

複雑性指標を用いた自動車部品サプライヤの知識洗練性の計測

山田 恵里, 河上 哲

近年、経済の潜在的な成長可能性を複雑性指標に基づいて分析する実証研究に蓄積が見られる。複雑性指標は、評価する対象の数量的な情報ではなく、定性的な情報を集約して指標化されるものであり、ネットワーク科学の解析手法を用いて導出される。本稿では、自動車部品サプライヤが生産する部品構成に関するデータを応用した分析事例を通して、複雑性指標の考え方や導出方法を紹介する。また複雑性指標の計測によって、どのように自動車部品サプライヤの有する潜在的な知識の洗練性や、自動車部品に体化された知識の洗練性が評価されるのか、実証分析の結果と解釈を示す。

キーワード：複雑性指標, ネットワーク科学, 入れ子構造, 自動車部品サプライヤ

1. はじめに

国、地域、企業などで営まれる経済活動のパフォーマンスはどのように計測することができるだろうか？その最もナイーブな方法は、「どれだけ」の投入量に対して「どれだけ」の産出量が生み出されたかを、生産性として指標化することであろう。そこでは、金銭的・物量的な投入量に対する産出量を見ることで経済活動の効率性が、またその中長期的な時系列変化を見ることで経済活動の技術進歩がそれぞれ計測される。一般的には、ノンパラメトリックな手法としてのデータ包絡線分析 (DEA) や、パラメトリックな手法としての確率フロンティア分析 (SFA) が、生産性を計測する手法として確立されている。

ただし、生産性分析の課題として次の2点が挙げられる。第1に、生産性の計測に当たり入力変数と出力変数を考慮する必要があるが、利用可能なデータの制約もあり、分析目的に応じた適切な入出力変数を余すことなく分析モデルに組み入れることは困難である。第2に、出荷額や付加価値などの量的な出力変数は、評価する経済活動の成果として既に現れた変数であり、必ずしもイノベーションなど将来の経済活動の成長可能性を表す変数ではない。

一方で近年、Hidalgo and Hausmann [1] を契機に、

経済主体が有する知識や、財・サービスの生産に必要な知識の洗練性を、複雑性指標として計測する実証研究に蓄積が見られる¹。生産性指標と異なる複雑性指標の特徴は、各経済主体が「どれだけ」生産するのではなく、「誰が」「何を」生産するのかに着目することにある。では「誰が」「何を」という質的な情報から、どのように経済主体に潜在する知識の洗練性を推察できるのだろうか²？

古典的な国際貿易の理論を踏まえれば、各国とも比較優位にある財の生産に特化して交易を行うはずである。しかし現実には、一部の先進国が単純なものから複雑なものまで多様に財を生産して輸出するのに対し、多くの中進・途上国は他国も生産する財の生産・輸出に特化する傾向が観察されている。こうした経済の階層構造（詳細は3節で言及）のもとに、他国が模倣できない財を生産できる国は、多様な知識・技術をさまざまに組み合わせて製品化できる能力を有していると推察される一方で、他国も生産できる財に生産特化している国は、他国も有する単純な知識・技術しか有していないと推察されるのである。

生産性指標が経済活動の具体的な「要素」に言及しながらその成果を評価するのに対し、複雑性指標は経済活動の「結果」のみからその知識の洗練性を推察するもので、具体的な知識の種類には直接言及しない不可知的 (Agnostic) な手法といえよう。また生産性指標が経済活動の成果として既に現れた技術進歩を計測

やまだ 恵里

名古屋大学大学院経済学研究科

〒467-0802 愛知県名古屋市瑞穂区瑞穂町山の畑 1

yamadaeri@econ.nagoya-cu.ac.jp

かわかみ てつ

近畿大学経済学部

〒577-8502 大阪府東大阪市小若江 3-4-1

tekawaka@kindai.ac.jp

¹ 経済複雑性の概念に基づくこれまでの実証研究の蓄積についてはHidalgo [2] に詳しい。

² 本稿で言及する「知識」とは、生産活動に要するあらゆる有形・無形の生産要素のことをいう。経済主体の外部に存在する生産要素については、当該主体が外部要素にアクセス・利用できる知識と考える。

