

既婚女性の労働供給における政策グリッドコンピューティング実験

著者	鵜飼 康東, 村田 忠彦, 北埜 裕子
雑誌名	関西大学経済論集
巻	55
号	3
ページ	421-443
発行年	2005-12-05
その他のタイトル	Policy Grid Computing Experiment on the Labor Supply of Married Women
URL	http://hdl.handle.net/10112/12719

既婚女性の労働供給における政策グリッド コンピューティング実験

鵜 飼 康 東¹⁾
村 田 忠 彦²⁾
北 埜 裕 子³⁾

要 約

本研究では、第1にエージェント間相互影響モデルを既婚女性の就業行動に適用した労働市場の分析手法を提案する。第2に、分析手法によるシミュレーション結果の政策的含意を考察する。第3に、大容量データの処理を可能にするために、商用プロバイダ経由グリッドシステムとスーパー SINET 経由グリッドシステムの性能比較を行う。その結果、託児所を居住地に隣接して設置するよりも職場に隣接して設置する方が既婚女性の就業意欲が増加することが分かった。さらに、計算時間は両グリッドシステムともに6分1短縮した。

キーワード：社会シミュレーション；マルチ・エージェント・モデル；女性労働市場；先導者・従属者モデル；スーパー SINET

経済学文献季報分類番号：15-11；15-22；02-21 (JEL classification：C15, J22)

1. 社会シミュレーションの理論的背景

本研究では、Gilbert and Troitzsch (1999) に「社会シミュレーション」と呼ばれたシミュレーションの労働問題への応用を行う。具体的には、Murata et. al. (2004) の女性就業行動促進政策のためのマルチエージェントシミュレーションをグリッドシステムを用いて実装する手法を開発し、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. 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。5. 社会における発見や定式化

1) 関西大学ソシオネットワーク戦略研究センター・センター長 総合情報学部教授

2) 関西大学政策グリッドコンピューティング実験センター・センター長 総合情報学部助教授

3) 大阪府立大学大学院工学研究科博士課程前期在籍

を支援する。

特に最後の目的は、多くの社会科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、エージェント間の相互影響を考慮する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。Conte et al. (1998) には、市場動態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、Murata et al. (2003) の女性就業行動促進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の修正を行う。その後、C言語のプログラムを用いた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。Murata et al. (2003) 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。すなわち、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、Murata et al. (2003) 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 (1982) では、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つのカテゴリーに分類している。

- 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、Rogers (1982) では5つのカテゴリーが示されていたが、Murata et al. (2003) では、簡単化のために、藤井ら (2003) と同様に2つのカテゴリー（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、女性就業率をより一層高める託児所の設置位置を求める。シミュレーション結果から、エージェントの性格分布

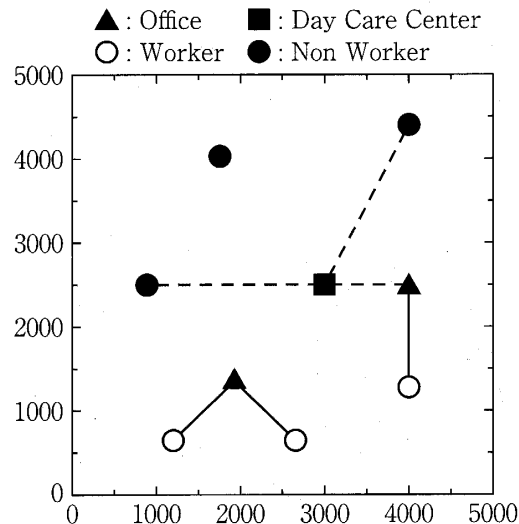


図1：託児所とエージェントの位置の関係

を考慮にい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。

Murata et al. (2003) 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、Murata et al. (2004) では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、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、Murata et al. (2003) 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政策的妥当性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、ギガビット単位の大容量データに基づく社会シミュレーションの準備として、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。第2節では、モデル、エージェントの効用関数、相互影響のメカニズムについて説明する。第3節では、エージェントの実験環境を示し、第4節でグリッドシステムについて述べる。第5節でシミュレーション結果を示し、最後に、第6節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] 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、以下の(1)式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かもしくは働かないかという選択を行う。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、非就業行動を選択したエージェントが、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。

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	#	C18	AGE	ED	HI	WK
1	0	69	16	0	H	26	2	23	11	2300	W
2	0	27	12	37400	W	27	2	32	14	11000	H
3	0	58	12	30000	H	28	1	34	20	8809	W
4	2	29	12	18000	W	29	1	37	11	32800	H
5	0	58	12	60000	W	30	0	53	11	0	W
6	1	36	12	55000	H	31	0	26	12	15704	W
7	0	52	13	33000	W	32	5	42	13	41000	H
8	0	29	16	28000	W	33	2	47	12	48200	W
9	0	46	14	33000	W	34	1	43	14	0	W
10	0	67	7.5	0	H	35	0	62	12	0	H
11	0	65	12	0	H	36	1	29	12	0	W
12	0	51	12	29650	W	37	0	63	13	0	H
13	2	36	13	0	W	38	0	57	10	20000	H
14	0	22	2.5	12000	W	39	3	34	16	60000	H
15	1	30	14	45000	W	40	3	32	16	33000	W
16	2	34	12	39000	W	41	0	60	12	0	W
17	3	38	16	39750	H	42	0	53	12	45000	W
18	5	34	11	1200	W	43	1	37	12	25400	W
19	0	48	11	0	H	44	0	70	12	0	H
20	3	27	12	14500	H	45	3	28	12	24000	W
21	1	43	13	16887	W	46	0	52	11	0	W
22	2	33	12	28320	W	47	1	38	13	14000	H
23	0	58	12	500	H	48	0	57	16	0	W
24	0	46	13	1000	W	49	1	52	16	22000	W
25	0	52	21	99999	W	50	1	54	12	0	W

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

2.1 エージェントの設計

本論文では、個別の既婚女性の効用関数 U_w もしくは U_H を(1)のように仮定する。ただし、この経済主体が労働市場に参加する場合は下つき添え字 W で示し、労働市場に参加しない場合は下つき添え字 H で示す。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。

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

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。

ここで、行動仮説として $U_w \geq U_H$ であればこの経済主体は労働市場に参加し、逆に、 $U_w < U_H$ であれば、労働市場に参加せず、共同生活者の所得に依存して生活すると想定する。したがって、効用差関数が正の値をとれば、労働市場に参加、逆に負の値をとれば、労働市場に不参加となる。

また、(1) の係数 $\beta_i (i=1, \dots, 6)$ は、Green (1997) および牧ら (1997) によるロジットモデルを用いて推定した。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)。牧ら (1997) では、表1のデータを用いて推定された係数 β_i の値が次のように示されている。

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

推定結果 (2) の $C18$ に対する係数値 β_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、効用差関数の値が正になれば、就業が可能となる。

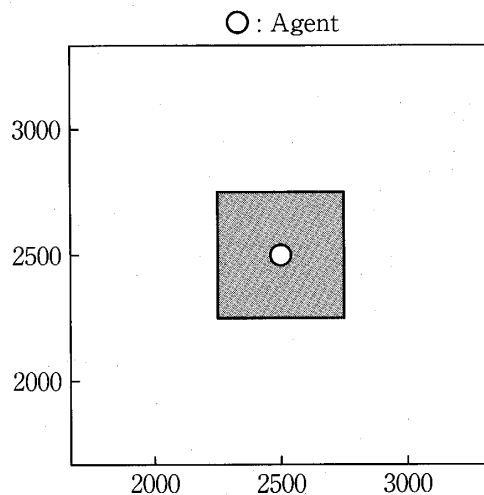


図2 : エージェントの情報収集範囲 (知覚範囲)

