TRIZとは —その考え方と主な技法・ツール

澤口 学 *Manabu Sawaguchi*
早稲田大学 理工学術院

本稿ではTRIZの誕生経緯を簡単に述べながら，アルトシュラー（Altshuller）が提唱したTRIZの基本的思考に基づいて，実践の場でよく活用されている主なTRIZ技法・ツールを紹介する。

1 TRIZの生い立ち

TRIZの創始者ゲンリック・アルトシュラー（genrich Altshuller）は旧ソ連（現ロシア）の特許審議官（その後解任）になったことをきっかけにして，数多くの特許事例（何十万単位）を分析し「個々の発明の根底には“ある種の法則性”が潜んでいる」ことを突き止めた。そして1946年以降に「技術問題に関わる革新的な解決案のほとんどは，過去の発明事例から導いた“発明原理や標準解あるいは技術進化のパターン等”から類比的発想で導くことが可能である」というTRIZの基本思考（一種の仮説）にたどり着いている。

TRIZとは「発明的問題解決理論」を意味するロシア語の頭文字ТРИЗの英語表記文字である。詳細は本ページ下部に示すとおりである。

約40年にわたって，彼自身がTRIZ研究の全ての展開を主導し，1980年代の半ばには彼自身によるTRIZ研究は終了している。1970年代には旧ソ連全土にTRIZスクールができ，非公式にTRIZは受け継がれ，1989年にはアルトシュラーを会長としてロシアTRIZ協会が設立されている。その後，アルトシュラーは1998年に旧ソ連のペテロザボォツクで72年の生涯を終えている。

1980年代中盤以降は，アルトシュラーの仲間によってTRIZ研究は継続され，特許事例（ロシア以外に日・米・欧）の分析は今日までに約250万件に及んでいる。なお，時系列的観点からは，「アルトシュラー時代のTRIZ＝従来型TRIZ（1946～1980年中盤）（“クラシカルTRIZ”との呼称もある）」と「それ以降に開発されたTRIZ＝現代版TRIZ（1980年代中盤～現在）」に分ける考え方もある。

2 TRIZの全体構造と基本的な考え方

本稿では，アルトシュラーが開発した従来型TRIZを中心に，一部現代版TRIZも含めて紹介する。その理由は，従来型TRIZは“活用上の制約［パーソナルコンピュータ（PC）環境の設定やTRIZコンサルタントのノウハウ等］”がなく，その情報もほぼ書籍等で公開されており，いつで

Теория	Решения	Изобретательских	Задач
ティオリア(理論)	リシェニヤ(解決)	イズブレタテェルスキフ(発明)	ザダーチ(問題)
Theory	**Solving**	**Inventive**	**Problem**

も導入が可能だからである。なお，TRIZ は既に 60 年以上の歴史があり，TRIZ 技法・ツールも現代版 TRIZ を含めると多種多様なため全ての技法・ツールを理解するのは容易なことではないが，TRIZ の基本思考である「技術問題に関わる革新的な解決案のほとんどは，過去の発明事例から導いた“各種発明原理や標準解あるいは技術進化のパターン等”から類比的発想で導くことが可能である」という仮説に基づいて，TRIZ の基本的な考え方を整理すると図 1 のようになる。この図では，TRIZ の基本的アプローチは，“数学的問題（例えば 2 次方程式）を論理的に解いていくプロセス”に類似している点を示唆している。

なお，図 1 の中の「特定の問題」とは，既存技術システムの“改善”だけでなく，次世代製品の“開発”も含まれる。しかし，従来型 TRIZ では「現状の技術システムの改善問題」に対処する技法・ツールが多く，「将来のあるべき技術システムの開発」に対応した技法・ツールは「技術システム進化のパターン（アルトシュラーの初期発表版は 8 パターン）」だけである。この技術進化のパターンは，「世代技術システムの進化すべき方向」を整理するには有効ではあるが，次世代製品に関わる問題把握やアイデア発想に直接役立つ技法・ツールにはなっていない。そこで現代版 TRIZ では，イノベーションと絡めて，次世代型製品に関するアイデア発想に役立つ「マルチスクリーン法」や，対象技術システム（製品）の“伸び代”を体系的に整理して，対象製品の改善や次世代製品の開発への“糸口”を与えてくれる「技術進化のポテンシャルチャート」などが提案されている。