表1 サプライヤ数と部品数

	社/個数	
サプライヤ	514	
部品	275	
(部品内訳)		(%)
1 エンジン部品	72	26
2 電気・電装部品	68	25
3 駆動・伝動部品	42	15
4 懸架・制動部品	21	8
5 車体部品	35	13
6 ハイブリッド車用部品	14	5
7 電気自動車用部品	4	1
8 燃料電池車用部品	19	7

するのに対し、複雑性指標は経済主体が有する能力の洗練性をもとに、将来のイノベーションや成長可能性について示唆を与えることが大きな特長であるといえよう。複雑性指標の計測には、非集計の大規模な質的情報を定量的に評価することが可能なネットワーク科学の手法が応用される。

本稿は、自動車部品サプライヤが生産する部品構成に関するデータを用いて、サプライヤが潜在的に有する知識洗練性や、部品に体化された知識洗練性について、複雑性指標によって計測・評価することを目的とする。本稿の構成は次のとおりである。2節では、本分析で用いるデータについて説明する。3節では、複雑性指標の考え方や導出方法を紹介する。4節では、複雑性指標によって計測されたサプライヤや部品の知識洗練性をもとに、自動車部品産業の生産構造について得られる知見を考察する。最後に、5節で本稿をまとめる。

2. 分析データ

本分析では、総合技研(株)『主要自動車部品255品目の国内における納入マトリックス現状分析2017年版』[3]を利用した。この資料には、主要な自動車部品を製造しているサプライヤと、部品の納入先である国内11自動車メーカー(トヨタ自動車、日産自動車、本田技研工業、マツダ、三菱自動車工業、いすゞ自動車、スズキ、ダイハツ工業、SUBARU、日野自動車、UDトラックス)に関するデータが調査されている。調査データは、2016年の取引に基づいている。

表1は、調査対象のサプライヤ数と部品数を示している。部品は、従来の内燃機関を中心とする部品だけではなく、次世代自動車(ハイブリッド車(HV)、プラグインハイブリッド車(PHV)、電気自動車(EV)、燃料電池車(FCV))に関する部品を含む8種類に分

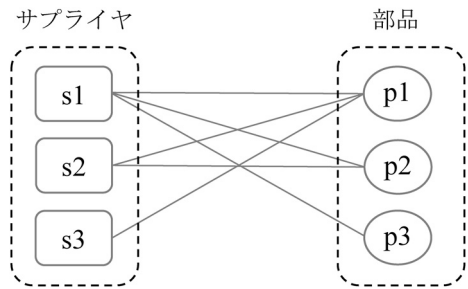


図1 サプライヤと部品の二部ネットワーク

類されている。部品数は、エンジン部品と電気・電装部品で全体の50%を占め、駆動・伝動部品、車体部品がそれに続く。次世代自動車に関する部品は、3分類を合わせて全体の13%であるが、次世代自動車の普及や車種の増加に伴い部品数が今後増加することが見込まれる³。電気・電装部品や次世代自動車用部品の生産に関わるサプライヤには、政府統計データの産業分類(日本標準産業分類)において電気機械器具製造業などに該当するサプライヤも多く、近年は輸送用機械器具製造業に分類される完成車メーカーや既存サプライヤとは異なる多様な企業が自動車産業に参入しつつある。

3. 知識洗練性と複雑性指標

3.1 二部ネットワーク

複雑性指標を導出するに当たり、まずはサプライヤとサプライヤが生産する部品との関係を二部ネットワークとして捉える。二部ネットワークとは、異なる集合に属する二つのデータ間の関係を、ノード(点)とリンク(線)によって表現する方法である。図1に示すように、各サプライヤ(s1, s2, s3)と各部品(p1, p2, p3)をノードとし、サプライヤと部品のノードをリンクでつなぐことにより、どのサプライヤがどの部品を生産しているか(どの部品がどのサプライヤに生産されているか)の関係を表現する。たとえば、サプライヤs1は、すべての部品p1, p2, p3を生産しており、サプライヤの中で最も多様な部品を生産するサプライヤであることがわかる。一方、部品p1はすべてのサプライヤs1, s2, s3に生産されており、どのサプライヤでも生産できる部品であることがわかる。ただし図1の二部ネットワークでは、部品の生産量や生産額などの数量的な情報は表現されていない。

