

イノベーション技法

**TRIZ**

小冊子 1

システム進化の法則

出典：「TRIZ Technology for Innovation」Isak Bukhman 著

和訳監修：NPO 法人 日本 TRIZ 協会

2015 年 9 月 2 日

## 目次

まえがき

恩師 **Genrich S. Altshuller** について

著者について

### 1. はじめに

#### 1.1. TRIZ の考え

#### 1.2. まとめ

### 2. システム進化の法則および段階

#### 2.1. はじめに

#### 2.2. 法則の第 1 グループ

##### 2.2.1. システム完全性の法則

##### 2.2.2. システムのエネルギー流路短縮の法則

##### 2.2.3. システムパラメーター同期の法則

#### 2.3. 法則の第 2 グループ

##### 2.3.1. 理想性向上の法則

##### 2.3.2. システム矛盾を引き起こす、下位システム(システムの構成要素)の不均一な進化の法則

##### 2.3.3. 上位システム推移の法則

#### 2.4. 法則の第 3 グループ

##### 2.4.1. ミクロレベル推移の法則

##### 2.4.2. システムの制御性/柔軟性向上の法則 (柔軟性の法則)

#### 2.5. システム進化の 段階

##### 2.5.1. システム進化の第 1 段階 - 新システム創造

##### 2.5.2. システム進化の第 2 段階 - 部品の改良と発達

##### 2.5.3. システム進化の第 3 段階 - システムの柔軟化

##### 2.5.4. システム進化の第 4 段階 - システムの自動制御と自動進化への推移

#### 2.6. まとめ

#### 2.7. 演習

### 付録 1

あらゆるレベルの革新スペシャリストを養成するためのTRIZトレーニング・コース

### 付録 2

企業へのTRIZ導入計画の例

### 付録 3

新たな専攻 - 革新技法

### 用語解説

## 日本の読者のみなさまへ

創造性と革新における仲間の方々

地上で最も知的で発展した国のひとつとしてみなさまに敬意を表せることを大変嬉しく誇りに思います。あなた方は短期間のうちに素晴らしい品質と進歩した教育システムをもって非常に効率が高く高度な産業を築きあげました。あなた方の企業の多くは世界をリードし、多くの国々の人々が日本の製品を選び、日本の技術を使っています。

あなた方は産業、科学、教育において申し分がないばかりでなく、創造やシステム発展のために独自の先進技術を用いることにおいても指導的立場にあります。あなた方はシステム進化法則と何千人にも及ぶ開発者や科学者の最優良事例に基づくシステム発展の科学としての TRIZ の真価を認識した最初の国のひとつです。私の恩師でありパートナーでもあった Genrich S. Altshuller が確立した道に沿っていることを嬉しく思います。

みなさまへ TRIZ の知識を創始者の Genrich S. Altshuller から直接お届けするのは私の権利、義務そして恩師に対する深い尊敬の念によるものです。平易で魅力的で理解しやすいけれども完全な TRIZ およびイノベーション技法 TRIZ の姿をご用意いたしました。7つの小冊子には 408 の図、表、写真、218 の例、そして 69 の演習問題が含まれます。

まず「はじめに」（各小冊子の第1章）を読んでみてください。これはとても特別な章です。この章では、TRIZ が文明の存続と発展に関する主要な問題とどのように関連しているかを示そうとしています。これらの問題がどのようにして Altshuller に適切な答えを見出させ、TRIZ を作り始めるきっかけとなったのかを示そうとしています。

TRIZ（イノベーション技法 TRIZ）は、あらゆる人工システムの創造と発展および関連問題の解決のための非常に強力でも最も有効な科学です。これは、TRIZ の主たる機能のひとつです。どうか、プロジェクトを問題解決から始めないでください。プロジェクト（既存の製品 / 技術 / サービス / ビジネスの発展のプロセス）の開始時点では、要求を満たすために製品 / 技術 / サービス / ビジネスの何が変えられるべきか分からないので問題がありません。まず、最も重要な問題の一覧を作るための適切なステップを踏む必要があります。小冊子 7（イノベーション技法）に、既存システム発展やそれに関連する問題解決のために TRIZ の各要素を他の実績ある設計開発手法や有能なプロジェクトチームの最優良事例と組み合わせるどのように使うかについての答えがあります。

TRIZ は人生哲学として、社会の一員として創造的な人間として創造的な人生を送る権利と義務を認識させるのに役立ちます。小冊子 6（創造的人物の育成）の第 3 章が TRIZ のこの大変重要な役割を理解する手助けとなってくれることでしょう。TRIZ は特別な準備もなく、特別な才能も必要とせず、誰もが利用可能です。TRIZ は、高校レベルの確かな知識のある方であればどなたでも利用可能です。

