

【レフリー原著・研究論文 (BMA 論文区分)

特許情報を用いた技術の多様性分析による「技術の S 字カーブ」の解明

久保 真澄・北 寿郎

技術領域が異なる複数のイノベーションシステムからなる産業の「技術の S 字カーブ」について、産業ライフサイクルを分析する方法を試みた。従来手法の「技術の S 字カーブ」に本研究で提案する特許情報を用いた「技術の多様性」分析を組合せることで、技術領域における多様度の変化とイノベーションシステムの誕生との関係性を見出した。この手法の活用することで、適切な高度の視点から俯瞰的に複数のイノベーションシステムの動きを捉えた企業戦略が可能であることを考察した。

キーワード：イノベーションシステム、産業ライフサイクル、技術の多様性

Elucidation of "Technology S-curves" by Analyses of Technological Diversity using Patent Information.

Masumi Kubo, Toshiro Kita

We attempted to analyze the industrial life cycle of "Technology S-curves" for industries having multiple innovation systems. By combining analysis of "technological diversity" using patent information proposed in this research to "Technology S-curves" of the conventional method, the relationship between the change of the technological diversity and the birth of the innovation system was found. By utilizing this method, we can grasp the movements of multiple innovation systems in a bird's-eye view from an appropriate high-level perspective, and examine possible strategies.

Keyword: innovation system, industry life cycle, technological diversity

1. はじめに

現在、当たり前のように「一人が一台以上」の電子ディスプレイが搭載された電子機器を保有している。その電子ディスプレイの主役が液晶ディスプレイ (LCD) であることは明らかである。LCD 産業はデジタル時

計や電子式卓上計算機などの数字表示用ディスプレイから始まったが、その当時に将来においてデジタルテレビやスマートフォンなど多岐にわたって利用される現在の姿を容易に予測することはできたであろうか。

LCD 産業の歴史を「普及曲線」や「技術の S 字カーブ」として全体を俯瞰することは可能であるが、LCD 産業の初期段階において産業の行末を分析することは簡単ではない。仮に現在に見られるような LCD の普及が容易に分析可能であれば、LCD と同じ電子ディスプレイでありながら 2013 年には国内生産が終息することになるプラズマディスプレイ (PDP) に多くの日本電機メーカーが巨額の投資をすることなく、そのリソースを LCD へ集中することが出来たのではないだろうか。本研究では、従来の「普及曲線」や「技術の S 字カーブ」に頼った将来分析では不十分であると考え、特許情報を用いた技術の多様性分析を組合せる新たな手法を組合せることで、「技術の S 字カーブ」の本質を解明し、産業の将来分析を可能とすることを目標としている。

2. 何故「技術の S 字カーブ」の解明が重要なのか

あらゆる産業には規模と寿命において、それぞれの産業に固有のライフサイクルが存在する。また、産業のライフサイクルは企業のビジネスモデルや戦略に大きな影響を与える。いかに企業が一般的に正しいと言われる戦略を策定したとしても、産業ライフサイクルとして規模が小さく、寿命が短い産業に対しては得られるものは少ないものとなる。よって、戦略策定には産業ライフサイクルの正確な分析と見極めが非常に重要であると考えられる。しかしながら、産業ライフサイクルの分析については、生産や販売の実績に基づく成長率分析や、マーケティングを用いた市場動向調査などの手法に留まっており、正しい戦略策定を行うために必要となる分析精度には至っていない。本研究では、技術領域の本質を理解することにより企業が正しい戦略を策定し、継続的な価値創造を可能とする、高精度な産業ライフサイクル分析を視点とした、技術の探索・深化・普及メカニズムの研究を目的とする。

産業ライフサイクルの分析を行う上で、その産業がどのような技術領域を基盤として構成されているかは重要な情報となる。産業ライフサイクルにおける技術領域の経時変化には「技術の S 字カーブ」が密接に関連している。Fig.1 に技術の S 字カーブと産業ライフサイクルの関係を示す。横軸は時間、技術の S 字カーブの縦軸は技術的成果、産業ライフサイクルの縦軸は生産規模として模式的に図示している。破線で図示する技術の S 字カーブが立ち上がってから、その後に実線で図示する産業ライフサイクルが立ち上がるので、産業ライフサイクルの分析には、時間軸として先行する「技術の S 字カーブ」の変化を分析することが有効と考えられる。

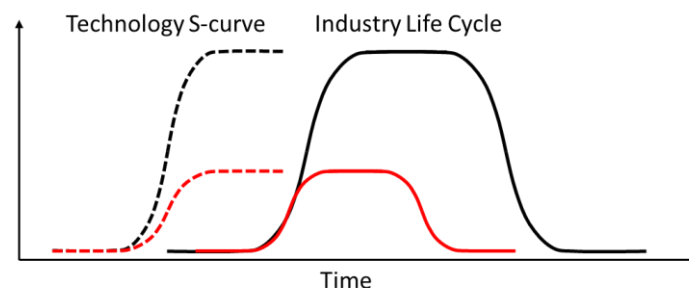


Fig.1 The relationship between the technology S-curve and the industry life cycle

しかしながら、「技術の S 字カーブ」の理論は経験則に基づく概念的な考え方に留まっている。本研究では、技術領域の本質である「技術の多様性」について着目し、「技術の S 字カーブ」の各段階において技術領域が

どの様に変化するのかを特許情報を用いて分析・検証することにより、「技術の S 字カーブ」の本質を明らかにすると共に、それに基づく新しい技術領域の評価・分析手法を提案することを目指とする。

本研究ではディスプレイデバイス業界を対象として特許情報分析を行った。ディスプレイデバイス業界では、1990 年代後半から 2010 年代前半にかけてテレビ用ディスプレイデバイスの絶対的王者として君臨していた CRT の置き換えを目指して、PDP と LCD の二つの技術が熾烈な競争を行い、結果として LCD に収斂した。目的を同じくして PDP、LCD の二つの技術がほぼ同時期に産業として立ち上がり、多数の電機メーカーが巨額投資を行いながらも小規模かつ短期間に終息した PDP 産業に対して、現在においても用途と規模の拡大を継続している LCD 産業の技術領域における特許情報の経時変化を比較分析することにより、技術領域の本質である幅（多様性）と奥行き（限界）について「技術の S 字カーブ」の各段階との関連性から法則を見出し、高精度な産業ライフサイクルの分析を行う新たな手法を提案する。

3. 「技術の S 字カーブ」に関する先行研究

「技術の S 字カーブ」に関する先行研究について整理を行う。Griliches (1957) により、技術に対して S 字カーブを用いた、既存技術から新規技術への置換に対する最初の研究が報告された。以降、1960 年代初頭において技術分析に S 字カーブが使われるようになった。例えば、Mansfield (1961) は、イノベーションの普及が革新的企業を模倣する速度に依存すると述べている。Rogers (1962) は、S 字カーブにおける Earlier Adopters から始まり、Take-Off 後の Later Adopters に至るまでの技術の拡散プロセスを論じている。Fisher and Pry (1971) は、既存技術から新規技術への置換における単純モデルを提案している。

ここまでは、技術の普及が S 字カーブに沿うとしながらも、技術領域の成長と変化を対象にしているのではなく、生産量や普及率などに代表される、その技術が導入された産業におけるアウトプットによる間接的な技術的成果を評価していた。つまり、新技術が導入された製品がどのように普及・拡大するか、という視点の調査研究である。技術のレベルが変化する時期と、産業において技術が導入されて生産・普及する時期にはずれが存在する。よって、技術領域の変化そのものを分析しているのではなく、あくまでも研究の対象は産業であり、新技術が導入された産業の普及メカニズムの解明と分析に留まっていた。

続いて、研究の対象が産業ではなく、技術領域となった先行研究について整理する。Arthur (1981) は技術変化の評価を目的として、「技術のライフサイクル」の概念を提案している。技術のライフサイクルを 4 段階に分類し、技術の特徴を次のようにまとめた。第 1 段階の導入期では、競争力が低く、製品・プロセスとの統合が少ない「新技術 (a new technology)」が特徴である。第 2 段階の成長期では、製品・プロセスとの統合はまだ少ないが、競争力が高い「使えそうな技術 (pacing technologies)」が生まれる。第 3 段階の成熟期では、高い競争力を維持しつつ、いくつかの使えそうな技術は製品・プロセスと統合されて「主要技術 (key technologies)」へと変化する。第 4 段階の飽和期では、技術の競争力は低下し「基盤技術 (a base technology)」となり、次の「新技術」によって置き換えられる可能性が生まれる。Arthur の技術のライフサイクルに関する概念は、技術の S 字カーブの基本となる考え方ではあるものの、具体的な提案までには至っていない。

次に、Foster (1988) は技術のライフサイクルの概念に基づき、技術の S 字カーブ理論を展開した。技術開発において S 字カーブを描く理由について、期間を 3 段階に分類して説明している。

- ・初期段階：なかなか成果があがらず、開発の足取りは遅々として進まない。
- ・普及段階：開発を前進させる鍵となる情報が集まり、全ての制約が一挙に取り払われ、急速に進展する。

・成熟段階：開発に多額の資金を注ぎ込むにつれ、技術進歩が困難かつ高くつくようになる。

Foster は横軸を労力（資金）、縦軸を技術的成果として技術の S 字カーブを表し、新技術の登場時にその新技術を採用するのか、それとも現行技術を継続するのかという「技術選択におけるジレンマ」の要因について説明した。そのジレンマへの対応法として、技術の S 字カーブにおける「変曲点」を見極めることが重要であると指摘している。しかしながら、縦軸の「技術的成果」という定義が非常に曖昧なため、複雑でかつ多岐の分野に広がる技術で構成される産業においては、縦軸の定量化は困難であった。よって、Foster が提唱した技術の S 字カーブは概念的な理論として扱われるに留まっていた。

