

組織における知識継承のモデル化

藤田 幸久[†] 仲瀬 明彦^{††} 中山 康子^{††} 鳥海不二夫[†] 石井健一郎[†]

[†] 名古屋大学大学院情報科学研究科 〒464-8603 名古屋市千種区不老町

^{††} 株式会社 東芝 研究開発センター システム技術ラボラトリー 〒212-8582 川崎市幸区小向東芝町 1

E-mail: [†]yukihisa@kishii.ss.is.nagoya-u.ac.jp, {tori,kishii}@is.nagoya-u.ac.jp,

^{††}{akihiko.nakase,yasko.nakayama}@toshiba.co.jp

あらまし 現在, ナレッジマネジメントとして, 経験や事例から導かれた様々な知識継承手法が提案されている。しかし, これらの手法の多くは成功事例があるのみでその効果は定量的に実証されていない。そこで本研究では, 組織における知識継承のモデルを提案することにより, ナレッジマネジメントの効果を解析することを目的とする。本論文では組織内で知識が継承されていく様子をマルチエージェントシミュレーションによって表現する。シミュレーションの結果, 知識データベース, ナレッジマネージャーを導入することにより, 組織全体のパフォーマンスが向上することが確認された。

キーワード マルチエージェントシミュレーション, ナレッジマネジメント

Knowledge Management Modeling in Organizations

Yukihisa FUJITA[†], Akihiko NAKASE^{††}, Yasuko NAKAYAMA^{††}, Fujio TORIUMI[†], and

Kenichiro ISHII[†]

[†] Graduate School of Information Science, Nagoya University Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, 464-8603
Japan

^{††} Toshiba Corporation 1, Komukai-Toshiba-cho, Saiwai-ku, Kawasaki, 212-8582 Japan

E-mail: [†]yukihisa@kishii.ss.is.nagoya-u.ac.jp, {tori,kishii}@is.nagoya-u.ac.jp,

^{††}{akihiko.nakase,yasko.nakayama}@toshiba.co.jp

Abstract A variety of knowledge sharing methods have been proposed based on experience and precedents. However, the effects of those methods are not quantitatively investigated. This study proposes knowledge sharing model in organizations to analyze the effect of a knowledge management. We modeled and simulated knowledge sharing processes using multi-agent simulation. We confirmed that the knowledge repository and knowledge managers improved the performance of the organization.

Key words Multi Agent Simulation, Knowledge Management

1. はじめに

昨今, ナレッジマネジメントはプロジェクトを成功に導くための有効な手段の一つとして注目されている。これまで組織固有のノウハウや知識は, 組織内の各個人が保持するに留まり, 組織的な活用が図られてこなかった。この状態では, 重要な知識を保持している人間が組織を離れるとプロジェクトが機能せず, 組織全体の作業能率が著しく低下するなどの問題が指摘されている。また, 2007年問題で代表されるように, 多くの経験, ノウハウを持った人間が一度に組織を離れることにより, 今まで培われた知識, 技術が失われることが危惧されている。そこでナレッジマネジメントに代表される, 組織内での知識

継承策が必要となる。しかしナレッジマネジメントの効果は定量的に実証されておらず, 経験と事例を元にマネジメントが行われているのが現状である。また, ナレッジマネジメントの効果表れるのは長い時間が必要なため, 短期間での効果の実証は困難である。

そこで本研究では, 組織における知識継承モデルを提案し, 当該モデルを用いてシミュレーションを行うことにより, ナレッジマネジメントが組織全体の作業能率に与える影響を解析する。これにより, 今までプロジェクト内で手探りで行われていたナレッジマネジメントに代わり, 系統的で効果的なナレッジマネジメントが可能となり, 作業能率の向上が図れる。また, マネジメント手法を考案するにあたり, 手法の効果を容

