革新的な問題解決のためのプロセス工学技術*

— TRIZの活用 —

Process Engineering Technique for Innovative Problem Solving
- Effective Use of TRIZ -

中川 徹**

Toru NAKAGAWA

Key words breakthrough, problem solving, TRIZ, invention, knowledge bases

1. はじめに

「技術的な壁をブレイクスルーする」ことは、古来から未来まで、多くの科学者・技術者が日夜頭を悩ませている課題である。それが「達成された」とときには、大抵「ひらめきを得た」のだと表現されてきた。科学者たちが「ひらめきを得た過程」の共通点はつぎのようである。

- ・基本的な知識を持ち、学習・研究しており、
- ・強い問題意識を持って、長期間考えていた。
- ・リラックスしたときに、ちょっとしたきっかけで「ひらめいた」。
- ・自分の問題に当てはめて、明確な解決策にした。

しかし、いつ「ひらめく」のか保証がない。そこで、いろいろ努力する、試行錯誤で実験する、ブレインストーミングなどで自由奔放にアイデアを発想する、ヒントになるものをいろいろ探す、「逆転の発想」「頭を柔軟に」などをやってみる。

しかし、もっと科学的で、確実な方法がないのか？

これに答えるものが、広く知られるようになってきた。「TRIZ」（発音は英語の trees と同じ）である。旧ソ連の民間で開発され、現在、米、欧、日、韓ほかの諸国で注目され、普及してきているこの方法論を解説しよう。

2. TRIZ の概要

2.1 TRIZ の成立

TRIZ は、G. S. アルトシュラー（1926-98）によって、1946 年に着想され、50 年かけて樹立された。彼は特許調査官として多数の特許を調べる中で、「独創的なはずの発

明のアイデアにも自ずからパターンがある。そのパターンを抽出・学習すれば誰でも発明家になれるだろう」と着想した。旧ソ連で反体制として抑圧されながら、多くの知識ベースと技法を創り出し、TRIZ として確立させ（1970 年代）、多くの弟子たちを育てて発展させた。

2.2 TRIZ の全体像

TRIZ は、「発明問題解決の理論」を意味するロシア語の略号の英語綴りである。250 万件といわれる膨大な数の特許の分析をベースにして、技術の立場から科学技術を整理し直した知識ベースを構築している。また、柔軟に発想する創造的な問題解決の技法を多数創り出し、技術発展の歴史および思考の方法に関する深い思想を形成してきた。現在の TRIZ は、技術思想、技法、知識ベース、ソフトウェア、教育法などを含む大きな体系を成す。

2.3 TRIZ の思想のエッセンス

TRIZ では技術システムが進化するのだと認識する。その進化は、理想性が増大する方向であり、矛盾を克服することにより、大抵リソース（資源）の最小限の導入によって実現されると考える。そこで TRIZ は創造的な問題解決のための思考法を提供する。その思考法の特徴は、問題をシステムとして理解し、理想解を最初にイメージし、矛盾を解決することである。

2.4 TRIZ の普及状況と適用範囲

1990 年代にアルトシュラーの多くの弟子たちが米・欧に移住し、西側でソフトウェアを主体とした TRIZ の普及が図られ、米・欧・日で製造業界に随分迎えられた。しかし、TRIZ の思想や問題解決技法の浸透が遅れたため、2000 年代初めにやや停滞し、最近になって思想や技法の理解の進展とともに普及が進みつつある。教科書¹⁾、Web 情報²⁾、国際会議などが整備・発展してきている。日本 TRIZ 協議会の主催で「第 2 回 TRIZ シンポジウム」が今年 8 月 31 日～9 月 2 日に大阪で開かれ、参加 157 名（うち海外 18 名）、発表 34 件であった²⁾。

TRIZ の適用範囲は基本的に「技術全般」である。機械系・電気系分野に最も多くの蓄積があるが、材料・化学系、ソフトウェア・システム系でも確実に適用され、医学・農

*原稿受付 平成 18 年 9 月 26 日
**大阪学院大学（大阪府吹田市岸辺南 2-36-1）
中川 徹
大阪学院大学情報学部教授。1963 年東京大学理学部化学科卒、理学博士。東京大学助手、富士通国際情報社会科学研究所、富士通研究所などを経て、1998 年より現職。Web サイト「TRIZ ホームページ」を創設・編集し、TRIZ/USIT の研究と普及に尽力。

図1 問題解決での TRIZ 知識ベースの位置づけ²⁾

学・生物系にも部分的に適用されている。特定技術分野に依存せず、分野を越えた捉え方をするのが、TRIZの特長である。（さらに、経営などのビジネス分野への応用も随分広がっている。旧ソ連圏では、幼稚園から大学まで TRIZ ベースの「創造性教育」が試みられている。）

