

【学生論考】

明治中期から後期における兵庫・新潟県の コミュニティ抽出による役員兼任ネットワークの分析

笠原祐輝

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

Entrepreneur played a major role in the rapid modernization of Japan during the Meiji Era (1868-1912) by holding concurrent posts as executives of multiple corporates. In this study, we refer to the relationship of concurrently serving as executives as a “concurrent executive network”. We analyzed the network in Hyogo and Niigata prefectures from the mid- to late-Meiji Era by community detection. At the time, the two prefectures had similar population and other conditions, but the network in Hyogo Prefecture was more extensive than that in Niigata Prefecture. While there was no difference between the two prefectures in terms of the internal communities (the relatively dense portion of the network), the ratio of the number of nodes and edges connecting the between communities was higher in Niigata Prefecture. Thus, Hyogo Prefecture was more prone to Weak-Ties (Granovetter 1973) than Niigata Prefecture. Weak-Ties is important for innovation, suggesting that the expansion of the network in Hyogo Prefecture was due to Weak-Ties.

1 はじめに

明治 23 年に旧商法が施行されて、日本ではじめて会社設立に関する法律が制定された。これにより、小規模であった個人経営から会社の大規模化が進んだ。その後、鉄道、銀行、電力などの社会インフラの整備・国際貿易の本格化など整備が進んだ。近代化には特に実業家が複数の会社の役員を兼任する形で大きな役割を果たしていた。本研究ではこの役員兼任関係を「役員兼任ネットワーク(本稿では取締役、監査役、業務担当社員を指す)」と呼ぶ。役員兼任ネットワークは社会関係資本の一つであり、情報交換や援助を得るために重要とされる(Wouter, et al 2005)。役員兼任ネットワークは産業発展において有用であり、急激に近代化を遂げた明治時代の分析は意義がある。

Flans, at al.(1997)はアメリカやイタリアなど 10 カ国の会社間のネットワークの構造に違いがあることを示した。本研究では役員兼任関係でもネットワーク構造が地域ごとで異なると考え、明治 30 年から 45 年の兵庫県と新潟県を比較する。当時、両県は国際港としての開港・人口など似た条件であったにも関わらず、会社・役員数に大きな差があった。本研究の目的は「コミュニティ抽出によってどのようなコミュニティからネットワークを形成しているか」について、明治 30 年から 45 年の兵庫県と新潟県のネットワークの最大連結部分を分析する。

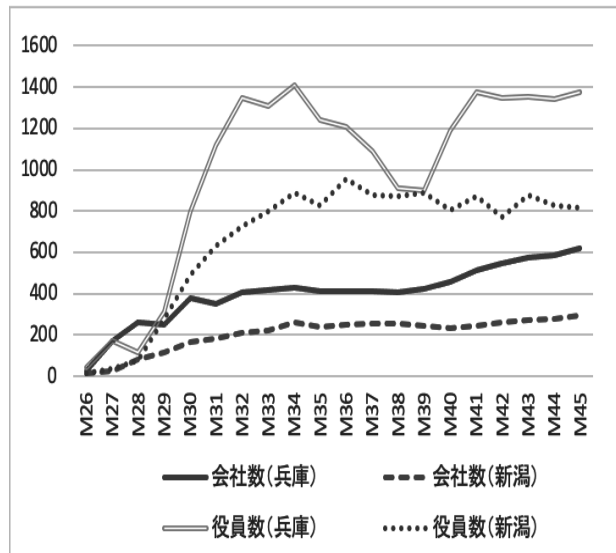
2 分析対象

分析対象は明治 30、35、40 および 45 年の兵庫県と新潟県とする。急激に近代化を遂げた明治時代であるが、兵庫県と新潟県は以下の似た条件であったにもかかわらず、当時の会社・役員数に大きな差があった。表 1 で示したとおり明治 30 年から 45 年にかけて、兵庫県と新潟県の人口は全国トップ 5 に入っており、その差はほとんどなかった。新潟県は人口が十分いたにもかかわらず、図 1 で示したとおりネットワークの最大連結部分の新潟県の役員数は兵庫県の半数程度であった。また、両県とも国際港があったが、図 1 で示したとおり会社数にも大きな差があった。

