

知識共有のためのエージェント
ベースシミュレーションに関する研究

藤田幸久

目次

第 1 章	序論	1
1.1	研究の背景	1
1.1.1	知識共有とナレッジマネジメント	1
1.1.2	知識の定義	2
1.1.3	知識共有の分析と促進	6
1.1.4	シミュレーションによる分析	6
1.2	本研究の目的と位置づけ	7
1.3	本論文の構成	13
第 2 章	ナレッジマネジメントのモデル化と評価	15
2.1	知識の大量喪失	15
2.2	知識共有モデル	17
2.2.1	モデルの概要	17
2.2.2	知識の定義	18
2.2.3	労働者エージェントとタスク	21
2.2.4	知識データベース (DB)	23
2.2.5	ナレッジマネージャエージェント	24
2.3	知識活動の表現	24
2.3.1	概要	24
2.3.2	タスクの生成	25
2.3.3	労働者エージェントの行動処理	25
2.3.4	タスク処理	27
2.3.5	知識の獲得	28
2.3.6	ナレッジマネージャエージェントの行動処理	32
2.3.7	転職・退職の処理	34
2.4	知識 DB 導入の効果	35

2.5	専任の管理者導入の効果	40
2.6	知識の大量喪失の防止	42
2.7	まとめ	46
第 3 章	コスト制約下における人員調整手法	49
3.1	コスト制約と人員調整	49
3.2	動的なネットワーク上での情報共有問題	51
3.2.1	概要	51
3.2.2	情報共有問題のモデル化	52
3.2.3	ネットワークの構築	53
3.2.4	シミュレーションの流れ	54
3.3	パラメータの影響	56
3.4	コスト制約下における人員調整	60
3.4.1	コスト制約とコストパフォーマンス	60
3.4.2	コストパフォーマンス維持手法	62
3.4.3	比較シミュレーション	64
3.4.4	コスト制約下における適切な人員調整手法	67
3.5	まとめ	69
第 4 章	情報の多様化に伴う個人の影響力変化	71
4.1	膨大な知識がもたらす弊害	71
4.2	多様な情報を扱う情報伝播モデル	73
4.3	既存研究の再現	75
4.3.1	概要	75
4.3.2	普及曲線 (Rogers・Bass) の再現	76
4.3.3	経路依存性と Lockin 効果 (Arthur) の再現	80
4.3.4	再現シミュレーションのまとめ	83
4.4	情報が多様化した社会	84
4.4.1	情報の多様化に伴う個人の影響力変化	84
4.4.2	所持情報の多様性と個人の影響力	88
4.4.3	情報通信技術の発達が及ぼす影響	93
4.5	まとめ	97
第 5 章	結論	99
5.1	総括	99
5.2	今後の課題	101

謝辭	105
參考文獻	107
研究業績	115

目次

1.1	思考の階層モデルにおけるピラミッド構造 (Ackoff, 1989)	3
1.2	DIKW モデル (Bellinger ら, 2004)	4
1.3	SECI モデル (野中ら, 1996)	5
2.1	知識共有モデルの概要	17
2.2	学習量 l_i と知識量 k_i, e_i の関係	20
2.3	労働者エージェントの行動	26
2.4	タスク処理の例	29
2.5	2005 年度転職率のデータと近似曲線 (2005 年版中小企業白書より作成)	35
2.6	知識 DB の初期学習量 (l_i) による処理タスク量の変化	37
2.7	知識 DB 利用者数の推移	38
2.8	知識 DB の初期学習量による労働者の平均経験知量の推移	38
2.9	ナレッジマネージャ導入による処理タスク量への影響	41
2.10	ナレッジマネージャ導入時の知識 DB 利用者数の推移 (初期学習量 $l_i = 9$)	41
2.11	2007 年問題のシミュレーションにおける労働者の平均経験知量および平均年齢の推移 (横軸の括弧内の数字は概算の年度)	44
2.12	2007 年問題のシミュレーションにおける労働者の平均経験知量の推移 (対策別, 横軸の括弧内の数字は概算の年度)	44
2.13	2007 年問題のシミュレーションにおける処理タスク量 (対策別)	45
3.1	情報共有モデルのネットワーク図 (概要)	53
3.2	閾値によるリンクの有無の例 (a_1 を中心とした場合)	54
3.3	ノード間の情報共有	56
3.4	平均情報所持率の推移 ($M = 30, \theta = 0.05$)	59
3.5	コスト制約の推移	61
3.6	平均コストパフォーマンス維持率	65

3.7	コストパフォーマンス維持率の時系列変化 ($R_w = 0.8$)	66
4.1	エージェントが所持する情報	73
4.2	エージェントの持つ影響力	75
4.3	ロジャーズの普及モデルとユーザ層分類 (Rogers 2003)	76
4.4	シミュレーションで用いるエージェントの分類	77
4.5	シミュレーションによる普及曲線	79
4.6	各層の影響力	79
4.7	経路依存性と Lockin 効果 (Arthur 1989)	80
4.8	ある試行における採用者の割合の推移 (0 ~ 10000 ステップ)	82
4.9	各層の影響力	83
4.10	各層の影響力の推移	85
4.11	各層の影響力 (総情報数 $M = 200$)	86
4.12	フラット化していないイノベータ ($G_i = 0.0$) が存在する場合の各層の 影響力の推移	89
4.13	フラット化していないイノベータ ($G_i = 0.0$) が存在する場合の各層の 影響力 (総情報数 $M = 200$)	89
4.14	フラット化の度合い G_i と各層の影響力の関係 ($M = 200$)	90
4.15	発信情報量 R の影響	95
4.16	発信情報量 R の影響 (制限なし)	96

表目次

1.1	思考の階層モデル (Ackoff, 1989)	3
2.1	知識 DB への保存コスト	27
2.2	知識獲得に必要な期間および学習量 l_i の増加量	30
2.3	知識共有モデルのパラメータおよびシミュレーション設定	36
3.1	現実の企業組織と情報共有モデルの対応	51
3.2	情報共有モデルのパラメータおよびシミュレーション設定	57
3.3	パラメータごとの平均情報所持率	58
3.4	生成されたネットワークの特性	59
3.5	パラメータおよびシミュレーション設定	64
3.6	雇用形態ごとの 1 人 1 ヶ月平均労働費用 (平成 18 年度 就労条件総合調査より 単位: 円)	67
4.1	エージェントの分類と各層の設定	77

第 1 章

序論

1.1 研究の背景

1.1.1 知識共有とナレッジマネジメント

近年，ナレッジマネジメントと呼ばれる知識の共有・創造を促進する手法が脚光を浴びている．知識はイノベーションの原動力とされており [1]，企業のような組織（以降，企業組織）にとっては，如何に知識を活用するかが昨今のグローバル化の時代を勝ち抜くために重要となる．そこで，組織内部で知識を共有し，発展させていくことが求められる．特に，個々人が独自に所持し発展させるに留まっていた知識を，組織内で共有することで，新たな知識の創出や競争力の強化を行う必要がある．このような知識共有の重要性は 1990 年代頃から徐々に認識されていった．

そのような状況下において，2007 年問題 [2] の発生により知識共有の重要性が一般にも広く認知されるようになった．ここで，2007 年問題とは，団塊世代と呼ばれる 1947 年前後生まれの人々が一斉退職することにより生じる諸問題の総称であり，知識共有の観点では，これまで企業組織で重要な役割を担ってきた人々が退職することにより，退職者が持つ重要な知識が失われることを指す．同問題の発生により，企業組織の内部で長年培われた知識を次の世代へ継承することが急務とされた．

そこで，知識を次世代へ継承する手段として，ナレッジマネジメントと呼ばれる知識の共有・創造を促進する手法が注目されるようになった．イノベーション促進，作業効率の向上，あるいは 2007 年問題のような知識の大量喪失への対策を目的として，知識の共有・創造を促進する手法を「ナレッジマネジメント」と呼ぶ．知識共有を促進するには，情報の記録が容易になる作業環境の整備，知識が伝達しやすい組織構造の構築等，様々な手法が考えられる．昨今では特に，情報技術の発達により，グループウェアや，情報を蓄積するデータベース等，情報技術を利用した様々なツールが提案されている [3-5]．

しかし、知識共有には様々な問題があり、有効なナレッジマネジメントの提案は容易ではない。対象とする知識や個人の特性、人間関係等、多くの要因が影響するため、効果的かつ汎用的なナレッジマネジメントを提案することが困難である。また、知識は、認識論を中心に古来より議論されているものの、統一的な定義はなく、定量的な扱いが困難である。知識を定量的に扱うことが困難なために、ナレッジマネジメントの有効性を定量的に評価することも困難となる。さらに、知識共有は複数の人間が協調しなければ実現できない。特に、企業組織では数十人から、多い場合には数千人が協調する必要がある。しかし、多人数の協調の結果は予測が困難である。このような知識共有特有の問題もあり、多くのナレッジマネジメントが経験的、あるいは定性的な考えで提案され、その効果は定量的に検証されていない。そこで、知識という要素を定量的に評価しつつ、今後、有効なナレッジマネジメントを提案するための基盤を構築する必要がある。基盤構築のためには、次の2点が特に重要となる。

- (1) ナレッジマネジメントを定量的かつ容易に評価する手法の確立
- (2) ナレッジマネジメントを提案するための指針作成

ナレッジマネジメントに限らず、何かしらの手法や対策を提案する場合、提案する手法が真に有効かどうかを評価する手法が重要となる。また、有効性の評価は、定量的かつ容易に行えることが望ましい。評価手法が定量的かつ容易に行えるものであれば、体系的なナレッジマネジメントの提案が可能になる。

また、ナレッジマネジメントの有効性は、導入対象の企業組織やその構成員ごとに異なる。そこで、企業組織や構成員ごとに、ナレッジマネジメントを提案するための指針を作成する必要がある。

なお、前述したように、ナレッジマネジメントは知識の共有・創造を促進する経営手法であるが、本研究では、知識共有を促進する手法のみに焦点を当てる。ナレッジマネジメントを提案するための基盤を構築するには、知識の創造にも焦点を当てる必要がある。しかし、知識の創造や発展は既存知識が共有・利用された後に生じる。そのため、まずは知識共有のみを考慮した基盤を構築する。

1.1.2 知識の定義

知識共有について議論するためには、知識を定義する必要がある。知識の定義に関しては哲学の分野でも古来より常に議論されており、近代でも様々な議論が行われている。

まず、知識を情報やデータ等との関連付けにより定義した研究として、Ackoff による人間の思考の分類 [6] が挙げられる。人間の思考をデータ、情報、知識、理解、知恵の5階層に分類した Ackoff は、それぞれを表 1.1 のように定義した。なお、表 1.1 の各階

表 1.1 思考の階層モデル (Ackoff, 1989)

階層	意味
データ	それ自体では意味を持たないシンボル 例： 27.3 ， 東京
情報	データに意味づけを行ったもの，あるいは 4W (what, who, where, when) に答えられるもの． 例：東京の気温は 27.3 である．
知識	情報の適切な集合であり，“how” に答えられるもの．あるいは， ルールや事実の集合． 例： 過去 1 年間の東京の気象情報
理解	知識を正しく認識し，“why” を考えることで知恵に昇華させる過程． 例：気温が下がったのは，気化熱で地表の熱が奪われたためである．
知恵	モラルや価値観等，出来事を判断する価値や理由． 例：雨がやんだら，気化熱で地表の熱が奪われ気温が下がるだろう．

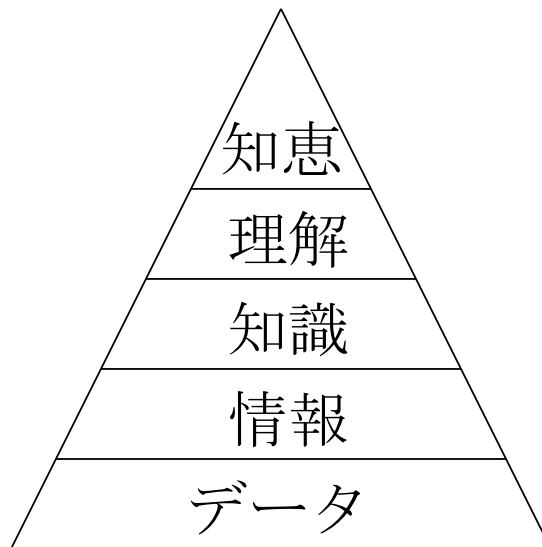


図 1.1 思考の階層モデルにおけるピラミッド構造 (Ackoff, 1989)

層はピラミッド構造 (図 1.1) となっており，データの上に情報が，情報の上に知識があるような構造になっている．最もプリミティブな階層はデータである．データを集合にして意味づけしたものが情報である．さらにその情報を構造化，あるいは他の情報と関連付けて利用可能にしたものが知識である．その後，知識が「何故そうなるのか」と考える過程が理解の階層であり，理解の結果として知恵の階層に昇華する．すなわち，意味を持たない数字や記号であるデータを，体系付けかつ一般化し，意味づけしたものが知恵と言える．その途中の段階が知識である．ただし，表 1.1 の中で，「理解」のみが「過程」と

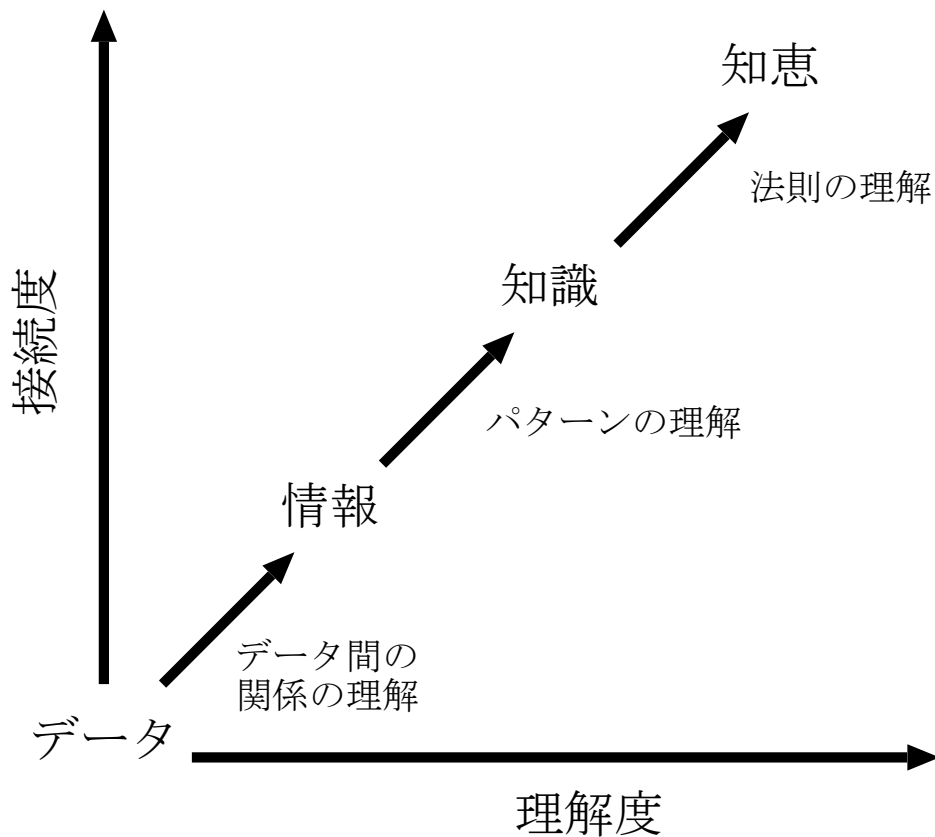


図 1.2 DIKW モデル (Bellinger ら, 2004)

なっていることに注意する必要がある。知識から知恵への昇華だけでなく、各階層における昇華において「理解」が必要であると論じた Bellinger らは、図 1.2 のようなモデルを構築している [7]。図中の横軸は理解の進み具合を、縦軸は複数のデータや情報から一般化されて知恵に近づく度合いを示している。すなわち、データという意味を持たないシンボルを理解していった結果が知恵であると言える。両者のモデルは幾らかの相違はあるものの、データおよび情報をまとめ、利用可能にしたものが知識であるという点では同様である。理解度によって思考を 4 段階に分類した Bellinger らのモデルは、DIKW モデル (Data-Information-Knowledge-Wisdom) と呼ばれ、思考支援の研究 [8,9] や、知識の本質を探る研究 [10,11] で利用されている。

また、経済学の分野でも、高度な知的作業を行う知識労働者 (Knowledge Worker) の重要性を論じた Drucker の研究 [12] を代表として、知識を対象とした研究が行われている。経済学の観点から知識を定義した研究としては、Nelson らの研究 [13] が挙げられる。企業特有の知識とは「日常的にくり返される予測可能な行動パターン」であるとした Nelson らは、企業組織はこのような知識の貯蔵庫であると主張している。経営、組織理論の面から知識を扱った研究としては、Cohen らのゴミ箱モデル [14] や Weick の意味

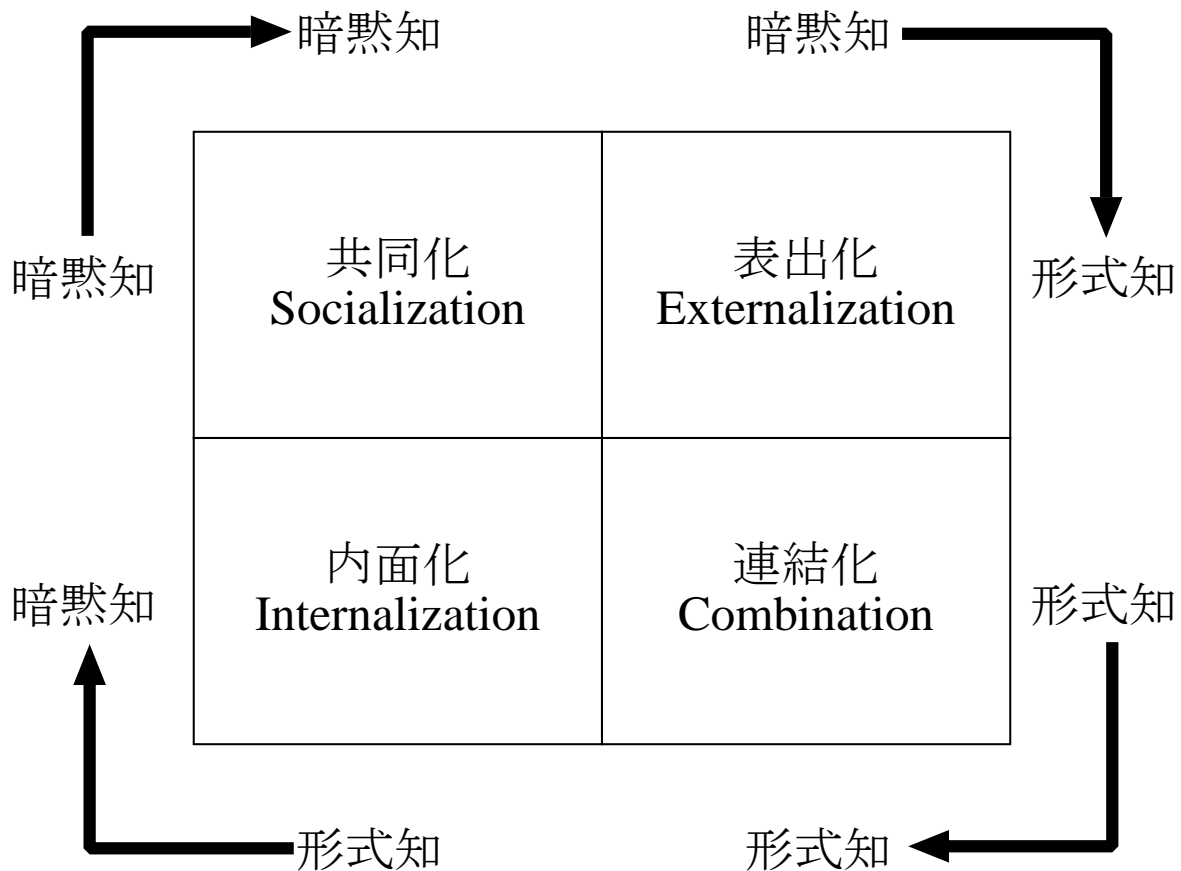


図 1.3 SECI モデル (野中ら, 1996)

形成理論 [15] などが挙げられる。さらに, Kock らは, 組織内で用いられる情報, 知識, データの定義として, 過去の事象を記述するのが情報, 未来の事象を予測するのが知識とし, 情報・知識間の変換に用いられるのがデータであるとしている [16]。これらの古今東西の様々な知識に関する知見を基に, 野中らは SECI モデルを提唱した [1]。野中らはまず, 知識には形式知と暗黙知の 2 種類があるとした。形式知とは容易に文書化できる知識であり, 暗黙知とは文書化が困難な知識である。これらの知識が SECI と呼ばれる知識変換プロセスにより発展していく (図 1.3)。すなわち, 共同化 (Socialization), 表出化 (Externalization), 連結化 (Combination), 内面化 (Internalization) の 4 つのモードにより形式知, 暗黙知が相互作用する。それぞれのモードの意味を次に示す。

- 共同化：経験を共有することにより, 新しい暗黙知を創造する
- 表出化：暗黙知を明確なコンセプトに変換し, 形式知とする
- 連結化：コンセプトを組み合わせることで, 一つの知識体系を創り出す
- 内面化：形式知を体得し, 暗黙知へ変換する

現在，知識共有の研究では，知識の定義として形式知，暗黙知が広く用いられている．

1.1.3 知識共有の分析と促進

知識共有に関する研究は，知識共有に影響する要因を探る研究と，知識共有を促進するための提案を行う研究に大別できる．

知識共有に影響する要因を探る場合，社会学と絡めた研究が多く見られる．組織内の知識共有に関係する要因を探った研究として，社会学における紐帯 [17, 18] の強弱との関係を分析した研究 [19] がある．この研究では，部署間のような通常繋がりが弱い部分での知識共有は，弱い紐帯と呼ばれる，普段はあまり利用されない人間関係が有効であるとしている．また，労働者間の関係をネットワーク化し，ネットワーク構造が知識共有に与える影響を解析した研究 [20] もある．この研究では社会的な繋がりにある紐帯と，組織構造の双方が知識共有の難度に影響するとしている．また，その中でも，他者との強い紐帯が知識共有を容易にするとしている．

また，知識共有を促進するための提案としては，データベースなどを用いた支援システムを扱った池田らの研究 [21] や，プロジェクト間での知識転移を扱っている青島らの研究 [22] がある．これらの研究では前述の SECI モデルを中心として，知識の共有，および創造のためのナレッジマネジメントを考案している．特に池田らの研究では，データベース上に，学習の過程や使用された知識の体系を保存することにより，学習支援を行っている．このシステムにより，組織全体の知識，および各個人の所持する知識双方を共有，発展させることができるとしている．また，平井らは，グループ間でのコミュニケーションが知識共有・創造に重要であるとして，グループ間コミュニケーション支援のためのツールを提案している [23] ．

しかし，前述したように，これらの知識共有の手法・指針の有効性を検証することは困難である．このような大規模かつ複雑で検証が困難な問題に対しては，計算機上でのシミュレーションによるアプローチが検討されている．

1.1.4 シミュレーションによる分析

計算機の性能向上に伴い，解析的に解けない問題や，前述のような大規模かつ複雑な問題の分析に計算機シミュレーションが用いられるようになった．シミュレーションによって生物や人間の大規模なインタラクションを分析した研究としては，Conway のライフゲーム [24] や Epstein らの Sugarscape [25] ，Axelrod の文化伝播モデル [26] 等が代表的である．これらの研究は，モデルの初期値や局所的な挙動が，全体の振る舞いに多大な影響を及ぼすことを示した．現在では，複雑な振る舞いをボトムアップ的に分析する道具と

してシミュレーションが用いられている。特に、モデル中の行動主体をエージェントとして定義し、エージェントの自律行動とエージェント間のインタラクションから系を構成するシミュレーションをエージェントベースシミュレーション (Agent-Based Simulation, ABS) と呼ぶ。また、人間や他の生物をエージェントとしてモデル化し、エージェント群の行動の結果から社会の複雑な振る舞いを分析する研究を人工社会と呼ぶ [25, 27]。

このようなシミュレーションの手法は知識共有の分野にも適用されている。ネットワーク上での知識共有を分析した Cowan らは、スモールワールドネットワーク [28] で構成された集団はランダムグラフや 1 次元格子で構成された集団に比べ、集団全体に知識が伝播しやすいことを明らかにした [29]。また、Carley は、意思決定に必要な知識を持ったエージェントが、互いに知識を共有して意思決定していく様子を表現する Construct というシミュレーションモデルを構築した [30]。さらに、Moon らは、Construct と Sugarscape を組み合わせ、エージェントがアドホック通信により知識を共有ながら、自己組織化により効率的な知識共有ネットワークを構築する状況を表現している [31]。

その一方で、現実のネットワーク構造と単純な知識伝播メカニズムを用いてシミュレーションを行った結果、現実と乖離した結果が得られたとする研究がある [32]。シミュレーションモデルを構築する場合、分析対象に最も影響を及ぼす要素をモデル化する。また、複雑なモデルでは分析が困難になるため、モデルを可能な限り単純にしてシミュレーションを行う。よって、シミュレーション結果が現実の結果と一致するとは限らない。シミュレーション結果から知見を得る場合、現実の一面のみをモデル化した結果であることを常に考慮する必要がある。

1.2 本研究の目的と位置づけ

前述したように、知識共有の重要性は広く理解されていながらも、有効なナレッジマネジメント自体は発展途上である。また、有効なナレッジマネジメントを提案するために重要となる、ナレッジマネジメントの定量的な評価手法も確立されていない。これは、対象となる「知識」の定量的な扱いが困難なこと、また知識共有という問題が大規模かつ複雑なことに起因する。

本研究では人間の知識活動の中で、知識を共有し、利用するという一面をモデル化し、計算機上でのシミュレーションを行う。また、前述したように、知識の共有は多人数の協調作業の結果である。そのため、単純に個々人の知識の特性をモデル化するだけでは不十分である。しかし、一般的に、多人数による協調作業は複雑な挙動を示すため、挙動をあらかじめ定義するトップダウンのアプローチではモデル化が困難である。そこで、個人間の複雑な協調の結果を表現するために、エージェントベースシミュレーションによるアプローチを行う。人間をエージェントとして定義し、人間の知識活動をエージェントの自律

行動として定義することで、ボトムアップに多人数の協調を表現できる。特に、現実に生じている知識の共有、伝播に関連する幾つかの代表的な問題を取り上げ、提案モデルを用いた諸問題の分析および解決法の提案を行う。これにより、計算機科学やオペレーションズリサーチで行われている理論中心の研究と、経済学や経営学で行われているケーススタディ中心の研究をつなぐことができる。具体的には、以下の3つの課題・問題を扱う。

- (1) 知識の大量喪失
- (2) コスト制約下における人員調整
- (3) 膨大な知識がもたらす弊害

まず、(1) 知識の大量喪失を扱う。知識の大量喪失を予防することは、作業効率の改善やイノベーション促進などと並んで、知識共有の目的の一つである。また、知識の大量喪失は、現実の企業組織で起こりうる問題である。そこで、エージェントベースシミュレーションを用いて、知識共有をどのように促進すれば知識の大量喪失を予防可能かを明らかにする。

次に、(2) コスト制約下における人員調整を扱う。知識共有に限らず、企業組織においては何かしらの対策やツールを導入すればコストが発生する。そのため、対策やツールの導入には、常にコスト対効果を考える必要がある。そこで、一定のコスト制約下において、効率的な知識共有を行う手法を提案する。これにより、(1) 知識の大量喪失では考慮していない、コスト制約という現実の障害への対策を補完する。

最後に、(3) 膨大な知識がもたらす弊害について考える。知識共有の目的は、企業組織全体で知識を共有することで構成員が持つ知識を増やし、イノベーション創出や作業効率の改善につなげることである。しかし、単純に知識が多ければその目的を達成できるかどうかについては議論されていない。そこで、知識共有において、個人の知識が多いことは有効か、また、真に有効な人材は誰かを明らかにする。これは、(1)(2) で提案する知識共有促進手法を有効に機能させるために必須である。

以下、先行研究を踏まえながら、それぞれの問題に対する本研究のアプローチを詳述する。

(1) 知識の大量喪失

知識の大量喪失とは、企業内で重要な知識を持った人々が一斉に転退職することにより、企業として保持・蓄積すべき知識が大量に失われることである。代表的な問題としては、前述した2007年問題がある。また、2007年問題への対策として様々なナレッジマネジメントが模索されたが、その多くは過去の経験等から作成されていたため、その効果は保証されていなかった。そのため、ナレッジマネジメントの有効性の検証が急務であった。そこで、人間の知識活動を表現するモデルを構築し、シミュレーションによりナ

レッジマネジメントの有効性を検証する。計算機上に仮想の企業を作成し、仮想企業にナレッジマネジメントを導入することで、その効果を定量的に評価する。

企業組織を対象としたシミュレーションとしては、労働者のネットワーク構造から労働効率を解析している研究 [33] がある。この研究では、労働者が共同作業を行う場合に、自己組織化によりチームが形成されるとして、そのチームのパフォーマンスを解析している。本研究と同様に企業でのナレッジマネジメントを扱った研究としては、犬塚ら [34] の研究が挙げられる。犬塚らは、ナレッジマネジメントを成功させるには最適なマネジメントスタイルを検討する必要があるとして、定量的な評価を試みている。同研究では知識の再利用に着目している。特に形式知、暗黙知という区別を行わず、全ての知識が形式知のように文書化可能としてモデル化することにより定量的な評価を行っている。そして、ナレッジマネジメントの導入によって組織内での知識獲得効率がどのように変化するかを解析している。他にも複数の企業が互いに知識を提供しながらイノベーションを達成していく様子を表現したモデル [35, 36] や、プロジェクトチームの構成によるパフォーマンスを分析するモデル [37] がある。

これらの研究に対し本研究では、現実の問題である「知識の大量喪失」を扱い、同問題を予防するナレッジマネジメントである知識データベース、ナレッジジャを提案する。知識データベースとは、知識を保存・獲得するためのデータベースである。ナレッジジャは、知識データベース内の知識が陳腐化するのを防止する役職である。また、これらのナレッジマネジメントを評価するために、シミュレーションによる定量的評価手法を提案する。企業で働く労働者をエージェントとし、各エージェントが知識を用いて作業する様子を表現する。これにより、提案するナレッジマネジメントの有効性を定量的に評価でき、また企業の規模や形態による有効性の評価も容易になる。特に、組織内での各個人のパフォーマンスに着目する。すなわち、各個人が自分の持つ知識を用いて作業した場合の作業効率からナレッジマネジメントの有効性を論じる。さらに、2007年問題をシミュレーション上に表現し、ナレッジマネジメントが同問題に対して有効かどうかを検証する。既存研究のようにパフォーマンスや知識共有の効率のみで評価するのではなく、パフォーマンス、および現実の問題への有効性の、両面から評価することで、現実に即したナレッジマネジメントの提案・評価が可能になる。

(2) コスト制約下における人員調整

ナレッジマネジメントとして、データベースや専任の役職の活用は有効であるものの、新規ツールの作成・導入や管理には多大なコストが必要となる。そこで、組織構造や人員配置を考え、ツールに依存せず知識が活用される状況を構築することも重要となる。特に、一定のコスト制約が存在した場合、正社員だけでなく、派遣社員や契約社員のような一定期間で企業を出入りする人々の活用を考える必要がある。そこで、コスト制約下

おける有効な組織構造，人員調整を検討する．

組織の設計，運営などを解析する手段としては，OrgAhead [38] や SimVision [39] などのシミュレーションツールがある．与えられた作業に組織が適応していく状況を焼きなまし法を用いてモデル化した OrgAhead では，作業の特性ごとに最適な組織形態を探っている．一方，組織内で流通している情報に着目して組織をモデル化した SimVision では，作業の工程計画に対して最適な情報流通構造を探っている．

また，このような組織構造，人員調整の問題では，役職に代表される組織構造に限らず，人間関係のネットワーク，すなわち人的ネットワークを考慮する必要がある．ネットワーク上における知識や情報の共有に関しては，一般に情報伝播の面から捉えられており，インターネットや社会ネットワークなど，様々なネットワークを対象として研究が行われている．インターネットを対象とした研究として，Gruhl らのブログを通じた情報伝播のモデル化が挙げられる [40]．情報発信媒体としてのブログに着目した Gruhl らは，異なるブログで同一内容の記事が書かれることを情報の伝播とみなした．そして，個々のブログをノードとしてネットワークを構築し，構築されたネットワーク上で確率的に情報が伝播していくモデルを提案している．

社会ネットワーク上における情報伝播を扱った代表的な研究としては，Granovetter が行った社会ネットワーク上での情報伝播や商品普及のモデル化が挙げられる [41]．ある情報を持つ人が自分の周囲に一定数以上存在した場合，自分にその情報が伝わるというモデルを構築することで口コミやバンドワゴン効果を表現している．

また，計算機シミュレーションの分野においては，情報伝播モデルは一般化されており，LT (Linear Threshold) モデル [42] や IC (Independent Cascade) モデル [43] が代表的である．これらのモデルは，ある情報がネットワーク上で伝播していく現象を表現する数理モデルであり，次の仮定が存在する．

- ノードは“アクティブ”か“非アクティブ”のどちらか一方の状態をとる
- 情報伝播により“非アクティブ”なノードが“アクティブ”に変化し，逆の変化は生じない

そして，LT モデルでは，各ノードに情報伝播の閾値を，各リンクに重みをそれぞれ設定し，アクティブなノードとのリンクの重みの和が閾値以上であれば情報が伝播する．一方，IC モデルでは，リンクごとに設定された伝播確率によって確率的に情報が伝播する．

これらの情報伝播を扱った研究では，主に静的なネットワークを対象としている．すなわち，構造が変化しないネットワーク上において，情報伝播の速度，範囲などを中心に論じている．しかし，企業内においては，作業や異動，転職によって人的ネットワークが動的に変化していく．

本研究では，これらの研究とは異なり，動的に変化するネットワーク上での知識共有問

題を扱う。特に、ノード、リンクの両方が増加するネットワークの成長ではなく、ノード数を固定し、リンク構造の変化のみを扱うことで、短期的な視野を対象として分析する。また、一般的な情報伝播モデルのように、情報伝播が自然に生じるのではなく、必要な時に必要なノード間で生じるものとする。これにより、噂のように自然に伝播するものではなく、必要な時、必要な人の間で共有される知識を対象とした分析を行う。そして、派遣社員を考慮したワークシェアリング実施手法を検討する。ワークシェアリングは、2009年初頭に社会問題となった「派遣切り」に代わり、人的コストを削減する手法として期待されている。ここでは、企業全体の作業効率を維持するワークシェアリング実施手法を提案し、その有効性をシミュレーションによって検証する。

(3) 膨大な知識がもたらす弊害

一般に、膨大な知識を持つ人々は、革新的なアイデアや製品を考える人々、すなわち“イノベーター”な人々であると考えられている。知識共有を行っていく上でも、膨大な知識を持つ人々、あるいは広範な知識を関連付けられる人々は重要な役割を担っているとされる。しかし、現代社会は、情報爆発の時代 [44] とされるほど流通する情報量が増加しており、そのような状況下においても、膨大な知識を持つ人々が真に“イノベーター”であるかは不明である。そこで、情報が多様化した状況下において、膨大な知識を持つ人々が他者に対してどの程度影響を及ぼすか、あるいは集団内においてどのような役割を果たしているのかを分析する必要がある。

知識を持つ人々の集団内での役割や影響力を考える上では、情報伝播によるモデル化が有効である。そのような情報伝播のモデル化は、古くは疫学の領域で行われている。伝染病の流行を考えた場合、初期感染者の数によってその後の流行の度合いが異なる。人々の間で感染する状況を情報が広まる状況とみなせば、感染の結果を情報伝播の結果と考えることができる。そのため、疫学を基にして作成されたモデルが現在でも代表的な伝播モデルとして利用されている。伝染病を考えた最も古典的なモデルとしては、Kermack-McKendric モデル (SIR モデル) [45] が挙げられる。同モデルでは、伝染病における、感染候補者群 (Susceptible)、感染者群 (Infected)、免疫保持者群 (Recovered) の各人数の増減を微分方程式で表現している。また、SIR モデルの前提として、一度病気から快復し、免疫が出来た集団は二度は感染しない。この前提を排し、快復後も感染の可能性があったモデルを SIS モデルと呼ぶ。これらのモデルは単純な微分方程式によって表現されており、個体の特性や、個体群のつながりは考慮していない。そこで、モデルを拡張し、ネットワーク上での伝播を扱った研究 [46–48] や地理的な要因を導入した研究 [49, 50] がある。

計算機シミュレーションの分野では、前述した LT モデル、IC モデルが広く用いられている。そして、これらの伝播モデルを用いて、初期に情報を持つノード群の影響力を分析

した研究 [51, 52] がある。

普及論やマーケティングの領域における商品・情報の伝播に関しては、商品の採用時期によって、ユーザを5層に分類した Rogers の研究 [53] が代表的である。商品普及やマーケティングにおいては、5層の中でも最初期に採用を行うイノベータ、およびその次の層であるアーリーアダプターが重要であるとされている。ユーザを商品採用時期によって分類した Rogers モデルの考えを基に、Bass は、ネットワーク内の情報伝播を「模倣係数 (q)」、そして技術の社会に対するインパクトを「革新係数 (p)」とし、商品普及のモデル化を行った [54]。また、利用者数の増加に伴って各利用者の効用が増加する財、すなわち「ネットワーク外部性」効果が影響する財の普及に関しては、Rohlf's の「クリティカルマス」モデル [55] がある。同モデルでは、初期の一定数のユーザ間に普及するまでは普及の進展に拍車がかからないが、普及ユーザ数が「クリティカルマス」ポイントと呼ばれる数まで達すると、その後は急激に普及が促進されることを、簡単なモデルで表現している。そして、1種類の財ではなく、2つの競合する財を扱った研究としては、Arthur の経路依存モデル [56] が挙げられる。経路依存性モデルでは、収益遁増となるような製品間でのシェア争いを表現している。

これらのモデルでは、伝播の仕組みは異なっているが、少ない種類 (1~2種類) の情報が伝播するという共通の前提が存在する。しかし、これら既存研究のように少ない種類の情報が伝播していく状況を扱うだけでは、多種多様、かつ大量な情報が伝わる昨今の情報環境下で起こる諸現象を、うまく説明しきれない可能性がある。

