

Title	コングロマリットの価値を最大化する頑強な研究開発ポートフォリオの設計
Author(s)	飯島, 良介; 若林, 秀樹; 田村, 浩道
Citation	年次学術大会講演要旨集, 39: 651-656
Issue Date	2024-10-26
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/19644
Rights	本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management.
Description	一般講演要旨

2B08

コングロマリットの価値を最大化する頑強な研究開発ポートフォリオの設計

○飯島良介, 若林秀樹, 田村浩道 (東京理科大学経営学研究科技術経営専攻)
8823201@ed.tus.ac.jp

1. はじめに

複数の技術領域にまたがる多様な事業で構成されるコングロマリットの研究開発では、縦割り志向の事業部研究所と共通基盤志向の中央研究所の2つのスタイルを戦略的に選ぶことが可能である。特に後者は、様々な知識と事業に関わる技術テーマが混在する独特の機会を提供し、専門企業は持ちえない固有の選択肢である。研究開発ポートフォリオは、こうした多数の技術テーマを個別の資産と見立てて構成した集合体であるが、金融資産のポートフォリオであれば資産間の独立性が歓迎されるのとは対照的に、技術テーマ間では独立性よりもむしろ連動性が期待される。すなわち、コングロマリットは、事業だけでなく研究開発においても、価値のディスカウントなしにシナジーの発揮が求められる。

本稿では、コングロマリットの特徴を活かして収益機会に備える、頑強な研究開発ポートフォリオの設計指針を検討する。多様な技術テーマへの限られた資源の配分では、個別テーマのリスクリターンに整合させるだけでは不十分であり、蓄積した技術知識を散逸や陳腐化させずに融合し、持続的に事業と結び付ける仕組みを、複数テーマ間の互助関係に基づき設計することが鍵と考える。特に、研究開発の中にある知識蓄積と事業化の2つの活動を認識したうえで、それぞれで発揮するシナジーの質と強度を分析し、多様な技術テーマが混在することのポテンシャルを最大化することで、未来のあるべき研究開発ポートフォリオとなる適正な資源配分が決定できる可能性を示す。

2. 先行研究

研究開発ポートフォリオマネジメントの論点は、資源を区分けする評価軸の選び方、資源配分を最適化するための目的関数のモデル化、定量的に取り扱うための指標の計測手法にある。宗澤[1]は戦略性と独創性の2軸で構成する4象限で研究開発資源の配分を適正化することの有用性を議論した。若林[2]は、研究開発ポートフォリオの構成要素に公益・私益の概念を取り込み、特に公共性が強い研究開発の位置づけを整理した。松本ら[3]は優位性と将来性の2つの指標で研究分野を4つの類型に分類するフレームワークと各指標の具体的算定方法を提示し、国内研究開発の資源配分状況を把握した。枇々木[4]は金融工学手法を応用して、研究開発のリスクを考慮した資本予算モデルを提示し、仮想データを用いて最適解の振る舞いを議論した。北口ら[5]は研究開発における技術と市場に対峙する組織能力の深化と探索を評価軸とするフレームワークを提示し、経営陣の投資志向に応じた資源配分を試算した。松井ら[6]は「知識」を生産性概念のキーワードに据えて、企業の研究開発活動と事業活動の生産性の測定を試みた。松行ら[7]は、研究開発活動に邁進する企業のケーススタディーに基づき、組織内のイノベーションプロセスをミクロな視点から考察し、シナジー概念を正しく認識することの重要性を説いた。これら数多くの議論があるものの、技術テーマ間のシナジーを評価軸として、研究開発ポートフォリオを分析する例はみられない。また、幅広い技術領域にまたがる技術テーマ間のシナジーの質や強度の評価手法そのものの議論も少ないようである。

3. 仮説

多様な技術テーマで獲得した知識が散逸や陳腐化することなく融合し、持続的に事業に結びつく、頑強な研究開発ポートフォリオを探索したい。2つ以上の技術テーマが発揮する望ましいシナジーの質と強度を正しく評価することができれば、それらの総和を最大化することで、所望の資源配分を定めることができるであろう。ここで、望ましいシナジーとは如何なるものであろうか。研究開発が知識蓄積と事業化の少なくとも2つの別種の活動で構成されることを踏まえると、2つの活動を通じて発揮するシナジーを分析することで、資源配分を定めるための良い指標が得られると考える。そこで、仮説「頑強な研究開発ポートフォリオは、多様な技術テーマが知識蓄積と事業化を通じて発揮する総合的なシナジーを最大化することで構築可能である」を立て、これを検証する。

