

平成 2 2 年 3 月 修了
博士（学術）学位論文

技術指向事業創造におけるマネジメント課題に関する研究
～プラズマディスプレイ事業化プロセスの事例～

Analysis of Management Issues of Technology Oriented
Business Development
- A Case Study of Plasma Display Business Creation -

平成 21 年 12 月 11 日

高知工科大学大学院 工学研究科 基盤工学専攻

学籍番号 1066001

青砥 宏治

Koji Aoto

目次

論文概要	5
第1章 序論	9
1-1 本研究の背景.....	9
1-2 本研究の目的.....	12
1-3 本研究のアプローチ.....	12
第2章 日本における家電業界の現状と課題.....	14
2-1 日本における製造業の位置づけ.....	14
2-2 家電業界の収益性.....	16
2-3 イノベーションの重要性.....	19
第3章 技術から事業化に至るプロセスにおける検討課題.....	21
3-1 製品アーキテクチャ論.....	22
3-1-1 部品間特性.....	22
3-1-2 製品アーキテクチャを組織能力.....	23
3-1-3 階層性.....	24
3-2 技術獲得.....	25
3-2-1 外部からの技術獲得の必要性.....	25
3-2-2 オープン・イノベーション.....	26
3-2-3 技術獲得の手段.....	27
3-3 知識経営.....	28
3-4 イノベーション・マネジメント.....	29
3-5 起業工学.....	33
3-6 事業化障壁.....	34
第4章 プラズマディスプレイの技術開発と製品アーキテクチャの分類.....	36
4-1 プラズマテレビの構成.....	36
4-2 パネルの構成と製造プロセス.....	37
4-3 駆動の原理.....	39
4-4 現在のプラズマディスプレイの技術開発.....	42
4-5 製品アーキテクチャの種類.....	46

第5章 プラズマディスプレイの事業化に関する事例研究.....	51
5-1 フェーズ①「発明～モノクロ PDP の普及、淘汰」	52
5-1-1 プラズマディスプレイの発明.....	52
5-1-2 プラズマディスプレイにおけるデスバレー	54
5-1-3 ディスプレイにおける環境分析	56
5-2 フェーズ②「プラズマディスプレイの実用化」	59
5-2-1 コンソーシアム設立当時の外部環境と設立の目的	60
5-2-2 PDP 開発協議会の体制	62
5-2-3 PDP 開発協議会で採られた戦略と開発.....	64
5-2-4 コンソーシアム設立の効果.....	70
5-3 フェーズ③「事業化後の商品力向上」	73
5-3-1 プラズマディスプレイ開発における技術獲得	73
5-3-1-1 CRT に性能を近づけるフェーズ（1996 年～）	73
5-3-1-2 大画面化、ハイビジョン化のフェーズ(2000 年～).....	77
5-3-1-3 省電力化のフェーズ（2007 年～）	79
5-3-2 ダーウィンの海からの離脱.....	80
5-4 LCD 事業との比較分析	82
5-4-1 技術の標準化とオープン化.....	82
5-4-2 事業アーキテクチャ.....	87
5-4-3 部材コスト.....	89
第6章 プラズマディスプレイ事業の起業工学的考察.....	91
6-1 事業創造プロセスの障壁に対するマネジメント①	91
6-2 事業創造プロセスの障壁に対するマネジメント②	94
6-3 「技術指向事業創造プロセス」のマネジメントモデル	95
第7章 結論	97
謝辞	99
参考文献	100

論文概要

本論文は、筆者が受けた大学教育、及び社会人として企業で行った実験や事業立ち上げの経験を基礎知識・見識として、高知工科大学大学院 工学研究科 基盤工学専攻 起業家コース 博士後期課程において行った研究をまとめたものである。本テーマに関しては、これまで筆者が企業で取り組んできたプラズマディスプレイの開発及び実用化の内容に加えて、プラズマディスプレイのイノベーションの原点にまで遡って調査を行い、これらの事例研究をベースに新規デバイスの事業創造プロセスを起業工学的な観点で分析し、普遍的な知見を見いだす試みを行ったものである。

本論文は第1章から第7章で構成される。

第1章では本研究の背景と目的を明らかにする。1990年代の後半から日本経済における国際競争力が低下し、国際競争力を高める必要性は大きな社会経済課題となっており政治課題でもある。この課題を取り扱うにあたり、科学技術政策にとどまらず、経済産業政策、財政金融政策、厚生労働政策、地方自治政策など多くの政策課題とも複雑に絡みあっているため、視点がある程度絞り込む必要がある。

国際競争力低下の要因の1つとして、今日まで日本を支えてきた製造業による付加価値の創造、すなわち技術を収益に十分結びつけることができていない点が指摘されている。そこで、本論文ではまず研究対象を製造業に絞り込み、国際競争力や付加価値獲得の現状認識など、外部環境に対する知見を深めた上で、筆者が開発、事業化に携わってきたプラズマディスプレイの事例研究を行った。プラズマディスプレイを代表とする薄型テレビの世界市場は2012年には2億台にのぼる大市場を見込むことができ、その事業化の成否はそれを扱う企業はもとより、日本の製造業の位置づけにも大きな影響をもたらすため、プラズマディスプレイの事業化における課題とその克服方法について分析し、体系化を行うことを目的とした。

第2章では、今後も「製造業」が日本経済を支える産業であることを改めて指摘し、日本の製造業はグローバルに生産を行っている点、輸出を行い稼いだ外貨でエネルギーと食料を輸入している点など、依然、日本においては製造業の役割が大きいことを示す。しかしながら、製造業の代表である家電業界において「収益性」を眺めて見ると、2000年代後半では営業利益率はほぼ無いに等しい状況が続く、危機的な状況である。この収益性を上げるために、技術だけ

では解決できない課題も少なくないが、やはり技術によってイノベーションを興すことが、日本が最も得意とするやり方であり、これを進めて行くべきことを再認識すべきであると指摘する。

市場にインパクトのある技術主導の事業化は、一般的に大型の投資が必要となり、経営者を躊躇させることが多いが、日本の経済を再び成長路線に導くためには、この技術主導の市場創造を自らマネジメントできる手法を身につけなければならない、主要な課題は「付加価値の高い技術、商品の開発」に加え、「その技術、商品を用いて如何に事業として成功させるか」の2点に集約できることを導く。

第3章では、前章で導いた2つの課題を検討していく上で、技術経営としての一般理論を整理し、課題を明確にする。1つめの課題である「付加価値の高い技術、商品の開発」については、「製品アーキテクチャ論」、「技術獲得」、「知識経営」の理論を整理し、第4章、第5章で述べる差別化が出来る技術、商品、及びその開発手法の研究に活かした。

2つめの課題である「付加価値の高い技術、商品を用いて如何に事業として成功させるか」に対しては、「イノベーション・マネジメント」、「起業工学」を考え方のベースとし、「デスバレー」、「ダーウィンの海」と呼ばれる事業化障壁の再確認を行い、第5章の事例研究に活かした。

第4章では、事例研究の対象となるプラズマディスプレイのパネル構成と製造プロセス、及び駆動原理を述べ、プラズマディスプレイが大画面で薄型化が容易である等の特徴を説明する。次に、プラズマディスプレイは他のディスプレイと比較し「消費電力」で課題を有していたが、現在の省電力化の取り組みについて、筆者が担当している開発の概要を述べる。

また、プラズマディスプレイの「隔壁」という構成材料に着目した開発事例を紹介し、その開発の取り組み方から製品アーキテクチャをCRTとLCDも含めて比較、分類することで、プラズマディスプレイを「インテグラル型（摺り合わせ型）」のデバイスであることを結論づける。

第5章では、プラズマディスプレイの発明から事業化に至るまでの事例、そして事業化後に市場のニーズの変化や競合製品の性能向上に対していち早く対応し、事業を成長軌道に乗せるための「商品力強化」に関する事例を時系列に3つのフェーズに分けて調査した。また、第4章で結論づけたプラズマディスプレイという「摺り合わせ型」の開発を必要とするデバイスを扱う意義もここで分析し、日本企業による摺り合わせ型開発の有効性を検証した。

まずフェーズ①として、プラズマディスプレイが1964年に発明されてから事業化前の実用化の段階で「デスバレー」に陥った経緯について調査を行った。1980年代、プラズマディスプレ

イはモノクロのディスプレイとして、ラップトップパソコン市場で普及した。これはプラズマディスプレイが、薄型、サイズ（10 インチ～）、表示品位（視認性、応答性）の点で差別化ができたからであり、松下電子工業、岡谷電機など日本企業が牽引した。しかしながら、1980 年代後半、市場のニーズはラップトップパソコンからポータブルパソコンへニーズが移り、最も求められる性能が省電力となった。そこへカラーLCD が台頭し、置き換えが急激に進んだため、プラズマディスプレイのパソコン用の市場は、1990 年中頃にほぼ無くなってしまった。この事例調査から、競合デバイスの参入や海外企業の参入を防ぐためには、日本企業が強みとする製品の選定、及び競合製品の参入を防ぐ戦略、すなわち製品の選定と差別化が重要であると、次の章で結論づけた。

また、当時のテレビ事業における環境の調査を行った結果、テレビ市場では画面の大型化が進んでいたが、CRT が 36 型で限界に達しており、また 1990 年代からハイビジョン放送が始まるなど、新しい薄型大画面テレビの潜在需要は高まっていると分析。しかしながら、パソコン市場で敗退したプラズマディスプレイはデスバレーに陥っており、事業は一向に立ち上がる気配がなかった。このデスバレーを克服する施策として、1994 年に NHK が主導でコンソーシアム（PDP 開発協議会）を設立し、プラズマディスプレイをデスバレーから乗り越えさせ、事業化へ繋げる役割を果たしていた。このコンソーシアムによる実用化の取り組み段階をフェーズ②とし、その中で取られた戦略、マネジメント手法を調査、分析し、デスバレーからの離脱に関する体系的な結論を抽出した。

ここでは、コンソーシアムは企業の利害関係に巻き込まれないために、公共的、中立的である核の機関の存在、及び長野五輪を目標とした次世代テレビ市場の提示の事例で見られた様に、潜在市場を顕在化する活動が重要であり、またコンソーシアムで採られたマネジメントとして「マトリクス型マネジメントモデル」、「ノンリニアコンカレントイノベーションモデル」、「ポートフォリオマネジメント」、「単一モデル開発」が有効であったと分析した。

フェーズ③では、事業化後に事業を成長軌道に乗せる、すなわち「ダーウィンの海」を克服するための商品力向上に繋がる技術獲得の方法について、パナソニックで筆者が関わってきた内容を述べる。事業化後を時間軸で見ると、CRT に勝る画質向上（コントラスト向上）（1996 年～）、大画面、高精細化（2000 年～）、省電力化（2007 年～）と、求められる技術が次々に変化し、それにいち早く対応するために、プラズマコ社（米）の買収、東レとの共同開発、パイオニアからの技術者の受け入れなど、外部から技術を獲得してきた。

この事例調査から、技術獲得は一過性のものではなく、必ず技術を保有する企業の技術者が

パナソニックの摺り合わせ開発に入り交じり、暗黙知を共有することで摺り合わせ力を強化、これにより持続的に商品力を向上させる組織能力を身につけていたと分析した。

また、ものづくりにおける事業構造として昨今「水平分業」、「垂直統合」が議論されているが、本論でも「事業構造と戦略」についてプラズマディスプレイと LCD を比較調査した結果を最後に述べた。ただし、この事例については、現在製造業においてグローバルに大きく事業構造が変わろうとしており、考察のみにとどめた。

第 6 章では、第 4 章、第 5 章の事例調査から起業工学の視点で分析を行い、まず始めに、製品の差別化を行う上における「摺り合わせ開発」の重要性を指摘した。また、技術を実用化する際に発生する障壁、いわゆるデスバレーを克服するために、第 5 章のコンソーシアムの事例から抽出したマネジメントが有効であると結論づけ、これを「ソフト連動型中立コンソーシアムによるマネジメント」を名付けた。次に、事業成長の障壁、いわゆるダーウィンの海の克服方法として、外部からの技術獲得を技術者自信も含めて行い、自社の摺り合わせ開発の中で人材交流させ、暗黙知も含めた技術開発を進めることで、持続的に商品力を向上させることが重要と結論づけ、「人材交流型技術獲得マネジメント」と名付けた。最後にこれらの調査、分析結果から得られた結論をまとめて起業工学的に考察し「技術指向事業創造プロセス」のモデル化を行った。

第 7 章では、総括として、経済競争力の強化には、日本の強みである摺り合わせ型の技術により付加価値を高め、事業を創造していくことが重要であることを示し、技術指向事業創造プロセスにおいて、プロセス障壁に対する有効なマネジメントについて、①製品アーキテクチャにおいては、摺り合わせ型の製品開発による差別化戦略が必要、②環境面でハードとソフトの両面から立ち上げる事業化戦略が必要、③事業化障壁（デスバレー）の克服として、「ソフト連動型中立コンソーシアムによるマネジメント」が有効、④事業成長の障壁（ダーウィンの海）からの離脱として、「人材交流型技術獲得マネジメント」が有効であると締めくくった。

第1章 序論

1-1 本研究の背景

日本は1960年から1970年代にかけて、年率10%を超える経済成長を遂げてきた。「高度経済成長」と呼ばれていた時代である[1][2]。当時は欧米先進国に追いつき追い越せという明確な目標のもと、製品や製造の技術力を高め、「ものづくり」においては短期間の間に世界で認められるレベルにまで成長した。製造業は日本経済を支える中心となり、その技術力が高く評価され、例えば日本製のテレビやVTR等の民生機器は、高品質かつ低価格として市場に受け入れられ、圧倒的なシェアを誇っていた。1980年代には、輸出産業を中心に絶頂期となり、日米貿易摩擦を引き起こしたほどである。

しかしながら1990年代に入ると日本の経済は停滞を始め、グローバルにおける国際競争力が低下したと言われている。ここで主要な国の国際競争力を比較してみたい。国際競争力を計る方法はいろいろあるが、スイスの国際経営開発研究所である International Institute for Management Development (略称 IMD) から毎年報告されている World Competitiveness Year Book が有名である。IMD は各国の経済を様々な側面から調査を行い、企業経営者のアンケート結果と合わせて総合評価で競争力を算出している[3]。

図1にIMDから報告された日本、中国、米国、英国の国際競争力ランキングを示す。この結果を見ると、1990年代後半における日本の競争力低下は明らかである。同じ先進国である米国においては現在に至っても競争力を保っており、大きく差が開いている。1990年当初は日本も米国と1位、2位を争う順位にあったが1990年後半から急落、2000年代に入ってから20位前後で推移している。2009年では日本は17位であるが、2位に香港、3位にシンガポール、そして2005年以降は中国も台頭してきており、日本は東アジア、東南アジア諸国に押されている状況であると言える。

一方、国際競争力を詳細に分類毎に見てみると、日本は技術開発に関する指数「科学インフラ」においては米国に次ぎ2位と高水準を維持している。「科学インフラ」は、研究開発投資額や研究開発当事者数、特許件数などで評価される。「科学インフラ」が高水準であるにもかかわらず、総合的な競争力が低いことから、日本の強みである技術を収益に結びつけることができていないことも競争力低下の一因であると言える。

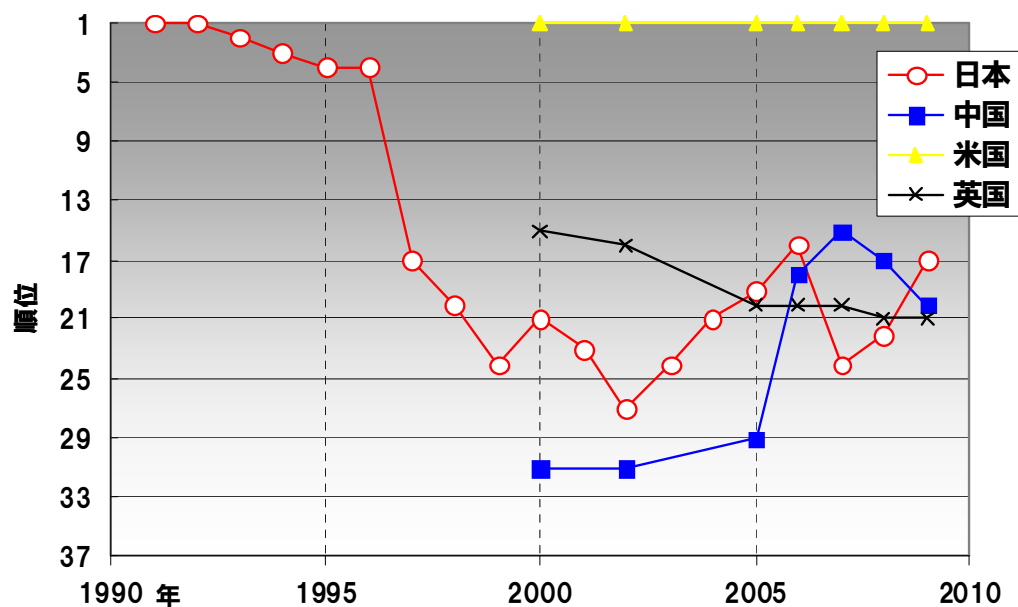


図 1 IMD による国際競争力ランキング（日本、中国、米国、英国）

また、ものづくりの面において、2000 年代に入り中国や東南アジアにおける製品の品質が安定し始め、これらの国は安い労働力を武器に市場に参入してきている。このため製品の価格が大幅に低下し、日本の製品もこの価格下落に追従せざるを得ない状況となっている。特に日本の製造業を支えてきた電機業界においては、参入企業が多いため競争が激化し、製品の価格下落が顕著となり、企業の収益性を圧迫している。この収益性の低下も日本の競争力低下につながっていると考えられる[4][5]。この価格下落の競争に陥っている原因の一因として、最近の MOT による分析では、商品の差別化、独自性など付加価値の高い商品を十分に生み出せていないからであると分析されている[6]。

一方、日本が技術、商品で競争力を確保出来ていない状況の中で、昨今のディスプレイ市場に目を向けると、50 年近く視聴デバイスとして君臨してきた CRT に替わり、プラズマディスプレイや LCD を中心とした薄型テレビの普及が急速に進み、大型市場がグローバルで立ち上がってきている（図 2）。放送のデジタル化が進み、放送が高精細で大画面の視聴を訴求しているという点も普及を後押ししており、2012 年にはグローバルの需要として 2 億台に達すると予測されており、薄型テレビは世界的に需要が見込める事業であると言える。

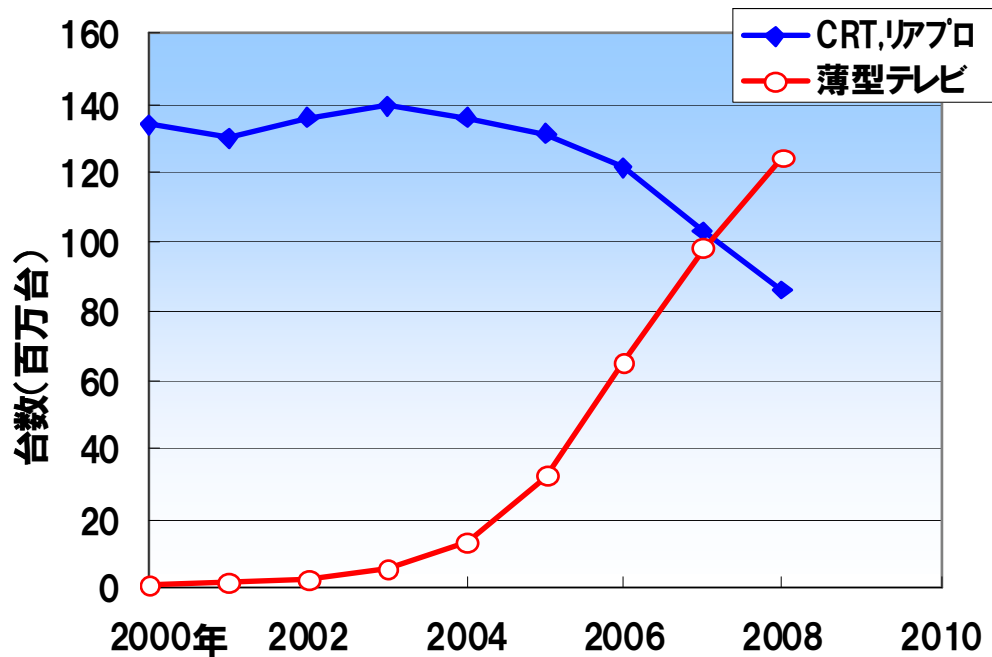


図 2 ディスプレイの需要（グローバル）

プラズマディスプレイは、テレビ視聴の用途として 1990 年後半から市場に投入され、他のディスプレイデバイスよりも先駆けて大画面薄型テレビの事業化と市場への普及を牽引してきた。LCD も 2～3 年遅れて市場に参入し、現在はプラズマディスプレイと LCD の 2 つの事業が薄型テレビ産業の主力デバイスとして立ち上がっている。

日本の国際競争力の低下は、大きな社会経済課題となっており政治課題でもある。この課題を取り扱うにあたり、科学技術政策にとどまらず、経済産業政策、財政金融政策、厚生労働政策、地方自治政策など多くの政策課題とも複雑に絡みあっているため、視点をある程度絞りこまないと論議が発散的になる。国際競争力低下の要因の 1 つとして、今日まで日本を支えてきた製造業による付加価値の創造、すなわち技術を収益に十分結びつけることができていない点が指摘されている。そこで、本論文ではまず研究対象を製造業に絞り込み、国際競争力や付加価値獲得の現状認識など、外部環境に対する知見を深めた上で、筆者が開発、事業化に携わってきたプラズマディスプレイの事例研究を行った。

1-2 本研究の目的

本研究の目的は、筆者が開発、事業化に携わってきたプラズマディスプレイに関する事例研究を行い、技術主導で事業化を行う「技術指向事業創造プロセス」のモデル化を行うことである。技術主導の事業化は、時間がかかり、その間に外部環境も大きく変化することから成功に対する信頼性が低い特徴があると言われているが、逆に大規模な市場を見込むことができる。

プラズマディスプレイを例とした大型市場の普及を見込むデバイスの事業化の成否は、このデバイスを扱う企業の将来性に大きな影響をもたらすため、この事業のマネジメント研究は非常に重要であると言える。またプラズマディスプレイは、日本企業が市場を牽引してきたという特徴を持つため、日本の今後の製造業の進む道を考察する上でも重要であるとする。

1-3 本研究のアプローチ

本研究は、まず日本の産業別統計データを基に、日本の産業の中心は今後も製造業であることを再認識し、日本の製造業、特に家電業界における課題を明らかにする。

次に、技術から事業に至るプロセスにおける課題を検討する上で、技術経営に関する一般理論を整理し、これらの検討課題を元に、筆者が関わってきたプラズマディスプレイの事業立ち上げを事業化の成功事例として調査を行った。特に「製品アーキテクチャ論」では、東京大学の藤本教授が「摺り合わせ型」という考え方を提唱され、日本の製造業はこの「摺り合わせ型」のものづくりに強みがあると言われている[7]。本研究は、プラズマディスプレイが「摺り合わせ型」の製品であるかどうかを検証し、そのデバイスを扱う意義も分析に加えた。

具体的なプラズマディスプレイの事業化における調査、分析に関しては、時間軸で3つのフェーズに分けて実施した。フェーズ①は、プラズマディスプレイの発明からデスバレーに至るまでの経緯を調査した。この間、プラズマディスプレイは、モノクロ表示として一度ラップトップパソコン市場で事業が立ち上がりしたが、LCDの置き換えにより撤退しており、この事例から、競合デバイスの参入や海外企業の参入を防ぐための戦略について分析を行った。

フェーズ②は、薄型テレビの事業化における推進力の役割となったNHK主導のコンソーシアムの調査をおこなった。モノクロプラズマディスプレイが撤退後は、事業化に躊躇する企業が多く、その状況を克服するためにコンソーシアムで取られた戦略において、何が有効であったか、また成功させるためのポイントは何かを明らかにする。

フェーズ③は、事業化後に事業を成長軌道に乗るためのポイントについて調査を行った。事業を成長軌道に乗せるには、他社の参入や既存の製品の進化から淘汰されないために「商品力」、「コスト力」、「生産性」を同時に満たしていかなければならない。本調査においては「商品力」に着目し、商品力向上として、筆者が関わっているパナソニックで取られてきた外部からの技術獲得の方法と持続的な商品力向上の開発手法について、「摺り合わせ開発」をキーワードに分析を行った。

また、収益性という観点でプラズマディスプレイと LCD について事業構造を比較分析した結果、及び考察を述べる。

最後に、これらの調査結果を起業工学的な観点で分析を行い、技術指向事業創造プロセスにおけるマネジメントのモデル化を行った。

第2章 日本における家電業界の現状と課題

この章では、プラズマディスプレイの事例研究に入る前に、日本の製造業と、その代表である家電業界に焦点を当て、日本における製造業の位置付け、家電業界における付加価値獲得の現状認識などを通じて、日本の製造業における課題を抽出する。

2-1 日本における製造業の位置づけ

第1章でも述べたように、1960年から1970年代は、日本は製品や製造における技術力を強みとして製造業を中心に経済成長を遂げた。1970年代後半ではGDPの産業別の構成比率で見ると、製造業のGDPに占める割合は30%近くあった(図3)[8][9]。その後、流通、サービス、金融、不動産などの非製造業の構成比率が年々高まり、製造業の比率は徐々に低下、2007年では21%となっているが、同じ先進諸国の米国や英国における製造業の割合は約10%程度であり、日本における製造業の役割は依然大きいと言える(図4、図5)[10][11]。

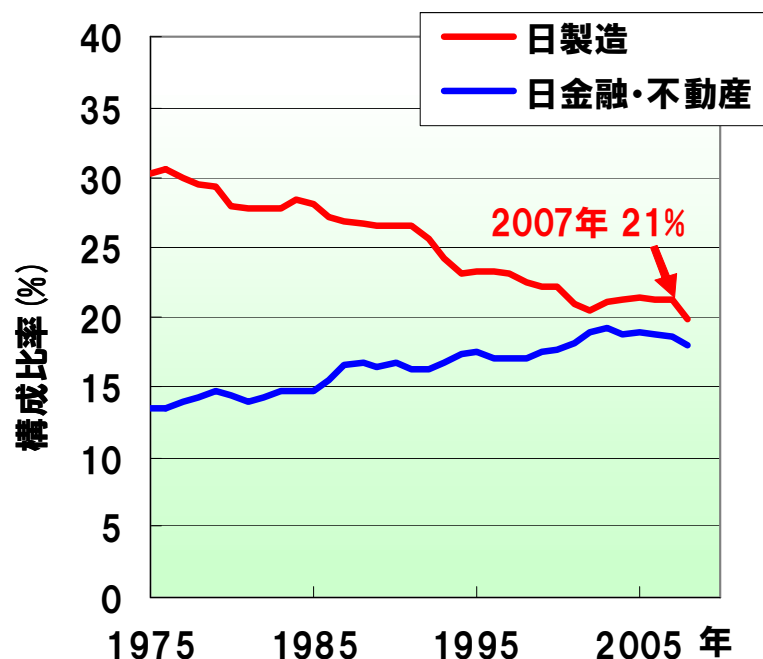


図3 日本におけるGDPの産業別構成比

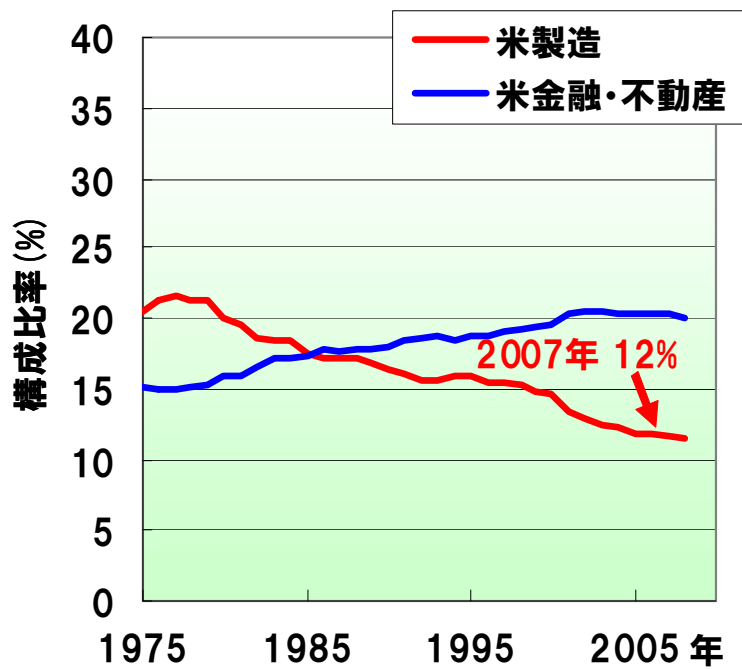


図 4 米国における GDP の産業別構成比

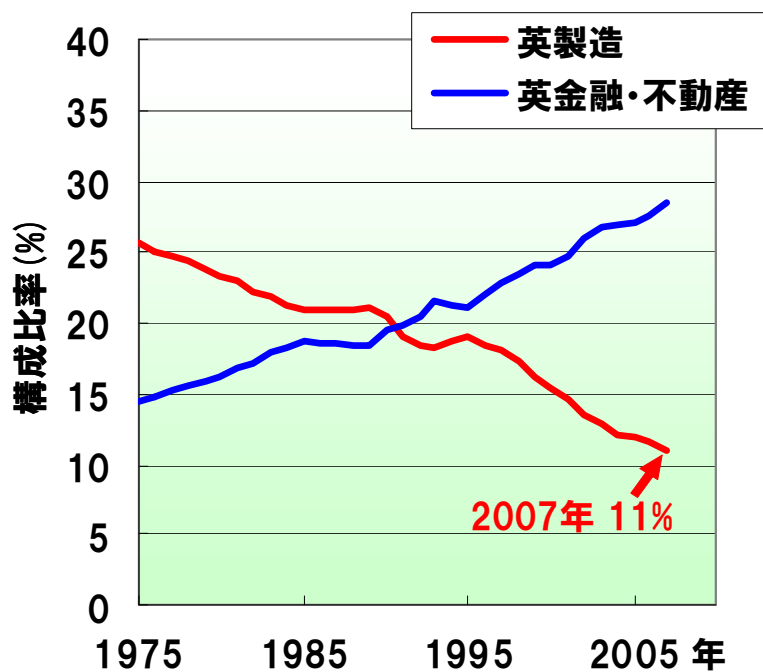


図 5 英国における GDP の産業別構成比

また、日本は元々エネルギー資源や食料自体は自給でまかなうことができず、大部分は輸入に頼らざるを得ない国である。エネルギーと食料品の輸入だけでも 2008 年においては 31.5 兆円に上る。一方、製造業は現在でも世界中に輸出を行い、年間で 38 兆円もの貿易黒字を稼ぎ出している。更に、世界各地でも生産を行い、現地の経済や雇用に貢献もしている。このことから日本はグローバル産業である製造業が稼いで得た収入で、エネルギーと食料を輸入して成り立っていると言える(図 6) [12]。