Altshuller が私に与える影響がこれほどまでに大きく深いものになるとは思っていませんでした。彼は私の人生を変え、私はそのことを大変嬉しく思います。今現在、「Genrich S. Altshuller は私達の師です」と言いたいところです。彼の精神は私達とともにあり、私達が創造的で幸せな人生を送るのを手助けしてくれます。

読者のみなさまには幸運をお祈りします。あなたを手助けし、あなた方の創造的な仕事と生活を支援するために喜んでお手伝いします。あなたとご家族が愛に満ちた、幸せで健康な生活を送られることを願っています。

## まえがき

問題をより創造的に解決しようと努力されている方のための本を用意いたしました。複雑化した世界の皮肉は、私達が生活で直面する問題に対する真に革新的な解決策が単純明快であるということです。それでは、複雑性の中を体系的にかいくぐってこのような創造的で単純な解決策を明らかにするにはどうすればよいのでしょうか。イノベーション技法 **TRIZ** が著者の恩師であり **TRIZ** の創始者でもある **Genrich Altshuller** のメッセージを伝えてくれます。**Altshuller** やその信奉者によりもともと作り出された **TRIZ** の考えや手法が分かりやすく示されています。**TRIZ** という、ロシア語の “**Teorija Reshenija Izobretatelskih Zadach**” の頭字語は “発明的問題解決理論” を意味し、システム進化法則と何千もの開発者や科学者の最優良事例に基づくシステム発展に関する科学です。**TRIZ** の適用可能性については何ら制約がありません。如何なる問題状況においても、そして如何なる新たなあるいは既存のシステムの開発にも適用できます。潜在的には、**TRIZ** にはひとつだけ制約が存在します ... それは、物理的世界の制約です。

ここで提示されている情報は、単に問題に対する解決策を提供するものではなく、社会の各人が創造的な人間として創造的な人生を送る権利と義務を実現するためにはどうすればよいかを示すものです。過去のある時点で、誰かしらが私達の今日の生活をより快適にすることをしてくれました。今度は私達が今の世の中そして将来世代のために役に立つことを何か今やるべきです。

この本には3つの付録があります。ここに、**TRIZ** をどのように学ぶか、**TRIZ** をどのようにして社内に導入するか、そして、どのようにして新たな専攻（イノベーション技法）を開拓するかについての考えやお勧めがあります。

本書は大学や高校の学生や教員向けの教科書として、また、技術やサービスの開発に関与されるエンジニアや専門家の実用ハンドブックとしてお勧めしますが、年齢や専門を問わず、探究心のある方であればどなたにとっても有益で興味を持てる内容であると思います。

**TRIZ** が自身の人生の一部になり得る、自身の **TRIZ** キャリアを開始したい、職場に **TRIZ** を導入したい、あるいは **TRIZ** の理論や実践に関する質問があると感じられた場合には、ご遠慮なくお問い合わせください（付録3参照）。喜んで支援し、私達の **TRIZ** ファミリーの一員として歓迎いたします。

