

# 資本関係に基づく企業ネットワークを通じた 産業ごとの事業エコシステムの比較

Comparing business ecosystems by industry  
through corporate networks based on capital relations

藤田 正典<sup>1</sup> 奥戸 嵩登<sup>2</sup> 西野 成昭<sup>3</sup> 長根 裕美<sup>4</sup>

Masanori Fujita<sup>1</sup>, Takato Okudo<sup>2</sup>, Nariaki Nishino<sup>3</sup>, Hiromi Nagane<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 政策研究大学院大学, <sup>2</sup> 総合研究大学院大学, <sup>3</sup> 東京大学, <sup>4</sup> 千葉大学  
<sup>1</sup>National Graduate Institute <sup>2</sup> the Graduate University <sup>3</sup> The University <sup>4</sup> Chiba University  
for Policy Studies, for Advanced Studies, of Tokyo

**Abstract:** How to build a business ecosystem is an important issue for companies. So far business diversification has often been discussed from the view point of “conglomerate discounts” and “selection and concentration”. On the other hand, recently the necessity of “open innovation” through collaboration among various companies has been extensively discussed. In this research, a large-scale corporate information database is used to construct and visualize corporate networks based on corporate capital relations. Then from the viewpoints of business diversification, decentralization and openization, we clarify the characteristics of parent companies and capital networks of major corporate groups and quantitatively analyze the relation between these characteristics and the profit of the companies.

## 1. はじめに

企業にとって、自社のコアバリューの提供とともに、自社のコアバリューを取り巻くバリューチェーン、すなわち事業のエコシステムをどのように構築するかは重要な課題である。様々なバリューを自社グループで統合しバリューチェーンを構築する企業が存在する一方で、一部のコアバリューに専念する企業も存在する。従来、様々な産業分野を統合するコングロマリット経営の非効率性と、選択と集中によるコアコンピタンス経営の重要性が論じられてきた。しかし、企業の戦略は様々であり、例えば以下のような事例が挙げられる。

- スマートホン事業において、グーグルは OS をディスクローズし、他の携帯端末メーカーと明確な役割分担を行っているのに対し、アップルは自社で OS から携帯電話までの仕様をクローズにし、すべて自社ブランドに統合している。
  - また、コンピューター業界では製品をモジュール化することが重要とされるのに対し、自動車では製品を統合することが重要とされる。
- 近年、他社との連携によるオープンイノベーションや事業エコシステムの重要性が論じられている。

しかし、各社が事業エコシステムを構築するにあたり、例えば、以下のような疑問が残るであろう。

- (1) 事業の多角化  
自らの企業グループが取り込むべき産業の範囲をどうすればよいのか。すなわち、特定産業への特化と、関連産業の統合や多角化のどちらの戦略をとるべきか..
- (2) 事業の分散化  
本社と子会社の事業活動の範囲をどうすればよいのか。すなわち、親会社による事業の集中化と、子会社群への事業の分散化のどちらの戦略をとるべきか。
- (3) 事業のオープン化  
他の企業グループと協業をどの程度進めればよいのか。すなわち、自らの企業グループによる閉鎖的なエコシステムと、他の企業グループとの開放的なエコシステムのどちらを構築すべきか。

前述の事例の通り、企業の戦略や業界の特徴はそれぞれ異なるかもしれないが、コングロマリットディスカウントやオープンイノベーションについてのこれまでの研究は、特定産業を対象としたものが多く、網羅的な分析は十分とはいえない。

本研究の目的は、企業のエコシステムは分野によって異なるという仮説に基づき、グローバルな大手企業について、産業ごとに、事業エコシステムの「多角化」、「分散化」および「オープン化」の特徴、および利益との関係を網羅的に示すことである。

この目的のために、企業グループの資本関係に注目し、特定の株主に所有されない独立した企業と、その子会社、およびこれらの企業群の間の資本関係に基づく資本ネットワークの特徴を分析する。まず、グローバルな企業情報データベースを用いて、2017年の連結売上高が10億ドル以上の親会社5,258社およびその子会社を抽出する。次に、抽出した企業の資本関係に基づく資本ネットワークを構築して可視化する。さらに、親会社と子会社、およびこれらの企業群の資本ネットワークの特徴量を算出し、最後に、多角化、分散化およびオープン化の観点から、これらの特徴量と利益の関係を、産業ごとに、網羅的に分析・考察する。

## 2. 関連研究

### 2.1. 事業エコシステム

エコシステムとは、生物学的システムを意味することが多いが、広義には様々なアクターが存在する産業や事業システムなどの複雑系システムを意味する場合もある。産業や事業におけるエコシステムについて、Mcintyre et al.(2016)はこれを(1)Industrial organization economics, (2)Technology management, (3)Strategic managementの3つの視点で分類し今後の研究課題について示した[1]。また、Tsumimoto et al.(2018)はこれを(1)Industrial ecology, (2)Business ecosystem, (3)Platform management, (4)Multi-actor networkに階層化した視点を示している[2]。本研究では、これらの先行研究をもとに、「相互作用する企業間の経済的な依存関係や協調関係」を事業エコシステムとし、これを分析する。

企業が事業を拡大するに際し多角化してゆくことについては、Berger et al.(1995)など1990年代より、コングロマリットディスカウントとしてその負の側面が議論されてきた[3]。一方で、Schumpeter(1926)が述べたようにイノベーションには異なる知識の結合が必要であるとされ、Chesbrough(2005)はオープンイノベーションの重要性を論じ、事業における協業の重要性も指摘されている[4][5]。しかし、これらの研究は、特定産業を対象としたものが多く、網羅的な分析や産業間の比較分析は十分とはいえない。

### 2.2. ネットワーク分析

社会ネットワーク分析を経済学に適用した研究に

ついてはすでに様々なアプローチで研究がされている。Jackson et al.(2017)はネットワーク分析の経済学への適用を広くレビューし、ネットワーク構造と経済行動の内生性を議論している[6]。Kojaku et al.(2018)は金融危機のネットワークを介した伝播をモデル化した[7]。Nishino et al.(2018)は事業エコシステムにおけるネットワーク生成機構をエージェントシミュレーションを用いて明らかにした[8]。Mizuno et al.(2020)は投資家の企業への影響力を測定し政府と民間機関の投資戦略の違いを明らかにした[9]。本研究では、企業グループの事業エコシステムを対象として、これを、事業の多角化、分散化およびオープン化の観点から、産業ごとに、網羅的に分析する。

## 3. 手法

### 3.1. 分析の枠組み

本研究で分析を行うにあたり、分析対象となる資本ネットワーク定義と、分析の観点である多角化、分散化およびオープン化の特徴を示す変数を以下に述べる。

#### (1) 資本ネットワーク

「企業間による経済的面で相互作用する依存関係や協調関係のシステム」である「事業エコシステム」において、企業間の関係は、人的関係、取引関係、資本関係、技術提携関係、などに基いたものが挙げられる。本研究では、「事業エコシステム」を定量的かつ網羅的に分析するため、企業情報データベースを用い、上場企業の資本関係に基づく「資本ネットワーク」を分析する。ある企業が他の企業に出資している場合、二つの企業をノードとするエッジを作成し、エコシステムを構成するノードとエッジから作成されるグラフを資本ネットワークとする。

#### (2) 事業の多角化

企業情報データベース上の企業には所属する標準産業コードが付与されている。本研究では、事業の「多角化」を、資本ネットワークを構成する企業の「標準産業の区分数」を用いて分析する。各企業には複数の産業コードが付与される場合もあるが、主な産業コードをその企業の主産業とし、資本ネットワークを構成する企業の産業区分の数多い場合、多角化の程度が高いとする。

#### (3) 事業の分散化

資本ネットワークにおいては、他社に所有されていない親会社とその子会社が存在する。親会社は子会社を設立し事業の分散化を図る。本研究では、事業の「分散化」を、「子会社の数」や「子会社売上高合計の親会社売上高に対する比

率」などを用いて分析する。例えば、「子会社売上高合計の親会社売上高に対する比率」が高い場合、分散化の程度が高いとする。

#### (4) 事業のオープン化

企業間の資本関係には、親会社が子会社の100%の株式を完全所有する場合と、50%超の株式を保有し子会社をメジャー所有する場合、50%以下20%以上の株式を保有する場合や20%未満の株式を保有する場合などマイナー所有する場合がある。本研究では、事業の「オープン化」を、親会社による子会社の「株式保有率」を用いて分析する。例えば、「マイナー所有子会社の数に対する完全所有子会社およびメジャー所有会社の数の比率」が高い場合、オープン化の程度が高いとする。

### 3.2. 対象データ

本研究で分析する企業データは、Bureau Van Dijk社が提供する企業データベースであるOrbisに収録されている企業から抽出した。Orbisは2018年時点で非上場企業3億件、上場企業7万件を収録する世界最大の企業データベースである。分析対象とする企業の抽出条件を以下に示す。

#### (1) Ultimate Owner (UO)

まず、Orbisが収録する企業のうち、特定できる株主がいなかったり株主の所有比率が不明である場合は除いた所有比率の合計(Total Ownership)が50%を超える単独の株主がいなかったり上場企業を最終所有企業(Ultimate Owner: UO)として抽出する。本研究では、2018年度までの企業情報が収録されたデータベースから抽出した2017年度の売上高がUSD 1Bil.以上のUO、および2017年度の売上高がUSD 10Bil.以上のUOを抽出する。

#### (2) Subsidiary (Sub)

UOの子会社(Subsidiary Company: Sub)群を抽出する。子会社は層(Tier)ごとに、UOの子会社をSubT1, SubT1の子会社をSubT2, SubT2の子会社をSubT3とし、順にSubT5まで抽出する。ここで、UOとそれぞれのUOの子会社群から成る企業グループをUOグループ(Ultimate Owner Group: UOG)とする。また、UOの直接保有(Direct Ownership)比率と間接保有(Indirect Ownership)比率を合わせた総合所有(Total Ownership)比率が100%の子会社(Orbisが完全子会社と設定した会社を含む)を完全子会社(Wholly Owned Subsidiary: WhOSub)とし、100%未満で50%超の連結子会社をマジョリティ子会社(Majority Owned Subsidiary:

MaOSub)、50%以下20%以上の持分法適用子会社をマイノリティ子会社(Minority Owned Subsidiary: MiOSub)、20%未満の少数株保有会社(Slightly Owned Subsidiary: SIOSub)とする。UOの各Tierの子会社抽出にあたり、同一の子会社が抽出された場合、上位Tierに属する子会社のみを残し、一つのUOG内で抽出した企業が重複しないようにした。

#### (3) 産業区分

本研究において産業別に分析するにあたり、産業コードはUS-SIC(US Standard Industry Code)を採用した。各企業に複数業コードが登録されている場合、Orbisの定めた1つの主要業コードを当該企業の産業コードとする。US-SICには、3桁で表示されるCore区分と、4桁で表示されるPrimary区分がある。なお、売上高(Turnover)の基準や、Orbisデータベースで採録されている子会社の基準は、金融機関(bank関連、insurance関連およびcredit関連の機関)と金融機関以外の事業会社とで異なっており、単純に比較分析できないため、今回の分析の対象から金融機関を除いた。

### 3.3. 分析プロセス

本研究の具体的な分析プロセスを以下に示す。

#### Step 1. 資本ネットワークの構築

UOごとに子会社をTier1からTier5まで抽出し、金融機関を除くUOおよび子会社によりの資本ネットワークを構築する。

#### Step 2. 特徴量の算出

UO、子会社および資本ネットワークについて、以下の特徴量を抽出または算出する。

- (a) UOの売上高、純利益、純利益率
- (b) Tierごとの子会社について、産業区分、出資比率、売上高、および純利益
- (c) 各資本ネットワークのネットワーク密度

#### Step 3. UOGの分析

業界ごとに、事業の多角化、分散化およびオープン化の観点から、Step2の特徴量を用いて以下の分析を行う。

- (a) 事業の多角化: 「UOのTier1子会社の業界数」とUOの純利益との関連性
- (b) 事業の分散化: 「UOのTier1子会社の売上高合計のUO売上高に対する比率」とUOの純利益との関連性
- (c) 事業のオープン化: 「UOのTier1子会社に対するTier1MiOSubの数の比率」とUOの純利益との関連性

## 4. 結果

### 4.1. 抽出企業

前述の 3.3 の条件に基づき、試行的分析を行った結果を以下に示す。

2018 年度までの企業情報が収録されたデータベースから抽出した 2017 年度の売上高が USD 1Bil. 以上の UO および USD 10Bil. 以上の UO を抽出した結果、それぞれ、5,258 社および 900 社であった。

抽出した USD 1Bil.UO 5,258 社の売上高合計は約 USD 42.2Tri., 純利益合計は USD 3.4Tri. であり, USD 10Bil.UO 900 社の売上高合計は約 USD 29.1Tri., 純利益合計は USD 2.3Tri. である。なお、国際通貨基金 (IMF) による 2017 年の世界の国内総生産(名目 GDP) は USD 79.9Tri. である。抽出した UO の平均子会社数は 219 社, 平均売上高は USD 32.4Bil., 平均純利益は USD 2.5Bil. であった。

国・地域ごとの UO の売上高は, USD 1Bil.UO の上位 20 か国・地域までで 88 か国・地域の合計の 89% を占め, USD 10Bil.UO の上位 20 か国・地域までで 47 か国・地域の合計の 93% を占めている。

産業ごとの UO の売上高は, USD 1Bil.UO の上位 20 産業までで 662 産業の合計の 41% を占め, USD 10Bil.UO の上位 20 産業までで 240 産業の合計の 49% を占めている。なお、前述の通り金融機関は分析対象から除き, Store 関連産業および Telecommunication 関連産業は, 一つの US-SIC 区分における企業数が少ないこと, 同様の事業を行っている会社が複数の産業区分に登録されていることから, それぞれ 1 つの産業として集約した。さらに, 多角的経営を行っているとされる大手産業機器会社 5 社 (GENERAL ELECTRIC COMPANY, SIEMENS AG, ABB LTD, HITACHI, LTD., SCHNEIDER ELECTRIC SE), 近年成長が著しい IT 関連産業の GAFAM+BAT8 社 (ALPHABET INC. (Google), APPLE INC., FACEBOOK, INC., AMAZON.COM, INC., MICROSOFT CORPORATION, BAIDU INC., ALIBABA GROUP HOLDING LIMITED) については, それぞれ 1 つの産業として集約した。

金融機関を除いた後の UO は, USD 10Bil. および USD 1Bil. の UO の場合, それぞれ 4,783 社および 787 社であった。さらに, 売上高が USD 1Bil. UO の子会社は, Tier1: 434,559 社, Tier2: 965,494 社, Tier3: 1,197,861 社, Tier4: 136,239 社, Tier5: 52,139 社であった。

図 1 に, UOG の資本ネットワークの事例として, Apple Inc.(Apple), Alphabet Inc.(Alphabet), および General Electrics Corp.(GE)の資本ネットワークを示す。Apple の資本ネットワークが本社を中心とした

比較的少数のノードから構成される集中型ネットワークであるのに対し, Alphabet の資本ネットワークは子会社を中心とした分散型ネットワークであり, さらに GE の資本ネットワークは子会社を中心とした多数のノードから構成された階層型の分散ネットワークであることが分かる。

図 2 に, USD 10Bil. UO の売上高を散布図に示す。図 2(a)は UO と売上高を, 図 2(b)は国・地域と UO の売上高合計を, 図 2(c)は産業と UO の合計売上高を示している。図 2(a)(b)(c)のすべてにおいてべき乗則に則って, 順位が上位の集団が全体の大部分を占めることが分かる。

### 4.2. 産業ごとのエコシステムの特徴

産業ごとの比較分析をするにあたり, UO 個社, 国・地域に加えて, 産業別の取引高の分布が, べき乗則に則って順位が上位の集団が全体の大部分を占めていることを踏まえ, 抽出した UO の US-SIC の Primary 区分による産業ごとの売上高の上位 20 産業を分析することとした。

表 1 に, 抽出した 20 産業について, 産業ごとに, UO の売上高の平均, UO の純利益の平均, 産業ごとの売上高純利益率, 産業ごとの Tier1 子会社数, 事業の多角化の程度を示す指標として Tier1 子会社の産業区分数の平均, 事業の分散化の程度を示す指標として, 産業ごとの UO 売上高に対する Tier1 子会社売上高合計の比率, 事業のオープン性の指標として, UO の Tier1 子会社に対する Tier1MiOSub の数の比率を示す。表 1 より以下のようなことが分かる。

- 多角化に関して, 耐久財, 産業機器は多角化度が高く, 一方 GAFAM+BAT は多角化度が低い。
- 子会社数に関して, 産業機器, 耐久財は子会社数が多く, 一方 GAFAM+BAT は子会社数が少ない。
- 分散化に関して, 自動車, 自動車部品, 耐久財は子会社売上高比率が高く, 一方 GAFAM+BAT は子会社売上高比率が低い。
- オープン化に関して, 産業機器やパッケージソフト業界ではオープン化度合いが高く, 一方航空業界や薬品業界はオープン化比率が低い。

### 4.3. 産業ごとのエコシステムの収益性

表 2 に, 産業ごとに, UO の連結純利益と, 表 1 で挙げた, Tier1 子会社数, 事業の多角化, 分散化, オープン化を示すそれぞれの指標との相関係数を示す。表 2 より, 以下のようなことがわかる。

- 多角化に関して、原油・天然ガス、耐久財、自動車は多角化と収益の相関が高い。
- 子会社数に関して、薬品、耐久財は子会社数と収益の相関が高い。

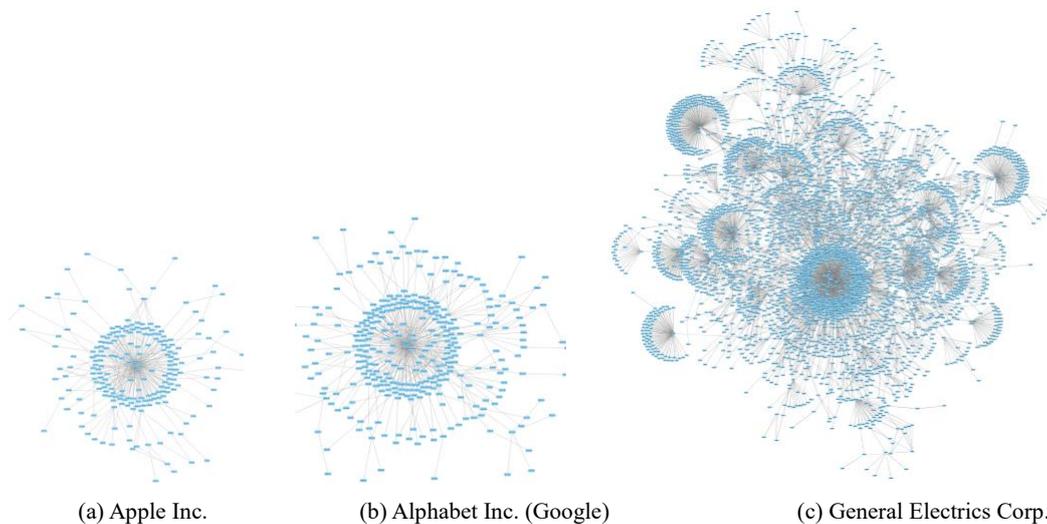
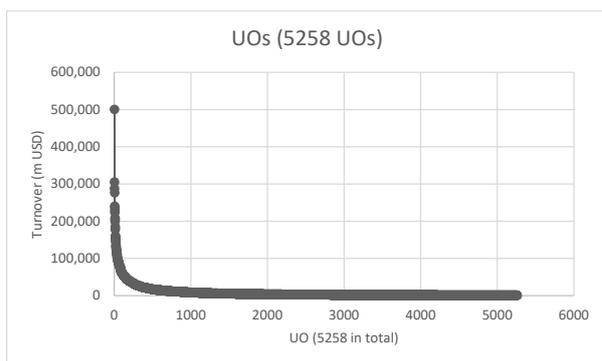
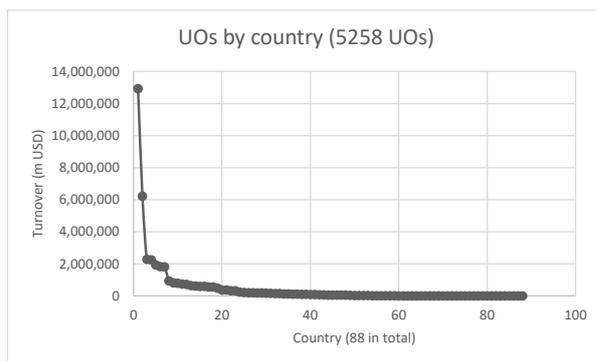


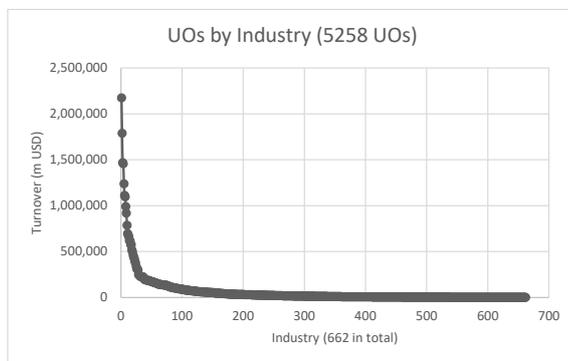
図 1 資本ネットワークの事例



(a) 個社



(b) 国別



(c) 産業別

表1 産業ごとのエコシステムの特徴

(a) USD10Bil.以上の UO

No.	Industry	UO_#	Average		N.I./TO	Average			
			TO (\$ Mil.)	N.I. (\$ Mil.)		SubT1 Ind_#	SubT1_#	SubT1_TO /UO_TO	MIOSubT1 _# /SubT1_#
1	Stores	39	56,702	1,457	0.03	20	156	1.08	0.20
2	Motor vehicles	27	77,472	3,861	0.04	44	191	3.00	0.21
3	Petroleum refining	22	62,425	3,038	0.05	27	120	0.97	0.20
4	Telecommunications	32	42,358	4,931	0.09	25	103	1.15	0.17
5	Crude petroleum, natural gas	18	54,637	2,667	0.06	37	181	1.00	0.16
6	Electric services	31	27,663	1,534	0.06	29	161	1.44	0.21
7	Pharmaceutical preparations	27	29,598	2,820	0.08	37	239	1.31	0.26
8	Electronic computers	11	59,708	5,176	0.03	36	138	1.18	0.19
9	Drugs, drug proprietaries	7	82,435	385	0.01	16	79	0.87	0.11
10	Electronic components	13	32,622	5,172	0.12	42	123	2.39	0.17
11	Chemicals	14	27,181	1,739	0.07	56	179	1.85	0.17
12	Durable goods	10	36,851	1,270	0.02	136	413	3.51	0.12
13	Real estate agents	16	22,337	1,891	0.12	27	88	2.97	0.20
14	Air transportation	15	23,192	1,493	0.06	25	97	2.15	0.11
15	Food preparations	10	32,063	2,022	0.06	45	173	1.79	0.23
16	Motor vehicle parts	12	26,064	1,315	0.05	44	153	4.11	0.24
17	Information retrieval services	7	44,612	7,427	0.16	19	49	1.28	0.16
18	Steel works, blast furnaces	11	24,324	777	0.04	52	163	2.07	0.17
19	Prepackaged software	5	37,467	8,281	0.16	25	157	1.26	0.29
20	Semiconductors	8	22,610	4,842	0.22	16	49	0.77	0.22
	gafam+bat	8	93,498	16,184	0.22	21	85	0.96	0.17
	industrial apparatus5	5	74,334	1,825	0.04	114	655	1.10	0.33

(b) USD1Bil.以上の UO

No.	Industry	UO_#	Average		N.I./TO	Average			
			TO (\$ Mil.)	N.I. (\$ Mil.)		SubT1 Ind_#	SubT1_#	SubT1_TO /UO_TO	MIOSubT1 _# /SubT1_#
1	Stores	39	56,702	1,457	0.03	20	156	1.08	0.20
2	Motor vehicles	27	77,472	3,861	0.04	44	191	3.00	0.21
3	Petroleum refining	22	62,425	3,038	0.05	27	120	0.97	0.20
4	Telecommunications	32	42,358	4,931	0.09	25	103	1.15	0.17
5	Crude petroleum, natural gas	18	54,637	2,667	0.06	37	181	1.00	0.16
6	Electric services	31	27,663	1,534	0.06	29	161	1.44	0.21
7	Pharmaceutical preparations	27	29,598	2,820	0.08	37	239	1.31	0.26
8	Electronic computers	11	59,708	5,176	0.03	36	138	1.18	0.19
9	Drugs, drug proprietaries	7	82,435	385	0.01	16	79	0.87	0.11
10	Electronic components	13	32,622	5,172	0.12	42	123	2.39	0.17
11	Chemicals	14	27,181	1,739	0.07	56	179	1.85	0.17
12	Durable goods	10	36,851	1,270	0.02	136	413	3.51	0.12
13	Real estate agents	16	22,337	1,891	0.12	27	88	2.97	0.20
14	Air transportation	15	23,192	1,493	0.06	25	97	2.15	0.11
15	Food preparations	10	32,063	2,022	0.06	45	173	1.79	0.23
16	Motor vehicle parts	12	26,064	1,315	0.05	44	153	4.11	0.24
17	Information retrieval services	7	44,612	7,427	0.16	19	49	1.28	0.16
18	Steel works, blast furnaces	11	24,324	777	0.04	52	163	2.07	0.17
19	Prepackaged software	5	37,467	8,281	0.16	25	157	1.26	0.29
20	Semiconductors	8	22,610	4,842	0.22	16	49	0.77	0.22
	gafam+bat	8	93,498	16,184	0.22	21	85	0.96	0.17
	industrial apparatus5	5	74,334	1,825	0.04	114	655	1.10	0.33

- 分散化に関して、耐久財は分散化と収益の正の相関が高く、コンピューターは分散化と収益に負の相関がある。
- オープン化に関して、情報サービスはオープン

化と正の相関があり、航空や産業機械では、負の相関がある。

表 2 産業ごとのエコシステムの収益性 (USD10Bil.以上の UO)

No.	Industry	UO	Correlation coefficients with N.I.			
			SubT1 Ind. #	SubT1_#	SubT1_TO /UO_TO	MIOSubT1 # /SubT1_#
1	Stores	39	-0.12	-0.03	-0.18	0.09
2	Motor vehicles	27	0.74	0.61	-0.06	-0.29
3	Petroleum refining	22	0.14	0.44	-0.12	-0.17
4	Telecommunications	32	-0.11	0.18	-0.14	-0.06
5	Crude petroleum, natural gas	18	0.86	0.84	0.36	0.01
6	Electric services	31	0.20	0.32	0.01	0.38
7	Pharmaceutical preparations	27	0.34	0.44	0.22	-0.17
8	Electronic computers	11	-0.19	-0.02	-0.57	-0.28
9	Drugs, drug proprietaries	7	0.50	0.91	-0.37	-0.19
10	Electronic components	13	0.34	0.42	-0.12	-0.28
11	Chemicals	14	0.58	0.77	0.13	-0.17
12	Durable goods	10	0.84	0.85	0.81	-0.48
13	Real estate agents	16	-0.13	-0.08	-0.41	0.36
14	Air transportation	15	0.08	0.22	0.15	-0.55
15	Food preparations	10	0.63	0.75	-0.24	0.33
16	Motor vehicle parts	12	0.14	0.40	-0.07	-0.46
17	Information retrieval services	7	0.45	0.46	0.29	0.66
18	Steel works, blast furnaces	11	0.27	0.07	0.12	-0.25
19	Prepackaged software	5	0.48	0.34	-0.37	-0.44
20	Semiconductors	8	-0.21	-0.04	-0.42	-0.03
	gafam+bat	8	0.17	0.43	-0.20	-0.24
	industrial apparatus5	5	0.43	0.33	0.41	-0.71

## 5. 考察

### 5.1. 事業エコシステムと多角化経営・

#### 分散化経営・オープン化経営

多角化に関しては、自動車など多数の部品から構成され擦り合わせ技術が必要であるとされる業界や耐久財として区分されている総合商社などの総合的に事業を手掛ける産業で、正の相関性が認められた。一方、コンピューター産業などの多数の部品から構成されるものの、モジュール化された産業では、負の相関性の傾向がみとめられ、得意分野の選択と集中を進めることが有効であると考えられる。

分散化に関しては、耐久財は正の相関が認められた。対照的に、コンピューター産業では強い負の相関が認められ、この分野では本社への集中化が有効であると考えられる。

オープン化に関しては、情報サービスにおいて正の相関が認められ、オープン化戦略が有効であることが分かる。

### 5.2. 事業エコシステムに影響する与える

#### 他の要因

本研究では、企業間の資本関係に基づき、事業エコシステムについて分析した。一方、事業エコシステムに影響を与える要因として、資本関係以外に以下のようなものがあり、今後の分析が望まれる。

#### (1) 時間推移

事業エコシステムの構造は、時間の推移とともに、ダイナミックに変化するものと考えられる。Fine(1998)は、企業の事業モデルが事業の統合と分解を繰り返すと述べている[10]。製品やサービスのライフサイクルは産業ごとに異なり、ダイナミズムも産業ごとに異なる可能性がある。

#### (2) UO が属する国・地域

事業エコシステムの構造は、UOG を所有・統治する UO が所属する国・地域によって異なる可能性がある。一部の UO は Jersey (United Kingdom) などを経由して統治しており、これらの状況も踏まえて分析する必要がある。

