

2024 年度冬期
グラデュエーションペーパー
予稿

題 目	
研究開発における技術知識の多様性とネットワークに関する考察	
技術経営論文	ビジネス企画提案

学籍番号	8823238	氏名	竹上 慎志
------	---------	----	-------

教 員	
主査	青木 英彦 教授
審査担当委員	加藤 晃 教授

東京理科大学大学院 経営学研究科 技術経営専攻

「研究開発における技術知識の多様性とネットワークに関する考察」

目次

1. はじめに	2
1.1. 技術知識の多様性	2
1.2. ネットワークによる技術知識の融合	2
1.3. 本研究の目的	3
2. 先行研究	3
3. 分析方法およびデータ	5
3.1. 分析の視点	5
3.2. 分析対象期間	6
3.3. 分析データ	6
3.3.1. 分析対象企業	6
3.3.2. 特許データ	11
3.4. 分析方法	12
4. 分析結果及び考察	12
4.1. 分析結果全体の概要	12
4.1.1. 技術知識の多様性比較	12
4.1.2. 各社のコア技術	14
4.1.3. 技術知識の多様性とネットワークの変遷	15
4.2. 個社の詳細分析	22
4.2.1. 日亜化学について	23
4.2.2. 浜松ホトニクスについて	31
4.2.3. ロームについて	40
4.3. 分析結果からの考察	43
5. 本研究の意義と課題	46
謝辞	48
参考文献	49

1. はじめに

(本研究の目的)

本研究の目的は、企業の保有する技術知識がどのように発展して付加価値の高い製品を創出するのか、技術知識の多様性とネットワークの発展プロセスから、その成功要因を明らかにするものである。

2. 先行研究

図1は、技術知識の保有・獲得から収益化までのプロセスを表したものである（① 技術知識の保有・獲得、②技術知識の発展、③革新製品の創出、④収益化）。その中において、本研究の範囲は点線で囲った範囲となっている。すなわち、どのような知識をどのように共有・活用して、新製品開発に繋がっているのかを分析するものである。

先行研究（表1）では、技術知識の多様性と収益性の相関関係といったマクロ視点のもの（先行研究①）や、ネットワーク効果に基づくイノベーションとの関係（先行研究②）といったものがあるが、本研究では技術知識の多様性を踏まえたネットワークの特徴と製品との結びつきを分析する点で異なっている。

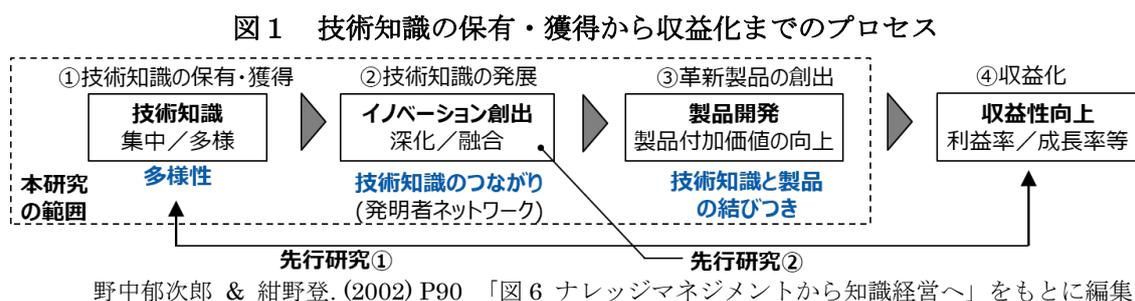


表1 先行研究一覧

先行研究	著者・タイトル	結論	本研究との違い
① 技術の多様性と収益性の関係	岩城康史. (2017). 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.	技術の多角化度が小さいほど企業価値を高めている	マクロ視点のものが多い (本研究では個々の企業戦略に焦点を当てる)
	中西敏之. (2022). 日本の製造業における研究開発の「選択と集中」とその効果	日本の製造業では、多くの産業で技術分野の「選択と集中」が利益率向上に繋がる	
② 技術ネットワークとイノベーション効果の関係	高木里実. (2009). 組織の変革と知識創造におけるネットワーク変化に関する研究	ネットワークがスモールワールド構造の場合、イノベーション効果が高い(出願数が多い)	ネットワーク効果が主であり、技術多様性の要素を含んでいない

