

## 非正規雇用者を考慮した企業内での知識共有シミュレーション

藤田 幸久<sup>†</sup> 鳥海不二夫<sup>†</sup> 石井健一郎

<sup>†</sup> 名古屋大学大学院情報科学研究科  
愛知県名古屋市千種区不老町

E-mail: <sup>†</sup>yukihisa@kishii.ss.is.nagoya-u.ac.jp, <sup>††</sup>{tori,ishii}@is.nagoya-u.ac.jp

あらまし 近年、非正規雇用者である契約社員や派遣社員の数が増加している。非正規雇用者を雇用することによって企業は人件費を安く抑えることができる。一方、非正規雇用者は一定期間が過ぎると企業から離れるため、仕事によって培われた経験や知識が企業内に蓄積されにくい。その結果として、企業の競争力低下が懸念されている。そこで本論文では、派遣社員が企業に及ぼす影響を解析するために、社員が知識を獲得しながら作業を行う企業モデルを提案した。プロジェクトごとに雇用される派遣社員を提案モデルに導入することにより、派遣社員が企業全体のパフォーマンスに与える影響を解析した。シミュレーションの結果、派遣社員が雇用されることにより正社員が広い知識を所持しなければならず、企業全体のパフォーマンスが低下することがわかった。

キーワード 人工社会、エージェントベースシミュレーション、ナレッジマネジメント、プロジェクトマネジメント

## Simulation of knowledge sharing in organizations taking temporary employees into consideration

Yukihisa FUJITA<sup>†</sup>, Fujio TORIUMI<sup>†</sup>, and Kenichiro ISHII<sup>††</sup>

<sup>†</sup> Graduate School of Information Science, Nagoya University  
Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya City

E-mail: <sup>†</sup>yukihisa@kishii.ss.is.nagoya-u.ac.jp, <sup>††</sup>{tori,ishii}@is.nagoya-u.ac.jp

**Abstract** Recently, the number of temporary employees in organizations has increased. By hiring temporary employees, organizations can save labor costs. On the other hand, knowledge or experiences are not accumulated in the organization because they leave the organization within a certain period of time. As a result, the organization decreases its competitiveness. We propose the model which represents employees obtain knowledge through works in order to analyze the influence of temporary employees. We introduce temporary employees who are hired for each project. The result shows that organizational performance is decreased by hiring temporary employees.

**Key words** Artificial Society, Agent Based Simulation, Knowledge Management, Project Management

### 1. はじめに

近年、企業において知識創造、および知識継承が重要視されている。作業効率の向上や、新技術の創出など、企業内で知識を共有することにより得られる利点は多い。企業内で知識創造、知識継承を効率的に行うために、様々なナレッジマネジメント手法が提案されている。例として、ナレッジリポジトリやグループウェアなどの知識継承を補助するツールの導入や、人事異動や徒弟制度により環境面から労働者の知識継承を促すものなどがある [1]。特にソフトウェア開発の分野では、作成されたソースコードの再利用などを含め、既存の知識を再利用するこ

とが求められている。また、プロジェクトの破綻回避のために、過去の経験を活用することが必要となる [2]。

一方で、ソフトウェア開発における派遣社員の割合は増加の一途を辿っている [3]。一般に、非正規雇用者である派遣社員の人件費は正規雇用者より安い。また、派遣社員はプロジェクトや時期ごとに契約、契約終了を繰り返すため、必要な時に必要な人材のみを雇用するなど、人的資源の確保が容易になる。しかし派遣社員には特有の問題も存在している。例として、必要な知識の充足を目的として派遣社員を雇用したにも関わらず、実際に派遣された人材に必要な知識が無い場合がある。この場合、企業にとって無用な人件費が発生する。また、派遣社員が

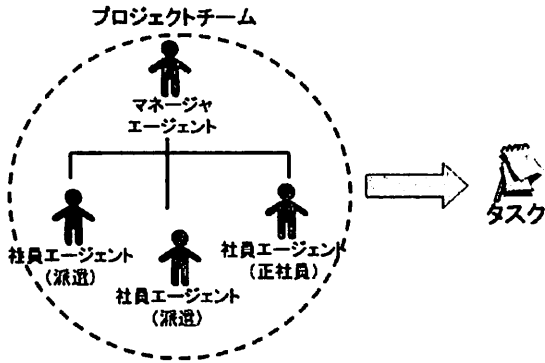


図1 モデル概要

所持していない知識を補填するために正社員の負担が増加することがある。また、派遣社員を雇用することにより、企業内に知識が蓄積されず、企業全体のパフォーマンスが低下する可能性もある。そこで、企業のパフォーマンスを低下させずに派遣社員を有効に活用するため、適切なマネジメントが必要となる。本研究では、派遣社員を雇用した場合でも企業内で知識が共有・活用されるためのマネジメント手法の提案を目指す。そのため本論文では、マネジメント手法の定量的な評価を可能とするために、知識に着目したエージェントベースモデルを提案する。提案モデルを用いて派遣社員が企業全体のパフォーマンスに与える影響を解析する。

