

経営・情報研究 No.10 (2006)

[研究論文]

「研究」から「開発」へのモード変換フェーズとしての 「応用特化研究」

齋藤 富士郎

“Application-specific Research” as the mode-converting phase from “Research” to “Development”

Fujio Saito

技術の実用化においては、基本機能とそれと補完関係にある技術のセット全体が必要であることを述べ、その延長として「基本技術の複数個の可能な応用の一つを最も有望な応用として特定し、基本技術の深化・拡充のみならず、当該応用の実現に必要なあらゆる補完技術の研究開発を包含する」応用特化研究の概念を提唱した。応用特化研究は研究開発プロセスにおける「研究モード」から「開発モード」へのモード変換フェーズと見ることができる。応用特化研究はステージ・ゲート・プロセスにおけるステージ2（詳細検討(事業案件化準備)）に対応させることが可能であり、そうすることで開発始動ノードとしてのゲート3（事業案件化決定）の役割はより強調される。「死の谷」は基礎研究と事業化・実用化の間のギャップではなく、両者をつなぐモード変換フェーズと解すべきである。

Business realization of a new technology needs a set of technologies including not only the basic technology but also every necessary complimentary technologies. This leads us to a concept of “Application-specific Research”, which is the research activity including further elaboration of the basic technology but also development of every necessary complimentary technologies in order to realize a specified application. The application-specific research can be regarded the mode-converting phase from “Research mode” to “Development mode” in an R&D process. The application-specific research is also assigned to the stage 2 (Business case) in the Stage-gate process. By doing so, the role of the gate 3 (Decision on business case) as the development ignition node is more emphasized. “The valley of death” should be understood not as the gap between basic research and business, but as the mode-converting phase connecting them.

イノベーション・モデル 研究開発過程 基本技術 補完技術 応用特化研究 死の谷

Innovation model R&D process Basic technology Complimentary technology Application-specific research
The valley of death

(原稿受領日 2005.10.8)

まえがき

近年、我国では研究開発投資効率の低下が深刻な問題として受け止められており、それに関連して「死の谷」という言葉を眼にすることが多くなっている。研究・技術計画学会では「デスバレー（死の谷）を越えて」というタイトルのシンポジウムを開催し⁽²⁷⁾、能見は産業政策の観点から「死の谷」を引用しつつ、「産業・技術の中長期的ビジョンの検討が最も不十分ではないのか？」と述べ、そのための方策を提言している⁽⁵⁾。

「死の谷」とは米国の Vern Ehlers 下院議員が（米国における）基礎研究成果がイノベーションに結びつかないことを、両者の間には「死の谷」があるからだと絵画的に表現したことに由来する^{(22) (23)}。

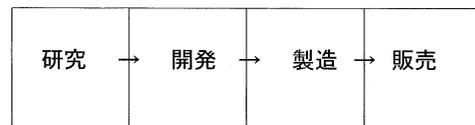
「死の谷」は基礎研究とその事業化・実用化の間には越え難いギャップがあり、それを克服するためには国家レベルでの支援が必要であるという議論と結びついている。果たして、国家レベルの支援があれば誰でも「死の谷」を踏破できるのだろうか？ これ等の議論の大きな欠陥は「死の谷」とは一体何であるか、「何故、死の谷があるのか」という考察が全く無いことである。即ち、ギャップの存在だけが当然のごとくに強調され、何故、ギャップが存在するのか、何故、基礎研究成果の実用化が進まないのか、という考察が無いことである。それは「研究」と「開発・事業化」は如何に異なっており、基礎研究成果の事業化・実用化を狙うならば研究開発者自身が取り組み姿勢を如何にして変えて行かねばならないかという問題と結びついている。このことに関して考察すること無しに基礎研究成果とその事業化・実用化の間に「死の谷」のようなギャップを想定すること自体が適切ではない。ギャップがあるということは何も

しなければそれを越えられないということであり、それは特段の支援が得られないから基礎研究成果が事業化・実用化に至らなくても仕方が無いという言い訳を可能にする。

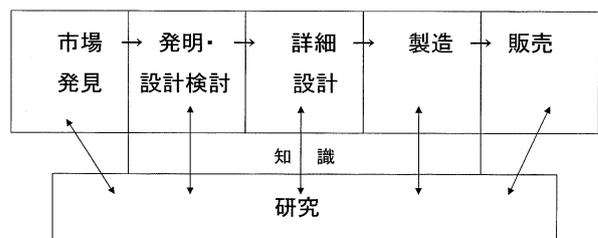
本論文の目的は上述のような問題意識に基づいて研究から開発への遷移過程を記述する新しい概念としての「応用特化研究」を提案し、それに基づいて基礎研究成果の事業化・実用化への道筋を考察することにある。

従来のイノベーション・モデルにおける「研究」と「開発」の位置付け

研究から開発を経て製造、販売へと時系列的な活動の流れを想定するイノベーションの線形モデル(図1(a))が現実を反映しないことは周知のことであるが、それは実は研究と開発との接点に関してであって、それ以後の開発から製造、販売への流れを時系列的にとらえることはむしろ自然である。線形モデルの問題点はイノベーション・プロセスにおける研究と開発の性格的な違いが全く考慮されていないことにある。言い換えれば、図1(a)において研究と



(a) 線形モデル



(b) 結合連鎖モデル

図1 イノベーション・プロセスの線形モデルと結合連鎖モデル

開発の間にある縦線は何を意味するのか、何のためにあるのかはこれまで問われたことが無いことである。

結合連鎖モデル⁽¹⁾(図1(b))は線形モデルに比べれば、一般論としてはイノベーション・プロセスをはるかに現実に近い形で表現する。しかし結合連鎖モデルを個々の企業の研究開発活動に当てはめた時、開発に対する研究の位置づけが弱いように思われる。結合連鎖モデルにおいて市場発見から製品販売に至るイノベーション連鎖の中心は開発活動であるから、企業の研究開発活動を論ずる場合にはイノベーション連鎖を開発と読み替えても大きな不都合は無い。製造業に限らず企業一般においても広い意味で開発は企業活動そのものであり、「開発無くして企業無し」と言うことさえ可能である。Klineは研究とイノベーション連鎖は知識を媒介としてつながると説明している。いかなる開発活動であっても、そこで必要とされる知識は極めて広い範囲にわたるから、それをすべて企業内研究所が提供することは不可能なことは明らかである。すなわち、開発活動が必要とする知識は社内、社外、国内、国外を問わず、世界中の研究活動に求めなければならないのである。それ故、結合連鎖モデルにおいてイノベーション連鎖＝開発活動が一企業の活動である場合にも、研究活動は当該企業の研究組織のみならず、世界中の研究組織の研究活動に依存しなければならない。換言すれば、一企業にとって研究による知識獲得は本来的にアウトソーシングに求めるものであって、アウトソーシングでは得られない知識を自主研究で獲得することになる。しかし、開発に対する研究の位置付けをこのように考えると、企業内の研究組織(開発組織ではない)は開発組織と知識を媒介としてつながっているだけということになる。世界中の多くの企業がそれぞれの企業内研究組織を持ち、研究活動を