#### (3) マネジメント

事業エコシステムの統治には、資本以外に、親会社のから子会社に派遣された取締役などのマネジメント陣も影響を与えると考えられる。

### 5.3. 本研究の制約

本研究で分析した Orbis は、様々な情報源からの企業情報を収録しており、収録された情報の最終確

認が完了していない情報も含まれている。また、本稿で抽出し分析した企業は上場企業としたが、会計基準や公開基準は国により異なる可能性があり、金融機関などの業種により売上高などの勘定科目の基準が異なる可能性もある。さらに、電力、通信などの公共的サービス、資源開発などは、各国の政策や法令が影響している可能性がある。分析結果を評価するにあたっては、これらを踏まえる必要がある。

## 5.4. 今後の対応

本項で示したのは、前述の 3.3 の条件に基づいて試行的分析を行った結果である。今後、以下のような対応を行う予定である。

### (1) USD10Bil.UO と USD1Bil.UO の比較

本項では、USD10Bil.UO について述べたが、USD1Bil.UO についても同様の分析を行う。これにより、サンプル数を増加させることで分析の統計的精度を高めることが可能であり、また USD10Bil.UO との比較分析を行う。

### (2) 産業ごとのエコシステムのネットワーク構造

本項では、UO と Tier1 子会社を中心に相関分析などを行ったが、Tier2 以降の子会社についても分析を行う。

### (3) 個別 UO の分析

代表的な UO について、UO グループ内における UO の位置づけを、中心性などの指標により分析する。

## 6. まとめ

本稿の目的は、産業ごとに、多角化、分散化、及びオープン化の観点から、企業の事業エコシステムの特徴を明らかにし、利益との関係性を明らかにすることである。グローバルな企業情報データベースである Orbis から、売上高 USD1 Bil.以上の企業 5,258 社（うち、売上高 USD10 Bil.以上の企業 900 社）を抽出し、企業グループの資本ネットワークを構築して可視化するとともに、産業ごとに分析した。その結果、耐久財業界では、多角化など収益性に正の相関があり、コンピューター業界では多角化などと負の相関の傾向がみられることが分かった。事業の多角化、集中化、オープン化の収益に与える影響については、一概に論じることはできず、業界によって異なると考えられる。

コングロマリットディスカウントや選択と集中経営が論じられる一方で、オープンイノベーションの重要性が論じられるなか、本稿で示したネットワーク分析によるビジネスエコシステムの定量的かつ網羅的な分析は、企業経営にとって有効な手法の一つで

あると考えられる。一方、さらなる分析には分析データの整備やなどの課題も多い。今後これらの課題を解決し、事業エコシステムについて、分析を行う予定である。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費(18H00840)の助成を受けたものである。本研究で用いた企業データベース Orbis は Bureau Van Dijk 社より提供を受けている。また、本データベースの分析にあたっては、政策研究大学院大学の隅蔵教授および Bureau Van Dijk 社の増田氏の協力を得た。感謝申し上げます。

## 参考文献

- [1] Mcintyre, D. P., Srinivasan, A., Networks, Platforms, and Strategy: Emerging Views and Next Steps, *Strategic Management Journal*, 2017, Vol. 38, pp. 141-160.
- [2] Tsujimoto, M., Kajikawa, Y., Tomita, J., Matsumoto, Y., A review of the ecosystem concept - Towards coherent ecosystem design, *Technological Forecasting and Social Change*, 2018, Vol 136, pp. 49-58.
- [3] Berger, P. G., Ofek, E., Diversification's effect on firm value, *Journal of Financial Economics*, 1995, 37, pp. 39-65.
- [4] Schumpeter, J. A., *Theorie der Wirtschaftlichen Entwicklung*, 1926.
- [5] Chesbrough, H. W., *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, Harvard Business Review Press, 2003.
- [6] Jackson, Matthew O., Brian W. Rogers, and Yves Zenou. The Economic Consequences of Social-Network Structure. *Journal of Economic Literature*, 2017, 55 (1): pp. 49-95.
- [7] Kojaku, S., Cimini, G., Caldarelli, G., Masuda, N., Structural changes in the interbank market across the financial crisis from multiple core-periphery analysis, *Journal of Network Theory in Finance*, 2018, 4(3), pp. 33-51.
- [8] Nishino N., Okazaki M., Akai, K., Effects of ability difference and strategy imitation on cooperation network formation: A study with game theoretic modeling and multi-agent simulation, *Technological Forecasting and Social Change*, November 2018, Vol-ume 136, pp. 145-156.
- [9] Mizuno T., Doi S., Kurizaki S., Network Shapley-Shubik Power Index: Measuring Indi-rect Influence in Shareholding Networks, *Studies in Computational Intelligence*, 2019, vol 882. pp. 611-619
- [10] Fine, C., *Clock Speed, Perseus*, 1998.

# 特許文書を用いた製薬企業の領域戦略の分析

## Analysis of domain strategies of pharmaceutical companies using patent documents

米村崇<sup>1</sup> 松本裕介<sup>1</sup> 菅愛子<sup>1</sup> 高橋大志<sup>1</sup>

Takashi YONEMURA<sup>1</sup>, Yusuke MATSUMOTO<sup>1</sup>, Aiko SUGE<sup>1</sup>, and Hiroshi TAKAHASHI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>慶應義塾大学大学院経営管理研究科

<sup>1</sup>Graduate School of Business Administration, Keio University

**Abstract:** 本研究は製薬企業が保有する特許が企業業績にどのような影響を与えているかを、特許の抄録集を抽出しベクトル表現を獲得することで企業の技術距離を年次的に算出、その関連性を分析している。日本の社会保障の構造上、製薬企業は「長期収載品に依存するモデルから、より高い創薬力を持つ産業構造に転換」に迫られている。製薬企業にとって、特許は莫大な研究開発費用の投資による結果であり、これを分析することで企業の技術戦略の方向性を窺い知れる可能性がある。分析の結果、技術的多角化は(1)企業のファンダメンタルに負の影響を与える可能性が示唆された。(2) 株式市場に負の影響を与える可能性を示せた。以上の結果は技術的進歩を常に追い求める製薬企業の企業経営にとって重要な示唆を与える。

## 1. はじめに

### 1-1. 製薬企業を取り巻く環境

内閣府の「中長期の経済財政に関する試算」(令和2年7月31日)によると、令和元年度(2019年度)は、国・地方あわせたプライマリーバランス(基礎的財政収支)の赤字は14.5兆円(対GDP比で2.6%)、公債等残高は1,063.6兆円(対GDP比で192.5%)に達している。国はプライマリーバランスの黒字化を目指し、社会保障費の抑制策を推進している。その結果、医療用医薬品を主たる業務としている製薬会社は薬価改定による医薬品の売上単価の低下、後発品促進策による先発医薬品数量比率の低下等の対策を早急に打ち出す必要に迫られている。

### 1-2. 製薬企業の研究開発

厚生労働省の医薬品産業の現状と課題によると、医薬品の研究開発には10年以上の期間が必要であり、10年前は1/13,000であったのが、現在は1/25,000と年々成功確率が低下し、難易度が上昇していると言われている。原因の一つとして生活習慣病のような低分子薬は作りやすい、あるいはわかりやすいような薬は出尽くしている感がある。現在も既にそうだが、今後は希少疾患やアンメット・メデイカル・ニーズ領域、バイオ医薬品等の複雑かつイノベーションが困難な薬が増えていくだろう。これ

らの医薬品の台頭等により期間の延長等により1社当たりの研究開発費は621億円(2004年)から1,414億円(2017年)、海外における新薬の上市に必要な開発費は約1,700億円(2014年)程かかるとされており、医薬品の研究開発の高騰は依然増加傾向にある。

### 1-3. 製薬企業の領域戦略

その中でグローバル化、欧州再編が進む中、国内の製薬企業の研究開発に関する国際競争力は乏しい。しかし、一度ブロックバスターともいえる新薬を創出することにより莫大な企業価値をもたらすことも知られている。このハイリスク・ハイリターン業種において、研究開発の効率化は不可欠となる。一方で、多角化は規模の経済および範囲の経済、新しい事業領域への拡大、破産リスクの低下などのメリットがあることも知られている。製薬企業にとって、研究開発効率を高めるべく領域を絞るべきなのか否かの戦略が重要となってくる。

本研究では特許データであるDWPIにSCDVを用いて特許のベクトル化をすることで、企業が保有する特許の重心を測定した。製薬企業が保有する特許が企業業績にどのような影響を与えているかを、企業の特許の重心を年次的に算出することで技術距離を測定し、その技術距離とEBITDA/売上高、PBRやトービンのqとの関連性を分析した。

## 2. 関連研究

### 2-1. 製薬企業にとっての特許

Griliches(1981)は無形資産である特許が企業価値に影響を与える研究を発表した。特許はイノベーションの利益を専有する手段としても有効であることを示している研究結果もある(伊地知・小田切(2006))。他にも数多くの先行研究で特許と企業価値の関連性について示唆されている。

医薬品の特許について先発医薬品に与えられている特許は、主にこの4種類がある。石井(2015)は各特許について、

- 物質特許 … 物質(化合物)そのものを保護する。  
最も重要な特許であり、開発した医薬品を独占的に製造・販売できる特許。
- 用途特許 … 非臨床試験中に、同じ物質(化合物)で新たな効能効果を見つけた場合取得できる特許。
- 製剤特許 … 医薬品の製剤上の工夫(安定性、吸収性、安全性など)によって取得できる特許。

製法特許 … 医薬品の有効成分の製造過程で出てくるアイデアによって取得できる特許。と説明している。他にも「配合剤特許」等がある。製剤特許、製法特許はライフサイクル特許とも言われ、主にジェネリック対策として製薬企業は戦略的に特許出願をおこなっている。特許は出願から1年半後に出願公開、すなわち公開広報される。出願から3年以内に審査請求が行われ、概ね1ヶ月以内に最初の審査結果通知(First Action)がなされる。審査通過(登録査定)を経て特許の登録が完了、特許公報の発行にて権利化が完了となる。

### 2-2. 製薬企業の技術的多角化

日本の伝統的中堅製薬会社を主対象とした小山ら(2018)の先行研究では、カテゴリーリーダー企業(特定の疾患領域や技術領域〈カテゴリー〉への集中度の高い企業)は上市品数に占める大型品数の割合を指標とした研究開発生産性は高かったとしている。飯野・宮島(2020)は海外M&Aに注目した場合、非関連多角化型の買収は、知見の不足や情報の非対称性が起こるためシナジー効果を創出できていないと示している。多角化は新規事業に対して人材発掘や育成、施設・設備そして企業文化の改革にリソースを割く必要があり、それがリスクとなる。投資家の立場としてもコングロマリットディスカウントの考えでリスク分散を好む傾向がある。その一方で、多角

化は前述で説明した様々なメリットがある。製薬企業にとって研究開発効率を高めるべく領域を絞るべきなのか、または領域を分散させるべきなのか、等の領域戦略は各社の規模や医薬品ポートフォリオによって異なってくると考える。

## 3. データ

### 3-1. 特許データベース DWPI

本研究では、Derwent World Patents Index(以下DWPI)より取得した特許データを活用する。DWPIは世界の特許を収録している特許調査において重要なデータベースであり、特徴は標題、抄録、索引にある(松谷ら(2013))。各技術者の専門家が標題および第三者抄録を作成していることから、高精度かつ効率的な特許検索が行える。主たる活用方法としては、クラリベイト・アナリティクス・ジャパン株式会社はDWPIを使用することで、世界中の企業はホワイトスペースを発見し、競合他社の動向を把握し、自社の知的財産権も熟知することができるとしている。

### 3-2. データセット

特許データのうち、各特許の広報公開年、出願者、抄録を活用する。特許分析の対象データは上場している医薬品製造業かつ医療用医薬品を扱っている企業の内、2019年度売上上位20社の武田薬品工業、大塚ホールディングス、アステラス製薬、第一三共、エーザイ、田辺三菱製薬、中外製薬、協和キリン、大日本住友製薬、大正製薬ホールディングス、塩野義製薬、小野薬品工業、久光製薬、参天製薬、キョーリン製薬ホールディングス、科研製薬、持田製薬、沢井製薬、日本新薬、キッセイ薬品工業が2007年～2015年に広報発行日としている日本の特許である。なお各特許の抄録はすべて英語で記されている。分析対象企業の財務データは日経NEEDSから取得した。

## 4. 分析手法

### 4-1. 特許文書のベクトル化

本論文では、Sparse Composite Document Vector(以下SCDV)の手法を用い、特許の文書ベクトルを獲得、企業の技術的類似度を比較した。対象データはDWPI抄録内にある該当特許の新規性、詳細な説明、用途、優位性を記した抄録4項目にあるテキスト情

報である。Fujiwara(2020)に倣い、上記データを統合、次にステミング処理を行う。次元数等の値設定は、Dheeraj・Vivek・Bhargavi・Harish(2017)や松本・菅・高橋(2019)に従って行う。続いて 200 次元の Skip-Gram model を使い、 $d$ 次元の単語ベクトルを取得。第二に混合分布モデルを使い、60 クラスター、スパース域値 3%により得られた単語ベクトルをクラスター分類し、各クラスターに確率を付与することでウェイトを持たせる( $w\bar{c}\bar{v}_{ik}$ )。第三に得られた $w\bar{c}\bar{v}_{ik}$ をクラスター数( $K$ )の数だけ結合( $\oplus_{(1-k)}$ )することにより、逆文書頻度  $IDF(N$  が全文書を、 $df_t$ がある単語  $t$ の出現する文章数を表す)でウェイトを付与することで $w\bar{t}\bar{v}_i$ を取得す。以下(1)、(2)、(3)は SCDV による式を示す。

$$w\bar{c}\bar{v}_{ik} = wv_i \times P(C_k|w_i) \quad (1)$$

$$IDF_t = \log \frac{N}{df_t} + 1 \quad (2)$$

$$w\bar{t}\bar{v}_i = IDF_t \times \oplus_{(1-k)} w\bar{c}\bar{v}_{ik} \quad (3)$$

#### 4-2. 技術重心の算出

各企業の重心 ( $cv$ ) を算出する為、得られた各企業の 12000 次元の特許文書ベクトルを平均する。これにより 12000 次元空間内での各企業の位置関係を把握する。(4) 式は単語ベクトル ( $p$ ) を  $n$ 特許数保有している企業  $i$ の重心で表している。次に得られた各企業の年次間の重心をベクトルの距離を算出することと同様に計測する。年次の重心間距離の計算式を式 (5) に記す。ユークリッド距離を使用する。

$$cv_i = \left[ \left( \frac{p_1 + p_2 + \dots + p_n}{n} \right)_1, \left( \frac{p_1 + p_2 + \dots + p_n}{n} \right)_2, \dots, \left( \frac{p_1 + p_2 + \dots + p_n}{n} \right)_{12000} \right] \quad (4)$$

企業  $i$ ・企業  $i+1$  間距離 =

$$\sqrt{(p_{i1} - p_{i2+1})^2 + (p_{i2} - p_{i2+1})^2 \dots + (p_{i12000} - p_{i2000+1})^2} \quad (5)$$

ここで得た各企業の年次間の重心との距離を技術距離とする。Jaffe(1986)は企業との技術的類似度を計測するために技術距離を活用する手法を提案している。本節では様々な要因をコントロールして、技術的多角化と企業パフォーマンスならびにマーケット評価

の関係性についてパネル分析を用いて分析する。使用するデータは企業 ( $i$ ) ×年 ( $t$ ) のアンバランスド・パネルである。パネルデータとは、複数の企業の情報を時系列で追跡したデータであり、分析において時間と企業による違いを利用することで変数間の関係性を見出すことができる。技術的多角化と企業パフォーマンスならびにマーケット評価の関係性を分析するにあたり、説明変数に設定した変数が、被説明変数に設定した変数に影響を受ける逆の因果性が生じる可能性がある。逆の因果性が生じる理由は、技術的多角化それ自体ではなく、企業の他の特徴に由来する可能性がある。逆の因果性が生じる理由を、時間によって変化しない固有効果によってもたらされているためとした場合、パネル分析は、企業固有の要素を考慮できるため、逆の因果性の対処に有効である。

#### 4-2-1. 企業パフォーマンス

$EBITDA = \text{営業利益} + \text{減価償却費}$

$$\frac{EBITDA_{it}}{Sales_{it}} = \alpha + \beta \cdot Dis_{it} + \gamma \cdot Z_{it} + \varepsilon_i \quad (6)$$

#### 4-2-2. マーケット評価

$PBR = \text{時価総額} / \text{資本合計}$

$$PBR_{it} = \alpha + \beta \cdot Dis_{it} + \gamma \cdot Z_{it} + \varepsilon_i \quad (7)$$

トービンの  $q =$

$(\text{企業価値} (\text{時価総額} + \text{負債総額})) / \text{総資産}$

$$\text{トービンの } q_{it} = \alpha + \beta \cdot Dis_{it} + \gamma \cdot Z_{it} + \varepsilon_i \quad (8)$$

企業パフォーマンスとしての被説明変数として、 $EBITDA$ /売上高 ( $EBITDA_{it}/Sales_{it}$ )、重要な説明変数としての  $Dis$  は特許文書ベースの技術移動距離、コントロール変数  $Z$  は D/E レシオ、総試案(対数)、年ダミー変数を考慮した。(式(6))

マーケット評価としての被説明変数として、 $PBR$  ならびにトービンの  $q$ 、重要な説明変数としての  $Dis$  は特許文書ベースの技術移動距離、コントロール変数  $Z$  は  $EBITDA$ /売上高、D/E レシオ、総試案(対数)、年ダミー変数を考慮した。(式(7)式(8))

特許文書ベースにおける技術移動距離とは、一企業の特許重心の年次の推移を距離で測った数字である。距離が離れれば離れるほど、様々な技術の特許を出

願していることを表している、すなわち当該企業の多角度を示している。

## 5. 分析結果

### 5-1. 特許ベクトルの可視化

武田薬品工業㈱の特許ベクトルを可視化した(図 1)。可視化は t-SNE 手法を用い、12,000 次元の特許ベクトルを 2 次元に圧縮することで現した。点は武田薬品工業㈱が保有している特許を表現し、凡例(year)は武田薬品工業㈱が保有している公報発行年別の特許の色を変更して示した。

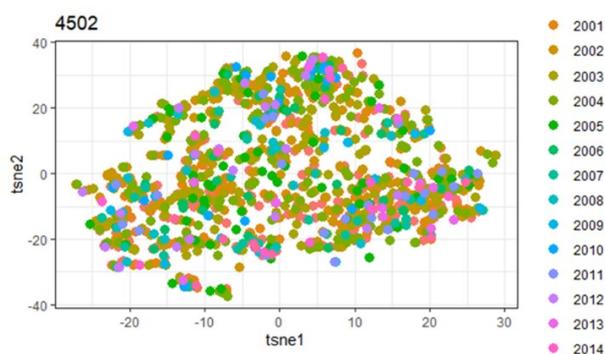


図 1 武田薬品工業㈱の特許を可視化

### 5-2. 特許技術距離と企業価値評価

特許すなわち技術の多角化が企業パフォーマンスならびにマーケット評価に与える影響を報告する。

表 1

特許技術距離と企業パフォーマンスの分析結果

Term = 2007-2015	EBITDA/売上高
	Fixed effect model
特許技術距離	- 0.050*** (0.018) p = 0.008
D/Eレシオ	- 0.120 (0.074) p = 0.108
総資産(対数)	0.079 (0.049) p = 0.109
Year Dummy	Yes
Adjusted R-square	0.031
Sample size	151

\*p<0.1; \*\*p<0.05; \*\*\*p<0.01

( ) : Standard Error

表 2

特許技術距離とマーケット評価の分析結果

Term = 2007-2015	PBR	トービンのq
	Fixed effect model	Fixed effect model
特許技術距離	- 0.727*** (0.159) p = 0.00002	- 0.481*** (0.123) p = 0.0002
EBITDA/売上高	1.076 (1.191) p = 0.369	0.794 (0.965) p = 0.413
D/Eレシオ	0.962*** (0.310) p = 0.003	0.311 (0.243) p = 0.203
総資産(対数)	- 0.526 (0.398) p = 0.189	- 0.449 (0.276) p = 0.107
Year Dummy	Yes	Yes
Adjusted R-square	0.251	0.253
Sample size	149	149

\*p<0.1; \*\*p<0.05; \*\*\*p<0.01

( ) : Standard Error

### 5-2-1. 企業パフォーマンス

被説明変数をファンダメンタルな企業価値として「EBITDA/売上高」、重要な説明変数を「特許文書ベースの技術移動距離」、コントロール変数を「D/Eレシオ」、「総資産(対数)」、「年ダミー変数」とした。括弧 ( ) の中の数字は Cluster Robust Standard Error にて修正後の標準誤差を示している。結果は表 1 に示すとおりである。特許技術距離は EBITDA/売上高に対して有意水準 1% で負に有意な結果であり、特許技術距離が長いほど、EBITDA/売上高を低下させる可能性があることを意味する。このことから製薬企業は技術の多角化により、業績を悪化させている可能性があることが示唆された。

### 5-2-2. マーケット評価

結果は表 2 に示すとおりである。特許技術距離は PBR に対して有意水準 1% で負に有意な結果である。加えて、特許技術距離はトービンの q に対して有意水準 1% で負に有意な結果である。これらの結果は、特許技術距離が長いほど、PBR やトービンの q を低下させる可能性があること、すなわち株式市場での評価を低下させる可能性があることが示唆している。

企業のパフォーマンスと製薬企業の技術の多角化との関係および、株式市場での評価と製薬企業の技術の多角化との関係の分析から、技術の多角化は企業価値に対して負の影響を与える可能性があることが示唆された。これらの結果は山口 (2009) や松本・菅・高橋 (2019) と同様の結果を示しており、多角化ディスカウントの存在を支持している。

## 6. まとめ

製薬企業が競争優位を築くために様々な分野・段階に投資する上で、投資方法が企業価値に対して正の影響を及ぼす場合がある一方、負の影響を及ぼす場合もある。技術的な多角化と企業価値との関連性は、製薬企業にとって重要なテーマである。

本研究では特許データベースである DWPI を、自然言語処理の手法の一つである SCDV を用いることで特許文書のベクトルを獲得、製薬企業の技術的情報の数値化に成功した。技術的多角化と企業のファンダメンタルおよび株式市場での評価それぞれとの関係性を分析し、その分析の結果、技術的多角化は企業のファンダメンタルおよび株式市場での評価それぞれに対して負の影響を与える可能性があることがわかった。本研究は、技術的進歩を常に追い求める製薬企業の企業経営にとって重要な示唆を与える。本研究にはいくつかの課題が存在する。例えば、技術的多角化方法を考慮できていないことも挙げられる。技術のマネジメント次第で企業価値に対しての正の影響を及ぼすという指摘がある(岩城(2017))。詳細な分析が今後の課題である。

## 参考文献

- [ 1 ] Dheeraj Mekala., Vivek Gupta., Bhargavi Paranjape., Harish Kamick.: SCDV: Sparse Composite Document Vectors using soft clustering over distributional representations, Association for Computational Linguistics, Vol. Proceedings of the 2017 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing, pp. 659-669, (2017)
- [ 2 ] Jaffe, A.B. : Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firms' Patents, Profits and Market Value, American Economic Review. 76(5): 984-1001.(1986)
- [ 3 ] Griliches Zvi. :Market value, R&D and patents , Economics Letters, 7, 183-187,(1981)
- [ 4 ] Shohei Fujiwara, Yusuke Matsumoto, Aiko Suge, Hiroshi Takahashi: Constructing a Valuation System Through Patent Document Analysis, In: Jezic G., Chen-Burger J.,

Kusek M., Šperka R., Howlett R., Jain L. (eds) Agents and Multi-agent Systems: Technologies and Applications 2020. Smart Innovation, Systems and Technologies, vol 186. pp.355-366, Springer, (2020)

- [ 5 ] 飯野佳亮,宮島英昭: どのようなタイプの海外 M&A がパフォーマンスを改善させているのか, 2020 年度日本ファイナンス学会 第 28 回大会,(2020)
- [ 6 ] 石井徹: 医薬品産業における知的所有権の経済学的考察, つくば国際大学 研究紀要 No.21, (2015)
- [ 7 ] 伊地知寛博,小田切宏之: 全国イノベーション調査による医薬品産業の比較分析,文部科学省科学技術政策研究所 Discussion Paper No.43,(2006)
- [ 8 ] 岩城康史:特許戦略と企業価値 技術の多角化と企業パフォーマンスの関係性に関する実証分析、ビジネス&アカウンティングレビュー,2017
- [ 9 ] 小山智也,仙石慎太郎: 中堅製薬企業の疾患領域戦略とグローバル・スペシャリティー・ファーマ化の方策: 研究・イノベーション学会 年次学術大会講演要旨集, 33: 617-621,(2018)
- [ 1 0 ] 藤原匠平, 松本裕介, 菅愛子, 高橋大志: 特許文書ベクトルを用いた企業価値評価, 第 34 回人工知能学会全国大会, (2020)
- [ 1 1 ] 松谷貴己, 岡紀子, 小林伸行, 加藤久仁政: Derwent World Patents Index (DWPI)抄録の評価の試み-日本語特許公報を例に-情報管理, Vol. 56, No. 4, pp. 208-216, (2013)
- [ 1 2 ] 松本裕介,菅愛子,高橋大志: 企業の多角化とシナジー効果の関連性-特許データを用いた分析-, 日本ファイナンス学会第 27 回大会,(2019)
- [ 1 3 ] 山口智弘:研究開発投資の多角化と収益性, 研究 技術 計画 Vo.24 No.1 2009 ,(2009)
- [ 1 4 ] クラリベイト・アナリティクス・ジャパン株式会社ホームページ <https://clarivate.jp/> (2020 年 6 月 12 日)
- [ 1 5 ] 厚生労働省: 平成 29 年度 国民医療費の概況 <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-iryohi/17/dl/kekka.pdf> (2020 年 6 月 4 日)
- [ 1 6 ] 厚生労働省: 医薬品産業の現状と課題 <https://www.mhlw.go.jp/content/10801000/000398096.pdf> (2020 年 6 月 4 日)
- [ 1 7 ] 財務省: 令和 2 年度予算の編成等に関する建議 [https://www.mof.go.jp/about\\_mof/councils/fiscal\\_system\\_council/sub-of\\_fiscal\\_system/report/zaiseia20191125/01.pdf](https://www.mof.go.jp/about_mof/councils/fiscal_system_council/sub-of_fiscal_system/report/zaiseia20191125/01.pdf) (2020 年 10 月 16 日)
- [ 1 8 ] 内閣府:中長期の経済財政に関する試算 [https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/minutes/2020/0731/shiryo\\_01-2.pdf](https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/minutes/2020/0731/shiryo_01-2.pdf) (2020 年 10 月 16 日)

# 多様な意見が創出されるコミュニケーション

## － フォールトラインによる考察 －

### Communication to produce diverse opinions - A study on Faultline Perspective -

熊田ふみ子<sup>1</sup> 倉橋節也<sup>1</sup>

Fumiko Kumada<sup>1</sup>, Setsuya Kurahashi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>筑波大学大学院 ビジネス科学研究科

<sup>1</sup>University of Tsukuba

**Abstract:** Various information and creative ideas are required for the business activities. Besides, one theory in the diversity management shows that a diversified organization increases various information and improves the quality of solving problems. Therefore, the aim of this study is to clarify the factor of communication that produces diverse opinions by using the faultline perspective in the diversity management. Specifically, the text data of the business discussions are analyzed to check the transition of topics and the diversity of participants' remarks is measured. Thereby, this paper shows the relationship between the transition of topics and the diversity of remarks. Additionally, it shows the role of the facilitator in causing various remarks.

