

大規模科学技術システムの研究開発における 知識創造インテグレーション

○米澤 克雄 (科学技術政策研究所)

要旨： わが国の科学技術の発展過程を解明するために、その重要な切り口として、国家的なプロジェクトである大規模な科学技術システムの研究開発をとりあげ、航空宇宙開発を事例として、わが国では比較的に不得意とされてきた大規模システムの研究開発マネジメントについて知識創造インテグレーションと意味づけて導入、習熟、発展を探る。

1. はじめに

日本のマネジメントはその中にユニークな組織的知識創造を産みだした。我が国の科学技術は組織的知識創造をインキュベータとして著しい発展を遂げた。国家的なプロジェクトである大規模システムの研究開発においては、欧米流のプロジェクト管理を縦糸にし組織的知識創造を横糸として組織間に知識創造ネットワークを編みだし、これにより人材、資金、時間の制約を克服して効率的に先端技術を創出した。本論文はこの形成プロセスを検証する目的をもつ。

科学技術の発展過程を解明する社会科学的なアプローチとして、経営学の分野を中心に生命科学の著しい発展を背景として生命体と組織とのアナロジーから組織を生命体としてとらえるパラダイム(野中1985)がおこった[文献1]。組織の役割が価値の創造にあると位置づけると、組織の生命力とは価値の創造力である。価値とは知的ストックである知識もしくは知識のフローである情報を指す。この観点から組織の生存、成長、繁殖、進化の各プロセスが個人、集団、組織の相互作用として体系づけられきた[解説書、3]。その結果、世界中がその実際のメカニズムを抽出しようとして探ってきた、シュムペーターの言う、「組織的な技術革新」、とりわけ、わが国の製造技術の発展過程が、「情報創造」(野中1985)による組織の進化プロセス、および「知識創造」(野中1990)による組織のイノベーション(新結合、技術革新)プロセスというダイナミックスにより解明されてきた[2]。組織的知識創造はイノベーションの源泉を「暗黙知」としてとらえる。この手法を用いて、研究開発のメカニズムについて「組織的知識創造」として解明が試みられた[組織知の創造ワークショップ、4]。

大規模なシステムの開発のマネジメントとしてプロジェクト管理の思想が戦前、戦後の航空機開発を中心とする技術導入を契機に欧米から我が国にもたらされた。環境の異なる日本にそのまま当てはめることは難しいことがわかってくると、それが機能して行くように組織的な工夫が施されて、結果として、その手法本来の意図を超えてわが国の土壌で突然変異しわが国で役立つように作り替えられてきた。たとえば、品質管理の技法がわが国ではQCサークル、ZD運動、TQCなどにより「各々の仕事を通じて品質を創り込む」という全社的運動に変換された。

宇宙開発の技術導入においては、アポロ計画のプロジェクト工学およびシステム工学が移入された[5]。導入企業は、これらの技法に振り回されることなく自社の伝統技法を

補完する形で取り入れ、その後の自主技術育成に活用することとなった。すなわち、プロジェクト工学がいわばインタフェース整合の手段であったものをイノベーションの手段に高めて、プロジェクト・マネージャーのもとに、目的、機能のことなる社内、社外の組織と水平的に結合した横断的組織を編成、もしくは、これに参加し、知識創造のインテグレーションの場を作りだし、日本に今までなかった数々の極限技術を生みだしてきた。

知識創造インテグレーションとは、大規模システムの研究開発において設定した目標を所定の期間と予算の範囲内で達成を図るために、研究所、大学、法人、民間企業を横断的に結合したネットワーク機構を編成し、それらの組織に所属する数十名から数百名の研究者、技術者を有機的に統合することにより、未踏領域への知識創造、すなわち「極限技術の創造」を効果的に誘発する開発マネジメントである。これらの大規模システムの開発がめざす知識創造は、一言で表現すると、極限技術の創発であり、将来の技術革新のシーズとして計り知れない潜在能力を産業界にもたらすものと大いに期待される。