4. 検証

本節では、コングロマリットを仮想的に設定し、資源配分の対象となる技術テーマを具体的に列挙したうえで、知識蓄積と事業化それぞれで発揮するシナジーの分析を経て、ポートフォリオ構築に至る一連の手続きを提案し、仮説を検証する。

4.1. 仮想コングロマリットの技術テーマの選定

現代社会が直面する世界規模の課題に挑む技術テーマを具体的に複数選定する。国内産業の競争力強化等の国家戦略的視点と、個々の国内企業の経営戦略的視点、これら2つの視点をバランスよく加味するため、国内調査機関の報告書と国内総合電機の投資家向け情報を参考にした。例えば、JST 研究開発戦略センター (CRDS) は2023年の報告書[8]にて、先端重要な研究開発領域を環境エネルギー・システム情報・ナノテク材料・ライフ医学の4分野に大別したうえで、動向を注視すべき計121の研究開発領域のリストを提示している。他方、総合電機の例として、日立製作所は研究開発戦略説明会[9]にて、2050年からのバックキャストに基づき技術群の社会的インパクトの大小を比較している。また三菱電機[10]は、社会課題解決による顧客価値の創出のための4つのキーワードを挙げて、技術群を区分けしている。これら各機関の動向を踏まえて技術テーマを選定するにあたって、資源配分を変えた場合の影響とその背後にあるメカニズムの理解が容易となるよう、技術テーマの数を可能な限り少なくする。また、一般性を著しく損なうことのないよう、可能な限り幅広い技術領域を網羅し、特定の技術領域に偏ることのないよう配慮する。これらの方針のもとで選出した5つの技術テーマを表1(a)に示す。

表1 (a) 5つの技術テーマ (b) 技術テーマの10通りのペア (出所:[5],[6],[7]等に基づき筆者作成)

(a)		(b)
技術テーマ (略称)	概要	技術テーマのペア (10通り: 5×4÷2)
#1	量子セキュリティ (量子)	(量子, CO2) (量子, 超電導) (量子, 知能ロボ) (量子, エネマネ) (CO2, 超電導) (CO2, 知能ロボ) (CO2, エネマネ) (超電導, 知能ロボ) (超電導, エネマネ) (知能ロボ, エネマネ)
#2	CO2分離・回収・利用 (CO2)	
#3	超電導推進器 (超電導)	
#4	知能化ロボティクス (知能ロボ)	
#5	エネルギーマネジメント (エネマネ)	

シナジーの質と強度は、掛け合わせる技術テーマに強く依存すると考えられる。また、掛け合わせる技術テーマの数は2つ以上で、原理的には高次の掛け合わせも存在するであろう。本稿では、2つの技術テーマが創出するシナジーが、より高次のシナジーと比べて支配的であるとの仮定の下で検証を進める。5つの技術テーマからは、表1(b)に示す10通りのペアが構成可能であり、よって、これら10通りのペアそれぞれが発揮するシナジーの質と強度を評価する。シナジーの評価にあたっては、知識蓄積に伴い発揮するシナジーと、事業化に伴い発揮するシナジーを別々に評価し、これらを合わせた総合的なシナジーが最大化する資源配分を探索する。

4.2. 知識蓄積に伴い発揮するシナジー

研究員等の限られた研究開発資源を1つの技術テーマに集中せず、2つの技術テーマに配分したときの、情報流通の様相の変化を分析することで、知識蓄積に伴い発揮するシナジーの質と強度を評価する。ここで、獲得した知識を一旦蓄積し、後に活用する、段階的なプロセスに着目しモデル化を試みる。このプロセスを、「知識は学術分野ごとに区分けされた書庫に格納され、再び書庫から呼び出されて利用される」描像でとらえると、このような情報流通の分析にとって相応しい学術分野を規定する必要がある。天野ら[11]は自然科学領域の学術雑誌5964誌に掲載された論文間の引用被引用関係を解析することで、学術雑誌を22のクラスタに仕分け、個々のクラスタは一定粒度の学術分野に対応付くことを示した。また天野ら[12]は、これらの学術分野間の引用被引用件数を一覧する22×22行列を解析することで、学術分野間の影響関係を定量的に評価した。本稿では、これら天野らが定義した学術分野の区分と影響関係に立脚してモデルを構築することとし、その情報流通の過程は、

