

この論文は the Official G.Altshuller foundation の許可に基づいて掲載されたものです。
This paper was published with the permission of the Official G.Altshuller foundation
(下記 URL はファウンデーションのサイトにリンクされています)

www.altshuller.ru/world/eng/

【訳者による紹介】

日本における T R I Z の歴史は「超発明術」として始まったため、日本の人々に T R I Z の本質が見えにくくなってしまった嫌いがあります。私達は、ややもすれば「魔法の杖」、あるいは「占い師の商売道具」に近いもののように受取られがちな T R I Z を、難しい問題に取り組んで考える人にとって欠くことのできない、当たり前思考支援ツールとして位置づけ直したいと考えています。その目的で、このコーナーでは、売り口上でない、素顔の T R I Z を示す論文を掲載してゆきます。

ここに紹介するのは T R I Z を創始したアルトシュラーが友人のシャピロとの共著で 1956 年に当時のソ連の学術誌「心理学の諸問題」に投稿した、彼の初めての論文です。学術論文として書かれたものですから、読みにくいところもあると思いますが、是非目を通していただきたいと思います。アルトシュラーが T R I Z によって目指したものが何なのかが、極めて素直に表現されていると思います。

発明的創造の心理学について

G.S.アルトシュラー、R.B.シャピロ（バクー市）

雑誌『心理学の諸問題』第 6 号、1956 年、37～49 頁

翻訳：産業能率大学 総合研究所 T R I Z センター 黒澤 慎輔

労働手段の改良にたずさわる人間の心理の研究は、技術の進歩を実現する人の創造的活動における法則性の解明と理解にとって大きな意義をもっている。

残念ながら、技術的創造がもつきわめて大きな意義と、これまで心理学においてこの問題に向けられてきた関心との間には、歴然たる格差がある。この格差を確認するには、1934 年に出版された P.M.ヤコブソンの著書「発明者の創造活動の過程」が、ソビエトの心理学文献の中で、この問題に関する唯一のモノグラフであると指摘することで十分であろう[7]。P.M.ヤコブソンの著書は、著者が拠り所とする命題が誤っているにもかかわらず、他に研究が存在しないために、一般心理学の教科書や科学者の労働の組織化に関するモノグラフ、さらには通俗科学書における、技術的創造の心理学の問題に関する記述に多大の影響を与えてきたし、また現在も与え続けている。

ヤコブソンの著作は、D.ロスマン[8]によって既に提唱されていた創造過程の諸段階を形式に基づいて経時的な諸ステップからなる体系とする理解に基礎を置いている。

D.ロスマンとP.M.ヤコブソンは、発明者の創造活動における内在的法則性を研究せず、発明という心的活動に含まれる、解決策を探求する段階と、それを技術的に具現化する段階という、心理学的特性からみて相互に異なる諸過程を同一のものとして捉えている。これは、D.ロスマンも、またP.M.ヤコブソンも、技術的創造全般、特に発明的創造という心的活動の特徴を解明できなかったためである。その結果、発明的創造の心理学に関する原則的な問題が未解決のまま残されることになった。両者は、この問題に研究のメスを入れることなく、「ひらめき」、「明晰化」、「推測」、「萌芽」、「育成」などといった、具体的な科学的内容を欠いた用語を使っている。

K.G.ヴォブルイのモノグラフ「科学者の労働の組織化」の該当する各章も、これと同じ誤った立場から書かれている。K.G.ヴォブルイは「創造的過程の事前段階として、準備、育成、成熟、およびひらめきといったステップを区別することができる。日常の思考においては、これらのステップはしばしば相互に重なり合っている」と書いている[2; 123~124]。この「分析」は、既に50年以上も前にT.リボーによって述べられていた見解、すなわち「この潜在的活動が十分な段階までなし遂げられた時に、意図的な知的緊張の結果として、あるいはまた、あたかも期待されていた解決のイメージが隠れていた幕を引き上げてくれるかのような、何らかの知的発見に伴って、解決のアイデアが突如として姿を現す」[5; 228]という所説からいささかも前進していない。

これらの見解の基礎には、既にA.ベンによって提唱されていた、技術的創造の諸過程のあらゆる多様性を、「試行錯誤の法則」によって導かれる「思考実験」へと帰着させる「建設的知性」の理論が横たわっている。この理論の影響は、S.L.ルビンシュテインの「一般心理学概論」のようなきわめて重要な労作にさえ現れている。「合理化、修正、あるいは何らかの新規性が求められる一つの点が発見され、着目され、認識され、発明者の意識の中に深く根づいた時に、発明者の頭脳に浮かんでくるきわめて多様な観察所見、また、あらゆる知識のこの一点への集結と吸収という特異な過程が始まる。これらすべての観察所見と事実は、あたかもこの中心点に向けて狙いを定めたかのようにして集結し、発明者の思考をとらえている課題との間で対比され、関連づけられる。そして、時としてまったく予期しなかったような多数の対比が発明者の頭の中に生じてくる。」[6; 576]

