

学籍番号:CD161002

組織のネットワーク創発:マルチエージェント・シミュレーション法による
ネットワーク構造生成の分析

Emergence of Organizational Networks: Multi-Agent Simulation Approach to

Emerging of Network Structure

大学院 商学・経営管理 研究科
博士後期課程 経営・マーケティング 専攻
氏名: 高橋 宏承

謝辞

一橋大学の大学院に入学したことは、自分の人生の中でも最大の転機となった。経営学に興味を持ち、一橋大学の修士課程に入学した時は、経営学という学問に関する知識だけでなく、論文の書き方、研究とは何か、日本語の使い方、英語の読み方、思考法に至るまで様々な部分が未熟であった。未熟だった筆者が博士論文を執筆することができたのは、様々な方のご支援があったからである。ご支援いただいた皆様に、感謝申し上げたい。

まず誰よりも先に、大学院生活の多くの時間を指導していただいた沼上幹先生に感謝申し上げます。沼上先生からは、論文の書き方や様々な知識、著書、論文などを紹介していただくなどのテクニカルな側面だけでなく、頭の使い方から研究者としての本質など大学院生活で学んだことの多くが先生から得たものであると言っても過言ではない。沼上先生とは、大学院ゼミのみならず、学部ゼミ、「現代日本企業の論点」の授業で大変お世話になった。学部ゼミでは、方法論と英語の読み方について、研究に対する思考法と方法論についての現在の研究の基盤を養う良い機会となった。「現代日本企業の論点」では、様々な著書や論文を読み、文章の理解の仕方から多角的な展開の方法など研究の着想を得るためのご指導を受けた。修士課程入学当初は能力的に未熟な筆者に、親身になりご指導していただいたことで、今の自分があるのだと本稿を執筆しながら改めて実感した。特に、大学院ゼミでの発表原稿を先生に提出した際に、即座に丁寧な朱入れと多くのアドバイスの入った原稿が毎回返ってくることにいつも驚かされてばかりであった。その原稿を読みながら少しでも先生に近づけるように努力しようと何度も元気づけられたことは何よりの大学院生活での原動力となった。公私ともに様々なアドバイスをいただき、論文の執筆や研究に行き詰った時など、右も左もわからない状態から 6 年間懇切丁寧に指導をしていただいたことを感謝したい。

次に、シミュレーションという特殊な方法を用いた研究を行っている筆者を快くゼミに受け入れてくださった、博士論文の副指導教官である島貫智行先生に感謝申し上げます。島貫先生とは、修士課程の時の授業である「英書精読」と博士課程 2 年次の「労務管理特論」、副ゼミでお世話になった。先生の授業では、初めて職務や労働者に関する議論を授業という形式で学び、現在の自分自身の興味を形成した授業であると感じている。また、ゼミを通じて的確なコメントやお忙しい中、個別にご指導いただける時間もとっていただき研究論文

の書き方に関するご指導や論文の軸を正していただいた。ゼミでのご指導だけでなく、様々な研究者の方をゼミにお招きして、多くの研究者の方々との交流の機会を提供していただいたことは将来大きな強みとなるはずである。ゼミの後の懇親会などは、ゼミ中で話せなかったお話などをフランクに話せる機会になり、毎回有意義な時間を過ごせていた。常に、筆者に配慮していただきながらやさしく常に応援してくださり、丁寧なご指導をしていただいた島貫先生に感謝申し上げたい。

また、論文の直接的な指導ではないものの、論文執筆にあたっての知識的な基盤や思考法を授業で養っていただいた先生方に感謝申し上げたい。

島本実先生には、「経営史特論」の授業でお世話になった。この授業を通じて、丁寧に古典的な著書を読むことの重要さとその方法を丁寧にご指導いただいた。また、組織学会での発表の後、発表内容について有意義なコメントをいただいたことを感謝したい。

佐々木将人先生には、「経営学の古典Ⅰ」の授業で多くのことを教わった。この授業は、筆者が初めて経営学の古典を英語で丁寧に読み込んだ授業である。一橋大学の修士課程に入学し、レポートの書き方から英語の読み方まで未熟な私に丁寧にご指導いただいていたことを昨日のように覚えている。

延岡健太郎先生(現・大阪大学)には、「イノベーションと戦略・組織」の授業で定量的な論文の読み方、批判の仕方、外的妥当性、内的妥当性、構成概念妥当性の3つの妥当性について教わった。本研究の妥当性について考えるための基盤となった授業である。

坪山雄樹先生には、「経営学の古典Ⅱ」の授業で大変お世話になった。坪山先生の授業では、様々な研究対象の定性的な論文を読んだ。慣れない定性論文の読み方について教わり、研究対象への視野も広がった。

学会発表の際にお世話になった、江夏幾多郎先生(現・神戸大学)にも感謝しなくてはならない。本研究とは直接関係はない研究の発表ではあるものの、シミュレーション研究に対する批判的な意見とその意見に対するアドバイスをいただけたことは本研究にも生かされている。

さらに、大学院の先輩や同期・後輩の皆さんにも感謝しなければならない。まず、卒業されたゼミの先輩である、渡辺周さん(現・東京外国語大学)、相澤鈴之助さん(現・富士大学)、藤山圭さん(現・國學院大學)、酒井康之さん(現・帝京大学)、加藤崇徳さん(現・茨城大学)、佐々木秀綱(現・横浜国立大学)、猪股優史さんには、研究テーマやその細かい内容に至るまで多種多様なコメントや激励をいただいた。また、同じゼミの同期の宮川千幸さん、後輩の

安瑤さん、寺本有輝さん、西本淳さん、青木哲也さん、横田一貴さん(副ゼミも同じ)、片岡純也さん、高橋和宏さんには、研究テーマの設定からモデルの構築、結果の解釈、論文内などの表現に至る細部までアドバイスをいただきお世話になった。また、副ゼミでコメントやアドバイスなどをいただいた後輩の Shin Hayoung さん、中津陽介さん、平本奈央子さん、丸山峻さん、三浦友里恵さんに感謝したい。

また、一橋大学に入学し、一橋のことを何もわからない筆者の大学院の同期であり友人である岡本和久さんには、一橋大学のことや授業のこと、それ以外の場面で多くの学びや相談に乗ってもらい、大変勇気づけられたことを感謝したい。学部時代の後輩である當眞一真さんには、研究者以外の視点から本論文に対する率直な意見をいただいたことを感謝したい。

なお、本研究で扱ったシミュレーターは、構造計画研究所のご支援により教育研究用として使わせていただいたものである。シミュレーション・プログラムの貸与を快く受け入れご支援していただいた構造計画研究所に感謝いたしたい。

最後に、大学院進学を快く許してくれた両親と妻の絵里花に感謝する。これまで、様々な心配や苦勞をかけてきた両親は常によき理解者として常に応援してくれたおかげで本論文の提出ができた。学生のうちに結婚した妻の絵里花にも多くの苦勞をかけてきたが、常にやりたいことの背中を押してくれた。今後、妻絵里花にこれまでの恩を返していきたい。

目次

第 1 章 本論文の問題意識と構成.....	1
1. 問題設定と研究目的.....	1
1.1. 本論文の問題設定.....	1
1.2. 本論文の研究目的.....	5
2. 本論文の構成.....	7
第 2 章 ネットワーク論の既存研究.....	9
1. ネットワーク研究の概要.....	10
2. 社会関係資本としてのネットワーク.....	15
3. ネットワークの生成とダイナミズム.....	18
4. ネットワーク研究の方法論.....	20
第 3 章 研究手法としてのマルチエージェント・シミュレーション.....	23
1. シミュレーション研究の概要.....	23
2. シミュレーション手法の3つのタイプ.....	27
3. マルチエージェント・シミュレーション研究.....	30
第 4 章 基本モデルの概要とネットワーク創発分析の結果.....	35
1. ネットワーク創発の基本モデル.....	35
2. 基本モデルによるネットワーク全体の創発.....	44
2.1. ネットワーク密度の創発.....	45
2.2. ネットワーク創発にかかる時間.....	48
3. ネットワークの中心人物と中心的な構成員タイプ.....	51
3.1. 情報伝達ネットワークの中心人物.....	52
3.2. ネットワークを構成する中心的な構成員タイプ.....	58
4. 小括.....	60
第 5 章 複雑情報伝達モデルを用いたネットワーク創発分析.....	63
1. 情報の複雑性を考慮したモデルの説明.....	63
2. 複雑情報伝達モデルによるネットワーク創発シミュレーションの結果.....	65
2.1. 複雑情報伝達モデルによるネットワーク密度とネットワーク創発の効率性分析.....	66

2.2. 複雑情報伝達モデルによるネットワークの中心人物と中心的構成員タイプ分析....	70
3. 小括.....	75
第6章 初期情報所有構成員のネットワーク創発への役割.....	78
1. 初期情報所有構成員がネットワーク創発へ及ぼす影響とその分析内容.....	78
2. ネットワーク全体に及ぼす影響と時間的効率性.....	80
2.1. 初期情報所有構成員分析(基本モデル).....	81
2.2. 初期情報所有構成員分析(複雑情報伝達モデル).....	86
3. 初期情報所有構成員の違いによるネットワークの密度創発に寄与する外向性タイプ...91	
4. 小括.....	95
第7章 本論文のまとめと今後の研究に向けて.....	99
1. 本論文の要約.....	99
2. 本論文の貢献点.....	103
2.1. 構造創発に影響を及ぼす要因.....	103
2.2. 構造創発メカニズム.....	106
3. 本研究の発展可能性と限界について.....	107
参考文献.....	109
付録.....	117

第1章 本論文の問題意識と構成

本章では、まず、本研究の問題設定を示した上で、分析対象とする情報伝達ネットワークについて説明する。次に、本研究の目的について説明する。最後に、本研究の構成を述べる。

1. 問題設定と研究目的

1.1. 本論文の問題設定

組織内のネットワークは個人の行為の選択と行為者間の相互作用によって創発される(安田, 1997; 安田, 2011)。当然、組織によって構成員に違いが存在するため、創発されるネットワークも異なるのである。全く同じ構成員から構成された集団や組織があったとしても、その組織の状況やその組織内で偶然周囲に存在して接触した構成員が異なることで異なるネットワークが形成されることも考えられる。たとえば、2つのプロジェクトを任された集団では、一方のプロジェクトに関わるネットワークともう一方のプロジェクトに関わるネットワークは構成員が同じであっても創発されるネットワークが異なることがあるだろう。

組織や集団のネットワークには様々な違いが存在していて、そのネットワークの違いがあるかどうかには焦点を当てるだけでなく、そのネットワークがどう違うのかに焦点を当てるような研究も非常に重要である(Ibarra, 1993)。したがって、多様な組織に存在するネットワークがどう異なり、なぜ違いが生じるのだろうか、という問題意識を持ち、本研究を進めたい。本研究では、個人の行為選択とミクロな相互作用から生じる組織内のネットワークに着目し、ネットワークの創発構造の違いがどのようにして起こるのか、あるいは、創発される構造がどのように異なるのかを明らかにする。

ここまで述べてきた、「ネットワーク」について簡単に説明する。安田(2011)によると、ネットワークというのは、人や組織、コンピュータなどの間をつなぐ関係のパターンを表している。また、ネットワーク分析とは、このような構造を分析・記述するものである。ネットワーク論では、その人や組織などの主体をノードと呼び、その関係性を表すものを紐帯やリンクと呼ぶ。ネットワークの定義を踏まえて、たとえば、ある学校のクラスの友人関係ネットワークについて考える。クラス内で頻繁に相互作用する人間同士を友人関係として仮定すると、その集団内の人間同士の相互作用のパターンを記述して、どの人間同士が友人であるのかを把握し、その特定の個人と友人同士として認められた間の関係性の集合が友人関係ネットワークとなるのである。組織の文脈で言えば、アドバイスを与えるような関係性

のネットワークを想定した場合、組織内でアドバイスを与える構成員とアドバイスをもらう構成員の関係性を抽出して、組織全体としてどの構成員がアドバイスを与えていて、どの構成員がアドバイスをもらっているのかの関係性を表したものが組織におけるアドバイスネットワークとなる¹。このようなネットワークの構造を捉え、分析するネットワーク研究の多くは、ネットワーク構造と個人・集団のパフォーマンス関係を明らかにするものである(Cross and Cummings, 2004; Friedkin, 1982; Hansen, 1999; Sparrowe et al., 2017; Zaheer and Bell, 2005)。経営学領域では、このようなネットワーク研究の主要な議論として社会関係資本論が存在する。

これまでのネットワーク研究ではネットワークが組織において重要な社会関係資本となるということが指摘されてきた(Borgatti and Foster, 2003; Hatala and Lutta, 2009)。情報伝達の文脈で言えば、この社会関係資本は、ネットワークが組織の情報伝達機能を十分に発揮できるよう構築されていることで、重要な情報の伝達促進や不必要な情報の過剰な伝達などに関わってくる。したがって、これまでのネットワーク研究の主たる関心事は、どのようなネットワークの構造が組織のパフォーマンスに影響を及ぼすのかを検討することであった(Hatala and Lutta, 2009)。このような研究は、ネットワーク構造がベースにあり、組織内の構成員の行動やパフォーマンスを明らかにする研究が主である。そのため、構造が個人の行為によってどのように構築されるのかの議論は注目されず、いまだに不十分である。ネットワーク構造がパフォーマンスを規定するとしても、そのネットワーク構造がどのように創発されていくのかを組織が理解しておくことは非常に意義がある。

とはいえ、ネットワークの生成についての既存の研究は存在する(大久保他, 2007)。最もシンプルなネットワーク生成の分析モデルとして、ランダムネットワークやスケールフリーネットワークなどが存在する。これらのネットワーク生成モデルは、非常に簡単な数学的なルールに基づいてネットワークの生成を行うモデルである。ネットワークの生成に関する既存モデルの説明は第2章で行うが、たとえば、ランダムネットワークのモデルは、紐帯数を任意に決定し、ランダムに選ばれたノード間に紐帯を張っていくネットワーク生成モデルとなっている。このようなネットワークの生成に関わる研究は、とりわけ、シミュレー

¹ Sparrowe et al.(2001)によると、アドバイスのネットワークは情報や資源を流すネットワークであると考えられる場合もある。これを踏まえると、本研究の情報伝達ネットワークはこのネットワークと近いノード間の関係性にあることが分かる。

ション研究で一部なされてきた(Albert and Barabási, 2002; Carley, 1991; Macy, and Skvoretz, 1998; 大久保他, 2007). シミュレーション研究によるネットワークの生成に関する研究の特徴は、主として数学的な確率に基づいたネットワーク形成か構造を紐帯形成の基準に置いたネットワークの形成が分析されている。しかしながら、これらの分析は、ノード自体に行為や意図が存在しないことと、すでに構造が存在していてその構造によってその後の生成が大きく左右される分析モデルとなっている。より具体的には、乱数によって生成される構造や既存の初期に設定された構造が次の構造の規定要因となるルールに基づいた構造が生成されるモデルである。そのような生成モデルでは、構造によって規定されるモデルであるのと同時に、ネットワークの構成主体である個人の自由意志が反映されていない。

行為者たちが意図して構築しようとしている構造ではなく、行為者の行為選択に基づいて結果的に生じた構造を「創発」構造と本研究では捉えている。既存の研究では、この行為者の意図や行為選択とその相互作用まで反映されたネットワーク創発の議論が不足している。本研究では、経営学研究に求められる、行為者たちの個人の行為選択とその相互作用に基づいた意図せざる結果の探求を行う(沼上, 2000)。意図せざる結果として生じるネットワーク構造を分析するため、ネットワークの創発を対象としたシミュレーション・モデルの構築を目指す。

ネットワークの創発について分析するためには、組織構成員間の関係性をどのように定義するのが重要になる。ネットワーク論において、ネットワークの構成要素は個人や集団などの行為主体とその間の関係性である。経営学領域における行為主体は、組織の構成員やチーム、組織などが主要なものとして挙げられる(Haythornthwaite, 1996)。ネットワーク研究では、この行為主体間の関係性が重要な分析対象となるのである。この関係性の違いによって分析対象となるネットワークは異なる。たとえば、友人関係を想定した場合のネットワーク構造と信頼関係のネットワーク構造が異なることがある。友人の中でも真に信頼している人間同士のネットワークと幅広く友人という概念で定義する場合でネットワーク構造が異なることはイメージが持てるだろう。

組織を対象とした分析を行うため、ネットワークを構成する主体は組織内の構成員ということになる。本研究では、多様な主体間の関係性がある中でも、情報伝達ネットワークの創発分析を行う。本研究の情報伝達ネットワークとは、組織内で情報伝達が行われることによって形成されるネットワークを想定している。そのネットワークは、一度構成員間で情報伝達が行われた経験があることで形成される紐帯の集合である。したがって、本研究の問い

は、なぜ創発される情報伝達ネットワーク構造に違いが生じるのか、である。

この問いについて考えるにあたって、ネットワークの創発主体について検討する必要がある。先にも述べた通り、行為主体の行為に基づいてネットワークが生成され、変化することは指摘されている(安田, 1997)。情報伝達の文脈においても同様に、情報伝達は個人間の相互作用による伝達で達成され、ネットワークが形成されるのである(Borgatti and Cross, 2003)。そのため、その個人の行為選択に影響を及ぼす要因やその個人間の相互作用について詳細に分析しなくてはならない。

組織内の構成員間の情報伝達の経路がコミュニケーションによるものが主であると考えられると、行為主体である組織構成員の組織内コミュニケーションによる情報伝達ネットワークについて考える必要がある(Alavi and Leinder, 2001)。情報を持つ構成員が組織内でコミュニケーションをとる相手は様々であり、情報を伝達する必要のある相手が決まっている場合や近くにいる構成員に情報を伝達する場合、仲が良い相手に情報を伝達する場合、他の構成員と最も多くつながっていて情報を拡散してくれそうな相手に情報を伝達する場合などがある。このように、人が誰に情報を伝達するか、あるいは、誰から情報を受け取るのかのコミュニケーションをとる対象者は個人の行為選択によって規定される。組織内に限定するならば、1つの部署の全員が必要な職務に関する情報や組織全体の運営に関わる情報、組織や集団の目標に関わる情報などは、その組織や集団内で共有されるべき情報である。このような情報の場合は、情報を持たない構成員の周囲に運よく情報を持つ構成員がいて、接触することで情報が伝達されることもあるだろう。しかしながら、偶然居合わせるまでに構成員は組織内で移動を繰り返している。この移動も構成員の行為選択と深くかかわり、どの方向に移動するのか、どの程度移動するのかなど多様な行為に関わる意思決定が職場内で存在する。この移動を繰り返す過程で情報を持つ構成員と情報を持たない構成員が接触するのである。したがって、ある種偶然のように見える接触であっても個人の行為選択からコミュニケーションをとる相手が決まっているのである。

本研究では、主として純粋なネットワークの創発構造を分析するため、情報伝達ネットワークがすでに存在していない組織や集団を想定する²。情報伝達ネットワークが個人間の日々の相互作用に基づいて構築されていくことを考えると、新たに集まった組織や集団の

² 本研究は、シミュレーション空間を一つの組織や集団として定義し、組織なのか、チームなのかという区別を持たない。

構成員の相互作用によって創発されるネットワーク構造を分析対象とする。たとえば、新たに立ち上がったプロジェクトチームや新設の組織など、情報伝達ネットワークが未完成な組織や集団において初期に創発されるネットワーク構造は非常に重要な意味を持つ。なぜなら、新たに構築されたネットワーク構造がそのチームや集団、組織の今後の情報伝達ネットワークの構造として機能していくからである。このような新たに創発される構造を個人の行為から分析することで、これまでのネットワーク研究と異なる新たなネットワーク創発の議論を展開することが可能となる。

本研究の主たる問題意識はどのようにして組織の情報伝達ネットワーク構造は多様化するのかということである。この多様性の源泉には個人の行為選択が存在し、これまでの構造が様々なものを規定するという議論に対して、その構造を個人の行為選択とその相互作用から議論する必要がある。個人の行為選択とその相互作用を忠実に表現可能な構造創発モデルが不足している点もネットワーク研究における問題点であると考えられる。このような問題意識の下、本研究では、個人というマイクロレベルの分析単位を採用し、その行為者の行為選択とそれに影響を及ぼす要因を考慮に入れて創発されるネットワークの創発構造をマルチエージェント・シミュレーションで分析するのである。

1.2. 本論文の研究目的

本研究の目的は、組織内の情報伝達ネットワークがどのように創発されるのかをマルチエージェント・シミュレーションによって明らかにすることである。より具体的には、どのような要因がネットワーク構造に影響を与えて、どのようにしてネットワーク構造が創発されるのかを明らかにしたい。

本研究は、個人の行為選択に影響を及ぼす主要な要因として、同調性追求と外向性を取り上げる。この2つの行為選択に影響を及ぼす要因によって組織内の情報伝達ネットワークがどのように創発されるのかを明らかにする。また、個人の行為選択は、周囲の構成員によっても影響を受ける。これは、自分の周囲の人間の状態や環境によって自分の行為が変化するという意味である。つまり、自身の行為は完全に個人の特性や能力によって決定されるのではなく、周囲の人間の状態にも影響を受けるということである。たとえば、自分の周囲の人間が同じ情報を持っている場合、それらの周囲の人間で共通の話題があるため集団を形成し、自分が仲間外れになってしまうようなこともあるかもしれない。その場合、自分自身は、その集団の中に加わるのが難しくなり、集団から離れるような行動をとることも考えら

れる。このように、人間の行為は行為選択のルールとそのルールを持つ複数の人間によって決定されるのである(Schelling, 2006)。したがって、本来、何らかの個人の行為に基づく創発現象を分析する場合、個人が自身の持つルールとその周囲の人間の持つルールとの相互作用から創発される構造を分析する必要がある。個人の行為とその周囲の個人の行為が相互作用する結果として生じる創発現象を分析可能な数少ない分析手法として、マルチエージェント・シミュレーションが存在する。誰に情報を伝達するか、どこまで積極的に情報伝達相手を探索するか、誰と集団を形成するのかなどの行為選択の連続から生み出されたマクロ現象として組織内の情報伝達ネットワークを捉えることも可能である。そのため、ある種の個人間の相互作用にマルチエージェント・シミュレーション法を用いることで、組織内のネットワークという創発現象を個人の行為選択とその個人間の相互作用から明らかにすることが可能となる。これまで、ほとんど検討されてこなかった、マルチエージェント・シミュレーションの手法を用いてネットワークの創発構造を明らかにすることが本研究の主たる目的である。

先述の通り、本研究の主たる目的は個人の行為選択に基づく相互作用から組織の情報伝達ネットワークの創発を分析することにある。この主たる目的の下、本研究の基本となる情報伝達ネットワーク創発モデルを構築し、そのモデルに基づいて組織内でどのように情報伝達ネットワークが創発されるのかについて明らかにする。ただし、基本となるモデルは、より一般化可能なモデルとして構築しているため、詳細な設定を置いていない。しかしながら、実際の組織で創発されるネットワークのプロセスや状況は、組織によって大きく異なる。そのため、いくつかの条件を加えてより多様な状況へ適合可能なモデルの構築が求められる。組織的な違いなどを考慮に入れた場合、細かい2つの問いが立つ。1つ目が、組織内に流れる情報に質的な違いが存在する場合、ネットワークの創発構造に違いが存在するのか。2つ目が、初期に情報を持つ構成員がどのような構成員であるかによって創発されるネットワークに違いがあるのか。基本となる問いから展開されたこれら2つの問題について新たなモデルと分析を加えてより適用範囲の広いモデルの構築を試みる。したがって、本研究はこれら2つの問いを明らかにする分析と基本となるモデルによる構造創発分析を合わせて3つの分析から、組織内の情報伝達ネットワークの創発をマルチエージェント・シミュレーションによって明らかにする。

これらの分析を通じて、社会関係資本論で指摘されているような構造による行為とパフォーマンスを規定するという議論に対して、その構造の創発がどのように起こるのかを示

すことで新たな知見を提供できると考えられる。つまり、本研究の目的は、社会関係資本論に基づく構造規定論とネットワーク生成研究に対して異なる視座を提供することである。具体的には、構造は主体性を持った構成員の行為やその構成員間の相互作用によるネットワーク創発の議論を示すことである。また、方法論的にも、マルチエージェント・シミュレーションとネットワーク研究の親和性を示すことも本研究の目的の一つである。

2. 本論文の構成

本論文の構成は以下の通りである。

まず、第1章では、本研究の問題意識と論文全体の構成について説明する。まず、本研究の問題の設定と目的を明示し、その上で、本研究の主たる目的を示す。

第2章では、ネットワーク研究のレビューを行う。まず、2.1節にネットワーク研究の概要を紹介する。次に、2.2節ではネットワーク研究の主要な議論である社会関係資本論に基づいた、ネットワーク構造とパフォーマンスの関係に関する議論を紹介する。社会関係資本論に存在しない議論として、ネットワークの生成とダイナミズムに関する研究領域の重要性とその問題点を2.3節で指摘する。最後に、2.4節でネットワーク研究の方法論の議論を加えて、ネットワーク研究の中で残された課題を示す。その課題の解決方法として、マルチエージェント・シミュレーションによる個人の行為選択に基づく分析の必要性を示し、第2章の結びとする。

第3章では、本研究の方法論として用いるマルチエージェント・シミュレーションについて説明を行う。そのために、まず、3.1節ではシミュレーション研究の概要を説明する。次に、シミュレーション研究の中にも複数のタイプのシミュレーション・アプローチが存在することを3.2節で示す。それぞれのシミュレーション・タイプの主要な研究をレビューし、その中でも本研究で扱うマルチエージェント・シミュレーションについて3.3節でレビューする。本研究の問題の解決にマルチエージェント・シミュレーションが適していることを示し、第3章の結びとする。

第4章では、本研究で扱う、ネットワーク創発の基本となるシミュレーション・モデルの説明を行う。4.1節ではモデルの設定やシミュレーションのアルゴリズムなどについて説明する。また、このモデルの基本骨格となる、個人の行為選択に影響を及ぼす要因として、同調性追求と外向性の2つを提示する。4.2節では、そのモデルに基づいたシミュレーションの結果をネットワーク全体を表す指標から示す。具体的に扱う分析指標は、密度と効率性で

ある。4.3 節では、次数中心性と平均次数の分析を行う。各分析指標について外向性別の組織構成員の構成比を操作し、分析した結果を提示する。それらの結果をまとめたものとそれらの結果から得られる知見に関する議論を第 4 章の小括として 4.4 節で紹介する。

第 5 章では、基本モデルで想定していた組織内に流れる情報に対して質的な違いを考慮し、モデルを再構築する。5.1 節では、この再構築したモデルについて説明するために、基本モデルとの変更点を中心に複雑な情報の伝達に関する議論を紹介する。複雑な情報の組織内伝達の議論を加えることで基本モデルからどのような変更を行ったのかの、具体的なシミュレーション・モデルの説明とシミュレーションのアルゴリズムの説明を行う。5.2 節では、複雑な情報が組織に流れることによるネットワーク全体の創発構造に与える影響を分析し、その結果を提示する。ここでは、第 4 章で扱った基本モデルの結果と対比しながら分析結果を示す。第 4 章との結果比較を行うために、分析対象となる構造指標は、第 4 章と同様に設定し、議論を展開する。5.3 節で、第 5 章の要約とシミュレーション結果のまとめ、そこから得られる知見に関して議論する。

第 6 章では、初期情報所有構成員の外向性を操作した分析を行う。最初に情報を持つ構成員の外向性の違いによって組織内で創発されるネットワーク全体を表す構造がどのように変化するかを分析する。6.1 節では、初期の情報所有構成員について分析する必要性と分析内容について説明を行う。6.2 節では、初期の情報所有構成員の外向性を操作してどのように創発されるネットワーク構造が異なるのか明らかにする。また、扱うモデルは基本モデルと複雑情報モデルのどちらも用いてそれぞれ分析を行う。6.3 節では、初期情報所有構成員の外向性を操作することによって密度に違いの現れた結果について追加的に分析を行う。ここでは、平均次数を分析指標として、なぜ密度に違いが現れたのかを明らかにする。6.4 節では、小括として第 6 章のまとめと分析結果から得られた主たる知見について説明する。

最終章となる第 7 章では、まず、本論文の要約を 7.1 節で記述する。続いて、7.2 節では、本論文の貢献点について、シミュレーション結果から得られた知見による構造創発に影響を及ぼす要因と構造創発メカニズムについての貢献点をそれぞれ示す。7.3 節では、本論文の今後の発展可能性と限界について説明し、本論文の結びとする。

第2章 ネットワーク論の既存研究

本章は、ネットワーク研究の既存の研究をレビューすることを目的とする。とりわけ、社会関係資本論に基づく既存研究とネットワークの生成とダイナミクスを分析した研究を中心に扱う。その上で、方法論的な限界と残された問題を整理し、本研究の意義を示す。

ネットワーク研究は様々な領域で研究が行われてきた。とりわけ社会科学の領域で近年行われている研究の具体例として、SNS 上での人と人とのつながりやスポーツチームのネットワーク、教育現場における e ラーニングのネットワークを対象とした研究などの幅広い領域に研究が存在する (Loughead et al., 2016; Cela, Sicilia, and Sánchez, 2015; Tulin, Pollet, and Lehmann-Willenbrock, 2018)。多くのネットワーク研究は、要素間の総合構造に注目して、様々なシステムをネットワークとして表現することが発端となって研究が進められてきた(大久保他, 2007)。特に、社会科学の領域で、ある特定のシステムを分析対象として、そのシステムの構造がどのように人間の行為や個人と集団のパフォーマンスに影響を与えるのかを分析してきた。

その中でも、経営学において、盛んに行われてきたネットワーク研究の視座として社会関係資本論をベースとした議論が多く蓄積されてきた。これらのネットワーク研究は、主としてネットワークの構造がどのように組織や組織内の個人のパフォーマンスを規定するのかを明らかにするものである。

社会関係資本論に軸足を置く研究では、構造が個人の行動を規定するという前提をとっており、その個人の行動が成果に結びついていると考えられている。しかしながら、ネットワークの構造は、個人のパーソナリティや志向性に基づく行為選択の結果として構築されていくものである (Borgatti and Cross, 2003; Burt et al., 1998; Mehra, Kilduff and Brass, 2001; 安田, 1997)。組織の文脈で考えると、組織内の個人はある程度の主体性を持っていて、それぞれの意思決定に基づいて組織内の人間と相互作用してネットワークを形成する。ここで言う「個人の主体性」というのが組織内のエージェントを指し示すものである。この主体性に基づいた個人の意思決定や行為がネットワークの構造を規定する。つまり、組織内におけるネットワーク構造が構成員の行動を規定し、組織のパフォーマンスなどを規定しているという側面だけを考えるのではなく、組織内構成員の相互作用によってネットワーク構造の生成から考える必要がある。

本章の構成は以下の通りである。まず、2.1 節ではネットワーク研究の概要を説明する。

ネットワーク研究の概要として、ネットワーク構造指標やネットワーク上の多様な関係性について説明する。その上で、主要なネットワーク研究の議論として、社会関係資本論の議論があることを示す。2.2節では、社会関係資本論に基づくネットワーク研究を概観し、ネットワーク構造がパフォーマンスに及ぼす影響に関する議論を整理する。社会関係資本論の議論を整理した上で、社会関係資本論に基づく構造規定論で必ずしも説明できない構造創発研究の重要性を2.2節では示す。2.3節では、ネットワークの生成やダイナミズムに関連する研究の整理を行う。既存研究では、特定のネットワーク構造が生成される要因やそのネットワーク構造のダイナミズムに焦点を当て研究が行われている。構造が立ち現れる要因やそのダイナミックな変化に関する議論の重要性と未だ解き明かされていない問いについて説明する。2.4節では、ネットワーク研究における方法論の議論を概観する。ネットワーク研究の全体像を2.3節までで概観した上で、ネットワーク構造の創発についての議論が不足していて、この議論が不足している要因の一つに方法論の問題が存在することを指摘する。その結果、シミュレーション手法、とりわけ、マルチエージェント・シミュレーション手法を取り込むことの重要性を示す。

1. ネットワーク研究の概要

経営学におけるネットワーク研究は、多様な領域で行われてきた。リーダーシップ研究(Balkundi and Kilduff, 2006)や離職に関する研究(McPherson, Popielarz, and Drobnic, 1992)、チームのパフォーマンスに関する研究(Wise, 2014)など様々である。たとえば、McPherson, Popielarz, and Drobnic(1992)では、集団内のネットワークのつながりが弱い場合と外部の集団との結びつきが強い場合、離職が促進するということが明らかにされた。

これらのネットワーク研究では、そのネットワーク構造を評価するための指標が存在する。そのネットワーク構造を評価する指標は、問題設定や研究目的によって様々である。ネットワーク研究では、主に構造がどのようにパフォーマンスを決定するのかに着目していることから、その構造をどのようにとらえるかが非常に重要となることが指摘されている(安田, 2011)³。そのため、ネットワーク研究を行う上で、ネットワーク構造とは何かという

³ ネットワーク分析における構造を表す指標は、非常に相関の高い指標が多く存在する。そのため、どの構造指標が実際にパフォーマンスに影響を与えているのかの判断は非常に難しいことが指摘されている。

こととその多様な構造指標について把握するアプローチ、その構造指標そのものについて確認しておく必要がある。

まず、ネットワーク分析におけるネットワークは、ノードと呼ばれる点と紐帯やリンクと呼ばれる線によって表されるネットワーク図によって表現される。このネットワーク図を評価する指標がネットワークの構造指標なのである。具体的に、ネットワーク図の簡単な例を図 2-1 に示す。

図 2-1：ネットワーク図の例

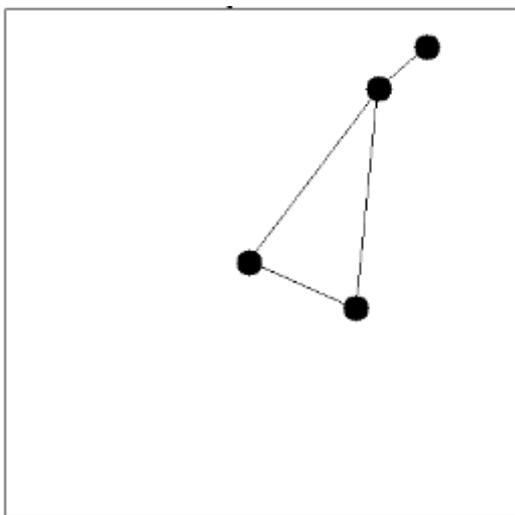


図 2-1 のようにノードと呼ばれる点とそのノード間が線で結ばれたものがネットワーク図であり、グラフと呼ばれるものである。このグラフという言葉は、数学のグラフ理論で使われている言葉である⁴。このネットワーク図には、もう一つ重要な関係性を表す区別が存在する。それは、ネットワークにおける紐帯の方向性に関する区別である。この紐帯の方向性の違いもネットワーク構造と強く関係している。図 2-1 のようにノード間の関係性を単純な直線で結んだものを無向グラフと呼び、ノード間の関係性に方向性がないものである。たとえば、接触経験のネットワークなどがある。接触した経験に基づくネットワークでは、両者が同時に接触するため、方向性のない紐帯が形成される。方向性がある関係性の場合、有向グラフと呼ばれ、ノード間の関係性に方向性が加えられる。たとえば、アドバイスを受ける側とアドバイスをする関係性があるとすると、紐帯に矢印が付加され、アドバイスする

⁴ 社会的な関係性に限定したネットワーク図はグラフという言葉ではなく、ソシオという言葉で使い分けられている(安田, 1997)。

側からされる側に向けた矢印を記述したネットワーク図が形成される。本研究は、情報を伝達するための関係性を紐帯として表し、情報を伝達した側もされた側も次にそのネットワークを活用することを考えると、両者に価値ある紐帯となるため方向性を限定しない。そのため、本研究で扱う情報伝達ネットワークは無向グラフを想定した関係性を考える。

次に、ネットワーク構造を把握するためのアプローチについて説明する。ネットワークの構造を把握するためのアプローチとしてソシオセントリック・ネットワークとエゴセントリック・ネットワークが存在する(安田, 1997)。ソシオセントリック・ネットワークのアプローチは、ネットワーク全体を分析する方法で、ネットワーク全体像を把握した上で、ネットワーク全体を行為者の特性から把握するアプローチである。エゴセントリック・ネットワークのアプローチは特定の行為者に着目して、その行為者を中心としたネットワークを掘り起こして構造把握するアプローチである。つまり、前者は、ネットワーク全体を把握することから始めるのに対して、後者は、個を特定し全体像を把握するということである。本研究は、組織内の特定の個人を対象としてネットワーク構造を把握するのではなく、ある特定の集団や組織を想定し、そのネットワークの分析を行う。そのため、本研究は、ソシオセントリック・アプローチからネットワークの構造を把握するのである。

次に、ネットワーク分析における構造指標には2つのタイプが存在することを説明する。1つ目は、ノードが全体のネットワークに対してどのような構造の中に存在しているのかを表す指標である。この指標は、ネットワーク上の各ノードの持つ特徴を表している。2つ目は、ネットワーク全体の構造を表す指標である。この指標は、ネットワーク全体のノードと紐帯の関係性を包括的に捉える指標である。