本研究のように、組織内の活動や組織運営を計算機上で分析する試みは古くからなされている。代表的な研究として、組織内での意志決定をモデル化したゴミ箱モデル [4] がある。また、組織の設計、運営などを解析する手段として、ORGAHEAD [5] というシミュレーションツールが作成されている。ORGAHEADでは組織構成の変化が強化学習で表現されるとして、焼きなまし法を用いた組織の表現を行っている。

## 2. 企業モデル

### 2.1 モデル概要

本モデルでは、一人、または複数の労働者がチームを組んでプロジェクトを遂行する企業組織を考える。プロジェクトチームは管理者であるマネージャ、および実際に作業を行う社員から構成されるとする。そして、その構成員であるマネージャおよび社員をエージェントとする。作業を「特定の知識の利用」と定義し、各エージェントは持っている知識に応じて作業を行う。作業時に現状の知識では十分なパフォーマンスが得られない場合、エージェントは学習を行うことで、作業に必要な知識を得るものとする。なお、パフォーマンスとは労働者が一回に処理できる作業量と定義する。本モデルの概要を図1に示す。

### 2.2 労働者モデル

企業において、作業を行う人間をエージェントとする。本モデルでは、以下の2種類のエージェントを定義する。

- マネージャエージェント
- 社員エージェント

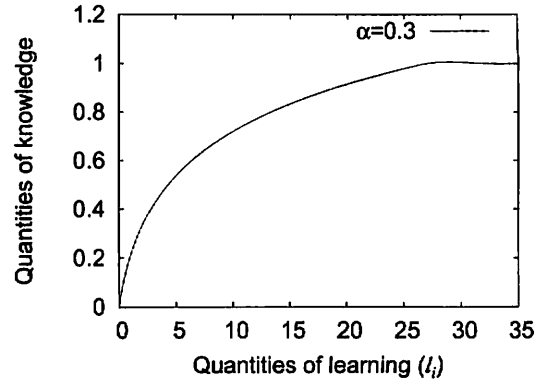


図2 知識量と学習量の関係

プロジェクトチームにはマネージャエージェント一人と複数人の社員エージェントが所属する。マネージャエージェントはチームメンバーに対して作業の割り振りを行う。社員エージェントは与えられた作業を処理する。

#### a) マネージャエージェント

マネージャエージェントはプロジェクトの遂行を管理するエージェントであり、現実のプロジェクトマネージャ、プロジェクトリーダーを表す。

本モデルにおいて、マネージャエージェントはチームメンバーに対して作業の割り振りを行う。現在、作業対象となっているタスクを処理するのに必要な知識と、チームメンバーがそれぞれ持つ知識から作業を割り振る。

#### b) 社員エージェント

社員エージェントは、マネージャエージェントから与えられた作業を行う。また、必要であれば学習を行い知識を得る。社員エージェントは次の3種類の特性を持つ。

- 知識
- 雇用形態
- 人件費

社員エージェントは作業を行っていくための知識を持つ。本モデルでは知識を  $N$  次元のベクトル  $k = [k_1, k_2, \dots, k_N]$ 、によって表現する。ただし、 $N$  は組織全体で使用される知識の種類総数とする。各要素はプログラミング言語の知識、ネットワークの知識などに対応する。各要素の値はそれぞれの知識の知識量を表し、値が大きければ大きいほどその知識を高度に、かつ多く持っていることを示す。

知識量は学習によって増加する。ただし、知識を一定以上得るとそれ以上の知識を得るのは難しく、学習量と知識量は線形の関係に無いと考えられる。そこで、知識量を次式に従って算出する [6]。

$$k_i = \min(\alpha \log(l_i + 1), 1.0) \quad (1)$$

ここで  $l_i$  は各知識に対する学習量であり、0 以上の実数値をとる。また、 $\alpha$  は学習による知識の増加量を決定する定数である。底を自然対数  $e$ 、 $\alpha = 0.3$  とした場合の例を図2に示す。