- ・ある技術テーマが獲得した知識は、22の学術分野の中の関係が深い分野に分割して格納される
- ・格納された知識は22分野を横断して伝播し、この伝播は22×22行列の確率に則って生起する
- ・別の技術テーマは、関係の深い分野に伝播してきた知識を吸収し利用する

と、格納・伝播・利用の段階的なものとなる。このモデルには、技術領域が表面的には異なる2つの技術テーマであっても、学術分野間の知識の伝播が仲介役を担うことで、一方が蓄積した知識を他方が活用する機会が生まれる特徴がある。

表2 (a)技術テーマが関連する学術分野 (b)学術分野を横断する知識の伝播確率

(a)						(b)										
学術分野	量子	CO ₂	超電導	知能ロボ	エネマネ	知識の受け手 \ 知識の出し手	数学	数理工学	情報工学	エネルギー工学	機械工学	応用化学	材料工学	物性・光学	基礎化学	気象・環境学
数学	△	-	-	-	-	数学	1e-5	2e-7	7e-7	4e-8	4e-7	5e-9	9e-9	1e-7	8e-9	1e-8
数理工学	-	-	-	○	◎	数理工学	3e-7	1e-5	8e-7	1e-7	2e-7	2e-8	1e-7	2e-7	1e-8	1e-7
情報工学	◎	-	-	◎	-	情報工学	6e-7	8e-7	8e-6	2e-7	3e-7	2e-8	5e-8	1e-7	2e-8	6e-8
エネルギー工学	-	○	-	-	○	エネルギー工学	4e-8	7e-8	1e-7	1e-5	6e-7	7e-7	3e-7	1e-7	5e-7	5e-7
機械工学	-	-	◎	△	-	機械工学	4e-7	1e-7	4e-7	7e-7	1e-5	3e-7	7e-7	2e-7	3e-8	3e-7
応用化学	-	△	-	-	-	応用化学	7e-9	9e-9	1e-8	8e-7	3e-7	2e-5	6e-7	2e-7	1e-6	9e-8
材料工学	-	-	△	-	-	材料工学	4e-9	8e-8	4e-8	3e-7	5e-7	5e-7	8e-6	7e-7	5e-7	3e-8
物性・光学	○	-	○	-	-	物性・光学	2e-7	2e-7	2e-7	2e-7	3e-7	4e-7	9e-7	5e-6	8e-7	1e-7
基礎化学	-	◎	-	-	-	基礎化学	7e-9	5e-9	2e-8	6e-7	4e-8	2e-6	5e-7	6e-7	1e-5	1e-7
気象・環境学	-	-	-	-	△	気象・環境学	4e-8	6e-8	5e-8	6e-7	3e-7	1e-7	4e-8	1e-7	2e-7	1e-5

◎:大いに関係、○:関係、△:やや関係
出所:筆者作成

出所:天野ら(情報メディア研究 2009, 2013)による学術雑誌の分類と雑誌間の引用被引用件数の解析結果に基づき筆者が作成

5つの技術テーマそれぞれが関係する学術分野を表2(a)に示す。議論を単純化するため、技術テーマごとに関係の深い上位3つの学術分野のみに焦点をあて、他の学術分野との関係はないものとして無視をした。尚、5つの技術テーマいずれとも関係しない学術分野は表に記載していない。表2(b)は学術分野を横断する知識の伝播を表す22×22行列の一部である。行列の各要素は、一方の学術分野から他方の学術分野への伝播確率を示し、対角成分は同一の学術分野の中に閉じた知識の還流、非対角成分は異なる学術分野への知識の拡散と融合に対応する。ここで、研究開発資源を1つの技術テーマに集中する場合よりも、2つに配分する場合のほうが、知識の格納・伝播・利用に関与する学術分野の実効的な数が多い点に注意が必要である。特に、関与する学術分野の数nの増大に伴い、知識を還流させる対角成分の経路の数はnの1乗に比例するのに対し、知識の拡散融合を促す非対角成分の経路の数はnの2乗に比例して著しく増大する。前者は特定の学術分野の知識の深掘りを、後者は異なる学術分野の知識の多様化に繋がることから、深掘りと多様化の間にはトレードオフの関係が発生する。

