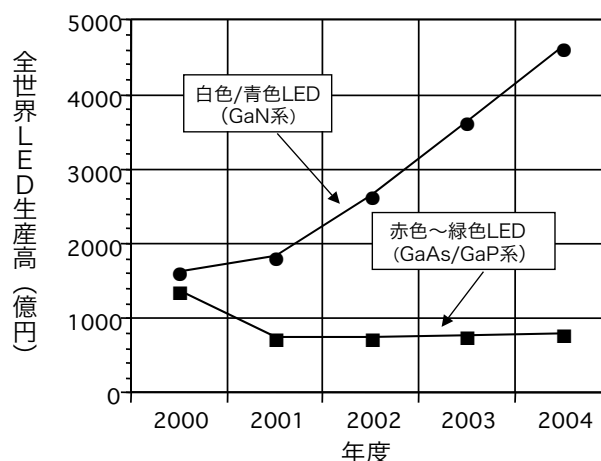


なぜ「中枢」は「辺境」に負けたのか

イノベーションにおける「辺境効果」

「この時代は我を忘れてイノベーションを追い求めている」。この言葉は官民あがて“イノベーション・キャンペーン”中の現在の日本にふさわしい。だが産業革命のまっただ中の英国で語られた言葉だ。イノベーションという現象によって市民の生活が目の前で劇的に変化していった様子がうかがえる。産業革命の落とし子として生まれたガス灯がそれまで街灯に使われていたオイルランプをまたたく間に駆逐していった事件もその一つである。同じ明るさを得るのに、ガス灯はオイルランプの1/4もの圧倒的に安いコストであったからだ。

同じような事件が200年後の日本ばかりでなく世界の各地でも起こっている。交通信号灯の電球が発光ダイオード(以下LED)に置き換えられつつあることに気がついた方も多いと思う。この事件は青色LEDの開発がきっかけになっている。それだけではない。青色LEDと蛍光体を組み合わせた白色LEDは、電球や蛍光灯の一部を置き換えたり、新たな用途を開拓して50年の歴史を持つ従来のLED(赤色から緑色)のほぼ6倍もの巨大な市場(2004)を創造した【図1】。このイノベーションの興味深いところは、その分野ではまったく新人の日本の片田舎の化学系小企業が、LEDを専門とする世界のエレクトロニクス系大企業に勝利したことだ。なぜなのか。まずは簡単に経緯を見ていこう。



【図1】青色LEDによるイノベーション。青色LED(1993)とこれを利用した白色LED(1996)の開発によって、2004年には従来の赤～緑色LED市場の6倍もの新たな市場が創造された。その大部分は白色LEDである。「白い光」は特別な色だった。

青色 LED 開発レース

1950年代になって半導体材料を利用した LED の開発が本格的にスタートした。激しい競争を経て赤色から緑色までの LED は実現し、消費電力が低く寿命が長いこの「固体の明かり」は広く普及していった。青ができれば、すでに実現している赤と緑を組み合わせればあらゆる色が再現できる。白い光も可能になる。その時には、表示・照明・ディスプレイ用などの巨大な市場が生まれることは目に見えていた。しかし実用レベルの青色 LED は21世紀になってからであろうと予想されていた。多くの解決すべき未知の技術の壁が存在していたのだ。

しかしその予想は無名の日本の企業によって破られた。1993年11月のことである。「明日から青色 LED を出荷する」との報道を聞いて、世界中が驚いた。日亜化学工業（日亜化学と略）とは一体どこの何者か。「成功した」と言っているのではない。「明日から出荷する」と言っている。もしもそうならば「白い光」も青・赤・緑の3個の LED で実現できる。誰もがそう思った。しかし1996年になって、またまた日亜化学はたった1個の LED でそれを実現した。青い光で蛍光体を励起して黄色く発光させ、補色の関係にあるこれら光を混ぜて白い光をつくった。市場は急成長した。まさに「白い光」のイノベーションが起こったのだ。