これらの知識、特に技術知識やノウハウなどは科学技術の進

歩や時間経過などによりその価値が減少していく。このような現象を知識の陳腐化と呼ぶ。また、一度覚えた知識でも忘却により失う可能性がある。本モデルでは、時間経過とともに使用されなかった知識量を次式によって更新することによって知識の陳腐化、忘却といった現象を表現する。

$$k_i^* = (1 - r)k_i \quad (2)$$

ここで、 $k_i^*$  は更新後の知識量である。また、 $r$  は陳腐化率であり、知識が陳腐化する度合いを示す。なお、本モデルでは、各知識がどのような知識かという明確な意味を持たせていないため、全ての知識において同一の陳腐化率を用いる。

雇用形態には正規雇用と非正規雇用の2種類がある。以降は正規雇用である社員エージェントを正社員エージェント、非正規雇用である社員エージェントを派遣エージェントとする。正社員エージェントは複数のタスクを継続的に処理する。派遣エージェントは一つのタスクが終了すると同時に新しい派遣エージェントと入れ替わる。これは、一般的に派遣社員はプロジェクトごとに雇用され、そのプロジェクトが終了すれば契約終了となることを表している。新しく追加される派遣エージェントが所持する知識は、除外された派遣エージェントの知識とは無関係に決定される。

人件費は雇用形態ごとに一意に決定される。正社員エージェント、派遣エージェントの人件費をそれぞれ  $C_r, C_i$  で表現する。なお、 $C_r, C_i$  はともに0以上の実数である。

### 2.3 タスクモデル

社員が一人、または複数人で作業を行なう対象をタスクと呼ぶ。一つのタスクが現実のプロジェクトに対応するものとする。本モデルにおいてタスクは、処理に必要な知識、およびその知識ごとに必要な作業量を持つ。必要作業量は知識と同様に  $N$  次元のベクトル  $t = [t_1, t_2, \dots, t_N]$  によって表現する。ただし、 $t_i$  は0以上の実数である。各  $t_i$  の値はタスク生成時に  $[0, t_{max}]$  の一様乱数で決定される。

### 2.4 タスクに対する作業

各社員エージェントはマネージャエージェントから割り当てられた作業をそれぞれ行う。作業を特定の知識の利用と考え、各社員エージェントは所持する知識を利用して作業を行う。本モデルでは単純に、エージェントの所持知識量を作業量として扱う。すなわち、各エージェントが作業を行った場合、(3)式を用いてタスクの必要作業量  $t_i$  を  $t_i^*$  に更新する。

$$t_i^* = t_i - k_i \quad (3)$$

なお、社員エージェントは一回の作業につき、一種類の知識のみを用いる。必要作業量の各要素が全て0以下になった場合、そのタスクは処理が終わったものとする。

### 2.5 知識の入手

社員エージェントが知識を入手するのは、次のいずれかの場合である。

- 作業を行った場合
- 学習を行った場合

本モデルでは、経験やノウハウといった作業を通して蓄積され

るものも知識として扱っている。そこで、社員エージェントが知識  $k_i$  を用いて作業を行った場合、 $k_i$  の学習量  $l_i$  は  $E$  増加する。

社員エージェントが学習を行う場合、他の労働者から知識を得る。まず教師役となる社員エージェントを選択する。Zipfの最小努力の法則によれば、人が知識を入手する場合、可能な限り簡単な手段で多くの知識を得ようとする[7]。つまり、入手可能な知識が多くなるように、自分が求める知識を最も多く持つ社員エージェントを教師役として選択する。ただし、すでに他の社員エージェントにより教師役に選択されている、あるいは学習を行っている社員エージェントは選択できないものとする。そして、教師役となった社員エージェントと自分が所持知識量の差を  $d_i$  とすると、学習を行った社員エージェントが入手する学習量は  $\beta d_i$  となる。ここで  $\beta$  は知識の共有しやすさを表す係数である。

他の社員エージェントから知識を入手することが不可能な場合、社員エージェントは独学で知識を入手する。独学による学習量の増加量は、対象となる知識、タスクに関わらず一定の  $S$  であるとする。ただし、独学は人から知識を得るよりも多くの時間と労力が必要となる。よって、一回で得られる学習量を、教師役から得られる学習量の最大値を超えないよう設定する。