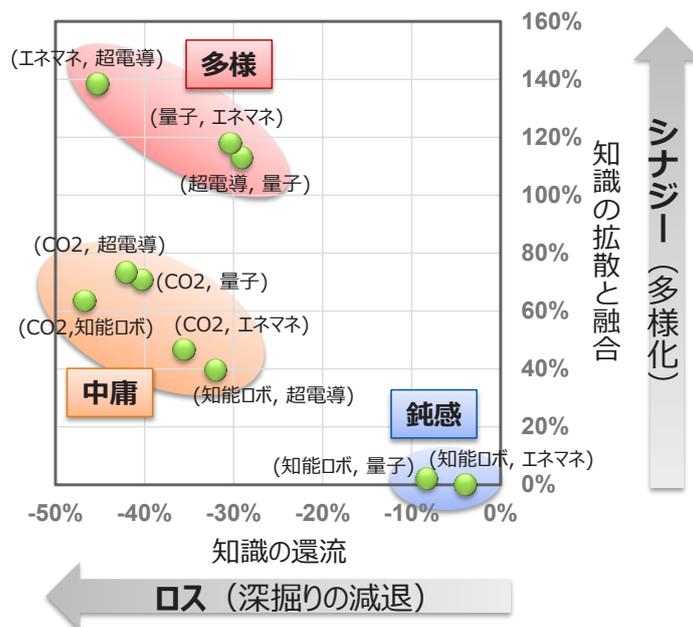


図1 知識の多様化と深掘りのトレードオフ関係 (出所:筆者作成)

技術テーマの 10 通りのペアそれぞれについて、資源の配分によって知識の多様化が進むシナジー（縦軸）と、知識の深掘りが減退するロス（横軸）とを、表 2 の学術分野の重みづけと知識伝播の確率に基づき試算した結果を、図 1 に示す。資源配分に伴い知識の多様化が著しく進むペア（例、「エネマネ」と「超電導」）が存在する一方で、資源配分の影響をほとんど受けないペア（例、「知能ロボ」と「エネマネ」）も存在する。10 通りのペアは特徴的な 3 つのグループに分かれ、左上の「多様」グループから右下の「鈍感」グループへと順に、シナジーの強度の高さに序列をつけることができる。

4.3. 事業化に伴い発揮するシナジー

各技術テーマが関与する事業の特性を分析することで、事業化に伴い発揮するシナジーの質と強度を評価する。国家プロジェクトの公開情報や国内総合電機の投資家向け情報から、課題設定や解決手段が 5 つの技術テーマと類似する研究開発案件を抽出し、その案件の企画と計画を参照することで、各技術テーマの一般的に期待される社会実装時期と技術 KPI をまとめた結果を表 3 に示す。

表 3 技術テーマの社会実装時期と関与する事業セグメント（出所：筆者作成）

技術テーマ	社会実装時期	技術KPI	事業セグメント			
量子	～2030年	km、bit/秒	—	通信機器	通信インフラ	セキュリティサービス
CO2	2030～35年	kWh/トン、kg/h	—	産業機器	プラント	—
超電導	2035年～	MW	—	動力機器	—	—
知能ロボ	～2030年	%、非数値	—	FA機器	物流インフラ	社会ソリューション
エネマネ	2030～35年	非数値	—	—	電力インフラ	電力ソリューション

部品
セット
システム
サービス

社会実装時期を、2030 年まで・2035 年まで・2035 年以降の 3 つに時期に区分し、各技術テーマの社会実装時期を互いに比較すると、同じ時期（同時）・隣り合う（連続）・離れている（乖離）の 3 つの場合に仕分けすることができる。社会実装時期を収益発生時期と同等とみなすと、これらは収益の継続性の指標となる。一方、技術 KPI の単位や値は、その技術テーマに内在する本質的価値を映し出しているため、そこから生まれる製品と、製品が関与する複数の事業セグメントを推定することが可能である。若林らの提唱する経提営重心理論[13]によれば、事業セグメントを部品・セット・システム・サービスの階層に種別すると、それぞれの階層ごとに事業の固有周期と桁数は概ね同等で、同一階層に属する事業セグメントは互いに親和性が高いと考えられる。ここで、各技術テーマが関与する事業セグメントを互いに比較したときに、同一階層に属するセグメントの数が、事業の親和性の指標となる。