## 1. はじめに

日本の就業者に占める女性、高齢者、外国人の割合は増加している。この傾向は、少子高齢化により一層強まることが予想される。その結果、企業組織の多様性も一層高まるであろう。ダイバーシティ・マネジメントの研究分野では、多様性は組織の成果にプラスにもマイナスにも影響すると考えられている。「プラスに影響する」という考え方の一つに、「多様性が知識や情報の種類や量を増やすため、意思決定の質を向上させる」という情報・意思決定理論がある。

一方、多様なアイデアを創出するコミュニケーションの方法は、Osborn [1]によるブレインストーミング法に始まる。Dunbar [2]は「効果的なアイデア創出には、異なる視点に基づいて反証的に考えるプロセスが重要」という分散推論の考えを提唱した。日本では、高木[3]が企業活動における創造的コミュニケーションの研究を行なっている。また、効果的な議論の進行を対象にした研究もある。谷口 [4]は、コミュニケーションのメカニズムデザインという視点で議論の活性化について研究し、Ming & Baumer [5]は、オンライン上のディスカッションをトピックモデルで可視化した上でファシリテーターの役割を検証し

ている。

多様化する企業組織において、多様性をプラスの成果に導くために、多様な意見やアイデアを創出するコミュニケーションの要因を明らかにすることは重要な課題である。そのために、本研究では、参加者の多様性を活かして、多様な意見が創出される議論のプロセス、そしてそのプロセスに対するファシリテーターの役割を明らかにすることを目指す。

## 2. 先行研究

### 2.1 フォールトライン理論

多様性研究の分野において、Lau and Murnighan [6]は、フォールトライン（グループを1つ以上の属性によりサブグループ（以下、SG）に分ける仮想的分割線）（以下、FL）という考え方を提唱して、多様性を定量的に捉えることを可能にした。そして、多くの先行研究でFLの測定方法が提案されているが、Meyer and Glenz [7]は、クラスター分析の評価尺度であるAverage of Silhouette Width（以下、ASW）を適用してFLの強さと適切なSGに分ける方法を提案している。熊田・倉橋 [8]では、ASWを用いてFL値とSG数を算出して多様性を構造化した上で、構造の違いによる成果への影響を検証した。

## 2.2 テキストマイニングにおける特徴語

ミーティングのログのテキストマイニングの目的は、キーワードやトピック等を抽出して議論の流れを可視化することである。語彙の重要度を定める指標としては、Salton et al. [9]による単語の頻度に着目した  $tf \cdot idf$  が多く用いられる。別の方法として、Hassan and Banea [10]は、グラフ理論における中心性の1つである PageRank を用いた手法を提案している。PageRank は、Brin and Page [11]が提案したハイパーリンクで結ばれた web サイト上のページの順位付けを行うアルゴリズムである。

類似度に着目した手法もある。佐々木・丸石 [12]は、複数の重要語の  $tf \cdot idf$  でベクトル化を行い、ワークショップにおけるグループ毎の議論の類似性をコサイン類似度で表した研究である。

## 2.3 先行研究の課題

従来のテキストマイニングの研究分野では、単語に着目して遷移を可視化する手法が多く用いられている。特徴語の抽出には様々な手法が開発されているが単語がベースである。また、単語、文章等の類似度の研究においても、どれだけ類似しているかに着目されている。

本研究では、実際に行われたビジネスミーティングのテキストデータを用いて、発言を単位にして、発言の多様性を表すために FL の考え方、算出方法を適用して、発言の多様性に着目して、多様な意見が創出される議論の要因を明らかにする。その際、発言を多様にするファシリテーターの役割を検討することを目指す。

FL の考え方は、組織の構成員を対象にして多様性を測る指標であるが、本研究では、議論の多様性を測る指標として応用を試みる。

## 3. データの分析手法

分析対象にするビジネスミーティング (3 回分) の概要、及び、本研究の分析手法を説明する。

### 3.1 分析対象データ

社会人を対象に、有料のビジネスイベントとして開催された 90 分のディスカッションのテキストデータを用いる。

該当イベントは、2019 年 3 月から 2020 年 2 月までの毎週金曜日に 36 回開催された。毎回 1 つのテーマに対してファシリテーターを務める講師 (大学教授、専門家等) と 15 名定員の社会人の参加者で構成されている。テーマと進行方法は講師に任されている。

このイベントは、講師も含めて参加者が一体となり、全員のアウトプットがそれぞれのインプットとなって連鎖して議論を深めることを目指すイベントである。議論を深める工夫として、ファシリテーターから参加者へ「事前の問い」が 1 週間前に投げかけられて、当日までに回答する仕組みを導入している。

開催された 36 回のファシリテーターの進行方法は様々だが、「議論が深まった」と企画者が感じた進行方法が異なる 3 回を、本研究の分析対象に選んだ。

- データ①  
テーマ:「日本発のラグジュアリー」を考える  
講師:ファシリテーター2名、スピーカー1名  
参加者:14名
- データ②  
テーマ:「これからの学び」を考える  
講師:ファシリテーター1名  
参加者:13名
- データ③  
テーマ:「ビジネスが現代アートから学べること」を考える  
講師:ファシリテーター1名  
参加者:14名

データ①は、進行役のファシリテーター2名と情報提供者として1名のスピーカーが役割を分担して進行するイレギュラーなフォーマットで開催した「役割分担型」、データ②は、ファシリテーターの関与を最小限にして参加者同士が発言を繋げることを目指した「自走型」、データ③は、ファシリテーターと参加者が交互に発言する「1対1型」である。

### 3.2 分析手法

次に、本研究における分析手順を説明する。3種のテキストデータは以下の手順で加工している。

ステップ1: 特徴語の選択

テキストデータを単語で区切り、発言を参加者毎にまとめて、参加者毎の  $tf \cdot idf$  値を算出する。そして、参加者毎に名詞の上位 10 語を選択し、重複している語を除き、特徴語を決定する。

ステップ2: 議論の遷移

各発言を特徴語数のベクトルに変換する。用いるベクトルの数値は、各発言の  $tf \cdot idf$  値である。次に 10 発言を 1 つのグループにして ASW で FL 値と SG 数を算出する。移動平均法を適用して、1 発言ずつ移動させながら算出を繰り返すことにより議論の遷移を FL 値と SG 数で可視化する。

### ステップ3: PageRank を用いた話題語の選択

ステップ2と同様に1発言ずつ移動しながら、特徴語の共起ネットワーク (Jaccard 係数で重み付け) を作り、PageRank を算出する。PageRank が高い特徴語は議論の話題語とみなす。同時に、PageRank が算出された語数にも着目して、FL 値や PageRank と関係性を分析する。

## 4. 結果

### 4.1 分析データの詳細

分析対象データの発言回数、発言時間、総単語数 (名詞、動詞、形容詞、副詞の自立語) 等、進行を表す指標を表1に記す。

表1: 各データの概要

		データ①	データ②	データ③
発言回数		164回	151回	95回
発言時間		7,350秒	5,546秒	5,977秒
総単語数		1,765語	1,531語	1,793語
参加者	発言回数	71回	124回	54回
	発言回数幅	1~10回	2~28回	2~7回
	平均発言回数	5.1回	6.8回	3.9回

役割分担型のデータ①は、参加者の発言割合が43%(71回)と低いことが特徴である。2名のファシリテーターとスピーカーの発言回数が多く、議論を積極的に先導しているためである。次に自走型のデータ②は、参加者の発言割合が82%(124回)と高いが、参加者が自由に発言することで各参加者の発言回数のばらつきが大きくなっている。1対1型のデータ③は、1対1対応のため、参加者の発言回数が半分強(54回で57%)であり、各参加者の発言回数のばらつきが小さい点の特徴である。また、ファシリテーターを務めた講師がその分野の専門家で、1対1の対話を通じて、解説を加えているため発言時間が長くなり、総発言回数が他に比べて少ない。

次に、ステップ1に従い特徴語を選択したところ、データ①は82語、データ②は97語、データ③は107語であった。そして、ステップ2、ステップ3の手順に従い算出した結果をデータごとに、以下に記す。

### 4.2 データ①の議論の遷移

データ①は164回の発言で構成されているが、4つのパートから構成されている(表2)。第一が自己紹介、第二がファシリテーターによる問題提起、第三がディスカッション、第四がまとめである。

表2: データ①の進行の4つのパートの概要

	内容	発言回数	時間	備考
1	自己紹介	29回	1,536秒	F1,F2,Sの自己紹介の後、参加者14名の自己紹介と参加した動機、事前の問いへの回答を述べる
2	問題提起	19回	1,040秒	F1が事前の問いをホワイトボードを使って体系化し、F2とSがコメントを述べる
3	ディスカッション	113回	4,446秒	F2がメインで進行し、F1とSが適宜F2のフォローをしつつ、参加者が自由に意見を述べる
4	まとめ	3回	328秒	F1,F2,Sが感想を述べて終了

※Fはファシリテーター、Sはスピーカーの略である。

進行がパート毎に明確に分かれていたため、ディスカッションのパートである発言(49)から発言(161)までの113回の発言を分析の対象とした。そして、ステップ2、3に従い分析した結果が図1である。

図1の上図は、1発言ずつ遷移しながらFL値とSG数を算出した結果である。それまでの発言に比べて特異性が高い発言(ベクトルのハミング距離が大きい場合)の出現や離脱によりFL値が変動する。

中図は、1発言ずつ遷移しながら共起ネットワークを作り、PageRank を算出した結果である。82語の特徴語のうち、図内に表示した12語が各共起ネットワークでPageRank の最高値を獲得した特徴語である。

下図は、各共起ネットワークにおける特徴語の数とFL値を表している。

FL値が山・谷を繰り返し形成しているが、山・谷の形成に影響をしている発言を詳細に確認すると以下の現象が要因となっている。表3に代表的な山・谷を作る発言や要因を記した。

表3: FLに影響を与える要因(データ①)

	影響発言	FL	SG	PageRank 最大の特徴語	特徴語数
①a	(79)	↑	2(9)	ラグジュアリー	↓収束
		↓	2(9)	モノ	↑拡散
①b	多数	↑	3~4	ヨーロッパ	↓収束
	多数	↓	3~4	ヨーロッパ	↑拡散
①c	(108)	↑	2(8~9)	無印良品	↓収束
	(118)	↓	2(9)	最高	↑拡散
①d	(141)	↑	2(9)	経済	↓収束

※SGの項目に記載している()内の数値はSG所属する発言の多い数値。

・①a: 異質性の高い発言(79)よりFL値が急上昇し山を作る。特徴語数が急減して、議論が「ラグジュアリー」に収束する。異質性が高いため、(79)とそれ以外の9発言にSGが二分される。その後、特徴語数を増やしながら、(79)と類似した発言が続き緩やかにFL値が下降して谷を作る。

・①b: 異質性が低い複数の発言によりFL値が

徐々に上昇し、「ヨーロッパ」を軸に議論が収束する。その後SG数が多い(発言が多様な)状態で拡散している。

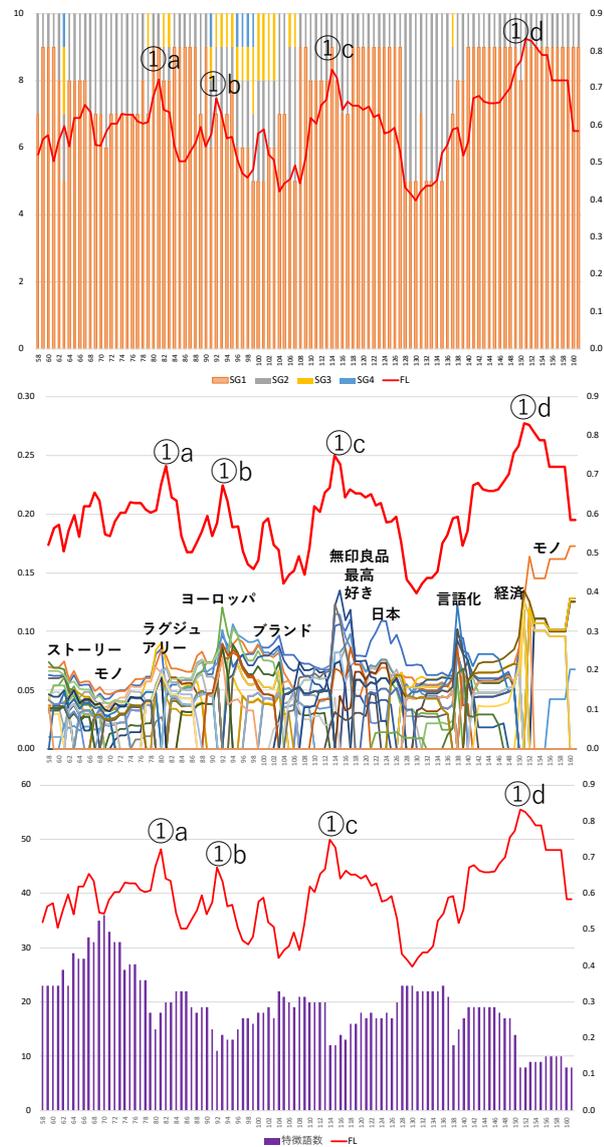


図1：(上図) FL値とSG数、(中図) PageRankとFL値、(下図) 特徴語数とFL値

- ・①c：異質性は(79)ほど高くはないが影響力のある発言(108)が緩やかにFL値を上昇させる。影響力のある発言とは、後の話題語となる単語を発している発言である。この場合は「無印良品」という単語を(108)が発している。特徴語数を減らしながらFL値が上昇しており、議論は「無印良品」を軸に収束する。その後は、(108)の離脱で急降下した後、異質性のある(118)を中心に(SGは(118)とそれ以外の発言に2分される)、緩やかに拡散が続く。
- ・①d：異質性は高くはないが「経済」という話題語を

発した(141)が、FL値を上昇させながら、議論は「経済」を軸に収束する。

最後に、異質性の高い発言のきっかけを確認したところ、(79)や(141)の発言の前には、ファシリテーターが「新たな問い」として、(78)や(140)を投げかけている。また、(108)はファシリテーターの「新たな視点」を提供する発言である。その他にも、議論が収束、拡散している期間に、参加者に発言を「促す」発言をファシリテーターは行っていた。

### 4.3 データ②の議論の遷移

データ②は、151回の発言で構成されており、最初はファシリテーターの挨拶と進め方(自走型を目指すこと)の説明の発言後は、「事前の問い」への回答を各参加者が発言することでスタートしている。この発言は、自己紹介ではなく事前への問いの発表で、この段階で質問も発せられているため、データ②については、最初から最後まで全ての発言を分析対象にした。

データ①と同様に、結果を図2に記した。特徴的な推移をしている4つ部分(上図の②a, ②b, ②c, ②d)の動きを表4に記す。

表4：FLに影響を与える要因(データ②)

	影響発言	FL	SG	PageRank 最大の特徴語	特徴語数
②a	多数	→	3~4	人生	↓停滞
	多数	↓	2(7~9)	論文	↓停滞 ↑拡散
②b	多数	↑↓	2(5~9)	副業, つまみ食い 等多数	↑↓ ワイガヤ
②c	多数	↑	2(5~8)	内発的	↓収束
②d	多数	↓	3	教育	↑拡散
	多数	↑	3~5	教育	↓収束

※SGの項目に記載している()内の数値はSG所属する発言の多い数値。

※赤字はデータ①では観察されなかった現象。

まず、データ②は自走型のために、ファシリテーターはできる限り関与せずに、参加者の主体的な発言を促す進行である。参加者が感じ事、質問が多いことが特徴である。そのために、データ①と異なり異質性の高い発言が少ない。その結果、SG1の所属数が極端に偏る(8や9)ケースが少ない点と、PageRankが最大になった特徴語は23語で多い点が特徴である。

・②a：FL値の変動が小さい状態である。前半は、短い発言(雑談的な発言も含む)が継続したために特徴語が減少しており、議論は停滞している状態。後半は、ある程度の特徴語の増加を伴いながら、議論を拡散している。前半のFL値の上昇を伴わない特徴語の減少は、データ①では発生していない現象である。②aの現象を分析する限りでは、F

L 値の上昇を伴わない特徴語の減少は議論が停滞していると考えられる。

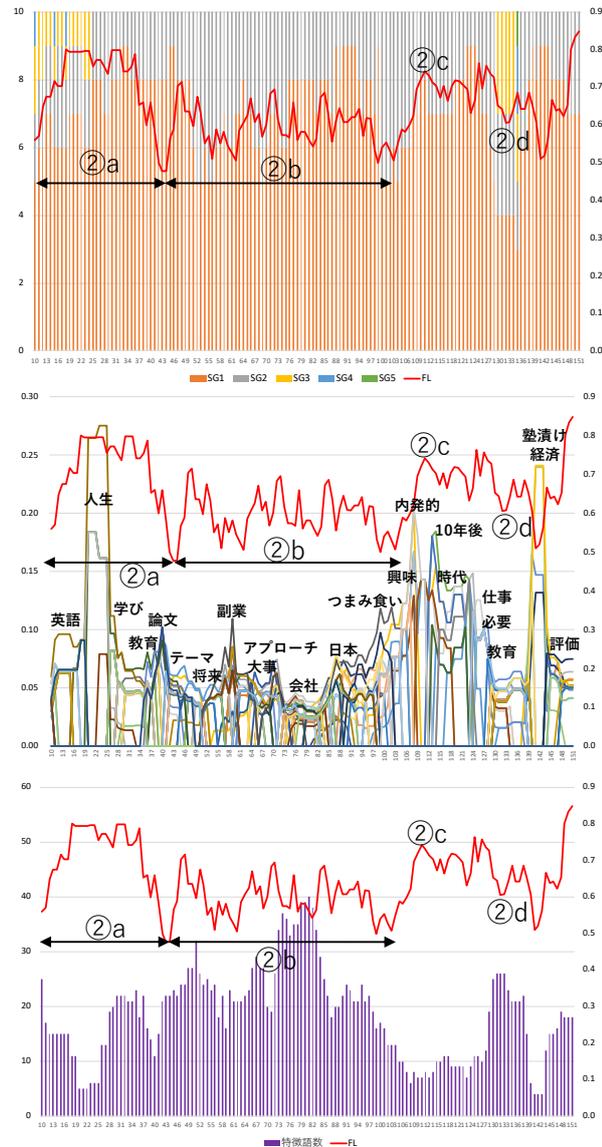


図 2 : (上図) FL 値と SG 数、(中図) PageRank と FL 値、(下図) 特徴語数と FL 値

- ・②b: 小刻みに FL 値が増減を繰り返す (上図)。「副業」、「つまみ食い」等が話題語となり (中図)、小さな収束、拡散が繰り返される「ワイガヤ」の状態。特徴語は相対的に多い状態が続いている (下図)。
- ・②c: 特徴語の減少を伴いながら FL 値が上昇しており、「内発的」を軸に収束する。
- ・②d: 特徴語の増加を伴い FL 値が減少した後、特徴語の減少を伴い FL 値が上昇している。特異性の高い発言ではなく複数の発言で構成されているため、3~5 の SG が構成されており、多様な発言が出現している。

ている。

最後に、ファシリテーターの関与を確認する。導入部分の②a はファシリテーターが進行していたが、②b 以降はほぼ参加者の主体的発言で進行した。そのために「ワイガヤ」的に展開が続いたが、「内発的」で収束する大きな流れも出現している。その中で、ファシリテーターは(60)と(123)で発言を行い、今までの議論のまとめと新たな問いを投げかけている。(60)は②b の一つの山・谷の形成のきっかけになり、(123)は②d で 3 以上の SG を作る動きのきっかけを作っている。

#### 4.4 データ③の議論の遷移

データ③は、95 回の発言で構成されている 1 対 1 型の進行である。これは 1 対 1 型を目指したのではなく、自己紹介と「事前の問い」への回答で時間がかかってしまい、後半に予定していたディスカッションが出来なかったために結果として 1 対 1 型になった。95 回の発言の中で、80 回目以降は 5 分間の休憩後に各参加者が感想を述べている部分であるため、本研究の分析対象は発言(1)から発言(79)とした。

データ①、②と同様に、結果を図 3 に記した。1 対 1 対応のため、参加者数名ごとに区切り、各区分の特徴を表 5 にまとめたが、全体的に、対話の相手ごとに対話回数が異なるために、FL 値が変化する対話と変化しない対話に大きく分かれている。そしてファシリテーターの発言が多いことが特徴語数の多さ(107 語)に繋がり、逆に PageRank の最高を獲得した特徴語は 9 語に留まっている点が特徴である。

表 5 : FL に影響を与える要因(データ③)

参加者	FL	SG	PageRank 最大の特徴語	特徴語数
1~5	→	2(9)	アート	→停滞
6	↓	3~5	アート	↓離脱
	↑	3~5	現代アート	↓収束
7~10	→	2~3	アーティスト	↑停滞
	↓	2(9)	アーティスト	↓離脱
11	↑	2(7~9)	ビジネス	↓収束
	↑	2(6~9)	アート	↓収束
12	↓	2(6)	アート	↑拡散
	↑	5,6	エモい	↓収束
14	↓	2(9)	感情	↑拡散

※SGの項目に記載している()内の数値はSG所属する発言の多い数値  
※赤字はデータ①、②では観察されなかった現象。

- ・③1~5: 5 名の参加者とファシリテーターの対話の部分。各参加者とファシリテーターで 2~3 回の対話が行われている。FL 値に変化がなく議論は停滞している状態。

- ・③6: 参加者(6)とファシリテーターで 12 回の対話の中で「現代アート」を軸に収束している。参加者とファシリテーターの短い発言の繰り返しが、発言の多様性に繋がっている。最初の FL 値の急降下は特異性の高い発言(13)の離脱により起きている。
- ・③7~10: 各参加者の発言に対してファシリテーターが解説を行い、各 1 回ずつの対話で終了している。解説により特徴語は増えているが、FL 値の変動が少なく、議論としては停滞している。最後の FL の急降下は特異性の高い発言(36)の離脱により発生している。

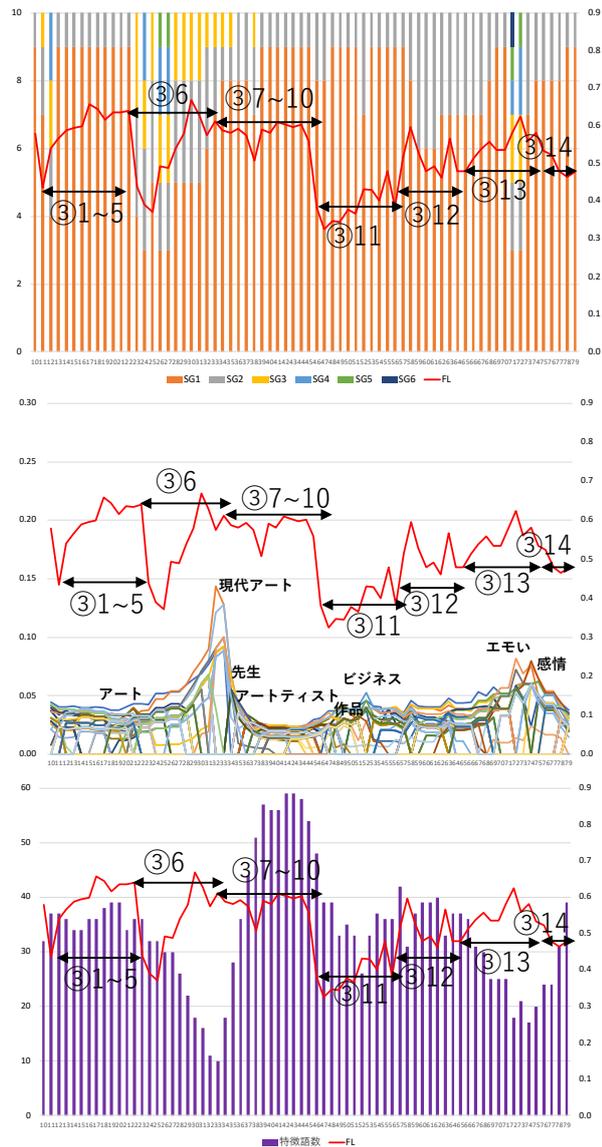


図 3: (上図) FL 値と SG 数、(中図) PageRank と FL 値、(下図) 特徴語数と FL 値

- ・③11: 参加者(11)とファシリテーターの 8 回の対話を通じて「ビジネス」を軸に収束した議論が展開さ

れている。

- ・③12: 参加者(12)とファシリテーターの 6 回の対話だが、短い期間で収束と拡散が現れている。
- ・③13,③14: ③6 と同様に多様性を出しつつ「エモい」を軸に収束。その後、他の参加者を巻き込み「感情」を軸に拡散している。その流れに発言者(14)も含まれる。

最後にファシリテーターの関与を確認する。的確な問いを対話で繰り返すことにより、多様性を出しつつ収束するケースや、短時間で収束と拡散が確認できた。これは 1 対 1 の対話の特徴の 1 つと考えられる。

#### 4.5 結果のまとめ

進行スタイルの異なる 3 種のデータを対象に、本研究で提案した手法で議論のプロセスを分析した。まとめとして、各データの議論の収束 (表 6)、拡散 (表 7) の FL 値の傾斜の長さ と PageRank のトップ値の増減をまとめた。傾斜の長さは、FL 値の増減と発言回数を元に下記の式を元に算出。

$$\text{傾斜の長さ} = \sqrt{(\text{FL 値の増減})^2 + \left(\frac{\text{該当発言回数}}{\text{総発言回数}}\right)^2}$$

表 6: 各データの収束時の各指標

	該当 発言回数	FL値 増加	傾斜 の長さ	PR 増加	PRトップ
①a	2	0.113	0.114	0.007	ラグジュアリー
①b	2	0.130	0.131	0.046	ヨーロッパ
①c	6	0.304	0.308	0.086	無印良品
①d	10	0.158	0.181	0.071	経済
②c	8	0.235	0.241	0.076	内発的
②d	3	0.081	0.084	0.007	教育
③6	5	0.296	0.303	0.033	現代アート
③11	5	0.105	0.123	0.027	ビジネス
③12	2	0.212	0.213	0.007	アート
③13	2	0.089	0.093	0.025	エモい

※PRトップとは、10発言を1グループとしてPageRankを算出

しているが、グループ内で最大値を示した特徴語。

※赤字は、各データ内で傾斜の長さが最大の箇所。

表 7: 各データの拡散時の各指標

	該当 発言回数	FL値 減少	傾斜 の長さ	PR 減少	PRトップ
①a	5	0.219	0.223	0.013	モノ
①b	6	0.213	0.220	0.059	ヨーロッパ
①c	16	0.352	0.379	0.124	最高
②a	4	0.182	0.184	0.054	論文
②d	5	0.151	0.155	0.043	教育
③12	4	0.135	0.144	0.005	アート
③14	4	0.160	0.168	0.035	感情

※PRトップとは、10発言を1グループとしてPageRankを算出

しているが、グループ内で最大値を示した特徴語。

※赤字は、各データ内で傾斜の長さが最大の箇所。

収束とは「特徴語数を減らしながら FL 値が上昇する」場合であり、拡散とは「特徴語数を増やしながらか FL 値が下降する」場合を指す。

表 6 では、各データ内においては傾斜の長い場合が PageRank の増加幅が高く、議論の収束が促進されている。また、拡散の状態を示した表 7 においても、各データ内の比較では、傾斜の長い場合が PageRank の減少幅が大きくなり、議論の拡散が促進されている。本研究の対象データに限れば、FL 値の上昇、下降を継続的に長く（複数の発言により緩やかに）描く場合に、議論の収束、拡散が効果的にされている可能性を示唆している。

また、参加者毎に発言をまとめて、特徴語の tf-idf 値でベクトル化したものを参加者に属性に見立て、ASW で FL 値と SG 数、各 SG の所属人を表 8 に記した。今までは、発言を単位に議論の多様性を分析したが、表 8 は、参加者を単位にして、議論の多様性を示した結果である。

多様性を示す SG 数はデータ①が高く、SG 間の差異 (FL 値) はデータ②が高い結果になっている。元々の参加者の意見に加えて、議論の進め方も影響している結果である。

表 8：全発言を対象にした参加者の多様性

	データ①	データ②	データ③
FL 値	0.396	0.446	0.339
SG 数	4(9,2,2,1)	2(3,10)	3(5,5,4)

※SG 数の ( ) 内の数値は各 SG の所属数。

## 5. 考察

本研究の目的は、ビジネスミーティングのテキストデータを FL の考え方を適用して、発言を単位に分析することにより、多様な意見が創出される議論の要因を明らかにすること、及び、発言を多様にするファシリテーターの役割を明らかにすることであった。

まず、本研究で提案した分析手法、そして結果について考える。

テキストマイニングは、基本的に単語に着目して話題の遷移や類似度を分析するが、本研究は発言に着目して、組織の多様性研究の指標である FL の考え方を適用して話題語の遷移の要因を分析した。そして単語と発言を併せて分析して、話題語の遷移とその要因である発言の関係性について、分析データの範囲であるが、以下の 2 つのパターンの場合に議論が有効に展開されている事が明らかになった。

- I. 特徴語数の減少を伴い FL 値が上昇する場合は、軸となる話題語があり、話題語を中心に議論が

収束している状態である。そして、FL 値が描く斜線が長いほど、話題語の PageRank の増加が高くなり、話題語を中心に効果的に収束される。

- II. 特徴語数の増加を伴い FL 値が下降する場合は、軸となる話題語があり、話題語を中心に議論が拡散されている状態である。そして、FL 値が描く斜線が長いほど、話題語の PageRank の低下が大きく、話題語を中心に効果的に拡散される。

その結果、FL が高い山・深い谷を描ければ、特定の話題語を軸に、継続的に拡散と収束が行われており、深い議論に繋がる。それには、きっかけとなる発言が必要で、このきっかけの発言を導くことがファシリテーターの役割である。

本研究では 3 タイプの進行のデータを分析し、ファシリテーターの発言の影響を検討した結果、以下の 3 つに集約した。

- I. 多様な発言を促すために、今までの発言を踏まえた「新たな問い」や、発言内容を構造化（まとめる）ことによる「新たな視点」を提供する発言。
- II. 今までの発言では出ていない「新たな情報」を提供する発言。データ①ではスピーカーとしてファシリテーターとは別に専門家を登場させていた。またデータ③では 1 対 1 の対話の中でファシリテーターが解説を行っていたが、この解説が「新たな情報」となっていた。
- III. 高い山・深い谷を描くためには継続的な拡散・収束が必要であるが、停滞・迷走せずに継続的に進行できるような「促進」的な発言。

そして、本研究で分析対象にした 3 種の進行スタイルの特徴を、本研究で提案した分析手法で明らかにすることができた。

- I. 役割分担型：積極的に進行に関与することで、異質性の高い発言を導き、高い山・深い谷を作る効果的な議論を実現するスタイルである。
- II. 自走型：敢えて参加者の主体性に進行を委ねるため、停滞、迷走するリスクはあるが、同時に多くの特徴語が出現する可能性も秘めており、参加者自身の気づきが多いスタイルである。
- III. 1 対 1 型：参加者とファシリテーターが深い議論を可能にする方法で、ファシリテーターの鋭い視点の問いが多様性を伴う議論の収束を可能にするスタイルである。

スタイルごとに特徴がある。議論の目的、参加者の特性、ファシリテーターの個性に合わせて、使い分ける事が大切ではないかと考える。

最後に、本研究の元になっている問題意識は、「多

様性は、組織の知識、そして情報の種類や量を増やすことにより、「意思決定の質が向上する」という情報・意思決定理論が実現するためには、参加者の多様性を活かす事が重要である。その指標として、各参加者の発言内容を特徴語でベクトル化したものを属性と見立て、FLとSGで多様性を表した(表8)。本研究の分析対象のデータは一過性の議論であったが、組織においては、継続的な議論が前提である。そのために、ファシリテーター(多くの場合はマネージャー)、そして参加者である組織のメンバーは、議論で形成された属性による多様性の構造を把握し、議論の目的に即した多様性の構造へ近づける事が重要であると考えられる。

## 6. おわりに

本研究は、テキストマイニングの手法と多様性研究の指標であるFLの考え方を併せて、ビジネスミーティングのテキストデータを分析した。

その結果、話題語の遷移の要因を発言から明らかにできる手法を提案できたこと、それによって議論の進行役であるファシリテーターの役割を明らかにできたことは学術的にも実務的にも貢献できた。

そして、今後の課題は、第一に、本研究は、分析対象のデータから導いた結果に止まっている。より分析を深め因果関係を明らかにして一般化する事が必要である。

第二に、ファシリテーターの役割について、効果的な議論への関与方法をより具体化することが、実務的な貢献に繋がる。例えばエージェントベースモデルによるシミュレーションにより様々なケースをモデル化する事が考えられる。

## 参考文献

- [1] Alex Faickney Osborn.: Applied Imagination, New York Scribner, New York, USA. (1953)
- [2] Kevin Dunber.: HOW SCIENTISTS REALLY REASON, Mechanisms of Insight, MIT press, Cambridge, MA, USA. (1995)
- [3] 高木晴夫: グループ意思決定会議のコミュニケーション構造, 電気学会論文誌C(電子・情報・システム部門誌), Vol. 114, No. 3, pp. 353-360, (1994)
- [4] 谷口忠大: コミュニケーション場のメカニズムデザイン, システム制御情報学会論文誌, Vol. 63, No. 2, pp. 85-90, (2011)
- [5] Norma Ming, Eric Baumer: USING TEXT MINING TO CHARACTERIZE ONLINE DISCUSSION FACILITATION, Journal of Asynchronous Learning Networks, Vol. 15, pp. 71-109, (2011)

- [6] DORA C. LAU, J. KEITH MURNIGHAN: DEMOGRAPHIC DIVERSITY AND FAULTLINE, The Academy of Management Review, Vol. 23, No. 2, pp. 325-340, (1998)
- [7] Bertole Meyer, Andreas Glenz: Team Faultline Measures, Organizational Research Methods, Vol. 16, No. 3, pp. 393-424, (2013)
- [8] 熊田ふみ子, 倉橋節也: 多様性が組織の成果に及ぼす影響, Journal of the Japan Society for Management Information, Vol.28, No. 4, pp. 189-209, (2019)
- [9] GERARD SALTON, EDWARD A. FOX, HARRY WU: Extended Boolean Information Retrieval, Communications of the ACM, Vol. 26, No. 12, pp. 1022-1036, (1983)
- [10] Samer Hassan, Carmen Banea: Random-Walk Term Weighting for Improved Text Classification, Workshop on Text Graphs, at HLT-NAACL 2006, pp. 53-60, (2006)
- [11] Sergey Brin, Lawrence Page: The Anatomy of a Large-Scale Hypertextual Web Search Engine, in Proc. 7th WWW Conf. (1998)
- [12] 佐々木邦明, 丸石浩一: テキストマイニングを用いたワークショップの討議内容の特徴把握と可視化に関する研究, 都市計画論文集, Vol. 46, No. 3, pp. 1039-1044, (2011)

# 経営者の容姿と企業行動の関係についての分析

An Analysis of the Relationship between Managerial Appearance and Corporate Behavior

深澤あゆみ 高橋大志

Ayumi Fukasawa, Hiroshi Takahashi

慶應義塾大学大学院経営管理研究科

Graduate School of Business and Administration, Keio University

**Abstract:** There are also many studies that suggest that the characteristics of managers, such as their background, orientation, and age, have some influence on the performance and behavior of companies. In this paper, we analyze the relationship between managerial face and corporate behavior, especially R&D investment, after focusing on face as one of the important components of appearance. We classified the face types of managers into several patterns and analyzed the impact of these types on corporate behavior. as a result, it was confirmed that managers classified in one cluster tend to invest more actively in R&D than those classified in the other clusters.