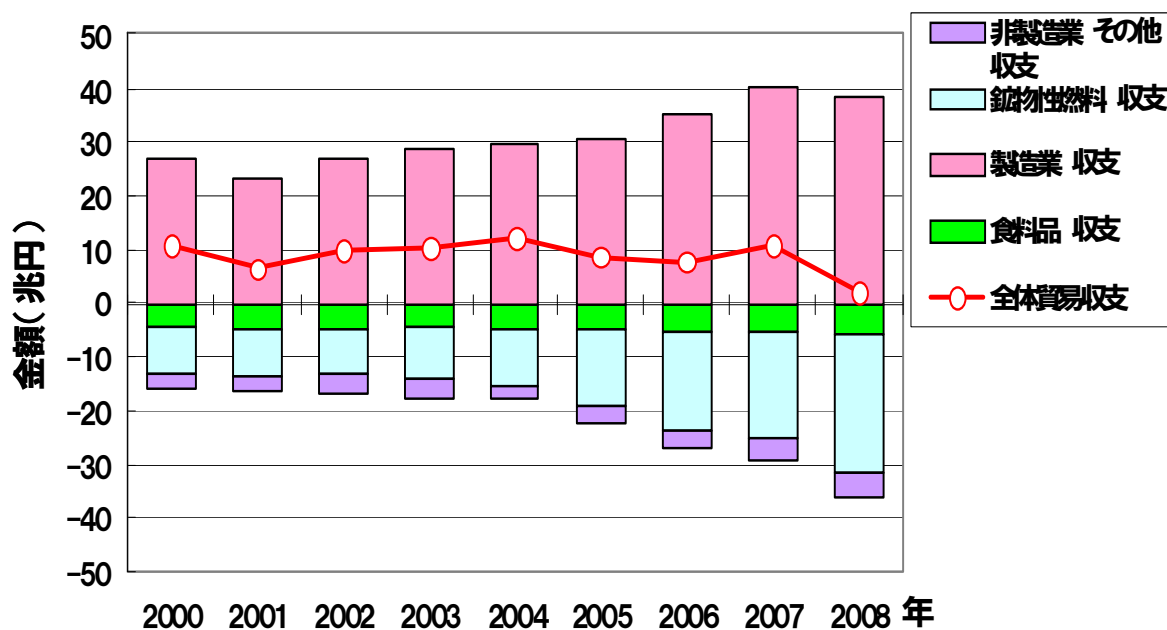


図 6 製造業の黒字と、エネルギー資源、食料の輸入の関係

2-2 家電業界の収益性

前節に示すとおり、日本における製造業は現在も主力産業と言えるが、「収益性」の視点で見ると 1960 年代に 10% あった営業利益率は徐々に低下し、1990 年代になると 4% 程度まで低下している [4]。

製造業において代表的な業界である家電業界でも同様な傾向が見られ、日本の電機メーカー 9 社平均の営業利益率を見ると、1990 年代は緩やかに低下を続け、2000 年に入ってから平均で 2～3% 台を推移し、営業利益率はほぼ無いに等しい状況が続き、危機的な状況にある (図 7)。

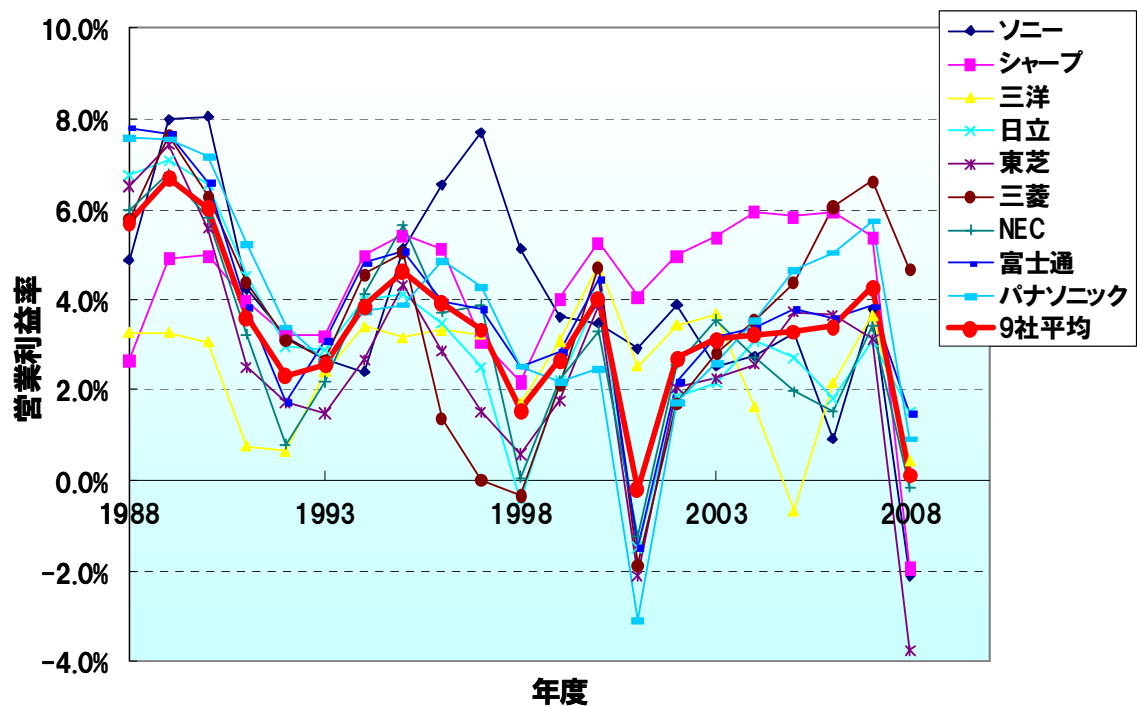


図 7 日本の大手電機メーカーの営業利益率推移

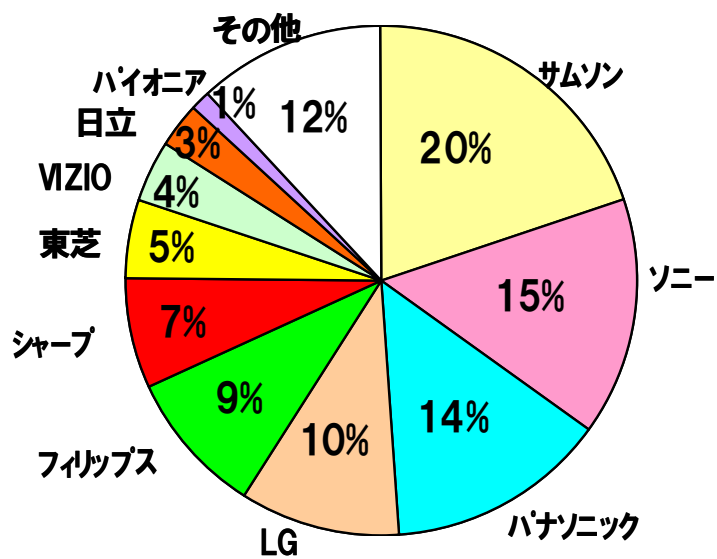


図 8 薄型テレビ市場への企業参入状況 (2007 年 37 型以上)

特に、薄型テレビやDVD、BDレコーダなどに代表されるようなエレクトロニクス産業は、今後もグローバルで需要の伸びが期待できる分野である。そのため、魅力有る市場へは多数の企業が参入する状況となり、製品の性能、機能が横並びすると価格のみの競争が始まり、製品の大幅な価格下落が発生、結果として事業の収益性を低下させる事態となる。この代表例を示すものとして、図8に37型以上の薄型テレビに対する2007年度の参入企業とシェアを示す。また価格下落の状況について、北米で販売している42型のプラズマディスプレイとLCDの2006年～2009年までの推移を図9に示す。

42型のプラズマディスプレイは、2000年初頭には100万円近くしていたが、2009年時点では10万円と約1/10近くまで低下している。単純計算でも毎年20～25%の価格下落が起こっており、このような状況では企業の収益確保は難しいと言える。

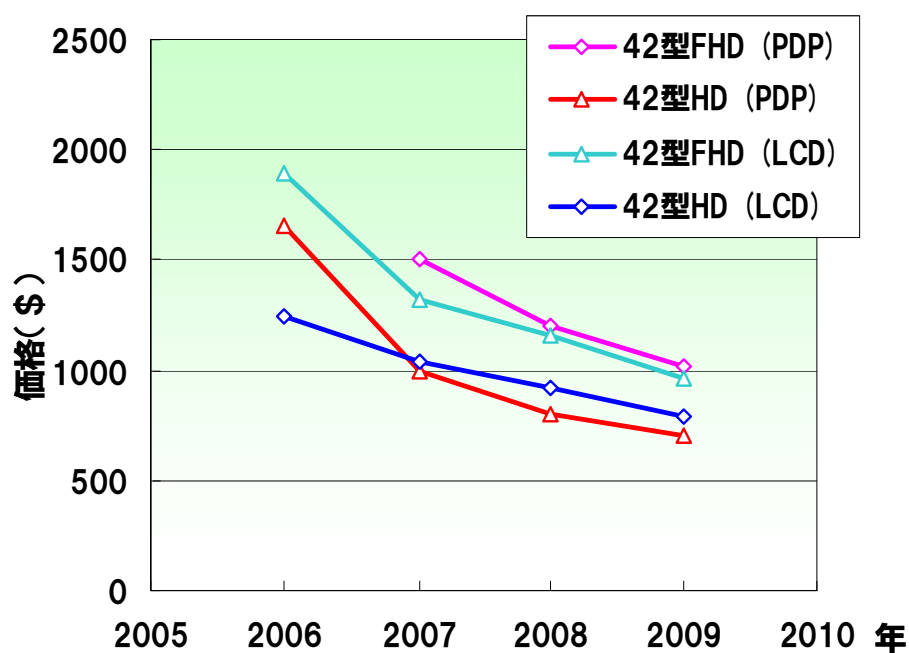


図9 薄型テレビの価格推移（北米）

2-3 イノベーションの重要性

第1章では、日本の強みである技術が、国の競争力に繋がっていないことを少し説明したが、ここでは技術力の指標として、研究費、研究者数の視点で主要な国と比較してみる。

総務省統計局が行った調査では、日本の研究費は2008年度に1616億ドルとアメリカに次いで2番目に投資を行っている。GDP比率で見ると3.78%であり、主要国の中で最も高い(表1)。すなわち生産活動で生まれた財貨を最も研究開発に投資している国と言える[13]。

また、研究者数を比較してみると、日本の研究者数は2008年度に68.3万人であり、米国(2006年度)の142.6万人、中国(2007年度)の142.3万人に比べると少ないが、人口1万人当たりの研究者数で見ると53.5人とトップである[13]。以上の結果だけを見ても、日本はグローバルで最も研究開発に力を注いでいる国と言える。

国名	研究費 (億ドル)	GDP比率 (%)	年度
日本	1616	3.78	2008
中国	1023	1.49	2007
米国	3688	2.68	2007
英国	389	1.79	2007

表1 主要国における研究費と対GDP比率

国名	研究者数 (万人)	人口1万人 当たり(人)	年度
日本	68.3	53.5	2008
中国	142.3	10.7	2007
米国	142.6	46.6	2006
英国	17.5	28.9	2007

表2 主要国における研究者数

収益性を上げるためには、当然技術だけでは解決できない課題も少なくない。製品を構成する材料の費用や生産にかかる固定費を下げる、事業構造そのものを見直すことも方法ではあるが、日本の強みを活かすことを考えると、技術によって付加価値をつける、すなわち技術イノベーションを起こすことを更に積極的に進めていくべきである。また技術によって付加価値をつけた商品を如何に早く事業の成長軌道に乗せることができるかも鍵となる。

市場にインパクトのある技術主導の事業化は、生産プロセスが大規模で高度となるため、一般的に大型の投資が必要となる。更に近年の技術開発においては技術そのものの複雑性が増し、競争環境や競合企業の動向の不確実性が高まっている中で、この大きな投資は経営者を躊躇させることが多い。

しかしながら、日本の経済を再び成長路線に導くためには、この技術主導の市場創造を自らマネジメントできる手法を身につけなければならないと考える。

日本の経済は今もおお製造業によって支えられている現状を踏まえると、これからの日本の製造業における主要な課題は「付加価値の高い技術、商品の開発」に加え、「その技術、商品を用いて如何に事業として成功させるか」の2点に集約できると言える。特に後者は、日本もようやく国や大学なども含めた本格的な研究が始まったばかりであるが、製造業の将来を左右する非常に重要なテーマである。

昨今の研究費を投じて競争力や事業の収益性に反映されない課題は、すなわちイノベーションが機能していないと言え、この課題に対しては国や事業者、及び大学等で、様々なイノベーション力向上の施策をとろうとしている。文部科学省における「科学技術基本計画」や経済産業省における「新成長戦略」の中にも盛り込まれ、また大学教育においても、技術経営を専門とした専攻も増えてきており、イノベーションに関する議論が活発に行われている[14]。

第3章 技術から事業化に至るプロセスにおける検討課題

この章では、技術の発明から事業化に至るプロセスにおける検討を行う上で、技術経営的な観点で一般理論を整理し課題を明確にする。本研究の目的は「技術指向事業創造プロセス」のモデルを構築することであり、前章では、これからの日本の製造業における主要な課題は「付加価値の高い技術、商品の開発」に加え、「その技術、商品を用いて如何に事業として成功させるか」の2点に集約できると述べた。

前者で扱う課題に対しては、第4章以降で扱うプラズマディスプレイのデバイス特性を踏まえて「製品アーキテクチャ論」、「技術獲得」、「知識経営」の理論をまとめた。後者の課題で扱う一般理論は、第5章でプラズマディスプレイの事業化の事例を分析することから、「イノベーション・マネジメント」、「起業工学」を基本として、「デスバレー」、「ダーウィンの海」と呼ばれる事業化における障壁に着目した。これらの概念図を図10に示す。

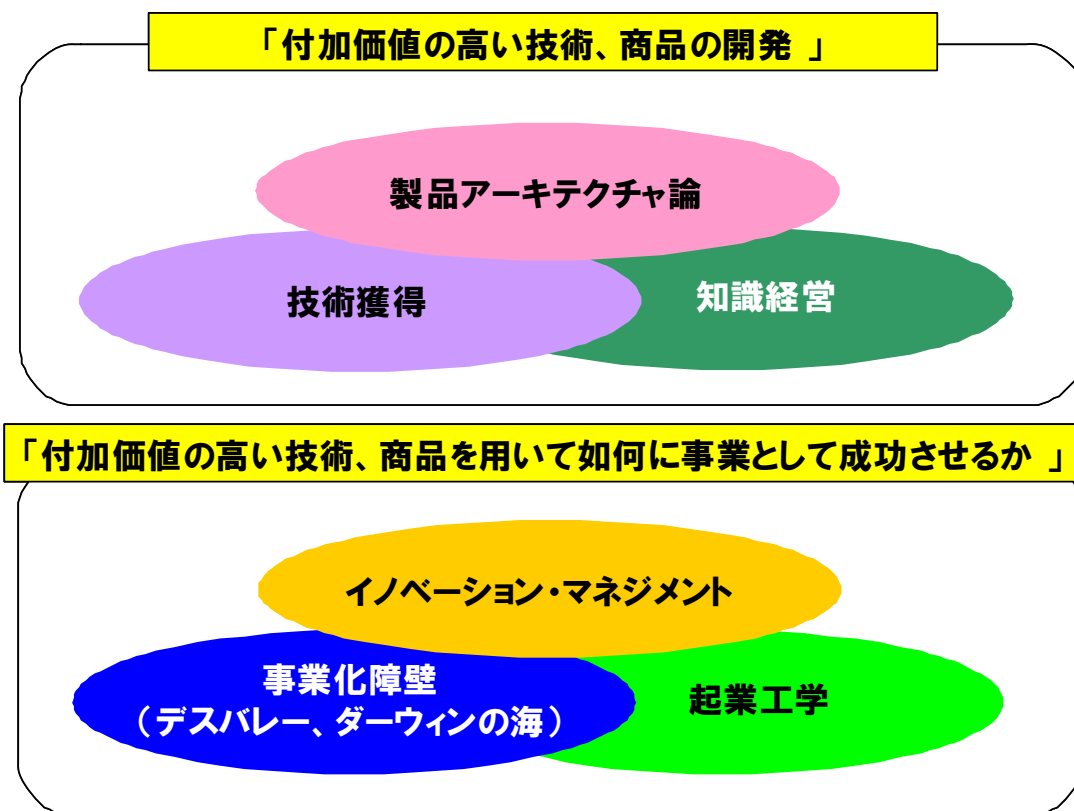


図 10 技術から事業化に至るプロセス課題に関する一般理論

3-1 製品アーキテクチャ論

技術の発明から長期間の基礎研究、実用化を経て事業化を行うプロセスの中で、扱う技術や商品の特性を活かした事業化戦略、マネジメントを考えていくことは、本研究の目的である「技術指向事業創造プロセスのモデル化」を考える上で非常に重要な点である。

まず始めに、前述した「付加価値の高い技術、商品の開発」に関連した内容として、近年、技術経営では東京大学の藤本教授が提唱された「製品アーキテクチャ」という考え方が一般的に使われるようになってきており[6][7]、ここではこのフレームワークをもとに課題を整理する。

3-1-1 部品間特性

製品アーキテクチャとは、「システムとしての製品をどのようにサブシステムに分解して、いかにそれらのサブシステム間の関係（インタフェース）を定義づけるかに関する設計思想」と定義づけられる。また、製品アーキテクチャは、「モジュラー型」と「インテグラル型」の2つに分類できる。この分類は製品を構成する部品、材料間の特性（部品間特性）に着目した分類方法である。

部品間特性として、モジュラー型は製品を構成する部品において、それらを組み合わせる仕様、設計ルールが事前に明確に決まっており、部品の設計開発は独立して行なうことができ、商品化時は簡単に組み合わせで作ることが出来ることを言い、「組み合わせ型」とも呼ばれている。一方、インテグラル型は、それぞれの部品の設計を独立して考えることができず、アナログ的な擦り合わせが必要であることを言い、「擦り合わせ型」とも呼ばれる。この場合、商品化時は、実際に組み合わせた時に、干渉している部分、隙間がある部分が存在し、この部分について部品同士の調整、または別の手法を用いた調整を施す必要がある。

モジュラー型としての代表はパソコンであり、インテグラル型の代表は、自動車である。パソコンはCPU、メモリ、ハードディスクなどの相互間のインタフェースは業界標準として定められており、これらの部品を組み合わせるだけで、パソコンという商品を作ることが出来る。このモジュラー型は、部品を組み合わせるだけで簡単に商品を製造することができるため、事業として市場へ参入することが容易であることが特徴として挙げられる。

また、自動車は、エンジン、シャーシ、シート、サスペンションなど、ほとんどの部品シス

テムが車種や企業の固有の設計になっている。そのため、ある車種のエンジンを別のメーカーの車種に組み込むということは簡単にはできず、部品を集めただけでは市場参入ができない。

これらの違いをイメージとして図 11 に示す。

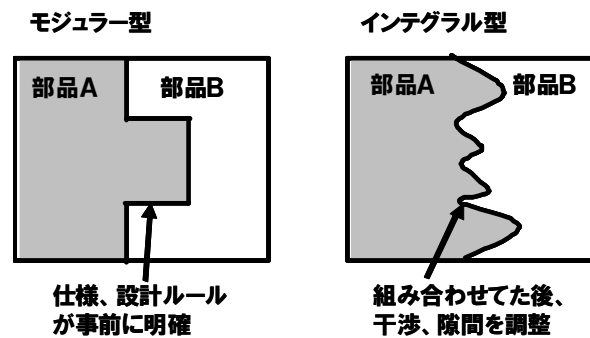


図 11 部品間特性

3-1-2 製品アーキテクチャを組織能力

日本企業は一般的にインテグラル型の商品に強く、組織力として部品間を擦り合わせて開発する能力に長けていると言われている。逆に、相対的な話ではあるが、モジュラー型の商品の特徴である組み合わせて商品化する組織能力は、アメリカ、東南アジア企業が強いと言われている。製品アーキテクチャと商品開発の組織能力の関係を表 3 に示す。

日本企業が擦り合わせ能力に長けている理由として、個人ではなく組織を重視した行動、すなわち調整や摺り合わせをしながら組織プロセスをうまく機能させる能力が優れているためである。厳密な成果主義でなく、チームや製品開発全体を重視することができること、また長期雇用、頻繁な製品開発等によって、開発メンバーの相互理解や暗黙知の共有が進んでいることが挙げられる。逆に属人的なアプローチに依存するため、科学的アプローチにおいては米国などと比較して弱い傾向にあると言える。

	米国、東アジア企業が強い(パソコン等)	日本企業が強い(自動車等)
製品アーキテクチャ	モジュラー型	インテグラル型
商品開発の組織能力	組み合わせ能力	統合、摺り合わせ能力

表 3 製品アーキテクチャと組織能力

3-1-3 階層性

商品は前述の定義に従って、全てモジュラー型とインテグラル型に完全にわけることができるというわけではなく、商品の部品を更に分解していく、すなわち部品構造を階層化して下層に下りていけば、モジュラー型でもインテグラル型を持つサブシステム（部品）を持つことがある。この概念図を図 12 に示す。

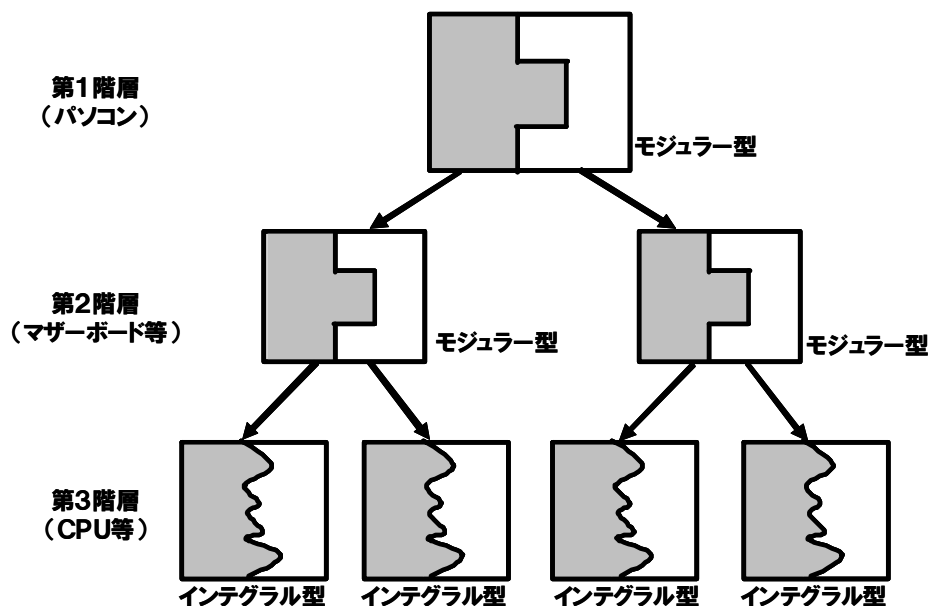


図 12 製品アーキテクチャの階層性

例えば、前に例を挙げたパソコンにおいて、モジュラー型であると定義できるのは、第2階層のデバイスまでで、第3階層においてはCPU等、インテグラルな部品であることが言える。

3-2 技術獲得

「付加価値の高い技術、商品の開発」は事業化のプロセスにおいて非常に重要であるが、事業を成長路線に導くためには、単発の商品開発で終わるのではなく、当然、性能・機能を向上させた商品を持続的に市場に出していく必要がある。そのためには、市場を予測して将来を見据えた技術開発を継続して行うことが重要である。ここでは、持続的な商品力向上に繋がる技術獲得の方法についてまとめた。本論では外部からの技術獲得について着目しており、その必要性を提唱している東京大学の妹尾教授、ハーバード・ビジネス・スクールのヘンリー・チェスブロウ助教授の理論を中心としてまとめ[14][15]、具体的に技術を獲得する手段を整理する。

3-2-1 外部からの技術獲得の必要性

過去の日本における技術開発は、社内に全要素技術の研究開発部門をおき、一社で基礎研究から商品化に至るまでを行うことが多かったが、近年は外部から調達する企業も増えてきている[14]。

外部から調達する1つめの理由として、「製品ライフサイクルの加速化」が挙げられる。エレクトロニクス製品が代表的な例になるが、エレクトロニクス製品は陳腐化が加速し、現在では「家電の生鮮食品」とまで言われている。商品化のサイクルは遅くとも年に1回が当たり前で、時には2回、3回と商品化を行う場合がある。

外部調達の2つめの理由として、「技術の高度化・複雑化」がある。製品を成り立たせている技術は、非常に高度な技術が用いられる場合が多く、更にそれを組み合わせて出来ている場合が多い。技術力が高く、差別化ができる要素が自社内にある場合は、自社内で開発を行えば良いが、それ以外の技術においては、得意としている企業に任せることを行わなければ、開発コスト、時間、完成度のどの項目においても得策ではない。

最後に3つ目の理由は、「市場不透明によるリスク急増」である。現在、グローバルにおいて新興国も急激に発展する等、市場が急激に変わってきており、どの地域で何が、どれだけ売れるかが、予測しにくい状況にある。また日本国内においても、指向、考え方の多様性が進んで

おり、ニーズの変化が大きい。従って、市場を予測して開発を行っても、完成する段階において、それが不要となるリスクが高い。

以上に挙げた、変化、リスクに柔軟に対応する為には、技術開発も全ての基礎研究を自社で行わず、必要に応じて外部から調達することが必要であると言える。

3-2-2 オープン・イノベーション

「オープン・イノベーション」は、ハーバード・ビジネス・スクールのヘンリー・チェスブロウ助教授によって提唱され、企業が技術イノベーションを継続するためには、企業内だけでなく外部のアイデアも結合させて、商品化、価値創造活動を行う必要があるという考え方である[15]。

巨大企業の多くのイノベーションサイクルは「クローズド・イノベーション」であり、通常、企業内部で研究開発投資を行うことで新技術を発見し、この技術を用いて新製品を発売する。そして、この商品の販売で得た利益で研究開発投資を続ける。研究開発のマネジメントは、研究から開発に移行する際に、企業内の研究プロジェクトを有望なものだけに絞り込んだ上で商品化を行い、市場へ投入することが行われる。しかしながら製品のライフサイクルの加速化の流れや海外企業からの競争も激しくなる中、この「クローズド・イノベーション」では、市場の変化に対応することができない。

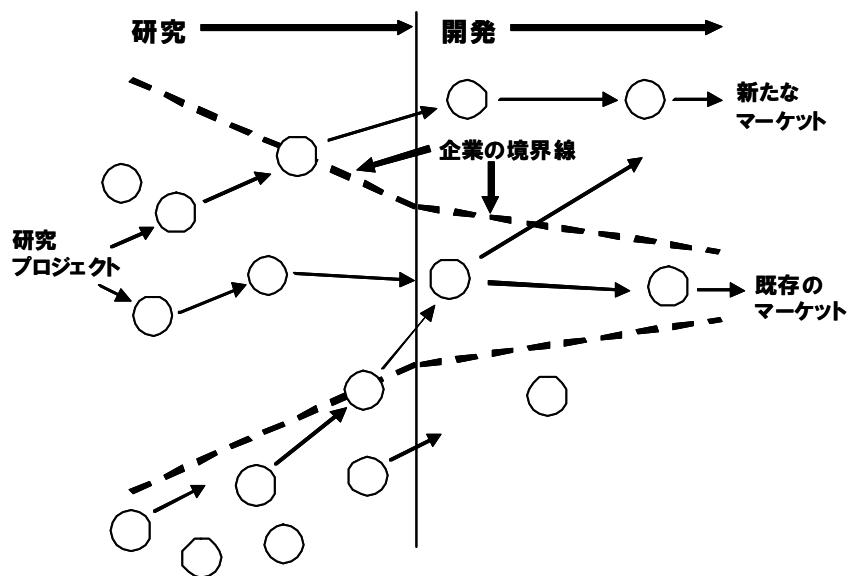


図 13 オープン・イノベーションの概念図 (チェスブロウ)

図 13 に示すとおり、オープン・イノベーションでは、企業の外部にはアイデアが多く存在し、そのアイデアは企業内外を行き来している。従って企業の境界線は点線であり、企業内外のアクセスがより自由に行われることを示す。この様に、企業内外を超えてアイデアを結合させてイノベーションを行わないと、企業には死あるのみであるとチェスブロウ助教授は主張している。

3-2-3 技術獲得の手段

ここでは具体的に技術を外部から獲得する方法と特徴について述べる。技術獲得の手段は主に以下の4つがある。

①ライセンス

企業、及び研究機関で進められた技術開発は、通常、知的財産権を有しており、特許によって範囲を明記し、法律によって保護されている。ライセンスは、知的財産権を所有する権利者へ許可することである。既に特許に明記されている技術を、直接用いたい場合に有効な獲得方法である。

②委託研究

ある企業、研究機関が、特定の分野において、自社よりも優れた開発力を有している場合、その企業、研究機関に対して必要な技術の研究開発を委託し、進める方法である。当然委託費用はかかるが、メリットとして、自社で開発するよりも短期間で開発が完了する、自社内で人件費、設備投資等が不要となる、等が挙げられる。ただし、委託時に開発、要求内容が明確になっていなければならないため、途中で要求内容を変更することは難しい。

③共同研究（産学連携含む）

自社よりも優れた開発力を有している企業、研究機関と、自社の開発部門が共同で研究を進める方法である。ある商品の性能を出すため、自社内で開発している他の要素と組み合わせながら進める技術開発としては非常に有効であり、他要素と組み合わせる際に発生する仕様変更などにおいても、比較的柔軟に対応することができる。

④M&A

必要な技術を有している企業、研究機関を、必要としている企業が組織ごと獲得する方法である。他の技術獲得方法と比べて、多額な費用が発生するが、短期で技術を獲得しかつ、その後の開発も継続して行うことができるという両面のメリットがある。

摺り合わせ技術開発においては、単発の技術獲得以外に、その技術開発を行った際の暗黙知、組織能力の獲得も非常に重要である。即効性のみを求めるのであれば、ライセンス、委託研究、自社に持続的に開発でき、擦り合わせる能力も確保するのであれば、共同研究、M&Aが望ましいと言える。

自社に持続的に開発でき、擦り合わせる能力も確保する方法としては、その技術のキーマンを直接採用するという方法もある。

3-3 知識経営

日本式イノベーションとして、一橋大学大学院の野中教授が「知識創造の方法論」を提唱している[16]。この中で日本的知識創造の特徴として、日本企業は欧米と全く違う知識観で知識創造を行っており、その知識観を「暗黙知」と定義した。野中教授が提唱したフレームワークで述べると、「企業経営で創造性が求められる具体的な背景としては、イノベーションがあるが、これは同時に知識がつくり出されるプロセスそのものでもある。知識には2つの種類があり、1つは明確に言語化できる知識、これは形式的な知識（形式知）である。もう1つは、人間は語れること以上に多くのことを知ることができるというマイケル・ポラニーの暗黙的な知識（暗黙知＝うまく言語化できない知識）である」とあり、人間の知識は、暗黙知と形式知の相互作用の中から生み出され、拡張されていくといえる。