³ (一社)日本自動車工業会[4]によると、新車販売台数に占める次世代自動車の割合は2019年には39.2%となり、2008年以降継続して上昇している。

表2 サプライヤと部品の二値行列

	部品 p1	部品 p2	部品 p3
サプライヤ s1	1	1	1
サプライヤ s2	1	1	0
サプライヤ s3	1	0	0

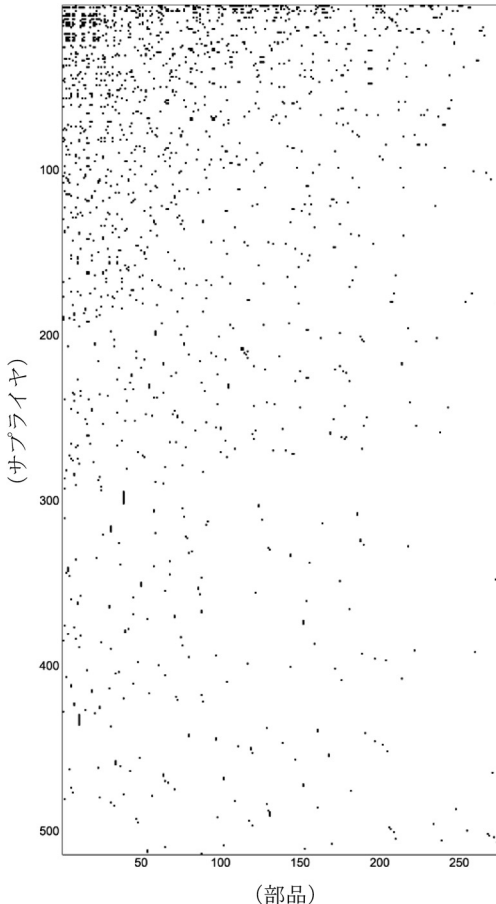


図2 サプライヤと部品の入れ子構造

3.2 入れ子構造

二部ネットワークで表される関係は、行列形式に整理することにより数学的処理が可能になる。サプライヤ s を行に、部品 p を列にとった行列 \mathbf{M} の各成分 M_{sp} を、次のように定義する。

$M_{sp} = 1$: サプライヤ s が部品 p を製造している場合。

$M_{sp} = 0$: サプライヤ s が部品 p を製造していない場合。

上記の定義のもとに、図1の二部ネットワークは表2の二値行列で表される。

図2は、2節で説明した実データを用いて作成した

二値行列を、ヒートマップとして視覚化したものである。行列の行を上から生産部品数の多いサプライヤ順に、列を左から生産するサプライヤが多い部品順に並び替えると、1の値をもつ行列成分が左方上部に三角形の形状で集まる入れ子構造 (Nestedness) を形成する傾向があることがわかる。入れ子構造のもとでは、下方に位置するサプライヤが生産する部品の集合は、上方のサプライヤが生産する部品の部分集合になる。また右方に位置する部品を生産するサプライヤの集合は、左方の部品を生産するサプライヤの部分集合になる。

こうした入れ子構造は、国際貿易における国と輸出財の関係 [1, 5-7] や、国内経済における地域と生産財の関係 [8, 9] においても確認されており、産業内における企業と生産財の関係において確認された本分析の結果を加味すれば、おおむね経済の規模についてフラクタルな規則性をもつ現象であるといえよう。さらに入れ子構造は、生物地理学の分野における動植物とその生息地の関係 [10, 11] や、生態学の分野における動植物の相利共生の関係 [12, 13] においても観察されており、入れ子の階層性が強いほど外的なショックを緩和できる強靱な構造であることが示されている⁴。