行っている。それらの企業内研究活動と開発活動とは本当に結合連鎖モデルのいうように知識を媒介としてつながっているだけとして良いのであろうか? 「研究」とは非常に広い概念であって、その中には基礎研究、科学研究、応用研究、基礎技術開発、開発研究など性格的に異なる様々な概念が包含されている。結合連鎖モデルの一つの問題点は「研究」がこのように多くの異なる概念の集合であることを考慮せずにあたかも単一の活動であるかのように扱っていることにある。

企業における研究開発活動を基礎研究、応用研究、開発研究、基礎開発、応用開発、製品開発に区分けすることは広く行われている。ここで開発研究と言う表現は日本国内においてはしばしば用いられ、特段の違和感を持って受け取られることは無いが、研究と開発とを概念的に明確に区別する欧米人にとっては理解不可能な用語であることは強調されるべきである。表1は基礎研究、応用研究、開発/開発研究の定義の代表的2例である。ここで基礎研究に含まれるPure ResearchやPure Basic Researchは本来、大学や公的研究機関で行われるべき研究であることは明らかである。しかし企業であっても事業遂行上必要という判断がなされ経営的に可能であればそのような研究を手がけても良いはずである。一方、応用研究は基盤研究や目的基礎研究の活動と開発活動という全く性格の異なる活動を結びつけるものと考えられるが、表1においてその記述は折衷的に止まっており、明確な位置付けを主張するに至っていない。また表1における初期開発や応用開発も場合によっては研究組織の活動と見なされることもあり得る。

表1のような考え方の背後には線形モデルが暗黙的に仮定されていると見るべきである。一方で結合連鎖モデルに基づいた研究開発活動の分類は報告されていないし、結合連鎖モデル独

表 1 基礎研究、応用研究、開発／開発研究の定義（下線は著者による）

基礎研究	応用研究	開発／開発研究	文献
<p>Pure Research : 科学的好奇心を動機として、<u>応用に関係なく事実や知識を探求する研究。</u></p> <p>Fundamental Research : 基盤研究。特定の応用には関係しないが、<u>最終的に企業における利用を暗黙的に期待した新知識の探求。</u></p>	<p>(A) <u>特定の問題に直接応用可能な新知識</u>の探求</p> <p>(B) 既存知識の、<u>問題の実際の解決への</u>応用</p>	<p>(A) 初期開発：応用研究による<u>発見</u>を特定の問題に利用し、<u>最初のモデル</u>またはプロセスに初めて適用すること</p> <p>(B) 後期開発：<u>(A)に続き</u>、製造工程開始までの期間</p>	(3)
<p>Pure Basic Research : 純粋基礎研究。純粋に学問的目的で行われる研究で、<u>技術経営の枠外</u>の研究。しかしその成果は、しばしば産業技術の飛躍的革新や改善につながり、常にその動向には留意しておく必要がある。</p> <p>Mission-oriented Basic Research : 目的基礎研究。製品の歩留まりや信頼性向上のために、<u>基礎的現象の解明が必要な場合</u>に行われる基礎研究。企業の研究所で実施するのが好ましいが、産学協力も不可欠である。</p>	<p><u>基礎研究の成果を産業技術の進歩発展に役立てる研究で、産業のニーズに直接応える</u>というよりは、<u>研究者側の意識により遂行</u>されるもの。</p>	<p>目的基礎開発：市場ニーズに応えるために革新的な<u>共通基礎技術</u>を研究すること。</p> <p>応用開発：<u>開発された共通基礎技術を製品に</u>応用する研究で、新しい製品候補を模索しながら実施するもの。</p> <p>実用化開発：製品の実用化を目的としてその<u>実現の可能性を確認</u>するための開発。</p> <p>製品開発：<u>事業化計画に即して最終製品の形態に</u>開発し、コストから製品の信頼性、歩留まり向上のための検討を行う。</p>	(4)

特の分類が可能であるかも明らかでない。

研究と開発は全く性格の異なる活動である⁽²⁾。前者は何かを捜し求める探索的活動や試行錯誤的活動が主体であり、本来的に発散的である。一方、開発は得られる限りの資源や技術を結集し、あらゆる努力を払って明確な目的を実現してゆく過程であるから、本来的に収束的である。後述する「死の谷」のように、研究と開発の間のギャップが云々されることが多いが、これは両者の性格的な違いに由来している。それ故、研究と開発の間により強固な結びつきを見出し、研究から開発への成果の円滑な流れを実現しようと望むならば、線形モデルか結合連鎖モデルかを問わず、研究から開発への遷移過程について改めて立ち立った検討をする必要がある。

技術の実用化における補完技術の必要性

能見はある技術シーズの実用化のためには、それと補完関係にある技術のセット全体が必要になることを指摘した⁽⁵⁾。能見はこれをカーボン・ナノ・チューブ（CNT）を用いたフィールド・エミッション・ディスプレイ（FED）を例にとって次のように説明した。始めにCNTが優れた電子放射特性を有するという発見があり、これを利用したFEDという新しい技術シーズが生まれたとする。しかしFEDを事業化に漕ぎつけるためにはCNTがFEDに応用できるという基本機能だけでは不十分で、その基本機能を補完してCNT応用FEDをディスプレイ・デバイスとして完成させるために必要な補完技術、たとえばCNTの低コスト生産技術、基盤へのCNTの均一実装技術、真空保持技術、大気と真空の圧力差に対するスペーサー

技術などの技術セットの研究開発を平行して進めなければならない。こうすることによって始めてCNT 応用 FED が他の競合技術との間の優劣の比較が可能になり、開発を進めるべきか、断念すべきかの判断につなげることが出来る。

研究活動においては新現象の発見や新技術の発明とそれに基づいたイノベーションの推進に皆の関心が集中するのが当然である。しかし如何に革新的基礎技術であってもそれだけでは製品の原型すら生まれず、基本技術に様々な補完技術が追加開発されて始めて原型製品としての形を見る。これは製品開発に携わる人々にとっては常識と思われるが、従来の研究開発論では補完技術に言及されることは殆ど無く、研究といえば自動的に基本技術に係わる研究を指していたように思われる。しかし基本機能に係わる研究開発に如何に注力しようとも、実際にはその基本技術を補完する技術が揃わなければ如何に優れた基本技術といえども製品化されることは無いのである。この意味で能見の指摘は研究開発過程における探索・発散的な研究過程から目的達成指向・収束的な開発過程への遷移過程に着目した極めて重要な指摘と言うことが出来る。