ここで知識創造の代表的なプロセスモデルを図14に示す。SECIモデルと言われ、暗黙知と形式知が4つの知識変換のモードを通じてダイナミックに相互循環するプロセスである。「共同化」では、個人の暗黙知からグループの暗黙知を創造し、「表出化」で暗黙知から明確なコンセプト（形式知）に変換する。次の「連結化」では個別の形式知から体系的な形式知を創造することで、1つの知識体系を作り出し、ここで生まれた知識体系に従って具体的に行動、実践した結果、「内面化」でまた暗黙知を創造する。知識創造とはこの繰り返しによって生み出される

というモデルである。

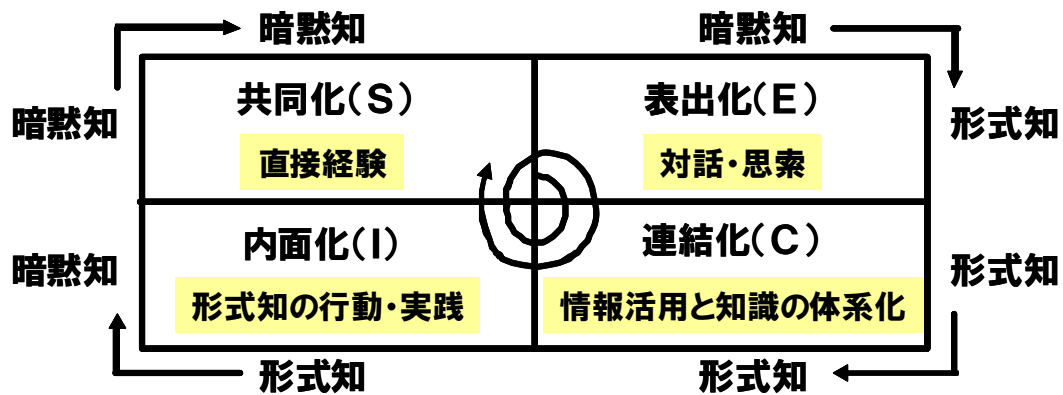


図 14 暗黙知と形式知の相互作用による知の創造プロセス（SECI モデル）

3-4 イノベーション・マネジメント

日本では、1958 年に内閣府（旧経済企画庁）が発行した「年次経済報告」の中で「イノベーション」を「技術革新」と訳されたことにより、技術そのものの革新として捉えられている場合があるが、本論におけるイノベーションは、現在主流の定義である、「古いものを破壊して新しいものを想像する活動全般（革新）」と定義し、技術革新として使う場合は「技術イノベーション」と表記する。また、製品やプロセスの持続的な成長のために必要である「発明（インベンション）」と区別して用いる。

イノベーションが経済成長に欠かせないことを最初に理論化したのは経済学者のジョセフ・シュンペーターである。新しい製品、技術、経営手法などが次々に現れ、古き経済社会と競争してそれを刷新し、新しい経済社会を作り出していく、これが景気循環にほかならないという考え方である。

また、シュンペーターは、1912 年に「経済発展の理論」を発表し、その中で既存の枠組みを超えて何かを生み出す活動、行為（イノベーション）を新結合と表現した。代表的な内容は下記の 5 つ(表 4)であり、起業家はこの新結合を試みることで、それまで存在しなかった何かを生み出し、経済が発展していくと述べている[17]。

①新しい財貨(商品)の導入 消費者がまだ知らない財貨(商品)
②新しい生産方法の導入 該当する産業部門において、全く未知な生産方法
③新しい販路の導入 該当する産業部門が、今まで開拓していなかった市場
④新しい原料や半製品の供給源の獲得 既存の物であるかどうかは問わない
⑤新しい組織の実現 独占の地位を形成するか、その打破

表 4 5つの新結合（シュンペーター）

また、P.F. ドラッカーは、新しいものを生み出す機会となるものが「変化」であり、成功しているイノベーションはこの変化を利用していると論じている[18]。具体的にイノベーションを生み出す機会は、表5に示す通り7つある。

ここで①から④は、企業や社会的機関の組織の内部、あるいは産業や社会的部門の内部の事象であり、内部にいる人たちにはよく見えるが、残りの3つの変化は、社会的、形而上学的、政治的、知的な世界における変化である。

また、この順番は信頼性と確実性の大きい順番に並べている。日常業務における予期せぬ成功や、予期せぬ失敗のようなイノベーションは、失敗のリスクや不確実性は遙かに小さく、また事業の開始から成果が生まれるまでの時間が短い。これに対し、発明や発見はイノベーションの機会として、最も信頼性が低く、成果が予測しがたい。

研究対象である「技術指向事業創造プロセス」で取り扱うイノベーションをイノベーション・マネジメントの点で定義すると、シュンペーターの新結合で述べた「新しい財貨（商品）の導入」であり、ドラッカーが述べている「新しい知識（技術）の出現によるイノベーションの実現」となる。

① 予期せぬ出来事の生起

リスクが小さく、苦労の少ないイノベーションだが、この成功は無視されるか、気づかれにくいいため、注意深い分析が必要。

② ギャップの存在

定量的というよりも定性的で、1つの産業、市場、プロセスの内部に存在する。当然と受け止めてしまう内部の者は見逃しやすい。

③ ニーズの存在

限定された具体的なニーズとして、企業や産業の内部に存在する。

④ 産業構造の変化

産業や市場の構造は、現実的には脆弱であり、イノベーションをもたらす機会となる。

⑤ 人口構造の変化

人口の増減や年齢構成、雇用や教育水準、所得など。予測が容易でリードタイムが明らか。

⑥ 認識の変化

認識の変化と見えるものの多くは、一時的な流行である場合が多い。自らが最初に手をつけなければならないが、見極めが難しい。

⑦ 新しい知識の出現

発明、発見という新しい知識にもとづくイノベーション。実を結ぶまでの時間の長さ、失敗の確率、不確実性、付随する問題などが、他のイノベーションと大きく異なり、マネジメントが難しい。

表 5 イノベーションの為の7つの機会（ドラッカー）

そのため、「技術指向事業創造プロセス」を実現するにあたっては、「技術の発明から実用化に至るまでの時間が長い」という課題と、「実用化に対する確実性、信頼性が低い」という2つの課題が存在する。以下、この2つの課題についてドラッカーが論じている内容をまとめる。

知識によるイノベーションの特徴として、技術の発明から実用化に至るまでの時間が長いことが上げられ、一般的に知識が市場に受け入れられるまでに25年から35年を要すると言われている（表6）。この期間は人類の歴史上さして変わっておらず、理由も分かっていない。また、30年立っても普及しない技術の方が圧倒的に多い。この点については、知識によるイノベーションのもう一つの特徴として、科学や技術以外の知識を含め、いくつかの異なる知識の結合によって行われるため、必要な知識の全てが出揃うまではイノベーションが行われず、死産に終わると言われている。イノベーションが行われるのは、ほとんどの場合、必要なもろもろの要

素が既知のものとなり、利用できるものとなり、どこかで使われるようになったときである。

ディーゼルエンジンの普及	:1897年～1935年(約38年)	
エーリツヒによる細菌性疾患の市場普及	:1907～10年 → 1936年(約26年)	
コンピュータの普及	:1918年～1946年(28年)	
自動車生産ラインのオートメーション化	:1951年～1978年(27年)	
プラズマディスプレイ(*)	:1964年～1998年(34年)	(*) 筆者追記

表 6 主な技術の発明から市場に受け入れられるまでの期間

例えばコンピュータにおいて、2進法、パンチカード、三極管、記号論理学、プログラムとフィードバックの概念という全てが必要であり、これらが結合することでコンピュータが生まれた。必要な知識の全てが用意されない限り、知識によるイノベーションは時期尚早である。

もう一つの「確実性、信頼性が低い」という課題について、以下の3つが成功条件として述べている(表7)。

<p>①分析の必要性</p> <p>知識、社会、経済、認識の変化などすべての要因分析を行う必要がある。起業家はその分析において、いかなる要因が欠落しているかを明らかにしなければならない。ただし、実際には、科学的あるいは技術的なイノベーションを行う者が、分析を行うことは稀である。</p> <p>②戦略の必要性</p> <p>知識によるイノベーションは、成功しても、すぐに思いがけない多くの人が寄ってくるため、戦略を持つ必要がある。その戦略は大きく3つに分けることが出来る。</p> <p>(1) システム全体を自ら開発し、それを全て手に入れる戦略。</p> <p>(2) システム全体ではなく、市場だけを確保しようとする戦略。</p> <p>(3) 戦略的に重要な能力に力を集中し、重点を占拠する戦略。</p> <p>③マネジメントの必要性</p> <p>マネジメントと財務についての先見性を持ち、市場中心、市場志向であることが大きな意味をもつ。</p>
--

表 7 知識に基づくイノベーションの成功条件(ドラッカー)

3-5 起業工学

起業工学（Entrepreneur Engineering）とは、企業又は研究機関などで行われている技術開発を、如何にして経済の価値に繋げていくかというプロセスを体系化する学問領域である[19]。

一般的に、工学は「入力」、「変換系」、「出力」からなるシステムとして捉えることができ、「入力」は知識や技術であり、「出力」は技術や製品になる。「変換系」については、電子工学を例にとると、回路理論やデジタル電子回路、集積回路工学などで、この科目群は特定の技術のある製品に変換する方法論を与えていると言える。

起業工学では図 15 に示すとおり、「入力」は技術または製品であり、「出力」はビジネスである。

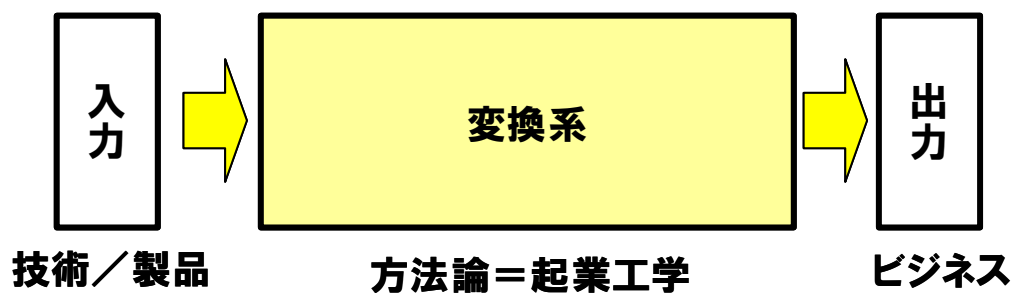


図 15 起業工学の概念図

「変換系」の機能は、入力から事業を創造するための方法論を与えることである。起業工学における科目群は起業論、起業マーケティング、イノベーション論、経営学、知的財産権などからなり、これらのセットは事業創造の方法論を提供する。

また言い方を変えると、この方法論は、事業化、或いは起業するプロセスに対する算法を与えるものと捉えることができる。目指すところはこのプロセスをできるだけ体系化、モデル化、定量化し、論理的でかつ再現性があるものにしていくことである。

本論の「技術指向事業創造プロセス」の研究においては、事例研究の分析から、この起業工学の考え方をもとにモデル化を行う。

3-6 事業化障壁

優れた技術が発明され基礎研究が進んだとしても、製品化や実用化に移行して事業を行う際には障壁が存在し、その障壁を乗り越えられない事例が多い。この障壁を「デスバレー (Valley of Death)」と呼び、もとは米国連邦議会のバーノン・エーラーズ議員が用いた言葉で、政府が行う研究開発への資金供給と、民間の応用研究開発の投資にギャップが存在することを示す。当時は資金不足のことを指していたが、最近では、人材の課題、技術的な課題、市場ニーズが顕在化していない課題、内部の部門間や組織間の連携の課題、政策面での課題なども含まれ、本論も広義の意味でデスバレーを扱う。このデスバレーは技術指向の事業創造の時には特に大きな課題となることが多い。

またデスバレーを乗り越え、事業化を行った後も市場の既存製品や競合企業との競争によって新製品が淘汰され、事業が成り立たなくなるという障壁が存在すると指摘されている。この障壁を「ダーウィンの海 (Darwinian Sea)」と呼び、事業化後も製品そのものの継続的な商品力向上や、マーケティング力、またはマネジメント力などで事業を成長軌道に乗せる必要がある。

ここでダーウィンの海という言葉の定義について補足しておきたい。ハーバード大学のブランスコム名誉教授は、デスバレーという言葉自体が砂漠のように不毛なところをイメージし、その不毛な地帯を乗り越えるという表現はマネジメントとして弱く感じるということから、それに変わる言葉として「ダーウィンの海」と提唱されている[20]。すなわち、不毛の地としてのデスバレーでなく、弱肉強食の中、いろいろなシーズが互いに競争して大きな魚、小さな魚が生まれうる海という意味で変えたほうがよいという意見である。

本論では、日本で一般的に定着している考え方である、基礎研究から実用化を経て事業化を行う際の障壁を「デスバレー」、そして事業化後に、既存製品や競合企業との競争によって発生する障壁を「ダーウィンの海」と定義し[21]、「死の谷」と「ダーウィンの海」の両方の障壁をいかにマネジメント行って乗り越えるかという課題に着目する。

日本の企業は技術力が優れているはずであるが、新しい技術であっても、それが新商品や新事業に繋がらない課題の1つとして、これらの問題に直面していると考ええる。

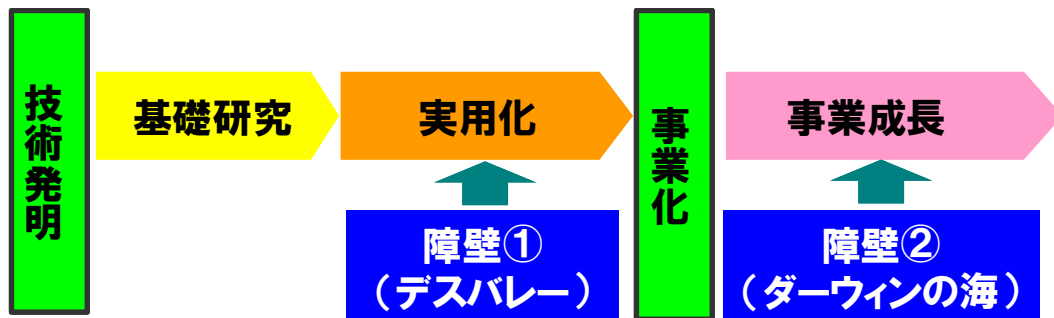


図 16 「デスバレー」と「ダーウィンの海」の障壁

第4章 プラズマディスプレイの技術開発と製品アーキテクチャの分類

本章では、事例研究を行うにあたり、その対象となるプラズマディスプレイのパネル構成と製造プロセス、及び駆動原理を述べ、プラズマディスプレイが大画面で薄型化が容易である等の特徴を説明し、筆者が担当しているプラズマディスプレイの現在の技術開発の概要を述べる。また、そのパネルの構成と開発の取り組みから、製品アーキテクチャの分類を行ない、プラズマディスプレイが「摺り合わせ型」デバイスであることを結論づける。

本章の説明にあたり、仕様や原理の詳細部分、及び開発内容においては、筆者が携わってきたパナソニックのプラズマディスプレイを事例としているため、仕様、原理は若干異なる場合があるが、本章で主張する考え方は同じである。

4-1 プラズマテレビの構成

まず、始めに、「プラズマディスプレイ」の言葉について定義しておく。現在製品として販売している「プラズマテレビ」は部品毎に分解すると、図17に示す構造となっており、大きく分けて、筐体、フィルター、パネル、シャーシ（放熱シート含む）、駆動回路、電源、信号処理回路と分けられる。

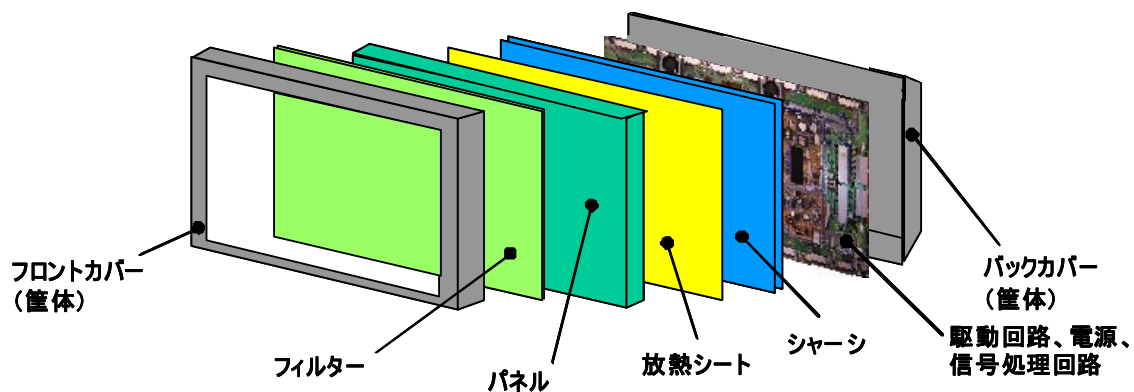


図 17 プラズマテレビの構成

本論で論じる「プラズマディスプレイ」は、この内、パネル、シャーシ、駆動回路を合わせ

た形態と定義し、これを1つのモジュールとして扱う。このモジュールにチューナー、筐体、フィルターを取り付けてテレビとなる（ただし、フィルターをパネルに直接貼合する場合は、フィルターもモジュールに含める）。

また、このモジュールの状態、OEM（Original Equipment Manufacturer）として他社に販売し、他社ブランドでテレビとして組み立てられて販売されることも多く、他社は、このモジュールに対して、デザイン、追加機能、信号処理等による絵作りで付加価値をつけて販売を行う。

4-2 パネルの構成と製造プロセス

ここでプラズマディスプレイを構成している主要部品である、「パネル」について詳細を説明する。パネル構造は、元来DC型とAC型の2種類が存在したが、現在の主流はAC型であり、そのパネルの断面図を図18に示す。パネルは約2mm程度の厚みがある2枚のガラスを貼り合わせる構成となっており、「前面板」と呼ばれる表示面側に相当するガラス基板上には、電極、誘電体、保護層が形成されている。また、もう一方の「背面板」と呼ばれるガラス基板上には、電極、誘電体、隔壁、蛍光体が形成される。この2枚のガラスと隔壁に仕切られた空間を「セル」と呼び、セル毎にRed、Green、Blueの蛍光体が形成されている。

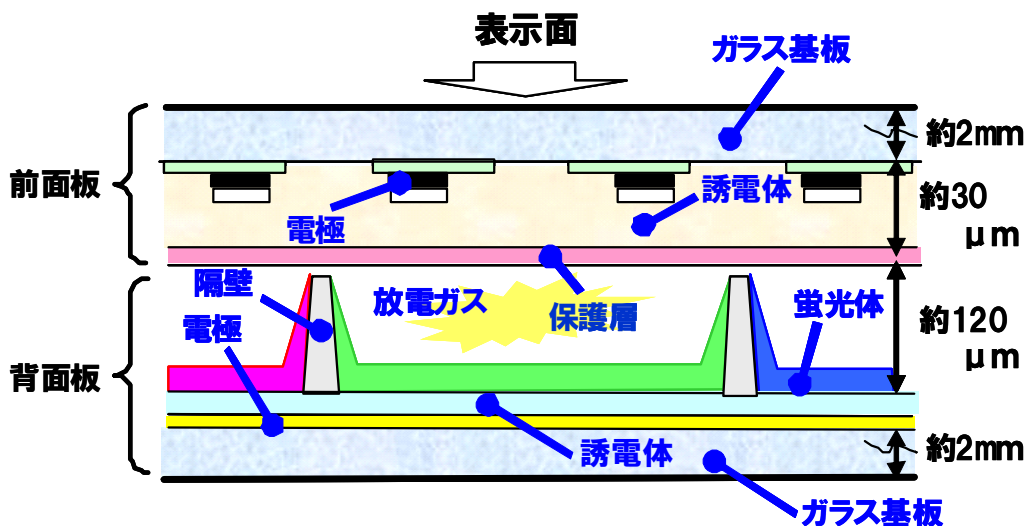


図 18 パネルの断面図

このセルに放電ガス（希ガス）を封入し、電極に電圧をかけることにより放電を発生させ、その放電から発生した紫外線で3色の蛍光体を発光させて表示する原理である。2枚のガラス間の放電空間の距離は、百数十 μm と非常に小さく、パネルの厚みとしては、ほぼ2枚のガラス基板の厚みしか必要ないため、大画面となっても厚み方向に制約は持たず、薄型化が容易である。また、パネルを構成する要素材料は大きく分類すると9種類と少なく、この9種類の要素材料の設計で、パネルの性能（機能）、品質の全てが決まる。

次に、パネルの製造プロセスについて説明する。パネルの製造プロセスは大きく分けて、「前面板形成プロセス」、「背面板形成プロセス」、「パネル化プロセス」の3つに分けられる。これらのプロセスの概要を図19に示す。

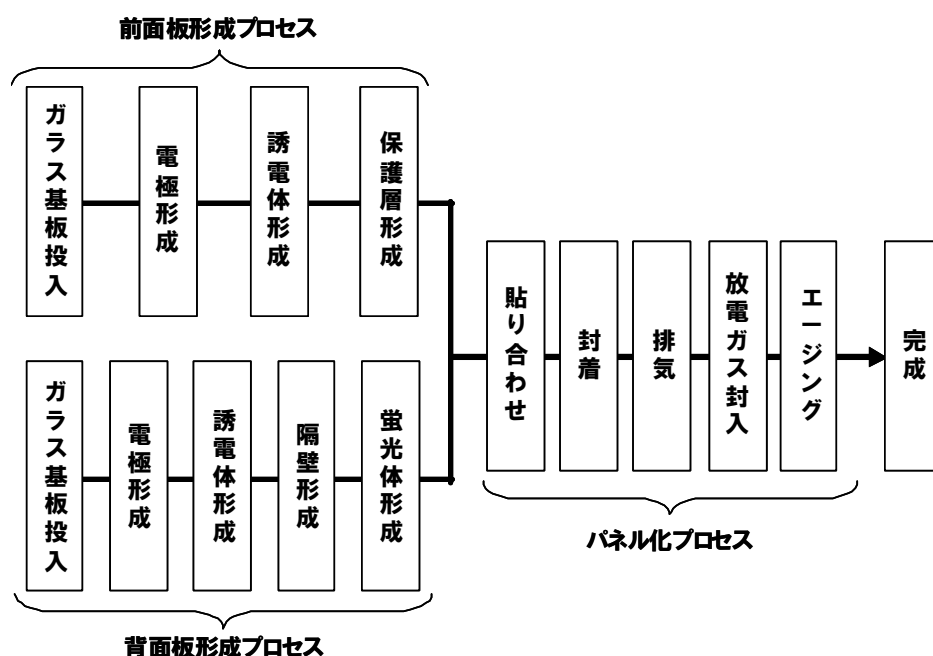


図 19 パネルの製造プロセス

パネルの製造は、基本的にはガラス加工であるため、上流の工程から、高い温度で形成する材料を使用し、工程を経るにつれて、徐々に低い温度で形成し、前工程で形成した材料、形状に影響を与えないようにしている。従って、電極形成時は約 600°C の熱で処理するが、最終工程近くの前面板と背面板を貼り合わせる封着プロセスでは、約 500°C で貼り合わせることが出来る

材料を用いている。プラズマディスプレイのプロセスは、半導体等とは異なり比較的単純で、基本的にはガラス基板上に材料を塗布して焼くという繰り返しであることから工程のリードタイムが短い特徴がある。

4-3 駆動の原理

ここでは駆動の原理について説明する。パネルの断面図（図 18）で示した通り、パネルの 1 セルには 3 本の電極が形成されており、3 本の電極を用いて放電を ON、OFF させるスイッチングと、明るさの調整を行っている。パネルに形成している電極と駆動回路の構成を図 20 に示す（ドライバは通常パネルの裏側のシャーシに取り付けられるが、図では便宜上横に示している）。

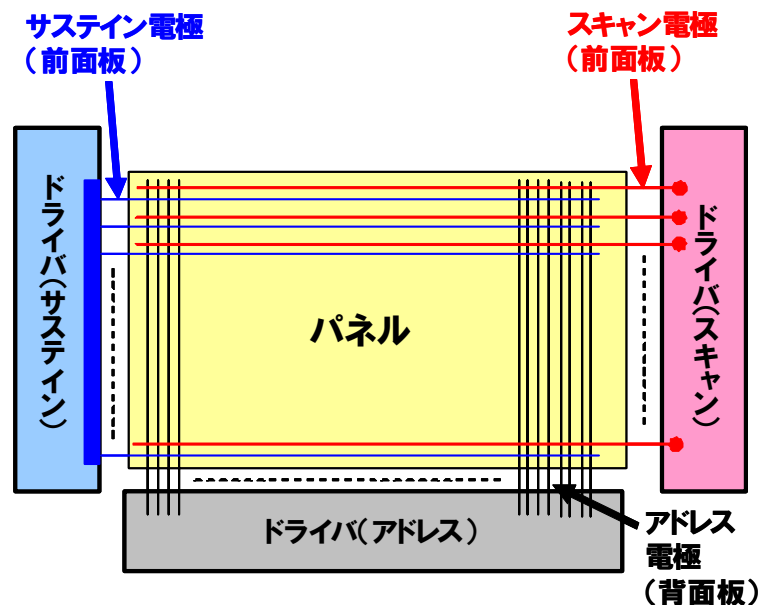


図 20 パネルの電極と駆動回路の構成

前面板に形成されている 2 本の電極をスキャン電極、サステイン電極と呼び、背面板に形成されている電極はアドレス電極と呼ぶ。スキャン電極、サステイン電極に対して、アドレス電極は交差する様に形成されている。

次に、図 20 で示した 3 本の電極に引加する代表的な駆動電圧波形を図 21 に示す。映像を映

し出すためには、パネルの各セル毎に独立して表示（放電）の ON、OFF ができ、かつ表示の明るさを制御できる必要があるが、その放電制御の考え方として、「サブフィールド(sf)」という制御単位の繰り返しで構成されている。1つのサブフィールドは、初期化期間、書込み期間、維持期間、消去期間の4つで構成されている。それぞれの期間の役割を以下に説明する。

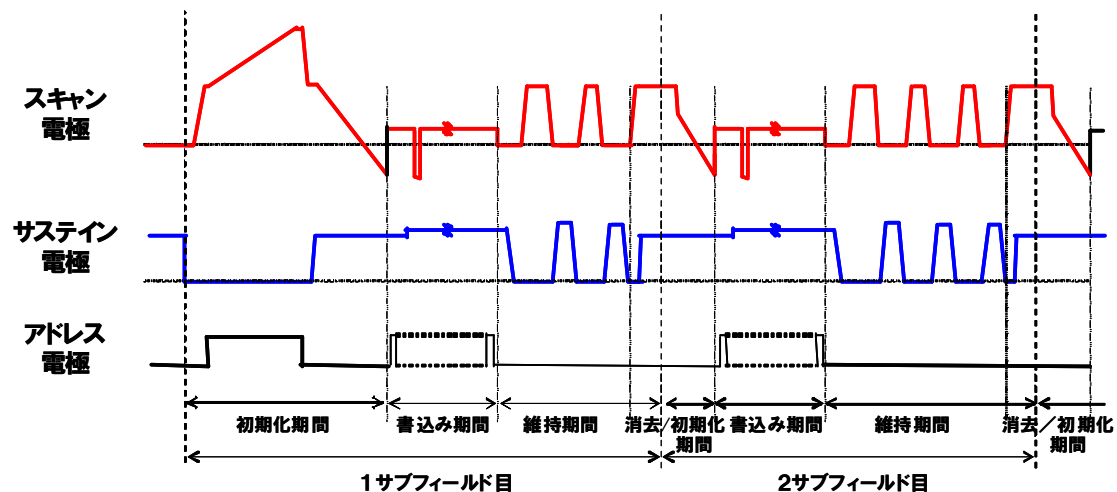


図 21 代表的な駆動電圧波形

①初期化期間

放電制御を安定に行うために、スクリーン電極全ラインに対して、制御電圧の中で最も大きな電圧（約数百 V）を引加し、初期化放電と呼ばれる放電を発生させる。この放電はセル内の電荷を揃える役割を持ち、全てのセル内に均一な制御用の電荷を蓄積する。

この初期化放電は一定時間間隔で行っているが、放電制御を安定化させるだけの目的であるため、映像表示には関係の無い放電である。そのため、黒の表示など、暗い映像の時には、この初期化放電が明るさとなって見える課題があり、コントラストの低下要因となる。

コントラストを確保するためには極力弱い放電で初期化を行う必要があり、電圧を印加する方法については各社工夫を行っている。図 21 にある、時間に対して傾きを設けて電圧を引加する斜めランプ方式は、事例研究で出てくるプラズマコ社の発明であり、この技術によりプラズマディスプレイで CRT に匹敵するコントラストを獲得することができた。

②書込み期間

初期化期間の後、スキャン電極に対して1ラインずつ順次電圧を引加し、このスキャン電極に電圧を加えるタイミングで、発光させたいセルが交差しているアドレス電極にも電圧を加えることで放電が発生させる。1ライン当たりにかかる時間は1～数 μ sec程度必要で、例えばフルハイビジョンのパネルでは、1080本のスキャン電極が存在するため相当の時間がかかることになる。放電が発生したセルは、セル内に電荷が蓄積され、低電圧で放電が発生する状態となっている。書込み期間に続く維持期間において、実際に表示で見える光（放電）が発生させるが、この書込み期間で放電させたセルは維持期間で光り、放電させない部分は光らない状態となるよう電荷を制御する。

③維持期間

この期間では、サステイン電極とスキャン電極間に高周波をかけ、必要な光量を得る。前の書込み期間で放電させたセルのみが発光し、明るさとなって表示に反映できる。高周波放電の時間が長いほど人には明るく見えるため、光量は高周波放電の時間で制御している。

④消去期間

次のサブフィールドに移行するため、この期間で全セルの放電を消去する。

このサブフィールド(sf)を複数使い、サブフィールド毎に「発光させるセル」と「高周波放電（維持放電）の時間」を変え、それを合成することで、1枚の画面を作る。この1枚の画面を作るサブフィールドの群を「フィールド」と言い、1フィールド事に映す画を繰り返すことで、動画を映し出すという原理である（図22）。

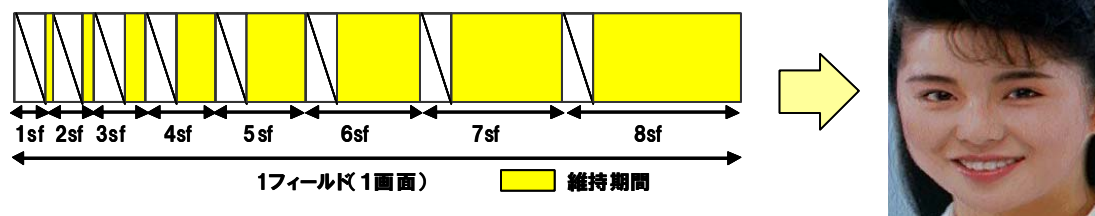


図 22 絵を表示する原理

4-4 現在のプラズマディスプレイの技術開発

前節までのプラズマディスプレイのパネル構成と製造プロセス、及び駆動原理を基に、プラズマディスプレイの特徴を以下に示す（表8）。

●大型でも薄型が実現できる

放電空間が数百 μm 程度しか必要ないため、テレビの厚みはパネルのガラス基板、シャーシ、回路の厚みのみで決まる。この特徴を活かし、現在37型から130型まで商品化されており、更に150型級も商品化の目処がたっている。