Christensen (1997) は、この技術の S 字カーブが技術戦略を考える上で最も重要なものとして捉えて、縦軸に「価値」という定義を導入している。Christensen and Rosenbloom (1995) によって導入された「バリュー・ネットワーク」という概念を用いて、Foster が縦軸として定義した「技術的成果」を「バリュー・ネットワークにおける価値基準」として説明した。彼らはバリュー・ネットワークを「ある共通するニーズを持つ顧客層と、それに価値を提供する企業群によって構成される機能的な集合体」、いわば価値を生み出すイノベーションシステムと定義した。そして、企業の投資判断に影響する収益・コスト構造や価値基準は、その企業自身の意志や判断ではなく、彼らがバリュー・ネットワークと呼ぶこのイノベーションシステムによって定まるとしている。つまり、同じ技術領域における複数の商品・サービスであって、それぞれが異なるバリュー・ネットワークに属しているのであれば、それぞれに異なる価値基準が存在することになる。しかしながら、縦軸の定義を単に「価値基準」としても定量化は困難である。そこで、Christensen (1997) は「バリュー・ネットワークにおける価値基準」を「バリュー・ネットワークにおける価値と見なされる性能」と置き換えて定量化を行っている。例えば、バリュー・ネットワークによる特性に対する評価の違いについて、1976 年から 89 年の間に販売された数千モデルのディスク・ドライブに対して、価格、特徴、性能指標をもとにヘドニック回帰分析を用いて分析した。結果、メインフレームにおけるバリュー・ネットワークの顧客は記憶容量の増加に対して高い価格を支払う意思を持っていたが、ミニコン、デスクトップ、ポータブル・パソコンのバリュー・ネットワークへ順に移行すると共に、記憶容量の増加に対して支払う意思は低下した。また、バリュー・ネットワークの移行と共に、小型化に対して高い価格を支払う意思は逆に増大していることを導き出した。

この分析における価値基準は、「1MB の記憶容量増加に対する潜在価格」、「1 立法インチの容積減少に対する潜在価格」として定量化されている。これを一般化すると、複数のバリュー・ネットワーク「A」、「B」において、「用途 A の観点でみた性能」、「用途 B でみた性能」となる。「バリュー・ネットワークにおける価値基準」に対するヘドニック回帰分析を用いる手法により、価格、特徴、性能指標などの個々のデータに対して市場がどのように評価し、その価値が時間経過と共にどのように変化したのかを知ることが可能である。これは、既にバリュー・ネットワークの存在が明確になっている、過去について分析するには非常に有効な手段である。しかしながら、価値基準が明確になっていない、未だ存在していない将来のバリュー・ネットワークに対しては、情報源となる顧客が不定のため定量化は困難であり、将来分析には不向きという問題も同時に抱えている。Christensen は技術の S 字カーブにおいて、ヘドニック回帰分析を用いた個々のデータに対する潜在価格・価値を縦軸に用いるだけでなく、潜在価格・価値に変換される前の、記録容量や鉄鋼品質などの「製品の性能」そのものも縦軸に用いている。これらの定量化手法は「価値」の将来分析には不向きであり、過去検証による企業への「破壊的イノベーション」についての警鐘に留まっている。

未だ存在していないイノベーションシステム（ここからはバリュー・ネットワークではなく、より一般的な概念であるイノベーションシステムと呼ぶ）における「技術のライフサイクル」の将来分析手法としては、将来のイノベーションシステム形成を見越して研究開発を行い、得られた知識を知的財産化するために出願され

る特許の情報を用いるのが有効と考えられる。Ernst (1997) は技術のライフサイクルを具体的に説明するため、定義が曖昧であった技術の S 字カーブの縦軸である「技術的成果」として、年間特許出願件数と累積特許出願件数を採用した。更に、Altshuller and Shapiro (1956) による膨大な特許情報の分析結果より導き出した一連の発明の法則を思考支援ツールとしてまとめた革新的問題解決実践理論 (Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch : TRIZ) において、その実践と効用について体系的技術革新としてまとめたマン (2004) が、技術の S 字カーブにおける縦軸の「技術の進捗度合」についての定量的な評価法を提案している。無秩序に見える技術進化プロセスは実は普遍性を持っており、それは発明家により変わるものではなく、生物学的システムと類似しており、あらゆる分野の技術進化は工学システム進化の法則として、S 字曲線を呈する特定のパターンに従い進化するとしている。マンは技術の S 字カーブによる技術進化の普遍性を説明するにあたり、技術的パラメータは幼少期、成長期、成熟期、衰退期へと遷移するとした上で、横軸を工学システムの寿命、縦軸を①技術的パラメータ、②発明の数、③発明のレベル、④利益の 4 項目としている。技術的成果を特許出願件数とした Ernst の提案に対して、より多面的な技術的成果に対する評価項目が追加されている。

しかしながら、この技術的成果における 4 項目の中で、「①技術的パラメータ」と「③発明のレベル」の 2 項目は、多種多様な技術分野により構成される産業において定量化が困難である。また、「④利益」については、ある産業における複数企業の活動による利益の総和をその産業における利益とすることで、容易に定量化することが可能である。しかし、その利益の中には、Foster が提唱した技術の S 字カーブの縦軸に対応する技術的成果により実現した利益は含まれるものの、企業毎の戦略と活動による利益への影響が余りにも大きく、その分離は困難であり、技術的成果の定量的指標としては不適切であると言わざるを得ない。よって、定量的な評価法として利用が可能なのは「②発明の数」のみであることには変わりはない。以降、技術の S 字カーブに関する研究は、特許出願件数を技術的成果として扱う実証研究が多く続くことになる。

技術の S 字カーブと特許出願件数の関係についての実証研究の多くは、既知の成長曲線モデルへのフィッティングを前提として行われている。生物の個体数、新製品の販売数、プログラムのバグ発見数など、時間推移に対する累積量が S 字の成長曲線を描く現象の分析に用いられるゴンペルツ曲線とロジスティック曲線が、技術の S 字カーブにおける累積特許件数にも適合するものとして、その実証研究が盛んに行われている。ゴンペルツ曲線 (1) とロジスティック曲線 (2) はそれぞれ以下の式で表させる。

$$Y_t = Le^{-ae^{-bt}} \quad (1)$$

$$Y_t = \frac{L}{1+ae^{-bt}} \quad (2)$$

L は時間経過と共に収束する累積特許出願件数の限界値を表している。先行研究では、これらの成長曲線と技術の S 字カーブとの適合において、各産業分野における時間推移に対する累積特許出願件数の実績データに対して、 L 、 a 、 b の係数をフィッティングして求める手法が用いられている。

例えば、Bengisu and Nekhili (2006) は、①水素貯蔵水素化ホウ素ナトリウム、②微小電気機械システム、③水素貯蔵金属水素化物、④水素貯蔵カーボンナノチューブ、⑤家庭用補助デバイス、⑥改善された触媒/フィルターを用いた超低公害車、⑦ナノリソグラフィ、⑧ディスプレイ用有機/高分子材料の 8 種類の技術分野について、科学技術データベースの特許情報を活用した実証検証を行い、ゴンペルツ曲線とロジスティック曲線を用いて効果的な技術成長分析を行うツールを開発した。企業が技術管理、研究資金、技術投資において健全

な意思決定を行うために有効なツールであると主張している。Intepe and Koc (2012) は 3 次元 (3D) テレビ産業を対象として、累積特許出願件数のロジスティック曲線によるフィッティングを行い、テレビという同一製品カテゴリーで、既に成熟している技術である高精細度テレビ (High Definition Television : HDTV)、LCD テレビ、発光ダイオード (Light Emitting Diode : LED) テレビと比較検証することで、3D テレビ技術の開発分析を行っている。Gao (2011) は CRT と LCD 産業において、特許出願件数に加えて、企業・非企業の出願人数、発明者数、特許技術分類 IPC (International Patent Classification) などによる 13 の定量的データを補足情報として用いて、技術のライフサイクル分析を行っている。Daim (2006) は特許出願件数に加えて、計量書誌学、システムダイナミクス、成長曲線、シナリオを加えた 5 種類の手法を組合せることによる、将来技術の分析手法を提案している。

いずれにせよ、シンプルな成長曲線モデルをベースとしているため、現在が技術の S 字カーブのどの段階にいるか、また将来どのような形状になるかの分析判断がし易い反面、以下の課題が存在する。

①複数の技術分野で構成されている産業における成長曲線の分析は困難。

②分析した技術の S 字カーブの形状と、産業ライフサイクルとの関係が不明瞭。

特許情報の活用における技術の S 字カーブに関する先行研究は、時間推移に対する累積特許件数の成長曲線モデルへのフィッティングによる形状分析を行うだけに留まっている。

以上の先行研究調査の結果についてまとめる。初期の技術に関する S 字カーブの研究は、産業における技術の普及に関する調査であった。以降、技術の S 字カーブ理論をベースにした研究は、技術そのものを研究対象としたものへと移行し、縦軸の技術的成果に対する定量的指数として特許出願件数を用いた調査が行われている。しかしながら、単純な成長曲線モデルとのマッチングによる分析に留まっており、技術の S 字カーブの形状を把握しているだけに過ぎず、その本質を説明するまでには至っていない。特許出願件数による分析は「技術の S 字カーブ」の成長曲線モデルへのフィッティングを前提にした、産業全体を俯瞰的に捉えてマクロな動きを判断することは可能だが、その産業において誕生する複数のイノベーションシステムの動きを捉えることは困難と考えられる。本研究では、特許出願件数に加えて特許情報を用いた「技術の多様性」を分析することで、俯瞰的に複数のイノベーションシステムの動きを捉えることによる高精度な産業ライフサイクル分析を目指しており、オリジナリティは非常に高いと考える。

4. 特許文献情報の分析を用いた客観的手法による産業ライフサイクル分析

先行研究調査の結果、特許情報による技術領域の客観的判断は特許出願件数によるマクロ分析に留まっている。そこで、特許出願件数による分析に、技術領域と密接な関係のある「技術の多様性」の分析を組合せることで技術領域の変化を判断し、産業ライフサイクルを分析する手法について検証を行った。