## 著者について

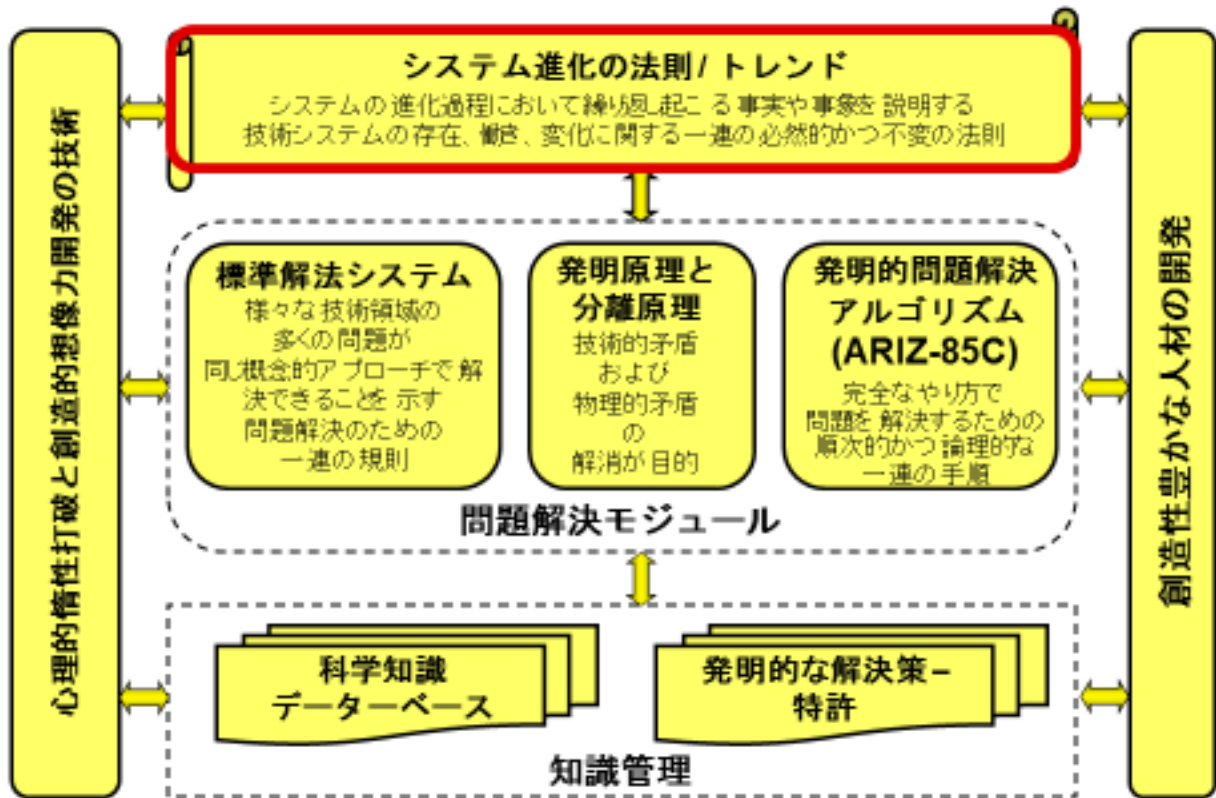
Isak Bukhman、TRIZ マスター、TRIZ Solutions LLC 社長兼グローバル・コンサルタント、Altshuller Institute for TRIZ Studies 副会長

TRIZ、価値方法論 (Value Methodology: VM) およびシックス・シグマの専門家であり、製品/プロセス開発および製造の分野で 35 年以上の実戦経験を有する。

Chief methodologist として 10 年近く Invention Machine Corporation (IMC) に勤め、その間に IMC は世界的な評価を確立した。現在は独立したグローバル・コンサルタントおよび TRIZ Solutions, LLC の所有者として従事している。

近年、14 カ国 (米国、英国、スペイン、ドイツ、オランダ、ロシア、イスラエル、中国、香港、日本、韓国、インド、台湾、シンガポール) において Eaton, American Axle & Manufacturing, Johnson Controls, BYD, Bobcat, Shell, Masco-Behr, Baker Hughes, Chemtura, Henkel, Samsung, Intel, Microsoft, NXP, Johnson-Johnson, Mattel/Fisher-Price, Kaifa, GAF, Clorox, Corning, Compal, Epistar, Whirlpool, Alcon, DePuyOrthopaedics, Flowserve, Savannah River Site, Steris, Biomerieux, Medtronic, Philips, Delphi, POSCO, Xinetics, BaoSteel, A.O.Smith Corporation など 40 以上の一流グローバル企業に対し、TRIZ 研修会を行い、100 以上の革新プロジェクト開拓を導く活動をしている。

数多くの基本と応用のトレーニング・セミナーを (一部 Genrich Altshuller とともに) 行い、何千にもおよぶマネージャ、技術者、研究者に TRIZ/価値方法論を教育し、母国ラトビアでは 7 年間に渡って子供や若者に創造性 (TRIZ) を教えている。



## 2. システム進化の法則および段階

### 2.1. はじめに

初期の研究とこの元々の研究を補強するその後の作業により、TRIZ ではシステム進化の法則をシステムの存在、動作、そして変化のための一連の法則として捉えています。システム進化の法則は TRIZ の主要素であり、他のあらゆる TRIZ の要素が発展するための土台です。

TRIZ の法則と（問題解決指向の）分析ツールの“役割分担” は非常に簡単明瞭です。法則は、次世代のシステムまたはプロセスに関する、より発達して理想に近いイメージの創造を支援してくれます。しかし、“イメージ” だけでは形にすることができません。デザインに対する実際のコンセプトを用いて描写する必要があります。TRIZ の分析モジュール（ARIZ-85C、標準解法システム、発明原理と分離原理、科学知識データベースなど）を用いてこの作業を行います。このようにして、システム進化の法則でイメージを創り上げ、TRIZ の分析モジュールにより、そのイメージが実際の設計解で満たされることとなります（図 2-1-1）:

