

1. 本論文の構成

本論文は6部構成となっている。第1部は、それ以降に記述される事例を読み解いていくための準備を提供している。第2部は1888年から1970年代半ば頃までの欧米における液晶の科学的研究とディスプレイへの応用、事業化活動など、LCDに関連する行為システムとしての技術の歴史が記述される。第3部～第5部では、日本におけるLCDの研究開発活動の創始から初期事業化と近年における企業間競争の特徴の記述が行なわれる。これらの事例記述を受けて、第1部で採り上げられた問題を事例に基づいて考察し、残された問題を明らかにしてそれに分析を加え、日本企業の行なった技術革新の本質的な意味を問い直す作業を行っているのが第6部である。また既存の技術革新研究の文献レビューと本事例研究のデータ処理作業の手続き等が付録に記されている。

より詳細に本論文の構成を示せば、次の通りである。

第1部 技術革新の時間展開と空間的広がり: 事例研究の準備

第1章 問題の設定: 日本企業の技術革新能力に関する既存の議論の陥穽について

- 第1節 はじめに
- 第2節 積み上げの革新の能力
- 第3節 日本企業の技術革新能力に関する懐疑
- 第4節 技術革新の時間展開と空間的広がり
- 第5節 事例研究の方法
- 第6節 本書の構成

第2章 液晶ディスプレイの産業と技術

- 第1節 液晶ディスプレイ産業の概観
- 第2節 液晶ディスプレイの技術
- 第3節 要約

第2部 欧米における液晶の発見と初期事業化

第3章 液晶科学の草創期

- 第1節 液晶の発見
- 第2節 ヨーロッパにおける液晶研究の興隆と停滞
- 第3節 液晶研究の復活: ドイツ語圏から英語圏へ
- 第4節 化学と物理学と技術の関係

第4章 液晶ディスプレイの発明

- 第1節 液晶ディスプレイ発明の社会的コンテキスト: 巨大科学時代のアメリカ
- 第2節 液晶ディスプレイ発明の組織的コンテキスト: RCAデヴィッド・サーンフ研究所
- 第3節 動的散乱モードLCDの発明
- 第4節 困難な事業化
- 第5節 アメリカにおける液晶の科学・技術研究

第5章 アメリカにおける事業の展開

- 第1節 発明創出型企业
- 第2節 ベンチャー企業
- 第3節 生成期のデジタル・ウォッチ市場
- 第4節 大規模なLCDメーカー
- 第5節 デジタル・ウォッチ市場における激しい競争
- 第6節 ウォッチ用LCDメーカーの撤退
- 第7節 電卓市場とLCD
- 第8節 ドット・マトリクスLCDの開発

第6章 ヨーロッパにおける液晶の科学・技術研究

- 第1節 各国の戦後の業績推移
- 第2節 シアノビフェニールの発明: 英国ハル大学とRSREとBDH化学社
- 第3節 デムス・エステル発明: 東独ハレ大学における研究開発
- 第4節 科学と技術の同型化
- 第5節 西ヨーロッパにおける事業化活動

第3部 日本における液晶ディスプレイの初期事業化

第7章 日本における液晶の科学・技術研究

- 第1節 日本の業績発表パターン
- 第2節 日本における研究開発活動のマクロ・パターン
- 第3節 日本の液晶研究の特徴

- 第4節 理化学研究所:小林駿介の活動
- 第5節 大規模なエレクトロニクス系企業
- 第6節 ウオッチ・電卓メーカー
- 第7節 事業開発活動

第8章 日本における事業化活動

- 第1節 デジタル・ウォッチ市場の生成
- 第2節 日本におけるデジタル・ウォッチ市場の特徴
- 第3節 ウォッチ用LCD:固定的な取引関係
- 第4節 電卓市場と電卓用LCD
- 第5節 シャープにおけるLCDと電卓の関係
- 第6節 最大の市場としてのカシオ計算機
- 第7節 安定的な関係の下における供給側とユーザー側の相互作用

第4部 日本の技術革新

第9章 大量生産体制の確立

- 第1節 転機としての電卓用LCD
- 第2節 初期の大量生産工程
- 第3節 研究開発メンバーと生産工程開発の関係
- 第4節 一貫生産ラインの創造

第10章 時分割駆動の進展

- 第1節 時分割駆動によるコスト・ダウン効果
- 第2節 時分割駆動の波及効果
- 第3節 日立における時分割駆動の進展
- 第4節 セイコーエプソンにおける時分割駆動の進展
- 第5節 シャープにおける時分割駆動の高度化
- 第6節 ドット・マトリクス型TN-LCDの市場とLCDの用途拡大
- 第7節 オプトレックスにおける車載用TN-LCDの開発