2.2 政策パラメータとしての託児所

本論文では、Murata et al. (2003) のシステムと同様に、次のような距離に関する条件を考慮して、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。例えば、 $tol = 1$ 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 エージェント間の相互影響

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、それぞれで異なった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500×500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の就業率である。各エージェントは情報収集範囲内就業率の多寡により、式(1)の第1係数 β_1 の値を変更する。Murata et. al. (2003, 2004) 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、藤井ら (2003) を参考にして、 β_1 を変更する「影響ルール」を以下のように設定した。ただし、 $RW(A)$ 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 の影響ルール]

If $0, \leq RW(L) < 0.2$, then β_1 を $\Delta\beta$ 減らす、 (L1)

If $0.2, \leq RW(L) \leq 1.0$, then β_1 を $\Delta\beta$ 増やす。 (L2)

[フォロアーエージェント F の影響ルール]If $0, \leq RW(F) \leq 0.4$, then β_1 を $\Delta\beta$ 減らす、 (F1)If $0.4, \leq RW(F) \leq 0.6$, then β_1 を変えない、 (F2)If $0.6, \leq RW(F) \leq 1.0$, then β_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の就業率が低いときに効用値を高め、フォロアーエージェントは、周囲の就業率が高いときに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ア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率の違いである。しかし、このルールの下では、リーダーエージェントは自分の周囲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。

2.4 世帯主・非世帯主エージェントの導入による相互影響ルールの分割

2000年の国勢調査に基づく総務省統計局（2004）では、2,700万世帯の核家族世帯中、単独親と子供が家庭が、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、単独親と子供が家庭の割合は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、これらの単独親世帯では、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（2003）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。上記のように単独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、前節の影響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のうち、20%を低所得・非世帯主エージェント、80%を高所得・非世帯主エージェントとした。低所得・非世帯主エージェントは、非世帯主であるにもかかわらず、配偶者の所得が少ないために働くことに積極的なエージェントであると定義する。そのため、低所得・非世帯主エージェントはリーダールールに従って行動を行う。また、80%の高所得・非世帯主エージェントはランダム・エージェントと名づける。高所得・非世帯主エージェントは目下働く必要性のそれほど高くないエージェントであるので、影響ルールが一定でないと考えられる。よって、ランダムルールを用いて効用差関

数を計算する。

[高所得・非世帯主エージェントの影響ルール]

β_1 を $\Delta\beta$ だけ(減らす、変えない、増やす)。

(R1)

すなわち、高所得・非世帯主エージェントは、近隣就業率に関わりなく、()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。

3. エージェントの環境条件

本節では、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。本実験では、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。

3.1 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。

3.2 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アーエージェントを、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。なお、乱数は、C言語のrand関数を用いて発生させている。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。

OA：①、②、③、⑤、

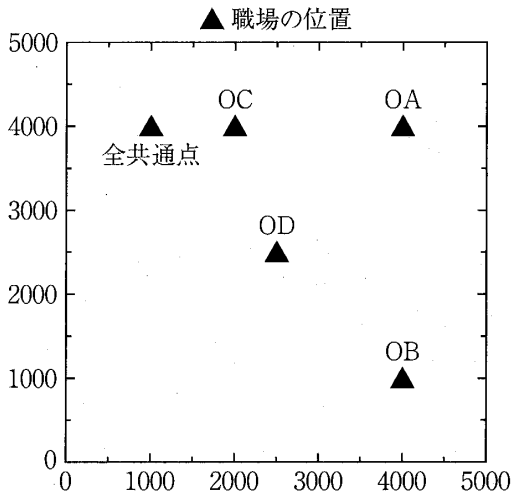


図3：2箇所の職場の配置位置

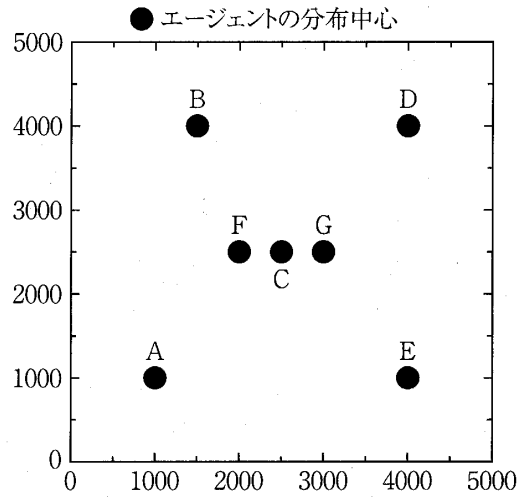


図4：エージェントグループの分布中心
(他方のグループのエージェントは一様分布)

OB：①、②、③、④、

OC：①、②、③、⑤、

OD：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。

3.3 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。

3.4 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

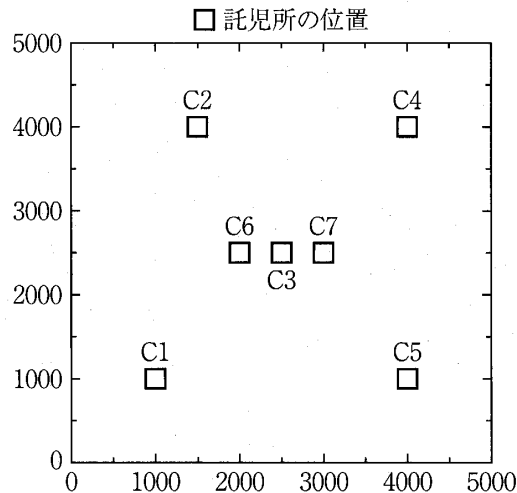


図5：託児所の設置位置

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。

3.5 パラメータの組合せ数

上述の3.1節～3.4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 OA 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 OB 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 OC 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 OD 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。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。

4. 政策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。Murata et. al. (2004) 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。第3節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。

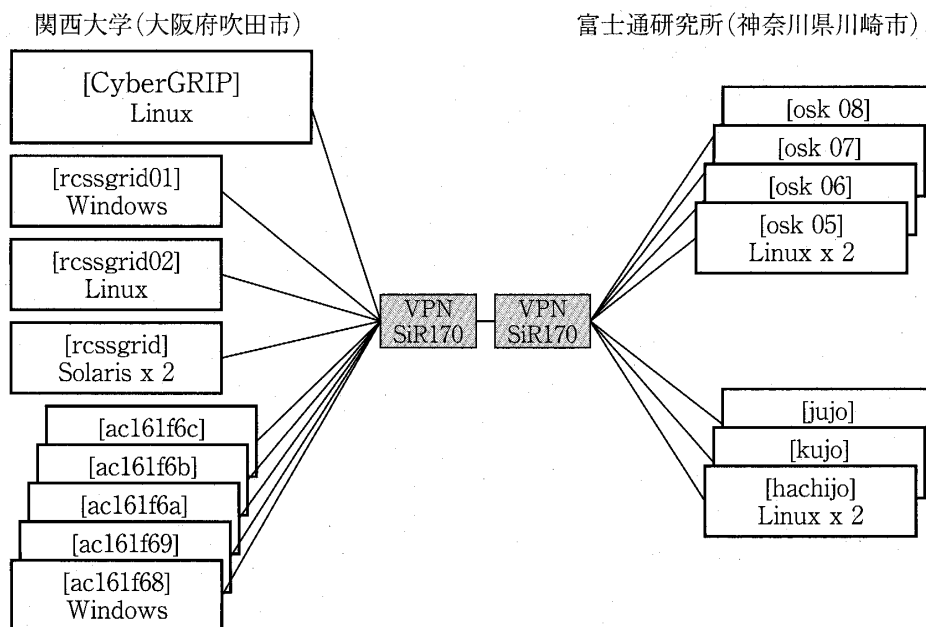


図6：商用プロバイダ経由のグリッドコンピューティング実験環境
(関西大学～富士通研究所)