ノードと全体のネットワークとの対応関係における構造指標は、代表的な指標として、中心性が存在する。さらに、その中心性はいくつかの指標に分けることができ、次数中心性、近接中心性、媒介中心性などがある(Freeman, 1978)。以下に主要なネットワークに対するノードの評価指標としていくつかの中心性指標について、その評価指標の説明と代表的な算出方法を表 2-1 にまとめる。

表 2-1：ネットワークにおけるノードを表す評価指標

評価指標	評価指標の説明	算出方法
次数中心性	どの程度のノードと一次的につながっているか	特定のノードから伸びる紐帯数
媒介中心性	どの程度多くのノードとの間を媒介する役目を担っているか	特定のノードが全ノードの対となる組み合わせのうち最短経路上に登場する回数
近接中心性	ネットワーク内の他のノードたちとどの程度ネットワーク上で近いか	特定のノードがその他の各ノードに到達できる最短のノード数の総和

中心性指標を用いる研究では、表 2-1 に示されるような複数の中心性指標のうちどの指標を選択し、分析するかは非常に重要な問題である。これは、ネットワーク上の中心をどのように定義するのかに関連していて、中心性指標の選択が分析においてもカギとなる。たとえば、多くの人間との紐帯を持っている主体を中心とするのか、様々な主体の間を取り持つような存在になっている主体を中心として定義するのかは異なる。媒介中心性や近接中心性は機能的な中心性の側面が強く存在する。特に、媒介中心性は構造的空隙の議論と関係があり、構造的に空隙が存在するネットワーク間を媒介するようなノードの重要性などが指摘されている(Burt, 2004)。しかし、組織内の文脈で考えた場合、そのような媒介中心性の高い構成員は、つながっている紐帯数が少なければいくらネットワークを媒介する存在であったとしても、他の構成員が中心的な存在として認知されない可能性がある。そのため、実際の組織において、どの構成員が中心であるのかを単純に考えると、形式的にも多くの構成員と紐帯を形成している構成員(次数中心性が高い構成員)こそが一般的に考えられる中心的な人物であると考えられる(Opsahl, Agneessens, and Skvoretz, 2010)。そのため、本研究では次数中心性指標をネットワークの中心的人物を表す指標として採用する。たとえば、本研究で扱う次数中心性に関連する研究として、Sparrowe et al.(2001)では、情報を与えるようなアドバイスネットワーク内の次数中心性の高い組織構成員のパフォーマンスが高いことが示されている。

次に、ネットワーク全体の構造に関連する指標について説明する。具体的には、ネットワークの密度や平均次数、サイズ、平均距離などが存在する(安田,1997)。表 2-2 では、ネットワークの構造を表す評価指標とその説明をまとめる。

表 2-2：ネットワークの構造を表す評価指標

評価指標	評価指標の説明	算出方法
密度	ネットワーク全体がどの程度凝集的か	実際の紐帯数をすべてのノード間に紐帯が存在したと仮定した場合の紐帯数で割った値
平均次数	ネットワーク内の一つのノードが平均的にどの程度一次的につながっているか	全紐帯数をノード数で割った値
サイズ	どの程度大きなネットワークか	ノード数の総和
平均距離	ある点から他の点まで平均してどの程度のステップで到達可能か	ノードの全ペア間の最短経路のステップ数の総和をペアの総数で割った値

表 2-2 に示されるような指標は、組織全体のネットワーク構造を評価する指標であり、様々な研究で用いられる指標である。とりわけ、最も一般的な密度の指標は、ネットワークの凝集性とその集団のパフォーマンスとの関係を明らかにする研究などに多く用いられる指標である(安田, 1997)。

これらの評価指標を用いた分析の例として、本研究で扱う、密度に関する成果指標を用いた研究について一部紹介する。凝集的な組織や集団が構築されることで組織や集団のパフォーマンスが向上することが様々なメタ分析により一貫して指摘されている(Beal et al., 2003; Chiochio and Essiembre, 2009; Evans and Dion, 1991)。しかしながら、密度の高さは関係がないとする研究も存在する(Sparrowe et al., 2001)。Sparrowe et al.,(2001)では、アドバイスネットワークと妨害ネットワークの密度とグループの成果の関係を分析した。その結果、情報を与え合うようなアドバイスネットワークの密度は、集団のパフォーマンスに影響がないという結果を示した⁵。また、ある一定の最適な密度の高さがあるという指摘も存在する(Wise, 2014)。Wise(2014)では、チームの凝集性とチームのパフォーマンスを明らかにするために社会ネットワーク分析を行った。サンプルは主にカナダで展開していて、世界的にも従業員を抱えている国内旅行代理店の従業員である。これらの従業員は旅行代理

⁵ Sparrowe et al.(2001)によると、妨害ネットワークの密度は集団のパフォーマンスに対して負の関係があることが示された。

店のエージェントがほとんどで、5から8人のチームに所属している。これらのチーム内でのメールでのやり取りをノード間の紐帯として分析している。チーム内でのメールのやり取りが多く存在することは紐帯が多いということを表していて、密度が高くなるのである。チームの密度が高くなることはチーム内の凝集性が高くなることを表していて、凝集性とチームのパフォーマンスの関係は逆U字の関係にあることが示されている。特に、極端に凝集性が高まることで集団浅慮を引き起こし、イノベーションが起こりにくくなることでチームのパフォーマンスが低下するという結果が得られた。

このように多様な構造を表す分析指標がネットワーク研究では存在し、基本的にネットワーク研究では、これら分析指標を用いてネットワークの構造とパフォーマンスに及ぼす影響を分析している⁶。このような研究群は、主に社会関係資本論に基づく議論が主流で、2.2節では、社会関係資本論とネットワークに関連する研究についてレビューする。

2. 社会関係資本としてのネットワーク

経営学において、社会関係資本論に基づくネットワーク研究は盛んに行われてきた(Borgatti and Foster, 2003; Hansen, 1999; Kilduff and Krackhardt, 1994)⁷。石塚(2010)によると、社会関係資本とは、共同体における人々の間や組織間に成立している信頼に基づく協力関係であるとしている。また、この社会関係資本は人々の間に形成された関係つまり社会的ネットワークがもたらす価値であると指摘している。

社会関係資本論では、多様な社会関係が想定される。そのため、紐帯として表される、主体間の関係性は様々なもので表される。具体的には、友人関係(Mehra, Kilduff and Brass, 2001)、企業間の所有やボードメンバーの共有関係(Zaheer and Bell, 2005)、知識・情報を共有・伝達する関係(Cross and Cummings, 2004)、妨害関係(Sparrowe et al., 2001)など様々なものがある。どのような関係性のネットワークに着目するかは研究によって異なり、焦点を当てる関係性に基づいて主体間の紐帯が表現され、全体の集合としてネットワークが立ち現れる。

⁶ これらのネットワーク構造を表す指標が多様にある中で、ネットワークの紐帯の強さを指標として扱う研究も存在する(Granovetter, 1973)。

⁷ その他にも、ネットワーク組織の議論や埋め込みに関する議論も存在するが、本章は、主要な研究領域として社会関係資本論に基づくネットワーク研究に議論を絞る。

これらの社会関係が資本であるとされる、社会関係資本論では、主体の持つ社会関係資本がどのように様々な成果に結びついているのかを分析している。

社会関係資本論に基づくネットワーク研究で扱われる成果変数は多様であり、それらの成果変数にネットワーク構造がどのように影響を及ぼすのかが主として研究されている(Borgatti and Foster, 2003)。特に経営学領域では、大きく分けると集団のパフォーマンスを扱う研究(Friedkin, 1982; Hansen, 1999; Sparrowe et al., 2001; Zaheer and Bell, 2005)と個人のパフォーマンスを扱う研究(Cross and Cummings, 2004; Sparrowe et al., 2001)が存在する。

まず、集団のパフォーマンスを対象にした研究についてみていく、たとえば、Zaheer and Bell(2005)では、企業のネットワーク構造上のポジションと企業のパフォーマンスとの関係を分析している。ここでのパフォーマンスは企業レベルの変数を用いていて、マーケットシェアとしている。ネットワークの構造指標はボードメンバーの所属関係と企業間の所有関係のネットワークにおける個別ノードの構造的空隙をブリッジする程度である。この分析の結果、ネットワーク構造と企業のパフォーマンスには関係があることが示され、この構造的空隙の程度をブリッジするようなネットワークポジションにある企業の市場シェアは高いという結果になった。これは、市場のトレンドなどをいち早くつかむことができることによる効果であるとしている。

Hansen(1999)では、構成員間の紐帯の強さとその紐帯を介して伝達する知識の複雑性から集団のパフォーマンスとしてのプロジェクト遂行時間との関係を明らかにしている。ここでのネットワークの評価指標は紐帯の強さであった。結果としては、弱い紐帯の存在が異質なネットワーク集団間の情報移転を促進するものの、複雑な情報である場合は情報の移転が難しくなるという結果が得られた。

また、情報共有ネットワークの文脈でも Friedkin (1982)は、組織内の情報共有ネットワークにおいて強い紐帯と弱い紐帯を最適な比率で組み合わせること(ネットワークの構造)によって最も効率的な情報共有を行えることを指摘している。

次に、個人のパフォーマンスに着目した研究についてみていく。Cross and Cummings(2004)では、ネットワークの構造指標として媒介中心性を用いて、個人のパフォーマンスとの関係を知識集約的な企業を対象として明らかにした。この研究では、情報伝達ネットワークと認知ネットワークを対象として、成果変数がマネージャーからの評価であ

る⁸。分析の結果、情報伝達ネットワークと認知ネットワークのどちらのネットワークでも媒介中心性が個人のパフォーマンスを高めるという結果になった。

これらの研究というのは、構造がパフォーマンスを規定するという前提をとっており、ネットワークの構造が個人の行動を規定し、成果に結びついていると考えている。しかしながら、ネットワークの構造は、個人のパーソナリティや志向性に基づく行為選択の結果として構築される(Borgatti and Cross, 2003; Burt, Jannotta, and Mahoney, 1998; Mehra, Kilduff and Brass, 2001; 安田, 1997)。たとえば、Mehra, Kilduff, and Brass (2001)では、パーソナリティのタイプによって生成されるネットワーク構造が異なることが指摘されている。この研究では、ハイテク企業の従業員を調査対象として、自己モニタリングの志向性が低い従業員は社会的なネットワークの中心を占めていることが結果から示された。また、高い自己モニタリング志向性はネットワーク内の高い媒介中心性を占めるという結果も得られた。

この種の研究が示す通り、パーソナリティや志向性などの行為選択に影響を及ぼす要因は、ネットワーク構造を規定する。つまり、組織内におけるネットワーク構造が構成員の行動を規定し、組織のパフォーマンスなどを規定しているという一連の流れだけを考えるのではなく、組織内の構成員の行為選択とその相互作用によってネットワーク構造が構築され、それがまたパフォーマンスや構成員の行為に影響を及ぼしていると考えるのが妥当である。そのため、組織内の構成員間の相互作用がどのように構造を生成するのかを理解する必要がある。本研究では、この社会関係資本論に基づくネットワーク構造が行為やパフォーマンスを規定するという議論に対する補完的な議論として、個人の行為選択がネットワーク構造を規定するという議論を展開する。補完的という言葉を用いたのは、ネットワーク構造が必ずしも個人の行為やパフォーマンスに影響を及ぼさないということを指摘したいわけではないからである。個人の行為選択に基づいてネットワークが創発され、そのネットワークがまた個人の行為選択に影響を及ぼすという、個人の行為とネットワーク構造の相互作用が連続することで個人の行為やパフォーマンスが規定されるのである。

⁸ Cross and Cummings(2004)の主張する、情報ネットワークは、実際に情報を伝達したかどうかでネットワークが決定する。認知ネットワークは、ネットワーク内の個人がどのような情報や知識を持っているか知っているという関係性を表すネットワークである。

3. ネットワークの生成とダイナミズム

ネットワーク研究において、ネットワークの生成やダイナミクスの分析が重要であるということは指摘されているにもかかわらず、未だ研究が不十分である(Ahuja, Soda, and Zaheer, 2012; Kim et al., 2016). ここで言うネットワークの生成やダイナミクスというのはこれまでの社会関係資本の議論とは根本的に異なる議論である。社会関係資本におけるネットワークの議論の中心は構造が組織の構成員や集団の行為やパフォーマンスを規定するという構造決定論的な議論である。2.2 節で議論した通り、これらの議論を中心に据えた研究は、パフォーマンスなどの何らかの結果変数に対して、どのように様々なネットワークの構造が影響を及ぼしているかを明らかにする研究である。ネットワークのダイナミズムに焦点を当てる研究ではネットワーク構造が静的ではなく、生成や変化、成長などの動的な要素を分析するのである。特に、本研究と関係のあるネットワーク生成を扱った研究について説明する。

最もシンプルで古典的なネットワークの生成モデルとして、ランダムネットワークやスケールフリーネットワークが存在する(Albert and Barabási, 2002; 大久保他, 2007). 大久保他(2007)によると、実際のネットワークは、規則的ではなく、不規則的なネットワークとなる。そのようなネットワークを最も簡単に生成できるモデルとしてランダムネットワークが存在する。このランダムネットワークでは、ノード間をランダムに紐帯が結ばれる。このモデルでは、ノード数と平均次数を指定して、それに基づいてランダムに紐帯が形成されて生成されるネットワークを分析する。このネットワーク生成モデルでは、次数の小さいノードも存在するが、非常に大きな次数を持つノードは存在せず、比較的一様な構造になることが示されている。しかしながら、このモデルは、現実的なネットワークをうまく描写できていない可能性があることを指摘されている。実際には、ランダムネットワークで表された次数分布と異なるようなネットワークが現実によく形成される。

実際のネットワークにおいて、一様な構造ではなく次数の小さなノードの数が多くなり、数は少ないが次数の非常に大きなノードが存在するようなネットワークの存在が指摘されるようになる(大久保他, 2007). そのようなネットワークを生成するモデルとして、スケールフリーネットワークが存在する。BA モデル(Barabási-Albert モデル)では、ノードと紐帯が増加しながら、次数の高いノードがより次数を結びやすくなるというモデルを想定した(Albert and Barabási, 2002; 大久保他, 2007). この結果、一様ではないネットワーク構造が生成され、より現実のネットワークに近いネットワークを生成したモデルとなった。

このように非常に単純なルールと確率を用いてネットワークの生成を行うモデルは多く存在する(大久保他, 2007). また, 近年の研究においても, 篠田・松尾・中島(2008)では, ネットワークの生成についてシミュレーション・モデルを用いて分析を行っている. 具体的には, 各ノードの紐帯形成の合理性基準に複数の中心性指標を用いて, ネットワーク生成のモデルを構築した. この研究では, ネットワーク構造を表す尺度として複数の中心性を用いて, その中心性を効用とすることで, ノードが効用を高めるように行動(中心性の高いノードと紐帯を形成)するように設定した. 分析結果からは, 基準となる中心性をどの中心性にするかによって, 生成される構造が変化することが明らかになった.

これらの研究は, ネットワーク構造の生成するモデルとはなっているものの, モデルの設定上, そのような構造が生成されることが比較的自明な設定を置いている. これは, ネットワーク構造側からルールを規定していて, その構造を生み出すルールを探索し, そのルールに後から意味を持たせているからである. そのような方法でネットワークの生成モデルを明らかにすることもある一定の貢献はあるが, 現実との整合性を考えると, 構造側からルールを導き出すのではなく, 個々のノードが持つ主体性や意思決定を反映したネットワークの生成モデルも必要となるだろう.

また, 一度創発されたネットワークは日々, ネットワークを形成している主体間の相互作用によって変化する. このことを考えると, ある種, 新たな構造が日々生み出されているということになる. つまり, 創発されるネットワークというのは特定の構造のみに言及するだけでは不十分であり, ダイナミズムまで分析する必要がある. この点を踏まえた上でこれまでネットワーク研究としてネットワークのダイナミズムに着目した研究はいくつか存在する(Carley, 1991; Macy, and Skvoretz, 1998; Ahuja, Soda, and Zaheer, 2012, Kim et al., 2016). Carley (1991)では, 新たなメンバーが集団に加わることによる集団の安定性を分析し, Macy and Skvoretz (1998)では, 社会的・経済的交換関係の中でお互いに知らない人間同士の間でどのように信頼と協調が生まれるかを分析している. これらの研究は, 個人の行為をベースとしたネットワーク創発のダイナミズムまでは分析していない. 本来, 組織内のネットワークは, 個人間の相互作用によって創発され, その相互作用の仕方によって変化しながらネットワークが形成されていくのである. 個人間の相互作用について言及するのであれば, ネットワークで言う「主体性を持つ個人」に注目しなくてはならない. 個人がどのように組織内で行為するのか, 何によって行為を変えるのかについてネットワークとの関連を確認しなくてはならないだろう. その行為と行為間の相互作用を分析対象とすることでネットワー

ク創発のメカニズムが理解できるのである。しかしながら、このような創発のメカニズムに関する分析は不十分である。

4. ネットワーク研究の方法論

ここまで紹介してきたネットワーク研究は、主に定量的な手法で行われることが多い。その種の研究では、ネットワークに関連する指標を数値化して、分析を行う。このような数値化を行うにあたって、データは様々な方法で収集されるものの、アンケートを用いる場合が多くみられる (Friedkin, 1982; Athanassiou and Nigh, 1999; Borgatti and Cross, 2003; Cross and Cummings, 2004; Zaheer and Bell, 2005)。

このように、ネットワーク研究における、定量研究は、現実のデータを用いて、統計的手法による妥当性と信頼性を担保しながらパフォーマンスなどの結果変数との関係を見ている点で非常に意義のある研究手法である。定量的にネットワークの構造を表す場合、基本的には、行列を用いてネットワーク関係を明らかにしていく⁹。この行列式に基づいて生成されたネットワークの構造が様々なネットワーク研究の主要な説明変数となる。この行列式の計算が非常に複雑であり、以前は、媒介中心性を算出するアルゴリズムなどをコンピュータに計算させることでも非常に時間がかかった。そのようなコンピュータ処理の問題から、大規模データの処理が難しいという問題に派生し、そのような問題を解決する媒介中心性の素早く算出するアルゴリズムの開発なども進んだ (Brandes, 2001)。

このように、ネットワーク研究における技術的な障壁は取り除かれつつあるものの、ネットワーク研究における定量的な研究の問題点は依然として指摘されることがある (Kim et al., 2016)。実際のデータを用いているにもかかわらず、ネットワーク研究において収集したデータによるネットワークの構造と実際のネットワークとの違いやネットワークの変化のプロセスなどが反映できている研究は少ない。定量的手法によるネットワーク研究で、アンケート調査によって得られたデータを基に再現されたネットワーク構造と実際のネットワーク構造は異なるという議論が存在する。たとえば、アンケートで社内での人間関係について尋ねると、上司などの影響力のある人間を過剰に評価してしまう傾向がある。この傾向がそのような実際のネットワークと分析上のネットワークの違いを生み出し、歪んだネッ

⁹ 2.1 節で説明した通り、一般的にはこのようにネットワークの関係性を数学的に表す理論をグラフ理論と呼ぶ。

トワーク構造が分析上立ち現れるのである。このような傾向は、実際にそれほど強い紐帯がないにもかかわらず、分析上、強く影響を与えてしまうことが指摘されている。

また、ネットワークの構造は日々変化する。そのため、データの収集方法にもよるものの、ネットワークの構造を正確にとらえるのであれば、一時点で収集したネットワークの構造を分析指標とするのではなく、よりネットワークのダイナミズムまで分析に加えることが求められると考えられる。そのため、2.3節で説明したようなネットワークの生成シミュレーション研究がそのダイナミズムを捉え、ネットワーク構造を仮想的に構築することで歪みの問題も解決する。ただし、シミュレーション研究に対する批判も存在する。第3章で説明するが、現実との乖離のあるモデル設定になっているのではないのか、という指摘が多く存在する。この問題に対処しながらネットワークの生成モデルを構築しなければならない。シミュレーション手法を用いることで、ネットワークの構造とそのダイナミズムを捉えることが可能であるが、実際の構造がどのように変化していくのかを捉えるためには、単純にシミュレーション手法を用いることだけでは達成されない。なぜなら、基本的なシミュレーション手法は、主体性を持つ個人とその個人の相互作用によるネットワークの創発モデルを構築することが困難だからである。多くのシミュレーション研究は、ネットワーク生成モデルを構築する際に、基本的に全体のネットワーク側からネットワークを生成可能なルールとして導き出すようにモデル構築を行っていた(Albert and Barabási, 2002; 大久保他, 2007)。実際には、個人の主体性を反映したモデルを構築する分析手法の検討が必要で、そのようなモデルはこれまでなされてこなかった。

本研究では、このような限界を克服することを試みるために、個人の主体性を取り込むことのできるシミュレーション手法である、マルチエージェント・シミュレーションを採用する(Macy and Willer, 2002; 寺野, 2004)。シミュレーション上で表現されたネットワーク構造をエージェントの単純な行為と相互作用で再現することから、モデルの単純化の問題がある程度残り、現実と乖離するという指摘があるものの、前述の過剰にネットワークを評価してしまうようなバイアスは取り除くことができる。そのため、バイアスのない単純なルールに基づいたシンプルなシミュレーションによって再現し、主体性を持つ個人間のネットワーク創発をマルチエージェント・シミュレーションは分析可能であると考えられる。さらに、シミュレーションを用いることで、ネットワークのダイナミズムについても分析することができる。そのため、ネットワーク研究の問題と手法上の問題を克服するために、ミクロな行為者によるネットワークの創発プロセスを分析可能なマルチエージェント・シミュレ

ーション手法を用いることは意義があると考えられる。

第3章 研究手法としてのマルチエージェント・シミュレーション

本章の目的は、方法論としてのシミュレーション手法について理解を深めることと、マルチエージェント・シミュレーションが本研究と適合的な手法であることを示すことにある。そのため本章では、シミュレーション手法について概観した上で、シミュレーション手法を用いた研究について紹介する。さらに、本研究で扱うマルチエージェント・シミュレーションについて詳しく見ていくこととする。

本章の構成は次の通りである。3.1節では、シミュレーション研究の概要を説明する。シミュレーション研究の強みと弱みを説明し、これまで経営学領域でどのようにシミュレーション研究が扱われてきたのかを実際の研究を紹介しながら説明する。次の3.2節では、より詳細なシミュレーション手法について説明するため、主要なシミュレーションのタイプを簡潔に紹介した上で、それぞれのシミュレーション・タイプの主要な研究を紹介する。そのシミュレーション・タイプの1つに本研究で扱うマルチエージェント・シミュレーションが存在する。次の3.3節では、マルチエージェント・シミュレーションに焦点を当て、マルチエージェント・シミュレーションという手法について詳細に説明し、この手法を用いた研究をいくつか紹介する。その上で、本研究の明らかにしたい問題に対してマルチエージェント・シミュレーションという手法が適しているかについて議論する。

1. シミュレーション研究の概要

まず、シミュレーション研究というのは、どのような研究手法であるのかということを確認しなくてはならない。Harrison, Lin, Carroll, and Carley(2007)によると、理論発展において、これまでの伝統的なアプローチでは、複数の相互依存的なプロセスを同時に分析することに限界がある。なぜなら、個々のプロセスはうまく理解できていたとしても、それらのプロセスが同時に作用した際に、互いのプロセスに影響を及ぼし合うため複雑に相互作用し、予期せぬ結果が生まれるからである。さらに、そのプロセス間の相互作用はフィードバックを伴う非線形的な行動のシステムを生み出す。そのため、一般的な実証研究における線形的なモデルでは限界があることを指摘している。つまり、複数の変数を同時にかつ複合的に分析可能である必要があるということである。

現実の組織の問題でも、一つの組織的なプロセスが複雑な個々のプロセスに分解できる場合がある。たとえば、採用人事のプロセスでは、離職のプロセスや選抜のプロセスなど

様々な組織的なプロセスが影響を及ぼして採用がなされるのである。これらの個々のプロセスは独立して作用している部分も存在するものの、複合的な効果も存在する。シミュレーション研究は、これらの既存の研究手法に対する限界の解決にアプローチできる方法論である¹⁰。

実際に、シミュレーション手法を用いることは、これまでの研究手法の問題点に対処でき、様々な理論の発展に貢献してきた。Davis, Eisenhardt, and Bingham (2007)によると、シミュレーション研究の貢献点は具体的に以下の3つであることが指摘されている。

- ・複雑な理論的な構成概念間の関係性に対する知見の提供
- ・仮説や理論的なロジックに対する分析的で正確な解釈の提供
- ・複数のプロセスの基盤にある相互作用の結果を正確に提供

シミュレーション研究はこれらの貢献点があるもののいくつか批判点も存在する。シミュレーション研究は、現実の現象を完全に再現できず単純化してシミュレーションを行うため有効な理論的な知見を正確に得ることが出来ないと指摘されている。また、より具体的な批判点として Davis, Eisenhardt, and Bingham(2007)で以下の3点指摘している。

- ・いくつかの前提や仮定が非現実的である
- ・シミュレーション内の構成概念が経験的な尺度となっている
- ・シミュレーションと言う手法が動的であるため不安定であり、全体的に複雑である

これらの批判点について、ある程度対応していくことがシミュレーション研究には求められる。しかしながら、寺野(2003)が主張する通り、一般的にシミュレーション研究は KISS(Keep It Simple, Stupid の略)の原理に基づいていて、シミュレーション・モデルがある程度単純であることも同時に求められる。あまりにも単純なモデルであることで、当たり前前の結果が導出されてしまうこともある。とはいえ、モデルの複雑化は結果の解釈が困難になり、KISS の原理から遠ざかってしまう。そのため、シミュレーション研究のメリットを引き出すためには、ある程度の簡潔さと複雑さの両方が求められている。このある程度の簡潔さを求める場合に生じるのが、前提や仮定の非現実性である。具体的には、一部の現実的な変数間関係やルールを捨象することなどが挙げられる。この変数間関係やルールの捨象は、説明しようとしている社会現象の主要な構成要素であるかどうかによって左右される。

¹⁰ 特に、サンプルがそれほど多く存在しない領域において有効であると述べられている (Harrison, Lin, Carroll, and Carley, 2007)。

シミュレーション・モデルが複雑なシステムや社会現象が説明できたのであれば、設定した変数間関係やルールはある程度妥当性があり、一定の貢献が存在するシミュレーション・モデルとなる。したがって、シミュレーション研究は、ある程度モデル設計の段階で現実との対応を考えながら、シンプルなモデルを構築し、複雑なシステムや社会現象を説明することを追求する。

古典的な経営学におけるシミュレーション研究はいくつか存在する(Cohen, March, and Olsen, 1972; March, 1991)。たとえば、Cohen, March, and Olsen(1972)では、ゴミ箱モデルという意思決定のモデルをシミュレーションによって構築した。彼らは不確実性の高い組織の意思決定の状況を想定し、複数の変数を同時に適用し、分析可能なシミュレーション・モデルを採用した。その結果、不確実性の高い状況にある組織の意思決定には、やり過ぎや見過ごしというようなことが起こるといった興味深い結果をシミュレーションから導出した。また、March(1991)は、組織の探索的学習と漸進的学習に着目して研究を行なっている。組織における、探索的学習と漸進的学習の効果をシミュレーション手法で明らかにした。その結果、探索的学習と漸進的学習のバランスをとることが大事ではあるが、短期的には漸進的学習が望ましいということを描した。

その後もシミュレーション研究は経営学の領域で様々なものが行われた(Blackmore and Nesbitt, 2009; Chae et al., 2015; Harrison and Carroll, 1991; 稲水, 2006; Nogueira and Raz, 2006; Satry, 1997)。たとえば、Harrison and Carroll(1991)では、組織文化の伝達を促進する要因や安定させる要因についてシミュレーション分析を用いて明らかにした。彼らの分析では、複数の組織のプロセスを同時に分析し、多様な変数を取り込み、組織全体の文化浸透を分析した。具体的に、扱った組織プロセスは、雇用と社会化、離職の3つである。これら3つの組織的プロセスをシミュレーション上で試行することで、組織全体の文化浸透度の変化を分析した。特に、彼らのシミュレーション・モデルの各プロセスは数式によって駆動され、それぞれのプロセスが相互に関連している。たとえば、離職のプロセスで多くの離職者が出ることで、雇用のプロセスが活性化する。このように、相互に関連するプロセスや変数を同時に扱うことは、シミュレーション研究の強みを生かしていることになるだろう。扱った変数は、リクルート活動の選抜性とマネジメントの文化浸透強度、組織の成長率、組織全体の離職率である。また、組織文化の浸透の程度の測定は、組織内の構成員の文化浸透度の平均値として出力した。分析の結果、組織の成長率が高まると文化浸透度が高い水準で安定することや離職率が高まることで安定的な組織文化になることなどがシミュレーショ

ン結果から示された。

このような影響力のある研究が出てきてはいるものの、シミュレーション研究が注目され始める初期の頃は、技術的な障壁から適用できる範囲が今ほど広くなかった。現在は、技術進化に伴い様々な問題に対してシミュレーションによるアプローチが注目されてきている。特に、最近の研究では、シミュレーションを用いたコストの概算に関する研究(Chou, 2011)やプロジェクトのリスクに関する研究(Fang and Marle, 2012)、地方都市の成長に関する研究(Liu and Feng, 2012)など、幅広く用いられている。

たとえば、Chou(2011)では、コストの概算をこれまでの経験則に基づいて行われていたが、シミュレーションを用いることでより客観的なコスト予測が可能になることが示された。

Fang and Marle(2012)では、プロジェクトのリスクが複雑化していることから、シミュレーション手法によるリスク評価のモデルの必要性が指摘され、リスク測定のモデルが構築された。

Liu and Feng(2012)では、セル・オートマトン・モデルを用いて、地方都市である、ワールドコストの成長をモデル化した。

これらの研究のように、シミュレーション研究の適用範囲は広がり、経営学でも重要な分析手法の一つとして確立しつつある。これは、先に述べたコンピュータなどの技術的発展による適用範囲拡大と現実にかかる様々な複雑な問題への分析と対処が求められてきたことによるものである(Chou, 2011; Fang and Marle, 2012)。

また、経営学におけるネットワーク研究にも、シミュレーションを用いた研究は存在する(Carley, 1991; Macy, and Skvoretz, 1998)。これらの研究は、ネットワークをシミュレーション手法で分析している研究ではありながらも、ネットワークを構成するノードの主体性をほとんど考慮できていないモデルとなっている。シミュレーション上に主体性を持つ個人などを想定しない、システム・ダイナミック・アプローチと呼ばれるアプローチに近いシミュレーション・アプローチをネットワーク研究では採用されてきた。しかしながら、近年盛んに用いられているシミュレーション・アプローチとしてマルチエージェント・アプローチがある。マルチエージェント・アプローチは主体性を持った個人をモデル化することが可能である。次の3.2節では、このような複数存在するシミュレーションのアプローチのタイプについて概観する。

2. シミュレーション手法の3つのタイプ

3.1 節では、経営学におけるシミュレーション研究の概要について確認した。本節では、シミュレーション手法の3つのタイプについて説明する。Harrison, Carroll and Carley(2007)では、経営学におけるシミュレーション・タイプを大きく分けて3つに分類している。その3つとは、①システム・ダイナミック・モデル、②セル・オートマトン・モデル、③マルチエージェント・モデルである¹¹。

まず、システム・ダイナミック・モデルは、何らかのシステム内の行為者の行動をモデル化するというよりも、システム全体の行動をモデル化するというところに焦点を当てている。システム全体の行動をどうモデル化するかという点において、比較的従来のシミュレーション手法を用いたネットワーク研究はこのシミュレーション・タイプに近いということになる。2.3 節で説明した、ランダムネットワークやスケールフリーネットワークの生成モデルは、システム・ダイナミック・モデルのように、ある特定のネットワーク全体の構造をモデル化することを目的としている。

この種のアプローチでは、何らかの変数が、ある特定のシステムに影響を与えているような状況を研究対象とする際に用いられる。さらに、この種のシミュレーション・モデルは、何らかの変数がシステムに対して影響を与え、そのシステムが変数に対して影響を与えることでフィードバックが起こる現象などを分析する際にも有用な手法であるとされている。このフィードバックがまさに、スケールフリーネットワーク生成の BA モデルの例である。BA モデルは、全体のネットワークが大きくなることで自身の次数が高まり、次数が高まることで、またネットワークが拡大した際により次数を拡大しやすくなるというモデルである。このシミュレーション・タイプのモデルでは、主に等式を用いてシミュレーションを実行する。そのため、分析者が設定した複数の変数間の関係性を数式で表し、それらの数式によって表される変数の値の変化などを分析対象とする。

このシミュレーション・タイプで社会科学の領域で代表的な研究として、Sastry (1997)と Rudolph and Repenning(2002)が挙げられる。Sastry (1997)は、組織的変化がどのように起こるかをシステム・ダイナミック・モデルによって明らかにした。Rudolph and Repenning(2002)では、組織にとって小規模の変化が組織的な崩壊をもたらすのか明らかにすることを目的としてシステム・ダイナミック・モデルを用いてシミュレーションが行われ

¹¹ マルチエージェント・モデルはエージェント・ベース・モデル(ABM)とも呼ばれる。

ている。

最近の研究では、Oguniana, Li, and Sukhera(2003)では、システム・ダイナミック・アプローチを用いて、建設企業のパフォーマンスを向上させる戦略(option)を探索した。地方の中小企業の経営が悪化する中、その経営を立て直す戦略について様々な議論がなされてきた。それらの議論に基づいて、どのような戦略をとることでパフォーマンスが高まるのかを、システム・ダイナミック・アプローチで分析した。

また、ネットワーク研究として Carley (1991)では、新たなメンバーが集団に加わることによる集団の安定性をネットワークから分析し、シミュレーション法を用いている。この研究では、ランダムに紐帯を形成する人間が選択されることや特定のルールに基づいて行動が決定し、それらの行動は普遍的で個人に意志がないことを考えると、システム・ダイナミック・モデルのシミュレーション研究として捉えることができる。3.3節で後述するが、シミュレーション研究で、個人を分析対象としたものがすべてマルチエージェント・シミュレーションとなるわけではなく、個人を対象とした分析であってもシステム全体を分析者が設計している場合、システム・ダイナミック・モデルに近いシミュレーション・モデルとなる。

このようにシステム・ダイナミック・モデルは、全体のシステムを再現するようなモデルを分析者の意図によって構築するモデルである¹²。したがって、以下の2つの自律性を持つ主体を想定したシミュレーション・モデルとは大きく異なる。

次に、セル・オートマトン・モデルについて説明する。セル・オートマトン・モデルはマルチエージェント・モデルと似ているものの、わずかにアプローチとして異なる。セル・オートマトン・モデルでは、 $n \times n$ の格子が存在している。それぞれの格子はセルと呼ばれ、これらのセルがシミュレーションを試行することで変化するのである。このセルは色などによって表現され、その色が変わるか、いくつそのセルが埋まっているのかなどを分析対象とするのである。

このタイプのモデルでは、主にルールによってシミュレーションが駆動される。ここで言うルールとは、各格子内を何らかの主体と見立て、その主体が行動する特定の規則のことを指す。このシミュレーション・タイプの最も重要な部分は周囲の環境である。主体を表す格

¹² システム・ダイナミック・モデルの強みは、複数の変数を関数系や数式によって表現し、同時に作用させることができるという点である。

子は、ある特定のルールに基づいて周辺の格子によって影響を受ける。このシミュレーション・タイプでは、その他の格子との距離が重要なのである。距離の近接性が各格子に対する影響を決定し、単純なルールに基づいてセルが変化する。結果として、このシミュレーション・タイプは最終的にどのようにセルが埋まっていくのか、どのようにセルの色が変化したのかを分析するというものである。このシミュレーション・タイプはシステム・ダイナミック・モデルと異なり、個別の格子内の主体や格子そのもののルールから創発される現象を分析するのである。すなわち、システム全体の行動をモデル化するのではなく、格子自体の行動をモデル化することで全体としてのシステムを説明するのである。

この種のアプローチを用いて社会科学の領域で研究が行なわれたものとして、分居モデル(Schelling, 1969)や文化変容モデル(Axelrod, 1997)などが著名である。それぞれのモデルでは、非常に単純なルールからどのように、分居が起こるのか、また、どのように文化が変容していくのかをセル・オートマトン・モデルを用いて明らかにした。たとえば、分居モデルの具体的なルールは、周囲の格子に自身と同じタイプの人間が何割いるかどうかでその場所から移動するかどうかを決定するというようなルールである。また、組織を対象にした研究では、Lomi and Larsen (1998)が著名である。この研究は、局所的な組織間の相互作用から組織的な腐敗に及ぼす組織密度の影響に着目した研究についてセル・オートマトン・モデルを用いて分析を行なっている。