易に確認することが可能になる。

2. モデル

2.1 概要

本モデルでは、経理、開発、営業などの部門より構成された組織を考える。本モデルでは、作業を特定の知識の使用と考え、処理に必要な知識が足りない場合、あるいは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に労働者間、あるいはツールなどを用いて知識を継承し、作業に必要な知識を得るものとする。ここで、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する。

2.2 知識モデル

2.2.1 知識の種類

野中らの提案する SECI モデル [1] を参考に、知識として形式知、経験知の二種を考える。形式知とは本を読むことなどにより容易に入手でき、他人への伝達も容易な知識である。一方、経験知は、個人の経験に基づいた知識であり、経験知は作業を行うことにより増加するが、形式知に比べ他人への伝達は困難である。

本モデルでは形式知、経験知をそれぞれ n 次元のベクトル $\mathbf{k} = [k_1, k_2, \dots, k_n]$, $\mathbf{e} = [e_1, e_2, \dots, e_n]$ 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総数とする。ベクトルの各要素は自動車運転、情報工学、音楽など特定の知識に対応しており、

$$0 \leq k_i, e_i \leq 1 \quad (1)$$

の範囲の実数値である。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になる。これにより、伝統工芸などの経験が重要な作業とコンピュータ処理などの形式的な作業の差別化が可能になる。形式知、経験知の値に相関は無く、どちらか一方のみが大きい場合、例えば k_i のみ大きい場合は、頭で理解しているのみという状態になる。一方 e_i のみ大きい場合は、感覚ではわかるが知識はないという状態になる。

2.2.2 知識の表現

一般的に知識を一定以上得ると、それ以上の知識を得るのが難しくなる。そこで、学習量と知識量は線形の関係にないものと考え、習熟度と労働量の関係を指数で表した Wright の学習曲線 [2] を考慮し、知識量を次式にしたがって算出する。

$$k_i, e_i = \begin{cases} \alpha \log(l_i + 1) & (0 \leq l_i < \exp(\frac{1}{\alpha}) - 1) \\ 1 & (\exp(\frac{1}{\alpha}) - 1 \leq l_i) \end{cases} \quad (2)$$

ここで l_i は知識 k_i, e_i の学習量である。また、 α は学習による知識の増加量を決定する定数である。

ただし、知識は普遍的に適用できるものもあれば、時間経過とともに価値が減少し、陳腐化するものもある。本モデルでは、知識量を時間とともに一定の割合で減少させることによって陳腐化を表現する。

2.3 エージェントモデル

2.3.1 労働者エージェント

部署内で働き、作業を行う人間を労働者エージェントとする。

労働者エージェントは次の特性を持つ。

- 形式知
- 経験知
- 所属部署
- 年齢
- データベース (DB) 満足度

所属部署は、労働者がどの部署に属しているかを示し、DB 満足度とは後述する知識 DB の利用に関して増減する値である。また、年齢はシミュレーションが進行するとともに増える整数値である。

2.3.2 ナレッジマネージャーエージェント

ナレッジマネジメントは主に労働者が主体になって行われるが、ナレッジマネージャーやナレッジオフィサーといったマネジメントを主導する役職を導入する場合がある [3]。このような役職はプロジェクト内での知識管理や、知識 DB を有効に活用するために知識の保存や整頓を積極的に行う。特に、知識 DB は時間とともに使われなくなっていってしまうという失敗事例が多く、知識管理を行う役職は重要となる。

本モデルでは、知識 DB を整頓、管理する役職の者をナレッジマネージャーエージェントとして定義する。ナレッジマネージャーは、知識 DB に保存されている知識の陳腐化を、労働者エージェントから知識を抽出し、管理することによって軽減する。

2.4 タスクモデル

タスクとは、実際に労働者が行う作業の対象を指す。本モデルにおいて、作業は知識を用いて行われる。よってタスクは、処理に必要な作業量、そしてその作業を行うのに必要な知識を特性として持つ。また、計算機の操作のように多くの形式知が必要とされる作業、伝統工芸のように多くの経験知が必要とされる作業など、作業によって要求される形式知と経験知の割合は異なると考えられる。