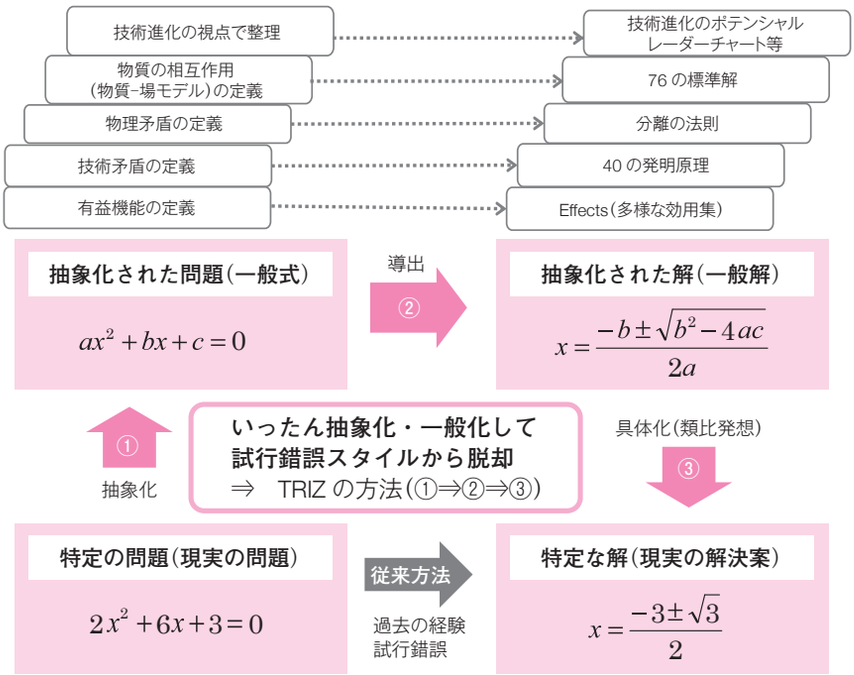

図 1　TRIZ の基本的な考え方

❸ 主な TRIZ 技法・ツール

本節では従来型 TRIZ 手法を中心に，現代版 TRIZ 手法も一部紹介する。まずは，従来型 TRIZ 技法・ツールの中で最も認知度と活用頻度が高い「技術的矛盾の解決アプローチ（技術矛盾マトリックスと 40 の発明原理）」や「物理的矛盾の解決アプローチ（物理的矛盾と分離の法則）」，「技術システム進化のパターン」を紹介する。また TRIZ 初学者の認知度は低いものの次世代製品の“開発への糸口”を与える「技術進化のポテンシャルチャート」や未来予測の視点を与える「マルチスクリーン法」も紹介する。なお，その他の従来型 TRIZ 技法・ツールである Effects（エフェクツ），物質-場分析モデル，ARIZ（アリーズ：発明的問題解決のアルゴリズム）に関しては，最後にその要点を簡潔に示す。

3.1 技術的矛盾の解決アプローチ（技術矛盾マトリックスと 40 の発明原理）

TRIZ では，技術的問題を把握する一つの観点として「矛盾」の概念を導入しており，特に「技術的矛盾」といった場合には「ある技術システムのパラメータ A を改善しようとすると，別のパラメータである B が悪化する」状態を指す。このような技術的矛盾を妥協することなく解決するための

有効なツールとして「矛盾マトリックス」が準備されている。なお，具体的な問題を一つの技術的矛盾として再定義（問題の抽象化）するために，アルトシュラーは多種多様なパラメータを「一般化された 39 のパラメータ」に集約化し，改善する特性も悪化する特性も 39 のいずれかで対応可能にした。したがって，「オリジナル版の矛盾マトリックス（1971 年版）」は「39×39 の正方行列」になっている。しかし，その後ダレル・マン（D. Mann）らが追加で行った米国特許 15 万件（1985 ～2002 年）の分析の結果，矛盾マトリックスは「新版矛盾マトリックス（Matrix 2003）」（図 2 参照）として再構成されている。具体的には，従来の 39 のパラメータが 48 のパラメータに拡大され，それらのパラメータも六つのカテゴリでくくられ「2 階層パラメータ構造」（表 1 参照）になっている。いずれの矛盾マトリックスでも，その使い方に違いはないので，今回は実務的に再構成された新版矛盾マトリックスの方を前提に紹介する。

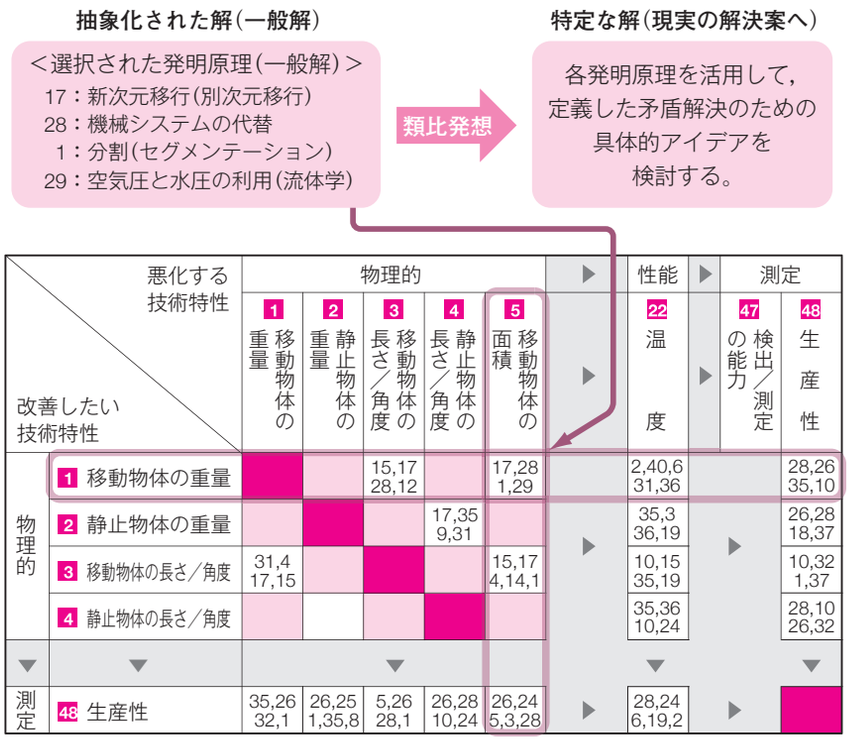

図 2　新版矛盾マトリックス Matrix 2003（一部）

図 2 から明らかなように，行側が改善すべき特性（パラメータ）で列側が悪化する特性（パラメータ）に位置付けられる。そして，解決したい技術矛盾に対応した特性の行と列の交わったセルの中には，その矛盾を妥協なく解決するための発明原理が記入されている。この発明原理は全部で 40 項目あり，これらの項目自体は，新版矛盾マトリックスに再構築されても不変である。なお，各発明原理の詳細内容は TRIZ の専門書に譲るが，各発明原理の項目名と主