セル・オートマトン・モデルは主として空間的な概念や各主体における周囲との距離などの位置や場所、地理に関する議論を行う場合にしばしば用いられる。そのため、経営学は人間や組織を対象としていることからそれほど用いられるシミュレーション手法ではない。多くの研究では、都市開発に関する研究(Liu and Feng, 2012)や交通に関する研究(Esser and Schreckenberg, 1997)などで扱われている。

最後に、マルチエージェント・アプローチによるシミュレーション研究について説明する。マルチエージェント・シミュレーションは、現在数多くの分野で採用されているシミュレーション手法である。このシミュレーション・タイプは、寺野(2004)によると「エージェント」と呼ぶ内部状態と意思決定能力とを備えた複数の主体を用いたボトムアップなモデル化とコンピュータ・シミュレーションとに特徴付けられる方法で経済社会システムにおける創発的な現象を分析するものであると述べられている。このアプローチは、社会的なシステムを形成し、その他の行為者にも相互に影響を及ぼすような行為者の行動をモデル化することに焦点を当てている。本研究はこのアプローチを採用し、シミュレーション・モデルの構

築を試みる。そのため、3.3節で詳しくこのシミュレーション・アプローチについて説明し、マルチエージェント・シミュレーション研究がネットワーク創発分析に適合的であることを示す。

3. マルチエージェント・シミュレーション研究

まず、マルチエージェント・アプローチを理解するための簡単なモデルの紹介を行う。Reynolds(1987)では、ガチョウの群れがどのように形成されるのかをマルチエージェント・アプローチによって明らかにした。ガチョウには単純なルールを3つ設定し、群れが形成されるプロセスをシミュレートした。その3つとは、引き離し、整列、結合である。それぞれが意味していることは、ガチョウが鳥や障害物にぶつかりそうになると離れ、その他の鳥とのスピードと方向を合わせようとし、周辺の群れの中心に向かって飛ぶということである。これらのことをコンピュータ上でシミュレーションを実行することで、ガチョウというエージェントの間の関係性のみで群れという創発的なシステムを構築した。それまでの研究では、ガチョウの群れのようなシステム自体が形成されるようにモデル化していた。そのため、Reynolds(1987)はシステム全体をモデル化するのではなく、個別の主体をモデル化することで全体を説明するという新たなアプローチを広めた研究となった。

このように、エージェントと呼ばれるミクロな視点から、マクロなシステムを構築することがマルチエージェント・シミュレーションの目的である。そのほかに、個人の相互作用や意思決定などの主体性を取り込んだシミュレーション研究の Benenson(1998)では、都市の自己組織化について注目していて、どのように都市が形成されるのかを明らかにした。この研究では、経済的な特性と文化的な特性の両方を考慮して、個人の行動をモデル化した。たとえば、経済的・文化的に適合した人の近くに居住するというようなルールを定めて各個人の意思決定をさせ都市形成のダイナミズムを分析している。

このマルチエージェント・モデルには、大きく分けて4つの前提が存在する(Macy and Willer 2002)。その4つの前提とは以下の通りである。

- ・ エージェントは自由な裁量権(autonomous)を持つ
- ・ エージェントは相互依存的である
- ・ エージェントは単純なルールに従う
- ・ エージェントは適応的である

エージェントが自由な裁量権を持つというのは、エージェントの動きがすべてシミュレ

ーションの設定上で決定しているのではなく、エージェント自身が判断して行動することを表している。つまり、分析者が意図的にエージェントの行動を再現するモデル化は行わないということである。

エージェントが相互依存的であるというのは、エージェントがその他のエージェントに影響を受け、自身の行動や状態を変化させることを表している。具体的には、模倣などの行動が挙げられる。エージェントがその他のエージェントと接触することで行動を相互に模倣するなどの相互依存関係を持つことがマルチエージェント・シミュレーションであること的前提である。さらに、エージェントは環境とも相互依存的な関係である。エージェントの行動が何らかの影響を環境に対して及ぼすことで、その環境が再びエージェントに影響を及ぼす。このような関係も相互依存的な関係であり、マルチエージェント・モデルの前提である。

エージェントは単純なルールに従うというのは、セル・オートマトン・モデルと同様に、何らかの行動システムがそれほど複雑ではなく、行動仮定の簡単なルールから構成されているという前提である。つまり、簡単なルールから複雑な行動システムを説明することが求められている¹³。

エージェントは適応的であるというのは、単にエージェントが相互依存的であることからその他の構成員から影響を受けるだけでなく、エージェントの集まりのような集合体に対して適応的であるということを表している。つまり、エージェントは、その他のエージェント個人からだけでなく、そのエージェントの集合にも適応することが出来る。これは、エージェントの行為によって形成される集団とその集団の持つ特有の効果に対してもエージェントが適応するということである。

ここまでのマルチエージェント・シミュレーションの議論をまとめると、マルチエージェント・シミュレーションは複雑なシステムをエージェントと呼ばれる行為主体とその相互作用からコンピュータ・シミュレーションによってモデル化するシミュレーション手法である。このエージェントは、環境や他のエージェントとの相互作用を行いながら、主体性を持って周りの環境などに適応しながら行為する。エージェントに付帯するルールは基本的に単純なものを想定することでこの手法の強みが発揮できる。ネットワーク研究にマルチエージェント・モデルを適用する場合、ネットワークを形成する構成員には以上のような前

¹³ このことは先に議論した、KISSの原理に基づくものである(寺野, 2003)。

提に基づいたルールを設定しなくてはならない。ここからは、実際のマルチエージェント・シミュレーション研究について紹介し、本研究テーマであるネットワーク研究との適合性について議論する。

マルチエージェント・シミュレーションを用いて組織を対象にした研究は複数存在する。Macy and Willer(2002)では、マルチエージェント・アプローチを用いた研究の中でも主要な目的別に分けると差別化研究、社会的秩序研究、普及研究の3つに分割することができることが指摘されている。

差別化研究では、何らかの自己組織の集団が周辺の集団と局所的な相互作用から簡単なルールに基づいてシステムが形成されることに着目した研究である(Blackmore and Nesbitt, 2009; Nogueira and Raz; 2006)。Blackmore and Nesbitt(2009)の研究では、消費者と企業をエージェントとして、企業側のとる4つの戦略の中でどの戦略が最も環境の変動が激しい時期に企業のパフォーマンスを高めるかについて明らかにした。どの戦略が最も効果的かと言うような戦略の差別化を行った研究である。

社会的秩序研究は、構造的な差別化を示すシミュレーションではなく、集団的な行動や協調行動というような社会的秩序の発現に焦点を当てている(Chae et al., 2015; 稲水, 2006)。稲水(2006)では、マルチエージェント・アプローチから、ゴミ箱モデルで指摘されるような意思決定が行われるかどうか分析を行った。このように、ゴミ箱モデルで指摘される意思決定というある種の社会的な秩序をエージェントたちの相互作用から明らかにしている。

普及研究では、構造的な違いに基づいて発現し、収束を導くような自己強化のダイナミクスに焦点を当てている(Strang and Macy, 2001; Wang et al., 2014)。Wang et al. (2014)の研究では、マルチエージェント・シミュレーションを用いて中国国内の地域や企業の規模別にどのようにイノベーションが普及しているのかを明らかにしている。

このような目的に対してアプローチする研究手法として、マルチエージェント・シミュレーションは最適なシミュレーション手法である。本研究は、情報が組織内に伝達するネットワークを分析対象としている。つまり、情報の普及に伴うネットワーク構造の創発を分析していると捉えることも可能である。

また、Garcia(2005)では、マルチエージェント・シミュレーションを用いた研究として今後期待される領域が3つ指摘されている。Garciaは3つの研究領域がイノベーションと関

連していることを示した上で、ネットワーク論との関連性も高いことを主張した¹⁴。その3つとは、社会的ネットワークによるイノベーションの普及に関する研究と採用する戦略の違いによるイノベーションの変化に関する研究、知識や情報の流れに関する研究である。たとえば、Janssen and Jager (2002)では、環境にやさしい製品(エコ製品)の導入をマルチエージェント・シミュレーションによってモデル化したのである。このモデルで登場するエージェントは、消費者と企業である。この2つのエージェントに行動のルールを設け、相互作用することによってエコ製品の普及を分析した。

これらの今後期待される研究領域は、主としてネットワークと関連している。ネットワークを介したイノベーションの普及やネットワークを活用した情報伝達・知識共有などがその例である。このことから、ネットワークとマルチエージェント・モデルが親和的であることが示されたが、同時に、議論が不足している分野であることもわかる。

また、Bonabeau(2002)では、マルチエージェント・シミュレーションが他の分析アプローチよりも優れている点として、構造創発の分析を行えることを指摘している。特に、主体間の相互作用のみならずシステムや現象は、単純な個の総和で表すことができない。そのため、実際に、個々の主体間の相互作用を表現可能なマルチエージェント・シミュレーションは、主体間の相互作用による創発に関する分析に適合的である。

最後に、このマルチエージェント・シミュレーションという手法を用いるにあたって、シミュレーターの選択も非常に重要である。大久保他(2007)では、現状のネットワーク分析ツールにネットワーク生成モデルのパラメーターを指定して様々なネットワークパターンを生成する機能は標準的に整備されてきているが、あるモデルを規定してネットワーク上の様々な変化を連続的に調べるシミュレーション機能などはほとんど整備されていないことが指摘されている。本研究は、ネットワーク形成を目的としたシミュレーターではないものの、マルチエージェント・シミュレーションという手法とネットワークの記述を組み合わせることで、ネットワークの連続的な創発シミュレーション・モデルを構築するのである。この際に、採用するシミュレーターは構造計画研究所の artisoc である。artisoc は実際にネットワークがどのように創発しているのかの可視化に優れていて、結果の解釈をする際に

¹⁴ Garcia(2005)では、技術的な進化速度の激化から、製品開発やイノベーションの文脈で、シミュレーション研究を用いる必要性が増大していることを指摘している。

有効なシミュレーターである(山影, 2007)¹⁵.

本章で議論してきた通り, 本研究テーマと適合的なマルチエージェント・シミュレーションを用いて, 主体性のあるエージェントを想定したネットワーク創発のモデルを構築し, ネットワーク構造がいかにして個人間の情報伝達によって創発されるのかを明らかにする.

¹⁵ マルチエージェント・シミュレーション研究の限界としてプログラミング技術が指摘されているものの, artisoc は比較的簡単なプログラムスキルで用いることができる有用なシミュレーターである(Garcia, 2005).

第4章 基本モデルの概要とネットワーク創発分析の結果

本章は、組織の情報伝達ネットワークの創発を明らかにするためのシミュレーション・モデルについて説明し、そのシミュレーション・モデルを用いてネットワークの創発について分析することを目的とする。まず、4.1節で基本となるシミュレーション・モデルの概要について説明する。本章で紹介するシミュレーション・モデルは、マルチエージェント・アプローチを採用していて、個人の行動に基づきネットワークが創発されるという現象を分析対象としている。このモデルは、第5章以降の分析の基本骨格となっている。この基本モデルを用いて、情報伝達を通じたネットワーク創発について、ネットワーク全体の構造に焦点を当てながら分析を行った結果を4.2節で示す。4.3節では、ネットワーク内の個人とその集合に関する分析を行った結果を示す。最後に、4.4節で、本章のまとめとして、シミュレーション・モデルを試行した結果を整理し、その結果から得られた知見をまとめる。

1. ネットワーク創発の基本モデル

組織内の情報伝達ネットワークを形成する主体は組織内の構成員である。それらの構成員の行為のルールに基づいてどの構成員同士が紐帯を形成するかが決定されるだけでなく、その情報伝達によってその周囲の構成員の行為も変化し、ネットワークが形成される。このように個人の行為によって創発されるネットワークという構造は、個人の意思決定や行為がその周辺の個人の行為や意思決定に影響を及ぼすことで立ち現れる。個人に関わる様々な創発現象は、個人の意思決定や行為とその他の個人の意思決定や行為のミクロな相互作用に基づいて創発される。たとえば、Shelling(2006)では、大教室の講演で埋まる席の構造的特徴がなぜ創発されたのかについて言及している。その座席の埋まり方には、特徴的な空席ができていたが故意的に作られた構造ではなかった。自発的に個人が意思決定し、座席を取った結果として生み出された構造なのである。これは、個人の選好や自身の目的を最大化しようとする行為が他の個人の行為と関連していることを示している。つまり、個人の意思決定は他の個人の意思決定と関連し、その意思決定の結果としてある種の特徴的な構造が創発されたのである。本研究では、このように個人の意思決定やその行為の間の相互作用のある関係性を考慮に入れた創発的なネットワーク構造を分析する。

個人の行為がその周囲の個人の行為に影響を及ぼし、個人の主体性とその個人間の相互作用を分析可能な手法として3.3節で説明したマルチエージェント・シミュレーションがあ

る。このシミュレーション・アプローチを用いて、本研究では、組織内構成員の情報伝達行動とその行動に基づく紐帯形成モデルを構築する。そのモデルに基づいて形成されていく紐帯こそが本研究の分析対象である組織のネットワークとなる。以下に、構成員の行動や紐帯形成に関する、本研究のシミュレーション・モデルの内容とシミュレーションのフローについて説明する。

まず、本研究の基本となるシミュレーション・モデルでは、ある一定の広さの仮想空間の中にエージェントと呼ばれる行為主体を配置し、そのエージェントの様々な行為から創発的な現象が生まれる。その初期状態をこれらのエージェントに状態やルールを付与して、それらに基づいてエージェントは空間内で行為や意思決定を行う。本研究のエージェントは、組織構成員を想定し、この構成員が空間内を動き回る。ここでの空間は、職場の一部の空間を抽出した一部の組織空間やプロジェクトチームの集まっている場所などを想定したものである。そのため、そのエージェント間の距離というのは、実際の構成員間の物理的な距離として捉える。シミュレーション・モデルの大枠として、構成員の行為は大きく分けると3つ存在する。

1つ目の構成員の行為は、組織構成員の個人特性に基づく組織空間内の移動である。移動する空間の広さは変化せず、特定の広さの中だけで構成員は動き回る。

ネットワークの形成に個人の特性が影響していることから、本研究ではこの個人特性を行為選択に影響を及ぼす要因として扱う。この個人特性に基づいた行為選択に影響を及ぼす要因によって個人の移動に関わるモデルを構築する。基本となるモデルでは、シンプルなものを想定するため2つの行為選択に影響を及ぼす要因を設定し、基本モデルを構築する¹⁶。その2つの特性に基づく行動基準が影響を及ぼすのは、動く方向と移動距離の決定である。動く方向と移動距離がどのようにモデル化されていて、その2つの特性に基づく行動基準とどのように関連しているのかについて以下に説明する。

まず、移動する方向について説明する。一般的なネットワーク生成のシミュレーション・モデルではある程度ランダムな要素によってネットワーク生成が行われる(大久保他,

¹⁶ KISSの原理に基づいて、モデルはシンプルなものを想定する(寺野, 2003)。シミュレーション研究に限らず、ネットワーク研究では単純なモデルの方が望ましいという指摘もある(安田, 1997)。

2007). しかしながら、実際の組織内の構成員は組織内をランダムに移動し、コミュニケーションをとっているわけではない。どの相手とコミュニケーションをとるかは、個人の意思決定に関わる。この意思決定は、周囲の状態にも依存し、どのような相手が周囲にいるかによって自身の行動が変化することも考えられる。そこで、本研究のモデルでは、組織構成員が空間をある程度ランダムに移動することを前提としながらも、個人の組織内行動を、個人が移動する方向として反映したモデルを想定する。一般的に、人は自分と似た態度を持つ人間に対して好意を持つと主張されることが多い(Byrne, 1961)。このような効果をここでは、同質性追求と呼ぶ。人間は自身と似た属性を持つ人間とより相互作用を持つようになるので、組織内で自分と似た人間に会うとすぐにそこにとどまり、頻繁なコミュニケーションを行うようになる(McPherson, Smith-Lovin and Cook, 2001)¹⁷。反対に自分と似ていない人間とはあまり長く時間を共有しない。したがって、自身と似た人間を追い求め周囲に属性の類似した人間がいる場合、その相手と相互作用をする傾向がある。周囲に似た人間が 1 人しかいない場合は、その相手と密にコミュニケーションをとると考えられる。状況が似た人間やこのようなことをモデルに組み込むために、周囲に似た構成員がいるとその構成員に近づくように設定する必要がある¹⁸。ここでいう「似ている」というのは、同じ情報を持っているかどうかである。持っていない構成員同士、同じ情報のみを持っている構成員同士、すべての情報を所有している構成員同士で近づく傾向にある、という想定をしている。実際の組織においても、自身と与えられた職務が同じ人間は同様の情報を持つことから同じような話題でコミュニケーションをとることによって相互作用する頻度が多くなることはしばしばあるだろう。似た構成員と近づくようにするために、構成員の移動する方向でこの効果を表現することとする¹⁹。空間上で自身との距離がある一定以内の距離にいる構成員の中で、自分と同じ情報を持っている状態、あるいは、自分と同じように情報を持っていない状

¹⁷ これはホモフィリー効果と呼ばれ、ホモフィリー効果は自身と似た属性を持つ人間とより相互作用を持つようになることを指す(McPherson, Smith-Lovin and Cook, 2001)。

¹⁸ 本研究の同調性追求効果は、すべての人間に一樣に存在する特性という前提を置く。そのため、各構成員の同調性追求効果には差がなく、常に一定に働くものとする。

¹⁹ 周囲の人間がどのような情報を持っているのかを外から見てわかるという設定は次のような状況があることから設定している。たとえば、同じ組織内の構成員によって構築されたチームであれば、相手がどのような情報を持つ構成員か出身部署などからある程度推測できるため、同じ部署や同じような情報を持つことが予測される構成員が周囲にいた場合にその構成員と積極的にコミュニケーションをとることがある。

態の構成員の方向を向くようにモデル化されている²⁰。ただし、ある一定の範囲内に自身と同じ情報所有状態の構成員がいなければ、そのステップはランダムな方向を向く²¹。その方向に向かって、ある一定の距離を構成員はシミュレーションの 1 ステップで移動するのである。

続いて、構成員が自身の向いている方向にどの程度移動するのかを表す移動距離の設定と移動距離に影響を及ぼす要因について説明する。人によっては積極的にコミュニケーションを図るために行動する人とそうではない人が存在する。このような志向性を強く持つ人間は多くの人間とコミュニケーションをとる。本稿ではこの特徴を外向性と捉えることにする。外向性は、人間の特性の中でも非常に重要な特性であることがこれまで様々な研究領域で指摘されてきている (Chi *et al.*, 2011; De Jong, Bouhuys, and Barnhoom, 1999; Krämer and Winter, 2008; 鈴木, 1992)。この外向性という個人の特性は、様々な人間の特性を表す尺度の中の構成要素の一つと捉えられている (並川他, 2012)。外向性をより活発に他の人間と相互作用を求めたりするような特性であると考えれば、本研究のシミュレーション・モデルでは、どの程度積極的にコミュニケーションをとる対象者を探索するのかの程度として表す。外向性の高い構成員は組織内では活発に動き、その移動に対しても積極的であるという想定をする。このように考えると、シミュレーション・モデルでは、周囲に構成員構成員がいない状況に置かれた場合、外向性の高いエージェントは絶えずコミュニケーションを図る人間を広範囲に探し続ける、という特性を持つように設定するのが適切である。そのため、本シミュレーション・モデルでは、積極的に移動する活動量として外向性を捉える。外向性の高い構成員 (以後、高外向性構成員と呼ぶ) はコミュニケーション相手の探索に対する活動量が多いため 1 度で遠くまで移動することがある。対して、外向性の低い構成員 (以後、低外向性構成員と呼ぶ) はその移動量が外向性の高い構成員と比べて少ないことか

²⁰ 自分と同じ情報を持っている人間同士で近づく場合、片方の情報を持っている人間が両方の情報を持っている人間 (つまり、自分と同じ情報「も」持っている人間) に近づく可能性もある。しかしながら、今回の分析では、すべての構成員が情報を求めて行動しているという前提を置いていないため、片方しか情報を持っていない人間が他方の情報を求めた行動となってしまうことから両方の情報を持った人間に近づくというルールは排除している。また、モデルの単純化維持の観点からも、このルールは組み込まない。

²¹ 現実的な挙動を再現するため、360 度のどこを向くか完全なランダムではなく、自身の現在向いている方向から左右 30 度以内のどこかランダムな方向を向くようにモデル化されている。

ら、1度に移動する距離が短いという設定を置く。より具体的には、低外向性構成員のシミュレーションの1ステップでの移動量を1とした場合、高外向性構成員の移動量を3として設定した。この外向性による活動量の違いは相対的なものである。低外向性構成員に比べて高外向性構成員の活動量が多いという表現をすることを目的としている。ここでの低外向性構成員は、一般的な構成員として本シミュレーション・モデルでは想定している。活動量の特別多い構成員を高外向性構成員であると捉えて分析と議論を進める。このような設定は、たとえば、部署間の交流を多く持とうとする構成員とその部署内の構成員同士で多く交流を持とうとする構成員の違いとして捉えることも可能である。現実の組織で、部署を横断してコミュニケーションを取ろうとする構成員を高外向性構成員と捉え、主に自部署の範囲でコミュニケーションを取ろうとする構成員を低外向性構成員であると捉えられる。

この2つの行為選択に影響を及ぼす要因に基づき、本シミュレーション・モデルの構成員が移動する方向と移動距離が表現されている。この2つの要因は、個人に内在されているものではあるものの、完全にその個人の特性だけで移動する方向と移動距離が決定しているわけではない点に注意が必要である。移動する方向は周囲に自身と似た構成員がいるかによって決定され、その構成員が情報を伝達されているかどうかや、近くまで移動してきているかどうかによって依存する。つまり、周囲の構造によって自身の行為が変化し、自身の行為の変化がまたその周囲の個人の行為を変化させ、全体の構造が創発されていくのである。この点は、主体性のある個人間の行為の相互作用と個人と環境の相互作用を扱うことのできるマルチエージェント・シミュレーションの強みでもある(Macy and Willer 2002)。

本シミュレーション・モデルで設定している2つ目の構成員の行為は、構成員間の情報の伝達である。基本形となる本シミュレーション・モデルの情報伝達は、ある程度単純な情報を想定し、一度の接触で情報を理解でき、その情報が伝わるものとする。言い換えると、情報が理解できなければ、情報伝達が起こらないと定義する。したがって、単純な情報であれば、空間内の構成員が接触した際に、所有していない情報を接触してきた構成員が所有していた場合、一度の接触でその情報を理解可能なため、必ず情報が伝達される。ここで想定される情報とは、何らかの業務に関する基本的な情報や組織内の機材の使い方など様々な情報が含まれるが、これらの情報の中でも1度の接触によって伝達されるようなもののみを基本モデルでは扱う。つまり、一度の伝達行為で確実に情報を受け取る側が理解可能な情報を基本モデルとして扱うということである。ただし、情報の質によっては、1度の接触では情報が完全に伝達されない場合も考えられるが、この点については第5章で議論する。

モデル上の 3 つ目の構成員の行為は、情報伝達に伴う紐帯の形成である。本研究のネットワークにおける関係性として情報伝達ネットワークを用いているという点に留意が必要である。第 1 章で述べたように情報伝達ネットワークとは、情報を有する構成員が情報を有しない構成員と接触し情報伝達が生じた場合に形成されるネットワークのことである (Leander, 2002)。そもそも構成員が情報を有していない場合には情報伝達に伴わないため他の構成員と接触してもネットワークは形成されないし、また接触した他構成員がすでに同じ情報を有している場合には接触しても情報伝達に伴わないため紐帯は形成されない。組織内のネットワークには、様々なものが存在し、情報共有ネットワークや信頼ネットワーク、知識ネットワーク、友達関係のネットワークなど様々なネットワークが存在する (Borgatti and Foster, 2003)。そのような組織内のネットワーク構造の中でも、本研究では情報伝達ネットワークに焦点を当てる。情報伝達ネットワークでは、他のネットワークと異なり、紐帯がある程度単純な接触で形成される。信頼関係や交友関係と比較して、情報伝達によるつながりは単一の接触や心理的なコミットメントがなくてもつながりが形成され、比較的単純なネットワークの紐帯性質であると考えられる。情報伝達を行う頻度が増加しなければ紐帯が形成されないという議論もあるが、職務上の観点から考えるとこれまでの接触回数が少なく、心理的なコミットメントがなくても情報伝達を行わなければいけない場面は多く存在する。そのため、本研究の基本モデルでは単純化の観点から 1 度の接触で(情報伝達が行われ)紐帯が結ばれるようになっている。具体的に、実際の組織においても、一度情報を伝達したあるいはされた構成員間では、以後情報を相互に伝達する関係として残ることがあるだろう。関連する情報などを次から伝達する相手として一度接触し、情報伝達を行った相手と関係性が残るような状況をこのモデルの紐帯形成では想定しているのである。これら 3 つの行為を通じて、構成員の状態が変化し、組織全体のネットワークが創発される。

シミュレーションという手法上、簡単なルールに基づいて複雑な社会現象を説明することが望ましい (Macy and Willer 2002)。そのため、この 3 つの行為を基に、構成員が組織内で行為し、どのように情報ネットワークが創発されるのかをシミュレーションを通じて検討する。

これまで本節では、本シミュレーション・モデルの構成員の行為について説明してきた。ここからは、シミュレーションの初期状態について説明する。本シミュレーション・モデルの初期状態では、2 種類の情報の有無(それぞれの情報を情報 a と情報 b とする)と外向性の

程度を考慮に入れた 4 種類の構成員が空間内にランダムに存在する²²。具体的には、①情報 a を持っている低外向性構成員、②情報 b を持っている低外向性構成員、③情報を持っていない低外向性構成員、④情報を持っていない高外向性構成員であり、これらの構成員は空間内にランダムに配置される。情報を持つ構成員がいずれも低外向性構成員であるのは、一般的な構成員を低外向性構成員として捉えているためである²³。基本的には、組織内の構成員数はどの分析も一定の人数で統一する。本研究では、全構成員数を 32 人(情報を持つ構成員を 2 人、情報を持たない構成員を 30 人)とする。人数を固定する理由は、ネットワークの構造指標がネットワーク規模によって大きく変化してしまうことが指摘されているからである(安田, 2011)。本研究も結果の比較を行うためにもネットワークの規模を一定にするため、ノードである構成員数は常に一定とする。

このような初期状態からシミュレーションがスタートし、それぞれの構成員がモデル上設定された行為のルールに従って行動する。図 4-1 にシミュレーションの 1 ステップにおける各構成員の行為のルールについて流れをまとめたフローチャートを示す。

²²基本モデルで想定されている情報に質的な違いは存在しない。そのため、情報 a と情報 b としているものの、それらには質的に異なる部分がないという前提を置く。情報の違いは、伝達のされた方に影響を及ぼさず、行為に対する影響力の違いはない。しかしながら、情報は区別されているので、同調性追求効果による情報所有状態の同じ構成員に近づくという行為には影響を及ぼす。情報 a を持っている構成員同士で、情報 b を持っている構成員同士で、情報を両方とも持っていない構成員同士で、両情報を持っている構成員同士で近づきやすいというモデルになっている。

²³ 基本モデルで一般的な構成員に初期の情報を持たせて分析を行い、初期の情報を持つ構成員の外向性に関する議論は第 6 章で扱うこととする。

図 4-1：基本モデルにおける 1 ステップのシミュレーションの流れ

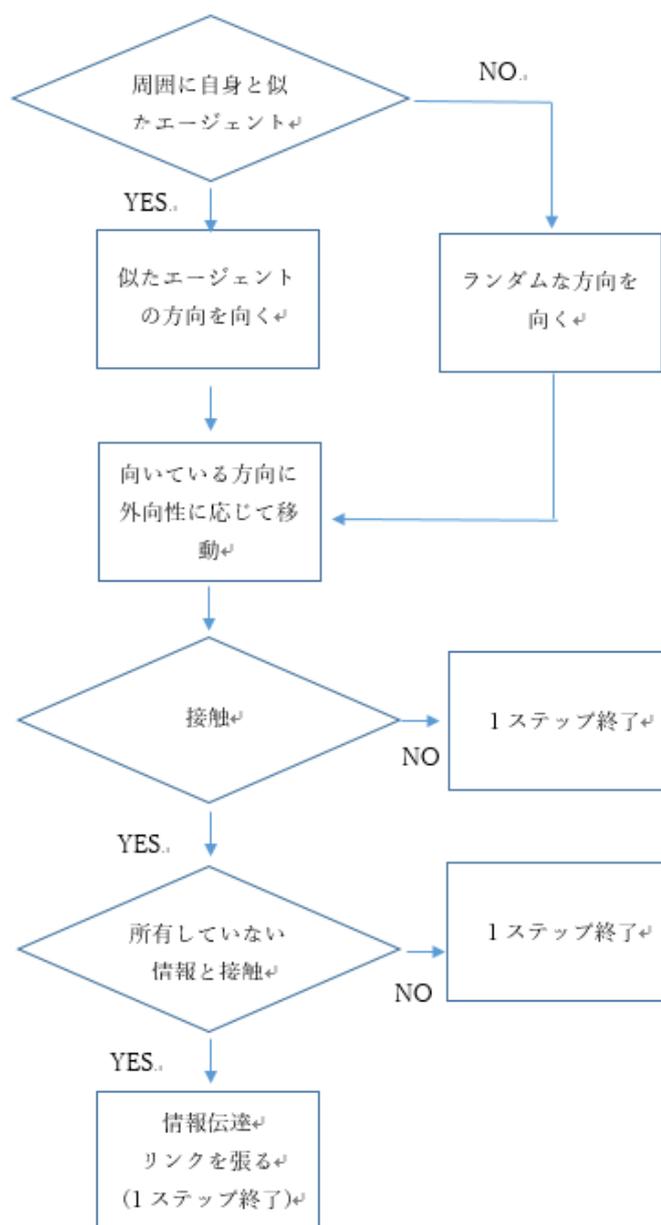


図 4-1 のような、フローで各構成員の動きが決定し、シミュレーションが流れていく。それぞれの構成員の動きが完了したところで、様々な指標の測定を行い、それらを用いて分析を行う。このシミュレーションの 1 試行は、すべての情報が全構成員に伝達されたところで終了する設定になっている。この設定を設けたのは、その集団全員が共有しておかなくてはならないような重要な情報であったり、何らかの機械の操作方法や集団・組織の目標に関わるような情報などを想定しているためである。

artisoc を用いて本研究のモデルは構築されている。稲水(2006)では、シミュレーション

結果を誤って解釈しないためにシミュレーション結果の数値データの統計分析だけではなく、シミュレーションの過程を確認する必要があると指摘されている。このシミュレーターに基づいて構築されたシミュレーション・モデルでシミュレーションを実行する際に、どのように組織空間上構成員が配置されるのかについて実際のシミュレーター上の表示例を図4-2に示す。

図 4-2：シミュレーション上の仮想組織空間の初期状態例

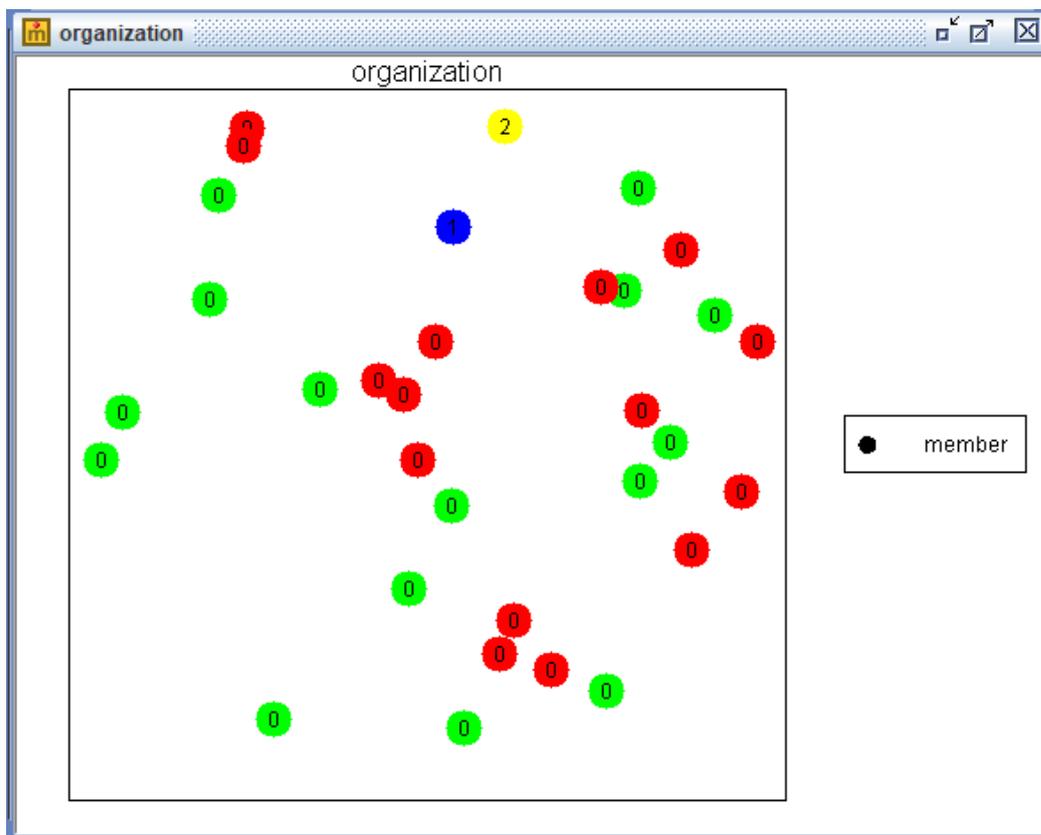


図 4-2 のように、組織内の構成員が配置されている。空間内の色のついた円形の点がそれぞれ構成員を表していて、シミュレーションを試行すると先ほど説明したルールに基づいて移動し、情報伝達と紐帯形成が行われる。本研究では、シミュレーション手法の問題点でもある、プログラムや結果の解釈の間違いをなくすために、これらの仮想組織図の動きを確認しながら結果や考察を行う(山影, 2007)。ただし、このような仮想の組織図は、シミュレーションを 1 回試行した組織の例しか表示することができないという特性から、結果や考察のサポートをするものとして扱い、結果の信頼性の観点から議論の中心的な根拠となることはない。したがって、本稿の議論に仮想空間上の組織図を提示しながら説明することは

ない²⁴。

以上のようなモデルを基本モデルとし、ネットワーク構造の創発を分析する。分析対象は、組織全体のネットワークの創発と個人の中心性に着目した分析を行う。

2. 基本モデルによるネットワーク全体の創発

まず、本シミュレーション・モデルを用いて、組織内のネットワーク全体がどのように創発されるのかを明らかにする。前節で説明した本研究の基本となるシミュレーション・モデルを試行し、組織の構成比を操作してどのようにしてネットワークが創発されていくのかを分析する。ここでの組織構成比として、3つのタイプの組織を想定する。3つのタイプの組織とは、情報を所有していない構成員 30 人のうち高外向性構成員の比率(低外向性構成員の比率)が 33%(67%)の低外向性組織、50%(50%)のバランス型組織、67%(33%)の高外向性組織である²⁵。この場合、情報を所有している低外向性構成員 2 人を加えると、各タイプの組織における高外向性構成員の比率は低外向性組織で約 31%(69%)、バランス型組織で約 47%(53%)、高外向性組織で約 63%(37%)となる。このように、組織構成員の構成比を操作するのは、現実の組織や集団、チームのメンバー選択の議論と大きくかわる。集団のネットワーク構造をどのようにしたいのかを初期段階のメンバー登用の問題として捉える。その一つとして、どのようなメンバーで組織やチームを形成するかを、ここでは外向性の違いをベースとして捉えているのである。

本節での分析指標はネットワーク全体の分析を目的としているため、ネットワークの密度と情報伝達が完了するまでの時間とする。密度はネットワークがどの程度凝集的であるのかの程度を表している。多くのノード間に紐帯が引かれているほど凝集的であると言えるだろう。したがって、密度が高いネットワークでは、ネットワーク内のどのノードにアクセスしてもアクセスしたいノードに対して比較的短いステップで到達可能となる。密度を算出する式は以下のような式によって表される。

²⁴ 以後、仮想空間上の組織図を提示し、議論することがないため省略しているが、それぞれの構成員には、色が割り振られていて、構成員の初期の情報所有状態と構成員の外向性に基づいて色を変えている。また、構成員の中に書かれた数字には、それらの構成員の情報所有状態を記載している。