そこで、本研究では、複数の情報が集団内を伝播する情報伝播モデルを提案する。これにより、情報が多種多様に存在する現代の状況を表現し、少ない種類の情報を扱った既存の情報伝播モデルが表現しきれない現象の発生について考察する。また、提案モデルでは、集団内の人々がそれぞれ異なる種類・量の情報を持つ状況を表現する。これにより、個人が所持する情報の多寡という個人の特性に踏み込んだ分析が可能になる。特に本研究では、既存研究において、情報を多く持ち情報伝播に対して影響力を持つと言われているイノベータが、情報の多様化によってどのような挙動をするかに焦点を当てて分析する。そのために、ある個人が情報の発信源になる度合いを、その個人が持つ影響力と定義する。そして、1~2種類の情報を扱った Rogers, Bass, Arthur の議論が示しているように、少ない種類の情報しか存在しない場合にはイノベータの影響力が最大となることを示す。次に、情報の種類が増加した場合に、イノベータの影響力がどのように変化するか、またどのような人物が最大の影響力を持つかを検証する。最後に、情報の種類数だけでなく、情報の発信量が増加した場合について検証し、考察する。

1.3 本論文の構成

以下、第2章では、知識共有が必要とされる問題として、知識の大量喪失を取り上げる。特に、その代表事例であった2007年問題を取り上げる。そして、知識の大量喪失への対策として、知識データベースおよびナレッジマネージャの導入という2種類の知識共有手法を提案する。提案する知識共有手法を評価するために、各エージェントが各々の知識を共有しながら作業する知識共有モデルを提案する。そして、同モデルを用いたシミュレーションにより、知識の大量喪失に対する提案手法の有効性を検証する。

第3章では、コスト制約下での人員調整の問題について取り上げる。特に、人員調整により、人間関係が動的に変化していく状況における知識共有手法を考える。なお、第2章で提案したモデルでは、ナレッジマネジメントの分析を中心に行うため、人間関係を考慮していない。そこで、第2章で提案したモデルとは異なる、人間関係の影響を導入したモデルを新たに構築する。そして、人員調整で利用される派遣社員の問題を取り上げる。派遣社員が組織を出入りすることにより、人間関係が動的に変化する。そのような状況において、作業効率を保持するための知識共有手法を提案する。なお、本手法提案当時、世界的な大不況であったため、企業内の派遣社員を一斉解雇する「派遣切り」が問題となった。そこで、「派遣切り」の代替案としてのマネジメント手法を提案し、その効果を検証する。

第4章では、膨大な知識がもたらす弊害について考える。一般に、知識は多く持つほど良いとされ、ナレッジマネジメントの多くも個々人の知識を増やすために存在する。本論文の第2章、第3章でも同様の前提に基づき、全体の知識を増やすためのナレッジマネジメントを提案している。しかし、知識を多く持つことで逆に創造性が失われる [57] 等、知識を多く持つことによる弊害も報告されている。そこで、知識の共有を情報の伝播と捉え、シミュレーションにより知識を多く持つことによる弊害を論ずる。これにより、どのような人材が集団全体に影響を及ぼすかを分析し、知識を多く持つことが常に良いかどうかについて論じる。

第5章では、本論文の総括を行い、今後の展望について述べる。

第 2 章

ナレッジマネジメントのモデル化と評価

2.1 知識の大量喪失

ナレッジマネジメントと呼ばれる，知識共有および知識創造を促進する手法が競争力強化のため，また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 [5]．従来の経済学や経営学では，組織の競争力は資金，土地，労働力などで決定されると考えられてきた．しかし，日本企業の成功要因を分析した結果，競争力として重要なのは土地や資源だけではなく，知識という各個人が持つ能力も重要であると考えられるようになった [58]．その結果，企業や組織では組織内での知識創造，および知識共有が重視されるようになった．

その一方で，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．このような状態では，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 [1]．多くの経験，ノウハウを持った人間が一斉に組織を離れることにより，今まで培われた多くの知識，技術が失われる危険性がある．このような問題の例としては，2007 年に生じた 2007 年問題がある．労働政策研究・研修機構が 2004 年 12 月から 2005 年 1 月にかけて行った「人口減少社会における人事戦略と職業意識に関する調査」によれば，調査当時に 2007 年問題への対策を行っていない企業は 49.4% と約半数に上っていた [59]．さらに，定年延長や継続雇用による対策を行っていた企業が 26.3% であり，対策の中心が知識の継承ではなく，問題の先延ばしとなっていたと言える．中には，高齢者退職の影響が無く，対策を行う必要が無い企業も存在していたと考えられる．しかし，その他の企業においては，次世代へ知識を継承することの重要性が認識されながらも，そのための積極的な方策は採られなかったと言える．

このような状況下において、2004年に高年齢者雇用安定法が改正され [60]、企業は以下の3種のどれか一つを導入することが義務づけられた。

- 定年の引き上げ
- 継続雇用制度の導入
- 定年の廃止

その結果、2008年度の雇用動向調査によれば、調査時点で全常用雇用者に占める60歳以上の割合は10.0%となった [61]。同割合が2004年時点では7.6%であったことを考慮すれば、60歳以降も働いている人々が増えていることを示している。しかし、雇用延長、再雇用等の制度は、一般的には年齢制限（65歳まで）が存在する。そのため、雇用延長された人々が知識を継承せずに退職してしまう「2012年問題」が生じるのではないかと危惧されている。そこで、同様の問題を繰り返さないためにも、知識の大量喪失に備えたナレッジマネジメントが必要となる。

ただし、ナレッジマネジメントの提案は容易ではない。その一因として、ナレッジマネジメントの有効性の評価が困難なことが挙げられる。ナレッジマネジメントの効果は、単純に企業の売上や特許の数等によって測ることはできない。現状では、ナレッジマネジメントの有効性評価はアンケート等の主観評価に頼らざるを得ない。また、提案されたナレッジマネジメントが適用可能な範囲も問題となる。企業は業種、形態、規模によって様々であり、そこで求められる知識も異なる。そのため、幾つかの企業で有効性が確認されたとしても、他の企業においても同様に有効であるとは限らない。また、多様な企業で検証するためには、資金や時間等、様々なコストが必要となり現実的ではない。そこで、人間の知識活動を表現するモデルを作成し、シミュレーションによりナレッジマネジメントの効果を検証することを考える。計算機上に仮想の企業を作成し、仮想企業にナレッジマネジメントを導入することで、ナレッジマネジメントの効果を実量的に評価する。特に、知識の大量喪失に備えたナレッジマネジメントを提案すると同時に、シミュレーションによるナレッジマネジメントの定量的評価手法を提案する。なお、ナレッジマネジメントは本来、知識共有を促進するだけでなく、知識の創造、発展も促進するが、ここでは分析を容易にするために、知識共有の促進のみに着目する。

以下、2.2節で本章で提案する知識共有モデルを定義し、2.3節で知識共有モデルを用いたシミュレーションの流れを述べる。次に、2.4節、2.5節で提案するナレッジマネジメントの効果を検証し、2.6節で知識の大量喪失に対するナレッジマネジメントの有効性を示す。そして、2.7節で本章の議論をまとめる。

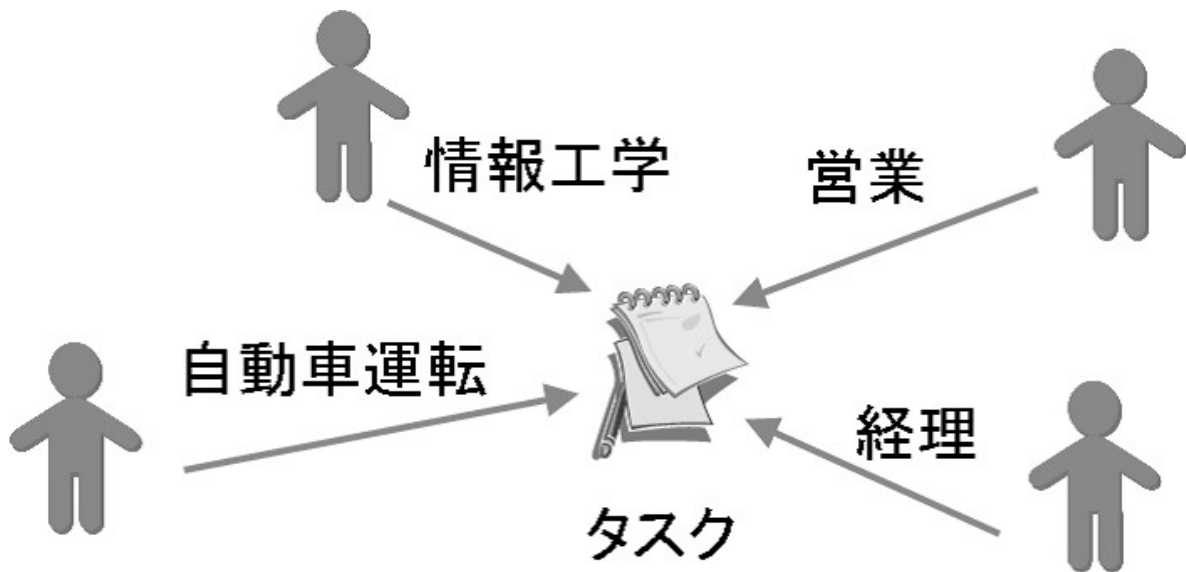


図 2.1 知識共有モデルの概要

2.2 知識共有モデル

2.2.1 モデルの概要

本研究では個々のエージェントの動作を記述することにより、組織全体の振る舞いを解析する。ここでは、経理、開発、営業などいくつかの部門より構成された企業組織を考える。そして、その構成員である労働者、およびナレッジマネージャをエージェントとする。ここで、ナレッジマネージャとは、知識の獲得、流通、活用を行うために知識を管理する専門職である。また、作業の対象としてタスクを設定する。タスクは現実のプロジェクトに相当する。

作業とは特定の知識を使用して行うものと考え、各エージェントは所持する知識に応じて作業を行う（図 2.1）。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、エージェントは他のエージェントと知識を共有するか、ツールなどを用いて作業に必要な知識を獲得する。なお、パフォーマンスとはエージェントが一回の作業によって達成できる作業量とする。

本モデルでは 1 ステップを 1 日とする。また、1 年を 365 日としてシミュレーションを行う。ただし、休日や祝日などは考えないものとする。

以下、まず本モデルで扱う知識と労働者エージェントを定義する。次に、作業対象となるタスクを定義する。最後にナレッジマネジメントである知識データベース、ナレッジマネージャを定義する。

2.2.2 知識の定義

知識の種類

一般に、知識には、個人の体験に基づく知識のような経験による経験知と、文書に記されている知識のような経験によらない形式知があると考えられる。前者は職人芸のような、経験することにより入手する知識である。このような知識は容易に文書化ができず、伝達が困難な知識である。逆に後者は、本などの文書を読めば入手可能な知識である。このような知識は、マニュアル化された接客手順などのように、そのマニュアルを読むことにより大部分を習得できる。そこで本モデルでは、知識として形式知、経験知の二種を取りあげる。

本モデルでは形式知、経験知をそれぞれ M 次元のベクトル \mathbf{k} , \mathbf{e} とし、次式のように定義する。

$$\mathbf{k} = [k_1, k_2, \dots, k_M] \quad (2.1)$$

$$\mathbf{e} = [e_1, e_2, \dots, e_M] \quad (2.2)$$

ただし、 M は組織全体で使用される知識の総数とする。添え字が同じ要素 (ex. k_i と e_i) は同じ知識の種類を表し、各要素は、たとえば自動車運転、情報工学、経理など特定の知識に対応する。なお、本モデルでは、どの種類の知識にも形式知、経験知の両方が存在するものとする。各要素は次式の範囲の実数値をとる。

$$0 \leq k_i \leq 1 \quad (2.3)$$

$$0 \leq e_i \leq 1 \quad (2.4)$$

$$(i = 1, 2, \dots, M)$$

また、各要素の値はそれぞれの知識の量を表し、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。これにより、伝統工芸などの経験が重要な作業とマニュアル化された処理などの形式的な作業との差別化を図る。

後述する労働者エージェントはこれら経験知、形式知を有する。本来このような知識は、暗黙知、形式知が企業組織内で変換・移転されながら発展するように、相互に影響すると考えられる。しかし、相互に影響するような複雑な要素を導入すると、社会シミュレーションにおける KISS (Keep It Simple and Stupid) 原理 [62] に反し、かつ解析が困難となる。ここでは、それぞれの知識の習得しやすさや、独学やツール等の獲得方法の差異を表現することが目的であることから、知識を形式知、経験知の2種類とする。また、それらの値は独立であり、相関は無いものとする。どちらか一方のみが大きい場合、例えば形式知 k_i のみ大きい場合は、理屈や理論はわかるが、感覚的な理解が得られてい

ない状態となる．経験知 e_i のみ大きい場合は，感覚ではわかるが理論などはわからない状態を意味する．

なお，一般に，知識にはメタ知識と呼ばれる「知識に関する知識」が存在する．メタ知識は，自分が何を知っているか把握しているか，あるいは自分が持つ知識の関連性について知っているか，といった知識である．メタ知識の管理もナレッジマネジメントの重要な課題ではあるが，ここでは知識共有と知識利用のパフォーマンスに焦点を当てるため，メタ知識は扱わない．

学習による知識の表現

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困難になる．すなわち，学習量と知識量の関係は線形ではないと考えられる．また，習熟度と労働量の関係を指数で表した Wright の学習曲線 [63] によると，習熟度が増加しても単位あたりの生産コスト（作業時間）は線形に減少しない．知識の定義として，Wright の学習曲線を直接適用することはできない．ただし，習熟により知識が獲得され，その知識が直接作業に利用されると考えれば，習熟度と知識の関係も非線形になると考えられる．そこで，本研究では知識量と学習量の関係を次式のように定義する．

$$k_i, e_i = \begin{cases} \alpha \log(l_i + 1) & \text{if } (0 \leq l_i < \exp(\frac{1}{\alpha}) - 1) \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (i = 1, 2, \dots, M) \quad (2.5)$$

ここで l_i は知識 k_i, e_i の学習量であり，0 以上の実数値をとる．また， α は学習による知識の増加量を決定する学習率である．学習率 α が大きい知識は学習が容易な知識を示し， α が小さい知識は学習が困難な知識を示す．例として $\alpha = 0.3$ とした場合を図 2.2 に示す．

知識の陳腐化

知識の中には様々な要因により価値が減少していくものがある．例えば，製産が終了した製品に関する知識のように，無駄ではないが価値が減少するものがある．また，科学技術は新たな発見があれば古い知識は必要なくなることもある．このように知識の価値が減少することを知識の陳腐化と呼ぶ．知識の価値の減少は質的变化であり，陳腐化した知識は価値が減少し役に立たなくなる．役に立たなくなった知識は作業において利用できなくなるとすれば，知識の陳腐化は，利用可能な知識量の減少として考えることができる．

本モデルでは知識の陳腐化を知識量の減少として表現する．知識量が減少する要因には様々なものが挙げられるが，時間経過とともに技術やシステムが進歩することが大きな要因になっていると考えられる．よって，時間経過とともに一定の割合で知識量を減少させることによって陳腐化を表現する．

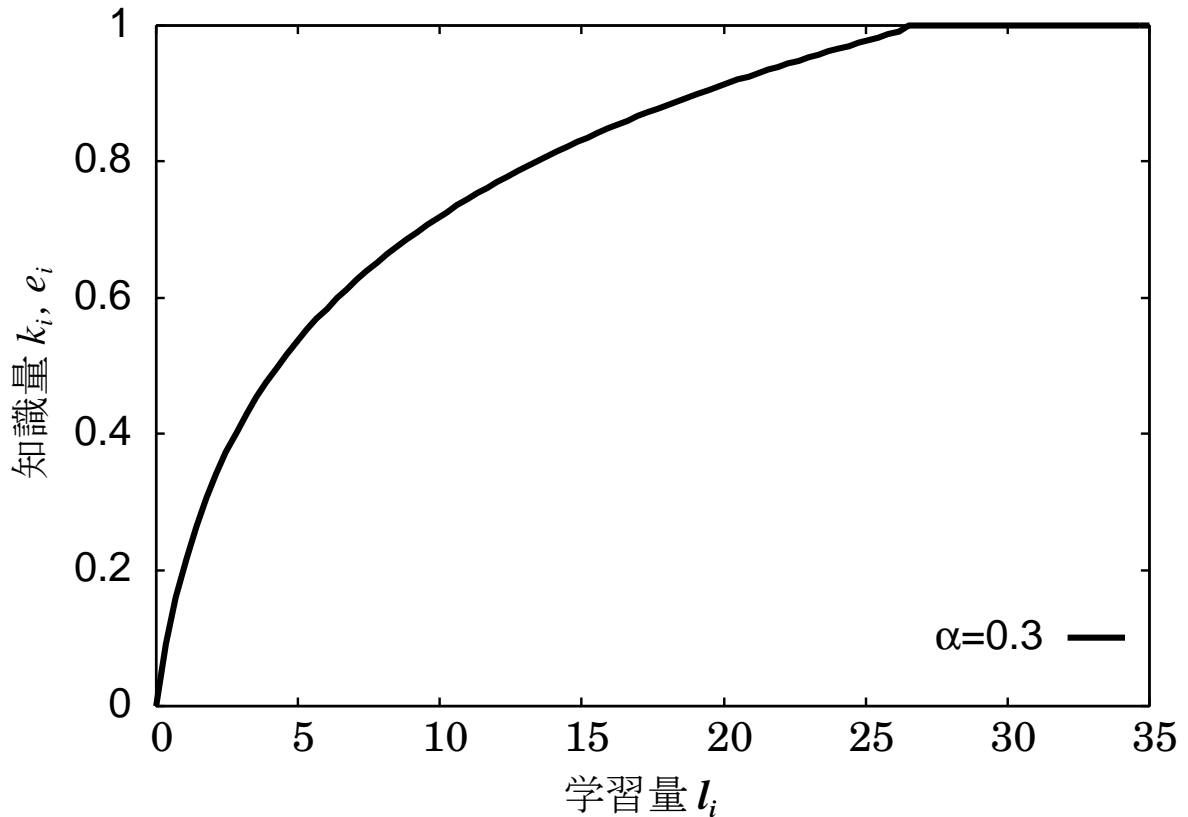


図 2.2 学習量 l_i と知識量 k_i, e_i の関係

知識の減少は，形式知，経験知それぞれを一定周期で減少させることで表現する．すなわち，知識の陳腐化を次式によって表現する．

$$e_i^* = (1 - \phi) \times e_i \quad \text{if } \gamma_{e_i} = 0 \quad (2.6)$$

$$k_i^* = (1 - \phi) \times k_i \quad \text{if } \gamma_{k_i} = 0 \quad (2.7)$$

$$(i = 1, 2, \dots, M)$$

ここで， e_i^*, k_i^* はそれぞれ陳腐化した後の経験知，形式知であり， ϕ は知識がどの程度陳腐化するかを表す陳腐化率である．また， $\gamma_{e_i}, \gamma_{k_i}$ はそれぞれ経験知，形式知が陳腐化するまでの残りステップ数であり，シミュレーションが1ステップ進行するたびに1減少する．なお，陳腐化の周期は，全ての知識の種類 i で同じ値を用いる．ここでは，陳腐化の周期を整数 Γ で表現する．知識の陳腐化が生じた場合， $\gamma_{e_i}, \gamma_{k_i}$ の値を Γ に設定する．なお，学習，習熟により学習量が増加した場合も，陳腐化が生じた場合と同様， $\gamma_{e_i}, \gamma_{k_i}$ の値を Γ に設定する．

2.2.3 労働者エージェントとタスク

労働者エージェント

企業内で働き，作業する人間を労働者エージェントとする．労働者エージェントの集合 A を次式によって定義する．

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_N\} \quad (2.8)$$

なお， N は企業内の労働者エージェントの総数である．労働者エージェントを次の要素で表現する．

- 所属部署
- 年齢
- 形式知・経験知
- データベース利用率

以下，各要素の詳細を述べる．

所属部署 所属部署は，労働者がどの部署に属しているかを示す．本モデルでは，各労働者エージェントは自分の所属する部署でのみ作業し，他の部署のタスクには一切関わらない．所属部署はシミュレーション開始時に各部署均一な人数になるように設定される．

年齢 労働者エージェント a_j の年齢を y_j で表す．労働者エージェントの年齢は，現実の年齢ではなく労働を開始してからの経過時間，すなわち経験年数で表現する．年齢は 0 以上の整数値で表現され，1 ステップ経過する度に +1 されていく．年齢は労働者エージェントの転職，退職の判定のために用いられる．転職，退職については 2.3.1 節で述べる．

形式知・経験知 各労働者エージェントは 2.2.2 節で述べた形式知，経験知をそれぞれ持つ．労働者エージェント a_j の初期状態において，ある種類 i の知識 k_i, e_i を持つ確率 H_j を以下のように定義する．

$$H_j = 0.2 + 0.4 \times \frac{y_j}{Y} \quad (j = 1, 2, \dots, N) \quad (2.9)$$

ここで y_j は a_j の年齢， Y はシミュレーション上で一意に決定される労働者エージェントの寿命である．また，本モデルでは知識の種類 i ごとに差異を設定していないので， i には依存しない．式 (2.9) より，労働者エージェントが最初に持つ知識は，年齢が高ければ各知識を持つ確率が高くなるため，年齢が高ければ高いほど多くの種類の知識を所持しやすくなる．これは，高齢であればあるほど，過去の経験から知識を豊富に持つことを表現

する．ただし， H_j は所持する知識の種類を決定するために用い，その知識量には影響しない．各知識 k_i, e_i の初期値は，学習率 $\alpha = 0.3$ において初期知識量の範囲が $[0, 1]$ になるように，それぞれの学習量 l_i を $[0, 25]$ の一様乱数で決定した．また，シミュレーション実行時の初期値への依存が少なくなるように，式 (2.9) 中の各定数を設定した．

データベース利用率 データベース (DB) 利用率とは後述する知識 DB の利用率である．一般に知識 DB に限らず，ソフトウェアや特定の道具は，利用して何か得られるものがあれば，以降も利用される．逆に，利用により得られるものが無ければ，それ以降利用される可能性は小さくなる．そこで本モデルでは，各労働者エージェントに対し，DB 利用率を定義することで，知識 DB に対する利用率を決定する．各労働者エージェントの DB 利用率は，知識 DB から知識を入手できた場合に増加し，できなかった場合に減少する．また，知識 DB は常に中身が変化している．このような DB は，一旦利用されなくなっても，利用者の気まぐれや偶然等で DB の中身が閲覧されることがある．その時に，利用者にとって有用な知識が保存されていれば，その後改めて DB が利用される可能性がある．すなわち，知識 DB がほとんど利用されない場合でも偶然利用される可能性が考えられる．以上より，DB 利用率を次式によって定義する．

$$S = 0.3 \log(s + 1) + 0.05 \quad (2.10)$$

ここで， S は DB 利用率， s は 0 以上の整数であり，知識 DB からの知識獲得に成功した回数と失敗した回数の差である．また，式中の確定数は，5~6 回利用すれば，今後 2 回に 1 回程度の割合で利用するよう設定した．シミュレーション中では s を増減させることにより，DB 利用率を変化させる．これにより，労働者エージェントが知識 DB からの知識獲得に成功すれば知識 DB を利用する確率が上がり，知識 DB からの知識獲得に失敗すれば知識 DB を利用しなくなっていく状況を表現する．また，下限となる値 0.05 を設定することで，暫く利用されなくとも，偶然に利用される可能性があることを表現する．なお，一般には，知識 DB のようなツールが導入初期から常時活用される状況は少ないと考えられる．そこで，DB 利用率の初期値が高くても 0.7 程度となるように， s の初期値を $[0, 10]$ の範囲の一様乱数で決定する．

タスク

労働者が一人，または複数人で作業する対象をタスクとする．本モデルにおいてタスクは，処理に必要な作業量，そしてその作業に必要な知識を特性として持つ．また，マニュアル化された処理のように形式知のみ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。

以上より，各タスクを以下の要素で表現する。

- 必要作業量
- 形式知重み・経験知重み
- 所属部署

必要作業量，形式知重み，経験知重みをそれぞれ M 次元のベクトル $\mathbf{r}, \mathbf{u}, \mathbf{v}$ で表し，次式によって定義する。

$$\mathbf{r} = [r_1, r_2, \dots, r_M] \quad (2.11)$$

$$\mathbf{u} = [u_1, u_2, \dots, u_M] \quad (2.12)$$

$$\mathbf{v} = [v_1, v_2, \dots, v_M] \quad (2.13)$$

なお， r_i は知識 i による作業がどの程度必要かを示し，次式を満たす。

$$0 \leq r_i \leq 2 \quad (i = 1, 2, \dots, M) \quad (2.14)$$

また知識 i の形式知重み u_i ，経験知重み v_i は，知識 i を用いて行う作業において，どの程度の割合で形式知，経験知それぞれが必要かを示している。なお， u_i, v_i は次の式を満たす実数値とする。

$$u_i + v_i = 1 \quad (0 \leq u_i, v_i \leq 1) \quad (i = 1, 2, \dots, M) \quad (2.15)$$

また，労働者エージェントと同様にタスクにも所属部署を設定する。これは，通常，プロジェクトや仕事が部署やグループ単位で行われることを表現する。ただし，所属部署はタスクの特性に影響することはない。

2.2.4 知識データベース (DB)

知識共有の代表的な手段として，グループウェア^{*1}がある。グループウェアは組織，あるいはプロジェクトのメンバーが情報を登録，読み出しをしながら情報の共有を行う。文書化が容易な形式知に限らず，作業の手順やノウハウなどといった情報を保存することにより，経験知を保存可能としているものもある [3, 4]。

本モデルではグループウェアなどの知識共有ツールを一般化し，知識を保存，抽出するための知識 DB 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おり，保存されている知識は常時獲得可能である。知識 DB 利用による学習量の増加量は，保存されている知識の量に依存する。なお，一般的に，知識の提供・保存にはコストが必要であ

^{*1} 代表的な製品としては，IBM の Lotus Notes やサイボウズ株式会社のサイボウズ Office がある。

り、提供者に何らかの利得が無ければ提供・保存されない可能性が高い。よって、知識保存に対する報酬を設定するか、知識保存を確実に行わせるルール作りが必要となる。本モデルでは、知識 DB 利用後は可能な限り知識を保存する、というルールを設定する。すなわち、知識 DB から知識を獲得した労働者エージェントは、自分が所持する知識の一つを選択し知識 DB に保存する。

2.2.5 ナレッジマネージャエージェント

ナレッジマネジメントは主に労働者が主体となって行われるが、ナレッジマネージャやナレッジオフィサ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 [64]。このような役職にある者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る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 [65]。

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エージェントとして定義する。ナレッジマネージャエージェントは、知識 DB 内の知識を更新することで、保存されている知識の陳腐化を軽減する。ただし、知識の陳腐化を軽減するためには、対象となる知識が必要になると考えられる。そこで、ナレッジマネージャエージェントは、労働者エージェントから知識を一時的に獲得し、陳腐化を軽減する。以降、ナレッジマネージャエージェントが労働者エージェントから知識を一時的に獲得することを、知識の抽出と呼ぶ。

2.3 知識活動の表現

2.3.1 概要

本節では、企業における知識活動の表現として、提案モデルを用いたシミュレーションの進行手順について述べる。本シミュレーションにおける 1 ステップの流れを以下に示す。

- (1) タスクの生成
- (2) 各エージェントの行動処理
 - 労働者エージェントの行動処理 (タスク処理・知識獲得)
 - ナレッジマネージャエージェントの行動処理
- (3) 転退職の判定

タスクはステップの開始時に、現在の各部署の残存タスク量から確率的に生成される。各エージェントの行動処理は労働者エージェント、ナレッジマネージャエージェントの区別

なく、ランダムな順番で行われる。全てのエージェントの行動処理後、労働者エージェントを対象として転職・退職の判定処理を行う。

以下、それぞれの流れを詳述する。

2.3.2 タスクの生成

本モデルでは一つのタスクを企業における一つのプロジェクトと考える。企業において新しいプロジェクトが開始される状況は様々であるが、通常、プロジェクトに割ける人員が確保できなければ新規プロジェクトを開始しない。そこで、本モデルでは現在の各部署の残存タスク量に従ってタスクを生成する。もし、ある部署において、残存タスクが10未満であった場合、次式のタスク生成確率に従ってタスクを一つ生成する。

$$\text{タスク生成確率} = 1 - 0.1 * (\text{部署内の残存タスク数}) \quad (2.16)$$

すなわち、当該部署において、残存タスクが多ければタスクが発生しにくくなる。逆に残存タスクが少ない、すなわち人手に余裕がある場合はタスクが発生しやすくなる。また、当該部署に10以上タスクがある場合はタスクが全く発生しなくなる。生成されるタスクの必要作業量、形式知重み、経験知重みは一様乱数で決定される。なお、各部署に生成されるタスクは1ステップに1つまでとする。これにより、人員の余裕を見ながら逐次仕事が増加されていく状況を表現する。また、部署内のタスクの個数が、同部署内に存在するエージェントの数より多くならないように式中の定数を設定した。

2.3.3 労働者エージェントの行動処理

労働者エージェントは次の状態をとる。

- (1) 未行動
- (2) 作業
- (3) 学習
- (4) 教育
- (5) 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。

(1) 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。他の労働者エージェントから、知識の共有元である教師役として選択されると教育状態に遷移する。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

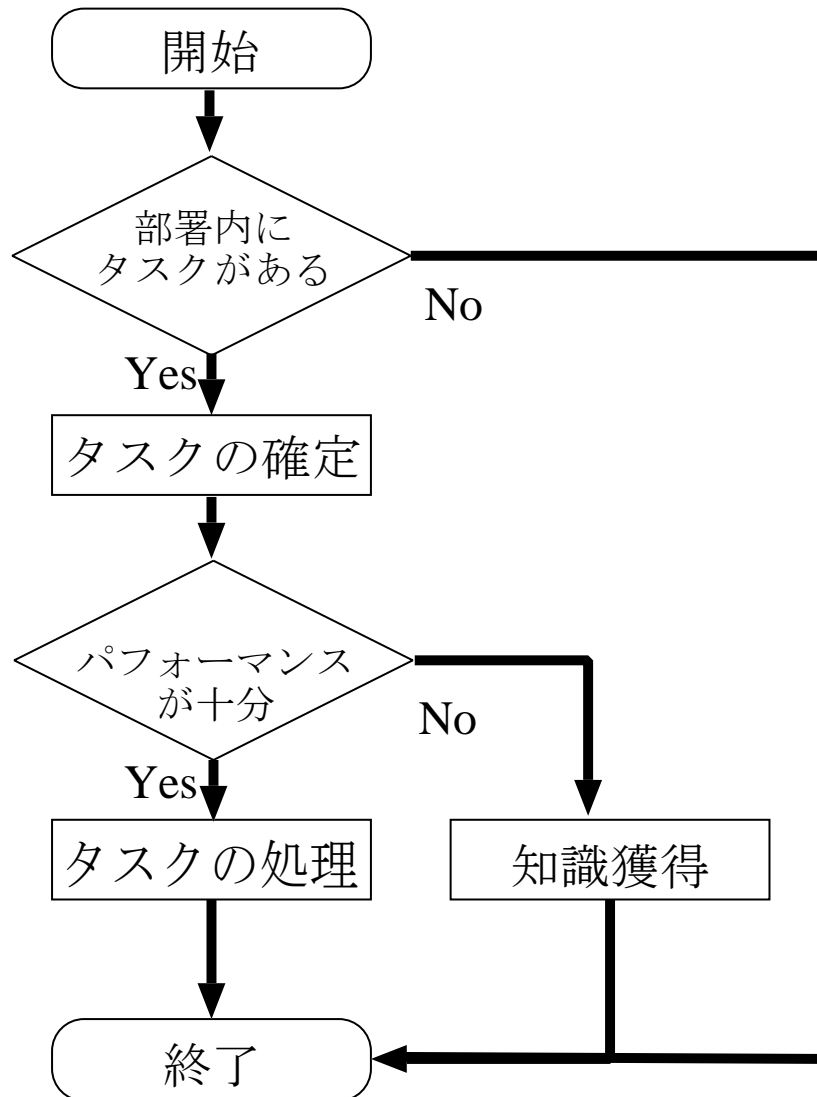


図 2.3 労働者エージェントの行動

署内のタスクを無作為に選択し、作業状態に遷移する。

(2) 作業 労働者エージェントがタスクに対して作業している状態である。労働者エージェントが作業する場合の動作の概要を図 2.3 に示す。労働者エージェントは 1 ステップに 1 回のみ作業を行う。もし、対象としているタスクが終了した場合は未行動状態に遷移する。作業するにあたり、十分なパフォーマンスが発揮できない場合、学習状態に遷移する。

(3) 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ステップが経過するまでは他状態に遷移しない。知識を手に入れた時

表 2.1 知識 DB への保存コスト

	書込コスト (ステップ)
形式知	1
経験知	2

点で作業状態に遷移する．学習に知識 DB を使用した場合は，知識保存状態に遷移する．

(4) 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，知識の伝達が終了するまで現状態を維持する．知識の伝達が終了した後，未行動状態に遷移する．

(5) 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後，この状態に遷移する．知識の保存が終了した後，作業状態に遷移する．知識 DB には知識保存に必要な保存コストが設定されている．保存コストは形式知，経験知で異なり，表 2.1 のように設定される．

知識 DB の知識量は，ノウハウや機器の操作手順など様々な知識が保存されることにより増加する．本モデルでは，知識 DB への知識の保存は学習量を増加させることによって表す．労働者エージェントの書き込みによって増える学習量は形式知，経験知で異なる．形式知の学習量の増加量は次式によって定義される．

$$U(k_i) = \lfloor (k_i - \tau) \times 10 \rfloor \quad (2.17)$$

$$U(e_i) = \lfloor (e_i - \tau) \times 10 \rfloor \quad (2.18)$$

$$(i = 1, 2, \dots, M)$$

なお， $U(k_i)$ ， $U(e_i)$ はそれぞれ知識 DB に保存されている i 番目の形式知，経験知の学習量の増加量である．また， k_i ， e_i は知識保存を行う労働者エージェントの形式知，経験知であり， τ は保存に必要な知識量を表す定数である．なお，知識保存を行う労働者エージェントの知識量の多さにより，段階的に保存される量が増えるよう式 (2.17)，(2.18) および各定数を設定した．ただし，一般に経験知の保存は困難なため，一回に増加する経験値の学習量は 1 を上限とする．

2.3.4 タスク処理

労働者エージェントは自分が所持する知識を用いて作業する．本モデルでは，労働者エージェントの知識とタスクの形式知重み，経験知重みからパフォーマンスが決定され，労働者エージェントは決定されたパフォーマンスに応じて作業する．ある労働者エージェ

ントのパフォーマンスを次式のようにベクトルで表現する．

$$\mathbf{P} = [P_1, P_2, \dots, P_M] \quad (2.19)$$

そして，パフォーマンス P_i は労働者エージェントの知識 k_i, e_i とタスクの知識重み u_i, v_i を用いて，次式で定義する．

$$P_i = u_i k_i + v_i e_i \quad (i = 1, 2, \dots, M) \quad (2.20)$$

本モデルにおいて，全ての労働者エージェントは合理的な行動をとり，最少の努力で最大の効果が得られるよう行動するものとする．すなわち労働者エージェントは，必要作業量が0より大きく， P_i が最大となる知識を1回の作業で1つのみ選択する．選択された知識を用いて作業が行われると，次式に従ってタスクの必要作業量 r_i が r_i^* に更新される．

$$r_i^* = r_i - P_i \quad (i = 1, 2, \dots, M) \quad (2.21)$$

労働者エージェントがタスクに対して行う作業の例を図2.4に示す．図2.4では，労働者が自分の持つ知識と，作業対象であるタスクの各重みからパフォーマンスを算出している．そして，パフォーマンスが最大(0.74)の知識を選択し，作業量を更新している．

なお，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．ただし，パフォーマンスが不十分な場合，労働者エージェントはタスクに対して作業しない．ここで，ある労働者エージェントのパフォーマンスが不十分な場合とは，次式を満たす場合である．

$$(\forall i) P_i \leq \kappa \quad (i = 1, 2, \dots, M) \quad (2.22)$$

なお， κ はシミュレーション上で一意に定義される労働者エージェントの学習意欲である．パフォーマンスが不十分な場合，労働者エージェントは知識の獲得を試みる．

2.3.5 知識の獲得

労働者エージェントが知識を獲得するのは，次のいずれかの場合である．

- 労働者エージェントが作業した場合
- 労働者エージェントが学習した場合

ただし，1ステップの間にこれらの行動が両方，あるいは複数回行われることはないものとする．

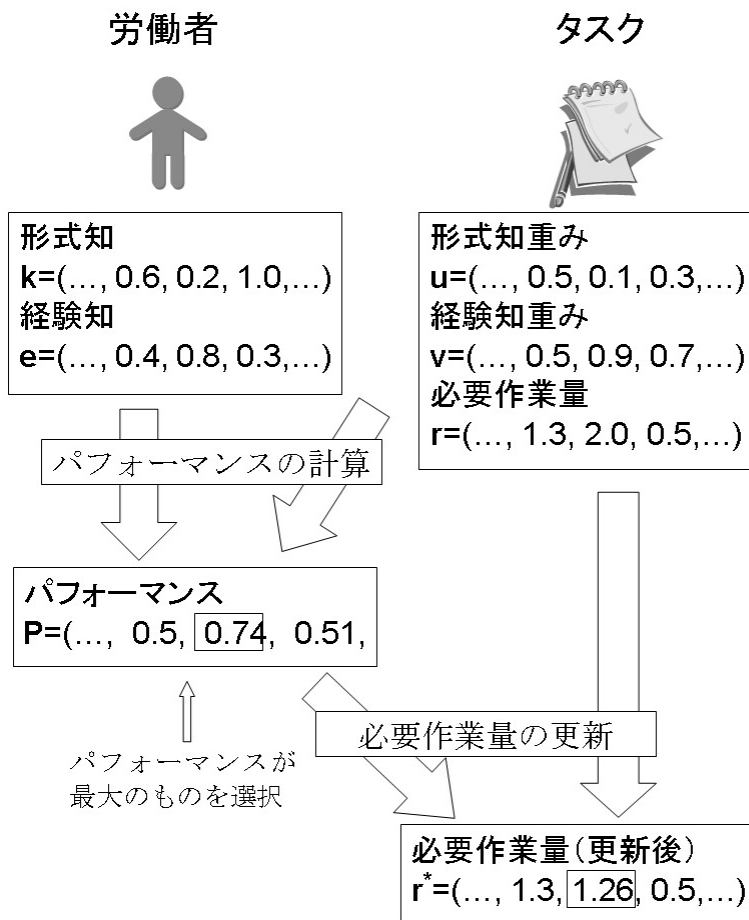


図 2.4 タスク処理の例

作業による知識の獲得

人間が経験から様々な知識を体得していくことは一般的に知られている。また、Polanyi の提唱した暗黙知では個人の持つ経験が重要であるとされる [1, 66]。暗黙知は個人が持つ「こうである」という過去の経験や、「こうであるべきだ」という未来のイメージから形成される。すなわち、個人の持つ知識はその個人の経験により形成、補強されていくと考えることができる。

そこで、労働者エージェントが経験知 e_i を用いて作業した場合、 e_i の学習量 l_i を増加させる。これにより、作業という行動により労働者エージェントが自分の知識を形成、補