図6、図7の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4に前節で示した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

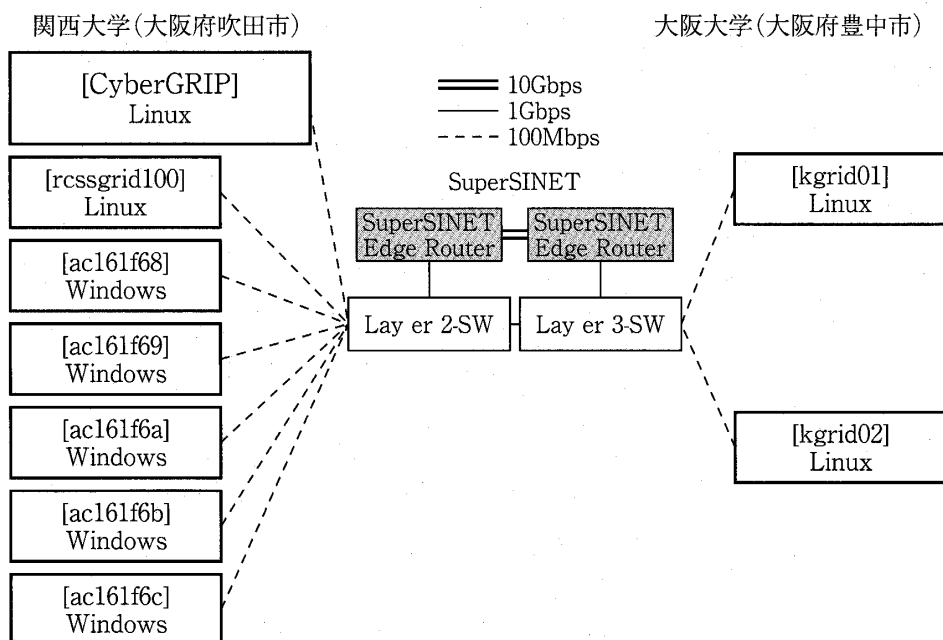


図7：スーパー SINET 経由のグリッドコンピューティング実験環境
(関西大学～大阪大学)

表2：商用プロバイダ経由で用いられたPCスペック一覧

	CPU	Memory	台数
Fujitsu E610(関西大学マスタマシン)	Pentium 4 (3 GHz)	1 GB	1
Fujitsu E610(関西大学)	Pentium 4 (3 GHz)	1 GB	6
SunFire V880(関西大学)	SPARCIII(966MHz)x 2	4 GB	1
VSPEC BTO(関西大学)	Pentium 4 (1.8GHz)	512MB	1
PRIMERGY L200(富士通研究所)	PentiumIII(1.4GHz)x 2	512MB	4
PRIMERGY R200(富士通研究所)	Xeon(3.2GHz)x 2	1 GB	3

表3：Super SINET 経由で用いられたPCスペック一覧

	CPU	Memory	台数
Fujitsu FMV(関西大学マスタマシン)	Pentium 4 (2.8GHz)	1 GB	1
Fujitsu FMV(関西大学)	Pentium 4 (2.8GHz)	1 GB	1
Fujitsu E610(関西大学)	Pentium 4 (3 GHz)	1 GB	5
Fujitsu FMV(大阪大学)	Pentium 4 (2.8GHz)	1 GB	2

表4：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

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分の1に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ずっと高い値となっている。これに加えて、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、通信回数が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。

5. 実験結果

5.1 シミュレーション

各エージェントは、1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。下記の6つの仮定として示すパラメータを用いてエージェントを配置した初期時点の様子を図8に示す。

仮定1) 人数比 リーダー : フォロアー = 250 : 750

仮定2) 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

- 仮定3) 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
- 仮定4) 職場の位置 (1000, 4000)、(4000, 4000)
- 仮定5) 託児所の位置 (1500, 4000)
- 仮定6) 距離許容度 $(tol_{Leader}, tol_{Follower}) = (2, 2)$

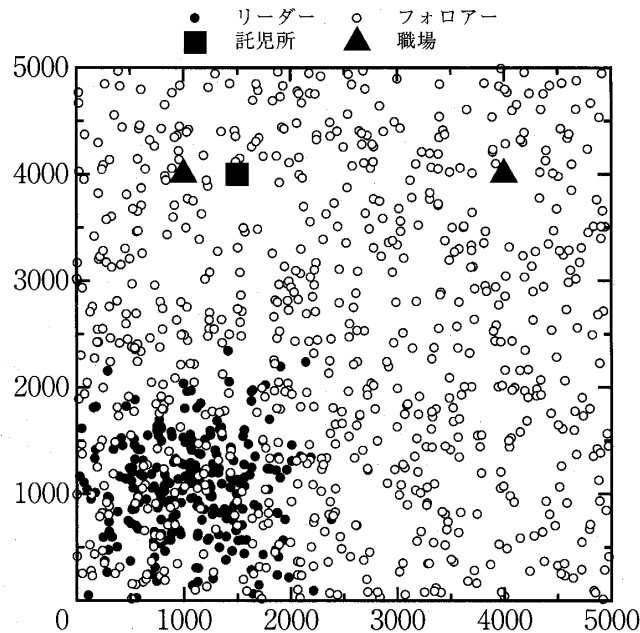


図8：初期時点のエージェント配置

5.2 世帯主・非世帯主概念の導入の効果

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ア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ア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5.1節でのリーダー集中分布型の結果を、図10に5.1節でのフォロアー集中分布型の結果を示す。「導入前」は、エージェントに世帯主・非世帯主というカテゴリーを適用する前の結果、「導入後」は、2.4節で述べた世帯主・非世帯主という概念を導入した場合の結果を示している。ここで注意すべきことは、概念導入により、全エージェントの中でリーダー215人、フォロアー225人、ランダムな行動をとるエージェントが560人存在することである。

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、フォロア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。

