

日本法人が持つ技術の複雑性 Complexity of Technologies in Japanese Corporations

辛嶋 凜太郎¹⁾ 井上 寛康¹⁾²⁾
Rintaro Karashima Hiroyasu Inoue

1. はじめに

産業活動という社会現象を理解する上で、地域や法人が持つ技術の評価することは重要な役割を果たす。近頃では特許数といった技術の量だけでなく質で技術の評価すべきという考えが広まりつつあり、さまざまな評価指標が提案されている。Balland ら [1][2] が提案した技術複雑性指標 (Technological Complexity Index : TCI) は、地域がどれだけ多様な知識を持っており、地域が持つ技術がどれだけ洗練されていて複雑さを定量化する指標であり、国や都市が持つ技術の評価のために用いられている。[3][4]

本研究では TCI を応用し、1981 年度から 2010 年度の日本において重要な技術を明らかにすることを目的として、日本の法人が持つ技術の評価した。

2. 先行研究

技術の複雑さを測る評価指標は、Hidalgo ら [5] による経済複雑性指標 (Product Complexity Index : PCI) の提案に始まる。PCI は国際貿易データを用いて、国が持つ製品をその複雑さによって評価する指標であり、都市レベルの輸出入データなどを用いることで都市が持つ技術の評価に活用されている。TCI は特許データを用いた都市が持つ技術の評価への応用であり、法人が持つ技術への応用が可能であるが、日本においてその例は見当たらない。

3. データ

特許庁が提供する特許データのうち、1981 年度から 2010 年度に出願された法人が持つ登録特許について、各法人の特許分類ごとの特許数を集計して用いた。特許分類には国際特許分類 (International Patent Classification : IPC) の第一分類サブクラスと IPC を Schmoch [6] が 35 の特許分類に再分類したもの (以下、Schmoch) を用いた。その際、共同出願や複数の第一分類が付与されている場合には、紐づく法人および分類の数で割る処理を施した。例えば、ある特許について 2 つの法人が 2 つの第一分類に共同出願している場合にはその特許の数を 0.25 として処理した。

また Pintar ら [7] が示すように、30 年間で特許数が 1 であるような、少ない特許数を持つ法人は複雑性指標の測定に影響を与えることから、対象とする特許の特許数が多い上位 3% の法人によって登録されたものに絞り込んだ。最終的に対象となったのは、1,929 の法人が 127 の IPC サブクラス、35 の Schmoch に持つ 2,894,529 件の特許であった。

4. 方法論

集計したデータについて、Balland ら [1] の方法に基づき、まず法人 c が持つ特許分類 f の特許数 X_{cf} を用いて顕示技術優位指数 [8] の行列 RTA_{cf} を次のように求めた。

$$RTA_{cf} = \frac{X_{cf}}{\sum_f X_{cf}} / \frac{\sum_c X_{cf}}{\sum_c X_{cf}}$$

ここで顕示技術優位指数が 1 以上であれば、法人 c は特許分類 f に技術優位を持つことに基づき、次の条件を満たす行列 M_{cf} が定義される。

$$M_{cf} = \begin{cases} 0 & \text{if } RTA_{cf} < 1 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

このとき M_{cf} は法人と特許分類という 2 種類のノードと、ある法人がある特許分類に技術優位を持つかどうかを表すエッジからなる二部グラフの隣接行列である。また M_{cf} において、次式で定義される $k_{c,0}$ は法人ノードの次数、 $k_{f,0}$ は特許分類ノードの次数であり、法人が持つ多様性と特許分類の遍在性をそれぞれ表す。

$$k_{c,0} = \sum_f M_{cf}, k_{f,0} = \sum_c M_{cf}$$

次に二部グラフの対称性に基づき隣接ノードの値の平均値を繰り返し計算することで、各法人および各特許分類を特徴づける変数について次のように計算した。なお、 N は繰り返し回数を表す 1 以上の整数である。

$$k_{c,N} = \frac{1}{k_{c,0}} \sum_f (M_{cf} \cdot k_{f,N-1}), k_{f,N} = \frac{1}{k_{f,0}} \sum_c (M_{cf} \cdot k_{c,N-1})$$