第11章 化学と物理学とエレクトロニクス:研究開発・取引のネットワーク生成

- 第1節 複雑な技術的相互依存関係
- 第2節 行動様式の異質性:化学系とエレクトロニクス系,日本とヨーロッパ
- 第3節 初期の研究開発における化学とエレクトロニクス
- 第4節 信頼性に関する問題①:シャープにおけるDSMモードLCD開発
- 第5節 信頼性に関する問題②:TN-LCD,純度と抵抗値
- 第6節 時分割駆動の高度化に伴う問題
- 第7節 理論志向と経験志向
- 第8節 実験志向の試行錯誤とアナロジーによる理論化
- 第9節 取引の仕組み

第5部 液晶ディスプレイ産業の発展

第12章 超ねじれネマティック・モードとアクティブ・マトリクスの開発

- 第1節 TN-LCDの時分割駆動の限界
- 第2節 超ねじれネマティック・モード
- 第3節 アクティブ・マトリクスへの取り組み

第13章 新たな競争

- 第1節 OA機器市場の成長
- 第2節 技術と戦略の多様性
- 第3節 多様なシナリオ
- 第4節 壁掛けテレビへの道のり:他のディスプレイとの競合

第6部 日本の技術革新システム再考

第14章 日本の企業システムに関する基本図式の再検討

- 第1節 基本ストーリーの確認
- 第2節 日本の企業システムをめぐる既存の議論の再検討
- 第3節 日本企業の技術革新能力に対する否定的見解の問題
- 第4節 時間展開と空間的広がりの重要性
- 第5節 未解決の諸問題

第15章 発明創出システム:科学と技術のバイリンガル

- 第1節 はじめに:若干の注意
- 第2節 研究分野別の各国のパターン
- 第3節 発明者の文献公表パターン
- 第4節 科学者・技術者・バイリンガルの分布

第5節 結論とインプリケーション

第16章 取引システムと技術選択:柔軟性の罫

- 第1節 日米LCDメーカーの命運を左右した要因:
努力投入量, 市場, 既存技術, 政府の援助
- 第2節 対照的な技術選択
- 第3節 柔軟な取引システムと長期安定的な取引システム
- 第4節 ウオッチ・メーカーの戦略
- 第5節 生成される技術進化経路
- 第6節 超合理的な企業
- 第7節 結論とインプリケーション

第17章 内生的技術進歩:進化の経済

- 第1節 低価格化と開発力の同時向上
- 第2節 多様な平均費用削減効果
- 第3節 研究開発力の向上
- 第4節 多様な効果の関係
- 第5節 進化の経済から得られるインプリケーション

第18章 合意形成プロセスとしての技術革新

- 第1節 日本企業の技術革新
- 第2節 科学と技術と市場の合意形成
- 第3節 技術革新の政治経済学に向かって

付録

付録(A) ケルカー『液晶ハンドブック』のデータベース

- 第1節 『液晶ハンドブック』
- 第2節 データベースの作成手続き
- 第3節 論文の所属地域と研究者国籍, 研究者のタイプ, 企業等の業績数の特定化

付録(B) 行為連鎖システムとしての技術革新スペクトラム

- 第1節 技術革新スペクトラム
- 第2節 素朴な需要ブル理論と科学プッシュ理論
- 第3節 技術の内的な論理
- 第4節 科学との相互作用
- 第5節 市場:顧客との相互作用と競争
- 第6節 技術革新スペクトラムの地域性・歴史性
- 第7節 要約