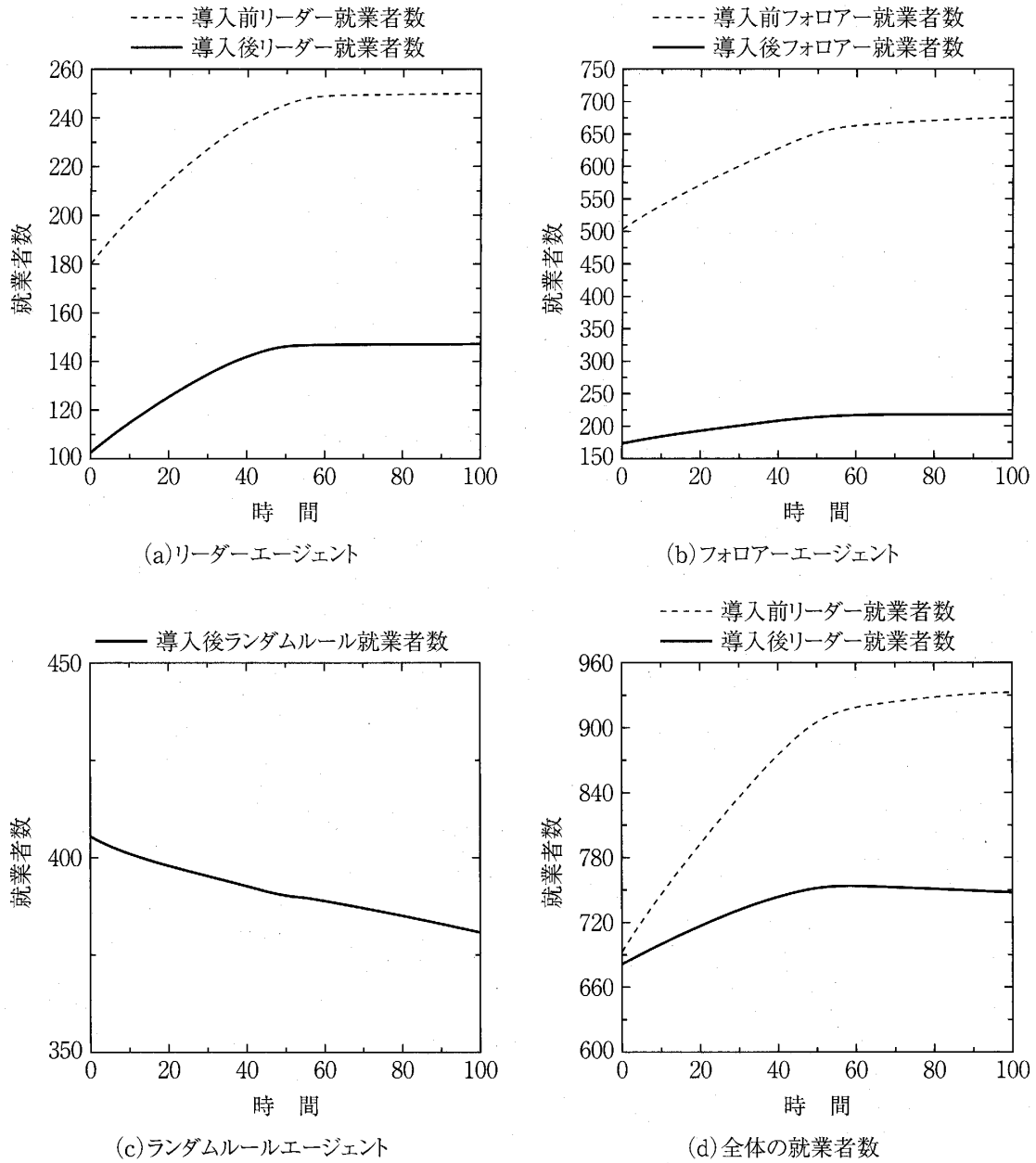


図9：リーダー集中分布型に対する各エージェントの相互影響による就業者数の変化例

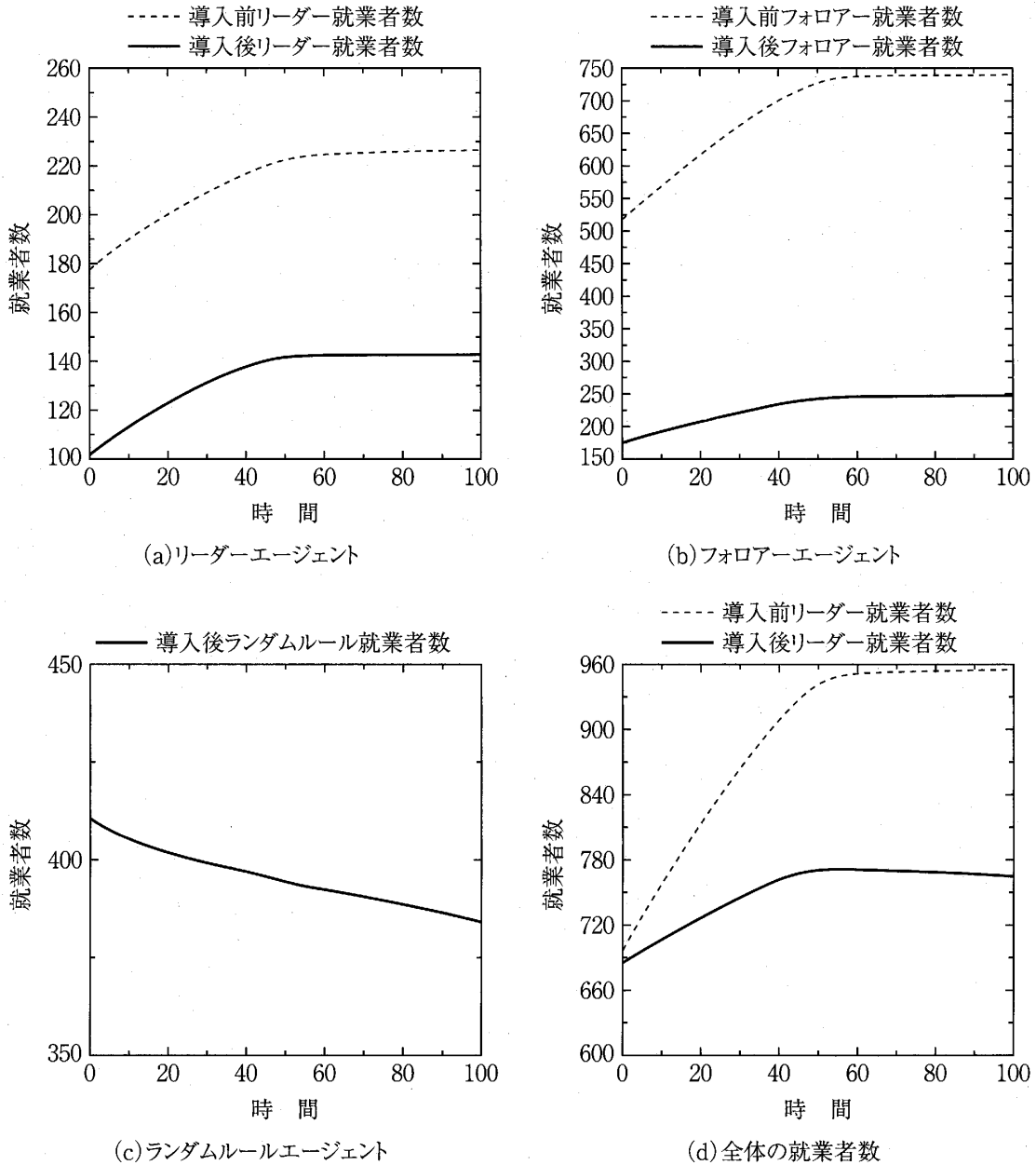


図10：フォロワー集中分布型に対する各エージェントの相互影響による就業者数の変化例

5.3 全シミュレーションの考察

5.1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 C1～C7

上記の組合せによる394通りの最終就業者数を巻末付録の図11～図24に示す。各図の左側の

図は、職場の位置、リーダーかフォロア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。

表5 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 (図4参照)	託児所位置 (図5参照)	職場位置 (図3参照)	単独	託児所設置後	相互影響後
フォロアー	A	C2	OC	631.7	692.3	743.0
フォロアー	D	C2	OC	631.7	691.8	742.6
フォロアー	E	C2	OC	631.7	692.3	742.4
フォロアー	A	C6	OD	631.7	691.1	742.2
フォロアー	A	C2	OA	631.7	690.7	742.0
フォロアー	D	C6	OD	631.7	690.9	742.0
フォロアー	A	C7	OD	631.7	690.3	741.7
フォロアー	D	C7	OD	631.7	690.5	741.7
フォロアー	E	C6	OD	631.7	690.9	741.5
フォロアー	E	C7	OD	631.7	690.5	741.3