表 2.2 知識獲得に必要な期間および学習量 l_i の増加量

	必要期間 (ステップ)	形式知増加量	経験知増加量
(1) 独学	2	2	0
(2) 知識 DB	3	DB 依存 (最大 3)	DB 依存 (最大 2)
(3) 師事	14	相手依存 (最大 3)	相手依存 (最大 3)
(4) セミナー	30	3	2

強らせていく様子を表現する。

学習による知識の獲得

知識の獲得手段として、経験による獲得の他に学習による獲得がある。

労働者エージェントは、作業しようとしたがパフォーマンスが不十分だった場合、学習する。労働者エージェントが学習する場合、特定の知識獲得手段を一つ選択して知識の獲得を試みる。獲得を試みる知識は、現在労働者エージェントが対象としているタスクにおいて $r_i > 0$ かつ P_i が最大の i とする。すなわち、最も少ない学習量で作業できる知識を選択する。実際の企業組織で使用される知識獲得手段は、主に次の 4 種類に集約されると考え、本モデルでも同様に設定した。

- (1) 独学
- (2) 知識 DB へアクセス
- (3) 知識を持つ人に師事
- (4) セミナーへ参加

本モデルでは、これらの手段にそれぞれ必要な期間を定める。表 2.2 に知識獲得に必要な期間および学習量の増加量を示す。所定の期間が経過すると、獲得対象とした知識の学習量が増加する。なお、手段の選択は最少努力の法則 [67] に従うものとする。すなわち、知識獲得を試みる労働者エージェントは、必要期間の短い (1)(2)(3)(4) の順に試みる。

(1) 独学 独学は他のエージェントに依存せず知識を獲得する方法である。本モデルでは、独学を文献調査などによる独習とし、独学によって得られる知識を形式知に限定する。また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であるとする。ただし、文献調査などが用いられるのは、形式知が主に用いられる作業である場合が多い。そこで、独学は対象のタスクにおいて形式知が主に用いられる場合にのみ用いられるものとする。すなわち、知識 i における形式知重み u_i が、次式を満たす場合に独学

を行う．

$$u_i > \eta \quad (i = 1, 2, \dots, M) \quad (2.23)$$

なお， η は労働者エージェントが独学を行う閾値であり， i は入手を試みる知識の種類である．

(2) 知識 DB へアクセス 労働者エージェントは，自分が所持する知識の知識量より知識 DB に保存されている知識量の方が大きい場合，知識 DB を知識獲得手段として用いる．すなわち，次式を満たした場合に知識 DB が利用される．

$$\begin{cases} k_{i,DB} > k_{i,a_j} & \text{if } u_i > v_i \\ e_{i,DB} > e_{i,a_j} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.24)$$

$$(i = 1, 2, \dots, M)$$

$$(j = 1, 2, \dots, N)$$

ここで， k_{i,a_j} ， e_{i,a_j} は知識を獲得しようとしている労働者エージェント a_j が持つ形式知，経験知であり， $k_{i,DB}$ ， $e_{i,DB}$ は知識 DB に保存されている形式知，経験知である．すなわち，対象としている形式知重みが大きい場合は形式知を，経験知重みが大きい場合は経験知を知識獲得手段選択の基準とする．そして，その知識量が労働者エージェントの所持する知識量より多ければ知識 DB を利用する．知識 DB の知識量が労働者エージェントの知識量より少なければ師事，またはセミナーを用いる．

知識 DB に保存されている知識は，形式知，経験知ともに労働者エージェントによって保存された知識である．すなわち，一旦は個人によって習得された知識が，明文化され保存されたものと考えることができる．そのため，知識 DB 内の知識は，他の知識獲得手段よりは，習得しやすくなっている可能性が高い．そこで，知識 DB から獲得できる学習量は，保存されている学習量と労働者エージェントの学習量との差とする．ただし，経験知は形式知よりも習得が困難なことが多いため，一度に取得できる学習量は，形式知が 3 まで，経験知が 2 までとする．

(3) 知識を持つ人に師事 知識を持つ人に師事することは，最も基本的な知識獲得手段である．実際の企業では，OJT 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．

本モデルでは労働者間で知識を共有する．労働者エージェントは必要な知識を持つ他の労働者エージェントを教師役として選択し，その教師役が持つ知識を共有する．ただし，獲得対象の知識量が一定以上かつ未行動の労働者エージェントのみ教師役として選択できる．労働者エージェント a_j の教師役となる労働者エージェント a_p は，次式によって決定

される．

$$a_p = \arg \max_{a \in \mathbf{A}} \left\{ \begin{array}{ll} k_{i,a} > k_{i,a_j} & \text{if } u_i > v_i \\ e_{i,a} > e_{i,a_j} & \text{otherwise} \end{array} \right\} \quad (2.25)$$

$$(i = 1, 2, \dots, M)$$

$$(j = 1, 2, \dots, N)$$

$$(p = 1, 2, \dots, N)$$

$$p \neq j$$

また，師事による学習量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し，次式に従う．

$$U(k_i) = \begin{cases} \lfloor (k_{i,a_p} - \tau) \times 10 \rfloor & \text{if } k_{i,a_p} > k_{i,a_j} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.26)$$

$$U(e_i) = \begin{cases} \lfloor (e_{i,a_p} - \tau) \times 10 \rfloor & \text{if } e_{i,a_p} > e_{i,a_j} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.27)$$

$$(i = 1, 2, \dots, M)$$

$$(j = 1, 2, \dots, N)$$

$$(p = 1, 2, \dots, N)$$

$$p \neq j$$

すなわち，教師役となる労働者エージェントの知識量が τ より大きい場合にのみ，他の労働者エージェントへ知識が伝達される．ただし，式(2.25)を満たす a_p が存在する場合でも， $U(k_i), U(e_i)$ が両方とも0の場合，次の「(4) セミナーへ参加」を行う．

(4) セミナーへ参加 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．また，優秀な社員は留学などによって長期に渡り社外に派遣される．企業がこれらのセミナーや留学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ためである．

本モデルでは，研修や留学などのように，長期にわたって社外で知識を獲得する行為をセミナー参加と定義する．労働者エージェントが作業するために必要な知識を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，どのような知識も経験知，形式知の両方を一定量得ることができるものとする．

2.3.6 ナレッジマネージャエージェントの行動処理

ナレッジマネージャは次の状態をとる．

- (1) 探索
- (2) 知識抽出
- (3) 知識管理

以下、各状態について説明する。

(1) 探索 ナレッジマネージャの初期状態となる。この状態のとき、ナレッジマネージャは知識 DB 陳腐化の軽減を試みる。まず、知識 DB の形式知、経験知の両方の中で最も更新されていない知識を選択する。ここで、更新されていない知識とは陳腐化の時期が近い知識であり、次式によって定義される知識の種類 i^* である。

$$\gamma_m(i) = \min(\gamma_{e_i, DB}, \gamma_{k_i, DB}) \quad (2.28)$$

$$i^* = \arg \min_i \gamma_m(i) \quad (2.29)$$

$$(i, i^* = 1, 2, \dots, M)$$

ここで、 $\gamma_{e_i, DB}$ 、 $\gamma_{k_i, DB}$ は知識 DB に保存されている経験知、形式知それぞれの陳腐化までの残りステップ数である。そして、知識の種類 i^* に関する知識を一定以上持っている未行動状態の労働者エージェントを探す。なお、 $\gamma_{k_{i^*}, DB} < \gamma_{e_{i^*}, DB}$ となる場合は、形式知を師事閾値 τ より多く持つ労働者エージェントを、そうでない場合は経験知を τ より多く持つ労働者エージェントを探す。未行動状態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、知識抽出状態に遷移する。なお、抽出に関するコストは 1 ステップとする。もし未行動状態の労働者エージェントが見つからない場合、現状態を維持する。

(2) 知識抽出 選択した知識を労働者エージェントから抽出している状態である。知識抽出完了後、知識管理状態に遷移する。

(3) 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、労働者エージェントの知識保存と同様にコストが必要となる。ただし、陳腐化の軽減は知識の維持管理の結果であり、知識の新規追加とは異なる。よって、軽減のためのコストは形式知、経験知ともに 1 ステップとする。このコストを支払った後、知識 DB の陳腐化が軽減され、ナレッジマネージャは探索状態に遷移する。なお、本モデルにおける陳腐化の軽減は、保存されている知識の整頓や簡単な更新程度を想定している。そのため、知識が追加された場合に比べ、次に当該知識が陳腐化するまでの期間は短いと考えられる。そこで、ここではその期間を 1 月程度と想定し、陳腐化の時期を 30 ステップ遅らせることによって陳腐化の軽減を表現する。すなわち、次式によって陳腐化

までのステップ数を更新する．

$$\gamma_{e_{i^*,DB}}^* = \begin{cases} \gamma_{e_{i^*,DB}} + 30 & \text{if } e_{i,a_j} > \tau \\ \gamma_{e_{i^*,DB}} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.30)$$

$$\gamma_{k_{i^*,DB}}^* = \begin{cases} \gamma_{k_{i^*,DB}} + 30 & \text{if } k_{i,a_j} > \tau \\ \gamma_{k_{i^*,DB}} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.31)$$

($i^* = 1, 2, \dots, M$)
($j = 1, 2, \dots, N$)

なお， $\gamma_{k_{i^*,DB}}^*$ ， $\gamma_{e_{i^*,DB}}^*$ はそれぞれ更新された陳腐化までのステップ数， a_j は知識管理のために選択された労働者エージェントである．

2.3.7 転職・退職の処理

労働者エージェントは転職，退職を行う．本モデルでは，既存の労働者エージェントを新規の労働者エージェントと交代させることで転職，退職を表現する．定年前に新規労働者エージェントと交代することを転職，定年時に交代することを退職と定義する．

転職

一般に，社員が定年前に企業から離職する理由としては，解雇や転職が考えられる．ここでは，そのような定年前に企業から離職する行動を全て転職として扱う．

本モデルでは，労働者エージェントが一定の確率で新規の労働者エージェントと交代することを転職と定義する．労働者エージェントは，各ステップの終了時に確率的に転職する．現実の転職率は時勢，年代によって様々である．しかし，一般的に若ければ若いほど転職率が高く，高齢になると転職率が下がる．そこで，2005年度の転職率 [68] (図 2.5) を参考に，労働者エージェント a_j が転職する確率を次式のように設定した．

$$a_j \text{の転職確率} = \frac{0.1218 \exp(-y_j/10000)}{365} \quad (j = 1, 2, \dots, N) \quad (2.32)$$

ここでは，モデル上の $y_j = 0$ を現実の 20 歳としている．式 (2.32) では，若ければ若いほど転職しやすくなっている．

労働者エージェントが転職すると新規の労働者エージェントが生成される．生成される労働者エージェントの所属部署は転職した労働者エージェントと同一である．また，一般に，新しく企業に入社する人は，転職者と同様に若い世代が多い．そこで，新規労働者エージェントの年齢は，分布の形が式 (2.32) と同様になるように，次式で定義した．

$$\text{新規労働者エージェントの年齢} = -\log\left(1 - \frac{X}{1.340}\right) * 10000 \quad (2.33)$$

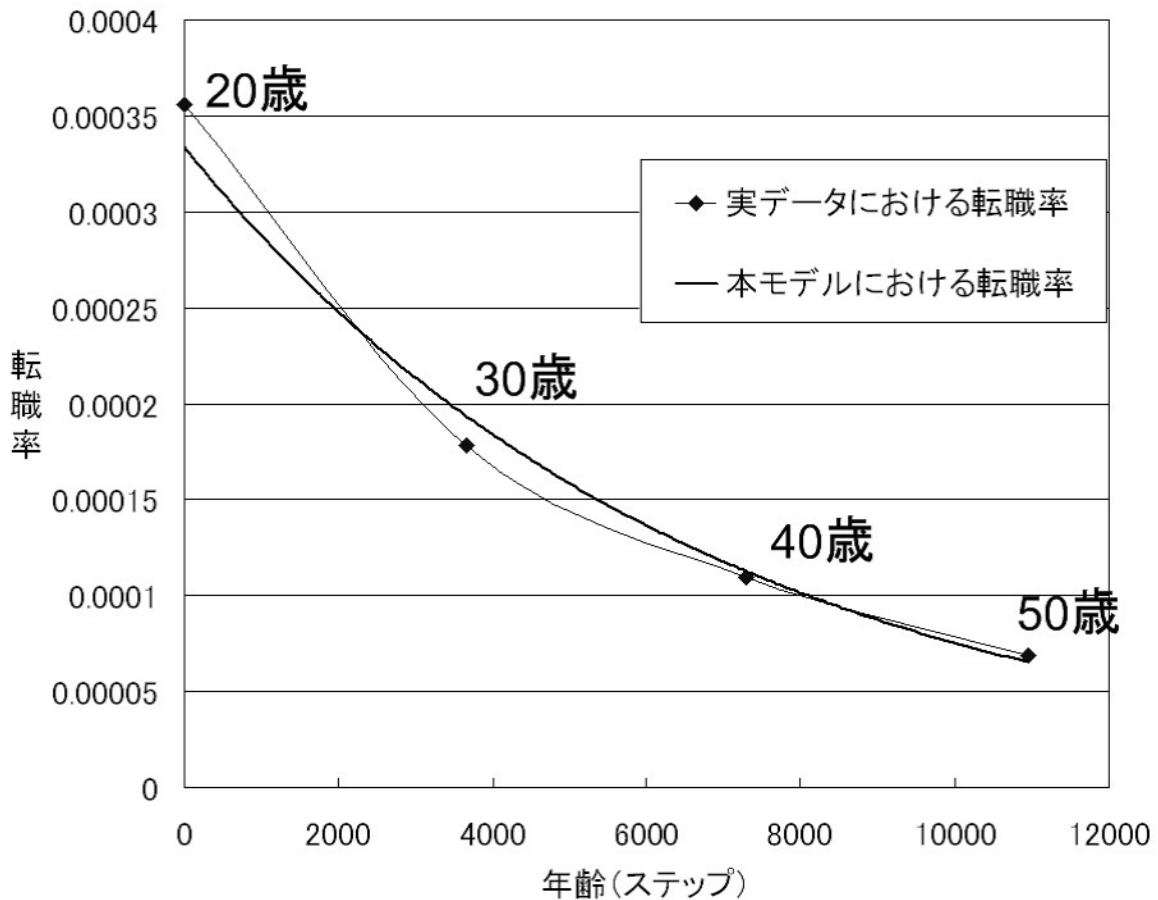


図 2.5 2005 年度転職率のデータと近似曲線 (2005 年版中小企業白書より作成)

なお, X は $[0, 1]$ の一様乱数である.

退職

本モデルでは労働者が定年になった場合を退職と定義する. 労働者エージェントが一定の年齢に達した時に, 新規の労働者エージェントと交代することを退職とする. 労働者エージェントが退職する場合も, 転職と同様に新規労働者エージェントを生成する.

2.4 知識 DB 導入の効果

目的

本節では, 知識 DB の有無, および知識 DB 内に導入時に保存されている知識の量が企業全体のパフォーマンスに与える影響を分析する. 本シミュレーションでは, 現実の企業が, 生産性の向上や業務効率の改善を目的としてナレッジマネジメントである知識 DB

表 2.3 知識共有モデルのパラメータおよびシミュレーション設定

パラメータ名	値
シミュレーション期間	10000 ステップ
労働者数 N	250
知識の総数 M	100
労働者エージェントの寿命 Y	14000 ステップ
部署数	25
陳腐化周期 Γ	365 ステップ
陳腐化率 ϕ	0.2
学習率 α	0.3
独学の閾値 η	0.8
学習意欲 κ	0.4
師事閾値 τ	0.7
試行回数	50

を導入する状況を表現する。

本来、このようなシミュレーションでは逆シミュレーション [69] などにより、現実を模倣するためのパラメータを設定する必要がある。しかし、本モデルでは知識という測定困難な対象を扱っているため、逆シミュレーションに必要な現実のデータを取得するのが困難である。そこで本シミュレーションでは、知識 DB 無しの状態を基準とし、知識 DB を導入した状態との結果の差異を比較することで、知識 DB 導入の効果を明らかにする。また、本モデルにおいて知識量の絶対値などは特別な意味を持たないため、相対的な値の大小のみを比較する。

設定

モデルのパラメータ、およびシミュレーションの設定を表 2.3 に示す。なお、前述したように本モデルでは 1 ステップを 1 日とする。労働者エージェントの寿命は、人間の一般的な労働年数が 40 年程度であることを考慮し、シミュレーション上でも同様の期間となるよう 14000 ステップとした。また、ナレッジマネジメントを導入するにあたり、世代が交代するほどの年数で効果が表れるのでは遅いと考え、シミュレーション期間を労働者エージェントの寿命より短い 10000 ステップと設定した。労働者エージェントの初期年齢分布は一様分布とした。その他のパラメータに関しては、過去のマネジメントの導入事例や、実際の企業での事例を基に設定した [4]。さらに、知識 DB 無しの状態で一つの

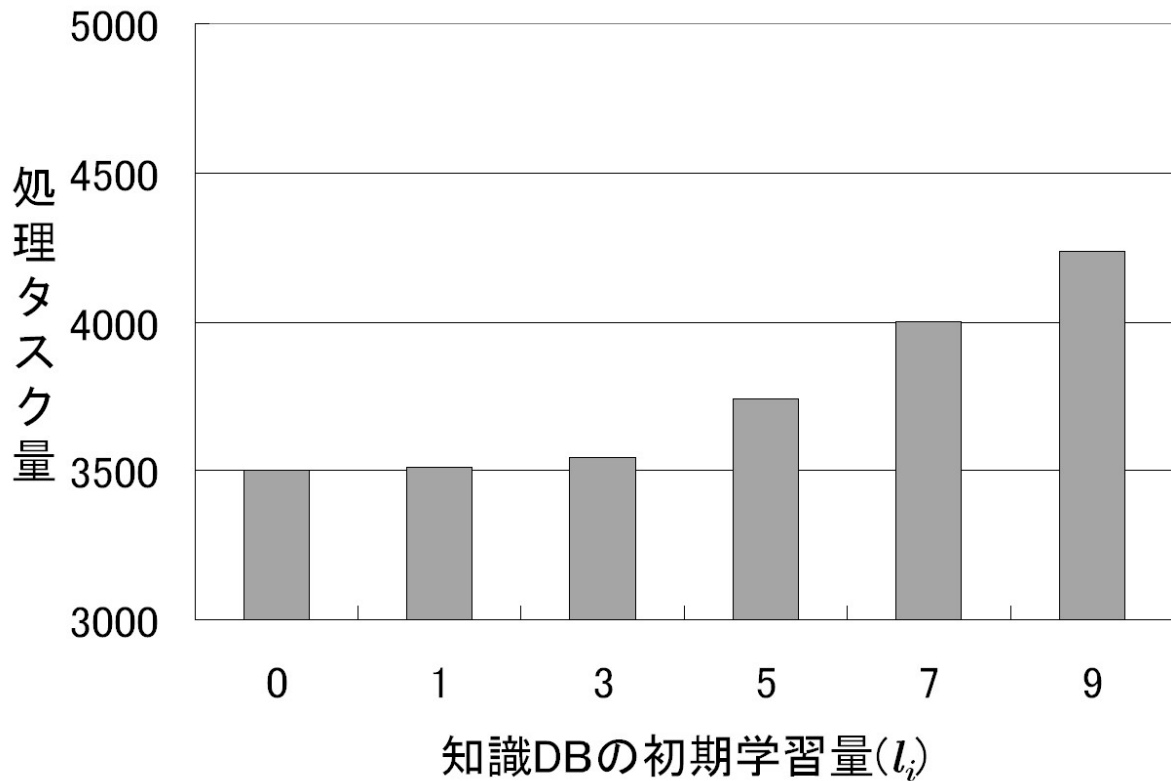


図 2.6 知識 DB の初期学習量 (l_i) による処理タスク量の変化

タスクの処理期間が 2~3 ヶ月程度となるように、各パラメータを調整した。

知識 DB 内に導入時に保存されている知識量として、形式知、経験知の全ての要素の学習量 l_i を一定の値に設定する。以降、知識 DB 内に導入時に保存されている学習量を初期学習量と呼ぶ。なお、初期学習量が 0 というのは知識 DB を用いない場合と等価である。また、知識 DB の影響のみを分析するため、本シミュレーションではナレッジマネージャは導入しない。

本シミュレーションでは、初期状態による影響を可能な限りなくするため、全てのシミュレーションにおいて事前に 20000 ステップ実行する。その後、知識 DB を導入し、10000 ステップ経過させた後の結果を観察する。なお、乱数の影響を無くするために、上記の試行を 50 回行った平均を結果とする。

結果

図 2.6 に知識 DB の初期学習量ごとの処理タスク量を、図 2.7 に知識 DB 利用者数の推移を示す。また、図 2.8 に知識 DB の初期学習量による労働者の平均経験知量の推移を示す。なお、知識 DB 利用者数は各ステップにおける知識 DB 利用者数の平均を示し、

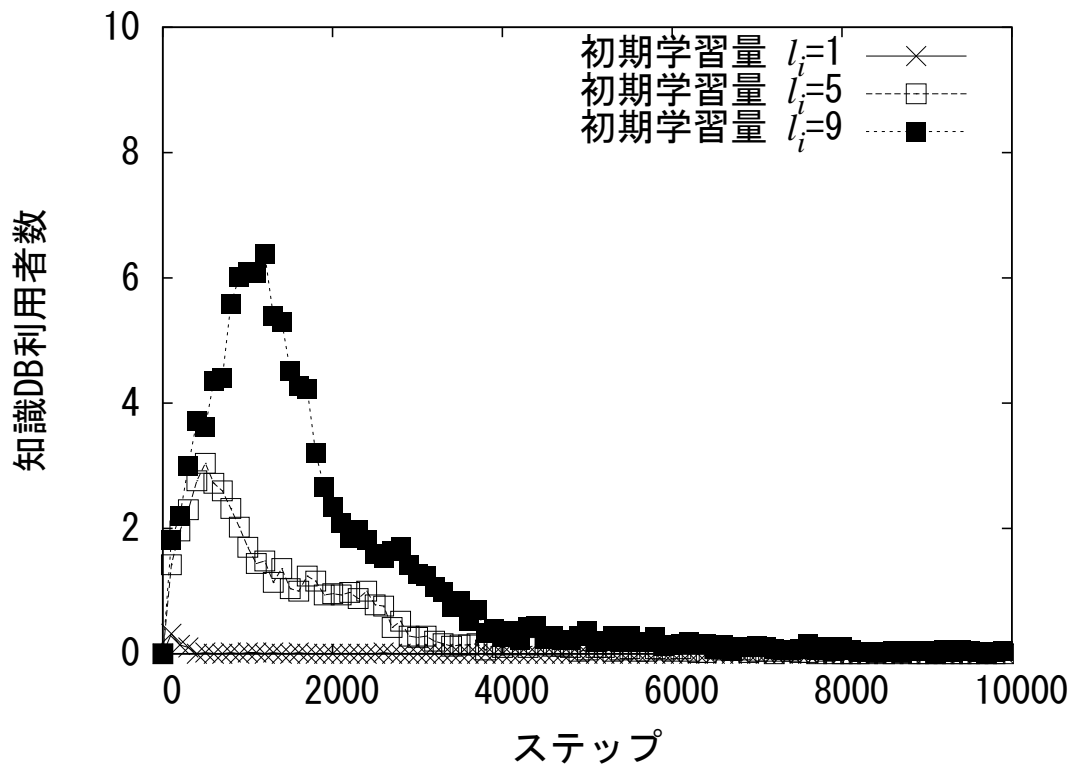


図 2.7 知識 DB 利用者数の推移

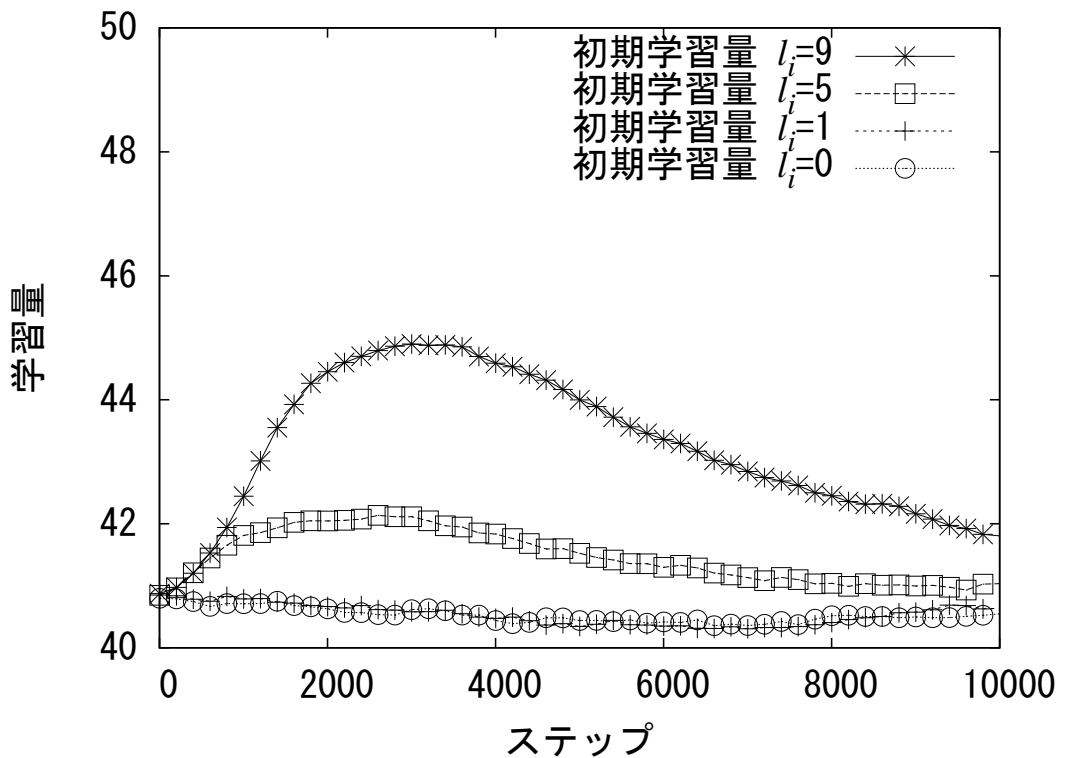


図 2.8 知識 DB の初期学習量による労働者の平均経験知量の推移

平均経験知量は労働者エージェントの経験知の総和を平均したものである。

図 2.6 より、知識 DB を導入し、かつ知識 DB の初期学習量が多いほど処理されたタスクが多いことがわかる。図 2.6 の結果は、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を示している。しかし、図 2.7 から、初期学習量に関係なく知識 DB の利用者が減少していくことがわかる。また、図 2.8 から、平均経験知量も時間経過とともに知識 DB を用いない場合と同様の低い値に収束してしまうと推測できる。これは、知識 DB が時間経過とともに利用されなくなり、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 は全体のパフォーマンス向上に有効であるものの、時間経過とともに利用者が減少する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利用されなくなっていくという実態に合致した結果と考えられる [70]。なお、本モデルにおける知識 DB は、知識保存のために必要なコスト以外は、利用によるデメリットは存在していない。そのため、本来は、知識 DB は有用であり継続して利用される状況が自然であろう。本シミュレーションの結果は、現実の状況を表現しているが、直感に反していると言える。

ここで、失敗の原因、およびその対策を考える。図 2.8 より、労働者の知識量が 1000 ステップ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わかる。また、図 2.7 より、 $l_i = 5, 9$ の場合、1000 ステップ付近から知識 DB の利用者数が急激に減少している。これは、労働者エージェントの知識量が増加し、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。本モデルで労働者が知識獲得を行うのは、現在のタスクに対して低いパフォーマンスしか得られない場合のみである。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しない。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、知識 DB は利用されない。そして、利用されなくなった知識 DB 内の知識は陳腐化していくのみになり、さらに利用者が減少するという悪循環に陥る。そして、最終的には知識 DB が無い状態と同様になったと考えられる。以上より、本来ナレッジマネジメントが目的とする「全ての労働者が作業に対して十分な知識を持つ」状況が、知識 DB が利用されなくなる原因となることが明らかになった。

ナレッジマネジメントの成功を阻害する要因を分析した Riege [71] によれば、ナレッジマネジメントの実施時には次の 3 点に注意する必要がある。

- (1) 労働者個人の動機付け
- (2) 知識共有に対してオープンな職場環境
- (3) 必要となる知識が共有できる適切なツール

本モデルでは、知識 DB の利用に対する障害等は特に設定していないため、(2) の条件は満たしている。また、知識の内容に関しては踏み込んでいないため、(3) が障害になることもない。以上より、本シミュレーションの結果は上記の (1) 個人の動機付けに起因していると言える。知識 DB のようなナレッジマネジメントを導入する場合、一時期は利用されたという状況を目的とするのではなく、導入したツールを如何に継続利用させるかが重要となる。

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と考えられる。特に、知識 DB が継続して利用可能であれば、労働者エージェント全体のパフォーマンス増加が期待できる。

2.5 専任の管理者導入の効果

目的・設定

前節のシミュレーションにおいて、知識 DB を有効に利用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示された。そこで、知識の管理者であるナレッジマネージャを導入することで、知識 DB を管理する。本シミュレーションでは、ナレッジマネージャ導入による知識 DB 利用者数、および処理タスク量の変化を観察する。

ただし、現実にナレッジマネージャ導入の必要性が叫ばれても、専任のナレッジマネージャ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として育成する。これにより、新たな人員を雇わず、現行の人的資源でナレッジマネジメントを行う状況を表現する。

本シミュレーション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とする。ただし、ここでは労働者をナレッジマネージャに育成するためのコストは無視する。その他の設定は 2.4 節におけるシミュレーションと同様とし、知識 DB の初期学習量を $l_i = 1, 3, 5, 7, 9$ とする。

結果

図 2.9 にナレッジマネージャ導入の有無による処理タスク量の差異を示す。図 2.9 より、知識 DB の初期学習量に比例して処理タスク量が増加していることがわかる。また、図 2.10 に初期学習量 $l_i = 9$ の場合の知識 DB 利用者数の推移を示す。図 2.10 より、ナレッジマネージャの導入により知識 DB の利用者が増加していることがわかる。

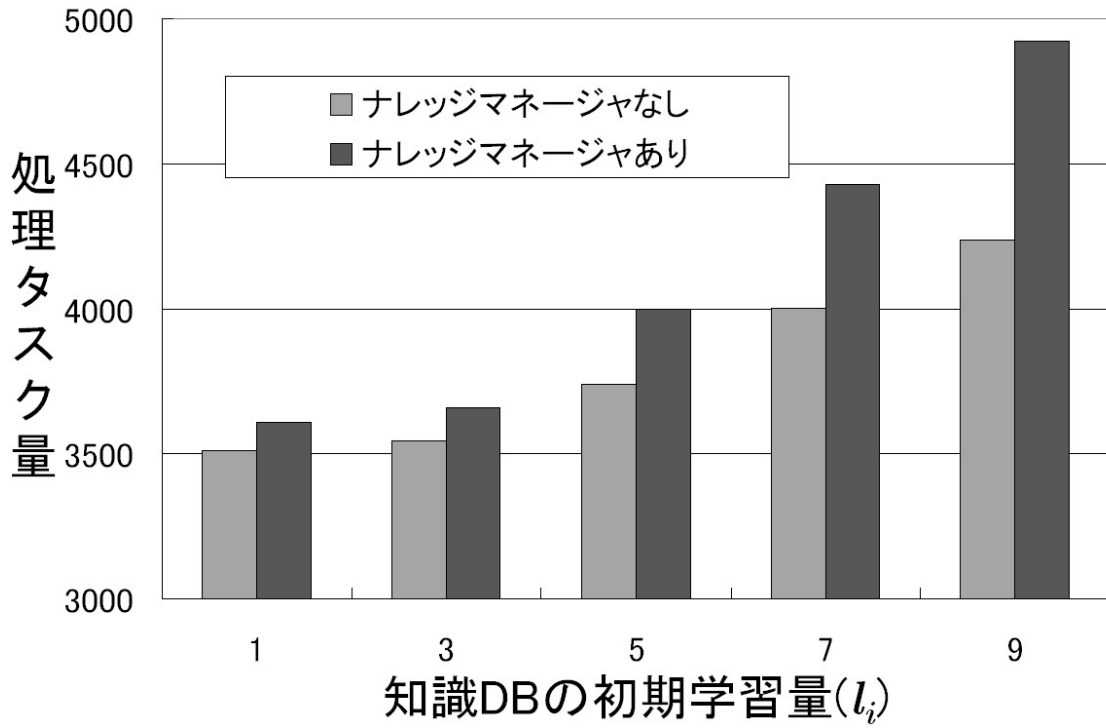


図 2.9 ナレッジマネージャ導入による処理タスク量への影響

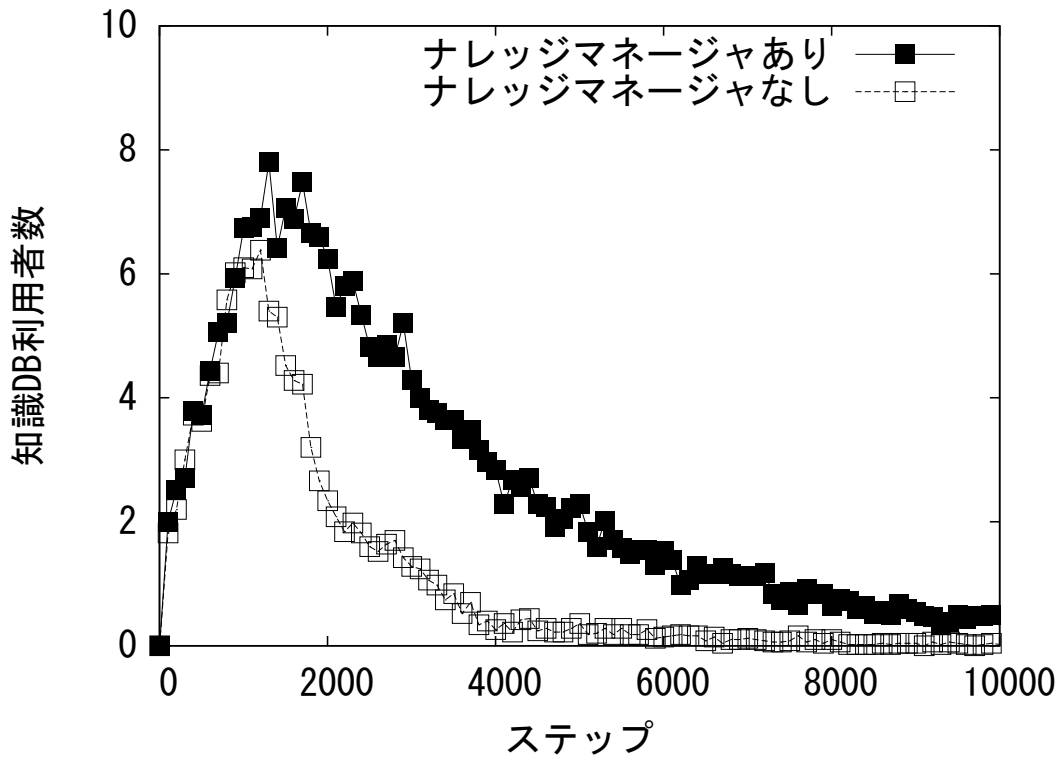


図 2.10 ナレッジマネージャ導入時の知識 DB 利用者数の推移 (初期学習量 $l_i = 9$)

ナレッジマネージャが効果を発揮するためには、知識 DB が継続して利用される必要がある。よって、ナレッジマネージャの効果は知識 DB の利用者数に依存する。本シミュレーションでは、ナレッジマネージャは知識の維持管理のみを行い、知識の追加を行わない。よって、図 2.9 が示すように、知識 DB を導入してもあまり使われていなかった状況 ($l_i = 1, 3$) に対しては効果が小さい。逆に、ある程度利用されていた知識 DB は図 2.10 が示すように、利用者の増加を促す。知識 DB の利用者が増加した結果、知識獲得の効率が増加し、パフォーマンスも向上したと考えられる。

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を導入することによって、導入しない場合よりも高いパフォーマンスが得られることが確認された。ただし図 2.10 において、最終的な利用者数はどちらも 0 に近づいている。これは、2.4 節でも述べたように、全ての労働者が一定以上のパフォーマンスを発揮できることが一因と考えられる。ナレッジマネージャを導入した場合でも、労働者が一定以上のパフォーマンスを発揮することで、知識 DB の利用者は減少する。結果として、ナレッジマネージャ導入により利用者の増加を促したものの、長期的には利用者は減少傾向になる。ただし、10000 ステップの時点、すなわち 25 年以上経過した時点でも少数の利用者は残っており、実用的な時間の範囲では十分な効果が得られていると言える。さらなる効果を求めるのであれば、陳腐化の軽減のみでなく、知識の追加も積極的に行っていく必要があると考えられる。

2.6 知識の大量喪失の防止

目的

本節では、2.1 節で述べた知識の大量喪失の問題を考える。知識の大量喪失の予防はナレッジマネジメントを導入する目的の一つである。ここでは知識の大量喪失に関する問題として 2007 年問題を考える。同問題は、労働人口の減少や、企業が支払う退職金の増加等、様々な問題の総称である。本節では、労働者が一度に大量に退職することで、必要な知識、ノウハウが継承されず失われる問題 [68] を扱う。

本シミュレーションでは 2007 年問題を提案モデルによって表現することにより、知識が大量に失われる状況を観察する。また、同問題に対する対策を導入し、効果を比較検証する。

設定

シミュレーション上で 2007 年問題を表現するために、初期の年齢分布を 1960 年における中小企業の年齢分布 [68] を基に設定する。そして、2007 年問題とその対策を比較検証するため、次の 5 条件でそれぞれシミュレーションを行う。

- (A) 対策なし
- (B) 知識 DB の導入 (ナレッジマネージャなし)
- (C) 知識 DB の導入 (ナレッジマネージャあり)
- (D) 定年の延長
- (E) 中途採用の増加

知識 DB は前節のシミュレーションで用いたものと同様であり、本シミュレーションでは初期学習量 $l_i = 9$ とする。定年の延長は、労働者エージェントの寿命を 5 年分 1825 ステップ延長させる。中途採用の増加では、新規労働者エージェントの生成時に、年齢を 10 年分加算して生成する。ただし、労働者エージェントの寿命をこえた年齢は 0 として扱う。

本シミュレーションでは、これらの対策を採ったことによる組織全体の経験知量の変化、および処理タスク量の変化を観察する。なお本シミュレーションでは、事前に 10000 ステップ実行する。すなわち、2007 年問題による知識の大量喪失が生じるのは 4000 ステップとなる。