表 1　48 のパラメータと六つのカテゴリ

物理的パラメータ	性能に関するパラメータ	効率に関するパラメータ	～性に関するパラメータ	製造／コストに関するパラメータ
1. 動く物体の質量 2. 静止物体の質量 3. 動く物体の長さ 4. 静止物体の長さ 5. 動く物体の面積 6. 静止物体の面積 7. 動く物体の体積 8. 静止物体の体積 9. 形状 10. 物質の量 11. 情報の量	12. 動く物体の動作時間 13. 静止物体の動作時間 14. 速度（スピード） 15. 力（トルク） 16. 動く物体の使用エネルギー 17. 静止物体の使用エネルギー 18. パワー 19. 応力／圧力 20. 強度 21. （物体の構成の）安定性 22. 温度 23. 照明強度	24. 機能の効率 25. 物質の損失 26. 時間の損失 27. エネルギーの損失 28. 情報の損失 29. 雑音（ノイズ） 30. 有害なものの放出 31. システムが作り出すその他の有害効果	32. 適応性／汎用性 33. 両立性／持続性 34. 操作の容易性 35. 信頼性／ロバスト性 36. 修理可能性 37. セキュリティ 38. 安全性／脆弱性 39. 美しさ／見かけ 40. システムに働くその他の有害効果	41. 順応性 42. 製造精度／一貫性 43. 自動化 44. 生産性 45. システムの複雑さ 46. 制御の複雑さ **測定に関するパラメータ** 47. 検出／測定の能力 48. 測定の精度

な特徴（サブ原理の一部）を表2に整理した。矛盾マトリックス表の各セルに配置されている番号が各発明原理の番号に対応しているので，40の発明原理は技術矛盾の克服に有効なアイデアを創出するためのガイド的役割（いわゆる抽象解）を担っているといえる。

しかしその一方で，発明原理の不変性（汎用性）に着目し，我々の周辺で様々な発明原理が活用されていることを数多くの事例を通して認識できれば，矛盾マトリックスなしで，個々の発明原理をアイデア発想に活用することも可能である。そこで，ダレル・マンが主張するように40の発明原理を“様々な視点”から独自の再構成を試みる方法もある。例えば，「分割（数），拡大（サイズ），形状変更（外形），修正（内部構造），置き換え（内容）」と「空間，時間，インタフェース」の観点から（5×3）のマトリックスに再構成

表2　40の発明原理

1. 分割（セグメンテーション）	お互いに独立した複数部分に分ける	**21. 高速実行**	有害や危険作業をあえて高速で行う
2. 分離・抽出	必要な特性だけ取り出す	**22. 災い転じて福となす**	ある有害に別の有害で有害を相殺する
3. 局所的性質	物体の異質な部品に異質な機能を実施させる	**23. フィードバック**	フィードバック機能を導入する
4. 非対称	対象形の物体を非対称の物体に置き換える	**24. 仲介**	作用の移転や実行のために媒体物体を活用する
5. 組合せ	同質的な複数の物体等を空間で組み合わせる	**25. セルフサービス**	対象物にサービス自体を実施させる
6. 汎用性	対象物に多機能を遂行させて必要な他の物体を除去する	**26. 複製**	高価で壊れやすく操作性の悪い物体の代わりに単純な複製を使う
7. 入れ子構造	ある物体を別の物体の空洞の中に置いてみる	**27. 高価な長寿命より安価な短寿命**	高価な対象を安価な集合体で置き換える
8. 釣り合い	対象物の重量を浮力のある別物体に結合させて重量を相殺する	**28. 機械システムの代替**	機械式から別の方式に置き換える
9. 先取り反作用	ある作用の実効のため事前に反作用を考える	**29. 空気圧と水圧の利用**	固体部品を気体や液体に置き換える
10. 先取り作用	事前に対象物の全部か部分に要求されるアクションを実行する	**30. 柔軟な殻や薄膜利用**	従来構造を柔軟な薄膜やフィルムに置き換える
11. 事前保護	事前対策を講じて対象物の低い信頼性を補償する	**31. 多孔質材料**	物体を多孔性にしたり，多孔性要素を加える
12. 等位性	物体の上げ下げが不要なように作業状態を変更する。	**32. 変色（色の変化）**	対象物やその周辺の色を変える
13. 逆発想	仕様で指示された作用とは反対の作用を実施する	**33. 均質性**	主要物体と相互作用する物体を同質材料でつくる
14. 曲面	ローラ，ボール，らせんを利用する	**34. 除去再生**	機能終了後にその要素の放棄又は変更させる
15. 柔軟性	物体を不動的なものから動的・可変的なものにする	**35. パラメータ変更**	物体の状態の集積度・温度を変える
16. 過小・過剰作用	要求作用を100％得るのが難しい場合，問題を大幅に単純化していくぶん多いか少なめで達成できるようにする	**36. 相転移**	対象物の相変化中に作成される作用を利用する
17. 別次元への移行	対象物を単層から多層の組合せにする	**37. 熱膨張**	熱による膨張又は収縮する物質を利用する
18. 機械的振動	物体を振動させる。振動を超音波に増加させる	**38. 加速酸化**	通常空気を濃縮空気に置き換える
19. 周期的作用	継続的作用を周期的作用に置き換える	**39. 不活性環境**	通常環境を不活性な環境に置き換える
20. 有益作用継続	アイドリングや中間動作を排除する	**40. 複合材料**	均質な材料を複合材料に置き換える