●応答性が良い

表示を放電で制御する方式であるため、応答性が非常に早く、動きの速い映像を忠実にくっきり再現することができる。

●視野角が良い

画面を斜めから見ても、明るさ、色合い、コントラストが変化しないため、大画面を近くで見ても画面周辺の色変化がなく、画面の隅々まできれいな映像を楽しむことができる。

表 8 プラズマディスプレイの特徴

表8に示すとおり、プラズマディスプレイは大型、薄型に加えて、大画面で映像を映し出す上で優れた特徴を基本性能として持っているため、映像の立体感や鮮明さ、動画の滑らかさなど、映像の表現力を求める顧客には最適であると言える。

また、表示の応答性が良いという特徴を活かした3Dテレビも開発しており、次の新たな市場を築く準備も進められている。3Dは右目用、左目用と交互に高速に表示を行なっているが、この応答速度が悪いと残像などの画質劣化が生じる。高速応答ができるプラズマディスプレイは3D表示用途としては適したデバイスであると言える。

プラズマディスプレイが他のデバイスと比較して劣る点として、消費電力の大きさが挙げられる。パネルの原理として、前述の様に紫外線を蛍光体にあてて発光させる方式をとっており、その発光効率の悪さ、及び駆動電圧の高さから、消費電力が高くなる傾向にある。この点につ

いては事業化の当初から開発者は認識しており、パネル開発の大部分は発光効率の改善に充てている。例えば 2007 年にパナソニックから発売された 42 型のフルハイビジョン (FHD) モデルと比較すると、当時の LCD のモデルと比較して消費電力が約 2 倍という課題が残っていた (表 9)。

機種	CRT TV	PDP TV	LCD TV
	36型	42型FHD	42型FHD
年間消費電力 (kwh/年)	229	455	205

CRT-TVは2003年、PDP-TV、LCD-TVは2007年商品。

表 9 CRT, PDP, LCD の消費電力比較

一方、直近の話ではあるが、この電力に関する課題については 2008 年頃からグローバルで市場の環境意識が高まり、2009 年から各国で省エネ規制が始まっている (表 10)。LCD 含めた他のデバイスも省電力化が進むことで省エネの競争が加速しており、プラズマディスプレイにおいても省電力化の取り組みは開発部門にとってますます重要な位置付けになっている。

日本	省エネ法	10年4月～統一省エネラベル
北米	エナジースター	10年5月～Tire2任意ラベル
欧州	EuP	10年8月～出荷規制第1弾
豪州	DEWHA	09年10月～強制ラベル／出荷規制
中国	国家規制	09年12月～任意ラベル／出荷規制

表 10 各国の省エネ規制 (予定含む)

以上の状況から、プラズマディスプレイの開発としては、如何に少ない電力で光を取り出す

ことができるか、すなわち発光効率を如何に向上させるかといった取り組みが主流になっている。筆者もこの開発に継続して携わっており、省電力化の開発として、図 23 に示す取り組みを行っている。

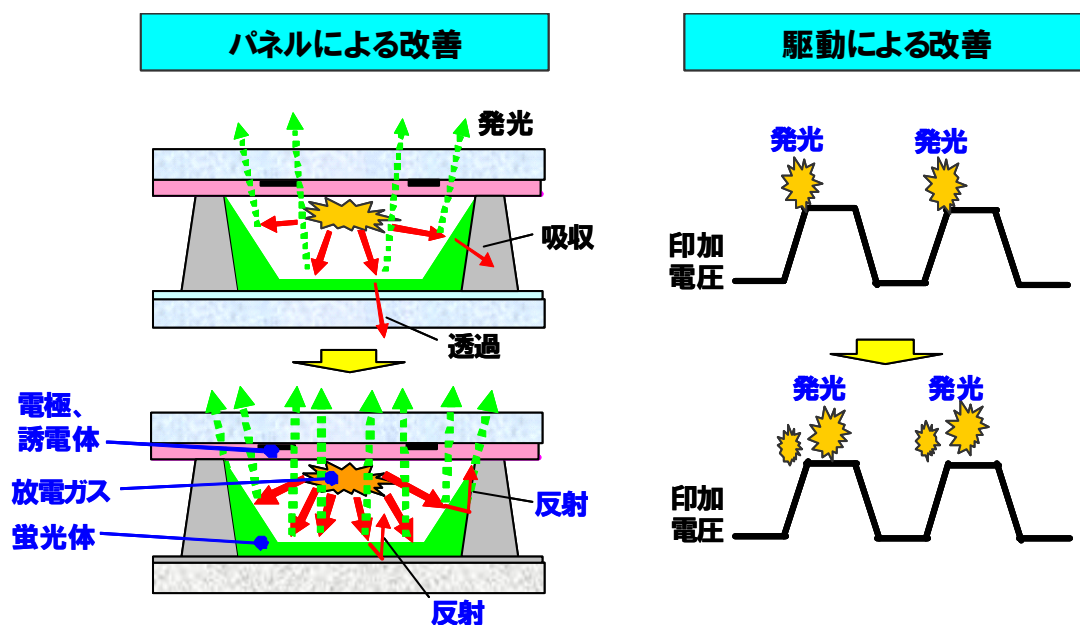


図 23 省電力化の主な取り組み内容

①材料による発光効率向上

材料そのものとして効率を上げる技術として、蛍光体材料の改善、放電ガスの最適化があげられる。また、設計から要求される構造を安定して加工できる材料開発の取り組みも進めている。

②光取り出し効率の向上

材料プロセスの進化に合わせて、構造体のディメンジョン（寸法）を見直し、光を効率よく取り出す設計を行う。パネル設計に関しては、材料プロセスとの相互依存性が非常に強く、連携した取り組みが必要になる。前面板は光を遮蔽する構造物を極力減らす、すなわち開口率の向上、また背面板は放電空間を広げるなどの改善が必要である。

③駆動電圧の低減、駆動の最適化

パネルの設計によって駆動電圧を下げる設計を行う。電圧を下げると発光効率は良くなるが、明るさ自体が減るため、複数のパラメータによる最適化が必要である。またパネル設計を見直すと、当然駆動マージンも変化するため、パネルと駆動開発も一体となって進める必要がある。パネルが回路のコンデンサとして機能して無効電力を消費している部分も多く、この電力を下げることも重要である。また駆動の取り組みとしても、図 23 の右図に示す様に、1 回の電圧印加で発光の量を増やす工夫を行っている。

デジタル放送が普及し始めると、市場でフルハイビジョン（FHD）の需要が高まり、パナソニックは 2007 年にフルハイビジョンのプラズマディスプレイ商品化を実現したが、当時は他のデバイスと比較して消費電力に課題が残った。しかしながら、詳細は割愛するが、前述の発光効率改善の持続的な取り組みを行い、更にテレビの信号処理の技術による改善も加えたことで、年々大幅に電力を下げる事ができている（図 24）。結果、2009 年度時点においては、LCD とほぼ大差のない電力を実現し、現在も更なる電力低減の開発を継続している。

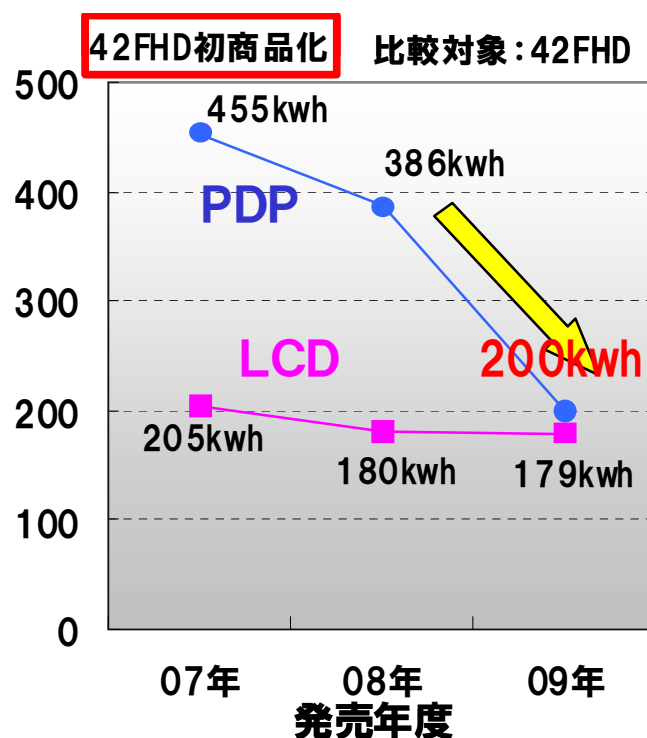


図 24 PDP と LCD の消費電力の推移（2007 年～2009 年）

プラズマディスプレイにおける省電力化以外の技術開発として、パナソニックの 150 型台の製品化の発表に見られる様に、公共施設向けのニーズに対応するための更なる大型化の商品開発、また低価格に対応する技術開発が進められている。低価格化については、デジタル AV 関係は年率 20%以上の価格下落が続いており、これに耐えうる低価格の製品開発が必須となっている。このため、ディスプレイを扱う各社は、材料費のコストダウン、量産工場の生産性向上、固定費の削減の取り組みを精力的に進めている。

4-5 製品アーキテクチャの種類

この節ではプラズマディスプレイの製品アーキテクチャの分類を行う。比較として、プラズマディスプレイ以外に主要デバイスである CRT と LCD を含めた 3 種類を分類した。その分類表を表 11 に示す。

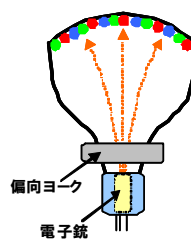
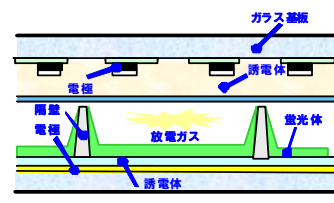
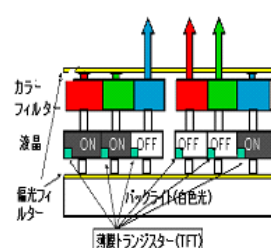
CRT	PDP	LCD
		
インテグラル型	インテグラル型	モジュール型
<ul style="list-style-type: none"> ●CRTは、個体差が比較的大きい ●ブラウン管の個体差に合わせて変更ヨークによる電子ビームのチューニングが必要 	<ul style="list-style-type: none"> ●構成要素の大部分が放電制御に関わる ●構成要素に対する要求事項が多く、要素間でトレードオフの関係になりやすい（形状、光学、物性、信頼性...） 	<ul style="list-style-type: none"> ●構成要素毎に機能の役割が明確で分離されている（トランジスタ、カラーフィルター、偏光フィルターが、それぞれ相互干渉することはない）

表 11 CRT、PDP、LCD の製品アーキテクチャの分類

第 3 章でも述べた、「摺り合わせ」の必要性に着目してディスプレイを見ると、まず CRT が技

術的に摺り合わせの部分が大きく、インテグラル型の製品と言われている。CRT は、電子銃から電子ビームを発生させ、表示面に形成された蛍光面にあてて表示を行う原理で、ブラウン管の設計の都度、偏向ヨークでコンバージェンスという電子ビームの収束を調整する必要がある。この調整は、画作りにおいて非常に重要であり、習熟した技術が必要である。また、CRT そのものの製造技術においても電子銃の技術開発、真空処理技術等、ノウハウが蓄積されている。

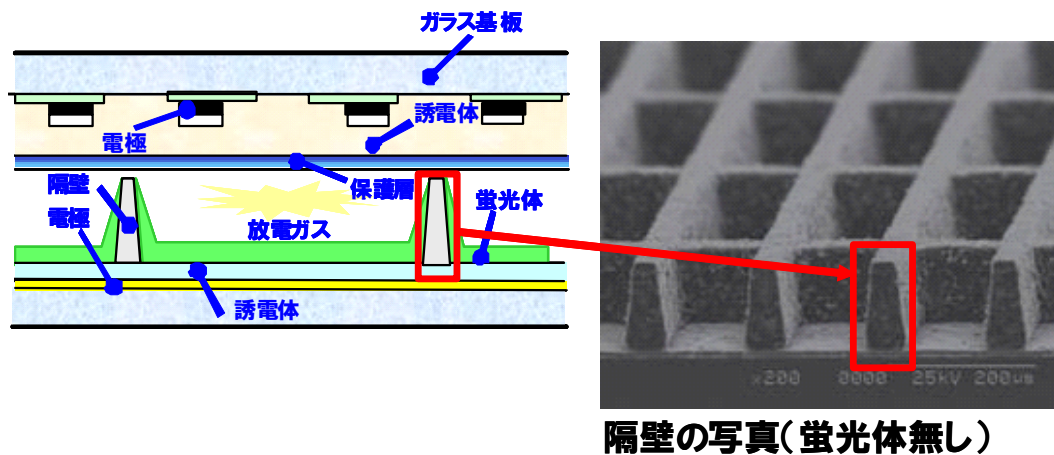
CRT テレビは、1950 年代から 2000 年に至る 50 年間、画質において、コントラスト、色純度、応答性などで他のデバイスの追従を許さず、ディスプレイの地位を不動のものにしてきた。また、商品開発の組織能力として摺り合わせ能力が必要なデバイスであるという特徴から、ソニー、パナソニックなど、日本の家電メーカーがその製造の主導を握っていた。

一方、LCD を見ると、部材数が多いが部材毎に性能や品質など機能に対する役割が明確に決まっており、部品間の調整はプラズマディスプレイほど複雑でない。また CRT の様な画質の調整も不要である。逆に組み合わせる部品の選択が重要になるため、モジュラー型に近いことが特徴であると言える。東南アジア諸国はモジュラー型製品に強いと言われており、LCD パネルメーカーに台湾、中国企業が多いことからこれらの特徴が裏付け出来る。

プラズマディスプレイにおいては、本章で述べた通り、CRT と同じく蛍光体を発光させる原理に基づくもので、放電により紫外線を発光させて、それを蛍光体で可視光に変える自発光型の仕組みとなっている。製品アーキテクチャの視点で見ると、パネルの放電制御や光学的な設計を、主要部材の性能を複合的に絡めて総合的に行う必要があり、更に駆動部分においても、パネルに合わせて都度調整が必要なことから、設計要素間の相互依存性が強く、製品としてはインテグラル型に近い特徴も持つ。構成材料が少ないという点も、個々の要素が複数の性能、品質等の要求事項を受け持っている証拠である。

ここで、プラズマディスプレイのパネルを構成する「隔壁」の開発を例にとって、開発の事例からこのデバイスが摺り合わせ型であることを証明する（図 25）。

隔壁はパネルのセルを構成するための仕切りとして形成される。そのため、まず基本的な機能として隔壁の形状は非常に重要であるが、それ以外に強度、反射率、誘電率等の設計も合わせて行う必要がある。また外部からの衝撃に耐える、光を反射させて表示の光として利用する、放電で発生する電荷の制御を行う、といった設計も絡んでくる。更にパネルの信頼性という点においては、材料のガス吸着特性にも考慮する必要があり、隔壁を開発し、改善を行う場合は複数の機能が同時に変化することになる。



隔壁の写真(蛍光体無し)

図 25 パネル構成図と隔壁の SEM 写真

一例として、表示の明るさを向上させるために、隔壁の幅形状を細くした場合に影響を及ぼす範囲の模式図を図 26 に示す。幅形状を細くした場合は、セルを仕切ってセル間の電荷を制御する機能が弱くなるため、点灯している隣の非点灯セルを誤って点灯させる誤点灯という課題が生じる確率が高くなる。この課題を回避する為に、電極のデザインを変更してセル間の電荷の移動を抑制する、または駆動設計で電荷の制御を行う手法を取ることができるが、この変更で逆に明るさが下がるという電極や駆動設計で決まる別の副作用が発生する。すなわち関係する要素は全て複合的に見て、最適な設計に落とし込む必要があるわけである。また、隔壁の形状変更は隔壁上に形成する蛍光体の塗布プロセスにも影響を及ぼし、他要素のプロセスも含めた見直しが必要である。すなわち、摺り合わせ開発における技術者の役割は、担当している要素だけでなく、製品の特性を知り、関連する設計も全て把握して取り組む必要がある。そのイメージ図を図 27 に示す。

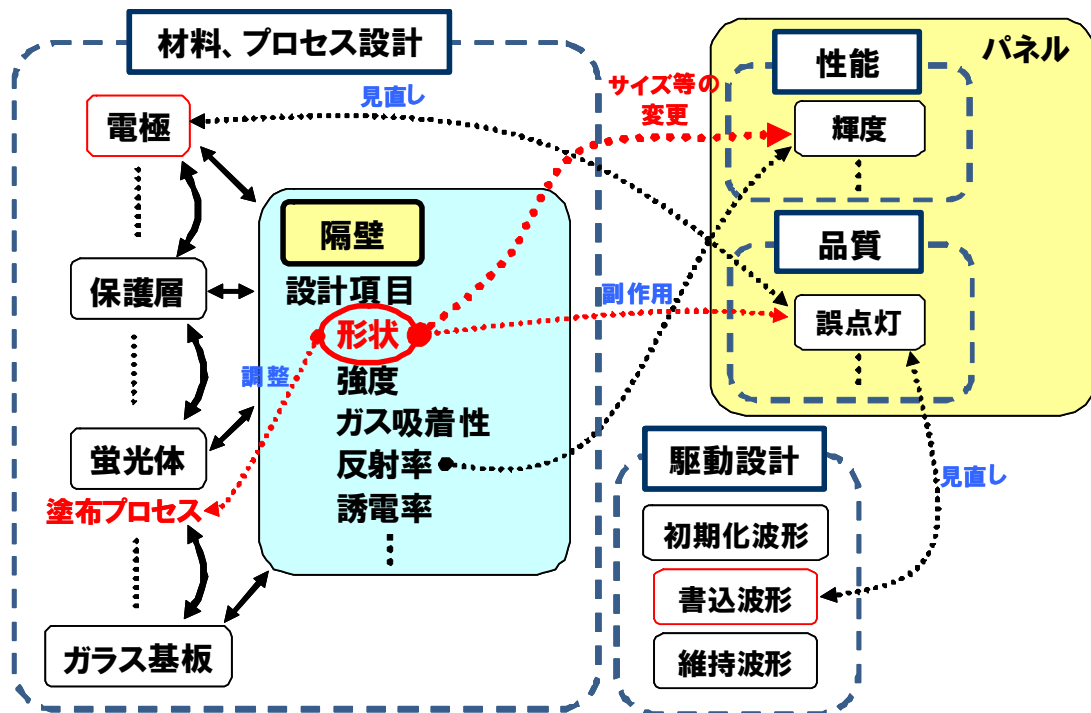


図 26 隔壁における摺り合わせ開発例

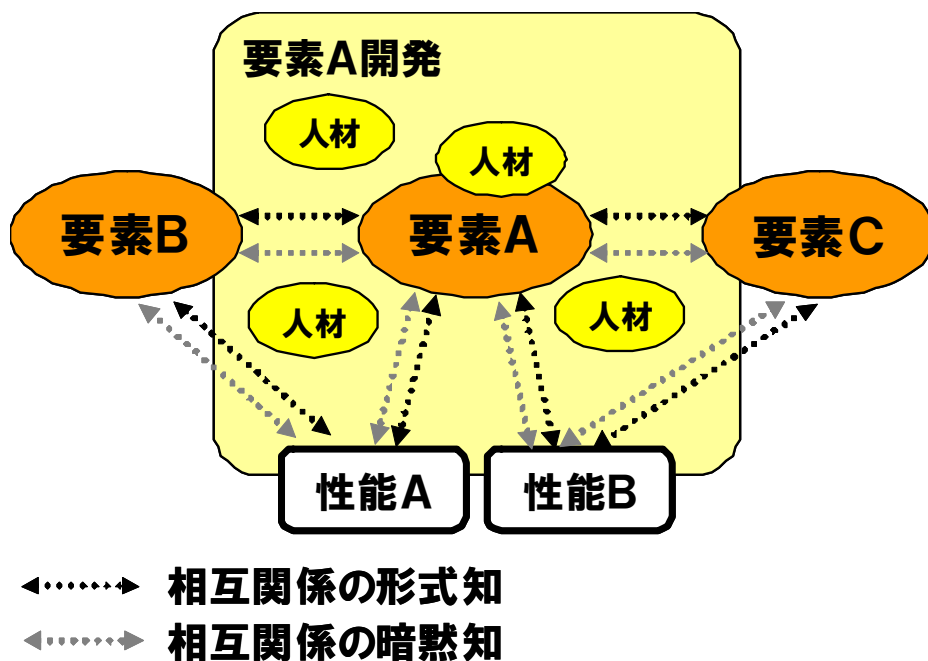


図 27 摺り合わせ型開発における技術者の役割

要素 A の開発を行う技術者は、要素 A だけでなく関連要素や製品機能の相互関係を十分に把握しておく必要があり、その知識は文書化された形式知だけでなく、経験や属人的な暗黙知まで含まれる。プラズマディスプレイの技術開発は、図 27 の様な摺り合わせ型開発で成り立っているため、結論としてプラズマディスプレイはインテグラル型の特性であると言える。

プラズマディスプレイの製造メーカーであるパナソニックは、後述するが元々の開発組織は CRT やモノクロのプラズマディスプレイを開発していたメンバーが参画している。したがって、蛍光体、カソード材料、真空処理などの技術開発においては、組織能力や人として暗黙知として保有している技術も摺り合わせ開発に活かされていると考える。

第5章 プラズマディスプレイの事業化に関する事例研究

前章では、プラズマディスプレイが大画面で薄型化が容易なデバイスであり、かつインテグラル型の特徴を持つと結論づけた。本章では、プラズマディスプレイの発明から事業化に至るまでの事例、及び事業化後に成長軌道に乗せるための商品力強化に関する事例を時系列に3つのフェーズに分けて調査した。また、同時にプラズマディスプレイという「摺り合わせ型開発」を必要とするデバイスを扱う意義を分析し、日本企業による摺り合わせ型開発の有効性を事例で検証する。

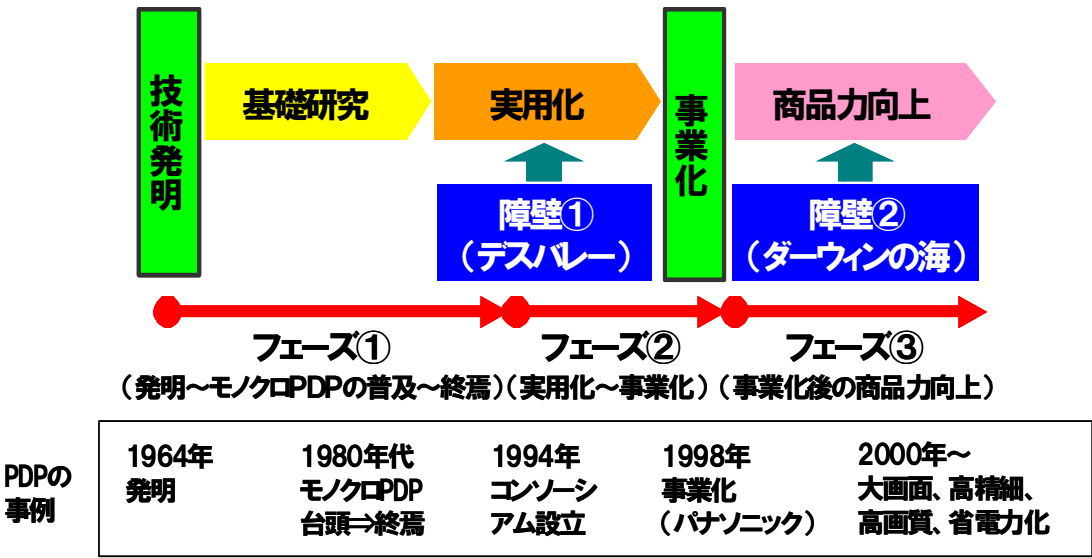


図 28 プラズマディスプレイにおける事例研究の概略

図 28 にプラズマディスプレイにおける事例研究の概略を示す。まずフェーズ①として、プラズマディスプレイが 1964 年に発明されてから事業化前の実用化の段階で「デスバレー」に陥った経緯、また当時のテレビ産業における環境を調査する。次に、このプラズマディスプレイの「デスバレー」はコンソーシアムによって戦略的に克服されているが、フェーズ②としてこのコンソーシアムで取られた「デスバレー」の克服手段の調査を行う。フェーズ③では、事業化後に成長軌道に乗せるため、すなわち「ダーウィンの海」を克服するため、商品力向上に繋がる技術獲得の方法について、筆者が関わっているパナソニックで進めてきた内容を述べる。

また昨今、ものづくりにおける事業構造が議論されているが、収益性向上という視点で、本論でも事業構造と戦略について LCD 事業と比較した結果を述べたい。ただし、この事例については現在製造業においてグローバルに大きく事業構造が変わろうとしている中、各社模索中であり、事例からは最終的な結論が見いだせないため、考察のみにとどめた。

5-1 フェーズ①「発明～モノクロ PDP の普及、淘汰」

5-1-1 プラズマディスプレイの発明

プラズマディスプレイの歴史は古く、1964 年にまで遡る（表 12）[22]～[25]。

年代	社名／大学名	内容
1927	AT&T	ガス放電テレビシステム (機械的なスイッチと放電管の組合せ)
1954	ハローズ社	実用ニキシー管開発・商品化
1963	Liner Siegler	セル抵抗付きマトリックス型 DC PDP 開発
1964	イリノイ大	AC型PDP発明
1967	イリノイ大	特許実施許諾 (IBM,富士通,Owens-Illinois,NEC,AT&T,トムソン,CD社,NCR社)
1971	IBM	銀行端末初納入
1971	Owens-Illinois	512X512画素PDP発売
1977-'81	Owens-Illinoisほか	米国勢の多くがPDP事業撤退
1982	IBM	PC表示用モノクロPDP発売
1985	松下電子工業	ラップトップPC用DC型モノクロ PDP発売
1987	フォトニクス	1.5m×1.5mモノクロPDP開発

表 12 プラズマディスプレイの歴史

プラズマディスプレイは、米国イリノイ大学で発明された後、1966 年に論文発表、1967 年には、IBM、富士通、Owens-Illinois、NEC、AT&T、トムソン、Control Data、NCR 等、多くの会社への特許実施許諾を行った。

その後、長い期間の基礎研究を経て、製品化されたのは 1980 年代で、当初の用途は中型のパソコン用モノクロディスプレイであった[26]～[29]。当時、プラズマディスプレイは薄型であり

ながら、10 インチ台の中型サイズに対応でき、かつ高速応答や広視野角の性能を有し、他のデバイスと比較して優れた特徴を持っていた。プラズマディスプレイは当時モノクロであったが、表示色がネオンオレンジであり、特に海外の青い目の方々にとっては、補色で評判がよいと言われていた。

このパソコン用ディスプレイについては、パナソニック（旧松下電器産業）の子会社である松下電子工業がいち早く高精細モノクロプラズマディスプレイを開発し、当時の IBM や東芝から発売されたラップトップパソコンに搭載され、シェアを確保していった。パソコン用のモノクロプラズマディスプレイは 1985 年に発売を開始し、ワープロや電卓用の小型でモノクロ用途に限られていた液晶を尻目に 10 型以上の中型分野で市場を拡大し、1989 年まで生産台数を順調に増やしていった（図 29）。業界としては 1989 年度までに累計 200 万台が出荷されたと推定される。

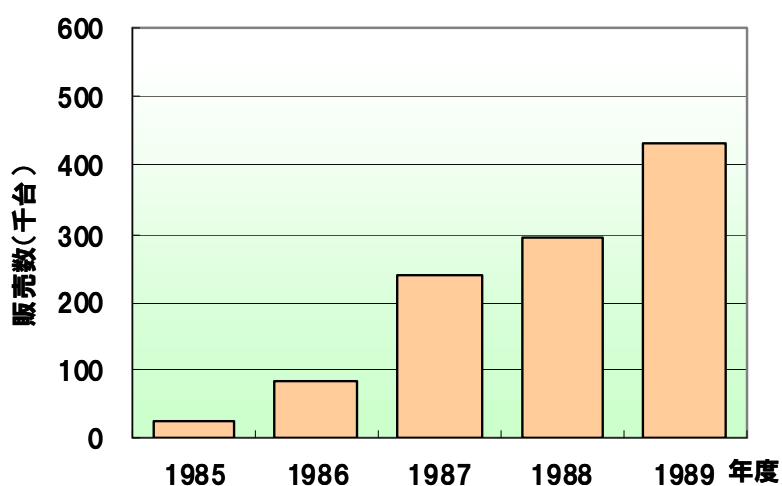


図 29 高精細モノクロ PDP の販売台数（松下電子工業）

一方、当時の海外におけるプラズマディスプレイの事業に目を向けると、1970 年後半から事業撤退する企業が相次いでいる（表 13）。

1980 年前後で Owens-Illinois 社、Control Data 社、Texas Instrument 社が事業撤退、IBM 社は 1987 年にプラズマディスプレイの事業撤退し、後述するプラズマコ社をのぞき、事業を継続しているメーカは無くなった。モノクロプラズマディスプレイにおける企業は、松下電子工業以外に、岡谷電機、沖電気、ディクシーと日本企業のみが残った。富士通もモノクロプラズ

マディスプレイを製造していたが、パソコン用ではなく主に券売機や改札機の表示に特化して販売していた。

年代	社名／大学名	内容
1977	Owens-Illinois	PDP事業中止
1978	Control Data	PDP事業中止
1981	Texas Instrument	PDP事業中止
1987	IBM	PDP事業中止
1992		LCDがPDPのポータブルコンピュータ市場を奪う

表 13 海外のプラズマディスプレイメーカーの撤退

5-1-2 プラズマディスプレイにおけるデスバレー

プラズマディスプレイは1980年代に、ラップトップパソコンの商品を軸に一度立ち上がったが、1980年代後半からパソコン市場に変化が現れた。

「パソコンを持ち運んで使う」というニーズが高まり、1989年には東芝から初の携帯が容易なノートブックパソコンが発売されたのを機に、小型、軽量、長時間駆動の製品が各社から次々に商品化された。ノートブックパソコンでは持ち運んで使うという目的からバッテリー駆動が必須であり、パソコンを構成するデバイスは、低消費電力化が一番の要求事項となった。当時、消費電力においては、LCDがプラズマディスプレイよりも優位性を持っていた。当時のノートブックパソコンで求められたディスプレイの消費電力が数Wに対して、プラズマディスプレイは20W近くあった。更に、このタイミングでLCDはカラー化が進んだことでパソコン市場に急激に台頭してきた。カラー化については、当時の10インチクラスのプラズマディスプレイにとって技術的なハードルが非常に高かった。LCDはカラーフィルターで比較的容易に対応できたものの、プラズマディスプレイは、そもそも1画素あたりRed、Green、Blueの3色のセルを形成する必要があった。すなわち、水平方向に対してはモノクロの3倍の高精細化が求められ、カラーでVGA（640×480画素）の解像度に対応するには、事実上不可能に近かった。

