

社会ネットワーク分析は「複雑ネットワーク」 をどう扱うか？： ブランド・パワーの多モード・モデル

金光 淳

社会ネットワーク分析と複雑ネットワーク研究は、若干の研究様式の差はありながらも、「複雑なネットワーク」の挙動を解析しようという点において基本的には同じ関心をもつ。そもそも複雑性は、1) ノードとリンクの数の多さ；2) リンクの種類が多さ；3) ノードの種類が多さから定義される。ここでは、「ブランドの絆」の社会ネットワークの「複雑性」をいかに扱い、モデル化するかを示しながら、2モードモデル、3モード中心性のモデルの可能性について論じる。

キーワード：社会ネットワーク分析、複雑性、ブランド・パワー、3モード中心性

1. 社会ネットワーク分析と複雑ネットワーク研究

社会ネットワークとは、きわめて社会的に表現すれば、他者に向けられた社会的行為をベクトルとして、エージェント＝アクター間に社会相互行為の集成的結果として、リンク集合として形成される社会の動脈である。そのようなリンク集合は、人間の不合理な感情を経由して合理的に動員された社会的行為のパターン化されたものであり、特定の時代の特定の文脈においてこそ理解できるという点において、社会ネットワークは、経路依存的な社会構成物である（図1）。

このような知的対象に対して社会学者は、自らの研究テーマを追求しつつ、アンケート調査、歴史的文献、データベースなどからネットワーク・データを掘り起こしてきた。彼らは集めたデータの分析のために、必ずしも得意ではない数学を使って社会構造概念を精緻化し、それにあわせて様々な手法、計算方法を開発してきた[1]～[3]。社会ネットワーク分析は、いわば泥臭い作業を行ってきたのである。

複雑ネットワーク研究は、近年 Watts and Strogatz[4], Barabási and Albert[5]など物理学や情報工学、数学系の研究者が中心になっているネットワ

ーク研究であり、数理社会学の領域で展開されてきた社会ネットワーク分析とは異なる複雑系研究をルーツに台頭してきた新興パラダイムである。このアプローチは、「垢にまみれた手」でモデルを作る社会ネットワーク分析とは対照的に、「綺麗な手」で数理モデルを作成して華々しい脚光を浴びている。

社会ネットワークの独自性について Newman[6]らは、クラスター係数の高さや隣接点の次数相関の高さを指摘しているが、先に述べたような社会的行為依存性のような質的な違いについては全く触れていない。社会ネットワーク分析（SNAと略す）と複雑ネットワーク科学（CNSと略す）の違いは、ネットワークに対するデシプリンの違いに生起し、対象となるネットワークの規模、中心となるモデル、ネットワーク概念が異なっており、最悪の場合、同じネットワーク尺度でも、使用する言語、尺度の名称が異なることもある。SNAで焦点アクターに結合する他者間のネットワーク密度を測るエゴネットワーク密度という名で使われてきた尺度が、CNSではクラスター係数と「改名」されたのはその典型例である。

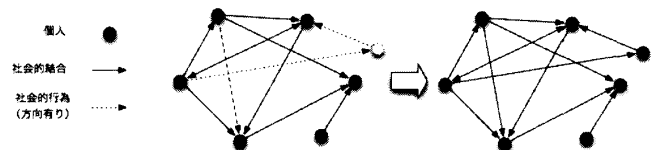


図1 社会的行為と社会ネットワーク

かなみつ じゅん

京都産業大学 経営学部

〒603-8555 京都市北区上賀茂本山

表1 社会ネットワーク分析 (SNA) と複雑ネットワーク科学 (CNS) の比較

	SNA	CNS
対象となるネットワーク規模	小-中規模, 大規模 (数千)	超大規模 (数万-)
研究目的	アクターの埋め込まれた社会構造の状態の把握とそれによるイベントの説明	ネットワークのつながりの特性と法則性の把握, ネットワーク生成メカニズムのモデル化, モデル改良
ネットワーク概念	<i>Embeddedness</i>	<i>Linkedness</i>
主なモデル	中心性モデル, ブロックモデル <i>Dependence Model</i>	<i>WS, BA,</i> <i>閾値グラフ</i>