しかし一方では、S.L.ルビンシュテインは発明的創造の特徴点を初めて正確に指摘

してもいる。「発明は、品物、実在する事物、メカニズム、あるいは特定の問題を解決するための手法、を創出しなければならないという特質によって、他の形式の創造的な知的活動から区別されている。発明者の創造活動の独自性はこのことによって決定されている。すなわち、発明者は、何らかの新規性を現実のコンテクストのうちや、何らかの活動の実在する流れのうちに導入しなければならない。それは、抽象的に分離された限られた数の条件のみを考慮しなければならない理論的問題の解決とは本質的に異なるものである。発明者にとって、現実とは、人間の活動と技術によって歴史的に媒介された現実であって、ここには科学的思考の歴史的発展が体现されている。それ故、発明の過程は、何らかの新規性を導入すべき現実のコンテクストから出発し、また、これに対応する科学的コンテクストを考慮しなければならない。発明の過程を構成する様々な要素の持つ一般的方向性および固有の特質は、このことによって決定されている。」 [6; 575]

しかし、この定義は完全に正確という訳ではない。なぜなら、例えば建築家もまた、「実在する事物」を創出し、何らかの新規性を「現実的コンテクスト」のうちに導入し、かつこの際に「これに対応する科学的コンテクスト」を考慮しなければならないからである。この不正確さが故に、きわめて有益かつ重要なある認識が事実上見過ごされてしまい、広く普及している学校教科書では、今日でも、ただ単に創造「全般」についてしか語られていない。

創造の心理学は、心理学の中で研究が最も手薄な分野の一つとなっている。

創造は、多様で捕らえ難い法則性をもつ複雑な過程である。しかし、研究者の課題は、発明という創造活動が持つ特殊性によってある程度まで単純化されている。芸術における創造の結果は、芸術作品が反映する客観的現実だけでなく、作者の世界観や美的理想、さらには偶然的原因など、多数の原因に依存している。これに対して、発明的創造の方は一定の法則に従って発展する技術の変化と結びついている。新たな労働手段の創出は、この変化に対する主観的關係とはかかわりなく、客観的法則性に従っている。一般的に言えば、芸術における形象化は、多くの点で現実から遊離したものであり得る（例えば物語、伝説、神話におけるように）。しかし、技術課題は、いかなるものであれ、科学的法則に従い、技術発展の法則性に依拠しなければ解決することはできない。

発明的創造の心理学の研究は、技術発展の基本法則の研究と切り離して進めることができない。発明者の活動は新たな技術的対象の創出に向けられており、発明者は技術進歩の過程の参加者である。それ故、発明的創造の心理は、技術の発展法則についての深い知識があって、はじめて理解可能となる。言うまでもなく、今述べたことは、研究者は技術進歩のメカニズムの研究にのみ従事しなければならないということを意味しない。発明的創造の心理学の科学の一部門としての独自性は、技術発展の客観的法則性と主観的・心理的要因とを同時に考慮しなければならないという点にある。発明的創造の心理学は、何よりもまず、心理学の一分野である。それ故、その関心の中心には、発明者たる人間、すなわち技術の改良に従事する人間の心理活動がある。発明的創造の心理学は、人間心理の主観的世界と技術の客観的世界との間をつなぐ架け橋の役割を果たすものであり、それゆえに、発明的創造の研究に際しては技術発展の法則性を考慮に入れなければならないのである。

発明の創造過程は、物質的・事物的側面と心理的側面の 2 つの側面をもっている。発明活動の物質的・事物的側面を解明するためには、技術発展の歴史に関する知識と技術進歩の基本法則に関する理解が必要とされる。技術史資料の研究、具体的発明の分析が、技術的創造の心理学の最も重要な源泉の一つをなしている。

発明活動の心理的側面における法則を解明するためには、発明者の創造活動過程の体系的観察、革新者の経験の一般化、ならびに経験を現実的条件に最大限近似させた条件に置く方法による実験的研究が必要とされる。

このような方針による作業が筆者らによって 1948 年から進められた。多数の技術史資料や偉大な発明者の仕事に関連する幅広い回想文献が検討された。「ソ連発明集成」に記載されている発明の説明、また諸外国の特許文献の体系的検討が行われた。ソ連産業界の先進的企業の革新者の経験を分析して、そこに一般的傾向を発見することについても、特に注意が払われた。アゼルバイジャン石油産業界の発明者および合理化提案者の創造的活動については、筆者ら自身が観察を行った。また、これらの作業を通じて得られた結論について、ヴァノ・スツルア記念クラッキング工場および「レーニンネフチ」油田管理所の 8 号油田の 2 箇所において実地検証を行った。

このようにして得られた結論を正確に説明するためには、技術発展の基本法則の内容を踏まえる必要があるが、この法則の体系は複雑かつ多様であり、全体を説明する

ことは本論文の課題を超えるため、ここでは創造的過程の本質を理解する上で不可欠な情報を紹介するにとどめておきたい。

K.マルクスは「資本論」において、機械の構造的・機能的特性を次のように特徴づけている。「あらゆる発達した機械の総体(entwickelte Maschinerie)は、本質的に異なる3つの部分、すなわち、原動装置、伝動機構、最後に道具または作業装置から成っている。原動装置は機構全体の原動力として働く。原動装置は、蒸気機関、熱機関、電磁気機関などのように、それ自身で原動力を生み出すこともあれば、また、水車が落水から、風車小屋の風車が風からというように、外部の何らかの既存の自然力から運動量を受け取ることもある。伝導装置は、運動を調節し、必要があれば運動の形態を、例えば垂直運動から円運動にというように変化させ、それを分配して作業装置に伝達する。機構のこの2つの部分は、作業装置を運動させ、これによって作業装置が労働対象を目的に応じて変化させるようにするためにのみ存在する。」[1; 378~379]

