

令和 6 年 6 月 18 日現在

機関番号：31302

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K01841

研究課題名（和文）社会ネットワーク分析における中心性概念の影響力指標としてのフォーマリゼーション

研究課題名（英文）Formalization of centrality as indice of influence in social network analysis

研究代表者

鈴木 努 (SUZUKI, Tsutomu)

東北学院大学・情報学部・教授

研究者番号：00595291

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 700,000円

研究成果の概要（和文）：社会ネットワーク分析は人間関係を計量的に分析する手法である。本研究では、社会ネットワーク分析で広く用いられている中心性概念について理論的な検討を行った。まず、社会ネットワーク分析の源流のひとつであるソシオメトリーの日本の社会学での応用をふりかえり、方法上の特徴や限界について明らかにした。また、社会ネットワーク分析における認識論上の立場を3つに整理し、特に潜在的な社会構造を分析する方法として、近年進展した統計的ネットワーク分析や機械学習の意義について考察した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人と人とのつながりを人間関係の網の目（社会ネットワーク）としてとらえたとき、重要な位置を占める人を明らかにする手法が中心性分析である。しかし、中心性はネットワーク構造上の位置にのみもとづくものであるにも関わらず、その人の能力や実績の指標として拡大解釈されてしまうことがある。本研究では中心性概念を整理してその含意を明らかにするとともに、近年進展した統計的な研究法における中心性の意味づけを行った。

研究成果の概要（英文）：Social network analysis is a method for quantitative analysis of human relationships. In this study, I conducted a theoretical study on the concept of centrality, which is widely used in social network analysis. First, I looked back on the application of sociometry, one of the origins of social network analysis, in Japanese sociology, and clarified the methodological characteristics and limitations. I also organized the epistemological positions in social network analysis into three categories, and considered the significance of statistical network analysis and machine learning, which have recently advanced, as methods for analyzing latent social structures.

研究分野：社会学

キーワード：社会ネットワーク ネットワーク分析 中心性 ソシオメトリー 統計的ネットワーク分析

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

社会ネットワーク分析において、頂点の中心性の分析は最もよく利用される分析手法の1つである。次数中心性、媒介中心性、近接中心性、固有ベクトル中心性などがよく知られており、それぞれに数理的特徴および社会ネットワーク分析における実践上の意味をもっている。「中心性 (centrality)」という呼称の通り、中心性指標はネットワークにおける中心的な、あるいは重要な位置を占める頂点を見出すことを目的としている。それは一義的にはネットワークの構造的な特性に依拠するものであり、それ以外の社会的要素を含まない。そのため、本来はある集団において高いパフォーマンスを示す個体 (典型的には個人) について、その能力の源泉もしくは結果として社会ネットワークにおいてその個体 (頂点) がもつ中心性の値との相関が考察の対象となるものである。しかし、社会ネットワーク分析が社会学分析法として一般化していく中で、単に中心性指標を算出することで集団における重要性を評価できるというような認識にもとづく使用も見られるようになった。

その背景には、ネットワーク構造上の「中心」と社会集団における「中心」が概念的にも日常感覚としても混同されやすいことがあると考えられた。これらの「中心」が実際に重なるかどうかは先述のように分析の対象であって、それなしに両者を同一視することはできない。このように混同されやすい中心性指標にかわって、ネットワーク構造の形成そのものへの影響力の指標を概念化し、フォーマライズすることで社会ネットワーク分析における中心性概念を整理できるのではないかという研究関心が研究開始当初の背景にあった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、社会ネットワーク分析における中心性概念をネットワーク形成における影響力の面からとらえ直すことである。その際、近年、理論と応用において発展を見せている統計的ネットワーク分析の手法や考え方を取り入れることを目指した。