結果

まず、対策なしの状態でのシミュレーションを行った場合の労働者エージェントの平均経験知量および平均年齢の変化を図 2.11 に示す。なお、横軸の括弧内の数字は、ステップから概算した年度である。図 2.11 より、500 ステップ付近から、平均年齢の減少とともに経験知が減少し、4000 ステップ付近で減少のピークが訪れることがわかる。これは、労働者エージェントが定年を迎えたことにより一斉退職を行なったためである。本シミュレーションでは 4000 ステップが 2007 年に相当しており、2007 年問題特有の経験知の大量喪失を表現することができている。

次に、2007 年問題の生じる時点より 1000 ステップ前、すなわち 3000 ステップの時点で各対策を導入した場合の労働者の平均経験知量を図 2.12 に、処理されたタスク量を図 2.13 に示す。なお、図中の KM はナレッジマネージャを示す。

まず、図 2.12 より中途採用を増加させただけではほぼ効果がないことがわかる。これは中途採用者による知識の増加よりも、失われる知識のほうが多いためと考えられる。また、中途採用者が持っている知識は、特定の組織内で必要な知識とは必ずしも一致しない。以上の理由により、中途採用を増加させても組織全体の知識はほとんど増加しなかったと考えられる。

次に、定年の延長を行った場合、増加した知識量が 5000 ステップ付近で再び減少し始めている。ただし、経験知の減少量は、対策を行わない場合よりも少ない。労働者の定年を延長させた場合、転退職が起これにくくなるため、新規の労働者が減少する。本モデル

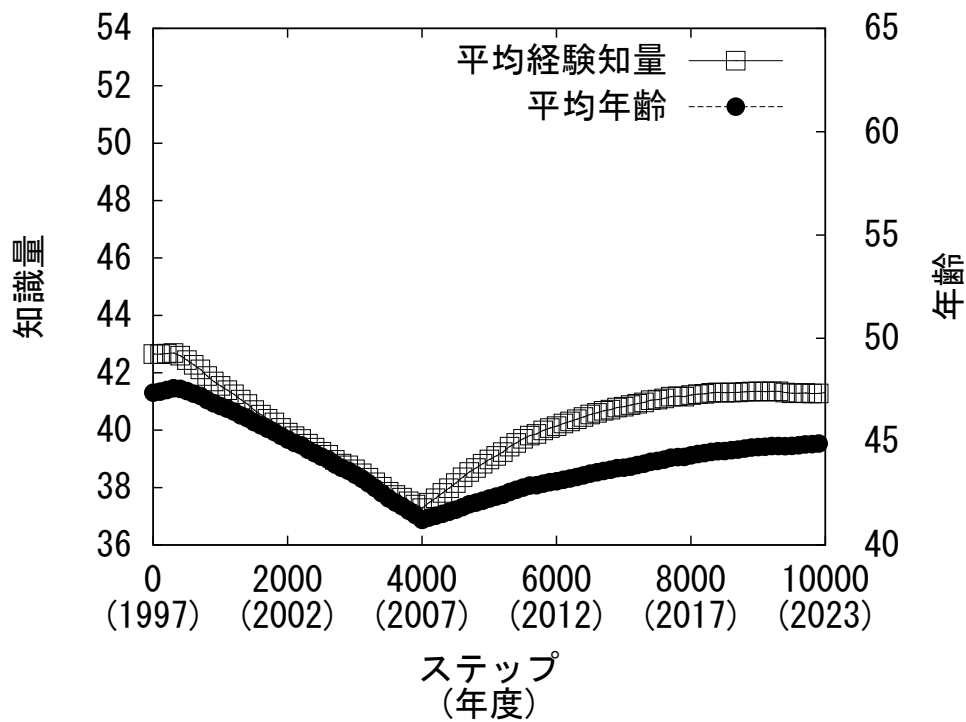


図 2.11 2007 年問題のシミュレーションにおける労働者の平均経験知量および平均年齢の推移（横軸の括弧内の数字は概算の年度）

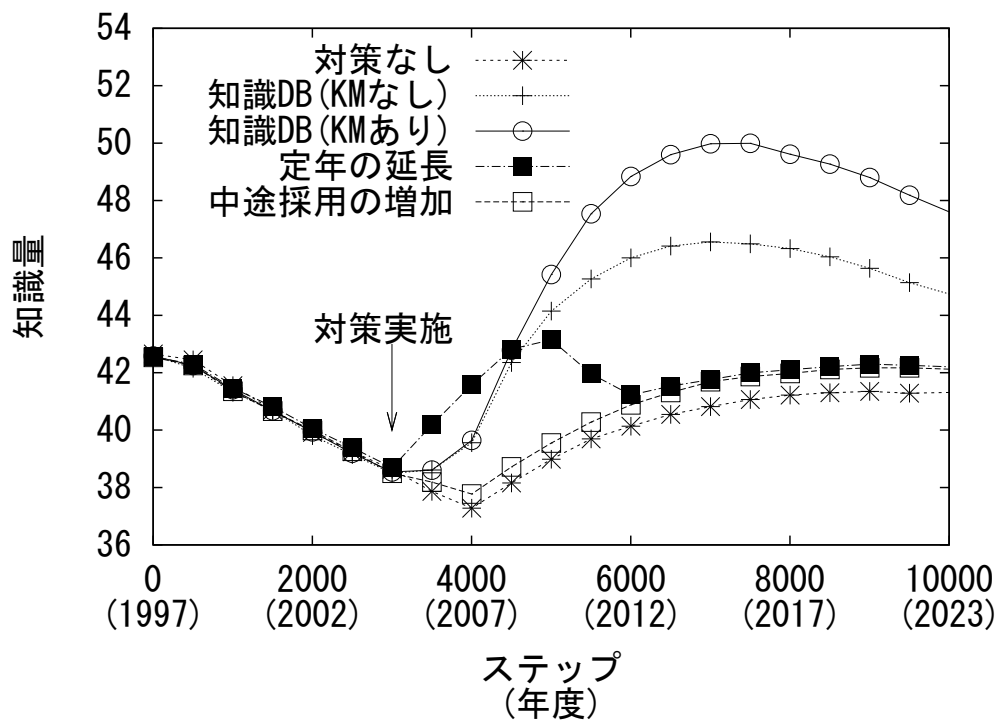


図 2.12 2007 年問題のシミュレーションにおける労働者の平均経験知量の推移（対策別，横軸の括弧内の数字は概算の年度）

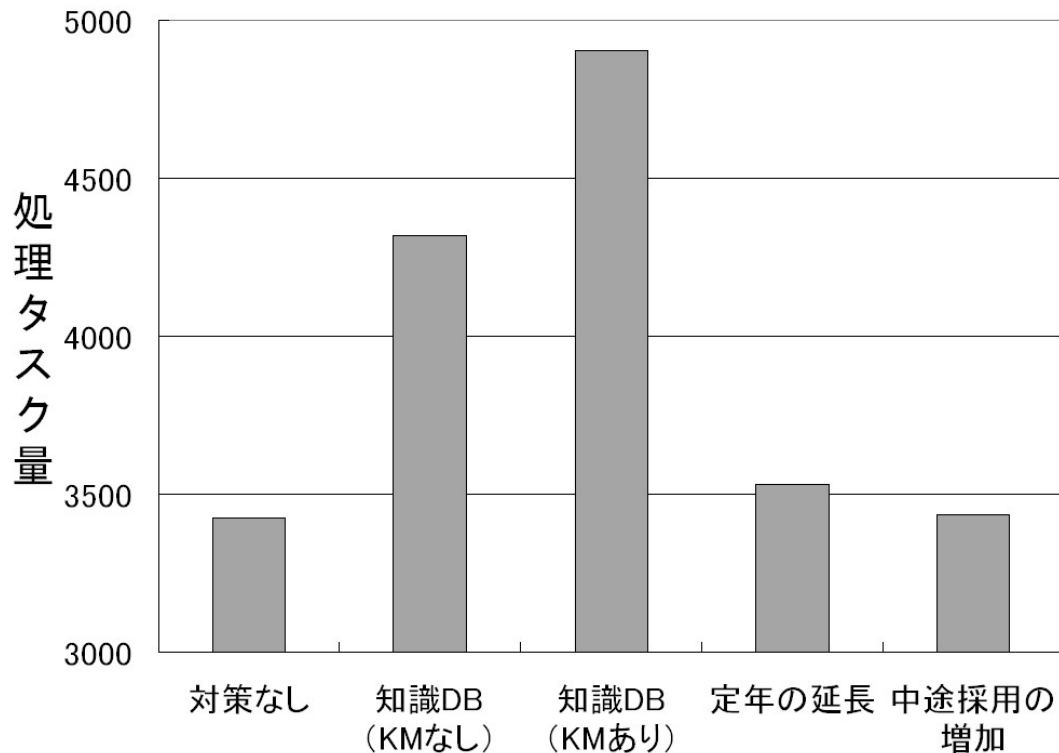


図 2.13 2007 年問題のシミュレーションにおける処理タスク量（対策別）

では、知識を持つ労働者と持たない労働者の間で知識共有が行われるため、知識を持たない労働者が減少すれば知識が共有される機会も減少する。結果として、経験知は保存されず問題が先送りされたと考えられる。この結果は、雇用延長された高齢者の退職によって引き起こされる「2012年問題」を表現している。以上より、定年の延長を行う場合、単に年齢制限を緩和しただけでは効果はあまり無く、一定の年齢以上の労働者は教育業務に専念するなど、知識共有を促進する必要があると考えられる。

知識 DB を導入した場合は、ナレッジマネージャの有無に関わらず、大きく知識量が増加している。特に、ナレッジマネージャが導入された場合は、知識量が最も多くなっている。以上より、知識 DB、およびナレッジマネージャの導入により、知識の大量喪失が生じてても、知識の保存が可能であることが示唆された。

次に図 2.13 より、定年の延長、中途採用を行った場合、処理されたタスク量は対策なしより微増している程度であることがわかる。逆に、知識 DB を導入した場合は組織全体のパフォーマンスが向上しており、とりわけナレッジマネージャを導入した場合が最も処理タスク量が多い。

以上の結果より、2007 年問題の対策として知識 DB が有効であることが確認された。ただし、知識 DB を導入するのは金銭的、時間的にコストがかかる [72]。実際には知識

DBによって得られるパフォーマンス，および知識保持の効果とコストのトレードオフで初期学習量を決定する必要があると考えられる．

2.7 まとめ

本章では，ナレッジマネジメントの評価を容易にするために，シミュレーションによる分析を行う知識共有モデルを提案した．知識共有モデルでは，個人が持つ知識を形式知，経験知の二種より成ると定義した．そして，企業内の労働者が自分の所持する知識を使用して作業を行う様子を表現した．また，知識DB，ナレッジマネージャというナレッジマネジメントの手法をモデル化した．そして，提案したモデルを用いて以下の3種類の分析を行った．

- (1) 知識DBが企業のパフォーマンスに与える影響
- (2) ナレッジマネージャの導入による影響
- (3) 2007年問題

まず，(1)(2)の結果として，知識DB，ナレッジマネージャの導入により，企業全体のパフォーマンスが向上することを示した．同時に，知識DBは時間経過とともに使用されなくなるという結果も得られた．知識DBが使用されなくなる原因としては，「全ての労働者が作業に対して十分な知識を持つ」状況が要因であることが示唆された．労働者が十分な知識を持つことにより，知識DBを用いなくても暫くは作業が可能になり，知識DBの利用頻度が低下する．その結果，知識DBは更新されず，保存されている知識が陳腐化することで，利用されなくなっていく．そこで，ナレッジマネージャを導入することで，知識DBの利用者数を増加させることに成功した．次に(3)として，2007年問題を提案モデルによって表現するとともに，その対策の効果をシミュレーションによって確認した．シミュレーション結果より，知識DB，ナレッジマネージャの導入が同問題に対して有効であることが示唆された．ここで示された結果は，実際にナレッジマネジメントを行なう上での指針になると考えられる．

本章で定義した知識共有モデルでは，労働者を表現したエージェントが，他のエージェントと知識を共有しながら作業を行うものとした．現実には，知識共有の相手は人間関係や組織構造に制限される．加えて，人間関係や組織構造は労働者の転退職等で変化していく．企業内の人員には，常用雇用者だけでなく，派遣社員，契約社員に代表される非正規雇用者も含まれており，知識共有のための関係は短期間で変化していく．よって，そのような状況下においても有効なナレッジマネジメントを考える必要がある．また，本章で提案したナレッジマネジメントである知識DBやナレッジマネージャは，導入や維持管理にコストが必要になる．現実にはコスト制約等の面から，このようなDB導入が困難な

場合もある。そこで、知識 DB を用いず、組織構造や人員調整を工夫することで知識共有を促進するナレッジマネジメントの提案が望まれる。そこで次章では、人間関係および組織構造を考慮したナレッジマネジメントを考える。特に、短期間で企業内への出入りを繰り返す派遣社員を取り上げ、コストパフォーマンスを高めるナレッジマネジメントを提案する。

第 3 章

コスト制約下における人員調整手法

3.1 コスト制約と人員調整

アメリカで起きたサブプライム問題に端を発して、2009 年時点において日本は 100 年に一度とも言われる不況に見舞われている。この不況により、コスト削減を目的とした派遣社員の雇用止めや、契約期間中か否かに関係なく派遣社員を一斉に解雇する「派遣切り」が問題になっている。厚生労働省が 2009 年 8 月時点で行った調査 [73] によれば、2008 年 10 月から 2009 年 9 月までの間に期間満了、あるいは解雇により契約が更新されず離職する派遣社員は全国で 140,086 人に上る。空前の不況の中では、このような措置はやむを得ないとされている。しかし、社会的、および人的資源保護の面から考えれば、作業量の調整等による人員調整を行い、企業内の人員を保護することが望ましい。そこで、派遣社員の雇用維持、コスト削減および作業効率低下の抑制を目的としたマネジメントが必要となる。

本来、派遣社員は雇用調整やコスト削減のために雇用されており、不況下においては人員削減の対象になりやすい。ただし、コスト削減を目的とした派遣社員の一斉解雇は、一度に多くの失業者を生み出すなど社会的に多くの問題をはらんでいる。同時に、人的資源である派遣社員を一斉解雇することで、企業の競争力が低下する可能性がある。一般に、派遣社員は習熟が容易な作業を担当する。しかし、2008 年度版「ものづくり白書」[74] によれば、雇用形態の多様化によって、派遣社員はものづくりにおける設計や開発に携わるようになってきている。すなわち、本来正社員が行う作業に対しても派遣社員が活用されるようになっており、派遣社員は企業にとって欠かせない人材となっている。そのため、不用意な派遣切りは企業の競争力低下につながる可能性がある。

その一方で、同白書によれば、派遣社員の雇用によって以下のような問題点が生じている。

- 正社員の現場管理の負担が増した
- 非正社員・外部人材の欠勤・離職に対する対応が増した

これらの問題は、組織内での知識共有に起因する。組織内での知識共有に関わる人材が一部の正社員に限定されることで、正社員の負荷が増大する。一般に、知識共有に関わる人材が限定された場合、知識が一箇所に集約され知識の管理が容易になる。しかし、過度の集約は、知識を持つ人物に大きな負荷がかかり、全体の作業効率低下につながる [75, 76]。

組織内での知識共有は、共同作業の経験、知人関係などから形成される人的ネットワーク上で行われる [77]。また、人的ネットワークの構造によって、企業組織のパフォーマンスが異なることが知られている [78, 79]。このようなネットワークは、知識共有により変化していく。すなわち、相手が情報源として信頼できるか否か、あるいは有用な知識を持つか否かにより動的にネットワークが変化する。加えて、派遣社員が企業を出入りする場合、人的ネットワークは短期間で変化していく。そのため、企業に残っている正社員に知識が集約され、正社員の負荷が増大する。そこで、派遣社員を考慮したマネジメントを行う場合、短期間で変化する人的ネットワーク上での知識共有を考える必要がある。

そこで本章では、人的ネットワーク上での知識共有に着目し、派遣社員による人的ネットワーク変化を考慮したマネジメント手法を提案する。ここでは、コスト制約により全社員の雇用が困難な状況下における、派遣社員の雇用維持および作業効率維持を目的とする。そこで、1人あたりの労働時間を削減しコストを抑制する「ワークシェアリング」の考え方を採用し、知識共有の観点から有効なワークシェアリングの実施手法を提案する。また、提案手法の有効性を、シミュレーションにより評価する。なお、本章では、知識の体得に必要なコストや知識の種類は考慮せず、全ての知識を、作業に必要な「情報」として扱う。知識と情報の関係を定義した DIKW モデル [7] によれば、知識と情報の違いは理解度の差である。そのため、理解に要する時間を考慮しなければ、知識と情報は同様に扱うことができると考えられる。本章では、知識獲得手段として、他者との知識共有のみを考える。これにより、知識獲得手段ごとに必要な時間の差異を無視できる。すなわち、知識を情報として扱うことができる。そして、第2章で提案したモデルとは異なり、知識を得る手段を他者との知識共有に限定したモデルを提案する。タスク処理では単一の情報のみを必要とし、各エージェントは情報の有無のみを考えるモデルを提案する。そして、「派遣社員による人的ネットワーク変化を考慮した情報共有問題」を「動的なネットワーク上での情報共有問題」と捉えることで、ネットワークモデルを用いたシミュレーションを行う。

本章は次のように構成される。まず、3.2 節で「動的なネットワーク上での情報共有問題」を扱うネットワークモデルを提案し、3.3 節で提案モデルの感度分析を行う。そして、3.4 節でワークシェアリング実施手法を提案し、シミュレーションにより評価する。最後

表 3.1 現実の企業組織と情報共有モデルの対応

現実の企業組織	シミュレーション
派遣社員	一時ノード
正社員	常駐ノード
人間関係	リンク
人件費, 雇用コスト	コスト
作業内容	タスク

に 3.5 節で本章の議論をまとめる。

3.2 動的なネットワーク上での情報共有問題

3.2.1 概要

現実の企業組織では、社員は自分が所持する知識・情報を用いて作業する。また、業務上必要な知識・情報は、それらを所持する人との情報共有によって得られる。企業内の情報共有では、人間関係等のインフォーマルな関係が影響する。そこで、社員をエージェントとしたエージェントベースモデルを提案する。本章では特に、エージェントをノード、社員間の人間関係をリンクとしたネットワーク上での情報共有モデルを提案する。現実の組織と提案モデルの対応関係を表 3.1 に示す。なお、表中の一時ノードとはネットワークを一定確率で出入りするノード、常駐ノードとはネットワークに常に存在するノードである。また、一時ノード、常駐ノードのそれぞれに、維持に必要なコストを定義することで、派遣社員、正社員で人件費や雇用コストが異なることを表現する。タスクは各ノードに一つずつ与えられる作業であり、処理には特定種類の情報が必要となる。これにより、企業の業務が情報を用いて処理される状況表現する。

各ノードはタスク処理に必要な情報をリンクを介して共有する。これは、人的ネットワークを通じた情報共有を表現する。また、情報共有が生じた場合、ネットワーク構造が動的に変化していく。これは、情報の入手源として、信頼関係を構築していく状況を表現する。

本章ではワークシェアリングが企業全体の作業効率に与える影響を評価するために、提案モデルを用いてコストに対するタスク処理効率、すなわちコストパフォーマンスを評価する。

3.2.2 情報共有問題のモデル化

まず、本章で扱う情報共有問題を形式的に定義する。ネットワーク上のノード（エージェント）の集合 A を次式で定義する。

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_N\} \quad (3.1)$$

なお、 N はネットワークに存在するノードの総数である。ノード間には 3.2.3 節で述べる基準に従ってリンクが生成される。また、各ノード a_i はコスト w_i 、情報の集合 B_i 、タスク Ω_i を持つ。

ノード a_i のコスト w_i はランニングコストであり、ノード a_i がタスク処理、情報共有を行うために必要となる。

本モデルで扱う情報の集合 B を次式によって定義する。

$$B = \{b_1, b_2, \dots, b_M\} \quad (3.2)$$

なお、 M はタスク処理で要求される情報の総数である。そして、ノード a_i が所持する情報の集合を所持情報集合 $B_i \subseteq B$ とする。ここで、 B の各要素はタスク処理で要求される情報の最小単位とし、それぞれ独立であり関連はないものとする。

タスク Ω_i は、そのタスク処理に必要な単一の情報を持つ。タスク処理に必要な情報を要求情報と呼び、 $b_k (\in B)$ で表す ($k = 1, 2, \dots, M$)。ただし、 b_k はタスクごとに異なる。もし、 $b_k \in B_i$ であれば、ノード a_i はタスクの処理に成功する。そうでなければ、 b_k を持つノードとの間で情報を共有する。

なお、一般に、知人関係や仕事上のつきあいを通じて情報を入手する場合、情報源としては主に以下の二通りが考えられる。

- 直接関係のある人物
- 直接関係のある相手から紹介された人物

そこで本モデルにおいても、各ノードはネットワーク上で距離 2 以内に存在するノードとのみ情報を共有できるものとする。ここで、ネットワーク上の距離とは、あるノードから別のノードへの経路上にあるリンクの数とする。

図 3.1 に、提案するネットワークモデルの例を示す。図 3.1 は、ノード a_1 を中心としたネットワークであり、 a_1, a_4 がそれぞれ所持情報集合 $B_1 = \{b_1, b_5, b_{10}\}$ 、 $B_4 = \{b_2, b_{10}\}$ を持つ状態を表現している。

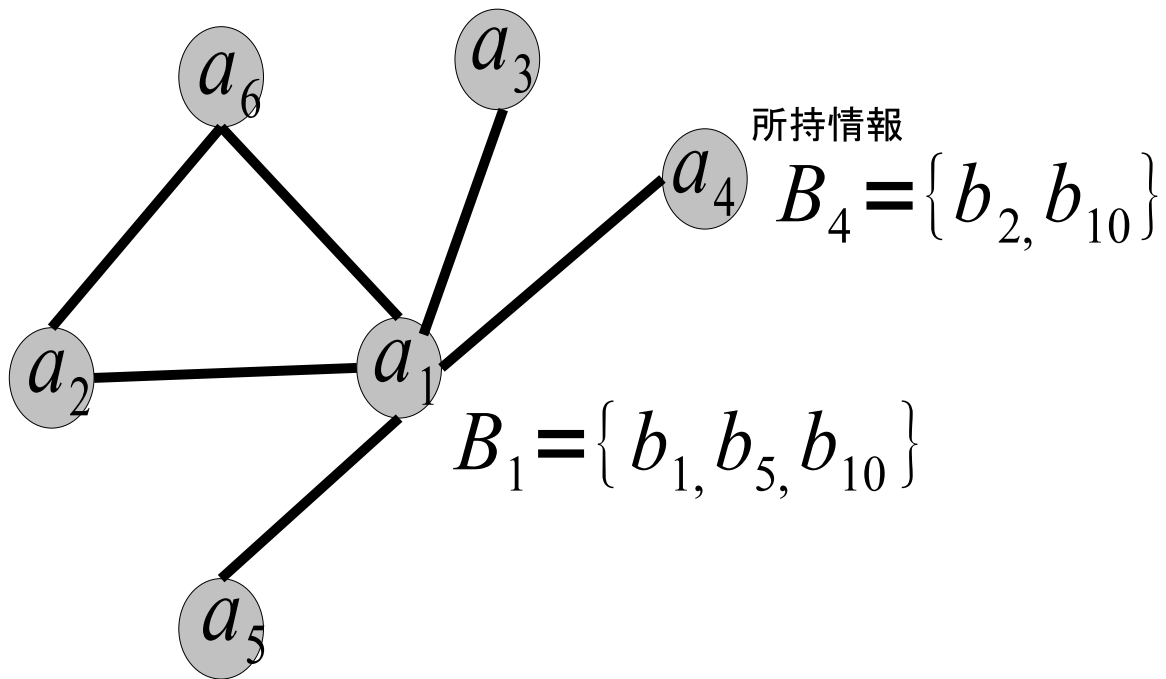


図 3.1 情報共有モデルのネットワーク図 (概要)

3.2.3 ネットワークの構築

本モデルでは、あるノードが他のノードとの間で情報共有を行った相対頻度を用いて、ネットワークを構築する。

あるノード a_i で情報が必要となり、ノード $a_j (j \neq i)$ と情報共有を行った回数を Q_{ij} とする。このとき、情報共有を行った相対頻度 F_{ij} を、次式に従って算出する。

$$F_{ij} = \frac{Q_{ij}}{\sum_{k=1}^N Q_{ik}} \quad (3.3)$$

ただし、 $\sum_{k=1}^N Q_{ik} = 0$ の場合、 $F_{ij} = 0$ とする。そして、以下の条件を満たす a_i, a_j 間に、リンクを生成する。

$$\frac{F_{ij} + F_{ji}}{2} > \theta \quad (3.4)$$

ここで、 θ はリンク生成の基準となる閾値であり、 $[0, 1]$ の実数である。以降、 θ をリンク閾値と呼ぶ。

図 3.2 に、提案モデルによるネットワークの例を示す。図では、 $\theta = 0.1$ の場合における、 a_1 と他のノードとのリンクの有無を示している。ノード a_1, a_2 間では $(F_{12} + F_{21})/2 = 0.15 > \theta$ となり、リンクが存在している。逆に、 a_1, a_3 間では $(F_{13} + F_{31})/2 = 0.075 < \theta$ となり、リンクが存在しない。

$$\theta = 0.1$$

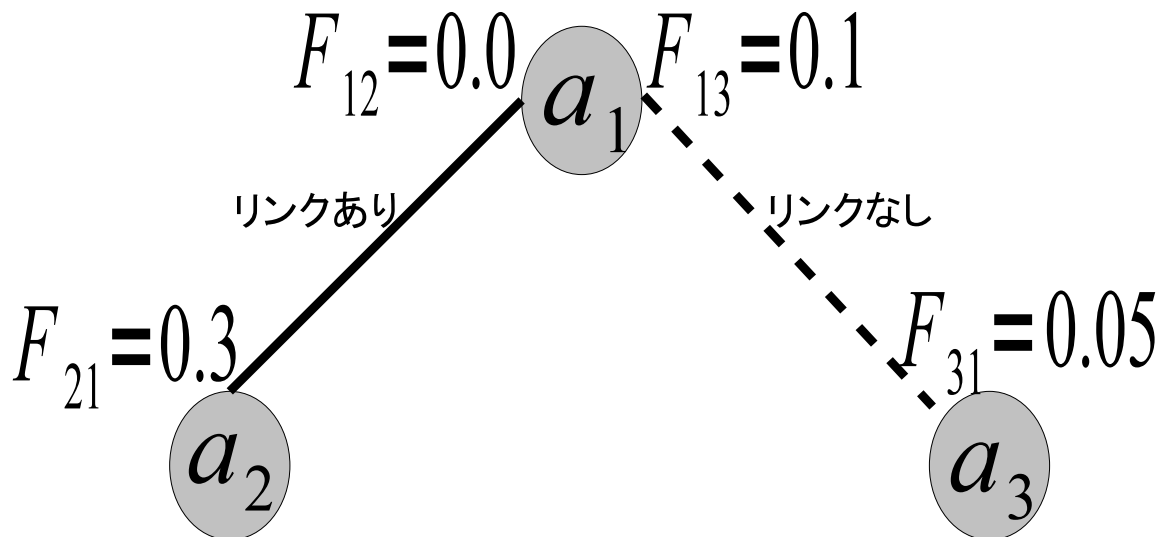


図 3.2 閾値によるリンクの有無の例 (a_1 を中心とした場合)

このように，式 (3.4) を満たす全てのノード間にリンクを生成することで，ネットワークを構築する．

3.2.4 シミュレーションの流れ

提案モデルにおける 1 ステップの流れを以下に示す．

- (1) 新規タスクの生成
- (2) 必要な情報共有の発生
- (3) ノードの情報喪失
- (4) 一時ノードの削除・導入
- (5) ネットワークの更新

以下，それぞれの詳細を述べる．

(1) 新規タスクの生成

各ノードに対して一つずつ新規タスクを生成する．このとき，要求情報 b_k は B の要素から無作為に一つ選択される．

(2) 必要な情報共有の発生

ノード間で情報共有を行う。各ノードは要求情報 b_k を所持していない場合、距離が2以内かつ b_k を所持するノードを選択し情報の取得を試みる。このとき、情報 b_k を所持するノードを情報提供ノード、情報提供ノード以外で経路上に存在するノードを仲介ノードと呼ぶ。なお、情報提供ノードは可能な限り距離が近いノードから選択される。また、一般に、情報共有には時間的コストが必要となる。そこで、1ステップにおいて、あるノードから仲介ノード、情報提供ノードとして選択されたノードは、他のノードからは仲介ノード、情報提供ノードとして選択不可とする。

情報共有が行われた場合、 Q_{ij} を更新する。情報取得を試みたノードを a_i とした場合、情報提供ノード a_j および仲介ノード a_l に対して Q_{ij} , Q_{il} を更新する。そして、 a_i の所持情報 B_i に要求情報 b_k を追加する。隣接ノード、および距離が2のノードとの情報共有の例を図3.3に示す。図3.3(a)では、 a_1, a_2 間での情報共有により Q_{12} が更新される。また、図3.3(b)では、 a_1, a_3 が a_2 を仲介ノードとして情報共有を行った結果、 Q_{12}, Q_{13} が更新され、 a_1, a_3 間にリンクが生成されている。

(3) ノードの情報喪失

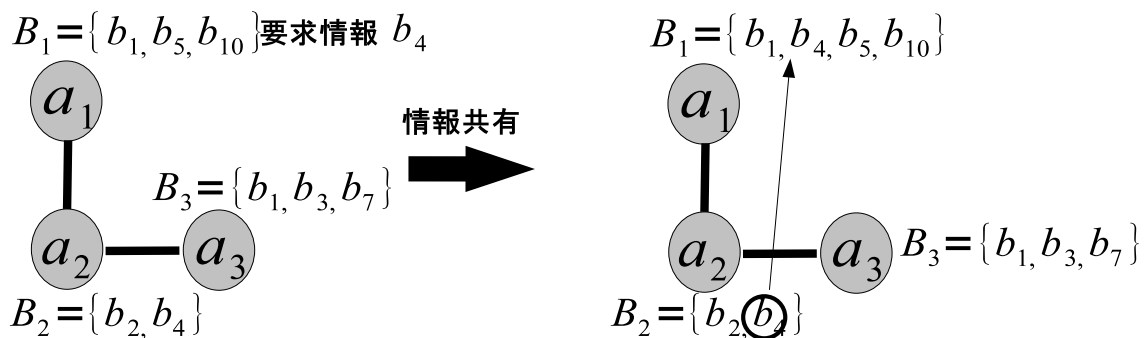
各ノードが情報喪失の判定を行う。各ノードごとに、情報喪失の対象となる情報 $b_f \in B (f = 1, 2, \dots, M)$ がランダムに選択される。もし、 $b_f \in B_i$ であれば、ノード a_i は情報 b_f を失う。これは、人間の忘却や技術情報の陳腐化を表している。

(4) 一時ノードの削除・導入

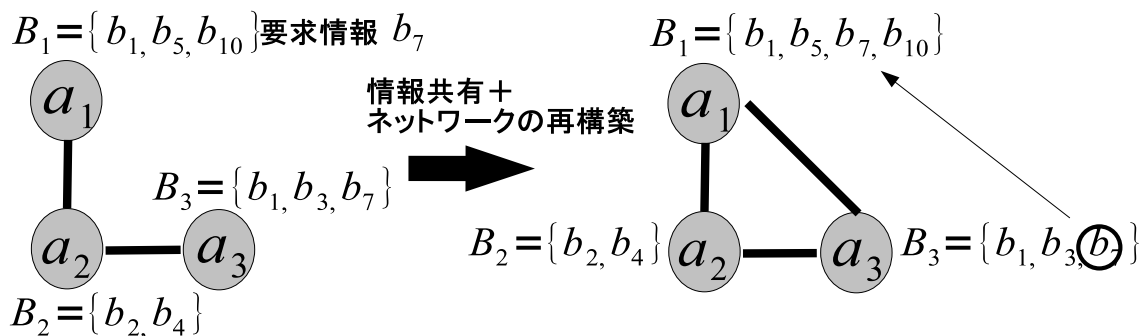
一定確率でネットワークから一時ノードを取り除く。この確率をノード交換確率 λ とする。一時ノードが取り除かれた場合、新たな一時ノードをネットワークに加える。新たな一時ノードは、取り除かれた一時ノードが隣接していた常駐ノードの一つと接続されるものとする。もし、そのような常駐ノードが存在しない場合は、ネットワーク中の常駐ノードを無作為に一つ選択し、そのノードとのリンクを作成する。これは、派遣社員が正社員の指導・管理下に置かれることを表している。

(5) ネットワークの更新

更新された Q_{ij} を用いてネットワークを再構築する。



(a) 隣接ノード間



(b) 距離 2 のノード間

図 3.3 ノード間の情報共有

3.3 パラメータの影響

目的およびシミュレーション設定

本節では提案モデルのパラメータが情報共有に与える影響を分析することで、提案モデルの感度分析を行う。感度分析を行うことにより、以降のシミュレーションにおけるパラメータ設定を検討する。

本シミュレーションで用いるパラメータおよびシミュレーション設定を表 3.2 に示す。なお、本シミュレーションでは、現実における中小企業程度の規模を想定し、ノード数は 200 で固定とする。また、ネットワーク中の全てノードを常駐ノードとする。シミュレーションにおける 1 ステップを現実の半日程度と想定し、1000 ステップの思考を 20 回行った平均を結果とする。シミュレーション開始時に常駐ノードが持つ情報を制御するパラ

表 3.2 情報共有モデルのパラメータおよびシミュレーション設定

パラメータ名	値
ノード数 N	200
ステップ数 T	1000
初期情報所持率 μ	0.1, 0.4, 0.7, 1.0
情報の総数 M	10, 30, 50
リンク閾値 θ	0.01, 0.05, 0.1

メータとして初期情報所持率 μ を定義する．すなわち，ノード a_i は各情報 b_j をそれぞれ確率 μ で所持する．

また，各タスクの要求情報は無作為に決定される．本モデルではリンクが存在しない状態では情報共有が行われなため，初期ネットワークとして，ノード a_i が持つ重み Q_{ij} の初期値を 0 または 1 に設定した．ただし，次数 0 のノードが発生しないようにした．

本シミュレーションではパラメータが情報共有に与える影響を分析するため，評価値として平均情報所持率を定義する．平均情報所持率は，各ノードが持つ情報の数を情報の総数 M で割り，全ノードで平均した値である．

また，生成されるネットワークがどのような特性を持つかを分析する．なお，ネットワーク分析の指標としては，クラスタ係数 C と平均経路長 L を用いる．

クラスタ係数 C とは，ネットワークの局所的な凝集性を測る指標であり，次式によって定義される [28] ．

$$C = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{2E_i}{k_i(k_i - 1)} \quad (3.5)$$

なお， k_i はノード a_i に接続されているリンクの数， a_i はノード a_i の隣接ノード間に存在するリンクの数である．

平均経路長 L はネットワーク上における任意のノード間の経路長を平均した値である [28] ．ここで任意のノード間の経路長は，それらを結ぶ最短経路上に存在するリンクの数として定義される．ノード a_i, a_j の間の経路長を L_{ij} とすると，平均経路長は次式で定義される．

$$L = \frac{2}{N(N-1)} \sum_{i>j} L_{ij} \quad (3.6)$$

シミュレーション結果

表 3.3 に，リンク閾値 θ ，初期情報所持率 μ ，情報の総数 M をそれぞれ変化させた場

表 3.3 パラメータごとの平均情報所持率

θ	μ	$M = 10$	$M = 30$	$M = 50$
0.01	0.1	0.462	0.484	0.491
	0.4	0.459	0.481	0.485
	0.7	0.456	0.476	0.482
	1.0	0.455	0.477	0.481
0.05	0.1	0.406	0.439	0.446
	0.4	0.399	0.424	0.432
	0.7	0.390	0.415	0.417
	1.0	0.388	0.411	0.412
0.1	0.1	0.312	0.345	0.355
	0.4	0.308	0.344	0.350
	0.7	0.309	0.336	0.335
	1.0	0.297	0.319	0.322

合の平均情報所持率を示す．また，図 3.4 に情報の総数 $M = 30$ ， $\theta = 0.05$ の場合における平均所持情報率の時系列変化を示す．なお，ここでは変化の大きい 250 ステップまでを示す．

表 3.3 より，どのパラメータの場合でも平均情報所持率は 0.3 ～ 0.5 程度に収束していることがわかる．また図 3.4 より，収束の速さも初期情報所持率 μ に依存していないことがわかる．

本モデルでは，あるノードの所持する情報の数が多い場合，そのノードが情報喪失する確率は高くなる．また，所持する情報の数が少ない場合は，要求情報を所持していない可能性が高くなるため情報共有の必要性が高くなる．すなわち，1 ステップにおける所持情報の増減はその時点で所持する情報の数に依存すると言える．このように，所持する情報の数が多い場合は情報を喪失する可能性が高く，所持する情報の数が少ない場合は情報共有が行われる可能性が高いため，時間経過とともに平均情報所持率が一定値に収束したと考えられる．

また，ノード間で情報が共有されるか否かは，あるノードが必要とした情報を所持しているノードが距離 2 以下に存在するか否か，すなわち構築されるネットワークの構造に依存する．よって，表 3.3 が示すように，収束する値はリンク閾値 θ ごとに異なると考えられる．

以上より，本モデルは初期情報所持率 μ の初期値に対する依存性は無いと言える．ま

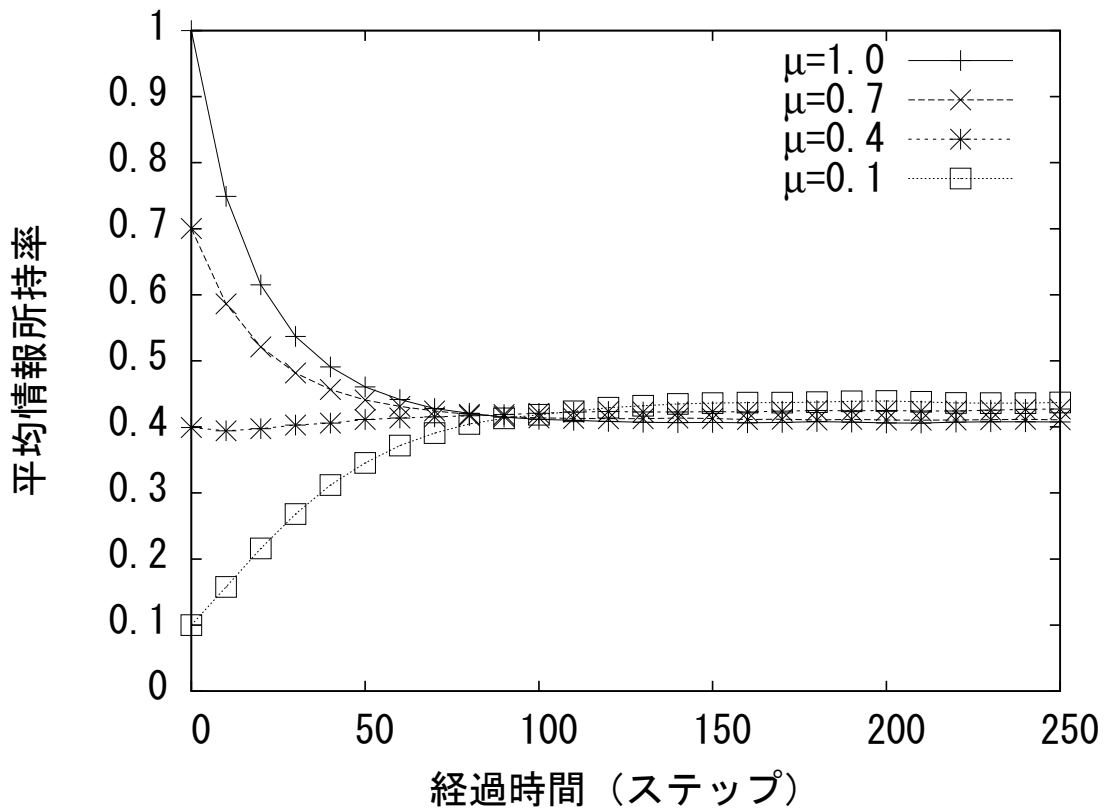


図 3.4 平均情報所持率の推移 ($M = 30, \theta = 0.05$)