機械の主要構成部分である作業装置、伝動装置および原動装置の間には一定の相関関係がある。なぜなら、これらすべての部分は密接な相互連関と相互被制約性のうちにあるからである。生物学者には、ダーウィンが成長の相関法則と名づけた法則(生物体の各部分の変化は、常に他の部分の変化と相関関係にある)が古くから知られている。この法則は、現象の普遍的相互連関についてのマルクス主義弁証法の有名な命題の個別的ケースである。機械の発展過程におけるその各構成部分の相互被制約性は、弁証法の一般法則のもう一つの個別的ケースである。

機械の主要構成部分の間に相互連関が存在するため、個々の部分の発達は、一定の限度までに限られ、変更された機械部分と変更されずに残った他の機械部分との間に矛盾が発生しない限りにおいてのみ可能である。そこで、例えば、「作業装置の寸法および作業装置と同時に作動する道具の数の」単純な「増大でさえも、より大規模な原動機構を要求する……。17世紀に、[粉ひき機の]2つの回転石と2組のひき臼とを1つの水車で動かそうとする試みがなされたが、伝導装置の寸法が増大したため、水力が不足してこの機構は成り立たなくなってしまう……。」[1; 382~383] 機械の個々の部分同士の間には矛盾が発生すると、機械全体の発達にブレーキがかかる。というのは、相互に矛盾を抱えた機械部分に変更を加えない限り、あるいはその特性を根本的に改善しない限り、機械全体をそれ以上改良することは不可能だからである。

自転車の歴史から主なできごとを取り出してみよう。オーストリアの営林署長ドラ

イスが現在の自転車の原型である「駆け足機」を製作したのは1813年のことだった。ロシアの優秀な機械技師であるL.シャムシュレンコフとI.N.クルビンによって設計された自走四輪車は、西ヨーロッパでは知られていなかった。そのため、ドライブによる最初の自転車には、ロシアの発明者による四輪車が備えていた、あるもの、すなわち伝動装置がなく、走行する時は両足で地面を蹴らなければならなかった。伝動装置がなければ作業装置（車輪）や操縦装置をそれ以上改良しても意味が無かった。このため、「駆け足機」は移動手段ではなく、遊具となってしまった。前輪の軸にペダルを取り付けるといった技術進化によって、自転車が進化する可能性が開かれた。ペダルによって走行速度の増加が可能となったが、しかし速度の増加に伴い、制御装置の不完全さに起因する走行の危険性も増大した。この障害はブレーキの発明（1845年）によって取り除かれた。その結果、駆動輪の直径を大きくし、これによりペダル1回転による自転車の進行距離を増大させるという形で、作業装置をさらに発達させることが可能となった。前輪の直径は年毎に増加してゆき、巨大な前輪を備えた「クモ」と呼ばれる自転車が出現した。この機種によって、この方向での量的発展の道は、その可能性を使い果たした。駆動輪の直径をそれ以上増加させると、自転車走行の危険性が急激に高まるからである。この矛盾は伝動装置の変更（チェーン伝動の採用）によって解消された。チェーン伝動により、車輪の直径の大きさではなくて、足踏み回転数を増加させる方法で高速を得ることができるようになった。伝動装置の改良は、作業装置の発達のための新天地を再び切り開いた。空気入りタイヤが導入されたのは1890年のことである。これによって生じた走行速度が増大したため、伝動装置の新たな変更（フリーホイール機構の採用）の必要性が生じた。今日の自転車は、このようにして生まれたのである。

自転車の発達をごく駆け足で概観しただけでも、次の結論を下すことができる。

1. 機械、機構、工程の個別要素は、常に密接な相互連関の下にある。
2. 発展は不均等に生じ、一部の要素がその発展の過程で他の遅れた要素を追い越す。
3. システム（機械、機構、工程）は、進んだ要素と遅れた要素との間に矛盾が発生し、激化するまでに限って計画的に発展させることが可能である。
4. 矛盾は、システムの全体的発展に対するブレーキとなる。発生した矛盾の除去こそが、発明である。

5. システムの一部を根本的に変更すると、その変更が必然的に求める条件に従って他の部分に一連の変更を加える必要性が生じる。

したがって、新たな技術課題を創造的に解決するには、それがどの技術分野に属するかにかかわらず、次の3つの基本的要件が求められる。

1. **課題の設定すること、および当該の技術分野に既知の通常の方法による課題を解決することを妨げている矛盾を明らかにすること**
2. **新たな、より高度の技術的效果を実現するために矛盾の原因を除去すること**
3. **対象システムの構成要素のなかで変更されたものと他の要素との間の整合を実現すること（新たな質に適合する新たな形がシステムに与えられる）**

これに対応して、新たな技術課題を創造的に解決する過程には、通常、それぞれ目的と方法の異なる3つの段階が含まれる。これを仮に、**分析段階**、**操作段階**および**総合段階**と呼ぶことにしよう。

分析段階は、現段階における主要な矛盾を発見し、この矛盾の直接原因（物理的、化学的原因等）を明らかにするために、当該の機械、機構、工程（またはより幅広くは技術部門）を分析することを目的とする。操作段階は、発見された矛盾の原因を除去する方法を探る、体系的かつ合目的に方向づけられた研究調査である。総合段階は、前段階で発見された技術的な矛盾の原因を除去する方法を導入することに対応して、システムのその他の要素を変更してシステム全体の整合性を図ることを目標とする。