²⁵ 小数点以下は四捨五入された値である。

$$\frac{l}{n(n-1)/2}$$

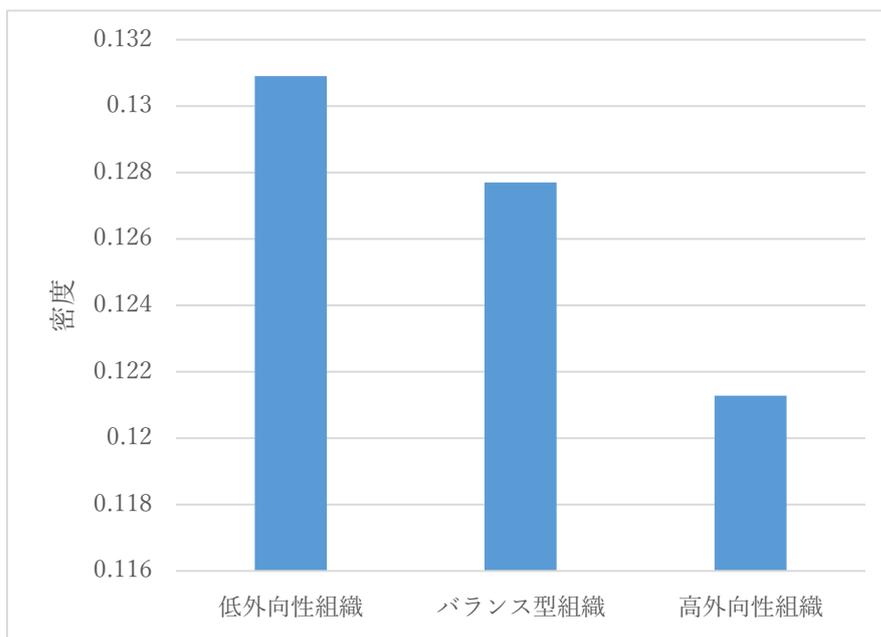
ここでの l はネットワーク内の全紐帯を表していて、 n はノード数である。この数式に基づいて算出されたものが組織全体の密度を表す。

また、ネットワークが創発されるダイナミズムを分析するため、ネットワーク創発にかかる時間についても分析する。情報伝達が完了するまでの時間が短いというのは、情報伝達の効率性を表している。効率的な情報伝達ネットワークを形成し、素早い情報伝達が起こっていることをシミュレーションのステップ数を指標として分析する。本研究で出力する結果は、結果の信頼性を確保するためある程度のシミュレーションの試行回数をとっている。これは、モデル上、乱数を用いていることから偶然得られる結果も存在するため、その影響力を極力減らすことが目的である。本研究におけるすべての分析は、300 回試行した結果の平均値を採用している。

2.1. ネットワーク密度の創発

本研究では、ネットワーク全体の構造指標として密度を用いて、組織構成員の構成比を操作して密度との関係性を分析する。組織の構成比と密度の関係性を分析するために、情報伝達が完了し、シミュレーションが停止した際の密度をそれぞれの構成比別に 300 回出力した平均値を算出している。この結果を図 4-3 で提示する。縦軸は密度を表していて、横軸は組織の構成比を表している(左:低外向性組織, 中央:バランス型組織, 右:高外向性組織)。

図 4-3：組織の構成比別密度の平均値



※注 1：分散分析の結果は $F(2,897)=35.32$ で 1% 有意

※注 2：t 検定の結果は低外向性組織とバランス型組織($t=5.97$, $df=299$)で 1% 有意, バランス型組織と高外向性組織($t=2.49$, $df=299$)で 5% 有意, 低外向性組織と高外向性組織($t=8.22$, $df=299$)で 1% 有意

図 4-3 の結果を見ると、外向的な構成員が多い組織ほど最終的な密度が低くなっていることが分かる。それぞれの構成比別の密度の平均値は、低外向性組織で 0.131, バランス型組織で 0.128, 高外向性組織で 0.121 となった。構成比によってネットワークの密度は異なるということが統計的に支持されるのかを検証するために分散分析を行う。それぞれの構成比ごとに 300 回出力したデータを用いた分散分析の結果を表 4-1 に提示する。

表 4-1：構成比ごとの分散分析の結果

変動要因	変動	自由度	分散	観測された分散比	P-値	F 境界値
グループ間	0.01443	2	0.007215	35.31539476	1.78E-15	3.00576
グループ内	0.183256	897	0.000204			
合計	0.197685	899				

表 4-1 から、組織構成比によってそれぞれのネットワークの密度($F(2,897)=35.32$, $p<0.01$)が有意に異なるということが支持された。したがって、創発されるネットワーク構

造は個人の特性に基づく行為によって変化するということである。特に、高外向性構成員が増えるほど密度は低下する。この結果を主張するためには、高外向性構成員が増えることでそれぞれの構成比間で密度に違いがあることを検証しなくてはならない。そのため、低外向性組織とバランス型組織、バランス型組織と高外向性組織でそれぞれt検定を行った。その結果、低外向性組織とバランス型組織($t=5.97$, $df=299$, $p<0.01$)、バランス型組織と高外向性組織($t=2.49$, $df=299$, $p<0.05$)のどちらも有意差が認められ、高外向性構成員を増やすことで密度が低下するという結果は支持された。

高外向性構成員が増えるほど密度が低下する原因は、紐帯形成のプロセスが関係していると考えられる。紐帯が形成されるのは情報伝達が伴った場合のみである。情報伝達が起こるときに、情報を1つも持たない情報を受け取る側の構成員は、紐帯を形成するタイミングが2回存在する。そのタイミングは、1回目に情報aあるいは情報bを受け取り、2回目に所有していないもう片方の情報を所有している構成員から伝達された場合である。この2回の接触が情報を受け取る際の紐帯形成における最大の数である。反対に、情報を受け取る際の紐帯形成における最小の数は1である。これは、情報を持っていない構成員が両方の情報を持った構成員と接触することで、1度に両方の情報を受け取ってしまい、受け取る側としては紐帯を1度しか形成するタイミングがない場合である。着実に片方ずつ情報を伝達するのか、1度に2つの情報が伝達されるのかの差によって、最終的な密度に差が生まれている。したがって、高外向性構成員が多い組織では、効率的に両方の情報を伝達するような構成員が現れやすいということを意味している。高外向性構成員は、空間内で1つの情報を得た位置から離れた位置にある情報であっても素早く手に入れられる可能性がある。そのため、組織内で両方の情報を持った高外向性構成員が登場し、それらの構成員によって効率的に情報伝達されていく。その結果、受け取る側も同時に2つの情報を受け取る機会が増加し、最終的にできるネットワークの密度は低くなる。

現実的にも、低外向性構成員が多い組織では、常に同じ仲間との相互作用が多くあり、新たな情報を獲得する場面は少ない。ただし、それらの構成員同士は、密に相互作用するため、着実に紐帯が形成される。それを地道に繰り返すことで、密度の高いネットワークが形成されるということである。高外向性構成員が多い組織で組織内の構成員間のつながりが相対的に低いというのは、現実の組織にも考えられる。外向的な構成員が多い職場として、営業職の職場などを想定すると、組織外との相互作用をする頻度が高く、組織内での情報収集と

伝達は、より効率的に行うことが考えられる²⁶。

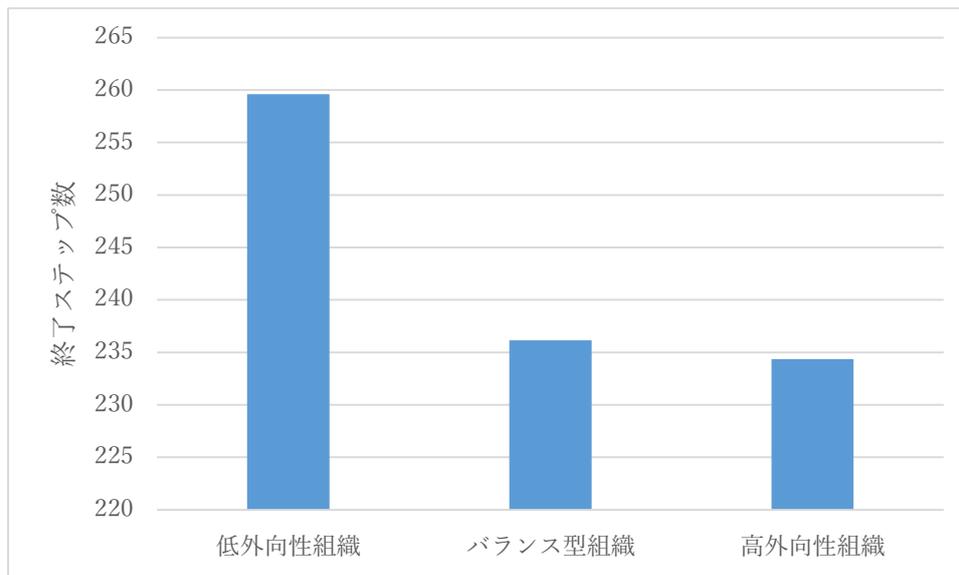
本項では、構成員間の情報伝達を通じた情報伝達ネットワークについて分析を行ってきた。その結果、低外向性組織の密度が高くなることが示された。この結果は、時間的な要因が影響している可能性もある。つまり、低外向性組織は、情報伝達の効率性は遅いものの、着実な紐帯形成を行うことで密度を高めている可能性があるということである。この可能性を検討するためには、情報伝達の効率性を組織構成比ごとに明らかにする必要がある。そのため、次項では 2 つの情報伝達によって構造が創発されるまでの時間を分析対象とし、効率性とネットワーク構造の関係性を明らかにする。

2.2. ネットワーク創発にかかる時間

ネットワーク創発の効率性を明らかにするために、シミュレーションの終了ステップ数を分析対象とする。ここでの効率性とは、最終的な情報伝達の速さで定義している。本章のシミュレーション・モデルの 1 試行の終了条件はすべての構成員に情報が伝達された状態に到達することである。そのため、本項の分析では、ネットワークが創発されるまでの時間を組織構成比ごとに測定し、構成比間で比較を行う。それぞれの組織構成比で 300 回試行し、その終了ステップ数の平均値を示したグラフを図 4-4 で示す。縦軸はシミュレーションの終了ステップ数の平均値を表していて、横軸は組織の構成比を表している(左：低外向性組織，中央：バランス型組織，右：高外向性組織)。

²⁶ ただし、このような構成員は組織外との交流をすることが多くあるため、組織外にネットワークを形成している可能性はある。

図 4-4：組織タイプごとのネットワーク創発にかかるステップ数の平均値



※注 1：分散分析の結果は $F(2,897)=16.93$ で 1% 有意

※注 2：t 検定の結果は低外向性組織とバランス型組織($t=4.54$, $df=299$)で 1% 有意, バランス型組織と高外向性組織($t=0.43$, $df=299$)で有意差なし, 低外向性組織と高外向性組織($t=4.84$, $df=299$)で 1% 有意

図 4-4 を見ると, それぞれの組織構成比で終了ステップ数が異なることが分かる。つまり, 情報伝達にかかる時間がそれぞれの組織構成比で異なるということである。しかしながら, バランス型組織と高外向性組織の間には終了ステップ数に大きな差がない。これらのことを統計的に示すために, 分散分析と t 検定を行う。分散分析では, それぞれの組織タイプごとにステップ数に違いがあるのかを検証し, 分散分析の結果に有意差があるのであれば, t 検定で統計的に差があるかどうかバランス型組織と高外向性組織の終了ステップ数のデータから検証する。以下に分散分析の結果を表 4-2 示す。

表 4-2：終了ステップ数の分散分析の結果

変動要因	変動	自由度	分散	観測された分散比	P-値	F 境界値
グループ間	119110.2	2	59555.12	16.93005072	6.06E-08	3.00576
グループ内	3155392	897	3517.717			
合計	3274502	899				

表 4-2 から, 組織タイプによって終了ステップ数($F(2,897)=16.93$, $p<0.01$)は有意に異なる

ることが示された。したがって、情報伝達が完了するまでの時間は組織の構成比によって変化するということである。これは、ネットワークの創発速度と言い換えることもでき、より早く、2つの情報が流れるネットワークを形成しているということである。また、t検定の結果から、バランス型組織と高外向性組織の間には終了ステップ数に10%水準であっても有意差が認められなかった($t=0.43$, $df=299$, n.s.). これは、2つの組織タイプがほぼ同程度の時間を経て情報伝達が行なわれ、ネットワークが形成されるということである。したがって、情報伝達を効率的に行うことができるのは、バランス型組織か高外向性組織ということになる。バランス型組織と高外向性組織の間に効率性の差がないのは、初期段階の情報普及がバランス型組織では遅れるものの、高外向性構成員が低外向性構成員集団をうまく媒介して効率的に情報伝達が起こる構成比だからである。高外向性組織では、ある程度多くの構成員が活発に動き回ることで、それらの構成員が着実に情報を受け取るようになる。その結果、早い段階から情報が伝達されることで素早く情報伝達が完了する。バランス型組織では、動き回る構成員が高外向性組織より少ないため、早い段階での情報伝達は遅れるものの、集団を形成する低外向性構成員がある程度存在することから、集団との接触による紐帯数拡大効果が存在する。その結果、情報が出回って少し時間が経過すると、情報伝達が始まり、低外向性構成員の集団内の情報伝達とそれを媒介する高外向性構成員の役割が発揮され、効率的に情報伝達が行なわれるのである。

短期的な情報伝達に限れば情報伝達の効率性に差がないものの、創発されたネットワークを介して次なる継続的な情報伝達を行う場合、より凝集的なネットワークの存在が重要になる。そのため、密度の分析結果と合わせて考えると、バランス型組織と高外向性組織の2つのネットワーク構造を比較した場合、より凝集的な構造を素早く構築できるバランス型の組織の方が優れた組織の構成ということになる。ただし、ネットワークの密度は必ずしも高い方が好ましいとは限らない(Wise, 2014)。その場合は、より効率的に情報を伝達し、余分な紐帯を形成しない高外向性組織の方が望ましい。

密度とネットワーク創発の時間における分析結果から得られる知見は大きく分けると2つ存在する。1つ目が、ネットワークの時間的経過によって創発される構造が異なるということである。シミュレーションの結果から、ネットワークの形成にかかる時間的経過が長い場合、より稠密なネットワークが創発された。これは、ネットワークの構造は時間的経過によっても異なるということである。2つ目が、ネットワークの創発にかかる時間は、高外向性構成員の比率を高めることで短くなるものの、その効果はある一定の水準を超えると

逡減するということである。これらの知見が得られたのは、時間的経過をネットワークの構造指標と合わせて分析可能なシミュレーション手法を用いたためである。

3. ネットワークの中心人物と中心的構成員タイプ

本節では、ネットワーク内で最も中心となる構成員とネットワークを構成する中心的な構成員タイプをそれぞれ明らかにする。

組織内の構成員において、ネットワーク上で必ずしもつながっている人の数は一様ではなく、ほとんどつながっていない人が一部存在し、非常に多くの人間とつながっている構成員も存在する。このような偏りができることは、決して偶然ではないと考えられる。ランダムにネットワークを生成するようにランダムネットワークを形成したとしても、各ノードから伸びる紐帯の数は一様ではなく一部偏りが存在する。また、個人を対象としたネットワーク研究の前提には、個人の意思決定が関連していることが指摘されている (Borgatti and Cross, 2003; Burt et al., 1998)。そのため、人それぞれ意思決定のタイプや相互作用のパターンが違うことを考えると、ネットワーク上の中心となる人物がそれらの意思決定を行い、それらの人物の相互作用が複雑に作用しあうことで、ネットワークの構造が立ち現れると考えられる。したがって、まず組織内ネットワークの最も中心的な人物について組織構成比ごとに分析し、相対的にどのようなタイプの構成員(高外向性構成員の方が中心的なのかなど)がネットワーク上の中心人物となるのかを分析する。

ネットワーク上の中心人物を特定するために、ネットワーク分析で一般的に扱われている指標である次数中心性を用いる。次数中心性はどの程度の人数と一次的につながっているかを表している指標である。その人がどの程度その周囲の人間に直接情報を伝える力を持っているのかを表している、と捉えることもできる。この次数中心性が最も高い構成員が組織内での中心的な人物であるとも考えることも可能である。最大次数中心性を分析対象とし、組織構成比ごとの最大次数中心性の違いと最大次数中心性となる構成員の外向性について分析する。

また、ネットワーク上の中心を分析するためには、特定の 1 人の構成員に焦点を当てるだけでなく、構成員タイプについても目を向ける必要がある。特別 1 人の構成員が次数中心性を高め、組織内の中心人物になることもある。しかしながら、全体として見てみると、中心的な組織構成員の外向性タイプは最も次数中心性の高い構成員の外向性タイプと異なる可能性もあるからである。たとえば、組織内で最も中心的な人物は高外向性構成員でその

ような人物がリーダーとして存在するケースを想定する。高外向性のリーダーの多くの周りにいる低外向性構成員が幅広くその周辺で紐帯を形成していて、主たる密度の構成主体は低外向性構成員というようなこともあるだろう。

そのため、どのようなタイプの構成員達が組織内の中心的な密度や次数を形成しているのかを分析する。組織内のネットワークの次数に影響を強く影響を及ぼしている構成員タイプを分析するために、ネットワーク全体の次数中心性の平均値である平均次数を用いて分析を行う。平均次数は、各構成員の次数中心性を構成員数(ノード数)で割った値である。この数字は、特定の対象群(外向性タイプ)が平均的に、何人の人と一次的につながりを持つかを表しており、その値が高いほど、その集団が稠密であるということを示唆している。平均次数は、外向性タイプごとに測定し、どのタイプの構成員がネットワークの紐帯形成に積極的に関わっているのかを分析する。

4.2節のシミュレーション分析と同様に組織の構成比によって創発される構造も変化すると考えられる。そのため、本節の分析でも組織の構成比を変え、構成比間の比較分析を行う。構成比は、4.2節で扱った比率と同様に情報を持っていない高外向性構成員の比率を33%(低外向性組織)、50%(バランス型組織)、66%(高外向性組織)としている。情報を所有している構成員を加えた比率では、高外向性構成員の比率は約31%(低外向性組織)、約47%(バランス型組織)、約63%(高外向性組織)である。

本節の分析の流れは、まず、はじめに、組織内の最も中心的な人物に関する分析を行う。最大次数中心性の分布を組織構成比ごとに確認し、その後組織構成比ごとに低外向性と高外向性のどちらのタイプの構成員が最大次数中心性となりやすいのかの分析を行う。次に、ネットワーク構造の創発に対する中心的な役割を担う構成員タイプを特定する分析として、平均次数を構成比ごとに分析する。詳細な分析内容は、以降の各項でシミュレーション結果の前に説明する。

3.1. 情報伝達ネットワークの中心人物

本研究では、組織内で多くの構成員と紐帯を有している構成員を中心的な構成員とする。すなわち、ここでの「中心」的な構成員というのは、次数中心性の高い構成員ということになる。次数中心性は、ネットワーク上で機能面と構造面の「中心」である。機能的には、ネットワーク内で次数中心性が高いことで、多くの人間にアクセスできるノードとして機能的な中心を担うことがわかる。また、次数中心的なノードは、多くの紐帯を形成しているた

め、ネットワークの密度や全体の紐帯形成の構造上も中心であることが分かる。このように、機能的にも構造的にも「中心」であるということが分かりやすい指標であることから、本研究の中心性指標として採用した。

まず、組織内の中心人物について分析するために、中心人物となる構成員の最大次数中心性の分布を確認する。組織構成比ごとに情報伝達が完了した際の、最大次数中心性となった構成員の次数中心性の値の分布を分析する。図 4-5 では、組織構成比ごとの最大次数中心性の分布を箱ひげ図で表している。縦軸では最大次数中心性、横軸では組織の構成比を表している(左：低外向性組織, 中央：バランス型組織, 右：高外向性組織)。

図 4-5：組織構成比ごとの最大次数中心性の分布

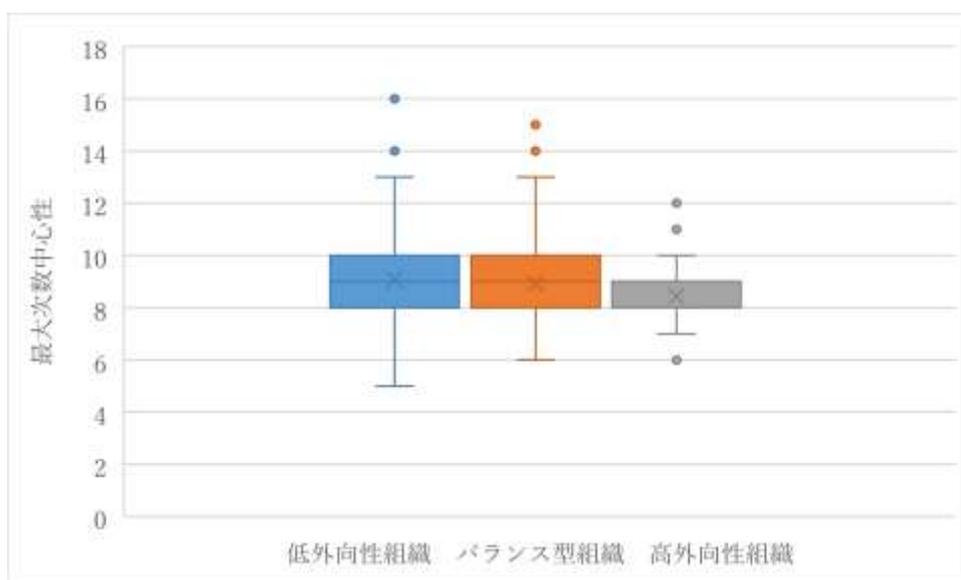


図 4-5 を見ると、すべての構成員に情報伝達がなされた際の組織構成比間の最大次数中心性の分布に大きな差はない。全体の分布としては、32 人存在している組織空間で 8 から 10 程度の次数中心性を持った構成員が最大次数中心性となることが多い。高外向性組織は他の構成比の組織より最大次数中心性が若干低いことが分かる。これは 4.2 節の密度の分析で説明した議論が影響している。ネットワーク全体の紐帯数が少ない段階で情報伝達が完結してしまうため、紐帯の母数自体が影響して最大次数中心性も少なくなっていると考えられる。しかしながら、4.2 節の密度の分析結果との比較という点では、バランス型組織における結果が特異的な結果となる。現実的には、バランス型組織も低外向性組織と比べると密度は低くなるものの、最大次数中心性の分布はほとんど変わらないことが分かる。むしろ極端に高い値を除いた場合、バランス型組織の方が最大次数中心性の下限は高くなってい

る。4.2節での密度の分析の結果は、低外向性組織よりバランス型組織の方が情報伝達をすべて終えたときの密度は低くなっていた。情報伝達完了時の最大次数中心性の分布がほぼ同等であることを考えると、4.2節の密度の分析からは直感に反する結果となる。低外向性組織とバランス型組織間の最大次数中心性に有意な差があるのかを t 検定によって検証する。その結果、低外向性組織とバランス型組織の間には有意な差が存在しないという結果になった($t=-1.27, df=299, n.s.$)²⁷。つまり、バランス型組織の密度が低外向性組織と比べて低いことを考えると、バランス型組織における最大次数中心性を担う構成員はよりネットワーク内で重要な役割を担う、ということである。バランス型組織の最大次数中心性の分布が低外向性組織から高外向性構成員の比率が増加しても変化しなかった理由を明らかにするためにどのような構成員が最大次数中心性となっているのかを組織構成比ごとに分析する。

分析の方法として中心的な構成員を明らかにする分析でも同様に、高外向性構成員の比率を操作し、分析を行う。どの外向性タイプの構成員が最大次数中心性となるかは、初期設定である組織構成比に大きく依存することが考えられる。高外向性構成員が多い組織では、高外向性構成員が最大次数中心性に、低外向性構成員が多い組織では、低外向性構成員が最大次数中心性となる確率が高いと推測できる。そのため、再度確認となるが、本項では、構成比別の組織をそれぞれ高外向性構成員が 31%の組織(低外向性組織)、高外向性構成員が 47%の組織(バランス型組織)、高外向性構成員が 63%の組織(高外向性組織)という 3つの組織構成比を設定する。以上のような構成員比で分かれた組織内構成員の存在する組織でどのような構成員が最大次数中心性となるのかを分析する。

この分析では、情報が完全に伝達した状態に至った時に最大次数中心性を持つ構成員のタイプが高外向性構成員あるいは低外向性構成員なのかを 300 回シミュレーションを試行し、その出現確率を算出した。たとえば、4 回シミュレーションを試行し、高外向性構成員が 3 回、低外向性構成員が 1 回最大次数中心性となった場合、それぞれの出現確率は 75%と 25%となる。このように、各組織の構成比別に高外向性構成員と低外向性構成員の最大次数中心性となる確率を計算する。それぞれの構成員タイプで出現確率を図 4-6 として以下に示す。図 4-6 の縦軸は 300 回試行した場合のシミュレーション終了時に最大次数中心性であった構成員のタイプ別出現確率を表している。縦軸はそれぞれの構成員タイプの最

²⁷ バランス型組織と高外向性組織の間の最大次数中心性は統計的に差があることが認められた($t=4.36, df=299, p<0.01$)。

大次数中心性となる確率(%)を表し、横軸は組織構成比(左が低外向性組織、中央がバランス型組織、右が高外向性組織)、線の形状で構成員のタイプを表している。実線が低外向性構成員、点線が高外向性構成員を表している。

図 4-6：最大次数中心性の外向性タイプの出現頻度

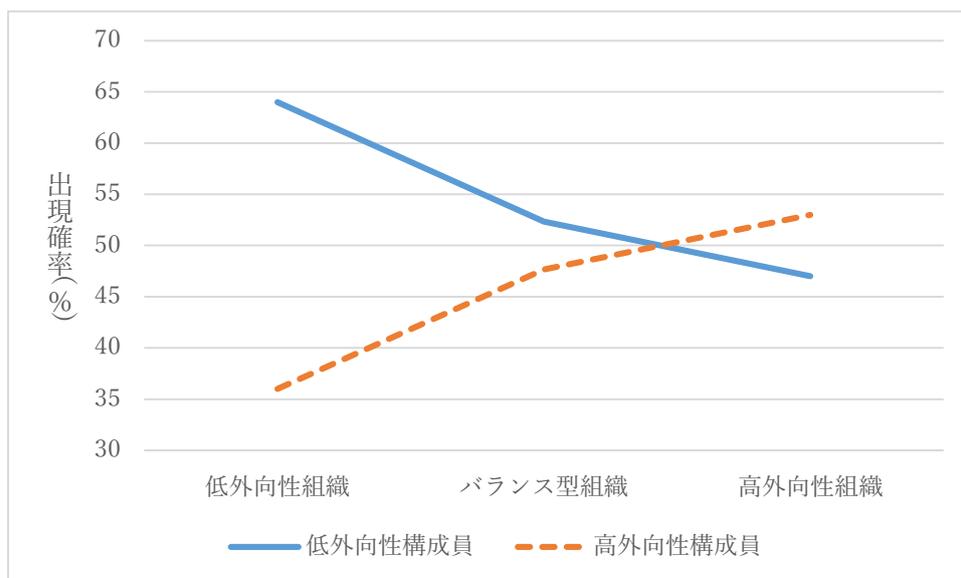


図 4-6 を見ると、低外向性組織では、約 64%の確率で低外向性構成員、約 36%の確率で高外向性構成員が最大次数中心性となった。この結果から、最終的に低外向性構成員が最大次数中心性になっている場合が多くなっていることが分かる。しかしながら、この結果は組織空間内の外向性別構成員数を考えればそれほど大きく乖離した値ではないものの、わずかに外向性別構成員数と比較すると高外向性構成員から中心人物が登場しやすいという結果となった。低外向性組織では、低外向性構成員が組織内で約 69%存在している。そのため、低外向性構成員が 69%いるという外向性別構成員数が影響することを考えれば、5%ほど多い確率で高外向性構成員から中心人物が登場しやすいという結果になる。

また、バランス型の組織では、約 52%の確率で低外向性構成員(構成員比率は 53%)、約 48%(構成員比率は 47%)の確率で高外向性構成員が最大次数中心性となった。この結果は、組織の構成比と大きく変わらないため、母数通りの出現確率となった。この結果からも外向性の程度に応じて次数中心性を極端に高めるスターのような存在の出現と個人の外向性の程度の関係性は観察できなかった。

最後に、高外向性組織では、高外向性構成員がわずかに多く最大次数中心性となる確率が高くなっている。より具体的な数値として、高外向性組織では、高外向性構成員が最大次数

中心性となる確率が53%、低外向性構成員が47%となった。この結果は、外向性別構成員比率が約63%(低外向性構成員の外向性別構成員比率が約37%)で高外向性構成員が存在していることを考えると、外向性別構成員比率と比較して大きく乖離した値となる。つまり、高外向性組織では高外向性構成員が最大次数中心性を持つ確率が外向性別構成員比率と比較して10%ほど低いことが分かる。

これらの結果を考えると、2つの知見が導出可能である。まず1つ目が、どの組織タイプにおいても動き回らない低外向性構成員は一定の確率で最大次数中心性となることが分かる。つまり、組織内の情報伝達ネットワークの中心は、低外向性構成員が担う可能性がどの組織でも一定水準存在する。とりわけ、高外向性組織においては、構成員比率と比較して10%ほど高い確率で低外向性構成員が最大次数中心性となっている。このような結果が導出されたのは、モデル上、低外向性構成員の方が、同質性追求効果により似た構成員と動かずに相互作用しているため、一度その集団内で情報を得ることができた構成員は短期間で次数中心性が高くなるからである²⁸。実際の組織においても、ある特定の低外向性な人物を想定した際に、その周囲に人が多く存在していれば、ある時情報を入手しその周囲の人に伝達することで多くの紐帯が形成される。外向的であると、集団で群れずに絶え間なく移動しているため、周囲に多くの人間がおらず短期間で多くの紐帯を形成することが少ない²⁹。また、偶然大きな集団と接触したとしてもその一部に伝達し移動してしまい、その集団に集中的に伝達せず、その集団の他の構成員への伝達は近傍の被伝達者に任せるということが考えられる。

2つ目は、高外向性構成員の比率を高めたとしても高外向性構成員が最大次数中心性となる確率はその比率の増加分ほどの効果はないということである。このような結果が起こっている原因は、空間上の接触しやすい位置との関係があると考えられる。組織空間の中央に近いほどより多くの構成員と接触する機会があると考えられる。動かない低外向性構成員が空間上接触しやすい中央付近の位置に初期状態で配置されると、多くの構成員と接触で

²⁸ この結果は、最大次数中心性となった低外向性構成員の次数中心性の推移を見ると明らかである。多くの場合では、ある特定の期間で次数中心性が大きく高まっている。この結果例は Appendix①に提示する。

²⁹ この結果についてもバランス型組織と高外向性組織の最大次数中心性の推移を見ると明らかである。この結果例はバランス型組織を Appendix②に、高外向性組織を Appendix③に提示する。

きる可能性を持つ。対照的に、高外向性構成員は、たとえ中央に情報を持って存在していたとしても、数ステップで空間の辺境に移動してしまう可能性が高い。そのため、高外向性構成員が増加したとしても長期間中央の接触頻度の高い位置にとどまることがないことで、常に次数中心性を高め続けることが困難となる。初期状態で中央付近に配置されている、あるいは、早い段階で中央付近に移動してきた低外向性構成員の重要性は維持される。現実の職場においても職場の中の目立つ位置や中心にいる構成員やその集団は多くの構成員の目につくことから、相互作用をする確率は高くなるだろう。

図 4-6 の結果と最大次数中心性の分布の図 4-5 と合わせて考察を行う。最大次数中心性の分布では、低外向性組織からバランス型組織に高外向性構成員の比率を増加させたとしても、分布に変化がなかった。バランス型組織から高外向性組織に構成比を変化させると最大次数中心性は全体的に少なくなるという結果になった。このような結果が得られた理由について、最大次数中心性となる構成員の出現確率と合わせて考えると、集団形成と高外向性構成員の役割が影響していると考えられる。

低外向性組織では、大きな集団を形成するため、その集団内での次数中心性を大きく高めることができる。これは、低外向性に基づく集団形成と密な相互作用がスターのような次数中心性の高い構成員を生み出すことを示唆している。そのため、最大次数中心性は相対的に高くなり、低外向性構成員が最大次数中心性になる確率が高い。ただし、高外向性構成員の中でもうまく大きな集団あるいは複数の集団と接触し、情報伝達のできた構成員は相対的に確率が低いものの最大次数中心性となる。

バランス型組織でもある一定程度の規模の集団形成が行われることから、低外向性組織と同様の効果を持ち比較的高い次数中心性を持つ構成員が登場する。しかしながら、集団規模は小さくなることから、その効果だけでは、低外向性組織とバランス型組織の最大次数中心性の分に違いがないことの説明にはならない。そこで、高外向性構成員の増加がもたらす効果として、集団の分解効果があることが示唆できる。高外向性構成員の比率が増加することで集団規模は小さくなるものの組織内に集団の数は増加する。これは、集団が低外向性構成員同士で構築される集団であって、高外向性の構成員同士は一か所に集団を形成してとどまることはない。低外向性構成員も自身と同じ状態の高外向性構成員を見つけると、同調性追求効果からその構成員の方向を向き、コミュニケーションを図ろうとする。これは、高外向性構成員も同様に一度接触を試みる。しかし、その後、高外向性構成員は外向性の高さ故に移動してしまう。このことが、高外向性構成員の増加によって起こりやすくなる。

3.2. ネットワークを構成する中心的な構成員タイプ

ここまで、組織内のネットワークの最も中心的な人物に関するミクロな個人単位の分析を行ってきた。次に、もう少しマクロな次元で、どのようなタイプの構成員群が組織全体のネットワークの中心を担っているのかを分析する。この分析では、低外向性構成員と高外向性構成員のどちらの構成員タイプの方が平均的にネットワーク形成の中心を担っているのかを分析する。そのための指標として平均次数を用いて分析する。したがって、それぞれのタイプごとに平均で各構成員がどの程度の構成員と紐帯を形成しているのかを算出する。この分析も他の分析と同様に外向性の高い構成員の比率を操作して分析を行う。

全構成員に情報伝達がなされた際の低外向性構成員と高外向性構成員の平均次数を組織構成比ごとに 300 回出力し、その平均値を出力した結果を図 4-7 として示す。縦軸は平均次数、横軸は組織構成比を表している。さらに、その組織構成比ごとに左右で構成員タイプを表していて、左が低外向性構成員、右が高外向性構成員である。

図 4-7：組織構成比ごとの低外向性構成員と高外向性構成員の平均次数

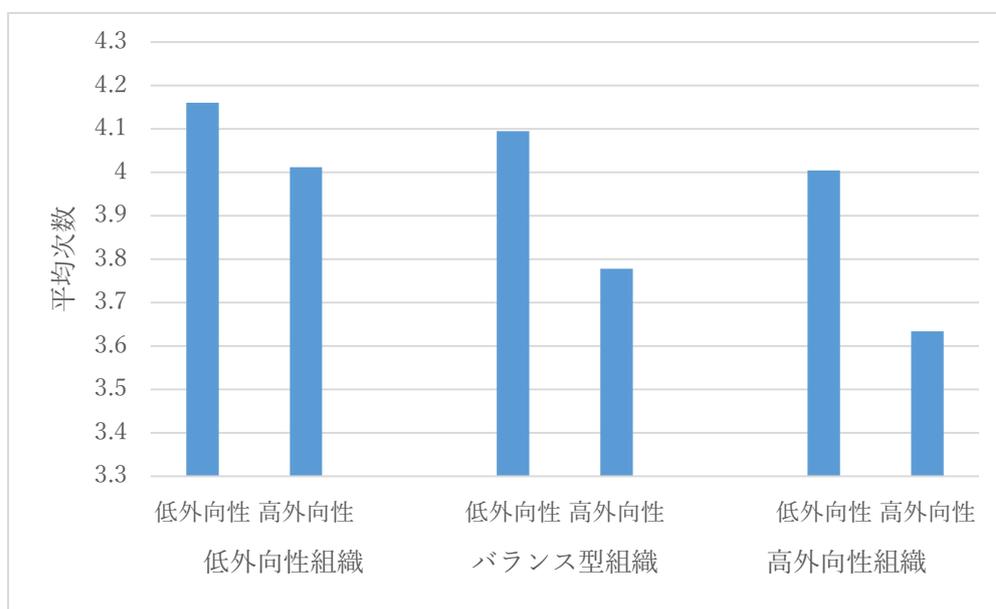


図 4-7 を見ると、全体的な平均次数は高外向性構成員の比率を高めると低下している。これは、密度の結果から自明なことで組織全体の紐帯数が効率性の観点から低下するに起因している。個別の組織構成比ごとに見ると、低外向性組織では、わずかに高外向性構成員の平均次数の方が少ないものの、構成員の外向性タイプによってそれほど大きな違いは存在しない。つまり、どちらの外向性のタイプもほぼ同じ程度ネットワークの紐帯形成に寄与し

ていることが分かる。しかしながら、バランス型組織の場合、高外向性構成員の平均次数が低外向性構成員より低くなっている。この差は低外向性組織の差よりも顕著になっている。具体的な数値では、低外向性組織の構成員の外向性による平均次数の差が約 0.15 であるのに対して、バランス型組織の構成員の外向性による平均次数の差が約 0.31 となる。この差は、高外向性組織になるとより拡大する。高外向性組織の構成員の構成員タイプ間の平均次数の差は約 0.37 となっている。したがって、高外向性構成員が多い組織になるほど、高外向性構成員の平均次数が低外向性構成員と比べて相対的に小さくなっていることが分かる。これは、構成員レベルの最大次数中心性の分析と異なる結果となる。最大次数中心性の分析では、組織内で外向性の高い構成員の占める割合が大きくなるほど外向性の高い構成員が最大次数中心性になる可能性は高まる。しかしながら、平均次数の分布を見ると、高外向性構成員のネットワークの紐帯形成に対する寄与度は、高外向性構成員が増加するほど低下することとなる。