表 3.4 生成されたネットワークの特性

	リンク数	L	C
提案モデル	543	4.03	0.395
一次元格子	600	17.0	0.600
ランダムグラフ	550	4.95	0.0278

た、リンク閾値 θ 、情報の総数 M に関しても、収束する値は異なるが、他の設定に関わらず一定の値に収束するという傾向が観察された。なお、図 3.4 より、 $\mu = 0.4$ の場合、初期値と収束値の差がほとんど無いことがわかる。そこで、以降のシミュレーションでは、初期値の影響が少なくなるよう、 $\mu = 0.4, \theta = 0.05, M = 30$ を用いる。

次に、提案モデルで生成されたネットワークを評価する。表 3.4 に、提案モデルによって生成されたネットワークの特性を示す。なお、比較のため、一次元格子およびランダムグラフそれぞれの、同程度の規模における特性を併せて示す。表 3.4 より、提案モデルによって生成されたネットワークは、同規模のランダムグラフよりクラスタ係数 C が高く、

また，同規模の一次元格子より平均経路長 L が短いことがわかる．このような，短い平均経路長と高いクラスタ係数を持つネットワークはスモールワールドネットワークと呼ばれている [28]．友人関係や，論文の共著関係等の社会的なつながりは，スモールワールドネットワークであると言われている [80, 81]．また，鷲田は，アイデアの伝播を調べる過程で，ある企業における新入社員のつながりにも同様のクラスタ構造を存在することを発見している [57]．提案モデルでは，社会的なつながりである紐帯をリンクと想定している．そのため，提案モデルにより生成されるネットワークがスモールワールドネットワークの特性を持つのは妥当と言える．以上より，提案モデルが情報伝播に利用される人間関係の特性を表現可能なことが示唆された．

3.4 コスト制約下における人員調整

3.4.1 コスト制約とコストパフォーマンス

本節ではコスト制約が存在する状況下で，コストパフォーマンスを維持する手法について提案する．特に，コスト制約が変動する場合を扱う．通常，人や計算機がタスク処理を行う場合，人件費や電力などのランニングコストが必要であるが，それらに対する予算制約も存在している．

予算制約は景気を含め様々な要因で変動する．そのため，予算制約が強化され，現状の設備の維持・管理が困難になった場合の対処法が重要となる．また，予算制約が強化された時の対処だけでなく，予算制約が解除された時に，以前と同様のコストパフォーマンスが得られるように対処する必要がある．

そこで，一時的にコスト制約が強化される状況を考える．すなわち，2008年に発生した不況のように，景気の良い状況から一気に大不況に陥る状況を考える．また，一定期間後に景気が回復すると想定し，予算制約が解除されると想定する．このような状況を表現するために，次のようなコスト制約を含んだシナリオを考える．

- (1) あるコスト制約 (コスト = C_H) でシミュレーションを開始
- (2) コスト制約を強化し (コスト = $C_L < C_H$)，提案手法を適用
- (3) コスト制約を解除し (コスト = C_H)，以前の状態に戻す

ここで， C_H ， C_L は制約を受けたコストである．コスト制約の推移を図 3.5 に示す．図 3.5 中の番号がそれぞれ上記シナリオの番号に対応する．ここで，コスト削減率 h を C_H ， C_L を用いて次式のように定義する．

$$h = \frac{C_H - C_L}{C_H} \quad (3.7)$$

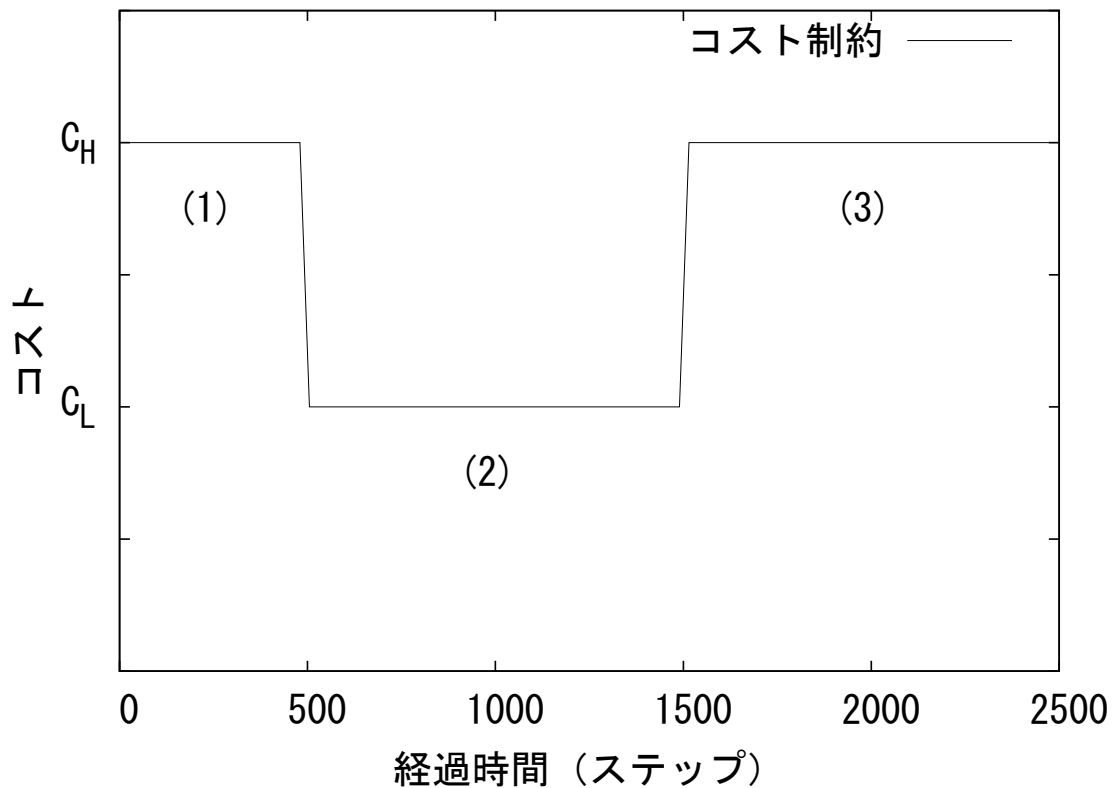


図 3.5 コスト制約の推移

本シミュレーションでは図 3.5 のコスト制約を満たしつつ、コストパフォーマンスを維持する手法を提案し、評価する。また、コスト削減率 h による効果の差異を分析する。

評価指標

本節では、コスト制約が存在する状況下でのコストパフォーマンス維持手法の有効性を見るために、評価指標としてコストパフォーマンス維持率を以下に従って定義する。

まず、次の 2 つの値を定義する。

- コストパフォーマンス
- コストパフォーマンス基準値

コストパフォーマンスは、処理されたタスク数を総コストで割った値とする。コストパフォーマンス基準値は、コスト削減を行わず、かつ全てのタスク処理に成功した場合のコストパフォーマンスの値とする。コストパフォーマンス維持率は、コストパフォーマンス基準値と実際のコストパフォーマンスの比として算出される。以下、それぞれの算出方法について詳述する。

あるステップ t のコストパフォーマンス P_t を次式によって定義する．

$$P_t = \frac{\text{ステップ } t \text{ で処理に成功したタスク数}}{\sum_{a_i \in A_t} w_i} \quad (3.8)$$

なお， A_t はステップ t でネットワーク中に存在し，かつタスク処理を行ったノードの集合である．すなわち，分母はステップ t において必要な総コストである．

次に，1 ステップのコストパフォーマンス基準値 P^* を次式によって算出する．

$$P^* = \frac{N}{\sum_{a_i \in A_0} w_i} \quad (3.9)$$

分子をノード数 N とすることで，全てのノードがタスク処理に成功した状態を表す．また，コスト削減を行わない状態での総コストは，シミュレーション開始状態と同等である．よって，分母はシミュレーション開始時の総コストとなっている．

そして，コストパフォーマンス維持率 E_t を次式によって算出する．

$$E_t = \frac{P_t}{P^*} \quad (3.10)$$

また，シミュレーション期間におけるコストパフォーマンス維持率の平均値として平均コストパフォーマンス維持率 E を次式によって算出する．

$$E = \frac{\sum_{t=1}^T E_t}{T} \quad (3.11)$$

なお， T はシミュレーションのステップ数である．

3.4.2 コストパフォーマンス維持手法

手法概要

コスト制約が強化される状況でコストパフォーマンスを維持するためには，コスト削減を適切に行う必要がある．そこで本シミュレーションでは，コストパフォーマンス維持手法として以下の2種類のコスト削減手法を比較する．

- 一時ノードの削除
- ノードの休止

一時ノードの削除は，一定数の一時ノードをネットワークから削除することでコスト削減を行う．コスト制約を解除した時点で，削除した数の一時ノードをネットワークに加える．

ノードの休止では，一定割合のノードを休止状態とする．休止状態となったノードは，タスクの処理を行わず，コストが不要となる．また，休止状態のノードを利用した情報共

有は行われぬ。休止対象となるノードは、1ステップごとに一定の基準に従って選択される。なお、一時ノード、常駐ノードのどちらも休止の対象になるものとする。

休止ノードの選択基準

コストパフォーマンス維持を目的とする場合、必要な時に必要な情報が共有可能になっていることが重要となる。そこで、情報提供ノード、仲介ノードになりにくいノード、すなわち情報共有において重要でないノードを休止対象とすることを考える。ただし、あるノードが情報共有において重要かどうかはネットワーク構造や各ノードの状態に依存するため、一概に判断できない。

そこで、あるノードが重要かどうかを、周囲のノードへの影響力とみなす。周囲のノードへの影響力を判断する指標として、中心性を用いる [18]。ここでは、休止対象ノードの選定方法として、2種類の中心性を含めた以下の3種類を用いる。

- 近接中心性が低い順に選択（以降、低近接選択）
- 媒介中心性の低い順に選択（以降、低媒介選択）
- ランダム選択

なお、ランダム選択は比較基準として用いる。

近接中心性とは、あるノードがそれ以外のノードに対してどれだけ近いかを構造的に測る指標である [82]。近接中心性が高いノードとは、どのノードとも距離が近いノードを指す。近接中心性 D_c は次式によって算出される。

$$D_c(a_i) = \frac{N-1}{s(a_i)} \quad (3.12)$$

ここで、 $s(a_i)$ は他のノードへの最短経路長の和である。なお、ノード間に経路が存在しない場合、そのノード間の最短経路長はネットワーク全体のノード数と一致させた。

媒介中心性は、あるノードにおける情報の流通量を測る指標である。媒介中心性 D_b は、次式によって算出される [83]。

$$D_b(a_i) = \sum_{j \neq i, i \neq k, j \neq k} \frac{\sigma_{jk}(a_i)}{\sigma_{jk}} \quad (3.13)$$

ここで、 σ_{jk} はノード a_j から他のノード a_k への最短経路の本数、 $\sigma_{jk}(a_i)$ はノード a_j から a_k への最短経路の中でノード a_i を通る本数である。

また、休止対象となるノードは、可能な限り連続で選択されないものとする。低近接選択、低媒介選択でノード休止を行う場合、コスト削減による休止ノード数を最小限にするため、上記基準に加えて常駐ノードを優先して選択するものとした。

表 3.5 パラメータおよびシミュレーション設定

パラメータ名	値
ノード数 N	200
ステップ数 T	2500
初期情報所持率 μ_w	0.2
一時ノード割合 R_w	0.4, 0.8
ノード交換確率 λ	0.005
コスト (一時ノード)	0.5
コスト (常駐ノード)	1

3.4.3 比較シミュレーション

シミュレーション設定

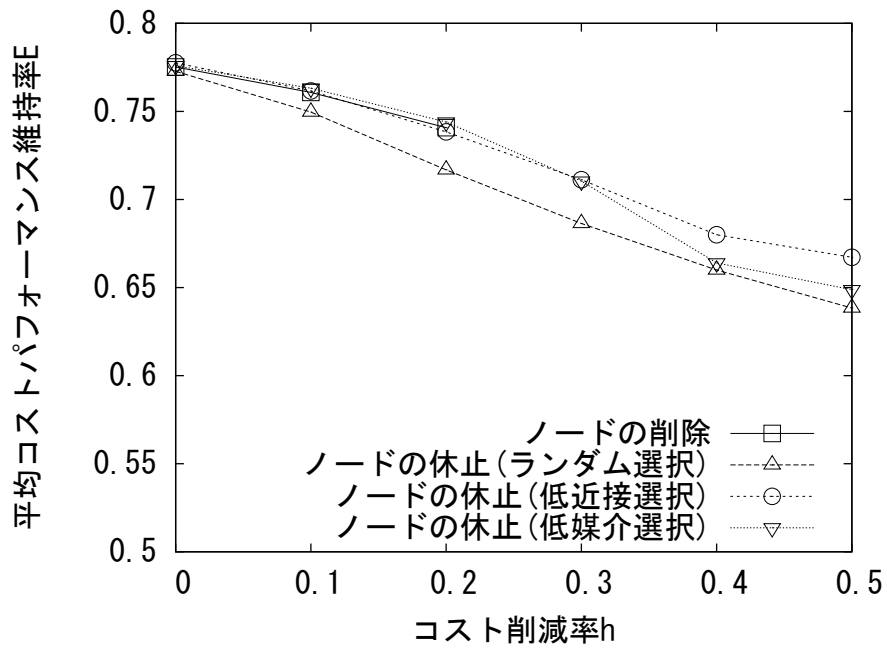
本シミュレーションのパラメータ値を表 3.5 に示す。なお、一時ノード割合 R_w は、ネットワークの中で一時ノードが占める割合である。コスト制約 C_H は、(a) 一時ノードが少ない場合 ($C_H = 160, R_w = 0.4$) と (b) 多い場合 ($C_H = 120, R_w = 0.8$) の2種類を設定する。コスト削減率 h は、最大で半分程度とし、0~0.5 まで 0.1 ずつ変化させる。また、一時ノードの所持情報は初期情報所持率 μ_w に従って決定される。なお、 μ_w は常駐ノードの初期情報所持率 μ よりも小さくなるよう設定した。

シミュレーション結果

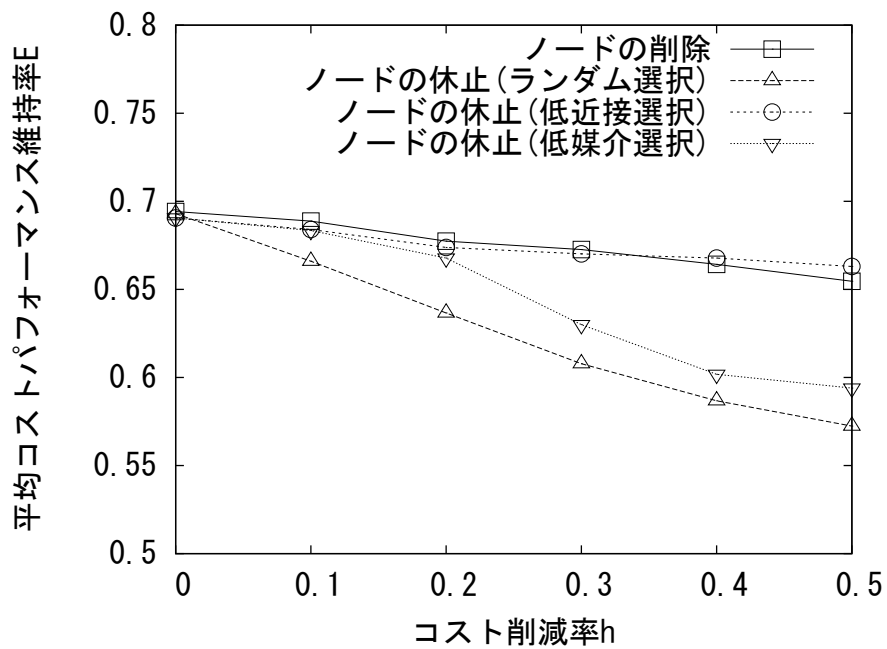
図 3.6(a), 3.6(b) に、一時ノード割合が (a) 小さい場合 ($R_w = 0.4$), (b) 大きい場合 ($R_w = 0.8$) それぞれにおける平均コストパフォーマンス維持率を示す。なお、「一時ノードの削除」によって削減できるコストは、削除できる一時ノード数、すなわちネットワーク中の一時ノード割合によって決定される。そのため、一時ノード割合が小さい場合 (図 3.6(a), $R_w = 0.4$) では、一時ノードの削除は $h = 0.2$ までのプロットとなっている。

まず (a) 一時ノード割合が小さい場合について述べる。この場合は、ランダム選択によるノードの休止の平均コストパフォーマンス維持率が低い。また、低媒介選択によるノードの休止はコスト削減率 h が大きくなるとランダム選択と同等になってしまう。以上より、一時ノード割合が小さい場合、低近接選択によるノードの休止およびノードの削除が有効であると言える。

次に (b) 一時ノード割合が大きい場合について述べる。この場合、低近接選択による



(a) $R_w = 0.4$



(b) $R_w = 0.8$

図 3.6 平均コストパフォーマンス維持率

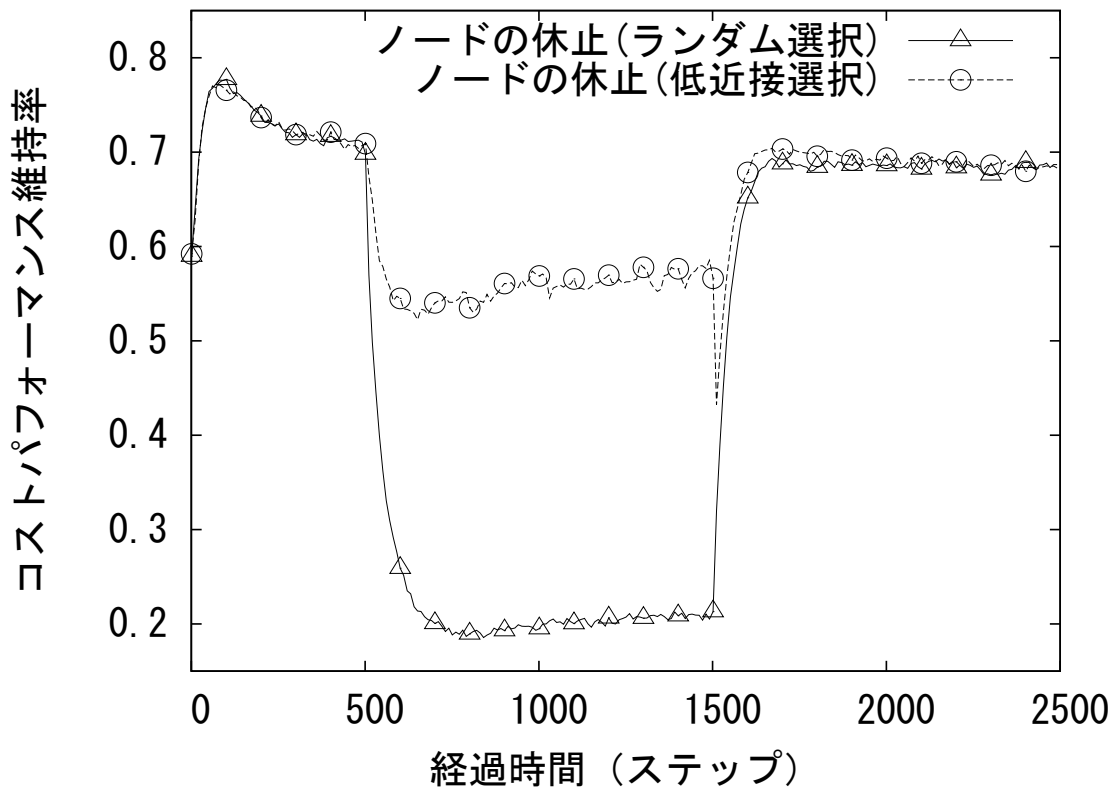


図 3.7 コストパフォーマンス維持率の時系列変化 ($R_w = 0.8$)

ノードの休止を行うことで平均コストパフォーマンス維持率が最大となっている。また、(a) 一時ノード割合が小さい場合と同様に、ランダム選択によるノードの休止の平均コストパフォーマンス維持率が最も低くなっている。以上により、一時ノード割合が大きい場合、低近接選択によるノードの休止が有効であると言える。

以上により、コスト削減手法としては低近接選択によるノードの休止が有効であることがわかる。ここで、一時ノード割合 $R_w = 0.8$ 、コスト削減率 $h = 0.5$ における、コストパフォーマンス維持率の時系列変化を図 3.7 に示す。なお、図 3.7 には、コストパフォーマンス維持率の差が最も大きくなったランダム選択によるノードの休止と、低近接選択によるノードの休止のみプロットした。

図 3.7 より、低近接選択によるノードの休止はランダム選択によるノードの休止に比べ、全期間を通じてコストパフォーマンスの減少を抑えていることがわかる。特に、ランダム選択によるノードの休止を行った場合、コストパフォーマンス維持率が 0.2 程度となるが、低近接選択によるノードの休止では 0.5~0.6 となっている。これは、コスト削減の無い、理想的な状態におけるコストパフォーマンスの 5~6 割程度を維持できていることを示している。以上により、時系列変化からも低近接選択によるノードの休止が有効であ

表 3.6 雇用形態ごとの 1 人 1 ヶ月平均労働費用（平成 18 年度 就労条件総合調査より 単位：円）

	常用雇用者	派遣社員
全体平均	462,329	231,697
平均（100 人～299 人）	382,702	201,599

ることが確認された。

ここで、低近接選択によるノードの休止が、コストパフォーマンスの維持に有効であった理由を考察する。情報共有においては、他のノードから近い距離に存在するノード、すなわち近接中心性が高いノードが重要であることが考えられる。情報共有を行う場合、必要な情報を所持するノードが 2 ステップ以内にいることが重要である。近接中心性の高いノードは他のノードからの距離が近く、2 ステップ以内に存在するノード数も多い。そのため、近接中心性の高いノードは情報共有に利用されやすい。以上より、近接中心性の高いノードを休止の対象としないことで情報共有の阻害を抑えられたと考えられる。

また、同様の理由により、休止ノードの選択基準として近接中心性が媒介中心性より適切であったと考えられる。媒介中心性の高いノードを考えた場合、必ずしも他のノードが 2 ステップ以内に多く存在するとは限らない。媒介中心性は最短経路を用いて算出されるため、主にクラスタ間を連結するノードが高い値となる。クラスタ内部に十分な情報が存在する場合、クラスタ間を連結するノードの重要性は低くなる。その結果、低媒介選択によるノードの休止では、コストパフォーマンスの低下を抑えられなかったものと考えられる。

3.4.4 コスト制約下における適切な人員調整手法

本シミュレーションにおける一時ノードの削除を「派遣切り」、ノードの休止を「ワークシェアリング」と考えると、本シミュレーションの結果は、組織内の情報共有の効率維持において、有効なワークシェアリング実施手法を示している。すなわち、本シミュレーションの結果は、情報共有の観点から考えた場合、人的ネットワーク上における近接中心性を指標としてワークシェアリングを行うことで、派遣切りを行う必要がなくなることを示唆している。シミュレーションのシナリオとして用いたコスト制約の変動は昨今の大不況を示しており、各ノードのコスト比は正社員、派遣社員の平均労働費用の比に対応する。厚生労働省が平成 18 年度に行った就労条件総合調査によると、派遣社員に必要な費用は常用雇用者に必要な費用の半分程度となっている（表 3.6）。一時帰休や労働時間削減には休業補償が必要となるが、「中小企業緊急雇用安定助成金」[84]等を用いれば最大

9割まで国が補償するので今回は考えないものとした。以上より、本シミュレーションでは一時ノードのコストを常駐ノードのコストの半分として、現実の状況を表現した。

本シミュレーションの結果は、不況を乗り切る対策である派遣切り、ワークシェアリングそれぞれの、情報共有の効率維持に対する効果を示している。本シミュレーションの結果、ワークシェアリングの方法によってはコストパフォーマンスを大きく低下させてしまうことが確認された(図3.6)。また、近接中心性が低いノードを優先的に休止させることにより、派遣切りと同等のコストパフォーマンスが得られることが確認された。

ここで、現実において近接中心性が高い人材とはどのようなものかについて考える。あるノードの近接中心性は、自分以外のノードへの平均距離が近ければ高くなる。今回対象としているネットワークは情報共有によって構築される人的ネットワークであり、組織構造とは異なったネットワーク構造になる[77,85]。すなわち、近接中心性の高い人材とは、様々な職場を経験して人脈を構築してきたジェネラリストのような人材や、現場と経営層の橋渡しをする人材だと考えられる。ソフトウェア開発のようなプロジェクトを考えた場合、経営層と現場開発者達のどちらとも情報共有を行うプロジェクトマネージャ、あるいは中間管理職のような人材が近接中心性の高い人材であると考えられる。

ただし、低媒介選択によるノードの休止ではパフォーマンスが維持できなかったことから、他クラスタ(=プロジェクト等)との情報流通を担う人材よりも、各プロジェクト内における情報流通を担う人材がより重要になると考えられる。その理由として、ワークシェアリングにより情報共有の機会が減少し、個々人の情報共有における負荷が増加することから、他プロジェクトと情報共有を行うよりも、プロジェクト内で不足した情報の共有を優先する必要があったためと考えられる。

なお、先行研究において、媒介中心性の高い人材は部署間、プロジェクト間の情報共有を促進するために重要であるとされている[79,86]。しかし、本シミュレーションの結果は、先行研究と同様に情報共有を扱っていても、想定する状況が異なれば媒介中心性が適切な指標ではなくなることを示している。媒介中心性が高い人物は、必ずしもネットワークの中心に存在しないことに注意する必要がある。媒介中心性は最短経路として利用される割合から算出される。媒介中心性が高いノードでも、少数のリンクしか持たない場合や、他のノードから遠い位置に存在する場合がある。第3.2.2節で述べたように、現実に情報共有の対象となるのは、直接関係のある人物、あるいはその人物に紹介してもらった人物が中心であると考えられる。そのため、情報共有の効率を考えた場合、他者との距離が近い、すなわちネットワークの中心に存在するような人物が重要であると考えられる。特に、本シミュレーションのような、クラスタ内部での情報共有が優先されるべき状況では、低媒介選択より低近接選択の方が有効であると考えられる。

以上より、プロジェクト内における情報流通の中心人物がワークシェアリングの対象となるのを避けることで、派遣切りを行わずともコスト削減が可能であることが示唆さ

れた。

逆に、ランダム選択によるノードの休止は、コストパフォーマンスを大きく低下させてしまう。ランダム選択によるノードの休止は、全社員を対象として均等に休ませることに相当する。ワークシェアリングを行う人材を無作為に決定することで、コストが低下する反面、情報流通が阻害されることが示唆された。

以上、人的ネットワーク上での情報共有を考慮した場合、不況を乗り切る対策としては、派遣切りのような多くの問題がある対策ではなく、適切な基準でワークシェアリングを行うことが有効であるという示唆を得た。

3.5 まとめ

本章では、一定のコスト制約が存在する状況下で、コストパフォーマンスを維持する手法を提案した。特に、人的ネットワーク上での情報共有の効率が全体のパフォーマンスに直結する状況を想定し、派遣社員により人的ネットワークが変化する状況下で、情報共有を阻害しないワークシェアリング実施手法を提案した。

まず、企業内での情報共有を、動的なネットワークにおける情報共有問題と定義した。そして、情報共有によって動的に変化するネットワークモデルを提案した。提案モデルを用いて、派遣切りおよびワークシェアリングを比較分析した結果、人的ネットワークにおいて近接中心性が高い人材をワークシェアリングの対象から外すことで、コストパフォーマンスの低下を抑制できることが確認された。本章の結果は、派遣切りによってコスト削減を行っている昨今の状況に対して、情報共有の面において有効なワークシェアリング実施手法を示している。これは、派遣切りによって引き起こされる様々な問題を回避するための指針となりうる。

また、ワークシェアリングは、不況を乗り切る手段としてだけでなく、ワークライフバランス [87] のための労働時間調整手段として期待されている。しかし、シミュレーション結果が示唆するように、特に対象を考慮しない、無作為なワークシェアリングはコストパフォーマンスを大きく減少させる。そのため、ワークシェアリングの対象は慎重に選定する必要がある。本章の結果は、不況下に限らず、今後企業と労働者がワークライフバランスを求めていく上でも重要な指針になると考えられる。

なお、本章では情報共有の面から議論を行ったが、本章の結論は知識共有に関しても適用可能である。情報と知識の具体的な違いは、第1章で述べた通り、ある事柄についてより理解しているか否かである。すなわち、情報の共有も知識の共有も、習得や解釈に必要な時間が異なるだけで、同様に扱うことができる。以上より、本章で提案したワークシェアリング実施手法は、知識共有の効率維持においても有効であると考えられる。

ここまで、第2章、第3章では、知識・情報の共有に関して述べてきた。その前提とし

て、「知識・情報は多ければ多いほど良い」としている。しかし、現実には、知識・情報の内容や種類も重要となる。ある単一の事柄に対して膨大な知識を持つのと、幅広い知識を持つのでは役割や周囲への影響も異なると考えられる。特に、現代は情報が氾濫しており、個々人が様々な情報に接している。このような状況下において、有効な知識共有を行うためには、どのような人物が集団に対して影響力を持つかを考える必要がある。そこで次章では、情報が多様化した現代における、知識・情報の所持の仕方による個人の影響力の違いについて述べる。

第4章

情報の多様化に伴う 個人の影響力変化

4.1 膨大な知識がもたらす弊害

昨今、情報通信技術の発達により、一般生活者が日常的に入手しうる情報の量と種類が飛躍的に増加している。総務省の情報流通センサス [88] によれば、1996年から2006年の10年で、日本社会での選択可能情報量（全国の主要情報機器で一般生活者向けに発信された情報の量：ビット換算）は530倍、消費情報量（同、実際に受信された情報の量：ビット換算）は63倍に増加している。国際的にも同様のことが進行しており、Lymanらによれば、紙媒体や光学メディア等の様々な記録媒体に保存される新しい情報は、1999年から2002年の3年間で2倍に増加している [89]。わずか数年の間に、このような飛躍的な情報の量や種類の増加が発生した時代というのは、人類の歴史をふり返っても例は少なく、その意味で、きわめて特殊な時代を迎えていると考えられる。

世界的に情報量が増大している中、Friedman は世界の情報格差が縮まることで、影響力や意思決定力も均一化したと主張している [90]。これは、得られる情報の量や種類が増加すれば、それに比例して影響力や意思決定力を強化できるという論である。この論は、1960年代以降、国や組織だけではなく、個人の行動についても一般的に真だと論じられてきた。例えば Rogers は、様々な財や技術のイノベーションの普及過程を社会学的視点から仔細に研究し、共通パターンを導き出すことで、ユーザを新技術採用時期別に、5つの層に分化するモデルを構築した。その際、Rogers は、最初期に商品の採用するイノベータは、多くの情報を持ち、他者への影響力が大きいと考察している [53]。また、Merton [91] および Van den Bulte ら [92] は、普及過程におけるイノベータは「influentials」という社会的に影響力が大きい層であると定義している。さらに、Barabási は、WWW（ワールド・ワイド・ウェブ）のネットワークを大規模に調査し、非常に多数のリンクが集中す

る「情報ハブ」的ウェブサイトがごく少数存在しているという構造を発見し、同様の構造が人間社会にも存在すると主張した [93]。

しかし、保持・獲得している情報の量と種類が多いほうが、常に影響力や意思決定力も強いかどうかについては、その真偽の再考を論ずる先行研究も現れてきている。Granovetter は、労働市場における生活者の求職活動を細かく分析し、知人関係の中で、どのような経路から得た情報が実際の求職活動において実効的であったかを検証した [17]。その結果、日常的に強く結ばれている人間関係よりも、やや疎遠で弱く結ばれている人間関係のほうが、より有用な情報源になっていることを発見した。これは、口コミの人間関係において、情報の量や種類が多く得られる「強い紐帯」関係よりも、少なくともしか得られない「弱い紐帯」関係のほうが、重要な意思決定について影響力が大きい場合があるということの意味している。また、Dekimpe らは、160 カ国での商品普及研究を通じて、社会格差の小さい国や組織ではイノベータの影響力が限定的であると結論した [94]。さらに鷲田らは、友人間の商品改良アイデアの伝播を研究し、イノベータ層によって想起されたアイデアよりも、その次の層であるアーリーアダプター層によって想起されたアイデアのほうが、有意に創造性が高いことを検証した [95]。Gladwell は、様々な領域で熟達者が熟慮の末に下す判断よりも、むしろ「最初の直感」で下す判断（これを adaptive unconscious という）のほうが正しい場合が無視できない頻度で存在するという事実から、情報の量や種類の増加が必ずしも人間の意思決定力を強化しないと主張している [96]。同様の現象の存在を Duhan らも指摘し「wise fool」と呼んでいる [97]。

このような大域的な問題についての検証は、実証調査などでは膨大な費用や時間がかかり、しかも調査対象国の文化性や情報環境の普及状況など、統制困難な問題が多い。ゆえに、基本的な条件を数理モデル化し、計算機を使ってシミュレーションをすることで、情報量の飛躍的増加という未曾有の現象の本質を理解することの意義が大きい。

そこで、本章では、複数の情報が集団内を伝播する情報伝播モデルを提案する。これにより、情報が多種多様に存在する現代の状況を表現し、1 種類の情報を扱った既存の情報伝播モデルが表現しきれない現象について考察する。特に、既存研究において情報伝播に対して影響力を持つと言われているイノベータが、情報の多様化によってどのような挙動をするかに焦点を当てて分析する。これにより、情報が増大している中で、真に“イノベティブ”な人材がどのような人物であるかを明らかにする。

以下、4.2 節で本章で提案する情報伝播モデルの定義する。次に、4.3 節で、提案モデルを用いて従来研究の議論を再現する。そして、4.4 節で、情報が多様化した社会における個人の影響力を分析し、4.5 節で本章の議論をまとめる。

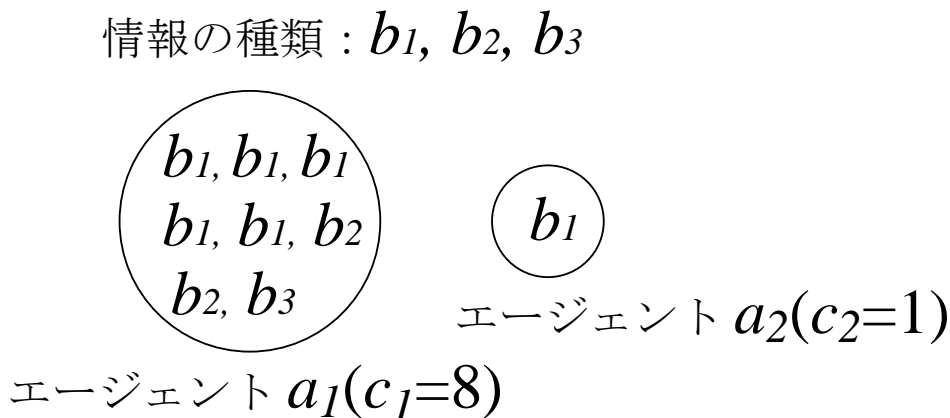


図 4.1 エージェントが所持する情報

4.2 多様な情報を扱う情報伝播モデル

本章では、情報伝播の先行研究では説明できない、情報が多様化した場合における情報伝播について分析するために、人々の間で複数の情報が伝播するモデルを構築する。

本モデルで扱う情報として、個人が複数の商品の中から購入する商品を選択するために用いる情報（機能、用途等）を想定する。特に、携帯電話キャリア（以下、単にキャリアと言う）に関する情報と、個人が情報伝播によって獲得した情報からキャリアを選択する状況を想定して、提案モデルを説明する。

まず、 N 人からなる集団において、個人をエージェント $a_i (i = 1, 2, \dots, N)$ 、 M 種類の情報を $b_k (k = 1, 2, \dots, M)$ とする。通常、個々人が持つ情報の量や種類は、情報収集に対する意欲、興味などによって異なると考えられる。また、個人の能力や関心度により、所持する情報の量は限定されると考えられる。そこで、エージェント a_i に対して、所持できる情報の数に上限（保持可能情報数 c_i ）を定める。図 4.1 にエージェントの例を示す。図 4.1 では、3 種類の情報 b_1, b_2, b_3 が存在している状況で、エージェント a_1 が 8 つの情報を持ち、エージェント a_2 がただ 1 つの情報を持つことを示している。携帯電話のキャリアで考えれば、キャリア b_1, b_2, b_3 が存在している状況で、 a_1 はキャリア b_1 に関する情報を多く持ち、キャリア b_2, b_3 に関して多少知っている程度であることを示す。また、 a_2 はキャリア b_1 に関することだけを多少知っていて、かつそれで十分であると考えていることを示す。以降、各エージェントが持つ情報の数を、エージェントが持つ情報量と呼ぶ。

ある商品の情報が伝播する過程を考えた場合、詳しい人からの情報は受け入れられやすいことから、所持する情報が多い人から少ない人へ伝播しやすいと考えられる。そこで、

エージェント a_i から a_j への情報伝播確率 p_{ij} を次式によって定義する．

$$p_{ij} = \begin{cases} c_i/c_j & \text{if } c_i < c_j \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4.1)$$

すなわち，保持可能情報数が多いエージェントから少ないエージェントへは確実に情報伝播が生じ，その逆は確率的に情報伝播が生じる．図 4.1 の場合， a_1 から a_2 へは確実に情報が伝播するが， a_2 から a_1 へは確率 $1/8$ で情報が伝播する．なお，本モデルでは，1 ステップを現実において 1 回の情報伝播が生じる期間とする．すなわち，上記のような情報伝播を 1 ステップに 1 回，伝播元，伝播先のエージェントを無作為に選択して行う．なお，LT モデル [42] や IC モデル [43] に代表される多くの情報伝播モデルでは，ネットワーク上のノード間で情報伝播が生じる．よって，情報が広まるかどうかはネットワークの構造に依存する．本モデルでは，分析を容易にするために，ネットワーク構造を前提としない情報伝播を考える．これは，完全グラフ上での情報伝播と同値である．