タスクは次の特性を持つ。

- 必要作業量
- 形式知重み
- 経験知重み
- 所属部署

必要作業量は知識と同様に n 次元のベクトル $\mathbf{t} = [t_1, t_2, \dots, t_n]$ によって表現する。ただし、 t_i は 0 以上の実数である。また形式知重み、経験知重みはその知識を用いた作業にどの程度の割合で知識が必要になるかを示している。形式知重み、経験知重みのそれぞれを n 次元のベクトル $\mathbf{u} = [u_1, u_2, \dots, u_n]$, $\mathbf{v} = [v_1, v_2, \dots, v_n]$ で表現し、 u_i, v_i は次の式を満たす実数値とする。

$$u_i + v_i = 1 \quad (0 \leq u_i, v_i \leq 1) \quad (3)$$

必要作業量は労働者エージェントが作業を行うことにより減少する。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 タスク処理

労働者エージェントがタスクに対して作業を行う場合、労働

者エージェントが所持する知識を用いて行う。この知識とタスクの知識重みを用いてパフォーマンスが決定され、労働者はパフォーマンスに応じた作業を行う。

パフォーマンスは労働者エージェントの知識 k, e とタスクの知識重み u, v を用いて、次式のように算出する。

$$p_i = u_i k_i + v_i e_i \quad (4)$$

労働者エージェントは、必要作業量が 0 より大きく、 p_i が最大になるように作業を行う。使用する知識とパフォーマンスが決定された後、次式を用いてタスクの必要作業量 t_i を t_i^* に更新する。

$$t_i^* = t_i - p_i \quad (5)$$

2.6 知識の入手

労働者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。

- 労働者エージェントが作業を行った場合
- 労働者エージェントが学習を行った場合

労働者エージェントが知識 e_i を用いて作業を行った場合、 e_i の学習量 l_i を増加させる。

次に、労働者エージェントが学習を行った場合、次の手段のうち一つを選択して知識の入手を試みる。

- (a) 知識を持つ人に師事
- (b) 独学
- (c) 知識 DB へアクセス
- (d) セミナーへの参加

これらの手段にはそれぞれコストが定められている。本モデルにおいて、コストとは時間を指し、知識の入手には所定のターン数が必要となる。コストとなるターン数が経過すると、入手した知識の学習量が増加する。

a) 知識を持つ人に師事

最も基本的な知識伝達手段である。実際の企業では、徒弟制度のように実経験を通して先達から知識を継承させる社員教育などがある。そこで本モデルでは、必要な知識を持つ労働者エージェントを教師役として、知識を継承する。ただし、対象の知識が一定以上であり、未行動の労働者エージェントのみを教師役として選択できる。師事による学習量 l_i の増加量は教師役となる労働者エージェントの知識量に依存する。

b) 独学

独学によって知識を入手する。独学は他のエージェントに依存せず知識を入手することができる。ただし、経験知は入手できない。独学による学習量 l_i の増加量は、対象となる知識、タスクに関わらず一定である。

独学は、対象のタスクにおいて入手しようとした知識の形式知識重みが高いときのみ用いられる。

c) 知識 DB へアクセス

知識継承、情報共有の代表的な手段として、グループウェアがある。グループウェアは組織、あるいはプロジェクトの人間が情報を登録、読み出しをしながら情報の共有を行う。

本モデルではグループウェアなどの知識継承ツールを知識

DB として一般化する。ここで知識 DB を、知識を保存、抽出するためのツールと定義する。知識 DB 内には形式知、経験知の両方が保存されている。 l_i の増加量は保存されている知識の量に依存する。また、知識 DB を使用した労働者エージェントは、見返りとして自分の所持する知識の一つを選択し知識 DB に保存する。