## 1. はじめに

「容姿が良いと仕事もできる」、「見た目が良いと得をする」というイメージがあるが、これは日本に限ったことではなく、むしろ海外の方がそのイメージは強い傾向にある。海外では容姿が企業の経営や個人の出世・業績に及ぼす影響が研究されているものも少なからず存在し、経営者の容姿は企業の業績や行動に何らかの影響を及ぼしていることを示唆する研究もある。しかし、日本を対象としたこのような研究はおそらく存在しておらず、日本でも容姿が個人及び企業の業績に何らかの影響を及ぼしているのかは不明である。

また、企業の業績や行動には、経営者のバックグラウンド、年齢など、経営者の特性が何らかの影響を及ぼしているということを示唆する研究も多々存在する。経営者の特性と企業行動の関係を分析した研究の中には、自信過剰であるとされる経営者の特性をナルシズムとし、経営者のナルシズム度と企業行動の相関を分析したものが海外を中心に存在する。例えば、ナルシズム度の高い経営者は研究開発への投資など、積極的な企業行動を行う傾向にあるとされているものも多い。経営者の特性の一つであるナルシズム度の測定には、経営者への質問によりその度合いを測定するもの、経営者の写真を用いてその度合いを測定するもの、テキスト分析によってナルシズム度を測定するものなど、様々な

方法があるが、その中でも経営者の写真を用いてナルシズム度を測定したものについては、その写真から得られる印象などを測定の指標としているため、ある意味で経営者の外見に着目したものであると言えるのではないだろうか。

容姿が個人の行動や業績、またはその個人が属する企業の業績や行動に影響を与えること、外見に着目し設定された経営者のナルシズム度という経営者属性は企業行動に影響を与えることがこれまでの研究の中で明らかにされている。これらの事柄からは、経営者の単純な外見、つまり容姿のみが企業の業績や行動に影響を及ぼしている可能性も考えられる。もし経営者の容姿が企業の業績や行動に何らかの影響を及ぼしているとすれば、経営者と企業のあり方についての何らかの示唆を与えられる可能性があるのではないだろうか。

このような考えの下に、本稿では、日本企業を対象に、経営者の顔のタイプを数パターンに分類し、そのタイプが企業行動に与える影響についての分析を行う。

## 2. 関連研究

### 2.1 容姿が個人の評価、業績に及ぼす影響

個人の容姿が、本人の評価や業績に及ぼす影響を分析したものとしては、海外の研究がほとんどであ

る。Hamermesh et al. (1994) は、カナダとアメリカの労働者を対象に調査を行なった結果、男女ともに容姿が美しいとされる方が高収入である傾向にあり、さらに容姿の美しさによる影響は女性よりも男性の方がやや大きいという結果を示している。

容姿の美しさが本人の評価や業績に及ぼす影響を、職業を絞って調査した研究も見られる。Biddle et al. (1995) は弁護士の容姿の美しさと卒業後の収入の関係を、アメリカのとあるロースクールの入学時の写真を用いて個人の容姿レベルを判定することによって調査している。その結果として、民間部門の弁護士は公的部門の弁護士より容姿が美しく、また容姿が美しい弁護士の方が高収入であるという傾向が明らかになっている。

個人が自らの美しさを、その他のスキルと同様に生産性向上のために使用した結果、個人の業績が向上している可能性を示唆する先行研究も見られる。Salter et al. (2012) は、アメリカの不動産ブローカーの美しさと賃金の関係を調査し、容姿が美しいとされる不動産ブローカーは賃金が高くなる傾向にあることを示している。さらに、美しい不動産ブローカーは、仕事を取るために必要な努力、知性、組織的なスキルを補完するために自らの容姿の美しさを使用していることが示唆されている。

これらの研究からは、容姿が美しい、つまり良いとされる方が収入や周囲からの評価が上がる傾向にあり、容姿と個人の業績や評価に相関があることが示されている。ただし、日本において類似の研究は見られなかったため、日本でも同様のことが言えるのかについては不明である。

## 2.2 容姿が本人の属する組織の評価、業績、企業行動に及ぼす影響

個人の容姿が、その本人の属するまたは経営する組織に及ぼす影響を分析した研究は少ないものの、存在する。Pfann et al. (2000) では、オランダの広告会社数十社を対象とした調査で、容姿の美しい幹部がいる企業ほど収益性が高く、成長が早いという結果が報告されており、その結果として個人の収入も増加するとしている。また1996年にスイスのビジネス誌が実施した「スイスで一番美しいCEO」を投票するアンケートでも、上位に入った企業は比較的規模の大きい企業であったという結果が報告されている。

## 2.3 経営者の特性が本人の属する企業の業績や行動に及ぼす影響

容姿との直接の関係は不明であるものの、経営者の特性が企業の業績や行動に与える影響についての研究も数多く存在する。経営者の特性としては、特に経営者の経験や属性に注目した研究が多く、Barker et al. (2002) では、経営者の年齢が若く、マーケティングやエンジニアリングの経験が豊富であるほど、その企業の研究開発費が多い傾向にあるとしている。Acemoglu et al. (2016) によると、経営者の年齢が若いほど、研究開発に力を入れ、より創造的なイノベーションを起こすという結果がもたらされている。これらの研究からは、経営者の経験や属性といった特性は研究開発投資との相関が高いということが示唆されている。

また、経営者特性の中でも経営者の自信過剰度、つまりナルシズム(Narcissism)<sup>1</sup>に着目した研究も多い。Malmendier et al. (2005) は、経営者のナルシズム度が高い企業ほど、研究開発費への投資が多いことを示している。なお、ナルシズム度の測定としては、経営者のストックオプション行使に際しての行動を元に行われている。同様にストックオプション行使に際しての行動をナルシズム度の尺度としたものとして、Galasso et al. (2011) があるが、この中では、ナルシズム度の高い経営者の方がイノベーションを追求し、新技術の導入に積極的であるとされている。Hirshleifer et al. (2012) もナルシズム度の高い経営者は、リスクが高く、リターンの大きい投資を行う傾向にあることを示している。これらのように、経営者のナルシズム度と企業行動との相関を示す研究は多く、その中でも、ナルシズム度の尺度の設定の際に、経営者の写真を用いたものが存在する。Chatterjee et al. (2007) はアニュアルレポート内の経営者の写真を用い、その写真を4段階に分けて評価し、ナルシズム度の指標を作成している。設定した4段階の指標と企業の行動の相関を分析したところ、研究開発投資などの行動に正の影響をもたらすことが示唆されている。アニュアルレポートの写真を用いてナルシズム度を設定するという手法は、Chatterjee et al. (2011) やOlsen et al. (2013) でも用いられている。また、日本でアニュアルレポート内の経営者の写真を用いて、ナルシズム度と企業の業績や行動を分析した研究として、Saisho et al. (2018) が挙げられる。Saisho et al. (2018) では、結果と

<sup>1</sup> ナルシズムという概念を提唱した Freud et al.(1954)は、ナルシズムを単純な自意識過剰ではなく、自意識過剰かつ自己を性的対象とみなすものだとしている。しかし、本稿で引用している経営者のナルシズムに関する先行研究では、ナルシズムを「自己愛が強い、自

信過剰である」という意味で使用しているため、本稿でも、引用する先行研究と同様の意味で使用するものとする。

して、ナルシズム度が高いとされた経営者は、より積極的な投資を行うものの、その行動が企業の業績にとって正の影響をもたらすとは限らない。

### 3. 目的

関連研究から、容姿は本人が属する組織の業績行動に何らかの影響を及ぼしている可能性と、経営者の特性により企業行動に差が出るということが示唆された。特に、経営者の特性については、個人や企業の業績・行動に正の相関をもたらしている可能性を示唆する先行研究も少なくはないものの、日本を舞台としたこのような研究はほとんど存在しておらず、日本でも同様のことが言えるのかは不明である。さらに、容姿と個人もしくは企業の業績の関係についての先行研究の多くでは、対象者の容姿の指標を、アンケート回答者や分析者の主観かつ目視で段階分けしているものがほとんどであり、対象者との面接で指標を定めているものも存在するため、容姿の指標の中に、顔以外に服装や印象なども含まれるものもある。そのため、主観や範囲によるばらつきが出ていることが考えられる。これらの設定をより客観的に行うために、本研究では、単純に経営者の顔のみに着目し、経営者の容姿つまり顔が本人の属する企業行動、もしくはその他の指標に与える影響を分析することしたい。先行研究を見ると、経営者の特性と企業行動の関係については、特に研究開発への投資が顕著である。これらの示唆から、「顔」を経営者の特性の一つとして、顔のタイプの違いにより研究開発への投資傾向に違いが出るのかを明らかにすることを目的とする。

## 4. データ・分析方法

### 4.1 データ

日本企業を対象とし、経営者の顔が企業行動、特に研究開発への投資行動に与える影響について分析する際に使用するデータとしては、顔の分析用のデータと研究開発への投資行動を表すことのできる財務データの2つとなる。なお、対象とする企業は日経平均採用銘柄 225 社のうち、銀行・保険・証券 19 社とトレンドマイクロを除いた一般企業合計 205 社である。

顔の分析には顔認識のニューラルネットワークである FaceNet と顔写真のデータセット VGGFace2 を用いた学習済みモデル、対象とする企業の代表取締役社長の顔写真を使用する。FaceNet とは、2015 年に Google により発表された顔認識のニューラルネットワークであり、Schroff et al. (2015) による

と 1 枚の顔写真を 128 バイトのユークリッド距離に変換することが可能である。顔写真毎の距離を比較することができるため、顔写真を用いたクラスタリングを行うことが可能である。そのため、今回は FaceNet と VGGFace2 を用いて、経営者の顔をベクトル化したのちクラスタリングし、それを容姿の指標とすることとした。今回使用する学習済みモデル VGGFace2 は、Qiong et al. (2018) によると、9131 人の被験者の各被験者平均 362.6 の画像を含んだデータセットであり、①多数の同一性と多数の画像を持つ ②広範囲の年齢および民族性をカバーすること ③ラベル雑音を最小化することを目標として収集されている。

次に、研究会開発への投資行動を表す指標としては、「研究開発費売上高比率」を用いる。この財務データは、『日経 NEEDS』(日本経済新聞社)から対象企業 205 社分を入手し、算出したものである。なお、対象としたのは、2019 年度の財務データである。使用変数については、第 5 章で詳細の説明を行う。

### 4.2 分析手法

分析の手順として、まず収集した顔写真を用いて顔のクラスタリングを実施する。クラスタリングが完了した後、クラスタによって研究開発費への投資行動、つまり「研究開発費売上高比率」の傾向に違いがあるのかを分析する。研究開発費への投資の指標には「研究開発費売上高比率」を用いる。クラスタごとの比較方法としては、基準となるクラスタを設定し、そのクラスタの研究開発費売上高比率を他のクラスタと比較する。つまり、図 1 の通り、売上高販管費率を被説明変数とし、各クラスタを説明変数とする。

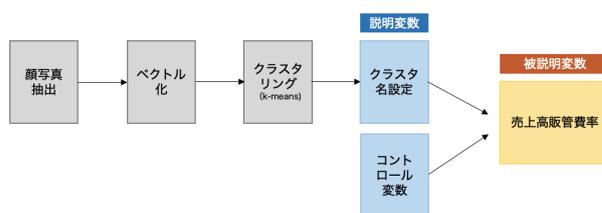


図 1 分析の流れ

## 5. 分析結果

### 5.1 顔の指標化とクラスタリング

対象企業 205 社の代表取締役社長の顔写真各 1 枚を収集し、顔写真のベクトル化および主成分分析を行った。図 2 は、各主成分の寄与率を示したものである。

図2 各主成分の寄与率 (顔写真)

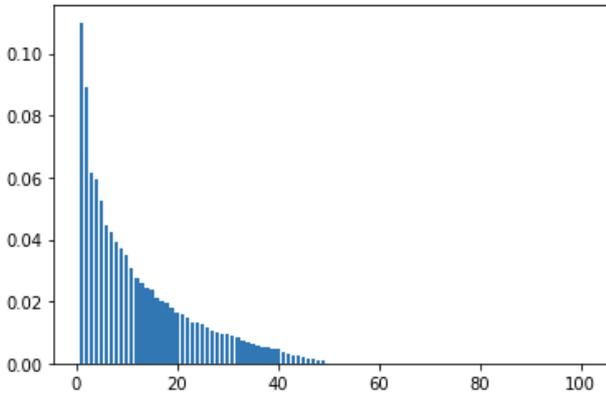
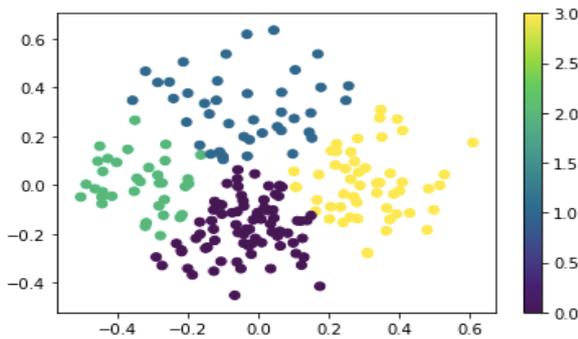


図3は、クラスタリングの結果を示したものである。図中の、横軸は第一主成分、縦軸は第二主成分を示している。

図3 クラスタリングの結果 (顔写真)



なお、これらの結果を元に、クラスタ毎に目視で特徴を確認し名前をつけた。図3にプロットされた点の色とクラスタの名前、特徴は表1の通りである。

表1 クラスタ名・特徴

色(図3)	クラスタ名	特徴
紫	白髪	頭髪が全体的に白髪
青	塩顔	彫りが浅め
緑	メガネ	メガネをかけている
黄	濃い顔	目鼻立ちがはっきり

## 5.2 研究開発との関連性

得られた4つのクラスタのうち、濃い顔クラスタを基準として、白髪、塩顔、メガネクラスタにおいてダミー変数を設定し、研究開発費との関連を分析する。推定モデルは以下(1)の通りである。

$$Y = \alpha + \beta_1 D_1 + \beta_2 D_2 + \beta_3 D_3 + X1 \dots (1)$$

Yには、企業行動を表す指標として「研究開発費売上高比率」を用いる。 $\alpha$ は定数項である。また、D1, D2, D3は顔タイプを表すダミー変数であり、D1ならば白髪=1, それ以外=0、D2ならば塩顔=1, それ以外=0、D3ならばメガネ=1, それ以外=0である。コントロール変数はX1として示しており、X1には、売上高と資産合計の対数値を用いた。これらの指標は、Saisho et al. (2018)を参考に設定した。使用変数とその定義は、表2のとおりである。

また、これらを元に、売上研究開発費比率との関連を分析した結果は表3に示す通りである。

表2 使用変数一覧

被説明変数
研究開発費売上高比率 (2019年度の研究開発費/2019年度の売上高)
顔タイプの指標
D1: 白髪クラスタの場合1, それ以外のクラスタの場合0
D2: 塩顔クラスタの場合1, それ以外のクラスタの場合0
D3: メガネクラスタの場合1, それ以外のクラスタの場合0
コントロール変数
売上高 (2019年度の売上高)
資産合計 (2019年度の資産合計)

表3 指標の推計結果

	被説明変数 (研究開発費売上比率)
D1 (白髪クラスタ)	-0.0174* [0.010]
D2 (塩顔クラスタ)	-0.0304*** [0.0089]
D3 (メガネクラスタ)	-0.0032*** [0.0089]
売上高	-0.0032 [0.0047]
資産合計	0.0005 [0.0043]
切片	0.0897
補正 R <sup>2</sup>	0.0402
N	205

Note: 左列は被説明変数を表す。[]内は標準誤差。\*\*\*, \*\*, \*はそれぞれ1%, 5%, 10%の有意水準であることを表している。

P 値の有意水準を 5% とすると、D1 (白髪)、D2 (塩顔)、D3 (メガネ) のすべての値において、有意水準が満たされるため、これらの顔のタイプと研究開発比率には関係があることが示されている。今回の場合、D1 (白髪)、D2 (塩顔)、D3 (メガネ) が統計的に負に有意となっている。すなわち、濃い顔クラスと比較して、白髪、塩、メガネのクラスは研究開発費を投じない傾向にあることが伺える。

## 6. おわりに

本研究では日経平均採用銘柄 225 社のうち、205 社を対象に経営者の顔のタイプを分類し、それが企業行動、特に研究開発への投資行動に与える影響について分析を行った。

その結果、顔の濃いクラスに属する経営者は、他のタイプに属する経営者よりも積極的に研究開発への投資を行っている可能性を見出した。

経営者の特性が企業行動に大きな影響を与えていることは、先行研究でも数多く実証されているが、本研究は経営者の特性として、単純に顔のみに注目したという点で、経営者の特性と企業行動をめぐる研究の中でも興味深い示唆を残したと言えるのではないだろうか。

最後に、本研究の課題について触れたい。まず、今回は日経平均採用銘柄のみを対象として分析を行ったが、中小企業やベンチャー企業など、企業自体の属性によって経営者特性の現れ方に違いがある可能性も考えられるため、対象企業数を追加すること、また、時系列での分析を行うために数年分の財務データを追加することに関して検討の余地が残されていると考える。

## 参考文献

- [1] Daniel S. Hamermesh, Jeff E. Biddle., "Beauty and the Labor Market", *American Economic Review*, Volume 84, (1994), pp.1174-1194.
- [2] Jeff E. Biddle, Daniel S. Hamermesh., "Beauty, Productivity and Discrimination: Lawyers' Looks and Lucre", *Journal of Labor Economics*, Volume 16, No.1, (1995), pp. 172-201.
- [3] Sean P. Salter, Franklin G. Mixon Jr, Ernest W. King., "Broker beauty and boon: A study of physical attractiveness and its effect on real estate brokers' income and productivity", *Applied Financial Economics* 22(10), (2012), pp.811-825.
- [4] Gerard A. Pfann, Jeff E. Biddle, Daniel S. Hamermesh, Ciska M. Bosman., "Business success and businesses' beauty capital", *Economics Letters*, Elsevier, 67(2), (2000), pp. 201-207.
- [5] Daron Acemoglu, Daron Acemoglu, Murat Alp Celik.,

"Young, Restless and Creative: Openness to Disruption and Creative Innovations". *SSRN Electronic Journal*, January, (2016).

[6] Ulrike Malmendier, Geoffrey Tate., "CEO Overconfidence and Corporate Investment". *The Journal of Finance*, Volume 60, (2005), pp.2661-2700.

[7] Alberto Galasso, Timothy S. Simcoe., "CEO Overconfidence and Innovation". *Management Science*, Volume 57, (2011), pp.1469-1484.

[8] David Hirshleifer, Angie Low, Siew Hong Teoh., "Are Overconfident CEOs Better Innovators?". *The Journal of Finance*, Volume 67, (2012), pp. 1457-1498.

[9] Chatterjee. A, and D. C. Hambrick., "It's all about me: Narcissistic Chief Executive Officers and their effects on company strategy and performance", *Administrative Science Quarterly*, 52 (2007), pp.351-386.

[10] Chatterjee, Arijit and Donald C.Hambrick., "Executive Personality, Capability Cues, and Risk Taking how Narcissistic CEOs React to their Successes and Stumbles.", *Administrative Science Quarterly* 56(2) (2011), pp.202-237.

[11] Olsen, Kari Joseph, Kelsey Kay Dworkis, and S. Mark Young., "CEO Narcissism and Accounting: A Picture of Profits.", *Journal of Management Accounting Research* 26(2) (2013), pp.243-267.

[12] Atsutaka Saisho, Aiko Suge, Hiroshi Takahashi., "Analyzing the Relationship Between the Characteristics of Company Executives and Their Companies: Observation Through Facial Expressions", *International Conference on Innovation & Management (ICIM2018)*.

[13] Florian Schroff, Dmitry Kalenichenko, James Philbin., "FaceNet: A Unified Embedding for Face Recognition and Clustering", *The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, (2015), pp. 815-823.

[14] Qiong Cao, Li Shen, Weidi Xie, Omkar M. Parkhi, Andrew Zisserman., "VGGFace2: A Dataset for Recognising Faces across Pose and Age", *2018 13th IEEE International Conference on Automatic Face & Gesture Recognition (FG 2018)*.

# 使えるものは何でも使って EBPM を

## Use whatever you can to promote EBPM

渡部睦<sup>1\*</sup> 北澤正樹<sup>1</sup> 高橋聡<sup>2</sup> 吉川厚<sup>1</sup>  
Mutsumi Watanabe<sup>1</sup>, Masaki Kitazawa<sup>1</sup>,  
Satoshi Takahashi<sup>2</sup> and Atsushi Yoshikawa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 立教大学大学院人工知能科学研究科

<sup>1</sup> Graduate School of Artificial Intelligence and Science, Rikkyo University

<sup>2</sup> 関東学院大学理工学部

<sup>2</sup> School of Science and Engineering, Kanto Gakuin University

**Abstract:** Evidence Based Policy Making (EBPM) has been attracting attention for policy making in Japan. In order to realize EBPM, it is essential to have data as evidence. However, it is costly to collect such data, and it is difficult to design data and analysis to determine what kind of data is best. we cannot wait until we have enough usable data to implement EBPM. Therefore, it is necessary to combine empirical research methods such as quasi-experiments and theoretical research such as Agent Based Simulation (ABS), and to develop a method to analyze the data. In this paper, we will discuss the concept and how it can be applied to the analysis of EBPM even when sufficient data is not available. This paper presents the concept and the results of the analysis using a prefectural dental health ordinance as a case study.