## 3. シミュレーションの流れ

### 3.1 概要

本シミュレーションでは、全てのエージェントが一回ずつ行動するのに必要な時間を1ステップとする。1ステップの間にマネージャエージェント、社員エージェントが順に行動する。そして、ステップの終了時に、マネージャエージェントが担当するタスクが終了していれば新しいタスクを生成し、割り当てる。また、各社員エージェントが使用しなかった知識の陳腐化を行う。

### 3.2 マネージャエージェントの行動

マネージャエージェントは、自分のチームに所属する各社員エージェントに自分が担当するタスクの作業を割り当てる。各社員エージェントに対して、 $t_i > 0$  である知識のうち一つずつを割り当てる。割り当てられる知識は、各社員エージェントが所持知識の中で、最大の知識量を持つ知識  $i$  である。ただし、ステップ中に作業を終えると想定される知識には、割り当てを行わない。

### 3.3 社員エージェントの行動

マネージャエージェントから割り当てられた知識を用いて作業を行う。作業は2.4節で説明した手順に従って1ステップに一回だけ行われる。もし、十分なパフォーマンスが発揮できない場合、学習を行う。ここで、十分なパフォーマンスが発揮できない場合とは、 $k_i \leq K$  の場合である。 $K$  は、シミュレーションで一意に定義される社員エージェントの達成目標である。学習は2.5節の方法で行われる。ただし、知識の教師役に選択された場合は、作業を行わずにそのステップの行動を終了する。

表1 シミュレーションの条件設定

ステップ数	1000
知識数 $N$	20
必要作業量上限 $t_{max}$	20
正規雇用人件費 $C_r$	1.0
非正規雇用人件費 $C_t$	0.7
初期知識量上限 $U$	0.7
経験による増加学習量 $E$	0.5
独学による増加学習量 $S$	0.5
師事係数 $\beta$	2.5
マネージャエージェント数	1
社員エージェント数	5
陳腐化率 $r$	0.001
試行回数	50

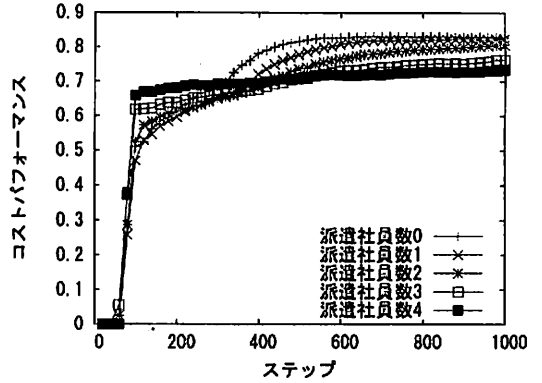


図3 派遣社員数ごとのコストパフォーマンス推移

## 4. 派遣社員の影響分析シミュレーション

### 4.1 目的および設定

本シミュレーションでは、提案モデルを用いて派遣社員が企業の作業効率におよぼす影響を分析する。簡単のため、ベンチャーのような小規模な企業組織を想定し、シミュレーション中の派遣社員の割合は一定とする。

通常、企業には独特のノウハウや手法がある。派遣社員はそのような知識を入手してから作業を行う必要がある。よって、派遣社員が最初から派遣先企業で必要な知識の最大量を持つことはないとして仮定し、派遣社員の初期知識量に上限  $U$  を設ける。派遣社員である社員エージェントの知識は  $[0, U]$  の一様乱数で決定する。また、正社員であっても最初はノウハウを学ぶ期間がある。そこで、正社員である社員エージェントにも初期状態に限り知識を同様に設定する。

本シミュレーションで用いる設定を表1に示す。また、派遣社員が企業全体に及ぼす影響を見るため、派遣社員となる社員エージェントの人数を0人から4人まで変化させる。社員エージェント全てを派遣社員にしないのは、一般的にプロジェクトには派遣社員を監督する正社員が一人は必要となるためである。

本シミュレーションでは評価指標として、以下の2種類を用いる。

- 処理タスク量
- コストパフォーマンス

現実の企業では、一定期間により多くのタスクが処理されることが望まれる。そこで、一定期間に処理されたタスクの量を評価する。処理タスク量はシミュレーション終了時まで終了した全タスクの数とする。