パソコン市場の環境変化に加え、プラズマディスプレイのカラー化の遅れから、日本においてもプラズマディスプレイのパソコン用の市場は、1990年中頃にほぼ無くなってしまった。一部、産業機器用としては採用されたが、パソコンと出荷数量が桁違いに少なかった。パソコン

用モニタとして明確に出荷枚数で比較できるデータは無かったが、プラズマディスプレイの国内生産金額とパソコン用 LCD の国内生産枚数の推移を図 30 に示す。これを見ると、プラズマディスプレイから LCD ヘドバイスの入れ替わりが起きていることが明確に分かる。

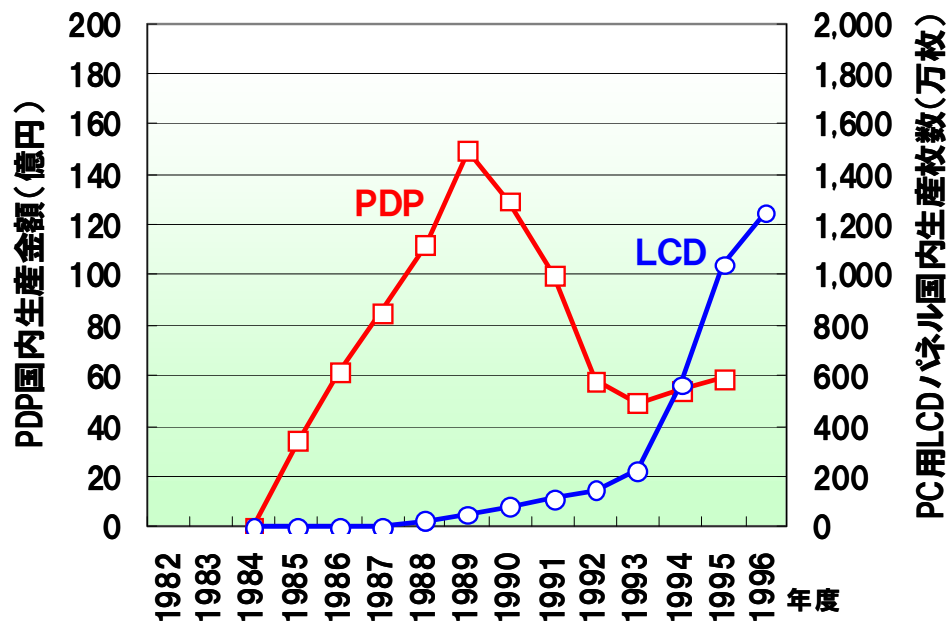


図 30 PDP の生産金額、LCD の生産枚数の推移

<AC方式>

反射型3電極面放電構造(富士通) 特許2917279号

ADS階調表示駆動法(富士通) 特許2720943号

電荷回収回路(イリノイ大学) 特公平7-109542号

高コントラスト駆動法(プラズマコ社)

<DC方式>

1979:パルスメモリー駆動法(高輝度)

1984:平面構成パルスメモリーパネル

1975:カラーPDP用3原色蛍光体開発

1986:PDP用カラーフィルター技術

表 14 プラズマディスプレイのテレビ用技術開発の動き

一方、1980年代のプラズマディスプレイの開発は、パソコンモニタ用の開発が進む中、動画表示を狙ったテレビ表示の研究開発も進み、テレビの実用化に必要な基本技術は1990年頃にはほぼできあがっていた(表14) [30]~[33]。この時点で、テレビ視聴に耐えうる最低限の明るさ(輝度)、コントラスト、動画表示性能を確保する技術に目処が立ったといえる。ただし、当時のCRTの画質と比べるとまだほど遠く、信頼性についても課題が多かった。

また、当時は将来のテレビとして大型薄型テレビのニーズが潜在的に生まれてきており、このニーズに対してプラズマディスプレイが最も適したデバイスと考えられていた。しかしながらパソコンおよびテレビ表示両分野には、ディスプレイの王様といわれるCRTが市場に根強く位置しており、カラーテレビ用プラズマディスプレイの事業化は一向に立ち上がる気配がなかった。また1990年頃からはデバイスの海外生産が本格化し、国内製造業の空洞化が起こる中、CRT産業も国内では縮小の一途をたどり始めた。

プラズマディスプレイのカラーテレビ表示に必要な基本技術の成熟は、不幸にして、モノクロプラズマディスプレイの市場撤退、カラーLCDの急激な台頭、更にはCRTの急速な海外生産移行のトリプルパンチの最中と符合していた。また、企業単独で事業化に乗り出すには、50型級など従来にない大画面化を視野に入れた場合、製造装置や部材などの産業インフラが皆無に近いため、あまりにもリスクが大きく、投資を進める企業は皆無であり、現にどの企業も立ち上がらなかった。この時期がプラズマディスプレイのデスバレーであったと言える。

5-1-3 ディスプレイにおける環境分析

ここで、テレビ用途としてプラズマディスプレイが事業化に至る当時の背景として、既に市場に圧倒的な地位で普及していたCRTと、受像デバイスと密接に関係のある放送メディアの歴史を調べ、ディスプレイに関する環境分析を行う。

CRTは1897年に発明されたが、日本では1950年代に14型のモノクロのテレビが商品化され、その後1960年代にカラー化が行われ、テレビ用受像デバイスとして一気に普及した。その後CRTは大型化の方向へ進化し、1990年代にはハイビジョン放送が始まったため、更に「大画面・高画質」のニーズが高まった。

日本では1953年に初のテレビ放送が始まった。当時は白黒放送であり、大画面化に対する技術力としては、14型のサイズが限界であった。後に1960年代にカラー放送が開始、このカラー

放送でCRTが大普及し、各家庭は少なくとも1台はテレビを持つようになった。家族と一緒にテレビを見るという習慣も定着し、家族で見るテレビとしてより大きなサイズのテレビが求められ、商品化も大画面化が進められた。その後、1989年に衛星放送（BS放送）、1994年にはアナログのハイビジョン放送が始まり、映像が高精細になるにつれて、更に大画面で視聴したいというニーズが高まり、テレビの商品化が進んだ。この様に、放送とディスプレイは同時に進化しており、テレビの進化は、大型化の歴史であったと言っても過言ではない（表15）。

テレビは大きい画面サイズになれば、映像に迫力が出て臨場感が高まり、快適に視聴することができる。1990年代に開始されたハイビジョン放送では、40型以上の画面サイズになっても、画素が細かく精細感が失われないということから、当時の36型CRTではハイビジョン放送の臨場感を表現するには不十分であった。そのため、40型以上のサイズが潜在的なニーズとして高まっていたが、40型以上のサイズを家庭に設置するには、薄型でなければ奥行き、重力という点で、もはや受け入れられないため、将来のディスプレイとしては「薄型大画面」として位置付けられた。しかしながら、CRTは実用化としては奥行き、重量の観点で36型のサイズが限界であった。

前章で説明したとおり、CRTは原理上、電子銃から電子ビームを画面の蛍光面に当てる必要があるため、電子銃と画面の間に一定以上の距離が必要である。これは画面サイズが大きくなると、更に距離が必要になるという大画面化において致命的な欠点を抱えていた。当時、商品化された最大画面である36型では、奥行きが60cm、重さとしては80kgに達していた（表16）。

発売年	1958年	1977年	1986年	1998年
サイズ	14型	18型	21型	36型
表示	モノクロ	カラー	カラー	カラー
解像度	NTSC	NTSC	NTSC	ハイビジョン
価格	73,000円	149,000円	150,000円	540,000円
写真				

表 15 CRT の進化（Panasonic 製品）

モデル	CRT (Panasonic36型)	(参考)PDP (Panasonic42型)
奥行き	585mm	89mm
重量	79kg	33kg

表 16 CRT のサイズと重量(1998 年)

以上の経緯から、放送がハイビジョンに移行する際に相応しいディスプレイとして、CRT ではサイズの限界に来ていたため、次のデバイスが待たれていた。

1990 年代初頭に考えられたディスプレイデバイスの棲み分けを表した図を図 31 に示す。前述の通り、当時 CRT は 36 型がサイズの限界であり、かつ薄型化という点においても課題が多いデバイスであった。また LCD については、薄型化は容易であるが、逆に大画面化においては、20 型が最大であると見られていた。投写型についてもプラズマディスプレイと比較して奥行きがあり、視野角、輝度の点においても課題が多かった。以上の視点で見ると、プラズマディスプレイは、大型でありながら、薄型も実現できる唯一のデバイスであるという点においては揺るぎないものであった。

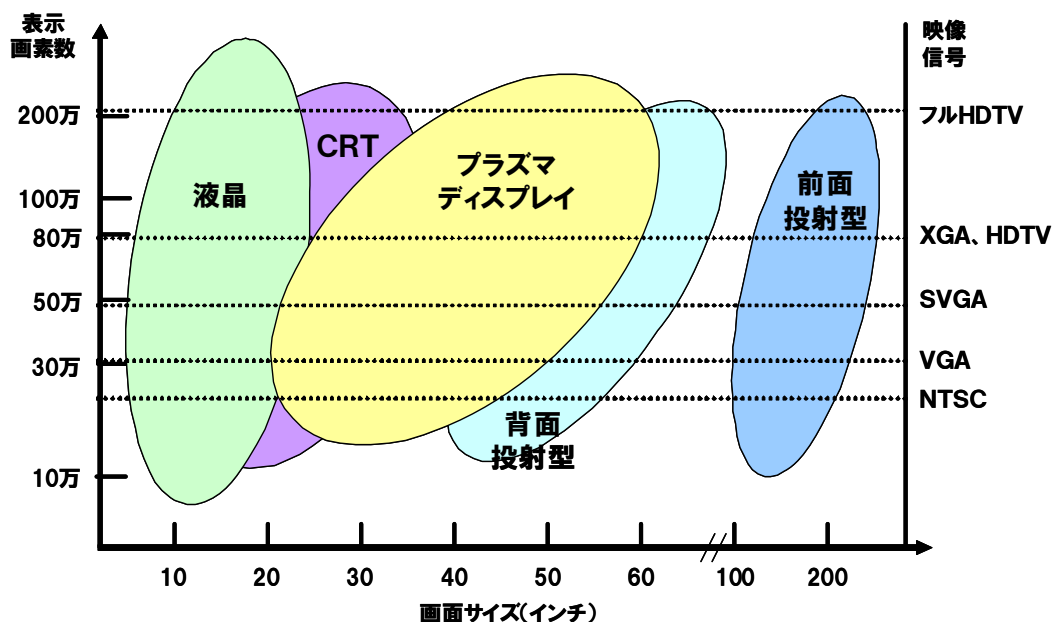


図 31 ディスプレイデバイスの棲み分け (1990 年代当初)

また、日本における放送メディアとしての進化を見てみると、1925 年のラジオ放送開始まで遡る。1931 年には第 2 放送が始まり、当初は NHK のみであったが、後に民放ラジオも開局され、ラジオが家庭の娯楽や情報伝達の主流となった。次に 1953 年にテレビ放送が開始、1960 年には NHK、民放ともにカラー放送が開始された。10 年ほどかけて普及率はほぼ 100% 近くまで到達し、テレビ時代が到来した。そしてその役割を担うデバイスは前述の CRT となった。またカラー放送開始約 30 年後の 1989 年に衛星放送が開始され、1991 年にはハイビジョン放送が始まり、2000 年代からは衛星、地上ともにデジタル放送に移行してきている。

放送メディアは約 30 年サイクルで大きな変化を遂げており、この進化から見てもデジタルハイビジョンの役割を担うデバイスの登場が待たれていたと言える（図 32）。

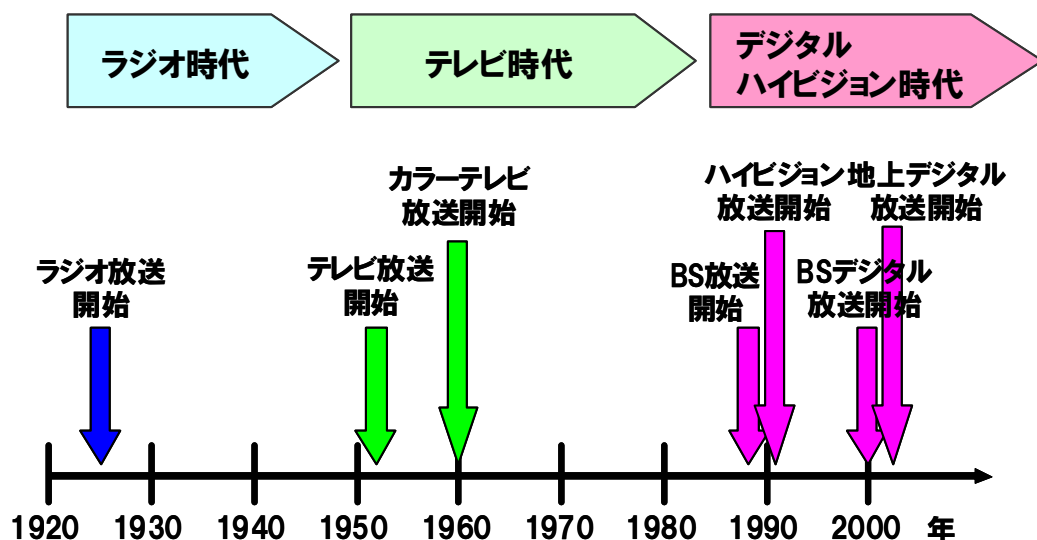


図 32 放送メディアの進化

5-2 フェーズ②「プラズマディスプレイの実用化」

プラズマディスプレイが将来の大画面薄型テレビとしてニーズがあるも、その実用化に至ってはデスバレーに陥っていたため、それを乗り越える施策が必要であった。この施策として 1994 年に NHK が主導でコンソーシアム（PDP 開発協議会）を設立し、プラズマディスプレイをデスバレーから乗り越えさせ、事業化へ繋げる役割を果たした。ここではその中で取られた戦略、マ

ネジメント手法を調査、分析し、デスバレーからの離脱に関する体系的な結論を抽出する。

5-2-1 コンソーシアム設立当時の外部環境と設立の目的

カラーテレビ用プラズマディスプレイの基本技術は、前節の表 14 に示す通り、①メモリ機能付加技術（画面内の発光・非発光状態を保持する機能；DC 型では放電ガスの励起状態、AC 型では放電セル隔壁表面上の壁電荷を利用）、②長寿命化技術（DC 型では放電セル内抵抗体配置技術、AC 型では蛍光体塗布面と放電空間を前後に分離する 3 電極面放電方式）、③階調表現技術（サブフィールドによる階調表現、AC 型では特にアドレスと放電を時間的に分離する ADS：Address Display Separated 方式が使用される）の 3 点である。これらはいずれも 1980 年代に開発された[27][30]。その後、それらの基本技術は洗練され、1990 年前後には技術的には実用レベル域に達していた[34][35]。

一方、AV 産業の代表的な牽引役である放送産業に目を転じると、ポストカラーテレビとして、1989 年には衛星放送が、続いて 1991 年にはハイビジョン放送が試験放送ながら開始され、これに符合して CRT 方式のハイビジョンテレビの市販も開始された。衛星放送のデジタル方式の採用が決定されたのは 1997 年で、実際に放送が開始されたのは 2000 年である。この間のハイビジョン放送時間、ハイビジョン受信機の普及台数の推移を図 33 に示す。

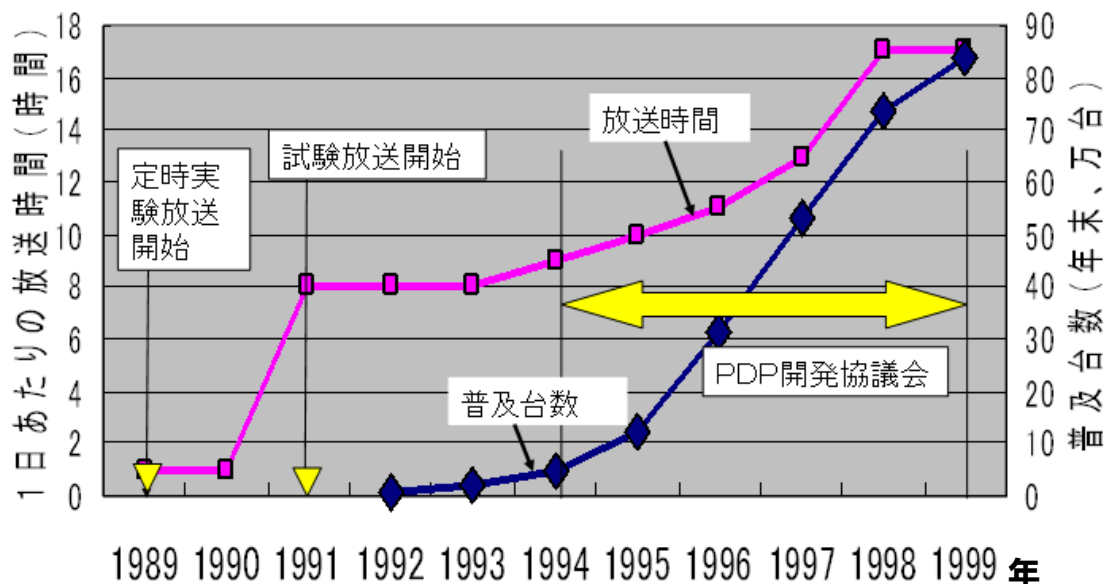


図 33 1 日平均放送時間と受信機普及台数の推移

ハイビジョンの普及は、特に NHK が世界のリーダーシップを担い、1998 年開催の長野オリンピックの全競技ハイビジョン中継放送を本格的な普及のための戦略的な契機として掲げていた。ハイビジョン放送には 50 型以上の大画面高精細テレビが必須との共通認識の中、従来の CRT ではたとえ実現できても体積、重量とも商品性がないことは自明とされ、大画面薄型テレビの早期実用化が放送メディア側からも強く求められていた。すなわち、放送局自らが大画面薄型テレビの需要喚起を牽引していた。その意味では電機産業界と放送界によるハードとソフトの分担による、一体的なイノベーションの環境条件が熟していた背景が存在した。

ハード、ソフトの相乗効果による産業立ち上げの典型は、ゲーム機とゲームソフト産業に見られる[36]。しかし世界の産業規模や便益享受者の規模、ならびにソフト（番組）の社会的な影響度からみて、放送産業は単なる娯楽と違って即時同報機能を特長とするジャーナリズム性を有しているのが特長である。このことは、コンソーシアムの結成に中心的な役割を果たす放送局の存在が不可欠であることを意味する。以上の環境分析から、コンソーシアムの設立直前は、表 17 の状況にあったと言える。

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">①画面サイズは、歴史的に拡大の一途を辿ってきた歴史からの教訓「ネバーシュリンク」の法則の存在。②ディスプレイの王様と言われてきたCRT産業もイノベーションのサイクルからみれば、既に衰退状態に突入。③技術シーズの成熟度からみてプラズマディスプレイが最適。④放送局と連携した技術指向事業創造型コンソーシアムが最適。 |
|--|

表 17 コンソーシアム設立当時の外部環境

表 17 に示す外部環境のもと、ハイビジョンを柱にした本格的なデジタル・マルチメディア時代を拓くための大画面薄型テレビの実現に向け、1994 年秋、テレビ用プラズマディスプレイの技術シーズおよびハイビジョン番組制作力で先行する NHK を核とした「PDP 開発協議会」が設立された。

設立にあたっての開発目標は、参加企業にとって分かりやすく魅力的であることを念頭に、以下の 2 点に絞っている(表 18)。

- | |
|--|
| <p>① 50型級PDP(ハイビジョンベースバンド対応)試作器を
長野オリンピックまでに完成する。</p> <p>② 研究成果の活用による、40型PDPハイビジョン受信機
の開発実用化を長野オリンピックまでに終了する</p> |
|--|

表 18 PDP 開発協議会の目標

オリンピックという巨大なハイビジョンコンテンツが提供される場と、人類の長年の夢であった薄型大画面テレビの開発との相乗効果による単純明確な動機付けが協議会結成の成功に貢献していると考えられる。

設立当時、上記の目標達成に必要な製造装置や部材などの産業インフラは皆無だったことから、PDP 開発協議会ではパネルメーカーに加えて製造装置や関連部品・材料に至る幅広い分野でグローバルに参加企業を求めた。また、情報入手のみの参加を排除し協議会成果の早期実現を図るために、各参加企業には具体的な貢献技術の提示を義務づけた。結果、設立時の参加企業は26社(20社、1団体)となり、米国系企業2社も協議会に加わった。活動期間は短期集中決戦とするため5年間に設定された。またNHKはこの5年間で30億円という集中投資を行う決断をしており、この協議会にかかる意気込みが窺える。

5-2-2 PDP 開発協議会の体制

PDP 開発協議会では、プラズマディスプレイ実現の基本物理である放電物理、基幹部材の蛍光体(CRTや蛍光灯用などの流用は不可)、原材料・部品・製造装置、パネル・セット・半導体の4分野にわたり、すなわち川上から川下産業分野まで、全分野を分担できる体制がとられた(図34)。参加企業には電機系大企業を中心に全分野の担当能力を有する、いわゆる垂直統合型の企業も含まれた。

次に、PDP 開発協議会における研究・開発の組織構造を図35に示す。各参加企業は同図右側に示した技術分野を分担し、それぞれの企業で実施する分散研究方式とする一方、リーダーであるNHKは、蓄積してきた技術の源泉を生かして共通課題的なテーマに関する集中研究方式とする体制をとっている。すなわち、NHKで先行的な試作機を開発し、製品化を担当企業が分担、協議会事務局は主として全体のマネジメントを担当する仕組みとしている。

協議会運営の基本ルールは、新技術を世界的に広める狙いから、成果は適時公開展示するほか、第三者への開示・提供を原則とするセミオープンルールが採られた。

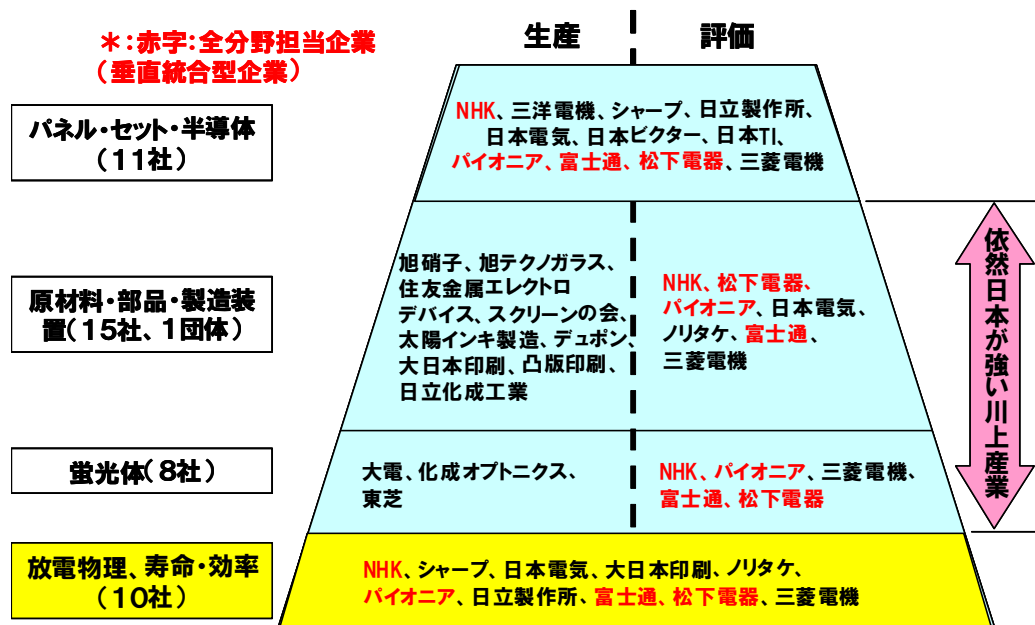


図 34 PDP 開発協議会のメンバー構成と分担分野

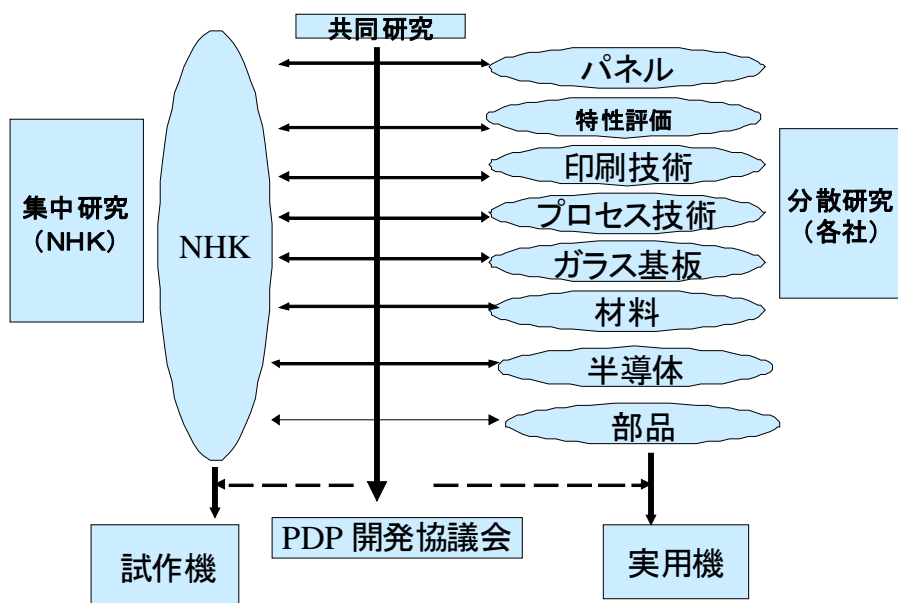


図 35 PDP 開発協議会における研究・開発の組織構造

5-2-3 PDP 開発協議会で採られた戦略と開発

技術シーズを新産業創造に導き、世界のテレビを大型・薄型化し、ハイビジョンを世界に普及させる戦略として、PDP 開発協議会は、「技術指向の事業創造」により、潜在的に存在するニーズを興すことを最大の戦略に掲げている（図 36）。

すなわち、PDP 開発協議会は、大画面薄型テレビの事業化を企業主導で投資を行い実現することができるまでの橋渡しの様な役割を果たし、更に社会経済的にも 1990 年代から顕著になった日本の電機産業の海外生産移行に伴う空洞化抑制にも役立つことも視野に入れていた。

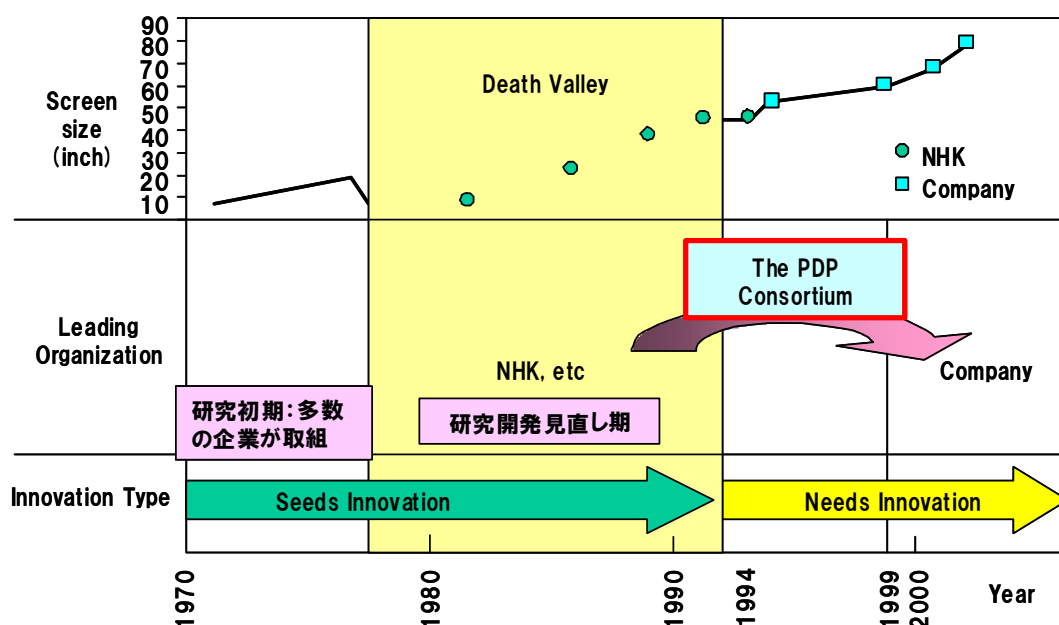


図 36 PDP 開発協議会推進の概念図

PDP 開発協議会の戦略と開発に関する課題は、大きく分けて 4 つに分類できる。1 つ目の課題は当然「技術開発」であり、当時はプラズマディスプレイの基本技術は確立していたとはいえ未成熟な状態であった。そのため放電の現象など物理レベルの課題から製品化の問題までを全て包含した課題を全て克服する必要があった。

2 つめの課題は、前述の技術開発と関連が深い「研究と事業化」である。取り組むべきテ

ーマとしては、基礎研究から製品化まで多岐にわたっているため、PDP 開発協議会の運営においては「研究指向テーマ」と「事業化指向テーマ」への分類と仕分けが非常に重要なマネジメントとなる。

3 つめは「製品アーキテクチャ」の課題である。プラズマディスプレイは「摺り合わせ開発」を必要としているため、各要素技術の相互依存関係が非常に強い。そのため各要素技術が未成熟の状態では、複合的な組み合わせで発生する課題の抽出が遅れ、致命的な課題が後になって出てくるというリスクがあった。

4 つめの課題は「情報の共有」で、摺り合わせ開発が故に責任分担が不明瞭になりがちであるが、各会員企業は関連するすべての情報を共有し、自社の責任分担の明確な把握ができる様にする必要があった。

これらの課題に対して PDP 開発協議会の取り組みを調査し、有効であったマネジメント手法を抽出した。

PDP 開発協議会で検討している検討内容は、40 型ハイビジョンプラズマディスプレイの実用化と 50 型級のプラズマディスプレイの試作器の完成と 2 機種に絞られており、そのパネル設計仕様は、PDP 開発協議会内においては共通である。プラズマディスプレイは前述したように、摺り合わせ技術で成り立っているデバイスであり、材料、設計、駆動とそれぞれの相互作用が強い。そのため、各社独立して行う開発よりも、コンソーシアムで集中特化してパネル仕様を決めて開発を行う方が、開発効率が上がると考えられる。

通常、技術の摺り合わせを要する技術の事業化を行う際、各要素技術も未成熟であるため、デバイスとして「致命的な課題」が発生しやすい。この致命的な課題を材料、プロセス、設計、駆動等、何で解決していくのかは、デバイスを進化させるために非常に重要な決定事項であり、これを各社がバラバラで取り組みを行うと、課題抽出が発散し、キーとなる材料メーカが方向性の異なる複数の要求仕様を抱える可能性が高くなる。結果として、デバイスの進化の妨げになり、大幅な開発の後戻りが発生し、開発の遅れが生じる。