ここで $k_{c,N}$ に $k_{f,N}$ を代入することで、次式のように $\tilde{M}_{cc'}$ が得られる。

$$\begin{aligned} k_{c,N} &= \frac{1}{k_{c,0}} \sum_f \left[M_{cf} \cdot \frac{1}{k_{f,0}} \sum_{c'} (M_{c'f} \cdot k_{c',N-2}) \right] \\ &= \sum_{c'} \tilde{M}_{cc'} \cdot k_{c',N-2} \\ \tilde{M}_{cc'} &= \sum_f \frac{M_{cf} M_{c'f}}{k_{c,0} k_{f,0}} \end{aligned}$$

TCI は $\tilde{M}_{cc'}$ で 2 番目に大きい固有値に対する固有ベクトル \vec{T} とその平均 $\langle \vec{T} \rangle$ および標準偏差 $\text{stdev}(\vec{T})$ を用いて次のように定義される。

$$TCI = \frac{\vec{T} - \langle \vec{T} \rangle}{\text{stdev}(\vec{T})}$$

ある特許分類の TCI は、①その特許分類の遍在性が低く洗練されている ②その特許分類に特化している法人が多くの特許分類に特化しており多様である ③その特許分類に特化している法人につながる他の特許分類の遍在性が低く洗練されている の 3 つを満たすほど高い値を持つ。例えば図 1 では、C 社が特化している IT 関連の技術や B 社と C 社が特化している化学関連の技術の TCI が高く、IT 関連の技術が最も遍在性が低く洗練されている。

1) 兵庫県立大学大学院情報科学研究科 University of Hyogo, Graduate School of Information Science, Japan

2) 理化学研究所計算科学センター RIKEN, Center for Computational Science, Japan

5. 結果および考察

法人が特化している各特許分類の TCI を図 2 に示す。

Schmoch、IPC どちらの分類においても医薬品や化学薬品に係る技術に高い TCI を示す傾向が見られた。これは相見ら[9]が述べている創薬技術の黎明期のような当時の社会的背景を表していると解釈できる。

また特許保持者の所在地をもとに求めた都道府県が特化している各特許分類の TCI を図 3 に示す。図 2 と比べ、分類を細かくすると TCI の分散が大きくなりトレンドが変化していることがわかる。これは都道府県のノード数が法人のノード数に比べ少なく、表現できる特許分類の洗練度合いの値域が 1 から 47 に限られることから、細かい特許分類の洗練度合いを十分に表現できないことに起因していると考えられる。

6. おわりに

本研究では日本法人が持つ技術について、その複雑さを定量化することで評価を試みた。これまで地域が持つ技術の評価指標であった TCI を法人が持つ技術に応用した結果、医薬品や化学薬品の製造技術に高い TCI を示す傾向が見られた。また従来に比べてより細かな特許分類を用いた場合でも技術の複雑さを確かに捉えられる可能性が示された。

一方で地域が持つ技術の評価で行われている他の指標との回帰分析といった実証的分析は行っていないため、有用性を検証する必要がある。また TCI を求めるアルゴリズムには、数学的な批判を基に発展させたもの[10]があり、改善の余地がある。今後は、法人名の表記ゆれ処理といったデータ処理に関する課題の解決と併せてアルゴリズムの改善に取り組むことが期待される。

謝辞

本論文の要旨は、Econophysics Colloquium 2024 (2024 年 6 月、ウィーン) で発表した。また本研究を進める中で、さまざまな形で多くの方にご支援とご助言を賜った。ここに記して謝意を表す。特にデータをご提供いただいた、特許庁およびそのご関係者の皆さまに心より感謝申し上げます。

参考文献

- [1] Balland, P. A., and Rigby, D. (2017). The geography of complex knowledge. *Economic geography*, 93(1), 1-23.
- [2] Balland, P. A., Boschma, R., Crespo, J., & Rigby, D. L. (2018). Smart specialization policy in the European Union: relatedness, knowledge complexity and regional diversification. *Regional studies*.
- [3] Chun, Y., Hur, J., & Hwang, J. (2024). AI technology specialization and national competitiveness. *Plos one*, 19(4), e0301091.
- [4] Abay, M., & Akgüngör, S. (2024). Technological paths and smart specialization: analysis of regional entry and exit in Turkey. *Asia-Pacific Journal of Regional Science*, 8(1), 45-84.
- [5] Hidalgo, C. A., and Hausmann, R. (2009). The building blocks of economic complexity. *Proceedings of the national academy of sciences*, 106(26), 10570-10575.
- [6] Schmoch, U. (2008). Concept of a technology classification for country comparisons. Final report to the world intellectual property organisation (wipo), WIPO.
- [7] Pintar, N., & Scherngell, T. (2022). The complex nature of regional knowledge production: Evidence on European regions. *Research Policy*, 51(8), 104170.
- [8] Soete, L. (1987). The impact of technological innovation on international trade patterns: the evidence reconsidered. *Research policy*, 16(2-4), 101-130.
- [9] 相見則郎, 小清水敏昌, 平林敏彦, 松本和男, & 吉岡龍藏. (2014). 第 1 章 日本医薬品産業現代史 (1980~ 2010) 総論. *薬史学雑誌*, 49(1), 18-38.