最近、クライマーと浅羽はインクジェット・プリンター企業14社の取得特許について、インクジェット・プリンターの基本機能のみならず補完技術に係わる技術領域をも含む9つの技術カテゴリーにわたる分布とその標準偏差を調べ、カテゴリー間のバランスを保つように特許を取得している企業が市場でも大きな売上げをあげて成功していると述べている⁽²⁸⁾。この論文は上述の能見の指摘を裏付けるものと考えてよい。

「応用特化研究」概念の提唱

能見の指摘を更に一歩進めることにより、我々は「応用特化研究」という新しい研究のフェーズ乃至はタイプ概念に到達する。応用特化研究は英語では application-specific research とするのが適当であろう。

応用特化研究は次のように定義される：

「基礎研究の成果である基本技術の複数個の可能な応用の一つを最も有望な応用として特定し、その応用の事業化・実用化の可能性を実証するために行う研究活動であり、基本技術の深化・拡充のみならず、当該応用の実現に必要なあらゆる補完技術の研究開発を包含する」。

応用特化研究は従来言われているような応用研究ではない。表1に示された応用研究の定義における「基礎研究の成果を産業技術の進歩発展に役立てる研究」という記述は応用特化研究に近いとも見られるが、記述が簡単に過ぎ、具体的に研究開発マネジメントどう進めればよいかという問いには答えていない。また「研究者側の意識」により遂行されるとあるが、恐らくそれだけでは応用特化研究が最終的に目的とする事業化・実用化の可能性の実証まで漕ぎつけるのは困難であろう。応用特化研究は基本技術を利用するいろいろな応用を試みる研究ではなく、応用課題を特定のものに絞り、その商業的可能性を実証する研究活動である。換言すれば「やって見せる」研究である。応用特化研究を遂行するには研究者側の意識のみならず、マネジメント側のリーダーシップが不可欠である。何故なら、そこには必ずしも研究者の好奇心や探究心の対象とはなり難いが、目的実現に向けては絶対に解決しなければならない課題も多く含まれているからである。一方、表1の開発/開発研究の記述の中で応用開発と実用化開発に関する記述は応用特化研究に近い。これは従来、応

用特化研究は実質的に開発の初期フェーズに含まれていたことの反映であると考えられる。しかし応用特化研究と開発とは性格が異なる。応用特化研究も開発も共に特定の目的実現のための活動である点では同じであるが、開発が現在入手可能な技術の全てを結集して開発課題の必達を目指す活動であるのに対して、応用特化研究は事業化・実用化の可能性の実証を目指して、それに必要な補完技術の探索・開発や基本技術の深化・拡充など研究的要素を多分に含む点で開発とは異なっている。この意味で応用特化研究と開発とは区別さるべきである。

応用特化研究課題は当該基本技術の応用可能性を探索するための応用研究とは異なり、事業化への移行を前提にして選択されるべきである。この意味で応用特化研究の目的は次の開発フェーズへの移行に「移行可」のサインを出させるためのプロトタイプの実現ということもできる。Christensenらは最近の研究において、研究成果の事業化を成功に導くためには、企業は新技術をそれが出現した時点から、付加価値連鎖のあらゆる相互依存的インターフェースを越えて、次の付加価値段階とはモジュラー・インターフェースで引き継がれるような結合分離点 (decoupling point) まで研究を進めるべきであると主張している⁽²⁴⁾。この主張は応用特化研究課題の選択についての1つの指針を与えるものと考えられる。著者は以前に開発プロジェクトが実際に始動するためには何らかの具体的意思決定行為が必要であることを指摘し、その段階を開発始動ノードと名づけた^{(25) (26)}。開発始動ノードを応用特化研究が完了する結合分離点とその後続く付加価値連鎖の間に存在すると見なすことで、開発開始への意思決定を可能にする研究開発活動としての応用特化研究の一付けを明確にできると考えられる。

ここで応用特化「研究」という命名が果たし

て適切であろうかという問題が浮上する。応用特化研究は基礎研究や応用研究と同じ意味での「研究」ではない。一方、応用特化「開発」という言い方は本来の「開発」と何処が異なるかという問題に直面するからこれも適当ではない。応用特化「研究開発」では更に内容が曖昧になる。これは応用特化研究が研究と開発をつなぐ活動であることに由来する。従って理想的には「研究」でも「開発」でもない、新しい術語が考案されるべきである。しかし人々にとって全く馴染みのない新語を持ち出してもそれがどれだけ理解を助けるかは疑問であるので、本論文では一応「応用特化研究」で通すことにする。

応用特化研究は本論文が新たに提唱する概念ではあるが、実体的には従来から存在する研究活動であり、それを改めて独立した研究フェーズとして切り出したものである。その目的は基礎研究成果の実用化の過程で従来見逃されていた補完技術の研究開発の重要性を明確にすることであり、そうすることによってより効果的な研究開発マネジメントを可能にすることができる。

研究から開発への「モード変換フェーズ」としての応用特化研究

応用特化研究は研究から開発への橋渡しの機能を果たすと考えられ、それ故、その位置付けは研究でも開発でもなく両者の中間に位置するものである。マイクロ波・光波工学の用語を借りるならば、応用特化研究はそれぞれ本質的に異なる活動形態である「研究モード」と「開発モード」をつなぐ「モード変換フェーズ」と見ることができる。マイクロ波・光波回路において異なる伝播モード^(注1)、例えばTEモードとTMモード^(注2)の導波路を直接つないだとする、一方の導波路から入射した電磁波はつなぎ目でかなりの割合で反射されてしまい、他方の

導波路にごく僅かしか伝送されない。ある伝播モードで入射した電磁波のエネルギーを他の伝播モードの導波路に100%伝送するためには、両者の導波路の間に適当なモード変換素子を介在させ、一方の導波モードを他方の導波モードに滑らかに変換する必要がある。研究成果をいきなり開発に移そうとしても中々上手く行かないという経験的事実に対しては、研究と開発とはそれぞれ動作（活動）モードが異なるから、いきなり両者をつないでも一方から他方に円滑に成果が移転されることはなく、つなぎ目で反射が起きてしまうと考えると素直に理解できる。それ故、研究成果を円滑に開発に移転するためには、研究モードから開発モードへのモード変換フェーズが必要である。イノベーション・プロセスの線形モデルについて言えば、研究と開発の間にモード変換フェーズとしての応用特化研究を挟むことによって、研究から開発に自然に事が流れるような表現になる。一方、結合連鎖モデルにおいても、イノベーション・プロセスと研究活動を応用特化研究でつなぐことによって両者が単に知識を媒介とする以上に緊密に関係し合う姿が表現できる。すなわち、研究と開発の間にモード変換フェーズとしての応用特化研究を介在させることによって、図2に示すような、イノベーション・プロセスの線形モデルと結合連鎖モデルを統合した統合化イノベーション・モデルを考えることができる。こ