## 1 はじめに

日本の政策立案に Evidence Based Policy Making (EBPM) が注目を集めている。EBPM 実現のためには証拠となるデータが不可欠であるが、そのデータを集めるにはコストがかかり、かつ、そもそもどのようなデータなら良いのか、データ設計や分析の設計をすることが難しい。しかし、使えるデータが充実するまで EBPM の取り組みを待つには行かない。そこで、擬似実験等の実証的研究手法と Agent Based Simulation (ABS) 等の理論的研究を組み合わせ、データが十分に得られない場合でも EBPM に資する分析を行うことを構想している。本論文ではその構想と、都道府県歯科健康条例を事例とした分析の結果を示す。

## 2 研究の背景

Opinion Base, Episode Base の客観的証拠に乏しい政策決定プロセスを見直す動きは、英米ではブレア政権、オバマ政権の頃から本格化し、現在ではエビデンスによる政策評価報告は政府予算編成時の必須要件となっている。イギリス財務省は、数理モデルやシミュレーションによる理論ベースのインパクト評価、ランダム化比較試験 (RCT) や傾向スコア分析などの実験・擬似実験ベースのインパクト評価などを体系的に整理したガイドライン [1] を策定している。

日本では 2016 年に経済財政諮問会議により「統計改革の基本方針」の一環として「EBPM 推進体制の構築」が決定された。統計改革と EBPM 推進は両輪で進めなければならないという問題認識がなされており、中央省庁での試行やガイドライン作成の検討などが進められている。[2][3][5]

EBPM 推進の問題点に関する独立行政法人経済産業研究所 (RIETI) の調査結果を表 1 に示す。EBPM の阻害要因が複数挙げられているが、本論文では 5 番目の「政策形成に役立つデータや調査研究が少ない」問題

\* 連絡先：立教大学大学院人工知能科学研究科  
〒171-8501 東京都豊島区西池袋 3-34-1  
E-mail: 20vr039r@rikkyo.ac.jp

に着目する。

政策評価で使用されるデータについては、表2の通りその整備状況に応じて4種類に整理できる。近年、総務省の「政府統計の総合窓口 (e-Stat)」や経済産業省の「地域経済分析システム (RESAS)」などで公的な統計情報の充実が図られているが、主に全国、都道府県別、市町村別の統計分野別集計データであり、集計の元となった個票データについては一般公開されていない。個票データの研究者向け利用申請の条件が緩和されるなど環境の整備が進められているが、個票データの充実には今暫く時間を要すると考えられる。良質な個票データとしては自治体が保有する行政記録データがあり、2016年に官民データ活用推進基本法が施行されるなどその活用が望まれているが、個人情報保護の観点とのバランスやデータ整備作業の負荷などから取り組みの進展は緩やかである。

中央省庁や地方自治体の現場の政策実務者が今すぐにもEBPMを実践するためには、集計データを中心とする現在入手可能なデータを用いた政策評価研究の充実が必要である。

表1: EBPMの阻害要因  
(RIETI シンポジウム資料 [4] より引用)

阻害要因 (複数回答)	政策実務者	研究者
1. 日常業務が忙しく時間がない	33.9%	51.0%
2. そのような慣行や組織風土がない	62.4%	45.1%
3. 政策がエビデンスと関係なく政治的に決まる	72.5%	51.0%
4. 統計データの解析や研究を理解するスキルが職員に不足	67.0%	68.6%
5. 政策形成に役立つデータや調査研究が少ない	41.3%	43.1%
6. その他	6.4%	21.6%

表2: 政策評価データの整備状況による分類

分類	例
a) 公開データ	e-Stat, RESAS 等政府の公的統計。主に集計データ。
b) 限定公開データ	研究者のみ公開の政府統計の個票データ。
c) 非公開データ	行政記録データ。自治体の独自統計。公的統計以外の統計個票データ。
d) データなし	

### 3 研究の構想

日本のEBPM推進のために、大量の個票データが得られない政策評価課題に対し、実証的研究と理論的研究を効果的に組み合わせた分析方法の研究を構想している。

実験・擬似実験といった実証的研究による一次分析の因果推論の結果を、数理モデルやシミュレーション等の理論的研究による二次分析で検証する(図1)。政策評価時にデータが少量しか得られない場合、実証分析結果の統計的有意性が不十分となることが予想されるため評価の実施自体が見送られがちである。これがEBPMが進まない要因の一つとなっている。このような場合でも、一次分析の結果を活用したABS等の理論的研究による二次分析を行うことでアウトカムの生成プロセス解明に貢献することができる。また、個別ではなく、事象的研究と理論的研究を常にセットで用いることは、ABS等のシミュレーションを政策評価の場により活用する糸口にもなる。EBPMでは因果関係の分析が重要になるが、実証的研究、統計分析では一定量のデータ数が必要となるため政策評価の研究事例はどうしてもデータが得やすい政策に偏ってしまう。一方でABSであればモデル設計の工夫により、大量データがなくても政策評価に資する分析結果が得られる可能性がある。逆に、ABSの結果だけでは因果関係を主張し政策担当者を納得させることは、EBPMが実証研究中心に進められている現状ではなかなか難しい。両手法を同時に用いてそれぞれの長所を生かした研究手法が進展すればその価値は非常に高いであろう。

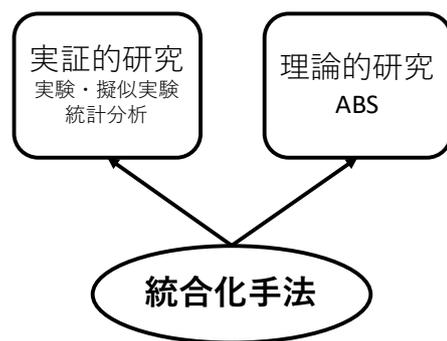


図1: 統合化手法

次章以降では、例として自治体施策の効果分析を擬似実験手法で行い、その結果に対しABSでどのように二次分析が可能であるかの考察を行う。

## 4 都道府県歯科保健条例の効果検証

現在のオープンデータによる政策評価の分析事例として都道府県歯科保健条例を取り上げる。条例の施行が、6歳児及び12歳児の未処置歯保有率の減少にどの程度寄与したのかを推定する。また、複数団体と複数年齢層で比較分析を行い、それらの推定介入効果の違いから政策がアウトカムに与えるプロセスについても考察を行う。

都道府県の歯科保健条例[6]は、歯・口腔の健康増進を目的に2008年に新潟県で初めて制定された。これを契機に全国の都道府県や市町村で相次いで条例が制定され、2011年には後を追う形で国の法律が制定された。条例の内容は似通っており、都道府県や都道府県民は歯・口腔の健康に努めなければならないという基本理念を示し、市町村との連携、啓蒙活動や指導等の活動、基本計画の策定、財政的措置を講じることなどを努力目標としている。罰則などを伴わない理念条例である。先行研究としては条例制定後の各都道府県の予算確保状況を調査した研究[12]などがあるが、条例が都道府県民の歯・口腔の健康へもたらした定量効果に対する研究は見当たらない。

この政策を分析対象として選んだ理由として、今後ニーズが高まると予想される自治体の政策効果検証であること、大量とは言えないが、集計データがe-Statからオープンデータで入手できること、複数の団体がほぼ同内容の政策を相次いで実施したことで、導入時期の違いによる効果検証が可能であることなどが挙げられる。

## 5 分析の計画

### 5.1 分析データの設計

2006年以降の都道府県別の年齢別疾病・異常被患率が公開されているe-Statの学校保健統計調査データを使用する。学校保健統計調査では目標精度5%以内として毎年6月頃に都道府県当たり200校前後を層化集落抽出法により選択し調査を行っている。

時系列の政策効果検証に必要な介入前の期間と対象群の数をある程度確保できるように介入群と対象群の選択を行った。効果検証対象の介入群となる団体は、新潟県について2009年4月1日に条例を制定した北海道と静岡県とした。対象群となる条例未制定の団体は、条例施行が2012年以降である19団体とした。その一覧を表3に示す。

分析対象政策が理念条例であるため、政策の効果は、

条例に基づいた予算が策定され事業が開始される翌年からと想定し、介入開始期間は条例施行の翌年である2010年からとした。介入期間の終了を長くすると、その間に対象群となる団体が条例を相次いで制定しているため対象群が少数になってしまう。そこで、介入終了期間は2012年として3年間を分析した。

この結果、分析データの介入前期間は2006年から2009年までの4年間、介入期間は2010年から2012年の3年間となった。

図2に分析期間の6歳児と12歳児の未処置歯保有率について、介入群2団体の値と対象群の平均値を示す。

表3: 介入群2団体と対象群19団体

介入群	北海道, 静岡県
対象群	青森県, 山形県, 群馬県, 東京都, 神奈川県, 富山県, 石川県, 福井県, 山梨県, 岐阜県, 愛知県, 滋賀県, 大阪府, 奈良県, 鳥取県, 福岡県, 大分県, 鹿児島県, 沖縄県

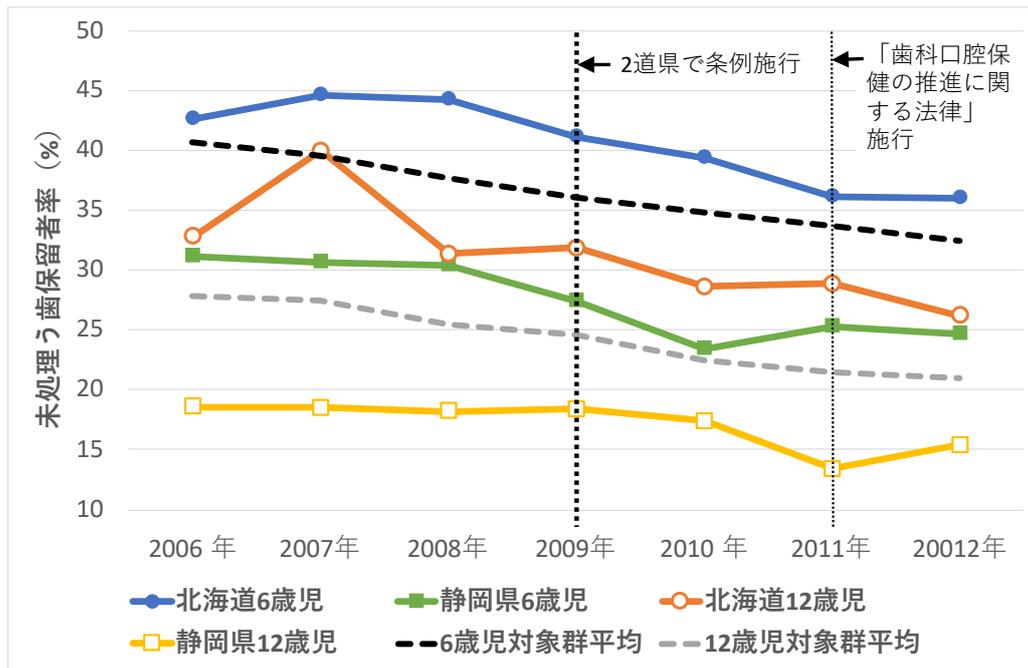


図 2: 介入群の未処置う歯保有率の推移

## 5.2 分析の手法

分析には差の差分法 (Difference in Difference, DID)[8] の改善手法である Synthethic Difference in Difference(SDID)[9] を使用した。

地域内全域の個体に影響を及ぼす政策の効果検証では個票データを得ることは難しく、時系列の集計データで分析が可能な DID が適した擬似実験手法である。DID は介入群のアウトカムの単なる前後比較である「介入後の差」ではなく、介入群が介入されなかった場合の差である「介入前の差」を対象群のデータから求め、「介入前の差 - 介入後の差」を政策の処置効果として推定する。国内で DID を用いた政策研究として、保育所の整備状況が女性の就業率へ及ぼす影響の分析 [11] などがある。

DID が有効であるための条件には、介入群と対象群とでトレンドが同一である平行トレンド仮定と、アウトカムに大きな影響を及ぼす事象が二群の片方だけに起きていないという共通ショック仮定がある。SDID は DID の回帰式とは別に、介入群データに対する対象群の個体別と期間別の重みを計算することで平行トレンド仮定を緩和し、より信頼区間の小さい推定結果を得ることができる。

また、SDID の特徴である 2 種類の重みは、二次検証で使用する ABS によるシミュレーションモデルのパラメータ設計に活用することが期待できる。

時系列集計データによる介入効果推定が可能であること、従来手法より高精度の因果推論が可能であること、個体別・期間別の 2 種類の重みという二次検証に有用なデータが得られること、の 3 点が SDID を採用した理由である。

DID の代替手法としてもう一つ Causal Inmact[10] がある。ベイズ構造時系列モデルにより介入群の過去データのみで介入効果を推定する。利点として対象群が不要となるが、その分共変量も含めた大量の介入群のデータが必要になる前提条件と、介入後に政策効果に大きな影響を与えるショックがあると使えないという制限があり、今回の事例では 2011 年に歯科口腔保健に関する法律が施行されているため使用を見送った。

SDID の推定結果の信頼性の検証には、対象群 19 団体のプラセボテストの集計結果を使用した。プラセボテ

ストは、対象群中の 1 団体を擬似的に介入群とみなして分析を実施し、実際の介入群の推定値と比較するものである。条例による歯の健康に対する効果が、プラセボテストの平均値より十分大きなものであるか、プラセボテストの標準偏差と比較して有意であるかといった点を分析した。

なお、SDID は R の `synthdid` パッケージ [13] を使用した。

## 6 分析結果と考察

分析による推定介入効果を表 4 に、そのグラフを図 4 から 7 に、プラセボテストの結果を表 5 に示す。

北海道 6 歳児の推定介入効果は 1.26 ポイントの改善が見られた。プラセボテストの平均-0.106 よりは大きな値である。しかしプラセボテストの標準偏差は 1.615 であり、統計的に有意と言えるほどの結果ではない。静岡県 6 歳児と北海道 12 歳児ではそれぞれ-0.850 と-0.348 とより小さな効果しか認められなかった。また、静岡県 12 歳児は 1.04 ポイント悪化しており、条例が児童の未処置歯の改善に与える効果が測定できていないことが示唆される。介入群が 19 件、介入前期間が 4 年というのは頑健な検証結果を得るにはデータ数が不足していると言えよう。

表 4: SDID による未処置歯保有率への推定介入効果 (ポイント)

対象	団体	2010 年	2011 年	2012 年	平均
6 歳児	北海道	-0.194	-2.729	-0.955	<b>-1.293</b>
	静岡県	-2.985	-0.391	0.826	<b>-0.850</b>
12 歳児	北海道	-0.443	1.323	-1.924	<b>-0.348</b>
	静岡県	2.150	-0.388	1.362	<b>1.041</b>

表 5: 対象群プラセボテストの結果 (ポイント) N=19

対象	平均	標準偏差	最小	中央値	最大
6 歳児	-0.106	1.615	-4.020	-0.080	2.583
12 歳児	-0.007	2.099	-4.574	0.447	3.140

今回の結果を考察すると、北海道と静岡県の差異については、図 2 にあるように北海道はもともと静岡県の倍近く歯の多い地域だったので、伸びしろがあった分改善量が大きくなったからだと考えられる。また、北海道は条例にフッ化物洗口の実施を明記しており、それが効果を発揮した可能性もある。8020 財団の調査 [6] によれ

ば、配下の市町村独自の歯科健康条例の制定数は 2020 年 10 月 1 日時点で静岡県が 15 団体、北海道 0 団体である。静岡県はもともと歯の健康には熱心な県であり、そのため条例施行の前後での差は出にくいと考えられる。

12 歳児の方が 6 歳児より効果が小さいのは、12 歳児の方が元々の未処置歯が少ないために介入効果が出にくかったからだとみなせる。

学校健康保健調査は悉皆調査ではなくサンプリング調査である。目標精度 5% でサンプル数の設計はされているものの、それは全国調査としてであり、都道府県別の比較分析用としてはサンプル数が少ないとも考えられる。そのため、北海道 12 歳児が 2006 年から 2007 年にかけて約 8 ポイントも悪化しているのも何か特別な原因があったとよりサンプリングの統計的な揺らぎであった可能性が高い。

今回の SDID の分析では、静岡県 12 歳児が悪化するといった解釈が難しい結果を解析する十分な情報は得ることができない。これらの問題を補う手法が必要である。

## 7 ABS による二次検証方法の考察

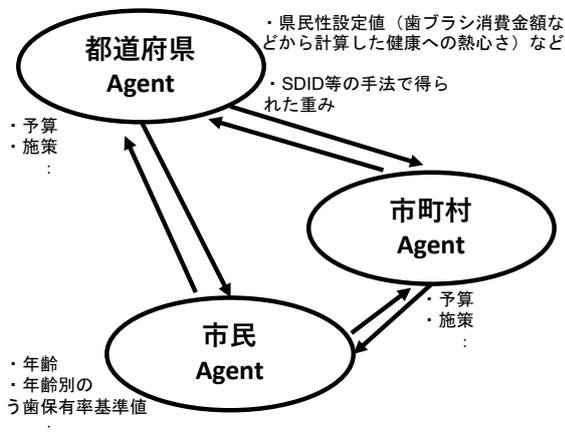


図 3: 想定される ABS モデルの構想

今回の SDID による歯科保健条例は効果分析の結果を踏まえ、代表的な理論的分析の手法である ABS による二次分析、補足分析がどのように行えるのかを、またその場合の注意点について考察する。

今回の分析では頑健とは言えないまでも政策効果の推定量を得ることができたが、団体間の効果の相違を解釈できるまでの十分な分析結果は得られなかった。そこで、ABS 用いて条例の効果が生まれるプロセスの分析、検証を行うことを考えている (図 3)。都道府県と市町村

の関係、役所と個人の関係、フッ化物洗口や歯磨き指導などの複数の具体的施策の相違など複数のモデルでシミュレーションを行い、北海道と静岡県の違い、6 歳児と 12 歳児の違いを生み出すプロセスを分析できる可能性がある。

また、SDID の推定介入効果をシミュレーション結果の検証 (接地) に使うのか、モデル内に取り込むのかの検討が必要である。今回のような信頼区間の大きい疑似実験の推定値を接地で使う場合、設置の結果の信頼区間も大きなものになると考える場合には ABS のモデル内のパラメータ設計に使用することが有効であると考えられる。

さらに、表 6 と表 7 に掲載した SDID が生成する対象群の重みは、今までにない情報として ABS のモデル設計で有効に活用できる可能性がある。

今後は ABS のモデルに対し、今回の SDID 以外の分析も加え、実証的研究、統計分析と関連させ、両輪で分析する手法の研究を進めようと考えている。

表 6: SDID による対象群団体に対する重み

対象	介入群	対象群 (カッコ内は重み)
6 歳児	北海道	鹿児島県 (0.239), 東京都 (0.193), 富山県 (0.131), 愛知県 (0.127), 青森県 (0.081), 滋賀県 (0.052), 石川県 (0.048), 岐阜県 (0.038)
	静岡県	鹿児島県 (0.159), 富山県 (0.109), 東京都 (0.092), 石川県 (0.079), 愛知県 (0.074), 山梨県 (0.072), 岐阜県 (0.059), 青森県 (0.053), 山形県 (0.049), 滋賀県 (0.044), 大阪府 (0.036), 奈良県 (0.033), 福井県 (0.030), 神奈川県 (0.026)
12 歳児	北海道	沖縄県 (0.223), 福岡県 (0.203), 鹿児島県 (0.161), 鳥取県 (0.159), 山形県 (0.142), 福井県 (0.056)
	静岡県	滋賀県 (0.136), 愛知県 (0.124), 神奈川県 (0.123), 青森県 (0.099), 鹿児島県 (0.086), 奈良県 (0.062), 東京都 (0.061), 山梨県 (0.058), 岐阜県 (0.044), 山形県 (0.043), 富山県 (0.040), 鳥取県 (0.037)

表 7: SDID による介入前期間に対する重み

対象	介入群	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年
6 歳児	北海道	0.186	0.002	0.385	0.427
	静岡県	0.183	0.002	0.386	0.428
12 歳児	北海道	0.148	0.057	0.376	0.419
	静岡県	0.146	0.058	0.376	0.420

## 8 おわりに

本論文では EBPM を推進するための実証的研究と理論的研究を組み合わせる研究の構想を説明し、事例として都道府県歯科保健条例の効果分析を行った。日本でも EBPM は今後ますます重要になると思われる。使えるデータと使える政策評価事例を待ち望む政策実務者のために、使える手法、研究を目指して行きたい。

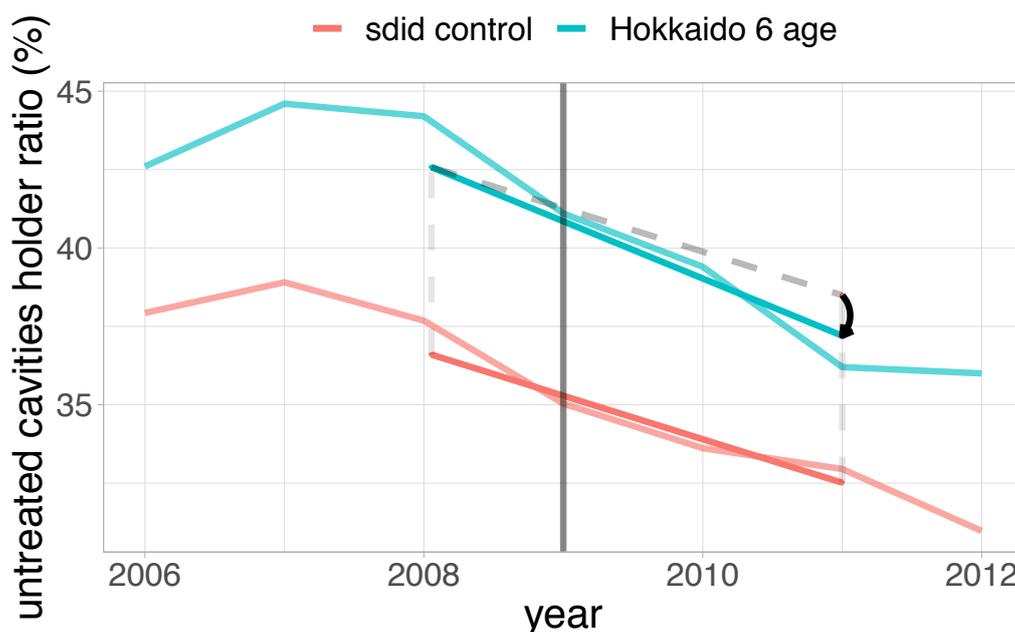


図 4: 北海道 6 歳児の推定介入効果グラフ。青が介入群の実際の値を、赤が SDID により合成された対象群の数値を表す。図中央の二本の平行線はそれぞれの群のトレンドを表している。介入効果がなかった場合はこの二つの線は平行になる。その場合の介入群のトレンドが灰色の点線である。灰色の点線と実際の介入群のトレンドの線の縦方向の差が介入期間の推定平均処置効果量であり、黒の矢印として図示している。

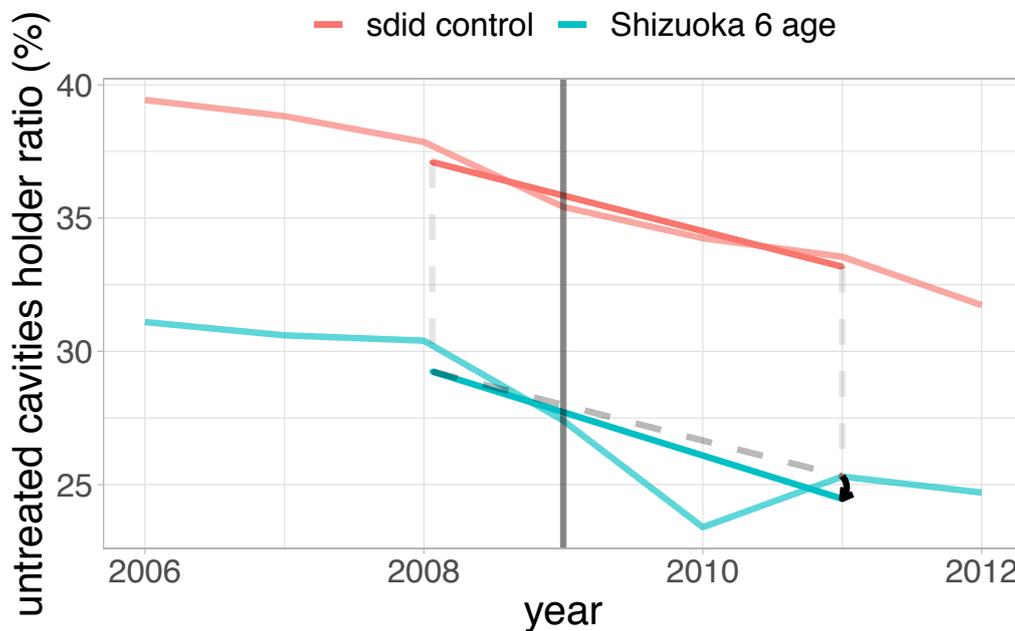


図 5: 静岡県 6 歳児の推定介入効果グラフ

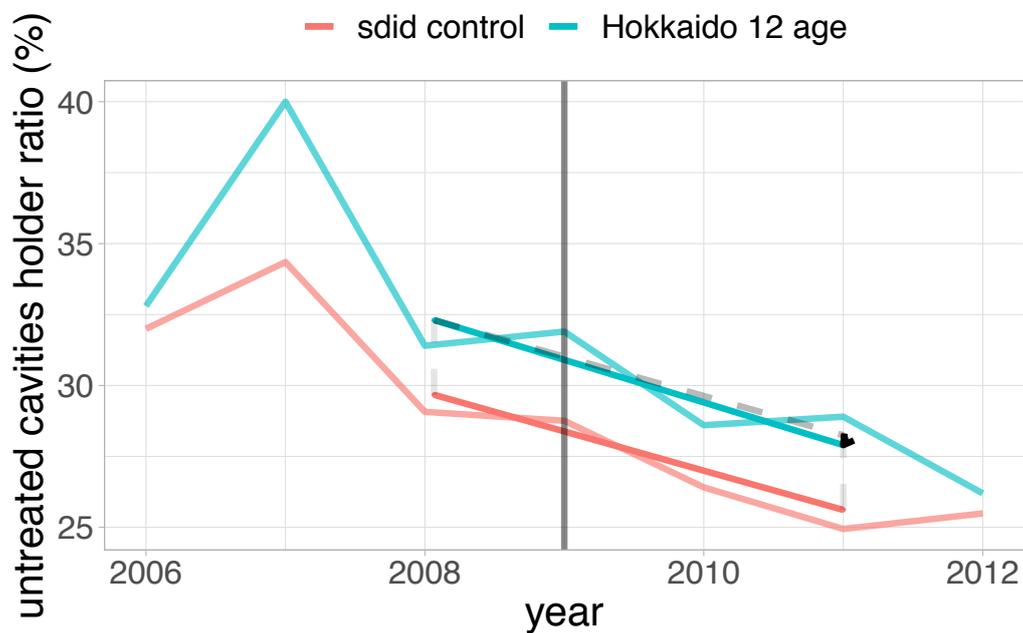


図 6: 北海道 12 歳児の推定介入効果グラフ

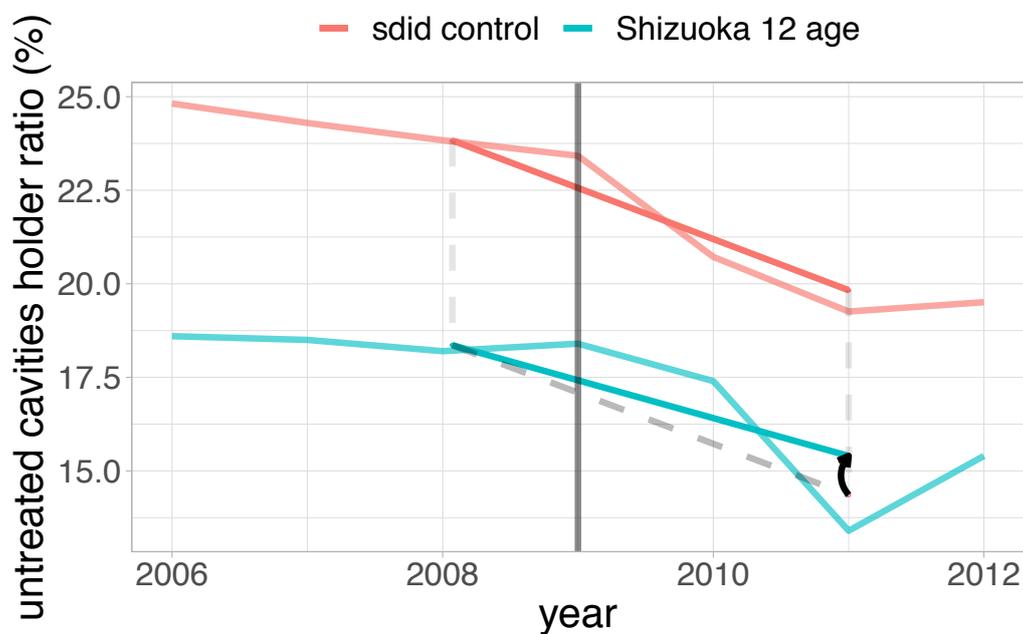


図 7: 静岡県 12 歳児の推定介入効果グラフ

## 参考文献

- [1] Her Majesty Treasury:  
*Magenta Book: Central Government guidance on evaluation*, <https://www.gov.uk/government/publications/the-magenta-book>, (2021年1月9日閲覧)
- [2] 大橋弘編: *EBPMの経済学:エビデンスを重視した政策立案*. 東京大学出版会, (2020)
- [3] 三輪芳朗 et al.: “日本政府のEBPM推進の取り組み, その開始から現状に至る過程: 大橋弘編 [2020] 『EBPMの経済学:エビデンスを重視した政策立案』 (東京大学出版会) の刊行を契機に”. *経済学論集 The Journal of Economics*, Vol.83.1 (2020), pp. 55 – 122.
- [4] 森川正之: *EBPMに関するエビデンス*. 2019年12月25日 RIETI EBPM シンポジウム「エビデンスに基づく政策立案を進展させるために」配布資料, [https://www.rieti.go.jp/jp/events/19122501/pdf/4-4\\_morikawa.pdf](https://www.rieti.go.jp/jp/events/19122501/pdf/4-4_morikawa.pdf), (2021年1月9日閲覧)
- [5] 内山融: *EBPMの行政への実装に向けて*. 2019年12月25日 RIETI EBPM シンポジウム「エビデンスに基づく政策立案を進展させるために」配布資料, [https://www.rieti.go.jp/jp/events/19122501/pdf/3-2\\_yamauchi.pdf](https://www.rieti.go.jp/jp/events/19122501/pdf/3-2_yamauchi.pdf), (2021年1月9日閲覧)
- [6] 8020 推進財団: 都道府県歯科保健条例制定マップ, <https://www.8020zaidan.or.jp/map/>, (2021年1月9日閲覧)
- [7] 文部科学省: 学校保健統計調査-調査の概要, [https://www.mext.go.jp/b\\_menu/toukei/chousa05/hoken/gaiyou/chousa/1268648.htm](https://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/chousa05/hoken/gaiyou/chousa/1268648.htm), (2021年1月9日閲覧)
- [8] Ashenfelter, Orley and Card, David: Using the longitudinal structure of earnings to estimate the effect of training programs, National Bureau of Economic Research Working Paper, (1984)
- [9] Dmitry Arkhangelsky, Susan Athey, et al.: Synthetic difference in differences, National Bureau of Economic Research Working Paper Series, w25532, <https://arxiv.org/pdf/1812.09970.pdf>
- [10] Brodersen, K. H. et al.: Inferring causal impact using Bayesian structural time-series models, *The Annals of Applied Statistics*, Vol. 9, pp. 247–274, (2015)
- [11] Asai, Yukiko and Kambayashi, Ryo and Yamaguchi, Shintaro: Childcare availability, household structure, and maternal employment, *Journal of the Japanese and International Economies*, Vol. 38, pp. 172–192, (2015)
- [12] 神光一郎 et al.: 歯科保健条例および歯科口腔保健法制定後の地域歯科口腔保健推進体制の実態について, *日本公衆衛生雑誌* Vol. 62, No. 6, pp. 294–299, (2015)
- [13] <https://github.com/synth-inference/synthdid>

# 自動車メーカーの株価変動に基づいた機械学習による 分類モデルの構築と要約文章を用いた分析

## Construction and Analysis of News Evaluation Model for Automobile Manufacturers Using Summarization and Similarity

野矢淳<sup>1</sup> 高橋大志<sup>1</sup>

Jun Noya<sup>1</sup>, and Hiroshi Takahashi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>慶應義塾大学大学院経営管理研究科

<sup>1</sup>Graduate School of Business Administration, Keio University

**要約:** 株式市場の変動は様々な要因によって引き起こされる。とりわけ、ニュースは最も一般的な情報源であり、投資家にとって重要な役割を果たしている。本研究では、ニュースのサプライズに注目して分析を行った。分析の手法として、過去のニュース記事を要約し、次期に発表されたニュースと比較することによってアーニングサプライズを株価の説明モデルに組み込んだ。要約文章生成には PEGASUS、分類モデルの構築にはランダムフォレストを採用した。