[10] Andrea Tacchella, Matthieu Cristelli, Guido Caldarelli, Andrea Gabrielli, Luciano Pietronero. A New Metrics for Countries' Fitness and Products' Complexity, *Scientific Reports*, 2012, 2(723)

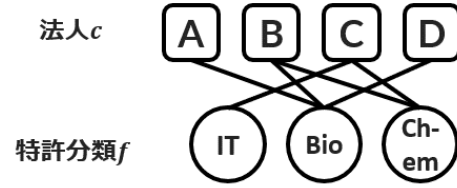


図 1 M_{cf} が表す二部グラフの例

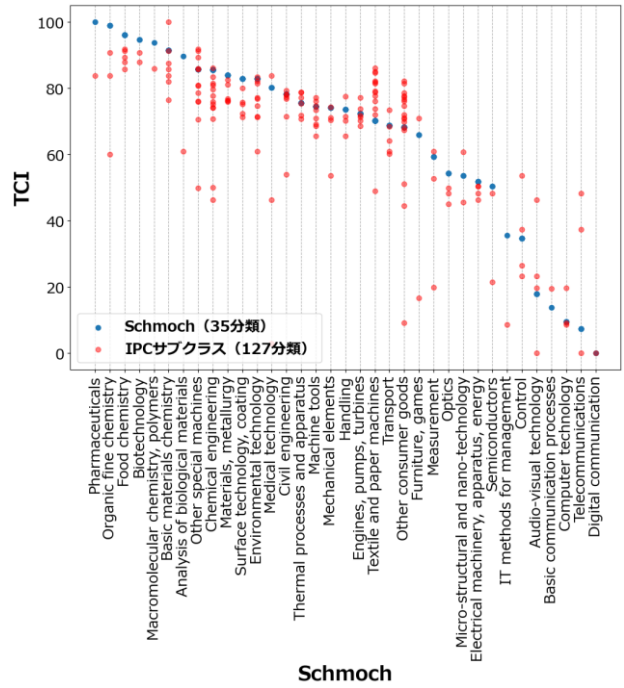


図 2 法人が特化している各特許分類の TCI

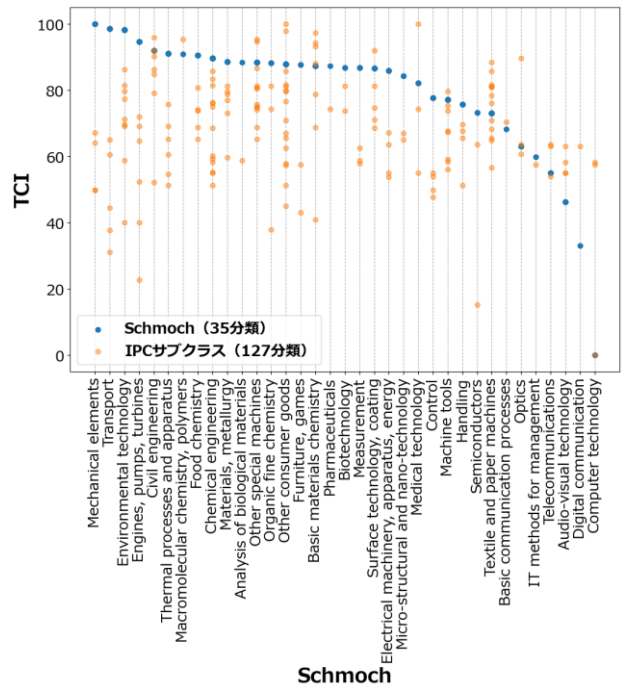


図 3 都道府県が特化している各特許分類の TCI

注 1) TCI は 0 から 100 となるようスケールリングを施した。