高外向性構成員の比率を増加させることで構成比間の平均次数に差が表れる理由について説明する。低外向性構成員の平均次数は比率を増加させたとしても平均次数が 0.1 も下がらないのに対して、高外向性構成員の平均次数は約 0.2 ずつ減少することが分かる。したがって、大きく変動している部分は高外向性構成員の平均次数ということになる。高外向性構成員の平均次数が高外向性構成員の構成比率の増大によって低外向性構成員よりも低下する理由は、低外向性構成員の形成する集団の可視性が影響していると考えられる。低外向性構成員は同調性追求効果により集団形成が行われる可能性が高くなる。集団が形成されることで、周囲の構成員がその集団の一部にでも接触する確率は単体で存在している構成員よりも高くなる。したがって、集団を形成し、その集団内でも相互作用の起こりやすい低外向性構成員はどの組織構成比であってもある程度安定的に情報に触れ、紐帯を形成する機会があるということになる。特に、低外向性構成員の多い組織では序盤に集団を大きく形成することで、初期の段階から周りからの可視性が高く、1つの情報を徐々に普及させていくこととなる。また、この効果は、高外向性構成員にとっても大きく影響し、低外向性構成員の情報を持った集団が形成されると接触する可能性は高外向性構成員も高くなり、同様に着実に紐帯が形成されていく。その結果、どちらの構成員タイプも低外向性組織では安定的に高い平均次数となっている。しかし、高外向性構成員の比率の高い組織では、集団を形成しにくいことから、情報を持った構成員と的確に接触するまで移動を繰り返すこととなる。これは、低外向性構成員も同様で、低外向性構成員が周りに少ないことで集団を初期の段階

で形成することは困難になる。そのため、様々な場所に情報が分散し、情報を両方手にする構成員とどちらの情報も手にできない構成員が初期の段階で現れる。その中でも、低外向性構成員は徐々に小さな集団を形成し、周囲からの可視性をわずかに高めることで安定的に、紐帯を形成する。この集団を形成する段階では、すでに情報の偏在が起きているため、両方の情報を持つ構成員が組織内で動き回り、情報伝達を行っている。その結果、最後まで情報が伝達されない、高外向性構成員達が紐帯を終盤まで形成できず、高外向性構成員の平均次数を低下させていると考えられる。実際の組織でも、高外向的な構成員が他部署や組織外との交流を盛んに行っていることで、自身の集団での紐帯形成をそれほど盛んに行わない場合などがあるだろう。

4. 小括

まず、本節では、本章のまとめとして、要約を示す。本章では、本研究で扱うシミュレーション・モデルの基本形について説明した。個人のミクロなルールからネットワークが創発されるシミュレーション・モデルの構築を試みた。主たる構成員の行為に影響を及ぼす要因として同調性追求効果と外向性を設定した。4.2 節と 4.3 節では、基本モデルを用いたシミュレーション分析の結果について議論した。ネットワーク全体の密度と効率性についての結果を示し、ネットワーク上の中心人物と中心的構成員タイプについて分析を行った。それぞれの分析では、組織の構成比ごとに結果の違いを比較した。

ここからは、分析結果を簡単に整理する。各分析指標の分析結果についてまとめた表 4-3 を提示する。

表 4-3：基本モデルを用いた分析結果のまとめ

分析指標	結果
密度	<ul style="list-style-type: none"> ・それぞれの組織構成比で創発されるネットワークの密度が有意に異なる ・高外向性構成員の比率が高いほど組織全体の最終的に創発されるネットワークの密度は低下する
終了ステップ数(効率性)	<ul style="list-style-type: none"> ・それぞれの組織構成比によって情報伝達とネットワーク創発にかかる時間は有意に異なる

	<ul style="list-style-type: none"> ・低外向性組織のみ効率性が低く、バランス型組織と高外向性組織の効率性は相対的に高いもののこの2つの組織構成比間に違いはない
最大次数中心性	<ul style="list-style-type: none"> ・情報伝達完了時の最大次数中心性の分布は、組織構成比間にそれほど大きな違いがない ・低外向性組織とバランス型組織では、最大次数中心性となる構成員のタイプは外向性別の構成員比率に依存する ・高外向性組織における最大次数中心性を持つ構成員は、外向性別の構成員比率と比較して低外向性構成員が担う確率が高い
平均次数	<ul style="list-style-type: none"> ・低外向性組織では外向性のタイプによって平均次数に変化はない ・高外向性構成員の比率を高めることで、高外向性構成員の平均次数は低外向性構成員と比較して大きく低下する

基本モデルによるシミュレーション結果は、表4-3のようにまとめられる。これらの結果から得られた知見を大きく3つ説明する。

1つ目は、ネットワークの創発を構成員の行為の観点から分析し、ミクロな行為の集積によるネットワーク構造の変化を明らかにしたことである。本章の分析から構成員の行為によって、創発されるネットワークが異なることが分かった。すなわち、ネットワークの構造はそのノードである構成員などの個人の特性や行為のルールが重要であるということを示唆している。本研究でのモデル設定上、その行為の源泉には、同調性追求と外向性がある。この2つの行為に影響を及ぼす要因である個人特性とその構成比によってネットワーク構造は変化することが確認された。同調性追求効果からは、組織構成員が集団を形成することで、最大次数中心性や平均次数が高まることが分かった。また、外向性の高さからは、情報伝達の効率性と密度が変化することがシミュレーション結果から得られた。これらの結果は、単純な行為のルールに基づいて得られたもので、ネットワーク構造というマクロ現象がミクロな行為のルールによって影響力を持つことを示すことができた。これは、これまでの研究で構造がパフォーマンスと行為を決定しているという議論に対して示唆を与えられたことになる。

2つ目は、ネットワークの構造と情報伝達までの時間の関係性についてである。情報伝達

ら分かった。具体的には、高外向性構成員が多くいる情報伝達を短時間で効率的に行う組織の場合、ネットワークの密度はそれほど高まらないという結果が得られた。対照的に、ネットワークの創発に時間のかかる低外向性組織では密度が高くなった。つまり、ネットワークの創発構造と創発されるまでの時間には関係があることを示している。これまでの研究はネットワークの構造と時間的な議論が十分に行われてこなかった。本研究の結果から効率性という時間の要素を分析に取り込み、ネットワーク構造との関係性があることを示せた点は本研究から得られた知見と言える。

3つ目が、主たるネットワーク上の中心は低外向性構成員である可能性が示唆される点である。シミュレーション結果から、組織内ネットワークの密度を創発している主要な構成員は、相対的に低外向性構成員ということになる。したがって、動き回っている構成員よりもある程度集団を形成して、組織の特定の位置でそれ程動かない構成員の方が平均的に多くの紐帯を形成するということである。これは、集団の可視性が影響している。集団が大きくなるほど、集団の一部に片方の情報を持つ構成員が接触する機会は高まる。そのため、低外向性構成員は安定的に紐帯を形成していくのである。また、高外向性構成員の比率が高まるほど構成員タイプに平均次数の差が生じるのは初期段階の低外向性構成員の集団形成による可視性が高まらないことにある。集団の可視性は、情報を持っていない構成員が情報を集団で共有している場合にも影響を受ける。つまり、初期段階で着実に一つずつの情報を集団で伝達し、共有しておくことで高外向性構成員もその集団の可視性の高さ故に着実に紐帯を形成することができる。しかし、高外向性構成員の比率が高まると集団ができにくくなることで、情報の偏在が生じる。その結果、情報を持たないにもかかわらず動き回ってしまう高外向性構成員が最後まで残ってしまい、平均次数が低くなる。したがって、最大次数中心性の分析でも、低外向性構成員から組織の中心人物が出てきやすいということを考えると、組織内の情報伝達ネットワークには低外向性構成員の役割が相対的に重要であるということになる。

第5章 複雑情報伝達モデルを用いたネットワーク創発分析

本章では、情報の質的な違いを考慮したネットワーク創発の分析を行う。組織内に流れる情報の質を考慮することで、異なるネットワークが創発されるのかを分析する。そのために、本章の分析モデルは複雑情報伝達モデルとして再構築する。その上で、基本モデルの分析で扱った構造指標と同じ構造指標を用いて分析を行い、基本モデルとの結果比較を行う。

1. 情報の複雑性を考慮したモデルの説明

第4章では、基本となるモデルを用いてネットワークがどのように創発されるのかを議論してきた。基本モデルでは、2つの情報を想定し、その2つの情報には質的な違いを考慮していなかった。しかしながら、組織の経営において、情報の質というのは非常に重要な問題として指摘されている(Lee et al., 2002)。実際の組織を想定した場合、流れている情報は質的に異なることがある。具体的な質的な違いとしては、たとえば、情報の重要性や量、複雑性などが挙げられる³⁰。質的に異なる情報が流れることで、情報を獲得するまでに要する時間や獲得するまでの情報との接触回数などに違いがあることが考えられる。その中でも本研究では、質的な違いとして情報の複雑性を扱う。本章の主たる目的は、情報の質的な違いを考慮することで創発されるネットワーク構造に変化があるのかを分析する。

情報の種類に応じて情報が複雑で伝わりにくい場合があることが指摘されている(Constant et al., 1994)。弱い紐帯の場合、コミュニケーションの頻度が少なく複雑性の高い問題の場合は、問題解決に時間がかかるということも指摘される(Hansen, 1999)。つまり、複雑な情報であるほど、正確に情報を理解することが難しく、自分の情報として落とし込むことに時間がかかるため、頻繁に相互作用をしなければ情報が伝達しない。

そのため、単純な情報であれば1回の接触で情報伝達が完了するのに対して、複雑な情報の場合には1回の接触では情報が完全に伝達されず、何度か情報を得る機会がないと情報伝達がなされないと考えられる。したがって、本章では、組織内に流れる情報の複雑性を考慮してモデルを再構築し、創発されるネットワークについて分析する。以下に、複雑性を

³⁰ その他にも、様々な情報の質的な違いを想定することができる。たとえば、情報の重要性を質的な違いとして捉えるのであれば、重要な情報ほど一度で理解するまで相互作用し、重要ではない情報は簡潔に説明してしまうため完全な理解まで複数回の接触を要することなどが挙げられる。

考慮した分析モデル(以下、複雑情報伝達モデルと呼ぶ)について詳細に説明する。

情報の複雑性故に、その情報を一回の接触では十分に伝達しきれないことや理解しきれないということを基本となるネットワーク創発モデルに加える。情報の複雑性を条件として追加をするけれども、構成員の行動基準は、第4章のシミュレーション・モデルと同様である。そのため、構成員の行動の基準である外向性と同調性追求効果については同様の機能を情報の複雑性を考慮したモデルでも持つこととする。この前提の下で、複雑情報伝達モデルは、情報の伝わり方と個人間の紐帯の形成について基本モデルから変化を加える。これら2つの変更点について以下に説明する。

1つ目の、情報の伝わり方について複雑情報モデルでは、情報を持たない構成員が2回同じ情報と接触することで伝達されるものとする³¹。本研究で想定している情報を有する構成員とは、伝達する情報を完全に理解していて、中途半端に理解しているという状態は想定しない。したがって、複雑な情報と接触する機会が一度だけの場合では、情報が伝達されていない状態と同様に扱う。そのため、複雑な情報の伝達を行う側の構成員になるためには、複雑な情報に接触する機会が2回必要である。具体的には、1回目の接触時に理解することができず、時間をおいて2回目に理解できるような情報が挙げられる。たとえば、何らかの暗黙知と関連するような情報が挙げられるだろう。1回目では情報がどのようなことを言っているのか理解できなかったものが、時間をおいて職務を行っているうちに次聞いた時には理解できるようになっているような情報である。

2つ目に、紐帯形成の変更点についてである。本研究で紐帯は、情報伝達に寄与している場合にネットワークが形成されることを想定するため、複雑な情報が最終的に伝達されるタイミングのみならず、それまでのプロセスで所有していない情報への接触はすべて紐帯が形成されるものとする。これは、複雑な情報が2回接触しなければ理解できないという前提を置き、情報自体の完全な理解が2回目に情報と接触した場合に起こることを意味している。しかしながら、情報を完全に理解できなかった1回目の情報との接触も、複雑な情報を理解することに貢献した接触であることから、情報伝達機会の1つとして紐帯を形成することとする。つまり、複雑な情報に触れたことのない構成員が2回複雑な情報に接触

³¹ 恣意的に定めた回数となるため、この回数を3回、4回に変更したとしても傾向に変化がないことを示す必要がある。この点については、5.2のシミュレーション結果で触れることとする。

をした場合、1回目の接触も紐帯を形成する。これは、複雑な情報と複数回接触しなくては完全に伝達されないものの、どの接触も情報を受け取る側に影響を及ぼし、再びその紐帯を利用することが考えられるからである。たとえば、ある新しい何らかのシステムを利用するときに、そのシステムを利用するコツに関する情報を1回目の情報伝達で理解できなかったが、その情報について再度時間をおいて同じ構成員から聞くことはあるだろう。そのため、1度目の接触も紐帯が形成されるのである。

つまり、複雑情報伝達モデルは、複雑な情報に2回触れなければ完全に情報を理解できず情報が伝わりきらないということと、情報伝達が完全になされないまでもその伝達に寄与した場合に紐帯が形成されるという2つをモデルに組み込んでいる。例を用いて説明するなら、ある複雑な情報aについて一度も接触したことの無い構成員kが情報aを保有する2人の構成員と接触し、情報を入手したとする。その場合、構成員kは情報を伝達される機会となった2人との間に情報伝達の紐帯が形成される。ただし、実際に構成員kが情報を理解し、完全に獲得するタイミングは2人目の構成員に接触した際である。したがって、構成員kは2人目と接触するまでは他の構成員に対して情報aを伝達することができない³²。

2. 複雑情報伝達モデルによるネットワーク創発シミュレーションの結果

情報伝達について、複雑性を考慮したモデルでは、複雑な情報と一度の接触で伝達可能な単純な情報の2つの情報を想定し、分析を行う。まずは、第4章で行った分析と同様に外向性の低い構成員に複雑な情報と単純な情報を持たせる³³。第4章の分析から、創発されるネットワーク構造と組織の構成比が関係していることが示された。そのため、組織の構成比を場合分けし、密度とネットワーク創発の効率性、最大次数中心性、平均次数の分析と議論

³² 本研究のシミュレーション・モデルでは、情報を「持った」構成員が情報伝達を行うモデルを想定している。そのため、不完全な状態(複雑な情報に1回接触しているがはまだ伝達されていない)では、情報を伝達する能力がないという前提を置く。実際の組織においても、ある機械やシステムの使い方について完全に理解できていない状態で他の構成員にその使い方に関する情報などを伝達することは難しいということを表現している。

³³ このモデルは、複雑な情報をどのような構成員が持つのかによってネットワークの創発構造は変化することが考えられる。そのため、第6章で最初に持っている構成員の外向性を操作し、2つの情報を持つ構成員の外向性のタイプを場合分けし分析する。

を展開する。

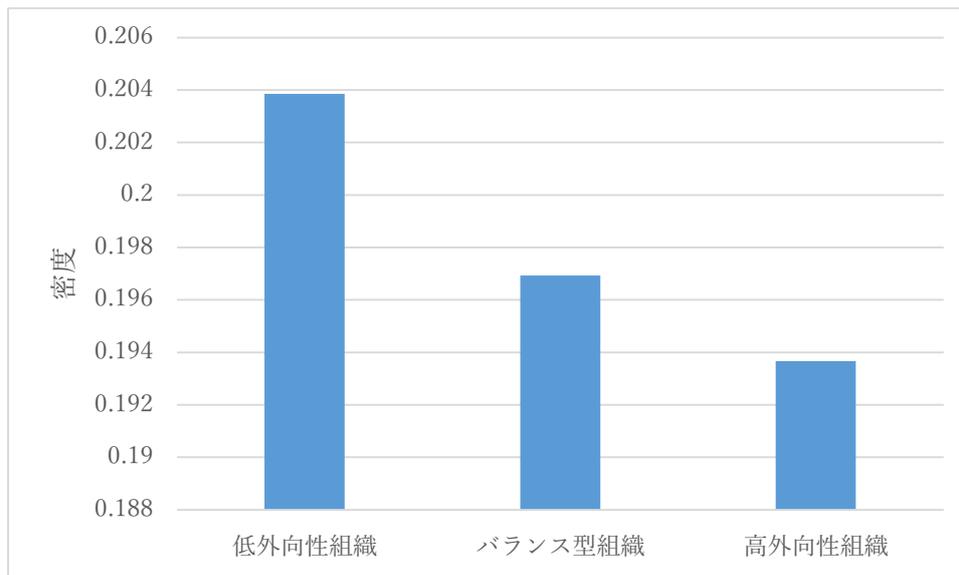
2.1. 複雑情報伝達モデルによるネットワーク密度とネットワーク創発の効率性分析

複雑情報伝達モデルを用いてシミュレーションを試行した結果を本項で示す。本項では、複雑性の異なる 2 つの情報が組織内に存在することを想定した場合のネットワーク全体の構造について説明した後に、組織における中心人物について議論する。ここでの議論は、複雑情報伝達モデルを用いることで特異的な結果になった部分に焦点を当て議論することとする。そのため、第 4 章の基本モデルの結果との対比を行いながら、結果が異なる部分について考察を加える。

まず、組織の構成比ごとの組織全体のネットワークについて密度の指標を用いながらシミュレーション結果を提示する。分析する指標は、4.2 節で扱った組織を 3 つの構成比に分割し、それぞれの密度と構造が創発されるまでの期間とする。本項の分析は 2 人の低外向性構成員に複雑な情報と単純な情報をそれぞれ持たせた状態からシミュレーションを開始する。

情報伝達が完了した際の複雑情報伝達モデルを用いた密度の結果について、図 5-1 に提示する。縦軸は密度を表していて、横軸は組織の構成比を表している(左：低外向性組織、中央：バランス型組織、右：高外向性組織)。

図 5-1：複雑情報伝達モデルを用いた創発されたネットワークの密度



※注 1：分散分析の結果は $F(2,897)=39.73$ で 1% 有意

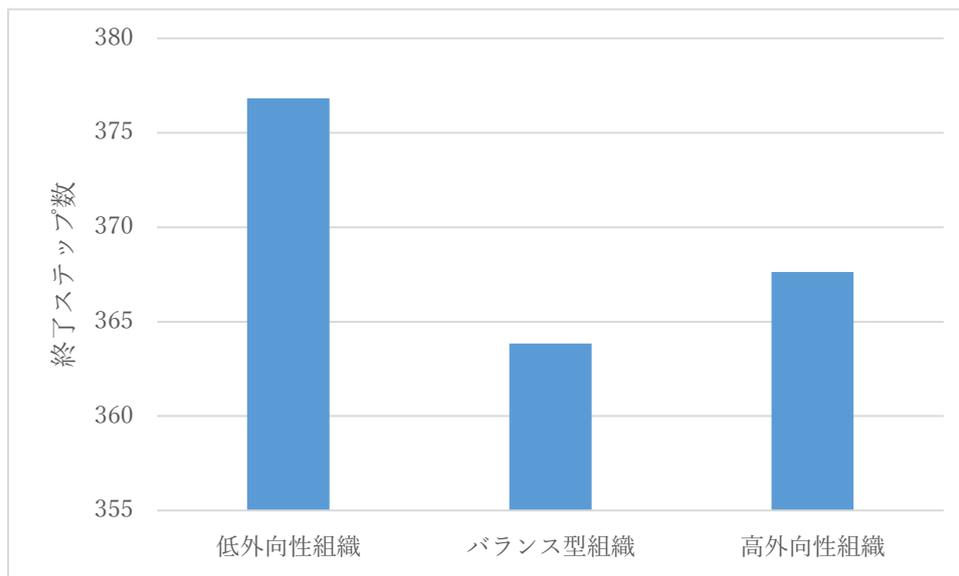
※注 2：t 検定の結果は低外向性組織とバランス型組織($t=5.46$, $df=299$)で 1% 有意，バランス型組織と高外向性組織($t=2.89$, $df=299$)で 1% 有意，低外向性組織と高外向性組織($t=9.01$, $df=299$)で 1% 有意

図 5-1 を見ると、それぞれの構成比によってネットワークの密度が異なることが分かる。分散分析の結果($F(2,897)=39.73$, $p<0.01$)からもこの結果は支持された。したがって、複雑な情報と単純な情報を組織内で同時に流した場合も 4.2 節の基本モデルの結果と同様に高外向性構成員の占める比率が高まるとより密度は低くなる。しかしながら、密度自体の数値は、複雑情報伝達モデルの方が全体的に大きくなる。4.2 節で扱った基本モデルの結果では、低外向性組織が 0.131，バランス型組織が 0.128，高外向性組織が 0.122 であった。対して、複雑情報モデルを用いた場合のそれぞれの組織構成比における密度の平均値は、低外向性組織で 0.204，バランス型組織で 0.197，高外向性組織で 0.194 となった。複雑情報伝達モデルを用いた場合、密度が高くなるという結果は比較的自明であり、基本モデルで扱った 2 つの情報は 1 度の接触で情報が伝わるのに対して、複雑な情報は 2 回の接触で情報が伝わり、どちらも紐帯形成するタイミングとなる。したがって、複雑情報伝達モデルでは、紐帯形成のタイミングが絶対的に多いということになる。その結果として複雑な情報が組織内に存在することで創発されるネットワーク密度が高まるということである。

次に、シミュレーションの終了ステップ数についても同様に構成比ごとに分析を行う。その結果を図 5-2 に提示する。縦軸はシミュレーションの終了ステップ数を表していて、横軸

は組織の構成比を表している(左：低外向性組織，中央：バランス型組織，右：高外向性組織)。

図 5-2：複雑情報伝達モデルを用いた組織構成比別終了ステップ数



※注 1：分散分析の結果は $F(2,897)=1.52$ で有意差なし

※注 2：t 検定の結果は低外向性組織とバランス型組織($t=-1.68$, $df=299$)で 5% 有意，バランス型組織と高外向性組織($t=0.51$, $df=299$)で有意差なし，低外向性組織と高外向性組織($t=1.16$, $df=299$)で有意差なし

図 5-2 のシミュレーションの終了ステップ数を見ると，最も効率的に情報伝達が完了したのはバランス型組織であった。対照的に，情報伝達が完了するまで最も時間がかかるのは低外向性組織であった。最も平均終了ステップ数に差がある低外向性組織とバランス型組織の間であっても 13 ステップほどしか終了ステップ数に違いが存在しない。3 つの組織構成比間で効率性に違いがあるのかを統計的に確認するため，300 回試行したデータで分散分析を行った結果($F(2,897)=1.52$, $n.s.$)では，10%水準でも有意差なしという結果になった。つまり，質的に異なる情報が 2 つ組織内で流れるモデルにおいて，情報伝達速度は組織構成比によって変化しないということである。したがって，図 5-1 の密度の分析結果と合わせて考えると，創発されるネットワークは低外向性組織の方がより稠密であり，そのネットワーク構造が創発されるまでの期間も他の組織構成比と比較してもそれほど変化がないとい

うことである³⁴。また、複雑情報伝達モデルで効率性に有意差が認められなかったものの、4.2節の基本モデルのシミュレーション結果では、構成比間の終了ステップ数に有意差が存在した。このような結果になった理由について、以下のような可能性が示唆される。

情報の複雑性を考慮しないモデルでは、活発に移動する高外向性構成員が多い組織の方が、両方の情報を初期に持ちやすく、同時に2つの情報を伝達することでより効率的に情報伝達がなされる。しかしながら、複雑情報伝達モデルを用いた場合、初期の段階で両方の情報を持つことが困難になる。なぜなら、片方の情報が複雑であるため、複数回の接触をしないと入手することが難しいからである。複雑な情報を入手するための構成員間の接触パターンには、複雑な情報を持つ構成員と2回接触するために動き回るか、同じ構成員と2度接触し情報を伝達してもらうかの2通りがある。この後者の同じ構成員から2度情報を伝達してもらうという現象がより高外向性組織に起こりにくい。なぜなら、高外向性構成員が多い組織では動き回ってしまうことから集団が形成されにくく、複雑な情報を受け取るために動き回りながら2回接触しなくてはならないのに対して、低外向性組織はその効果を緩和する集団形成がされやすいからである。高外向性構成員が多い組織では、単純に情報を持っていない構成員と情報を持っている構成員同士が動き回りながら2回接触しない限り伝達されない。そのため、単純に情報伝達にかかる時間が延びる。しかしながら、複雑な情報の伝達は、組織内の低外向性構成員が形成する集団の効果が顕著に効いてくる可能性がある。低外向性構成員は、同調性効果に基づいて、似た人間同士で集団を形成する。その集団内で複雑な情報を持つ構成員が現れれば、その構成員が集団内で情報を伝達する。なおかつ、外向性が低いため、複数回接触する可能性があり、複雑な情報でも短期間で伝達できる可能性がある。したがって、情報を持たない構成員は、単純に動き回りながら2回複雑な情報を伝達される機会を2回別々のタイミングで探索せずとも集団内で情報伝達がなされるということである。有意差はないものの、一部低外向性構成員による集団が形成され、動き回る構成員も一部存在する中間的な構成比であるバランス型組織が最も効率的に情報伝達が行われ、2つの情報に基づくネットワーク形成が効率的に行われる結果となった。

複雑情報伝達モデルを用いて、密度と情報伝達とネットワーク形成の効率性の関係性の分析から得られる知見は、3つ存在する。その3つとは、複雑情報モデルを用いた結果得ら

³⁴ ただし、低外向性組織とバランス型組織間のみ5%水準で有意差がある($t=-1.68$, $df=299$, $p<0.05$)。

れた特有の知見である。

1つ目は、組織内に複雑な情報が流れることによるネットワーク全体の凝集性向上である。モデルの設定上、自明な結果ではあるものの、複雑な情報を伝達するには単純な情報のみを扱う組織と比べて相互作用の頻度が増加する。したがって、組織内に複雑な情報が存在する場合は、全体的な組織内の密度が増加し、ネットワークの構造に大きく影響を及ぼすことがシミュレーション結果から示された。この結果は、組織内に複雑な情報などの相互作用の頻度を高める情報が流れることで組織内の構造はより凝集的になることを示している。

2つ目は、複雑な情報が流れることで、組織構成比ごとの効率性に変化がなくなることである。本来、高外向性構成員の比率を高めると、情報伝達の効率性が高まることが基本モデルのシミュレーション結果より示されていた。しかしながら、複雑情報伝達モデルを用いたシミュレーションの結果は、組織構成比を変化させたとしてもその効率性に変化がなかった。これは、低外向性組織の効率性が他の構成比よりもそれほど大きく劣らなくなったことに起因していると考えられる。複雑な情報が流れている際に、低外向性組織の低外向性構成員が集団を大きく形成し、動きにくい特性から多くの人間と深い相互作用をすることによって効率性が促進された。この効果が高外向性構成員の増加によって弱まり、集団が形成されにくく、集団規模も小さくなるのである。そのため、高外向性構成員の比率を高めると、初期の段階で複雑な情報が伝達されにくくなることから、効率性が高まらないのである。2つの質的に異なる情報が流れている組織の最終的に構築されるネットワーク構造は形成されるまでの時間的な違いはないということである。

3つ目は、低外向性組織がネットワークの凝集性と効率性を考えると最適な構成比となるということである。これは、2つの知見を総合的に考えると、ネットワークの密度の高い凝集的な情報伝達ネットワークが形成され、効率性も他の構成比の組織と比べてそれほど劣らないことが示された。つまり、凝集的な情報伝達ネットワークを形成したい組織にとって、低外向性組織が最も効率的に凝集的なネットワークを形成できることを示唆している。対照的に、それほど密度を高めないことを目的としている組織では、効率性に大きな違いがないため、大きく高外向性構成員の比率を高めることも一つの方法であると言える。

2.2. 複雑情報伝達モデルによるネットワークの中心人物と中心的構成員タイプ分析

前項では、複雑情報伝達モデルを用いたネットワーク全体の密度と効率性の分析を行った。次に、本項では、複雑情報伝達モデルにおける、最大次数中心性が組織構成比によって

異なるのかどうかについて分析を行う。そのため、情報伝達が完了した際の最大次数中心性の分布を確認する。その結果を図 5-3 で箱ひげ図の形式で提示する。縦軸では最大次数中心性、横軸では組織の構成比を表している(左：低外向性組織、中央：バランス型組織、右：高外向性組織)。

図 5-3：複雑情報モデルにおける最大次数中心性の分布

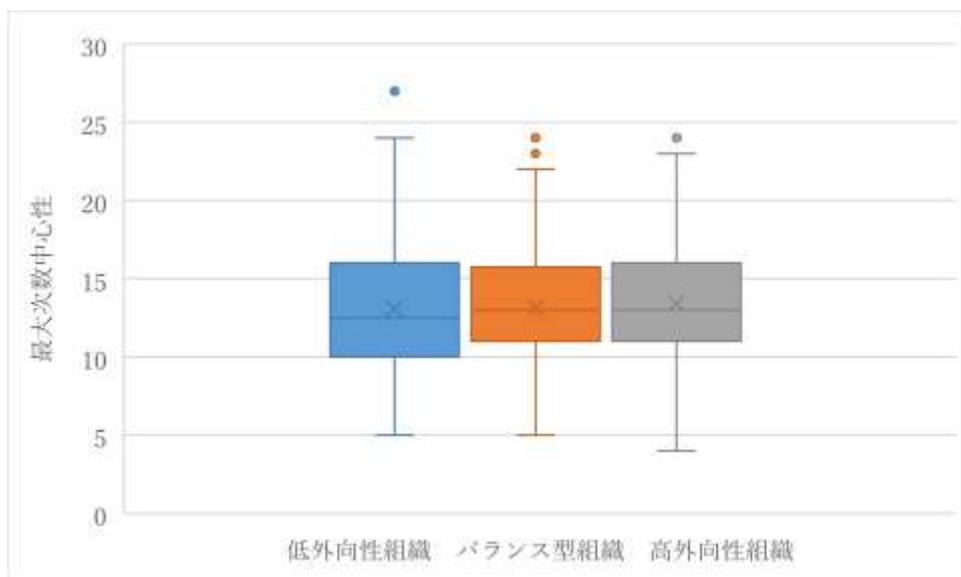


図 5-3 から、複雑情報伝達モデルにおける最大次数中心性の分布には組織構成比ごとに大きな変化はない。この結果は、基本モデルの結果と一部異なる。具体的には、高外向性組織の最大次数中心性の分布が他の構成比と比べて変化がない点である。基本モデルの分析では、高外向性組織の最大次数中心性の分布が他の構成比と比べて低いという結果が得られた。また、最大次数中心性の値が基本モデルの結果よりも全体的に高い。これは、密度の議論と同様に複雑な情報を伝達するため、相互作用の頻度が高まるからである。

次に、組織内で最も中心的な人物がどのような人物であるのかを特定するために、最大次数中心性となる構成員の外向性別の出現確率を 300 回のシミュレーションを試行した結果から算出する。その結果と合わせて基本モデルの結果も図 5-4 として以下に示す。図 5-4 は 2 つのグラフによって構成され、左側のグラフが基本モデルの結果を表し、右側の結果は複雑情報伝達モデルによって得られた結果である。縦軸はそれぞれの構成員タイプの最大次数中心性となる確率(%)を表し、横軸は組織構成比、線の形状で構成員のタイプを表している。実線が低外向性構成員、点線が高外向性構成員を表している。

図 5-4：最大次数中心性を持つ構成員の外向性タイプ別出現確率

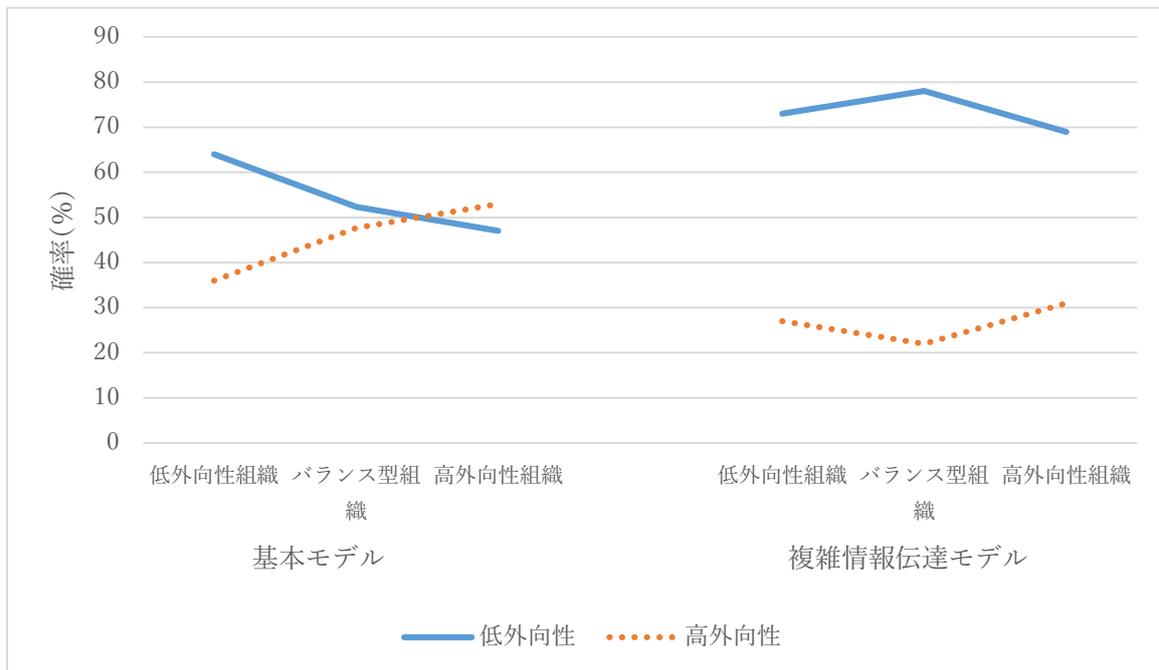


図 5-4 の結果から、低外向性構成員が一貫して最大次数中心性となる確率が高いことが分かる。また、特徴的な点として、高外向性構成員の比率を増加させたとしても高外向性構成員が最大次数中心性となる確率が高まらないことにある。バランス型組織に限っては、低外向性構成員が他の構成比に比べて最も高い確率で最大次数中心性となる。高外向性組織も低外向性組織と比べて低外向性構成員が最大次数中心性となる確率に大きな違いはない。これらの結果は、母数と比較すると非常に大きく乖離した値であることが分かる。組織の構成比は低外向性組織、バランス型組織、高外向性組織でそれぞれ低外向性構成員が 69%、53%、37%である。シミュレーション結果から低外向性構成員が最大次数中心性となる確率は 73%、78%、69%となっている。外向性別構成比率とシミュレーション結果から得られた確率の差を見ると、低外向性組織、バランス型組織、高外向性組織でそれぞれ、4%、25%、32%となった。すなわち、高外向性構成員の比率を高めるほどより低外向性構成員が最大次数中心性となる確率が外向性別構成比率と比較して高いことになる。この結果は、初期の情報所有者の役割が強いことが反映されている可能性がある。最初に複雑な情報を有する構成員は、その情報が別の構成員に伝わるまではその情報を所有している貴重な人物となる。その後も、複雑な情報は伝わりにくいという特徴から、初期にその情報を持つ人間の重要性が非常に高い。そのため、最初に情報を持っている低外向性構成員が最大次数中心性となり、このような結果となったことが考えられる。実際に初期の情報所有者が影響して

いるとすると、それら以外の構成員のみで同様の分析を行った結果を確認する必要がある。その結果を図 5-5 で提示する。図 5-5 縦軸はそれぞれの構成員タイプの最大次数中心性となる確率(%)を表し、横軸は組織構成比、線の形状で構成員のタイプを表している。実線が低外向性構成員、点線が高外向性構成員を表している。

図 5-5：最大次数中心性を持つ構成員の外向性タイプ別出現確率(除外あり)