## 1 はじめに

近年、あらゆるモノがインターネットに繋がる Internet of Things (IoT) が急速に広がっている。IoT によって、センサーやデバイスの量が増え、またそれらがインターネットで相互に繋がることから、生成されるデータの量が爆発的に増えている。株式市場においても同様のことが言え、どのように必要な情報を抽出するかが課題となっている。また、株式市場の株価は業績や景気の変動などといった様々な情報によって変動する。公開されている情報は投資家に平等に与えられるが、投資家はその情報を入手し、読み取り判断に要する時間は一人ひとり異なる。そして、この間にも株価が変動する可能性がある。そのため投資家は情報を素早く受け取り、膨大な量の情報から必要な情報のみを取り出して的確に判断する必要がある。

そこで機械学習や自然言語処理を用いてこの問題を解決することを試みた。近年の機械学習や自然言語処理の発達は目覚ましく、膨大な情報を扱うことが出来るようになり、処理速度や予測精度も向上している[1-3]。このように機械学習を用いてニュースと株価の関連性を分析した研究は数多く行われている[4-9]。

そのため本研究は、投資家が判断や意思決定するまでの時間を短縮化することを目指し、要約文章の生成、及びそれらを株価の説明モデルへ適用することを目的とする。また、要約文章が過去の情報を含

んだ文章であるとする、新しい情報が発表されたときに、過去に発表されていない情報は株価への影響度が大きく、発表された情報は株価への影響度が小さいと仮定することができる。これらを株価の説明モデルへ組み込むことができれば、株価の予測精度の向上の寄与する可能性がある。

## 2 データ

本研究では、要約文章生成のためにニュース記事と株価の結びつけに株式市場データを使用する。

分析の対象は、自動車メーカー大手3社、日産自動車株式会社(日産)、トヨタ自動車株式会社(トヨタ)、本田技研工業株式会社(ホンダ)とした。また分析の期間は2016年1月から2017年12月までの2年間とした。

### 2.1 ニュース記事データ

ニュース記事データは、トムソン・ロイター社が提供するロイターニュースを用いた。トムソン・ロイター社は世界最大級のマルチメディア通信社であり、日本においても幅広いニュースを提供している。特にトムソン・ロイター社の報道スピード、正確性、信頼性は高い評価を得ており、数多くの投資家が活用する情報源である。本研究では、分析対象に関連する英語のニュース記事の発信日時及び本文を使用した。

## 2.2 株式市場データ

株式市場データは、東京証券取引所における株式の約定価格や約定数量の推移を示した時系列の取引データであるティックデータを用いた。本研究では、分析期間における分析対象の約定時刻と約定価格を使用した。この株式市場データは、ニュース記事が公開された時刻の前後1分の価格を得るために用いた。また、1分の間に1回以上取引が記録されている場合は、その取引金額の平均値を分析に用いた。

## 3 分析手法

本研究の分析手法の構造を、図1に示す。まず、対象期間における対象企業のニュース記事を取得し、これをニュース記事データとした。また、ニュース記事が発表された前後1分の株価を取得し、株価の変動率を算出した後にラベル付けを行った。これを株価データとした。次に、ニュース記事データから自然言語処理モデルを用いて、要約文章を生成した。その要約文章及び、次の期に発表されたニュース記事を自然言語処理モデルを用いて、それぞれ分散表現に変換した。それら分散表現を用いて、2文章の類似度を算出した。この類似度及び分散表現、株価データを機械学習に入力することで、ニュースと株価の関連性を分析した。

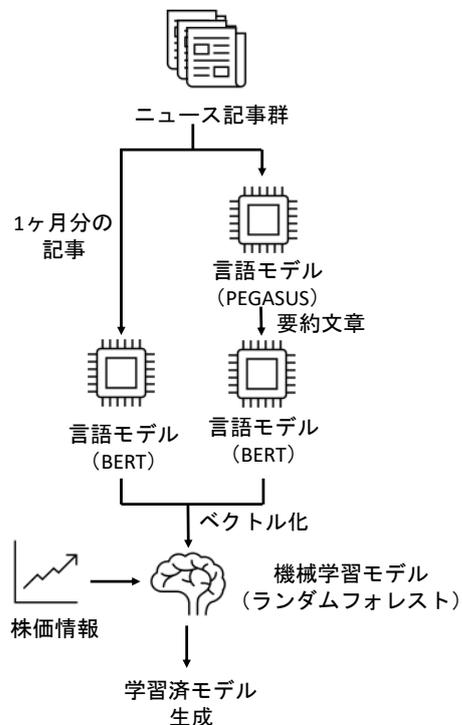


図1 分析手法の構造

## 3.1 PEGASUS によるニュース記事の要約

Pre-training with Extracted Gap-sentences for Abstractive Summarization (PEGASUS) [10]は、Transformerがベースの自然言語処理モデルであり、文章要約に特化している。2020年初頭に要約文章生成タスクにおいて State of the Art (SOTA) を達成した自然言語生成モデルである。

本研究では関連銘柄のニュース記事を読み込み、要約文章を生成するのに用いた。ニュース記事データを銘柄、月ごとに分け、該当する記事を全てPEGASUSに入力し、要約文章を生成した。対象銘柄が3社、対象期間が24ヶ月あるため、合計72個の文章を出力した。

## 3.2 BERT による分散表現

Bidirectional Encoder Representations from Transformers (BERT) [11]は、Googleが開発した自然言語処理言語モデルである。事前学習後に転移学習によって様々なタスクを解くことができる。このモデルの最大の特徴は文章の文脈を理解することであり、文章の意味比較や、他の文章が続く可能性などを計算できる。

本研究では、対象銘柄に関連したニュース記事及び要約文章を、文章ごとに分散表現へ変換した。また、BERTを使用するには、512単語（トークン）以下にする制約がある。そのため、513以上のトークンがある場合は、512以下のトークンになるように切り捨てた。

## 3.3 ランダムフォレストによる分析

Random forest (ランダムフォレスト) とは、複数の機械学習アルゴリズムを組み合わせたアンサンブル学習の一つであり、複数の条件分岐の集まっている、木構造のアルゴリズムである決定木を組み合わせたアルゴリズムである。本研究では、分散表現及び文章の類似度と株価データとの関連性の分析にランダムフォレストを用いた。本研究は、分散表現及び類似度をラベル化した株価データと結びつける分類タスクである。分散表現のような説明変数が多数存在していても学習が可能で、予測精度が高いランダムフォレストを用いることとした。

対象銘柄に関連したニュース記事及び分散表現を入力とし、株価データを出力として学習することで、分析モデルを構築した。

## 4 分析結果

まず初めに、有用な要約文章の生成が可能であるかを確認する。自然言語処理モデルを用いて、過去のニュース記事から要約文章を生成した。次に、過去のニュース記事を要約した文章が、株式市場分析において有効であることを確認した。

### 4.1 要約文章の生成

PEGASUS を用いて、各社のニュース記事を1ヶ月毎に要約した。その結果の例を図2に示す。本要約文章は、2016年8月の日産の記事を要約した文章である。この月に日産は、効率の高い新しいエンジンを開発した [12]。要約文章もその内容に即していることが分かる。この結果から、可読性の高い要約文章を生成できたことを確認できる。

```
Nissan Motor Co Ltd ?? 7201.T> has come up with a new type of gasoline engine .<n>The new engine uses variable compression technology .<n>Could replace some of today's advanced diesel engines .
```

図2 生成した要約文章の例

### 4.2 要約文章を使った株価の分類モデル

本分析では、株式市場の価格変動を用いてニュースのラベル付けを行った。その結果は、表1のようになった。ニュース記事合計974件のうち、ニュース記事が発表された時刻の前後1分の株価の変化率が0.05以上である High ラベルは339件、0.05以下である Low ラベルは635件であった。

表1 ラベル付けの結果

ラベル	ニュース数 (件)
High	339
Low	635
合計	974

これをもとに、要約文章と株式市場の分析を行った。本分析では、過去のニュースを要約した文章と既存の手法の比較を行った。比較対象は、分散表現のみを機械学習で分析した Model 1 (既存手法)、要約文章との類似度のみを機械学習で分析した Model 2 (提案手法)、要約文章との類似度及び分散表現を機械学習で分析した Model 3 (既存手法+提案手法)

である。

分析の結果は図3の通りである。正答率は、Model 1が63.07%、Model 2が57.85%、Model 3が64.87%となった。要約文章との類似度及び分散表現を用いた Model 3の正答率が一番高く、次に分散表現のみを用いた Model 1、要約文章との類似度のみを用いた Model 2となることを確認した。

この結果より、提案手法である要約文章との類似度のみを用いた手法では十分に株価の変動を説明できていない。一方で、要約文章との類似度と分散表現を組み合わせる手法は、既存の分散表現のみを用いた手法より高い正答率となった。

要約文章との類似度のみを用いた場合は十分に株式市場を説明できていない要因について以下のように考えた。まず要約文章との類似度を用いてアーニングサプライズが適切に測れていなかった可能性がある。例えば、PEGASUSによる要約文章の生成時に全ての情報を含むことができなかった可能性や、BERTによる分散表現への変換が上手く機能しなかった可能性がある。これは現状の自然言語処理の技術の限界である。

また、本研究で測定したアーニングサプライズと株式市場の関係性が薄い可能性がある。これは、アーニングサプライズ以外の要因、例えば文章の語句や意味の方が株価への影響が大きいため、適切に反映されなかったのではないかと考える。そのため、分散表現と要約文章との類似度の両方用いた場合の正答率が大きかったのであると考えた。

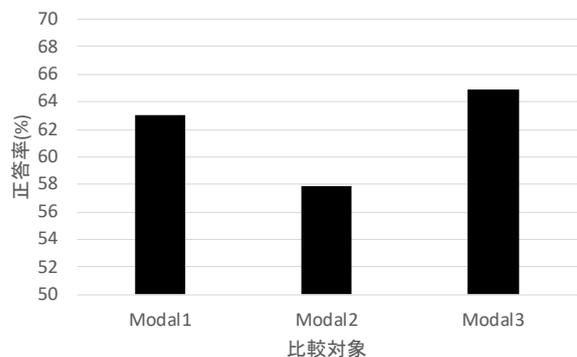


図3 要約文章と既存手法の比較の結果

次に、過去のニュース記事との類似度と過去の要約文章の比較を行った。これは要約文章が過去の個別のニュース記事を用いて分析するより、株式市場分析において優位であることを確認するためである。比較対象は、要約文章との類似度及び分散表現を機械学習で分析した Model 1 (要約文章を用いた手法)、個別記事との類似度及び分散表現を機械学習した

Model 2 (個別記事を用いた手法) である。

分析の結果は図4の通りである。正答率は、Model 1が64.87%、Model 2が64.25%となった。要約文章との類似度を用いたModel 1の正答率が、個別の記事との類似度を用いたModel 2より僅かながら正答率が高いことを確認した。

つまり、要約文章が個別記事と同等もしくは多少ではあるがよりよく株式市場を説明できている。この要因について以下のように考えた。要約文章は個別記事のまとめたものであり、個別記事より多くの情報を含んでいる。そのため、要約文章を用いた手法の方が、個別の記事を用いた手法より正答率が高くなっている可能性がある。詳細な分析は今後の課題である。

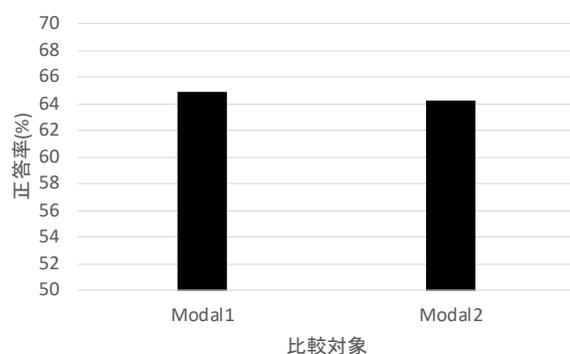


図4 要約文章と個別記事分析との比較の結果

## 5 まとめ

本研究は、投資家が判断や意思決定するまでの時間を短縮化することを目的とし、要約文章の生成及びそれを株価の説明モデルへの適用を行った。その方法として、自然言語処理を用いて、要約文章を生成した。さらに、要約文章が過去の情報を含んだ文章であるとして、新しい情報が発表されたときに、過去に発表されていない情報は株式市場への影響度が大きく、発表された情報は株式市場への影響度が小さいと仮定し、株式市場分析に含めて株価の説明モデルの精度の向上を試みた。

本研究の結果は、ニュース記事を要約した結果、可読性の高い文章が生成できることを示し、またそれらを株価の説明モデルに組み込むことで精度の向上の可能性を示すものである。

今後の課題として、さらなる検証を行うために、対象企業数や対象期間を増やしてデータ数を増やすことが挙げられる。また、ニュース記事の他、企業のホームページや有価証券報告書から分析を行う方法も検討している。

## 参考文献

- [1] Q. & M. T. Le, "Distributed representations of sentences and documents," International conference on machine learning, pp. 1188-1196, 2014.
- [2] I. V. O. & L. Q. V. Sutskever, "Sequence to sequence learning with neural networks.," neural information processing systems, pp. 3104-3112, 2014.
- [3] Radford, A., Wu, J., Child, R., Luan, D., Amodei, D., Sutskever, I, "Language models are unsupervised multitask learners.," OpenAI blog, 2019.
- [4] Kara, Yakup Acar Boyacioglu, Melek Baykan, Ömer Kaan, "Predicting direction of stock price index movement using artificial neural networks and support vector machines: The sample of the Istanbul Stock Exchange," Expert Systems With Applications, pp. Vol.38(5), pp.5311-5319, 2011.
- [5] Muh-Cherng Wu, Sheng-Yu Lin, Chia-Hsin Lin, "An effective application of decision tree to stock trading," Expert Systems with Applications, pp. 270-274, 2006.
- [6] Luckyson Khaidem, Snehanshu Saha, Sudeepa Roy Dey, "Predicting the direction of stock market prices using random forest," 2016.
- [7] Yoshihiro Nishi, Aiko Suge, Hiroshi Takahashi: News Articles Evaluation Analysis in Automotive Industry Using GPT-2 and Co-occurrence Network, In: Sakamoto, M., Okazaki, N., Mineshima, K., Satoh K. (eds) New Frontiers in Artificial Intelligence, Lecture Notes in Computer Science, pp.103-114, 2020.
- [8] Yusuke Matsumoto, Aiko Suge, Hiroshi Takahashi: Capturing Corporate Attributes in a New Perspective through Fuzzy Clustering, In: Kojima K., Sakamoto M., Mineshima K., Satoh K. (eds) New Frontiers in Artificial Intelligence, Lecture Notes in Computer Science, vol 11717. Springer, pp.19-33, 2019.
- [9] Shohei Fujiwara, Yusuke Matsumoto, Aiko Suge, Hiroshi Takahashi: Constructing a Valuation System Through Patent Document Analysis, In: Jezic G., Chen-Burger J., Kusek M., Šperka R., Howlett R., Jain L. (eds) Agents and Multi-agent Systems: Technologies and Applications 2020. Smart Innovation, Systems and Technologies, vol 186. pp.355-366, Springer, 2020.
- [10] Jingqing Zhang, Yao Zhao, Mohammad Saleh, Peter J. Liu, "PEGASUS: Pre-training with Extracted Gap-sentences for Abstractive Summarization," 著: International Conference on Machine Learning, 2020.
- [11] Devlin, J., Chang, M. W., Lee, K., & Toutanova, K., "Bert: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding.," 2018.
- [12] webCG, "日産が世界初の量産型「可変圧縮比エンジン」 「VC-T」を開発," webCG, 17 8 2016. [オンライン]. Available: <https://www.webcg.net/articles/-/34941>.

# 共著ネットワークによる 高被引用論文と撤回論文の系譜の比較

## Comparative analysis of genealogy of highly-cited papers and retracted papers through co-author networks

藤田 正典<sup>1</sup>, 奥戸 嵩登<sup>2</sup>, 寺野 隆雄<sup>3</sup>, 長根 裕美<sup>4</sup>

Masanori Fujita<sup>1</sup>, Takato Okudo<sup>2</sup>, Takao Terano<sup>3</sup>, Hiromi Nagane<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 政策研究大学院大学    <sup>2</sup> 総合研究大学院大学    <sup>3</sup> 千葉商科大学    <sup>4</sup> 千葉大学  
<sup>1</sup>National Graduate Institute    <sup>2</sup>the Graduate University    <sup>3</sup>Chiba University    <sup>4</sup>Chiba  
for Policy Studies    for Advanced Studies    of Commerce    University

### Abstract

In this paper, we propose a method to show the characteristics of knowledge inheritance and diffusion based on the coauthor networks of academic papers. We construct coauthor networks from highly cited papers and retracted papers in academic literature database, and create genealogies of researchers using authorship information. Then we compare and analyze the characteristics of the genealogies using indexes such as extension / elongation, researcher's discipleship / collegueship, etc. between each paper groups. In addition, based on the results of analysis by the proposed method, we will discuss research activities from the organizational perspective.

## 1. はじめに

### 1.1. 研究における知識結合と知識移転

科学の発展やイノベーションの実現には、優れた研究者や優れた研究活動が必要である。高度で複雑に発展してきた現代の科学技術によるイノベーションを実現するためには、研究者単独の研究活動に加え、様々な研究者の英知を結集することも重要である。英知の結集にはいくつかの方法があるであろう。たとえば、複数の研究者が協業関係をつくり知識を結合して新たな知識をつくり出すことができる。また、研究者が師弟関係をつくり知識を継承して知識を発展させることである。時間的な観点では、前者はコンテンポラリーな活動であり、後者はパーマネントな活動である。それでは、研究活動の業績や結果と上記の二つの研究活動の方法(協業関係, 師弟関係)との間にはどのような関係があるのだろうか。

### 1.2. 研究における公正と不正

近年、研究におけるデータのねつ造、改ざん、盗用など、研究不正 (Research Misconduct) の増加に伴い、研究公正 (Research Integrity) の確保に向けての取り組みが図られている。例えば、2018年12月に公布された「科学技術・イノベーション創出の活性

化に関する法律」では「研究開発等の公正性の確保等」が織り込まれており[1]、2019年6月に閣議決定された「統合イノベーション戦略2019」においても「研究公正の推進」が謳われている[2]。また、文部科学省では「研究活動における不正行為への対応等に関するガイドライン」を定め、同省が予算を配分する研究機関に対する研究体制などの調査などを実施している[3]。研究不正の発生要因としては、研究者の理解不足や研究機関の管理体制の不備が挙げられているが、不正発生のメカニズムについては十分に明らかになっていないといえない。

### 1.3. 知識結合と知識移転のメカニズム

本稿では、知識結合と知識移転のメカニズムについて、研究活動の同僚関係や師弟関係に焦点をあて、高被引用論文と撤回論文とを比較しつつ分析する。上記の通り、不正発生のメカニズムについては、定量的に十分に明らかにはなっておらず、例えば、例えば、以下のような疑問が湧くであろう。

- (1) ある研究者で不正研究が発生した場合、協業する研究者でも研究不正が発生する可能性が高いであろうか。
  - (2) ある研究者の不正研究は別の研究者へ継承され、研究不正には系譜があるであろうか。
- 上記のような疑問に対して、本稿では、不正研究が

最大の原因とされる撤回論文を取り上げ、Clarivate Analytics 社が提供する Web of Science (WoS) に収録された撤回論文群、インパクトファクターが比較的高い Nature 誌 (Nature Biotech 誌および Nature Material 誌) に採録された論文群について、それぞれ共著ネットワークを構築し、著者および著者間の特徴を比較分析する。

## 2. 関連研究

### 2.1. 研究不正の研究

研究不正について、Steen(2011)は、世界的医療論文データベースである PubMed に収録された 2000 年から 2010 年までの 724 件の撤回論文の理由を調べた結果、73.5%が Error であるのに対して、26.6%のみが Fraud (ねつ造) であるが、不正論文は増加しているとした[4]。その後 Fang(2012)は、PubMed に収録された 2,047 件 (2012 年 5 月時点) の撤回論文の理由を調べた結果、Error は 21.3%のみであり、Misconduct (不正) が 67.4%で、その内訳は Fraud/Suspected Fraud (ねつ造・ねつ造の疑い) 43.4%、Duplicate Publication (多重出版) 14.2%、Plagiarism (盗作) 9.8%であり、1975 年の約 10 倍になっているとした。[5]。撤回論文が増加した背景について、Fanelli(2013)は、WoS に収録された 2,294 件の撤回論文を調査し、論文撤回の理由が、不正そのものの増加による根拠はなく、不正論文の撤回によるものであるとしている[6]。Wang(2019)は、2017 年時点でオープンアクセスジャーナルから抽出した Biomedical 分野の撤退論文 621 件の理由を調査し、Error が 148 件、Misconduct が 341 件 (plagiarism : 142, duplicate publication : 101, fraud/suspected fraud : 98) あり、不正論文論文の大半が、インパクトファクターの低い論文誌からであることを示した[7]。Campos-Varela (2019)は、PubMed に収録された 2013 年から 2016 年までの 1,082 件の撤回論文を調べ、不正が 65.3%で主な理由であること、イラン、エジプト、中国などで頻度が高いことを明らかにした[8]。Kuroki(2018)は、WoS に収録された 2016 年 1 月までの撤回論文 3,427 件と PubMed に収録された 2012 年 5 月までの撤回論文 2,047 件を分析し撤回論文にはべき乗則が適用され、一部の著者が多くの論文を撤回していることを明らかにした[9]。

これらの研究は、研究不正をはじめとした撤回論文を区分して記述したものであるが、撤回論文が発生した理由 (mechanism) について明らかにしたものではない。本研究では、不正研究の原因について、組織的研究活動の観点からの定量的に分析する。

### 2.2. 組織的研究活動

研究活動において、組織的活動および組織の中におけるリーダーは重要である。Crane は、科学知識の成長には関連分野の共同研究集団が影響し合うこと

を明らかにした上で、これらの集団のネットワークを「見えざる大学 (invisible university)」と呼び、科学知識の成長には研究者間の交流や共同研究集団におけるリーダーシップが重要な影響を与えること、そしてリーダーを通じてアイデアが伝播することを説いている[10]。さらに、Allen は、高度な技術的能力を持つとともに、組織の内外の研究者との接触頻度が高く、外部情報を組織内部に翻訳し伝達する仲介者を、コミュニケーションの中核を担うスター研究者として「ゲートキーパー」と呼び、その存在が研究開発の成果を向上させるとした[11]。

本研究では、組織的な研究活動やリーダーシップがその成果に影響を及ぼすことから、研究不正についても影響を及ぼす可能性があることを想定し、これを定量的に分析する。

### 2.3. ネットワーク分析

科学技術を定量的に研究する科学計量学においては、科学技術文献から構築されるソーシャル・ネットワークを分析することが多く、代表的なソーシャル・ネットワークとして、知識のネットワークである引用ネットワークや、共同研究者のネットワークである共著ネットワークが挙げられる。

引用ネットワークは、文献の引用関係から構築され、文献をノード、引用関係をエッジとするソーシャル・ネットワークであり、サイエンス・マップやパテントマップなどに応用されている。また、既に発行された文献をその後に発行される文献が引用するという関係性により、時間概念をもつ有向グラフとして示される。Leydesdorff ら (2010) は、ジャーナルの引用情報をもとに、ISI (現 Clarivate Analytics 社) の Subject Categories に基づく科学分野の関係を示すサイエンス・マップを作成し、サイエンスの分野間のつながりを可視化した[12]。

一方、共著ネットワークとは、文献の共著関係から構築され、著者をノード、共著関係をエッジとするソーシャル・ネットワークであり、リサーチマップなどに応用されている。一般にはある時点または期間におけるコラボレーション関係を示す無向グラフとして示される。Newman (2004) は、生物学、物理学、数学の 3 分野の論文による共著ネットワークの構造分析を行い、論文あたりの著者数は、研究様式によって異なり、理論的な研究手法を主体とする分野 (数学等) よりも、実験的な研究手法を主体とする分野 (生物学、物理学等) の方が多い傾向にあることを示した。また、物理学では研究者同士で綿密なネットワーク上の共著関係を構築する傾向にあり、生物学では影響力のある研究者を中心とした放射状の共著関係を構築する傾向があることを述べている[13]。また、研究者の系譜による知識の流れの研究として、篠田 (2011) は、人工知能学会論文誌に掲載された論文の共著ネットワークを作成して人工知能学会における中心人物の特定を行い、また、

弟型と知識を結合する同僚型が考えられる。

- ① 師弟型：二人の研究者の関係で、二人が含まれる共著論文のなかで、一方が第一著者もう一方が最終著者の論文が存在するが、逆の論文が存在しない関係
- ② 同僚型：二人の研究者の関係で、師弟型を除く関係

(3) 研究者の役割・機能

師弟型の研究者間の関係において、各研究者が果たす主な役割・機能は以下の通り様々である。

- ① 孤立型：単独で研究を行う
- ② 受入型：知識の移転される
- ③ 創出型：知識を移転する
- ④ 伝達型：知識を伝達する
- ⑤ 媒介型：複数の知識を移転され、複数の知識を移転する

(4) 研究者の系譜

研究者の役割・機能によって、研究者の系譜の型は以下の通り変化する。

- ① 伸張型：知識の移転が長く伸びる
- ② 拡張型：知識の移転が広く広がる
- ③ 凝縮型：多くの知識が凝縮される

本研究では、論文の著者順に基づき研究者の関係を設定し、この関係を用いて研究者の系譜ネットワークを構築した上で、系譜ネットワークの特徴量

その中心人物の移り変わりをみることで、人工知能学会の系譜の作成を行った[14].