80年代に Igor Vertkin (Altshuller の弟子の一人)は、理想性のレベルを算出するために、以下の式を提案しました (図 2-3-2) :

$$\text{理想度} = \frac{\Sigma \text{有益機能数}}{\Sigma \text{開発構成要素数}} \rightarrow \infty$$

図 2-3-2 有用機能が多いほど、そして、特別に作られた構成要素が少ないほど理想性のレベルが向上

例 2-3-1 注射器(図 2-3-3)

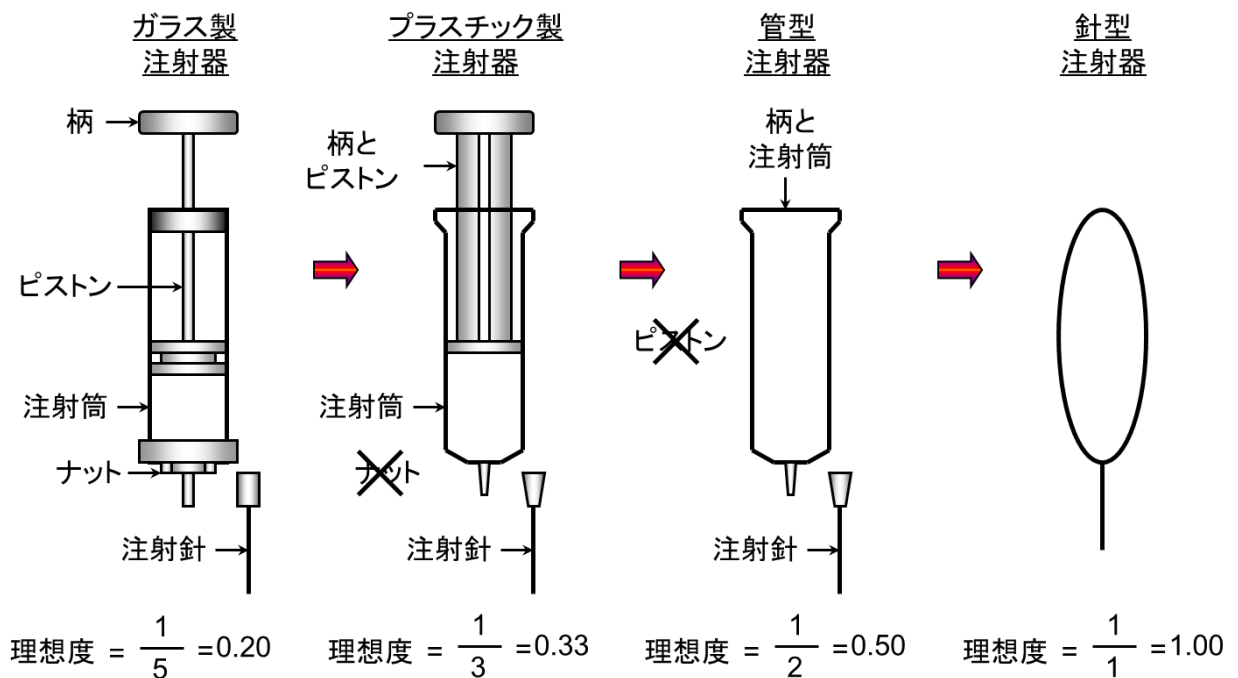


図 2-3-3 注射器は、皮膚を通して体内に薬品を注入するという 1つの機能を実行する。ガラス製注射器は5つの部品から構成され、1つの機能を実行 (理想性のレベルが 0.20)。プラスチック製の注射器は3つの部品から構成され、1つの機能を実行 (理想性のレベルが 0.33)。管型注射器は2つの部品から構成され、1つの機能を実行 (理想性のレベルが 0.50)。針型注射器は1つの部品で構成され、1つの機能を実行 (理想性のレベルが 1.00)。

例 2-3-3 炭酸ガス(CO<sub>2</sub>)レーザー内蔵ターボジェットエンジン(図 2-3-5)

ミサイル攻撃に対する従来の防衛手段は高価であり、しかもミサイルからの防御が保証されているわけではありませんでした。

そこで、強力な炭酸ガス(CO<sub>2</sub>)レーザーを航空機のターボジェットエンジンと組み合わせることが提案されています。エンジン排気口の内側に装着された一対の鏡で強力なレーザーを作り出し、このレーザービームを3つ目の鏡を用いてエンジンのヒートトレースに向けます。ヒートトレース中を追尾してくるミサイルは必ずこのレーザービームの経路に入ってくるので破壊されることになります。

