

TRIZ を活用した 発想強化VE

VEにおけるTRIZの実用的な展開方法

2016年 5月



公益社団法人 日本バリュー・エンジニアリング協会

東日本支部 R&D部会
発想強化VE研究会

東日本支部 R&D 部会
発想強化 VE 研究会報告書
TRIZ を活用した発想強化 VE

2016 年 5 月

目 次

はじめに	1
1. 研究会メンバー	2
2. 研究会活動経過	3
3. 研究テーマの範囲	
3-1. 企業における VE と TRIZ の現状と本研究の目的	4
3-2. 研究テーマの背景	4
3-3. 研究範囲の設定	4
4. 研究活動の内容	
4-1. 研究会の活動テーマと実施項目	6
4-2. 対象製品の設定	6
5. TRIZ 概論	
5-1. TRIZ の基本事項	7
5-2. TRIZ の技法	8
6. VE 実施手順における TRIZ の活用方法	
6-1. VE と TRIZ の進め方	16
6-2. TRIZ を活用した実用的な VE とは	17
6-3. 発想強化 VE の実施手順	17
6-4. 発想強化 VE の具体的 TRIZ 活用法	20
7. TRIZ を活用した発想強化 VE の進め方	
7-1. 対象テーマの選定	30
7-2. 情報収集	30
7-3. 機能定義	30
7-4. 機能評価	34
7-5. 代替案作成	35

はじめに

成熟市場では、顧客に満足感を与えられない製品は生き残れない。従って、企業は顧客に満足感を与えられる製品を絶えず市場に提供し続けなければならない。顧客に満足感を与えるためには、製品が果たすべき役割、すなわち「機能」に着目する必要がある。顧客満足を向上させるには、機能の向上や新しい機能の創出を図ることが必要不可欠である。このような場合、現行手法だけでは機能の向上や新機能の創出は実現が困難な場合が多く、新しい手法の開発や他分野の知識導入等による新たな方法が求められる。

機能レベルで物事を本質的に考える VE の概念は、これまで顧客満足を向上させるための手法として社会に多大な貢献をしてきた。しかし、VE の概念が世に出てから既に 60 年余が経過し、その実施手順における各ステップでは手順だけに頼る形骸化が進んでいる。特にアイデア発想では人間の心理的惰性の影響やマンネリ化から、VEL の実践能力が発揮し切れず、新たなアイデアを創出することが困難になっているといわれ、良い解決策が得られない場合も現出している。一方、発明的問題の解決手法として Altshuller が考案した TRIZ は、膨大な過去の発明事例から一定のパターンや原理を導き出し、これらから類比的発想を行うことによって革新的な解決案を得ることができる手法である。TRIZ はその手法に習熟することに多大な時間がかかるため、実用的に使用することは難しいと言われているが、TRIZ を構成する個々の手法を VE のステップに活用することは十分可能であり、技術者の知識と経験に頼った検討を行っているステップにも有効に活用できる。例えば、心理的惰性を排除したアイデア発想・具体化の欠点克服等のステップでは、TRIZ の思考プロセスを利用すれば相当な効果を上げることができると考えている。

本報告書は、従来の VE においてマンネリ化が進んだ部分に TRIZ の概念を導入し、VE が次世代を目指した新しい手法として位置付けられるように企画したものである。この企画では、一つの解決手法として TRIZ の概念を VE のステップに導入したので、利用していただければ幸いである。

2015 年 12 月

発想強化 VE 研究会
主査 五味 信治

1. 研究会メンバー

氏 名	会社・団体名／所属／V E 資格
主 査 五味 信治	株式会社サンレック 東事業部 (CVS)
新井 博之	株式会社日立システムズ VEC 推進センタ (VEL)
池田 理	株式会社ニコン 経営企画本部 (VES)
植田 勝己	三菱重工業株式会社 調達部ビジネスパートナーグループ (VEL)
小林 時男	日立建機株式会社 開発本部開発支援センタ V E C 推進部 (VEL)
斉藤 浩治	Mind-J (CVS)
服部 哲郎	TED バリュース・コンサルティング (CVS)
牧野 泰丈	横河電機株式会社 システム事業部 PAPMK 部 (VEL)
三好 達夫	三菱電機株式会社 生産技術部生産技術グループ (CVS)
2012 年度 永桶 毅	オリエンタルモーター株式会社 つくば事業所 技術管理統括部 (VES)
2012 年度 吉川 光俊	日本電子株式会社 SA・SM 設計室 SA・SM 機械設計部 第 1 グループ (VEL)
事務局 渋谷 徹也	公益社団法人日本バリュース・エンジニアリング協会 本部事務局