3.3 複雑性指標

データによって観測されるサプライヤと部品間の入れ子構造から、サプライヤや部品の知識洗練性をどのように計測できるだろうか？ いま仮に、サプライヤと各サプライヤの有する知識との関係が、図3(a)のように表されたとする。サプライヤ s1 は、k1, k2, k3 のすべての知識を有しており、またほかのサプライヤにはない稀少な知識 k3 を有しているという意味で、知識洗練性が大きいと評価されよう。一方、サプライヤ s3 は、ほかのサプライヤも有する遍在的な知識 k1 しか有しておらず、知識洗練性が小さいと評価されよう。また部品と各部品の生産に必要な知識との関係が表された図3(b)によれば、部品 p3 は、k1, k2, k3 のすべての知識をその生産のために要し、またほかの部品生産に利用されない稀少な知識 k3 を要するという意味で、知識洗練性が大きいと評価されよう。一方、部品 p1 は、ほかの部品生産にも利用される遍在的な知識 k1 のみによって生産が可能であり、知識洗練性が小さいと評価されよう。

これら (観測されない) 知識の集合がサプライヤと部品との間に介在し、両者の関係を結びつけるものと

⁴ 経済における入れ子構造のフラクタル性の確認や、強靱性との関係については、今後追求すべき研究課題としたい。

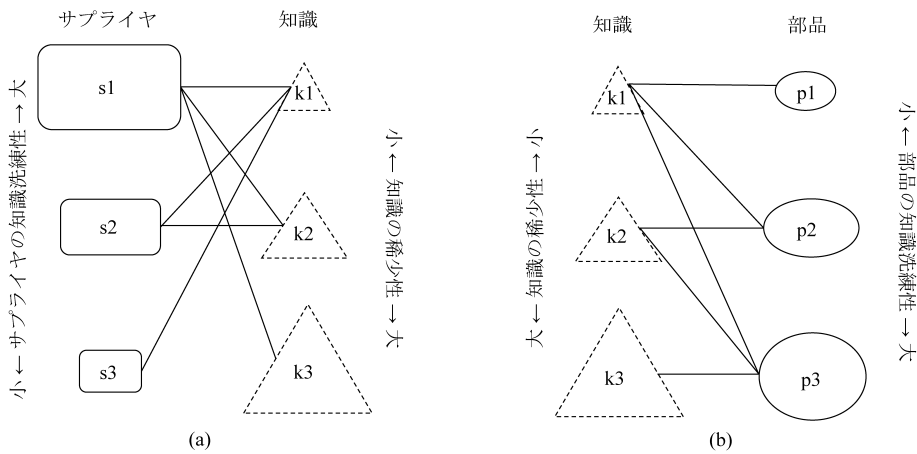


図 3 (a) サプライヤの有する知識, (b) 部品の生産に要する知識

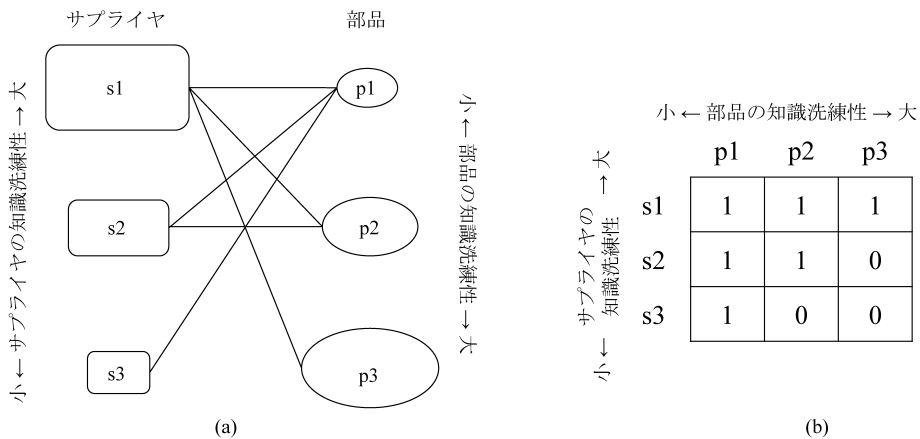


図 4 (a) サプライヤと部品の二部ネットワーク, (b) 図 4(a) の行列表現

考えると、サプライヤとサプライヤの生産する部品の関係は、図 4(a) の二部ネットワークおよび図 4(b) の入れ子構造として表される。図 4(a) より、知識洗練性が大きいと評価されるサプライヤ s1 は、ほかのサプライヤが生産できない部品 p3 を含む、すべての部品生産に多様化している。一方、知識洗練性が小さいサプライヤ s3 は、ほかのサプライヤにも生産される部品 p1 に特化している。また知識洗練性が大きい部品 p3 は、多様な部品を生産できるサプライヤ s1 のみによって生産されている。一方、知識洗練性が小さい部品 p1 は、ほかのサプライヤも生産できる部品に生産特化する s3 を含む、多様なサプライヤによって生産されている。これらを図 4(b) の入れ子構造のもとに評価すれば、行列の上方（下方）に位置するサプライヤほど知識洗練性が大きく（小さく）、行列の左方（右方）に位置する部品ほど知識洗練性が小さい（大きい）。