情報伝播によって伝播する情報は，伝播元のエージェントが持つ情報の中から無作為に選択される．これにより，自分が多く持つ情報ほど他人に伝えやすい状況を表現する．また，伝播先のエージェントが既に保持可能情報数上限まで情報を所持している場合，伝播した情報と異なる種類の古い情報が削除される．携帯電話キャリアで考えた場合，情報伝播によりあるキャリアに関する情報が増え，かつ他のキャリアに関する情報を不要と判断したことに相当する．なお，あるエージェントの持つ情報が 1 種類のみであり，かつ情報伝播により同種の情報がそのエージェントに伝播する場合，情報が伝播しなかったものとして扱う．これは，伝播先の個人が既に十分な情報を持っているため，伝播してきた情報を不要と判断したことに相当する．

次に，各エージェントが情報伝播に及ぼす影響を分析するために，エージェントの情報伝播に対する影響力を次のように考える．あるエージェント a_j が情報 b_k を所持している場合に， a_j に情報 b_k が伝播するまでの経路を考える．情報 b_k が伝播した経路の集合を ω_k とする．情報伝播が生じたエージェント間にリンクが存在するとみなし，エージェント a_j へ情報 b_k が伝播したある経路 ($\in \omega_k$) をエージェント，リンクの並びで表現する．このとき，経路上のエージェント a_i, a_j 間に存在するリンクの数を a_i, a_j の距離 d_{ij} とする．そして，情報 b_k に関して， a_i の a_j に対する影響力 $\rho_k(a_i, a_j)$ を次式で定義する．

$$\rho_k(a_i, a_j) = \sum_{\omega_k} \left(\frac{1}{2}\right)^{d_{ij}-1} \quad (4.2)$$

ただし，1 つの経路上に同一のエージェントが複数回現れる場合，経路を逆順に辿り，最初に現れた位置のみ加算する．また， a_j が情報 b_k を持たない場合，あるいは経路上に a_i が存在しない場合は $\rho_k(a_i, a_j) = 0$ とする．図 4.2 に，ある情報 b_k が a_5 へ伝播した時の， a_5 に対する各エージェントの影響力を示す．図 4.2 は，情報 b_k が伝播した経路の 1

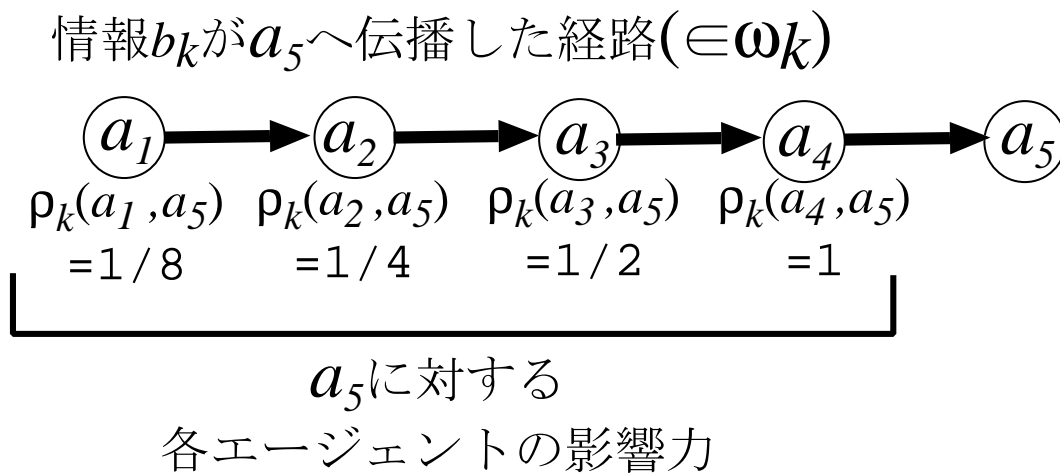


図 4.2 エージェントの持つ影響力

つであり、情報 b_k が $a_1 \rightarrow a_2 \rightarrow a_3 \rightarrow a_4 \rightarrow a_5$ という経路で伝播したことを示している。なお、図中の矢印はリンクを表す。図 4.2 の場合、直近である a_4 の影響力が最も強く、以降は距離が離れるにつれて影響力が低下している。

そして、情報 b_k に関するエージェント a_i の影響力 J_i を次式で定義する。

$$J_i(b_k) = \sum_{j=1}^N \rho_k(a_i, a_j) \quad (4.3)$$

すなわち、 J_i は自分で多くのエージェントに情報を伝播させることにより高くなる。また、一旦情報が伝播したエージェントから、他のエージェントに情報が伝播することでも高くなる。これにより、エージェントの情報伝播に対する影響力を評価する。なお、前述の通り、影響力の算出には情報が伝播した経路が必要となるので、エージェントが保持する情報 b_k が、どのエージェントから伝播してきたかを記録しておく。

4.3 既存研究の再現

4.3.1 概要

本節では、1 種類だけの情報の伝播を扱う Rogers [53] や Bass [54] の普及モデル、2 種類の情報伝播を扱う Arthur の経路依存モデル [56] という社会学・経済学における代表的な議論が提案モデルによって再現可能なことを示す。また、情報伝播における影響力は、既存の議論通りイノベータが最も強いことを示す。これにより、式 (4.2), (4.3) で定義した影響力指標の妥当性を示す。

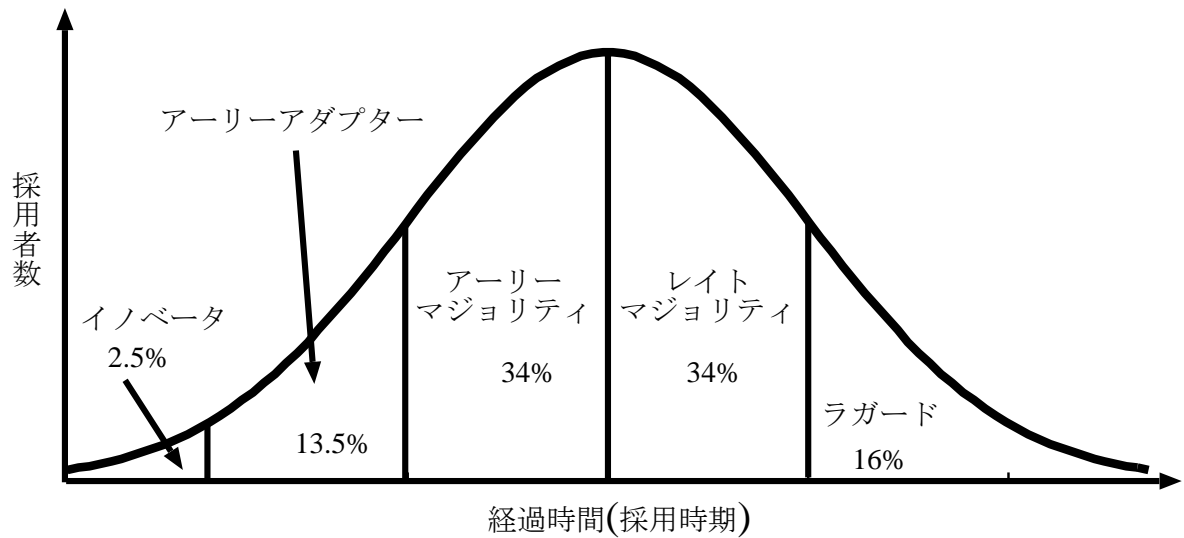


図 4.3 ロジャーズの普及モデルとユーザ層分類 (Rogers 2003)

4.3.2 普及曲線 (Rogers・Bass) の再現

再現対象

普及学における基本的な理論である Rogers の普及モデルは、図 4.3 に示すように、ある商品が普及する過程で、ユーザを商品の採用時期ごとに分類したものである。なお、図中の横軸は経過時間を、縦軸はその時期に商品を採用した人数を示す。イノベータは最初期に商品の採用する人々である。アーリーアダプターはゲイトキーパーとも呼ばれ、イノベータからアーリーマジョリティへの橋渡し役となる人々である。アーリーアダプターとアーリーマジョリティの間にはキャズム（溝）があると言われている [98]。マーケティングにおいては、キャズムを越えてアーリーマジョリティへ商品が普及するか否かが流行の鍵であると言われている。アーリーマジョリティ、レイトマジョリティ、ラガードは、イノベータ、アーリーアダプターから普及してきた商品を受け入れる人々（フォロワー）である。

図 4.3 は採用時期による分布であり正規分布となっている。図 4.3 を、採用時期を横軸、採用者数の総和を縦軸としてプロットした場合、S 字曲線が描かれる。この点については Bass のモデルも同様の仮定を持っている。本シミュレーションでは、提案モデルによって商品普及の S 字曲線が再現可能であることを示す。

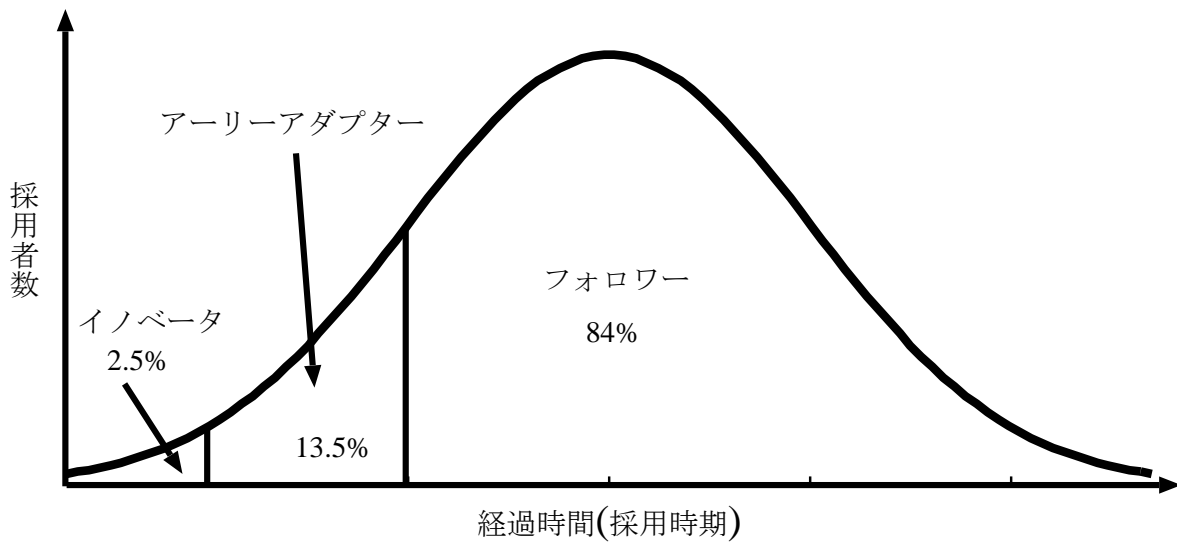


図 4.4 シミュレーションで用いるエージェントの分類

表 4.1 エージェントの分類と各層の設定

	人数	保持可能情報数
イノベータ	2	100
アーリーアダプター	14	10
フォロワー	84	1

シミュレーション設定

本シミュレーションではエージェントをイノベータ、アーリーアダプター、フォロワーの3層に分類する(図 4.4)。各層ごとのエージェントの人数と保持可能情報数を表 4.1 に示す。各層のエージェントの人数は、図 4.4 に示した各層の割合と同様になるよう設定した。なお、情報伝播をするエージェント総数は 100 としたが、これは、人間のコミュニティがランダムな組み合わせでコミュニケーションを維持しようとする場合、コミュニティの規模は約 150 名が上限であるという Dunbar [99] の主張に従った。現実世界では無論、100 より多い構成員を持つコミュニティもあるが、その場合は、情報伝播は無作為な相手と行なわれるという設定ではなく、何らかのネットワーク構造を想定する必要があるだろう。そこで本シミュレーションでは、モデルは可能な限り単純化すべきであるという KISS (Keep It Simple and Stupid) の原理 [62] に従い、設定の簡略化を優先するためにエージェント数を 100 とした。

保持可能情報数はイノベータ、アーリーアダプター、フォロワーの順に冪乗で減少する。保持可能情報数の決定にあたっては、次の Barabási の議論 [93] を参照した。

商品の普及や情報の伝播を、個人をノード、普及の経路をリンクとしたネットワークの成長で表現した場合、次数の低い多数のノードが次数の高い少数のノードに接続するスケールフリーネットワークとなる。イノベータやアーリーアダプターは、商品や技術の採用において初期に関わる人々であり、次数の高い少数のノード（ハブノード）となる。スケールフリーネットワークを構築するための基本的なモデルである BA (Barabási-Albert) モデル [100] では、後から入ってくるノードは次数の高いノードと接続されやすい（これを優先的選択と言う）。そのため、初期に存在するノードは、多くのリンクを獲得しやすい。多くのリンクを獲得したノードは、接続されたノードから情報を獲得する機会が増加し、さらに多くの情報を獲得していく。その結果、初期に存在したノードが持つ情報の量はリンク数に比例して増加していく。

以上の議論より、普及のネットワークにおいて、各ノードの持つ情報の量はリンク数と同様に冪乗則に従うと考えることが出来る。すなわち、初期から普及に関わるイノベータは極端に所持する情報の量が多く、遅れて普及するフォロワーは所持する情報の量が少ないと言える。そこで、本シミュレーションにおいても、各エージェントの保持可能情報数を冪乗則に従って表 4.1 のように設定した。

本シミュレーションでは、ある商品が普及していく様子を表現するために、1 種類の情報が集団内で伝播する状況を考える。イノベータとなるエージェントのみが情報を持ち、他のエージェントは情報を持たない状態でシミュレーションを開始する。情報伝播によりエージェントが情報を持てばそのエージェントが商品を採用したとみなすことで、商品が普及していく様子を表現する。なお、本シミュレーションでは 10000 ステップの試行を 40 回実行した平均をとる。

シミュレーション結果

図 4.5 に、提案モデルを用いて商品の普及曲線を表現した結果を示す。図には 40 試行の平均（太線）および無作為に選択した 3 試行（細線）をプロットした。図の横軸はシミュレーション中の経過ステップを、縦軸は商品を採用したエージェント数を示す。なお、図には変化が生じていた 2500 ステップまでを示す。図 4.5 では、シミュレーション開始直後は普及速度が遅く、その後一気に普及し、最後は普及速度が落ちるといった普及の S 字曲線の特徴が観察できる。

以上により、提案モデルにより、Rogers, Bass が主張する商品普及の S 字曲線が再現可能であることが示された。

また、本シミュレーションにおける各エージェントの情報伝播に対する影響力を図 4.6 に示す。なお、図 4.6 には 40 回全ての試行における全エージェントの影響力をエージェントの種類ごとにプロットしている。図 4.6 より、情報伝播に対する影響力はイノベータ、アーリーアダプター、フォロワーの順に低下していくことがわかる。よって、情報伝

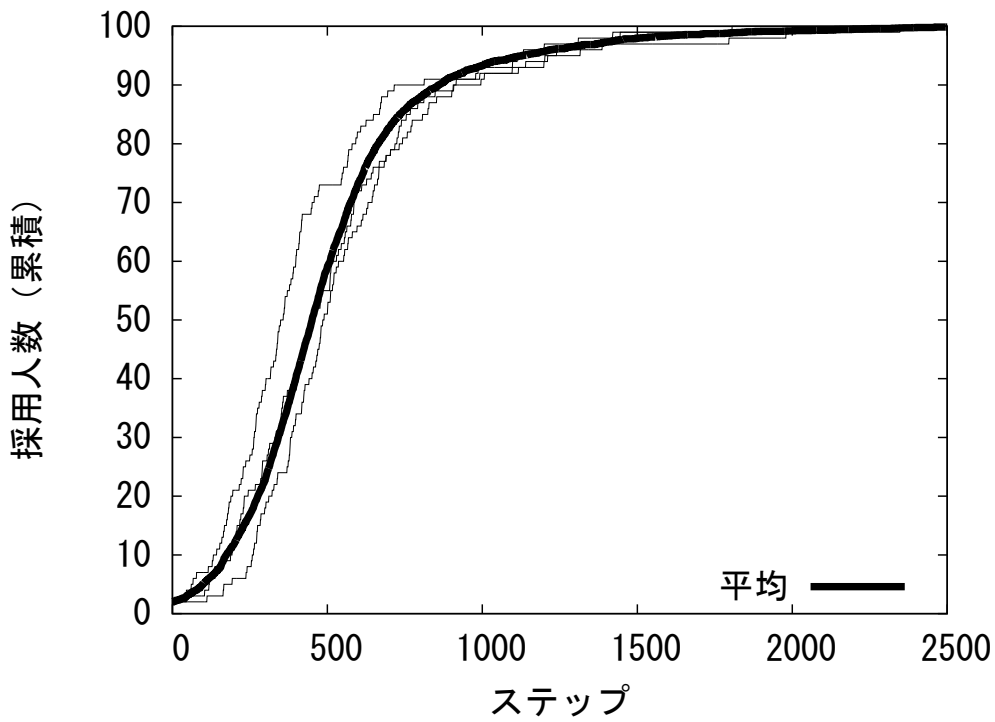


図 4.5 シミュレーションによる普及曲線

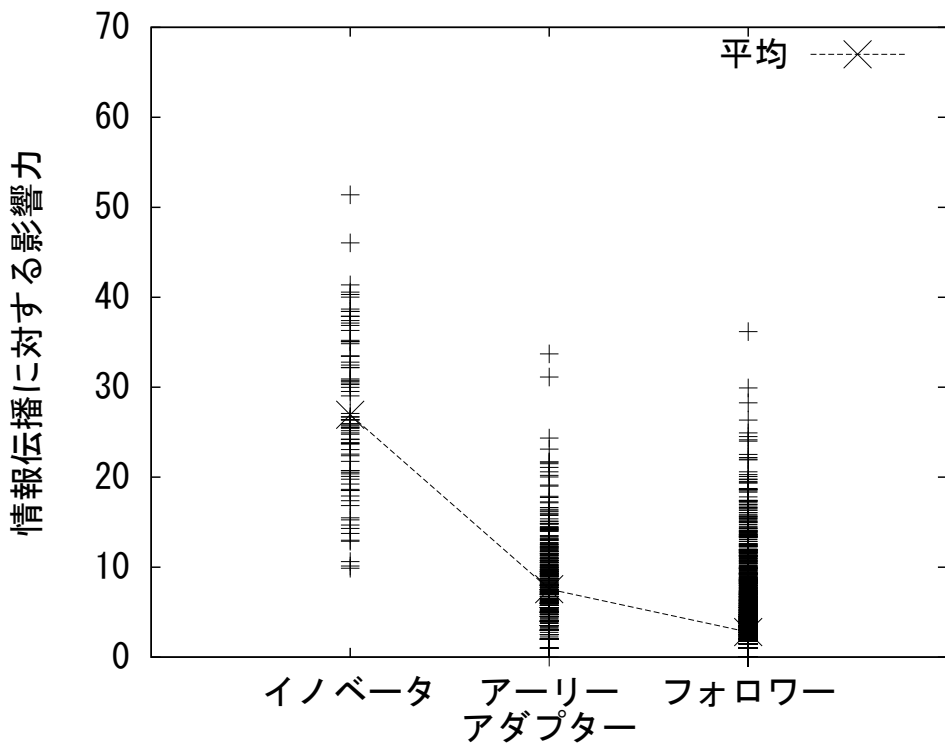


図 4.6 各層の影響力

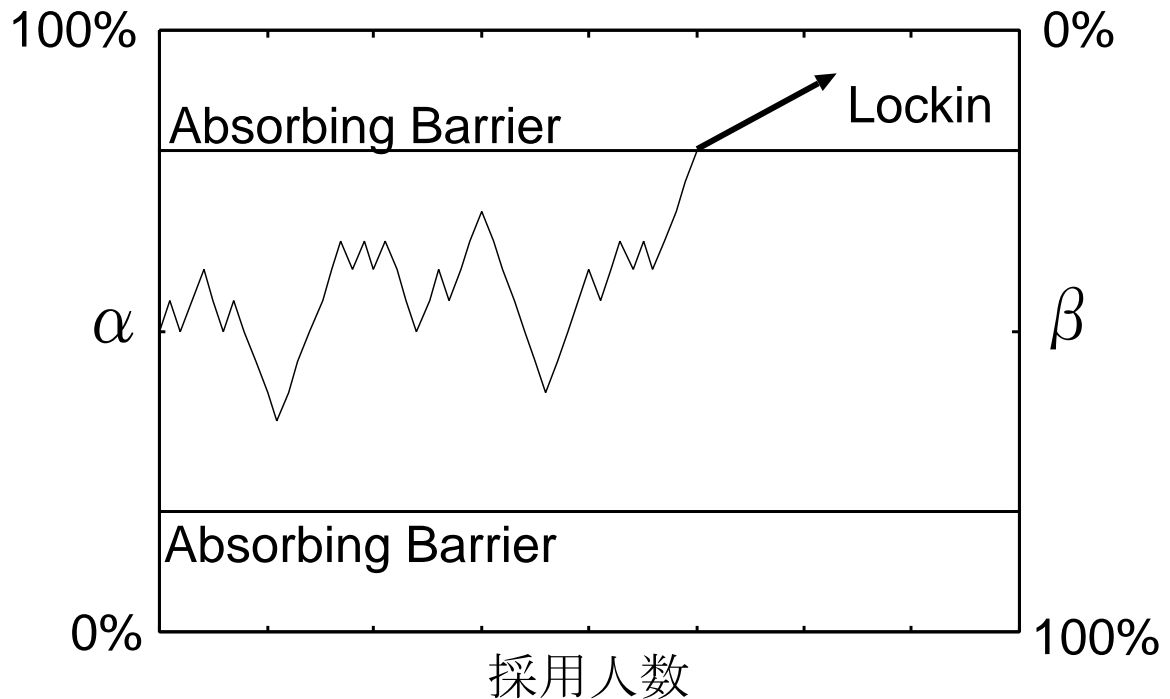


図 4.7 経路依存性と Lockin 効果 (Arthur 1989)

播に対する影響力は情報の発信源であるイノベータが最も大きく、伝播されるだけのフォロワーが最も小さくなることが示された。

4.3.3 経路依存性と Lockin 効果 (Arthur) の再現

再現対象

経路依存性と Lockin 効果を主張する Arthur [56] の議論は、2つの対立する商品が存在する状態での、シェア獲得競争と考えることができる (HD DVD と Blu-ray など)。どちらの商品がシェア獲得競争に勝利するかは、初期に生じる偶発的な現象によって決定される。そして、一度どちらかの商品が優位に立った場合、逆転は困難になる。初期の偶発的な現象によって将来のシェアが決定することを経路依存性という。また、その結果として、優位が確定することを Lockin 効果 (あるいは Lockin する) と呼ぶ。Arthur の主張する経路依存性と Lockin 効果の概要を図 4.7 に示す。なお、横軸が採用人数を、縦軸左が商品 α 、右が商品 β のシェアを示している。一般的に、採用人数は時間経過に伴って増加するため、図 4.7 の横軸は経過時間と等価である。また、図中の Absorbing Barrier とは Lockin 効果が生じる境である。図では、Absorbing Barrier に至るまでは、ほぼランダムウォークでシェアが変動している。そして、偶発的に Absorbing Barrier に至ることで、Lockin 効果により商品 α の優位が決定されている。

シミュレーション設定

本シミュレーションでは、2種類の情報を扱うことで、2種類の商品がシェアを競う状況を想定する。ここでは、2種類の情報をそれぞれ b_1 , b_2 とする。各イノベータに b_1 , b_2 のどちらか1種類のみを保持可能情報数上限まで与え、それ以外のエージェントには情報を与えない。すなわち、情報 b_1 のみを持つイノベータと情報 b_2 のみを持つイノベータが存在する状態でシミュレーションを開始する。これにより、2種類の情報が集団内を伝播し、伝播した範囲（シェア）を争う状況を表現する。

エージェントの設定は前節のシミュレーション（表 4.1）と同様とし、500000 ステップの試行を 40 回実行する。各エージェントは、 b_1 , b_2 に関して、多くの情報を持つ方を採用するとみなし、情報 b_1 , b_2 の採用者数の推移を観察する。また、シミュレーション終了時に多数派となった情報に関する各エージェントの影響力を観察する。

シミュレーション結果

図 4.8 に、無作為に抽出した 2 つの試行における採用者数の割合の推移を示す。なお、図には変化の大きい最初の 10000 ステップを示す。図 4.8(a) は情報 b_1 が、図 4.8(b) は情報 b_2 が広まった場合の試行である。図 4.8(a) より、途中で情報 b_2 の採用者の割合が増加するものの、最終的には情報 b_1 の採用者が大半を占めることとなり、その後情報 b_1 の優位が覆ることはなかった。すなわち、初期は採用者の割合がほぼランダムに変化する。そして、ある時点で情報 b_1 の採用者が一定レベルを超えるまで増加し、Lockin 効果が生じたと言える。また、図 4.8(b) ではその逆の傾向が生じており、最終的に情報 b_2 が優位となっている。その他の全ての試行でも図 4.8 と同様に、最終的にどちらか一方の情報が優位となり、その優位が覆ることはなかった。以上より、提案モデルを用いて Arthur の経路依存性および Lockin 効果が再現可能であることが示された。

また、本シミュレーションにおける各エージェントの情報伝播に対する影響力を図 4.9 に示す。前節でのシミュレーション同様、40 回の試行における全てのエージェントをプロットした。図 4.9 より、広まった情報を最初に所持していたイノベータの影響力は大きく、それ以外のイノベータの影響力は小さいことがわかる。経路依存性と Lockin 効果を主張している Arthur の議論では、採用者をイノベータ、アーリーアダプターなどに区別していない。ただし、ある商品のシェア獲得に至るまでの普及という点では Rogers の議論と同様と考えることができる。そのため、初期採用者であるイノベータの影響力が強く、採用時期が遅れるにつれ影響力が低下するのは妥当と言える。また、広まらなかった情報を所持していたイノベータは、最終的には他のエージェントから情報を受け取っている。そのため、広まらなかった情報を所持していたイノベータの影響力が低いのは妥当と言える。

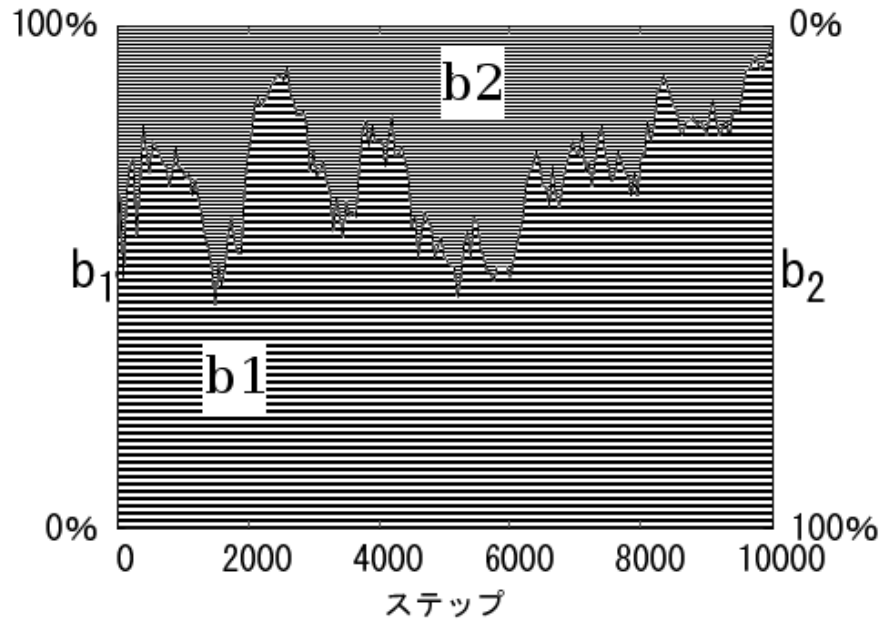
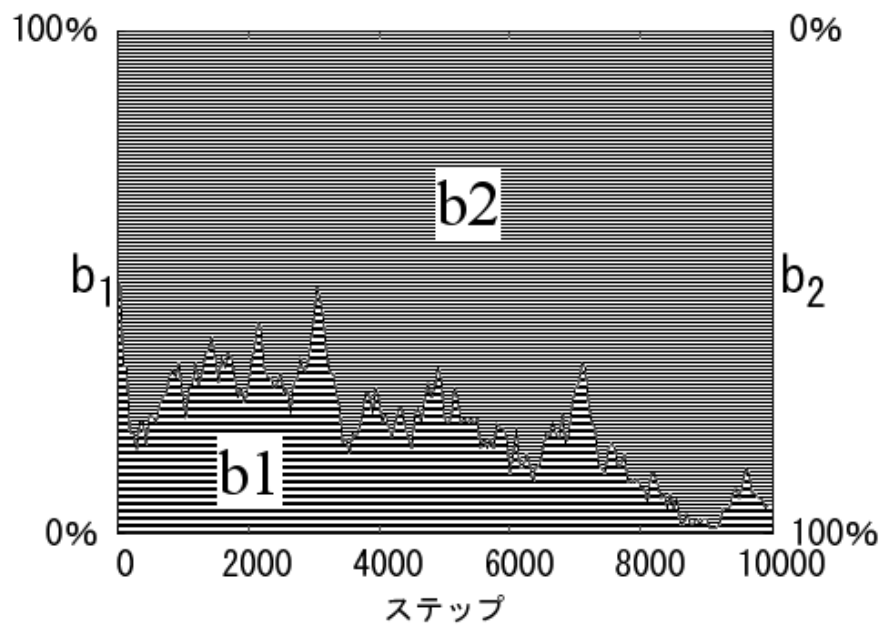
(a) 情報 b_1 が広まった場合(b) 情報 b_2 が広まった場合

図 4.8 ある試行における採用者の割合の推移 (0 ~ 10000 ステップ)

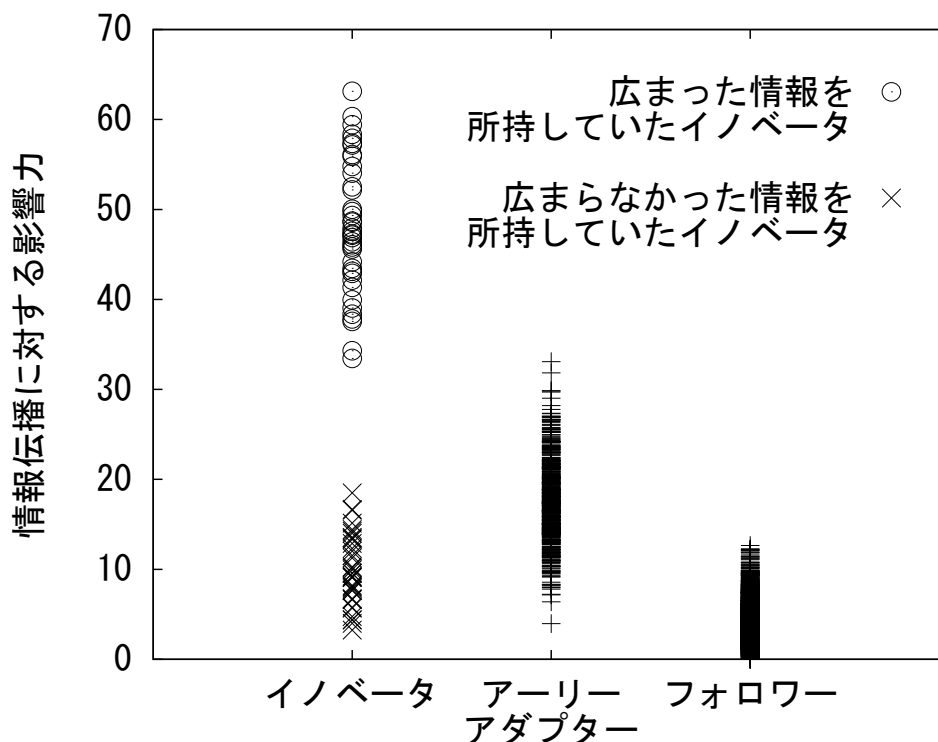


図 4.9 各層の影響力

4.3.4 再現シミュレーションのまとめ

本節で行った2つのシミュレーションによって、提案モデルが Rogers, Bass, Arthur という普及学、経済学の代表的な議論を再現できることを確認した。また、既存の議論通り、情報伝播に対してイノベータが強い影響力を持つことが確認された。ただし、本モデルにおける影響力は、情報伝播の情報源となりかつ多くの人に伝播すれば大きくなることに注意する必要がある。ゲイトキーパーとも呼ばれるアーリーアダプターは、一般的に世論の形成や商品の普及に強い影響力を持つと言われている。しかし、それはイノベータから普及してきた商品や情報を受け入れ、アーリーマジョリティへ普及させるため、すなわちキャズムを越えるための橋渡し役になるためであり、最初期に商品を採用し、情報を広めたのはイノベータに他ならない。以上より、4.3.2節のような情報が伝播していく状況では、イノベータの影響力が大きくなるのが妥当と言える。また、4.3.3節のシミュレーションにおいても、最終的に多数派となった情報の情報源であったイノベータの影響力が大きくなるのは妥当と言える。

以上より、提案モデルは既存の議論を再現可能であり、十分な表現力を持っていると考

えられる。また、各エージェントの影響力は既存の議論を反映しており、式(4.2),(4.3)で定義した影響力指標が妥当であることが確認された。

4.4 情報が多様化した社会

4.4.1 情報の多様化に伴う個人の影響力変化

目的

情報の多様化によるイノベータの影響力の変化を分析する。先行研究および前節までの結果から、情報が1種類または2種類の場合は、イノベータが情報伝播に強い影響を及ぼすことが確認された。本節では、情報が多様化した社会を表現し、イノベータの影響力について考察する。また、多種多様な情報が存在する現代社会において、情報を多く持つことが常に良いことか否かについて考察する。

シミュレーション設定

本シミュレーションでは、情報の多様化を情報の種類が増加した状態と捉える。入手可能な情報が爆発的に増加している現代では、イノベータに限らず、全ての人が多様な情報に接し、何らかの情報を持つと考えられる。また、流行現象のように、既に存在する情報が繰り返し伝播する状況は多いと考えられる。例えば、携帯電話端末の大画面化に対するニーズや、ファッションのように、以前の流行が再び発生するなど、一部の流行現象は循環することが知られている [101, 102]。したがって、多様な情報を想定する場合、特定の個人から情報が広まるのではなく、人々の間で情報が循環していくような設定が妥当であろう。そこで、本シミュレーションは、多様な情報が氾濫する現代社会を表現するため、全てのエージェントに情報を与えた状態で開始する。ただし、このとき与えられる情報は、各エージェントの保持可能情報数上限まで無作為に選択される。

情報の種類数(以降、総情報数) M をパラメータとし、総情報数 M が少ない場合(5 ~ 50, 5刻み)と多い場合(50 ~ 250, 50刻み)についてそれぞれシミュレーションを行う。十分な情報伝播が生じると考えられる500000ステップを1試行とし、多数派となった情報に関する各エージェントの影響力を評価する。各エージェントの設定は前節と統一し、40回行った平均をとる。

シミュレーション結果

図4.10に、各層ごとに平均した影響力の推移を示す。図4.10より、総情報数が少ない場合、イノベータの影響力が最も大きいことがわかる。これは、これまで述べてきた、既存の普及学、経済学の議論に沿った結果と言える。しかし、総情報数が増加していく

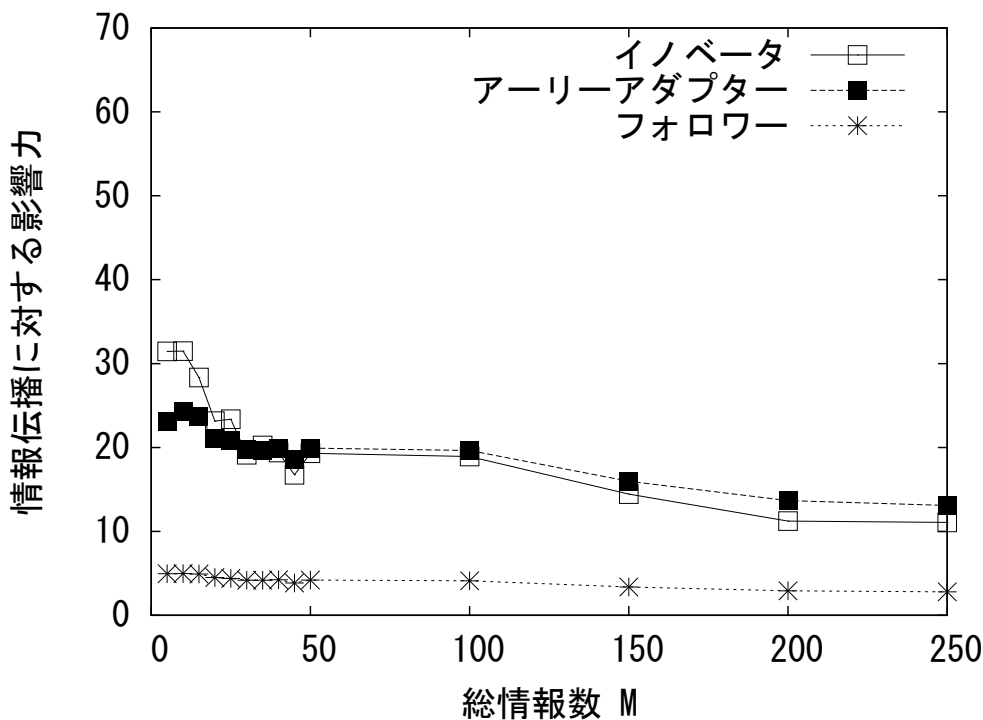


図 4.10 各層の影響力の推移

と、イノベータの影響力とアーリーアダプターの影響力の差がなくなり、最終的にはアーリーアダプターの方が強い影響力を持つようになる。一方、最も情報を持たないフォロワーは総情報数が増加しても影響力はほとんど変化しない。また、図 4.11 に総情報数 $M = 200$ の場合における影響力の分布を示す。各層で分散が大きいものの、Rogers の議論と異なり、アーリーアダプターの影響力がイノベータに比べ大きい傾向がある。なお、アーリーアダプターの影響力がイノベータの影響力を上回った結果に対して、片側 Mann-Whitney の U 検定を行ったところ、 $M \geq 150$ の場合に有意水準 5% で有意であった ($M = 150, 200, 250$ に対して、それぞれ $p = 0.027, 0.023, 0.038$)。