知識 DB の使用は満足度に依存する。知識 DB に限らず、ソフトウェアや特定の道具は使用に成功すれば以後も使われる。逆に、利用できない、あるいは使用して失敗すると、それ以降使用する可能性は少なくなる。本モデルでは労働者エージェントに満足度を持たせ、知識 DB から知識を入手できたときに満足度を増加させ、できなかった場合減少させる。

d) セミナーへの参加

企業によっては社員を研修などで研究会やセミナーに出席させる場合がある。企業がこれらのセミナーに社員を派遣するのは、現在の事業、あるいは将来の事業を見越して必要な知識を社員に身につけさせることにある。

本モデルでは作業を行うために必要な知識が組織内で入手できない場合、セミナーに参加するものとする。セミナーは獲得できる知識を限定せず、どのような知識も一定量手に入れることができる。また、セミナーでは経験知、形式知の両方を得ることができるものとする。

セミナーはコストが大きいため、他の知識入手手段が使用できなかった場合にのみ用いられる。

3. シミュレーションについて

3.1 概要

本シミュレーションでは、タスクの発生、各エージェントの動作を順に行う。エージェントの動作終了後、エージェントによっては転職、退職処理を行う。

タスクはターンの開始時に、現在の残存タスク量に応じて確率的に生成される。このとき、必要作業量、形式知識重み、経験知識重みはランダムに決定される。

退職は、労働者エージェントが一定の年齢に達すると行われ、退職したエージェントはシミュレーション上から消え、新しい労働者エージェントがシミュレーションに加わる。また、全ての労働者エージェントは、年齢に関わらず一定の確率で転職処理を行う。転職は退職と同じく労働者エージェントの入れ替えを行う。

3.2 エージェントの動作

3.2.1 労働者エージェント

労働者エージェントは次の状態をとる。

- (a) 未行動
- (b) 作業
- (c) 学習
- (d) 教育
- (e) 知識保存

労働者エージェントは現在の自分の状態から次の行動を決定し、上記のいずれかの状態に遷移する。

a) 未 行 動

労働者エージェントが何も行動していない状態であり、労働者エージェントの初期状態となる。この状態で他の労働者エージェントによって教師役に選択されると教育に遷移する。教師役に選択されず、自分の部署にタスクがあるならば部署内のタスクを無作為に選択し、作業を行う。

b) 作 業

労働者エージェントがタスクに対して作業を行っている状態である。もし、対象としているタスクが破棄された場合は未行動に遷移する。また、作業を行うにあたり、知識が足りない、あるいは十分なパフォーマンスが発揮できない場合、学習に遷移する。

c) 学 習

足りない知識を補うために労働者エージェントが学習している状態である。知識を得るのに必要なコストを支払うまでは他状態に遷移しない。もしコストをすべて支払った場合は、知識を手に入れ作業に遷移する。学習に知識 DB を使用したときは、知識保存状態に遷移する。

d) 教 育

他の労働者エージェントによって教師役に選択され、知識を伝達している状態である。この状態になった場合、知識継承が完了するまで何も行動することができず、現状を維持する。知識継承が終了した場合、未行動状態に遷移する。

e) 知 識 保 存

知識 DB に知識を保存している状態である。労働者エージェントが知識 DB から知識を獲得した場合のみ遷移する。知識の保存が終了した場合、作業中に遷移し、それ以外の場合は遷移しない。

3.2.2 ナレッジマネージャー

ナレッジマネージャーは次の状態をとる。

- (a) 未行動
- (b) 知識管理
- (c) 知識抽出

a) 未 行 動

何も行動をしていない状態であり、ナレッジマネージャーの初期状態となる。この状態のとき、ナレッジマネージャーは知識 DB の陳腐化の軽減を試みる。知識 DB の形式知、経験知の中で最も更新されていない知識を選択する。そして選択された知識を一定以上持っている未行動の労働者エージェントを探す。未行動の労働者エージェントを発見した場合、その労働者エージェントを教育状態に遷移させ、自分も知識抽出に遷移する。もし未行動の労働者エージェントが見つからない場合、本状態を継続する。