上記の考え方を逐次発展させて、サプライヤに関する複雑性指標は、当該サプライヤが知識洗練性の大きい（小さい）部品をどれだけ多様に（特化して）生産しているかによって、一方で部品に関する複雑性指標は、当該部品が知識の蓄積の小さい（大きい）サプライヤにどれだけ遍在的に（偏在的に）生産されているかによって、両者が相互依存的に同時決定されるようそれぞれ導出される。数値的にはいずれの指標とも、サプライヤの多様性と部品の遍在性に関する情報を相互に組み入れて集約する繰り返し計算 (Method of Reflections) によって求められる (図 5)。

本分析では, Tacchella et al. [5], Tacchella et al. [6], Cristelli et al. [7] が, Hidalgo and Hausmann [1] によって提示された複雑性指標を, 非線形にアレンジして求めた手法を適用する。まず, サプライヤに関する複雑性指標の初期値をすべてのサプライヤ s について $F_s^{(0)} = 1$ とし, また部品に関する複雑性指標の初期値

Method of Reflections

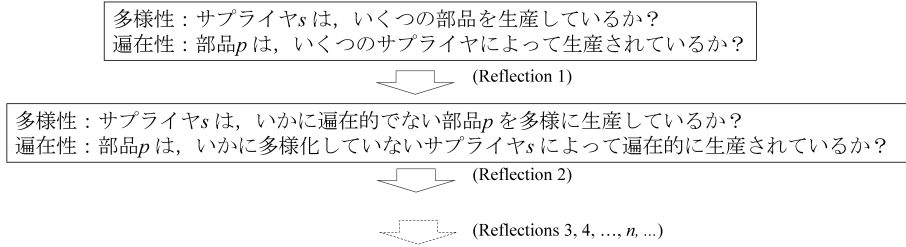


図 5 サプライヤと部品に関する複雑性指標の導出方法

表 3 知識洗練性の大きいサプライヤと主要生産部品

順位	サプライヤ	製造部品数	製造部品	部品分類
1	デンソー	73	ハイブリッドコントロールコンピューター	6
2	トヨタ自動車	44	燃料電池スタック	8
3	ポッシュ	16	コモンレール式燃料噴射装置	1
4	日立オートモティブシステムズ	39	電子制御 4WS (ECU)	2
5	日本特殊陶業	6	A/F センサー	2
6	三菱電機	26	エアフローメーター	1
7	パナソニック	23	ヨーレートセンサー	2
8	愛三工業	14	燃料電池車用主要部品_水素インジェクター	8
9	ヴァレオジャパン	13	オートライト用センサー	2
10	ジェイテクト	16	燃料電池車用主要部品_高圧水素供給バルブ	8
11	豊田自動織機	10	燃料電池車用主要部品_専用エアコンプレッサー	8
12	東海理化	12	シガレットライター	5
13	京セラ	2	グローブブラグ	2
14	KYB	5	パワーステアリングポンプ	3
15	日本精工	6	電動パワーステアリング用トルクセンサー	2
16	ショーワ	6	電動パワーステアリング_ラックアシスト式 EPS	3
17	ZF ジャパン	7	油圧式パワーステアリング	3
18	アイシン精機	37	ハイコントロールセンサー	2
19	ミツバ	16	パワーバックドア	5
20	アスモ	5	ワイパー Assy	2