表 4 事業親和性と収益継続性の観点からみたシナジー（出所：筆者作成）

		同一階層に属する事業セグメントの数（事業親和性）			
		3セグメント	2セグメント	1セグメント	ゼロ（親和性なし）
社会実装時期 の前後関係 (収益継続性)	同時	(知能ロボ, 量子)		(CO2, エネマネ)	偏在
	連続 (継続性あり)		隣接 (量子, エネマネ) (CO2, 知能ロボ) (量子, CO2) (知能ロボ, エネマネ)	(CO2, 超電導)	(エネマネ, 超電導)
	乖離			(量子, 超電導) (知能ロボ, 超電導)	離散

表 4 は、技術テーマの 10 通りのペアそれぞれの、社会実装時期および事業セグメントの特徴をまとめている。10 通りのペアは性質の異なる 3 つのグループに分かれ、中央に位置する「隣接」グループは事業親和性と収益継続性を適度に兼ね備え、2 つの技術テーマの間のシナジーの存在が認められる。一方、上方に位置する「偏在」グループは、収益の発生が一時に偏り、技術テーマ間のシナジーは乏しい。従って、事業親和性と収益継続性の観点から、「隣接」「離散」「偏在」の順に、シナジーの強度の高さに序列をつけることができる。

4.4. 総合的なシナジー

前節までの分析で、知識蓄積と事業化それぞれで発揮するシナジーの強度を、個別に3水準で格付けした。知識蓄積と事業化を2軸として9象限を構成すると、10通りの技術テーマのペアは表5のように分類される。左側または上側の象限に属する技術テーマのペアほど、右側あるいは下側のペアよりも大きなシナジーを発揮する。従って、「量子」と「エネマネ」のペアは両方の技術テーマを一括で優先的にポートフォリオに組み入れることが望ましく、他方、「知能ロボ」と「量子」のペアは同時に組み入れる積極的な理由が乏しいことが分かる。ここで各象限にシナジーの強度を反映するスコアを付与すれば、スコアを各技術テーマへの資源配分で重みづけした合計値を、ポートフォリオがもつ総合的なシナジーの強度と見なすことができる。この総合的なシナジーを最大化するよう資源を配分することで、技術領域をまたぐ多様な技術テーマから大きなシナジーが創出し、価値のディスカウントのない頑強なポートフォリオを構築できると考える。

表5 知識蓄積と事業化の2軸によるシナジーの9象限分類 (出所:筆者作成)

		事業化のシナジー		
		強い	強い	強い
知識蓄積のシナジー	強い	隣接 (量子, エネマネ)	離散 (エネマネ, 超電導) (量子, 超電導)	偏在
	中庸	(量子, CO2) (CO2, 知能ロボ) (CO2, 超電導)	(知能ロボ, 超電導)	(CO2, エネマネ)
	鈍感	(知能ロボ, エネマネ)		(知能ロボ, 量子)

5. 考察

総合的なシナジーを最大化する資源配分を実際に決定するには、表5の9象限それぞれに対して、シナジーの強度を反映するスコアを付与する必要がある。ここで、スコア付与には自由度があり、縦方向のスコア変化率（知識に関わる傾斜）と横方向のスコア変化率（事業に関わる傾斜）の、一方を激しく他方を穏やかに設定する裁量の余地がある。この任意性は、「知識多様化」と「事業親和性と収益継続性」のいずれの側面のシナジーを重視するか、研究開発戦略の選択の幅を意味している。研究開発戦略に則って9象限スコアを4通り変化させ、それぞれ総合的なシナジーを最大化する資源配分を算出した。図2は算出結果を示し、4つのポートフォリオが互いに異なる様子を確認できる。この結果は、採用する研究開発戦略に依存して、適切なポートフォリオが変化しうることを示している。

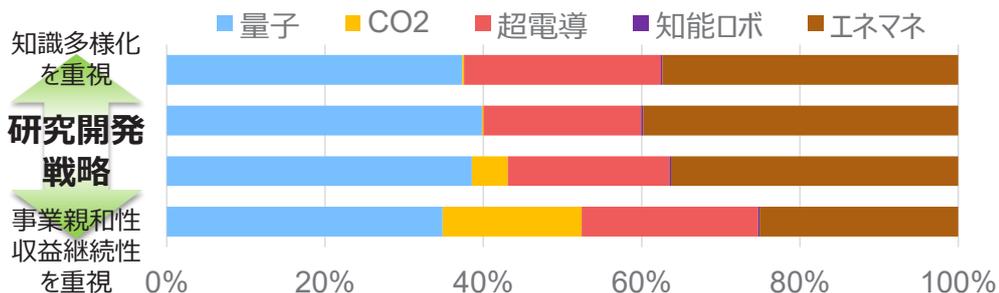


図2 総合的なシナジーを最大化する資源配分 (出所:筆者作成)

