

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

(要 旨)

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

1. 本研究の問題意識と研究目的

本研究の目的は、組織の情報伝達ネットワークの創発が起こる要因とメカニズム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。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問題意識として持ち、研究を進める。多様なネットワーク構造研究では、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。この種の研究は、社会関係資本論に基づくもので、ネットワークを社会関係資本としてみなし、人や組織の持つネットワーク構造がどのような効果を持つか分析する。つまり、社会関係資本論では、ネットワーク構造が常に分析の説明変数となっていて、被説明変数としてパフォーマンスなどの成果変数が扱われていた(Borgatti and Foster, 2003)。しかしながら、説明変数として常にネットワーク構造を用いることは必ずしも正しいとは限らない。より正確に構造指標を捉え、分析するためにはネットワークを生成している主体に目を向ける必要があるからである。実際には、構造がすべてを規定しているのではなく、個人の行為選択の結果としてネットワーク構造は生じる(安田, 1997)。そのため、ネットワーク構造を対象にする分析において、ネットワーク生成の議論を展開することは非常に意義がある。また、ネットワーク生成の議論においても重要な視座が存在する。その視座は、ネットワークを構成するノードを主体性のあるノードとして捉えることである。個人の行為として、ネットワーク構造を表現するのであれば、主体性を持ったノードを想定し、ネットワーク分析を行う必要がある。これまでのネットワーク生成モデルにはこの「主体性」という部分が欠如したモデルが多く存在した。また、この行為選択に影響を及ぼす要因として、個人の志向性などがある(Burt et al., 1998)。これらの、個人の志向性などに基づく行為選択の結果、創発されるネットワーク構造を明らかにすることが本研究の主たる目的である。とりわけ、本研究では、情報伝達ネットワークに焦点を当て、情報伝達ネットワークの創発を分析する。

2. 本論文の構成

本論文の構成を簡潔に説明する。本論文は第 1 章で問題設定と本研究の目的、論文の構成を示す。第 2 章と第 3 章では既存研究のレビューを行う。第 2 章では、ネットワーク研究のレビュー、第 3 章ではシミュレーション研究のレビューを行う。既存研究のレビューを通して残された問題と本研究の意義を提示する。第 4 章では、本研究の基本となるモデルの構築と、そのモデルを用いてネットワーク創発の分析を行う。第 5 章は、情報の質を考慮したモデルとして、複雑情報伝達モデルの構築とそのモデルを用いた分析を行った。第 6 章では、初期情報所有構成員を操作することで創発されるネットワーク構造に違いが生じるかを分析した。最終章となる第 7 章では、本論文のまとめと、本論文の貢献と限界について説明した。より具体的に本論文は以下のような構成で議論を進める。

第1章 本論文の問題意識と構成

1. 問題設定と研究目的
 - 1.1. 本論文の問題設定
 - 1.2. 本論文の研究目的
2. 本論文の構成

第2章 ネットワーク論の既存研究

1. ネットワーク研究の概要
2. 社会関係資本としてのネットワーク
3. ネットワークの生成とダイナミズム
4. ネットワーク研究の方法論

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

1. シミュレーション研究の概要
2. シミュレーション手法の3つのタイプ
3. マルチエージェント・シミュレーション研究

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

1. ネットワーク創発の基本モデル
2. 基本モデルによるネットワーク全体の創発
 - 2.1. ネットワーク密度の創発
 - 2.2. ネットワーク創発にかかる時間
3. ネットワークの中心人物と中心的な構成員タイプ
 - 3.1. 情報伝達ネットワークの中心人物
 - 3.2. ネットワークを構成する中心的な構成員タイプ
4. 小括

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

1. 情報の複雑性を考慮したモデルの説明
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
 - 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
 - 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
3. 小括

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

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
2. ネットワーク全体に及ぼす影響と時間的効率性
 - 2.1. 初期情報所有構成員分析(基本モデル)
 - 2.2. 初期情報所有構成員分析(複雑情報伝達モデル)
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
4. 小括

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
2. 本論文の貢献点
 - 2.1. 構造創発に影響を及ぼす要因
 - 2.2. 構造創発メカニズム
3. 本研究の発展可能性と限界について