表３「発明原理に対応した事例集（一部）」

発明原理	視　点		小事例
1. 分割(セグメンテーション)	構成要素の増加	逆発想の関係	○折り畳み椅子，レゴブロックで作成する可動式おもちゃ
7. 入れ子構造（マトリョーシカ，入れ子人形）			○入れ子式の釣り竿 ○携帯式になっているポインタ（さし棒） ○入れ子式ランチボックスセット（大中小のランチボックスを入れ子式に収納）
10. 先取り作用（予備作用）			○あらかじめ糊が塗布されている封筒の閉口，セルフタッピングねじ（ねじを回すとねじ自体が穴を掘って進む）
22. 災い転じて福となす（有害有益転換）	活用の汎用性が高い発明原理		○日本海沿岸部の冬の強風を活用した風力発電の設置 ○ワクチン（予防接種） ○油田火災を吹き飛ばすために爆発物を使う
25. セルフサービス			○コ・ジェネレーションシステム（例えば，発電機等での排熱を活用して給湯や暖房に利用するシステム）

することも可能である。一部の発明原理に対応した簡単な事例を表３に示す。

表３で示した発明原理のうち，1，7，10の発明原理は「構成要素を増加させる発明原理（システムの複雑さの視点）」であることがわかるし，1と7はアイデアの発想ベクトルが外側か内側かの違いがあり，根底に「13. 逆発想」原理が潜んでいることがわかる。また22と25の発明原理はより汎用性の高い発明原理なので，矛盾マトリックスとは関係なく（マトリックス上での出現頻度はむしろ低い），活用の柔軟性が高いといえる。また最近では，40の発明原理の多様な視点に着目して，様々な改良版矛盾マトリックスの発表例も多く，筆者を含めたTRIZ研究グループでも「二つのタイプの新矛盾マトリックス」を発表していることに一言触れておきたい。

3.2 物理的矛盾の解決アプローチ（物理的矛盾と分離の法則）

前節で紹介した矛盾マトリックスを活用して，ある技術的矛盾を解決することが“ある時点”では本質的な問題ではなく，むしろ，ある一つのパラメータに限定した「物理的矛盾」の視点で問題を捉えることこそが物事の本質を捉えていることに気づくケースもある。このような思考の変換プロセス，すなわち技術的矛盾から物理的矛盾への変換プロセスについて，簡単な事例に基づいて整理すると図３に示すとおりになる。物理的矛盾は，技術的矛盾に比較して定義した時点での問題把握の抽象度が高いため，より本質的な問題の把握につながりやすい。

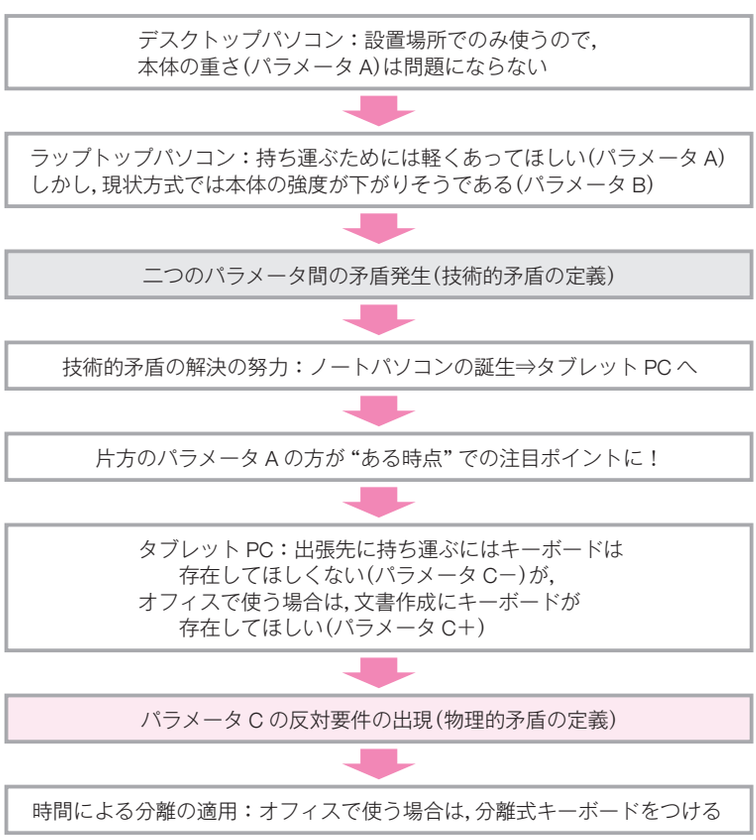

図３　技術的矛盾から物理的矛盾への変換プロセスの一例（タブレット PC の場合）

「物理的矛盾とは同一パラメータが排他的状態（自己対立）にならなければならないとき」のことであり，「あるパラメータAは存在してほしくないが，同時に存在してほしい（図3参照）など」がこれにあたる。このような物理的矛盾を妥協なく解決するための基本的な観点は“分離”であり，おおむね以下の四つの分離の観点（表4参照）が知られている。なお，物理的矛盾をある分離の原則を活用して解決していると思われる小事例を表5に示す。