4.1 LCD 産業における特許文献情報分析

4.1.1 累積特許出願件数による技術の S 字カーブ分析

LCD 産業を対象として特許母集団抽出を行い、特許文献情報の分析を実施した。以下に分析対象となる特許の母集団検索条件を示す。

- ・検索対象：日本特許
 - ・公報データ（電子化以降）1993 年 1 月～2013 年 12 月 31 日
 - ・整理標準化データ（JPO 作成）1964 年 1 月～2013 年 12 月 31 日

- ・ 検索期間 : 1964 年 1 月 ~ 2013 年 12 月 31 日
- ・ 特許分類 (IPC) : G02F 1/13 (LCD) + H04N 5/66 102 (LCD テレビ)
+ G09G 3/36 (LCD 表示装置) + G09F 9/35 (LCD 表示装置)

抽出した 189,813 件の LCD 産業関連特許を対象として、先行研究で行われている累積特許出願件数による技術の S 字カーブ分析を行う。Fig.2 に LCD 産業関連特許の出願件数推移を示す。Fig.2 において、前年度に対する年間特許出願件数の増減数がプラスでかつ、増減数の傾向が増加に転じた時期を初期段階から普及段階への移行と判断した。また、前年度に対する年間特許出願件数の増減数がマイナスに転じた時期を普及段階から成熟段階と判断した。分析対象期間の 1964 年から 2013 年の時間軸について、Foster が提唱した技術の S 字における 3 段階の期間に分割を行うと以下の通りになる。

- ・ 初期段階 : 1964 年から 1980 年
- ・ 普及段階 : 1980 年から 2006 年
- ・ 成熟段階 : 2006 年から 2013 年

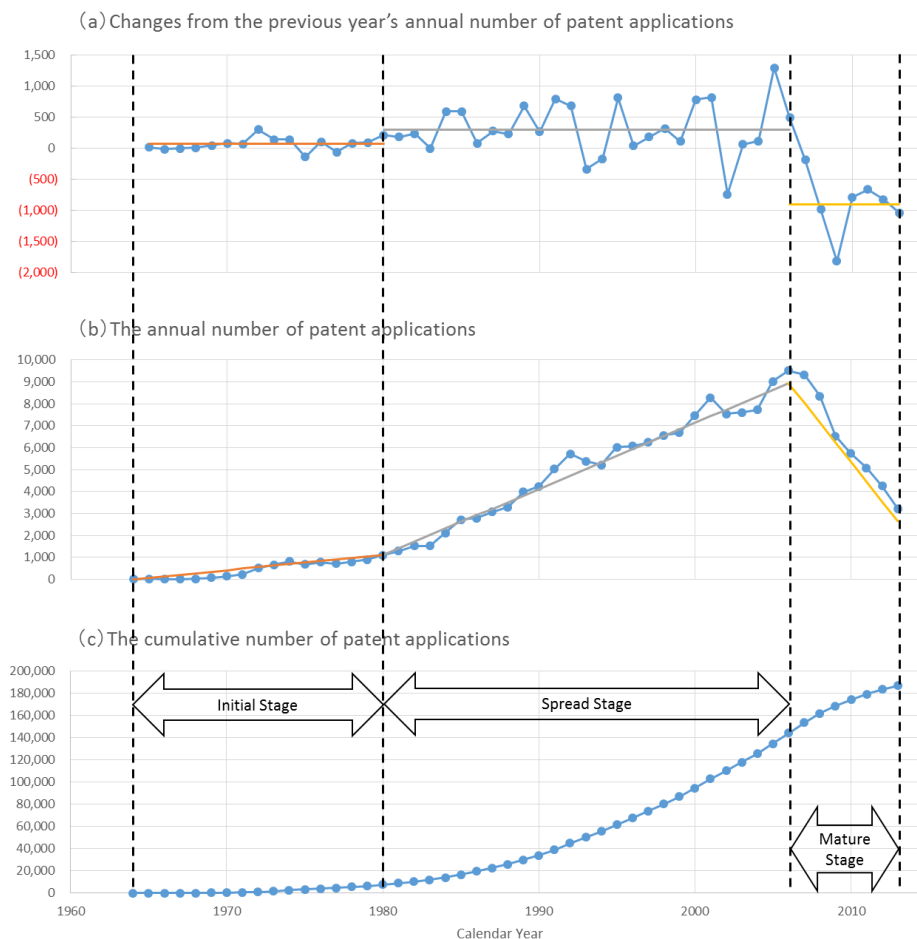


Fig.2 Trend of patent applications in the LCD industry

次に、Fig.3 に LCD 産業における、累積特許出願件数と生産金額の推移を示す。Fig.3 (b) の「生産金額」については、LCD 産業全体の推移と共に、以下に示す LCD 産業を構成する 4 種類のイノベーションシステムごとに分類した生産金額推移も図示している。

- LCD 産業全体 : LCD
- 電子式卓上計算機、デジタル時計用白黒 LCD : PMLCD
- ノートコンピュータ用カラーLCD : a-Si TFT LCD (TV 以外)
- デジタルテレビ用カラーLCD : a-Si TFT LCD (TV)
- フィーチャーフォン、スマートフォン用カラーLCD : LTPS TFT LCD

ここで、PMLCD はパッシブマトリクス駆動型 LCD、a-Si TFT LCD はアモルファスシリコン薄膜トランジスタを用いたアクティブ駆動型 LCD、LTPS TFT LCD は低温多結晶シリコンを用いたアクティブ駆動型 LCD である。

また、Fig.3 (b) の縦軸における「1E+04 千ドル」の水平方向に、4 種類のイノベーションシステムが誕生した時期について丸印で記載した。イノベーションシステムが誕生した時期については、以下の事象により特定した。

- 電子式卓上計算機、デジタル時計用白黒 LCD
 - : シャープが電子式卓上計算機のディスプレイに LCD を採用した、「エルシーメイト EL-805」を発売した 1973 年。
- ノートコンピュータ用カラーLCD
 - : 松下電器産業が 3 インチ LCD テレビ「Pana Crystal」を発売した 1986 年。
- デジタルテレビ用カラーLCD
 - : CRT テレビ代替の民生用商品として、シャープが 10.4 インチ LCD テレビ「ウインドウ LC-104TV1」を発売した 1996 年。
- フィーチャーフォン、スマートフォン用カラーLCD
 - : 日本ビクターが LTPS TFT-LCD 搭載のカメラ一体型 VTR を発売した 1996 年。

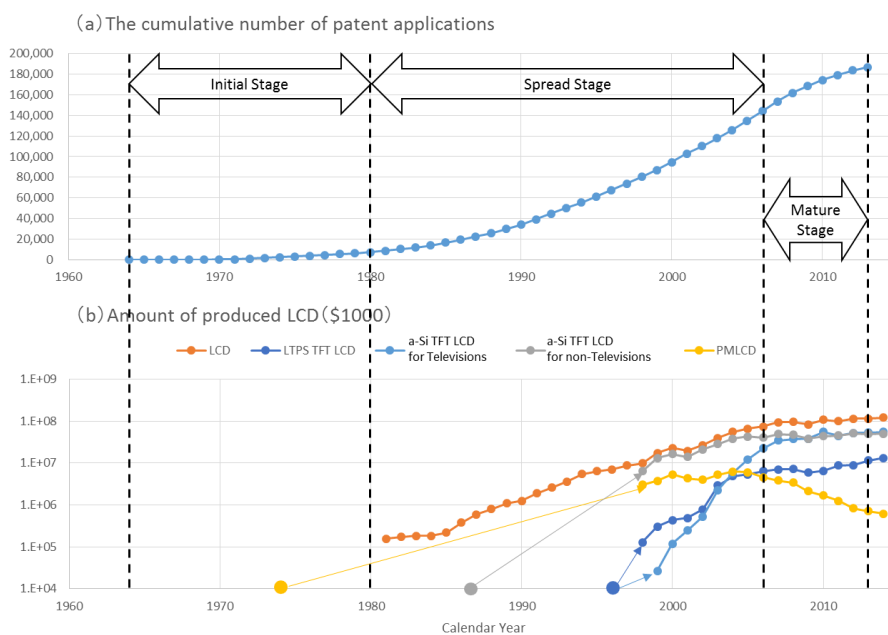


Fig.3 The cumulative number of patent applications and the amount of produced LCD

4.1.2 技術領域の多様性による産業ライフサイクル分析

Fig.3 (a) に示す累積特許出願件数による技術の S 字カーブと、(b) に示す LCD 産業全体の生産金額推移を比較すると、技術の S 字カーブにおける普及段階には急速に生産金額が増加しているのに対して、成熟段階になると生産金額の伸びが鈍化していることが分かる。このように、LCD 産業全体を俯瞰して技術領域の状況を判断する場合には、先行研究で提案されている累積特許出願件数を用いる手法で十分である。しかしながら Fig.3 は、LCD 産業における、発生時期の異なるイノベーションシステムの存在を累積特許出願件数の推移から判断することは困難であることも同時に示している。そこで、「特許の多様性」を組合せることで技術領域の変化の分析を試みた。

「技術の多様性」を導入するに当たり、特許に付与される技術分類コードによる技術の多様性の定量化を行った。分析には時間経過に伴う技術の目的、用途の変化を考慮する必要がある。よって、複数存在する特許の技術分類コードに対して、単に「技術分野毎に階層的構造区分」を行っている世界知的所有権機関 (WIPO) 管理の国際特許分類 IPC (International Patent Classification)、日本国特許庁の分類である FI (File Index) ではなく、目的、用途、構造、材料、製法、処理操作方法、制御手段等の技術的観点から分類している、日本国特許庁の分類である F ターム (File Forming Term) ・テーマコードを選定した。

次に特許技術分類コードの集計手法について述べる。特許には特許技術分類 F ターム・テーマコードとして「主分類」が付与され、必要に応じて「副分類」が付与される、例えば、

・テーマコード: 【主分類】 , 【副分類 1】 , 【副分類 2】 , . . .