表 1 人口推移

	兵庫県	新潟県
M30	1,631,100	1,723,400
M31	1,659,600	1,707,100
M36	1,761,800	1,732,200
M41	1,891,000	1,765,500
T2	2,048,500	1,877,600

図 1 ネットワークの最大連結部分の会社・役員数推移



3 分析手法

(ア) 役員兼任ネットワーク

役員兼任ネットワークのデータ源は『日本全国諸会社役員録』を用いた。本資料には、会社および会社所在地・所属役員・役員の住所・資本金などが書かれている。投資先あるいは取引先の信用を確認することを目的に発行されたため、信頼性が高く掲載されている会社も極めて広い(鈴木ら 2009)。これを用いて、明治 30、35、40、45 年の兵庫県と新潟県の会社と役員をデータベース化し、役員兼任ネットワークを作成した。ネットワークの作成および分析には Network X Ver 2.6.3 を用いた。ネットワークは、役員をノードとし二人の役員が同じ会社に所属していれば、その役員 2 人をエッジで繋ぐ関係の有無のみを表す無向の一部グラフとした。また、ネットワークのうち最大規模のもの最大連結部分以外の接続部分は小規模であったため、本研究では最大連結部分のみ扱った。

(イ) 密度・推移性

ネットワーク構造を測るための指標として密度・推移性がある。密度とはネットワークで繋ぐことができるエッジのうち、実際に繋がれているエッジの割合で(1)で定義される。 m はエッジ数、 n はノード数である。

$$\frac{2m}{n \times (n-1)} \quad \text{--- (1)}$$

推移性とは二つ先のノードが自分と繋がっている割合である。「友達の友達」が自分の友達でもある割合と言い換えることもできる。推移性は(2)で定義される。 A はネットワークの隣接行列、 $diagA^2$ は A^2 の対角行列を0に置き換えた行列である。

$$\frac{\sum A^2 \times A}{\sum (A^2 - diagA^2)} \quad \text{--- (2)}$$

密度と推移性はネットワーク構造を測るための指標として用いられる。膨大なネットワークには密度が低い部分も高い部分も存在する。密度・推移性はそれらを平均するため、ネットワーク構造は詳細に分からない。したがって、コミュニティ抽出により膨大なネットワークを分割する必要がある。コミュニティとは、ネットワークの相対的に密度が高い部分である。各コミュニティで密度・推移性を算出することで、本研究で明らかにしたい「どのようなコミュニティからネットワークを形成しているか」がわかる。

(ウ) コミュニティ抽出

最適なコミュニティ抽出は計算が膨大なため最適解が得られず NP 困難なためヒューリスティックな様々な手法が存在する。手法の選定にはモジュラリティ最適化が一般的である。これは、ネットワークに対して複数のコミュニティ抽出手法を適用し、モジュラリティが最も高かった手法を採用するという考えである。モジュラリティとはコミュニティ抽出の精度を評価する指標であり、(3)で定義される(Newman & Girvan 2004)。Cは抽出したコミュニティ数、 e_{ij} はコミュニティ*i*からコミュニティ*j*へ接続しているエッジ数、 m はネットワークのエッジの総数である。モジュラリティは同じコミュニティ内でエッジが多くあり、コミュニティ間でエッジが少ないほど高い数値となる。モジュラリティが高いほど、高精度にコミュニティ抽出できたことを示す。

$$\sum_{i \in c} \left\{ \frac{e_{ii}}{2m} - \left(\sum_{j \in c} \frac{e_{ij}}{2m} \right)^2 \right\} \quad \text{--- (3)}$$

本研究ではモジュラリティ最適化に則り、各年、両県のネットワークにおいて複数のコミュニティ抽出手法を適用し、それぞれの手法でモジュラリティを算出した。その結果、どのネットワークも

Louvain 法のモジュラリティが最も高かったため、コミュニティ抽出はこれを採用した。Louvain 法は実行することによって結果が変わるため、100 パターン試行し、最もモジュラリティが高くなったときの結果で分析を行った。