b) 知 識 管 理

知識 DB に保存されている知識を管理し、陳腐化を軽減している状態である。陳腐化の軽減には、知識継承と同様にコストが必要となる。このコストを支払ったとき、知識 DB の陳腐化が軽減され、ナレッジマネージャーは未行動状態に遷移する。

c) 知 識 抽 出

陳腐化軽減に必要な知識を労働者エージェントから抽出して

表 1 シミュレーションの設定条件

エージェントの寿命	最大 14000 ターン (1 ターン 1 日)
実験期間	10000 ターン
労働者数	250
転職率	0.003%
α	0.3
形式知重み	$w_{Ki} > 0.5$

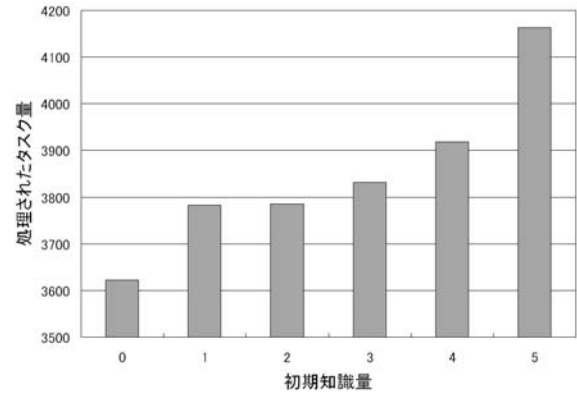


図 1 知識 DB 導入による終了タスク量の変化

いることを示す。この状態は一定ターン数で知識管理状態に遷移する。

4. 実 験

4.1 知識 DB 導入による比較実験

4.1.1 実験目的

本実験では、労働者エージェント全体のパフォーマンスに対して、知識 DB が与える影響、および知識 DB の初期知識量による差を観察する。

4.1.2 実験設定

シミュレーションの設定条件を表 1 に示す。知識 DB には初期知識量を設定し、経験知、形式知のシミュレーション開始時における値を決定する。本実験では経験知、形式知のすべての次元で同じ初期値を与える。なお、初期知識量が 0 というのは知識 DB を用いない場合と等価である。

4.1.3 実験結果

図 1 に初期知識量ごとの処理されたタスク量を、図 2 に知識 DB の利用者数の推移を示す。また、図 3,4 に労働者の平均形式知量、経験知量をそれぞれ示す。

図 1 より、知識 DB を導入し、かつ知識 DB の初期知識量が多いほど処理されたタスクが多いことがわかる。よって、知識 DB が労働者エージェント全体のパフォーマンスを向上させることが確認された。しかし、図 2 から知識 DB が時間経過とともに使用されなくなるという状況が見て取れる。また、図 3,4 では、平均知識量の差が時間経過とともに無くなっているのがわかる。これは、知識 DB が時間経過とともに使用されなくなり、知識 DB を導入していない状態と同等になってしまったためと考えられる。