という形式である。主分類のテーマコードは必ず付与されるが、副分類のテーマコードについての限定は無く、付与されていない場合も存在する。本研究では、各特許に付与されているテーマコードで出願特許件数を按分して集計した。例えば、

・テーマコード: 【5C580】 , 【5C058】 , 【5C080】

に対しては、5C580 1/3 件、5C058 1/3 件、5C080 1/3 件、として按分集計する。集計した結果は、テーマコードの上位分類である「グループ」の単位で分析を行った。

特許の多様性の定量化については、「ハーフィンダル・ハーシュマン指数」を用いて数値化を行った。按分集計した結果からハーフィンダル指数 (HHI) を計算し、集中度を表すハーフィンダル指数を 1 から引いて得られる指標を、産業の技術領域における「技術の多様度指数」と定義し導入した。

$$HHI = \sum_{i=1}^n Ci^2$$

Ci : i 番目の技術分野の占拠率 (%)
 n : 技術分野数
技術の多様度指数 = $1 - HHI$

Fig.4 に LCD 産業関連特許の累積特許出願件数と技術の多様度指数の推移を示す。Fig.4 (b) の技術の多様度指数推移における増減の傾向からは①から⑥の期間に分割することが可能である。Fig.4 に LCD 産業における代表的な 4 種類のイノベーションシステムである「電子式卓上計算機、デジタル時計」、「ノートコンピュータ」、「デジタルテレビ」、「フィーチャーフォン、スマートフォン」について、それぞれのドミナントデザインが創造された時期を矢印で記載した。

- ・電子式卓上計算機、デジタル時計用白黒 LCD
：高信頼性の「パッシブ駆動型セグメント方式白黒 TN 液晶 LCD」がドミナントテクノロジーとなり、現在も続く電卓のドミナントデザインが誕生した 1976 年。
- ・ノートコンピュータ用カラー LCD
：「アクティブ駆動型カラー TN 液晶 a-Si TFT LCD」がドミナントテクノロジーとなり、現在も続くノートコンピュータのドミナントデザインが誕生した 1991 年。
- ・デジタルテレビ用カラー LCD
：「VA 液晶 a-Si TFT-LCD」がドミナントテクノロジーとなり、現在も続く LCD テレビのドミナントデザインが誕生した 2001 年。
- ・フィーチャーフォン、スマートフォン用カラー LCD
：「アクティブ駆動型ドットマトリクス方式カラー LTPS TFT-LCD」がドミナントテクノロジーとなり、現在も続く携帯電話のドミナントデザインが誕生した 2001 年。

Fig.4 (a) に示すように、累積特許出願件数による技術の S 字カーブと LCD 産業における 4 種類のイノベーションシステムとの関係について、その存在を確認することは難しい。一方、Fig.4 (b) に示すように、イノベーションシステムが誕生し、その中でドミナントテクノロジーとなる LCD を搭載したドミナントデザインとなる製品が誕生した時には、技術の多様度指数は減少傾向であるもしくは減少傾向に向かうことを確認することができる。

技術の多様度指数が減少傾向である期間 LCD①、③、⑤の前には、期間 LCD①を除いて技術の多様度指数が増加傾向である期間 LCD②、④が確認できる。今回の特許文献情報分析に用いた整理標準化データは、経済産業省所管の独立行政法人である工業所有権情報・研修館が、日本国特許庁への特許出願等に基づいて作成される産業財産権情報として提供しているものであるが、1964 年以降の情報しか提供していないため、期間 LCD①より前における技術の多様度指数の変動については分析が困難である。少なくとも期間 LCD②と③、④と⑤の組合せでイノベーションシステムの誕生との関係を考察すると、イノベーションシステムの誕生と「技術の多様度指数が増加し、その後減少傾向に転じる現象」との関連性の存在について、その可能性が確認できる。

期間 LCD⑥において技術の多様性の増加傾向が確認されているが、現在のところは新たなイノベーションシステムの誕生には至っていない。将来において技術の多様性が減少傾向に転じてイノベーションシステムが誕生する可能性も否定することは出来ないが、期間 LCD⑥が始まった 2006 年から 10 年余り経過した現在においてもその兆しはみられない。これは、累積特許出願件数分析による成熟期におけるイノベーションシステム誕生の困難さを示しており、Foster が示した成熟期における「技術進歩に対する投入リソースの効率低下」の結果を示唆している。

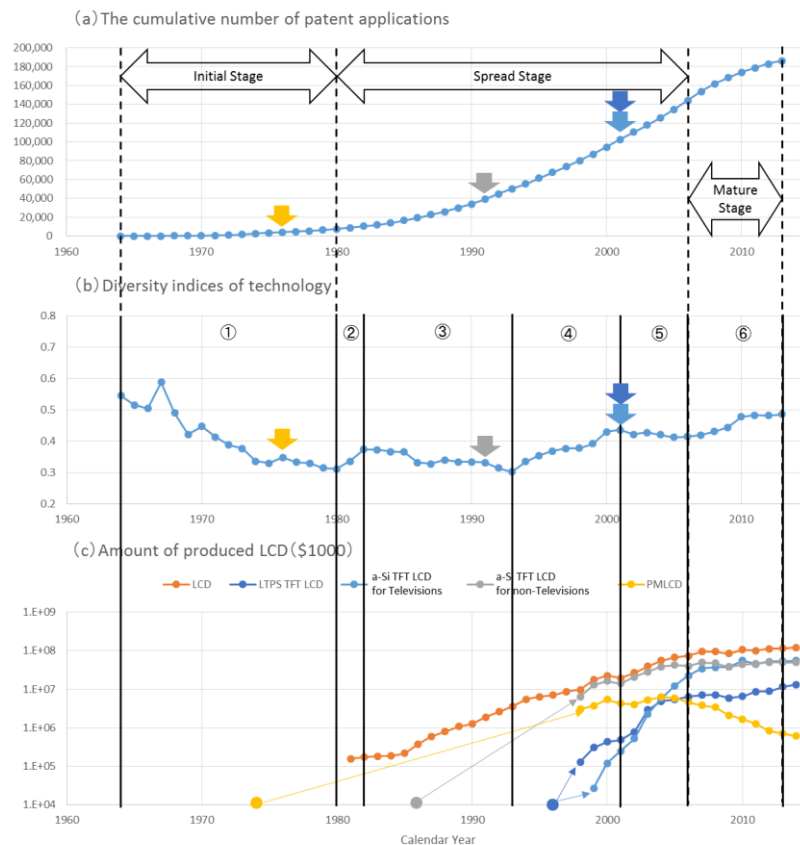


Fig.4 Diversity indices of technology in the LCD industry

4.2 CRT 産業における特許文献情報分析

4.2.1 累積特許出願件数による技術の S 字カーブ分析

CRT 産業を対象として特許母集団抽出を行い、特許文献情報分析を実施した。以下に分析対象となる特許の母集団検索条件を示す。

- ・ 検索対象：日本特許
 - ・ 公報データ（電子化以降）1993 年 1 月～2013 年 12 月 31 日
 - ・ 整理標準化データ（JPO 作成）1964 年 1 月～2013 年 12 月 31 日
- ・ 検索期間：1964 年 1 月～2013 年 12 月 31 日
- ・ 特許分類（IPC）：H01J 29/00（陰極線管の細部）+H01J 31/00（陰極線管）
+G09G 1/00（陰極線管制御装置）

抽出した 50,027 件の CRT 産業関連特許を対象として、先行研究で行われている累積特許出願件数による技術の S 字カーブ分析を行う。Fig.5 に CRT 産業関連特許の出願件数推移を示す。分析対象期間の 1964 年から 2013 年の時間軸について、Foster が提唱した技術の S 字カーブにおける 3 段階の期間に分割を行うと以下の通りになる。

- ・ 初期段階：1964 年から 1977 年
- ・ 普及段階：1977 年から 1985 年
- ・ 成熟段階：1985 年から 2013 年

Fig.2 に示す LCD 産業と比較して、CRT 産業の技術の S 字カーブは早い段階で立ち上がっており、技術とし

て先行していたことが反映されている。また、普及段階での傾きが大きく短期間で終わっていることは、LCD の用途が多岐にわたったのに対して CRT はテレビ用とコンピュータモニタ用に用途が限定されていることが理由の一つであると考えられる。

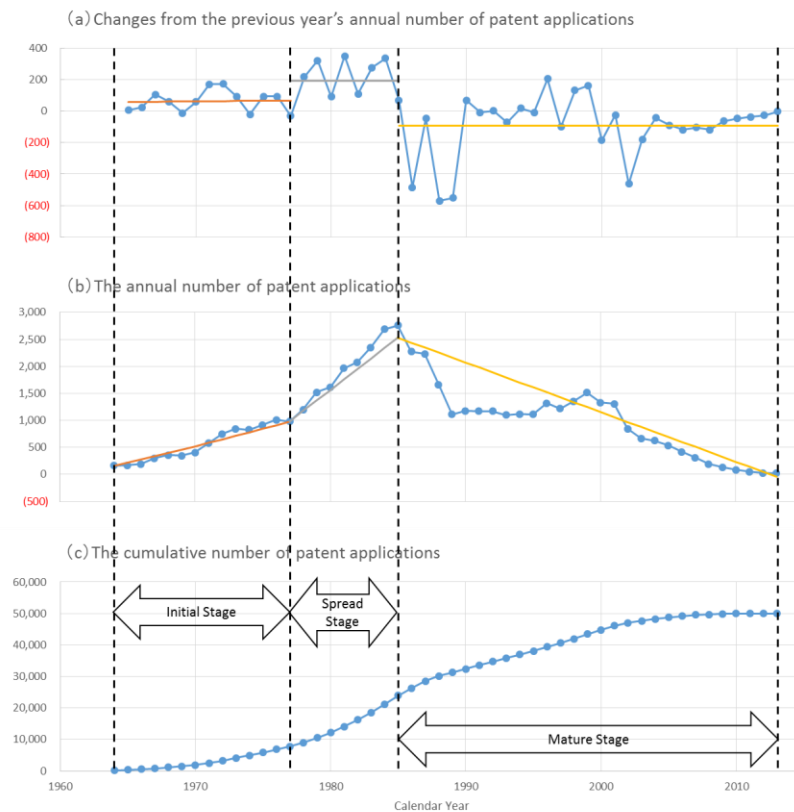


Fig.5 Trend of patent applications in the CRT industry

次に、Fig.6 に CRT 産業における、累積特許出願件数と生産台数の推移を示す。Fig.6 (b) の「生産台数」については、CRT 産業全体の推移と共に、以下に示す CRT 産業を構成する 2 種類のイノベーションシステムごとに分類した生産台数推移も図示している。