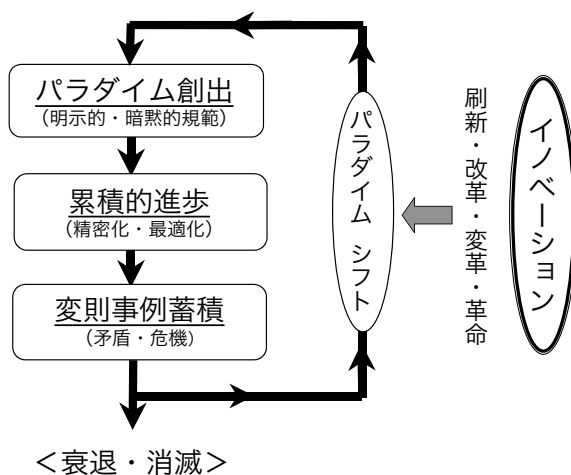
イノベーション・ダイナミクス

人の集団にはその集団に特有のパラダイムが成立している。パラダイムとは、誤解を恐れずに言えば、「ある時代や分野において支配的な規範となるものの見方やとらえ方」である。常識と言っても良いであろう。パラダイムはその集団が効率的に目標に進む“道しるべ”のような機能を果たしたり、出来事を評価する“物さし”であったりする。そのパラダイムを信じていれば、他のパラダイムを考えなくていい。空気のように、その存在にすら気づかない場合もある。パラダイムに従って目標が決まり、集団のさまざまな作業や工程は詳細に分析され、解析されて、より効率的になるように専用の設備が作られ、分業化が行われ、新たな組織やルールが作られていく。そのようにして“洗練”された集団ではさらなる精密化や最適化によって効率的に「累積的進歩」が起こり、成長し繁栄の時代が続く。

パラダイムは集団の中で一様に分布してはいない。常に濃淡がある。パラダイム濃度が特に高い領域を「中枢」という。「中枢」には権力と資源が集中する傾向にあり、パラダイムを維持し強化しようとする力学が常に働いている。「辺境」とはその濃度が低い周辺領域であり、しばしばアウトサイダーとして振る舞う。「中枢」と「辺境」との構図は、フラクタルな図形のように、分野や領域にかかわらずあらゆる大きさの集団に存在する。集団は成長するに伴い、最適化された部分を統合すれば最適化された全体を作ることができるとの考えが育っていく。集団が成熟に向かい始めた兆候であるが、それに気がつく人はほとんどいない。部分に関心を集中

させるといふこの傾向は特に「中枢」に高く、「辺境」は低い。なぜなら「辺境」は「中枢」よりもパラダイム濃度が低いゆえに、常に部分よりも全体に関心を持たざるを得ない環境におかれているからだ。イノベーションの芽は、全体を俯瞰し、システムや仕組みのどの部分がネットワークになっているかを認識することから創られていく。従って「辺境」は「中枢」よりもイノベーションの芽を創出しやすい環境にある。すなわち「辺境効果」である。

しかし成長と繁栄が永遠に続くことはあり得ない。集団がより強力なパラダイムを構築していればいるほど、その集団の慣性力は強くなる。変化に対する抵抗力と言ってもいい。時が経つにつれて内部や外部の環境変化とパラダイムが適合しない「変則的事例」は必ず出現し始めるものだ。初めのうちは気がつかない。それまで疑っても見なかったパラダイムと現実との矛盾が表面化し、そのままでは衰退するとの危機感が集団の中で生まれる。栄枯盛衰は世の習いである。そして、この矛盾や危機感を解消しようとする動きが集団の中で始まったとしよう。その動きはしばしば「辺境」から始まり、最後には全体を動かす。もちろん「中枢」がきっかけを作る場合もある。そして新たなパラダイムの下で有効な施策が打たれ、集団は再び「累積的進歩」を始めることができる。「イノベーション・ダイナミクス」とはくり返されて起こるこの一連のプロセスであり、イノベーションとは従来のパラダイムを新しいパラダイムに変革すること、すなわちパラダイム・シフトに他ならない¹⁾【図2】。



【図2】イノベーション・ダイナミクス。自らのパラダイムに従って発展成長し、内外の環境との不適合により次第に危機が生じるが、新しいパラダイムの創出によって新たな成長を目指すとの一連のプロセスを言う。イノベーションとはパラダイム・シフトに他ならない。技術・商品・市場・組織・社会など、人の創造的活動のあらゆる領域で、時の経過と共に生じている普遍的なメカニズムである。