3. 分析方法およびデータ

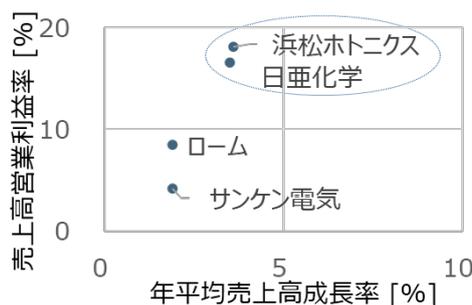
(分析対象企業)

まず、筆者の所属企業（サンケン電気）の企業規模に近い企業として、ローム・日亜化学工業（以下、日亜化学）・サンケン電気・浜松ホトニクス の4社を候補とした。

次に、4社の収益性を確認する。図2は、横軸に年平均売上高成長率（成長率）をとり、縦軸に売上高営業利益率（利益率）をとったものである。日亜化学と浜松ホトニクスの2社は、成長率及び利益率のいずれも他の2社と比較して高いことがわかる。

図2 対象4社の収益性比較

【利益率/成長率比較：2011-20年】



※売上高営業利益率は10年間の平均値

出所：筆者作成

さらに、この2社の製品技術開発のこれまでの実績を確認する。表2に示す通り、いずれもノーベル賞を支えた技術や製品を有する点で共通する。革新的な製品・技術開発を続けてきた実績のある企業といえる。以降は、この2社にフォーカスして分析を進める。

表2 対象2社の概要と実績

	日亜化学	浜松ホトニクス
概要	1956年設立 9,000人規模 (23年12月)	1953年設立 6,000人規模 (24年9月)
事業内容	光半導体事業：LED、レーザ 化学品事業：蛍光体、正極・磁性材料等	光半導体事業：フォトダイオード等 電子管事業：光電子増倍管 画像計測機事業：画像処理・計測装置
特徴	・青色LEDで中村修二氏がノーベル賞受賞 ・世界の革新的企業トップ100 (クラリベイト社)に6回選出	・ノーベル賞受賞した「①カミオカンデの研究」に光電子増倍管、「②ヒッグス粒子の実験」に光電子増倍管、フォトダイオードなどが使用される

日亜50年のあゆみ(2008)、日亜化学工業HP、浜松ホトニクスHPより

4. 分析結果及び考察

(技術知識の多様性比較)

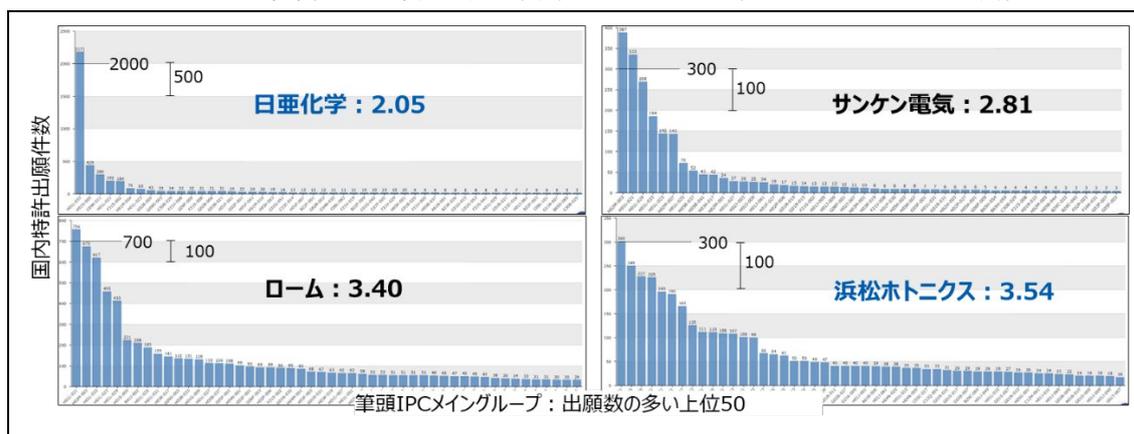
対象企業の保有する技術知識の多様性は、特許技術分類（IPC メイングループ）によるエントロピー指数で評価した。エントロピー指数（E）は下記式で表され、数値が大きいほど多様性が高いことを意味する。