4 結果

4.1 役員兼任ネットワーク

表 2 は、明治 30、35、40 および 45 年の兵庫県と新潟県の役員兼任ネットワークのノード数、エッジ数、Louvain 法によって抽出されたコミュニティ数である。表 2 で示したとおり、明治 30 年から 45 年において兵庫県は新潟県よりもネットワークのノード・エッジ数は拡大していた。

表 2 ネットワークのノード数、エッジ数および抽出されたコミュニティ数

		ノード数	エッジ数	抽出されたコミュニティ数
M30	兵庫県	799	4060	21
	新潟県	493	2537	13
M35	兵庫県	1244	5882	26
	新潟県	824	4195	19
M40	兵庫県	1190	5346	30
	新潟県	805	4119	20
M45	兵庫県	1376	6417	27
	新潟県	814	4274	21

4.2 コミュニティ内部の分析

抽出されたコミュニティそれぞれで密度・推移性を算出した。表 3 はコミュニティの所属人数と密度の関係である。 x はコミュニティの密度、 y はそのコミュニティ所属人数である。表 3 で示したとおり両県とも各コミュニティの所属人数とそのコミュニティの密度は累乗関数で近似でき、決定係数の多くが 0.9 以上であった。近似には SciPy ver1.7.3 を用いた。

表 3 各コミュニティの所属人数と密度の関係

		累乗関数	決定係数
M30	兵庫県	$y = 11.565x^{-0.854}$	0.86
	新潟県	$y = 7.29x^{-1.104}$	0.95
M35	兵庫県	$y = 6.949x^{-1.13}$	0.92
	新潟県	$y = 5.321x^{-1.31}$	0.94
M40	兵庫県	$y = 7.564x^{-1.068}$	0.94
	新潟県	$y = 7.782x^{-1.092}$	0.91
M45	兵庫県	$y = 6.902x^{-1.104}$	0.93
	新潟県	$y = 7.702x^{-1.11}$	0.89

表 4 各コミュニティの推移性

		平均	分散	最大値	最小値
M30	兵庫県	0.912	0.002	1.000	0.835
	新潟県	0.879	0.002	0.952	0.794
M35	兵庫県	0.910	0.001	1.000	0.838
	新潟県	0.894	0.002	0.962	0.795
M40	兵庫県	0.903	0.002	0.971	0.811
	新潟県	0.910	0.001	0.967	0.820
M45	兵庫県	0.894	0.002	0.977	0.814
	新潟県	0.910	0.003	1.000	0.813

表 4 は各コミュニティの推移性の統計値である。両県とも各コミュニティの推移性の平均値が高く分散が非常に小さく、最小値は平均との乖離が小さい。したがって、両県ともに抽出されたコミュニティの推移性は高水準で高い。

以上、明治 30—45 年の兵庫県と新潟県で各コミュニティ内部の違いは見られない。

4.3 コミュニティ間を結ぶノードおよびエッジの分析

表 5 は、コミュニティ間を結ぶノードおよびエッジ数である。カッコ内は表 2 のノード数あるいはエッジ数に対する割合である。5 列目はコミュニティ間を結ぶノード 1 つ当たりのコミュニティ間を結ぶエッジ数である。これは役員一人あたりのコミュニティ間を結ぶ役割の大きさを示す。表 5 で示したとおり、コミュニティ間を結ぶノード・エッジ数の割合は新潟県の方が高い。また、役員 1 人あたりのコミュニティ間を結ぶ役割の大きさは新潟県の方が強い。兵庫県は新潟県よりもネットワークのノード・エッジ数が拡大していた要因について、この結果から Weak-Ties(Granovetter 1973)の影響を考察で述べる。

表 5 コミュニティ間を結ぶノードおよびエッジ

		コミュニティ間のノード数-①	コミュニティ間のエッジ数-②	①/②
M30	兵庫県	222(27.8%)	710(17.5%)	3.20
	新潟県	237(48.1%)	882(34.8%)	3.72
M35	兵庫県	224(18.0%)	706(12.0%)	3.15
	新潟県	235(28.5%)	680(16.2%)	2.89
M40	兵庫県	216(18.2%)	538(10.1%)	2.49
	新潟県	269(33.4%)	932(22.6%)	3.46
M45	兵庫県	333(24.2%)	978(15.2%)	2.94
	新潟県	256(31.4%)	1006(23.5%)	3.93