2. 大規模科学技術システム

大規模科学技術システムとは大規模な施設・設備、広範な研究者、技術者の取り組み等が必要であるため、国家的な支援によること、さらには国際的な協力によることが不可欠な研究開発プロジェクトであり、原子力、航空宇宙、海洋のようなメガテクノロジー、核融合、超伝導、遺伝子のようなメガサイエンスがこれに当たる〔11〕。

大規模システムはその根幹が未踏領域をなしており、その開発要素としては既存の科学技術の適用範囲をさらに未踏の環境に広げる極限技術の構築が不可欠となっている。極限技術とは、民生品がそのままでは役に立たない極低温、超高温、高真空、ランダム振動、応力腐食のような高負荷の環境に用いることのできる材料、部品、システムを追求するものである。大規模システムの開発には研究者及び技術者を統合し、利用可能な科学技術資源を駆使してあたる技術統合力を必要とする。

大規模科学技術システムの研究開発は本質的に「開発リスクの経験則」といわれるジレンマを包含している。この研究開発の全体計画は一般に三つのファクターで規定することができる。すなわち、要件A、「革新的な開発目標」、要件B、「所与の期間」、及び要件C、「資金の枠」である。要件Aの革新的な目標は既存の技術のみでは開発が達成できない性格のものであり、要件Bの所与の期間は技術開発に付きもののトラブルが長引くと目標ないし資金を緩めない限り達成されないものであり、要件Cの資金の枠は技術開発トラブルが長引くと目標ないし期間を緩めないかぎり守れないものである。そのジレンマとは、「三つの要件の内たとえ二つが満足できても、さらに残りの一つを満足することは至難の技である」というものである。言い換えると、「三つの要件を同時に満足することは至難であるが、ひとつを大幅に緩めることにより、他の二つを満足し得る」。この有名な事例として米国のアポロ計画がある。上記の三つの要件を同時に満足することを極力はかりつつ大規模システムの開発を進めるには、用い得る科学技術資源を駆使すると共に、研究者、技術者の知識創造を誘発し統合する研究開発マネジメントが不可欠となる。

3. 知識創造のメカニズム

本節では大規模システム開発における「知識創造のメカニズム」について個人レベル、集団レベル、組織レベル、組織間レベルとスパイラルに積み上げて四つの視点から整理し、エクスパティーズ（知識資源）として考察する。

「知識創造」とは、暗黙知と形式知との情報交換を促進して創造的な知識を生み出すプロセスであり、イノベーションの本質は知識創造のプロセスとして実証的にとらえることができる〔2〕。大規模システムの研究開発においては、個人、集団、組織、組織間による知識創造により先端技術の創発が行われる。

ポラニー〔6〕によれば、人間は意識しなくとも絶えず五感のすべてを通じて様々な情報（例、顔の特徴、外観の認知）を自動的に吸収しており暗黙知（非言語型知識、tacit knowledge）として脳（右脳と考えられる）に蓄積している。暗黙知はそのままでは五感を介して読み出すことができる（例えば、顔、声、仕草で群衆の中から知人を識別する）のみであり、知っていながら互いに語ることでできない非言語的、包括的、主観的な知識である。他方で、意識的にいつでも言語化し情報として引き出すことのできる客観的な知識が形式知（言語型知識、explicit knowledge）として脳（左脳と考えられる）に蓄積されている。このように知識は暗黙知と形式知に分類できる。

右脳（暗黙知）は直感、空間的な知覚、包括的な理解、道をたどる能力、イメージの形成、視覚的思考、並列的思考をもたらす。左脳（形式知）は言語（ただし左利きの三分の一は言語中枢が右脳にある）、論理をつかさどり順序、時間を認識し言語的思考、直列的思考を行い、総じて分析的、演繹的に情報を処理する特徴があり新しいことを生み出すことはない。無から有は生じないことから人間の創造の源泉は右脳（暗黙知）にあることが実証的にとらえられている〔7〕。創造性の開発においては潜在意識の働きが不可欠であることが実証されている〔8、9、10〕が、右脳は創造の母胎として潜在意識の働きをつかさどり、創造の胎児として夢、直感をもたらす、暗黙知の形で蓄積される。右脳と左脳が脳梁によって結ばれて情報の交換を行うことから、暗黙知と形式知の間では情報の交換が行われていることになる。すなわち、暗黙知の情報がメタファー、アナロジーなどの言語表現で形式知に「表出化」（externalization）される。形式知の情報がイメージの形で暗黙知に「内面化」（internalization）される。暗黙知の中に創造的なイメージの醸成を促進するためには、創造性に不可欠といわれる右脳（暗黙知）の働きを左脳（形式知）の束縛から解放し右脳型人間として如何に活性化するかが大きな課題となる。