$$E = \sum_{i=1}^n P_i * \ln \frac{1}{P_i} \quad P: \text{構成比}$$

図3に示す4つのグラフは、各企業における20年間の特許出願の技術分類の分布を示す。横軸に特許技術分類、縦軸は特許出願数をとった。ここでは、一つの技術分野に集中しているか、複数の技術分野に幅広く特許出願されているかを確認する。なお、図3内の企業名の横に付した数値がエントロピー指数である。

図3から明らかなように、多様性の低い方から、日亜化学(2.05) ⇒ サンケン電気(2.81) ⇒ ローム(3.40) ⇒ 浜松ホトニクス(3.54)の順となった。今回取り上げた日亜化学と浜松ホトニクスの2社は、対照的な位置付けであるといえる。なお、特許分析ツールは、Questel社のOrbitを使用した。

図3 筆頭IPCの分布(20年間：2001-2020年)とエントロピー指数

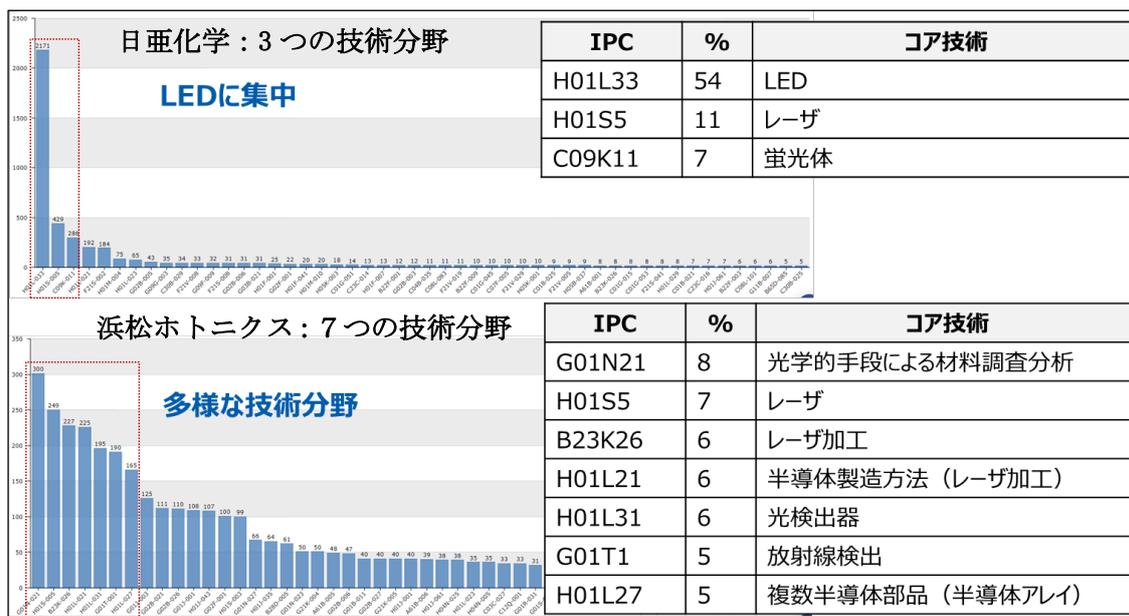


出所：筆者作成

(各社のコア技術)

日亜化学と浜松ホトニクスそれぞれのコア技術を特定し、図4に示す。条件としては、出願数が上位50のIPCにおいて5%以上の割合があるもの、かつ、20年間継続して特許出願があるものとした。図4より、日亜化学は3つのコア技術、特にLEDに集中していることがわかる。一方、浜松ホトニクスは、7つのコア技術が特定された。

図4 対象2社のコア技術



出所：筆者作成

(個社の詳細分析)