2. 研究会活動経過

回	開催日	会 場	主 な 内 容
1	2012 年 4 月 19 日	VE 協会	・今年度の予定と TRIZ のワークシート類の検討
2	5 月 22 日	VE 協会	・第 5 章 TRIZ 概要 ・第 6 章 VE 実施手順における TRIZ の活用法
3	6 月 19 日	VE 協会	・ヘルメットの情報と構成要素
4	7 月 5 日	VE 協会	・ヘルメットの構成要素の把握 ・機能の定義ワークシート
5	8 月 1 日	VE 協会	・ヘルメットの情報シートと構成要素の検討
6	9 月 19 日	VE 協会	・情報収集シートと機能系統図の作成
7	10 月 22 日	VE 協会	・機能系統図の検討と機能分野の選定
8	11 月 5 日	VE 協会	・機能系統図の検討と TRIZ ワークシート作成
9	12 月 21 日	VE 協会	・アイデア発想 ・アイデア不足分について TRIZ でアイデア発想
10	2013 年 1 月 31 日	VE 協会	・今後の活動計画
11	2 月 19 日	VE 協会	・具体化
12	3 月 26 日	VE 協会	・具体化案
13	4 月 19 日	VE 協会	・利点欠点調査
14	5 月 20 日	VE 協会	・利点欠点調査（革新型、機能向上型）
15	6 月 27 日	VE 協会	・欠点克服 ・技術的矛盾、物質－分析
16	7 月 25 日	VE 協会	・欠点克服・洗練化 ・エアバッグシステムの検討（機能向上型）
17	9 月 10 日	VE 協会	・新組み合わせ案の作成
18	10 月 17 日	VE 協会	・技術性評価・経済性評価の検討
19	11 月 15 日	VE 協会	・技術性評価・経済性評価 ・情報収集・TRIZ のワークシート検討
20	12 月 12 日	VE 協会	・1～7 章全体、ワークシート等検討
21	2014 年 1 月 22 日	VE 協会	・1～4 章、6～7 章全体、ワークシート等検討
22	2 月 26 日	VE 協会	・第 1 稿、各章間の整合性検討
23	3 月 25 日	VE 協会	・第 1 稿全体、ワークシート等検討

3. 研究テーマの範囲

3-1. 企業におけるVEとTRIZの現状と本研究の目的

機能レベルで物事を本質的に考える VE の概念は、これまで顧客満足を向上させるための手法として有効に機能してきた。しかし、VE の概念が世に出て以来既に 60 年余を経過し、その実施手順における各ステップでは新機能の創出等要求される機能を満たしにくい部分もあり、論理的に未成熟な箇所も見受けられる。一方、TRIZ もロシアでは既に 50 年余を経過した手法であるが、アメリカを経由して日本へ本格導入されたのは 1990 年代半ば以降といわれている。TRIZ は優れた管理技術ではあるが、その体系の複雑さと習得に多大な時間を要することおよび指導者の少なさから日本の企業における本格的な導入はまだ少ない。このような理由により、TRIZ を使用した問題解決の公開事例は多くないのが現状である。こうした現状の中で、本研究では、TRIZ の優れた部分に注目し、従来の VE においてうまく解決できなかった部分に TRIZ の概念を導入し、VE が次世代を目指した新しい手法として位置付けられるように企画した。

3-2. 研究テーマの背景

当研究会メンバーが取り組んだテーマは「TRIZ を活用した発想強化 VE」であるが、このテーマの研究範囲は広い。このテーマは、マクロ的には新たな創造的開発手法であり、その実行段階としては VE と TRIZ を融合させた新たな創造的開発手法の開発、VE をベースとした TRIZ の有効利用法、TRIZ をベースとした VE の有効利用法等がある。我々メンバーが限られた時間の中で、OUTPUT を出すためには、選定テーマをもう少し具体的活動レベルまでブレイクダウンし、焦点を絞る必要があった。具体的活動レベルでの情報を集めるため、日本バリュー・エンジニアリング協会東日本支部 R&D 部会の本研究会参加企業にこのテーマについてアンケートを行った。VE と TRIZ の関係に対する既往の VE 研究は、澤口¹⁾、竹村ら²⁾および五味³⁾⁴⁾の論文がある。それらをアンケートの参考資料として、今回メンバーが本研究会に期待するものは何かをアンケートで問うた。

アンケート結果として整理したものが図表 3-2-1 である。各テーマについて「開発期間」、「新規性」、「具体化の難度」についてまとめたものである。この図表をベースに、具体的テーマを何にするかについて議論した。