3. 研究の方法

本研究の目的は、社会ネットワーク分析における中心性指標の新たな概念化であるが、その前提として、社会学における社会ネットワーク分析の認識論的な基礎についての考察も行うことにした。また、特に日本の社会ネットワーク分析の普及における歴史的経緯として、戦後日本の社会学における人間関係研究法の嚆矢であるソシオメトリーの受容と衰退についても振り返った。近年進展した社会ネットワーク分析手法としては、統計的ネットワーク分析や機械学習を用いた確率的ブロックモデルの方法を取り上げ、それらと中心性概念の関わりについて考察した。

4. 研究成果

(1) 戦後日本の社会学におけるソシオメトリーの受容と衰退

ソシオメトリーは精神療法家のモレノが創始した人間関係の調査、分析法である。戦後日本の社会学においてソシオメトリーがどのように受容され、また衰退していったのかをたどるために、J-Stage で『社会学評論』収録の「ソシオメトリー」「ソシオメトリックテスト」等に言及のある論文を検索した。それらの文献から、さらにそこで言及されている論文や書籍なども収集し、どのような研究領域でソシオメトリーが受容され、普及していったのかを調べた。その概略を示したのが図1である。

ソシオメトリーの直接的な受容はアメリカの社会学、社会心理学を通してのものであったが、同じくソシオメトリーを受容したドイツやフランスの社会学説の紹介を通じた流れもあった。また、アメリカ社会学においてもハンターの地域権力構造論 (CPS) やホーマンズの組織論を通じて、人間関係の記述、測定法としての応用が進み、日本にも紹介された。しかし、ソシオメトリーが最も広く用いられたのは、学校現場での教員による学級運営の技法としての応用であろう。それには教育心理学者の田中熊次郎による研究と普及活動が大きな影響を与えていた。教員向け雑誌を分析した保田 (2016) は 1980 年頃までソシオメトリックテストが盛んに取り上げられていたことを指摘している。

一方で、社会学や社会心理学においては 50 年代に既に計量的方法論に関して批判的に言及されるようになっていた。それは主にモレノや田中の用いる、関係の強さの得点化についてであった。そこでは報告者による 1~5 点といった関係の強さの評価がそのまま得点として用いられていた。これは、当時導入の進んでいた因子分析などを用いた尺度構成法に比べて恣意的で主観的であるとされたのである。また、ソシオメトリーにおいて統計的検定法の研究が進んでいなかったことも、他の計量的手法に比べて不利な点であった。ただし、田中 (1963) が独自にモンテカ

ル口法による検定法を考案していたことは先駆的な業績である。

モレノの死後、アメリカでも社会心理学における小集団研究法の主流がレヴィンらのグループダイナミクスに取って代われ、日本でもその影響を受けたと考えられる。また理論面ではマルクス主義のようなマクロ理論をもたないことが批判された。ソシオメトリーやその図示法であるソシオグラムは人間関係の記述や図示法としては用いられ続けたが、社会学理論や計量的手法の主流ではなくなっていった。

そのような中で、ソシオメトリーを人間関係の測定法として採用しつつ、異なる方法で尺度化を試みたのが西田春彦の地域社会や学級における凝集性に関する研究であった。西田はソシオメトリックテストによって測定される「関係」を実体的に捉えるのではなく、潜在的な社会構造の指標としてのある種の「構成概念」と捉えた。そして、ある条件下で集団内に見られる凝集性とその他の条件の場合との間に差があるかどうかを統計的に検定する手法を考案した。潜在的な構造とそれに基づいて確率的に形成(観測)される関係というネットワークの概念化は、統計的ネットワーク分析におけるネットワーク形成のモデル化に対しても示唆的な視点である。