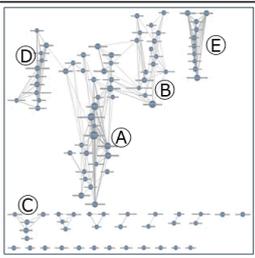
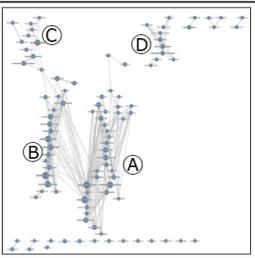
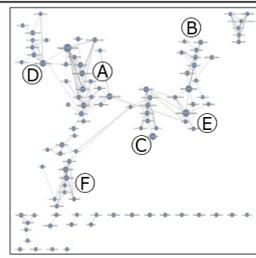
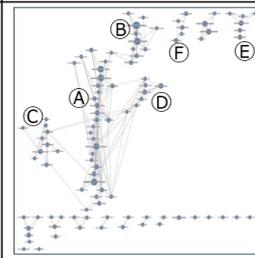
20年間を5年毎に区切り、各企業の発明者ネットワークの変化を確認する。ネットワーク図において、丸いマーク（ノード）は一人の発明者を示す。共同で特許出願を行うと、ノード間は線（紐対）で繋がる。この紐帯により、複数の発明者が共同で発明が行われたこと、すなわち、技術知識が共有されたことが把握できる。ノードと紐帯が集まって一つの塊になったものをコミュニティと呼ぶ。

ここでは、出願数の多い上位100名がどのような技術分野でコミュニティを形成し、年代ごとに変化したかを確認する。コミュニティは、コミュニティ内での出願数の多いものから6つ（A～F）を抽出し、各コミュニティを形成する技術分野を、その割合が大きい順に表内左側から列挙している。

日亜化学について

図5に、日亜化学の20年間を5年毎に区切った発明者ネットワークの変化を示す。特徴としては、①各年代のコミュニティには、全てのコア技術（青字）が含まれており、コア技術の継続性があること、②大きなコミュニティ間で（強い）繋がりがあること、③単独発明者は10人前後であること、の3つが挙げられる。

図5 発明者ネットワークの変化 (日亜化学)

	2001-05	2006-10	2011-15	2016-20
				
	単独ノード数: 14	10	13	8
(A)	蛍光体、LED、レーザ	LED、蛍光体	LED(リッドフレーム、反射要素)	LED、面状光源
(B)	レーザ、LED、結晶成長	LED、レーザ	LED、レーザ、映写機	蛍光体、LED
(C)	LED	LED	LED(反射要素、波長変換要素)	LED(反射要素、リッドフレーム)
(D)	結晶成長、LED、蛍光体	レーザ、LED	LED(波長変換要素)、 蛍光体	LED、レーザ
(E)	LED、高分子化合物	—	LED(反射要素、パッケージ)	LED、面状光源
(F)	—	—	LED(リッドフレーム、電極形状)	レーザ

出所：筆者作成

さらに、発明者ネットワークと革新的製品・技術との関連に焦点を充てて整理したものを図6に示す。2001-2010年間は、コア技術同士の組み合わせによる製品開発を行いながら、性能向上といった技術開発を実施している。2011-2015年間は、各コミュニティを形成する技術分野はいずれもLEDが中心となっている。さらに一階層下のIPC(サブグループ)を確認すると、LEDを構成する技術要素毎にコミュニティが形成されていた。これは、前5年間よりもさらにLED技術開発が深化したことを意味する。そして、2016-2020年間は、前5年間で深化させた技術を製品へと応用していることがわかる。具体的には、LED技術を面状光源に応用したNichia Light Clusterや、蛍光体技術に応用した自然光に近いLED(Optisolis)、体内リズム調整LED(Vitasolis)などである。このように、日亜化学は、①コア技術同士の組み合わせ、②コア技術を深化させて新製品開発へと応用するといった点が特徴である。図6内のアルファベット(A~F)は、図5のコミュニティを表している。

図6 発明者ネットワークと革新的製品・技術との関連 (日亜化学)