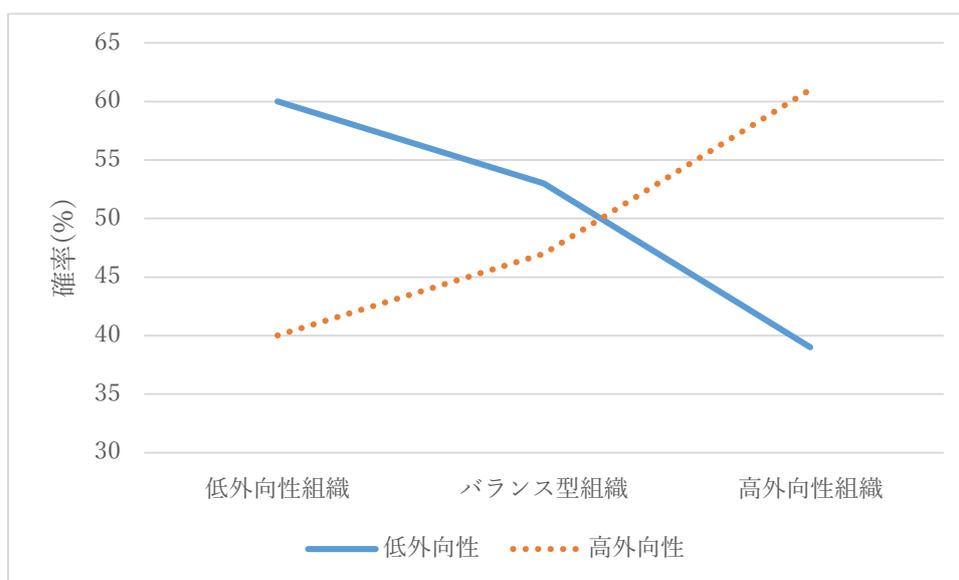


図 5-5 を見ると、図 5-4 のグラフの形状から大きく変化していることが分かる。このことから、初期の情報所有者が重要な役割を担っていることが指摘できる。初期の情報所有者が重要な役割を担うことはモデルの設計上、比較的自明な結果である。自明な結果とは言え、この分析結果から情報の質的な違いによって情報伝達ネットワークの創発される構造が異なることには言及可能である。

また、組織構成比別に高外向性構成員が最大次数中心性となる確率は、低外向性組織で 40%(低外向性構成員で 60%)、バランス型組織で 47%(低外向性構成員で 53%)、高外向性組織で 61%(低外向性構成員で 39%)である。それぞれの組織における高外向性構成員の占める比率が 33%、50%、66%である³⁵。このことを考慮すると外向性別構成比率とそれほど大きな差はないものの、わずかに低外向性組織では高外向性構成員が、高外向性組織では

³⁵ 集計段階で初期の情報を持った構成員を除外しているため、情報を初期に持っていない構成員の比率を用いて比較する。

低外向性構成員が最大次数中心性になることが多い。この結果は、構成比における少数派の構成員から中心的な人物が登場しやすい傾向が若干見られることを示唆している。

この結果から得られる示唆として、質的な違いのある情報が組織内で2つ流れることで複雑な情報の初期所有者が高い次数中心性を獲得し、組織の中心人物になる可能性があることが挙げられる。

最後に、複雑情報伝達モデルを用いた平均次数の分析結果について議論する。組織構成比別に各構成員の平均次数を出力し、組織構成比ごとで高外向性構成員と低外向性構成員のどちらが平均的にネットワークの紐帯形成に寄与しているのかを分析する。その結果を、組織構成比別に各構成員タイプの平均次数を図5-5として示す。図5-5は縦軸に平均次数、横軸に構成比別の組織タイプ、組織構成比ごとに左が低外向性構成員、右が高外向性構成員の平均次数を表している。

図5-5：複雑情報モデルを用いた組織タイプごとの構成員タイプ別平均次数

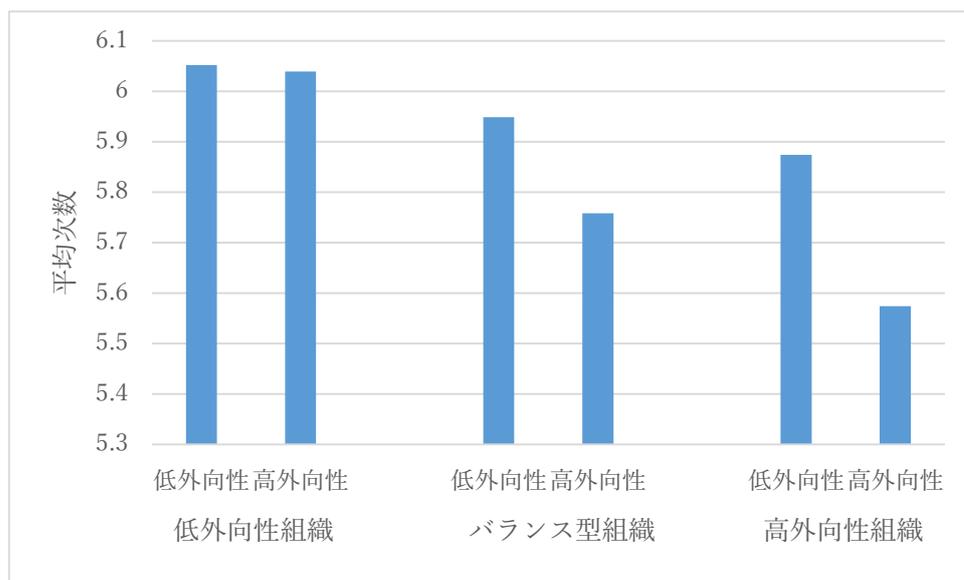


図5-5を見ると、組織ごとの平均次数自体は、密度の分析で示した通り、高外向性組織になるほど徐々に低下する。構成員のタイプ別にみていくと、低外向性組織では組織構成員のタイプによって平均次数に差がほとんどないものの、高外向性組織になるにつれて高外向性構成員の平均次数が低外向性構成員より低くなり、その差が顕著になっていくことが分かる。言い換えると、高外向性構成員の比率を高めると、各構成員タイプの平均次数が減少し、その減少幅が高外向性構成員の方が大きいということである。この結果自体は、基本モデルの結果と同様の傾向を示した。つまり、複雑情報モデルにおいても低外向性組織のネッ

トワークを構築している主たる構成員は、低外向的構成員と高外向性構成員の両タイプの構成員であり、高外向性構成員の比率を高めていくと、低外向性構成員が主たるネットワークの構築主体となる。このような結果になる理由は、4.2.3 項の議論と同様に、集団の可視性が影響していると考えられる。

3. 小括

本節では、小括として、本章の流れとシミュレーション結果のまとめ、本章の主たる知見について説明する。本章では、質的に異なる情報が組織内で流れている場合の情報伝達ネットワークの創発について分析を行った。特に、本章で焦点を当てた質的な違いとは、情報の複雑性である。情報が複雑であることで複数の接触回数がなければ情報伝達が行なれないというモデルを用いた。複雑情報伝達モデルを用いた場合のシミュレーション結果では、基本モデルとの比較を行いながら分析と考察を行った。

複雑情報伝達モデルを用いたネットワーク創発のシミュレーション結果と基本モデルから得られた結果との対比を行った考察を表 5-1 でまとめる。表 5-1 では、分析指標ごとに基本モデルの結果と複雑情報伝達モデルを用いたシミュレーション結果について説明する。また、基本モデルから得られた結果と複雑情報伝達モデルから得られた結果が一致しているかどうかについても記載する。

表 5-1：複雑情報伝達モデルを用いた結果と基本モデルの結果との対比

分析指標	基本モデルの結果	シミュレーション結果(比較)
密度	<ul style="list-style-type: none"> 組織構成比によって密度は異なる 高外向性構成員の比率を高めると密度は低下する 	<ul style="list-style-type: none"> 組織構成比によって密度は異なる(一致) 高外向性構成員の比率を高めると密度は低下する(一致) 全体的な密度が高い(不一致)
終了ステップ数 (効率性)	<ul style="list-style-type: none"> 高外向性構成員比率増大による効率性の向上 	<ul style="list-style-type: none"> 構成比別で効率性に違いがない(不一致)
最大次数中心性 (初期情報所有)	<ul style="list-style-type: none"> 情報伝達完了時の最大次数中心性の分布は、組織構成比間にそれほど大きな違 	<ul style="list-style-type: none"> 情報伝達完了時の最大次数中心性の分布は、組織構成比間にそれほど大きな違

者除外無し)	<p>いがない</p> <ul style="list-style-type: none"> ・低外向性組織とバランス型組織では、最大次数中心性となる構成員のタイプは母数に依存する ・高外向性組織における最大次数中心性を持つ構成員は、外向性別構成員比率と比較して低外向性構成員が担う確率が高い 	<p>いがない(一致)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・低外向性構成員が最大次数中心性となる可能性がどの構成比でも非常に高い(不一致) ・バランス型組織と高外向性組織において低外向性構成員が最大次数中心性となる確率が外向性別構成員比率と比較して高い(不一致)
最大次数中心性 (初期情報所有者除外有り) ³⁶	分析なし	<ul style="list-style-type: none"> ・初期情報所有者を除外すると大きく低外向性構成員が最大次数中心性となる確率が下がる ・構成比のマイノリティ側の構成員が最大次数中心性となる確率が外向性別構成員比率と比較して高くなる
平均次数	<ul style="list-style-type: none"> ・低外向性組織では外向性のタイプによって平均次数に変化はない ・高外向性構成員の比率を高めることで、高外向性構成員の平均次数は低外向性構成員と比較して大きく低下する 	<ul style="list-style-type: none"> ・低外向性組織では外向性のタイプによって平均次数に変化はない(一致) ・高外向性構成員の比率を高めることで、高外向性構成員の平均次数は低外向性構成員と比較して大きく低下する(一致)

本章のシミュレーション分析から得られる主たる知見は3つ存在する。

1つ目は、複雑な情報の初期所有構成員がネットワーク上の構造に大きくかかわることである。複雑な情報は伝達するために何度か相互作用しなくてはならない。したがって、初期の段階ではなかなか複雑な情報の所有構成員が増加せず、初期の情報所有構成員は組織の中で重要な存在となる。多数の構成員は初期の情報所有構成員との紐帯を形成する機会が現れる。この結果、初期の情報所有構成員の次数中心性が高くなる傾向にある。これは、初期に複雑な情報を持つ構成員が組織内の中心的な人物になることを示唆していて、情報の

³⁶ 同様の分析を基本モデルで行っていないため、基本モデルとの比較は省略する。

質によっても創発される構造が変化するということである。

2つ目は、質的に異なる情報が組織に流れるとネットワーク構造が創発されるまでの時間に組織構成比が影響を及ぼさなくなる点である。ネットワークの密度は複雑情報伝達モデルと基本モデルを比較したとしても傾向に違いがない。しかしながら、その構造が創発されるまでの時間にはモデルの違いが影響を及ぼしている。複雑情報モデルでは、組織構成比間に情報伝達が完了するまでの時間に変化がなかった。これらの結果から、複雑情報モデルでも創発される構造の傾向に変化がないものの、その構造を創発する速度の傾向には変化があるということである。つまり、質的に異なる情報が組織内に流れることで、ネットワーク創発にかかる時間が構成比によって変化がなくなるため、密度の高い低外向性組織が最も凝集的なネットワークを素早く形成できる可能性がある。これは、凝集的なネットワークを構築したい組織にとって、どのような構成員を採用するか、あるいは、チーム形成においてどのようなメンバーを構成したら良いかに関する示唆を与えると考えられる。

3つ目に複雑な情報の伝達は低外向的構成員の形成する集団に関わる効果が顕著に効いてくる可能性があるという点である。複雑な情報の伝達は密な相互作用を要する。そのため、集団を形成しやすい低外向性構成員は、相互作用の頻度が高いことと可視性が高いことから特に複雑な情報が流れている組織で重要な構成員となる。複雑情報伝達モデルでは、初期に複雑な情報が伝達されにくいことから、基本モデルと比べて同じ情報所有状態の構成員が多くなる傾向がある³⁷。複雑情報伝達モデルでは、低外向性構成員による集団形成までの時間とその規模も大きくなる。この集団形成効果は、低外向性構成員の多い組織により強く働く。低外向性構成員が多いほど、集団規模が大きくなるためである。また集団の規模が大きくなると同じ情報所有状態の構成員もその集団に気が付き、より集団規模が大きくなるという集団規模拡大の循環メカニズムが働く。

³⁷ 複雑な情報が出回らないことで、単純な情報を持つ構成員かどちらの情報も持たない構成員の2通りの構成員が主となる。

第6章 初期情報所有構成員のネットワーク創発への役割

本章では、第4章と第5章で操作しなかった初期情報所有構成員の外向性を操作した分析を行う。そのために、まず、初期情報所有構成員を操作する際の分析内容について説明する。とりわけ、本章の分析はネットワーク全体に及ぼす影響について焦点を当てる。したがって、扱う分析指標は、密度、シミュレーションの終了ステップ数、平均次数である。それらの分析を、基本モデルと複雑情報伝達モデルの両方で行う。最後に、それぞれのモデルから得られた結果について考察を加える。

1. 初期情報所有構成員がネットワーク創発へ及ぼす影響とその分析内容

組織の初期情報を誰が最初に所有するのは非常に重要な問題である。初期の情報所有構成員が情報を円滑に伝達することのできる構成員が持つのか、あるいは、情報を伝達するのが得意ではない構成員が持つのかによってその後の情報伝達は大きく変化する。情報伝達に変化することで組織内に形成される情報伝達ネットワークも異質なものとなるはずである。創発されるネットワーク構造が変化することで、その後の創発されたネットワークを通じた情報伝達にも大きく影響を及ぼすだろう。複雑情報伝達モデルを用いた、5.2.2項の最大次数中心性の分析結果からも初期情報所有構成員が創発されるネットワークに対して大きな影響力を持っていることが分かる。

本章では、初期の情報所有構成員のネットワーク全体に及ぼす役割について明らかにしていく。組織において新たな情報を初期に持つ構成員の役割は情報の普及の観点から考えると非常に重要である。その構成員が普及させることができるかによって、その後の情報伝達速度などに影響を及ぼす。たとえば、口コミによる情報の普及速度は初期情報の伝達が情報普及に重要な役割を担っていることを示す研究領域の一つだろう(Engel, Kegerreis, and Blackwell, 1969)³⁸。また、イノベーションの普及におけるクリティカルマス獲得による普及速度向上も情報伝達の議論とは本質的には異なるものの初期の採用率の高さが普及に影響を及ぼすことが指摘されている(Rogers, 2007)。第4章の分析結果より、この普及速度がネ

³⁸ 一般的に、口コミによる情報普及などが起こる場合の挙動をシミュレートした図を例として Appendix④に示す。情報伝達の普及が初期に起こりにくく、ある程度普及した段階から急速に普及し、その後普及が落ち着く。このようなS字型に情報伝達が組織全体でなされていくのである。

ネットワークの構造と関連していると考えれば、初期情報の伝達速度を左右することが想定される初期情報所有者の役割は、ネットワークの構造にも影響を及ぼすはずである。

現実の問題で考えると、本研究のシミュレーションの設定上、最初に情報を持っている構成員は様々なパターンの構成員が考えられる。たとえば、シミュレーション空間を一つのプロジェクトチームとして考えれば、初期情報を持っているのは、プロジェクトのリーダーや、そのプロジェクトに関する専門的な知識を持っている構成員などが挙げられる。本章では、これらの初期情報所有構成員の外向性に応じてその集団内で創発されるネットワーク構造に違いが生じるのかどうかを検証していくのである。

そのため、本章の分析では、2つの情報が流れている組織におけるネットワークの創発が初期情報所有構成員の外向性に応じてどのように変化するかを分析する。本章で扱うモデルは、第4章の基本モデルと第5章の複雑情報伝達モデルの2つを用いることとする。この2つのモデルを用いて初期の情報所有者の外向性を操作し、創発されるネットワーク構造を分析する。

この操作は、現実の組織の問題にも適応可能な操作である。先にも説明した通り、1つのプロジェクトのチームであるとする、初期の情報所有構成員をチームのリーダーに任命する構成員として捉える。その際に、リーダーとして任命し、初期に情報を与える構成員をどのような外向性タイプにするのかという議論と捉えることができる。

まず、2つの情報を想定した場合、基本モデルの場合はその初期情報所有構成員の組み合わせとして3つのパターンが想定される。その3つとは、①低外向性構成員2人がそれぞれ1つずつ情報を所有している場合、②低外向性構成員と高外向性構成員がそれぞれ1つずつ情報を所有している場合、③低外向性構成員2人がそれぞれ1つずつ情報を所有している場合である。基本モデルでは、情報の質的な違いが存在しないため、2つの情報に違いがない。たとえば、高外向性構成員が情報aを低外向性構成員が情報bを持つ場合と高外向性構成員が情報bを低外向性構成員が情報aを持つ場合のシミュレーション結果にはシミュレーションの設定上違いが存在しないと仮定することができる。そのため、基本モデルによる分析は3つの初期情報所有構成員の組み合わせのパターン間で比較を行う。

複雑情報を伝達モデルでは、情報の質的な違いを考慮することから、4つの構成員の外向性と情報所有のパターンが存在する。4つのパターンとは、単純な情報をa、複雑な情報を情報bとした場合、①1人の低外向性構成員が情報aと1人の低外向性構成員が情報bを所有している場合、②1人の低外向性構成員が情報bを所有し、高外向性構成員が情報aを

所有している場合、③1人の低外向性構成員が情報aと1人の高外向性構成員が情報bを所有している場合、④1人の高外向性構成員が情報aと1人の高外向性構成員が情報bを所有している場合である。情報の質的な違いを考慮することから、情報aとbを低外向性構成員と高外向性構成員のどちらが所有するのかによって、複雑情報伝達モデルを用いた場合のネットワークには違いが生じるだろう。そのため、複雑情報伝達モデルを用いる場合は、4つの初期情報所有構成員の組み合わせを分析し、比較を行う。

本章の分析はネットワーク全体の構造に及ぼす初期情報所有構成員の問題を扱うため、3つの分析指標に限定して分析を行うこととする。その3つとは密度と効率性を表すシミュレーションの終了ステップ数、平均次数である。また、これまでの分析と同様に、各初期情報所有構成員の外向性組み合わせパターンについて、各組織構成比別に分析する。6.2節では、まず、初期情報所有構成員の外向性の違いがネットワーク全体に及ぼす影響として、密度と効率性の分析を行う。次に、初期情報所有構成員の外向性の違いがネットワークの密度と情報伝達に伴うネットワーク創発の時間的効率性の関係性を明らかにする。最後に、本章の第2節で初期情報所有構成員の組み合わせ別に密度の分析を行った結果、違いが生じた組織構成比について追加的に平均次数の分析を行う。密度に違いが生じた原因を探究するために、初期の情報所有構成員の外向性が異なることで密度が変動した要因が低外向性構成員の平均次数に起因しているのか、高外向性構成員の平均次数に起因しているのかを明らかにする。

2. ネットワーク全体に及ぼす影響と時間的効率性

本節の目的は、高外向性構成員が初期情報を持つ場合と低外向性構成員が初期情報を持つ場合とでネットワーク創発の変化を明らかにすることである。したがって、本節の分析は、大きく分けて2つの分析を行う。1つ目は、初期に情報を所有している構成員の外向性の高さを操作した場合の組織のネットワーク密度の変化についての分析である。

次に、2つ目として、初期の情報を所有した組織構成員の外向性を操作した場合の情報伝達完了までの時間に影響を及ぼすのかどうかを分析する。初期情報を所有する構成員の外向性の組み合わせパターンに違いがあることで情報伝達の効率性にどのような影響を与えるのかを明らかにする。

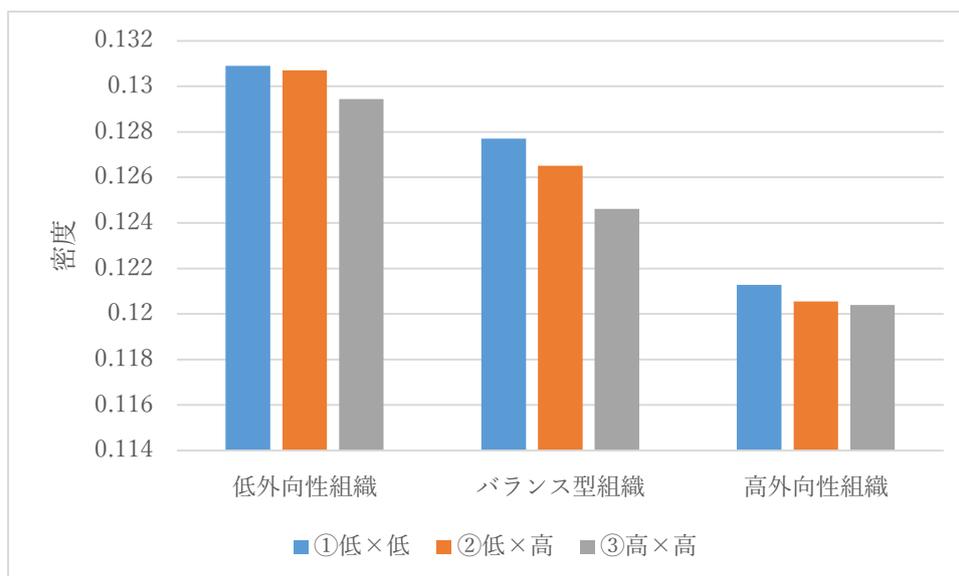
これら2つの分析を基本モデルと複雑情報伝達モデルでそれぞれ行う。

2.1.初期情報所有構成員分析(基本モデル)

本項では、基本モデルを用いて、初期情報所有構成員の外向性がネットワーク創発の密度と効率性にどのような影響を及ぼすのかを明らかにする。基本モデルを用いることで初期情報所有構成員の外向性の程度が異なることによるネットワーク創発に与える効果を純粋に幅広く適用可能な知見を取り出すことが可能であると考えられる。

まず、密度がどのように初期情報所有構成員の外向性が異なることで変化するかを基本モデルを用いて分析する。基本モデルによる分析では、組織構成比ごとに初期情報所有構成員の外向性の組み合わせ 3 パターンの密度を 300 回出力した平均値を分析の指標として用いる。各構成比で初期情報を所有する構成員の外向性別の組み合わせ 3 パターンの密度の平均値を表した図 6-1 を以下に示す。図 6-1 の縦軸は密度を表していて、横軸は組織の構成比を表していて、3 つずつ縦棒グラフがそれぞれの組織構成比ごとに存在する。それぞれの組織構成比ごとに初期情報所有構成員の外向性タイプの組み合わせが 3 つあり、①左の縦棒グラフは低外向性構成員 2 人が所有している場合、②中央の縦棒グラフは低外向性構成員が片方の情報を持ち、もう片方の情報を高外向性構成員が持つ場合、③右の縦棒グラフは高外向性構成員が両方の情報を所有している場合を表している。

図 6-1：初期情報所有構成員の外向性別の密度(基本モデル)



※注 1：各組織構成比別の分散分析の結果、低外向性組織 $F(2,897)=0.77$ で有意差なし、バランス型組織 $F(2,897)=15.86$ で 1% 有意、高外向性組織 $F(2,897)=0.44$ で有意差なし

図 6-1 の組織構成比ごとに密度の違いを見ると、2つの初期情報を所有する構成員の外向性の組み合わせパターンによって密度が変化している組織構成比と変化しない組織構成比があることが分かる。変化していない組織構成比は低外向性組織と高外向性組織である。変化しているバランス型組織の変化傾向は、初期の情報を低外向性構成員が持つ場合が最も密度が高くなり、高外向性構成員が1人と低外向性構成員が1人情報を持つ場合、両方の情報を高外向性構成員が持つ場合で徐々に密度が低下する傾向にある。ただし、最も密度に影響を与えている要因が、第4章の基本モデルの結果で示された組織構成比であることも図 6-1 から読み取ることができる。たとえば、バランス型組織の高外向性構成員2人が初期情報を持っている場合と高外向性組織の低外向性構成員2人が初期情報を持っている場合とを比較すると約 0.0035、バランス型組織の高外向性構成員2人が初期情報を持っている場合の密度の方が高い。つまり、初期情報所有構成員の外向性の程度による密度の変動効果は、組織構成比による密度変動効果以上には持たないということである。

図 6-1 のような結果について分散分析を行い、初期情報所有構成員の外向性組み合わせパターンに低外向性組織と高外向性組織で有意差がなく、バランス型組織では有意差があるのかどうかを統計的に検証する。各構成比で検証した上で、なぜそのような結果が得られたのかについて考察を加える。

まず、初期情報所有構成員の外向性組み合わせパターンによって大きな差がなかった低外向性組織と高外向性組織について分散分析の結果の説明とその解釈を行う。

低外向性組織の初期情報所有構成員の外向性組み合わせパターンごとに有意差があるかどうか、300回試行したデータを用いて分散分析を行った。その結果、低外向性組織では統計的に初期情報所有構成員の外向性の違いによって密度は変化しないことが分かった ($F(2,897)=0.77, n.s.$)。したがって、低外向性組織の創発されるネットワークは初期情報所有構成員に影響を受けず、比較的頑健であるということが示唆される。この結果は、低外向性組織の低外向性構成員が多く集まることによる特性が影響している。低外向性組織に多く存在する低外向性構成員は、自身と似た人間と一定の場所とどまることが多くある。そのため、初期情報を所有する高外向性構成員が動き回って情報を伝達したとしても、多く存在する低外向性構成員達の移動は他の組織構成比に比べると活発に起こらない。そのため、情報伝達が集団内で完結するだけで、他の集団への情報伝達にはそれほど大きく関係しないのである。その結果、密度を低下させる要因である両情報を持つ構成員が一度に2つの情報を伝達するという構成員が低外向性組織の場合は他の構成比と比べて増えにくい。つ

まり、言い換えると、ある程度高外向性構成員の存在する組織でなければ、高外向性構成員が初期情報を所有することによる密度低下は起こらないということである。

しかしながら、高外向性構成員の多く存在する高外向性組織でも初期情報所有構成員の外向性を操作したとしても密度に変化がなかった。高外向性組織でも同様に初期情報所有構成員の外向性組み合わせたパターンごとに有意差があるかどうか、300回試行したデータを用いて分散分析を行った。その結果、高外向性組織でも統計的に初期情報所有構成員の外向性の違いによって密度は変化しないことが分かった($F(2,897)=0.44, n.s.$)。高外向性組織では、情報を所有していない高外向性構成員が動き回っているため、初期情報所有構成員の外向性に関わらず、初期の段階で情報を所有していない情報を受け取る側の構成員側から初期情報所有構成員に接触する可能性が高くなっている。そのため、初期情報を所有する構成員のどの外向性の組み合わせパターンでも、早い段階で両情報を集めて一度の接触で2つの情報を伝えるような構成員が登場しやすくなっている。このことは、初期情報所有構成員が活発に移動する構成員かどうかは、高外向性構成員の比率が非常に高い組織で大きく影響しないことを示唆している。低外向性組織の結果と合わせて考えると、過剰に低外向性構成員が多い組織と過剰に高外向性構成員が多い組織では、初期情報をどの外向性タイプの構成員が所有するのかは大きく影響しないということである。

対照的に、図 6-1 の分析結果からわかるようにバランス型組織では、一貫して初期情報所有構成員を高外向性構成員が担うことで、密度が低下している。この密度の差は、統計的に有意な差であるのかを分散分析を用いて各初期情報所有構成員の外向性組み合わせパターンごとに 300 回試行したデータを用いて検定を行った。その結果を表 6-1 で示す。

表 6-1：分散分析結果(バランス型組織の初期情報所有構成員と密度の関係)

変動要因	変動	自由度	分散	観測された分散比	P-値	F 境界値
グループ間	0.006248	2	0.003124	15.86128648	1.7E-07	3.00576
グループ内	0.176663	897	0.000197			
合計	0.182911	899				

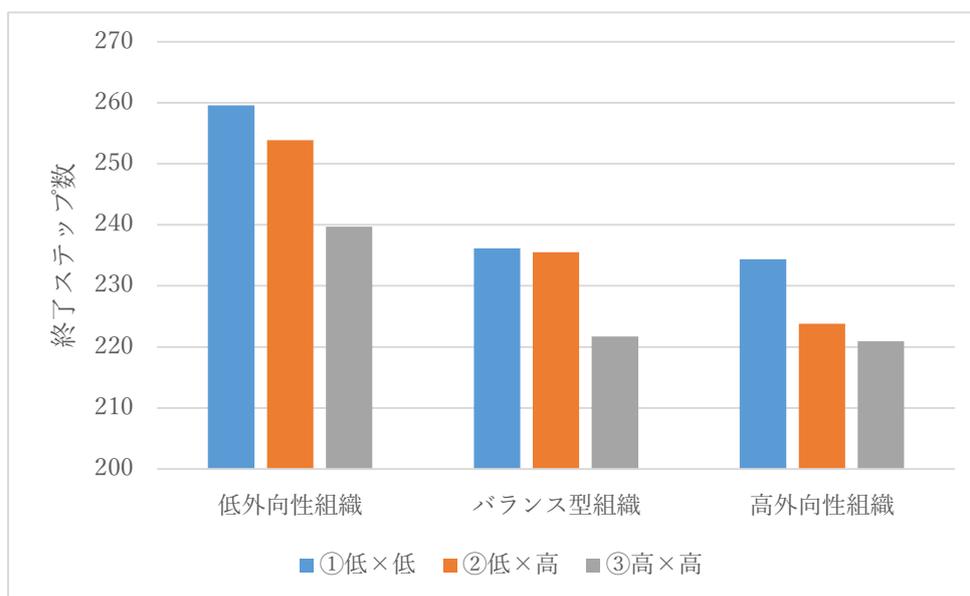
表 6-1 の通り、バランス型組織では 1%水準($F(2,897)=15.86, p<0.01$)で、有意差が認められた。つまり、高外向性構成員が初期情報所有構成員となることで密度が低下し、その効

果は両情報を高外向性構成員が所有するほど大きくなる³⁹。つまり、バランス型組織で初期情報所有構成員の外向性の違いによって創発されるネットワーク構造は異なる。なぜこのような結果が得られたのかを考察するためには、初期情報所有構成員を高外向性構成員に任せることによって密度低下が生じたのかを他のネットワーク指標と合わせて詳細に分析しなくてはならない。具体的には、組織全体の構成員の中で低外向性構成員と高外向性構成員のどちらのタイプの構成員が密度を低下する要因となったのかを分析する必要がある。そのため、6.3節でこの密度に違いの生じた要因について構成員の外向性タイプ別の平均次数を分析指標として追加的に分析を行う。

次に、シミュレーションの終了ステップ数に対して初期情報所有構成員の外向性の違いが影響するのか、基本モデルを用いて分析する。初期情報所有構成員の外向性の組み合わせ3パターンのシミュレーションの終了ステップ数を組織構成比ごとに300回出力した平均値を分析の指標として用いる。その結果を図6-2で示す。縦軸はシミュレーションのステップ数を表していて、横軸は組織の構成比を表していて、3つずつ縦棒グラフがそれぞれの組織構成比ごとに存在する。それぞれの組織構成比ごとに初期情報所有構成員の外向性タイプの組み合わせが3つあり、3つある中で①左の縦棒グラフは低外向性構成員2人が所有している場合、②中央の縦棒グラフは低外向性構成員が片方の情報を所有し、もう片方の情報を高外向性構成員が所有する場合、③右の縦棒グラフは高外向性構成員が両方の情報を所有している場合を表している。

³⁹ 低外向性構成員2人が1つずつ情報を持つ場合と低外向性構成員が1つ、高外向性構成員が1つの情報を持つ場合のt検定の結果は1%水準で有意差があり($t=3.86$, $df=299$, $p<0.01$)、低外向性構成員が1つ、高外向性構成員が1つの情報を持つ場合と高外向性構成員2人が1つずつ情報を持つ場合のt検定の結果も5%水準で有意差があることが支持された($t=1.89$, $df=299$, $p<0.05$)。

図 6-2：初期情報所有構成員の外向性別の終了ステップ数(基本モデル)



※注 1：各組織構成比別の分散分析の結果，低外向性組織 $F(2,897)=8.61$ で 1%有意，バランス型組織 $F(2,897)=7.33$ で 1%有意，高外向性組織 $F(2,897)=6.03$ で 1%有意

図 6-2 を見ると， 2 つの初期情報を共に高外向性構成員が所有すると最も効率的に情報伝達が行われることが分かる。つまり，この組み合わせパターンが 2 つの情報を伝達するのに必要なネットワークを素早く形成できることが分かる。この傾向は基本的にどの組織構成比においても同じである。このような結果が得られたのは，比較的自明で，最も情報の普及に重要な初期段階の情報普及が活性化することによるものである。初期の普及は基本的に進みにくく，ある一定の水準を超えることで素早く普及が進む。そのため，情報伝達の最も初期の段階は多くの構成員に対して初期情報所有構成員が接触し，情報を伝達することが組織全体の情報伝達の効率性のカギとなる。初期情報を所有する構成員が高外向的であることで多様な構成員との接触確率は高まる。接触確率が高まった結果，組織内での情報伝達が急速に進み，組織全体に情報が伝達しきるまでの期間が短くなっている。

情報伝達の効率性には，一貫して初期情報を所有する構成員の外向性が重要であることが分かった。4.2.2 項の基本モデルを用いた効率性の分析結果から，バランス型組織よりも高外向性構成員の比率を増加させても効率性に大きな効果はないことが示されていた。この点を考慮すると，組織の構成比を高めることによる効果は，逡減するものの，初期情報所有構成員の外向性を高めることによる効果はどの構成比でも効果を持つ。そのため，高外向

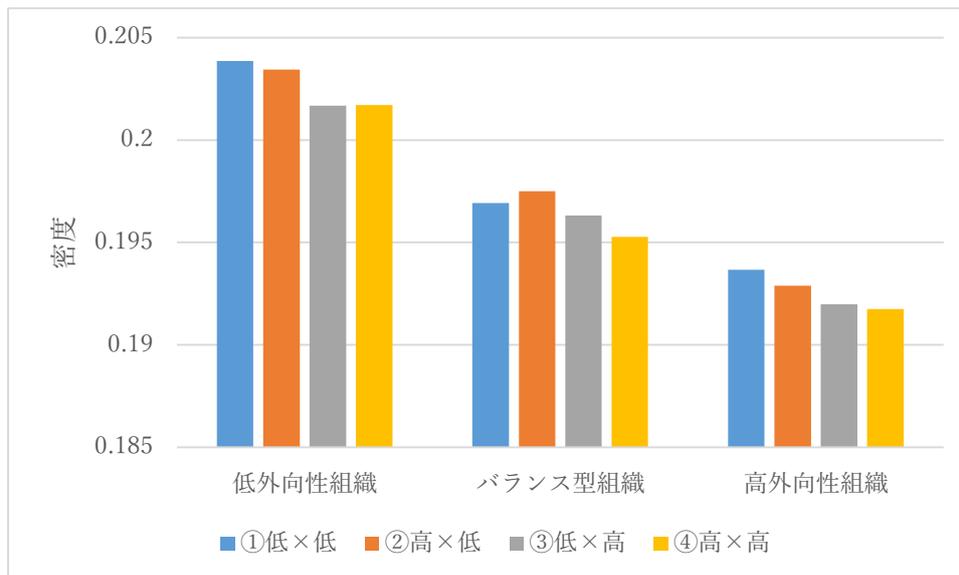
性組織の初期情報所有構成員が低外向性構成員 2 人の場合よりもバランス型組織の初期情報所有構成員の組み合わせパターンが高外向性構成員 2 人の場合の方がシミュレーションの終了ステップ数は 12.65 少ない。したがって、情報伝達の効率性を高め、素早く情報伝達ネットワークを形成したい組織は、バランス型組織よりも多くの構成員を高外向性構成員とするよりも、初期情報を持たせる構成員を高外向性構成員とする方が情報伝達の効率性が高まり、2つの情報伝達に伴うネットワークはより早く創発されるということである。

2.2. 初期情報所有構成員分析(複雑情報伝達モデル)

6.2.1 項の分析は、基本モデルを用いて初期情報所有構成員の外向性を操作することで密度と効率性の変化を分析した。本項では、第 5 章で扱った複雑情報伝達モデルを用いて初期情報所有構成員の外向性を操作し、初期情報所有構成員の外向性組み合わせパターンと密度と効率性の関係について分析する。

まず、密度を分析指標として、初期情報所有構成員の外向性組み合わせ 4 パターンを組織構成比ごとに 300 回シミュレーションを試行したデータの平均値を用いて分析する。その結果を図 6-3 に示す。縦軸は密度を表していて、横軸は組織の構成比を表していて、4 つずつ縦棒グラフがそれぞれの組織構成比ごとに存在する。それぞれの組織構成比ごとに初期情報所有構成員の外向性タイプの組み合わせが 4 つあり、左から順番に①低外向性構成員 2 人が単純な情報と複雑な情報を片方ずつ所有する場合、②低外向性構成員が複雑な情報を所有し、高外向性構成員が単純な情報を所有する場合、③低外向性構成員が単純な情報を所有し、高外向性構成員が複雑な情報を所有する場合、④高外向性構成員が単純な情報と複雑な情報を片方ずつ所有する場合を表している。

図 6-3：初期情報所有構成員の外向性別の密度(複雑情報伝達モデル)



※注 1：各組織構成比別の分散分析の結果，低外向性組織 $F(2,1192)=1.49$ で有意差なし，バランス型組織 $F(2,1192)=1.42$ で有意差なし，高外向性組織 $F(2,1192)=1.92$ で有意差なし