※網掛けは、2 列目のサプライヤが単独で製造している部品。

もすべての部品 p について $Q_p^{(0)} = 1$ とする。繰り返し計算の各過程 ($n = 1, 2, 3, \dots$) で得られるサプライヤおよび部品に関する複雑性指標の値 ($\tilde{F}_s^{(n)}$ および $\tilde{Q}_p^{(n)}$) は、次のように求められる。

$$\left\{ \begin{array}{l} \tilde{F}_s^{(n)} = \sum_p M_{sp} Q_p^{(n-1)} \\ \tilde{Q}_p^{(n)} = \frac{1}{\sum_s M_{sp} \frac{1}{F_s^{(n-1)}}} \end{array} \right. \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} F_s^{(n)} = \frac{\tilde{F}_s^{(n)}}{\langle \tilde{F}_s^{(n)} \rangle_s} \\ Q_p^{(n)} = \frac{\tilde{Q}_p^{(n)}}{\langle \tilde{Q}_p^{(n)} \rangle_p} \end{array} \right.$$

計算過程で得られる $\tilde{F}_s^{(n)}$ および $\tilde{Q}_p^{(n)}$ は、各過程のそれぞれの平均値 $\langle \tilde{F}_s^{(n)} \rangle_s$ および $\langle \tilde{Q}_p^{(n)} \rangle_p$ で標準化され、次の繰り返し計算のステップに用いられる。繰り返し計算によって得られる収束値をもって、それぞれ最終的な複雑性指標 F_s^* および Q_p^* とする。

4. 知識洗練性の計測

4.1 サプライヤの知識洗練性

計測されたサプライヤの複雑性指標をもとに、知識洗練性が大きい上位 20 位のサプライヤを表 3 に示す。また、表 3 にリストした各サプライヤが生産する部品のうち、部品に関する複雑性指標が最も大きい部品とその部品分類を併せて示す。上位 20 社のうち、10 品目以上の部品を製造するサプライヤ 13 社が、10 品目未満の部品を製造するサプライヤ 7 社がそれぞれ含まれている⁵。知識洗練性の大きいサプライヤは必ずしも生産品目が多いサプライヤとは限らず、生産品目が少

⁵ 10 品目以上製造するサプライヤは全体の 7% (36 サプライヤ) である。

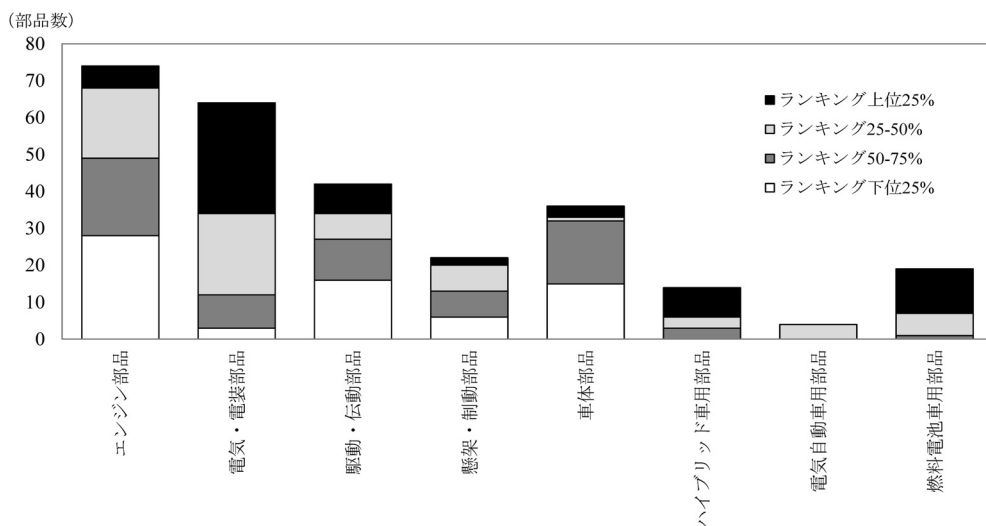


図6 部品分類別の部品総数と知識洗練性の内訳

数であったとしても、複雑性の大きい部品の生産がサプライヤの知識洗練性に寄与していると考えられる。つまり複雑性指標において、サプライヤの知識洗練性は、単純に部品の品目数で判断されるのではなく、部品の知識洗練性も同時に考慮に入れた品目数によって計測されていることがわかる。