以上の結果より、知識 DB はパフォーマンスの向上に有効で

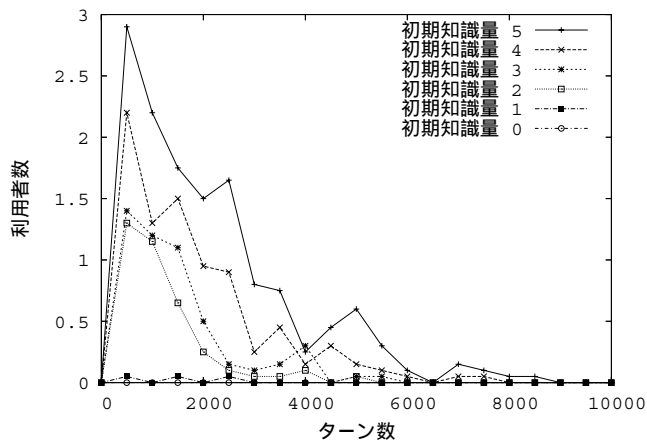


図 2 知識 DB 利用者数の推移

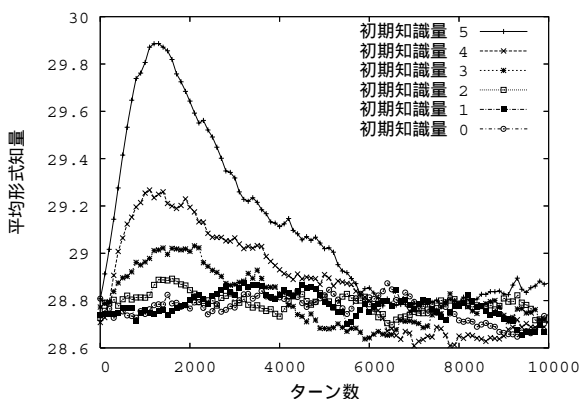


図 3 労働者の平均形式知量の推移

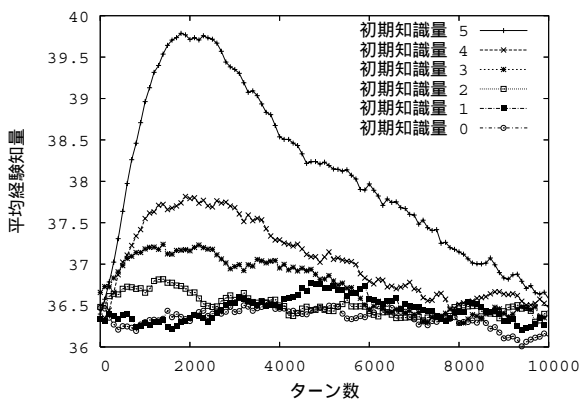


図 4 労働者の平均経験知量の推移

あるものの、次第に使われなくなっていくという知見が得られた。これはナレッジマネジメントの失敗事例として多く見られる現象で、グループウェアなどを導入したが次第に使われなくなっていくという実態に合った結果と考えられる。

ここで、失敗の原因、およびその対策を考える。図 3 より、労働者の知識量が 1000 ターンほどで急激に増加し、その後は減少、もしくは緩やかな変化しかないと見て取れる。また、

図 2 より、1000 ターン付近では知識 DB の利用者が急激に減少し、ほとんど利用されなくなっている。これは、労働者エージェントが所持する知識量が増加し、ほとんどの作業で一定のパフォーマンスが発揮できるようになったことが原因と考えられる。本シミュレーションでは、労働者は作業に対して低いパフォーマンスしか得られないとき、学習を行う。したがって、どの作業に対しても一定のパフォーマンスが得られる状況では労働者エージェントは学習を行わない。その結果、知識 DB の利用者数が減少したと考えられる。また、知識 DB は労働者エージェントが知識を得たときのみ更新される。しかし、知識 DB 内の知識は時間経過とともに陳腐化していくため、知識が更新されなければ利用価値のある知識は減少するのみである。このような状態では、労働者が知識を得ようにも知識 DB 内に価値のある知識がないため、利用されない。そして、利用されなくなれば知識 DB 内の知識は陳腐化していくのみなので悪循環に陥る。

以上より、知識 DB を継続して利用し、有効性を維持するためには適切なナレッジマネジメントが必要であることがわかる。特に、知識 DB が継続して利用可能であれば、パフォーマンスの増加が期待できる。

4.2 ナレッジマネージャー導入による比較実験

4.2.1 実験目的

知識 DB の導入実験により、知識 DB を有効に利用するためにはマネジメントが必要であることが判明した。そこで、ナレッジマネージャーを導入し、知識 DB の管理を行う。本実験では、ナレッジマネージャーによる知識 DB 利用者数の変化、および知識 DB 導入前後における処理タスク量への影響を観察する。