## 2.4. 本研究の目的

本稿では、知識結合と知識移転のメカニズムについて、研究活動の師弟関係や同僚関係に焦点をあてて分析するとともに、不正研究が最大の原因とされる撤回論文を取り上げ、撤回論文と高被引用論文とを比較分析する。

## 3. 手法

### 3.1. 分析モデル

共同研究における研究者の役割、研究者間の関係は図1の実線で示すような師弟関係と、図1の破線で示すような同僚関係が考えられるであろう。

本稿では、撤回論文群や高被引用論文群などの共著関係をもとに、著者をノード、共著論文をエッジとして、研究者間の関係を以下のように定めて、共著ネットワークを構築し、共著ネットワークの特徴を師弟関係や同僚関係などのモデルを使って分析する。

(1) 著者順 (Authorship)

物理学などの一部の分野を除き、共同研究において、論文のオーサーシップ (著者順) は研究活動において、特定の役割を示すことが多いとされる。

- ① 第一著者 (First Author : FA) : 協業研究における担当研究者。以下に示す LA から知識を移転されることが多いと考えられる。
- ② 最終著者 (Last Author : LA) : 協業研究のスーパーバイザー。FA に知識を移転することが多いと考えられる。
- ③ 中間著者 (Middle Author : MA) : 協業研究における FA/LA 以外の協力研究者とし、FA から知識を移転されるものとする。

(2) 研究者間の関係

研究者間の関係には、知識の継承が行われる師

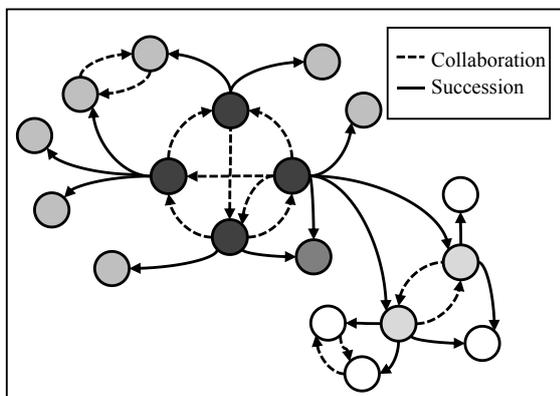
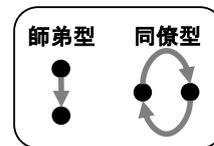
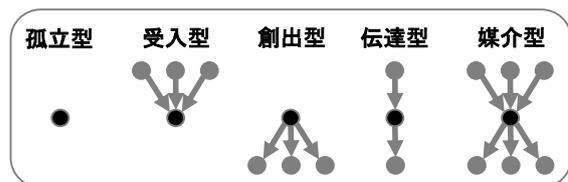


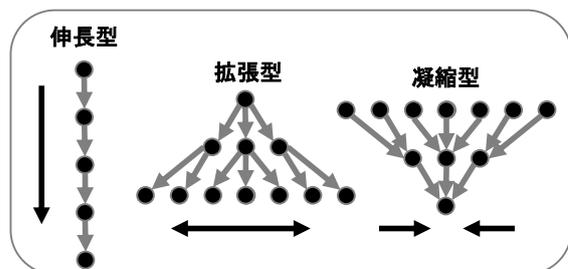
図 2 組織的研究における研究者の位置付け



(a) 研究者の関係



(b) 研究者の役割



(c) 研究の系譜

図 1 研究者の関係、役割・機能、系譜

と著者の特徴量を算出し分析する。

### 3.2. 分析対象データ

今回分析対象とするのは、WoS に収録されている発行期間が 1990 年から 2019 年までの論文のうち、以下に示す論文群である。

- (1) 撤回された論文群 (“Retraction” に分類された撤回論文群)  
WoS\_Retraction : 10494 件
- (2) 高被引用論文群 (インパクトファクターが高いジャーナルに掲載された高被引用論文群)  
WoS\_Nature Biotech : 9819 件  
WoS\_Nature Materials : 5049 件

### 3.3. 分析プロセス

本稿の分析ステップを以下に示す。3.2.項で示したそれぞれの論文群に対して、これらのステップで分析する。

Step 1. 論文の著者順に基づく研究者関係の設定  
共著論文の著者順に基づき、研究者の関係を以下の通り定義し、エッジリストを作成する。

- (A) LA を始点とし、FA と MA を終点とするエッジで結ばれた関係
- (B) FA を終点とし、LA と MA を始点とするエッジで結ばれた関係
- (C) LA を始点とし、FA を終点とするエッジで結ばれた関係 (MA は無視する)
- (D) FA を始点とし、LA を終点とするエッジで結ばれた関係 (MA は無視する)

Step 2. 研究者の系譜ネットワークを構築

3.1.項で対象とした各論文群について、Step 1.で定義した (A)(B)(C)(D)のエッジリストを用いて、以下のような共著ネットワークを作成する。本稿ではこれを「系譜ネットワーク」と呼ぶ。

- (1) 無向共著ネットワーク
  - ① 全ての共著関係からなる重み有り無向ネットワーク
  - ② 全ての共著関係からなる重み無し無向ネットワーク
- (2) 有向共著ネットワーク
  - ③④⑤⑥ (A)(B)(C)(D)のそれぞれの共著関係から成る重み有り有向グラフ
  - ⑦⑧⑨⑩ (A)(B)(C)(D)のそれぞれについて、2つのノード間の有向エッジの重みの差分を新たなエッジリストを(A1)(B1)(C1)(D1)とし、各々の共著関係からなる重み有り単方向有向グラフ (なお、この場合、重みが逆方向で等しい場合は、エッジリストがなくなる)
  - ⑪⑫⑬⑭ (A1)(B1)(C1)(D1)のそれぞれの共著関係から成る重み無し有向グラフ

Step 3. 系譜ネットワークの特徴量および著者の特徴量の算出

Step 2.の系譜ネットワークの特徴量および著者の特徴量を算出する。各論文群に対して、論文または著者ごとに、以下のネットワーク特徴量、研究者間特徴量、研究者特徴量を算出する。

(1) ネットワーク特徴量

- 基本特徴量  
無加重無向グラフにおいて、
  - ネットワーク密度
  - クラスタ数, クラスタサイズ, クラスタネットワーク密度
- 伸長度・拡張度  
全加重, 差分加重, 差分無加重有向グラフにおいて、
  - 最大系譜伸長度 (Maximum Elongation) : あるノードから伸びている有向グラフの最大のパスの長さ
  - 最大系譜拡張度 (Maximum Expansion) : あるノードから到達できる有向グラフの全ての終端ノードの数
- 師弟度・同僚度  
全加重有向グラフにおいて、
  - 師弟頻度率 : 全ての著者の組み合わせに対する, 弱結合 (片方向結合) の数
  - 同僚頻度率 : 全ての著者の組み合わせに対する, 強結合 (双方向結合) の数

(2) 研究者特徴量

- 基本特徴量  
無加重無向グラフにおいて
  - 中心性 (度数中心性, 近接中心性, 媒介中心性, 固有値中心性)
- 師弟度・同僚度  
全加重有向グラフについて、
  - 師弟頻度率 : 全ての著者の組み合わせに対する, 弱結合 (片方向結合) の数
  - 同僚頻度率 : 全ての著者の組み合わせに対する, 強結合 (双方向結合) の数
  - 次数 (入次数, 出次数, 出入次数差分)
  - ゲートキーパー度 (入次数 x 出次数)
- 伸長度・拡張度  
無加重無向グラフにおいて
  - 最大系譜伸長度 (Maximum Elongation)
  - 最大系譜拡張度 (Maximum Expansion)

Step 4. 特徴量の分析

Step 3.の系譜ネットワークの特徴量および著者の特徴量について、論文群間で比較する。

## 4. 結果

前述の 3.3 の条件に基づき、試行的分析を行った結果の一部を表 1 に示す。

表 1 より、例えば、以下のようなことが分かる。

- Nature Biotech, Nature Materials について、とも

表1 系譜ネットワークの特徴

		Nature Biotech		Nature Materials		WoS Retraction	
		伸長度	拡張度	伸長度	拡張度	伸長度	拡張度
ladg_weight	(A) 全加重	28	2,307	28	2,901	21	2,465
ladg_diff_weight	(A) 差分加重	18	1,892	29	2,315	22	2,320
ladg_diff_unweight	(A) 差分無加重	18	1,892	29	2,315	22	2,320
fadg_weight	(B) 全加重	11	640	23	1,217	22	3,345
fadg_diff_weight	(B) 差分加重	8	463	20	1,087	19	3,086
fadg_diff_unweight	(B) 差分無加重	8	463	20	1,087	19	3,086
l2fdg_weight	(C) 全加重	10	50	4	33	13	106
l2fdg_diff_weight	(C) 差分加重	9	40	4	33	13	106
l2fdg_diff_unweight	(C) 差分無加重	9	40	4	33	13	106
f2ldg_weight	(D) 全加重	10	32	4	16	13	172
f2ldg_diff_weight	(D) 差分加重	9	24	4	15	13	168
f2ldg_diff_unweight	(D) 差分無加重	9	24	4	15	13	168

に、LAを始点としFA/MAを終点とするネットワークの伸長度、拡張度が大きい。

- Retractionについても、Nature Biotech, Nature Materialsと同様の伸長度、拡張度が存在している。

## 5. 考察

### 5.1. 知識の系譜

今回の試行的分析の結果、Nature Biotech, Nature Materialsの論文群には系譜が存在することが分かった。また、Retractionの論文群にも、Nature Biotech, Nature Materialsのようなインパクトファクターの高い論文と同様に系譜が存在し、知識移転は、高被引用論文だけでなく、撤回論文においても発生していることが推察される。

### 5.2. 今後の対応

本稿で示したのは、前述の3.3の条件に基づいて試行的な分析を行った結果である。今後、以下のような対応を行う予定である。

- (1) 一般の論文との比較  
本稿では、インパクトファクターの高いフォン分としてNature Biotech及びNature Materialsを取り上げ、また撤回された論文群と比較したが、これら以外に、被引用数が高くない論文群やランダムに抽出した論文群などの分析を行う。
- (2) 国・地域間の比較  
今回分析した論文データには国・地域の情報が含まれており、その特徴を分析する。
- (3) 時間推移の分析  
撤回論文は増加傾向にあり、増加の実態につい

て、年ごとまたは一定期間ごとの推移を分析する。

### (4) 分野ごとの分析

今回は、Biotechnology分野及びMaterials分野について分析したが、今後他の分野についても分析を行う。著者順の慣習は分野によって異なるとされるが、その特徴についても分析する。

## 6. まとめ

本稿では、知識の継承と拡散の特徴を、学術論文の共著ネットワークをもとに、実証的に示す手法を提案した。具体的には、学術論文データベースにおいて被引用数の高い論文群、撤回された論文群、などの論文群について、それぞれ共著ネットワークを構築し、著者順情報を利用して研究者の系譜を作成した上で、論文群間で、系譜の伸長性・拡張性、研究者の師弟性・同僚性などの特徴を比較分析する。また、Nature Biotech誌、Nature Materials誌に掲載された論文群、及びWeb of Scienceで撤回された論文群の間で、系譜の伸長性・拡張性について試行的に分析した結果、Nature Biotech, Nature Materialsには系譜が存在すること、また、撤回された論文群にも、同様に系譜が存在し、知識移転が発生している可能性があることが分かった。今後さらに分析を進める予定である。

## 謝辞

本研究はJSPS科研費(18H00840)の助成を受けたものである。本研究においては、政策研究大学院大学の隅蔵教授の協力を得た。感謝申し上げます。

## 参考文献

- [ 1 ] 文部科学省, 科学技術・イノベーション創出の活性化に関する法律, 2018, [https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws\\_search/lsg0500/detail?lawId=420M60001000015](https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=420M60001000015)
- [ 2 ] 内閣府, 統合イノベーション戦略 2019, 2019, [https://www8.cao.go.jp/cstp/togo2019\\_honbun.pdf](https://www8.cao.go.jp/cstp/togo2019_honbun.pdf)
- [ 3 ] 文部科学省, 研究活動における不正行為への対応等に関するガイドライン, 2014, [https://www.mext.go.jp/a\\_menu/jinzai/fusei/index.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/jinzai/fusei/index.htm)
- [ 4 ] Steen, R. G., Retractions in the scientific literature: is the incidence of research fraud increasing?, *Journal of Medical Ethics*, Vol. 37, No. 4, pp. 249-253, 2011.
- [ 5 ] Fang, F. C., Steen, R. G., and Casadevall, A., Misconduct accounts for the majority of retracted scientific publications, *PNAS* 109 (42) 17028-17033, 2012.
- [ 6 ] Fanelli, D., Why Growing Retractions Are (Mostly) a Good Sign, *PLOS Medicine*, Vol. 10, Issue 12, 2013.
- [ 7 ] Wang, T., Xing, Q., Wang, H, Chen, W., Retracted Publications in the Biomedical Literature from Open Access Journals, *Sci Eng Ethics*, 25:855–868, 2019.
- [ 8 ] Campos-Varela, I., Ruano-Ravi, A., Misconduct as the main cause for retraction. A descriptive study of retracted publications and their authors, *Gac Sanit.*, Vol. 33, No. 4, pp. 356–360, 2019.
- [ 9 ] Kuroki, T., Ukawa, A., Repeating probability of authors with retracted scientific publications, *Accountability in Research*, Vol. 25, No. 4, pp.212-219, 2018.
- [ 1 0 ] D. Crane, *Invisible Colleges*, The University of Chicago (1972).
- [ 1 1 ] Thomas J. Allen, *Managing the Flow of Technology*, MIT Press (1979).
- [ 1 2 ] Leydesdorff, L., Rafols, I., A Global Map of Science Based on the ISI Subject Categories, *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 60(2), 348-362 (2009).
- [ 1 3 ] Mark E. J. Newman, Coauthorship networks and patterns of scientific collaboration, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(suppl. 1), 5200-5205 (2004).
- [ 1 4 ] 篠田孝祐: 日本における人工知能研究の系譜, *人工知能学会誌*, Vol.26, No. 6, pp. 584-589, (2011).

# 日本のガス使用量における決定要因に関する研究

## A Study on Determining Factors of Amount of Gas Used in Japan

許 愼碩<sup>1</sup> 村上 英治<sup>1,2</sup> 高橋 大志<sup>1</sup>

Myeongseok HEO<sup>1</sup> Eiji MURAKAMI<sup>1,2</sup> and Hiroshi TAKAHASHI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>慶應義塾大学大学院経営管理研究科 <sup>2</sup>アズビル金門(株)

<sup>1</sup>Graduate School of Business Administration, Keio University <sup>2</sup>Azbil Kimmon Corporation

**Abstract:** Gas and electric power are one of the essential social infrastructure for social and economic activities. The purpose of this research is to construct a gas' consumption model suitable for the distribution and sales market of LP gas in Japan by utilizing temperature. As a method of predicting demand, we would like to first create a model of power consumption and then apply it to LP gas. Analysis of customers' electric power and gas consumption can infer from what standpoint they were consuming public goods. Through this, we would like to offer users' reasonable prices to expand their choices and contribute to the efficient use of social resources.

## 1. はじめに

社会インフラエネルギーについての研究は数多く行われている。しかし、LP ガスの使用量についての研究は、使用率が低い等の理由から、相対的に十分な研究が行われてこなかった。

都市ガスが普及していない地域においては LP ガスの利用率が高く、小さなベンダーが各地域で競争している傾向にある。地域別の LP ガスの使用量についての研究を進めることで、今後ベンダーと消費者の双方にプラスのメリットをもたらすことが期待される。このような背景から、本研究では、ガス使用量の決定要因に関する研究を進める<sup>1</sup>。

## 2. 関連研究

電力消費量に焦点を当てた研究は数多く報告されている。例えば、UCI(University of California Irvine) Machine Learning Repository が提供している Electricity Load Diagrams Dataset[1]を活用した電力消費量についての研究[4]では、季節ごとの電力の消費量の変化に着目している。本研究では、電力市場などにおける先行研究の成果を取り込み、日本のガス市場に関する研究を行う[2-7]。

<sup>1</sup> 本研究を実施するにあたりアズビル金門 (株) から研究の支援を受けた。ここに記して感謝する。

## 3. データおよび分析結果

本分析では、LP ガス消費量の季節ごとの消費量を分析した。分析対象期間は 2019 年-2020 年であり、国内における複数の都市を対象として分析を行った。

### 3.1 気温と使用量の関連性

Fig. 1 は、山口市における気温と LP ガスの使用量の関連性を示したグラフである。

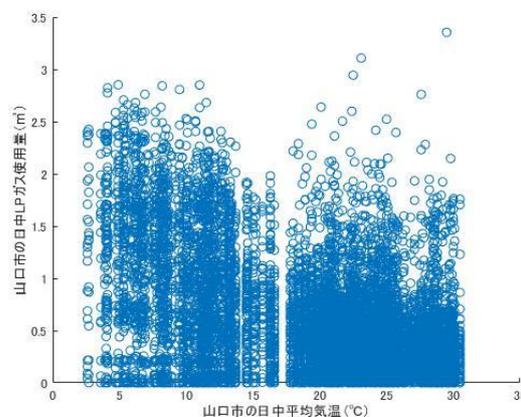


Fig. 1 気温と LP ガス使用量の関連性 (山口市)

### 3.2 各気温における LP ガス使用量の推定

Table. 1 は、各温度における各利用者のガス使用量の推計値 (概略) を示したものである。推計においては、最も広く知られた教師有学習モデルの一つである K 最近傍法 (KNN : K-Nearest Neighbor Algorithm) を用い、データセットを構築した<sup>2</sup> [8-10]。

Table 1 気温とガス消費量の関連性 (概略)

気温(°C)	ID1(m <sup>3</sup> )	ID2(m <sup>3</sup> )	...
:	:	:	...
5.6	0.19	:	...
5.7	0.18	:	...
5.8	0.15	:	...
5.9	0.13	:	...
:	:	:	...

### 3.3 利用者の分類 : K-means によるクラスタリング

構築したデータセットを対象としてクラスタリングを実施した。本稿では、クラスター数を 4 として分析を実施した。

分析の結果、(1) 使用量の変動が大きいクラスター、(2) 気温の影響が小さいクラスター、(3) 気温の上昇とともに使用量が大きく減少するクラスター、(4) 気温の上昇とともに使用量が緩やかに減少するクラスターなどを特定することができた。

Fig. 3 は、気温の上昇とともに使用量が大きく減少するクラスターに含まれるサンプルを示したものである。

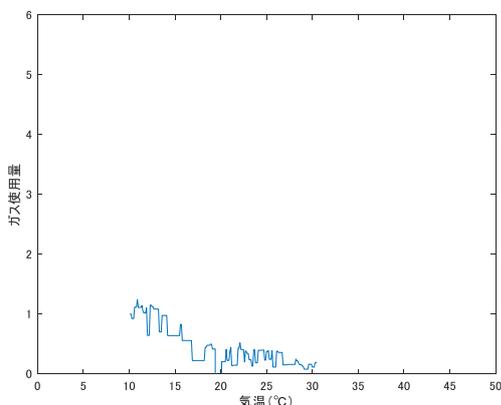


Fig.2 気温と LP ガス使用量 (サンプル)

<sup>2</sup> 本稿では K=5 とした場合の結果を示す。

## 4. まとめおよび今後の課題

本分析では、日本の LP ガス使用量と気温の関連性について分析を行った。本研究では、山口市のデータに焦点を当て分析を行い、LP ガス使用データから利用者をいくつかのタイプに分類できることを見出した。今後の課題としては、分析対象地域の拡大や、より詳細なユーザ属性を考慮した分析などが挙げられる。

## 参考文献

- [1] <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/ElectricityLoadDiagrams20112014>
- [2] 江田健二: かんたん解説!! 1時間でわかるガス自由化入門, <https://pps-net.org/taivavi-interview> (2017年6月)
- [3] 村上英治: 価値創出を指向するメーターデータプラットフォームガスミエール™, Azbil Technical Review, pp. 20-23, (2020年4月)
- [4] Yasirli Amri, Amanda Lailatul Fadhilah, Fatmawati, Novi Setiani, Septia Rani: Analysis Clustering of Electricity Usage Profile Using K-Means Algorithm, IOP Publishing, (2016)
- [5] <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/ElectricityLoadDiagrams20112014>
- [6] Sebastián de la Torre, José M. Arroyo, Antonio J. Conejo, and Javier Contreras: Price Maker Self-Scheduling in a Pool-Based Electricity Market: A Mixed-Integer LP Approach, IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS, Vol. 17, No. 4, pp. 1037-1042, (NOVEMBER 2002)
- [7] Alireza Rahimi Vahed, Teodor Gabriel Crainic, Michel Gendreau, Walter Rei: A Path Relinking Algorithm for a Multi-Depot Periodic Vehicle Routing Problem, CIRRELT, pp.1-33, (2013)
- [8] Altman, N. S. (1992). "An introduction to kernel and nearest-neighbor nonparametric regression" . 《The American Statistician》 46 (3): 175-185.
- [9] 元田浩, 津本周作, 山口高平, 沼尾正行: データマイニングの基礎, オーム社 (2006)
- [10] Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman: The Elements of Statistical Learning Data Mining, Inference, and Prediction, Springer New York (2009) (杉山将, 井手剛, 神鷹敏弘, 栗田多喜夫, 前田英作(監訳) 井尻善久, 井出剛, 岩田具治, 金森敬文 他 (訳) 統計的学習の基礎 —データマイニング・推論・予測—、共立出版 2014)

# Bias-generating Agent-based Simulation and its Application to Election Systems

Jiateng Pan<sup>1</sup>, Atsushi Yoshikawa<sup>1</sup>, Masayuki Yamamura<sup>1</sup>

<sup>1</sup>School of Computing, Tokyo Institute of Technology, Japan

**Abstract:** Agent-based-Simulation can be used to study the impact of individual decisions on the overall outcome. There has been a lot of research focused on giving the agent the ability to learn, especially there are studies that analyze corporate organizations using reinforcement learning. We focus on the election phenomena that there are often cases where popular candidates are suddenly overtaken by others in the election campaign. We try to use the characteristic of overfitting of neural networks and conditional reflex learning, such as the “Pavlov’s dog” effect, to explain the phenomena.

## 1 Research Background

Agent-based simulation, or ABS for short, is a method that allows a plural number of agents that will interact with each other according to a pre-set process and finally observe the overall changes<sup>[1,2,3,4,5,6]</sup>.

There are also many studies<sup>[7,8,11,12,13,14]</sup> applying ABS for voting simulation.

Jiménez-Rolland M et al. study<sup>[9]</sup> suggested that computer simulations can provide valuable insights into the performance of voting methods on different collective decision problems. Meanwhile M.A Wiering et al. simulated the majority voting results using cellular automata<sup>[10]</sup>.

Anaëlle Wilczynski<sup>[7]</sup> considered the effect of heuristic algorithms on voting results and performed simulations.

But in either case, the thrust of ABS-based research focuses on how to make the "optimal" decision for the agent at all times. This is applicable in many contexts. But in experiments with humans or other intelligence, it may not be so applicable.

Because, human beings are not always "rational", people tend to have some "biases" in the process of learning about the environment, such as treating some random and accidental events as inevitable.

It is these biases that make people tend to make emotional decisions.

Therefore, it is difficult to use models to explain why there are often cases where popular candidates are suddenly overtaken by others in the election campaign.

To better perform ABS with human subjects such as voting simulation, it is important to propose an agent learning model that generates "bias" and apply it to ABS.

## 2 Purpose

The purpose of this study is to develop an agent learning model that generates "bias" and apply it to ABS.

Finally, apply this new ABS to a voting system and observe its effect.

Therefore, this study can be divided into three parts.

Building an agent learning model that generates "bias", building an ABS-based voting model, and combining the two for simulation observations.

## 3 Bias-generating Agent

### 3.1 Bias

To build an agent learning model that generates

"bias", it is first necessary to understand "What is bias?".

Lucy Suchman, a professor of anthropology of science and technology at the Department of Sociology at Lancaster University in the United Kingdom, put forward the view that "all human behavior is based on improvisation under certain conditions".

This view implies that people perform actions that are immediate and based on conditioned reflexes in a situation.

Therefore, certain conditioned reflexes that do not correspond to the actual situation in terms of results can be considered as a kind of bias.

From this point of view, the "Pavlov's dog" experiment is a good illustration of the creation of a bias:

Give the dog food along with something special (like a bell). After many times, the dog will salivate even if no food is given, but only the bell is heard.

This is a reflection of a bias (ringing = food -> drooling) that the dog has developed because of a particular circumstance.

I call this phenomenon the "Pavlov's dog" effect.

### 3.2 Overfitting

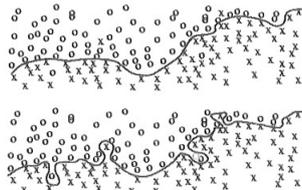


Figure1: Overfitting

Overfitting is a common problem in artificial intelligence learning.

It refers to the fact that excessive learning allows the AI to learn something unnecessary and randomly occurring by chance along with it as correct knowledge.

Usually, in the design of artificial intelligence, we want to avoid the overfitting phenomenon as much as possible.

But learning "random things by chance" as correct knowledge is the same as our perceived

bias, so this study would prefer a model that is prone to overfitting.

### 3.3 Bias-generating Neural network

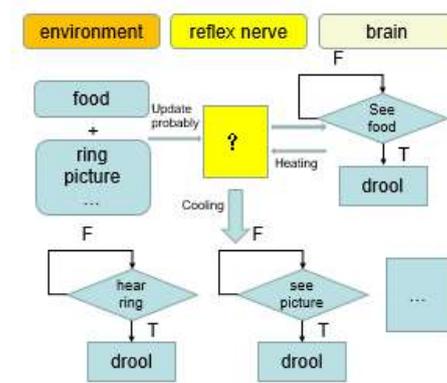


Figure2

In this section, we build a neural network model that uses the overfitting property of neural networks to simulate the "Pavlov's dog" effect.

The dog model is shown in Figure2, divided into two parts, the reflex nerve, and the brain.

The brain simply does the mechanical step of "drooling at the sight of food".

The main focus is on the reflex nerve part.

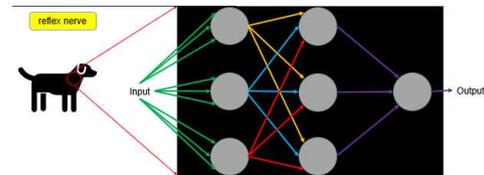


Figure3: neural network

The neural network has 3 inputs, corresponding to the presence or absence of food, bells, and pictures. The output is the presence or absence of drool.

The structure of a single neuron is shown in Figure4. It will accept the input passed from the previous layer and compute the output to the next layer, and will also accept the return value from the next layer and use it to update its weights.

The return value used for neural network backtracking is then the difference between the output of the brain and the output of the neural network.

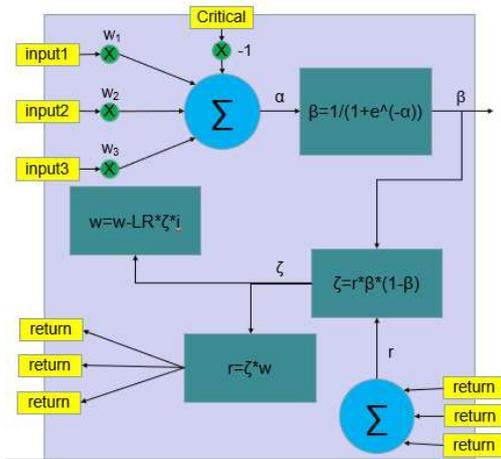


Figure4

At the same time, we not only let the learning rate (LR) be 1 but also each backtracking will be repeated several times for faster overfitting.

### 3.4 Simulation results

Similar to the real-life "Pavlov's dog" experiment.

For the first input, we gave both food and bell, and after 60 repetitions, we gave both food and picture 100 times, and finally re-given food and bell several times, observing at each moment whether the simulated dog would drool if the bell or the picture were given alone. The results are shown in the Figure5



Figure5

As can be seen from Figure5, the simulated dog will indeed be given "bell" + "food" at the same time several times, and finally do only hear the "bell", will also drool.

And this phenomenon can be changed.

Therefore, it is believed that this neural network can produce the "Pavlov's dog" effect.

## 4 ABS-based voting model

In this chapter, an ABS-based voting model will be built, in which all agents as voters will vote for the candidates, and the environment will make public the results of counting all agents' voting objects as polls. At the same time, there is an option to tamper with the results of the polls for vote manipulation.

### 4.1 Agent

Agents will vote based on the results of their social networks and public polls, combined with their confidence level and ranking of their preferences for candidates. The model proposed by Dr. Anaëlle Wilczynski<sup>[7]</sup> is used here.

#### 4.1.1 Social networks

Social network refers to the set of other agents that an agent can see, where "can see" means that the agent can know the voting objects of other agents in the social network.

The sparseness of social networks affects the agent's reliance on the results of public opinion surveys.

In this study, for convenience, and contrary to Dr. Anaëlle Wilczynski's view, the density of social networks is shown in Figure6.

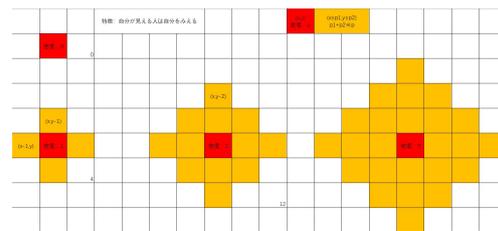


Figure6

This will be a two-way network, using the concept of distance instead of density. When the density is  $p$ , the agent's social network is the set of all agents within  $p$  distance from itself.

#### 4.1.2 Confidence level

As with the density of social networks, confidence level also affects the agent's voting results.

Each agent combines the results of polls and the

votes of people around them to have a guess, called  $TC[ci]$ , about the number of candidate  $ci$  votes.

And each agent has a preference ranking  $R[ci]$  for each candidate.

Confidence is used if the value of  $TC[ci] + confidence$  is greater than all other  $TC[ci]$ , then  $ci$  is the possible-winner  $PW$ .

After identifying all possible winners, the agent will vote for the top possible-winner in the preference ranking  $R[ci]$ .

#### 4.1.3 Behavior pattern

The behavior pattern of the agent is shown in Argo1.

**Argo1: agent\_Think about who to vote for**

1. If neither the results of the poll nor the results of the surrounding votes change, the process ends
2.  $TC[ci]$  was calculated for all candidates by combining the results of public opinion polls and the results of surrounding people's votes
3. For all candidates, judge that the value of  $TC[ci] + confidence$  is greater than all other  $TC$ , if so, add  $ci$  to  $PW$
4. Find the top ranking in  $R[ci]$  from  $PW$  and prepare to vote for him.

## 4.2 Environment

The environment will count all agent's voting targets and make the poll results public and will tamper with the poll results if necessary, as shown in Argo2.

**Argo2: Environment\_tamper with voting results**

1. Counting the objects voted by each agent at that moment.
2. If no tampering is required, publish the results directly
3. Calculation: Votes that can be manipulated = total number of votes -  $p(p+1)/2$
4. Select a "ghost candidate", and a "target candidate"
5. Evenly distribute the number of votes that can be manipulated
6. Announcing the results of the tampered ballots

Table1 Parameter table

Parameter	Value
Number of voters	Integer
Number of candidates	Integer
Density	Integer
Confidence level	Integer
Whether to tamper	Boolean
Availability of neural networks	Boolean

#### 4.3 Simulation results

Based on the above steps, six simulations were performed and the results are shown in Figure7.

```
There are 100 voters and 10 candidates in the environment.
Density is 1
Voters don't have neural networks and the confidence level is 1
Voting results will not be tampered with.
The number of wins for each candidate is as follows
A:0 B:5 C:0 D:0 E:0 F:0 G:0 H:0 I:0 J:0
```

Figure7.1

```
There are 100 voters and 10 candidates in the environment.
Density is 1
Voters don't have neural networks and the confidence level is 1
Voting results will be tampered with.
The GHOST_candidate is J and the TARGET_candidate is H
The number of wins for each candidate is as follows
A:0 B:1 C:0 D:0 E:0 F:0 G:0 H:4 I:0 J:0
```

Figure7.2

```
There are 100 voters and 10 candidates in the environment.
Density is 7
Voters don't have neural networks and the confidence level is 1
Voting results will not be tampered with.
The number of wins for each candidate is as follows
A:0 B:5 C:0 D:0 E:0 F:0 G:0 H:0 I:0 J:0
```

Figure7.3

```
There are 100 voters and 10 candidates in the environment.
Density is 7
Voters don't have neural networks and the confidence level is 1
Voting results will be tampered with.
The GHOST_candidate is J and the TARGET_candidate is H
The number of wins for each candidate is as follows
A:0 B:5 C:0 D:0 E:0 F:0 G:0 H:0 I:0 J:0
```

Figure7.4

```
There are 100 voters and 10 candidates in the environment.
Density is 1
Voters don't have neural networks and the confidence level is 10
Voting results will not be tampered with.
The number of wins for each candidate is as follows
A:0 B:0 C:0 D:0 E:0 F:0 G:0 H:5 I:0 J:0
```

Figure7.5

```
There are 100 voters and 10 candidates in the environment.
Density is 1
Voters don't have neural networks and the confidence level is 10
Voting results will be tampered with.
The GHOST_candidate is J and the TARGET_candidate is H
The number of wins for each candidate is as follows
A:0 B:0 C:0 D:0 E:0 F:0 G:0 H:5 I:0 J:0
```

Figure7.6

Comparing 7.1 and 7.5, it can be concluded that the confidence level has an impact on the voting results.

Comparing 7.1 and 7.2, it can be concluded that the heuristic algorithm can induce voters' votes.

Comparing 7.3 and 7.4, it can be concluded that tampering with polls to manipulate voters' votes becomes difficult in the case of a high density of social networks.