知識洗練性の高いサプライヤが生産している部品には、電気・電装部品（分類2）8品目がリストされ、そのうち5品目がセンサー類である。センサー類は交通事故防止やそれに付随する運転支援、自動運転などには欠かせない部品の一つであり、今後も一層の技術開発が見込まれている。また、次世代自動車に関する部品（分類6, 8）が5品目リストされている。内燃機関自動車に代わる、環境やエネルギーに配慮した次世代自動車に関連した部品についても、電気・電装部品と同じく近年急速に技術開発の進展が見られる部品である。以上より、表3にリストされているサプライヤにおいて、従来の自動車部品製造で培ってきた知識や技術を応用しながら、次世代自動車に必要な部品の開発が行われている可能性が大きいことがうかがえる。一方で京セラのように、これまで主に自動車部品とは異なる分野の製品を生産してきたサプライヤも存在し、既存の内燃機関を中心とする技術とは異なる新しい技術が、自動車部品産業にも取り入れられていることが示唆される。

4.2 部品の知識洗練性

つぎに、部品の複雑性指標で測った知識洗練性をもとに、各部品分類における部品総数と、その知識洗練性の大きさ別（上位25%、25-50%、50-75%、下位

25%）内訳を図6に示す。知識洗練性のランキング上位50%の部品が8割以上を占める部品分類は、電気・電装部品、ハイブリッド車用部品、電気自動車用部品、燃料電池車用部品である。具体的には、次世代自動車向け部品、各種センサー類、コンピュータの電子制御を行うECU関連部品の多くが含まれ、表3に記載のある知識洗練性が大きいサプライヤに生産される部品が該当する。ランキングの上位50%には、1社しか生産することができない部品28品目すべてが含まれていることが特徴的である。

他方、知識洗練性のランキング下位50%には、エンジン部品、駆動・伝動部品、懸架・制動部品、車体部品の多くが含まれる。これら部品に共通することとして、 casting・鍛造、プレス加工など、複雑な組み立て工程を必要としない部品が多いことが挙げられる。下位にランキングされる部品には、一般的に特定の部品生産に特化した10社以上のサプライヤによって生産される部品が55品目含まれている。つまり、知識洗練性の小さい部品は、比較的容易な工法と単純な生産工程のもとで生産できる傾向があり、多くのサプライヤが部品市場に参入しているものと考えられる。

5. おわりに

本稿では、自動車部品サプライヤが生産する部品構成に関するデータを用いて、サプライヤが潜在的に有する知識の洗練性や、自動車部品に体化された知識の洗練性について、複雑性指標を計測することによって分析した。複雑性指標は、投入量や産出量などの数量的な情報ではなく、「誰が」「何を」生産するのかとい

う定性的な情報を、ネットワーク科学の解析手法を用いて集約しながら指標化するものである。主な分析結果は、以下の2点にまとめられる。

第1に、各サプライヤの部品構成を、サプライヤと部品をリンクで結ぶ二部ネットワークとして捉え、それを二値行列の形式に表現したところ、サプライヤの生産する部品構成や、部品を生産するサプライヤの構成に階層構造が現れることが明らかになった。そこでは、生産品目の少ないサプライヤの生産する部品は、生産品目の多いサプライヤを含む、多くのサプライヤによって生産される傾向があった。また、一部のサプライヤによって生産されるユニークな部品は、生産品目の多いサプライヤによって生産される傾向があった。これらデータから観察される入れ子の階層構造において、サプライヤが生産する部品の多様性や、部品が生産されるサプライヤの遍在性の二つの情報をもとに、直接的には観測できないサプライヤの知識や部品生産に要する知識の洗練性について推察できることが示唆された。