3-3. 研究範囲の設定

上記背景から、参加メンバー全員に有益なものにしたいとの考えに立つと、上記のマクロ的な範囲を細分化した実行段階のテーマの方が実際の・具体的で扱いやすい。

図表 3-2-1 によると、分類の「B：TRIZ を活用した VE 実施手順の確立」が高評価を得る形になった。他の分類「A：VE と TRIZ を融合させた創造開発手法の開発」、「C：TRIZ をベースにした標準実施手順の設計」についても議論を重ねたが、研究範囲としては、図

表 3-2-1 の結果に基づいて、分類 B の「TRIZ を活用した VE 実施手順の確立」にすることで一致した。また、メンバー各社の特色を生かして活発な議論の展開を期待するためには、「見込生産製品」を対象とし、製品自体も「革新型新製品」というよりは、「改善型新製品」つまり「既存技術組合理型製品」もしくは「新機能追加型製品」に焦点を絞った方がよいとのことで合意に達した。

各テーマ テーマ の分類	テーマ名 ○:3点 △:2点 ×:0点	開発 期間	新規 性	難 具 度 体 化 の	評価
A: VEとTRIZ を融合させた 新創造手法の 開発	VEとTRIZを融合させた創造手法の技法開発	×	○	×	3
	VE⇔TRIZのトレードオフ方法				
	製品コンセプトの決定方法	△	△	△	6
	新機能系統図の開発	△	△	△	6
	機能達成後(商品／製品化後)の評価方法	×	△	△	4
B: VEをベ ースにした新VE 実施手順の提 案	TRIZを活用したVE(2nd Look VE) 実施手順の確立	○	△	○	8
	2nd Look VEのVE 実施手順				
	1st Look VEのVE 実施手順	△	△	△	6
	0 Look VEのVE 実施手順	△	△	△	6
C: TRIZを ベースにした 新VE 実施手 順の提案	TRIZによる問題解決技法	○	×	○	6
	製品コンセプトの決定方法	△	△	△	6
	コストを取り入れた問題解決技法	△	△	△	6
	マネジメントにおけるTRIZの適用	△	×	△	4

図表 3-2-1 テーマ分類と評価

したがって、当研究会では VE における TRIZ の活用を「誰もが経験のある 2nd Look VE で、VE をベースにして TRIZ が有効と考えられる部分には TRIZ を活用して効果を上げる VE 実施手順の設計」と捉えることにした。

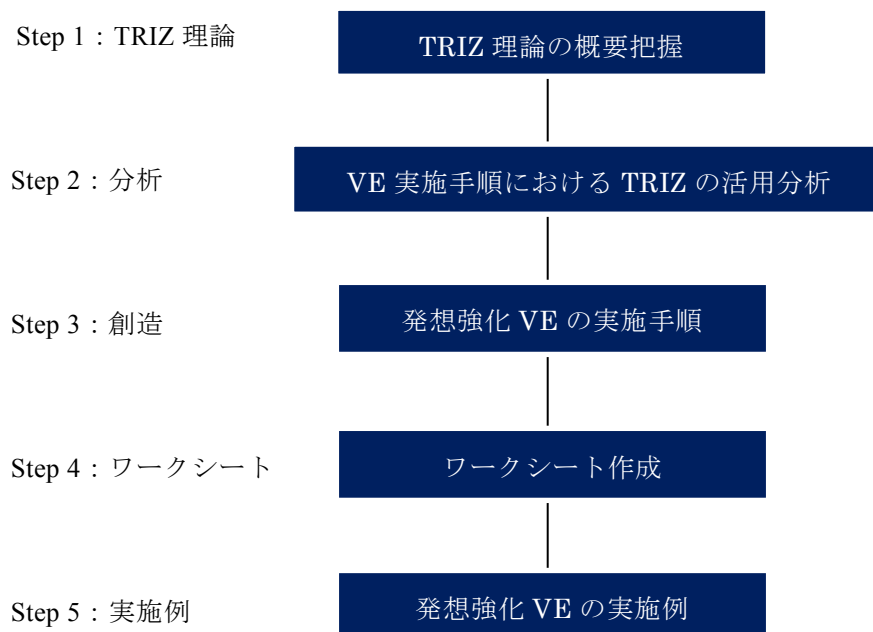
参考文献

- 1) 澤口 学 : TRIZ 手法を活用した新製品の企画・開発段階の VE, 第 34 回 VE 全国大会 VE 研究論文集, (社)日本バリュー・エンジニアリング協会, Vol.32, pp. 69-81, 2001.10
- 2) 竹村 政哉, 澤口 学: TRIZ を活用した企画 VE の可能性, 第 35 回 VE 全国大会 VE 研究論文集, (社)日本バリュー・エンジニアリング協会, Vol.33, pp. 97-109, 2002.10
- 3) 五味 信治 : VE における TRIZ の実用的な展開方法, 第 41 回 VE 全国大会 VE 研究論文集, (社)日本バリュー・エンジニアリング協会, Vol.39, pp.55-67, 2008.10
- 4) 五味 信治 : TRIZ を活用した新 VE 実施手順における問題解決法, 第 42 回 VE 全国大会 VE 研究論文集, (社)日本バリュー・エンジニアリング協会, Vol.40, pp.57-69, 2009.10