の統合化イノベーション・モデルでは企業内部または外部組織による研究から生まれた技術シーズに基づいて、市場発見から導かれた特定応用課題の下に応用特化研究が行われ、その成果に基づいて開発が開始される。一方、研究活動は、企業内部か外部組織かを問わず、これとは別に開発以降の各段階で知識を媒介として相互作用を続ける。また、開発以降の各段階の間にはフィードバック・ループが存在する。

統合化イノベーションモデルは、企業内研究開発組織としての中央研究所の役割として従来から言われている

「新商品・新事業のシーズとなる研究成果の創出」

に新たに

「研究成果から導かれた技術シーズに基づいた応用特化研究の遂行」

という役割を付け加えることを可能にする。すべての中央研究所がこの役割を標榜すべきであるというのは極論であるが、このような役割を自ら標榜することでコーポレートレベルの研究開発組織としての中央研究所の位置付けをより明確にすることができると思われる。

研究から開発へのモード変換フェーズは実質的には従来から存在したはずである。研究成果の事業化に長けた企業は社内のどこかの部門がモード変換フェーズを担当する役割を果たしているのであり、反対に、研究成果の事業化が不得意な企業にはモード変換フェーズを担当しようとする部門が何処にも見当たらないのではないかとと思われる。本論文が提唱する応用特化研究の概念は、従来、明確に意識されることは無かったが、実質的には存在した研究から開発へのモード変換フェーズの概念化である。応用特化研究概念は基礎研究成果の事業化・実用化を企図するに当たって、誰が何をなすべきかを明確にするのに有効であると考えられる。

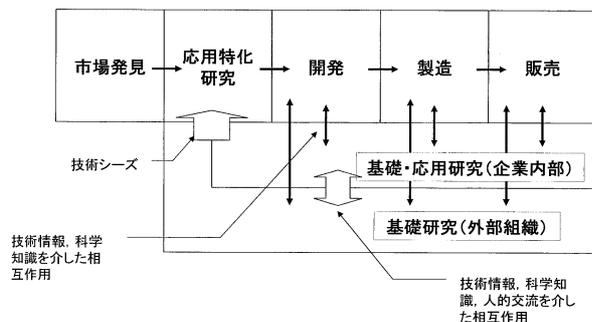


図2 統合化イノベーション・モデル

ステージ・ゲート・プロセスにおける 応用特化研究の位置付け

近年、新製品開発プロジェクトのより効果的な選択と遂行のためにステージ・ゲート・プロセス^(6, 7)を採用する企業が増えている。ステージ・ゲート・プロセスの基本形は図3に示すように「アイデア」に始まり「初期事前評価」、「詳細検討(事業化案件化準備)」、「開発」、「試験および確認」をへて「量産および市販」に至る各ステージをそれぞれ「初期スクリーニング」、「第2スクリーニング」、「事業案件化決定」、「開発後のレビュー」、「商品化前の事業分析」、「実行後のレビュー」で表されるゲートでつなぎ、各ゲート毎に「続行/中止」の判定を下すシステムである。

ステージ・ゲート・プロセスは元々は新製品開発プロジェクトを想定したものであるから「アイデア」とは新製品のアイデアであり、開発

開始以前のゲート1からゲート3までのプロセスは専ら提案された新製品の市場性、商品性、競争優位性の事前評価と技術的事前評価に主眼が置かれている⁽⁶⁾。そして当該新製品アイデア創出の源となった研究開発活動はプロジェクト以前の「自習(homework)」とされ、成功したプロジェクトの多くは「自習」がしっかりとなされていたとCooperは述べている⁽⁶⁾。しかし革新的技術シーズの実用化・商品化を想定した場合、技術シーズのもろもろの応用課題の内から特定の応用課題を設定し、基本技術の深化・拡充に加えて全ての必要な補完技術の研究開発を行いながら当該応用課題を実現してゆく応用特化研究までをすべて「自習」に含めるのは余り適当とは思えない。このような場合においては図3に示すように、「アイデア」を新製品のアイデアではなく応用特化研究として取り上げるべき特定応用課題のアイデアと読み替え、ステージ2はステージ1とゲート2を経て採用に至った特定

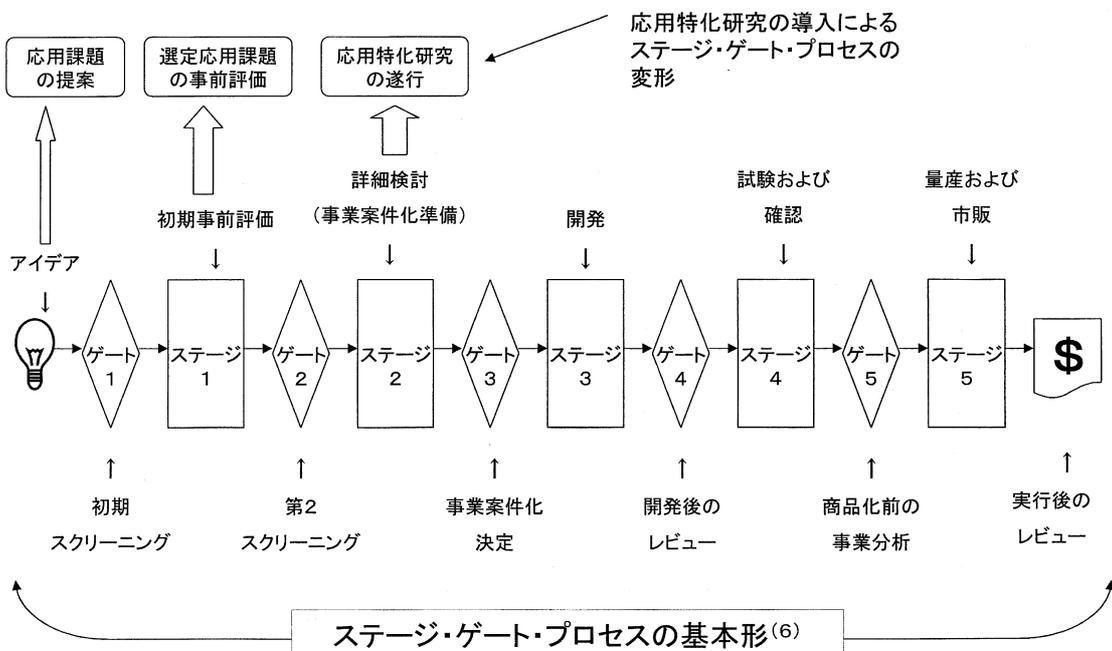


図3 ステージ・ゲート・プロセスにおける応用特化研究

応用課題についての応用特化研究活動と見るのが適当である。ゲート3では応用特化研究の成果を見て、それを開発に移すべきか否かを判定する。応用特化研究は単なる調査活動や机上検討ではなく基本技術に加えて補完技術の研究開発も含めた実成果を伴う研究開発活動であるから、それを踏まえたゲート3の判定にもそれだけ説得力が加わると思われる。著者は先に引用した論文において開発プロジェクトを始動するための具体的意思決定行為段階である開発始動ノードとステージ・ゲート・プロセスにおけるステージ1、2およびゲート3との対応関係を論じた⁽²⁶⁾。ステージ2を応用特化研究、ゲート3を開発始動ノードと見なすならば、本節の考察と において応用特化研究の結果を踏まえて開発プロジェクトが始動するとした記述とも辻褄が合う。このことは応用特化研究概念の妥当性をより確かなものにする。