（1）個人レベルの知識創造とは： 個人的知識創造は、個人の暗黙知と形式知との情報交換を促進して創造的な知識を生み出すプロセスであり、暗黙知の中に創造的なイメージを醸成し、形式知として表出化し、さらに形式知を暗黙知に内面化し、再び暗黙知の中に創造的なイメージを醸成するという正のサイクルを行う。

（2）集団レベルの知識創造とは： 集団は個人を構成員としており、対話を通じて個人、個人の暗黙知が異分野に遭遇しつつ次第に交換されて暗黙知が集団で「共同化」（socialization）され「集団暗黙知」が創造される。また、個人、個人の形式知も「結合化」（combination）され「集団形式知」が創造される。

（3）組織レベルの知識創造とは： 組織は集団を構成員としており、対話を通じて各集団の集団暗黙知が異なる集団カルチャーに遭遇しつつ次第に交換されて集団暗黙知が組織で「共同化」され「組織暗黙知」が創造される。また、各集団の集団形式知も「結合化」され「組織形式知」が創造される。

（4）組織間レベルの知識創造とは： 複数の組織にまたがるマルチ組織（組織間）は組織を構成員としており、対話を通じて各組織の組織暗黙知が異なる組織カルチャーに遭

編成し、別々の組織からの研究者、技術者を有機的に統合することにより、未踏領域への知識創造、すなわち「極限技術の創造」を効果的に誘発する開発マネジメントである。インテグレーションの仕組みにはインテグレート方式とプライム方式がある。

(4) 知識創造のエンジニアリング： プロジェクト工学とシステム工学を研究開発分野に特定し研究開発のための知識創理工学として融合する技法であり、メタファー、アナロジー、モデル、カオス、引き込み、シナジーを用いて知識創造を誘発する。

5. 知識創造の生産性（日本と欧米の比較）

(1) ミドル・アップダウン・マネジメントの効用： 日本の経営は、欧米と異なり、そこでは完全なトップダウンも行われていないし、完全なボトムアップも行われていない。トップとボトムの間には組織系統を離れた情報バイパスがいくつもあり企業は柔軟に使われてきた。ミドル・アップダウン・マネジメント（野中1990）においては、ミドルは、トップダウンによる戦略とボトムアップによる戦術とを、トップとの対話、ボトムとの対話を通じて、有機的に調整、整合させる役割を果たすのみならず、それらの戦略および戦術の実施についても責任を担う。

(2) マトリックス組織の限界： 欧米のマトリックス組織の知識創造が分野別に分かれて行われ、複合分野にまたがる知識創造が脆弱となる欠点を持つ。日本の組織においては、自己の領域に関係あることは何でもこなせるのが専門家のウデとの価値観があり単一領域の専門家から周辺領域の経験を積み重ね複合領域の専門家に成長する伝統がある。

(3) 人材活用とモービリティ： 日本の研究開発組織は、手持ちの研究者、技術者を内部でやりくりし仕事を進めて行く。欲しい人材が外部から得やすい欧米の雇用環境に比べ、即戦力やエクスパティーズ流動性に劣るが、出向契約制度が雇用慣行を壊すことなく組織間で特定の人材を特定のタスクのために供給することを可能にし弱点を補っている。