4. 研究活動の内容

4-1. 研究会の活動テーマと実施項目

TRIZをVEの実実施手順の中で活用できるのは主としてアイデア発想や欠点克服案作成段階であることから、活動テーマとして「TRIZを活用した発想強化VE」というテーマ名を使用することとした。TRIZを活用したVE実施手順における研究会の実施項目を図表4-1-1に示す。



図表 4-1-1 研究会の実施項目

4-2. 対象製品の設定

対象製品については、「見込型組立製品」の中で「既存技術組立型製品」または「新機能追加型製品」に相当する製品ということで、メンバーがそれぞれの対象製品を持ち寄って検討した結果、バイク用ヘルメットに決定した。

参考までにバイク用ヘルメットを取り巻く環境の一例を次に示す。

- ・国内市場が縮小段階である…1991年の国内市場規模は425万台、2010年は200万台と約20年で1/2となっている。
- ・メーカーの参入はほぼ固定している。 → 2010年度で約30社・60機種。
- ・各社で打ち出している製品のコンセプトが一樣でない…高性能追求型、低価格追求型、音声等の多機能追求型、拡張性追求型、等。

5. TRIZ 概論

5-1. TRIZ の基本事項 ^{注)}

TRIZ とは、旧ソビエト連邦で生まれ育った発明的問題解決の理論である。特許審査官であった Genrich Altshuller（1926～1998 年）は多数の特許事例を分析する過程で、「個々の発明の根底には一定のパターンが潜んでいる」ことに気づき、「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の類比発想で導くことが可能である」とのコンセプト¹⁾を得た。Altshuller とその同僚たちは 1946 年以來 250 万件の特許事例の分析を行った。Altshuller によって発見された TRIZ の前提ともいえる基本思考は図表 5-1-1 のように整理できる。

- | |
|-----------------------|
| 1) 優れた発明は矛盾を克服している |
| 2) 発明にはパターンがある |
| 3) 技術システムの進化にはパターンがある |
| 4) 解決案の 5 つのレベル |

図表 5-1-1 TRIZ の基本思考

TRIZ における革新的問題には矛盾が存在しており、革新的な問題の解決とはその矛盾を妥協なく解決することである。矛盾を克服して問題解決を行う方法は、分野を問わず同じパターンが使われていることも分かった。技術的矛盾表と発明原理、物質-場分析と標準解などとして知られている。ある技術システムの進化過程を歴史的にとらえみると、いくつかの典型的なパターンに重なりあうことも分かった。これを技術システム進化のパターンと呼ぶ。また、問題解決の革新度のレベルを図表 5-1-2 に示すような 5 段階²⁾に分け、レベル 2 からレベル 4 が TRIZ の有効な対象であるとされる。

レベル 5：発見	本質的に新しいシステムの開拓。 (自然科学の新法則の発見など)
レベル 4：新しい概念	既存システムの新世代に関するコンセプト、主要な機能を行なう原則の変更が基本となる。
レベル 3：メジャーな改良	既存のシステムに対して大幅な改善が必要。
レベル 2：マイナーな改良	既存のシステムに対するわずかな改善、通常はある程度の妥協を伴う。
レベル 1：明白な解決策	確立された解決案。熟知され、簡単に手に入る。

図表 5-1-2 解決案の 5 つのレベル

^{注)} TRIZ とは「発明的問題解決理論」を意味するロシア語を英語表記し、その頭文字を並べたもので、略称として一般的に使用されている。

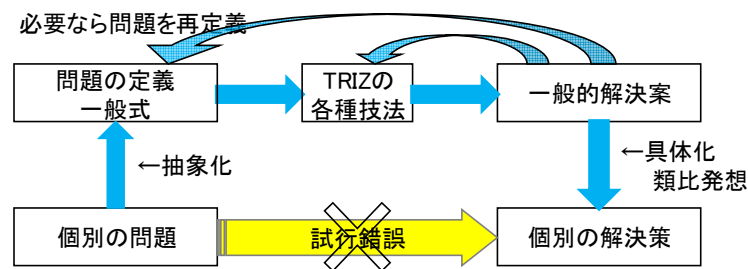
T: Теория (=Theory: 理論)