Cooperらも複数の企業における成功事例の分析から、フィードバック過程を取り入れた初期スクリーニングや新製品のアイデアに先行する技術開発活動を追加することによるステージ・ゲート・プロセスの改良を提案している⁽⁸⁾が、応用特化研究のように研究開発活動の中身までは考慮していないので本質的な改良とは言えない。

応用特化研究の実例は見出せるか？

応用特化研究という概念は本論文が初めて提唱するものであるから、過去において明確に応用特化研究であることを標榜して遂行された研究開発の事例は無くても当然である。成功した多くの新技術実用化開発事例について詳細なプロセス分析を行えば、明確にそのことを標榜して無くとも実質的に応用特化研究と見なせる研究開発のフェーズは見出せる可能性はある。しか

しそれには個々の事例について研究ノートなどの内部情報の分析が必要になるから、外部者による企業の事例分析は事実上不可能である。それ故、ここでは筆者自身が経験した2件の案件を以ってそれに替えたい。

(A) 相転移蓄積型液晶マトリクス表示⁽²⁹⁾

1975～1976年頃、筆者が所属した研究グループは顧客企業の研究所で開発された新動作方式である相転移蓄積型液晶マトリクス表示(LCD)の技術移転を受け、その方式に基づいた試作品を製作し、その顧客企業に納入するプロジェクトを担当した。要求された試作品はパネルの大きさが約A4サイズで、画素数が約10万個のマトリクス駆動LCDであった。顧客企業の研究所からはそのLCDの基本動作原理と基本特性、材料開発、LCDセル内面の表面処理法などの技術情報を得たが、それらはA4サイズよりもはるかに小型の試験セルで得られたものであった。試作品の製作の過程で我々は以下に述べるような、小型の試験セルでは見出せなかったいくつかの技術課題を解決する必要があった：

(A1) このLCDでは対向するパネル間の間隔を1 μ m以下にする必要があった。小型試験セルではこのことはそう難しいことではなかったが、A4サイズのパネルの全面にわたって電極間隔を1 μ m以下の所定の値に保つための技術は独自に開発する必要があった。また製作の過程で進入するゴミによる対向電極間の短絡を防止するために製造環境のクリーン化を推進した。

(A2) このLCDの一方のパネルには反射用の金属クロム膜を全面に被膜し、その上に絶縁用のMgF₂膜を形成し、更にその上にマトリクス電極用酸化インジウム膜を形成した。これらは蒸着によって成膜し

たが、蒸着時の加熱・冷却のサイクルによって生ずる応力のために酸化インジウム膜はしばしば破断し、電極の断線の原因となった。これも小型試験セルでは問題にならず、大型パネルで始めて顕在化したもので、その対策は我々自身が見出さなければならなかった。

(A3) 巨視的には極めて粘性の高い流体である液晶を間隙が1 μm以下のA4サイズのパネルに効率的に、かつ液晶配向ムラが無いように注入する方法と対向電極間の短絡の原因となるゴミを除くための液晶の精製技術を開発した、等々。

(B) ホログラムコード板を用いた漢字入力装置
1969年に西田と阪口は位置情報を記録した微小ホログラムをマトリクス状に配列したホログラムコード板を用いた新しい図形入力装置を発明し、これを「ホロタブレット」と命名した⁽³⁰⁾。その後、1971～1972年頃、筆者の所属する研究グループは顧客企業からの試作発注に基づいて、ホロタブレットの原理を応用して、位置情報の代わりに漢字符号を記録した漢字入力装置⁽³¹⁾の開発を事業部と共に担当した。この開発過程で我々は以下のような基本技術の深化・拡充と共に基本技術を補完する技術開発を行なった：

(B1) 基本技術の段階ではすべての微小ホログラムからの再生光点像の位置は不動のはずであった。しかしホログラムコード板が大型化したことによってホログラム作成用レンズの収差の影響が顕在化し、再生光点像が動き回るといった問題が生じた。我々はこの問題を3次の収差理論によって解析し、再生光点像が常に受光素子の光電面に収まる設計条件を確立した⁽³³⁾。

(B2) 本機の使用部品であるレーザ、レーザから微小ホログラムに光を導くための集束型光ファイバ、レンズ系、ホログラムコー

ド板について高温高湿試験、温度サイクル試験、振動試験を行い、更に集束型光ファイバについては繰り返し折り曲げ試験、ホログラムコード板については耐光試験を行い、信頼性の確認を行なった。ホログラムコード板は直接大気に晒されると特性が劣化する傾向が見られたので、保護ガラスで密封する対策を講じた⁽³²⁾⁽³³⁾。

(B3) 漢字入力装置のためだけではないが、我々はホログラムコード板が量産に入った場合を想定して、ホログラムコード板の複製技術の開発も開始した(残念ながらホログラムコード板の量産は実現しなかった)⁽³³⁾。等々。

ここに紹介した相転移蓄積型液晶マトリクス表示と漢字入力装置の開発プロジェクトは事務処理上は受注案件として取り扱われ、当事者もそのような意識の下に開発に従事した。しかし顧客企業への納入台数は共に1～2台で、それ以上の発注は無かったから、これを製品開発プロジェクトと呼ぶのは少し大袈裟すぎる。またこのプロジェクトは発注元である顧客企業の研究者との緊密な連携の下に受注品の完成に必要な問題を一つ一つ解決しながら進められたから、開発というよりはかなり研究的色彩が濃いものであり、これらの受注品は顧客企業が当該新技術に基づいた製品の实用化開発を検討するための判断材料としての性格を持っていた。更に、これら案件で我々は当該受注品の基本機能に係わる技術の深化・拡充のみならず、それらの開発過程で不十分ではあったが補完技術の研究開発も行なった。これらのことを考え合わせると、ここに紹介した2件の案件は結果的に本論文が提唱する応用特化研究を不完全な形で指向していたと考えてよい。