- CRT 産業全体 : CRT
- テレビ用 CRT : テレビ管
- コンピュータモニタ用 CRT : モニタ管

また、Fig.6 (b) の縦軸における「0.1M 個」の水平方向に、CRT のイノベーションシステムが誕生した時期について丸印で記載した。イノベーションシステムが誕生した時期については、以下の事象により特定した。

- テレビ用 CRT
: 米国で NTSC 方式の白黒テレビ放送が開始された 1941 年。
- コンピュータモニタ用 CRT
: ソニーが 16 色グラフィック機能を有するコンピュータ専用の 13 型トリニトロンモニタを搭載したビジネス用コンピュータ SMC-70 を発売した 1982 年。

尚、テレビ用 CRT についてはイノベーションシステムの誕生時期が特許分析対象期間より大幅に遡るため、図示を割愛した。

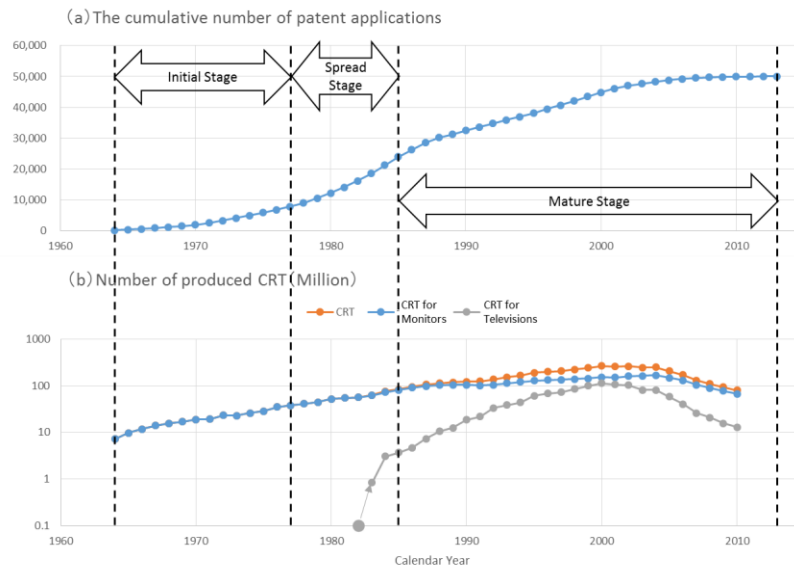


Fig.6 The cumulative number of patent applications and the amount of produced CRT

4.2.2 技術領域の多様性による産業ライフサイクル分析

Fig.6 (b) に示す CRT 産業全体の生産台数推移では初期段階の 1964 年から成熟段階の 2000 年まで指数関数的に増加している。これは、LCD 産業において確認された「普及段階には急速に生産金額が増加、成熟段階になると生産金額の伸びが鈍化」という傾向とは異なっている。よって、CRT 産業では Fig.6 (a) に示す累積特許出願件数による技術の S 字カーブと (b) に示す CRT 産業全体の生産台数推移との関連は確認出来ない。LCD 産業とは異なり、CRT 産業では先行研究で提案されている累積特許出願件数を用いて産業全体を俯瞰して技術領域の状況を判断することは困難である。更に、Fig.6 (b) に示すモニタ管の生産台数推移では普及段階の後半から立ち上がり、成熟段階の 2000 年まで指数関数的に増加していることが確認できる。よって、コンピュータモニタ用 CRT のイノベーションシステムについて、その存在を累積特許出願件数の推移から判断することは非常に困難である。特許文献情報分析を用いてイノベーションシステムの創出につながる技術領域の変化を分析するには、「特許出願件数」だけでは不十分と考えられる。そこで、「特許の多様性」を組合せることで技術領域の変化の分析を試みた。

Fig.7 に CRT 産業における累積特許出願件数と技術の多様度指数、生産台数の推移を示す。Fig.7 (b) の技術の多様度指数推移における増減の傾向からは①から④の期間に分割することが可能である。Fig.7 に CRT 産業における「コンピュータモニタ」というイノベーションシステムについてドミナントデザインが創造された時期を矢印で記載した。

- ・テレビ用 CRT

: 米国で NTSC 方式の白黒テレビ放送で使用が開始された「テレビ管」がドミナントテクノロジーとなり、デジタルテレビ放送が始まるまでのドミナントデザインが誕生した 1941 年。

- ・コンピュータモニタ用 CRT

: Microsoft 社の Windows95 によりコンピュータモニタのオープン化が実現し、コンピュータとの組合せが自由なコンピュータモニタがドミナントテクノロジーとなり、LCD モニタに置き換わるまでのドミナントデザインが誕生した 1995 年。

Fig.7 (a) に示すように、累積特許出願件数による技術の S 字カーブとコンピュータモニタのイノベーションシステムとの関係について、その存在を確認することは難しい。一方、Fig.7 (b) に示すように、コンピュータモニタのイノベーションシステムが誕生し、その中でドミナントテクノロジーとなる CRT を搭載したドミナントデザインとなる製品が誕生した 1991 年は、技術の多様度指数は減少傾向であることを確認することができる。また、技術の多様度指数が減少傾向である期間 CRT③の前には、技術の多様度指数が増加傾向である期間 CRT②が確認できる。ここからも、LCD 産業と同様にイノベーションシステムの誕生と「技術の多様度指数が増加し、その後減少傾向に転じる現象」との関連性の存在について、その可能性が確認できる。

期間 CRT④において技術の多様性の増加傾向が確認されているが、現在のところは新たなイノベーションシステムの誕生には至っていない。将来において技術の多様性が減少傾向に転じてイノベーションシステムが誕生する可能性も否定することは出来ないが、期間 CRT④が始まった 2004 年から 10 年余り経過した現在においてもその兆しはみられない。これは、LCD 産業と同様に累積特許出願件数分析による成熟期におけるイノベーションシステム誕生の困難さを示しており、Foster が示した成熟期における「技術進歩に対する投入リソースの効率低下」の結果を示唆している。

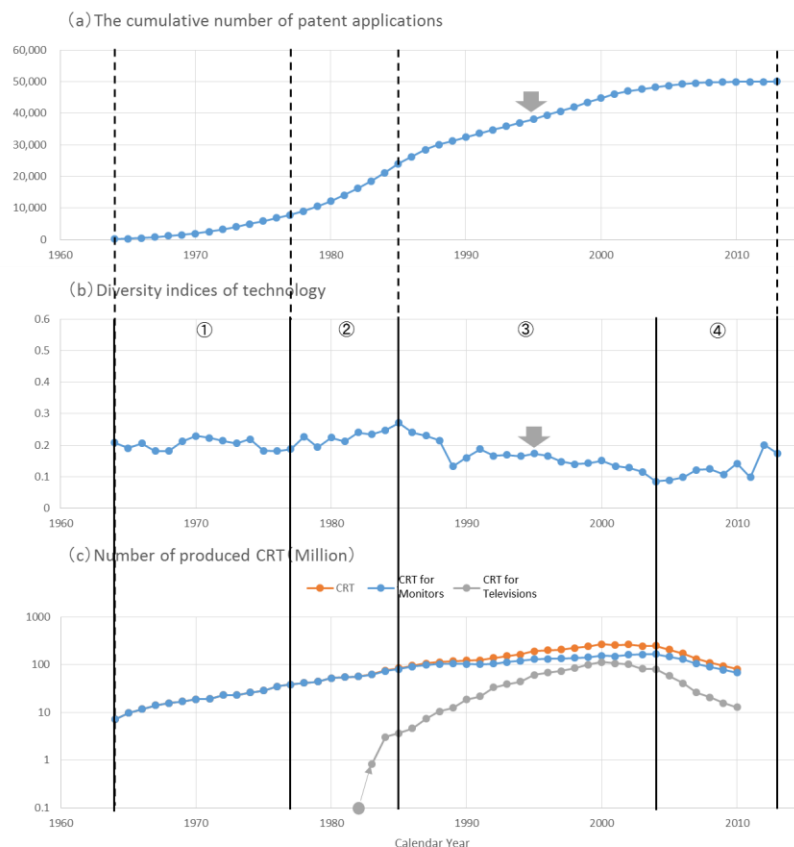


Fig.7 Diversity indices of technology in the CRT industry

4.3 PDP 産業における特許文献情報分析

4.3.1 累積特許出願件数による技術の S 字カーブ分析

LCD 産業、CRT 産業と同様に PDP 産業を対象として特許母集団抽出を行い、特許文献情報分析を実施した。以下に分析対象となる特許の母集団検索条件を示す。

- ・ 検索対象：日本特許
 - ・ 公報データ（電子化以降）1993 年 1 月～2013 年 12 月 31 日
 - ・ 整理標準化データ（JPO 作成）1964 年 1 月～2013 年 12 月 31 日
 - ・ 検索期間：1964 年 1 月～2013 年 12 月 31 日
 - ・ 特許分類（IPC）：H01J 11/00（AC-PDP）+H01J 17/49（DC-PDP）
+H04N 56/61 01（PDP テレビ）+G09G 3/28（PDP 表示装置）
+G09F 9/313（PDP 表示装置）