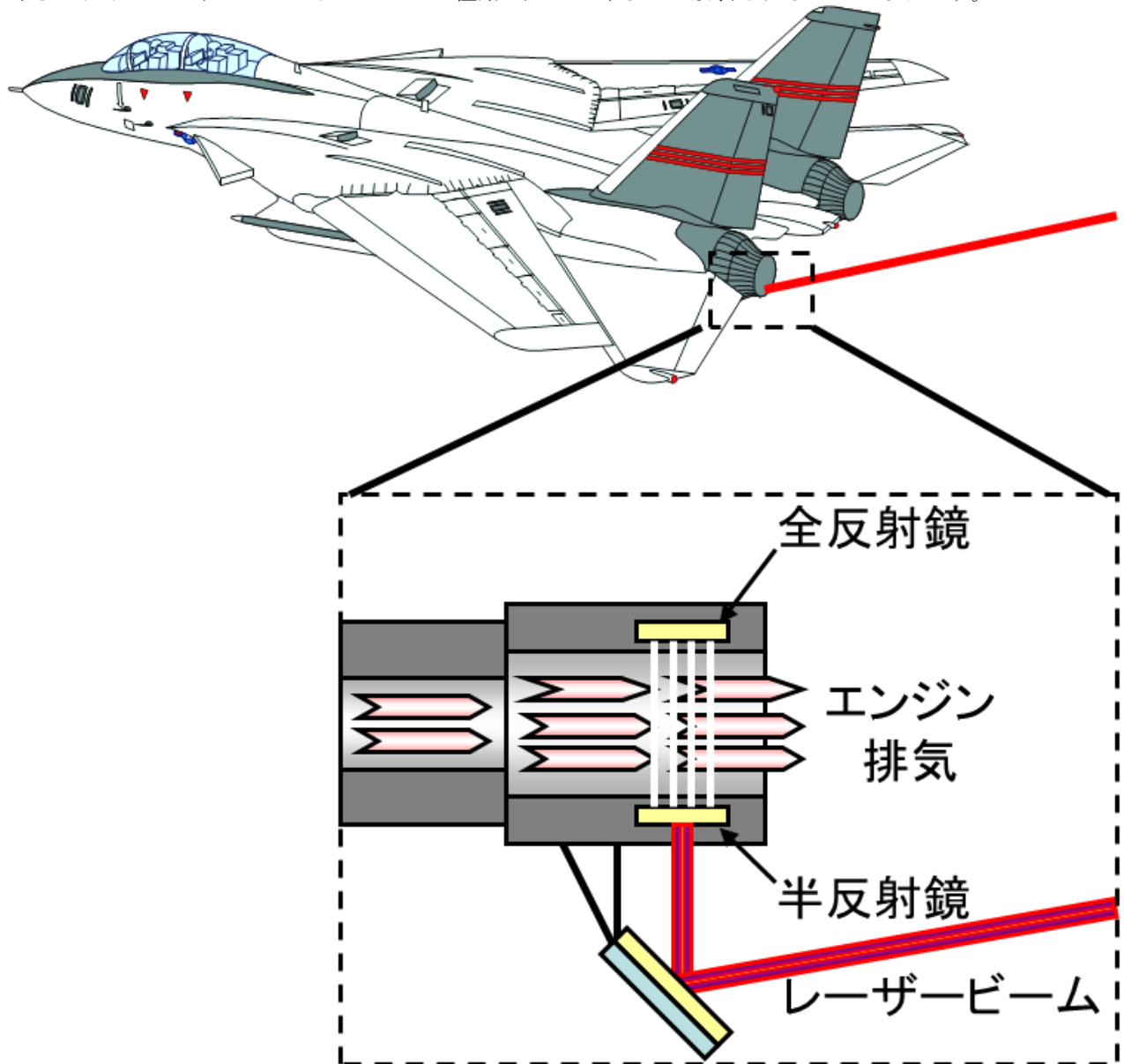


図 2-3-5 ターボジェットエンジン排気が「無償で」レーザーを供給



2.4.2. システムの制御性/柔軟性向上の法則（柔軟性の法則）

技術システムの進化は制御性の向上、“剛構造”から柔構造、“固定パラメーター”から柔軟なパラメーターの方向に進みます。固い要素のエンジニアリングシステムは動作条件の変化にうまく適応できません。設計者は、固い要素をより柔軟でよりダイナミックにしようとし、固い設計に対して継ぎ手が持ち込まれ、その数が次第に増え、柔軟なシステムへと推移してゆきます。エンジニアリングシステムの要素が分子または場のレベルで実装された場合に最大の柔軟性が得られます。固定の構造から柔軟な構造へと推移するトレンドを図 2-4-6 に示します。