R: Решения (=Solving: 解決)

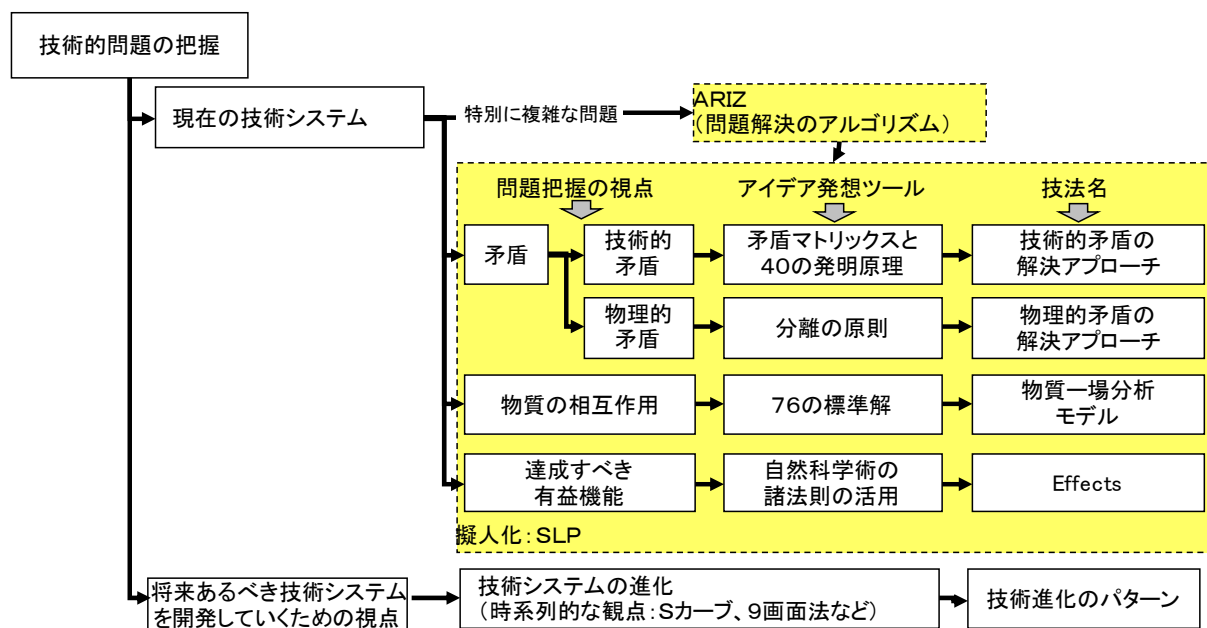
I: Изобретательских (=Inventive: 発明的)

Z: Задач (=Problems: 問題)

TRIZの基本思考に基づく問題解決の考え方を図式化すると図表 5-1-3 のようになる。また、TRIZ の全体像を図表 5-1-4 に示す。個別の問題を一般化して定義し、これに対して TRIZ が示す指針を参照して一般的な解決案を抽出する。一般的な解決策から類比発想によって個別の問題に対応する具体的解決策を導くことで、試行錯誤によるアプローチよりも確実なプロセスを構成する。



図表 5-1-3 TRIZ による問題解決の考え方



図表 5-1-4 TRIZ の全体像

5-2. TRIZの技法

TRIZに習熟するためには一般に大きな労力と時間を必要とする。多くの問題解決に適用できる基本的な技法に絞り、重点的に利用する方法が効果的である。

（1）技術的矛盾の解決アプローチ（矛盾マトリックスと40の発明原理）

ある物やシステムにおいて、ある特性の有益性を向上させると、一方で別の特性の有害性が増大することがある。このような問題を TRIZ では技術的矛盾と呼ぶ。例えば、

「携帯電話の表示情報量を増やし、操作しやすくする」との有益性を向上させるために、表示面積や操作面積を大きくしたとする。この場合、当初の目標は達成したが、機器が大きくなるため、ポケットに入らないという有害性を増大させてしまう。

一方で、Altshuller は問題解決方法の一般解としての発明原理を提示した。発明原理は 40 種類あり、固有の番号で呼ばれることがある。

技術的矛盾に関わるパラメータについて、改良したいパラメータと悪化するパラメータを直交する対角マトリックスに構成して配置し、交差する枠にその矛盾問題に効果のある発明原理の番号を示したものを矛盾マトリックスと呼び、Altshuller の矛盾マトリックスとして広く活用されている。