青色 LED 開発レースに見るイノベーション・ダイナミクス

今日の LED はガリウム砒素(GaAs)系 LED の研究に始まり、赤外から赤色へ、そして緑色へと光の波長を次第に短くしながら世の中に広く使われるまでに至った。LED 技術とはこうあるべしとするパラダイムは大企業のこの GaAs 系 LED の研究・開発・製造の 50 年にわたる歴史によって作られてきた。これを“赤色パラダイム”と呼ぼう。

青色 LED の候補となる半導体材料は理論的に 2 つあった。セレン化亜鉛（以下 ZnSe）と窒化ガリウム（以下 GaN）である。安全保障のために大企業は二つの候補の研究を同時に行った。それでも本命は ZnSe 研究であり、これを行う「中枢」と GaN 研究を行う「辺境」との構図が最初から存在した。なぜなら ZnSe 研究にはそれまでの“赤色パラダイム”が適応でき、GaN 研究には適応できなかったからである。例えば、LED はウエハと呼ばれる単結晶基板の上に p 型と n 型の半導体結晶薄膜を積層して作られなければならない。そのときに、ウエハの結晶格子間隔と積層する半導体結晶薄膜の結晶格子間隔がほぼ同じでないと半導体結晶薄膜を作ることができない。GaN はその基板がなかった。しかし ZnSe の場合、長年使われてきた GaAs 単結晶基板を用いることができた。偶然にも二つの結晶の格子整合性がよかったからだ。

大企業の研究部門のマネジャーは当然ながら“赤色パラダイム”の経験者しかいない。研究はその経験に従った方が具体的に進めることができる。他の企業も同じように進めていることは学会発表や研究仲間との情報交換でわかっている。1991年の3M社による ZnSe 半導体レーザー成功の突然のニュースは“赤色パラダイム”の正しさを「中枢」に確信させた。GaN 研究は中止させられ、ZnSe 研究だけを行う“ZnSe 研究ブーム”が起こった。

日亜化学は青色 LED 開発レースに最も遅く参加した。1989年のことである。経営者の遊びと技術者の夢を GaN による青色 LED だけに賭けていた。当然ながら“赤色パラダイム”とは無縁であった。突然の“ZnSe 研究ブーム”は「辺境」にとって、競争相手が突然に消えるという千載一遇の幸運を生んだ。しかも技術の芽をはぐくむ最も大事なインキュベーションの時期に、である。先人たちの成果の上に、非凡な努力と予測しがたい幸運を付け加えて、「辺境」は1993年に青色 LED の開発に成功した。まさに「辺境効果」が起こったのだ。

「辺境」が創りだした“青色パラダイム”から見ると、同じ事実でもそれまでの“赤色パラダイム”とはまったく異なる評価が与えられる。例えば“赤色パラダイム”で欠点とされた GaN 結晶の高い格子欠陥密度は新たな発光メカニズムの理解につながった。一方、格子欠陥密度が低いという ZnSe の長所は実用性を考慮し始めなければならない段階に至ると融点が低いという解決不可能な欠点として認識され始めた。“赤色パラダイム”を信奉する「中枢」においても「変則的事例」として認めざるをえない事例が出てきたのである。

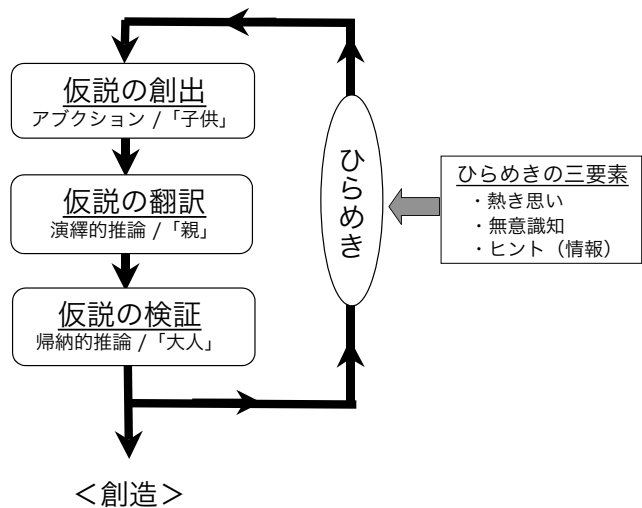
日亜化学の成功が真実とわかると、「中枢」は次第に ZnSe 研究を中止し、GaN 研究を復活させていった。“赤色パラダイム”から“青色パラダイム”へのパラダイム・シフトが起こったのだ。