なお，物理的矛盾では矛盾マトリックスは使用しないので，40の発明原理は一見無関係のようだが，分離の法則に関連する発明原理も多々存在する。例えば，時間による分離を活用してある物理的矛盾の解決を考える際には，「9. 先取り反作用，10. 先取り作用，11. 事前保護など」の発明原理も視野に入れてアイデア発想を行うと，より一層充実した解決案が期待できる。

3.3 技術システム進化のパターン

数多くの技術システム（製品）は，決して偶発的に進化（進歩）していくわけではなく，「ある一定のパターンに従って進化していくという“一種の法則”」を示したものである。これらの進化パターンは数多くの特許分析から帰納的に導かれたものであり，アルトシュラーが初期に発表した技術進化のパターンは八つ（表6参照）ある。

この進化パターンの発表以降も，アルトシュラーの弟子やTRIZ専門家によって特許分析は継続したので，追加発表もあり現在までに30～40程度の進化パターン（トレンドと呼ぶ場合もある）が知られている。しかし今回は誌面上の都合でこの八つに限定して紹介する。

表4　主な分離の法則

四つの分離の法則	概　要
時間による分離	あるときは大きい（A）が，別のときには小さく（−A）なる。
空間による分離	ある特性がある場所（空間）では大きい（A）が，別の場所（空間）では小さく（−A）なる。
部分と全体による分離	システム（製品）のレベルではある特性（A）をもち，部品のレベルでは反対の特性（−A）をもつようにする。
状況による分離	特性値が，ある条件では高く（A），他の条件では低く（−A）なるようにする。

表5　ある分離の法則に対応した事例

【事例1】　缶コーヒーの「缶の強度（ツーピース缶）」
缶を運搬して積み重ねるには，缶の上下端部は強度がなければならないが，開閉する前の缶コーヒーは密閉状態が保たれているので，胴体部分はやたら強度がある必要はない。 「空間による分離」：缶のトップとテール部は形状変更（リブなど）で強度を高めるが，缶の本体部分はアルミの薄板状態で十分である。なぜならば中のコーヒーを密閉状態にすれば十分強度が保てるからである。
【事例2】　連結された車両
連結された車両は，急カーブ等の状況でも確実に運行するためには，連結された車両全体では，柔軟性（フレキシビリティ）がなければならないが，車両の中のお客様の安全を保証するためには個々の車両は，一定の強度（リジット）がなければならない。 「全体と部分による分離」：部分で見ると，個々の車両は一定の強度があるが，全体で見ると連結車両（全体）は柔軟性（フレキシビリティ）に富んでいる。

表6　アルトシュラーによる技術システム進化の8パターン

①	理想性増加の法則
②	システムパーツ完全性の法則
③	エネルギー伝導性の法則
④	リズム調和性の法則
⑤	システム要素の不規則な進化の法則
⑥	上位（スーパー）システムへの移行の法則
⑦	マクロからミクロへの移行の法則
⑧	物質-場の完成度増加の法則

①　理想性増加の法則

（**Law of Increasing Ideality**）

技術システムは，「理想性（Ideality）」の程度を高める方向で進化する。理想性とはシステムの「有益機能（Useful Function, UF_i）」の合計を，そのシステムの「有害機能（Harmful Function, HF_j）」の合計で割った比率として定義される。理想性向上の概念式（表7参照）はVEの価値向上の概念式［V＝F(機能)/C(コスト)］と類似しているが，前者の方が分母・分子の項目ともにその包含する意味は広い。

VEでの機能は有益機能のことであり，有害機能という捉え方はない。一方TRIZの方は，有害機能とはVEで対象とするコストも含めて，特性値（パラメータ）がゼロを目指す項目が包含される。

表７　理想性向上のパターン

$I(Ideality)=\dfrac{\sum UF_i}{\sum HF_j}$	⇧ ⇧ ⇨ ⇧	$\to\infty$	= IFR
	⇩ ⇨ ⇩ ⇧	$\to 0$	

また有益機能は，技術システムの特性値がプラスになる特性値が包含される。例えば，有害機能の特性値としては，技術システムのコスト，電力消費量，重量，サイズ，騒音，メンテナンス時間，騒音等が含まれる。また有益機能の特性値としては，主要性能などが含まれる。なお，この法則を限界まで追求することで，アルトシュラーは「理想的最終解（IFR：Ideal Final Result）」という UF_i が無限的に大きく，HF_j が限りなくゼロに近い状態のコンセプト（表７参照）を設定し，この理想達成を常に意識することを強調している。