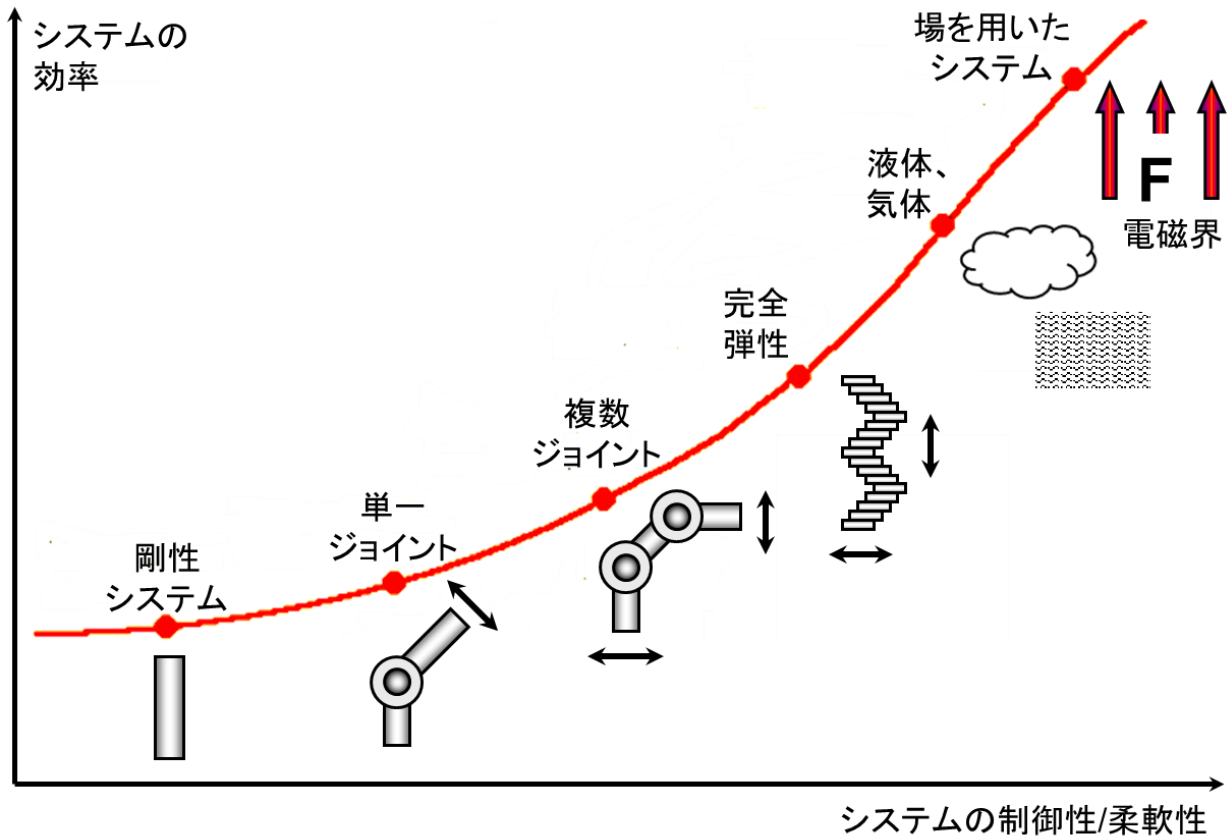


図 2-4-6 固定の構造から柔軟な構造へと推移するトレンド

## 2.5. システム進化の 段階

Genrich Altshuller は、システムの進化において4つの主要な段階を定義しました（図 2-5-1）。第1段階は、新システムのために既存システムから部品を選ぶことです。第2段階において、これらの選択された部品は新システムのために特別な進化を遂げます。第3段階では、システムが可動化されます。第4段階は、システムの自動制御や自動進化への推移により特徴づけられます。