（分析段階）

発明者の創造活動は、**分析段階の第1ステップ**、すなわち課題の選択から始まる。発明者は「変更し、作り替え、改善することが可能であるもの」を注意深く観察する心構えを育まなければならないというS.L.ルビンシュテインの意見は、完全に誤っている。すべての道具や技術的手段は例外なく変更し、改善することが可能であり、変更され得ないものは存在しない。発明者の課題は、たまたま視野に入ってきたテーマを機械的に選択することではなく、対象とするシステムの発展のダイナミックスを創造的に研究し、そのシステムの全般的発展に対するブレーキとなっている、現段階に

おける決定的な問題を発見することにある。

このことは、計画的生産と緊密に結びついているソ連の発明活動の場合に特に典型的な形で現れている。現代の生産活動、とりわけ最終製品を生産する活動は、相互に関連した多数の工程から成っている。企業の総生産能力は、通常、これらの工程のうち的一部分、すなわち生産活動全体の中の「ボトルネック」によって制約されている。仮に発明者が「変更し、作り替え、改善することが可能であるもの」すべてに非系統的に取り組んだとすれば、いくつかの生産工程に能力の余裕が生じるが、全般的な発展が「ボトルネック」によって制約されているため、余裕は利用されることはないだろう。

バクー金属製石油容器工場の発明者および合理化提案者の経験は、きわめて興味深い。この工場における生産工程は、すべての部門が足並みをそろえて作業をすすめることを要件としている。ここでの生産合理化は、当初、それぞれの革新担当者によって、担当する部門毎に進められていた。しかし、多数の新機軸が導入されたにもかかわらず、工場の総生産能力はほとんど増加しなかった。例えば、溶接部門の合理化提案者は自動溶接機を大幅に改善した。これによって溶接工程をスピードアップすることが可能となった。溶接機の稼働時間当たりではより多くの製品が生産されるようになった。しかし同時に、溶接機の休止時間も増加した。この休止は前処理部門の生産性が従来と変わらなかったことに起因していた。このような経験に基づいて 1948 年初めに、生産全体の発展を遅らせている「ボトルネック」を発見する目的で工場内の体系的な調査が行われた。これによって最も緊急を要する課題を特定することが可能となり、それ以降、発明者・合理化提案者集団全体の努力は、このようにして特定された課題を計画的かつ逐次的に解決することに向けられるようになった。その結果、1948 年から 1955 年までの期間に工場の労働生産性は 8 倍に向上した。

分析段階の第 2 ステップは課題の最重点の発見である。それぞれの具体的な技術課題の解決に当たっては、あらゆる機械、機構、工程の中から、求められる技術的アウトプットを実現するためには、どの特性（構成要素）を変更することが必要であり、また、十分であるのか、そのような要点となっている特性（構成要素）を選び出さなければならない。

ジェームス・ワットによる改良式蒸気機関の発明は、最重点の課題を的確に発見した古典的なケースといえよう。ワットは蒸気機関の改良という課題を設定した上で、

当時存在した蒸気機関のすべての特性を詳細に分析した。当時の蒸気機関には、ボイラーの寸法・重量の過大さ、爆発の危険、シリンダー内での膨大な熱損失、動力伝導装置の不備など、多数の重大な欠点があった。この中から、ワットはシリンダー内の熱損失の低減、したがってまた機関の全般的効率の向上を課題の最重点として特定したが、これは適切であったといえる。ワットの功績によりこの特性が改善されたことによって、十分に高い出力を備えた蒸気機関を作ることが可能となった。ワットはさらに、蒸気機関を汎用化するという新たな課題を設定した。改良された蒸気機関は出力としては、当時の社会で必要とされる条件を満たしていた。他方で、蒸気機関のアウトプットは実際上めったに利用されない往復運動である。そこで、汎用化の最重点は伝動装置の改良となった。ワットは課題の重点をこのように移動させて、往復運動を円運動に転換してアウトプットとする伝動装置を創出して、機関に要求される汎用性を実現することができた。

課題の特定およびその最重点の発見は、技術的創造の過程の（第一段階である）分析段階の前半をなすにすぎない。課題を既知の手段によって解決しようとする、求める効果を得ることを妨げる矛盾が発生する。こうして、決定的な矛盾を発見することが**分析段階の第3ステップ**となる。

例えば、熱スクリーンや熱交換器を追加してボイラーの効率を改善しようと試みると、装置が重くなり、製作に要する金属の消費量が増加する。このように、通常的手法によって特性の1つを改善しようとすると、同時に他の特性を悪化させてしまうことになる。「重量を削減しようとする努力（金属の節約）と、効率を向上させようとする努力（燃料の節約）とは、ある程度、互いに矛盾している。この矛盾の解決が、ボイラーの進歩にとって最も重要な要因の1つとなっている……。」[4; 146]

矛盾が複数の原因に起因することは、明白である。矛盾の直接の原因（物理的、化学的原因等）を確定することが、技術的創造の過程の内、**分析段階の最終ステップ（第4ステップ）**となる。

実例をあげてみよう。目盛板式計測器の製作の最終段階は、基準器との対比による検査である。計測器は基準器と並べて置かれ、検査係がいくつかの目盛点で表示が一致するか否かを検査する。言うまでもなく、検査の精度を向上させるためには出来るだけ多数の目盛点で検査を行う必要があるが、これを行うと検査に要する時間が長くなり、検査係の労働生産性が低下してしまう。精度の面で改善しようとするれば、検査