各技術テーマの組み入れ比率に目を向けると、「知能ロボ」の比率はゼロであり、「CO2」もまた研究開発戦略の取り方によってはゼロとなる。これらの結果は、コングロマリットの特徴を活かすよう、技術テーマ間のシナジー発揮をポートフォリオ設計の主眼とする場合であっても、闇雲に数多くの技術テーマを組み入れることは必ずしも得策ではないことを示している。「知識多様化」あるいは「事業親和性と収益継続性」といった、望ましいシナジーをより効率的に生み出す技術テーマの組み合わせだけに絞り込み、これらのシナジーに寄与しない技術テーマはポートフォリオから積極的に切り離すことこそ重要と考えられる。

6. おわりに

コングロマリットの特徴を活かす研究開発ポートフォリオの設計指針を検討した。異なる技術領域にまたがる技術テーマから、大きなシナジーを獲得するよう適正な資源配分が重要と考える。特に、研究開発の中の知識蓄積と事業化の2つの活動に着目し、技術テーマのペアごとの互助関係を分析するフレームワークを提案し、知識多様化と事業親和性や収益継続性の両面から創出する総合的なシナジーを最大化するよう手続きをふむことで、あるべき資源配分を決定できる可能性を示した。その結果、闇雲に数多くの技術テーマに資源を配分するよりも、むしろ、望ましいシナジーを効率的に発揮する技術テーマのペアを一括して優先的に組み入れることが、価値ディスカントのない頑強な研究開発ポートフォリオ構築の鍵となることが示唆された。

本稿では具体的に5つの技術テーマを選定し検証を行ったが、更に数多くの技術テーマを対象とする場合、あるいは将来的に新たな技術テーマの出現を想定する場合など、実際の研究開発を取り巻く複雑な境界条件下での議論の成立性については、今後、より詳細な検討が必要と考える。

参考文献 (URL は 2024 年 9 月 14 日にアクセス)

- [1] 宗澤拓郎, 戦略性・独創性を2軸とする研究開発ポートフォリオ・マネジメント方式の提唱, 研究技術計画, 11巻(1997), 1_2号 p. 124-136
- [2] 若林, 公益と利益の両利き時代のR&D政策と戦略の検証と提言, 研究イノベーション学会年次学術大会講演要旨集, 36, 804-809(2021)
- [3] 松本久仁子, 研究ポートフォリオ・マネジメントに関する分析フレームワーク (ARPM 分析) の提案と試行的分析, 科学技術・学術政策研究所, DISCUSSION PAPER No.169 (2019)
- [4] 枇々木規雄, 研究開発プロジェクト選択問題に対する平均・分散アプローチによる資本予算モデル, 日本オペレーションズ・リサーチ学会 和文論文誌, 50巻, 15-41(2007)
- [5] 北口貴史, 両利きの経営における研究開発ポートフォリオマネジメント: ビジョンオリエンテッドコンセプトの可能性, 研究イノベーション学会年次学術大会講演要旨集, 35, 98-101(2020)
- [6] 松井好, 研究開発の知識生産性分析, 研究イノベーション学会年次学術大会講演要旨集, 12, 247-252(1997)
- [7] 松行彬子, 研究開発過程における相互学習とシナジー効果, 研究イノベーション学会年次学術大会講演要旨集, 15, 52-55(2000)
- [8] 科学技術振興機構研究開発戦略センター(CRDS), 我が国における先端・重要な研究開発領域の特定に関する試行分析(2023)
- [9] 日立製作所, 研究開発・知財戦略説明会 (2022), https://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2022/12/1205/20221205_01_rd_presentation_ja.pdf
- [10] 三菱電機, 研究開発戦略(2019), <https://www.mitsubishielectric.co.jp/news/2019/0213-a.pdf>
- [11] 天野晃・児玉閲, 引用に基づく雑誌クラスタリング法の開発, 情報メディア研究, 2009, Vol.7, No.1, p.63-73
- [12] 天野晃, 引用に基づく自然科学領域における学術研究分野間の関係, 情報メディア研究, 2013, Vol.12, No.1, p.28-41
- [13] 若林秀樹, 経営重心, 幻冬舎 2015