図 6-3 を見ると，各組織構成比の密度が初期情報所有構成員の外向性の組み合わせに応じてわずかに異なることが分かる。おおむね傾向としては，高外向性構成員が初期情報を持つことで情報伝達の効率性が高まっているが，それほど大きな差は存在しない。つまり，この結果は，より外向的な構成員が初期情報を持つことで組織のネットワークの密度は小さくなるということである。特に，複雑な情報を初期に高外向性構成員が所有するほどより密度は低下するのである。

初期情報所有構成員の外向性組み合わせパターンによる密度の違いが統計的に支持されるかどうかを検証するために，分散分析を組織構成比ごとに 300 回シミュレーションを試行したデータを用いて行った。その結果，すべての組織構成比で有意差が支持されなかった⁴⁰。

ただし，図 6-3 では，わずかに初期情報所有構成員の外向性と密度の間に一定の傾向が見られるため，有意差はないものの簡単にシミュレーション結果の解釈を示す。基本的には，

⁴⁰ 低外向性組織($F(2,1192)=1.49, n.s.$)，バランス型組織($F(2,1192)=1.42, n.s.$)，高外向性組織($F(2,1192)=1.92, n.s.$)のそれぞれの組織構成比で 10%水準であっても有意差が認められない結果となった。

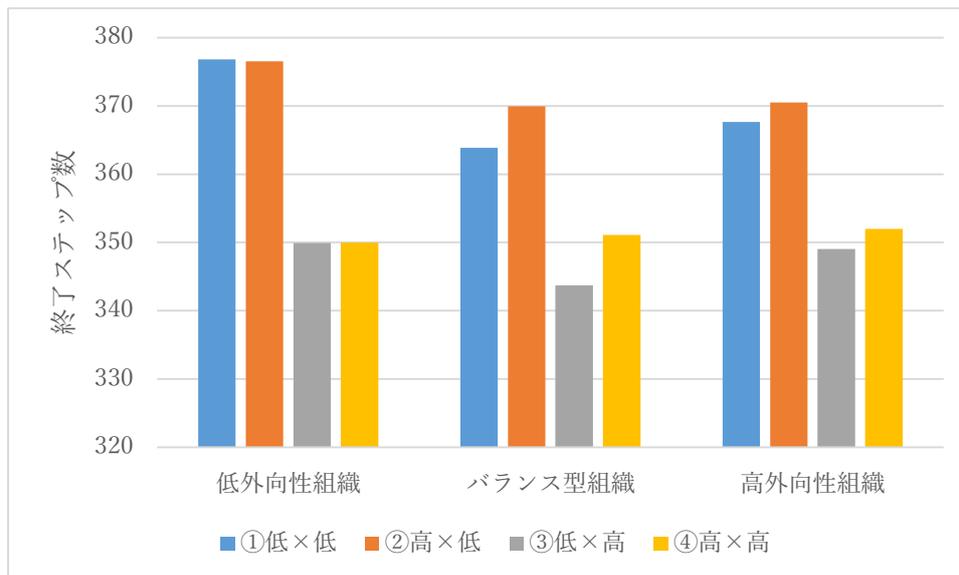
どちらの情報であっても低外向性構成員が初期に所有することで密度が高くなり、高外向性構成員が初期に所有することで低くなる。特に、複雑な情報を初期に高外向性構成員が持つことで密度は低下する。複雑な情報は、組織内で多くの構成員に伝達されるまで時間がかかる。時間がかかることで、組織内に単純な情報が先に伝達され、その後複雑な情報が伝達されるという時間的なギャップが生まれる。複雑な情報の存在による時間的なギャップが生まれることで同時に2つの情報が伝達される機会がなく、1つずつの情報伝達から紐帯が形成されるため密度が高くなるのである。つまり、複雑な情報が組織に存在している場合、複雑情報による初期伝達が遅れることは、組織内の密度を高めるということである⁴¹。この初期伝達の差を埋めるような組み合わせである低外向性構成員が単純な情報を初期に持ち、複雑な情報を高外向性構成員が初期に持つことの密度は、両情報を高外向性構成員が持つ最も密度が低くなる場合に近い密度となっている⁴²。

次に、複雑情報伝達モデルを用いて、初期情報所有構成員の外向性の組み合わせパターンとシミュレーションのステップ数との関係を分析する。初期情報所有構成員の外向性組み合わせ4パターンを組織構成比ごとに300回シミュレーションを試行したデータの平均値を用いて情報伝達の効率性について分析する。その結果を図6-4に示す。縦軸はシミュレーションの終了ステップ数を表していて、横軸は組織の構成比を表していて、4つずつ縦棒グラフがそれぞれの組織構成比ごとに存在する。それぞれの組織構成比ごとに初期情報所有構成員の外向性タイプの組み合わせが4つあり、左から順番に①低外向性構成員2人が単純な情報と複雑な情報を片方ずつ所有する場合、②低外向性構成員が複雑な情報を所有し、高外向性構成員が単純な情報を所有する場合、③低外向性構成員が単純な情報を所有し、高外向性構成員が複雑な情報を所有する場合、④高外向性構成員が単純な情報と複雑な情報を片方ずつ所有する場合を表している。

⁴¹最も初期情報所有構成員の外向性の影響を受けやすいバランス型組織では、このギャップによる効果が大きくなり、高外向性構成員が初期に単純な情報を所有し、低外向性構成員が複雑な情報を初期に所有するパターンが最も密度が高くなっている。

⁴²基本的には、情報伝達が効率的に進む組織ほど密度は低くなる傾向にあるため、最も密度が低いのは両情報を高外向性構成員が初期に持つ場合で、最も高くなるのは両情報を低外向性構成員が持つ場合である。

図 6-4：初期情報所有構成員の外向性別の終了ステップ数(複雑情報伝達モデル)



※注 1：どちらの情報も低外向性構成員が所有している場合と複雑な情報を高外向性構成員が所有している場合(単純な情報は低外向性構成員が所有)のデータを用いた t 検定の結果, 低外向性組織 $t=3.53$, $df=299$ で 1% 有意, バランス型組織 $t=2.91$, $df=299$ で 1% 有意, 高外向性組織 $t=2.41$, $df=299$ で 1% 有意

図 6-4 を見ると, 各組織構成比のシミュレーションの終了ステップ数が初期情報所有構成員の外向性の組み合わせに応じて異なることが分かる。特徴的な点は, 複雑な情報を高外向性構成員が持つ場合にシミュレーションの終了ステップ数が短くなることである。さらにこの効果は, 高外向性構成員の比率を増加させることによる効率性向上効果よりも大きいことが分かる⁴³。また, この傾向は単純な情報を持つ構成員の外向性が影響していない。つまり, 質的に異なる情報が流れている組織のネットワーク創発の効率性に影響を及ぼす要因の 1 つは複雑な情報を低外向性構成員が所有するか高外向性構成員が所有するかである。また, 単純な情報はどちらの構成員タイプが初期に所有するのかがほとんど影響がないか, わずかに低外向性構成員が所有する方が効率的であるという結果が得られた。この結果は, 初期に単純な情報が伝達してしまうと, その情報を基に集団形成が行われてしまうため, 単純な情報を持つ集団が動かなくなり, 複雑な情報との接触が減少するため得られたもの

⁴³ 図 6-4 の通り, 5.2.1 項の複雑情報伝達モデルによる効率性の分析結果で示した高外向性構成員の比率を増加させることによるシミュレーションステップ数の減少幅よりも, 複雑な情報を高外向性構成員に所有させた場合の減少幅の方が大きい。

である。

複雑な情報を高外向性構成員が所有することで効率的に情報伝達が起こっているということを統計的に確認するために、2つの情報(複雑な情報と単純な情報)をどちらも低外向性構成員が所有している場合と複雑な情報のみ高外向性構成員が所有している場合(単純な情報は低外向性構成員が所有)とでそれぞれの組織構成比で t 検定を行った。その結果、低外向性組織($t=3.53$, $df=299$, $p<0.01$)、バランス型組織($t=2.91$, $df=299$, $p<0.01$)、高外向性組織($t=2.41$, $df=299$, $p<0.01$)のそれぞれで 1%水準の有意差があることが分かった。したがって、どの組織構成比においても高外向性構成員に初期に複雑な情報を持たせることで情報伝達とネットワーク創発の時間的効率性が高まることが示された。

複雑な情報の初期所有者が高外向性構成員であると効率性が高まるのは、複雑な情報が初期に伝達されにくいという情報の持つ特性を緩和することにある。複雑な情報は初期に伝達することが困難で、2度その情報と接触しなければ複雑な情報を所有していない構成員に伝達されないという設定を置いている。そのため、複雑な情報は初期の伝達が非常に遅れるのである。この初期の情報伝達が遅れることで、最終的にも複雑な情報が遅れて伝達され、情報伝達完了までの時間が延びてしまう。したがって、初期に複雑な情報をどれだけ伝達できるかが情報伝達の効率性に大きな影響を及ぼすのである。高外向性構成員が初期の複雑な情報の所有構成員となることで、活発に組織内を移動するため、効率性が大きく高まるのである。特に、情報を所有していない構成員が最も動きにくい低外向性組織では、この効果が顕著に出る。低外向性組織における初期情報所有構成員の外向性の組み合わせパターンとして、低外向性構成員 2 人が初期情報を所有する場合と複雑な情報のみ初期に高外向性構成員が所有する場合とのシミュレーションの終了ステップ数を比較すると平均で 26.92 ステップ後の方が早く情報伝達が完了する。このステップ数の差は、他の組織構成比よりも大きい。低外向性組織は情報所有していない構成員が最も移動しにくい組織構成比であるため、初期情報所有構成員の活発な移動が最も顕著に影響を及ぼすのである。

図 6-4 から得られる結果として言及しておかなければならないのは、複雑な情報を低外向性構成員が初期に所有し、単純な情報を高外向性構成員が初期に所有することで、両方の情報を低外向性構成員が初期に所有する場合と比べて効率性が高まらない点である。これは、最終的な情報伝達の完了するタイミングのボトルネックが複雑な情報の伝達であるということに起因している。質的に異なる情報が組織内に流れていることですべての情報が伝達しきるまでの時間との関係には複雑な情報の伝達が重要であるということである。

3. 初期情報所有構成員の違いによるネットワークの密度創発に寄与する外向性タイプ

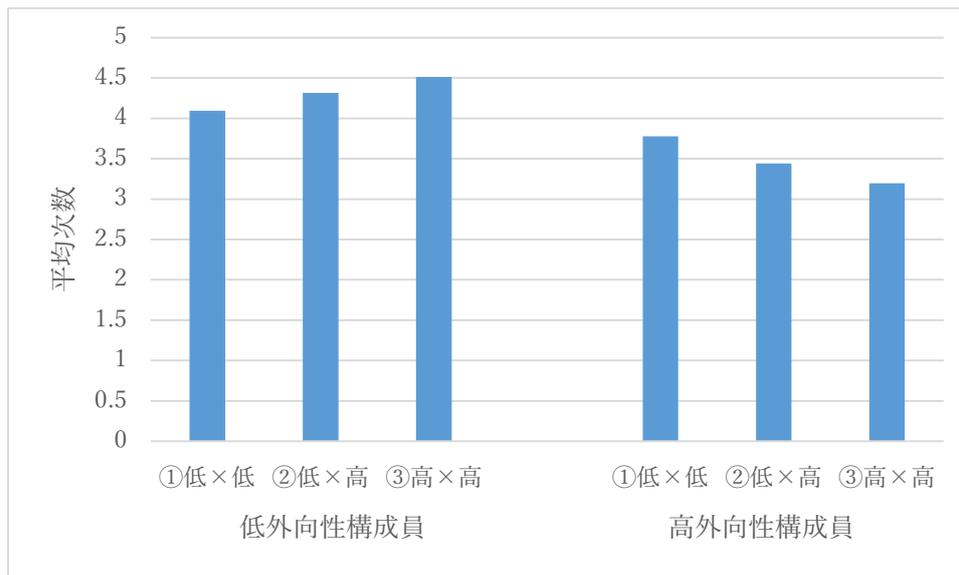
初期に情報を持つ構成員の外向性によって創発されるネットワークが異なることを 6.2 節で明らかにした。初期情報所有構成員の外向性によってネットワーク密度が変化するのであれば、その密度の変化に寄与している主たる構成員はどのような外向性タイプの構成員なのだろうか。本節での分析は初期情報所有構成員の外向性タイプによって密度に変化があった基本モデルのバランス型組織に焦点を当てて分析を行う。

基本モデルによる分析で密度を形成する主たる構成員の外向性タイプは低外向性構成員となった。さらに、この傾向は高外向性構成員の比率を高めることでより強くなることが示された。この分析結果は、初期情報を所有する構成員の外向性が低外向性構成員に固定され、得られた結果である。実際には、初期情報所有構成員の外向性は多様であり、それに伴い情報伝達ネットワーク全体の構造が変化することが 6.2 節で示された。この構造変化はどのような外向性タイプの構成員によって引き起こされたのかを本節では分析する。

そのため、本節の目的は、低外向性構成員と高外向性構成員の構成比が同じ組織において、初期情報所有構成員の外向性の違いによる密度の変化が、どのような外向性を持った構成員によって引き起こされているのかを明らかにすることである。

バランス型組織の密度は、高外向性構成員が初期情報を所有するほど大きく密度が低下する。この低下分の密度は、どのタイプの構成員の次数が減少していることに起因しているのか、あるいは、両方の構成員の次数低下によるものなのかを明らかにする。そのために、バランス型組織の各構成員タイプの平均次数を初期情報所有構成員の外向性タイプの組み合わせパターン別に 300 回試行したデータの平均値を算出し、その結果を図 6-5 に示す。縦軸には平均次数を表して、横軸には構成員タイプを表し、その構成員タイプごとにそれぞれ 3 つの初期情報所有構成員の外向性パターン別の組織を表している。各構成員タイプ別に見た際に、①左の縦棒グラフは低外向性構成員 2 人が所有している場合、②中央の縦棒グラフは低外向性構成員が片方の情報を所有し、もう片方の情報を高外向性構成員が所有する場合、③右の縦棒グラフは高外向性構成員が両方の情報を所有している場合を表している。

図 6-5：初期情報所有構成員外向性タイプ組み合わせ別平均次数(バランス型組織)



※注 1：分散分析の結果は低外向性構成員 $F(2,897)=37.23$ で 1%有意，高外向性構成員 $F(2,897)=110.12$ で 1%有意

図 6-5 を見ると、平均次数はどちらの外向性タイプにも差が存在する。しかしながら、その方向性は対称的で、低外向性構成員の平均次数は初期情報を高外向性構成員が持つことで平均次数は高まり、高外向性構成員の平均次数は初期に高外向性構成員が持つことで平均次数が低下する結果となった⁴⁴。この関係性を確かめるために、初期情報を所有する構成員タイプの違いによって平均次数が異なっているかどうかについて統計的に検証する必要がある。バランス型組織における低外向性構成員の平均次数は、初期情報所有構成員の外向性タイプによって変動するのか、また、高外向性構成員の平均次数は、初期情報所有構成員の外向性タイプによって変動するのかをそれぞれ分散分析によって検証する。前者の結果は表 6-2-a、後者の結果は表 6-2-b に示す。

⁴⁴ 他の 2 つの組織構成比についても同様の分析を行ったが、バランス型組織のような傾向は確認できなかった。

表 6-2-a：初期情報所有構成員外向性別の平均次数の分散分析結果(バランス型組織の低外向性構成員)

変動要因	変動	自由度	分散	観測された分散比	P-値	F 境界値
グループ間	26.28376	2	13.14188	37.23431451	3.33E-16	3.00576
グループ内	316.5969	897	0.352951			
合計	342.8807	899				

表 6-2-b：初期情報所有構成員外向性別の平均次数の分散分析結果(バランス型組織の高外向性構成員)

変動要因	変動	自由度	分散	観測された分散比	P-値	F 境界値
グループ間	51.47965	2	25.73983	110.1247156	1.71E-43	3.00576
グループ内	209.6589	897	0.233733			
合計	261.1385	899				

表 6-3-a と表 6-3-b の通り、バランス型組織では、初期情報所有構成員の外向性の程度に応じて、低外向性構成員と高外向性構成員の平均次数は変化することが統計的に示された。バランス型組織における低外向性構成員の平均次数は、高外向性構成員が初期の情報を所有すると高まる ($F(2,897)=37.23, P<0.01$)。また、バランス型組織における、高外向性構成員の平均次数は、高外向性構成員が初期情報を所有すると低くなる ($F(2,897)=110.12, P<0.01$)。つまり、高外向性構成員に初期情報を持たせることで、組織内の外向性タイプ別の平均次数の差が拡大することを示している。特に、6.2 節の分析結果では、初期情報を高外向性構成員が所有することで組織全体の密度は低下していた。この結果を考慮すると、初期情報所有構成員が高外向的であることで低外向性構成員の平均次数増加分以上に、高外向性構成員の平均次数が低下していることが示唆される。これらの結果が得られた理由について考察する。

初期情報を高外向性構成員が所有することによって低外向性構成員の平均次数が増加する理由は、片方の情報の伝達が低外向性集団で急激に促進するからである。初期段階では、両方の情報を所有している構成員が存在しないことから、構成員間で着実に 1 つずつの情報伝達で紐帯を形成する。2 つの情報を同時に伝達してしまうのではなく、1 つずつの情報

伝達による紐帯形成は、各構成員の紐帯数を大幅に増加させる。逆に、ある程度情報が普及してしまうと両方の情報を持つ構成員が同時に伝達してしまう。同時に情報伝達をすることで情報を所有しない構成員との間の紐帯数が 1 本しか形成されなくなるため、次数は少なくなる。このことから、初期段階でどちらの外向性タイプの構成員に情報が普及するかで、各構成員タイプの最終的な平均次数に大きく影響する。バランス型組織は、この初期段階に普及した情報がよりその後に行先して伝達されやすい組織構成比である。なぜなら、集団を一部形成し、一部動き回る構成員が存在する組織構成比であるからである。集団によって一部に同一の情報が普及し、集団が形成されることによって可視性が高まる。その可視性が高まることによって、情報を持たない構成員が接触しやすくなる。その情報を持たない主たる構成員は、高外向性構成員である。その高外向性構成員が小集団間をつなぎ、情報伝達を行うのである。その結果、片方の情報が急激にバランス型組織では普及するのである。この急激な普及がどちらの構成員タイプから生じるのかを左右するのが、初期情報所有構成員の外向性タイプである。本来、低外向性構成員は、早い段階で情報を受け取りにくい。しかしながら、初期情報所有構成員が高外向性構成員である場合、早い段階で、集団を形成している低外向性構成員の集団に接触する可能性が高まる。その結果、高外向性構成員が後から情報伝達を行う形になり、低外向性構成員の平均次数が高まるのである。

低外向性組織では、同様の傾向はあるものの組織全体で動きにくい集団が多数あることから、時間的経過とともに両方の情報を所有する数少ない高外向性構成員が現れ、その構成員が孤立している低外向性集団に一度に 2 つの情報を伝達する場合もバランス型組織より生じる。そのため、必ずしも高外向性構成員に初期情報を持たせることによって低外向性構成員の平均次数が高まるとは限らない。高外向性組織では、低外向性構成員による集団形成がほとんど起こらず、多くの構成員が活発に移動を繰り返していることから高外向性構成員に初期情報を持たせたとしても、初期情報所有構成員の移動が大きな意味を持たない。以上の理由から、バランス型組織では、初期情報を高外向性構成員に持たせることでより低外向性構成員の平均次数は高まるのである。

次に、高外向性構成員が初期情報を所有することによって高外向性構成員の平均次数が低下する要因について考える。バランス型組織では、先に伝達が進んだ情報による規模の小さな集団が様々な場所で低外向性構成員によって形成される。初期の情報所有構成員の集団に対する接触確率は高外向性構成員が担うほど高まる。しかしながら、高外向性構成員は、低外向性構成員が集団を形成しないことで情報が高外向性構成員間で短期的に伝達さ

ることがないことと低外向性構成員の集団規模が小さいことから高外向性構成員が必ずしも情報に接触しやすいわけではない。そのため、低外向性構成員がある程度情報を所有していたとしても、一定数高外向性構成員で情報を所有していない構成員が残存してしまう。その結果、徐々に両方の情報を持つ構成員が現れ、それらの構成員としか一次的につながることができない高外向性構成員が現れるのである。このような構成員が組織全体の平均次数を低下させるのである。

4. 小括

本章は、情報の初期所有構成員に焦点を当て、初期情報を所有する構成員の外向性の程度の違いによってネットワーク構造にどのような変化があるのかを分析した。初期の情報所有構成員は組織において重要な意味を持つ。どの構成員に情報を所有させるかによって組織内の情報伝達ネットワークの構造が変化する。本章の分析指標は初期情報所有構成員の外向性が影響を及ぼすだろう分析指標に限定し、密度とシミュレーションのステップ数、平均次数とした。この3つの分析指標を第4章で扱った基本モデルと第5章で扱った複雑情報伝達モデルを用いて分析を行った。それぞれのモデルで初期情報所有構成員の外向性の組み合わせを操作し、分析を行った。本節では、まず、シミュレーション結果のまとめを行った上で、シミュレーション結果から得られる知見について説明する。

初期情報所有構成員の外向性を操作し、ネットワーク全体に及ぼす影響を明らかにした分析の結果を基本モデルと複雑情報伝達モデルに分けて表6-3に示す。

表6-3：初期情報所有構成員の外向性操作分析の結果(基本モデルと複雑情報伝達モデル)

	基本モデル	複雑情報伝達モデル
密度	<ul style="list-style-type: none"> ・ バランス型組織は高外向性構成員に初期情報を持たせることで密度は低下する ・ 低外向性組織と高外向性組織では、初期情報をどの外向性タイプの構成員に持たせるかによって密度に変 	<ul style="list-style-type: none"> ・ すべての組織構成比において、初期情報をどの外向性タイプの構成員に持たせるかは密度に影響がない

	化がない	
シミュレーションの終了ステップ数(効率性)	<ul style="list-style-type: none"> すべての組織構成比において、高外向性構成員に初期情報を持たせることで情報伝達の効率性は高まる 	<ul style="list-style-type: none"> すべての組織構成比において、高外向性構成員に初期に複雑な情報を持たせることで情報伝達の効率性は高まる 単純な情報の初期情報所有構成員の外向性を操作したとしても効率性に変化がない

基本モデルを用いて、初期情報所有構成員の外向性操作を行い、密度の分析を行った結果、バランス型組織に有意な差があることが分かった。この差が生まれる要因は、どちらの外向性タイプの構成員の平均次数と関係があるのかを追加的な分析により明らかにした。その結果、初期情報を高外向性構成員が所有することで低外向性構成員の平均次数は高まるが、その上昇分以上に高外向性構成員の平均次数が低下していることが分かった。この原因は、バランス型組織の特徴にあり、早い段階で普及した情報が一方的に普及しやすくなる特徴を持っていることに起因する。早い段階で次数を増やした外向性タイプが最終的にも高い平均次数となる。バランス型組織では、高外向性構成員に初期情報を持たせることで、早い段階で低外向性構成員の平均次数が高くなりやすく、高外向性構成員の平均次数は高まらない。この結果、バランス型組織では、高外向性構成員に初期情報を持たせるほど低外向性構成員の平均次数が高まり、高外向性構成員の平均次数が低下する。バランス型組織の密度は、高外向性構成員に初期情報を持たせるほど低下することを考えると、高外向性構成員に初期情報を持たせることによる低外向性構成員の平均次数の上昇分より、高外向性構成員の平均次数の低下分の方が大きいということである。

以上のような本章の分析結果から得られた主要な知見について、以下に3つ説明する。

1つ目は、初期情報を所有する構成員の外向性の程度によって密度が変化するものの、その効果は組織の構成比に依存するということである。組織内に高外向性構成員の比率がある一定以上存在し、低外向性構成員も一部存在するようなバランス型組織において、高外向性構成員に初期情報を持たせることで密度は低下するという結果が得られた。この結果は、最初に情報を与える構成員の選択が創発されるネットワークに影響を及ぼすのがバランス

型組織だけということになる。たとえば、ある組織内で新規のプロジェクトを始める際に、構成員の外向性のバランスが取れたチームでは、初期の情報をどの構成員に持たせるかによってネットワークの構造が変化する。より稠密なネットワークを形成することを目的としている組織では低外向性構成員に持たせ、ある程度スリムなネットワーク構造を形成することを目的としている組織では高外向性構成員に初期情報を持たせることが重要となる。対照的に、低外向性組織や高外向性組織では、最初に情報を与える構成員の外向性タイプに関わらず創発されるネットワークの密度は大きな違いがない。そのため、創発構造よりもネットワークが創発される速度を基準にして初期情報をどの外向性タイプの構成員に割り振るかを考えることが重要になる。

2つ目は、質的に異なる情報の流れている組織において、初期の情報を高外向性構成員に持たせるか低外向性構成員に持たせるかは効率性の観点で非常に重要な問題となるということである。複雑情報伝達ネットワークを用いて初期情報所有構成員の外向性を操作しても創発されるネットワーク構造には大きな影響がなかった。しかしながら、情報伝達の効率性と初期情報所有構成員の外向性との関係性は顕著に存在し、複雑な情報を初期に高外向性構成員が所有することで効率性が顕著に高まることが分かった。比較的自明な結果ではあるものの、質的に異なる情報が流れる組織では、初期に複雑な情報を高外向性構成員に所有させることで情報伝達の効率性が高まる。この効果は、高外向性構成員の比率を高める効果よりも大きな効果を持っている。また、単純な情報の初期所有は、低外向性構成員と高外向性構成員のどちらであっても複雑な情報の伝達というボトルネックが解消されない限り、効率性に大きな違いが存在しない。このボトルネックの解消が情報伝達の効率性に影響を及ぼし、高外向性構成員に初期情報を持たせることが一つのボトルネック解消法であるということを示唆している。スタートアップ組織で情報伝達ネットワークを素早く形成することを目指す場合、高外向性構成員に初期情報を持たせることで大幅に早く情報伝達が完了し、質的に異なる3つの情報をすべての構成員に伝達できるような情報伝達ネットワークを形成することができる。

3つ目は、初期情報を高外向性構成員が持つことで、低外向性構成員の平均次数が高まり、高外向性構成員の平均次数が減少し、それぞれの構成員対応の平均次数の差が大きく乖離するという点である。つまり、初期情報を高外向性構成員に持たせることで、組織の情報伝達ネットワーク上の中心的な役割を持つ構成員として相対的に低外向性構成員が力を持つようになるということである。これは、より高外向的な構成員を中心としてチーム形成を行

おうとして初期情報を高外向性構成員に持たせた結果、低外向性構成員が情報伝達ネットワークの次数を拡大するということである。現実にも、バランス型のような集団では、高外向性構成員が初期に情報を持つと、まず情報を拡散するために、集団を形成しているところに伝達しに行くことが考えられる。その集団から、遅れて高外向性の構成員が情報を受け取り、情報伝達の要は低外向性構成員集団となってしまう。

第7章 本論文のまとめと今後の研究に向けて

1. 本論文の要約

本節では、本稿の要約を以下に示す。

第1章では、本研究の問題意識と研究目的を説明した。本研究では、様々な組織に存在するネットワーク構造の多様性がなぜ生じるのかを明らかにする。多様なネットワーク構造がある中で、その構造生成に着目した研究よりもネットワーク構造から個人や組織のパフォーマンスを明らかにする研究が主であった。しかしながら、組織の文脈で考えると、組織を構成する組織構成員の特性や行為選択とその相互作用に基づいて構造は創発されるのである。そのため、本研究は構造がパフォーマンスに及ぼす影響に注目するのではなく、個人の行為とその相互作用が構造にどう影響し、その構造が創発するのかを明らかにする。ネットワーク分析とは何であるのかを説明し、多様な領域でネットワーク研究が行われてきていることを説明した。ネットワーク研究において重要なことはネットワークの構成主体とその関係性である。本研究は、組織の文脈でネットワークについて研究を行う。組織の中の組織構成員をネットワークの主たる構成要素とした上で、それらの構成員の関係性を表すネットワークを情報伝達のネットワークとした。情報を伝達しあうようなネットワークの構造がどのように創発するのかについて本研究では明らかにする。

第2章では、ネットワーク研究について概観し、ネットワークにおける構造について説明した。ネットワークにおける構造指標は、何らかの主体とその主体間の関係性を分析可能な単純な形でノードと紐帯によって表現されたネットワーク図を捉えるための指標である。この構造指標を用いることで、構造を評価でき、ネットワーク分析が可能になるのである。ネットワーク分析は多様な評価指標があり、分析対象や問題設定によって扱う指標が異なる。とりわけ、多くのネットワーク研究では、この多様な構造指標を用いて社会関係資本論に基づく様々なパフォーマンスや個人の行動に関する分析を行っている。しかしながら、社会関係資本論で指摘されるようなネットワークによるパフォーマンスの規定というのは、必ずしもネットワーク構造が先行しない可能性がある。それは、ネットワークはダイナミックに変化することと個人の行為選択によって創発されるものであるため、個人の主体性やその特性、志向性などを変化させる構造とともに考慮しなければならない(Borgatti and Cross, 2003; Burt et al., 1998; Mehra, Kilduff and Brass, 2001; 安田, 1997)。これまでのネットワーク研究では、ネットワーク構造の生成に関する議論はあるものの、個人の行為や主体性を

必ずしも反映した分析とはなっていない。また、ネットワーク研究の方法論で指摘されるような問題点を考慮すると、シミュレーションによる分析が適合的な分析手法の一つである。しかしながら、既存のシミュレーションを用いたネットワーク研究では分析者のルールによってネットワークが形成されるモデルとなっていて、個人の主体性が反映されていない点も問題点として挙げられる。そのため、本研究では、それら点を問題意識として持ち、ネットワークの構造が主体性を持った個人間の相互作用から構造創発を分析する意義を示した。

第 3 章では、シミュレーション研究のレビューを行った。特に本研究で扱うマルチエージェント・シミュレーション研究を中心に既存研究の整理と本研究との接点を説明した。経営学においてシミュレーション研究は、盛んに行われてきた。シミュレーションという手法の適用範囲の拡大と有用性を示し、問題設定によって扱うシミュレーション・タイプは異なることを指摘した。主にシミュレーション・アプローチには 3 つのタイプが存在し、本研究で扱うシミュレーション・タイプはその中の一つである。それぞれのシミュレーション・タイプについて説明した上で、本研究で扱うマルチエージェント・シミュレーションについて説明を行った。また、そのマルチエージェント・シミュレーション法を用いた研究について紹介を行い、本研究のテーマであるネットワーク構造の創発分析とこのマルチエージェント・シミュレーション法が適合的であることを指摘した。

第 4 章では、組織の情報伝達ネットワークが創発される基本モデルの構築とその創発構造の分析結果について説明を行った。第 4 章のシミュレーション・モデルは、幅広く適応可能でシンプルな基本モデルの構築を目指した。本研究の基本となるシミュレーション・モデルは、構成員の行為選択に基づくルールによって行為者である組織構成員の情報伝達に伴って紐帯が形成される。この形成された紐帯の集合が、創発現象としてのネットワークを表している。つまり、本研究の基本には、ミクロな行為者の行為選択がマクロなネットワーク構造として立ち現れるようなモデル構築を目指したのである。この行為選択に関わる基準として、2 つの行為選択に影響を及ぼす要因を設定した。1 つ目が、同じ情報所有状態の構成員に近づくという同調性追求効果である。2 つ目が、より活発に移動するか、それほど活発に移動しないかを表す外向性である。この 2 つの行為に影響を及ぼす要因によってそれぞれの構成員の移動方向と移動距離が決定する。移動を通じて接触が起こることで情報伝達がなされ、紐帯が形成されるため、この 2 つの要因が構成員間のネットワーク形成に影響を及ぼす。ただし、機械的にこの要因が作用して常に同じタイプの構成員が同じような行

動をとるわけではなく、それぞれの構成員は周囲の構成員の状態によっても行為が変化する。このような、モデルを構築するために、個人の主体性を反映可能なマルチエージェント・シミュレーションを用いたのである。

4.2 節と 4.3 節では、基本モデルを通じて、ネットワーク構造の創発を分析した。基本モデルで対象とした分析指標は、密度とシミュレーションの終了ステップ数、最大次数中心性、平均次数である。それぞれの分析指標に対して、構成員の外向性別の組織構成比を 3 つに分類し、分析を行った。この組織構成比は構成員を低外向性構成員と高外向性構成員に分類し、それぞれの外向性タイプの構成員の組織内人口比率を操作化して、低外向性組織とバランス型組織、高外向性組織の 3 つである。それぞれの分析指標ごとの主要なシミュレーション結果について簡単に説明する。高外向性構成員の比率が増加すると密度は低下し、効率性は高まる。ただし、効率性はバランス型組織よりも高外向性構成員の比率を高めても変化がない。最大次数中心性の分析指標を扱った分析では、組織のネットワークで最も中心的な構成員となる外向性タイプを明らかにした。その結果、各組織構成比の次数中心的な人物となるのは、その組織の構成比に依存していて、その構成比に応じた確率で最終的に次数中心的になる構成員の外向性タイプが決定している。しかしながら、高外向性組織のみ、母数よりも高い確率で低外向性構成員が最大次数中心性となった。平均次数の分析では、ネットワークの密度に寄与している外向性タイプを明らかにした。その結果、低外向性組織以外は、低外向性構成員がネットワークの密度創発の主要な担い手であることが示された。

第 5 章では、実際の組織で流れる情報の質的な違いに着目し、ネットワーク創発の分析を行った。組織で流れる情報が 2 つあると仮定した場合、それぞれの情報が質的に同等ではないことは実際の組織で起こりうる。このような、情報の質的な違いを考慮したネットワーク創発のモデルを構築するために、第 5 章では情報の質的な違いを情報の複雑性の違いとして定義した。まず、複雑性の異なる情報を 2 つ設定し、それに伴うネットワーク創発モデルの再構築を行った。具体的には、複雑な情報には 2 回接触しなければ情報が伝達しないというルールを加えてモデルを構築した。再構築した複雑情報伝達モデルを通じて、第 4 章の分析で扱った同様の分析指標で分析を行い、基本モデルの結果との比較を行った。

複雑情報伝達モデルを用いて得られたシミュレーション結果と基本モデルによるシミュレーション結果を対比した結果を 4 つと追加的な分析の結果を 1 つ紹介する。1 つ目に、密度の基本的な構成比別の傾向は、どちらのモデルを用いた場合でも同じだが、密度自体の数値は複雑情報伝達モデルを用いた場合の方が大きいということが示された。2 つ目に、複雑

情報伝達モデルを用いた場合は効率性の違いは認められなかった。基本モデルで高外向性構成員の比率を高めると効率性が高まるという結果が得られていたため、この結果は基本モデルと異なる。3つ目に、最大次数中心性となる構成員の外向性タイプの分析では、外向性別構成比率と比較すると、バランス型組織と高外向性組織で低外向性構成員が最大次数中心性となる確率が非常に高かった。この結果は、複雑情報伝達モデル特有の結果で、モデルの設定上、初期の情報所有構成員が低外向性構成員であり、その構成員が最大次数中心性となる確率が高いことに起因する。そのため、複雑情報伝達モデルを用いた、最大次数中心性の分析では、初期情報所有者を除いた情報伝達ネットワークの中心人物を特定する分析を追加的に行った。その結果、構成比におけるマイノリティ側の構成員が外向性別構成員比率と比較して高い確率で最大次数中心性となることが分かった。最後に、平均次数の分析では、基本的な傾向は基本モデルと大きく違いがないことが示された。基本モデルを用いた場合のネットワーク創発構造分析の結果と複雑情報モデルを用いた場合のネットワーク創発構造分析の結果をまとめ、比較したものを5.3節の表5-1に示されている。

第6章では、初期情報所有構成員の外向性の程度が創発されるネットワーク構造に及ぼす影響について分析を行った。6.1節では、初期情報所有者についての分析の必要性と分析内容について説明を行った。組織内で最初にどのような構成員に情報を持たせるかによって、その後の情報伝達に変化がある。そのため、情報伝達に伴うネットワーク構造は初期情報所有構成員がどのような構成員なのかによって変化するはずである。ネットワーク構造の違いを説明する一つの要因として、初期情報所有構成員の外向性タイプを第6章では取り上げて分析を行った。特に、初期情報所有構成員とネットワーク全体の構造について分析を行った。扱った分析指標は、密度とシミュレーションの終了ステップ数、平均次数である。また、密度とシミュレーションの終了ステップ数の分析は、基本モデルと複雑情報伝達モデルの2つのモデルを用いて分析を行った。平均次数は密度と大きく関連している指標であることから、本章では、密度に差があった結果に焦点を当てて平均次数の分析を行った。

6.2節では密度とシミュレーションのステップ数を対象としたシミュレーション結果を提示した。簡単に得られた結果について、基本モデル用いた場合と複雑情報モデルを用いた場合を分けて説明する。まず基本モデルの主要な結果から説明する。基本モデルを用いた場合の初期情報所有構成員の外向性を操作することによる密度の変化は、バランス型組織にのみ認められた。バランス型組織では、高外向性構成員に初期情報を持たせることによって密度が低下するという結果が得られた。また、他の組織構成比においては、初期情報所有構成