図表 5-2-1 に矛盾マトリックスの使い方を示す。携帯電話の例では、有益性を向上させる特性、すなわち改良したいパラメータが「5 移動物体の面積」であり、有害性が増大する、すなわち悪化するパラメータは「3 移動物体の長さ」である。改良したいパラメータ「5 移動物体の面積」と悪化するパラメータ「3 移動物体の長さ」の交差する枠には、「14、15、18、4」という 4 つの番号が記入されている。この 4 つの番号は推奨される発明原理を示し、推奨順に並んでいる。この場合、14：曲面、15：ダイナミック化、18：機械的振動、4：非対称の順である。これらの発明原理をもとにアイデアを発想し、課題の解決案を発想していく。発明原理 14 からは「操作面、表示面を曲面にする」、発明原理 15 からは「折り畳みやスライドなど、可動式にする」といった解決案を強制的に発想する。技術的矛盾と 40 の発明原理の適用手順を図表 5-2-2 に示す。

改良したいパラメータ \ 悪化するパラメータ	1	2	3	...
	動く物体の質量	不動物体の質量	動く物体の長さ	...
1 動く物体の質量				
2 不動物体の質量				
3 動く物体の長さ				
4 不動物体の長さ				
5 動く物体の面積			14, 15 18, 4	
...				

<発明原理>
14: 曲面
15: ダイナミック化
18: 機械的振動
4: 非対称

図表 5-2-1 矛盾マトリックスの使い方

- 1) 何を改良しようとするのかを明確にする
- 2) 改良するための具体的な方法を考える
- 3) 改良したいパラメータを特定する
- 4) 何が悪くなるのかを想定する
- 5) 悪化するパラメータを特定する
- 6) 矛盾マトリックスで発明原理を抽出する
- 7) 発明原理を用いて解決策を発想する

図表 5-2-2 技術的矛盾と 40 の発明原理の適用手順

Altshuller 以降、多種類の矛盾マトリックスが提案されている。改良したいパラメータと悪化するパラメータについては、Altshuller の矛盾マトリックスの 39 から 48 (Matrix2003) や 50 (Matrix2010) に増えている例がある。本資料ではこれ以降、48 のパラメータによる Matrix2003³⁾を使用して説明する。48 の特性と Matrix2003 を巻末の付属資料に示す。

(2) 物理的矛盾の解決アプローチ (分離の原則)

問題解決において、技術的矛盾の背後にある物理的矛盾を使用した方が効果的な場合もある。物理的矛盾とは、1 つの特性が対立的な値をとる場合 (図表 5-2-1 の対角線上の枠に相当する) である。例えば、一方での有益性を向上させるために、ある特性値を持たねばならないが、他方での有益性を向上させるためには、対立する方向の特性値を持たねばならないことがある。具体例をあげるならば、スキーや登山等のウェアは、外部からの雨水をはじくが内部からの汗は発散しなければならないというような矛盾である。

この物理的矛盾が定義できれば「分離の原則」による 4 つの分離 (①空間による分離、②時間による分離、③部分と全体による分離、④状況による分離) を用いて問題の解決を試みる。付属資料に分離の原則と発明原理の対応関係を示す⁴⁾。

先に示したスキーや登山等のウェアについて、矛盾を満足する素材をつくるアイデアを出すため、分離の原則を基にアイデアを出すと図表 5-2-3 のようになる。

分離の原則	アイデア	判定
①空間による分離	ある場所は水分をはじき、ある場所は水分を通す素材 ⇒素材の外側で水分をはじくが、内側からは水分を通す	△
②時間による分離	ある時間では水分をはじき、ある時間では水分を通す素材	×
③部分と全体による分離	部分的には水分を通しシステム全体は水分をはじく素材	×
④状況による分離	ある条件では水分をはじき、ある条件では水分を通す素材 ⇒ある大きさ以上の水分をはじき、ある大きさ以下の水分を通す ⇒内部湿度が低い時は水分を通さず、内部湿度が高い時は水分を通す	○

図表 5-2-3 分離の原則の使い方

- 分離の原則から強制発想して、①空間による分離や④状況による分離が利用できる。
- ①膜をつくり極小の穴をあける。極小の穴は雨の一滴より 20,000 倍も小さく、しかも汗の湿気の分子より 700 倍も大きい。この穴は、雨などの水分は通さず、汗などの湿気は逃がすことができる。(空間による分離)
- ④大量発汗時は速乾性能の拡散性に限界が訪れべとつき現象が起きていた。大量発汗時においては、水分を発散させる最適な素材を開発することも必要になる。(状況による分離)