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)⁹⁾が公的資金に基づいて推進す

る研究開発事業は最終商品の実現が目的ではなく、産業技術シーズの発掘⁽¹⁰⁾、大学等の研究成果を活用した実用化研究と成果の事業化の支援⁽¹¹⁾、技術シーズを活用して実施する実用化開発の支援⁽¹²⁾を目的としている。また、それらの枠内で行なわれる研究開発活動は定められた活動期間内に所期の成果を収めて完結することが前提になっている。この意味で、それらの中に応用特化研究に近いものを公開された成果報告の中に見出せる可能性はある。例えばゼオライトヒートポンプの研究開発⁽¹³⁾では、未利用エネルギーの有効利用を図ることを念頭にゼオライトヒートポンプの開発を目的として、ゼオライトの物理化学的基礎研究に加えて、実用化に適したゼオライト材の探索やゼオライト固化方法の開発と形状の検討、試作機の製作と運転試験などが進められている。レドックス・スーパーキャパシターの研究開発⁽¹⁴⁾では、ハイブリッド型電動車、電力回生装置、非常用電源、その他の電力貯蔵設備に適したレドックス・スーパーキャパシターの実用化を目指して、炭素電極やイオン交換膜の探索・改良研究といった基本機能に係わる研究に加えて、レドックス・スーパーキャパシターの単セルによる特性と寿命の確認のための試験研究、高電圧化と大型化のための改良研究、実車搭載による実証研究が進められている。これらの研究開発事例は応用特化研究の定義に厳密に適合するものではないが、方向としては合致していると見ることができる。これに対して、新規なディスプレイへの応用を目指したカメレオン型発色システムの創成⁽¹⁵⁾では、干渉色発現の原理を模倣して、染・顔料や発光素子などを用いない新規な発色システムを用いたディスプレイの開発を目指してはいるものの、研究開発活動は基本技術の深化・拡充が中心であり、新規発色ディスプレイの試作は基本技術開発の成果の実証としての扱いである。

この意味で、この事例を応用特化研究に含めることには無理があり、これらは従来の意味での応用研究として扱われるべきである。独創的イオン伝導性高分子膜の開発と超薄型燃料電池並びに高出力電池への応用⁽¹⁶⁾、酸化亜鉛紫外レーザー⁽¹⁷⁾の事例についても同様である。

このようにNEDOの研究開発事業の枠内での研究開発活動には応用特化研究に近いものと応用研究に含まれるものとが混在している。これは応用特化研究という概念自体が従来無かった概念であり、従って公募時点においてもそれに沿った説明がされてこなかったことを考えれば当然のことである。しかし最近のNEDOの説明では「民間事業者による大学等の研究成果を事業化することを目的とした研究開発」⁽¹¹⁾や「新市場の開拓を可能とする技術開発成果を実用化して社会に普及することを目的として」⁽¹²⁾と言った文言が見られるので、今後は応用特化研究的な研究開発事例が増えるかもしれない。

応用特化研究と類似の概念

1 産業技術総合研究所における第2種の基礎研究と応用特化研究の関係

独立行政法人産業技術総合研究所（以下、産総研と略記する）では研究を

- ・ 知識の発見・解明を目指す「第1種の基礎研究」
- ・ 異なる分野の知識を幅広く選択、融合・適用する「第2種の基礎研究」

の2種に位置づけ、「第2種の基礎研究」を軸に「第1種の基礎研究」から「開発」に至る連続的な研究を「本格研究」として推進することを標榜している⁽¹⁸⁾（図4；この図はホームページの以前の版にあった図を基に作成したもので、最新版のホームページにある図はこの図とは異なっている。しかし応用特化研究との関係を述

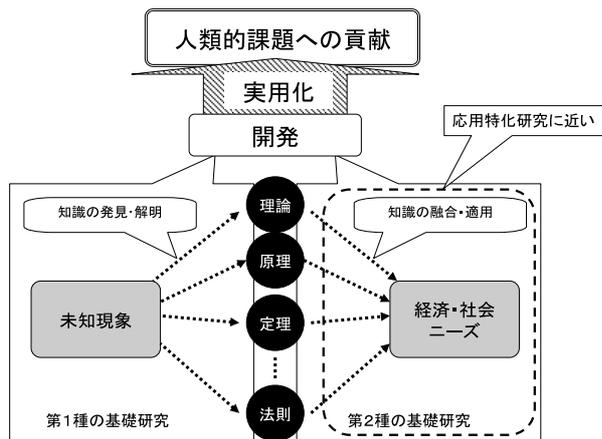


図4 産業技術総合研究所における第1種と第2種の基礎研究

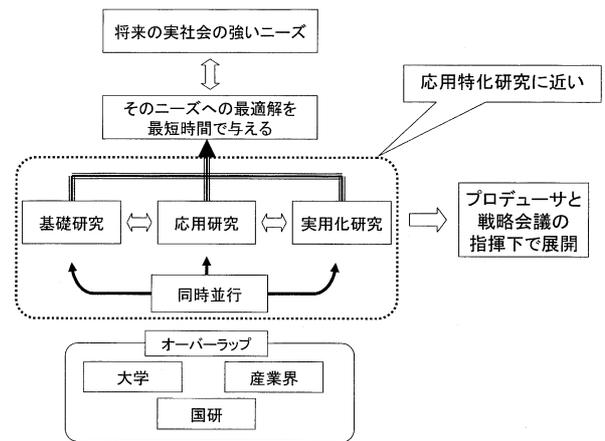


図5 ターゲット・ドリブン・モデル⁽¹⁹⁾と応用特化研究

べるには以前の図の方が判りやすいのでここではそれを用いた)。産総研の言う「第2種の基礎研究」とは、第1種の基礎研究成果の可能な応用課題の内から具体的な社会経済的ニーズに特に応えると想定されるものに着目し、あらゆる知識を適用・糾合してその実現を目指す活動と理解できる。この意味で「第2種の基礎研究」は実質的に応用特化研究であると見なしてもそれほど不都合はないと思われる。

2 ターゲット・ドリブン・モデルと応用特化研究との関係

大見は、将来の実社会の強いニーズに応えるべく、産官学が互いに力を合わせて基礎研究、応用研究、実用化研究を同時平行的に遂行することによって新産業を創出する戦略的シナリオとして「ターゲット・ドリブン・モデル」を提唱した⁽⁵⁾⁽¹⁹⁾⁽³⁴⁾。図5はターゲット・ドリブン・モデルの概念図であり、その骨子は

- (a) 技術の理想像を考え、現状と比較してターゲットを明確化する、
- (b) 解決すべき課題を全て明確化する、
- (c) 必要な研究は、基礎、応用、実用化を同時に実施する、
- (d) 技術シーズや研究の方向性は、科学的な根

拠に基づいて検討する、

- (e) 必要な技術を持つ企業と共同研究する、と述べられている⁽⁵⁾。

表2は大見と東京エレクトロン(株)との共同による「大口径・高密度プラズマ処理装置」⁽²⁰⁾⁽²¹⁾の研究開発について、能見がターゲット・ドリブン・モデルの観点から分析した結果である⁽⁵⁾。