表6 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 (図4参照)	託児所位置 (図5参照)	職場位置 (図3参照)	単独	託児所設置後	相互影響後
リーダー	E	C4	OB	631.7	638.3	680.3
リーダー	B	C4	OB	631.7	638.7	681.5
リーダー	E	C1	OB	631.7	640.1	682.0
リーダー	A	C4	OB	631.7	638.0	682.5
リーダー	C	C4	OB	631.7	638.4	682.9
リーダー	F	C4	OB	631.7	638.1	683.0
リーダー	B	C4	OD	631.7	640.9	683.2
リーダー	B	C1	OB	631.7	640.7	683.4
リーダー	E	C4	OD	631.7	642.5	683.4
リーダー	G	C4	OB	631.7	639.2	683.6

6. 結論の政策的含意と残された課題

本論文では、女性労働問題に対して、マルチエージェントシステムを適用し、政策パラメータである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。しかし、第1に託児所の設置位置として、居住地に隣接して設置するよりも、職場に隣接する設定が就業数を高めることがわかった。また、第2に、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が変わってくるということがわかった。

さらに、第3に、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、フォロア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。したがって、託児所の設置にあたっては、

事前に心理学的調査を行ってから設置したほうがより高い政策効果を得られる。つまり、既婚女性の就業促進政策の実施に当たっては、経済的調査よりも心理学的調査を重視すべきである。

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、フォロア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、数多くの政策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、より詳細な比較が可能となる。

参考文献 (著者 ABC 順)

- Conte, R., N. Gilbert, and J.S. Sichman (1998), "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.
- 藤井 慎太郎 (2003), 「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。
- Gilbert, N., and K.G. Troitzsch (1999), *Simulation for the Social Scientist* (Open University Press, Buckingham, UK), 1999.
- Green, W (1997), *Econometric Analysis*, 3rd ed. (Englewood Cliffs, Prentice Hall), 1997.
- 厚生労働省 (2003), 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>).
- 牧 厚志、宮内 環、浪花 貞夫、縄田 和満 (1997), 『応用計量経済学Ⅱ』(多賀出版)、1997。
- Murata, T., H. Kitano, T. Nakashima, and H. Ishibuchi (2003), "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.
- Murata, T., H. Kitano, Y. Kadooka, and Y. Ukai (2004), "Political Multi-Agent Simulation with Grid Computing," *Kansai University RCSS Discussion Paper Series*, No. 17, pp.1-16, 2004.
- Rogers, E.M (1982), *Diffusion of Innovations*, 3rd ed. (The Free Press, New York), 1982.
- 総務省統計局 (2005), 『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>).
- 鵜飼康東 (2005), 「政策グリッドコンピューティング実験」、『情報・システムソサイエティ誌』(電子情報通信学会) 第10巻第3号, 4-5頁, 2005年11月。

付録

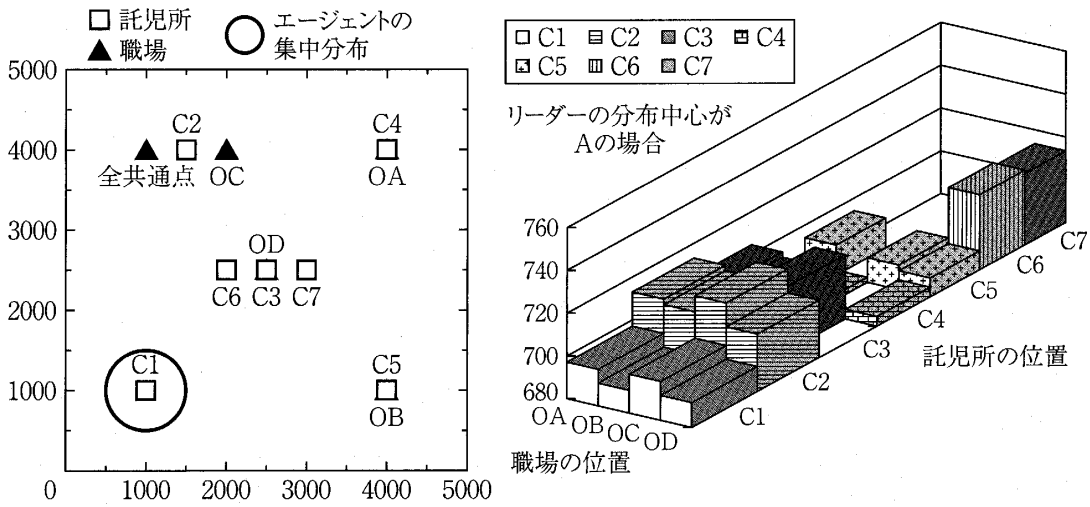


図11 リーダー集中分布型 (中心A)

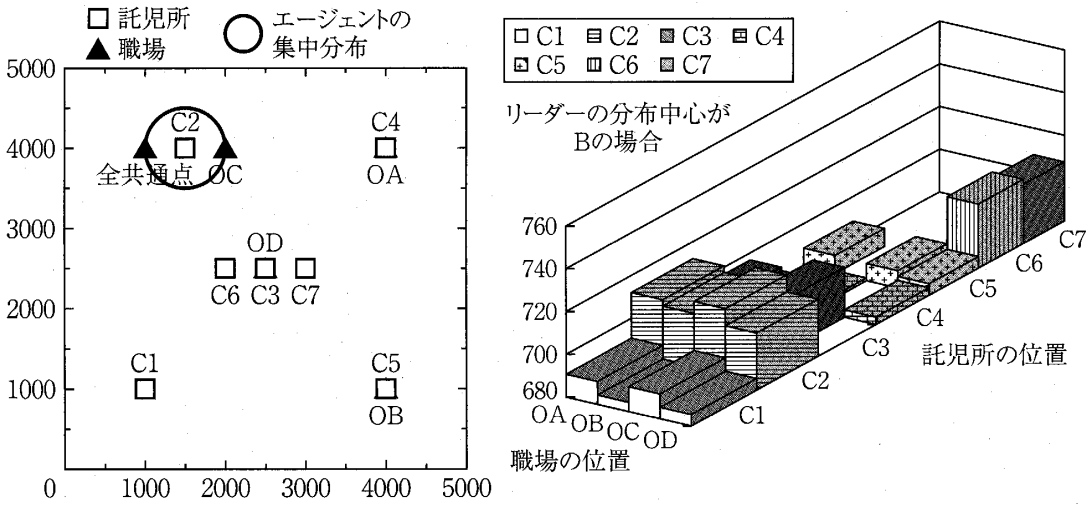


図12 リーダー集中分布型 (中心B)