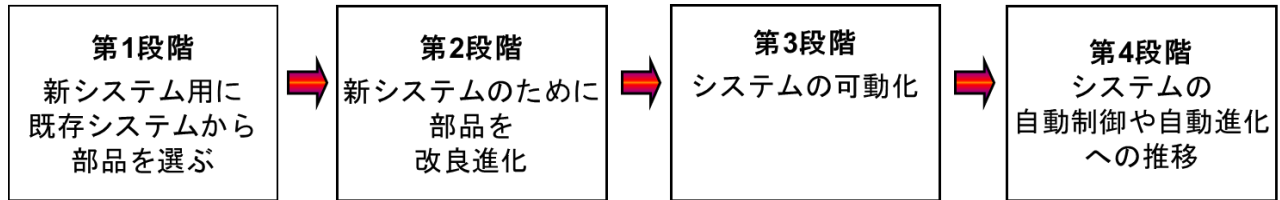
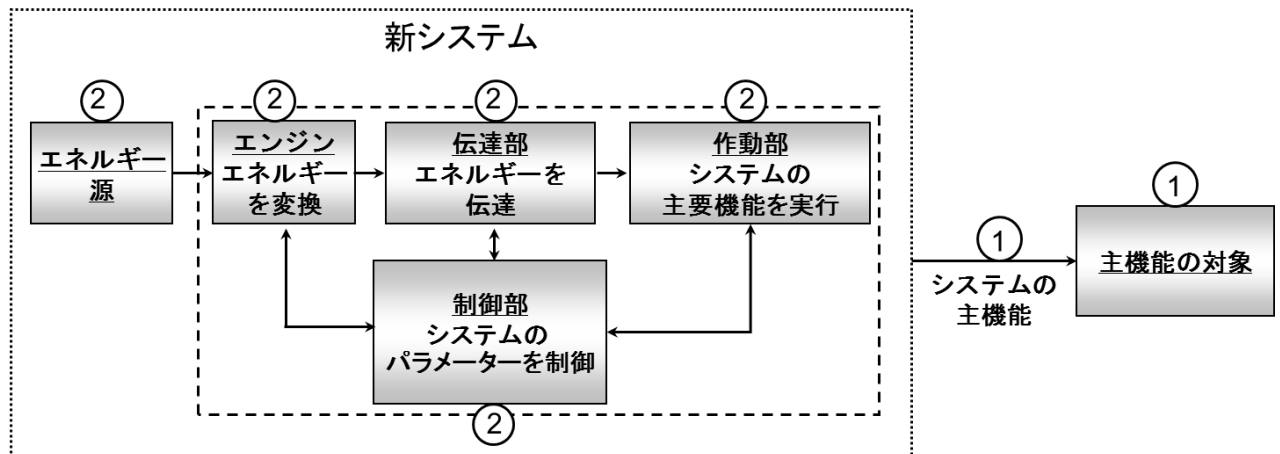


図 2-5-1 システム進化の段階

### 2.5.1. システム進化の第1段階 – 新システム創造

新たなシステムを創造するにあたっては、3つの重要なステップを踏みます（図 2-5-2）。



既存システムから選んだすべての部分と新システム用に設計した新たな部分の間に存在するあらゆる相互作用（機能）のパラメーターを調和させる ③

図 2-5-2 新システム創造における3つの主要ステップ

#### 第1ステップ

新システムの主機能とその対象を定めます。

**例 2-5-1** フランスの発明家ニコラ=ジョゼフ・キュニョー卿 (Sir Nicolas-Joseph Cugnot) が作った最初の自力走行車両 – Fardier à vapeur (蒸気自動車)

重い大砲を運搬するために自力走行車両が必要でした。

この場合、新たに創造されるシステムの主機能は、“重い大砲を運搬する” ことです。

**例 2-5-2** ライト兄弟が作った最初の飛行機

人間を運ぶために、空気よりも重い飛行装置に思いが巡らされました。

この場合、新たに創造されるシステムの主機能は、“人間を運ぶ” ことです。

#### 第2ステップ

エネルギー源と既存システムから得られる最高の部品を新システムの4主要部（エンジン、伝達部、作動部、制御部）用を選択します。主要部のいくつかを発明者自身で作成しなければならないこともあります。

## 例 2-5-2 最初の飛行機(図 2-5-4)

- **エンジン:** ライト兄弟の自転車店の整備士であったチャーリー・テイラー (Charlie Taylor) は、彼らと緊密な協議を行ってエンジンを造りました。軽量化のためにエンジンブロックはアルミニウム製でしたが、これは、当時としてはとても珍しいことでした。ライト/テイラーのエンジンは、近代的燃料噴射システムの初期型だったので、気化器や燃料ポンプは備わっていませんでした。ガソリンは、翼支柱上に搭載した燃料タンクからエンジンにつながるゴム管を通してクランク室内に重力送りされていました。ライト兄弟は、既存のガソリン内燃エンジンを多少変更して利用したと言えます。
- **伝達部:** プロペラのチェーン駆動は、頑丈な自動車用チェーン駆動のメーカーが実際には供給したものでした。
- **作動部および制御部:** 翼と可変翼方向舵は、グライダーの設計を改良して取り込みました。この飛行機では、曲がるために、翼のねじりと可動方向舵の両方を使っていました。ライト兄弟は可動方向舵の本当の目的を見出しました。その役割は、飛行方向を変えることではなく、バンク旋回中あるいは旋回や風擾乱から水平になる際にグライダーを正しい向きに調整することでした。翼のねじりを利用した回転制御により、実際には方向を変えることができました。この原理は、補助翼が翼のねじりに取って代わってから変わっていません。