速度の面で改悪することになってしまう訳である。この矛盾の直接の原因は、2 台の計測器の目盛を重ね合わせて見ることが物理的に不可能なことである。検査係は片方の計測器からもう一方の計測器に視線を移動させざるを得ないからである。とすれば、必要なのは、両方を同時に見えるようにすることである。この場合には、双眼鏡のような仕組みを使って 2 台の計測器の目盛板を光学的に重ね合わせ、目盛全体にわたって 2 台の示度の重なりを迅速かつ正確に検査することを可能とすることで矛盾は解決される。

分析段階は技術的創造の諸段階の中で最も「論理的」な部分である。経験豊かな発明者は、この段階で、歴史的、統計的、技術的、経済的事実やその他の事実を出発点として、様々な判断の論理的積み上げを行う。それ故、この段階で実験が必要となるのは、分析段階のいずれかの過程で従来事実データのみでは不十分であることが判明した場合の、まれなケースに限られる。

同時に、分析段階は技術的創造の過程の中できわめて重要な部分をなしている。多くの場合、分析を正確に行うことによって、技術的矛盾の原因を即座に除去すること、あるいは次の段階（操作段階）を最大限容易にすることが可能となる。

分析段階を成功させる上での要件は何だろうか。それは、研究の対象とする技術分野の深い知識を持っていること、技術発展の弁証法的法則を理解していること、分析に必要なあらゆる事実データを保有していること、そして論理的分析を進める技能である。したがって、**発明能力を発達させるためには、分析スキルの恒常的訓練が必要である**。外科医は生きている人間の手術ができるようになる前に、解剖学教室で長時間訓練を受ける。それとまったく同じように、発明者は過去に行われた発明を体系的に分析しなければならない。技術史の知識、つまり各技術部門をその変遷と発展の中で理解する能力もまた重要である。最後に、技術的知識の量それ自体や手持ちの事実データの量も重要である。

（操作段階）

技術的創造の過程の第 2 の部分、操作段階は多くの点で第 1 の部分（分析段階）と異なる。大多数のケースにおいて、操作段階は論理的操作と非論理的操作との組み合わせとなっている。この時、発明者は探求し、試行し、あるいはあまり正確でない古い用語を使えば、「**思考実験**」を進めなければならない。ここで強調しておく必要が

あるのは、創造の過程の中で「思考実験」が支配的な地位を占めるのは操作段階のみであるという点である。また、「思考実験」は決して非体系的（ランダム）に進められているわけではない、という点も重要である。仮に「思考実験」が「きわめて多様な知識のこの一点への集結と吸収という過程」（S.L.ルビンシュテイン）であるとすれば、個々の具体的な技術課題を創造的に解決するには何年もの歳月が必要となってしまう。多少なりとも経験を積んだ発明者は誰でも技術的創造の操作段階の作業を計画的に進めている。往々にして発明者自身完全には自覚していない場合があるものの、長い期間の実践を通じて、客観的に見て合理的な、自分なりの探求システムを形成しているものである。操作段階における解決策の探索は分析段階の作業によって、多くの点で簡略化されてくれる。すなわち、操作段階で発明者は抽象的な「アイデア」を探求するのではなく、（分析段階で明らかにされた）具体的な技術的矛盾を具体的に除去する方法を探究することになるからである。

我々の見解によれば、この段階における最も合理的な作業プロセスとは、技術的矛盾の原因の除去方法の探究を、次の順序で進めるものである。

1. **典型的解決法（原型）の研究**
 - a) **自然的（自然の中に存在する）原型の応用**
 - b) **他の技術分野の原型の応用**
2. **次の各部の変更によって解決をもたらす新たな方法の探求**
 - a) **システムの範囲内における変更**
 - b) **外部環境における変更**
 - c) **隣接システムにおける変更**

この順に従うと、考察は単純なものから順次複雑なものへと進んで行き、これによって最小限の労力と時間で正しい解決を得ることが可能となる。

創造活動の過程で遭遇する技術的矛盾は、自然や既存の技術の中に直接的アナロジーをもっている場合が多い。それ故、最初に自然や既存の技術の中に存在する類似した矛盾とその典型的な除去方法を研究することが合理的といえる。この研究によって、当面する術的矛盾の原因を除去するために、自然または既存技術に存在する原型を応用することが可能となる場合は多い。

実例をあげてみよう。艦船で水中ソナー（潜水艦のスクリュウ音を聴取するための装置）が使用されるようになったのは、第一次世界大戦の時からである。しかし、当

初は、ソナーをつけた艦船を停止するか、極端な低速におとさないでソナーを使用することはできなかった。ソナーが引っ張られることで、音声受信部付近に発生する乱流によって、それ以外の音が全て消されてしまうからである。ソナーの改良を担当した技術者の中に、アザラシは水中を最高速度で泳ぎながら音を聴くことができることを知っている者がいた。この技術者の提案により、ソナーの受信部をアザラシの耳殻に似た形状とすることにした結果、感度が著しく改善され、艦船が進行中でも使えるようになった。