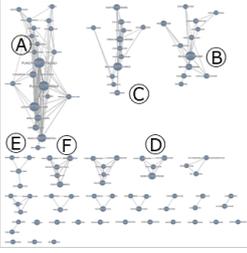
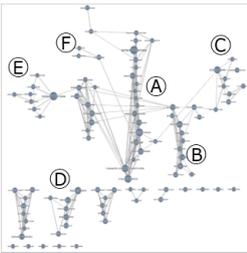
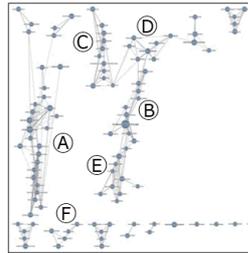
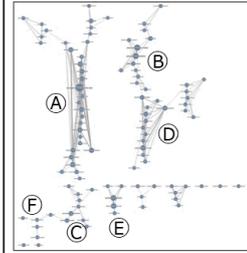
2001-05	2006-10	2011-15	2016-20
<p>(A) 蛍光体、レーザ</p> <p>(B) レーザ、LED</p> <ul style="list-style-type: none"> ・InGaNチップとYAG蛍光体の組合せによる黄色LED ・青色レーザと蛍光体の組合せによるレーザ白色光源 ・紫外LEDの性能向上 	<p>(A) LED、蛍光体</p> <p>(B) LED、レーザ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・青紫レーザダイオードの性能向上 ・白色LEDの性能向上 	<p>LED構成要素の技術開発</p> <p>(A) LED(リッドフレーム・反射)</p> <p>(C) LED(反射・波長変換)</p> <p>(E) LED(反射・パッケージ)</p> <p>(F) LED(リッドフレーム・電極)</p> <p>(D) LED(波長変換) 蛍光体</p> <p>(B) LED、レーザ、映写機</p>	<p>(A) LED、面状光源</p> <p>Nichia Light Cluster™ ディスプレイ用光源モジュール ※LEDの技術を応用し深化させることで、ディスプレイとしての本質性能と、機能性を両立(日亜化学HP)</p> <p>(E) LED、面状光源</p> <p>(B) 蛍光体、LED</p> <p>Optisolis™：自然光に近いLED ※青LEDと蛍光体技術を融合</p> <p>Vitasolis™ サーカディアンリズム調整LED</p>
<p>・プロジェクターに応用できる光出力3Wの青色レーザダイオード</p>			

出所：筆者作成

浜松ホトニクスについて

図7に、浜松ホトニクスの発明者ネットワークの変化を示す。特徴としては、①7つのコア技術のうち3つ(青字)はいずれの年代においても上位のコミュニティを形成しており、コア技術の継続性があること、②大きなコミュニティが形成されており、さらに、コミュニティ間で(弱い)繋がりがあること、③単独発明者は少ないこと、の3点が挙げられる。

図7 発明者ネットワークの変化(浜松ホトニクス)

	2001-05	2006-10	2011-15	2016-20
				
	単独ノード数: 13	9	5	6
(A)	レーザー加工	ガラス接着、レーザー加工	レーザー、レーザー加工、光制御	FP干渉計、分光、光検出器
(B)	レーザー	レーザー加工、光制御、光学材料分析	分光、光学材料分析、光検出器、(FP干渉計)	レーザー加工
(C)	測光、半導体アレイ、光学測定	レーザー	レーザー加工、距離センサ	光学材料分析、レーザー加工、光制御
(D)	放射線検出、半導体アレイ、光検出器	距離センサ、イメージセンサ	光検出器、放射線検出、半導体アレイ	レーザー、光制御
(E)	X線管、照射装置	分光、電離放射線を可視像に変換、光検出器	レーザー、光検出器	電氣的磁氣的材料分析
(F)	放射線検出、光検出器、半導体アレイ	電子管	酵素等測定、光学材料分析	放射線検出