しかし遅い企業では4年もかかっている。その上に白色LEDの成功が追い打ちをかけた。青色LED技術を持ち、蛍光体技術を持った企業は世界でも日亜化学の他にはなかったのだ。偶然とはいえ技術融合の典型例である。新たなパラダイムに転向した時、「中枢」は「辺境」に水をはるかに空けられていた。「中枢」のパラダイムの慣性力はそれほどまでに大きかった。

「コンセプト創り」と「モノ作り」

イノベーション・プロセスの本質を理解するには、「研究・開発」との言葉よりも「コンセプト創りの場」と「モノ作りの場」から構成されると考えた方がいい。創造的な商品を生み出すとする時はパラダイムの異なるこの二つの「場」を必ず経由して行われるからだ。日本が欧米企業のキャッチアップに励んできた時代は顕在化していたニーズを実現する“モノ作り”だけでよかった。しかしフロントランナーに立つとニーズは潜在化し、“モノ作り”の前に“コンセプト創り”が不可欠になった。コンセプトとは仮説である。仮説は「創造のプロセス」に従ってその正しさが検証されなければならない【図3】。

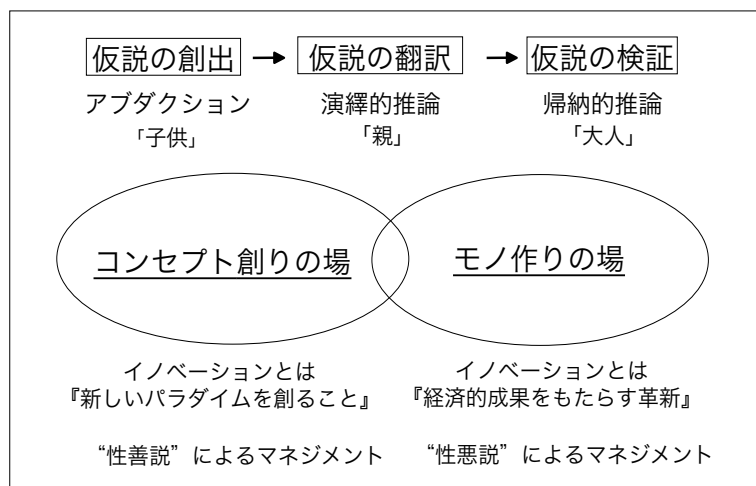
二つの「場」は具体的に何が違うのか【図4】。「コンセプト創りの場」においては、「イノベーションとは新しいパラダイムを創ること」である。世界で初めての画期的な技術や商品などを創り出し、流れを変えることだ。「インベンション(発明)はイノベーションの母」であって、失敗も次のイノベーション創出のための重要な資産と考える。視点は「あした、あさっ



【図3】 創造のプロセス。仮説を創出し、実行可能な案に翻訳し、それを事実によって検証するとの「科学」の創造の基本プロセスである。これをくり返すことによって仮説の確からしさは増していく。それぞれのステップでは、それぞれの特有の推論形式と自我状態がある。図2の「イノベーション・ダイナミクス」と図3の「創造のプロセス」は等価である。

て」に置かれ、「何をすべきか、解決するのか」という「質」が求められる。重要なのは「いかにうまくやるか」ではなく、「何をやるか」である。戦略的思考の場であり、定量的というよりもむしろ、定性的な判断、感性や洞察力がより重要となる。「コンセプト創りの場」では「辺境効果」が有効に発揮される。「場」の重要な推論プロセスはアブダクション²⁾であり、「子供」の自我状態³⁾を持つ人材が不可欠だ。結果として「コンセプト創りの場」では性善説が支配するリラックス・マネジメントやチャンス・マネジメントが行われる。