別の例は、1933年にソ連で発明された飛行機からパラシュートなしで貨物を投下する装置（発明者証番号 41356）がある。この装置を設計する際、発明者は落下時に回転運動をしながら水平になり、ゆっくりと滑空するという、カエデの種子の良く知られた特性を応用した。この考え方で設計された装置はカエデの種子の形状を模したもので、飛行機から投下すると、その重心を中心として回転しながら、ゆっくりと降下する。

技術的原型を利用した典型的な例は、深層用ポンプのバルブの耐摩耗性向上に関する設計技術者 E.V. コストイチェンコ（機械製作工場）の実績である。油井から石油を採取するのに使われる深層用ポンプは、石油に含まれる砂によってバルブが摩耗して短時間で故障する問題があった。硬合金を使用してバルブの寿命を向上させることを試みたが好ましい結果が得られなかった。なるほどバルブの耐久性は向上するのだが、一方で、バルブの加工と製作が非常に複雑になり、製造コストが上昇してしまうのである。E.V. コストイチェンコはこの矛盾を除去するために、機械産業の別の分野で知られている手法を応用した。工作機械分野で使われているセルフシャープニング式バイトは表面の何層かが比較的硬度の低い材料で作られている。これらの層は使用中に均等に擦り減ってゆくと、カッティングエッジ全体の形状が保たれる。これにヒントを得て、深層用ポンプのバルブの部品の一部に硬度の低い鋼材を用いることで、バルブの摩耗が均等に進むようにすることに成功した。その結果、新品時から9割分が摩滅した場合でも、バルブの形状が保たれるようになった。現在、油田では E.V. コストイチェンコのバルブをつけたポンプが 10 万台以上稼働している。

自然あるいは既存技術に存在する原型の応用は、言うまでもなく、単なる模倣によって終わるわけではない。これらの原型は長期間にわたる絶えることのない発展の結果である。発明者は、自然や技術からあれこれの解決法を借用した上で、これを更に

発展させ、合理的に仕上げなくてはならない。

自然や既存技術に存在する原型の研究が好結果につながらない場合には、操作段階の次のステップである（原型の無い）新たな方法の探求に移行する。この時、最初に検討すべきことは、システム自体の内部において可能な変更である。これは新しい方法の中で通常の方法のグループと呼べる、最も単純な変更である。技術的矛盾の原因を除去するためには、システムの個別部分の寸法、材質、要素相互の配置を変えるだけで十分な場合がいくらかでもある。その典型的な例は、エクステンションジブ付きのコールカッターである。ジブはコールカッターの中の炭層切削部分であるが、標準型のジブの長さは 2m である。この場合には石炭の破碎は爆薬を使って行われる。地質条件がととのっている場合には、長さ 3~5m のジブを装着したコールカッターを使うことができる。すかし（炭層への切込み）の深さを増大させると、コールカッターの動きで石炭を崩落させることができる。石炭は落下しながら砕け、寸法の大きい搬送に適した破片となる。このように、量的変化（ジブの長さの増加）が、新たな質的效果（発破作業の必要性が解消される）を生み出す。

次に、問題を解決する新しい方法の中で相当大きな部分を占めるのは、外部環境における変更である。この種の変更が妥当か否かを検討する際は、当該のシステムにとっての外部環境と、それがシステムにどのような影響を与えているかを明らかにしなくてはならない。特に、環境の特性（例えば圧力、温度、運動速度）を変化させることが可能か、あるいは環境をより好都合な特性を持つ別の環境に代えることが可能かを検討しなくてはならない。ある環境から別の環境へと単に置き換えること、あるいは環境に追加の構成要素を導入することによって課題が首尾良く解決される場合もまれではない。例えば、通常のコクリートミキサーでコクリートをつくる場合、長時間ミキシングを行ってもコクリートの中に微細な空気泡が大量に残り、これがコクリートの強度を低下させてしまう。このために、いわゆる真空コクリート・ミキシング法が考案された。真空コクリート・ミキシングでは、コクリートはドラム内部の真空化された環境内でミキシングされる。環境の持つ様々な特性のうちの 1 つ（圧力）を量的に変化させることによって、新たな質的效果（コクリートの強度が倍加する）が得られる例である。

第三に、技術的矛盾は、隣接するシステム、機械内の密接に関連する部品、あるいは工程の別の段階に変更を加える方法によっても除去することができる。時には、こ

れまで無関係だった別々の工程の間に相互連関を作り出すだけで十分な場合もある。例えば、現在の映画スタジオの照明には主に直流電流が使われている。その理由は、撮影速度（2秒間に24コマ）と通常の交流周波数（1秒間に50サイクル）とが一致しないことである。照明の電源を交流電流とした場合には、映画カメラのレンズのシャッター開放の瞬間が照明の照度が最小のタイミングに重なることがあり、その結果、一部のコマが暗くなってしまう。各コマの撮影時の露出時間は通常1000分の1秒であるから、撮影対象に当てられる光エネルギーのうち有効に利用される率はわずか2.4%にすぎない。もし無慣性式の照明器具に、シャッターが開くタイミングに同期させた電流パルスを送れば、照明はレンズが開放されている瞬間にのみオンとなる。人間の目は1秒当たりのパルスを10～16回とすれば光が連続したものとして知覚するのだから、俳優は弱い連続的な光を感じるようになる。映画カメラの動作と照明システムの動作との間にこのような相互関係を持たせれば、新たな技術的な効果（電力消費量が大幅に削減され、かつ、俳優も強い照明にさらされることがないので楽になる）を生み出す。