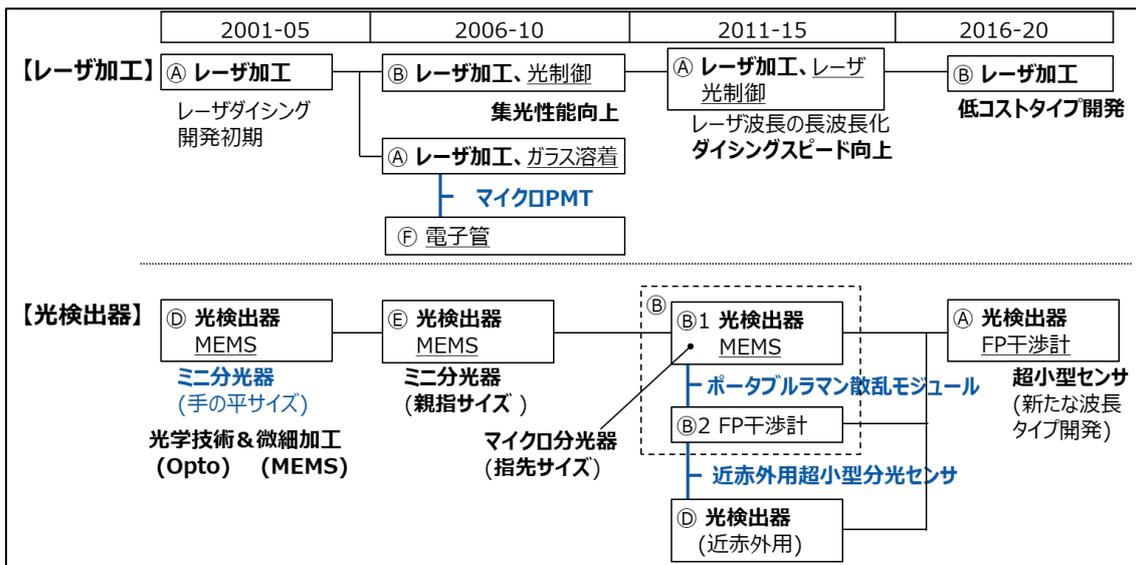
出所: 筆者作成

発明者ネットワークと革新的製品・技術との関連に焦点を充てて整理したものを図8に示す。まず、レーザー加工技術では、2001-2020年にわたり、性能向上を図る技術開発(集光性能向上など)を行っている。その一方で、2006-2010年の期間に、レーザー加工とガラス溶着技術に取り組むコミュニティ(A)が、電子管を開発するコミュニティ(F)と融合し、「マイクロPMT」を開発した。

光検出器では、手のひらサイズから指先サイズへと小型化を進める一方で、新たな周辺技術である「FP干渉計」と融合して、「ポータブルラマン散乱モジュール」を開発し、さらに、その「FP干渉計」と「近赤外用光検出器」のコミュニティが融合して、「近赤外用超小型分光センサ」を開発した。

このように、浜松ホトニクスは、コア技術を強化し、機能・性能向上を図る一方で、周辺技術と融合した新製品開発を行っている点が特徴である。

図8 発明者ネットワークと革新的製品・技術との関連 (浜松ホトニクス)



出所：筆者作成

ロームについて

ロームは、浜松ホトニクスと技術多様性が近いことで、比較例として取り上げる。図9に、ロームの発明者ネットワークの変化を示す。特徴としては、①6つのコア技術のうち、いずれの年代においても上位のコミュニティを形成しているものは1つ(青字)であり、コア技術の継続性は浜松ホトニクスと比較すると低いこと、②2006-2010年の期間を除いてコミュニティ同士の繋がりには少ないこと、③単独発明者の数が多いこと、の3つが挙げられる。

図9 発明者ネットワークの変化 (ローム)

	2001-05	2006-10	2011-15	2016-20
	単独ノード数：41	19	27	18
(A)	LED、レーザ	割合10%以上無いほど多様 コア技術は1つの出願もない	携帯電話、骨伝導スピーカ	半導体製造方法、 半導体細部
(B)	直流入出力変換	LED、半導体装置、レーザ	半導体細部、 半導体製造方法	半導体製造方法、直流入出力変換 (ゲート駆動回路)
(C)	有機EL駆動回路	画像処理、イメージセンサ	直流入出力変換	サーマルプリントヘッド、チップ抵抗
(D)	サーマルプリントヘッド、画像形成	LED、半導体製造方法	LED照明、電気的光源の回路装置	直流入出力変換
(E)	論理演算回路、半導体製造方法、LED	半導体製造方法 (データ保持・処理)	半導体装置	半導体装置
(F)	光通信モジュール、LED、半導体細部	レーザ、LED	直流入出力変換、電気的光源の回路装置	—