3. TRIZ の知識ベースとその利用

3.1 TRIZ の知識ベースの全体像

われわれが困難な技術的問題を解決しようとするとき、自分の狭い視野に閉じこもらず、科学技術の知識を使うことが推奨される（図1参照）。そのとき提供される科学技術の情報は、大掴みにいうと、（専門分野ごとに体系化・細分化された）科学技術の諸原理のデータベースと、（個別の問題とその解決策を示す）特許事例のデータベースとである。それらが膨大に蓄積され提供されていることをすべての技術者たちは知っているが、実際に活用することはなかなか難しい。

ここで TRIZ が提供するものが、図1中段に示すような知識ベース群である。それらは、技術の開発・改良に使いやすく、科学技術の諸情報を整理し直し、パソコンで快適に動くソフトツールに組込まれている。

3.2 技術システムの進化のトレンドの知識ベース

「進化のトレンド」とは、いろいろな技術システムの発展で、分野や時代を越えて共通に現れた各種の変化を抽出・整理したものである。

例えば、「物体の分割のトレンド」は、システム中の同じはたらきをする部分がつぎの方向に変化するという。「単一の固体 → 分割された固体 → 細分化された固体（粉末） → 流体（液体） → 気体 → プラズマ → 「場」（電磁波など）」。その具体例には「切削工具の刃」がある。

他にも、可動性の向上、単一-二重-多重、制御性の向上などのトレンドが、31種収録されている¹⁾。トレンド上でつぎの段階に進むことが何らかのメリット（理想性の

向上）を持ち、何らかの必然性に基づくものと想定される。トレンドを学び、つぎの段階に進めることで新しいアイデアを得る方法は、簡明でかつ強力な発想法になる。

3.3 科学技術の効果の機能による逆引き DB

科学技術のいろいろな原理・現象・装置などを集めてデータベースにしたものを TRIZ では「効果」集（Effects DB）という。基本的には科学技術の百科事典である。

技術者がしばしば必要とするのは、何らかの目標機能（例えば、「滑らかに調節して固定する」、「網目構造を作る」など）に対して、それを実現する有効・適切な手段を探すことである。これは、結果（効果）から設定（手段）を探すことであり、通常の科学技術原理の記述とは逆方向になる。西側諸国は従来コンピュータの力で逆引き検索することに頼ってきたが、その検索は個別的で、体系的な蓄積ができなかった。これに対する TRIZ のアプローチは、検索の鍵にしたい「目標機能」の表現を階層的に体系化する。この体系化を人手でやりあげれば、知識ベースをどんどん蓄積でき、その知識ベースを簡単なソフトツールで容易に検索できる。機能から手段を引く TRIZ の知識ベースには、無償の Web サイトもある。

3.4 40の発明原理と「矛盾マトリクス」

TRIZ の知識ベースで最も有名なものは、アルトシュラーが特許のアイデアのエッセンスとして抽出した「40の発明原理」である。「分割」「分離」「局所的性質」「非対称性」などから始まり、「複合材料」の原理まで40ある。これらの意味と事例を学ぶことは大いに有益である。

「どんな問題のときにどの発明原理を使えばよいか？」という質問に答えようとしてアルトシュラーが作ったのが「矛盾マトリクス」であった。「問題」を普遍的に分類する方法として彼は、「システムのある側面を改良しよう」とすると、別の側面が悪化する」という「技術的矛盾」の形式を考えた。39の側面（パラメータ）を標準として掲げ、39×39の一覧表を作った。そして彼は一つ一つの特許を

図2 創造的問題解決の6箱方式 (USIT)^{4) 2)}

読んで、この一覧表のどのパラメータを改善しようとして、どのパラメータが悪化する問題であるかを判断し、またその特許で発明者が使ったアイデアを40の発明原理で分類した。この作業を数十万件の特許について行なった結果、一覧表のどの桁目の問題には、いままでの発明原理がよく使われたかが明確になった。その成果は、TRIZのどの教科書¹⁾にも掲載されている。

これを使うには、アルトシュラーがやったのと同様に、自分の問題を、改良したいパラメータと悪化して困るパラメータとで表現し、その桁目に記述されている発明原理を得て、それをヒントに問題解決を図るのである。

これは目を見張るような努力で作られた知識ベースであり、それだけに西側諸国でも人気がある。ただし、実際の有効性についてはアルトシュラー自身が満足できなかった。その後、2000～2003年にCREAX社でDarrell Mannらが、1985年以降の米国特許を使ってこの矛盾マトリックスを作り直し、Matrix2003として出版した。ずっと使いやすくなったと評価されている。

4. TRIZにおける問題解決の方法

4.1 伝統的なTRIZにおける問題解決の諸技法

アルトシュラーは、問題解決の事例を多数蓄積して上記の知識ベースの代表例として広めると同時に、問題を分析し、解決策を考え出していくさまざまな技法を作った。その内容は膨大であり、残念ながら教科書に譲る¹⁾。