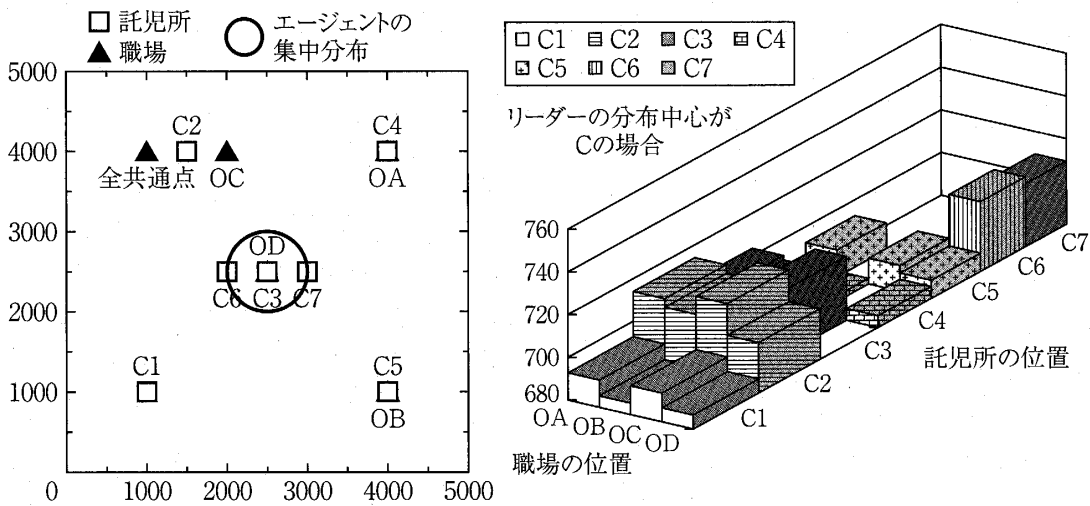


図13 リーダー集中分布型 (中心C)

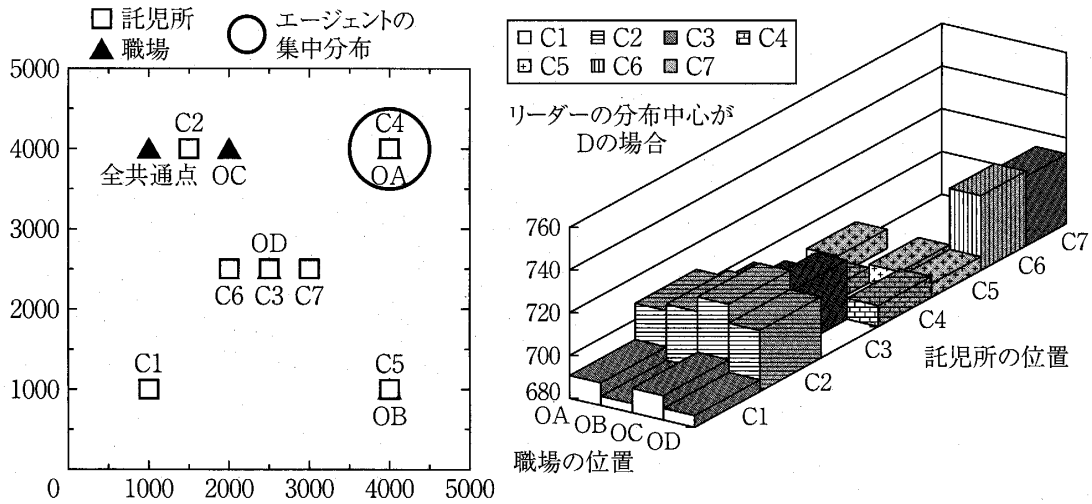


図14 リーダー集中分布型(中心D)

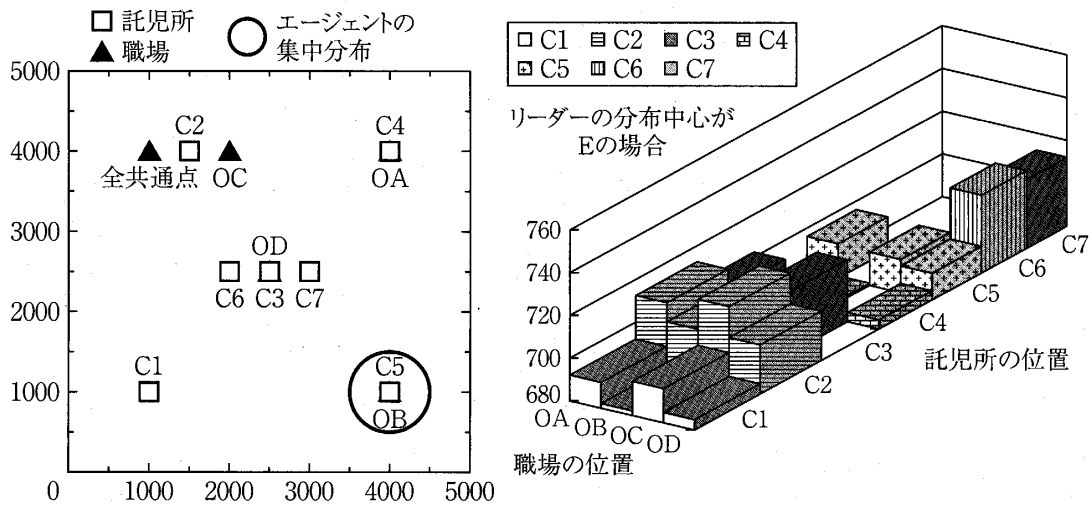


図15 リーダー集中分布型(中心E)

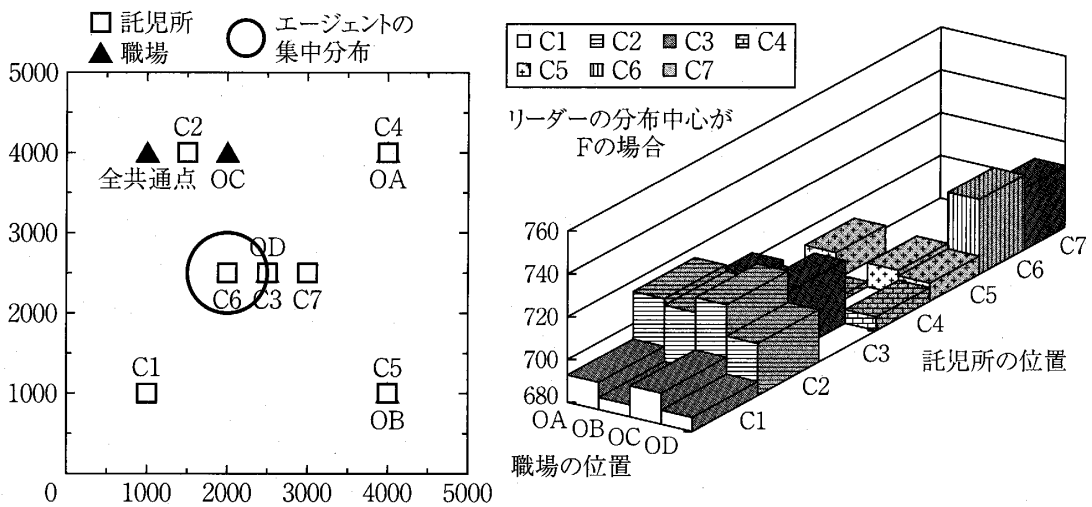


図16 リーダー集中分布型(中心F)