付録(C) インタビューにご協力下さった方々

付録(D) 上位221名の推定国籍と推定タイプなど

2. 本論文の目的

本論文の目的は3つある。

まず第1に日本の企業システムもしくは技術革新システムがもつ強みと弱みに関する既存の議論が陥っている問題点を明らかにし, より妥当な議論を展開していくための土台を提供することである。既存の議論は, 日本の企業システムが生産現場における改良のような積み上げの技術革新に適しているいるが, 産業構造を根本から変革してしまうようなラディカルな技術革新には適していないという単純な図式を共有して展開されてきた。しかし, このような単純な図式は多分に印象論的な根拠に基づいて受け容れられているに過ぎず, 妥当な実証的根拠に支えられているものではない。なぜなら, 短サイクルの活動が生みだす積み上げの革新については日米の企業システムについて共時的な比較研究によって妥当化可能であるのに対し, ラディカルな技術革新を生みだす社会システムの特徴を明らかにするには, より長期にわたり, しかもより多様な行為主体を視野に収めた経験的研究が必要だからである。それ故, 既存の論者たちが共有してきた単純な図式は, 日本の企業システムが積み上げの技術革新に適しているという部分については妥当であると判断できるとしても, それがラディカルな技術革新に適していないという部分については判断不可能な状態にあるのである。ある社会システムがラディカルな技術革新を生みだすのに適しているか否かを経験的に明らかにするには, 企業ばかりでなく大学や公的な研究機関などを視野に収めると共に, 数十年から100年にわたる長期の知識蓄積プロセスにも注目しなければならない。そのような時間的・空間的な広がりを視野に収めた研究を行なうために, 本論文では, 1888年の液晶物質の発見から1996年頃までの液晶ディスプレイの技術革新の歴史的な事例研究を遂行している。このような作業を通じて, 日本の企業システムや技術革新システムなどについて, より経験的に妥当な議論を展開するための土台を提供し, その上で日本の技術革新システムの再検討を行なうことが, 本論文の第1番目の目的である。

この第1番目の目的に付随して(あるいはその目的追求の副産物として), 本論文では, 行為が連鎖していく社会的プロセスとして技術革新を捉える視点を確立し, その視点に基づいた研究の具体例を提示すること

が追求されている。既存の研究が技術をあたかも物理法則に支配されたものであるかのように捉えているのに対し、本論文ではあくまでも技術が人々の行為の連鎖システムであり、技術革新は行為が連鎖していくプロセスであると捉えている。その視点の研究実践例を示すことが本書の第2番目の目的である。

最後に、特定の視点に彩られてはいるものの、液晶ディスプレイの技術革新という社会現象を同時代史としてとりまとめ、詳細な記述・記録として残していくことも社会科学にとって重要な意味があると思われる。この記述・記録を残すことが本書の第3番目の目的である。

3. 第1部 技術革新の時間展開と空間的広がり: 事例研究の準備

第1部では、基本的な問題設定と本書の事例部分を読み解くための準備作業が行なわれている。まず第1章では、日本企業の技術革新能力に関する既存の議論をレビューし、その基本的な論点を整理した上で本論文のねらいが提示されている。既存の研究や政策的な議論は、やや誇張を含めて単純化すれば次のような図式を共有してきている。すなわち、長期安定的な諸関係によって特徴づけられる日本的なシステムは積み上げの技術革新には適しているけれども、ラディカルな技術革新を生み出すのには適しておらず、逆に、柔軟な諸関係によって特徴づけられるアメリカ的なシステムは積み上げの技術革新には適していないが、ラディカルな技術革新には適合的である、という基本図式である。しかし本来、社会システムがラディカルな技術革新を生み出すのには数十年の年月が必要であることを考えれば、このような議論を行なうためには、より長い期間にわたり、より広い社会的コンテクストを視野に収めた経験的研究が必要である。それ故、既存研究が共有してきた基本図式は妥当な経験的基盤を欠いていると言わざるをえない。このような認識に立って、液晶ディスプレイ(LCD)に関連する技術革新の歴史を約100年にわたって考察し、日本の企業システムと技術革新能力に関する既存の諸見解を再検討する作業を目指すことが本論文の主要な目的である、という位置づけが第1章で行なわれる。

第2章は、第2部以降の事例研究を読み進むための本格的な準備作業である。そこでは、現在のLCD産業がどのような状況にあるのか、またLCDの技術が基本的にはどのようなものであるのかといった、LCD技術と産業の基本的な特徴が記述されている。

4. 第2部: 欧米における液晶の発見と初期事業化

第2部は、1888年から1970年代半ばまでの期間について、欧米における液晶科学あるいはLCD技術に関連した行為のシステムが記述されている。まず第3章では、液晶の科学的研究がひとつの運動として始まった経緯から、1950年代までに2つの世界大戦の影響を受けて液晶の科学的研究が活発になったり、衰退したりといった紆余曲折がたどられている。この時点での主たる活動の中心はヨーロッパ、特にドイツ及びドイツ語圏である。この時点では、化学と物理学という異なる科学の専門領域間でも、科学と技術の間でも、継続的な相互作用を支持する社会的な仕組みが存在しなかったことがとりわけ強調されている。しかし、1960年前後から液晶の研究が再び活発化する際に中心となるのは、アメリカを中心とした英語圏であり、そこでは化学と物理学と技術の関係がそれ以前とは随分異なったものになっている。