ターゲット・ドリブン・モデルは国家プロジェクトのレベルでの研究開発を想定したものであるから、(a)の技術の理想像とターゲットは特定の技術シーズの応用特化課題というよりは、むしろ国家戦略の観点からトップダウン的に想定されたものになっている。しかしそれに続く(b)(c)は応用特化研究の内容と殆ど同じであり、それを踏まえて同時平行的に実施される基礎研究、応用研究、実用化研究の集合は応用特化研究と本質的に変わらない。

「大口径・高密度プラズマ処理装置」の例では商品化も達成できているが、一般には国家プロジェクトの成果が直ちに商品になることはあまり例が無く、通常は、その成果を承継した企業での商品化開発プロジェクトを経て商品化されると考えられる。この意味で国家プロジェクトは「プロジェクト」という名称を用いてはいるけれども、実質的に「応用特化研究プログラム」

表2 ターゲット・ドリブン・モデルの観点から見た「大口径・高密度プラズマ処理装置」の研究開発における技術の理想像、および解決すべき技術課題とその対応策⁽⁵⁾

技術の理想像	解決すべき技術課題	解決すべき技術課題の具体的内容	解決すべき技術課題への対応策
段階投資型半導体製造装置 システムLSI生産において 市場ニーズの変化対応 多品種少量生産 設備稼働率の向上 1回の投資額の縮小	次世代プラズマプロセス技術	1台の装置で複数のプロセス, ウェファ全面の均一処理, プロセスの低温化, プロセス速度の維持	プラズマの励起と照射の分離, マイクロ波励起, 2段シャワープレート の導入
	H ₂ /Heの排気性能の 良い新ポンプ	反応副生成ガス的高速除去	高圧縮比スクリーブ スターポンプの開発
	セラミックス 表面処理	前のプロセスの痕跡を残さない, アウトガスを出さない	マイクロ波焼結, HIP処理
	金属表面処理	プロセスガスに対する安定性	合金の選択酸化技術の 開発(アルミナ不働体ス テンレス)
	K/Xe回収循環再利用 技術		希ガス循環供給システム

と呼んだ方が適切である。

ターゲット・ドリブン・モデルも第2種の基礎研究も国家レベルでの応用特化研究を言い表していると言うことができる。

「死の谷」はモード変換フェーズである

「死の谷」とは一般に言われているような基礎研究とその事業化・実用化の間に存在するギャップではなく、基礎研究とその事業化・実用化をつなぐ遷移フェーズであり、研究モードから開発モードへのモード変換フェーズである。応用特化研究はその一部であると解すべきである。「死の谷」を踏破するということはモード変換を成し遂げることと考えればよい。基礎研究とその成果の事業化・実用化とは全く性格の異なる活動であり、一人の研究者がその二兎を追うことは不可能ではないにしても極めて困難である。基礎研究成果の事業化・実用化のためには研究者は基礎研究活動を一時中断しても最低限として応用特化研究に踏み込むことが求めら

れる。研究者自身が自らの研究活動の方向を転換する代わりに、誰かがその研究者に替わって応用特化研究から製品開発までを引き受けてくれれば理想的である。しかしその場合でもやはり研究者自身もある段階までは応用特化研究に従事する必要がある。何故ならば、応用特化研究の過程で始めて明らかになる諸問題の多くは基本機能の深化・拡充に係わるものが多く、またその結果として新たな補完技術の必要性が明らかになることが少なくないからである。基礎研究成果の事業化・実用化のためには程度の差こそあれ研究者自身が応用特化研究とそれ以降の段階に踏み込むことが不可欠である。「死の谷」を踏破しようと思うならば先ずそこに足を入れなくてはならない。このことを理解せずには不可抗的な障害としての「死の谷」に責任を転嫁している限り、基礎研究成果の事業化・実用化に成功する可能性は少ないと言わなくてはならない。

まとめ

- (1) イノベーション・プロセスの線形モデルも結合連鎖モデルも、いずれも「研究」の位置付けに関して検討が不十分であることを指摘した。
- (2) 技術の実用化においては、基本機能とそれと補完関係にある技術のセット全体が必要であることを述べ、その延長として「**基礎研究の成果である基本技術の複数個の可能な応用の一つを最も有望な応用として特定し、その応用の事業化・実用化の可能性を**実証するために行う研究活動であり、**基本技術の深化・拡充のみならず、当該応用の実現に必要なあらゆる補完技術の研究開発を包含する**」応用特化研究の概念を提唱した。
- (3) 応用特化研究は「研究モード」から「開発モード」へのモード変換フェーズと見ることができると述べた。
- (4) ステージ・ゲート・プロセスと応用特化研究との関係を述べた。
- (5) 応用特化研究と類似の概念として産業技術総合研究所の第2種の基礎研究と大見によるターゲット・ドリブン・モデルを考察した。
- (6) 「死の谷」は通常言われるような基礎研究と事業化・実用化の間のギャップではなく、むしろ研究モードから開発モードへのモード変換フェーズと解すべきである。

引用文献

- (1) S. J. Kline INNOVATION IS NOT A LINEAR PROCESS Res. Management Vo. 28 1985 36-45
- (2) 齋藤富士郎 「研究」と「開発」を考える NEC クリエイティブ(現NECメディアプロダクツ) 2000年 42-72
- (3) 只野文哉、島 史朗 研究・開発 マネジメントセ

- ンター 1971年 12
- (4) 植之原道行 戦略的技術経営のすすめ 日刊工業新聞社 2004年 27
- (5) 能美利彦 実用化に向けた中長期の研究開発の在り方 技術経営研究センター第10回TiMワークショップ資料 2004年1月28日
- (6) Robert G. Cooper A NEW TOOL FOR MANAGING NEW PRODUCTS Business Horizons May-June 1990 33(3) 44-55
- (7) Robert G. Cooper and Elko J. Kleinschmidt STAGE GATE SYSTEMS FOR NEW PRODUCT SUCCESS Marketing Management 1(4) 1993 20-29
- (8) Robert G. Cooper, Scott J. Edgett and Elko J. Kleinschmidt OPTIMIZING THE STAGE-GATE PROCESS: WHAT BEST-PRACTICE COMPANIES DO - I Research Technology Management September-October 2002 21-27
- (9) <http://www.nedo.go.jp/introducing/about.html>
- (10) NEDO: 産業技術研究助成事業 <http://www.nedo.go.jp/activities/portal/gaiyou/p00041.html>
- (11) NEDO: 大学発事業創出実用化研究開発事業 <http://www.nedo.go.jp/activities/portal/gaiyou/p03040.html> および <http://www.nedo.go.jp/kengyou/gyoumuka/tlo/gaiyou.htm>
- (12) NEDO: 産業技術実用化開発助成事業 <http://www.nedo.go.jp/activities/portal/gaiyou/p00040.html> および <http://www.nedo.go.jp/kengyou/gyoumuka/jyoseijigyoyou/page/gaiyou.htm>
- (13) ゼオライトヒートポンプの研究開発 NEDO 技術情報データベース 報告書バーコード番号 060001003 <http://www.tech.nedo.go.jp/servlet/HoukokushoDownloadJyohoServlet?BARCODE=060001003&db=n>
- (14) レドックス・スーパーキャパシタの研究開発 NEDO 技術情報データベース 報告書バーコード番号 060000071 <http://www.tech.nedo.go.jp/servlet/HoukokushoDownloadJyohoServlet?BARCODE=060000071&db=n>
- (15) 新規なディスプレイへの応用を目指したカメレオン型発色システムの創成 NEDO 技術情報データベース 報告書バーコード番号 060001042 <http://www.tech.nedo.go.jp/servlet/HoukokushoDownloadJyohoServlet?BARCODE=060001042&db=n>
- (16) 独創的イオン伝導性高分子膜の開発と超薄型燃料