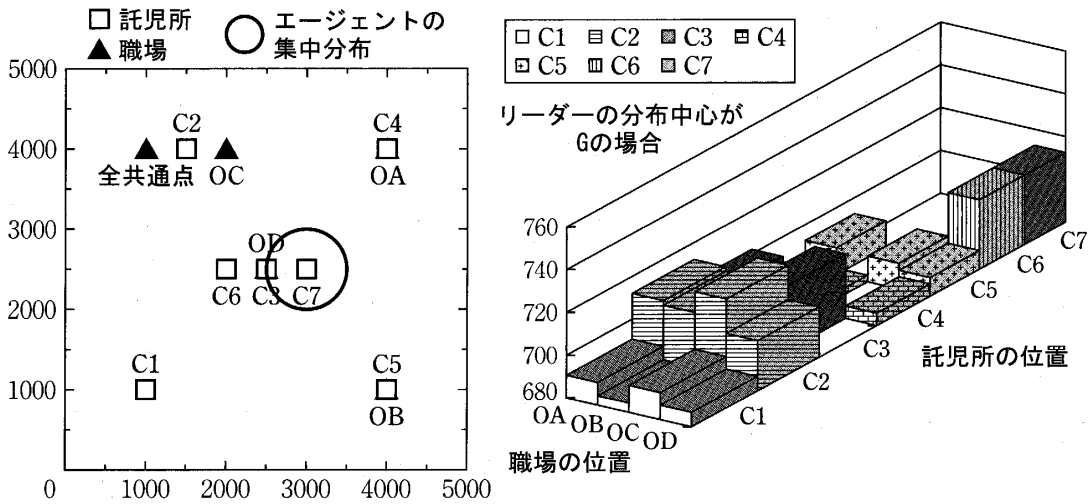


図17 リーダー集中分布型 (中心G)

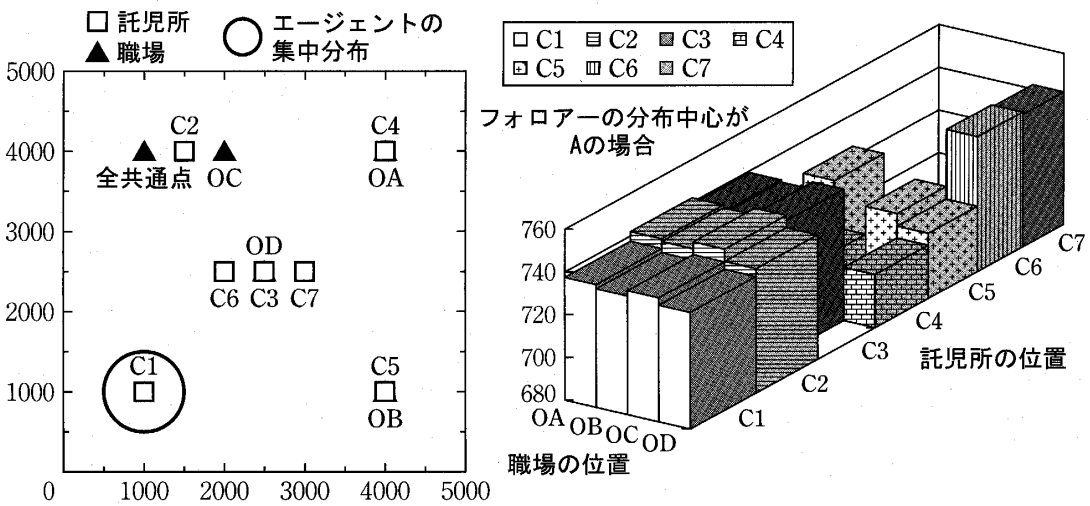


図18 フォロワー集中分布型 (中心A)

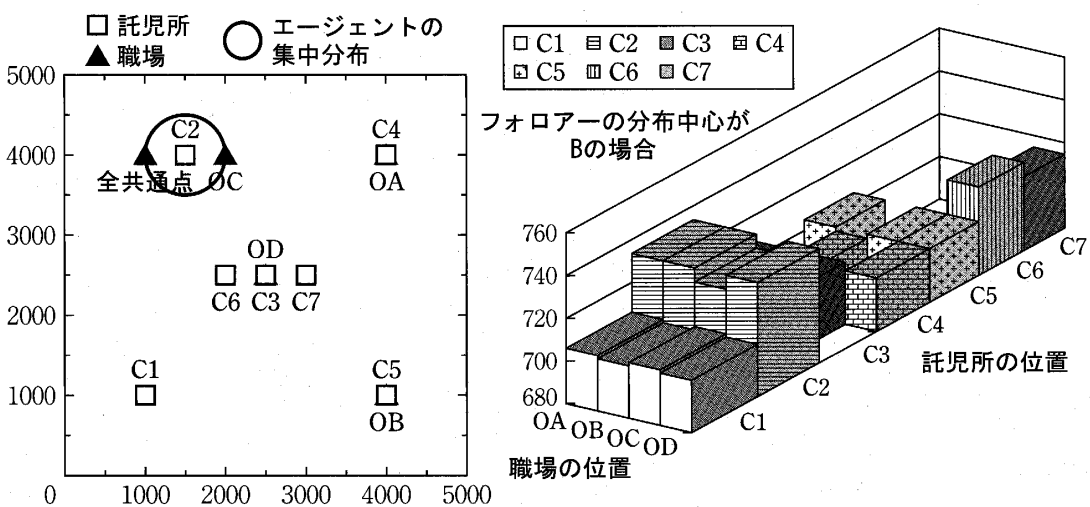


図19 フォロワー集中分布型 (中心B)

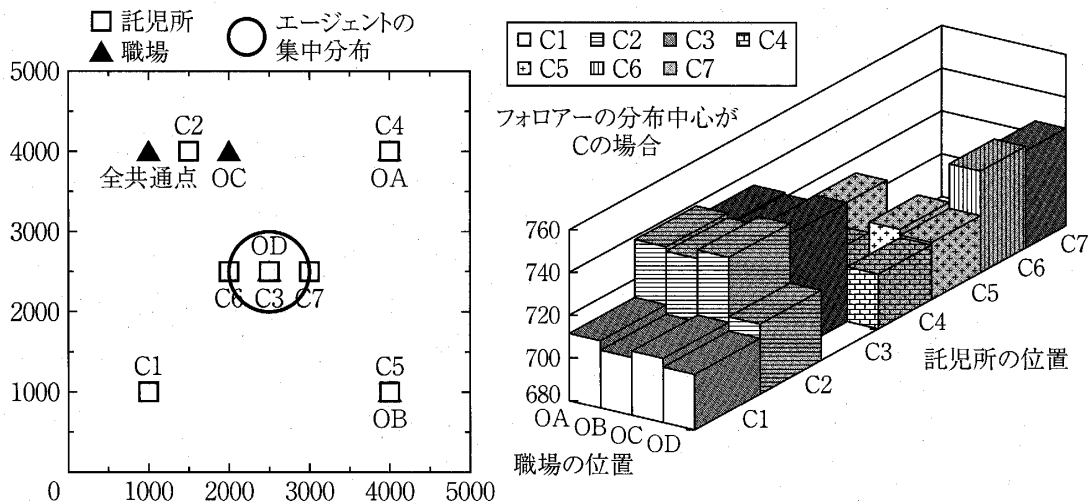


図20 フォロアー集中分布型 (中心C)