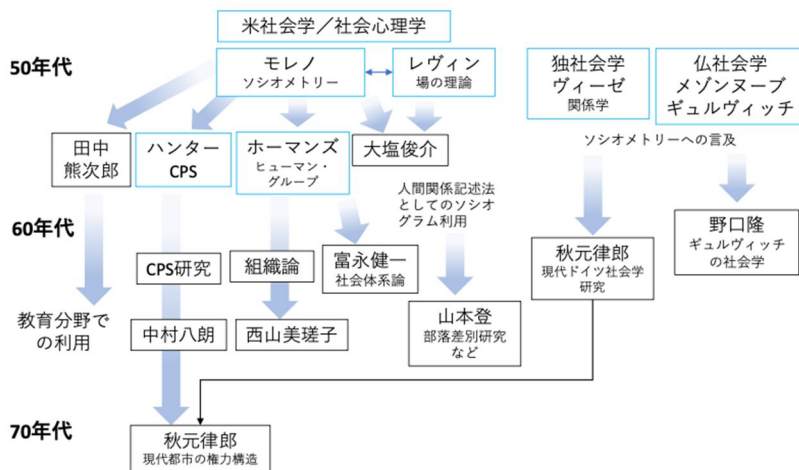


図1 ソシオメトリーの受容、普及の流れ

(2)社会ネットワーク分析における3つの立場

Borsboom (2005 = 2022) は心理測定に関するモデルを古典的テスト理論モデル、潜在変数モデル、表現的測定モデルの3つに分類し、それぞれのモデルにおける測定を、真の得点の期待値、測定値の原因となる潜在変数、対象間の関係を表現する尺度と結びつけた。この分類と厳密に対応するわけではないが、社会ネットワークの測定および分析についても類似した3つの立場を考えることができる。それぞれ、社会ネットワークを実体的にとらえる立場、社会ネットワークによってその背景にある潜在的な社会構造や社会関係をとりえる立場、社会ネットワークによって対象となる関係構造を構築する立場である。

社会ネットワークを実体的にとらえる立場では、社会ネットワークは実体的に存在していると考えられ、社会ネットワークの測定にはそれをできるだけ正確に写し取ることが求められる。交通ネットワークやコンピュータネットワークのように対象が物理的に存在するネットワークである場合と違って、社会ネットワークにおける関係は実体的に存在することはあまりないが、例えば SNS におけるフォロー関係のようにユーザ間の結合関係それ自体が電子情報として記録されているような場合は、それらを実体的な社会ネットワークととらえることができる。

社会ネットワーク分析を行う社会学者の多くは、明示的あるいは暗黙に、社会ネットワークによってその背景にある何らかの潜在的な社会構造や社会関係を表現しようとしている。例えば、会話や相談の相手を挙げさせることによって、親密な人間関係を測定しようとするような場合である。直接的に観察できない、より基底的な社会構造を社会ネットワーク分析によってとらえようとした例としては、ソシオメトリックテストによる学級内の交友関係から部落差別を析出しようとした山本(1957)が挙げられる。ここでは観察される社会ネットワークの背景に、関心の対象である差別やセグリゲーションが潜在構造として想定されている。社会ネットワークを何らかの潜在的な社会構造の表現ととらえる場合、測定した社会ネットワークが想定した社会構造を的確に反映しているかという妥当性が問題となる。

社会ネットワークによって関係構造を構築するという発想は意外に映るかもしれないが、例えば映画俳優の共演ネットワークなどは、ある俳優がどの映画に出演したかという二部グラフから、俳優間の共演関係を表すネットワークを新たに構築している。同じように何らかの所属や場の共有から作られる社会ネットワークは、ネットワークそれ自体を社会ネットワーク分析によって構築するものといえる。ここでは社会ネットワークは測定に先だって存在しているわけ

ではなく、社会ネットワークの測定者、観察者によって構築されているのである。

確率的なネットワークの形成についても、これらの立場からそれぞれ考えることができる。ネットワークの実体論においては、実体的なネットワークの形成自体が確率的過程としてとらえられる。ネットワークの構築的な立場も同様に、ネットワーク分析によってネットワーク構造を形成する過程が確率的過程であると考えられる。潜在構造を捉える立場では、潜在的な構造から確率的な過程を経て測定されたネットワークが形成されると考える。そのため、潜在的な構造は測定されたネットワークと常に同一とは限らず、測定されたものとは異なるネットワークが測定されることもあり得ると考える。また潜在的な構造自体は直接観測できないため、測定されたネットワークから確率的に推定される。ここで用いられるのは、測定されたネットワークに対する、潜在的に想定される構造のもつ尤度である。これは確率的ブロックモデルの考え方と親和的である。