以上より、情報の多様化、すなわち M の増大に伴って、アーリーアダプターのような中間層が全体に対して影響を及ぼす逆転現象が生じることが確認された。

影響力の逆転現象

まず、本シミュレーションの結果と先行研究の関連について考察する。普及学、マーケティングにおける先行研究では、イノベータはインフルエンサーとも呼ばれ、新製品や新技術を最初期に採用するだけでなく、革新的な価値観やアイデアを持つと考えられてきた。しかし、実際にイノベータが単独で新規アイデアの提案などを行うと、既存アイデアの焼き直しとなる場合が多い。あるいは、イノベータはそもそもアイデアが提案できな

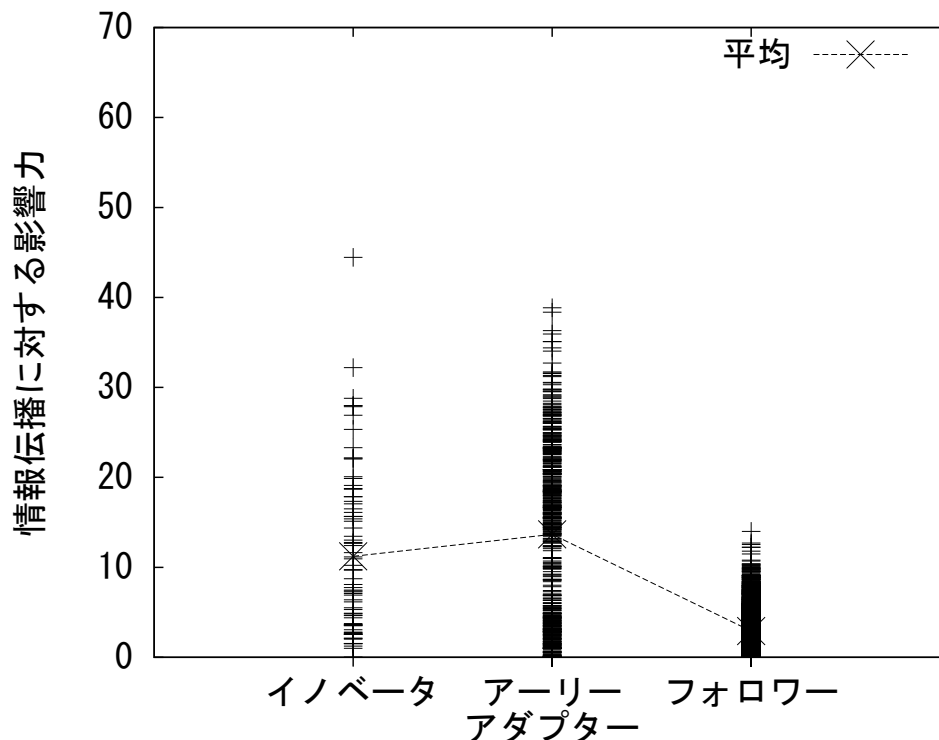


図 4.11 各層の影響力 (総情報数 $M = 200$)

い場合が多いことが報告されている [95]。本シミュレーションの結果においても、総情報数の増加に伴い、アーリーアダプターの影響力が増加していった。これは、アーリーアダプターがゲイトキーパーとしてキャズムを越えるための役割を果たしているわけではないと考えられる。アーリーアダプターがキャズムを越えるための役割を果たす場合、イノベータから普及してきた商品を受け入れ、後続に伝えることが重要となる。このような場合、4.3.2 節でのシミュレーションのように、イノベータの影響力が大きくなるであろう。本シミュレーションの結果は、情報の多様化により、これまでのマーケティングや普及学における議論だけでは説明できない現象が生じることを示唆している。

そこで、情報の多様化、すなわち M の増大に伴って、イノベータとアーリーアダプターの影響力が逆転した原因を考える。情報の多様化が提案モデルの挙動に及ぼす影響は主に以下の2点である。

- (1) 情報伝播機会の増加
- (2) エージェントが最初に持つ情報の種類数の増加

まず、(1) の情報伝播機会の増加について考える。本モデルでは、伝播元と伝播先のエージェント2体が無作為に選択し、その後に伝播する情報を決定する。このとき、伝播

する情報は伝播元のエージェントが持つ情報から無作為に選択する．情報の種類数が少ない場合，同種の情報を持つエージェントが多くなるため，短い期間で全エージェントに情報が行き渡る．しかし，情報の種類が増加すれば，相手が同じ種類の情報を所持している可能性が減少する．また，複数種類の情報が伝播した場合，1つの情報が広まるのに時間がかかり，相対的に伝播の回数も多くなる．その結果として，イノベータだけでなく，アーリーアダプターにも伝播の機会が増え，イノベータとアーリーアダプターの影響力の差が減少する可能性がある．そこで，総情報数 $M = 200$ のある 1 試行において，400000 ステップからシミュレーション終了までの 100000 ステップの間に，各エージェントから情報が伝播した回数を調査した．その結果，情報伝播が生じた回数は，イノベータからが平均 582.5 回，アーリーアダプターからが 73.7 回であり，両者の情報伝播機会には依然として大きな差があることが確認された．よって，イノベータ，アーリーアダプターの影響力が逆転した現象の主要因が (1) であるとは言えない．

次に，(2) のエージェントが最初に持つ情報の種類数の増加について考える．本シミュレーションにおいて，各エージェントが最初に持つ情報の多様さは保持可能情報数によって異なる．すなわち，イノベータのように保持可能情報数が大きい場合，多様な情報を所持することが出来る．特に，イノベータは保持可能情報数が 100 であり，情報を最も広範に持つ場合，100 種類の情報を持つことになる．このような状態では，イノベータから他のエージェントへの情報伝播が生じる場合，毎回異なる種類の情報が伝播する．アーリーアダプター，フォロワーは保持可能情報数が小さいため，情報が伝播してくるたびに所持する情報の種類が変わることになる．その結果，伝播した情報は蓄積されにくく，他のエージェントへ広まっていく可能性も減少する．さらに，イノベータは他のエージェントからの情報伝播が生じにくいいため，このような状態が長続きしやすい．一方，アーリーアダプターはイノベータに比べ保持可能情報数が小さく，フォロワーからも影響を受けやすい．一旦，ある情報がフォロワーの間で多数派になった場合，アーリーアダプターが広範な情報を所持していても，保持可能情報数がイノベータより小さいため，多数派の情報を獲得することで，所持する情報の種類を多数派が持つ情報に限定していく．その結果，イノベータではなく，アーリーアダプターが伝播の中心になりやすい．また，アーリーアダプターはフォロワーと比べ，イノベータに対して情報伝播が生じる可能性が高い．フォロワーやアーリーアダプターの中で多数派となった情報が，アーリーアダプターを通じてイノベータへ伝播される．その結果として，情報伝播の元となるのはアーリーアダプターとなり，アーリーアダプターの影響力をより増大させると考えられる．

ここで，(1) と同様に，総情報数 $M = 200$ のある 1 試行について，各エージェントから伝播した情報の種類の数を調査した．その結果，イノベータからは平均 43 種類，アーリーアダプターからは平均 5.9 種類の情報が伝播していた．イノベータから伝播した情報の種類がアーリーアダプターに比べ多く，イノベータが最後まで多種の情報を伝播させて

いたことを示している．よって，エージェントが最初に持つ情報の種類数の増加が，イノベータ，アーリーアダプターの影響力が逆転した要因であると考えられる．

4.4.2 所持情報の多様性と個人の影響力

目的およびシミュレーション設定

前シミュレーションにおいて，情報の多様化により，イノベータの影響力が低下することを示した．また，その主要因として，イノベータが多種の情報をもち，伝播させる情報を統制できないことを挙げた．これは，イノベータが各情報に対する価値を順序づけできず，情報の価値が均一になってしまっているため，伝播する情報を統制できない状態と言える．以降，イノベータのように膨大な知識を持つ人物が，多種の情報を持つことにより，その人物にとって情報の価値が均一化する状態を「フラット化」と呼ぶ．

本シミュレーションでは，フラット化していないイノベータを導入することで，フラット化により影響力が低下することを確認する．また，フラット化の程度，すなわちフラット化度合いと影響力低下の関係を明らかにする．そこで，エージェント a_i のフラット化度合い G_i を次式によって定義する．

$$\pi_i(b_k) = \text{イノベータが持つ } b_k \text{ の数} \quad (4.4)$$

$$G_i = \frac{c_i - \pi_i(b_1)}{c_i} \quad (4.5)$$

各試行において，1人のイノベータを選択し，そのイノベータに情報 b_1 を $c_i \times (1 - G_i)$ ， b_1 以外の情報を無作為に $c_i \times G_i$ だけ与える．すなわち， $G_i = 0.0$ の場合，イノベータは b_1 のみ所持し，フラット化していない状態となる．逆に， $G_i = 1.0$ の場合，イノベータは保持可能情報数の回数だけ無作為に選択された情報を所持し，フラット化している状態となる．これにより，イノベータのフラット化度合いを G_i によって制御する．なお， G_i に従ってまとめて与える情報を b_1 としているが，各情報は添え字に依らず均質であるので，どの添え字を用いても構わない．他の設定は前節のシミュレーションと同様とする．

シミュレーション結果

まず， $G_i = 0.0$ であるイノベータ，すなわち全くフラット化していないイノベータを導入した場合における各層の影響力の推移を，図 4.12 に示す．ただし，フラット化していないイノベータとフラット化したイノベータとで別にプロットした．また，図 4.13 に総情報数 $M = 200$ の場合における影響力の分布を示す．図 4.12 より，フラット化していないイノベータの影響力が最も大きく，アーリーアダプター，フラット化したイノベータの順に低下している．また，図 4.13 より，フラット化していないイノベータ群とフラット化したイノベータ群との間に影響力の差があることがわかる．

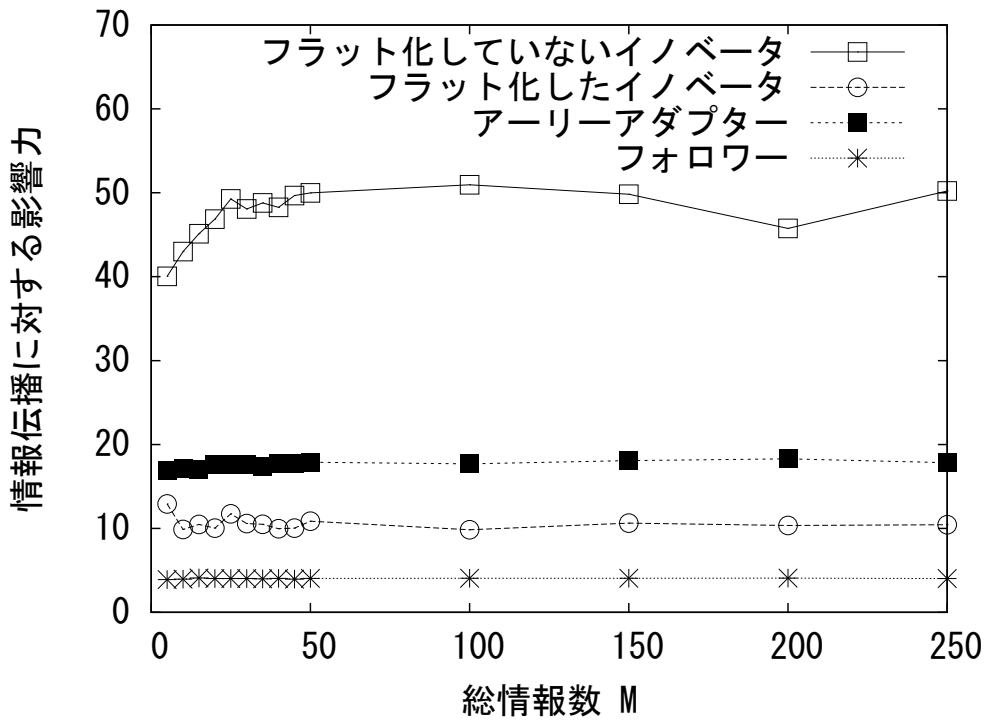


図 4.12 フラット化していないイノベータ ($G_i = 0.0$) が存在する場合の各層の影響力の推移

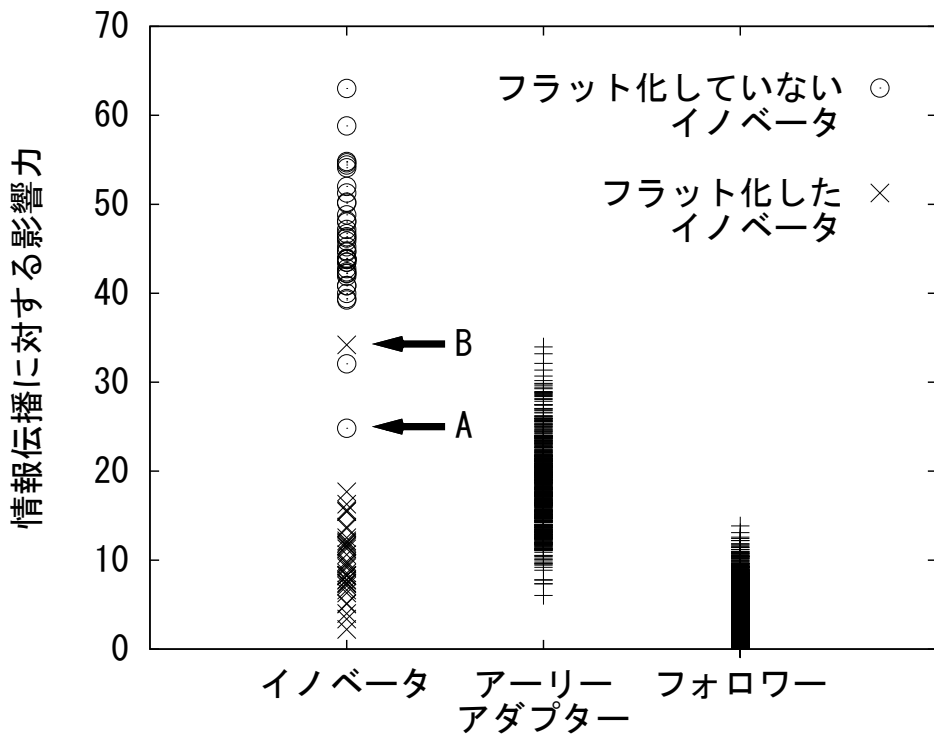


図 4.13 フラット化していないイノベータ ($G_i = 0.0$) が存在する場合の各層の影響力 (総情報数 $M = 200$)

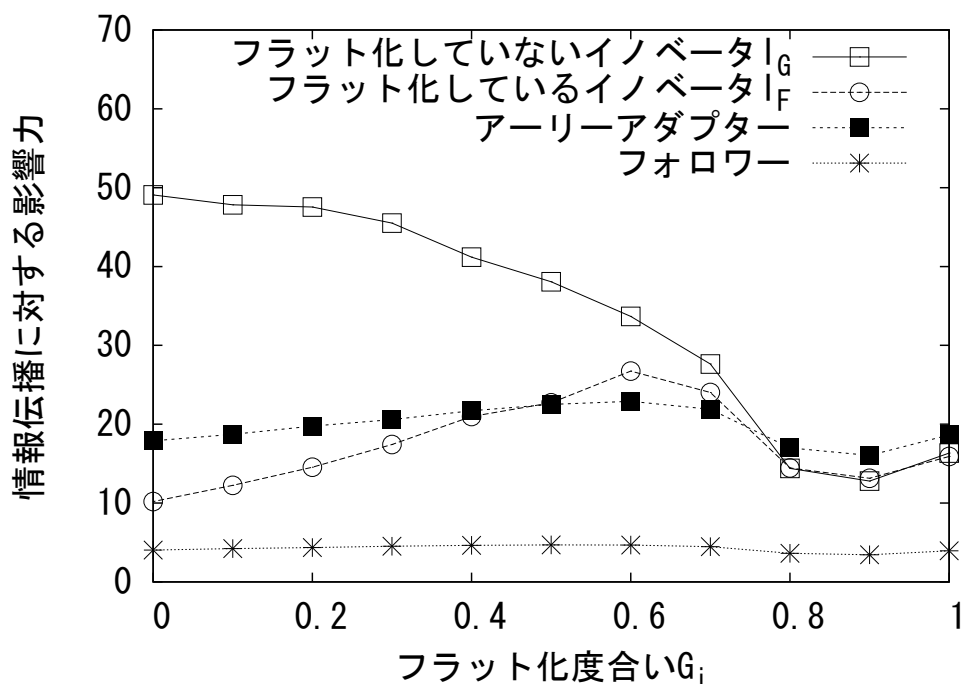


図 4.14 フラット化の度合い G_i と各層の影響力の関係 ($M = 200$).

ただし、図 4.13 中の影響力が 25 付近のフラット化していないイノベータ (図中 A), および 33 付近のフラット化したイノベータ (図中 B) については、他のイノベータと異なる傾向となった。このイノベータが存在した試行を調査した結果、同一の試行におけるイノベータであることがわかった。この試行ではフラット化していないイノベータが所持していた情報が広まらず、全く別の情報が多数派になっていた。以上より、低い確率ではあるが、情報の多様化によりフラット化していないイノベータでも影響力が小さく、フラット化したイノベータでも影響力が高くなる可能性があると言える。

次に、図 4.14 に、総情報数 $M = 200$ においてフラット化度合い G_i のイノベータを導入した場合における、各層の影響力を示す。以下、便宜上、フラット化度合い G_i に従って情報が与えられたイノベータを I_G 、フラット化しているイノベータを I_F とする。図 4.14 より、影響力の逆転現象は $G_i > 0.7$ で生じており、0.7 付近に影響力の逆転現象が生じる閾値があると考えられる。本シミュレーションの開始時点においては、 I_G 以外の全てのエージェントが無作為に情報を与えられる。すなわち、アーリーアダプターが所持する情報もフラット化していると言える。ただし、シミュレーション開始時点において、同一種類の情報を 2 つ、ないしは 3 つ持つ場合もあると考えられる。アーリーアダプターの保持可能情報数が 10 であることを考えると、シミュレーション開始時点におけるアーリーアダプターのフラット化度合いは 0.7 から 0.8 程度であると考えられる。すなわち、

$G_i \leq 0.7$ である場合、イノベータ I_G は、シミュレーション開始時点においてアーリーアダプターよりもフラット化の程度が低い。シミュレーション開始時点において、アーリーアダプターよりもフラット化の度合いが低かったイノベータ I_G は、自分がまとめて持つ情報を他のエージェントに広めていったと考えられる。その結果、影響力がアーリーアダプターよりも大きくなったと考えられる。

なお、図 4.14 より、 G_i が $0.5 \sim 0.7$ の範囲においては、フラット化したイノベータである I_F の影響力がアーリーアダプターと同等か、それ以上である。これは、 I_G が b_1 をまとめて所持しており、その情報が I_F に伝わることで I_F のフラット化が早期に解消されたものと考えられる。ただし、早期に I_F のフラット化が解消されただけでは、 I_G が情報 b_1 を広めるであろう。この場合、 $G_i < 0.5$ の場合のように、 I_F の影響力は低いままである。フラット化度合い G_i が $0.5 \sim 0.7$ の範囲においては、 I_G が所持する情報の半分以上は、無作為に選択されたものである。そのため、 I_G も毎回異なる情報を発信する可能性があり、 I_F にも情報を広める余地が残っていたと考えられる。すなわち、 I_G がまとめて所持している情報を、 I_F が中継して広めたと言える。ただし、他の設定と同様に、イノベータの影響力が最大となるためには、アーリーアダプターよりもフラット化の程度が低いイノベータが存在することが必要となる。以上より、イノベータの所持する情報がフラット化している場合、影響力の逆転現象が生じると言える。

フラット化の影響

本節のシミュレーション結果より、イノベータが「フラット化」することで影響力が低下することが示された。現実におけるフラット化の影響としては、4.4.1 節で述べたように、情報伝播、商品の普及などがアーリーアダプター中心となる点である。以上の結果は、4.1 節で挙げた、個人が持つ情報の量や種類の増加が、必ずしもその個人の集団に対する影響力の増大をもたらさない現象を、提案モデルにより説明可能なことを示している。

特に、情報が多様化し、情報獲得の機会が飛躍的に増加した昨今では、イノベータのように情報を自発的に多く収集する存在はフラット化している可能性が高いと考えられる。現実には、イノベータが多いと考えられる技術者、研究者や、いわゆるオタク、マニアと呼ばれる人の中には、専門や興味の対象とは無関係に膨大な知識を持つ人がいる。このような人は、自分の持つ知識・情報が膨大であるが故に、廃れた情報に固執したり、必要な情報を取捨選択できない場合がある。一方、アーリーアダプターに相当する人は、過度の知識・情報を持たないため、自分の情報に固執しすぎず、コミュニティ内での流行に対応しやすい。そのため、アーリーアダプターは、ある一時点で多種多様な情報を持っていたとしても、流行、あるいは流行の芽に対応して、情報を取捨選択していく。このような人は、イノベータから得られる知識・情報とコミュニティの流行の芽を適切に融合させ、新しいアイデアを生み出していくものと考えられる。この場合、イノベーションや世論形成の元

となる存在はイノベータではなく、アーリーアダプターとなる。本節のシミュレーションにおいても、アーリーアダプターが自身の持つ情報、あるいはイノベータ、フォロワーから得られる情報を保持し、フォロワーだけでなくイノベータにもフィードバックすることで、アーリーアダプターが集団全体を主導する役割を担うようになったと考えられる。すなわち、情報の多様化により、イノベータ、アーリーアダプターの役割が変化していったと考えられる。

なお、影響力の逆転現象が発生する要因として「フラット化」を挙げたが、情報の発信能力も要因である可能性がある。本節のシミュレーションにおけるある1試行では、フラット化したイノベータの影響力がフラット化していないイノベータの影響力を上回った。前述のように、この試行ではフラット化していないイノベータが持つ情報は広まらなかった。すなわち、この試行ではフラット化していないイノベータ以外からの情報伝播が多かったと考えられる。以上を考慮すると、イノベータはフラット化しているかどうかに関わらず、1回の情報伝播における、伝播する情報の量や伝播相手が多ければ影響力が大きくなる可能性がある。そこで、個人が1回に伝播・受信しうる情報の量について考えてみる。

本節のシミュレーションにおいては、各エージェントが保持する情報の種類が大幅に増加したのに対して、各エージェントが一度に伝播・受信しうる情報は1つのままである。4.1節での説明のとおり社会の情報流通量が大幅に増加しているのに伴って、個人の情報送受信量も増加していると考えられるべきかもしれない。特に、昨今のようにEメールや個人のブログなどが普及している環境では、個人が情報を受発信できる機会は増加しており、それにとまって友人数なども大きく増加している可能性がある。ところが、博報堂の生活定点調査 [103] によれば、1998年から2008年の10年間で、首都圏・関西圏に住む20歳から69歳の男女一般生活者における「友人」数の変化は、1998年では平均21.98人、2008年では平均22.09人で、まったく変化していない。一方Eメールなどをやりとりする相手人数は1998年では平均5.84人、2008年では平均13.88人で、約2.4倍に増加している。つまり、少なくとも日本では、飛躍的な情報量増加にもかかわらず「友人」数に大きな変化はなく、Eメールなどの相手はやや増加したといえる。ただし、Wattsらは、社会ネットワーク分析において、Eメールやブログなどによる繋がり、人間関係として薄いものであったり一方通行的であったりするので、「影響力がある友人」と認めるべきでないと主張している [104]。また、鷲田によれば、日本とスウェーデンにおいては、2006年段階では、イノベータとそれ以外での友人数の差は1.5倍以下であり [57]、Barabási [93] が主張するような著しい格差や冪乗関係は見られなかった。これらの実証調査研究の結果から、各エージェントが一度に伝播・受信しうる情報は、少なくとも社会全体に流通する情報の量や種類の飛躍的増加ほどには増加していないと判断できる。ゆえに、本章のシミュレーションでは簡略化のために、各エージェントが一度に伝播・受信し

うる情報は1つのままで固定することとした。ただし，Web2.0の登場や，情報通信技術の急速な発達もあり，今後も同様の状況が続くとは限らない。そこで，各エージェントが一度に伝播・受信しうる情報を増加させて検証する必要がある。

4.4.3 情報通信技術の発達が及ぼす影響

目的

個人が発信する情報量と影響力の関係について分析する。前述したように，社会に流通する情報量の増加に比べて，個々人が伝播・受信しうる情報量に大きな増加は見られない。ただし，今後も同様の状況が続くとは限らない。今まで情報発信を行わなかった人でも，Web2.0 [105] と呼ばれるサービスやツールの登場により，気軽に情報を発信するようになった。特に，Weblog (Blog) [106] や SNS (Social Networking Service) 等のツールは，インターネット上での情報発信を容易にした。新規メディアとしての Blog を調査した Herring ら [107] によれば，Blog は Web ページと，メッセージやチャット等の CMC (Computer Mediated Communication) の中間に位置するメディアである。すなわち，Web ページと同様に同報性を備えていながらも，コメントやトラックバックにより個人間でのコミュニケーションも可能としている。また，更新が容易であり，様々な情報を発信していく。このようなツールの普及により，個々人の情報発信量は，社会に流通する情報量程ではないにせよ，着実に増加していくと考えられる。また，そのような状況下では，これまで影響力を持たなかった人も影響力を持つようになる可能性がある。

しかし，現実には，アルファブロガー（あるいは A-list Blogger）のように，一部の Blog 執筆者（Blogger）が強い影響力を持つと言われている [108]。また，博報堂 DY メディアパートナーズのメディア環境研究所が行ったメディア定点調査 2009 [109] によれば，2009 年時点において，PC や TV，新聞等を含めたメディアの中で，TV や新聞の信頼度はインターネットよりも高く，接触時間も TV が最大であった。すなわち，現在でも TV や新聞に対する信頼は絶大であり，メディアの発達による影響力の変化は無いようにも見える。

そこで本シミュレーションでは，今後個人が発信する情報量が増加した場合における，個人の影響力変化について分析する。ここでは，Blog のような同報性を備えた情報発信ツールが普及したと状況を想定する。そのような状況下で，個々人が発信する情報量によって影響力がどのように変化するかを分析する。

シミュレーション設定

個人が発信する情報量（以降，発信情報量）と影響力の関係を分析するにあたり，情報伝播モデルを次のように拡張する。まず，発信情報量の増加を，1 回の情報伝播における

伝播相手の増加とみなす。すなわち、個人の発信情報量を R とした場合、1 回の情報伝播で R 人のエージェントに情報が伝播する。ただし、現実には、全ての Blog が平等に閲覧されることはなく、一部の Blog のみが大多数の人々に閲覧される。多くの人に閲覧される Blog は、更新頻度が高いか、情報量が多いと考えられる。そこで、本シミュレーションでも、エージェントごとの発信情報量に制限を設けることで、現実の更新頻度や情報量の違いを表現する。発信情報量の制限として、エージェント a_i が 1 ステップに発信する相手の数は、必ず保持可能情報数 c_i 以下とする。以上より、情報伝播のメカニズムを次のように拡張する。

- (1) 情報を発信するエージェント a_i を 1 人選択
- (2) エージェント a_i が持つ情報から、情報を無作為に 1 つ選択
- (3) 情報を受け取るエージェントを $\min(R, c_i)$ 人選択
- (4) 手順 (3) で選択されたエージェントに伝播確率に従って情報を伝播

なお、他の設定は 4.4.1 節のシミュレーションと同様とし、総情報数 $M = 200$ とする。

シミュレーション結果

図 4.15 に、発信情報量 R と各層の影響力の関係を示す。図 4.15 より、 $R \leq 10$ の場合、イノベータの影響力がアーリーアダプターと同等、あるいは小さい。しかし、 $R > 10$ の場合、すなわちアーリーアダプターよりもイノベータの発信情報量が上回る場合、イノベータの影響力が最大となっている。これは、イノベータの発信情報量が増加し、イノベータからの 1 回の情報発信で多数派が形成されることが原因と考えられる。前述したように、一旦多数派が形成されてしまえば、多数派からアーリーアダプター、そしてイノベータへと情報が伝播していく。前節の結果では、アーリーアダプターが多数派の情報を受け取り、その情報を周囲に伝播していたと考えられる。今回の結果では、イノベータからの 1 回の情報伝播で多数派が形成されたと考えられる。また、アーリーアダプターの発信情報量では、イノベータからの情報伝播によって生じた多数派が持つ情報を変化させるに至らなかったと考えられる。この場合、情報源はイノベータに他ならず、イノベータの影響力が最大となる。以上より、Blog のように自分が持ちうる情報を発信していくような状況では再びイノベータの影響力が最大になることが示唆された。

ただし、イノベータとアーリーアダプターの発信情報量 R に差が無い場合では、前節の結果と同様にアーリーアダプターの影響力が最大となっている。すなわち、エージェント間で発信情報量 R に差が無ければ、前節の結果と同様の結果が得られると考えられる。

次に、発信情報量 R の制限を無くし、情報伝播の手順 (3) を次のように変化させた場合を考える。

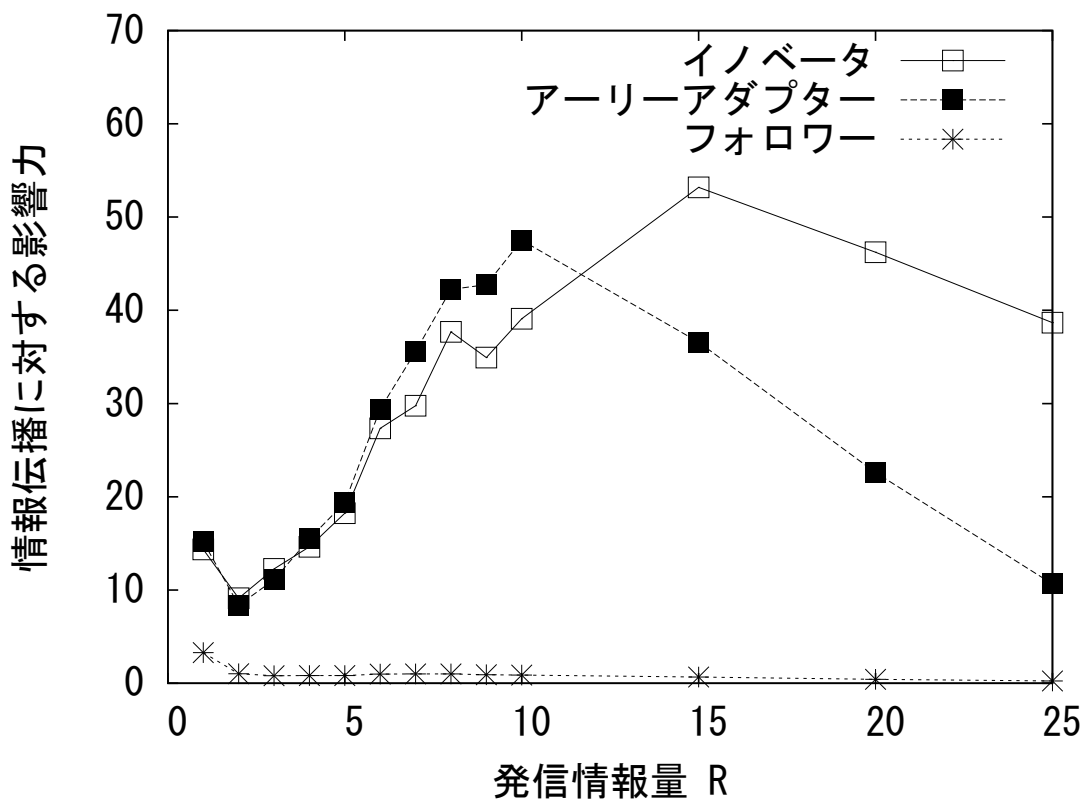


図 4.15 発信情報量 R の影響

(3*) 情報を受け取るエージェントを R 人選択

発信情報量 R の制限を無くした場合の結果を、図 4.16 に示す。図 4.16 より、発信情報量 R が変化しても、影響力はほぼ一定となる。すなわち、全エージェントの発信情報量が同じであれば、発信情報量と影響力は無関係と言える。

Web2.0 の登場による個人の影響力の変化

前述したように、Web2.0 はインターネット上での情報発信を容易にした。また、CGM (Consumer Generated Media) や Wiki^{*1} 等で多くの一般消費者・ユーザが情報発信を行うようになった。その一方で、アルファブロガーが存在するように、一部のユーザが強い影響力を持っている場合もある。

本シミュレーションによって得られた結果は、Web2.0 が普及した状況を示している。ただし、本節の 2 つの結果 (図 4.15, 4.16) はそれぞれ異なるコミュニティを表現する。

*1 「Wikipedia」(<http://ja.wikipedia.org/wiki/>) や「Wiktionary」(<http://ja.wiktionary.org/wiki/>) 等

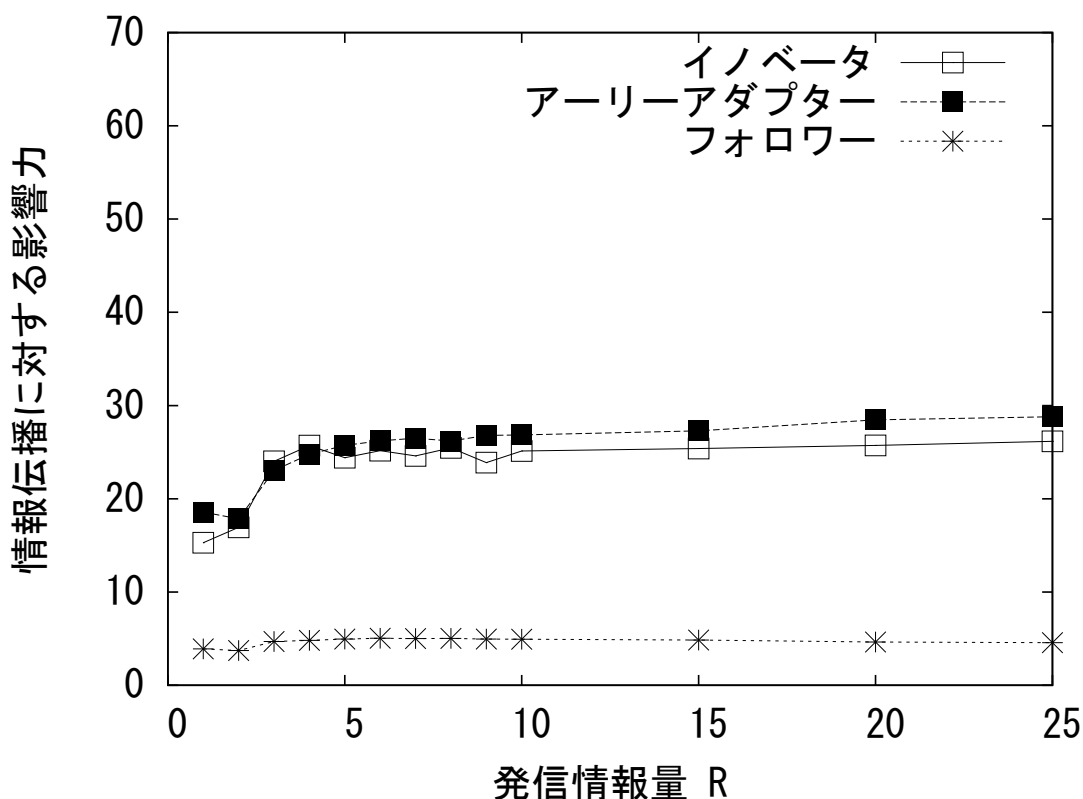


図 4.16 発信情報量 R の影響 (制限なし)

図 4.15 の結果は Blog を中心として情報伝播が生じるコミュニティに相当する。このようなコミュニティでは、発信情報量が人によって異なり、一部の人が多くの情報を発信する。図 4.15 で示した結果では、発信情報量の増加により、イノベータが再び影響力を取り戻していた。この場合は、イノベータがアルファブロガーに相当する。アルファブロガーが一度情報発信を行うと、膨大な読者が発信された情報を受け取り、さらに情報を広めていく。結果として、情報が多様化した社会で影響力を失っていたイノベータは、Blog の登場によって再び影響力を獲得したと言える。

一方、図 4.16 の結果は CGM である口コミサイト^{*2}や Q&A コミュニティ^{*3}を中心として情報伝播が生じるコミュニティを示している。このようなサイトの多くは、情報発信者に依らず、平等に意見やコメントを表示する。そのため、皆の意見が平等に他の人々に伝わる。このような状況では、図 4.16 の結果のように、影響力の逆転現象が生じると考えられる。

*2 「価格.com」(<http://kakaku.com/>) や 「食べログ」(<http://tabelog.com/>) 等

*3 「Yahoo!知恵袋」(<http://chiebukuro.yahoo.co.jp/>) や 「教えてgoo!」(<http://oshiete.goo.ne.jp/>) 等

4.5 まとめ

本章では、情報の多様化を考慮した情報伝播をモデル化した。そして、提案モデルを用いて、Rogers, Bass, Arthur の議論を再現可能なことを確認した。次に、情報の多様化が情報伝播に及ぼす影響を分析した結果、情報の種類が増加することにより、情報伝播に対して強い影響力を持つユーザ層が変化することが確認された。また、その要因は、多種の情報を持つことで、それぞれの情報の価値が均一化する「フラット化」であることを確認した。多くの先行研究では、情報や知識は広く、多く持てば持つほど良いとされ、情報を多く持つことへの弊害は着目されてこなかった。これに対して、本章の結果は、現代社会における既存研究の意義を再考させるものである。また、情報が多様化した状況では、アーリーアダプターのような中間層が強い影響力を持つことが確認された。従来は、普及論やロングテールで語られるようなイノベータや特殊なニーズを持つ層の重要性が指摘されてきた。しかし、本章の結果は、イノベータ以外の層がコミュニティ全体に与える影響の重要性を示唆するものである。

次に、Web2.0 の普及がもたらす影響力の変化を分析した。その結果、次のような傾向が得られた。

- (1) Blog 中心の情報伝播ではイノベータの影響力が最大となる
- (2) CGM 中心の情報伝播ではアーリーアダプターの影響力が最大となる

すなわち、コミュニティごとに影響力を持つ人物が異なると言える。

以上の内容を知識共有の面から考えた場合、ツールの導入や、共有の促進における指針が得られる。第2章で提案したような知識DBでは、知識を持つ人物が知識を保存し、そうでない人物は何もしない。その結果、上述のBlog中心の情報伝播同様、知識を多く持つ人物が影響力を持つ。研究開発のように、専門的な知識の共有が重要になる場合、Blog型の知識共有ツールにより、専門家の知識を共有することが有効であると考えられる。一方、ノウハウや手続き等を共有するためには、CGM型の知識共有ツールが有効であると考えられる。一般に、ノウハウや手続き等を共有する場合、雑多な知識や情報の重複が多くなる。そのような知識は、他の知識を獲得する際のノイズとなる。そこで、アーリーアダプターとなる人物が多数派に利用される有用な知識を選別し、全体に伝播させることで、CGM型の知識共有ツールを有効に活用できると考えられる。