また、費用および効果のコストパフォーマンスを考える。タスクを処理するに当たり、人件費や時間が多くかかると企業の利益が減少する状況は望ましくない。そこでコストパフォーマンスの高さを評価する。コストパフォーマンスはタスクごとに必要な作業量と社員の人件費から算出する。まず、あるタスクを処理するために構成されたプロジェクトチームチームの人件費を次式で定義する。

$$C = N_r C_r + N_t C_t \quad (4)$$

ここで、 $N_r, N_t$  はそれぞれプロジェクトチーム内の正社員、派遣社員の人数である。すなわち、そのタスクを処理するために関わった全ての社員にかかる人件費の合計である。また、プロジェクトによって得られる報酬を算出する。一般に、ある開発プロジェクトにおける報酬を含めた開発費用は、必要な作業量、知識の量から算出される。そこで、あるタスクにおける収益を次式によって定義する。

$$T = \sum_{i=1}^N t_i \quad (5)$$

式(5)によって、タスクに必要な作業量が多ければ多いほど、また必要な知識が多ければ多いほど報酬が高くなる。

そして、式(4)、(5)を用いてコストパフォーマンス  $P$  を次式によって算出する。

$$P = \frac{T}{LC} \quad (6)$$

なお、 $L$  は対象となるタスクを処理するのに要したステップ数である。式(6)において、分母は所要時間と人件費の積であり、そのタスクにかかる総コストを表す。これにより、タスクの処理するのに要した人員が少ないほど、また時間が短いほどコストパフォーマンスが高くなることを表現する。同時にタスクが大規模であればあるほど報酬が多くなりコストパフォーマンスも増加することを表現する。本シミュレーションでは直近に処理された5個のタスクに対する  $P$  を平均することにより、企業全体のコストパフォーマンスとする。

### 4.2 シミュレーション結果

図3にコストパフォーマンス推移を、図4に派遣社員数ごとの処理タスク量を示す。図3より、最初は派遣社員を雇用する方がコストパフォーマンスが高くなるが、次第に正社員のみの方がコストパフォーマンスが高くなるのがわかる。また、図4より、派遣社員が0人の場合、すなわち正社員のみでタスクを遂行した場合に処理タスク量が最大となる。

### 4.3 考察

本シミュレーションの結果によって示された派遣社員の影響

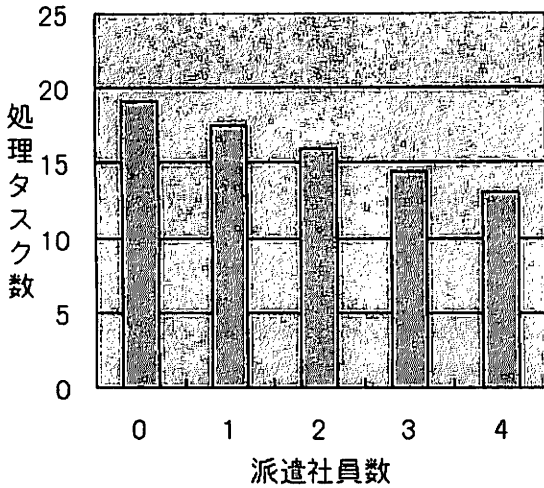


図4 派遣社員数ごとの処理タスク量

について考察する。

図3より、最初は派遣社員を雇用する方がコストパフォーマンスが高いものの、最終的には正社員のみの方がコストパフォーマンスが高くなることを示した。これは、タスクごとに異なる派遣社員を雇用することが一因であると考えられる。ここで、図5に派遣社員数4人の状況における正社員の各知識の知識量  $k_i$  を示す。また、図6に派遣社員が0人の場合を示す。ただし、今回知識の順番に意味は無いため、知識量の大きさ順にソートして示している。まず、図5より、派遣社員が4人いる場合、正社員の知識は半分以上が知識量0.5以上となり、広範な知識を持っていることがわかる。逆に正社員のみでタスクを遂行した場合、知識量が0.5以上となっている知識は少ない。ただし、一部の知識が派遣社員がいる場合よりも高い知識量となっている。本モデルでは、知識量は式(1)に従い、非線形で増加する。さらに、知識の陳腐化によって知識量は各ステップごとに減少していく。よって、図6のようになったのは、幾つかの限定された知識が繰り返し使用されたためと考えられる。これは、正社員のみでタスクを遂行した場合、各社員の役割分担が確立されることで、知識が専門化されていったものと考えられる。逆に派遣社員がいる場合、派遣社員が知識を持たず作業できない部分を正社員が肩代わりすることになる。ただし、タスクごとに派遣社員の所持する知識が異なる、肩代わりする作業で用いる知識も異なる。そのため正社員が持つ様々な知識を得たと考えられる。ただしこの場合、様々な知識を習得する必要があったため、作業効率が悪くなる。結果として人件費が高い正社員のみの場合よりもコストパフォーマンスが悪くなったと考えられる。