抽出した 17,549 件の PDP 産業関連特許を対象として、先行研究で行われている累積特許出願件数による技術の S 字カーブ分析を行う。Fig.8 に PDP 産業関連特許の出願件数推移を示す。Fig.8 (a) において、前年度に対する年間特許出願件数の増減数がプラスでかつ、増減数の傾向が増加に転じた時期を初期段階から普及段階への移行と判断した。また、前年度に対する年間特許出願件数の増減数がマイナスに転じた時期を普及段階から成熟段階と判断した。尚、PDP 産業においては LCD 産業と PDP 産業では見られなかった普及段階の前に前年度に対する年間特許出願件数の増減数がほぼゼロである期間が存在するが、その期間は年間特許出願件数が約 1000 件という高い数値で安定していることから今回の分析では普及段階であると判断した。分析対象期間の 1964 年から 2013 年の時間軸について、Foster が提唱した技術の S 字カーブにおける 3 段階の期間に分割を行うと以下の通りになる。

- ・ 初期段階：1964 年から 1989 年
- ・ 普及段階：1989 年から 2006 年
- ・ 成熟段階：2006 年から 2013 年

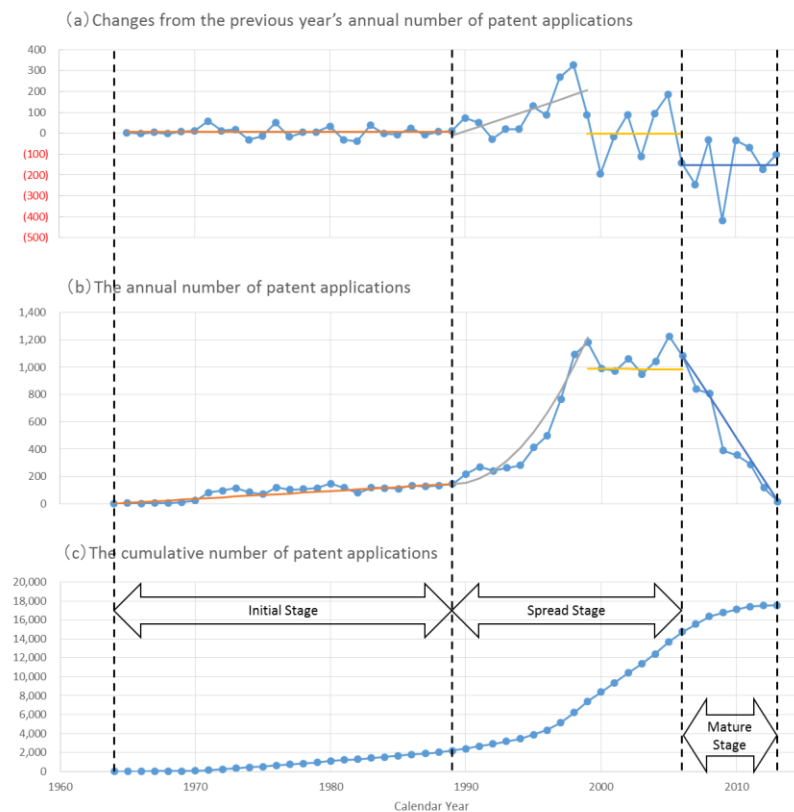


Fig.8 Trend of patent applications in the PDP industry

Fig.2 に示す LCD 産業と比較して、PDP 産業の技術の S 字カーブは少し遅れた時期に立ち上がっているものの重なる期間が多く、同一のイノベーションシステムにおいて PDP は LCD と競合していた可能性がある。また、成熟段階の開始時期が LCD と同じであり、PDP はテレビ用として LCD と共に成熟期に入ったという可能性も考えられる。

次に、Fig.9 に PDP 産業における、累積特許出願件数と生産金額の推移を示す。Fig.9 (b) の「生産金額」については、以下に示す PDP 産業を構成する 2 種類のイノベーションシステムごとに分類した生産金額推移を図示している。但し、分析対象期間に対してそれぞれのイノベーションの独立した生産金額データしか入手できなかったため、それぞれの生産金額データに重なる期間が無く、データの無い期間が存在することから LCD 産業と CRT 産業で図示したような PDP 産業全体の生産金額推移については集計を行っていない。

- ・産業機器、デスクトップコンピュータモニター用モノトーン PDP : モノトーン PDP
- ・テレビ、デジタルサイネージ用カラー PDP : カラー PDP

また、Fig.9 (b) 縦軸における「1 千ドル」の水平方向に、2 種類のイノベーションシステムが誕生した時期について丸印で記載した。イノベーションシステムが誕生した時期については、以下の事象により特定した。

- ・産業機器、デスクトップコンピュータモニター用モノトーン PDP
：バローズ社がドットマトリクス方式で数字や文字表示を含む図形表示を実現する「セルフスキャン方式 DC 型 PDP」を開発した 1969 年。
- ・テレビ、デジタルサイネージ用カラー PDP
：富士通が証券取引所向けに「21 型 VGA フルカラー AC 型 PDP」を発売した 1992 年。

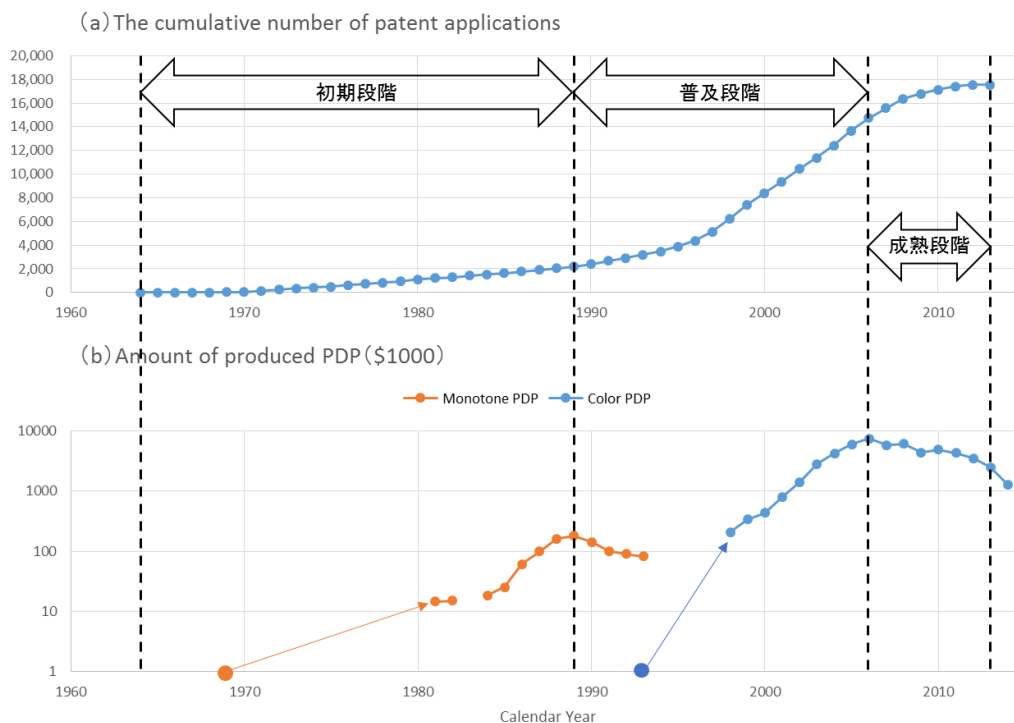


Fig.9 The cumulative number of patent applications and the amount of produced LCD

4.3.2 技術領域の多様性による産業ライフサイクル分析

PDP 産業では「産業機器、デスクトップコンピュータモニタ」と「テレビ、デジタルサイネージ」という 2 種類のイノベーションシステムが存在している。「産業機器、デスクトップコンピュータモニタ」のイノベーションシステムはパッシブ駆動型ドットマトリクス方式白黒 LCD、また「テレビ、デジタルサイネージ」はアクティブ駆動ドットマトリクス方式カラー a-Si TFT-LCD との競争に敗れて終焉を迎えている。カラー PDP については、Fig.9 (a) の累積特許出願件数による技術の S 字カーブにおける普及段階に Fig.9 (b) に示すカラー PDP の生産金額は指数関数的に増加し、技術の S 字カーブにおける成熟段階には生産金額は激減していることが確認できる。これは、LCD 産業において確認された「普及段階には急速に生産金額が増加、成熟段階になると生産金額の伸びが鈍化」という傾向と似ている。しかしながら、モノトーン PDP については技術の S 字カーブにおける普及段階であるにもかかわらず、生産金額は 1989 年をピークに前年比減少に転じている。よって、モノトーン PDP のイノベーションシステムについて、その存在を累積特許出願件数の推移から判断することは非常に困難である。LCD、CRT 産業と同様に、PDP 産業では先行研究で提案されている累積特許出願件数を用いて産業全体を俯瞰して技術領域の状況を判断することは困難である。特許文献情報分析を用いてイノベーションシステムの創出につながる技術領域の変化を分析するには、「特許出願件数」だけでは不十分である。そこで、「特許の多様性」を組合せることで技術領域の変化の分析を試みた。

Fig.10 に PDP 産業における累積特許出願件数と技術の多様度指数、生産台数の推移を示す。Fig.10 (b) の技術の多様度指数推移における増減の傾向からは①から④の期間に分割することが可能である。Fig.10 に PDP 産業における 2 種類のイノベーションシステムについてドミナントデザインが創造された時期を矢印で記載した。

