

【学生論考】

企業役員ネットワークから見る役員兼任の
優位性と数値化
-グラフ畳み込みを用いた中心性分析手法の検討-
**Advantages and Quantification of Interlocking Officer Positions
Seen from Corporate Officer Networks**
-A Study of Centrality Analysis Method Using Graph Convolution -

天野優樹

長岡技術科学大学大学院博士前期課程

綿引宣道

長岡技術科学大学

Abstract

An analytical method combining centrality analysis and "graph convolution" was conducted for the network of concurrent posts of company executives in Kanagawa Prefecture in the Meiji period, and the results were compared with the results of the centrality analysis. As a result, when we newly evaluated the betweenness centrality, which reflects the superiority of the inter-hire relationship, using convolution, we discovered the top entrepreneurs. The entrepreneur left a strong track record, and it is highly likely that he had a great influence on the entrepreneurial network. From this result, "graph convolution" is more effective than the result of centrality analysis in terms of numerical evaluation of the superiority of interlocking officers.

1 はじめに

ネットワーク分析として一般的なものに中心性分析がある。企業家ネットワークについて中心性分析を行い、有力な役員を見つけ出す試みがなされてきた。しかし、ネットワークの構造によっては中心性分析の数値の高低のみでノードの優位性を判断することは難しい。中心性分析に加えて役員の周辺ネットワークを抜き出し調査するなどの過程を経て総合的に判断する必要がある。この問題を改善し、数値的評価を行いやすくするため、中心性の計算結果にグラフ畳み込みを加え、評価値として用いる。近年の機械学習技術の進歩に伴い確立された手法であるグラフ畳み込みは、『演算を行うごとにノードの情報と隣接ノードの情報を含んだ特徴量を抽出することができる』（大古田 2020）。本研究では、例として明治 35 年、40 年の明治期の神奈川県企業の役員兼任関係をネットワーク化し、一般的手法である中心性分析とグラフ畳み込みを組み合わせた分析手法を開発することを目的とする。

2 手法

2.1 データ源

本研究では、人的ネットワーク作成のデータ源として『日本全国諸会社役員録』(以下、「役員録」)を用いる。『役員録』は、明治26年から昭和14年の諸会社とその役員の情報的年代ごとにまとめられている。鈴木ら(2006)は、『役員録』を、資料として十分であるとしている。本研究では、例として明治35年、40年のネットワークの分析結果の比較を示す。

2.2 従来の中心性分析における問題

中心性分析は、ネットワーク分析の一手法であり、ネットワークのノードの重要性を数値評価でき、それはネットワークの構造から決定される。村井ら(2008)は国会議員のwebサイトリンクをネットワーク化し、中心性解析によって派閥分析を行い、政党内の議員の支持関係を明らかにした。結果、議員の政治的状況を判断する材料としてwebサイトリンクの分析が有用であるとしている。

中心性分析は、分析するネットワークの一部にエッジが集中する、あるいは独立したネットワークが多数存在する場合、中心性の値が極端に偏り、中心性の値に差が見られにくくなる。これにより、ネットワーク上の特定の人物を見つける上で、中心性の数値だけをもとに分析を進めることが困難である。また、中心性の数値と、ネットワークにおける重要度には違いがある。これらを解決するため、本研究ではグラフ畳み込みを用いて中心性数値を加工した評価値で分析を行う。

2.3 グラフ畳み込み理論

グラフ畳み込みは、画像データに対して行われていた畳み込み演算を、ネットワークに対して適用することで、ネットワークの要素に対して、要素の近傍の要素の特徴を取り込み、値を更新する。これにより、要素周辺の情報を表現できる。Kipfら(2017)の研究によりグラフニューラルネットワークの学習用モデルとして提案された。大古田ら(2020)の研究では、企業間取引ネットワークにグラフ畳み込みを用いた分析方法を実施して、ネットワークの構造が業種・地域性を反映することを視覚的に示している。本研究では、企業役員周辺の特徴を集めることで、企業役員の社会的周辺構造を表現するためにグラフ畳み込みを用いる。