4.2.2 実験設定

現実にナレッジマネージャー導入の必要性が叫ばれても、専任のナレッジマネージャーを置くことによるコスト増加が障害になることが多い。そこで、本シミュレーションでは労働者エージェントをナレッジマネージャーとして育成して交換する。これにより、新たな人員を雇わず、現行の資源でナレッジマネジメントを行う状況をシミュレートする。

本実験ではランダムに労働者エージェントを 5 人選択し、ナレッジマネージャーとする。ただし、ここでは労働者をナレッジマネージャーに育成するためのコストは無視する。その他の設定は 4.1 節における実験と同様とし、知識 DB の初期知識量を $l_i = 1, 3, 5$ とする。

4.2.3 実験結果

図 5 にナレッジマネージャー導入前後での処理されたタスク量の変化を示す。図 5 より、知識 DB の初期知識量が大きい場合は処理されたタスクの量が増加し、初期知識量が小さい場合は逆に処理されたタスクが減少していることがわかる。

また、図 6,7,8 に、知識 DB 利用者数の推移を示す。初期知識量が十分大きい場合、ナレッジマネージャーの導入により知識 DB が全く利用されない状況が回避されたことがわかる。

以上の結果から知識 DB の維持、管理に専任のナレッジマネージャーを導入することによって、初期知識量が一定以上必

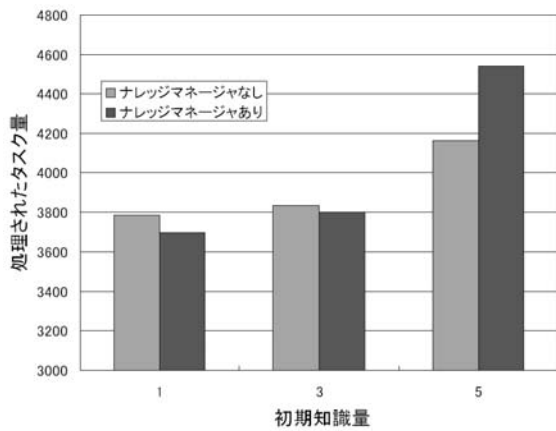


図5 ナレッジマネージャー導入による終了タスク数への影響

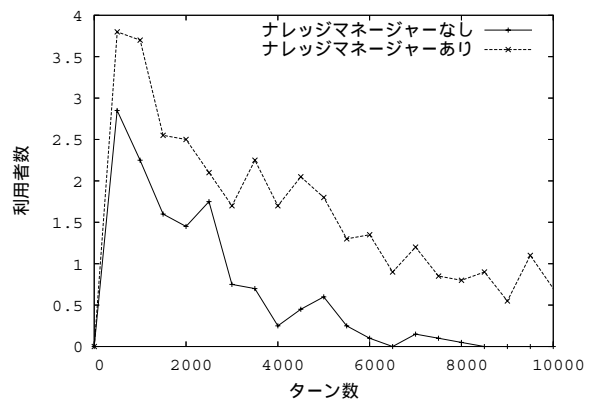


図8 知識 DB 利用者数の推移 (初期知識量 5)

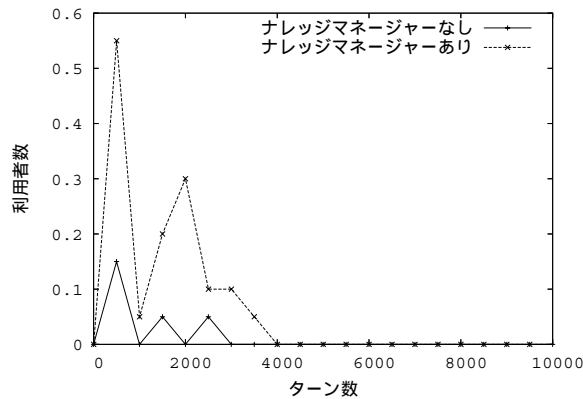


図6 知識 DB 利用者数の推移 (初期知識量 1)