第4章から第5章までは、アメリカにおけるLCDの発明から初期事業化の事例を扱っている。第4章では、最初のLCD(動的散乱モード)の発明者と、その発明者が生きていた時代の社会と会社のコンテクストが描かれている。巨大科学時代のアメリカにおいて、その時代を最も代表するようなRCA(Radio Corporation of America)社のデヴィッド・サノーフ研究所において、異なる専門分野の科学者と技術者とが濃密な相互作用を展開していた。LCDが発明されるのは、このようなコンテクストの下においてであった。

それまでバラバラであった化学と物理と技術とを巧みに連結したかに見えるアメリカ社会は、しかし、その成果として生まれたひとつの発明を事業として育成していく上では必ずしも一貫した努力を積み重ねてきたわけではなかった。この初期事業化に関する記述が第5章で行なわれる。発明を生み出すことを専門に行なう企業と、それを事業化しようと努力するベンチャー企業、そのベンチャー企業などを買収して大量生産に踏み切ろうとする大量生産志向の企業といった多様なプレーヤーたちの相互作用の結果、LCDは事業としては困難な時期を経験する。とりわけ、アメリカにおいては他の代替的な技術アプローチ、すなわち発光ダイオード(LED)との競争が厳しく、LCDは初期事業化段階をスムーズに切り抜けることが出来なかったように思われる。1970年代の後半にアメリカ国内におけるLEDとの競争に打ち勝ったときには、既に太平洋の反対側の日本ではLCDの一貫生産ラインが開発され、アメリカ市場への輸出が本格化する。LEDとの競争に生き残ったアメリカの大規模なLCDメーカーは、この日本製のLCDとの競争によって市場から退出することを余儀なくされていった。

第6章は、RCAのLCD発明を契機として始められたヨーロッパにおける液晶関連の研究開発活動の特徴が記されている。後に紹介される日本とは対照的に、液晶研究の歴史的な蓄積と研究人材が厚く存在したヨーロッパにおいては、RCAによる発表を契機として、科学・技術の両面で急速に研究が活発化した。LCDそのものについては、事業としてほとんど成功を収めなかったけれども、その主要材料である液晶物質に関してはヨーロッパの企業と大学の共同開発は、技術的にも経済的にも多大な成果を達成したと評価できる。

5. 第3部 日本における液晶ディスプレイの初期事業化

第3部は、日本のLCD産業の初期事業化プロセスに関する行為システムの事例が記述される。まず第7章では、日本におけるLCDあるいは液晶の研究開発活動が、RCAの発表以前はほぼ皆無といって良いような状況にあり、RCAの発表を契機としてそれまで液晶に触れたことのない人々がその研究開発活動へと関与していくプロセスが記述されている。第8章には、その研究開発の成果が事業化される初期段階が描かれている。アメリカにおける初期事業化とは異なり、日本では、ウォッチと電卓という初期の主要な用途に対して、既存のウォッチ・メーカーや電卓メーカー、エレクトロニクス系企業などが継続的なコミットメントをもって事業

開発活動を展開した。日本ではテレビなどの高情報容量のLCDの開発を目指していたエレクトロニクス系企業がウォッチや電卓用の小型のLCDを当初から事業として追求すると同時に、当初自社用のウォッチや電卓用のLCDの開発活動を主体としていたセイコーエプソンやシャープのような企業がその後自社における研究開発活動を高度化していったことが指摘される。アメリカにおいては柔軟な取引関係が特徴的であったのに対し、日本では供給者側も需要者側も長期相対取引の特徴を色濃く持つ企業間関係を通じて濃密な相互作用が展開され、初期LCDの信頼性が確立されていった。

6. 第4部 日本の技術革新

第4部は日本の工程革新(第9章)と製品革新(第10章)、組織革新(第11章)に注目するものである。第9章と第10章は、1970年代から80年代の初めまでにかけて、日本企業が生み出したLCDの技術革新の特徴が記されている。ひとことで言えば、それは信頼性の高いLCDの安定生産を一貫自動化したこと、高時分割駆動によるLCDの高情報容量化であった。この生産工程と製品設計の両面における技術革新によって、LCDの用途拡大が進み、ウォッチと電卓を越えた応用分野への展開というシナリオが確立された。このシナリオを実現する基礎になるような企業間ネットワーク生成に関する記述が第11章に記されている。かつて異質であった化学と物理学と技術とが、日本のLCDセル・メーカーと液晶材料メーカー、ヨーロッパの液晶材料メーカーという3者間の研究開発及び取引のネットワークを通じて統合されるようになったこと、またそのネットワークを日本企業が中心になって生成してきたことが強調される。技術革新とは単にアイデアの生成ばかりでなく、まさに生産要素の新結合であるのだとすれば、このようなネットワークの生成こそ技術革新の本質である。