(4) 企業風土の超越／融合： 日本のネットワークには構成員に組織風土・文化の交流があるが、欧米の研究者・技術者は、流動が激しいため組織への帰属意識は弱くなり、ネットワークにおいてもお互いを組織文化の交流の媒体としては捉えてはいない。むしろ、欧米の研究組合にみられるように個人エクスパティーズの交流の場となっている。

(5) リーダーシップの存在： 知識創造のネットワークはビジョンを与える精神的リーダーの存在が成功の重要な因子となっている。リーダーは、正しい判断がしばしば多数決では得られない（多数決のパラドックス）ことに留意し少数意見にも十分に耳を傾けていづれかの道を選択する。日本のリーダーは、組織の内部で連綿と養成されており内部を熟知しているが、このためにむしろ束縛され易く、戦術には長けているが戦略には弱い傾向をもつ。欧米のリーダーは、組織の内部で養成されるよりも、ある分野でリーダーシップを発揮した人材が外部からスカウトされてなることが多く、内部を十分に把握してないが逆に束縛されにくい立場にあり、戦術には弱い戦略には長けている傾向を持つ。

(6) 知識創造の担い手： 米国は理工学離れで不足する頭脳の供給源を海外に依存し抜きんでた技術革新力の源泉としてきた。一方では、産業の空洞化が進行する中で自らが使わない米国の技術蓄積について外国企業のただ乗り論が流布し、80年代に入ると知的所有権の解釈の範囲を拡大し保護を強化するプロパテント政策がレーガン政権下で打ち出され、外国企業に対する特許侵害訴訟が相次いだ。他方では、89年11月にベルリンの壁が崩壊すると共に大幅に東西の軍縮が実現され、今まで軍産複合体が独占してきた米国の

遇しつつ次第に交換されて組織暗黙知がマルチ組織で「共同化」され「組織間暗黙知」が創造される。また、各組織の組織形式知も「結合化」され「組織間形式知」が創造される。

(5) エクスパティーズの創造： エクスパティーズ（研究開発の産み出す知識資源）は個人、集団、組織、マルチ組織がそれぞれのレベルで蓄積している専門知識のストックを総称するものであり、個人知（暗黙知、形式知）、集団知（集団暗黙知、集団形式知）、組織知（組織暗黙知、組織形式知）、マルチ組織知（組織間暗黙知、組織間形式知）からなる。日本ではエクスパティーズが集団、組織で作り上げる共有財産であり、ここではひとりが欠けてもバックアップできるような自己保存機能があり構成員が相互に重なり分有しており、個人レベルの移転はただちに役立つようなエクスパティーズの移転を他にもたらしにくい。欧米ではエクスパティーズが個人財産であり、人材の移転はエクスパティーズの移転を意味する。

4. 知識創造のマネージメント

日本のマネージメントはその中にユニークな組織的知識創造を産みだした。我が国の科学技術は組織的知識創造をインキュベータとして著しい発展を遂げた。国家的プロジェクトである「大規模科学技術システム」（第2節）の研究開発においては、欧米流のプロジェクト管理を縦糸とし組織的知識創造を横糸として組織間に知識創造ネットワークを編みだし、これにより人材、資金、時間の制約を克服して効率的に先端技術を創出した。「知識創造のメカニズム」（第3節）は組織間における暗黙知と形式知の情報交換を促進し創造的なエクスパティーズを産み出すものである。知識創造のネットワークは大規模システムの研究開発に参加する企業、研究所、大学、法人のような独立組織を横断的に結合した機構であり、それらの組織からの研究者、技術者を構成員とする時限的な有機体である。「知識創造のマネージメント」は、大規模システムの研究開発のために設定した「知識創造のプログラム」、すなわちプロジェクト計画を所定の期間と予算の範囲内で達成を図るために、「知識創造のネットワーク」を編成し、別々の組織からの研究者、技術者を有機的に統合する「知識創造のインテグレーション」を達成し、未踏領域への知識創造、先端技術の創造、を効率的に誘発する。「知識創造の生産性」（第5節）は欧米と比較してユニークな文化的普遍性があることから、我が国の知識創造マネージメントは、他分野への波及効果が豊かであり、21世紀への普遍言語としてグローバリゼーションを支えて行くものと期待される。