これを回避するために、コンソーシアム内でパネル設計を一つの仕様として共通ルール化（モジュラー化）し、「本質的な課題」の見極めを協議会でまとめることで材料開発の方向性も定まり開発効率が向上したと考える。要素技術が一旦固まれば、サイズ展開などは、各社に任せることができる。この手法を図 37、38 で示す。通常材料開発だけでも 2 年以上かかると言われているが、4 年で商品化も含めて目処が立ったということは、この設計のモジュラー化によるものだと分析する。

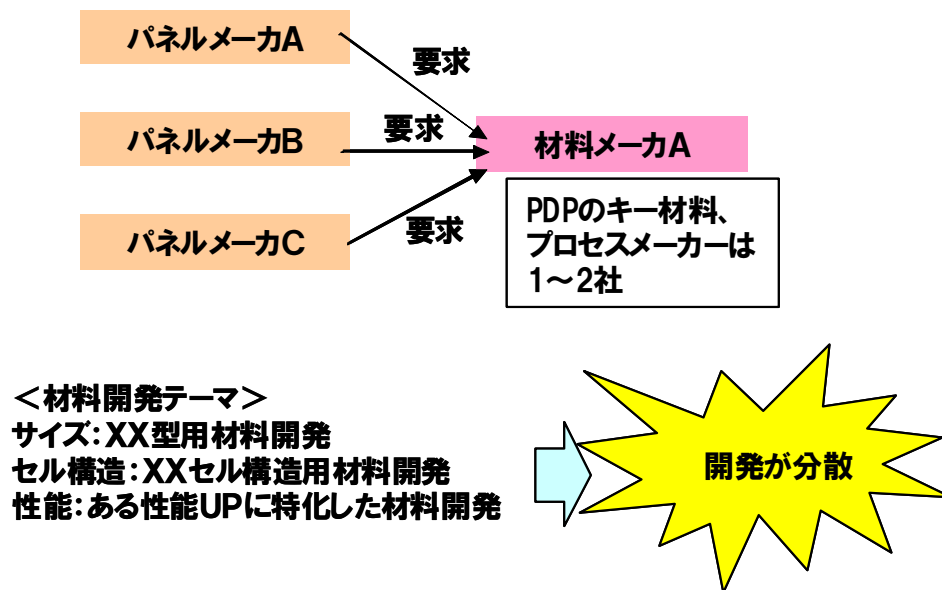


図 37 各メーカーで分かれた開発

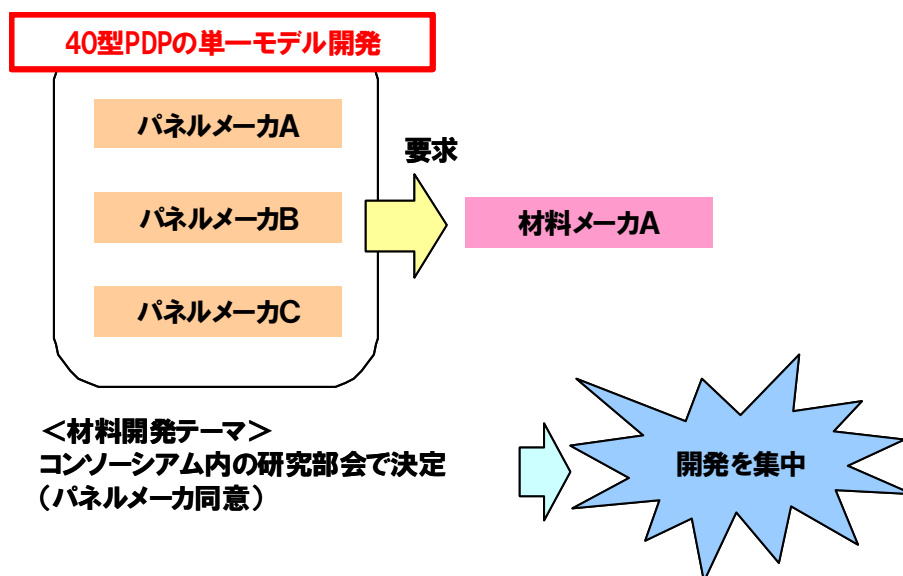


図 38 PDP 開発協議会による開発（設計のモジュラー化）

また新技術の事業化プロセスは、基礎研究→応用・開発研究→製品化研究を時間的に順次進める、いわゆるリニアモデルが採られる。しかし PDP 開発協議会では既述したように、長期間を要する材料・デバイスを含む開発プロジェクトであるにも拘わらず、1994 年から期間がわずから5年間の短期集中決戦型としたため、基礎研究から製品化研究までを同時並行的に進める、

ノンリニア・コンカレントなイノベーションモデルが採られていた（図 39）。

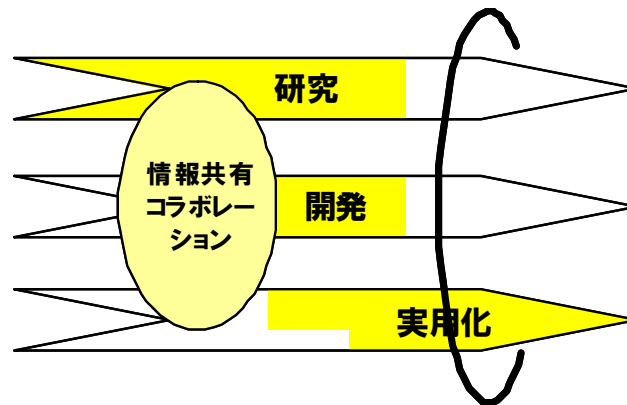


図 39 ノンリニア・コンカレントなイノベーションモデル概念図

具体的な手法として、放電物理からパネルをはじめとする研究・開発分野を縦軸に分類し、横軸に会員企業を分担能力に応じたグループに分類し、いわゆるマトリックス型マネジメント体系に組み上げられていた（図 40）。これによって、各会員企業は関連するすべての情報を共有することができたほか、自社の責任分担をより明確に把握することができ、全体として協調と競合の調和のとれた開発に専念できたと考える。

これはプラズマディスプレイがもつインテグラルな特性上、開発効率を上げるためには必然なのかもしれない。各要素技術の専門的な技術力を向上させるためには、個々の要素毎にまとまって開発を行うことが当然必要で、この開発については PDP 開発協議会でも図 40 のマネジメントモデルの縦軸に示した、「パネル技術」、「回路技術」、「材料技術」、「放電物理」という 4 つの部会の体制がとられている。この部会毎にガラス基板、ペースト材料、蛍光体材料、駆動、信号処理、寿命メカニズム、放電シミュレーションなどのテーマが扱われた。しかしながら、個々の要素技術の開発を専門的に進めるだけでは不十分であり、パネルメーカ、セットメーカ、材料メーカ、及び大学などの研究機関は、それぞれの情報を横断的に収集でき、分担能力や課題の重要性に応じてそれぞれの部会に臨機応変に参画できるように、図 40 の横軸の組織体を配置し、このマトリクスを運営委員会、及び事務局がマネジメントしていた。

研究段階の材料でも、実用化に対してどの程度の可能性が有るかを見極めるためには、「現段階の実用化における摺り合わせ開発」に耐えうるかどうかを確認する必要があります、結果的に研

究と実用化がノンリニアになる。研究→開発→実用化というステップは、事実上機能しないと考える。

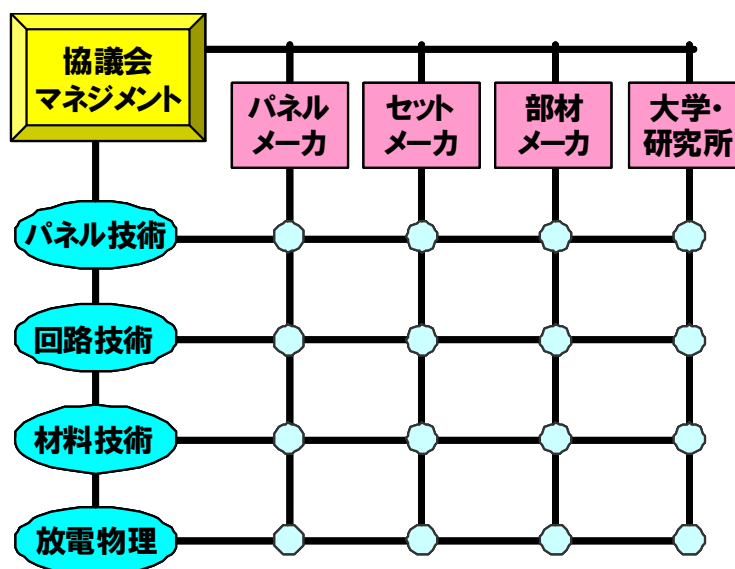


図 40 採用していたマトリックス型マネジメントモデル

「研究と事業化」に関する課題に対しては、研究・開発テーマを発光効率の向上など将来解決が必須となる技術課題の改善や差別化となる技術の開発を扱う R&D 指向のテーマと、実用化に向けて性能、品質のスペックをパネル開発や駆動の設計へ落とし込む開発に挙げられる事業化指向のテーマに分類し、随時それらを絡めながら取捨選択と統合を繰り返しつつ、全体的に適切なテーマとしてまとめ上げるポートフォリオ方式のマネジメントが採られていた（図 41）。

これにより期待される魅力的な市場に対して、事業化のテーマのみに縛られることなく、会員各社の独自技術を十分生かせる工夫がなされた。

また、一般にプロダクトイノベーションは量産工法などを柱とするプロセスイノベーションに先行するが、本協議会が採ったノンリニア・コンカレントなイノベーションモデルでは実用・製品化までも目標としたため、プロセスイノベーションまでを一部巻き込んだものとなっていた。

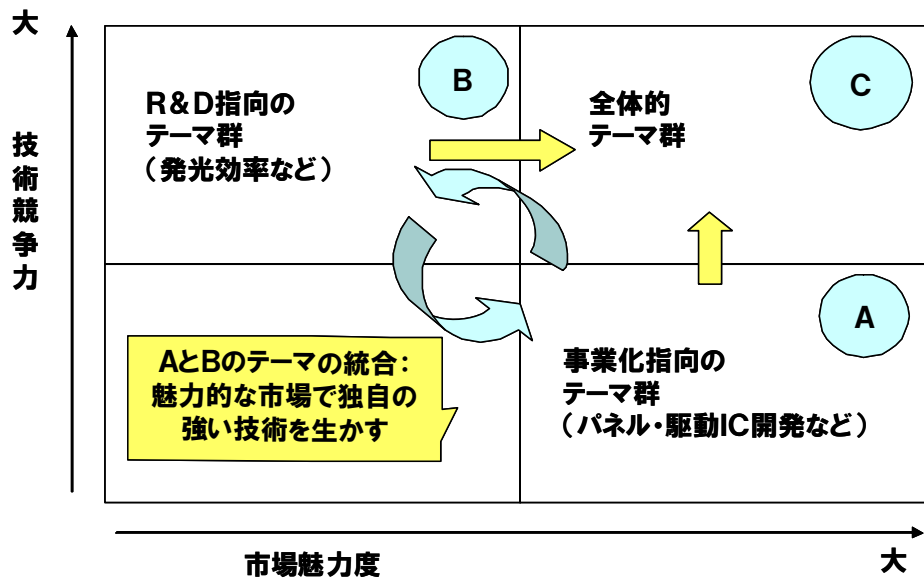


図 41 ポートフォリオマネジメントによる研究・開発テーマの取捨選択

PDP 開発協議会はプロジェクト全体のマトリックス型やポートフォリオ型のマネジメントによって、蛍光体材料、放電セルを仕切る隔壁材料、放電電極形成に必要な電極材料、大型専用硝子基板などの共通基盤材料、また量産に不可欠な製造部材としてスクリーン印刷マスクやフォトマスクなどのマスク技術、さらにはスクリーン印刷機やサンドブラスト装置などによるパターン形成装置、およびパターン形成に不可欠な描画装置や検査装置などの共通製造基盤技術の開発も推進したほか、プラズマディスプレイの目標仕様や統一的な性能評価法の策定および評価画像の制作などハード分野全体をカバーする技術開発、すなわちシーズイノベーションへプロセスイノベーションに至る幅広いイノベーションを推進していた。

また課題に挙げた様に、新技術の普及には適度のオープン化戦略が不可欠と考え、適時成果を公開する戦略を採っていた。すなわち、毎年春に開催される NHK 放送技術研究所の公開に会員企業の成果を一堂に集めた特別ブースを出展・公開したほか、毎年秋に開催されるアジア最大の電子機器ショーであるエレクトロニクスショーにも PDP 開発協議会のブースが設けられ、「プラズマディスプレイ」の認知度を高めていた。これらと符合して、随所で NHK 制作のハイビジョン番組を、試作プラズマディスプレイにより全国各地で公開・実演したほか、1998 年 2 月開催の長野冬季オリンピックでは、完成させたハイビジョン用 40 型カラープラズマディスプレイ

を使用して、国際放送センターや JR 長野駅で競技のハイビジョン生中継放送を公開・実演、NHK 各局および NHK 放送センターでも中継映像を公開・実演し、ハードとソフトの相乗効果の一体的な推進戦略を採ることで普及拡大の礎を築いたと言える。

5-2-4 コンソーシアム設立の効果

PDP 開発協議会の成果を特許、論文、製品化の 3 点から調べた。図 42 に、各国特許庁へのプラズマディスプレイの関連特許出願推移を示す[37]。

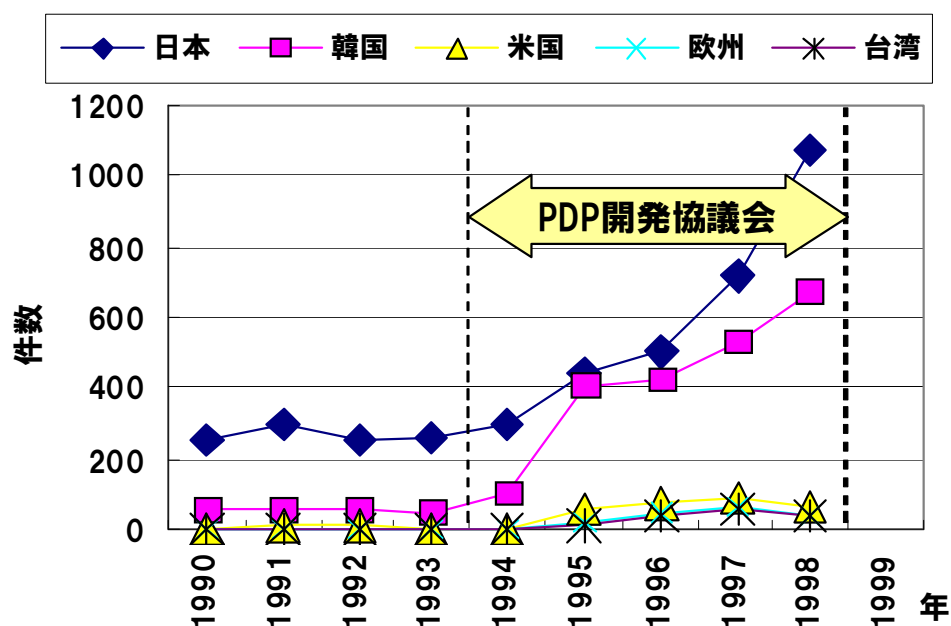


図 42 各国特許庁への特許出願推移（居住者と海外からの出願）

特許出願は協議会を設立した 1994 年頃から日本が先行し、韓国がそれを追いかける形で急増していることがわかる。出願内容を課題別に整理すると、高輝度化、高コントラスト化、高画質化など基本技術に関係したシーズイノベーションやそれと並行したプロダクトイノベーションが先行したことが読みとれる。これに対して、図 43 に示すように、大型化など量産工法にかかわるプロセスイノベーションはそれらを追いかける形で展開されているが、両者に大きなタイミングのずれは無く、すべてがほぼ同時進行させるコンカレントなイノベーションとなっていたことが検証できる。

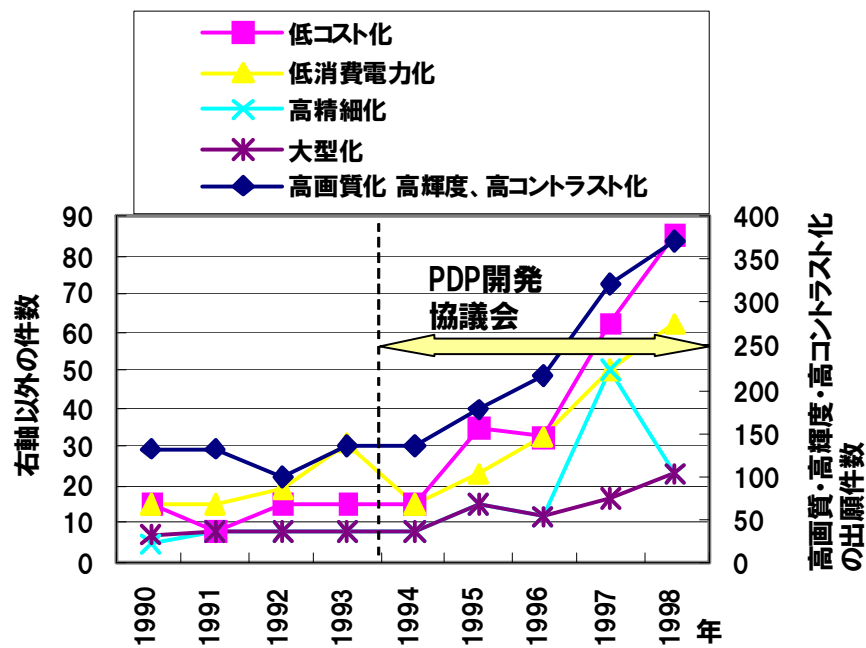


図 43 課題別特許出願件数

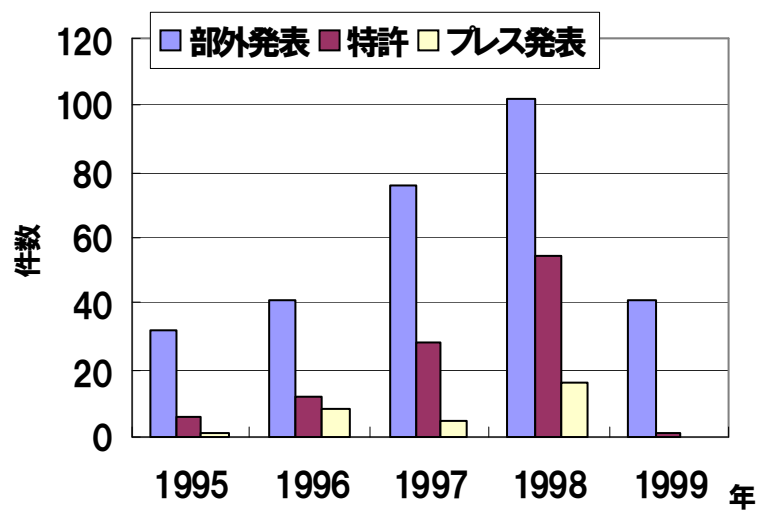


図 44 PDP 開発協議会成果の推移

また、図 44 に PDP 開発協議会の活動で発生した特許出願件数と論文およびプレス発表件数の推移を示す。解散した 1999 年を除き年ごとに増えていることがわかる。

最後に、成果の具体的な推移を表 19 に示す。パネルだけを取り上げても、1996 年から 1997 年にかけて、会員企業によりすさまじい数の試作機や実用機の開発が進められた。日本のメーカーが中心となって、1992 年の 21 型 VGA フルカラープラズマディスプレイの実用化、1996 年には VGA の解像度をワイド画面に対応させた 42 型の WVGA プラズマディスプレイ等の商品化をきっかけに次々と商品化が進んだ。

1989	20型マルチカラー発売(富士通)
1992	21型フルカラー発売(富士通)
1994	協議会設立
1995	26型開発(松下、デュポン、テキサスインスツルメンツ、協議会)
1996	26型発売(松下)
	25型高精細開発(日立)
	46型ワイド開発(三菱)
	ガラス基板商業生産開始(旭硝子)
	関連事業拡大(リタケ)
	40型ハイビジョン開発(NHK)
	42型ワイドフルカラー発売(富士通、NEC)
1997	42型ハイビジョンPDPテレビ(NHK)
	50型ハイビジョン発売(パイオニア)
	42型ワイド発売(松下)

表 19 PDP の開発・実用化の推移

互いに競合的な会員が少なくない中、会員企業の薄型大画面テレビへの期待と執念が、PDP 開発協議会の巧みなマネジメントと相まって、互いの牽制を克服し、共通目標の絶えざる共有化と大型化に対応できるプロセス技術などの共通開発基盤の共有が協調的な成果を生み出す源泉になった。

プラズマディスプレイは、2000 年の衛星デジタルハイビジョンの本放送の開始を契機として爆発的な普及が始まった。2003 年頃からは液晶の超大型化も進み、いまや薄型テレビはデジタルスチルカメラと DVD と並んで 3 種の神器と言われるまでに一大産業を形成している。PDP 開発協議会が目指した目標は狙い通り実現できたと言える。

5-3 フェーズ③「事業化後の商品力向上」

PDP 開発協議会の戦略的な取り組みにより、プラズマディスプレイはテレビとして実用化の目処がたった。次のステップでは、本格的に事業の立ち上げを行い、競合メーカよりも如何に早くシェアを確保し利益を獲得するかが重要となってくる。また市場には圧倒的なシェアを誇る CRT も市場拡大を阻む要因となる。これらの事業障壁をいわゆる「ダーウィンの海」と呼び、市場から淘汰されないよう「商品力」、「コスト力」、「生産性」を同時に満たしていかなければならない。今回、特に「商品力向上の為の技術獲得」について、今までパナソニックが取ってきた方法を「摺り合わせ開発」をキーワードに分析を行った。

5-3-1 プラズマディスプレイ開発における技術獲得

技術開発において、この事業化後のフェーズは特にスピードが要求され、また市場の動向に合わせて必要な技術が何であるかを的確に取捨選択していく必要がある。この視点で、パナソニックのプラズマディスプレイ開発における技術獲得について、さらにこのフェーズを3に分けて筆者が関わった事例をもとに分析を行った。

5-3-1-1 CRT に性能を近づけるフェーズ（1996 年～）

PDP 開発協議会設立後のプラズマディスプレイの当面の競争相手はやはり CRT であった。LCD においてはサイズも 20 型以上はなく、輝度、コントラスト、視野角の点で見ても、家庭の主力テレビに使うには相応しくないデバイスであった。既に形成されている CRT 市場の置き換えを目差し、当時プラズマディスプレイは大画面、薄型においては、アドバンテージとしてあったが、CRT と画質を比較すると、コントラスト、明るさ、電力、階調性においては、まだまだ見劣りするところがあった。

コントラストは、表示している部分と、背景の黒の部分の明るさの比であり、この数値が高ければ高いほどメリハリのある綺麗な映像を出すことができる。このコントラストについては、当初 AC 型で 50:1、電力においては 42 型で 500W を超えていた。当時の CRT のコントラストは約数千:1 であり、電力も 36 型で 220W であった。そのため開発のターゲットは、性能、品質共に

CRT とのベンチマークが主流で、CRT に追いつき追い越せという取り組みであった。

特に、テレビ用途として使う際は、従来の CRT 並の画質が出せないことは致命的であった。当時のプラズマディスプレイではコントラストが大きな課題であり、特に AC 型方式においては、パネルの構造は簡単ではあるが、CRT 並の画質が出せないと言われていた。

1990 年前後のパナソニック（旧松下電器産業）では、子会社である松下電子工業（2001 年に松下電器産業が吸収合併を行い解消）が CRT の生産を主力としながらも、モノクロのラップトップパソコン用、及びノートブックパソコン用プラズマディスプレイも生産しており、これらの商品に関わる技術力を有していた。当時 CRT の技術の成長性においては、1996 年に 43 型のカラー CRT を開発するも、商品化としては 36 型でほぼ限界にきており、またモノクロプラズマディスプレイにおいてもノートパソコン用としてカラー LCD が台頭してきたため、次の市場を探す必要があった。

パナソニックにおける薄型テレビの事業化については、1996 年に成長戦略としてプラズマディスプレイをテレビ事業の主力とする動きがかかった。

また、1996 年前後を境に、プラズマディスプレイのパネル、駆動の方式を DC 型から、AC 型へ大きく変更したため、既に AC 型で進めてきた富士通やパイオニアなど、他企業に対して後発メーカーとなった。ここで、AC 型の課題であるコントラストの解決策として、パナソニックは AC 型のコントラスト向上技術、及び省電力化の技術を保有していたプラズマコ社（米）を買収、その技術を獲得し、業界でも一番のコントラストを早期に実現している。

結果、1998 年にはコントラスト 550:1、消費電力 380W の商品化を実現している（表 20）。当時パナソニックはモノクロプラズマディスプレイに関する開発技術力、及び PDP 開発協議会で開発を進めてきた「パネル」に関する開発技術力を有していたが、AC 型の駆動系の技術が不足しており、これを外部から獲得した形になる。

モデル	PDP (TH-42PM2)	CRT (Panasonic36型)
輝度(セツト)	350	400
コントラスト	550:1	2300:1
消費電力(W)	380	220
奥行き(mm)	89	585
重量(kg)	33	79

表 20 PDP と CRT の性能比較(1998 年)

1998年にはプラズマディスプレイ事業は、パナソニック本社直轄の事業部体制となり、今までパネルデバイスの開発、製造は松下電子工業、セット商品化はパナソニックという分業体制から、デバイスからセットまで一貫した垂直統合型の生産体制によるものづくりを開始した。これにより、技術の一元化による開発の加速が進んだ。

ここで、プラズマコ社の買収による技術獲得について更に詳細を述べる。1987年にアメリカでは、イリノイ大学のラリー・ウェーバー教授によりプラズマコ社が設立された。当時、米国で大手企業が次々に事業撤退している中での起業であり、ウェーバー教授の技術者としての執念が窺える[38]。

プラズマコ社では、ディスプレイにおけるコントラスト向上の重要性に早くから気づき、AC型プラズマディスプレイのコントラスト向上技術の開発を進めており、1994年にコントラスト向上の技術が発明された。プラズマディスプレイは、第4章の駆動の原理で説明したとおり、放電の制御を行うために常時「予備放電」を発生させているが、これが黒表示の時にも明るさとして見え、コントラストを低下させる原因になっていた。プラズマコ社ではこの放電を駆動波形の改善によって、微弱な放電でも制御できるように工夫し、この技術で「黒色」を沈め、コントラストを500:1まで向上させた。AC型としては後発のパナソニックでは、この技術がAC型の画質向上のブレークスルーとなると判断し、1996年にプラズマコ社を買収することで、テレビとして最低限のコントラストを獲得することができ、1998年にAC型のプラズマテレビ（TH-42PM2）として発売することができたわけである。

パナソニックのプラズマディスプレイは、コントラストに関してはこの後も短時間で持続的に性能を向上させているが、ここでコントラストの技術開発に関する特徴を述べる。パナソニックはプラズマコ社を買収後、プラズマコ社の技術者と情報共有を行うだけでなく、放電のメカニズム、原理から徹底的に議論を行っている。駆動による放電制御技術は、見えない電荷の挙動を制御する必要があるため、当時は技術者の暗黙知も多分に含まれることが多く、深く議論を交わさないと技術の継承が行われない。この活動により、パナソニックの駆動設計の技術者もプラズマコ方式の駆動の本質を掴むことができ、いち早く応用開発に着手することができたと考える。

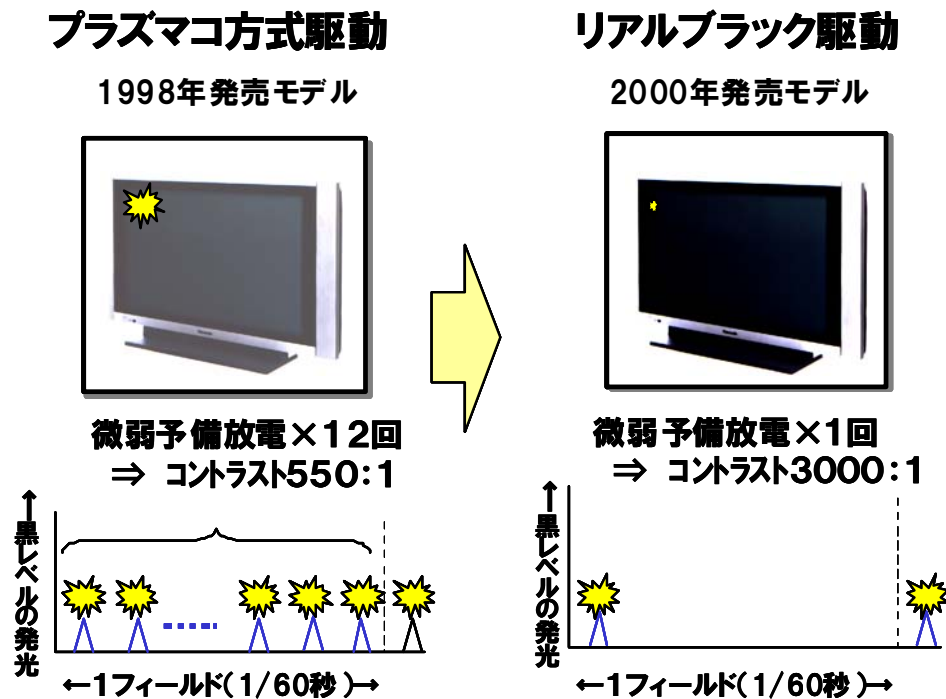


図 45 コントラスト向上改善技術

この活動の結果、図 45 に示すように、プラズマコ社の買収 4 年後には更に微弱放電の制御を行った「リアルブラック駆動」を開発し、通常の表示においては CRT とほぼ同じ画質(コントラスト 3000:1)を得ることが出来るようになった。この技術は 3 代目のテレビに導入(TH-42PM30 (2000 年発売))され、本格的に PDP が市場に認知される様になった。

コントラストについては、その後も継続して技術開発が進み、2007 年には 10000:1 を実現しており、2009 年においては無限大のコントラストもできる見通しがたっている。

またプラズマコ社はコントラスト向上技術以外に、省電力化の駆動技術(電力回収技術)も先行しており、買収によりこの技術も獲得することができた。この電力回収技術に関しても、知財の内容だけをみても、原理の本質を十分に理解することはできず、議論を進めることでパナソニックの技術力が向上している。プラズマテレビは放電制御による見えない電荷の動きを明確に把握することが重要で、そのメカニズムを議論する必要があった。前述したが、暗黙知も多分にあり、技術者によって同じ放電現象でもそのとらえ方が異なる場合があり「～説」と言われて複数の考え方が存在する技術もあった程である。

当時の商品化は2年サイクルであったが、1998年発売の次のモデル（2000年発売）では、プラズマコ社の技術を応用し、コントラスト、消費電力を大幅に改善する商品を発売することができている（表21）。

モデル	PDP (TH-42PD2) 1998年発売	PDP (TH-42PWD3) 2000年発売
輝度(セツ)	350	400
コントラスト	550:1	3000:1
消費電力(W)	380	295
奥行き(mm)	89	89
重量(kg)	33	29.5