②　システムパーツ完全性の法則（Law of Completeness of Parts of a System）

技術システム（最終的な製品）は，個々に分離しているサブシステム（部品）を一体化することによって出来上がる。技術システムを実効性のあるものにするには，基本的には，エネルギー源としての「駆動系」，システム機能を実行する「作動器官系」，エンジンから作動器官にエネルギーを伝える「伝達系」，そして伝達系を通してシステムを制御したり操作したりする「制御器官系」の４系統の技術要素が必要である。これらの要素の一つでも欠損や達成不十分があると，競争で生き残ることは難しい。このような考え方は自動車に限らずほとんどの技術システムに当てはまる法則である。ただし，対象とする技術システムが全てこの４系統に対応するわけでもないので，要は全体システムを構成するサブシステムが全て「完全になる方向（機能達成度が十分な方向）」で進化するという，より本質的な観点で理解する必要がある。

③　システムでのエネルギー伝導性の法則（Law of Energy Conductivity in a system）

技術システムは，駆動系から作動器官系にエネルギーを伝達する効率を高める方向で進化する。例えば伝達方式はシャフトや歯車といった機械的方式が採用されたり，帯電粒子の流れといった方式で実施されたりする場合もある。この伝達形式の選択は，多くの技術システムの重要な技術課題の一つであり，伝達方式のエネルギーの無駄が減少する方式に進化していくということである。より一般的にいえば，ある機能（目的）の達成に使われるエネルギー（手段）は，無駄がなくなる方向で進化していくという意味である。

④　リズム調和性の法則（Law of Harmonization of Rhythms）

システムはその要素（部品）のもつリズムや自然の周波数との調和を高める方向で進化する。一例として，アルトシュラーは，地質の薄層に掘削して穴をあけ，そこに水を満たして圧力による振動を伝達することによって石炭を粉砕するという新しい石炭採掘方法を取り上げている。この方法はその後に石炭の塊の自然周波数に対して等しい周波数の衝撃を与えることによって石炭を採掘するという画期的な方法（旧ソ連の特許）に結び付いた。このようなリズム調和性の法則を意識した例は身近にもたくさんある。例えば，ダイヤモンドの切断は，ダイヤモンドの断層に合わせて圧力をかける方式で行われるので，この法則に従っていると解釈できる。

⑤　システム要素の不規則な進化の法則（Law of Uneven Development of Parts）

技術システム全体（製品）からみれば単調に改善されているようだが，技術システムを構成する個々の要素（部品）は全体に同期して改善されているわけではなく，不規則（別々）に行われているという意味である。つまり，各システム要素には独自の成長曲線（S カーブ）が存在し，個々のシステム要素の進化も独自なのである。したがって，衰退期に最も早く達したシステム要素が技術システム全体の進化のブレーキになるので，このようなシステム要素の次の成長曲線を描く新システム要素の開発こそが，システム全体のさらなる進化を左右することになる。この法則に従った例も身近にある。例えば，PC の CPU の処理スピードや HD メモリの容量

などは飛躍的な進歩であるが，入力方式は今でもキーボード方式が主流であり，最近ようやくタッチパネル式のタブレットPCが登場してきた段階である。

⑥　上位（スーパー）システム移行の法則（Law of Transition to a Super-system）

技術システム（製品）それ自体が発展の限界に到達すると，より上位（スーパー）システムのサブシステムになることによって更に進化するケースがある。このように上位システムに移行することによって，対象システムは質的にも新しいレベルに高められていく。このような事例は我々の身近に結構存在する。

例えば電話機の主流が固定電話から携帯電話になった段階で，携帯電話は上位（スーパー）システムに移行して飛躍的な発展を遂げた。具体的にいえば，固定電話の時代までは，概して電話機単体としての開発が主流であったが，携帯電話に移行してからは，情報システムという上位システムの中のサブシステム（情報端末）といった位置付けで発展してきたからである。さらにスマートフォンはクラウド環境（上位システム）の中でのITツール（サブシステム）として，ますますその存在感が高まっている。

⑦　マクロからミクロへの移行の法則（Law of Transition from Macro to Micro Level）

対象システムの主要機能を実行する手段は，最初はマクロレベルで実現されるが，その後はミクロレベルへ移行していくという法則である。このような法則に沿って発展してきた例としてエレクトロニクスが挙げられるだろう。具体的な事例としては，真空管で構成されていた電化製品がトランジスタ，そしてLSI（大規模集積回路）へと移行するに従って軽薄短小化してきたことを挙げることができる。なお，マクロからミクロへ移行する際には，対象システムの効率性や制御性を向上させる方向で，異なるエネルギー方式（機械的方式から電気的方式など）が採用される。

⑧　物質–場の完成度増加の法則（Law of increasing Substance—Field Involvement）

アルトシュラーは，一つの有益機能の達成を「あるエネルギー（機械的エネルギーや電気的エネルギーなど）」を通して相互作用する二つの「物質（構成要素）」との関わりから示す「物質–場分析モデル」を開発した。彼はこのモデルを基準にして，対象システムは，物質–場分析モデルの視点から，“物質と場の関わり”の完成度が高まる方向へ進化していくことを示した。例えば，カメラの記録方法を考えてみると，「フィルムという物質1：S1」に対して，「光量という物質2：S2」を与えて，画像をフィルムに焼き付ける方法は，画像が化学的処理で再現されているから「化学的エネルギー：Fch」の作用ということになる。その後の進化過程で，エネルギーも化学方式から電気方式に移行し，光量（S2）が「電気エネルギー：Fe」を通して，磁気媒体（S1）に記録され，鮮明なデジタル画像として再現されるようになった。これが今のデジタルカメラである。有益機能（写真を撮る）の達成を示す「物質–場モデル」の完成度がデジタルカメラで飛躍的に高まったわけである。