グラフ畳み込みに用いた数式を式(1)に示す。Aはグラフの隣接行列、Iは単位行列、Xは特徴量行列、 ω は重みである。特徴量は中心性の数値を、重みは検討のため今回は考慮せず用いる。

$$Output = \omega(A + I)X \quad \text{式(1)}$$

図 1. グラフ畳み込みの例

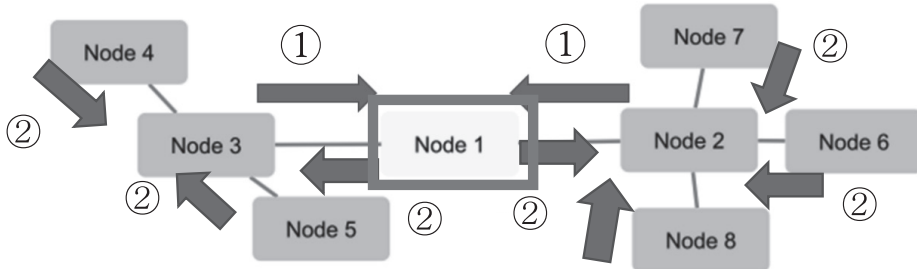


図 1 にグラフ畳み込みの例を視覚化して示す。ノード 1 に、ノード 2 とノード 3 の情報を取り込み、元々のノード 1 と合わせて新たにノード 1 の情報とする。これをネットワーク全体に行うことで、グラフ畳み込みを行う。1 回のグラフ畳み込みによって図中の①のように隣接ノードの情報を取得できる。また、2 回のグラフ畳み込みを行うと、ノード 1 が行うのは①のみだが、ノード 2 とノード 3 は②のように情報を取得しているので、ノード 1 は図中の全てのノードの情報を取得できる。

2.4 グラフ畳み込みの効果

グラフ畳み込みを用いることで、本研究の手法は中心性分析による各役員のみの評価だけでなく、所属企業とその兼任役員の中心性までをその役員の影響力として考えることができるようになる。これにより、より影響力があったと考えられる役員を発見しやすくなるのが、本研究の目的である。

2.5 手法の詳細

データの分析のため、『役員録』から神奈川県に所在していた企業・役員のデータを抽出し用いる。中心性分析では、兼任関係による影響力が反映する媒介中心性を評価値として用いる。グラフ畳み込みでは、中心性分析の結果に対して 2 回の畳み込みを行う。

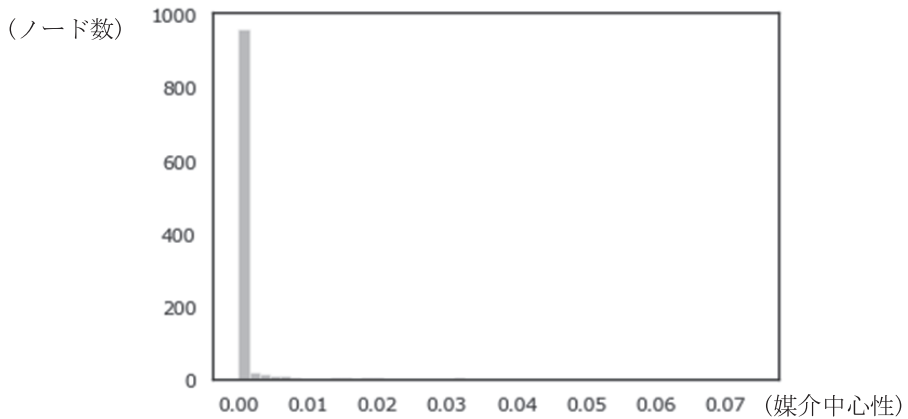
3 結果

一例として明治 35 年の中心性分析だけの分布図をグラフ 1 に、グラフ畳み込みを適用したものをグラフ 2 に示す。グラフ 1 の横軸は媒介中心性である。また、グラフ 2 では媒介中心性の計算結果にグラフ畳み込みを適用した数値を用いている。グラフ畳み込みではノードの周りの数値を加算して値を更新しているため、グラフ 2 では全体的にノードの数値が上昇している。その結果、ノード間の数値の差が大きくなり、ノードに差が表れやすくなり、影響力が高いと考えられるノードを発見しやすくなる。

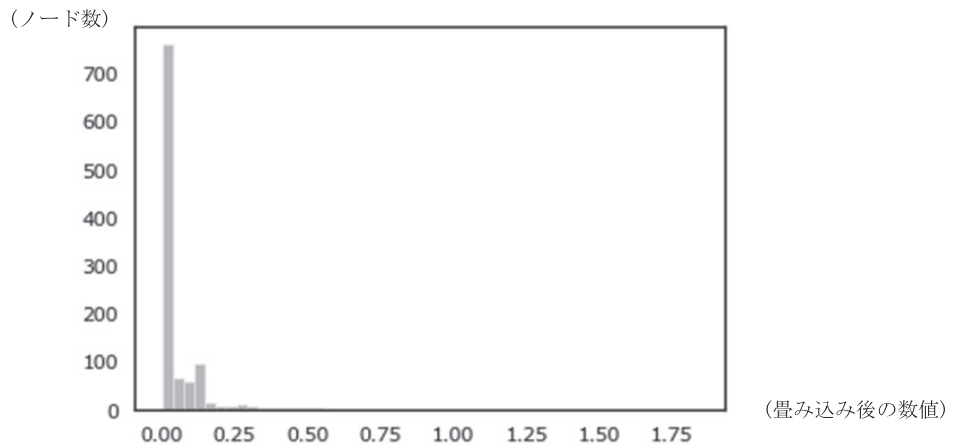
2 回のグラフ畳み込みにより、ある役員を持つ中心性に、その役員と兼任関係にある役員