一般に両者の典型的な相違点を細かく比較すれば表1のようにまとめられよう。まず、SNAでは比較的小規模な社会ネットワーク・データ解析による社会的出来事の説明が主題になるのに対して、CNSでは、基本的には大規模なネットワークを物理学的に解析するための数学モデルの提案と精度向上に主な重点が置かれる（最近では後者でもデータの分析に重点が置かれつつある）。さらにSNAではネットワークに埋め込まれた (*embedded*) 個人 (組織) の行為から、相互作用の存在する依存的な社会関係 (*dependence*) でネットワークを見ようとするが、CNSでは、つながっている (*linked*) 状態に焦点を置き、それを生成するネットワーク生成モデルが最重視される傾向にある。

2. ネットワークの複雑性とは何か？

そもそもネットワークの複雑性とは何であろうか？ 複雑ネットワーク研究では、それが明確に定義されないまま、「複雑性」が単純に大規模性と解釈されているきらいがある。社会ネットワーク分析研究者の間では、突如として登場してきた「複雑ネットワーク研究」というパラダイムに対する反発も根強い[7]。複雑ネットワーク論を展開するためには、まず、これに関して理論的な吟味が必要であろう。

おなじみの日本語版 Wikipedia[8]で調べると、

「複雑ネットワーク (ふくざつネットワーク, complex networks) は、現実世界に存在する巨大で複雑なネットワークの性質について研究する学問である。複雑ネットワークは、1998年に『スモールワールドモデル』という数学モデルが発表されたことを契機に、現実世界の様々な現象を説明する新たなパラダイムとして注目を集めて

いる。多数の因子が相互に影響しあうことでシステム全体の性質が決まるという点において複雑系の一分野でもある」

とある。

ここでは明らかに複雑な相互作用の結果、創発したシステムとしての「複雑系」としての「複雑ネットワーク」が想定されているが、そもそも厳密な「複雑性」の (量的な) 定義がない。一方SNAの方でも、社会ネットワークの「複雑性」について徹底的に論じた研究はまれであり、唯一の例外はButts[9]であるが、それはどちらかという情報論的な複雑性について公理的に論じたものである。他方、社会ネットワークに関する包括的な著書を著しているVega-Redondo[10]は、序章において、1) 規模と十分な異質性；2) 自由度の高いノードの相互作用；3) 様々なローカル・ルールの作動；4) ローカル・フィードバックの時として断絶的な非線形性、などを複雑ネットワークの要件としてあげている。

社会ネットワーク分析で複雑性を定義すると、社会システム概念を基礎に役割構造や社会の階層性などの議論が避けられなくなり、汎用性がなくなるという欠点がある。そこで妥協策として、シンプルに、ノード、リンクという「ネットワーク科学」の基礎概念に関して、以下の3つのモメントに要約したい。

複雑性1 (ノードとリンクの大規模) : 複雑ネットワークは相互作用する結合要素 (=ノード) の数が多く、相互作用 (=ダイアッド) が多いほど複雑である。

これは「複雑性」の定義の要件である相互作用の規模の大きさを表したものであるから、最も本質的なモ

メントといえる。そのことは、複雑ネットワーク研究が社会ネットワーク分析をさげすみながら「複雑ネットワーク」で含意して対置しているのは、「大規模なネットワーク」であることから分かる。

複雑性2 (リンクの多重性)：ネットワークは結合要素の間の相互作用が行われる関係の種類が多いほどであるほど複雑である。

ここでは複雑性を、同じ結合要素上に定義されるリンクの種類からとらえようとするもので、「多面性」としての複雑性を表す。同じ結合子に定義されるが機能の異なる関係性は、この意味での複雑性である。ある意味で現象の複雑性を最も忠実にとらえようとするのがこの意味の複雑性である。