このような技術システム進化のパターンは，前述したように次世代の技術システムの進化すべき方向性を見いだすのに有効である。

3.4　技術進化のポテンシャルレーダーチャート

対象システム（製品）の“改善の余地”やイノベーションと絡めて次世代システムの“開発への糸口”を示唆してくれる「技術進化のポテンシャルレーダーチャート」は，現代版TRIZ技法・ツールの一つである。

レーダーチャートを作成するときは，前述した技術進化の8パターン（アルトシュラーの初期版）に限定するのではなく，ダレル・マンらがその後の特許分析等から整理した技術進化のトレンド（パターンより詳細）等の中から対象システムと関連性が高い技術進化のトレンドを選択（通常は10個程度が多い）することが多い。そして，選択した複数の進化トレンドの観点から，対象システムの現状の進化状況をレーダーチャート上で整理することになる。最終的には，現段階の進化状況から開発の余地がどの辺にあるのかをビジュアル的に判断し，進化の

余地の高い技術要素（トレンド）に特化して効率的に開発予算を行使すべきである。また場合によっては，次世代システムの「開発の糸口＝どの進化トレンドを次世代システムへの突破口にするか」に活用するアプローチもあり得る。図 4 は，ある技術システムの進化のポテンシャルレーダーチャートのイメージ図である。

3.5 マルチスクリーン法

これも現代版 TRIZ 技法・ツールの一つであり，「対象システム（製品）」や，それに関連する「上位システム（対象製品の上位環境）」や「サブシステム（製品の構成要素）」に関連する過去から現在に至る発展経緯を把握し，その傾向に基づいて，近未来の製品関連の未来アイデアやシナリオを描く際に活用する。もともとは「(過去－現在－未来)×(上位システム／システム／サブシステム)＝9 セル」から構成されるマトリックス上でマルチに観察するので，9 画面法と呼称する場合もある。この技法・ツールを筆者は拡張して，「上位システムを，広く社会環境レベルで捉える“上位システム（広義）”と「対象システムに隣接する他のシステムを“上位システム（狭義）”」として 4 段階に分類しているので，さしずめ「12 画面法」（図 5 参照）になっている。なお，図 5 の内容は小学生向け学習塾を対象システムに設定したイメージ事例である。

	過　去 （1970～1989 年）	現　在 （1990 年代～2000 年代）	未　来 （2012 年～）
Super-system **社会パラダイム**	公害が 社会問題へ 工業化社会	情報化社会 少子高齢化社会	ユビキタス社会の到来 格差社会 女性の社会進出
Super-system **教育（学校）**	詰め込み型勉強	ゆとり教育・ 学力低下とその防止へ	一部学校の地位低下 教育格差拡大？
System **学習塾**	進学塾・補習塾	複合型学習塾へ （個別・集団・英会話・ 幼児教育・スポーツ教室）	教育業界再編 次世代学習塾
Sub-system **指導形式**	集団指導型	個別指導型	カスタマイズ型
教　材	レベル・単元別 教材	PC 化により 個別教材が可能に	エデュテイメント メディア教材
安　全	特になし	下校時の生徒の 安全性確保へ配慮	ICT 活用による 生徒のセキュリティ 保証
学習環境	大部屋の利用	個別学習者の環境配慮 （パーテーションなど）	カウンセリング 心理的快適性の向上

未来予測領域

図 5　マルチスクリーン法（拡張版 12 画面法）

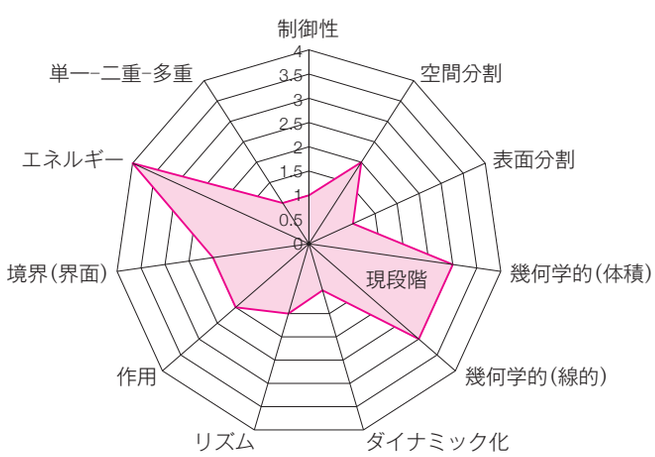

図 4　ある技術システムのポテンシャルレーダーチャート図

3.6 他の従来型 TRIZ 技法・ツール

① Effects（エフェクツ）

業界の固有知識に固執せずに心理的惰性を打破できる有効な手法である。各種固有技術の基本である物理学，化学そして幾何学に関する効果や法則を一種の問題解決の科学的・工学的効果集としてまとめた知識データベースである。活用の基本は，達成したい有益機能から検索し，その達成に有効な効用を見つけてそれらをアイデア発想のヒントとして使う“逆引き辞書”的な使い方が基本である。なお，アルトシュラーが体系化した初期版の Effects を表 8 に示す。