技術的創造のプロセスの分析段階では、ほとんど常に単一の答えが得られるが、操作段階ではそのようなことはない。一つの技術的矛盾は、相異なる様々な方法で除去され得るからである。それ故、操作段階においては、実験は副次的役割ではなくて中心的役割を演じるようになる。実験があれこれの方法、手法、スキーム等の中から最適のものを選択するための判定基準となる場合が多い。

操作段階を成功裏に遂行する上で不可欠な資質は、自然に関する豊かな知識、観察力、隣接技術分野に関する知見、実験技法を駆使し得る能力である。

（総合段階）

技術的創造のプロセスの最終段階である総合段階には4つのステップが含まれる。第一に、得られた解決策に基づく変化のシステムへの導入と、その変化から必然的に帰結する一連の変更、第二に、システムの変化に必然的に伴うシステムの使用方法の変更、第三に、得られた新しい方法の原理を他の技術課題の解決に応用する可能性の検討、第四に、発明の評価である。分析段階と同様、総合段階は主として論理的な判断の積み重ねから成り、論理的判断を実験によって検証するのは特に必要な場合に限られる。

技術的矛盾を除去する方法を発見すると、ほとんど常に、システムに何らかの追加的な変更を導入することが必要となる。この変更は、新たな内容に対応する新たな形式をシステムに与えることを目的とする。しかし、発明者の心理面からは、新たな形式への切り替えは極めて困難である。その理由は、それぞれのシステム(機械、機構、工程)が、人間の表象の中で、旧来の慣れ親しんだ特定の形式と結びついているためである。それ故、システムの本質が変更された後に、システムの「伝統的」な形式が維持される場合がしばしばある。例えば、初期の電動機のなかのあるものは、形式の点で蒸気機関の寸分たがわない複製となっていた。具体的には、蒸気機関のシリンダーが電磁コイルに、またピストンが鉄心に置き換わっただけであり、電流を切り換えると鉄心が往復運動を行い、次に、蒸気機関の場合と同様、クランクとピストンロッドの機構によってこの運動が回転運動に変換されるというものであった。クランクを不要とする回転子を持ったモーターが創られたのは、それよりも後のことである。

総合段階の次のステップは、システムの使用方法を(一部)変更することである。どのような新しいシステムを創り出した場合でも、あるいは旧来から存在するシステムに新たな変更を加えた場合でも、それに対応する、新たな使用の仕方を探求することが必要である。今では古典的となっている1つの実例をあげてみよう。以前、坑内掘の採炭夫はつるはしを使って手作業で石炭を破碎していた。採炭夫は定期的に破碎作業を停止して、掘進した空間に支保を施していた。1930年代初頭、炭鉱に空気式ピックハンマーという強力な石炭破碎装置が出現した。しかし、作業方法は従来のもので、採炭夫は相変わらず定期的にハンマーをわきに置いて支保作業を行っていた。こうした不合理な作業手順となっていたため、ピックハンマーを導入したにもかかわらず、全体としての生産性はわずかしか伸びなかった。そこで、1グループの採炭夫が連続的にピックハンマーによる作業を進め、別のグループが専門的に支保作業に従事するという、新たな作業体制が考案された。これによってピックハンマーの高い生産性を完全に活かし、採炭量を何十倍にも増加させることが可能となったのである。

このステップは上記のように極めて重要であるが、発明者はこれにしかるべき注意を払うことなく、新発明の最も効率的な使用方法については、往々にして合理化提案者がもっぱら経験的なやり方で行うのにまかせてしまう。直前のステップにおけるのと同様、これは旧来の陳腐化した作業方式が発明者の心理に影響を与えるためである。

総合段階の第3ステップは、発見された技術的矛盾の除去方法を、他の技術課題の

解決に応用する可能性を検討することである。操作段階で発見された矛盾を解決する原理が、具体的な発明それ自体よりも大きな価値をもち、より重要な別の課題を解決する上で活用できる場合もある。このステップでは、発明者の技術的な視野の広さ、他の技術分野に関する知見、様々な産業部門がかかえる緊急の問題に関する知識が特に重要な意味をもつ。

公知のことだが、鉄筋コンクリートに関する最初の特許は 1867 年にフランスの庭師モニエによって取得された。しかし、モニエは十分な技術的視野を備えていなかったために、「鉄筋コンクリート製の.....植木用の鉢の製造」に関する特許しか取得しなかったのである。

技術的創造の活動の最終ステップは、行われた発明を評価することである。このステップの目的は、発明によって与えられるプラスの効果と発明を実地に移す上で必要な費用との相関関係を明らかにすることである。発明の価値は、この比率によって決定される。特に、操作段階で得られた解決案が複数存在する場合には、最適の案を選択する判断はこのような発明の評価に基づいて行われる。通常、発明者はここまでやってきた作業についての分析をこのステップで行い、誤りを発見し、また課題の解決に利用した新たな創造的方法の意義を把握しようとする。

(まとめ)

技術的創造の全過程の流れを次の例によって説明することができる。1949 年、地下火災の消火活動の際、高温かつ有毒な雰囲気の下で作業する鉱山保安要員のための保冷服の開発に関する全ソ連邦コンクールがソ連石炭産業省によって発表された。保冷服は長時間にわたって保冷作用を持続し、かつ重量が軽くなければならない(8 ~ 10kg) という条件がコンクールの技術要求とされ、課題の最重点に据えられた。軽量という条件が付けられたのは、鉱山保安要員は作業時に呼吸器保護装置(12 ~ 14kg) を身に着けた上に消火器具を持たなければならない、かつ人体にかかる総許容負荷は 28 ~ 29kg 以下でなければならないという理由による。