複雑性3 (多モード性)：ネットワークは相互作用している結合要素の種類が多いほど複雑である。

結合要素 (= ノード) の種類のことを社会ネットワーク分析ではモードと呼ぶ。個人が組織に所属するような所属ネットワーク (= アフィリエーション・ネットワーク) は個人という次元と組織という二種類の結合要素から構成されるので、2モード・ネットワークである。グラフ理論ではこれは二部グラフと呼ばれる。また個人×集団×組織の間の接続関係は個人×集団、集団×組織、個人×組織の2モードの複合したシステムであり、後にもみるように三部グラフで表現されるが、 k -部グラフ、 k -モード・ネットワークに拡張することは比較的容易である。

この3つのモメントは、相互に独立的なものであり、これらの組合せからより複雑なネットワークが定義されることになる。つまり、ノード数とリンク数がより多いほど、かつノードとリンクの種類が多いほど、より複雑なネットワークなのである。

この本稿では、そのような複雑ネットワークの一例として、ブランドに関するマーケティング・ネットワークの例を取り上げ、社会ネットワーク分析的なアプローチによって、より複雑な社会ネットワークをモデル化する初歩的な試みを紹介しよう。

3. 「ブランドの絆」のネットワーク分析

3.1 ブランドの絆の二部グラフ、三部グラフ表現

消費者のブランドの認知関係は「ブランドの絆」と

呼ばれる社会ネットワークであり、消費者×ブランドの2モード・ネットワークとして表現できる。ここでは電通のモニター調査のサンプル・データ (電通、ブランドネットワーク調査、2005年) として、2,134人の消費者が16のファッション・ブランドを選好する消費者ブランド認知ネットワークを例として取り上げる。このサンプル・データは層化抽出法によって10代から60代までサンプル化された偏向のないデータである。

消費者集合 $\mathcal{C} = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ がブランド集合 $\mathcal{B} = \{b_1, b_2, \dots, b_m\}$ を選好する場合、消費者のブランド選好関係 $R = \{c \times b\}$ は行列 $\mathbf{R} = \{r_{ij}\}$ (消費者ブランド選好行列) で表現される。このとき消費者がブランドを選好する場合1、選好しない場合0の二値行列で表すことにする。多数の消費者が少ないブランドを選好するので、通常この行列は正方ではない ($n \neq m$)。

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} r_{1.1} & r_{1.2} & \cdots & r_{1.m} \\ r_{2.1} & r_{2.2} & \cdots & r_{2.m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n.1} & r_{n.2} & \cdots & r_{n.m} \end{bmatrix} \quad (1)$$

いま得られた接続行列 \mathbf{R} は、アフィリエーション・ネットワークのモデル化[12]に従って、

$$\mathbf{B} = \mathbf{R}^T \mathbf{R} \quad (2)$$

は、その成分 b_{ij} がブランド i と j を共に選んだ消費者数、対角成分がそのブランドを選んだ消費者総数を表すようなブランドの間の関係性 (ブランド間ネットワーク) を与える。また、

$$\mathbf{C} = \mathbf{R} \mathbf{R}^T \quad (3)$$

は、その成分 c_{ij} が消費者 i と j が共に選んだブランド数、対角成分がその消費者の選択ブランド総数を表すような消費者の間の疑似関係性 (疑似消費者間ネットワーク) を与える。ここで、あえて「疑似消費者間ネットワーク」とするのは、消費者は独立にサンプル化されたものであり、「消費者間ネットワーク」であるならば本来存在すべき相互作用が (実際はあるかもしれないが) 本来的に仮定されていないためである。

さて、 \mathbf{B} や \mathbf{C} の行列で与えられるネットワークは、対角を0にする、しないに関わらず、それ自体グラフとして解析できる。また両者の対応関係はコレスポネンス分析などでも分析できる。