## 5 Bias-generating ABS-based voting model

Differences between this model and the ABS-

based voting model :

-> Each agent has a Bias-generating Neural network

-> The agent learns after each new poll result is obtained by the neural network.

### 5.1 Bias-generating Neural network

This neural network is a 3\*3 neural network with 3 inputs and 1 output.

The inputs are respectively.

1. Was the candidate he voted elected? 0;1
2. Was the candidate he liked the most elected?0;1
3. Was the candidate with the most votes in his social network elected? 0;1

The output is the confidence level.

The range of self-confidence is between 1 and 10, but the output of the neural network is between 0 and 1.

Thus, we have:

$$\text{confidence} = \lfloor \text{output} * 10 + 1 \rfloor$$

As mentioned earlier, the confidence level is the agent's prediction of the value of its vote.

So, if the agent voting object does not get to this predicted increase in votes, the confidence should be reduced, and conversely, the confidence should be increased.

We make the change in the number of votes of the agent voter from the last result as  $\Delta$ .

$$\text{So, the return value} = (\Delta - \text{confidence}) / 10$$

### 5.2 Voting Process

The process of Bias-generating ABS-based voting model is shown in Argo3.

```
Argo3: Bias-generating ABS-based voting model
1. Initialize
2. Disclose the initial voting results and skip to step 4
3. Update each intelligence with their confidence level
4. Repeat Argo1 a certain number of times for each intelligence
5. Argo2
6. backtrack for each intelligence and skip to step 3
```

### 5.3 Simulation results

Based on Argo3, simulations were performed and the results are as figure8 :

```
There are 100 voters and 10 candidates in the environment.
Density is 1
Voters have neural networks, and the confidence level is not fixed
Voting results will not be tampered with.
The number of wins for each candidate is as follows
A:0 B:3 C:0 D:0 E:0 F:0 G:0 H:2 I:0 J:0
```

Figure8.1

```
There are 100 voters and 10 candidates in the environment.
Density is 1
Voters have neural networks, and the confidence level is not fixed
Voting results will be tampered with.
The GHOST_candidate is J and the TARGET_candidate is H
The number of wins for each candidate is as follows
A:0 B:0 C:0 D:0 E:0 F:0 G:0 H:4 I:0 J:1
```

Figure8.2

Comparing the results of the two simulations, we can see that

Even with a neural network, the heuristic algorithm is still effective in manipulating votes by tampering with the poll results.

However, this sometimes leads to unexpected situations, such as the one on the right, where the ghost candidate J is elected once instead.

I call this situation "tampering that gets out of hand".

Of course, due to the time problem, the number of simulations is small, so it is hard to say that this is not a "special case".

## 6. Summary

In this study, a Bias-generating Neural network is built and applied to a simple dog model to replicate the "Pavlov's dog" experiment by exploiting the overfitting property of neural networks.

A simple voting model was also built. This model can be used to simulate the winning of a vote under various scenarios (tampering or not, density size of social networks, the number of voters/candidates, etc.).

This voting model shows that heuristic algorithms to manipulate voter voting are effective.

This is in line with the results of the model proposed by Dr. Anaëlle Wilczynski.

At the same time, I applied the neural network model that produces the "Pavlov's dog effect" to this voting model and performed simulations.

Although there is not much data yet, it seems

that the heuristic algorithm has the potential to "get out of hand".

In future work, I will continue to improve the algorithm next while increasing the number of simulations and increasing the randomness of the simulations to get more data.

## Acknowledgment

Special thanks to Mr. Takahashi and Mr. Kitazawa. They provided a lot of advice and help in this research. Thanks also to everyone in the Yoshikawa Research Office for their help.

## References

- [1] Hossein Nasrazadani, Mojtaba Mahsuli. Probabilistic Framework for Evaluating Community Resilience: Integration of Risk Models and Agent-Based Simulation[J]. Journal of Structural Engineering,2020,146(11).
- [2] Hwang Yi. Visualized Co-Simulation of Adaptive Human Behavior and Dynamic Building Performance: An Agent-Based Model (ABM) and Artificial Intelligence (AI) Approach for Smart Architectural Design[J]. Sustainability,2020,12(16).
- [3]. COVID-19/SARS-CoV-2 News from Preprints; Impact Assessment of Full and Partial Stay-at-Home Orders, Face Mask Usage, and Contact Tracing: An Agent-Based Simulation Study of COVID-19 for an Urban Region[J]. Medical Letter on the CDC & FDA,2020.
- [4]. Sociology - Artificial Societies and Social Simulation; Investigators at Technical University of Crete Report Findings in Artificial Societies and Social Simulation (An Agent-based Model for Simulating Inter-settlement Trade In Past Societies)[J]. Politics & Government Business,2020.
- [5] 中野統英、周慧：「Q 学習を含むエージェント  
によるエージェントベースシミュレーションに  
おける流行の流布と初期採用者の配置に関する研究」追手門経営論文集、Vo.20, No.1, pp.27-48,(2014)
- [6] Alan Kirman: Learning in Agent-Based Models, Eastern Economic Journal, Vol. 37, No. 1, pp.20-27 (2011)
- [7] Wilczynski A. Poll-confident voters in iterative voting[C]//Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence. 2019, 33: 2205-2212.
- [8] Muñoz D F, Gardida H, Velázquez H, et al. Simulation models to support the preliminary electoral results program for the Mexican Electoral Institute[J]. Annals of Operations Research, 2020: 1-16.
- [9] Jiménez-Rolland M, Macías-Ponce J C, Martínez-Álvarez L F. Using simulation in the assessment of voting procedures: An epistemic instrumental approach[J]. SIMULATION, 2020: 0037549720923031.
- [10] Dominguez Arroyo P. Artificial Life Simulation of the Majority Vote[D]. , 2020.
- [11] Allen T T. Introduction to discrete event simulation and agent-based modeling: voting systems, health care, military, and manufacturing[M]. Springer Science & Business Media, 2011.
- [12] Kononovicius A. Empirical analysis and agent-based modeling of the Lithuanian parliamentary elections[J]. Complexity, 2017, 2017.
- [13] Riddle R. 2020 US Elections: Modelling Subjectivity in Voting Behaviours Using Active Inference[J]. 2020.
- [14] Charcon D Y, Monteiro L H A. A multi-agent system to predict the outcome of a two-round election[J]. Applied Mathematics and Computation, 2020, 386: 125481.

# 社会・組織シミュレーションにおけるエージェントの自己資源配分・成長モデル

## Agents' Resources Allocation and Growth Modeling for Social and Organizational Agent Simulations

國上真章<sup>1</sup> 奥村隆一<sup>1</sup> 菊地剛正<sup>2</sup> 坂田顕庸<sup>1</sup> 寺野隆雄<sup>3</sup>

Masaaki Kunigami<sup>1</sup>, Ryuichi Okumura<sup>1</sup>, Takamasa Kikuchi<sup>2</sup>, Akinobu Sakata<sup>1</sup>, and Takao Terano<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東京工業大学

<sup>1</sup> Tokyo Institute of Technology

<sup>2</sup> 慶應義塾大学

<sup>2</sup> Keio University

<sup>3</sup> 千葉商科大学

<sup>3</sup> Chiba University of Commerce

**Abstract:** In this study, we propose an archetype model that describes the self-resources allocation behavior of individual agents in social and organizational simulations, and examine the applications of the model. In social and organizational simulations, agents choose their actions according to their own objectives or preferences. However, the agent's objective or preference variables are not always consistent with the objective variables of the society or organization. The relationship between objectives and resources is also neither clear nor permanent. Then, for observing the long-term behavior of agents, it may be interesting to consider flexible relationships in the agent's objective and resource variables as well. In this paper, we propose an archetype model that consists of variables with different properties related to constraints and growth in the agent's self-resources. In this model, the agent's self-resource variables form a network of input-output relationships with each other, and change dynamically. We propose to apply this model into the simulation of human capital formation policies of a society or an organization and the behavioral changes of internal agents in response to these policies, or to the gaming simulation for understanding the behavioral preferences of customers in asset formation education.

## 1 はじめに

### 1.1 目的

社会・組織シミュレーションにおいてエージェントは、固有の目的・選好に従ってその行動を選択する。しかしエージェントの目的・選好は、社会や組織の目的変数と必ずしも整合的ではない[1]ばかりでなく、目的変数と資源変数間の関係は固定的でもない。そのため、エージェントの長期的な行動を観察する場合、エージェントの目的変数と資源変数の関係の流動的な変化を考慮したくなる場合がある。

本報告では、社会・組織シミュレーションにおける、個々のエージェントによる様々な活動への自己資源配分行動を記述するモデルのアーキタイプについて提案する。このモデルでは、エージェントの自

己資源変数が互いに入出力関係のネットワークを成し動的に変化する。

このモデルの適用先として、社会あるいは組織の人的資本形成施策とこれに対する内部エージェントの行動変容のシミュレーション、あるいは資産形成教育における顧客の行動選好把握のためのゲーミング・シミュレーションについて紹介する。

### 1.2 問題と背景

本研究における問題は、次の二つの構造を持つエージェントの自己資源の配分・成長モデルのアーキタイプを作成することである。一つは、エージェントが複数の活動に自身の資源変数を配分すること。今一つは、これらの活動を通じた資源変数の配分・成長の間に競争/強化関係のネットワーク構造が存在することである。

この問題の背景として、人的資本形成における自己教育行動における企業の施策に対する個人の選択の意図せざる変化、資産形成教育における教育側と顧客側の意識の不一致という背景を考えている。これについては、適用についての考察 (3.2 および 3.3) であらためて触れることとする。

## 2 MATH モデル

本研究における問題に対して次のようなアプローチをとることとする。先ずアーキタイプモデルとして、エージェントの資源変数の典型的な性質を代表する少数の変数で構成する。次に変数間の競合/強化関係は視覚的に把握し易いモデルとする。

### 2.1 資源変数

まず、エージェントの資源変数が代表する典型的な性質を整理するため、ここでは示量性と示強性、上限の有無の二つの軸を用いることにする。

資源変数の示量性・示強性の軸について、本研究では示量性(extensive)は、加法的であり資源配分において競合的に配分される(ある目的に配分されると別の目的への配分が減少する)ことを意味するものとする。対して示強性(intensive)は、乗法的かつ非競合的に作用する(複数の目的を同じ様に強化すること)とする。また、上限については、保有・成長に上限がない(unbounded)資源と、一定以上成長・保有ができない上限のある(bounded)資源の違いを考慮に入れることとする。

本稿ではこれらの組み合わせ、エージェントの活動に影響を与える代表的な資源として、示量性で上限のない資源として金銭的資産(M: money), 示強性かつ上限のない資源として能力(A: ability), 示量性かつ上限のある資源として時間(T: time), 示強性で上限のある資源として健康・体力(H: health)の4変数を取り上げることとする。(図1)

	示量性	示強性
上限なし	金銭的資産(M)	能力(A)
上限有り	時間(T)	健康・体力(H)

図1. 性質の組合せと代表的資源変数

### 2.2 活動の N<sup>2</sup> 表現

次に資源変数間の競合/強化の相互関係を視覚的に把握するために、エージェントの資源変数と活動の関係を N<sup>2</sup> ダイアグラム[2]を援用して表現する。N<sup>2</sup> ダイアグラムはシステム・エンジニアリングにおいてシステムのコンポーネント間相互の入出力のネッ

トワーク関係を整理するために用いられる。N<sup>2</sup> ダイアグラムではコンポーネント(機能)を要素とする隣接行列としてシステム全体の機能を表現するが(図2左), ここでは資源変数の配分に関心があるため、その双対表現(図2右)を用いてデータとしての資源変数間のつながりとして機能としてのエージェントの活動を表現することとする。

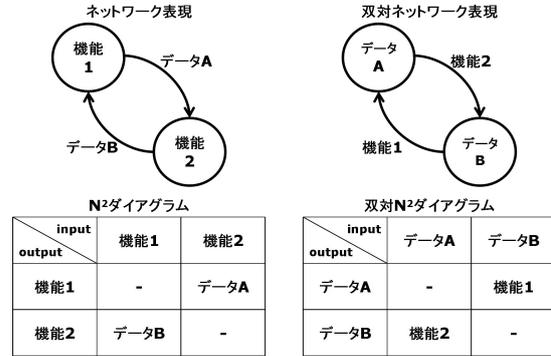


図2. N<sup>2</sup> ダイアグラムとその双対表現

### 2.3 エージェントの MATH モデル

エージェントの基本的な4つの資源変数である金銭的資産(M: money), 能力(A: ability), 時間(T: time), 健康・体力(H: health)を, N<sup>2</sup> ダイアグラム(双対)形式で記述し, 各変数を入出力とするエージェントの活動を対応する行・列を跨ぐ領域をとって記述したロジカルモデルを, エージェントの MATH モデルと呼ぶこととする。(図3)

Input/Output	金銭的資産 Money	能力 Ability	時間 Time	健康・体力 Health
Money	投資 信託	雇用労働	単純労務	
Ability		起業・副業 学び		
Time	時間を買う	時間の節約	長生き	
Health	医療	トレーニング・健康増進		
資源変数の性質	競合的 上限無し	非競合的	競合的 上限有り	非競合的

図3. エージェントの MATH モデル

ここで例えば, 図3左上にある活動「信託」は, エージェントが金銭的資産を配分しさえすれば, それだけで金銭的資産を出力することを示す。一方, 「投資」活動には, 金銭的資産の配分のほか, 能力の高低が出力である金銭的資産の多寡に影響することを表す。同様に, 「雇用労働」は時間の配分に加え能力と体力・健康を入力として必要とし, 金銭的資産と能力の向上を出力する。これに対し「起業・

副業」は更に加え、自身の金銭的資産を入力として配分する必要があることを表す。他方、「単純労役」(所謂 GIG work を含む)については、能力の投入を要しない代わりに出力としての能力向上も得られない活動としてモデル化した。また、「学び」は能力の向上を専らとする活動として記述される。

一方、上限のある加算的資源としての時間の配分可能量を増加させることができる活動については、次のようなものが考えられる。例えば自身の活動に必要な時間に相当する活動を金銭でアウトソースすることで「時間を買う」、既存の時間と能力を入力として他に配分可能な時間を切り出す「時間の節約」、健康・体力を増加させて残り時間を増やす「長生き」という活動が考えられる。

また、健康・体力は低下するとこれを入力とする活動の出力レベルを減減させる因子として働くが、これを回復させる活動として、専ら金銭的資産を入力とする「医療」とそれ以外の資源変数を「トレーニング」を考えることができる。

これによって、エージェントの資源変数とエージェントの活動の間の競合/強化関係のネットワーク構造を視覚的に把握することができるようになる。

詳述は割愛するものの、これらの活動に基づく資源変数についての差分方程式系として内部状態を、資源変数の配分を決定変数とする、エージェントの内部モデルを構成することができる。

### 3 適用の構想

ここではエージェントの内部資源配分のモデルとしての MATH モデルを用いて、組織・社会の問題への適用に向けた構想について報告する。まず MATH モデルを用いた問題表現の基本形を示す。次いで、組織、社会における人的資本形成における問題への適用、さらに金融資産形成における問題への適用の構想について紹介する。

#### 3.1 問題表現の基本形

エージェントの内部状態モデルとしての MATH モデルは、各資源変数自体がエージェントの活動の出力にもなっており、それら自体がエージェントにとっての複数の目的・選好変数となり得る。また、これらの一次結合あるいは関数をエージェントの効用関数とした多目的問題をエージェントの意志決定メカニズムとして組み込むことも可能であり、これによってさまざまな組織・社会の問題に適用することが考えられる。

そこで、組織、社会における問題表現の基本的な形として組織とエージェントの間の個別相互作用、そしてエージェント間のマイクロな相互作用と組織・

社会とエージェント集団との間におけるマクロな相互作用からなるマイクロ・マクロループの二つを示す。(図4)

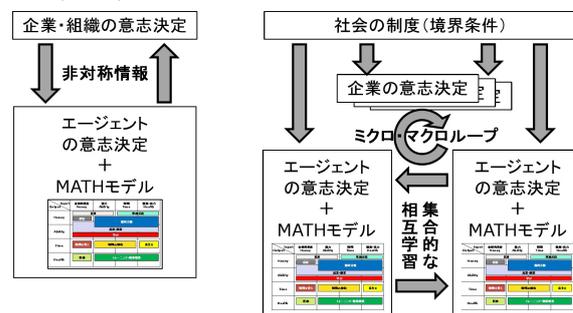


図4. エージェントの意志決定と組織、社会の問題記述の基本形

組織とエージェントの間の個別相互作用(図4左)は、例えば企業・組織とエージェントの間の非対称情報化での利得最大化ゲームとみなすことにより、プリンシパル・エージェント問題[3]の拡張問題となり得る。また、社会・組織の制度を境界条件としたマイクロ・マクロループ(図4右)では、エージェントの内部資源の集合的向上を制度的に誘導する問題が考えられる。この問題についてはエージェント間のランダムな相互学習における期待効用をもとにした社会学習動学モデル[4]の拡張、あるいはより詳細なエージェント・シミュレーションによるアプローチが考えられる。

#### 3.2 組織・社会における人的資本形成

企業組織における人的資本形成については、日本企業においても従来の内部特化した技能付与から、勤労者による主体的な自己啓発によるキャリア自律[5]と副業・兼業[6]の促進が進んでいる。この流れの中でどのようなタイプの勤労者の人的資本がどのように形成されるかは重要な課題であり、実証的な研究[7][8]も進み始めている。

このような課題について、企業・組織がどのようなインセンティブによれば組織内の個人とがそれぞれ望ましい効用を実現していけるかは興味深い課題である。MATH モデルは金銭的資産以外への資金配分を含むことから、従来のエージェント理論からの自然な拡張(図4左)となっている。

また MATH モデルのマイクロ・マクロループ型の問題記述(図4右)では、社会の制度的変化が、企業の利益最大化行動と勤労者の集合的な資源配分行動を通じて、社会全体の人的資本にどのような変化をもたらすかのシミュレーションが可能になると思われる。

#### 3.3 金融資産教育における顧客選好の把握

退職世代の金融資産形成については、大規模な実証データに基づいたシミュレーションによって個人の資産枯渇の可能性を様々な条件の下で予測できる[9][10]ようになってきている。しかしながら、その結果を顧客の金融資産形成教育に活用できるとは限らない。なぜならば、金融資産形成教育が必要な顧客層ほど、MATHモデル的な視点からは、金銭的な資産の蓄積に対する選好が低い「お金だけが人生ではない」エージェントである可能性が高いからである。

そこで、金融資産形成教育をデザインする側が、教育対象となる顧客層の自己資源配分についての金融資産のみならずそれ以外の資源に対する選好をも把握する必要がある。このために、MATHモデルにおける組織とエージェントの間の個別相互作用(図4左)をベースとした、ゲーミング・シミュレーション[11]を活用することが考えられる。これを用いれば、金融資産形成教育のデザインする側・教育に携わる側が、個々の顧客がどの程度「お金が問題ではない」のかを知ることができると期待される。

またこのような、資産形成教育を実施することによってマイクロな選好の実証データを蓄積することができる。このようなマイクロな選好の実証データの蓄積は、先述のマクロな実証データと組み合わせることによって、社会全体の金融資産形成についてのマイクロ・マクロ両面からの実証型シミュレーションを可能にする。さらに、マイクロ・マクロループ型の問題(図4右)として、金融施策の長期的インパクトの推定にも活用可能と考えられる。

## 4 まとめ

本稿では、エージェントが有する自己資源変数が、互いに入出力関係のネットワークを成し、動的に変化するアーキタイプモデルとしてMATHモデルを提案した。またこのモデルの適用先として、社会あるいは組織の人的資本形成施策とこれに対する内部エージェントの行動変容のシミュレーション、あるいは資産形成教育における顧客の行動選好把握のためのゲーミング・シミュレーションが可能になると構想している。

## 参考文献：

- [1] Kobayashi T., Takahashi S., Kunigami M., Yoshikawa A., and Terano T.: Analyzing Organisational Innovation and Deviation Phenomena by Agent Based Simulation and Case Design, Proc. 9th Int. Conf. Innovation & Management, 778 (2012)
- [2] NASA: 4.3.2.2 Functional Analysis Techniques, in NASA System Engineering Handbook, NASA/SP-2007-6105,

Rev 1, pp.51-54, (2007)

- [3] サラニエ, ベルナル: 契約の経済学, 勁草書房, (2000)
- [4] 出口弘: エージェントベース社会システム科学の数理的基礎, 理論と方法, Vol.19, No.1 pp.67-86 (2004)
- [5] 厚生労働省: 誰もが主体的にキャリア形成できる社会の実現に向けて, 平成30年 労働経済白書 第4章, (2018)
- [6] 雨夜真規子: 副業・兼業と労働時間規制, 社会システム研究, Vol.23: pp.157-173, (2020)
- [7] 労働政策研究・研修機構: 日本企業における人材育成・能力開発・キャリア管理, 労働政策研究報告書, 第196号, (2017)
- [8] 奥村隆一, 出口博: 研究開発部門の正社員における自己学習の年収への影響分析, 経営情報学会誌 Vol. 28, No.3, pp.125-139, (2019)
- [9] 菊地剛正, 高橋大志: アンケートデータから生成した類型に基づく資産形成・取り崩しの施策シミュレーション, SSI2020 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会 2020 予稿集, pp.365-369, (2020)
- [10] 菊地剛正, 高橋大志: アンケートデータを用いた退職前後世代の資産状況・家計収支の分析, 人工知能学会 ビジネス・インフォマティクス研究会 16th SIG-BI, (2020)
- [11] Sakata A., Kikuchi T., Okumura R., Kunigami M., Yoshikawa A., Yamamura M., and Terano T.: Uncovering Users' Decisions through Serious Game Playing with A Formal Description Method, The 13th China-Japan International Workshop on Information Technology & Control Applications (ITCA2020), (2020).

# 商業店舗賃料と携帯電話端末 GPS による歩行者通行量データとの関係に関する研究 ー下北沢駅周辺を対象としてー

## Analysis of the Relation between Retail Rent and the Pedestrian Data from GPS of Mobile Phone - A Case Study of the Shimokitazawa Station-

太田 明<sup>1</sup> 高橋 大志<sup>1</sup> 兼田 敏之<sup>2</sup>

Akira OTA<sup>1</sup>, Hiroshi TAKAHASHI<sup>1</sup> and Toshiyuki KANEDA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>慶應義塾大学大学院

<sup>1</sup>Keio University

<sup>2</sup>名古屋工業大学大学院

<sup>2</sup>Nagoya Institute of Technology

**Abstract:** The location is important for the real estate management business, but it is difficult to be quantified. As a case study of the Shimokitazawa station, the correlation analysis of retail rent was examined with building and location measures. The location measures include KDDI's pedestrian data in each sample point from GPS of mobile phone because the recent IT development has enabled us to get pedestrian data easily. The result showed positive correlation between retail rent and the pedestrian data can be seen.

### 1 研究の背景と目的

立地は、不動産経営において重要な点であるものの、定量的に評価することは難しい。例えば、商業店舗では一般に、人通りが売上に影響するため、歩行者通行量の多い立地は人気があり、賃料が高くなると考えられるが、これまで歩行者通行量はエンカウンター調査等による測定が必要であり、容易に検討はできなかった。しかし、IT 技術の進歩により、携帯電話端末のGPS位置情報から歩行者通行量データを取得することができるようになった。

そこで、本研究では、東京都下北沢駅徒歩 10 分圏内を対象として、携帯電話端末 GPS による歩行者通行量データと店舗賃料との相関分析を行うことでその関連性を明らかにすることで、携帯電話端末のGPS位置情報の有用性、及び当該情報から不動産立地評価を行う可能性を論じる。

### 2 既往研究の概要

これまで、人通りや立地定量化においては、都市空間の構成を定量的な尺度とするスペース・シンタクス理論 (以下、SS 理論) を用いた指標との関連が報告されている。主に、SS 理論に基づいた解析手法である可視性グラフ分析 (以下、VGA: Visual Graph Analysis) により、例えば、Ota らは名古屋市の都心

域において、歩行者の要因分析を行い、街路網の中心性を表す VGA 指標の統合値が有意であったことを報告しており<sup>1)</sup>、VGA 指標は人通りと関連が認められている。その VGA 指標を導入した店舗賃料要因分析では、2010 年に Netzell がストックホルム中心地で分析を行い、統合値が採択され、決定係数を 0.65 と報告した<sup>2)</sup>。国内では、2018 年に太田らが渋谷駅周辺の店舗賃料要因分析を行い、決定係数を 0.367 とし、統合値が統計的に有意となったことを報告した<sup>3)</sup>。

その後、張らはエージェントアナリシス (以下、AA) により都市空間構成から歩行者通行量をシミュレーションし、2019 年に下北沢駅周辺での店舗賃料と AA 指標の関連性について、やや相関が見られたことを報告した<sup>4)</sup>。

これまで都市空間構成から賑わいや歩行者通行量をシミュレーションして店舗賃料との関連性を探ってきたが、携帯電話端末 GPS による歩行者通行量データを用いた分析の報告は見られない。

### 3 賃料データと携帯電話端末 GPS による歩行者通行量データ

本研究における店舗賃料データ (以下、賃料データ) は、Real Estate Information Network Systems (不

動産流通標準情報システム、以下、REINS)を用いた。REINSには成約した不動産の売買および賃貸の取引事例データおよび現在、取引可能な在庫データが保存されており、一般的に、不動産業者はREINSを通して不動産情報を共有し、顧客となる個人または中小企業に提供する。下北沢駅から徒歩10分圏内の商業店舗の賃貸取引事例について、2011年6月～2016年5月までの5年間に成約した事例を抽出し、データ不備があるものについて除外した。さらに、同じ建物内で複数の成約事例がある場合は、賃料が最も安い事例を採用し、他は除外し、64件のデータとなった。賃料データは、賃料に管理費及び共益費を足して、面積(坪)で除した賃料坪単価を使用した(以下、賃料単価)。成約事例の中で、賃料単価が最大および最小となる事例は特殊な条件があったこと可能性を考慮して除外し、62件のサンプルを得た。

携帯電話端末GPSによる歩行者通行量データは、KDDI Location Analyzer(以下、KLA)を用いている。KLAは、KDDIのauスマートフォンの位置情報ビッグデータを取り扱っている。KLAには、データが2018年9月から存在しており、店舗や施設周辺エリア内の人の流れ(動線)を、道路ごとに地図上に可視化する主要動線分析が用意されている。本研究では、サンプルデータの期間と最も近い2018年9月の1ヶ月間で徒歩のみの主要動線分析を行い、各サンプル地点の前面道路の歩行者通行量データ(双方向)(以下、KLA歩行者通行量データ)を得た。

#### 4 店舗賃料単価と KLA 歩行者通行量データ等の相関行列

店舗賃料単価、KLA歩行者通行量データ、その他の想定される候補要因変数について、相関行列を作成した(表1)。想定される候補要因変数には、建物属性として、所在階、1階ダミー、契約面積、建物階層、経過築年数、建物構造(鉄骨造、RC造)ダミーを用いる。1階ダミーは、所在階が1階に該当するか否かのダミー変数である。立地属性として、駅からの距離は下北沢駅からの最短歩行距離を80m単位で計測し、下北沢駅以外の駅からも10分以内の場合には二駅利用可能であるダミー変数を用いた。

店舗賃料単価との相関では、1階ダミー、所在階、KLA歩行者通行量データの順に相関係数が高いことが確認された。店舗賃料単価とKLA歩行者通行量データとの相関係数は0.314となり、やや弱い相関が見られた。張らのエージェントアナリシスによる既往研究における店舗賃料単価とAA足跡数との相関係数の最大0.491よりは低い結果となった。

表1 店舗賃料単価と KLA 歩行者通行量データ等の相関行列

	賃料単価	歩行者通行量
1階ダミー	0.419	-0.242
所在階	-0.358	0.066
KLA歩行者通行量データ	0.314	
RCダミー	0.183	0.133
駅からの距離(m)	-0.158	-0.354
契約面積(坪)	-0.148	0.021
二駅利用ダミー	-0.099	-0.135
鉄骨造ダミー	-0.097	-0.125
建物階層	-0.088	0.059
経過築年数(年)	0.030	0.218

#### 5 結論

店舗賃料単価との相関では、1階ダミー、所在階、KLA歩行者通行量データの順に相関係数が高いことが確認された。店舗賃料単価とKLA歩行者通行量データとの相関係数は0.314となり、やや弱い相関が見られた。やや弱い相関ではあるが、相関が見られたことは今後の可能性を示唆している。

#### 参考文献

- [1] Ota, A., Nakano, Y. and Kaneda, T., Comparative analyses on factors of the pedestrian numbers in a downtown area using space syntax indicators: Case comparisons of Sakae-South, Nagoya CBD in Japan between 2005 and 2011, Proceedings of the 10th International Space Syntax Symposium, No.82, (2015)
- [2] Olof Netzell, 「The effect of accessibility on retail rents: testing integration value as a measure of geographic location」, Building and Real Estate Economics Royal Institute of Technology, (2010)
- [3] 太田明・高橋大志・兼田敏之, 「スペース・シンタクス指標を用いた賃料要因分析に関する研究—渋谷駅周辺を対象とした建物用途別分析による比較—」, 日本不動産学会誌, 第13巻第4号, pp.109-118, (2018)
- [4] 張震坤・太田明・菅愛子・兼田敏之・高橋大志, 「店舗賃料とエージェントシミュレーションによる足跡数との関係に関する研究—下北沢を対象として—」, 人工知能学会ビジネスインフォマティクス研究会, 第11回, (2019)