- ・産業機器、デスクトップコンピュータモニタ用モノトーン PDP

- : ドミナントデザインは存在していないが、日本では 1972 年からの DC 型 PDP の実用化以降、

- 技術的にはほぼ変わらずに表示容量の拡大が進行、ドミナントテクノロジーは 1972 年に成立と判断。

- ・テレビ、デジタルサイネージ用カラー PDP

- : ハイビジョン放送フル規格に対応した「高精細 AC 方式カラー PDP」がドミナントテクノロジーとなり、

- PDP テレビのドミナントデザインが誕生した 2006 年。

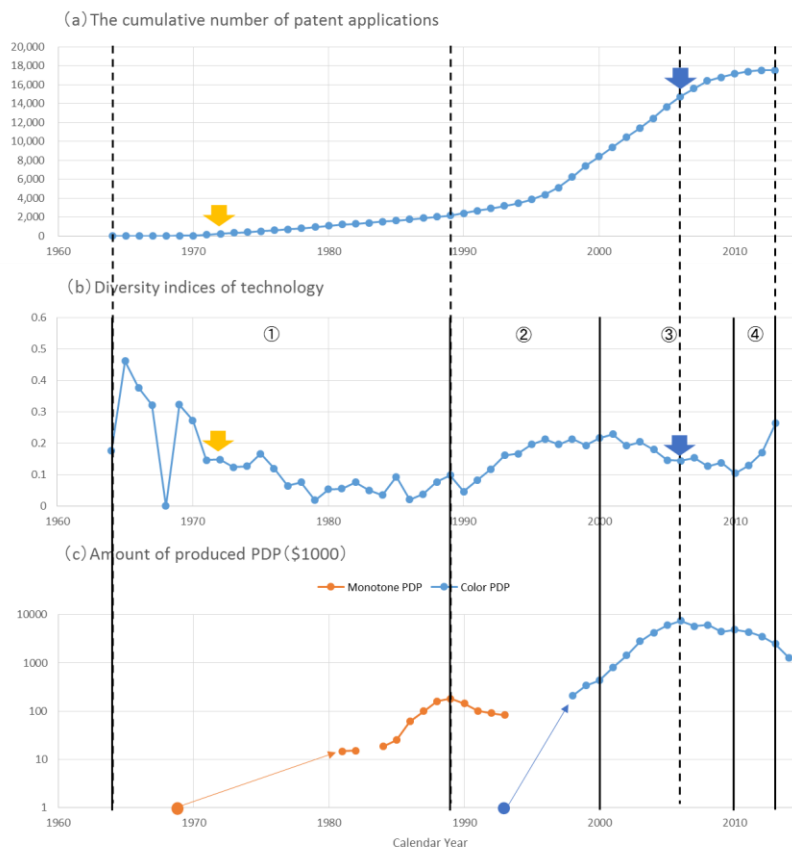


Fig.10 Diversity indices of technology in the PDP industry

Fig.10 (a) に示すように、累積特許出願件数による技術の S 字カーブと 2 種類のイノベーションシステムとの関係について、その存在を確認することは難しい。一方、Fig.10 (b) に示すように、2 種類のイノベーションシステムが誕生し、その中でドミナントテクノロジーとなる PDP を搭載したドミナントデザインとなる製品が誕生した時期は、技術の多様度指数は減少傾向であることを確認することができる。

技術の多様度指数が減少傾向である期間 PDP③の前には、技術の多様度指数が増加傾向である期間 PDP②が確認できる。ここからも、LCD 産業、CRT 産業と同様にイノベーションシステムの誕生と「技術の多様度指数が増加し、その後減少傾向に転じる現象」との関連性の存在について、その可能性が確認できる。

期間 PDP④において技術の多様性の増加傾向が確認されているが、現在のところは新たなイノベーションシステムの誕生には至っていない。将来において技術の多様性が減少傾向に転じてイノベーションシステムが誕生する可能性も否定することは出来ないが、期間 PDP④が始まった 2010 年から 7 年経過した現在においてもその兆しはみられない。これは、前述の LCD 産業、CRT 産業と同様に累積特許出願件数分析による成熟期におけるイノベーションシステム誕生の困難さを示しており、Foster が示した成熟期における「技術進歩に対する投入リソースの効率低下」の結果を示唆している。

4.5 電子ディスプレイ業界における特許文献情報分析のまとめ

本章では LCD 産業 4 種類、CRT 産業 2 種類、PDP 産業 2 種類の計 8 種類のイノベーションシステムを対象として特許文献情報分析を行った。分析対象期間の 1964 年より前に発生した CRT 産業のイノベーションシステム「テレビ」を除く全てのイノベーションシステムにおいて、技術の多様度指数推移が減少傾向の期間に

ドミナントデザインが発生したことが確認できる。また、その 7 種類のイノベーションにおいて、6 種類は技術の多様度指数推移が増加傾向の期間にイノベーションシステムが誕生している。また、技術の多様度指数推移が減少傾向の期間 LCD③に誕生している LCD 産業のイノベーションシステム「ノートコンピュータ」においても、その前には技術の多様度指数推移が増加傾向の期間 LCD②が存在していることが確認できる。

以上に示す通り、電子ディスプレイ業界においてイノベーションシステムが誕生するには、技術の多様度指数が増加し、その後減少傾向に転じることの必要性について、その可能性を確認した。これは、電子が基底状態から励起状態に遷移し、その後に基底状態へ戻る時に発光する蛍光、LED や有機 EL などの、量子力学に基づくルミネッセンス (luminescence) 現象との一致性が見られる。Fig.11 に技術の多様性と量子力学におけるエネルギー準位の相関を示す。Fig.11 (a) において、本章において電子ディスプレイ業界で確認された「技術の多様度指数」の変化について考察を行う。イノベーションシステムに関わる研究開発活動には、「新規性と進歩性を追求した研究開発」と「高品質、低コスト、高効率生産を目的とした開発」の 2 種類が存在する。

新たなイノベーションシステムが誕生する前の時期には「高品質、低コスト、高効率生産を目的とした開発」を行う対象はまだ存在していない。よって、「新規性と進歩性を追求した研究開発」を積極的に行うことで新たなイノベーションシステムの誕生を目指すため、技術の多様性は増加傾向となる。次に、新たなイノベーションシステムが誕生すると、イノベーションシステムにおける将来価値の最大化を目的として、ドミナントデザインの創造を目指した「新規性と進歩性を追求した研究開発」が継続される。同時にイノベーションシステムにおける現在の価値を最大化するために「高品質、低コスト、高効率生産を目的とした開発」が始められる。ドミナントデザインの創造に近づくと共に、「新規性と進歩性を追求した研究開発」から「高品質、低コスト、高効率生産を目的とした開発」へと重点シフトが起こり、そのバランス点において技術の多様性は増加傾向から減少傾向に転換する。ドミナントテクノロジーを含むドミナントデザインの創造後、「高品質、低コスト、高効率生産を目的とした開発」が重点的に行われるようになるため、技術の多様性は減少傾向となる。

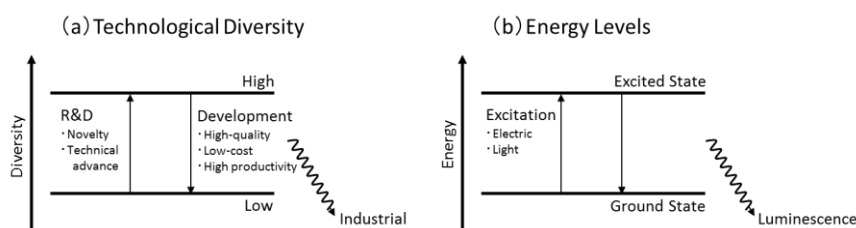


Fig.11 Technological diversity and energy levels based on quantum mechanics

この技術の多様性の動きは、Fig.11 (b) における、電子が基底状態から励起状態に遷移し、その後に基底状態へ戻る時に発光する LED のような量子力学に基づく現象との一致性が見られる。Fig.11 (a) において、イノベーションシステムの誕生を目指して「新規性と進歩性を追求した研究開発」を行うことで技術の多様性は増加する。その中からドミナントデザインが生まれ、「高品質、低コスト、高効率生産を目的とした開発」を追求することで技術の多様性は低下する。この技術の多様性の動きは、Fig.11 (b) において、基底状態にある電子が電気エネルギー、光エネルギーを加えることで励起状態に遷移し、再び安定な基底状態に励起状態から遷移するときに光を放射するルミネッセンス (luminescence) 現象と類似する点が多い

イノベーションシステム創出のプロセスとして、その分野における技術の多様性を高めて励起状態にする必要があると仮定した場合、それは「技術の多様度」という技術の「質」を高めるだけでなく、「特許出願件数」

という技術の「量」の増加も伴う必要があると考えられる。特許出願件数は特許出願人の数、発明者の数と相関関係があり、特許出願件数の増加が、多くの分野に属する企業のイノベーションシステムへの新規参入や、多岐にわたる分野の新しい技術者の参加による、技術領域における多様性の向上も期待できる。よって、産業ライフサイクルの分析は「技術の S 字カーブ」の概念を用いることを否定して、「技術の多様性」のみで行うものではない。産業ライフサイクル分析の精度をより高めるために、「特許出願件数による技術の S 字カーブ」に「技術の多様性」を組合せることが好ましいと考えられる。

本章では技術の S 字カーブを基本として、新たに「技術の多様性」という概念を導入して、産業におけるイノベーションシステムとの関係について分析を行った。結果、電子ディスプレイ産業において「技術の多様性」の増加減少傾向とイノベーションシステムの誕生と、そのイノベーションシステムにおけるドミナントデザインの創出との相関を確認した。

5. 本研究の企業戦略への適用についての考察

本研究はイノベーションシステムの誕生と、そのイノベーションシステムにおけるドミナントデザインの創出に対して技術の多様性分析が有効であることを明らかにした。第 5 章では技術の多様性分析による産業ライフサイクルの分析だけでなく、企業戦略への適用について考察を行う。ただし、本来イノベーションシステムにおける企業戦略は技術領域だけでなく顧客やビジネスモデルなどの他の要因も含めて策定されるため、技術の多様性分析で技術領域を明確にするだけでは企業戦略を規定することは出来ない。以降、技術領域は企業戦略に影響を与える要因の一つであるとの前提で考察する。