この結果は、派遣社員のいない場合、すなわちこれまでの企業のような状態では、各人の仕事は専門化されていく状況を表している。すなわち、適材適所の理想的なマネジメントが行われている状況を表現していると考えられる。

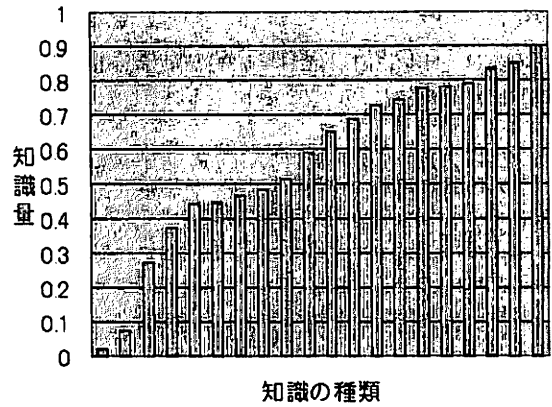


図5 派遣社員が4人いる場合の社員エージェントが持つ知識量の例

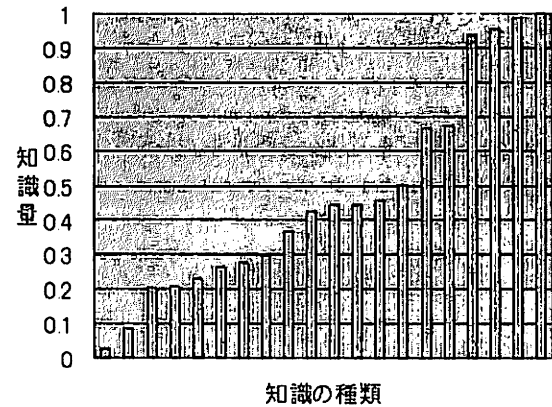


図6 派遣社員が0人いる場合の社員エージェントが持つ知識量の例

## 5. まとめ

本論文では、非正規雇用者、特に派遣社員が企業のパフォーマンスに与える影響を分析するためのエージェントベースモデルを提案した。そして提案モデルを用いて、タスク遂行は正社員のみで行う方が効果的であることを示した。

今後の課題としては、モデルの妥当性検証がある。実際の企業を対象に本モデルを適用することで現実を表現できるか確認する必要がある。もう一つの重要な課題として、派遣社員を用いた場合に、企業のパフォーマンスを向上させるマネジメント手法の模索がある。中小企業やベンチャーなどでは、人件費の面から派遣社員が用いられていくのは避けられない状況である。そこで、派遣社員を有効活用していくための方策が必要である。また、現実にはマネージャは全ての社員を把握していない。特に、プロジェクトごとに人が変わる派遣社員への作業割り振り困難である。そのような場合に、派遣社員の所持する知識を把握するための時間を作るなど、有効な方策が必要となる。

## 謝 辞

本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金若手研究（B）（課題番号 19760272）の助成を受けて行われました。

### 文 献

- [1] 石井脩二（編）. 知識創造型の人材育成, シリーズ人的資源を活かせるか, 第 3 巻. 中央経済社, 2003.
- [2] I. Rus and M. Lindvall. Knowledge management in software engineering. *Software, IEEE*, Vol. 19, No. 3, pp. 26–38, 2002.
- [3] 社団法人日本人材派遣協会. 労働者派遣事業統計調査. <http://www.jassa.jp/employer/statistics.html>.
- [4] M.D. Cohen and G. James. March, and Johan P. Olsen. 1972. A Garbage Can Model of Organizational Choice. *Administrative Science Quarterly*, Vol. 17, No. 1, pp. 1–25, 1972.
- [5] K.M. Carley and D.M. Svoboda. Modeling Organizational Adaptation as a Simulated Annealing Process. *Sociological Methods and Research*, Vol. 25, No. 1, pp. 138–168, 1996.
- [6] 藤田幸久, 仲瀬明彦, 中山康子, 島海不二夫, 石井健一郎. 組織における知識継承のモデル化. *信学論 (D)*, Vol. J90-D, No. 1, pp. 52–61, 1 2007.
- [7] G. K. Zipf. *Human Behavior and the Principle of Least-Effort*. Addison-Wesley, Cambridge, MA, 1949.
- [8] 大内東, 山本雅人, 川村秀憲. マルチエージェントシステムの基礎と応用-複雑系工学の計算パラダイム, 2002.