参考文献

付録

3. 各章のまとめと結論

第1章では、問題意識と研究の目的を示した。本要旨の冒頭で説明したが再度、問題意識と研究の目的を確認する。本研究の問題意識は、なぜ多様なネットワークが生成されるのかということと、ネットワーク創発構造の分析が不十分であるというところにある。この問題意識に基づいて、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構成員間の相互作用から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。

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形で、ノードと紐帯によって表現されたネットワーク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。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、志向性などを変化する構造とともに考えなければならない(Borgatti and Cross, 2003; Burt et al.,

1998; 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切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. これは, 近年, 技術的な障壁が下がり, シミュレーション研究に対する注目が集まっていることに起因する. シミュレーション手法の有用性は, 手法の適用範囲の拡大とともに高まり始めたのである. 特にシミュレーション手法を用いることは以下の 3 点で主要な貢献があるとされている (Davis, Eisenhardt, and Bingham, 2007).

- ・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には, このような貢献があるものの, モデルの設定の過剰な単純化などの問題が指摘されている. 手法上の問題がわずかに残るものの, シミュレーション手法を用いることの意義は大きい. また, シミュレーション研究では, 問題設定によって扱うシミュレーション・タイプが異なる. 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, それらは, 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・モデルの 3 つである. それぞれのシミュレーション・モデルは特有の強みを持つ. 本研究で扱うシミュレーション・タイプはその一つであるマルチエージェント・シミュレーションである. マルチエージェント・シミュレーションとは何かを説明した上で, マルチエージェント・シミュレーションを用いた研究と期待される研究領域について説明した. 特に, ネットワーク創発研究と適切な手法であることを示した.

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, 幅広く適用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. 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. この行為に影響

を及ぼす 2 つの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た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表 1 にまとめる。

表 1：基本モデルによるシミュレーション結果のまとめ

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 ・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

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、実際の組織でそれぞれの情報が質的に同等ではない可能性がある。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(紐帯は 2 回形成される)。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。その結果と基本モデルの結果との対比を行った表 2 を示す。

表 2：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(初期情報所有者除外無し)	<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 	<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(一致) 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) ¹	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

¹ 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。

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)
------	---	---

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。まず、初期情報所有構成員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、初期情報所有者の外向性タイプを取り上げて分析を行った。特に、初期情報所有者とネットワーク全体の構造について焦点を当てて分析を行った。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密度と効率性の分析を行った結果を表 3 にまとめる。

表 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化がない 	<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
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

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、密度に差があった結果に焦点を当てて分析を行った。具体的には、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平均次数を用いて追加的な分析を行った。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。

第7章では、本研究のまとめとして、本論文の要約と全体を通じた本研究の貢献点、限界と展開について説明した。本研究の貢献点は大きく分けると2つ存在する。その2つは、ネットワーク創発の要因とネットワーク創発メカニズムを明らかにしたことである。特にこれら2つの貢献点はネットワーク研究のみならず、マルチエージェント・シミュレーション研究の適用範囲の拡大にも貢献したと考えられる。もう少し詳しく本研究の貢献点についてみていくと、本研究の結果は、採用人事やチームの編成などの議論に役立つ結果を示すことができた。チームの凝集性や中心人物の教育などに価値ある知見を導出することができた。また、ネットワーク研究における、個人の行為選択によるネットワーク創発について考えることの重要性を指摘した点も本研究の貢献と言えるだろう。

本研究の限界とそれに関連する今後の展開を挙げるとするならば、ここでは3つ提示する。その3つは以下の通りである。

- ・ネットワークの適切な構造指標の選択
- ・個人の行動基準に関するその他の要因の検討
- ・外的妥当性の問題

これらの課題に対処し、本研究を展開することは意義があるだろう。

参考文献(ABC順)

- Borgatti, S. P., & Foster, P. C. (2003). The Network Paradigm in Organizational Research: A Review and Typology. *Journal of Management*, 29(6), 991-1013.
- Burt, R. S., Jannotta, J. E., & Mahoney, J. T. (1998). Personality Correlates of Structural Holes. *Social Networks*, 20(1), 63-87.
- Davis, J. P., Eisenhardt, K. M., & Bingham, C. B. (2007). Developing Theory Through Simulation Methods. *Academy of Management Review*, 32(2), 480-499.
- 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.