第 5 章

結論

5.1 総括

本論文では、知識共有に関するエージェントベースシミュレーションの研究について述べた。知識共有は、その重要性が認識されながらも、対象としている知識の評価が困難なため、手法の評価も困難であった。そこで、知識共有の定量的な評価が可能なシミュレーションモデルを提案した。そして、知識共有に関する以下の 3 つの課題・問題を分析し、解決法を提案した。

- (1) 知識の大量喪失
- (2) コスト制約下における人員調整
- (3) 膨大な知識がもたらす弊害

以上の問題の分析を通して得られた成果は、ナレッジマネジメント提案のための基盤構築に寄与するものである。以下、各課題・問題ごとに、本研究の成果を要約し、全体の総括を述べる。

(1) 知識の大量喪失

第 2 章において、知識の大量喪失の問題（2007 年問題）を取り上げ、その対策として知識データベース、ナレッジマネージャという 2 種類のナレッジマネジメントを提案した。提案手法を評価するために、企業内で労働者が知識を共有しながら作業するモデルを提案した。知識の大量喪失に対する知識データベース、ナレッジマネージャの有効性を提案モデルを用いて評価した結果、知識の大量喪失を予防可能なことを明らかにした。しかし、知識データベースは時間経過とともに利用されなくなる結果も得られた。その原因として、労働者が十分な知識を得ることで、知識データベースの使用頻度が低下し、保存されている知識が陳腐化してしまうことを挙げた。第 2 章の結果は、知識共有の目標である

「労働者が作業に対して十分な知識を持つ」状況が失敗理由となることを示している。また、専任の管理者を導入することにより、根本的な解決にはならないものの、実用的な範囲では知識 DB 利用を促進可能なことを示した。

(2) コスト制約下における人員調整

第3章において、コスト制約を考慮し、不況のようにコスト制約が厳しくなる状況下で、コストパフォーマンスを維持する手法を提案した。人的ネットワーク上での知識共有の観点から、有効なワークシェアリング手法を提案した。また、2008年末に生じた不況と、不況に起因する「派遣切り」の問題を取り上げた。その結果、人的ネットワーク上における近接中心性が低い人材を、優先してワークシェアリングの対象とすることで、コストパフォーマンスの維持が可能なが確認された。これにより、「派遣切り」を行わずとも、不況下のコスト制約を乗り切れることが示唆された。この結果は、就業形態の多様化や、今後あり得る不況に対して重要な知見であると考えられる。加えて、2009年時点において、ワークライフバランスを達成するための働き方が国内でも議論されるようになってきている。ワークシェアリングはワークライフバランスを達成するための一手法でもあり、不況下でなくともワークシェアリングの在り方は議論されていくだろう。第3章の結果は無作為なワークシェアリングがコストパフォーマンスを低下させることも示唆しており、今後の社会の在り方に貴重な知見を提供できると考えられる。

(3) 膨大な知識がもたらす弊害

第4章において、知識を多く持つことが常に良いことかどうかを明らかにした。全体として知識量が増加することを目指すのではなく、どのような人材が集団全体に対して影響力を持つのかを、情報伝播モデルを用いて分析した。その結果、社会全体で扱われる情報が増加した場合、多くの情報を持つイノベータの影響力が低下することが示された。同時に、イノベータおよび少数の情報しか持たないフォロワーの両者から情報の授受が可能なアーリーアダプターが集団全体に対して影響力を持つことが確認された。この結果は、既存の普及学の研究成果と異なる結果であり、現代のような情報量が爆発的に増加した状況における、先行研究の意味について再考を促すものである。また、Web2.0により、個人の発信情報量が増加すると想定した場合、Blog 中心のコミュニティと CGM 中心のコミュニティでは影響力を持つ個人が異なっていた。発信情報量が個人によって異なる Blog 型のコミュニティではイノベータが、発信情報量が平等な CGM 型コミュニティではアーリーアダプターがそれぞれ影響力を持っていた。これは、コミュニティと内部の人材による影響力の違いを示しており、知識共有ツール等を作成するにあたり重要な知見となる。なお、情報伝播モデルを構築して分析したが、知識共有においても同等の現象が生じると考えられる。一般的に、イノベータはイノベータタイプな人材であり、周囲に影響を

及ぼしながら新技術の作成や知識の創出等を行っていきと考えられている。しかし、第4章での結果は、イノベータではなくアーリーアダプターがイノベーション創出の担い手になる様子が示されている。また、本研究の成果は、情報量が極端に増加した現代におけるイノベーションには、知識が多いただけでなく、適切に取捨選択ができる人材が有効であることを示している。

5.2 今後の課題

本論文では、知識共有に関する3種の問題に対し、それぞれの問題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。本論文で提案したモデルは、各問題に特化しており、知識を扱う統一的なモデルではない。有効なナレッジマネジメント提案のための基盤構築という本研究の目的に対しては、各問題に特化したモデルよりも、知識を扱った統一的なモデルが望ましい。その点においては、本研究は未だ発展途上と言える。しかし、諸問題の分析に対してはその有効性が十分発揮されており、今後、知識共有のモデル化が行われる上で有効であると思われる。また、本論文で得られた結果は知識に関する諸問題に対して貴重な知見になると期待される。ただし、本研究には幾つかの課題が残っている。

まず、本研究全体で中心となる課題として現実へのフィードバックが挙げられる。本論文で述べてきた知見は、知識共有の方法や在り方等、社会的に有用である。本研究で得られた知見を現実へフィードバックし、社会的に活用することが望ましい。ただし、本論文で提案した各モデルは、人間の知識活動を抽象化したものである。そのため、提案モデルおよび本論文で示した結果の適用可能な範囲には限界がある。そこで、現実にフィードバックした結果から適用限界を検討し、提案モデルの信頼性を向上させる必要がある。提案モデルおよび結果の信頼性向上のため、また、社会的貢献のためにも現実に対するフィードバックが本研究の最も重要な課題であろう。

また、本研究では知識共有のみを扱っているが、知識の創造や発展を扱うことも必要であろう。特に、研究開発などの知識が必要な仕事に関しては、既存の知識を発展させ、新しい知識を創造することが求められる。そのような知識の共有のみでは表現できない要素を扱っていく必要がある。

さらに踏み込んだ課題として、次の3つの課題が存在する。

- (1) 知識 DB・ナレッジマネージャの運用における課題
- (2) ワークシェアリング実施における課題
- (3) 知識のフラット化の原因究明における課題

以下、それぞれについて述べる。

(1) 知識 DB・ナレッジマネージャの運用における課題

第 2 章において、知識データベース、ナレッジマネージャの 2 種類のナレッジマネジメントを提案し、評価した。知識データベースはグループウェア等を一般化したものであり、その管理者であるナレッジマネージャも抽象的な存在である。これらのナレッジマネジメントが知識の大量喪失への対策として有効であるという結果が得られたが、現実に活用するためには幾つかの問題を解決する必要がある。

まず、評価のために提案した知識共有モデルでは、全ての知識が均質であるとした。しかし、実際には知識は均質ではなく、習得の難度や、利用頻度等、様々な差異が存在する。また、企業や組織によっては、マニュアル化可能な接客業のように形式知が多く必要なタスクや、職人芸と呼ばれる技術が必要となる職業など、タスクの特性が異なる。タスクに必要な知識として、形式知重み、経験知重みを設定しているが、企業組織全体に必要な知識に偏りがある場合も多い。そのような状況下において、今回提案した知識データベース、ナレッジマネージャが有効かどうかを検証する必要がある。

また、タスク処理においても、現実には作業の手順が存在する。これらの要素が結果にどのような影響を及ぼすかを考えていく必要がある。そこで、PERT (Program Evaluation and Review Technique) [110] に代表される現実のプロジェクト管理技術からタスクのモデル化を行う必要がある。モデルにおけるタスクを現実の PERT チャートと対応させることにより、タスクへの人員割り当てやタスクの処理時間等を用いた現実とシミュレーション結果の照合が可能になる。ただし、PERT 等を用いてタスクを精緻化した場合、人員割り当て手法やタスクの処理手順を適切に扱う必要がある。そのため、タスクの精緻化と同時に、プロジェクト管理技術もモデル化していく必要がある。

なお、本論文で行ったシミュレーションでは、知識データベースに経験知、形式知の両者が保存可能であり、初期状態で一定量の知識が保存されていることが前提であった。実際に運用するためには、形式知、経験知の保存が可能な知識データベースの設計、および各知識の収集が必要となる。特に、シミュレーションで用いた値と現実のデータをどのように対応づけるかが重要である。シミュレーションで用いた知識量と現実における知識量は、知識 DB 導入先の企業組織によって異なると考えられる。そのため、現実の知識量をモデルで用いる知識量へ変換する手法の考案が重要な課題である。また、知識データベース内に存在するノイズへの対処も問題となる。一般的に、データベース内のデータ量が増加した場合、重複するデータや陳腐化したデータがノイズとなる。そのようなノイズは知識データベースの利便性を低下させる要因になる。インターフェースにおける工夫や、ナレッジマネージャによる管理方法の工夫により、ノイズに対して頑健な知識データベースを構築する必要がある。

(2) ワークシェアリング実施における課題

第3章において、企業内の人員構成が頻繁に変化する状況下において、一定のコスト制約を満たしながらパフォーマンスを最大にするマネジメントを提案した。第3章で扱った派遣切りの問題は、本論文執筆時点において、今まさに社会が直面している問題である。また、ワークシェアリングは以前から議論されており、導入の是非が何度も検討されている。今回の結果から無作為なワークシェアリングはコストパフォーマンスを低下させることが確認されたため、近接中心性が低い社員を優先してワークシェアリングを実施する必要がある。そのためには、現実でのネットワーク構築手法、人的ネットワーク調査時の倫理的問題など、提案手法を現実の企業で実行するにあたっての諸問題を解決する必要がある。さらに、本研究で得た知見は、知識共有の観点からの知見であり、役職や作業体制、産業ごとのコスト構造などを考慮した場合のワークシェアリングの効果を分析する必要がある。特に、コスト構造の考慮はワークシェアリングの有効性を考える上で重要となる。実際にワークシェアリングを行う場合、作業の分かち合いに伴う調整や引き継ぎ等、様々なコストが存在する。人件費に加え、そのようなコストの影響を扱うことで、ワークシェアリングに限定せず、作業の共有や効率的な人員割り当て手法の考案も可能になると考えられる。

なお、一般にワークシェアリングは様々な方法で実施される。例として、単一の作業を2人1組で処理する方法や、日々の労働時間を長くして休日を増やす方法がある。有効なワークシェアリングの実施基準は、作業の分割方法によって異なると考えられる。そこで、人的ネットワークと併せ、どのような作業分割が有効なのかを検証する必要がある。

また、ワークシェアリング以外の有効な手法の提案も今後の課題である。今回は派遣切り、ワークシェアリングという現時点において議論されている手法を対象としたが、派遣社員を導入しても知識共有を推進できるような枠組み作りや組織作成の手法を提案していく必要がある。

(3) 知識のフラット化の原因究明における課題

第4章において、知識を多く持つことが必ずしも集団に対する影響力を増加させないことを示した。情報が多様化した現代社会においては、知識を多く所持するイノベータよりも、知識を適度に取り捨選択しているアーリーアダプターの方が影響力を持っている。この結果は主にマーケティングやイノベーション促進に対しての提言である。ただし、本研究では、イノベータの持つ知識がフラット化している状態でシミュレーションを行っているため、フラット化の原因は明らかにしていない。次の段階として、何故イノベータの持つ知識がフラット化するのかを調査する必要がある。イノベータは大量に知識を持ち、知識がフラット化していない状態であれば、既存研究が言及するようにイノベータ的な存在

であると考えられる。イノベータの持つ知識がフラット化する要因を突き止め、それを回避、あるいは回復する方法を提案できれば、イノベータがよりイノベティブな存在になると考えられる。同時に、研究者や開発者に多いイノベータがイノベティブになることで、企業全体のイノベーション促進が期待される。

なお、フラット化の原因としては、コミュニケーションチャンネルの増加が考えられる。コミュニケーション関連の技術の進歩により、個々人が獲得する知識の量も増加している。知識の「フラット化」は、知識の価値を順序付けできない状態を指しており、そのような状態は獲得する知識の量が増加していく過程で生じると考えられる。以上の検証を行うためには、知識獲得手段、すなわちコミュニケーションが制限されたモデルが必要である。第4章で提案したモデルは、集団の自由なコミュニケーションを前提としている。そこで、提案モデルに対してネットワーク構造を導入し、知識のフラット化の原因を究明する必要がある。

ネットワーク構造の導入に伴い、規模の大きいコミュニティでの検証も可能になる。また、各エージェントが持つリンク数や、リンクで接続される相手の違いが、各人の影響力を変化させると考えられる。例として、イノベータを中心として、多数のフォロワーが接続されるようなコミュニティでは、イノベータの影響力が大きくなるであろう。逆に、イノベータやアーリーアダプターが相互に接続している状況では、経過次第で誰でも影響力を持ちうると考えられる。このような規模やネットワーク構造、およびネットワーク上での各人の配置等により、各人の影響力がどのように変化するかを分析する必要がある。

また、個人の発信情報量を増加させるツールとして、Blog や CGM 以外にも、マイクロブログ（あるいはミニブログ）^{*1} や SNS 等が存在する。これらは、各々異なる特性を持ち、独自のコミュニティを形成していると考えられる。そこで、これらのツールの特性をモデル化し、それぞれのコミュニティの中で影響力を持つ人を探ることも重要な課題である。

^{*1} Twitter(<http://twitter.com>) 等

謝辞

本研究を行うにあたり，終始懇切丁寧な御指導御鞭撻を賜りました石井健一郎教授に心から感謝いたします．筆者が自分の興味のみで研究テーマを設定し，研究を行ったにも関わらず，常にその内容に関して適切な助言を頂きました．本論文を執筆できるまでに至ったのは石井教授の御指導の賜であり，感謝の念は筆舌に尽くしがたいものがあります．

また，日頃から多くの助言，御指導をくださった鳥海不二夫助教に感謝いたします．学会での立ち居振る舞いや，他の研究者の方々との付き合い方等，研究を行っていく上で重要なアドバイスを数多く頂きました．さらには，研究面のみならず，生活面や進路の事に関しても多くの御助言を頂きました．謹んで感謝いたします．

本論文をまとめるにあたっては，本学渡邊豊英教授，同横井茂樹教授，同北栄輔教授に副査をお引き受けいただき，多くの有用なコメントをいただきました．ここに感謝の意を表します．

なお，第2章の研究は，筆者が株式会社東芝研究開発センターにおけるインターンシップで行なった研究が基になっています．本研究を行うきっかけを与えてくださり，基礎部分に多くの助言をくださった研究開発センターシステム開発ラボラトリー知識継承グループ（2006年当時）の中山康子様，仲瀬明彦様，石井岳様，山本真照様，阿部真美子様にこの場を借りて深く感謝いたします．この研究で成果を得られたことにより，筆者は博士後期課程進学を決めました．この研究が無ければ，本論文は無かったものと思います．

第4章の研究は，東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻の植田一博准教授および株式会社博報堂イノベーションラボの鷲田祐一様との共同研究です．他分野の方と境界領域の研究を共同で行う経験から多くの刺激を受けることができました．植田准教授には，共同研究者としてあまり成果が出ていない段階でも様々な助言を頂き，また被験者実験等の貴重な経験をさせていただきました．鷲田様には，2008年3月の「知能と複雑系」研究会で初めてお会いした時から，多くの御助言を頂きました．その後，共同研究へと誘っていただけたことで，本論文で示した成果を上げることができました．深く感謝いたします．

様々な形で研究に協力してくださった本学石井研究室の諸氏に感謝いたします．特に，

研究室配属当初から博士後期課程まで同室であった磯村直樹氏，および研究の相談や論文のチェックを手伝っていただいた石田健氏，山口竜一氏，西岡寛兼氏に深く感謝いたします．

筆者の学生生活において，様々な面で協力頂いた多くの友人に感謝いたします．特に，奥井広高氏，服部真也氏には，日頃から筆者を精神面で支えて頂きました．心から感謝いたします．

最後に，筆者を見守り続けてくれた両親と兄に感謝します．特に，父の他界後であっても，筆者の修士，博士課程進学を快諾し，学生生活を支えてくれた母に心から感謝します．

参考文献

- [1] I. Nonaka and H. Takeuchi. *The knowledge-creating company: How Japanese companies create the dynamics of innovation*. Oxford university press, 1995. 梅本 勝博 (訳) :知識創造企業 . 東洋経済新報社 (1996).
- [2] 橋本久義. 2007 年問題を考える. 精密工学会誌, Vol. 72, No. 1, pp. 5–8, 2006.
- [3] 中山康子, 真鍋俊彦, 竹林洋一. 知識情報共有システム (advice/help on demand) の開発と実践 : 知識ベースとノウハウベースの構築. 情報処理学会論文誌, Vol. 39, No. 5, pp. 1186–1194, 19980515.
- [4] 中山康子, 真鍋俊彦, 笹氣光一, 鈴木優. 知識情報共有システム (kids) の開発と実践— 組織におけるノウハウ共有の促進 —. 人工知能学会誌, Vol. 16, No. 1, 1 2001. 64–67.
- [5] 杉山公造, 永田晃也, 下嶋篤 (編) . ナレッジサイエンス 知を再編する 64 のキーワード. 紀伊國屋書店, 2002.
- [6] R. L. Ackoff. From data to wisdom. *Journal of Applied Systems Analysis*, Vol. 16, No. 1, pp. 3–9, 1989.
- [7] G. Bellinger, D. Castro, and A. Mills. Data, information, knowledge, and wisdom. <http://www.systems-thinking.org/dikw/dikw.htm> on 22 Oct. 2009, 2004.
- [8] 大山勝徳, 武内惇, 藤本洋. Capis モデル方式による設計思考過程の表現法 (知識処理). 情報処理学会論文誌, Vol. 47, No. 8, pp. 2792–2806, 20060815.
- [9] 大山勝徳, 武内惇, 藤本洋. Capis モデルと品質実現オントロジを用いるクラス抽出思考過程の獲得・伝達法 (知識処理). 情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. 8, pp. 2846–2858, 20070815.
- [10] I. Tuomi. Data is more than knowledge. *Journal of Management Information Systems*, Vol. 16, No. 3, pp. 107–121, 1999.
- [11] J. Rowley. The wisdom hierarchy: representations of the DIKW hierarchy. *Journal of Information Science*, Vol. 33, No. 2, pp. 163–180, 2007.

- [12] P.F. Drucker. Knowledge-worker productivity: The biggest challenge. *California Management Review*, Vol. 41, No. 2, pp. 79–94, 1999.
- [13] R.R. Nelson and S.G. Winter. In search of a useful theory of innovation. *Research Policy*, Vol. 6, No. 1, pp. 36–76, 1977.
- [14] 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.
- [15] K.E. Weick. The Collapse of Sensemaking in Organizations: The Mann Gulch Disaster. *Administrative Science Quarterly*, Vol. 38, No. 4, 1993.
- [16] N. F. Kock, R. J. McQueen, and J. L. Corner. The nature of data, information and knowledge exchanges in business processes: implications for process improvement and organizational learning. *The Learning Organization*, Vol. 4, No. 2, pp. 70–80, 1997.
- [17] M.S. Granovetter. The Strength of Weak Ties. *American Journal of Sociology*, Vol. 78, No. 6, p. 1360, 1973.
- [18] 金光淳. 社会ネットワーク分析の基礎:社会的関係資本論にむけて. 劉草書房, 2003.
- [19] M.T. Hansen. The Search-Transfer Problem: The Role of Weak Ties in Sharing Knowledge across Organization Subunits. *Administrative Science Quarterly*, Vol. 44, No. 1, pp. 82–111, 1999.
- [20] R. Reagans and B. McEvily. Network structure and knowledge transfer: The effects of cohesion and range. *Administrative Science Quarterly*, Vol. 48, No. 2, pp. 240–267, 2003.
- [21] 池田満, 林雄介. 知の創造・継承のモデル化と支援システムのデザイン. ヒューマンインターフェース学会誌, Vol. 6, No. 2, pp. 19–26, 2004.
- [22] 青島矢一, 延岡健太郎. プロジェクト知識のマネジメント. 組織科学, Vol. 31, No. 1, pp. 20–36, 1997. 白桃書房.
- [23] 平井千秋, 藤波努, 森本由起子. グループ間コミュニケーション支援のためのインターグループウェアの提案. 情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. 1, pp. 16–29, 20070115.
- [24] M. Gardner. Mathematical games: The fantastic combinations of John Conway 's new solitaire game ' Life '. *Scientific American*, Vol. 223, No. 4, pp. 120–123, 1970.
- [25] J. M. Epstein and R. Axtell. *Growing artificial societies: social science from the bottom up*. The MIT Press, 1996. 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 -, 共立出版株式会社 (1999).

-
- [26] R. Axelrod. The dissemination of culture: A model with local convergence and global polarization. *Journal of conflict resolution*, pp. 203–226, 1997.
- [27] J. M. Epstein and R. Axtell. Artificial societies and generative social science. *Artificial Life and Robotics*, Vol. 1, No. 1, pp. 33–34, 1997.
- [28] D. J. Watts and S. H. Strogatz. Collective dynamics of ‘small-world’ networks. *Nature*, Vol. 393, No. 6684, pp. 440–442, 1998.
- [29] R. Cowan and N. Jonard. Network structure and the diffusion of knowledge. *Journal of economic Dynamics and Control*, Vol. 28, No. 8, pp. 1557–1575, 2004.
- [30] K. M. Carley. On the evolution of social and organizational networks. *Research in the Sociology of Organizations*, Vol. 16, pp. 3–30, 1999.
- [31] I. C. Moon and K. M. Carley. Self-organizing social and spatial networks under what-if scenarios. In *Proceedings of the 6th international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems*, pp. 1348–1555. ACM, 2007.
- [32] J. P. Cointet and C. Roth. How realistic should knowledge diffusion models be. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, Vol. 10, No. 3, p. 5, 2007.
- [33] R. Guimerà, B. Uzzi, J. Spiro, and L.A. Nunes Amaral. Team Assembly Mechanisms Determine Collaboration Network Structure and Team Performance. *Science*, Vol. 308, No. 5722, pp. 697–702, 2005.
- [34] 犬塚篤, 中森義輝. IT を活用した知識共有への提言. 信学論 (D), Vol. J86–D–I, No. 4, pp. 179–187, 4 2003.
- [35] N. Gilbert, A. Pyka, and P. Ahrweiler. Innovation Networks-A Simulation Approach. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, Vol. 4, No. 3, pp. 1–13, 2001.
- [36] P. Ahrweiler, A. Pyka, and N. Gilbert. Simulating knowledge dynamics in innovation networks (SKIN). In Roberto Leombruni and Matteo Richiardi, editors, *Industry and labor dynamics: the agent-based computational economics approach: proceedings of the Wild@ ace2003 workshop, Torino, Italy, 3-4 October 2003*, pp. 284–296. World Scientific Pub Co Inc, 2004.
- [37] 相良博喜, 谷本潤, 萩島理. マルチエージェントシミュレーションを適用したプロジェクトマネジメントのモデル化. 日本計算工学論文集, Vol. 2004, p. 20040031, 2004.
- [38] 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.
- [39] Y. Jin and R.E. Levitt. The virtual design team: A computational model

- of project organizations. *Computational & Mathematical Organization Theory*, Vol. 2, No. 3, pp. 171–195, 1996.
- [40] D. Gruhl, R. Guha, D. Liben-Nowell, and A. Tomkins. Information diffusion through blogspace. In *Proceedings of the 13th international conference on World Wide Web*, pp. 491–501. ACM New York, NY, USA, 2004.
- [41] M. Granovetter. Threshold models of collective behavior. *American journal of sociology*, Vol. 83, No. 6, p. 1420, 1978.
- [42] D. J. Watts. A simple model of global cascades on random networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 99, No. 9, p. 5766, 2002.
- [43] J. Goldenberg, B. Libai, and E. Muller. Talk of the network: A complex systems look at the underlying process of word-of-mouth. *Marketing Letters*, Vol. 12, No. 3, pp. 211–223, 2001.
- [44] L. Sweeney. Information explosion. In L. Zayatz, P. Doyle, J. Theeuwes, and J. Lane, editors, *Confidentiality, disclosure, and data access: theory and practical applications for statistical agencies*, pp. 43–74. Elsevier Science Ltd, 2001.
- [45] W. O. Kermack and A. G. McKendrick. A contribution to the mathematical theory of epidemics. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character*, Vol. 115, No. 772, pp. 700–721, 1927.
- [46] R. Pastor-Satorras and A. Vespignani. Epidemic spreading in scale-free networks. *Physical review letters*, Vol. 86, No. 14, pp. 3200–3203, 2001.
- [47] Y. Wang, D. Chakrabarti, C. Wang, and C. Faloutsos. Epidemic spreading in real networks: An eigenvalue viewpoint. In *Proceedings of the Symposium on Reliable Distributed Systems*, pp. 25–34, 2003.
- [48] A. Ganesh, L. Massoulie, and D. Towsley. The effect of network topology on the spread of epidemics. In *Proceedings of IEEE INFOCOM*, Vol. 2, p. 1455, 2005.
- [49] J. B. Dunham. An agent-based spatially explicit epidemiological model in MASON. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, Vol. 9, No. 1, p. 3, 2005.
- [50] P. Stroud, S. Del Valle, S. Sydoriak, J. Riese, and S. Mniszewski. Spatial Dynamics of Pandemic Influenza in a Massive Artificial Society. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, Vol. 10, No. 4, p. 9, 2007.
- [51] D. Kempe, J. Kleinberg, and É. Tardos. Maximizing the spread of influence through a social network. In *Proceedings of the ninth ACM SIGKDD interna-*

- tional conference on Knowledge discovery and data mining*, pp. 137–146. ACM New York, NY, USA, 2003.
- [52] 木村昌弘, 齊藤和巳, 中野良平. 社会ネットワーク上の情報伝搬における強影響力ノード抽出の効率化. *電子情報通信学会論文誌 D*, Vol. 91, No. 4, pp. 1004–1015, 2008.
- [53] E.M. Rogers. *Diffusion of Innovations*. Free Press, 5th edition, 2003. 三藤 利雄 (訳) : イノベーションの普及 , 翔泳社 (2007).
- [54] F.M. Bass. A new product growth model for consumer durables. *Management Science*, Vol. 15, No. 5, pp. 215–227, 1969.
- [55] J. Rohlfs. A theory of interdependent demand for a communications service. *The Bell Journal of Economics and Management Science*, Vol. 5, No. 1, pp. 16–37, 1974.
- [56] W.B. Arthur. Competing technologies, increasing returns, and lock-in by historical events. *The Economic Journal*, Vol. 99, pp. 116–131, 1989.
- [57] 鷲田祐一. 普及過程における情報伝播ネットワークの不均一性と価値転換現象の構造分析 : 需要側が牽引するイノベーションの可能性. Ph.D. thesis, 東京大学 大学院総合文化研究科, 2008.
- [58] P.F. Drucker. The new productivity challenge. *Harvard Business Review*, Vol. 69, No. 6, pp. 69–79, 1991.
- [59] 労働政策研究・研修機構. 人口減少社会における人事戦略と職業意識に関する調査. <http://www.jil.go.jp/institute/research/2005/012.html>, 2005.
- [60] 厚生労働省. 高年齢者雇用安定法の改正のお知らせ. <http://www.mhlw.go.jp/general/seido/anteikyoku/kourei2/>, 2004.
- [61] 厚生労働省. 平成 20 年雇用動向調査. <http://www.mhlw.go.jp/toukei/itiran/roudou/koyou/doukou/08-2/index.html>, 2009.
- [62] R.M. Axelrod. *The complexity of cooperation: Agent-based models of competition and collaboration*. Princeton University Press, 1997. 寺野隆雄 (監訳) : 対立と協調の科学—エージェント・ベース・モデルによる複雑系の解明 , pp.4–7 , ダイアモンド社 (2003).
- [63] T. P. Wright. Factors affecting the cost of airplanes. *Journal of Aeronautical Sciences*, Vol. 3, No. 4, pp. 122–128, 1936.
- [64] ナレッジクリエーション研究会 (編) . ナレッジクリエーション. 工業調査会, 2003.
- [65] T. H. Davenport and L. Prusak. *Working knowledge: How organizations manage what they know*. Harvard Business School Press, 1998. 梅本勝博 (訳) : ワーキング・ナレッジ 「知」を活かす経営 . 生産性出版 (2000) .

- [66] M. Polanyi. *The tacit dimension*. Doubleday New York, 1966.
- [67] G. K. Zipf. *Human Behavior and the Principle of Least-Effort*. Addison-Wesley, Cambridge, MA, 1949.
- [68] 中小企業庁 (編). 中小企業白書 2005 年版. ぎょうせい, 2005.
- [69] 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.
- [70] N.M. Dixon. *Common knowledge: How companies thrive by sharing what they know*. Harvard Business School Press, 2000. 梅本 勝博, 遠藤 温, 末永聡 (訳): ナレッジ・マネジメント 5 つの方法 課題解決のための「知」の共有. 生産性出版 (2003).
- [71] A. Riege. Three-dozen knowledge-sharing barriers managers must consider. *Journal of Knowledge Management*, Vol. 9, No. 3, pp. 18–35, 2005.
- [72] 知識増幅産学協同プロジェクト (編). ナレッジ・ダイナミクス. 工業調査会, 2002.
- [73] 厚生労働省. 非正規労働者の雇止め等の状況について. <http://www.mhlw.go.jp/za/0828/a52/a52-01.pdf>, 2009.
- [74] 経済産業省, 文部科学省, 厚生労働省 (編). 2008 年版ものづくり白書. 日経印刷, 2008.
- [75] J.R. Galbraith. Organization design: An information processing view. *Interfaces*, pp. 28–36, 1974.
- [76] 上田泰. 組織の人間行動. 中央経済社, 1995.
- [77] R. Cross, A. Parker, L. Prusak, and S.P. Borgatti. Knowing what we know: Supporting knowledge creation and sharing in social networks. *Organizational Dynamics*, Vol. 30, No. 2, pp. 100–120, 2001.
- [78] S.P. Borgatti and R. Cross. A relational view of information seeking and learning in social networks. *Management Science*, Vol. 49, No. 4, pp. 432–445, 2003.
- [79] R. Cross and J.N. Cummings. Tie and network correlates of individual performance in knowledge-intensive work. *Academy of Management Journal*, Vol. 47, No. 6, pp. 928–937, 2004.
- [80] L. A. N. Amaral, A. Scala, M. Barthelemy, and H. E. Stanley. Classes of small-world networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 97, No. 21, pp. 11149–11152, 2000.
- [81] M. E. J. Newman. Scientific collaboration networks. II. shortest paths, weighted networks, and centrality. *Phys. Rev. E*, Vol. 64, No. 1, Jun 2001. 016132.
- [82] L.C. Freeman. Centrality in social networks: Conceptual clarification. *Social Networks*, Vol. 1, No. 3, pp. 215–239, 1979.

- [83] U. Brandes. A faster algorithm for betweenness centrality. *Journal of Mathematical Sociology*, Vol. 25, No. 2, pp. 163–177, 2001.
- [84] 厚生労働省. 雇用調整助成金・中小企業緊急雇用安定助成金ガイドブック. <http://www2.aichi-rodo.go.jp/download/kotyoukin/guidebook-h210401.pdf>, 平成 21 年 4 月版.
- [85] M.L. Tushman and T.J. Scanlan. Boundary spanning individuals: their role in information transfer and their antecedents. *Academy of Management Journal*, pp. 289–305, 1981.
- [86] R. S. Burt. Structural holes versus network closure as social capital. In N. Lin, K. S. Cook, and R. S. Burt, editors, *Social capital: Theory and research*, pp. 31–56. New York: Aldine de Gruyter, 2001.
- [87] 内閣府仕事と生活の調和推進室. 仕事と生活の調和推進 (ワーク・ライフ・バランス). <http://www8.cao.go.jp/wlb/>, 平成 21 年 11 月時点.
- [88] 総務省情報通信政策局情報通信経済室. 平成 18 年度情報流通センサス報告書. 総務省, 2008.
- [89] Peter Lyman and Hal R. Varian. How Much Information. Retrieved from <http://www.sims.berkeley.edu/how-much-info-2003> on Oct. 2. 2009, 2003.
- [90] Thomas Friedman. *The World Is Flat*. Farrar, Straus and Giroux, New York, 2006. 伏見 威蕃 (訳): フラット化する世界, 日本経済新聞社 (2006).
- [91] R.K. Merton. *Social theory and social structure*. Free Press New York, 1957.
- [92] C. Van den Bulte and Yogesh V. Joshi. New product diffusion with influentials and imitators. *Marketing Science*, Vol. 26, No. 3, pp. 400–421, 2007.
- [93] A.L. Barabási. *Linked: The New Science of Networks*. Perseus Publishing, 2002. 青木 薫 (訳): 新ネットワーク思考世界のしくみを読み解く, 日本放送出版協会 (2002).
- [94] M.G. Dekimpe, P.M. Parker, and M. Sarvary. Global diffusion of technological innovations: A coupled-hazard approach. *Journal of Marketing Research*, Vol. 37, No. 1, pp. 47–59, 2000.
- [95] 鷲田祐一, 植田一博. イノベーション・アイデアを発生させる需要側ネットワーク伝播構造の研究. 情報処理学会論文誌, Vol. 49, No. 4, pp. 1515–1526, 2008.
- [96] M. Gladwell. *Blink: The Power of Thinking without Thinking*. New York: Little Brown and Company, 1st edition, 2005. 沢田 博, 阿部 尚美 (訳): 第 1 感「最初の 2 秒」の「なんとなく」が正しい, 光文社 (2006).
- [97] D.F. Duhan, S.D. Johnson, J.B. Wilcox, and G.D. Harrell. Influences on consumer use of word-of-mouth recommendation sources. *Journal of the Academy*

- of Marketing Science*, Vol. 25, No. 4, pp. 283–295, 1997.
- [98] GA Moore. *Crossing the Chasm, rev ed.* New York: HarperBusiness, 1999. 川又政治 (訳): キャズム—ハイテクをブレイクさせる「超」マーケティング理論, 翔泳社 (2002).
- [99] R.I.M. Dunbar. Coevolution of neocortex size, group size and language in humans. *Behavioral and brain sciences*, Vol. 16, No. 4, pp. 681–735, 1993.
- [100] A.L. Barabási and R. Albert. Emergence of Scaling in Random Networks. *Science*, Vol. 286, No. 5439, pp. 509–512, 1999.
- [101] 鈴木裕久. 流行. 池内一 (編), 講座社会心理学, pp. 121–152. 東京大学出版会, 1977.
- [102] G. B. Sproles. Analyzing fashion life cycles: principles and perspectives. *The Journal of Marketing*, pp. 116–124, 1981.
- [103] (株) 博報堂生活総合研究所. 生活定点 2008, 2008.
- [104] D.J. Watts and P.S. Dodds. Influentials, networks, and public opinion formation. *Journal of Consumer Research*, Vol. 34, No. 4, pp. 441–458, 2007.
- [105] T. O’reilly. What is web 2.0: Design patterns and business models for the next generation of software. *Communications & Strategies: International Journal of Digital Economics*, Vol. 65, pp. 17–37, 2007.
- [106] B. A. Nardi, D. J. Schiano, M. Gumbrecht, and L. Swartz. Why we blog. *Communications of the ACM*, Vol. 47, No. 12, p. 46, 2004.
- [107] S. C. Herring, L. A. Scheidt, S. Bonus, and E. Wright. Bridging the gap: A genre analysis of weblogs. In *Proceedings of the 37th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS’04)*, 2004.
- [108] K.D. Trammell and A. Keshelashvili. Examining the new influencers: A self-presentation study of A-list blogs. *Journalism and Mass Communication Quarterly*, Vol. 82, No. 4, pp. 968–982, 2005.
- [109] (株) 博報堂 DY メディアパートナーズメディア環境研究所. メディア定点調査 2009. http://www.media-kankyo.jp/upload/files/news_25/teiten09.pdf, 2009.
- [110] D. G. Malcolm, J. H. Roseboom, C. E. Clark, and W. Fazar. Application of a technique for research and development program evaluation. *Operations Research*, Vol. 7, No. 5, pp. 646–669, 1959.

研究業績

論文

1. 藤田幸久, 鷺田祐一, 鳥海不二夫, 植田一博, 石井健一郎. 情報の多様化を考慮した情報伝播のモデル化とシミュレーション. 情報処理学会論文誌 数理モデル化と応用 Vol.3, No.1, pp.49–61, 2010.
2. 藤田幸久, 仲瀬明彦, 中山康子, 鳥海不二夫, 石井健一郎. 組織における知識継承のモデル化. 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J90-D, No.1, pp.52–61, 2007.
3. Y. Fujita, A. Nakase, Y. Nakayama, F. Toriumi, and K. Ishii. Knowledge Management Modeling in Organizations. *Systems and Computers in Japan*, Vol. 38, No. 14, pp.1–10, 2007. (上記 [2] 信学論の英訳)

国際会議・ワークショップ

1. Y. Fujita, Y. Washida, F. Toriumi, K. Ueda, K. Ishii. Reversal of Influence: Decrease of Innovator's Influence under Information Diversification. *In Proceedings of 9th International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-agent Systems (AAMAS 2010)*, Toronto, Canada, May 10-14, 2010. (Short paper, to appear)
2. Y. Fujita, F. Toriumi, K. Ishii. Analyzing the Influence of Social Networks on Knowledge Sharing. *In Proceedings of the Second International Workshop on Emergent Intelligence on Networked Agents(WEIN'07)*, 2007.

国内研究会・ワークショップ

1. 藤田幸久, 鷺田祐一, 鳥海不二夫, 植田一博, 石井健一郎. 情報の多様化を考慮した情報伝播のモデル化とシミュレーション. 情報処理学会研究報告 第75回数理

- モデル化と問題解決研究会, Vol.2009-MPS-75, No.6, 2009.
2. 藤田幸久, 鳥海不二夫, 石井健一郎. マルチエージェントシミュレーションを用いた製品開発におけるイノベータの役割分析. 合同エージェントワークショップ&シンポジウム 2008 論文集, 2008.
 3. 藤田幸久, 鳥海不二夫, 石井健一郎. 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. 情報処理学会 第 151 回 知能と複雑系研究会 pp.73-78, 2008.
 4. 藤田幸久, 鳥海不二夫, 石井健一郎. 企業の間人関係を考慮した人員再配置のシミュレーション. 合同エージェントワークショップ&シンポジウム 2007 論文集, 2007.
 5. 藤田幸久, 鳥海不二夫, 石井健一郎. 社会ネットワークが知識継承に与える影響の分析. 合同エージェントワークショップ&シンポジウム 2006 論文集, 2006.
 6. 藤田幸久, 仲瀬明彦, 中山康子, 鳥海不二夫, 石井健一郎. 組織における知識継承のモデル化. 情報処理学会 第 142 回 知能と複雑系研究会. pp.77-82, 2006.

受賞

1. 藤田幸久. JAWS2006 学生奨励賞, 2006.