表 21 プラズマコ社の技術獲得の効果

5-3-1-2 大画面化、ハイビジョン化のフェーズ(2000年～)

薄型ディスプレイの進化は事業化後、直ちに大画面化と高精細化が求められる様になった。まず大画面化は2000年から一気に加速し、50型、65型を商品化した後、2006年以降も46型、58型、54型、85型、103型と大型を中心に品揃えを拡充していった。2010年には150型以上のサイズも商品化される予定である。

一方、高精細化の動向として、ハイビジョン放送は1991年から始まっていたが、2003年からは地上デジタル放送が開始され、この放送をきっかけにハイビジョン放送の本格的な普及が始まった。

ハイビジョン放送の画像を綺麗に映し出す、すなわちハイビジョン対応のテレビは、垂直方向の解像度が650本以上必要であるが、1998年当時の42型プラズマディスプレイ（TH-42PM2）では、垂直方向の解像度が480本であり、当時のアナログ放送を視聴するには十分であったが、ハイビジョンの映像を映し出すには十分とは言えなかった。フルハイビジョンに対応するには、垂直方向が1028本必要となるため、高精細化の技術開発が必須であった。パネルのセルの大きさとして、480本の解像度では隔壁間の距離が約360 μ m程度であったが、フルハイビジョンになると約160 μ mまで微細化する必要がある、更に隔壁そのものも細くする必要があった。

モノクロプラズマディスプレイを製造していた当時、プラズマディスプレイの製造は、印刷プロセスが主流で、パネル内の放電空間を仕切る隔壁においても、印刷を複数層重ねる事により形成していた。テレビ用のカラープラズマディスプレイも事業化直後はこの印刷技術を用いて隔壁を形成していた。しかしながら、高精細化の流れの中、印刷形成では、隔壁形状の幅や形成精度において480本の解像度を形成することが限界であった。また隔壁形状の大きな変革として、隔壁の細幅化が進むことによって、セル間の放電干渉が起りやすくなり、垂直方向に仕切るのみのストライプ形状から、水平方向にも仕切る井桁形状が必須となり、ますます印刷技術では形成困難な状況となった。

当時、印刷以外の様々な形成技術を検討していたが、今後の高精細化の流れの中で最も適しているのは感光性材料による微細化加工技術と判断し、感光性材料による微細加工技術を有する東レと1998年から共同開発を開始した。この共同開発により高精細化の技術を獲得した。ここで1998年に主力であった480ラインの印刷による隔壁と、フルハイビジョン対応の感光性材料による隔壁（井桁構造）の図を比較して示す（図46）。

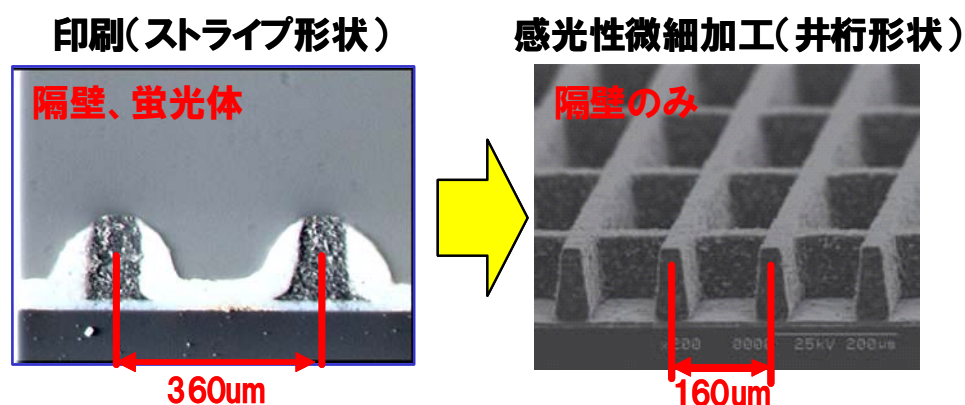


図 46 印刷技術と感光性微細加工技術の比較

東レとの共同開発にあたり、要素技術開発の段階では、摺り合わせ型開発が故にそれぞれの要素技術に対して明確な仕様を提示することができず、複数のサンプルを入手して特性を評価し、試行錯誤で仕様に落とし込む必要があった。またこの共同開発の取り組みの中で、高精細化に伴う放電の不安定性も改善する必要があり、材料の物性に対して様々な要求を行う必要があった。新たな知見が得られると、全体最適化のため材料プロセス開発の方向性を見直す場合も多く、要求仕様そのものも試行錯誤で考えていく開発の中で、技術者同士が交流して開発を

進める共同開発は、摺り合わせ開発として有効であったと考える。

また、東レの微細加工技術をコアとして、2000年には工場への大型投資を実施。東レとの合弁会社「松下プラズマディスプレイ」を設立。この合弁会社には、東レの技術者も多数出向し、プロセス技術の摺り合わせを行いながら、薄型テレビの普及に向けて増産体制を整えた。その後、微細加工技術を活かし、2004年には1024x768対応の42型ハイビジョンテレビ（TH-42PX300）、2007年には1920x1080対応の42型フルハイビジョン（TH-42PZ600）を発売、地上デジタル放送に相応しいディスプレイとして進化を遂げた（表22）。

商品名 (発売年)	TH-42PM3 (1998年)	TH-42PX300 (2004年)	TX-42PZ600 (2007年)
画素数	852x480	1024x768	1920x1080
隔壁ピッチ	360um	300um	160um
隔壁形状	ストライプ	井桁	井桁
隔壁形成工法	印刷	感光性材料による露光形成	

表 22 高精細技術の進化

フルハイビジョンを実現できたのは、感光性技術という要素技術のポテンシャルに加えて、東レの開発技術者が入り交じり、各要素技術の相互作用も考慮して継続した開発を進めたことで実現できたと考える。

5-3-1-3 省電力化のフェーズ（2007年～）

2007年以降の事業成熟期に入ってから事例になるが、消費者の環境に対する意識が向上し、低消費電力のニーズが高まってきた。更に2009年以降はグローバルに電力規制が始まり、低消費電力の商品でなければ販売できない事態となった。元々プラズマディスプレイは消費電力が高いという課題があると第4章で説明したが、この課題に対する早期解決が求められるようになった。具体的な技術開発の内容については、第4-4節にある「現在のプラズマディスプレイの技術開発」で述べたが、この省電力化の取り組みについては、2008年にパイオニアの人材を受け入れ商品開発を進めた。パイオニアは元々、高効率（すなわち省電力）のパネル、駆動の

技術を有しており、今回、パイオニアの人材を受け入れることでその技術を獲得。同業の人材による技術獲得は直接即戦力となるため、技術を商品に即反映することができる。またパイオニアの技術者も当然プラズマディスプレイの開発においては、摺り合わせ型開発を進めていたため、その人材の受け入れは組織能力としても大幅に向上する。結果、2007年の商品と比較して、2年後には約4倍の発光効率向上を実現し、大幅な省電力化を実現することができた。パイオニアの技術が投入された製品は、驚くことに約100W程度の消費電力となる。

5-3-2 ダーウィンの海からの離脱

事業化後の商品力向上として、摺り合わせ型開発における技術獲得方法を筆者が直接関わった事例をもとに調査を行った。まず前提としていえることは、第3-2節でも説明したとおり、市場環境の変化に素早く対応するため、外部からの技術獲得が必須になってきていることである。その上で、パナソニックの技術獲得の事例として、プラズマコ社のコントラスト向上技術については買収、東レの高精細加工技術については共同開発、また高精細加工技術の量産プロセスについては合弁会社の手段を取っている。またパイオニアからは省電力化の技術を実験室から受け入れによって獲得している。

以上の事例を整理すると、プラズマディスプレイにおける技術開発は、摺り合わせ開発が行われているため、外部からの技術獲得は単に知財や技術文書を購入するだけでは、その価値を十分に活かすことができない。それは技術者の中に暗黙知として存在している知識や経験がその文書の中に記載されていないからである。持続的な性能向上のためには、人材の交流（暗黙知の共有）も含めた技術獲得が不可欠である。必要とする技術を保有する外部の技術者を自社の摺り合わせ開発の中に入り交じらせることで、新しい技術を継続して開発することができ、性能を持続的に向上させることができると考える。以上をモデル化した図を図47に示す。

人材交流型技術獲得

- 外部からの技術獲得は、人材を交流させ、暗黙知を含めた知識の強化が必要

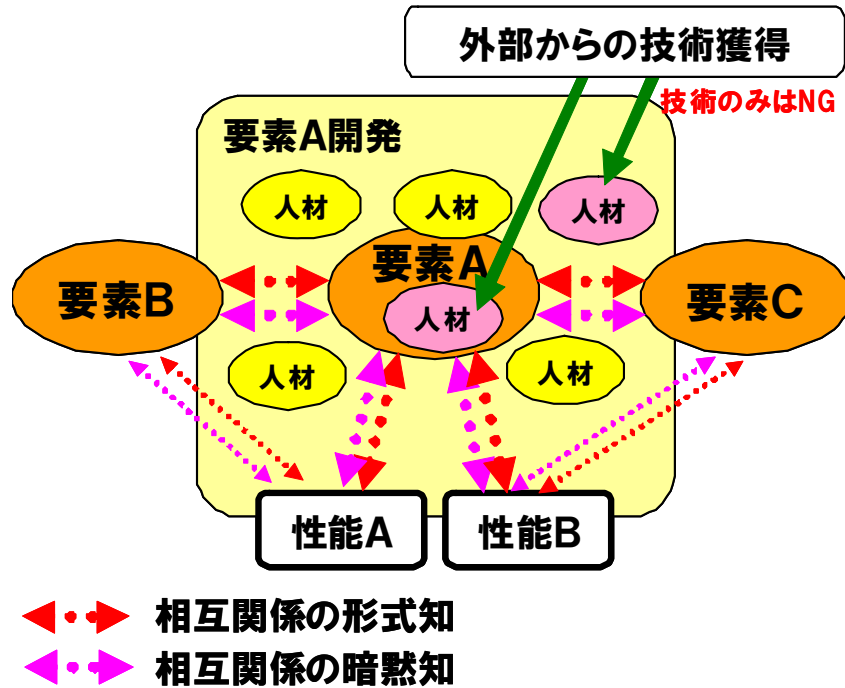


図 47 人材交流型技術獲得

また技術獲得の手段として、一般的に、ライセンス、共同開発（産学連携含む）、委託研究、M&A、ジョイントベンチャーなどが挙げられるが、摺り合わせ技術の獲得に関しては、暗黙知を共有できない、ライセンス、委託研究などは不向きである（表 23）。

技術獲得方法	対象	獲得した技術
ライセンス	摺り合わせ型には不向き	
委託研究	摺り合わせ型には不向き	
共同研究	東レ	高精細加工技術
M&A	プラズマコ社	コントラスト向上技術
合併会社	東レ（製造工場）	高精細加工技術（プロセス）

表 23 技術獲得の手段

5-4 LCD 事業との比較分析

現在、薄型テレビが全盛時代を迎えているが、CRT テレビに代わる薄型テレビ時代を拓いたのは 2000 年前後から本格的な産業投資が始められたプラズマディスプレイであった[38][39]。この流れに習って LCD も 2～3 年遅れて、閉塞感が始まった PC やモニタ市場から大画面薄型テレビ市場に拡大展開を行った。

LCD が参画することで市場が急激に膨らんだが、同時にコモディティー化が進んだため大幅な価格下落が始まり、両事業とも収益性が悪化する事態に陥った。

技術指向事業創造において収益性を議論するためには、第 5-3 節で述べた商品力だけでなく、技術の標準化、オープン化、事業アーキテクチャの戦略についても考察していく必要がある。この内容は、現在も活発に議論がされており、各社将来の製造業としての有るべき姿を模索中である。本論ではこの論点については結論をださないが、日本のものづくりを考える上で、非常に重要であるため内容を整理しておきたい。

プラズマディスプレイと LCD を比較して、関連技術がオープンかクローズか、また、技術標準化の有無の視点から、事業形態の分析を試みた。その結果、両者の物理的なパネル構造の相違、ならびにプラズマディスプレイはクローズな事業戦略が、LCD はオープンな事業戦略が背後にあることを指摘し考察を加えた。

5-4-1 技術の標準化とオープン化

まず始めに、「技術の標準化」という視点で調査を行った結果を述べる。第 4 章では製品アーキテクチャの分類として、プラズマディスプレイは部材点数が少ないが設計要素間の相互依存性が強くインテグラル型の特徴を持ち、逆に LCD は部材点数が多いが、部材間の調整はプラズマディスプレイほど複雑でなく、組み合わせる部材の選択が重要になるため、モジュラー型の特徴を持つと結論づけた。

この特徴を踏まえて、プラズマディスプレイと LCD の主要部材ベンダーの特徴を調べてみる。プラズマディスプレイと LCD における主要部材の一覧と、それらの上位サプライヤーのメーカー別シェアを図 48、図 49 に示す[40][41]。

部材数だけをみても両者の相違は一目瞭然である。さらに、プラズマディスプレイの部材

ではガラス基板を除けば、シェアが均等に近い特長も見て取れる。一方、LCD 部材は数が圧倒的に多いほか、主要部材がトップグループのサプライヤーで占められている特徴がある。

プラズマディスプレイの主要部材は、前述した様に部材間の相互依存性が強く、摺り合わせ開発を進めながら部材の仕様を決めていく必要があるため、パネルメーカー毎に部材の要求仕様は異なる。そのためサプライヤーはパネルメーカー毎にカスタマイズ品を開発する必要があり、またパネルメーカー側も採用品種の絞り込みが必要なことから、自ずとサプライヤーは限られてくる。また、カスタマイズ品であるため、パネルメーカー側の複数購買の戦略の必要から、サプライヤー間で大きな価格差が発生せず、部材メーカーのシェアが均等になる傾向がある。

逆に LCD は、モジュラー型という特徴から、部材毎の分業が可能で、組み合わせるときに大きな問題が生じにくく、各部材の部品は独立して開発することができるため、サプライヤーは汎用品として開発しやすい。そのため、部材は基本的にはコストと調達戦略で決まり、この競争で優位に立てたサプライヤーが大きなシェアを得ることができる。以上の事実から、「技術の標準化」という視点で見ると、プラズマディスプレイは本質的に発光部が一体となっており、標準化が行いにくい集積型表示デバイス、LCD は発光部が別体で本質的に分業可能、すなわち標準化が行いやすい表示デバイスと見ることができる。

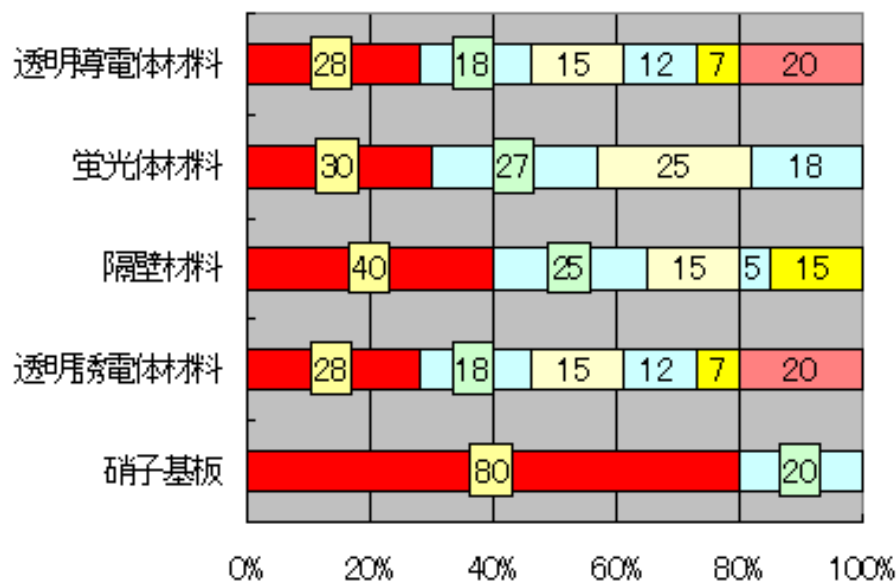


図 48 プラズマディスプレイ主要部材と上位サプライヤーのシェア

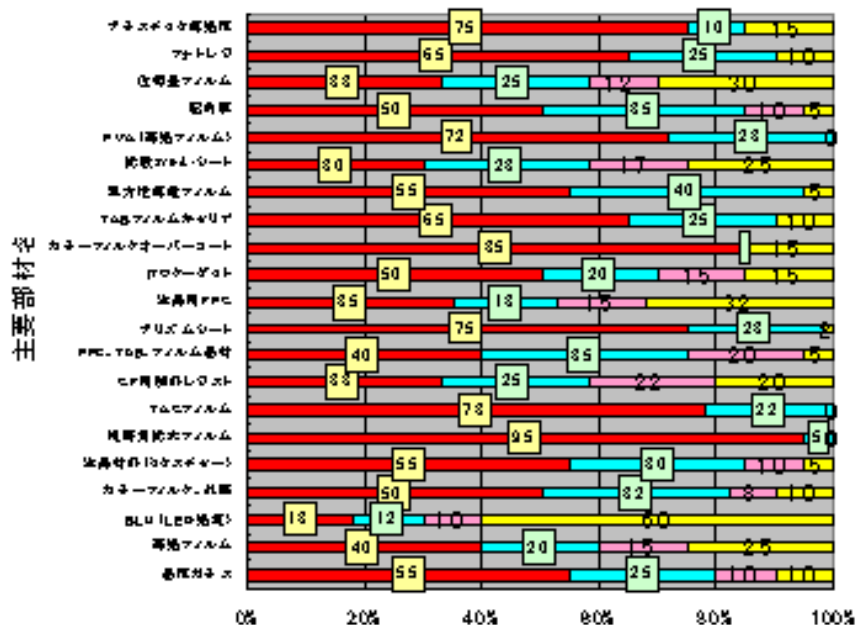


図 49 LCD 主要部材と上位サプライヤーのシェア

続いて「技術のオープン化」という視点で調査を進めた。この調査については、技術の複雑化が激しい中、クロスライセンスなどが多用されていること、また LCD についても、オープンな技術標準化の確証が存在しないことから、明確な指標が何かを断じることではできなかったが、潮流の一つとして、学会などでオープンにされる論文発表動向で把握してみたものが図 50 である。

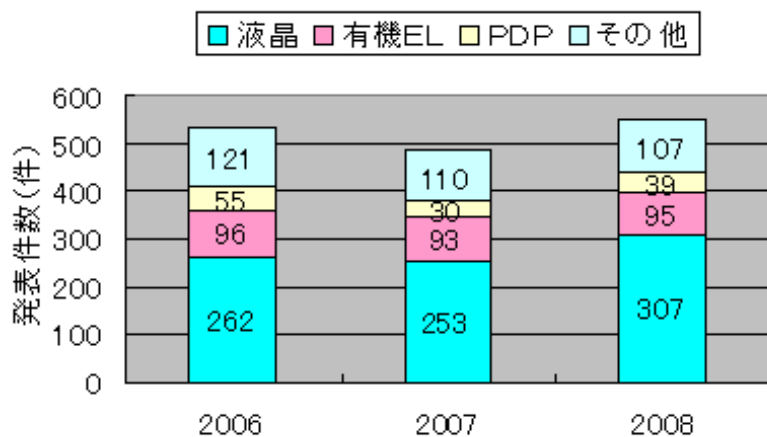


図 50 SID に於ける分野別発表論文数の推移

プラズマディスプレイの論文数はLCDの論文数に比べておよそ10分の1に過ぎない。これは必ずしも技術的課題の多寡によるものではなく、課題そのものがオープンかクローズかの違いも潜んでいるものと理解できる。

表24、表25は、それぞれプラズマテレビおよびLCDテレビに関するパネルメーカーのセットメーカーへの納入関係を一覧にしたものである[40]~[42]。

同表によれば、プラズマテレビについては、パネルのほとんどが専ら自社のセットへ供給されているのに対し、液晶テレビはほとんどのパネルメーカーから多くのセットメーカーに無差別的に供給されていることが分かる。

また、パネルメーカー、セットメーカーとしての参入企業数もプラズマテレビとLCDテレビで大きく異なることも特徴として挙げられる。表25に示したLCDについては、主要な納入先のみを示してあり、納入先が30社を越えるパネルベンダー例も希ではない。

		パネルメーカー				
		パナソニック	LGD	サムスンSDI	FHP	パイオニア
		ネオPDP	Gプラットフォーム・プラズマ	UET:究極高効率技術	ALIS/ボックスリブ	KURO/ワッフルリブ・T字電極
セットメーカー	パナソニック	◎				
	LGEL		◎			
	サムスンEL			◎		
	日立				◎	
	パイオニア					◎
	欧米		◎	◎		
	中国(長虹、海信、TCL等)	△	◎	◎	△	

◎:メインベンダー(シェア30%以上)、○:30%未満、△:5%未満

表 24 PDP のパネルメーカーと納入先セットメーカー相関図

出典：富士キメラ総研：2007液晶関連市場の現状と将来展望

		パネルメーカー						
		シャープ	日立ディスプレイス	サムスンEL	LGD	AUO	CMO	CPT
		LCD表示方式						
		VA	IPS	VA	IP	VA	VA	VA
セットメーカー	シャープ	◎				○	△	
	ソニー		△	◎		○	○	
	パナソニック	○	○	◎	◎	○	○	
	東芝	○		○	○	○	△	
	三洋電機						◎	
	日立		○		◎			
	JVC	◎		○	○	○		
	船井電機					○	◎	○
	三菱電機	◎			△			
	サムスンEL			◎		○	○	○
	LGEL				◎	△	△	○
	デル			◎		◎		
	フィリップス				◎	○		○
	TCL/トムソン					○	○	
	中国全メーカー(TCL除く)				◎	○	○	○
	台湾全メーカー				○	◎	◎	○
	トルコ全メーカー				○	◎	◎	○

◎：メインベンダー（シェア30%以上）、○：30%未満、△：5%未満

表 25 LCD のパネルメーカーと納入先セットメーカー関連図

この表からのみでも、プラズマディスプレイはクローズ型の事業構造、LCD はオープン型の事業構造となっているものと推定できる。

「技術の標準化」は必然的に「事業のオープン化」を誘発する。さらに、事業のオープン化は参入障壁を低くし、コストの飛躍的な低減を生みだし、技術の爆発的な普及を導く。また同時に競争を加熱させやすいため、コア技術を持ち合わせない企業にとっては、収益を悪化させる要因となると考える。

標準化の戦略的な狙いは、マイクロソフトやインテルがとった戦略に代表されるようにコアな技術をクローズにして、主として外部とのインタフェイスのみをオープンにして、技術の普及に弾みをつけながらコア技術から多大な収益をあげる戦略と指摘されている[43]。

具体的に、情報家電における CD や DVD、HDD などのディスク記録事業を取り上げ、詳細な事実分析からオープン化による爆発的な技術の普及によって、光ピックアップなどの機関部品や

基板材料への特化による収益獲得成功事例も示されている[44]。

プラズマディスプレイは、各社の技術仕様はばらばらであり、統一的な標準化は存在していない。一方、テレビ用LCDは、表示方式がVA(Vertical Alignment)とIPS(In Plane Switching)の2種類であること、また、共通基盤部材のガラス基板は、よく知られているように第6～第10世代など世代名で呼ばれるくらい標準化が進んでいるほか、主要部材がほぼトップシェアの部材で占められていることから事実上の業界標準（デファクトスタンダード）が形成されているものと見る事ができる。

5-4-2 事業アーキテクチャ

前述のパネルメーカ、部材サプライヤーの調査を基に、事業アーキテクチャの比較を行った結果を図51に示す。プラズマディスプレイ、LCD どちらの事業においても収益性に課題はあるが、それぞれの事業の思想、展開を詳細に分析すると違いがあることがわかる。

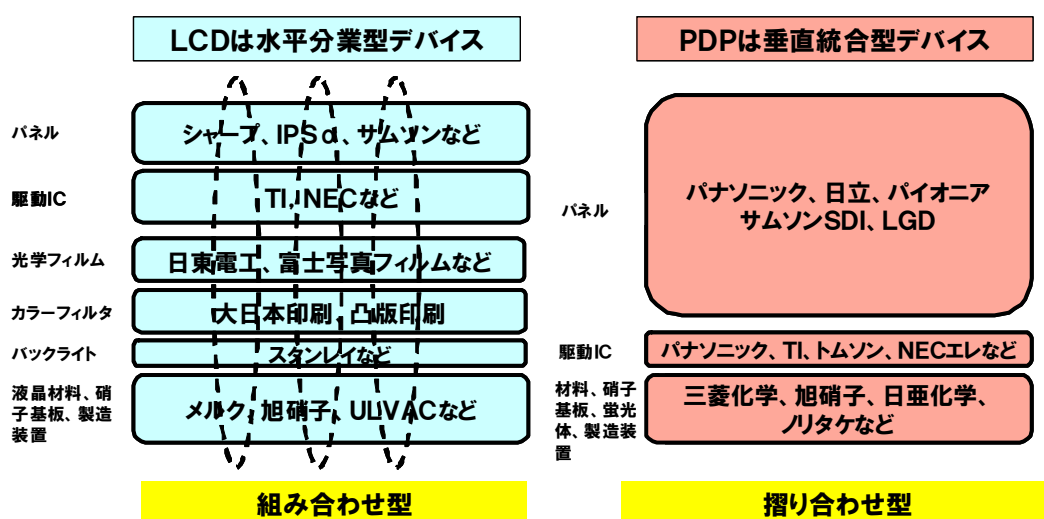


図 51 LCD と PDP の事業モデル

プラズマディスプレイは、発光部を一体として開発を進める垂直統合型の事業モデルをとり、一方LCDは非発光型のため、多極多様な専門部材を必要とするため、水平分業型の事業モデル

となる。

事業を行う上で、技術をブラックボックス化し付加価値を高めるには、摺り合わせ開発により技術を囲い込める垂直統合が有利であり、コスト優先で事業化を行う場合は水平分業が有利である。プラズマディスプレイは、パナソニックに代表される様に、デバイスの特徴である大画面薄型、高画質（応答性、視野角など）の技術をブラックボックス化し、商品を素早く市場に投入することができる垂直統合で事業を進めた。逆に LCD は東南アジア、台湾勢に見られる様に、水平分業が主流になっている。

プラズマテレビと LCD テレビの世界市場台数シェアはプラズマが 10 数%に対して LCD が 80% を占めている[45][46]。LCD 事業は水平分業という事業形態の特性から、要素技術分野ごとに企業が参入しやすく、標準化によるコスト低減が進みやすいため、「シェア」自体を確保しやすいと言える。逆にプラズマディスプレイ事業は参入企業が少ない中、部材がカスタマイズ品であることもあり、デバイスで付加価値を高めて「収益」を確保するという点で優位である。

摺り合わせ型製品の特徴は、そのデバイス性能で差別化することができれば、他のデバイスに真似ができない付加価値を付けることが出来る。現にプラズマディスプレイにおいては、2010 年からその優れた動画表示性の特徴を活かし、3D テレビとして商品化する予定であり、積極的に新たな市場を開拓していく計画である。

ディスプレイ事業については、経済産業省の資料によると、図 52 に示すように、日本企業は概ねに垂直統合型の事業構造を、一方東南アジア諸国は水平分業構造の中でその一翼を担う構造と採っている。特に日本は川上産業と呼ばれる基幹部材や製造装置が圧倒的に強く、この部分の収益力が高い特徴をもつ。

今後、新興国の台頭が進むことで、更に水平分業が進むと考えられる。今後、垂直統合型も「全て自前主義」の時代は終わり、外部に出すメリットがある部分については、外部に出していくことが進むであろう。技術の標準化、オープン化によって技術の普及が進み、国際分業が促進していく中、オープンからクローズへの逆流の困難性から察して、今後さらに企業の収益性確保の視点からの検討を要する[47][48]。

ディスプレイ分野における産業構造の展開 (METI資料より)

- ◆日本は装置・材料および部品からパネル製造及びブランドまで全ての分野をカバー
- ◆韓国は、川上(材料・装置および部品)から川下(ブランド)まで垂直統合化を進める
- ◆台湾は、液晶パネルのサプライヤーとして事業拡大に積極的

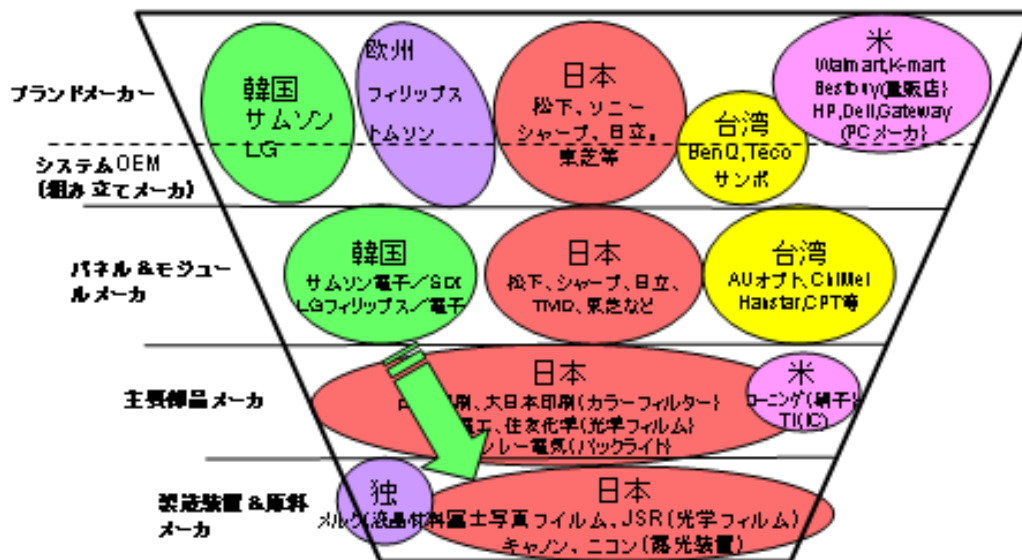


図 52 ディスプレイ分野に於ける産業構造

しかしながら、日本のものづくりは、「摺り合わせ開発」を得意としており、やはり新たな技術をコアとし、付加価値を高めた製品を販売していくことを源泉として取り組む必要があると考える。

5-4-3 部材コスト

最後に、ここではコストに絞り課題を整理してみる。図 53 は画面サイズによる両者の部材のコストの比較例である[40]~[42]。LCD は図 53 に示したように部材点数が格段に多く、全コストの 70% 近くを占める。一方プラズマディスプレイは動作電圧が数 100V と高く、かつ自発光型に起因して電流も大きいので駆動半導体コストが過半を占める特徴がある。

おおざっぱに言えば、LCD のコストは画面サイズの自乗（面積）に比例するのに対し、プラズマディスプレイのコストは画面サイズに比例的な増大ですむので、プラズマディスプレイは大

型になるほどコスト的には有利な特徴をもつ。

このような背景から、LCD では部材の統合、たとえばバックライトに偏光機能の付加などによる部材点数の低減が、一方、プラズマディスプレイでは半導体コストを下げるために、低消費電力化による所要半導体チップ数の低減などが主要な課題となっている。

