職場の近くに託児所を設置することによって、未就業者の就業を促進できることを示している。このことから、未就業者が託児所を利用するコストをできるだけ増やさない位置に託児所を設置することがふさわしいと考えられる。

また、エージェントの特性別の分布を考慮することにより、リーダーエージェントが分布しているところより、フォロワーエージェントが集中的に分布しているところの方が、託児所設置の効果が高いことがわかった。今回の実験では、フォロワー数が多かったためであると考えられるが、現実的にもフォロワー的特性をもつ対象者の方が多いと考えられるので、特に問題はないと思われる。本論文で設定したエージェントのルールは、単純化した仮説に基づくものであるため、実際の対象者の考え方のどの部分が、フォロワー的特性に結びつくのかを考慮し、現実との整合性をはかりながら、モデルを構築していく必要がある。

さらに本論文では、数多くのパラメータを試行錯誤するための計算環境として、商用プロバイダ経由とスーパーSINET 経由のグリッドの比較も行った。計算資源の組合せにより、総計算時間や単位時間あたりのジョブ数に変換することがわかった。現時点での通信量では、安価なネットワークを利用した商用プロバイダによるグリッドでも十分計算できることがわかった。本論文での比較は、計算資源が異なるシステムの比較であるため、今後、機器構成をそろえて実験することにより、より詳細な比較ができると思われる。

## 参考文献

- [1] N. Gilbert, K.G. Troitzsch, *Simulation for the Social Scientist* (Open University Press, Buckingham, UK), 1999.
- [2] T. Murata, H. Kitano, T. Nakashima, H. Ishibuchi, "Application of a Multi-Agent Model with Pioneers and Followers to a Day Care Center Allocation Problems," *Proc. of International Conference on Intelligent Technologies 2003* (Chiang Mai, Thailand), pp.179-186, 2003.
- [3] T. Murata, H. Kitano, Y. Kadooka, Y. Ukai, "Political Multi-Agent Simulation with Grid Computing," *Kansai University RCSS Discussion Paper Series*, No. 17, pp. 1-16, 2004.
- [4] R. Conte, N. Gilbert, J.S. Sichman, "MAS and social simulation: A suitable commitment," *Proc. of the First International Workshop on Multi-Agent Systems and Agent Based Simulation* (Lecture notes in computer science 1534, Springer, Berlin, Germany), pp. 1-9, 1998.
- [5] E.M. Rogers, *Diffusion of Innovations*, 3rd ed. (The Free Press, New York), 1982.
- [6] 藤井 慎太郎, エージェントベースシミュレーションを用いた社会的拡散現象の解析, 北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科知識社会システム学専攻修士論文, 2003.
- [7] W. Green, *Econometric Analysis*, 3rd ed. (Englewood Cliffs, Prentice Hall), 1997.
- [8] 牧 厚志, 宮内 環, 浪花 貞夫, 縄田 和満, 応用計量経済学Ⅱ (多賀出版), 1997.
- [9] 総務省統計局, 第 53 回日本統計年鑑 (総務省統計局), 2004 (<http://www.stat.go.jp/data/nenkan/index.htm>).
- [10] 厚生労働省, 平成 15 年国民生活基礎調査 (<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa03/index.html>).