5 考察

明治 30—45 年の兵庫県と新潟県のネットワークの違いはコミュニティ間を結ぶノードおよびエッジにあった。兵庫県は新潟県よりもネットワークのノード・エッジ数が拡大した要因について、Weak-Ties の影響を考察する。Weak-Ties とは社会的な弱い繋がりのことをいう。Weak-Ties の対称となる Strong-Ties は社会的な強い繋がりである。これは強い結束によって信頼関係が強いが、得られる情報の新鮮さは少ない。イノベーションにおいては Weak-Ties のほうが重要である(Granovetter 1973)。

コミュニティ抽出は、モジュラリティが高くなるようにコミュニティ内でエッジが多くあり、コミュニティ間でエッジが少なくなるようにコミュニティが抽出される。すなわち、コミュニティ内の繋がりは Strong-Ties、コミュニティ間の繋がりは Weak-Ties を示す。両県でコミュニティ内部については違いがなかったが、表 5 で示すようにコミュニティ間を結ぶノード・エッジ数の割合は新潟県の方が高かった。また、役員 1 人あたりのコミュニティ間を結ぶ役割の強さは新潟県の方が強い。つまり、両県のネットワークは兵庫県の方が新潟県よりも Weak-Ties の傾向が強かった。Weak-Ties はイノベーションにおいて重要であるため、これが兵庫県のネットワークのノード・エッジ数を拡大させた可能性がある。

6 結論

明治 30—45 年の兵庫県と新潟県は、会社にとって人口など同等の資源であったが、兵庫県は新潟県よりも役員兼任ネットワークの役員数と繋がりが数が拡大していた。兵庫県と新潟県のネットワークは、コミュニティ内部の違いはなかったが、コミュニティ間を結ぶ役員数と繋がりは新潟県の方が高く、換言すれば兵庫県の方が Weak-Ties (Granovetter 1973)の強みが出ている。産業を育成するには、会社間の役員の兼任が重要ではあるが、同時に密にならないようにする必要がある。

参考文献

- Frans, N, S., & Rolf, Z., & John, S. (1997). Networks Of Corporate Power: A Comparative Analysis of Countries. *Polity*. (上田義郎(訳). (1997). 企業権力のネットワーク-10 カ国における役員兼任の比較分析. 同文館出版).
- Granovetter, Mark. (1973). The strength of weak ties. *American Journal of Sociology*, 78(6), 1360-1380.
- 金光淳. (2003). 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.
- 国勢院. (1916). 日本帝国人口静態統計 大正 2 年. 国勢院第一部.
- 仲田正機. 細井浩一. 岩波文考. (1997). 企業間の人的ネットワーク-取締役兼任性の日米比較-. 同文館出版.
- 内閣統計局. (1909). 道府県現住人口 明治 17-40 年. 内閣統計局.
- 同上 . (1911). 日本帝国人口静態統計 明治 41 年 12 月 31 日調. 内閣統計局.
- Newman, M, E, J., & Girvan, M. (2004). Finding and evaluating community structure in networks. *Physical Review E*, 69, 026113.
- Nahapiet, J., & Ghoshal, S. (1998). Social Capital, Intellectual Capital, and the Organizational Advantage. *The Academy of Management Review*, 23(2), 242-266.
- Per, H., & Frank, H. (1984). Structural Models in Anthropology. *Cambridge University Press*.
- 鈴木恒夫. 小早川洋一. 和田一夫. (2009). 企業家ネットワークの形成と展開. 名古屋大学出版会.
- Vincent, D, B., & Jean-Loup, G., & Renaud, L., & Etienne, L. (2008). Fast unfolding of communities in large networks. *Journal of Statistical Mechanics*, 10008.
- Wouter, D, N., & Andrej, M., & Vladimir, B. (2005). Exploratory Social Network Analysis with Pajek. *Cambridge University Press*. (安田雪(訳). (2009). Pajek を活用した社会ネットワーク分析. 東京電機大学出版局.).

本研究は、高橋産業経済財団の助成を受けたものである。