(3)統計的ネットワーク分析と中心性

近年、社会ネットワーク分析で用いられることが増えた分析手法に統計的ネットワーク分析がある。主な手法には指数ランダムグラフモデル(ERGM)がある。これは、ネットワークを形成する頂点ではなく、頂点对を単位としてその間に関係が作られるかどうかをロジスティック回帰に似たモデルで表現するものである。この方法の利点は、ネットワークの密度や推移性などの構造的特性や頂点および頂点对の属性などの独立変数を相互に統制して、関係の形成に対する効果の有無を検定できることにある。推移性や相互性といったネットワークの構造特性は密度と密接な関係をもっており、従来変数間の独立を全体とする分析は適用できなかったのだが、ERGMによってネットワークの関係形成を線形モデルと同様の形でモデル化できるようになった。そのためERGMには重回帰モデルなどの線形モデルと同様の特徴がある。それは基本的に関係形成において各頂点对の一樣性を仮定しているという点である。これはつまりネットワークに含まれる頂点对はある一定の原理や規則に従って関係を形成しているということを含意している。

この一樣性の仮定は、中心性分析の前提との間に齟齬を生じる可能性がある。中心性分析はネットワークにおいて「中心的」な位置を占める頂点を発見することを主要な目的としているが、それは頂点の構造的特性が一樣でないことを前提としている。ネットワーク形成の点からいえば、なぜ限られた頂点のみが高い中心性をもつことが可能になったのかに関心がある。高い中心性をもつ頂点とそれ以外の頂点が一樣なネットワーク形成規則に従っている可能性はないわけではないが、むしろそれらの間の関係形成規則の違いに注目した方が社会ネットワークのダイナミクスのモデル化に有利である。

一方でまた別の確率的なネットワーク分析のモデルとして確率的ブロックモデルが挙げられる。従来のブロックモデルが、頂点間の関係同値性にもとづいて頂点をブロック化するのに対し、確率的ブロックモデルでは潜在的なブロック構造を想定し、それらのブロック内部とブロック間ではそれぞれ一定の確率で関係が形成される場合に、観察されたネットワーク構造からどのような潜在的なブロック構造が考えられるかを推定する(石黒・林 2016)。

Zacharyの空手クラブネットワークを用いて、構造同値性にもとづくブロックモデルを示した例が図2、確率的ブロックモデルの例を示したのが図3である。図2の構造同値性にもとづくブロックモデルでは、いくつかある中心的な頂点との関係の有無や濃淡によって2つのブロック、すなわち派閥に分割されている。一方、図3の確率的ブロックモデルでは、中心的ないくつかの頂点からなるブロックとそれ以外の頂点からなるブロックの2つに分割されている。これはネットワーク分析ではコア/周辺構造と呼ばれる分割と類似している。