員の外向性別の密度に違いは存在しなかった。次に、基本モデルを用いた場合の初期情報所有構成員の外向性を操作することによるシミュレーションの終了ステップ数の分析結果について説明する。主要な分析結果として、初期情報を高外向性構成員が持つことで、効率性は高まることが示された。これは、どの組織構成比においても見られた傾向であった。

複雑情報伝達モデルを用いた場合の初期情報所有構成員の外向性操作による密度とシミュレーションの終了ステップ数の分析結果について説明する。複雑情報伝達モデルを用いた場合の初期情報所有構成員の外向性を操作することによる密度の変化は、どの組織構成比においても存在しなかった。つまり、質的に異なる情報が2つ組織内に流れる場合、最初にその情報を誰が持っているのかはそれほど大きく影響しないということである。次に、複雑情報伝達モデルを用いた場合の初期情報所有構成員の外向性を操作することによるシミュレーションの終了ステップ数は、初期に複雑な情報を高外向性構成員に持たせることで少なくなることが示された。つまり、初期に複雑な情報を高外向性構成員に持たせることで情報伝達とそれに伴うネットワーク創発の効率性が高まることを示している。

最後に、初期情報所有構成員の外向性操作によって密度に違いが存在した、基本モデルを用いたバランス型組織の分析結果の解釈を行うために追加的な分析を行った。追加の分析では、密度形成に寄与している構成員タイプを分析するために平均次数を分析指標として扱った。その結果、初期情報所有構成員が高外向性構成員であることで、低外向性構成員の平均次数は高まり、高外向性構成員の平均次数は低下するという結果が得られた。初期情報所有構成員が高外向性構成員であることで、密度全体は低下していることを考えると、高外向性構成員の平均次数の低下の方が低外向性構成員の平均次数の上昇分より大きいということになる。この結果はバランス型組織特有の情報伝達の初期段階のプロセスが影響している可能性が示唆される。

2. 本研究の貢献点

各章の小括と7.1節で章ごとの知見を整理してきた。本節では、本研究の分析から得られた知見を統合して、本研究の貢献点を構造創発に及ぼす要因に関する貢献点と構造創発メカニズムに関する貢献点の2つに分割し説明する。

2.1. 構造創発に影響を及ぼす要因

本研究では、主体性を持つ個人を設定し、ネットワークの創発構造を構成員間の相互作用

から分析した。その結果、ネットワーク構造と構成員の行為選択は関連しているということが結果から示された。構成員が組織内で誰と情報伝達を行うかが構成員の志向性や特性によって左右され、その結果ネットワーク構造は変化する。つまり、個人の行為選択に及ぼす要因を含めた個人間の相互作用によるネットワーク創発モデルを用いることで組織のネットワーク構造は捉えられるということを明らかにしたのである。

そのネットワーク創発に影響を及ぼす要因として、本項では、主要な3つの要因を指摘する。1つ目がネットワーク創発の構造と情報伝達にかかる時間である。シミュレーション結果から、時間と構造の関係を指摘したことは、これまで議論が不十分であったネットワーク研究におけるダイナミズムの重要性を示せたことになる(Ahuja, Soda, and Zaheer, 2012; Kim et al., 2016)。具体的に、より効率的な情報伝達が起こることで創発されるネットワークの凝集性が低下し、時間をかけて情報伝達を行うことでネットワークの凝集性は高まる。複雑な情報が組織内で流れる場合も同様で、複雑な情報を扱うことで2つの情報を伝達するための情報伝達ネットワークが創発されるまでの時間が遅れ、凝集性の高いネットワークが創発するのである。組織内に存在する人間の多様性が高まると協調が起こりにくく情報伝達がスムーズに起こらなくなる可能性が指摘されている(Chatman and Flynn, 2001)。複雑な情報を簡単には理解できず、接触した相手を異なる状態の構成員であると認識し、協調が起こりにくく、情報伝達が遅れるということが複雑情報伝達モデルで起こっていると考えると、既存研究の指摘と整合的である。これら結果は、シミュレーションによって、時間的な変数とネットワークの構造変数の両方を同時に扱い、分析できたことによって明らかになった結果である。

2つ目は、構成員の外向性である。本研究の分析結果から、ネットワーク構造に構成員の外向性を操作することで多様な影響があることを明らかにした。低外向性構成員は、組織内の中心人物になりやすいことや、全体の凝集性に対しても高い貢献度があるという結果が得られた。一見、活動的な構成員が紐帯を形成し、中心的な人物や役割を示す構成員タイプになるように思えるが、実際は移動しないような構成員の方が組織の情報伝達ネットワークの要となるのである。これは、実際の組織内での場面を想定すると、低外向性構成員が、その組織内で安定して動かずとどまることで、その構成員に聞けば組織のことが色々分かるという他の構成員から信頼を獲得し、次数を高めていくというような状態と解釈することも可能である。また、高外向性構成員は紐帯の数を多く形成せずスリムなネットワークを形成するのである。単に、構成員の外向性がネットワークの創発構造に影響を及ぼすだけ

でなく、初期情報を所有する構成員の外向性も大きく影響を及ぼした。特に、バランス型組織では、初期にどの構成員に情報を持たせるかが非常に重要になることを明らかにした。

3つ目は、情報の複雑性である。複雑さの異なる情報が流れることで、情報伝達ネットワークの凝集性が高まる。この結論はモデルの設定上、自明な結果にも思えるが、ネットワークの凝集性を高める一つの要因として指摘できる。これは、組織として単純な情報に関連した問題に取り組むことが組織の凝集性をかえって低下させてしまうことを意味する。反対に、凝集性が高まるとパフォーマンスも高まるという指摘を考慮すると、難しい問題に取り組んでいる組織ほど情報伝達ネットワークの稠密さが増し、その後の集団のパフォーマンスが高まる可能性がある(Beal et al., 2003; Chiochio and Essiembre, 2009; Evans and Dion, 1991)。

実務的にもこれらの要因を明らかにしたことに本研究の貢献点は存在する。ネットワーク構造に影響を及ぼす要因を考慮することで、組織やチームの望んだ情報伝達ネットワークの凝集性を形成することが可能である。凝集性の高いネットワークを形成しようとしている組織やチームは、低外向性構成員を組織やチームに多く登用し、積極的に早い段階から複雑な情報を流すことでより凝集的なネットワークを形成することができる。対して、スリムな組織やチーム形成を望んでいる場合は、高外向性構成員を多く登用し、なるべく単純な情報を処理させることで凝集性の低いネットワーク構造が創発するのである。この密度から表される、凝集性の議論は、組織内の多様性の問題とも関連していて、密度が低いことで多様性を維持できるというような議論も存在する(安田, 1997)。そのため、組織内の多様性を維持するか、一貫して管理しやすく、密な情報伝達を行うネットワークを追求するのかによってチーム編成や採用人事の選択は異なる。

リーダーの選択もプロジェクトチームの形成には重要な問題となる。初期にプロジェクトの多様な情報を持つリーダーをどのようにするかを選択する際に、高外向性構成員にすることで素早く情報が伝達され、ネットワークが形成される。特に、複雑な情報が組織に流れることでより大きな効果がある。

また、ネットワークの構造が時間的な要素と関係があるため、凝集性を高めるか、効率性を高めるかを考えながら、登用する人材や与える情報、初期段階に情報を持たせる構成員の選択を行わなければならない。

2.2. 構造創発メカニズム

本研究の貢献点として、構造創発メカニズムに関するいくつかの知見を提供した点にある。まず、情報伝達ネットワークの創発構造のメカニズムとして影響を及ぼしたのが低外向性構成員の集団形成である。低外向性構成員が多い組織では、集団形成が起こるため、着実に一つずつの情報が伝達され密度の高いネットワークが形成されるのである。この集団形成が、情報伝達ネットワークの構造を大きく左右することが推測される。対照的に、高外向性構成員が多い組織では、集団が形成されないことからより一次的なつながりが増えるのである。そのため、そのような組織では、密度が低くなる。この低外向性構成員の集団形成が起こることは、同調性追求効果と外向性という 2 つの志向性の相互作用によって現れた特徴である。

この集団形成の規模が大きくなることは集団の可視性にも影響を及ぼす。集団の規模が大きくなることで集団の可視性が高くなる。集団の可視性が高まることは低外向性構成員にとっても高外向性構成員にとっても、情報伝達を促進し、紐帯形成が起こりやすくなる。そのため、低外向性組織のような組織ではどちらの外向性タイプの構成員も平均次数は高くなる。しかしながら、高外向性構成員の比率が高まると、集団規模が小さくなり、可視性が低下する。この可視性が低下することによって、高外向性構成員の中から情報を全く得られないような構成員が現れる。低外向性構成員は、規模は小さくなるものの集団は形成しているので単体で存在する高外向性構成員よりは安定的に紐帯を形成する。つまり、これは情報の偏在が起こっているということである。情報を最後まで持たない高外向性構成員が現れることで、高外向性組織における高外向性構成員の平均次数は低下するのである。

複雑情報伝達モデルの最大次数中心性の分析では、初期情報所有者が最大次数中心性になることが分かった。モデルの設定上、結果自体は自明ではあるものの、そのメカニズムは単純ではない。複雑な情報を初期に所有する構成員は、情報を伝達することに時間を費やしながら、多くの構成員に伝達しようとする。単純な情報であれば、即座に他の構成員に伝達され、その構成員がまた次の構成員に伝達する。しかしながら、そのような情報の伝達が促進しないため、初期情報を持つ構成員の重要性が高まり、結果的に最大次数中心性を持つ構成員となるのである。この結果は、質的に異なる情報の流れている組織の情報伝達ネットワーク内の中心的な人物が現れる一つのメカニズムとなる。

ネットワーク研究に対して、ネットワーク構造のメカニズムに対する一部の知見を提供できた点が本研究の貢献の一つである。また、これらのネットワーク構造創発のメカニズム

は、多様な要因によって引き起こされていることが分かった。このネットワーク構造の創発メカニズムを明らかにするためには、その多様な要因を同時にかつ複合的に分析できるシミュレーション研究が適していることを示すことができた点も本研究の貢献点と言えるだろう。マルチエージェント・シミュレーションを用いることで、個人の主体性の観点から分析が行われてこなかったネットワークの創発議論に対して、一定の貢献はあると考えられる。

3. 本研究の発展可能性と限界について

本研究では、マルチエージェント・シミュレーションを用いたネットワークの創発について明らかにしてきた。本研究の分析とその結果から、限界と今後の発展可能性が考えられる。ここでは3つの限界とその限界に対する今後の発展可能性について説明する。

まず、1つ目として、ネットワークの適切な構造指標の選択の問題がある。本研究では、ネットワーク全体の構造指標として密度と平均次数、個人のネットワーク構造を表す指標として次数中心性と最大次数中心性を扱い分析を行った。しかしながら、ネットワーク全体の構造を評価する指標には他にもサイズや平均距離などその他の指標も存在する。また、個人のネットワーク構造を評価する指標にも媒介中心性や近接中心性などがある。とりわけ、どのような構成員を組織の中心人物と考えるかには議論が分かれる。他の集団との結節点となるような人物が組織内で重要な場合、そのような人物を中心的な人物と考える場合もある。本研究では、個人の主体性とその個人間の相互作用を表現可能なマルチエージェント・シミュレーションを用いて、基本的なネットワークの構造を明らかにする第一歩であったため、比較的ネットワーク構造をシンプルに表現できる指標を用いた。しかしながら、将来的には、他の構造指標を用いて分析を行うことも意義があるだろう。

2つ目に、個人の行動基準に関するその他の要因の検討が挙げられる。シミュレーションという手法上、結果の解釈を複雑にしてしまう設定をすることは避けなくてはならない。結果の解釈が煩雑になることを避けるため、行動基準には同質性追求効果と外向性の2つの基準に基づいて個人の行動が規定されていた。しかしながら、その他にも個人の行動には、様々な要因が影響すると考えられる。たとえば、自身の利益を追い求めてネットワークの中心的な人物にアクセスしようとすることや、情報を持っている人間に対してアプローチする行動などが挙げられる。特に、ネットワーク研究では、ネットワークの認知の問題が取り上げられることがある(Cross and Cumming, 2004)。実際に形成されているネットワークと

個人が認知しているネットワークは異なることがある。そのため、個人のネットワーク認知がネットワーク創発との関係性を明らかにする分析も今後の研究の展開としてあり得るだろう。

3つ目に、外的妥当性の問題がある。現実の組織では、様々なコンテキストの違いが存在する。ネットワーク分析では、ネットワークの構造を分析する際に、そのノードや関係性に重みづけを行い、より実際のネットワーク構造を把握し、分析することがある。これは、各ノードを同じものとして仮定してしまうと、多くの情報が無視されてしまうことになるからである(Scott, 2017; 安田, 1997)。また、組織全体のコンテキストとしても、組織によっては、それほど多くの人と交流を持たないような構造となっていて、紐帯形成に限界がある場合も存在する(Scott, 2017)。本稿の目的は、より基本となる組織構成員の行為に基づくネットワーク創発について幅広い組織に適応可能なモデルを検討することにある。そのため、詳細な組織のコンテキストや構成員の役職や能力などは反映していない。組織レベルで見ても、多くの構成員間の情報伝達を必要としない組織では、形成される紐帯にある程度の限界がある場合もある。構成員同士で職務に関する情報を共有しないような職場はその例であろう。あるいは、組織構造がよりフラットなのかヒエラルキーのはっきりとした組織なのかによってもネットワーク構造の評価は異なるだろう。この点に関して、本シミュレーション・モデルは、ある特定のフラットな集団を仮定していたため、中心性の議論や相互作用の仕方には変化を加えていない。たとえば、実際の組織では、このようなフラットな関係での相互作用だけではなく、上司と部下関係など様々なコンテキストの違う相互作用が存在する。上司と部下間の情報伝達が起こった際に、その後の上司の次数中心性が高くなる場合と部下の次数中心性が高くなる場合とでは、組織のコンテキストによって評価の仕方は異なるだろう。フラットな組織で上司の次数中心性が高い場合、様々な構成員とのつながりを持つ上司となり、役職としてだけでなく実質的にもその組織のリーダーであることから次数中心性が高くなることは当然である。しかしながら、そのような組織の中で、部下の次数中心性が高まったとすると、その部下の役割は特殊な役割を持った構成員となる。本稿のモデルでは、次数中心性が同じであれば、同等の意味を持つノードとして解釈されてしまう。実際には質的に違うノードや組織コンテキストを反映したモデルを構築することでより外的妥当性の高いモデルを構築できると考えられる。本稿のモデルはそのベースとなるモデルであり、このモデルを基により詳細な設定を設けて、組織内の情報伝達ネットワークの創発を分析することも意義があるだろう。

参考文献(ABC 順)

- Ahuja, G., Soda, G., & Zaheer, A. (2012). The Genesis and Dynamics of Organizational Networks. *Organization Science*, 23(2), 434-448.
- Alavi, M., & Leinder, D. E. (2001). Review: Knowledge Management and Knowledge Management Systems: Conceptual Foundations and Research Issues. *MIS Quarterly*, 25(1), 107-136.
- Albert, R., & Barabási, A. L. (2002). Statistical Mechanics of Complex Networks. *Reviews of Modern Physics*, 74(1), 47.
- Athanassiou, N., & Nigh, D. (1999). The Impact of US Company Internationalization on Top Management Team Advice Networks: A Tacit Knowledge Perspective. *Strategic Management Journal*, 20(1), 83-92.
- Axelrod, R. (1997). The Dissemination of Culture: A Model with Local Convergence and Global Polarization. *Journal of Conflict Resolution*, 41(2), 203-226.
- Balkundi, P., & Kilduff, M. (2006). The Ties That Lead: A Social Network Approach to Leadership. *The Leadership Quarterly*, 17(4), 419-439.
- Baron, R. A., & Markman, G. D. (2003). Beyond Social Capital: The Role of Entrepreneurs' Social Competence in Their Financial Success. *Journal of Business Venturing*, 18(1), 41-60.
- Barrick, M. R., & Mount, M. K. (1991). The Big Five Personality Dimensions and Job Performance: A Meta - Analysis. *Personnel Psychology*, 44(1), 1-26.
- Beal, D. J., Cohen, R. R., Burke, M. J., & McLendon, C. L. (2003). Cohesion and Performance in Groups: A Meta-Analytic Clarification of Construct Relations. *Journal of Applied Psychology*, 88(6), 989.
- Benenson, I. (1998). Multi-Agent Simulations of Residential Dynamics in The City. *Computers, Environment and Urban Systems*, 22(1), 25-42.
- Bianchi, C. (2012). Enhancing Performance Management and Sustainable Organizational Growth Through System-Dynamics Modelling. In *Systemic Management for Intelligent Organizations* (pp. 143-161). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Blackmore, K. L., & Nesbitt, K. V. (2009). Defending Against Turbulent Conditions: Results

- from an Agent-Based Simulation. *International Journal of Business Studies: A Publication of the Faculty of Business Administration, Edith Cowan University*, 17(1), 127.
- Bonabeau, E. (2002). Agent-Based Modeling: Methods and Techniques for Simulating Human Systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(3), 7280-7287.
- Borgatti, S. P., & Foster, P. C. (2003). The Network Paradigm in Organizational Research: A Review and Typology. *Journal of Management*, 29(6), 991-1013.
- Brandes, U. (2001). A Faster Algorithm for Betweenness Centrality. *Journal of Mathematical Sociology*, 25(2), 163-177.
- Brown, J. J., & Reingen, P. H. (1987). Social Ties and Word-of-Mouth Referral Behavior. *Journal of Consumer Research*, 14(3), 350-362.
- Burt, R. S. (2004). Structural Holes and Good Ideas. *American Journal of Sociology*, 110(2), 349-399.
- Burt, R. S., Jannotta, J. E., & Mahoney, J. T. (1998). Personality Correlates of Structural Holes. *Social Networks*, 20(1), 63-87.
- Byrne, D. (1961). Interpersonal Attraction and Attitude Similarity. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, 62(3), 713.
- Carley, K. (1991). A Theory of Group Stability. *American Sociological Review*, 331-354.
- Carley, K. M., & Krackhardt, D. (1996). Cognitive Inconsistencies and Non-Symmetric Friendship. *Social Networks*, 18(1), 1-27.
- Cela, K. L., Sicilia, M. Á., & Sánchez, S. (2015). Social Network Analysis in E-Learning Environments: A Preliminary Systematic Review. *Educational Psychology Review*, 27(1), 219-246.
- Chae, S. W., Seo, Y. W., & Lee, K. C. (2015). Task Difficulty and Team Diversity on Team Creativity: Multi-Agent Simulation Approach. *Computers in Human Behavior*, 42, 83-92.
- Chatman, J. A., & Flynn, F. J. (2001). The Influence of Demographic Heterogeneity on the Emergence and Consequences of Cooperative Norms in Work Teams. *Academy of Management Journal*, 44(5), 956-974.
- Chi, N. W., Grandey, A. A., Diamond, J. A., & Krimmel, K. R. (2011). Want a Tip? Service Performance as a Function of Emotion Regulation and Extraversion. *Journal of Applied Psychology*, 96(6), 1337.

- Chiocchio, F., & Essiembre, H. (2009). Cohesion and Performance: A Meta-Analytic Review of Disparities Between Project Teams, Production Teams, and Service Teams. *Small Group Research*, 40(4), 382-420.
- Chou, J. S. (2011). Cost Simulation in an Item-Based Project Involving Construction Engineering and Management. *International Journal of Project Management*, 29(6), 706-717.
- Chow, W. S., & Chan, L. S. (2008). Social Network, Social Trust and Shared Goals in Organizational Knowledge Sharing. *Information & Management*, 45(7), 458-465.
- Cohen, M. D., March, J. G., & Olsen, J. P. (1972). A Garbage Can Model of Organizational Choice. *Administrative Science Quarterly*, 17(1), 1-25.
- Constant, D., Kiesler, S., & Sproull, L. (1994). What's Mine is Ours, or is It? A Study of Attitudes about Information Sharing. *Information Systems Research*, 5(4), 400-421.
- Cross, R., & Cummings, J. N. (2004). Tie and Network Correlates of Individual Performance in Knowledge-Intensive Work. *Academy of Management Journal*, 47(6), 928-937.
- Davis, J. P., Eisenhardt, K. M., & Bingham, C. B. (2007). Developing Theory Through Simulation Methods. *Academy of Management Review*, 32(2), 480-499.
- De Jong, R. D., Bouhuys, S. A., & Barnhoorn, J. C. (1999). Personality, Self - Efficacy and Functioning in Management Teams: A Contribution to Validation. *International Journal of Selection and Assessment*, 7(1), 46-49.
- Engel, J. F., Kegerreis, R. J., & Blackwell, R. D. (1969). Word-of-Mouth Communication by the Innovator. *Journal of Marketing*, 33(3), 15-19.
- Esser, J., & Schreckenberg, M. (1997). Microscopic Simulation of Urban Traffic Based on Cellular Automata. *International Journal of Modern Physics C*, 8(05), 1025-1036.
- Evans, C. R., & Dion, K. L. (1991). Group Cohesion and Performance: A Meta-Analysis. *Small Group Research*, 22(2), 175-186.
- Fang, C., & Marle, F. (2012). A Simulation-Based Risk Network Model for Decision Support in Project Risk Management. *Decision Support Systems*, 52(3), 635-644.
- Freeman, L. C. (1978). Centrality in Social Networks Conceptual Clarification. *Social Networks*, 1(3), 215-239.
- Friedkin, N. E. (1982). Information Flow Through Strong and Weak Ties in

- Intraorganizational Social Networks. *Social Networks*, 3(4), 273-285.
- Garcia, R. (2005). Uses of Agent - Based Modeling in Innovation/New Product Development Research. *Journal of Product Innovation Management*, 22(5), 380-398.
- Granovetter, M. S. (1973). The Strength of Weak Ties. *American Journal of Sociology*, 78(6), 1360-1380
- Hansen, M. T. (1999). The Search-Transfer Problem: The Role of Weak Ties in Sharing Knowledge Across Organization Subunits. *Administrative Science Quarterly*, 44(1), 82-111.
- Harrison, J. R., and Carroll, G. R. (1991). Keeping the Faith: A Model of Cultural Transmission in Formal Organizations. *Administrative Science Quarterly*, 36(4), 552-582.
- Harrison, J. R., Lin, Z., Carroll, G. R., & Carley, K. M. (2007). Simulation Modeling in Organizational and Management Research. *Academy of Management Review*, 32(4), 1229-1245.
- Hatala, J. P., & Lutta, J. G. (2009). Managing Information Sharing Within an Organizational Setting: A Social Network Perspective. *Performance Improvement Quarterly*, 21(4), 5-33.
- Haythornthwaite, C. (1996). Social Network Analysis: An Approach and Technique for the Study of Information Exchange. *Library & Information Science Research*, 18(4), 323-342.
- Ibarra, H. (1993). Personal Networks of Women and Minorities in Management: A Conceptual Framework. *Academy of Management Review*, 18(1), 56-87.
- 稲水伸行. (2006). マルチエージェントシミュレータを使ったゴミ箱モデルの再検討. 行動計量学, 33(2), 141-157.
- 石塚浩. (2010). 社会関係資本と企業業績: 組織横断型の協力関係と橋渡し促進の関係. 日本経営学会誌, 26, 65-76.
- Janssen, M. A., & Jager, W. (2002). Stimulating Diffusion of Green Products. *Journal of Evolutionary Economics*, 12(3), 283-306.
- Kilduff, M., & Krackhardt, D. (1994). Bringing the Individual Back in: A Structural Analysis of the Internal Market for Reputation in Organizations. *Academy of Management Journal*, 37(1), 87-108.
- Kim, J. Y., Howard, M., Cox Pahnke, E., & Boeker, W. (2016). Understanding Network Formation in Strategy Research: Exponential Random Graph Models. *Strategic*

- Management Journal*, 37(1), 22-44.
- Krämer, N. C., & Winter, S. (2008). Impression Management 2.0: The Relationship of Self-esteem, Extraversion, Self-Efficacy, and Self-Presentation within Social Networking Sites. *Journal of Media Psychology*, 20(3), 106-116.
- Lee, Y. W., Strong, D. M., Kahn, B. K., & Wang, R. Y. (2002). AIMQ: A Methodology for Information Quality Assessment. *Information & Management*, 40(2), 133-146.
- Leenders, R. T. A. (2002). Modeling Social Influence Through Network Autocorrelation: Constructing the Weight Matrix. *Social Networks*, 24(1), 21-47.
- Leenders, R. T. A., Van Engelen, J. M., & Kratzer, J. (2003). Virtuality, Communication, and New Product Team Creativity: A Social Network Perspective. *Journal of Engineering and Technology Management*, 20(1-2), 69-92.
- Liu, Y., & Feng, Y. (2012). A Logistic Based Cellular Automata Model for Continuous Urban Growth Simulation: A Case Study of the Gold Coast City, Australia. In *Agent-Based Models of Geographical Systems* (pp. 643-662). Springer, Dordrecht.
- Lomi, A., & Larsen, E. R. (1998). Density Delay and Organizational Survival: Computational Models and Empirical Comparisons. *Computational & Mathematical Organization Theory*, 3(4), 219-247.
- Loughead, T. M., Fransen, K., Van Puyenbroeck, S., Hoffmann, M. D., De Cuyper, B., Vanbeselaere, N., & Boen, F. (2016). An Examination of the Relationship between Athlete Leadership and Cohesion Using Social Network Analysis. *Journal of Sports Sciences*, 34(21), 2063-2073.
- Macy, M. W., & Skvoretz, J. (1998). The Evolution of Trust and Cooperation between Strangers: A Computational Model. *American Sociological Review*, 638-660.
- Macy, M. W., & Willer, R. (2002). From Factors to Actors: Computational Sociology and Agent-based Modeling. *Annual Review of Sociology*, 28(1), 143-166.
- March, J. G. (1991). Exploration and Exploitation in Organizational Learning. *Organization Science*, 2(1), 71-87.
- McPherson, J. M., Popielarz, P. A., & Drobnic, S. (1992). Social Networks and Organizational Dynamics. *American Sociological Review*, 153-170.
- McPherson, J. M., Smith-Lovin, L., & Cook, J. M. (2001). Birds of a Feather: Homophily in

- Social Networks. *Annual Review of Sociology*, 27(1), 415-444.
- Mehra, A., Kilduff, M., & Brass, D. J. (2001). The Social Networks of High and Low Self-Monitors: Implications for Workplace Performance. *Administrative Science Quarterly*, 46(1), 121-146.
- 並川努, 谷伊織, 脇田貴文, 熊谷龍一, 中根愛, & 野口裕之. (2012). Big Five 尺度短縮版の開発と信頼性と妥当性の検討. *心理学研究*, 83(2), 91-99.
- Nogueira, J. C., & Raz, T. (2006). Structure and Flexibility of Project Teams Under Surlulent Environments: An Application of Agent-Based Simulation. *Project Management Journal*, 37(2), 5-10.
- 沼上幹. (2000). 行為の経営学: 経営学における意図せざる結果の探究. 白桃書房.
- Ogunlana, S. O., Li, H., & Sukhera, F. A. (2003). System Dynamics Approach to Exploring Performance Enhancement in a Construction Organization. *Journal of Construction Engineering and Management*, 129(5), 528-536.
- 大久保潤, 藤原義久, 上林憲行, 小野直亮, 湯田聴夫, 相馬亘, & 佐藤一憲. (2007). ネットワーク科学の工具箱: つなかりに隠れた現象をひもとく. 近代科学社.
- Opsahl, T., Agneessens, F., & Skvoretz, J. (2010). Node Centrality in Weighted Networks: Generalizing Degree and Shortest Paths. *Social Networks*, 32(3), 245-251.
- Reynolds, C. W. (1987). Flocks, Herds, and Schools: A Distributed Behavioral Model. *Computer Graphics*, 21(4), 25-34.
- Rogers, E. M. (2007). イノベーションの普及. 翔泳社.
- Rudolph, J. W., & Repenning, N. P. (2002). Disaster Dynamics: Understanding the Role of Quantity in Organizational Collapse. *Administrative Science Quarterly*, 47(1), 1-30.
- Sastry, M. A. (1997). Problems and Paradoxes in a Model of Punctuated Organizational Change. *Administrative Science Quarterly*, 237-275.
- Schelling, T. C. (1969). Models of Segregation. *The American Economic Review*, 59(2), 488-493.
- Schelling, T. C. (2006). *Micromotives and Macrobehavior*. WW Norton & Company.
- Scott, J. (2017). *Social Network Analysis*. SAGE.
- 篠田孝祐, 松尾豊, & 中島秀之. (2008). 複数の中心性尺度によるネットワーク生成モデル. *知能と情報*, 20(3), 410-422.

- Sparrowe, R. T., Liden, R. C., Wayne, S. J., & Kraimer, M. L. (2001). Social Networks and the Performance of Individuals and Groups. *Academy of Management Journal*, 44(2), 316-325.
- Strang, D., & Macy, M. W. (2001). In Search of Excellence: Fads, Success Stories, and Adaptive Emulation. *American Journal of Sociology*, 107(1), 147-182.
- 鈴木隆子. (1992). 向社会的行動に影響する諸要因. 実験社会心理学研究, 32(1), 71-84.
- 寺野隆雄. (2003). エージェントベースモデリング: KISS 原理を超えて (< 特集> 複雑系と集合知). 人工知能学会誌, 18(6), 710-715.
- 寺野隆雄. (2004). エージェント・ベース・モデリング: その楽しさと難しさ. 計測と制御, 43(12), 927-931.
- Tichy, N. M., Tushman, M. L., & Fombrun, C. (1979). Social Network Analysis for Organizations. *Academy of Management review*, 4(4), 507-519.
- Tulin, M., Pollet, T. V., & Lehmann-Willenbrock, N. (2018). Perceived Group Cohesion Versus Actual Social Structure: A Study Using Social Network Analysis of Egocentric Facebook Networks. *Social Science Research*, 74, 161-175.
- Turner, J. R., & Müller, R. (2005). The Project Manager's Leadership Style as a Success Factor on Projects: A Literature Review. *Project Management Journal*, 36(2), 49-61.
- Wang, Z., Yao, Z., Gu, G., Hu, F., & Dai, X. (2014). Multi - Agent - Aased Simulation on Technology Innovation - Diffusion in China. *Papers in Regional Science*, 93(2), 385-408.
- Wasserman, S., & Faust, K. (1994). *Social Network Analysis: Methods and Applications* (Vol. 8). Cambridge University Press.
- Wise, S. (2014). Can a Team Have Too Much Cohesion? The Dark Side to Network Density. *European Management Journal*, 32(5), 703-711.
- 山影進. (2007). 人工社会構築指南: artisoc によるマルチエージェント・シミュレーション入門. 書籍工房早山.
- Yang, T. M., & Maxwell, T. A. (2011). Information-Sharing in Public Organizations: A Literature Review of Interpersonal, Intra-Organizational and Inter-Organizational Success Factors. *Government Information Quarterly*, 28(2), 164-175.
- 安田雪. (1994). 社会ネットワーク分析: その理論的背景と尺度. 行動計量学, 21(2), 32-39.
- 安田雪. (1997). ネットワーク分析 何が行為を決定するか. 新曜社.

安田雪. (2011). パーソナルネットワーク: 人のつながりがもたらすもの. 新曜社.

Zaheer, A., & Bell, G. G. (2005). Benefiting from Network Position: Firm Capabilities, Structural Holes, and Performance. *Strategic Management Journal*, 26(9), 809-825.

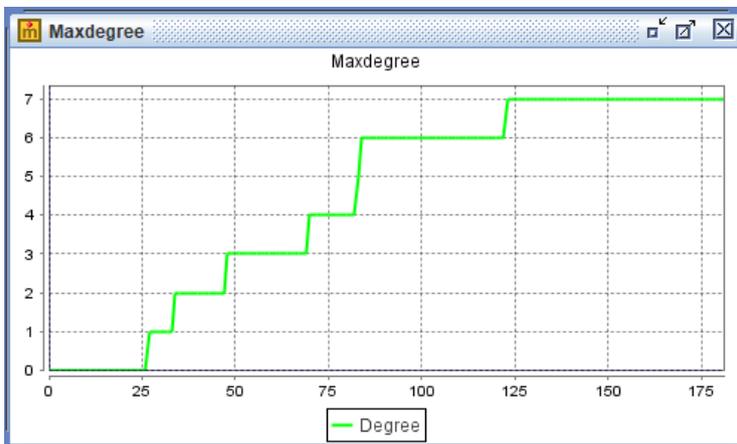
付録

Appendix①：最大次数中心性となった低外向性構成員の次数中心性の推移



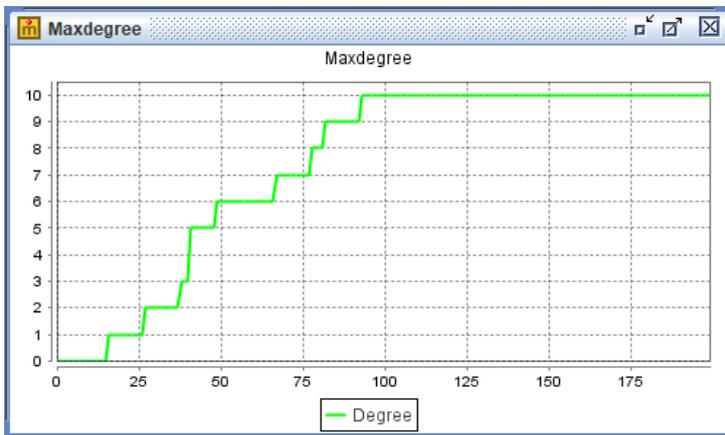
この図は、最大次数中心性となった低外向性構成員の次数中心性の推移を表している。縦軸に最大次数中心性を取り、横軸にシミュレーションのステップ数を取っている。丸く囲われた部分が急激に次数中心性を低外向性構成員が高めるタイミングである。

Appendix②：バランス型組織の最大次数中心性となった構成員の最大次数中心性の推移



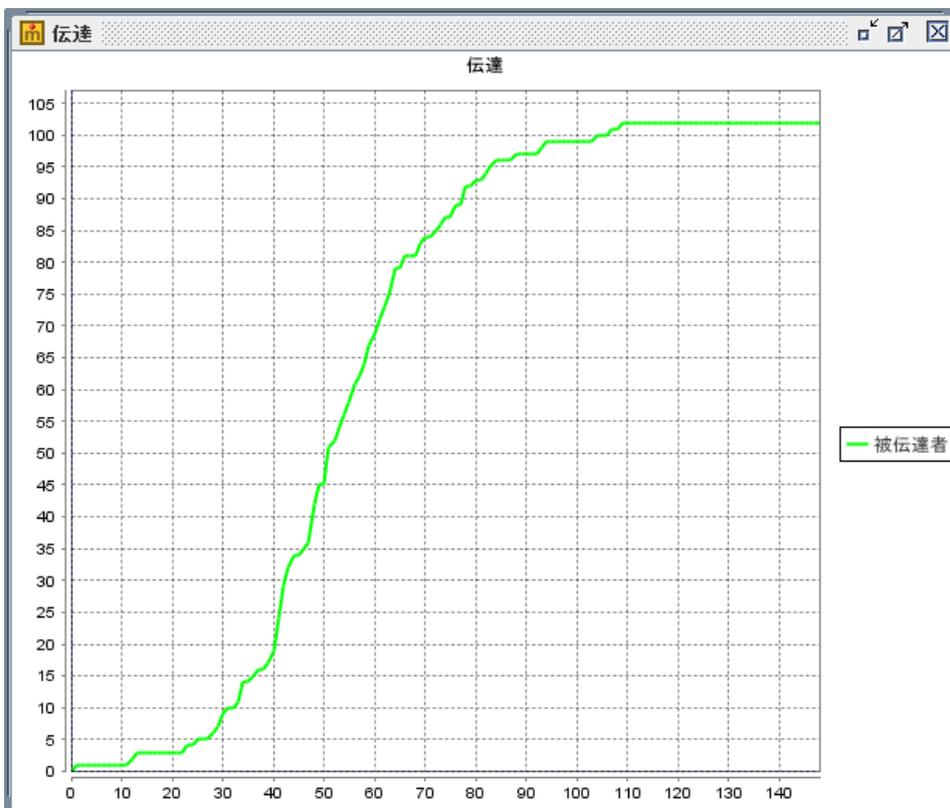
この図は、バランス型組織の最大次数中心性となった構成員の最大次数中心性の推移を表している。縦軸に最大次数中心性を取り、横軸にシミュレーションのステップ数を取っている。特定の期間に急激に紐帯が増加していることはない。

Appendix③：高外向性組織の最大次数中心性となった構成員の最大次数中心性の推移



この図は、バランス型組織の最大次数中心性となった構成員の最大次数中心性の推移を表している。縦軸に最大次数中心性を取り、横軸にシミュレーションのステップ数を取っている。特定の期間に急激に紐帯が増加していることはない。

Appendix④：情報の普及プロセス



ランダムに動く主体間で接触することで情報伝達が起こると仮定した場合の普及の時系列変化を表している。縦軸が集団に人口、横軸がステップ数を表している。