の中心性を加味して評価できるようになっている。これにより、影響力の高い役員を見つけ出すことが容易になったかを畳み込み前後の結果の比較によって検討する。

グラフ 1. 明治 35 年神奈川県 企業役員ネットワークの媒介中心性分析結果



グラフ 2 明治 35 年神奈川県 企業役員ネットワークの媒介中心性分析の畳み込み適用結果



4 考察

図 2 に明治 35 年神奈川県の企業役員ネットワークを示す。一般的な中心性のうち、兼任関係における影響度を最も表現できる媒介中心性についてグラフ畳み込み前後で比較を行った結果、明治 35 年に中心性の結果に比べてグラフ畳み込みの結果が下位から上位になった金子政吉がいることが分かった。表 1 に明治 35 年の媒介中心性の上位 10 名、表 2 に明治 35 年役員の畳み込み後の上位 10 名を示す。

図 2. 明治 35 年神奈川県企業の役員ネットワーク

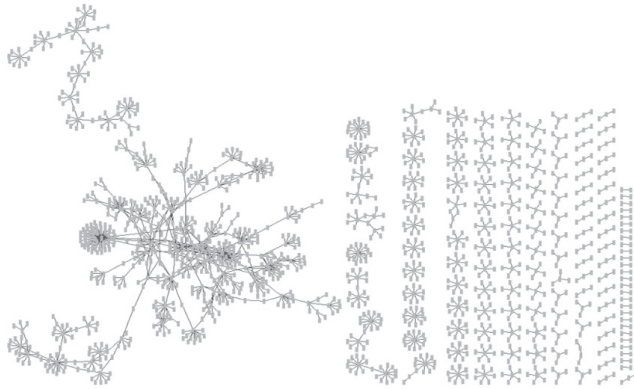


表 1. 明治 35 年役員 の 媒介中心性

1	田沼太右衛門	0.07067
2	若尾幾造	0.03115
3	石川長次郎	0.03090
4	山口左七郎	0.02792
5	渡邊福三郎	0.02747
6	天野藤三	0.02474
7	茂木保平	0.02327
8	平沼専藏	0.02097
9	木村利右衛門	0.02025
10	岡田寅吉	0.01959

表 2. 明治 35 年役員 の 畳み込み後上位 10 名

1	若尾幾造	0.99430
2	渡邊福三郎	0.82923
3	田沼太右衛門	0.81597
4	平沼専藏	0.62582
5	木村利右衛門	0.62141
6	金子政吉	0.49478
7	石川長次郎	0.45162
8	原富太郎	0.42593
9	茂木保平	0.42067
10	天野藤三	0.41306

図 3 に金子政吉の所属する会社とその役員 の ネットワークを示す。金子政吉は、横浜取引所理事長・横浜貿易銀行頭取を務め、横浜商工会議所議員にも選出された有力な企業家である。このような人物の評価値が高くなったことは、グラフ畳み込みによって有力な役員や重要な兼任関係を発見しやすくなる可能性が高いことを示しているといえる。

金子政吉の元々の媒介中心性は 0.01 ほどで、媒介中心性の順位は 43 位であるが、畳み込み後は 6 位に上昇している。兼任関係にある役員に媒介中心性の高い役員が多く存在しており、グラフ畳み込み後に順位が上昇した。グラフ畳み込みを行うことで、影響力を持っていたと考えられる役員をより見つけ出しやすくなることができると考える。

また、明治 40 年のグラフ畳み込み前後の結果の比較において、畳み込みによって順位が 40 位程度降下した山口左七郎がいることが分かった。図 4 に山口左七郎の周辺ネットワー

めの指針」,数理社会学会, 23(1),111-128.

大古田俊介・他 (2020).「グラフ畳み込みを用いた企業間取引ネットワークのコミュニティ分析」,『人工知能学会全国大会論文集』(第34回全国大会). 人工知能学会, 1-4.

Kipf, -N Thomas & Welling, Max (2017). “Semi-Supervised Classification With Graph Convolutional Networks”, *conference paper at ICLR 2017*, 1-14.

この研究は公益財団法人 高橋産業経済研究財団の補助を受けております。心より感謝いたします。