ある技術分野において新たなイノベーションシステムが生まれるためには技術の多様性が増加して励起状態となり、その後に減少に転じて基底状態に向かう中でドミナントデザインが生まれる、という一連の流れを「イノベーションシステム誕生の法則」とする。その法則を理解して技術領域を分析することは、企業が戦略を策定する上で極めて重要である可能性が高い。イノベーションシステム誕生に向かって技術の多様性が増加傾向の段階で、企業が技術の多様性を下げるような戦略を策定し、実行しても、投入したリソースに見合うだけの価値を創造するのは難しいのではないだろうか。また、ドミナントデザイン創出に向かって技術の多様性が減少傾向の段階で、企業が技術の多様性を上げるような戦略を策定し、実行しても、投入したリソースに見合うだけの価値を得ることは困難と考えられる。これらの企業戦略は、自然科学において、基底状態から励起状態に遷移すること無しで、原理原則に反して基底状態のままルミネッセンス現象を得ようとするのと同じだからである。

March (1991) が提唱する「両利きの経営 (Ambidexterity)」のコンセプトは、知の幅を広げるための「知の探索 (Exploration)」と、既に持っている知識や同質の知に改良を重ね、それらを深めて活用する「知の深化 (Exploitation)」を高次元でバランスを取る経営である。事業が成功している企業ほど「知の深化」に傾倒する、「コンピテンシー・トラップ (Competency Trap)」に陥る傾向が高く、これを回避するために「両利きの経営」が重要と指摘している。以降、実証研究が行われているが、「両利きの経営」を実践している企業ほどパフォーマンスが高いという結果検証に留まっていて、「何時、何に対して知の探索を行うべきか、知の深化を行うべきか」について具体的な提示には至っていない。

本研究における、技術の多様性を上げるような戦略は「両利きの経営」における「知の探索」、技術の多様性を下げるような戦略は、「知の深化」に置き換えることができる。つまり、イノベーションシステムとして技術の多様性が増加傾向の段階では「知の探索」を、またイノベーションシステムとして技術の多様性が減少傾向

の段階では「知の深化」を企業が戦略として選択し、複数のイノベーションシステムに対して「知の探索」と「知の深化」を使い分けて組み合わせるのが最も効率的な戦略策定の手段となる。この手法は、「両利きの経営」の具体的な実行方法の一つとなると考えられる。

以上は、「イノベーションシステム誕生の法則」により、企業における研究開発の在り方についても整理することができることを示している。研究開発は、その対象となる分野における技術の多様性が励起状態に向かっているのか、また基底状態に向かっているのかによって方針を変えるべきではないだろうか。多様性が励起状態に向かっている技術分野では、企業内のリソースについて多様性を増加させる、「知の探索」である研究に振り向けるのが得策であると思われる。また、多様性が基底状態に向かっている技術分野では、企業内のリソースについて多様性を低下させる、「知の深化」である開発に振り向けるのが得策であると思われる。逆に、多様性が基底状態に向かっている技術分野に対して、何も考えずに企業内のリソースについて多様性を増加させる研究に振り向けることは、そこから得られる価値は限られたものであり、費用対効果の面で非常に効率の悪い研究開発となることが懸念される。

また、産業を構成する技術資産のストックに対応する累積特許出願件数の前年比伸長率が増加傾向を示し、技術領域において「多様性の励起から基底状態へ至るサイクル」を繰り返すのであれば、その産業を構成する技術領域のパラダイムが変わることなく継続して、複数のイノベーションシステムが連続的に繋がることを示唆している可能性が高く、企業はパラダイムのベースを変えることなく、連続的なイノベーションを前提とした戦略を策定することが好ましい。一方、たとえ技術領域において「多様性の励起から基底状態へ至るサイクル」が見られても、累積特許出願件数の前年比伸長率が減少傾向を示す場合は、その産業を構成する技術領域とは別のパラダイムをベースにした非連続的なイノベーションシステムが立ち上がろうとしていることを示唆している可能性が高い。そのため、非連続的なイノベーションが新たに発生することを想定した戦略を策定するのが好ましいと考えられる。但し、非連続的なイノベーションシステムが立ち上がったとしても、必ずしもその新技術分野によって必ず既存技術分野によるイノベーションシステムが駆逐されるとは限らない。以上のように、技術の多様性分析は、Christensen (1997) が提唱した「破壊的イノベーション」について、その発生を完全に把握することは出来ないが、発生する可能性のある時期と産業分野の特定には活用が可能と考える。

Chesbrough (2006) が提唱したオープンイノベーションについても、本研究における「イノベーションシステム誕生の法則」を適用することができる。かつて企業は競争優位性を独占し継続するため、その企業が関わる産業分野において、技術の多様性を上げる戦略を自社内に閉じて行っていた。しかしながら、現在のように産業がより複雑な技術とビジネスモデルで構成されるようになると、Teece, Pisano and Shuen (1997) が提唱するダイナミックケイパビリティにおける「共特化資産」を社外から調達するほうが時間とコストの削減になるため、オープンイノベーションの重要性が一般的に認識されている。しかしながら、「何をオープンにして、何をクローズドにするか」については明確な手法は提示されておらず、企業が意識的にオープンイノベーションを実行しようとしても、オープンイノベーションを担当する組織を設立するなどの形ばかりが先行して、戦略遂行の結果としては失敗に終わることが多い。

ここで、ある産業分野において技術の多様性が増加傾向の段階では、時間とリソースにおいて効率良く多様性を高めるためにオープンに多様性を高める戦略（知の探索）を策定し、また技術の多様性が減少傾向の段階では、その産業で生まれる価値の総量からの自社の取り分を高めて利益を最大化するためにクローズドに多様性を下げる戦略（知の深化）を策定すれば、その産業において適切な戦略を実行することが可能である。この様に、本研究で提唱する「イノベーションシステム誕生の法則」は、企業がオープンイノベーションを前提にした戦略策定において「何をオープンにして何をクローズドにするか」を判断する手法の一つとして利用が可

能である。

6. おわりに

本研究では、先行研究がなされている特許出願件数を用いた「技術の S 字カーブ」に加えて、新たに特許情報を用いた「技術の多様性」分析を組合せることで、多様度の変化とイノベーションシステムの誕生との関係性を見出した。この手法により、適切な高度の視点から俯瞰的に複数のイノベーションシステムの動きを捉えた企業戦略が可能であることを考察した。

本研究は、JSPS 科研費 15K03695 およびオムロン研究基金（科題名：オープンイノベーション教育プラットフォーム構築の研究）の援助の下に実施されたのであることを明記するとともに、感謝の意を表します。

参考文献

- Altshuller, G. S and R. B. Shapiro (1956) Psychology of inventive creativity, *Issues of Psychology*, 6, 37-49.
- Arthur, D. L. (1981) *The strategic management of technology*. Cambridge, Mass.
- Bengisu, M. and R. Nekhili (2006) Forecasting emerging technologies with the aid of science and technology databases. *Technological Forecasting and Social Change*, 73(7), 835-44.
- Chesbrough, H. W. (2006) *Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology*, Harvard Business Press.
- Christensen, C. (1997) *The innovator's Dilemma: When new technologies cause great firms to fail*. Harvard Business School Press.
- Christensen, C. and R. S. Rosenbloom (1995) Explaining the attacker's advantage: Technological paradigms, organizational dynamics, and the value network. *Research policy*, 24(2), 233-57.
- Daim, T. U., G. Rueda, H. Martin and P. Gerdtsri (2006) Forecasting emerging technologies: Use of bibliometrics and patent analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, 73(8), 981-1012.
- Ernst, H. (1997) The use of patent data for technological forecasting: the diffusion of CNC-technology in the machine tool industry. *Small Business Economics*, 9(4), 361-81.
- Fisher, J. C., & Pry, R. H. (1971) A simple substitution model of technological change. *Technological forecasting and social change*, 3, 75-88.
- Foster, R. N. (1988) *Innovation: The attacker's advantage*. Summit Books.
- Gao, L., A. L. Porter, J. Wang, S. Fang, X. Zhang, T. Ma, and L. Huang (2011) Technology life cycle analysis modelling based on patent documents, *Technological Forecasting and Social Change*, 80(3), 398-407.
- Griliches, Z. (1957) Hybrid corn: An exploration in the economics of technological change. *Econometrica, Journal of the Econometric Society*, 501-22.
- Intepe, G. and T. Koc (2012) The Use of S Curves in Technology Forecasting and its Application On 3D TV Technology. *In Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology*, No. 71, 1482.
- マン、ダレル／中川徹 訳 (2004) 『TRIZ 実践と効用 (1) 体系的技術革新』、創造開発イニシアチブ。

- Mansfield, E. (1961) Technical change and the rate of imitation. *Econometrica, Journal of the Econometric Society*, 741-66.
- March, J. G. (1991) Exploration and exploitation in organizational learning. *Organization science*, 2(1), 71-87.
- Rogers, E. M. (1962) Diffusion of innovations. *New York, USA: Free Press of Glencoe*, 1, 79-134.

著者紹介



久保 真澄(くぼ ますみ)
同志社大学大学院総合政策科学研究科技術・革新的経営専攻。
1991 年大阪大学大学院工学研究科博士前期課程修了。
1991 年シャープ(株)に入社後、液晶ディスプレイの研究開発に従事。
2012 年同志社大学大学院ビジネス研究科修了。



北 寿郎(きた としろう) 同志社大学大学院ビジネス研究科教授。
1976 年名古屋大学大学院工学研究科修了。工学博士(名古屋大学)
NTT 研究所において、磁気ディスクにおける先駆的な研究を行う。
知能情報研究部長、社会情報研究部長を歴任後、
住民基本台帳ネットワークシステム構築の指揮を執る。
2004 年より現職。イノベーションに関する研究教育に従事。

[投稿受領日] 2017 年 10 月 13 日