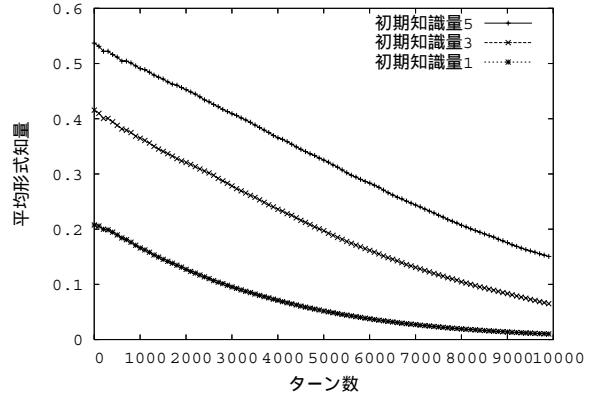


図9 知識 DB 内の平均形式知量の比較

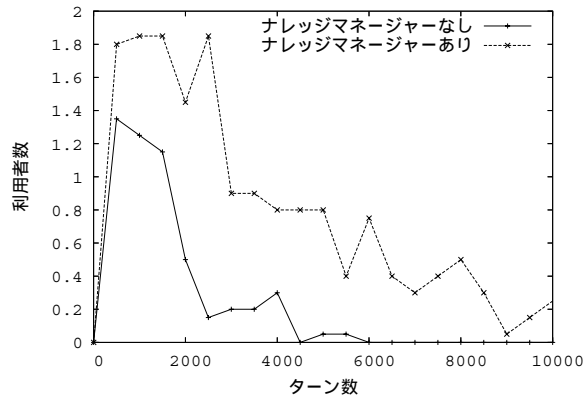


図7 知識 DB 利用者数の推移 (初期知識量 3)

要ではあるが、知識 DB のみの場合よりも高いパフォーマンスが得られると考えられる。しかし、初期知識量 1 の場合、知識 DB の利用者数は増加しているが (図 6)、パフォーマンスは向上していない (図 5)。ここで、図 9 に知識 DB に保存されている平均形式知量の推移を示す。図 9 より、初期知識量によって知識 DB に保存されている形式知量に差があることがわかる。知識 DB から入手できる知識量が少ない場合、労働者エージェントは一定以上のパフォーマンスを得るために知識 DB の利用を繰り返し行わなければならない。その結果、知識 DB 利用の効率が悪くなり、全体のパフォーマンスが低下したと考えられる。

5. おわりに

本研究では、組織内における知識継承のモデルを提案した。また、提案したモデルを用いて知識 DB、ナレッジマネージャーがパフォーマンスに与える影響を解析した。その結果、知識 DB、ナレッジマネージャー導入により、パフォーマンスが向上することが確認された。

今後の課題として、モデルの妥当性の検証が第一に挙げられる。労働者の数、年齢分布などを現実の組織と同様に設定し、シミュレーション結果と現実を比較する必要がある。逆シミュレーション [4] などの手法を用いて、パラメータの妥当性を検証する必要がある。また、ナレッジマネージャーの導入によりパフォーマンスが向上することが確認されたが、知識 DB 内の知識量は減少していつてしまう。そこで、ナレッジマネージャーに知識の管理だけでなく、知識の追加をさせる必要があるだろう。

文 献

- [1] 野中郁次郎, 竹内弘高, 梅本勝博訳. 知識創造企業. 東洋経済新報社, 1996.
- [2] TP Wright. Factors affecting the cost of airplanes. *Journal of Aeronautical Sciences*, Vol. 3, No. 4, pp. 122-128, 1936.
- [3] Thomas H.Davenport, Laurence Prusak, 梅本勝博訳. ワーキング・ナレッジ. 「知」を生かす経営. 生産性出版, 2000.
- [4] 倉橋節也, 南潮, 寺野隆雄. 逆シミュレーション手法による人工社会モデルの分析. 計測自動制御学会論文集, Vol. 35, No. 11, pp. 1454-1461, 1999.