（３）物質－場分析モデルと 76 の標準解

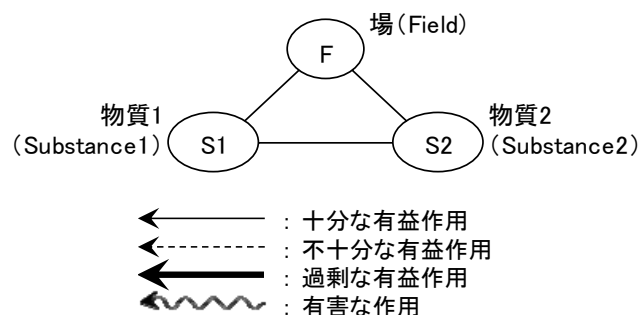
問題を明確化して問題解決の方向性を探るため、「ある機能をうまく果たすには、少なくとも 2 つの『物質』と 1 つの『場』が必要である」と考えるのが物質－場分析である。物質－場分析では、対象が持つ問題を分析し、分析結果に対してあらかじめ類型化された問題解決の方向性を求めて対応する。物質－場分析で導かれたモデルの形式に対応した解決方向を整理したものが 76 の標準解⁵⁾⁶⁾である。

「物質」とは、材料、道具、部品などの技術システムやその部分をいい、人、生物、環境なども含める。「場」とは、任意の形態のエネルギーを意味し、機械の場、温度の場、化学の場、電気、電気の場などがある。「場」の特性⁷⁾を図表 5-2-4 に示す。

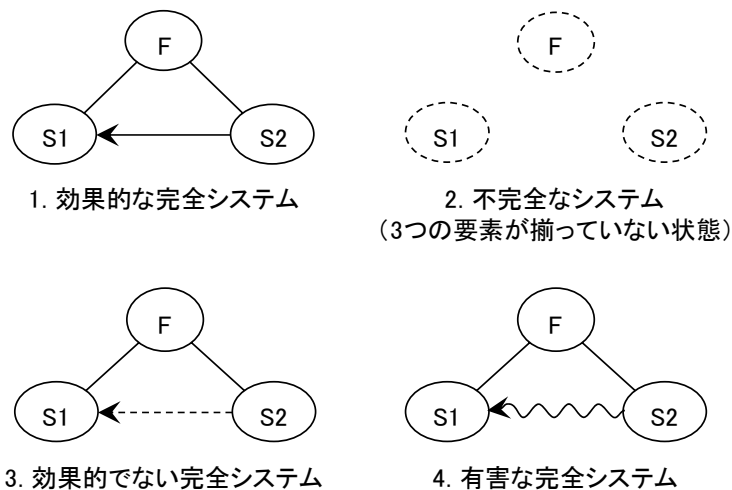
場	特性
機械の場	1.重力、引力 2.重圧、圧迫 3.浮力、浮揚性 4.慣性、惰性、惰力 5.遠心力 6.真空力 7.トルク、ねじりモーメント、回転モーメント 8.振動・振幅 9.振動・震動 10.空気力学的力（空気による力） 11.流体力学的力 12.持ち上げの力 13.流体静力学上の圧力 14.形のくずれ、奇形
温度の場	1.加熱 2.冷却 3.安定温度 4.位相変化
化学の場	1.反作用 2.酸化 3.縮小 4.粘着力 5.吸着力 6.毛細作用による力 7.触媒作用 8.抑制力 9.分解、解体 10.合成 11.表面張力 12.分解 13.結晶化
電気、電気の場	1.充電 2.放電 3.電気スパーク、閃光 4.コロナ、交冠（太陽の外方に広がる高温のガス体） 5.（交流、直流）電流 6.（電気）衝撃、インパルス 7.（交流、直流）電圧 8.誘導電流 9.高周波電流
磁気、電気の場	1.磁化 2.磁気の除去 3.磁気による吸引 4.反発作用
電磁気、電気の場	1.無線波 2.電磁気による振動（振幅） 3.高周波（マイクロウェーブ） 4.赤外線 5.紫外線 6.放射能、放射線 7.放射能

図表 5-2-4 場と特性

物質－場分析モデル⁸⁾を図表 5-2-5 に示す。S1 は機能の受け手の物質、S2 は機能を提供する側の物質、F は機能を実現するためのエネルギーである。2 つの物質と場をつなぐ線は、様々な物質の対と場との間に生じる相互作用の状態を示し、実線、破線、波線などで表現する。物質－場分析では、図表 5-2-6 に例示するように、物質、場、および相互作用の様々な組み合わせを用いて、諸問題を分類する。