ところで、このような2モード・ネットワークは、二部グラフの行列に容易に変換され、 \mathbf{R} とその転置行列を埋め込んで、以下のようなスーパー二部行列 \mathbf{R}^{S2} で表されると便利である。

$$\mathbf{R}^{S2} = \begin{bmatrix} \mathbf{R}' & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{R} \end{bmatrix} \quad (4)$$

さらに、消費者のファッション雑誌への選好関係、またファッション雑誌とブランド製品の掲載関係という2モード・ネットワークが得られる場合、その拡張として消費者集合 (\mathcal{C})、ブランド集合 (\mathcal{B})、ファッション雑誌集合 ($\mathcal{M} = \{m_1, m_2, \dots, m_o\}$) の3集合の接続関係で構成される3モードのネットワークを考えることができる (図2)。主たる広告主をファッション産業とする女性向け雑誌は、ブランドに関する情報を最も豊富に伝えるメディアであり、ファッション・ブランドネットワークを扱う場合、女性雑誌の影響力を考慮した3モードで解析することは意味深い。

いま、 R_{CB} を消費者とブランドの接続行列、 R_{CM} を消費者とファッション雑誌、 R_{BM} をブランドとファッション雑誌の接続行列とすると、その三部グラフは Fararo and Doreian[11] にしたがって、以下のようなスーパー三部行列 \mathbf{R}^{S3} で与えられる。

$$\mathbf{R}^{S3} = \begin{bmatrix} 0 & R_{CB} & R_{CM} \\ R_{BC} & 0 & R_{BM} \\ R_{MC} & R_{MB} & 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

この行列はスーパー二部行列とともに、次のステップで行われるブランド・パワーの計量の際に役立つことができる。

3.2 ブランド・パワーの測定

ブランド間の関係性を知るためには、ネットワーク統計量として各ブランドの間の他のブランドとの強弱関係を相対的に表す指標が必要になる。つまりブランド・パワーの測定が必要となる。それはどのように測定できるであろうか。

あるブランドのもつパワーは、ブランド構築の歴史やそれを支える組織的なブランディングを究極的な源泉としているが、それ自体は最終的には消費者と消費者の間のブランドをめぐる (市場での) 関係性の中で定義され測定されるべきものである。そこで、消費者

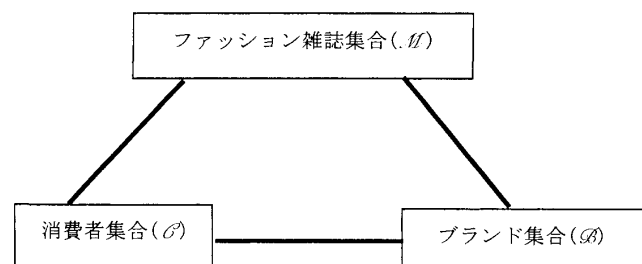


図2 消費者×ブランド×ファッション雑誌の三部結合

のブランド選好データに基づいて、ブランドの獲得しているパワーを以下のように定義し、これをフォーマライズしてみよう。

定義 (ブランド・パワー) : より人気のあるブランド (よりパワーをもつブランド) をより多く選択する消費者 (よりパワーのある消費者) の間で選択されるブランドほどブランド・パワーが大きい。

これはブランドのパワーの再帰的な定義であり、ブランドのパワーは、パワーのあるブランドを選択するコンシューマー・パワーの関数であることを示している (図3参照)。実は、これは社会ネットワーク分析におけるステイタス中心性に関連している考え方で、とりわけハベル中心性と呼ばれるステイタス尺度との関連性が深い。

Hubbel[12] は社会ネットワーク分析がソシオメトリといわれていた時代に、選択者が結合する被選択者のステイタスとその際の強度の両方を考慮した個人の社会的ステイタス測定モデルを提出した。これは「選択される人のランクが高いほど、またそのような人と直接結合しているほど、またその選択の強度が高いほど、その人を選択する人のもつ地位が高くなる」という考えに依拠しており、このステイタス s (ハベル中心性) は、

$$s_i = e_i + w_{i1}s_1 + w_{i2}s_2 + \dots + w_{in}s_n \quad (7)$$

で表される。ここで e_i はグループ外部からこのシステムに導入されるステイタスへの貢献分、 $w_{ij} \leq 0$ はアクター i が j を選択する結合強度、 s_i はアクター i のステイタス・スコアである。ここで w_{ij} は行に関して行和が 0.5 になるように正規化したパラメーターである。