本論文の筆者らによって保冷服の開発作業が開始され、次の基本的な技術的矛盾が明らかとなった。保冷服の冷却作用の持続時間を十分なものとするためには、冷却材(氷、ドライアイス、フレオン等)の量を増やすことを志向せざるを得ず、したがって保冷服の重量を増加させることになる。逆に保冷服を軽量化しようとする、不可

避的にその作用時間を減少させてしまう。このように、2つの基本特性（重量と作用時間）の間には、通常の方法では解決不能な矛盾が存在していた。この矛盾を分析した結果、難しさの原因がコンクールによって設定された重量限度が低いことにあることが明らかになった。

我々はこの種の矛盾を除去する方法について研究し、他の技術分野においては、しばしば、いわゆる「複数機能兼備法」によって解決されていることを確認した。すなわち、あるシステムに他のシステムの機能も受け持たせることで、後者を廃止し、その分、始めのシステムの重量を増加させることが可能になるという方法である。本件の場合には、保冷服に呼吸器保護装置の機能も受け持たせることによって課題が解決された。結果として、組合せ式の保冷服の許容重量を20～22kgまで引き上げられることになった。問題をこのように設定することで冷却材の選択肢も絞り込まれた。すなわち、冷却材となり得るものは液化状態で保存されている酸素以外にはあり得なかった。酸素の気化および加熱によって衣服内部空間が冷却され、更に、酸素は呼吸のために利用される。

総合段階においては、解決策から必然的に帰結する変更がシステムに加えられた。酸素備蓄量が増加したことによって、循環型（再生式）呼吸システムの代わりに開放型システム（呼気が大気中に排出される）が採用され、このシステムによって保冷服の呼吸装置の構造を大幅に単純化することが可能となった。保冷服の使用方法にも変更が加えられた。作業の過程で酸素が気化するため、保冷服の重量が急速に軽くなるのだから、最初から保冷服に追加の液体酸素を充填しておき、これによって保冷服の作用継続時間を増加させることが可能になった。

発見された原理に基づく設計はコンクール審査員によって1等賞と2等賞を与えられた[3]。

以上の説明全体に基づき、創造過程のスキームを次の形で示すことができる。

・ 分析段階

1. 課題の選択
2. 課題の最重点の確定
3. 決定的矛盾の発見
4. 矛盾の直接原因の確定

・ 操作段階

1. 典型的解決手法（原型）の研究
 - a) 自然内部の原型
 - b) 技術内部の原型
2. 次の変更による（原型の無い）新たな解決手法の探求
 - a) システムの範囲内における変更
 - b) 外部環境における変更
 - c) 隣接システムにおける変更

・ 総合段階

1. システムの変化から必然的に帰結する変更の導入
2. システムの変化が必然的に伴う使用方法の変更
3. 原理の他の技術課題の解決への応用する可能性の検討
4. 発明の評価

我々が上に輪郭を示したスキームは、経験を積んだ高度に熟練した発明者による創造的活動についてのみ当てはまるという点を指摘しておく必要がある。かけだしの発明者の場合は、通常、個々の判断に十分な論理的整合性が欠けており、偶然性、まぐれ当たり等々が大きな役割を果たしている。これとは逆に、過去の偉大な発明者は高水準の創造技能に達していた場合が多い。

発明は科学的研究の過程で生まれることもある。例えば、エックス線の発見とその特性の解明によって、ほとんど自動的にエックス線を利用する一連の技術的発明が生まれた。この場合には、多数の技術的矛盾を除去するための手段が発明者の掌中に最初から存在し、逆に、その矛盾を発見することが課題となった。

我々が示したスキームは典型的スキームであって、すべてを包括するスキームではない。それだけでなく、このスキームは、その適用可能性の範囲内であってさえも、近似的な妥当性をもつに過ぎない。このスキームは、多くの点で更なる明確化と掘り下げを必要としており、またいくつかの点では修正を必要としている。

この課題を解決するためには、技術進歩の客観的法則と技術的創造の心理過程との間の相互連関について一層の研究を行わなければならない。さらに、合理化提案者および発明者の経験について体系的に研究し、創造活動の一般的方法を解明し、普遍化

する必要がある。

心理学の一部門としての発明的創造の心理学の形成は、実験的方法を幅広く適用することなくしては不可能である。得られた結論は、古い発明に関するデータの上で検証されるだけでなく、実験的にも検証されなければならない。なぜなら、実践こそが発明的創造の心理学の最終目的であるからである。認識された法則性は、**発明活動の科学的方法論**の開発に利用されなければならない。

引用文献

1. K.マルクス、「資本論」、第1巻
2. K.G.ヴォブレイ、「科学者の労働の組織化」、1948年
3. 「坑内掘炭鉱内における高温下での鉱山保安作業」、石炭技術出版所、1951年、32頁
4. 「一般熱工学」、カルネツキー編、1952年
5. T.リポー、「創造的想像力」、1901年
6. S.L.ルビンシュテイン、「一般心理学概論」、1946年
7. P.M.ヤコブソン、「発明者の創造活動の過程」、1939年
8. J. Rossman: Psychology of the inventor, 1931