- 電池並びに高出力電池への応用 NEDO 技術情報データベース 報告書バーコード番号 060000061
<http://www.tech.nedo.go.jp/servlet/HoukokushoDownloadJyohoServlet?BARCODE=060000061&db=n>
- (17) 酸化亜鉛紫外レーザー NEDO 技術情報データベース 報告書バーコード番号 060001084
<http://www.tech.nedo.go.jp/servlet/HoukokushoDownloadJyohoServlet?BARCODE=060001084&db=n>
- (18) http://www.aist.go.jp/aist_j/information/tour/tour_main.html
- (19) 大見忠弘 経済産業省・産業構造審議会・産業技術分科会・技術革新システム小委員会第1回資料平成13年10月18日
<http://www.meti.go.jp/kohosys/committee/summary/0000473/0001.html>
- (20) 平成15年度成果報告書「マイクロ波励起高密度プラズマ技術を用いた省エネ型半導体製造装置の開発(東北大学)」NEDO 技術情報データベース報告書バーコード番号 100003933
<http://www.tech.nedo.go.jp/jsp/tsjsp//HoukokushoKensaku.jsp>
- (21) 平成15年度成果報告書「マイクロ波励起高密度プラズマ技術を用いた省エネ型半導体製造装置の開発(東京エレクトロン)」NEDO 技術情報データベース 報告書バーコード番号 100003932
<http://www.tech.nedo.go.jp/jsp/tsjsp//HoukokushoKensaku.jsp>
- (22) Lewis M. Branscomb Testimony before Hearing of the Technology Subcommittee of the House Science committee on the Advanced Technology Program at NIST/DOC June 14, 2001
<http://www.house.gov/science/ets/jun14/branscomb.htm>
- (23) Lewis M. Branscomb National Innovation Systems and US Government Policy International Conference on Innovation in Energy Technologies September 30, 2003
<http://www.oecd.org/dataoecd/20/16/16454388.pdf>
- (24) Clayton M. Christensen, Christopher S. Musso and Scott D. Anthony MAXIMIZING THE RETURNS FROM RESEARCH Research・Technology Management July-August 2004 12・18
- (25) 齋藤富士郎 研究開発フロー&ストック・ダイヤモンドに基づいたエレクトロニクス企業における開発過程の研究 研究 技術 計画 Vo. 18, No. 1/2 (2003) 75-90
- (26) 齋藤富士郎 ヒット商品を生み出した開発プロジェクトの特質 経営・情報研究:多摩大学研究紀要 No. 8 (2004) 31・47;
<http://mic.tama.ac.jp/menu/lss/kiyo/No-8.html>
- (27) 研究・技術計画学会第17回シンポジウム「デスバレー(死の谷)を越えて - 科学技術から社会経済的価値を生み出す体制 - 」2002年6月7日
- (28) ニール・クライマー、浅羽 茂 技術開発における集中とバランス 一橋レビュー 52巻4号 2005年 SPR 194・203
- (29) この開発案件は当時としては機密度の高い案件であったので論文化はされておらず、社内報告書としてまとめられたのみである。しかし当時から30年たった今日では機密度は低くなっていると考えて紹介することにした。ここでの記述は筆者の手元に残された当時のノートブックに基づいている。
- (30) M. Sakaguchi and N. Nishida, The hologram Tablet - A new graphic input device, AFIPS Conf. Proc. FJCC, vol.32,(1970)653; 西田信夫、阪口光人、齋藤富士郎 ホログラフィを利用した新しい図形入力装置「ホロタブレット」 昭和46年度電子通信学会全国大会論文集 講演番号 S7・10 142・143
- (31) 宮崎末広、松原五夫、三田順業、齋藤富士郎、菊池康弘、磯部光朗 ホログラムコード板を用いた漢字入力装置 電子通信学会電子計算機研究会資料資料番号 EC73・30 (1973 - 09)
- (32) 藤原忠史、阪口光人、齋藤富士郎 ホロタブレットの光アクセス方式 昭和48年度電子通信学会全国大会論文集 講演番号 925 928
- (33) 齋藤富士郎、三田順業 ホロタブレット 昭和47年度電気四学会連合大会論文集講演番号250 961・964
- (34) 大亀新平、長平彰夫 ターゲットドリブン型イノベーションモデルに関する研究 研究・技術計画学会第18回年次学術大会講演要旨集 講演番号 2C04 445・448

注記

- (注1) 光導波路やマイクロ波導波管の中を伝播する電磁波は一様な強度分布ではなく、伝播している導波路の形状やサイズに固有の強度分布を持っている。この固有の強度分布をその導波路の(固有)伝播モードという。伝播モードは一般に複数個存在し、導波路に入射した電磁波は可能な伝播モードのどれかに従って伝播する。モード(mode)は日本語では「姿態」と訳され、かつては広く使われたが今日では「モード」とカタカナ表記されることが多い。
- (注2) 伝播する電磁波の進行方向をz軸、それに直角な方向にx軸とy軸を取った時、z方向に平行

な電界成分を持たない伝播モードをTEモード、z方向に平行な磁界成分を持たない伝播モードをTMモードという。

プロフィール

齋藤 富士郎（さいとう ふじお）

1958年京大理物理卒。同年、日本電気㈱入社、その後同社光エレクトロニクス研究所長、基礎研究所長、本社理事・支配人を歴任。1968年から1969年までカナダ・マギル大学にポスドクとして留学。1995年から2001年まで技術研究組合フェムト秒テクノロジー研究機構常務理事・研究所長として経済産業省フェムト秒テクノロジープロジェクトを推進。2002年度から2003年度まで独立行政法人産業技術総合研究所客員研究員、2003年度より多摩大学大学院客員教授。2005年度より社団法人科学技術と経済の会理事。理学博士。

著書に「「研究」と「開発」を考える」(NECメディアプロダクツ)、「光技術と情報化社会」(NECメディアプロダクツ)、「超高速光デバイス」(共立出版)など。