ライト兄弟は、船のスクリューを飛行機用プロペラ設計の原型として用いました。

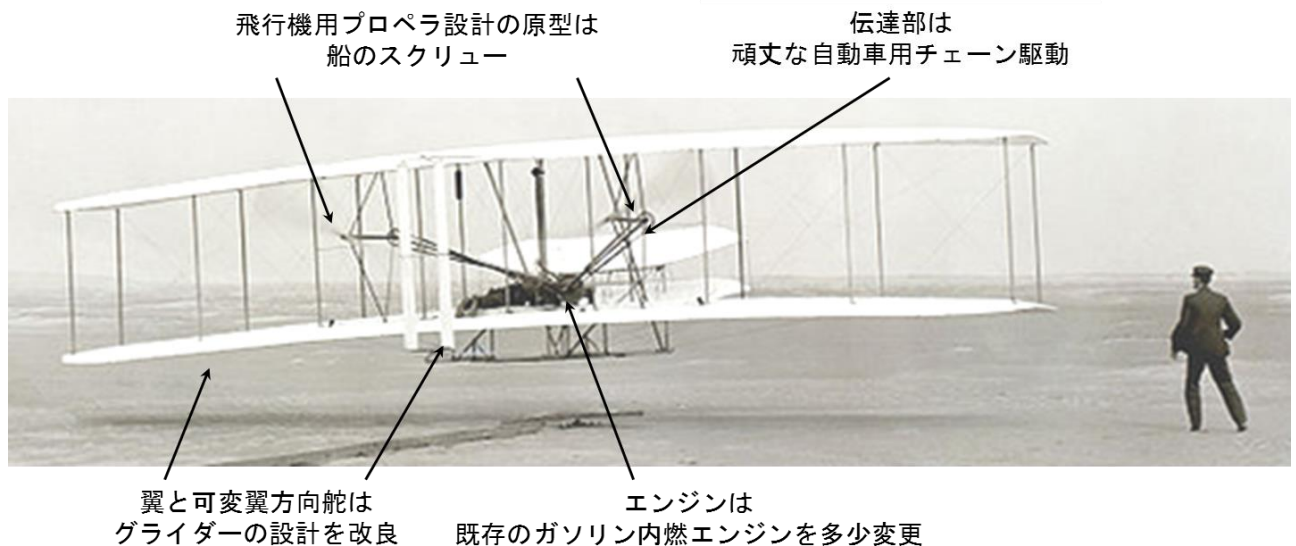


図 2-5-4 ライト兄弟が作成した最初の飛行機

## 引用文献 / 参考文献

- Altshuller, G. S. (1984). *Creativity as an Exact Science*. New York, NY: Gordon and Breach.
- Altshuller, G. S. (1996). *And Suddenly the Inventor Appeared*. Worcester, MA: Technical Innovation Center.
- Altshuller, G. S. (1997). *40 Principles: TRIZ Keys to Technical Innovation*. Worcester, MA: Technical Innovation Center.
- Altshuller, G. S. (2000). *The Innovation Algorithm*. Worcester, MA: Technical Innovation Center.
- Bach, R. (1973). *Jonathan Livingston Seagull*. New York, NY: Avon Books.
- Goldfire, Invention Machine Corporation, <http://www.invention-machine.com>.
- Kaufman, J. (1998). *Value Management*. Menlo Park, CA: Crisp Publications.
- Miles, L. (1989). *Techniques of Value Analysis and Engineering*. Washington, DC: Lawrence D. Miles Value Foundation.
- Saint-Exupery, Antoine (1971). *The Little Prince*. Orlando, FL: Harcourt Brace and Company.

2015年9月3日 発行

NPO 法人 日本 TRIZ 協会

E-mail: [info@triz-japan.org](mailto:info@triz-japan.org)

*TRIZ Solutions LLC copyright © all rights reserved*  
©Japan TRIZ Society, NPO