これは行列表記では、以下に書き換えられる。

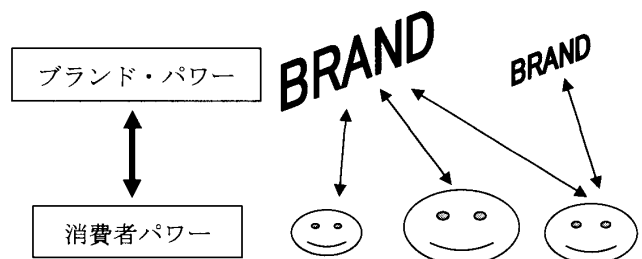


図3 2モードの再帰的なブランド・パワー概念
注) ブランド、スマイルマークの大きさはパワーの大きさを示す。

$$\begin{aligned}
S &= E + W'S \\
&= (I - W')^{-1}E \\
&= (I + W' + W'^2 \dots)E
\end{aligned} \tag{8}$$

ハベルの中心性モデルは、1) 二項値ネットワーク・データだけでなく、選択ブランド数のような重み付きネットワーク・データを扱えること；2) 有向グラフも扱えること；3) また技術的なことであるが、 w_{ij} によって計算上の収束が保証されている、という点で非常に有用なステイタス尺度である。

これを使って、先の二部グラフの行列スーパー隣接行列 R^{S2} に対してハベル中心性を求めると、 $m+n$ 個のスコアが与えられ、その最初の m 個のスコアはブランドに対するもの、続く n 個のスコアは消費者に対するものとなっている。今の例では、最初の 16 スコアはブランドに対するスコア、次の 2,134 スコアは消費者に対するものになっているので、ファッション・ブランドのブランド・パワーは、表 2 のようにまとめられる。ブランド・パワーの測定から、バーバリー、ルイ・ヴィトンのパワーが高いことが示される。このスコアは何らかの正規化が可能であり、かつ、また望ましいが、今回はその問題に立ち入らない。また、異なる消費者サンプルから異なるカテゴリーのブランドのパワーを測定、比較する場合はサンプル・バイア

表 2 ファッション・ブランドのブランド・パワー

ブランド	2モード・ブランドネットワークでのハベル中心性
エルメス	8.597
グッチ	8.777
CD	7.563
コーチ	7.177
シャネル	6.459
バーバリー	10.895
フェンディ	6.106
プラダ	7.845
ルイ ヴィトン	10.056
ミュウミュウ	3.285
ティファニー	9.462
ショーメ	1.62
ゴルチェ	1.894
コムサデモード	7.191
ケンゾー	3.406
エトロ	3.042

スの問題などの対処、統計学的な推定と検定が欠かせないであろうが、ここでは層化サンプリングされた消費者モニターの全数からブランドのパワーを測定するので、この問題もここでは考慮しない。

このブランド・パワーは同じように、ファッション雑誌の影響力を考慮した3モードのネットワークに対してもスーパー三部行列から計算される。その際にはファッション雑誌のパワーを媒介とする新たなブランド・パワーの定義が必要となることは言うまでもない。これは旧来的な意味での二次元的パワー概念とは異なる高次元のパワー概念であるが、複雑な社会ネットワークをとらえる際には重要な拡張であろう。そのような最初の試みとして、以下の定義を提出する。

定義 (雑誌を媒介としたブランド・パワー) : ブランドのパワーは、よりパワーのある消費者に読まれる雑誌に掲載されるブランドであるほど、またパワーのあるブランドを掲載する雑誌を読む消費者の間で選択されるほど大きい。