一方、「モノ作りの場」においては、「イノベーションとは経済的成果をもたらす革新」でなければならない。「インベンション（発明）は必ずしもイノベーションにはならない」のだ。市場での成功がより厳密に考慮されねばならない局面にあり、やるべき仕事がさらに具体的に限定される。性能、歩留まり、コスト、精度、安全性などの「量」が厳しく要求される。「いかに確実に作り出すか、いかにうまくやるか」が重要であり、定性的というよりもむしろ、定量的で論理的な判断がより重要である。戦略的と言うよりはむしろ戦術的思考の場である。技術者の自由度も少なくなる。「場」の主要な推論プロセスは演繹的推論と帰納的推論であり、「親」および「大人」の自我状態の優勢な人材が不可欠だ。視点は「今、今日」に置かれる。時間はないし、失敗は許されない。投入される研究資源の量も多く、失敗した場合の損失が著しく大きいからである。組織も、職務内容に従って分業化したり、確実に業務を遂行するため



【図4】商品開発の二つの場。創造的な商品開発プロセスとは「創造のプロセス」を実行することであり、「コンセプト創りの場」と「モノ作りの場」の二つの「場」から成り立つ。前者は性善説が、また後者は性悪説が「場」を支配している。それぞれの「場」はイノベーションの定義・主要な論理・考え方・人材・マネジメント等が本質的に異なっている。

に厳密な階層構造に変える。結果として「モノ作りの場」は性悪説が支配するリスク・マネジメントやストレス・マネジメントが行われるようになる。

「中枢」はイノベーションの芽を創ることができるか

歴史の上では、「辺境」が創出したイノベーションの芽を、結局は「モノ作りの場」に強い「中枢」に奪われ、イノベーションが達成されるとの事例はしばしば見られる。X線CTもその一つである。英国の音楽レコード会社であったEMI社の技術者G. ハウンズフィールドは革新的なX線CTを1972年に生み出した。そして1979年にノーベル生理学・医学賞を受賞した。しかしEMI社は「モノ作りの場」に失敗して、巨大な放射線機器メーカーのGE社などに事業を奪われた。目標が明確になった場合は、その分野の「中枢」が往々にして圧倒的な力を発揮する。とは言え「辺境効果」のイノベーション創成における有効性は変わらない。

さて、青色LED開発レースで勝利した「辺境」は「中枢」になりつつある。現在のあらゆる「中枢」もかつては「辺境」だった。そればかりではない。近年、日本企業がイノベーションに大いに関心を持つようになった結果、皮肉なことに、企業の「コンセプト創りの場」は効率性を重視する伝統の“モノ作りパラダイム”の支配を強く受けるようになった。「辺境」の「中枢」化である。「辺境効果」がより起こりにくくなった環境の中で、イノベーションの芽を創るにはどうすれば良いのであろうか。イノベーション・ダイナミクスを継続させる難しさは、ここにもある。

-
- 1) イノベーション・ダイナミクスとは、米国の科学史家T. クーン(1922-1996)が「科学革命の構造」(中山茂訳・みすず書房・1971)の中で述べている科学革命の発生のメカニズムと本質的に同じである。
 - 2) 米国の哲学者C. S. パース(1839-1914)の著述から示唆されることは、「創造のプロセス」とは、①アブダクションによる推論で行われる「仮説の創出」のステップ、②演繹的推論により仮説を実行可能案に変換する「仮説の翻訳」のステップ、③帰納的推論により仮説の正しさを事実から確認する「仮説の検証」のステップから成る。これら三つの推論は互いに独立ではなく、仮説・事例・結論の三つの要素で結びつけられていて、どの要素から推論を始めるかによって三つの異なる推論プロセスが生まれる。
 - 3) カナダの精神科医E. バーン(1910-1971)の交流分析(TA)によると、人は「親」・「大人」・「子供」の三つの自我状態を持ち、そのバランスがその人の心理的特徴として現れる。また自我状態の定義から、人は日常の生活において、「親」の時は演繹的推論を行い、「大人」の時は帰納的推論を行い、「子供」の時はアブダクションによる推論を行う傾向にあると理解される。