7. 第5部 液晶ディスプレイ産業の発展

LCDの高情報容量化というシナリオにそった技術革新は、このようなネットワークを基礎としてその後も累積的に展開されていった。この展開について記述しているのが第5部である。このシナリオとネットワークは、超ねじれネマティック・モードやアクティブ・マトリクスと呼ばれるLCDの新技術展開へと継承され、パーソナル・コンピュータをはじめとする情報機器の主要部品としてのLCDという製品カテゴリーが確立されていった。この超ねじれネマティック・モードとアクティブ・マトリクスに関しては、第12章に詳しく記述されている。このような新たな技術の登場によって、現在のLCD産業がどのような企業間競争を繰り広げ、また代替技術との間でどのような競争を展開しているのかを考察するのが第13章である。

8. 第6部 日本の技術革新システム再考

ヨーロッパにおける科学研究、巨大科学時代のアメリカにおけるLCDの発明、日本における生産体制の確立とその後の技術革新、といった100年にわたる一連の行為のシステムを記述した上で、第14章では、まず第5部までの事例記述と第1部の問題設定を振り返り、事例記述をベースにして、もう一度日本の企業システムと技術革新能力に関する既存の基本図式を批判的に検討する作業を行なう。本論文がこの第14章で行なう基本的な主張は、技術革新の時間展開と空間的な広がりを十分に注意して考察を進める限り、日本の企業システムがラディカルな技術革新に適していないという主張は妥当性を欠いている、というものである。このような主張を行なった上で、必ずしも第1部の議論とは直結しないかもしれないが、それでも読者にとっては未解決のままに残されていると思われる問題を3つ指摘し、次章以下につなげるのが第14章である。

第14章で指摘された3つの残された問題をそれぞれ考察するのが第15章と第16章、第17章である。第15章では、日本企業がLCDに関してラディカルな技術革新を遂行したと認めたとしても、1970年代半ばまでの段階では多数の発明を生みだせなかった理由が何であるのかを検討する。もちろんそれまでの蓄積の欠如という要因が最も重要であるとしても、日本の発明創出システムにどのような特徴があったのかを明らかにしておく必要がある、というのがそこでの基本認識である。各国研究者の文献公表パターンに基づいた科学と技術の界面における日米欧の比較を行なった結論として、日本の発明創出システムには純粋科学者の数が不足していること、また科学と技術の世界の両方で主体的に活躍するような科学と技術のバイリンガルとでも呼ぶべき人材の層が薄かったことが指摘される。

第16章では企業の技術選択と競争・取引システムの問題を考察する。本論文の事例部分で記述された内容をベースにして、概念的なモデルを構築し、そのモデルに基づいて日米LCD産業の競争力の相違がなぜ生みだされたのかを明らかにするのが、ここでの課題である。柔軟な取引システムの方が技術変化への適応スピードも速いはずだという一般的なイメージに反して、固定的な取引システムが予想よりも早いタイミングで長期合理的新技術へと転換することができる、というのが第16章の結論である。

第17章では、日本企業の内部で発生した経済性について考察を巡らせている。日本企業は単に製品のコストを欧米企業よりも急速に低下させたばかりでなく、研究開発能力も急速に向上させていった。このプロセスを説明するためには、やはり単に努力を投入して、経験を蓄積したという直接的な効果ばかりでなく、さらに一歩進んだダイナミックな生産性向上と研究開発能力向上の効果が日本企業において実現されたという可能性に注目する必要があるとわれわれは考えている。この効果を仮説的に進化の経済と呼び、それがどのようなメカニズムで生じ、それを仮定することでどのような現象を説明できるのかということを第16章で議論している。

以上のような問題について考察を加えた上で、本書の最後に、日本企業の行なった革新がいったいどのようなものであり、技術革新の本質が何であるのかという問いをもう一度考える作業が行なわれている。これが第18章である。そこでは、科学と技術の関係を行為システムの視点からとらえ直し、行為システムとして技術を考察することによって様々な(見え)が生成されることを示し、日本の遂行した技術革新の意義を人々合意形成の問題として評価する作業が行なわれる。

なお、本書は多様な読者を想定して、専門的あるいは技法的な問題を付録に収録し、本文中には含めない方針をとっている。本文中で用いられるデータ処理の手続きが付録(A)に、また行為連鎖システムとして技術を考える際に参考になる先行研究のレビューが付録(B)に掲載されている。この付録(B)において、既存の技術革新研究が明らかにしてきたことを可能な限り広くレビューする作業を通じて、技術を行為のシステムとして捉える視点が妥当であり、しかも既存研究の整理にも有用であることが示されている。