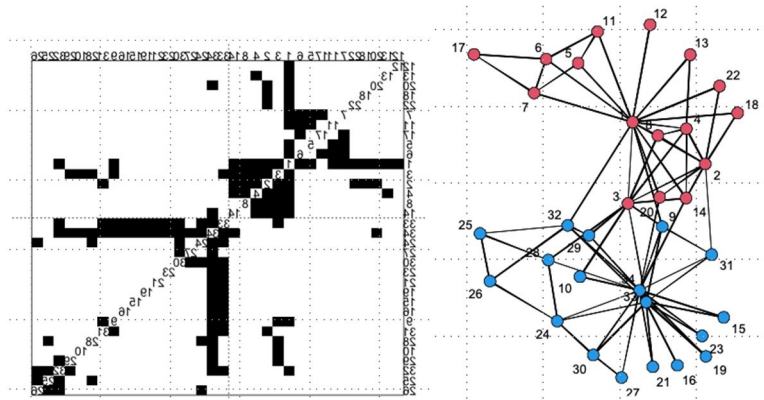


図2 空手クラブネットワークのブロックモデル

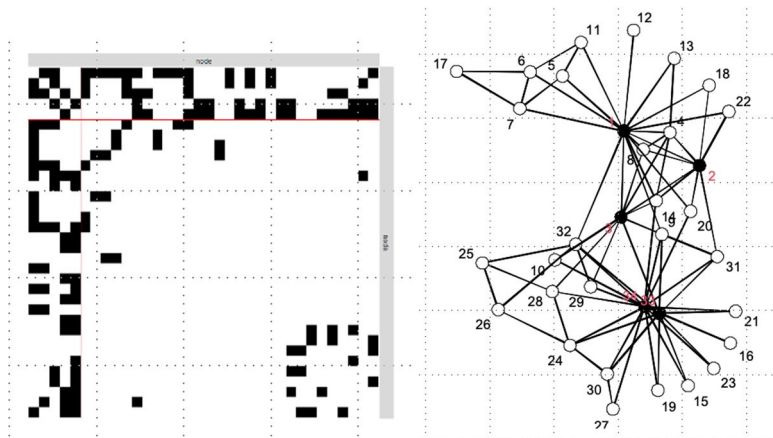


図3 空手クラブネットワークの確率的ブロックモデル

ここで中心と周辺というブロックが推定されたのは、他との結合が多い、すなわち次数中心性の高い頂点と周辺の次数中心性の低い頂点は他の頂点群と結合する確率が異なるためである。そして周辺の頂点はどちらの派閥であれ中心的な頂点と結合する可能性を潜在的にもっていたということである。結果的にどちらの派閥の中心的頂点と結合するかは偶然的に決まるものであって、本質的なものはある頂点がコアに属するか、周辺に属するかということである。それに対して構造同値性にもとづくブロックモデルでは、実際にどちらの中心的頂点の側と結合しているかが重要になる。

コア/周辺構造の抽出と中心性分析の相同性は既に Borgatti and Everett (2006) によって指摘されている。他の頂点との結合確率、すなわちネットワーク凝集性への寄与という観点からの中心性概念のフォーマリゼーションは、中心性分析、コア/周辺構造の分析、ブロックモデルといった手法を統一的な観点から位置付け、確率的ネットワーク分析の一様性の仮定を緩和するモデル化にとっても有益である。

<参考文献>

- 保田直美, 2016, 「小学校の学級活動で用いられる技術の変遷 学校は心理学的な技術をどのように受容するか」『佛教大学教育学部学会紀要』15: 37-55 .
- 田中熊次郎, 1963, 『実験集団心理学』明治図書 .
- Borsboom, D. 2005, *Measuring the Mind: Conceptual Issues in Contemporary Psychometrics*, Cambridge: Cambridge University Press. (= 2022, 仲嶺真監訳 『心を測る 現代の心理測定における諸問題』金子書房.)
- 山本登, 1957, 「未開放部落をめぐる社会的緊張の測定 和歌山県における学級標本調査」『人文研究』11: 1185-1127 .
- 石黒勝彦・林浩平, 2016, 『関係データ分析』講談社 .
- Borgatti, Stephen P. and Martin G. Everett, 2006, “A Graph-Theoretic Perspective on Centrality.” *Social Networks*, 28:466-484.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 鈴木努	4. 巻 50
2. 論文標題 西田春彦とソシオメトリー	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 社会学年報	6. 最初と最後の頁 35-44
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 鈴木努
2. 発表標題 社会ネットワークの形成規則と中心性 概念整理と予備的考察
3. 学会等名 第74回数理社会学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 鈴木努
2. 発表標題 西田春彦とソシオメトリー
3. 学会等名 第67回東北社会学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木努
2. 発表標題 戦後日本の社会学におけるソシオメトリーの受容と衰退
3. 学会等名 第72回数理社会学会大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------