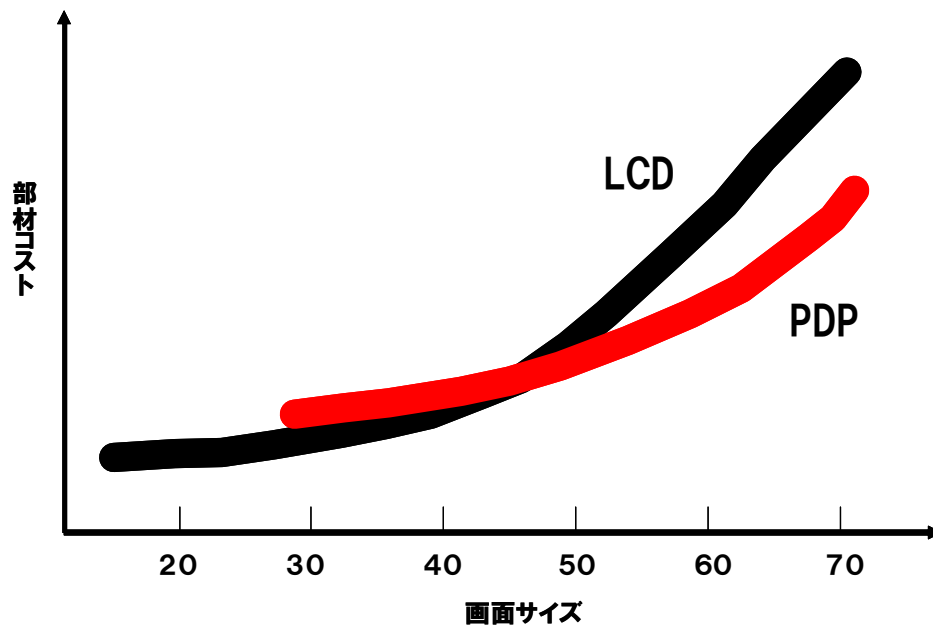


図 53 LCD と PDP の部材コストの画面サイズ依存性
(出典：IEK/ITRI レポート)

すなわち、プラズマディスプレイのコスト削減は、パネルの課題で挙げた消費電力の削減の取り組みによって実現することができ、この分析からプラズマディスプレイは摺り合わせ型の開発が進むことで波及的にコスト削減も進むと言える。

第6章 プラズマディスプレイ事業の起業工学的考察

第4章、第5章では筆者が開発、事業化に携わってきたプラズマディスプレイを事例にあげ、「デスバレー」の克服方法、及び事業化後の「ダーウィンの海」の克服方法について、起業工学的な視点で分析を行った。またプラズマディスプレイというデバイスの特徴や開発の進め方から「摺り合わせ開発」の重要性を分析した。本章では、これらの調査と分析結果から得られた結論を起業工学的に考察し、最後に「技術指向事業創造プロセス」のモデル化を行う。

6-1 事業創造プロセスの障壁に対するマネジメント①

まず始めに、競合デバイスの参入や海外企業の参入、及びモジュラー化による製品の大幅な価格下落を防ぐためには、日本企業が強みとする製品の選定、及び競合製品の参入を防ぐ戦略、すなわち製品の選定と差別化が重要であり、このことはフェーズ①のモノクロプラズマディスプレイの事例調査から結論付けることができる。

ここで製品の選定の条件としては「インテグラル型」であることであり、日本企業の強みを活かし、海外の参入企業に対する障壁を高めることができる。今回、デバイスの構造や開発の具体例から分析し、プラズマディスプレイがインテグラル型の製品であることがわかった。また、市場ニーズの調査や環境分析を十分に行い、製品の差別化を行うことも重要である。付加価値を持続的に有するために、デバイス選定の段階から差別化のポイントを明確に予測する必要がある。

モノクロプラズマディスプレイがラップトップパソコン市場で普及した事例は、プラズマディスプレイがラップトップパソコンに対して他のデバイスよりも優位性を持ち、またインテグラル型により海外企業の参入を抑えることができたからであると分析する。プラズマディスプレイのテレビ事業の立ち上げが日本で成功し、当面他社が追従できなかった背景もここにあると分析する。しかしながらノートパソコンに要求された省電力及びカラー化に対して差別化ができずLCDに淘汰された事例に見られるように、やはり市場ニーズに対していち早く追従できないと「インテグラル型」デバイスであっても淘汰されてしまう。

以上の分析から、製品の選定段階で必須条件をまとめると図54のようになる。

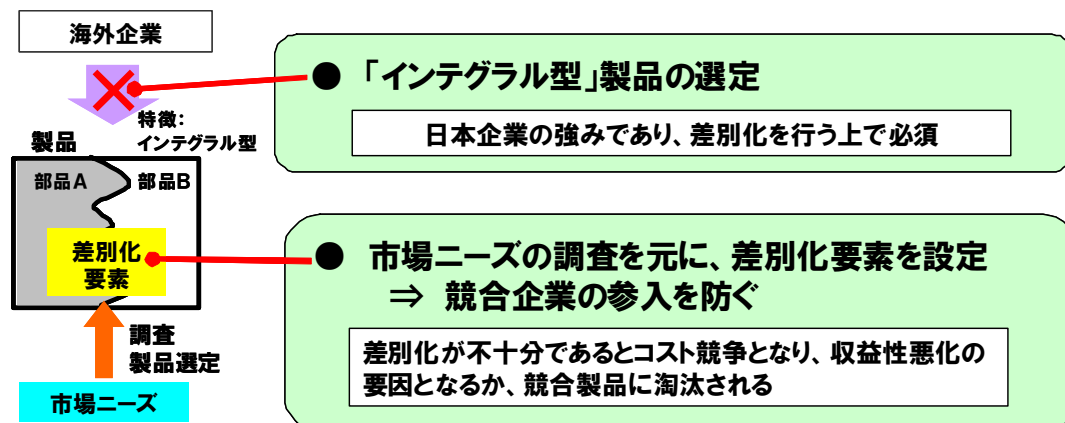


図 54 製品の選定と差別化要素の設定

次に、実用化に至る障壁、すなわち「デスバレー」克服の条件を述べる。一般的に、デスバレーにおける課題として、市場ニーズが潜在化しており、市場が立ち上がるかどうか不確実である、また投資金額が莫大でリスクが大きいことが挙げられる。

本論文のフェーズ②の事例調査では、デスバレー克服の手段としてコンソーシアムが極めて有効に機能したことがわかった。ここで有効であったと分析した条件を抽出すると3つに分けられる。1つ目は「潜在市場顕在化の活動」により、製品をソフトと連動して新市場に提示することで、潜在ニーズを顕在化することである（図 55）。

ソフトと連動した新市場提示による 潜在ニーズの顕在化

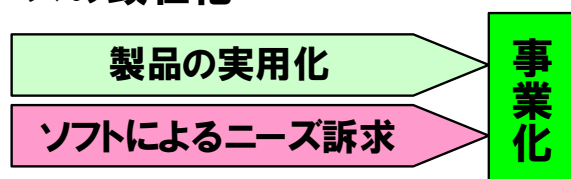


図 55 潜在市場顕在化の活動

ハード（製品）とソフトの相乗効果による産業立ち上げは、戦略として非常に重要であり、その様な効果を期待できる環境にあるかどうか、また仕掛けることができるかどうか、という点においては十分な分析が必要である。すなわち綿密な環境分析に基づくコンソーシアム設立

タイミングの適時性の分析は不可欠で、技術シーズの成熟タイミング、開発目標製品に対する潜在ニーズの顕在化タイミング、当該産業インフラの未熟に起因する高リスクの存在と、それにより必然的に生じる競合企業同志間の協調心発生タイミングの適時性が成否の基本要因となる。

2つ目の条件は、コンソーシアムで採られたマネジメントであり、マトリクス型マネジメントモデル、ノンリニアコンカレントイノベーションモデル、ポートフォリオマネジメント、単一モデル開発が有効であったと分析する（図 56）。これはインテグラル型製品の実用化に対して開発効率を上げる手段としては必須と考える。

3つ目の条件は、核となる公共的な機関の存在である。この機関は公共的、中立的であることが条件で、事例では技術シーズや資金、人材などで公共放送機関の NHK が核の役割を果たした。個別の一企業では大規模な研究・開発型コンソーシアムの立ち上げは極めて困難だと考える。また会員企業による個別分散研究と、核となる機関での集中研究の併設による、既存研究インフラの効率的な活用も有効である。

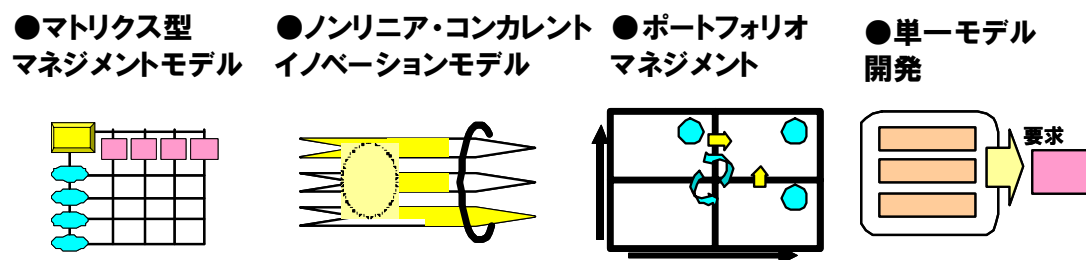


図 56 コンソーシアムにおけるマネジメント

これらの3つの条件と、ここで前述のインテグラル型製品による差別化を合わせた4つをまとめて「ソフト連動型中立コンソーシアムによるマネジメント」と名付けて、デスバレーからの離脱に有効であると結論づける（図 57）。

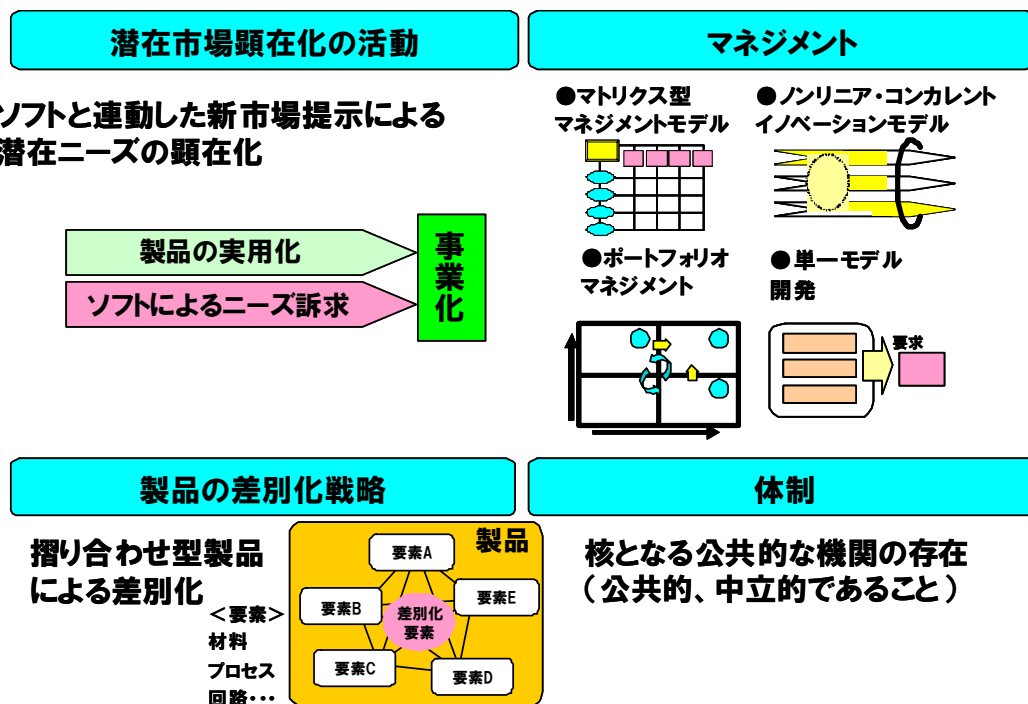


図 57 ソフト連動型中立コンソーシアムによるマネジメント

6-2 事業創造プロセスの障壁に対するマネジメント②

次に事業成長の障壁、すなわち「ダーウィンの海」克服の条件を述べる。

まず、事業化後に商品力を向上させて事業を成長軌道に乗せる時の課題として、製品ライフサイクルが早い（又は技術進化が早い）、そして組み合わせ型製品では技術が高度で複雑になりやすいという2点があげられ、要素 R&D を全て自社で行なっているのでは時間がかかりすぎるため、外部から必要な技術を調達してくることが必要である。ここで、フェーズ③の事例調査から導き出した結論は2つ有り、1つ目は、外部からの技術獲得時には、その技術に関する知識を有する人材も同時に囲い込む事である。そのための具体的な手段としては、共同研究（産学連携含む）、M&A、合併会社（製造等）が有効で、ライセンス、委託研究などは不向きである。2つ目は、外部の技術者を自社の組み合わせ開発内で交流させ、明示できる技術だけではなく、暗黙知も共有する事である。これによって組み合わせ開発の組織能力も向上し、持続的に商品力を高める開発が可能となる。第 5-3 節でも一部モデル化を行ったが、外部からの技術調達は技術者自信も含めて行い、自社の組み合わせ型開発の中で人材交流させることで暗黙知も含めた

技術開発を進め、持続的に商品力を向上させることを、「人材交流型技術獲得マネジメント」と名付けて、ダーウィンの海からの離脱に有効であると結論づける（図 58）。

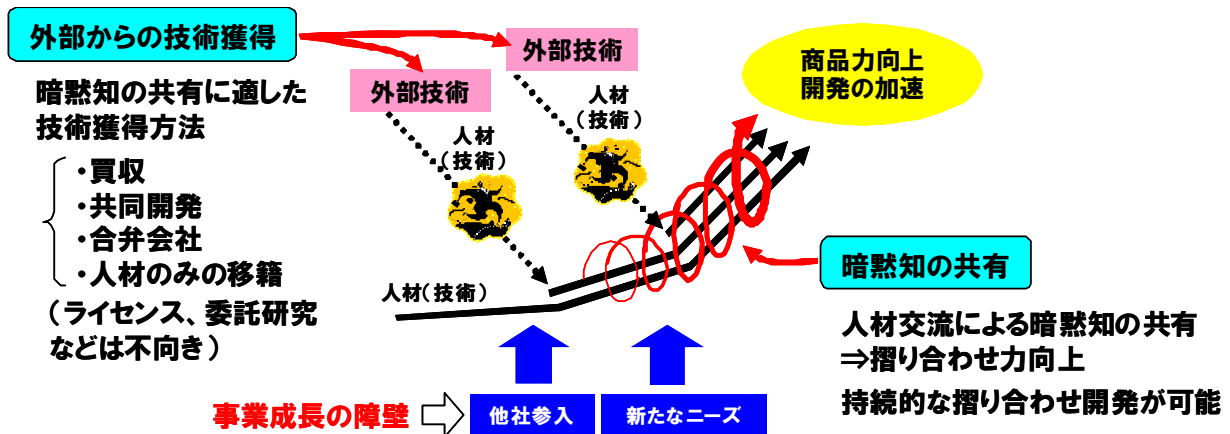


図 58 人材交流型技術獲得マネジメント

6-3 「技術指向事業創造プロセス」のマネジメントモデル

最後に、第 6-1 節、6-2 節の結論を「技術志向事業創造プロセス」のモデルとしてこの節でまとめ。

事業障壁	デスバレー	ダーウィンの海
課題	<ul style="list-style-type: none"> ・市場ニーズが潜在化している（不確実な可能性） ・投資金額が莫大でリスク大 	<ul style="list-style-type: none"> ・製品ライフサイクルが早い ・技術が高度で複雑（要素R&Dからでは時間がない）
解決策	ソフト連動型中立コンソーシアムによるマネジメント	人材交流型技術獲得マネジメント
ポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・製品の差別化戦略（摺り合わせデバイス選定） ・潜在市場顕在化の活動（環境分析含む） ・4つのマネジメント ・核となる公共的な機関の存在 	<ul style="list-style-type: none"> ・外部からの技術獲得 ・技術獲得方法（共同研究、M&A、合併会社） ・人材交流による暗黙知の共有（摺り合わせ力向上）
PDPの事例	<ul style="list-style-type: none"> ・モノクロPDPの普及、淘汰 ・PDP開発協議会（NHK主導） 	<ul style="list-style-type: none"> ・プラズマコ社の画質向上技術の獲得 ・東レの高精細加工技術の獲得 ・バイオニアの省電力化技術の獲得

表 26 事業障壁と解決策

技術指向で事業を創造することを考える場合、その投資の規模、研究開発を行っている期間を考えると、事業化の障壁は極力排除しなければ、企業経営にとってリスクが高まるばかりである。今までも説明してきたが、事業化においては、市場が不確定であるにも関わらず投資が莫大であるというデスバレーの障壁と、事業化後に市場を見て参入してくる企業や、既存製品が新たな製品の市場参入を拒む圧力に打ち勝たなければならないダーウィンの海という障壁があり、これらをプラズマディスプレイの事例調査を分析した結果、表 26 でまとめた解決策で障壁の高さを下げることができると思う。

ただし障壁を下げるだけでは、価格下落の競争に追い込まれることが目に見えているため、対策として日本が強みとする摺り合わせ型の技術、製品を戦略的に扱い、差別化を行うことを必須とする。その上で、潜在化している市場を顕在化する活動、及び実用化を加速するマネジメントを「ソフト連動型中立コンソーシアム」としてまとめた。また、事業化後の既存製品の抵抗や他デバイスの進化に対抗するべく、外部からの人材を含めた技術獲得で商品力を早期に向上させる「人材交流型技術獲得マネジメント」を提案した。

以上の分析結果をまとめ、「技術指向事業創造プロセス」のマネジメントとして図 59 のモデルを提案する。

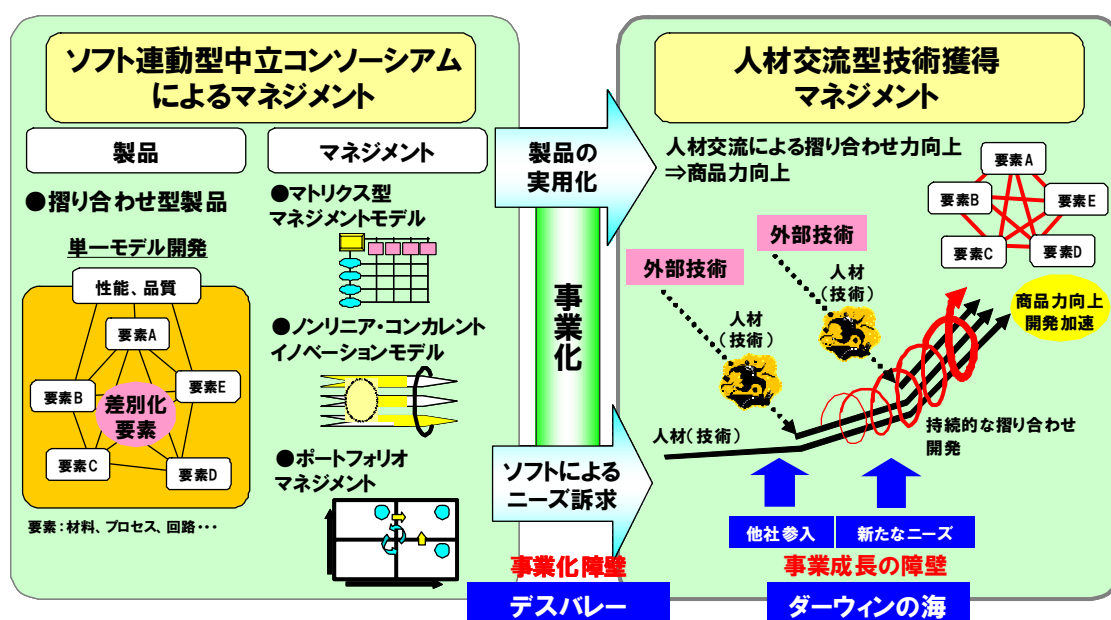


図 59 「技術指向事業創造プロセス」のマネジメントモデル

第7章 結論

今回、筆者が携わってきたプラズマディスプレイの事業化を事例に、その戦略とマネジメントを分析し、経済競争力の強化には、日本の強みであるインテグラル型製品により付加価値を高め、事業を創造していくことが重要であることを示した。

また、「技術指向事業創造プロセス」において、プロセス障壁に対する有効なマネジメントについて、下記の新しい知見を得た。

（１）製品アーキテクチャ

日本企業が製品、又は技術を選定して事業を始める場合、その製品又は技術に付加価値を付けることが出来ず、海外企業とのコスト競争に陥ってしまう課題に陥る可能性が高い。

この課題に対しては、日本の得意分野である「摺り合わせ開発」によって差別化を行い、付加価値を創造してコスト競争を回避することが必要である。

（２）事業化における環境

技術指向の事業立ち上げに関しては、製品のみ市場に投入して事業化を行うことは、市場に対するインパクトも小さくリスクが高い。

この課題に対しては、ハードとソフトの両面から立ち上げる事業化戦略が重要で、事前の綿密な環境分析により、潜在的な需要を確認し、それを顕在化する活動が必要である。

（３）事業化障壁（デスバレー）

製品を実用化する段階においては、まだ市場のニーズが潜在化しており、事業が立ち上がるかどうか不確実である。そのため、このリスクに対して莫大な投資を行わなければならないという課題（デスバレー）がある。

この課題に対して、「ソフト連動型中立コンソーシアムによるマネジメント」が有効である。技術的ブレークスルー達成のための開発投資を助長するために、核となる公共的な機関を中心にコンソーシアムを設立し、前述したが、このタイミングでソフトも含めた相乗効果によって潜在市場を顕在化する活動が必要である。また、コンソーシアムを推進するにあたり、ノンリニア・コンカレントイノベーションモデル、マトリクス型マネジメントモデル、ポートフォリオマネジメント、パネル要素開発のモジュラー化が有効である。ただし、実用化においては、

必要最低限の要素技術は揃わなければならない。

（４）事業成長の障壁（ダーウィンの海）

事業化後は成長期にあるため、製品ライフサイクルを早めて魅力有る商品を生産し、シェアを確保する必要がある。また摺り合わせ型開発は技術が高度で複雑な製品を扱うことが多く、持続的に商品力を向上させる技術獲得が課題となる。

この課題に対しては、「人材交流型技術獲得マネジメント」が有効である。外部から技術者含めて技術獲得を行い、人材交流により自社の摺り合わせ型開発を進める技術者と交流させる。これにより暗黙知も共有でき、摺り合わせの組織能力が向上し、商品力向上に繋がる技術開発が可能となる。技術獲得の方法としては、買収、共同開発（産学連携を含む）、合併会社が有効である。

以上、本研究は筆者自ら実践してきたプラズマディスプレイの開発に加え、技術発明まで遡って事業化に至るプロセスを調査し、「技術指向事業創造プロセス」のマネジメントモデルを見いだすことを試みた。結果、製品アーキテクチャ、事業化障壁、技術獲得などに関する重要なマネジメントモデルを見いだすことができたと考える。

前の章でも述べたが、製造業の競争力を向上させるために、技術だけでは解決できない課題も少なくないが、少なくともこの技術主導の市場創造を自らマネジメントできる手法をこれからも継続して研究し身につけていかなければならない。このような起業工学的な研究は益々重要な役割を果たすと考えられる。

謝辞

本論文を執筆するにあたり、長期に渡り暖かくご指導賜りました、加納教授、松本教授、富澤教授に深く感謝いたします。加納教授には、起業工学の考え方を学ばせていただき、更に薄型テレビ産業の状況が年々急激に変化している中で研究テーマの設定に苦慮していたところ、テーマの骨子となる部分に関する助言、ご指導をいただきました。松本教授には論文のご指導だけでなく、高知工科大学の学術レベル試問試験を受けるにあたり、参考文献、図書の紹介、並びに専門領域の知識を直接ご教授いただきました。富澤教授には、論文の追い込みの際に主担当を引き受けていただき、お忙しい中、長時間にわたり時間を割いてご指導いただきました。本当にありがとうございました。

また、本論文の骨子となる文献調査やデータの分析、そして学会の論文投稿を含む内容の校正に至るまで、多大なるご協力、ご指導をいただきました倉重客員教授に心から御礼申し上げます。

さらに奉職先であるパナソニック株式会社の森田社長、長野BU長、秋山グループマネージャー、羽田野グループマネージャー、奥村参事、平尾参事、先輩、同僚、部下の皆様には様々な形でご支援頂きました。ありがとうございました。

最後に、高知工科大学大学院 起業家コース博士課程の進学を最後まで応援してくれ、論文作成時も励ましてくれた妻の典子、息子の知希、尚希に心から感謝します。

参考文献

[1] 文部科学省, (2000), 科学技術白書 平成 20 年版, 日経印刷

[2] 文部科学省, (2001), 科学技術白書 平成 21 年版, 日経印刷

[3] IMD World Competitiveness Year Book 2009, (2009), IMD-International Institute for Management Development

[4] 三品和広, (2004), 戦略不全の論理, 東洋経済新報社

[5] 榊原清則, 香山晋, (2000), イノベーションと競争優位, NTT 出版

[6] 延岡健太郎, (2006), MOT[技術経営]入門, 日本経済新聞出版

[7] 藤本隆宏ほか, (2001), ビジネスアーキテクチャ, 有斐閣

[8] 平成 20 年度国民経済計算, (2009),
<http://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/h20-kaku/22annual-report-j.html>

[9] 平成 10 年度国民経済計算, (2009),
<http://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/h12-nenpou/12annual-report-j.html>

[10] Gross-Domestic-Product-(GDP)-by-Industry Data, (2009),
http://www.bea.gov/industry/gdpbyind_data.htm, 2009

[11] The Office for National Statistics, (2009),
<http://www.statistics.gov.uk/cci/nugget.asp?ID=254>

[12] 財務省貿易統計, (2009),

<http://www.customs.go.jp/toukei/shinbun/happyou.htm>

[13] 総務省統計局, (2009),

<http://www.stat.go.jp/data/kagaku/2009/pdf/21youyak.pdf>

[14] 妹尾堅一郎, (2009), 技術力で勝る日本が、なぜ事業で負けるのか, ダイヤモンド社

[15] ヘンリー・チェスブロウ, (2004), OPEN INNOVATION, 産業能率大学出版部

[16] 野中郁次郎, 紺野登, (2003), 知識創造の方法論, 東洋経済新報社

[17] J. A. シュムペーター, (1977), 経済発展の理論(上), 岩波書店

[18] P. F. ドラッカー, (1997), イノベーションと起業家精神 (上) , ダイヤモンド社

[19] 富澤治, 倉重光宏, (2007), 起業工学の体系化・教育と学会活動への展開, 映像情報メディア学会誌, 81, 8, pp.1110-1115

[20] P. E. Auerswald and L. M. Branscomb, (2003), ' Valleys of Death and Darwinian Seas :Financing the Invention to Innovation Transition in the United States' , Journal of Technology Transfer, 28, pp.227-239

[21] 出川通, (2004), 技術経営の考え方-MOT と開発ベンチャーの現場から, 光文社

[22] L. F. Weber, (2006), ' History of the Plasma Display Panel' , IEEE Transactions on Plasma Science, 34, 2, pp.268-278

[23] 篠田傳, (2005), プラズマテレビにかけた夢, 第40回プラズマディスプレイ技術討論会資料

- [24] D.L. Bitzer and H.G. Slottow, (1966), 'The Plasma Display Panel- A Digitally Addressable Display with Inherent Memory', Proc. Fall Joint Computer Conf., pp.541-547
- [25] Th. J. de Boer, (1968), 'An Experimental 4000 Picture-Element Gas Discharge TV Display Panel', 9th Nat. Symp. On Information Display, pp.193-200
- [26] G.J. Chodil et al., (1973), 'Good Quality TV Pictures Using a Gas Discharge Panel', IEEE Trans. ED-20, 11, pp.1098-1102
- [27] 吉川和生, 篠田傳, (1980), カラー表示面放電形 AC-PDP, テレビジョン学会技術報告 ED-545, IPD53-13, pp.69-74
- [28] 小原陸生ほか, (1989), 高精細度 DC 型プラズマディスプレイのカラー化, テレビジョン学会誌, 13, 8, pp.7-10
- [29] 坂本文男ほか, (1992), 16 階調ノートブックパソコン用 PDP, National Technical Report, 38, 3, pp.68-75
- [30] H.Murakami and R.Toyonaga, (1982), 'A Pulse Discharge Panel Display for Producing a Color TV Picture with High Luminous Efficacy', IEEE Trans. ED-29, 6, pp.988-994
- [31] H.Murakami and T.Katoh, (1985), 'Planar Pulse Discharge Panel for a TV Display', IEEE ED Letters, EDL-6, 3, pp.132-134
- [32] L.F.Weber and M.B.Wood, (1987), 'Energy Recovery Sustain Circuit for Matrix Display Devices', SID Dig. Tech. Papers, pp.92-96
- [33] 篠田伝ほか, (1992), AC 型 PDP の高階調化の基礎検討, 電子情報通信学会技術研究報告, EID91-97, pp.13-18

- [34] 篠田傳, 脇谷雅行, 吉川和生, (1998), アドレス・表示期間分離型サブフィールド法による AC-PDP の高階調化, 電子情報通信学会論文誌, J81-C-2, 3, pp. 349-355
- [35] K.Takahashi et al., (1994), ' A Long-Life 26-in. DC Pulse-Memory Color PDP with Resistor-in-cell Structure' , 1994 SID Int. Symp., Dig. Tech. Papers, pp. 715-718
- [36] 新宅純二郎, 柳川範之, 田中辰雄, (2003), ゲーム産業の経済分析, 東洋経済新聞社
- [37] 太田恒明, (2001), 最近の PDP 特許の出願状況とそれに基づく提言, 第 30 回プラズマディスプレイ技術討論会
- [38] ラリー・ウェーバー, 倉重光宏, 和邇浩一, (2008), 衝撃! プラズマテレビは社会を変える, 実業之日本社
- [39] 青砥宏治, 倉重光宏, (2008), 新技術創生型コンソーシアムによるプラズマテレビの開発成功要因の分析, 映像情報メディア学会誌, 62, 6, pp. 943-949
- [40] シーエムシー出版, (2008), 2008 年 フラットパネルディスプレイ部材料の市場, p. 5-25
- [41] 富士キメラ総研, (2007), 2007 液晶関連市場の現状と将来展望 Vol. 1, pp. 257-259
- [42] 劉美君, (2008), 台湾興全球面板産業現況, 2008 IEK / ITRI レポート
- [43] 江藤学, (2008), 事業戦略ツールとしての標準化, 映像情報メディア学会誌, 62, 5, pp. 640-645
- [44] 新宅純二郎, 江藤学, (2008), コンセンサス標準戦略, 日本経済新聞出版
- [45] 電子情報技術産業協会, (2008), AV 主要品目世界需要予測

[46] H.Torii, (2008), ' PDP and Global FPD TV Market Trend' , Proc. PDP International Forum' 08

[47] 倉重光宏, (2009), プラズマと液晶テレビに関する技術標準化視点からの事業アーキテクチャ分析, 映像情報メディア学会技術報告, 33, 4, pp. 23-27

[48] 榊原清則, (2005), イノベーションの収益化, 有斐閣