(1) 知識創造のプログラム： 大規模システムの研究開発についてプロジェクト遂行上の指針（目的、範囲、仕様、遂行方針、実施内容、実施事項、実施体制、スケジュール、資金計画など）をインテグレータ（統括者）が設定し維持するものであり、この研究開発に参画する人、集団、組織が広く共有すべき知識（暗黙知）を形式化するものである。

(2) 知識創造のネットワーク： 大規模システムの研究開発に参画する民間企業、研究所、大学、法人のような独立組織を横断的に結合したネットワーク機構であり、それらの組織から参加する研究者、技術者を構成員とし、数十から数百名の規模のチームとして構成員を有機的に統合する時限的な組織であり、自己組織性、運命共同体性、自立性を内包する。構成員の居場所により、分散方式と集中方式がある。

(3) 知識創造のインテグレーション： 大規模システムの研究開発のため設定した研究開発目標を所定の期間と予算の範囲内で達成を図るために、「知識創造ネットワーク」を

優秀な頭脳が民生部門に大量に放出された。かつてのシリコン・バレーと同様に、この放出頭脳が新たな技術革新を創発するものと期待されている。日本では80年代になると理工学離れ、製造業離れが進行し、米国のように不足する頭脳の供給を海外に求める雇用環境にない我が国においては、若齢人口の減少の中でさらに悪化すると、研究者・技術者が近い将来に慢性的に不足する事態が懸念される。

6. 他分野への波及効果

(1) グローバリゼーションへの普遍言語：日本の経営は組織的知識創造を編み出した。グローバリゼーションを迎えて、日本の経営のこれからの課題はいかに組織的知識創造を国際社会に貢献できる普遍的な原理に高めて行くかにある(野中1990)。知識創造マネジメントは、21世紀の普遍言語としてグローバリゼーション、地球規模の国際協力、を支えて行くものと期待される。

(2) 組織間知識創造のフレームワーク：国家的なプロジェクトである大規模システムの研究開発においては、欧米流のプロジェクト管理を縦糸にし日本流の組織的知識創造を横糸にして組織間の知識創造を編み出して、これにより人材、資金、時間の制約を克服して数々の先端技術を大規模システムの要素技術として効率的に創出した。組織と組織を水平に結合しイノベーションを創発する、組織間知識創造のフレームワークが、官民を問わず、次世代のプロジェクト推進に不可欠の役割を担うものと考えられる。

(3) 先端技術の基盤構築：国家プロジェクトとして大規模システムの研究開発は、産学官の様々な組織がネットワークを構成しタスクを分担して研究開発に参加することで、その要素技術の開発過程において日本に今までになかった極限技術を数々と産みだした。同時に、大規模システムの研究開発の成果は企業レベルでも活発となった先端技術の研究開発に対してその基盤の構築に大きく寄与してきた。

引用文献リスト

- [1] 「企業進化論」、野中郁次郎、日本経済新聞社、1985
- [2] 「知識創造の経営」、野中郁次郎、日本経済新聞社、1990
- [3] 「生体から学ぶ企業の生存法則」、織畑基一、ダイヤモンド社、1993
- [4] 「組織知の創造をめぐる学際的研究に関する国際ワークショップ・予稿集」、科学技術庁 科学技術政策研究所、1993年3月
- [5] 「プロジェクトエンジニアリングハンドブック」、久保園晃ほか、日刊工業新聞、1979
- [6] 「暗黙知の次元」、マイケル・ポラニー(原著1966年発行)、紀ノ国屋書店
- [7] 「右脳革命」、T. R. プレークスリー(原著1980年発行)、新潮文庫
- [8] 「創造性の開発」、ヴァン・ファンジェ、岩波書店、1963
- [9] 「創造工学における設計手順」、ハロルドR. ビュール、鹿島出版会、1965
- [10] 「理系のための独創的発想法」、ア・ベ・ミグダル、東京図書、1992
- [11] 「科学技術白書」、科学技術庁、平成4年版