この定義は2モードのパワー概念と比べて、一段と再帰性レベルの高い定義であり、ノードの種類異なる3モードの間で循環的に定義されるパワー概念である (図 4)。

計算としてはスーパー三部行列から計算されたハベル中心性スコアの最初の n 個のスコアが消費者に対するもの、次の m 個のスコアがブランドに対するもの、最後の o 個のスコアが雑誌に対するものである。

これは3モード間の相互行為を考慮したパワー概念

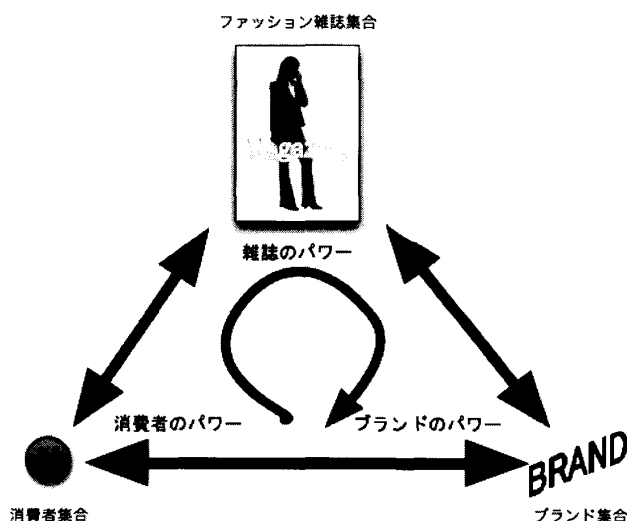


図 4 3モードの循環的パワー概念

という点でユニークであるが、ブランド×(ブランドの広告を掲載する)女性雑誌という2モード関係、 R_{BM} が入手できないため今回はこのモデルを検証することはできないが、今後の課題としたい。

他方、この3モード中心性モデルを使用すれば、OR的、あるいはマーケット・リサーチ的な、最適化問題も扱うことができる点は強調したい。例えば、消費者のファッション女性誌の購読関係データ R_{CM} が存在するが、 R_{BM} が容易には入手できない場合、ターゲットとするブランド・パワー分布を生み出すような雑誌の最適な広告掲載関係をニューラルネットワーク・モデルで探索することは容易であろう。また、雑誌ではなく「タレント」など他の広告媒体をモードとしてモデルに組み込むことも今後の課題として残されている。

参考文献

- [1] 金光淳：『社会ネットワーク分析の基礎—社会関係資本論にむけて』, 勁草書房, 2003.
- [2] S. Wasseman, and K. Faust eds. : *Social Network Analysis*, Cambridge University Press, 1994.
- [3] L. C. Freeman: *The Development of Social Network Analysis : A Study in the Sociology of Science*, Empirical Press. (邦訳 辻竜平：『社会ネットワーク分析の発展』, NTT 出版, 2007.)
- [4] D. J. Watts and S. H. Strogatz: "Collective dynamics of small-world networks," *Nature*, 393, pp. 440-442, 1998.
- [5] A.-L. Barabási and R. Albert: "Emergence of scaling in random networks," *Science*, 286, pp. 509-512, 1999.
- [6] M. E. J. Newman, and J. Park: "Why social networks are different from other types of networks," *Physical Review E* 68, 036122, 2003.
- [7] P. Bonacich: "The Invasion of the Physicists," *Social Networks*, 26, pp. 285-288, 2004.
- [8] <http://ja.wikipedia.org/wiki/>
- [9] C. Butts: "An Axiomatic Approach to Network Complexity," *Journal of Mathematical Sociology*, 24, pp. 273-301, 2000.
- [10] F. Vega-Redondo: *Complex Social Networks*, Cambridge University Press, 2007.
- [11] T. Fararo and P. Doreian: "Tripartite structural analysis: Generalizing the Breiger-Wilson Formalism," *Social Networks*, 6, pp. 141-175, 1984.
- [12] C. Hubbel: "An input-output approach to clique detection," *Sociometry*, 28, pp. 277-299, 1965.