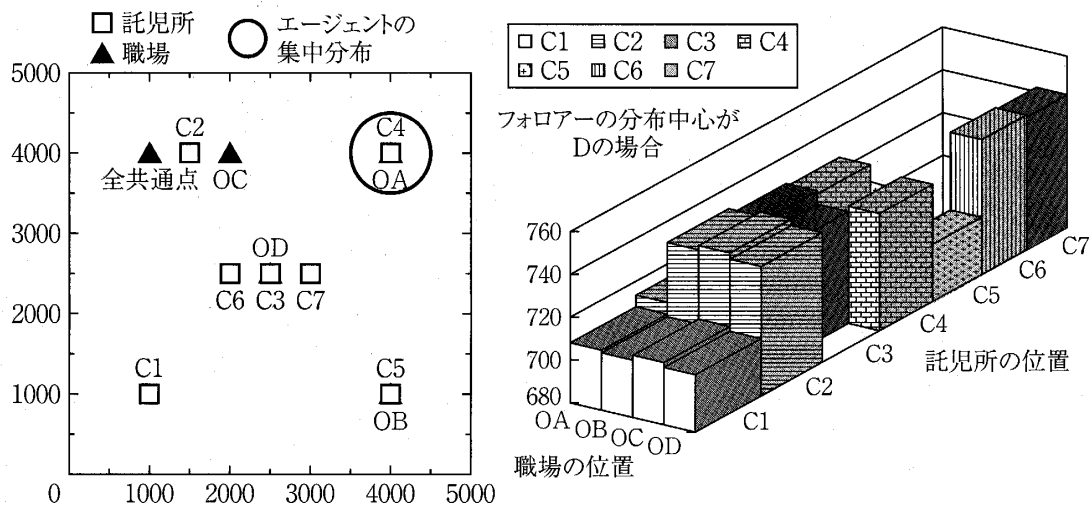


図21 フォロアー集中分布型 (中心D)

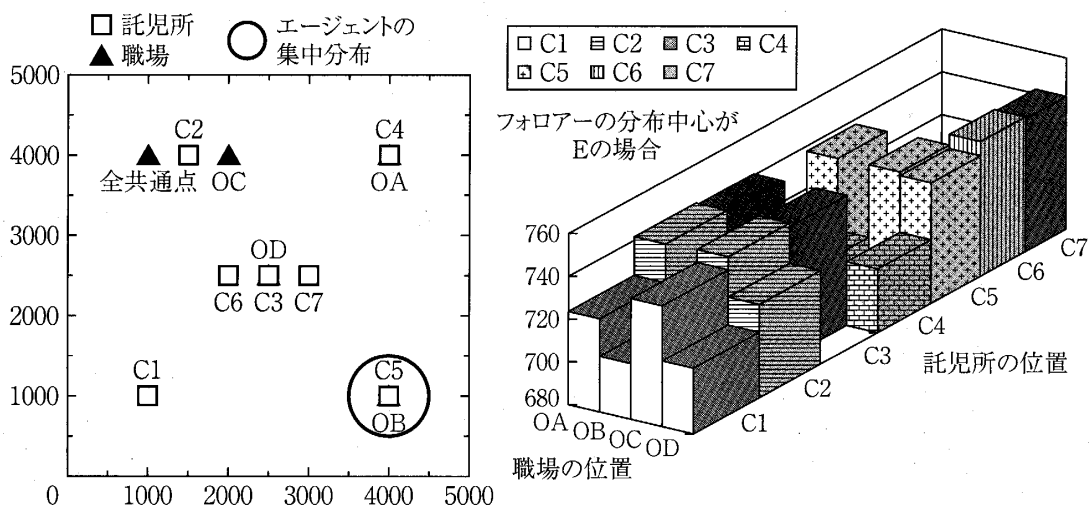


図22 フォロアー集中分布型 (中心E)

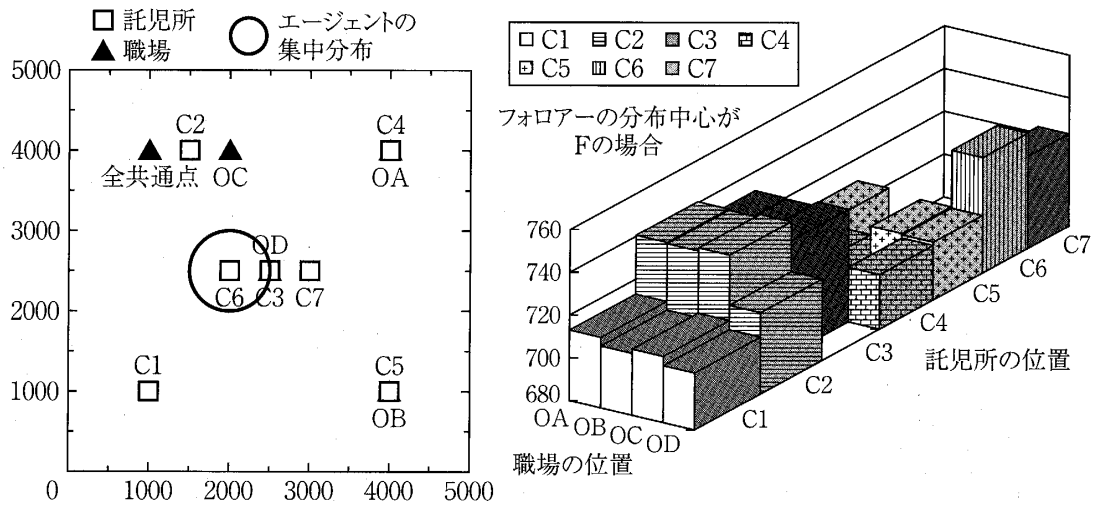


図23 フォロアー集中分布型 (中心F)

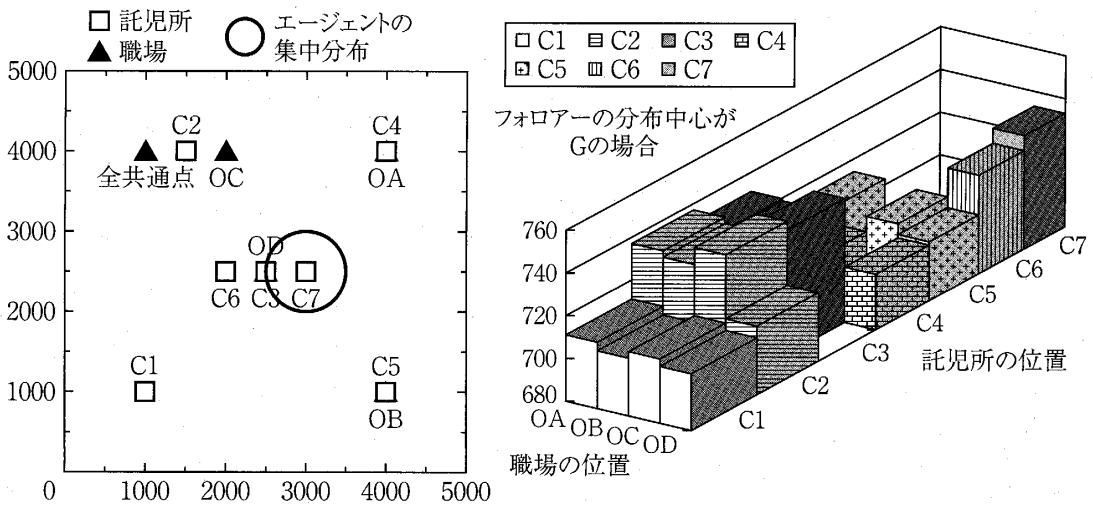


図24 フォロアー集中分布型 (中心G)