出所：筆者作成

(分析結果からの考察)

これまでの分析結果を図 10 にまとめた。日亜化学は、技術多様性の観点において技術分野は「集中」しており、ネットワーク変化の特徴として技術を「深化」させていることが把握できたため、「集中深化型」と位置付けた。他方で、浜松ホトニクスは、技術分野が「多様」であり、ネットワーク変化の特徴として技術を「融合」させていたことから、「多様融合型」と整理した。

図 10 対象企業の類型分け

	日亜化学：集中深化型	浜松ホトニクス：多様融合型	ローム(比較例)
技術多様性	集中 (特に LED) エントロピー：2.05	多様 エントロピー：3.54	多様 エントロピー：3.40
ネットワーク特徴 (技術知識の発展過程)	技術の 深化 ⇒ 製品開発へ応用	技術の 融合 ⇒ 製品開発へ応用	ノード数の大きなコミュニティは形成されていない
コア技術の継続性	高い LED・レーザ・蛍光体 ・最大コミュニティにコア技術含む	中 レーザ加工・レーザ・光検出器 ・最大コミュニティにコア技術含む	低い 半導体製造方法 ・最大コミュニティにコア技術が含まれない期間有
コミュニティの融合	コア技術同士 (強い繋がり)	コア技術と周辺技術 (弱い繋がり)	2006-2010 年の期間を除いて少ない
単独発明者 (平均値)	11 (100 人中)	8 (100 人中)	26 (100 人中)

他方で、両社の共通事項としては、次の通りである。

まず、コア技術の継続性を有していることである。これは、自社の強み技術を継続的に強化していると捉えることができる。

次に、コミュニティ間の繋がりが多いことである。日亜化学はコア技術同士においてコミュニティ間に強い紐対での繋がりが確認できた。これは、集中した技術分野内で、より密度の濃い技術知識の融合が行われていたものと考えられる。一方で、浜松ホトニクスは、コア技術と周辺技術との間で弱い紐帯での繋がりが見えた。この弱い紐帯は、両コミュニティをつなぐ橋渡し(ブリッジ)的な役割を果たしており、両コミュニティ間には普段接しない知識や情報が行き来することで、ラディカルなイノベーションが起りやすい状況が作り出されていると考えられる。

そして、単独発明者が少ないことである。これは、部門間を横断した組織的な知識融合の取組みが想定される。

5. 本研究の意義と課題

本研究から得られた示唆として、まず、革新的製品技術を有する企業の「技術知識の多様性」と「ネットワークの変遷」から2つの戦略モデルを提案した。1つは、日亜化学に見られた、技術知識を集中し、深化させることで新製品へと応用するモデル(集中深化型)である。もう一つは、浜松ホトニクスに見られた、技術知識に多様性を有し、周辺技術と融合さ

せて新製品を創出するモデル（多様融合型）である。

さらに、両者に共通する事柄としては、①自社の強み技術を継続強化すること、②異なる技術知識を融合した製品・技術開発の取組み、③組織的な知識融合（部門間を超えた繋がり）の 3 点が挙げられる。これらを意識した研究活動や製品技術開発が重要であると考えられる。

本研究の限界については、これまでの分析は日亜化学と浜松ホトニクスを対象とした分析であるため、発見事実の一般化に向けては、企業数を増やした分析が必要である。また、発明者ネットワークと革新的製品との結びつきに関しては、対象企業の一部の製品について検証したものである点にも留意が必要である。

主な参考文献

- 岩城康史. (2017). 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*, (19), 61-76.
- 高木里実. (2009). 組織の変革と知識創造におけるネットワーク変化に関する研究—企業の組織構造改革と共同発明ネットワークダイナミクス—.
- 中西敏之. (2022). 日本の製造業における研究開発の「選択と集中」とその効果 (Doctoral dissertation, International Pacific University).
- 日亜化学工業株式会社総務部編. (2008). 日亜 50 年のあゆみ. 日亜化学工業.
- 野中郁次郎 & 紺野登. (2002) 知識経営のすすめ—ナレッジマネジメントとその時代 (ちくま新書). 筑摩書房. Kindle 版. 102-117