第2に、サプライヤの多様性と部品の遍在性の二つの情報を、相互に集約して求められた複雑性指標をもとに、サプライヤが有する知識と部品に体化された知識の洗練性を評価した。知識洗練性が大きく評価されたサプライヤは、多様な品目を生産する傾向があり、電気・電装部品や次世代自動車用部品など、複雑性指標の大きい部品を生産していた。ただし、生産品目が少ないものの複雑性が大きく評価されるサプライヤも一部存在しており、サプライヤの知識洗練性は単純に部品の生産品目の数で判断されるのではなく、部品の知識洗練性も同時に考慮に入れた品目数によって計測されていることが示された。

知識洗練性が大きく評価された部品は、電気・電装部品や次世代自動車用部品であり、特に知識洗練性の大きい部品は一部の限られたサプライヤによって生産されていることが明らかとなった。一方で知識洗練性の小さい部品は、多くのサプライヤによって生産される部品であった。上記の分析結果は、知識洗練性の大きいサプライヤは多様な部品に応用されるさまざまな知識の組み合わせをもとに、独自の洗練された部品を開発する能力や潜在性を有していることを示唆している。一方で、知識洗練性の小さいサプライヤが生産する部品は、ほかのサプライヤも比較的容易に導入可能な技術を用いて生産される部品であると推察される。

本稿では、一時点における実データを用いてサプライヤや部品の知識洗練性を実証分析したが、さらに時

系列データを応用することで、生産構造の動的側面を詳細に分析することが可能となろう。たとえば、サプライヤの合併に伴う合併企業内の知識共有が、いかに新しい部品の開発・進化を促すか、あるいは知識洗練性の小さい部品が、いかに国内における部品市場取引から退出していくかなど、今後も複雑性指標は広い応用範囲で活用されることが期待される。

謝辞 本稿で紹介した研究の一部は、JSPS 科研費(18KK0347, 17KK0077, 18K01597)の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] C. A. Hidalgo and R. Hausmann, "The building blocks of economic complexity," In *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **106**, pp. 10570–10575, 2009.
- [2] C. A. Hidalgo, "Economic complexity theory and applications," *Nature Reviews Physics*, **3**, pp. 92–113, 2021.
- [3] 総合技研(株), 『主要自動車部品 255 品目の国内における納入マトリックスの現状分析 2017 年版』, 総合技研(株), 2017.
- [4] (一社)日本自動車工業会, 『2020 年版 日本の自動車工業』, (一社)日本自動車工業会, 2020.
- [5] A. Tacchella, M. Cristelli, G. Caldarelli, A. Gabrielli and L. Pietronero, "A new metrics for countries' fitness and products' complexity," *Scientific Reports*, **2**, 723, 2012.
- [6] A. Tacchella, M. Cristelli, G. Caldarelli, A. Gabrielli and L. Pietronero, "Economic complexity: Conceptual grounding of a new metrics for global competitiveness," *Journal of Economics Dynamics and Control*, **37**, pp. 1683–1691, 2013.
- [7] M. Cristelli, A. Gabrielli, G. Caldarelli and L. Pietronero, "Measuring the intangibles: A metrics for the economic complexity of countries and products," *PLOS ONE*, **8**, e70726, 2013.
- [8] S. Bustos, C. Gomez, R. Hausmann and C. A. Hidalgo, "The dynamics of nestedness predicts the evolution of industrial ecosystems," *PLOS ONE*, **7**, e49393, 2012.
- [9] B. S. L. Fritz and R. A. Manduca, "The economic complexity of US metropolitan areas," *Regional Studies*, **55**, pp. 1299–1310, 2021.
- [10] W. Ulrich, M. Almeida and N. J. Gotelli, "A consumer's guide to nestedness analysis," *Oikos*, **118**, pp. 3–17, 2009.
- [11] A. Baselga, "Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity," *Global Ecology and Biogeography*, **19**, pp. 134–143, 2010.
- [12] J. Bascompte, P. Jordano, C. J. Melián and J. M. Olesen, "The nested assembly of plant–animal mutualistic networks," In *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **100**, pp. 9383–9387, 2003.
- [13] C. Fontaine, "Abundant equals nested," *Nature*, **500**, pp. 411–412, 2013.