表 8　Effects（初期版）

達成すべき有益機能	効用（一部）	達成すべき有益機能	効用（一部）	達成すべき有益機能	効用（一部）
F1：温度を測定する	○熱膨張・ペルチェ効果…	F11：物体の位置を安定させる	○電気の場・磁気の場…	F21：表面の形状を変える	○摩擦・吸着・拡散…
F2：温度を下げる	○相転移・ジュール＝トムソン効果…	F12：力を作り出し制御する高圧力を作り出す	○磁気の場・相転移・浸透・熱膨張・爆発…	F22：様態・物体の量を調べる	○ルミネセンス・発光体・磁性体・屈折…
F3：温度を上げる	○電磁誘導・誘電体…	F13：摩擦を制御する	○振動・低摩擦…	F23：物体の量的特性を変える	○磁性液体・冷却…
F4：温度を安定させる	○相転移・熱磁効果…	F14：物体を破壊する	○放電・共鳴・振動…	F24：物体の構造を作り安定させる	○弾性波・共鳴・定常波・振動・磁場・相転移…
F5：物体の位置／動きを検出する	○発光体・磁性体・反射・変形・電気放電…	F15：機械的・熱的エネルギーを溜める	○弾性変形・遠心力・相転移…	F25：電気の場・磁気の場を検出する	○浸透・帯電・放電・圧電効果・磁気ひずみ…
F6：物体の動きを制御する	○磁気力・電力・振動…	F16：エネルギーを伝える	○機械的エネルギー…	F26：放射線を検出する	○熱膨張・サーモバイタル・放射スペクトル…
F7：液体・気体の動きを制御する	○毛細管現象・トムス効果・ベルヌーイの法則…	F17：移動物体と静止物体の相互作用を作る	○電磁場・電磁誘電…	F27：放射線を作り出す	○放電・発光体・ルミネセンス・光学現象…
F8：煙霧質の流れを制御する	○帯電・電気の場…	F18：物体の寸法を測る	○発光体・帯電・共鳴…	F28：電磁場を制御する	○放電・磁性体…
F9：混合物を移動する溶液を作り出す	○弾性波・共鳴・定常波・振動…	F19：物体の寸法を変える	○熱膨張・形状記憶…	F29：光を制御する	○反射・屈折・吸収…
F10：混合物を分離する	○電気の場・磁気の場・遠心力・拡散…	F20：様態・表面の形状を調べる	○放電・反射・発光体・感光性材料・放射能…	F30：化学変化を起し強化する	○弾性波・共鳴・振動…

②　物質-場分析モデルと 76 の標準解

全ての技術システムの問題は，ある（エネルギー発生の）場の中で，物質同士の相互作用の発生という観点から「物質-場のトライアングルモデル」で示すことができる。このモデルの作成によって，有益機能の不十分さと有害機能の発生を明確にできるので，問題解決の重要な分析ルーツになる。またこのモデルの観点から，問題解決の方向を示した「標準解」も 76 タイプ用意されている。実際の解決案を導き出すためには，最適な標準解を選択してから，その標準解から現実の問題解決に有効なアイデアを類比発想することになる。

③　ARIZ（アリーズ：発明的問題解決のアルゴリズム）

解決すべき問題の本質（物理的矛盾や対立点）を適切に分析・把握して，革新的な解決案を導き出すための一種の「問題解決のための思考プロセスの詳細な手順」である。標準問題を解決するためのテクニック（40 の発明原理や 76 の標準解）の単独活用だけでは解決できそうもない複雑な技術システムの問題解決に活用される。

4　最後に

最後に一つ付け加えておきたい重要事項がある。それは TRIZ 手法を有効に活用するには，前段階として，対象システムに関する特定の問題（既存システムの改善すべき点）や課題（将来のあるべき姿・ビジョン）を正しく定義する必要があるということである。そのためには本稿で紹介していないが「対象システムに関する機能分析（VE 技法の一つでもある）」が有効である。機能分析によってサブシステム間で発生している有害機能や達成不十分な有益機能あるいは有益機能間の干渉（矛盾）等が体系的に把握でき，最適な TRIZ 技法・ツールの選択が容易になるからである。そして，全ての TRIZ 技法・ツールは，「エネルギーや物質等の保有資源を有効に活用し，矛盾を回避・解消することで有益機能の強化と有害機能の低減」に寄与するために開発されているということに留意してほしい。

参考文献

1) Darrell Mann (2002) Hands-On Systematic Innovation: CREAX Press.［中川徹監訳・知識創造研究グループ訳(2004)，TRIZ 実践と効用体系的技術革新，SKI］
2) Darrell Mann, Simon Dwulf, Boris Zlotin, Alla Zusman (2003) Matrix 2003: CREAX Press.
3) Ideation International Inc. (1999) Tools of Classical TRIZ: IDEATION.
4) Stan Kaplan (1996) An Introduction to TRIZ The Russian Theory of Inventive Problem Solving: IDEATION.
5) 長田洋・澤口学・福嶋洋次郎・三原祐治(2011)，革新的課題解決法 , 日科技連出版社
6) 澤口学(2002)，VE と TRIZ，同友館