伝統的TRIZが作った多数の技法は、その一つ一つが大きな知識ベースをバックに持ち、それぞれ一長一短で、それらを複合させたARIZは大変複雑なものになった。

4.2 USIT (やさしいTRIZ) の問題解決プロセス

そこでTRIZの問題解決プロセスを、必要不可欠なものに絞り、やさしくすることが求められた。それを達成した

のが、USIT (統合的構造化発明思考法)^{3) 2)}である。

USITの各段階で使用・生成する情報を明示したものが、図2の「創造的問題解決の6箱方式」である^{4) 2)}。

左下の最初の2箱は、もやもやした問題状況を整理して、望ましくない効果、課題宣言、スケッチ、考えられる根本原因などを明確にする、問題定義の過程である。

つぎの問題分析の段階では、現在のシステムについて、オブジェクト (構成要素)、問題の属性依存性、機能的関係、空間および時間的特徴を明確にする。また、理想のシステムの望ましい振る舞いと性質を明らかにする。

つぎに、新しいシステムのためのアイデアを生成する。これらは核になるアイデアの断片でよい (いろいろな大発明でもそのアイデアのエッセンスは小さく単純である)。このアイデア生成を促すのが、TRIZのさまざまな知識ベースを再構成して創り出した「USITオペレータ」(5種32サブ解法)である。例えば、「一つのオブジェクトを二つに分割し、それぞれの属性を変えて、再び統合して用いる」というのがサブ解法の一つである。

ついで、新しいアイデアを生かして「解決策のコンセプト」を構築する。現在のシステムと理想のシステムの本質を理解したことが、解決策コンセプトの構築を助ける。もちろん、関係する分野の技術知識が必要である。

最終段階は、製品や生産プロセスとして、具体的な実地の解決策を作る。これはもはやUSITの範囲ではなく、田口メソッドやCAEなどが活躍すべき実現の過程である。

この「6箱方式」を実践する一連の具体的な技法をUSITは持っているが、ここでは説明を省略する。

4.3 USITの実践

USITの適用は、実際の問題を抱えている技術者のグループに、USITをマスターした者が「考えるプロセスのガイド役」として協力する形でやるのがよい。USITの

技法とグループ実践法は2日間のトレーニングで研修・習得できる。この2日間でTRIZ/USITの講義をし、3件の実地未解決問題を12人～25人の技術者たちが並行グループ演習で解決していく。USITは米国で開発され、日本でさらに改良されたものであり、日本の複数の企業で自立した形で定着しはじめている²⁾。

5. TRIZ の効用の事例

TRIZの推進・普及活動の事例、TRIZの使い方を示す適用事例、TRIZを使った製品の事例などを、国際会議やWeb情報²⁾からいろいろ学ぶことができる。

その中で、ドイツのUhrnerの報告が注目される(和訳²⁾を参照)。同社(従業員約800人の製造業)の30年間の特許他の発明を全数(165件)調査し、各件の発明年とその発明の質をグラフにして報告した(「発明の質」はアルトシュラーによる5段階の評価基準に、市場性を加味している)。その結果、つぎの点が明確になった。(1) TRIZを実践したのは1997年から1人、2000年から4人だけであるが、全社の発明は1997年以前の年間平均3.4件から1997年以降の平均9.4件になった(3倍)。(2) 1997年以前の発明は2件の例外を除き、レベル1～3以下(平均2.4)

であるが、TRIZを習得した後のものはレベル2.5～4.5(平均3.4)であった。レベル3は何らかの矛盾を解決したレベル(「ブレイクスルー」したもの)を意味し、TRIZ習得者の発明の大部分がそのレベル以上である。(3) 従来、非常に優れた(レベル4)発明を入社1～2年の技術者が作ったが、彼らのその後の発明の質はそれに届かなかった。その技術者達がTRIZを習得した結果、一層高度な発明をつぎつぎと創出した。

結論：TRIZは広範な技術的課題を創造的に解決するための、豊富な知識ベースとソフトツールを提供し、問題解決のための思考法を提供している。これらを習得すると、技術の壁を破る本格的な力が身につけられる。

参 考 文 献

- 1) Darrell Mann, (中川徹監訳): TRIZ 実践と効用 (1)体系的技術革新, 創造開発イニシアチブ (2004).
- 2) 中川徹編: TRIZ ホームページ, URL: <http://www.osaka-gu.ac.jp/php/nakagawa/TRIZ/>
- 3) Ed Sickafus: Unified Structured Inventive Thinking - How to Invent, Ntelleck (1997).
- 4) 中川徹: TRIZ/USITにおける創造的問題解決のデータ構造, TRIZCON2005 発表 (2005).