図表 5-2-5 物質－場分析モデル



図表 5-2-6 物質－場分析モデルの例

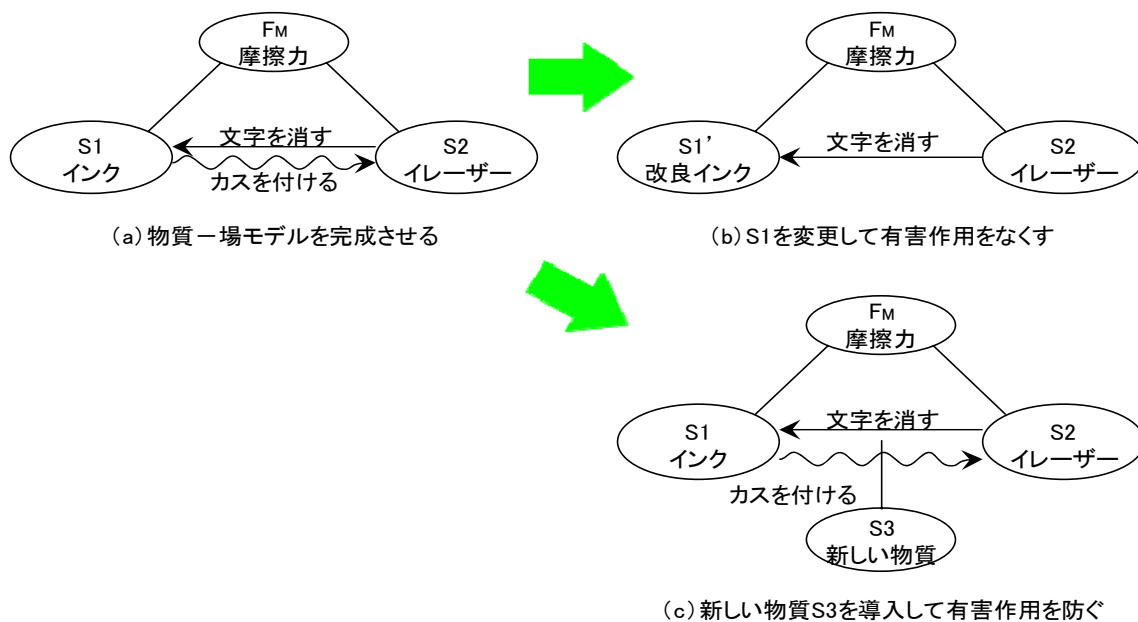
物質－場分析モデルを使い、システム内の問題を分類したら、76 の標準解にあてはめ、強制発想して問題を解決する。Altshuller は標準解を 5 つのクラス、76 に分類⁶⁾したが、図表 5-2-7 には別資料⁹⁾による発明標準解（76 より多い）の分類を示す。

- A : 不完全な「物質－場」に対して
- B : 測定・検出問題に対して
- C : 有害な効果に対して
 - Ca : 既存の物質を変更する
 - Cb : 場を変更する
 - Cc : 新しい物質を導入する
 - Cd : 新しい場を導入する
 - Ce : 新しい物質と場を導入する
 - Cf : 下位システムへ移行する
 - Cg : 上位システムへ移行する
- D : 不十分または過剰な関係に対して
 - Da : 既存の物質を変更する
 - Db : 場を変更する
 - Dc : 新しい物質を導入する
 - Dd : 新しい場を導入する
 - De : 新しい物質と場を導入する
 - Df : 下位システムへ移行する
 - Dg : 上位システムへ移行する

図表 5-2-7 発明標準解の分類概要

例えば「ホワイトボード上の文字を消す」というシステムに対して、物質－場分析を適用してみる。まず、システムを図表 5-2-8 の (a) に示すような物質－場分析モデルで表現する。物質 S2 : 「ホワイトボード消し（イレーザ）」が、場 F_M : 「機械の場（摩擦力）」の下で、物質 S1 : 「ホワイトボード上の文字（インク）」を消すという有用な作用を示す。一方、インク S1 はインクのカスを出し、イレーザ S2 やホワイトボードを汚すという有害作用が発生している。

次に発明標準解を参照して解決方法を検討する。図表 5-2-8 の (b) では、インク S1 をインクのカスが発生しないような改良インク S1' に変更 (図表 5-2-7 の Ca) して有害作用をなくしている。図表 5-2-8 の (c) では、有害作用を打ち消す新しい物質 S3 を導入 (図表 5-2-7 の Cc) している。例えば、新しい物質 S3 としてインクのカスを分解するようなクリーナ液をイレーザに塗布することなどである。



図表 5-2-8 物質 - 場分析モデルの活用例

(4) Effects

問題解決には、問題点を把握・分析して、解決するために必要な有益機能を明確にしなければならない。Effects では、有益機能を見出すために「自然科学の諸法則」を活用する。Effects は、自然科学の諸法則を問題解決の科学的・工学的効果集として整理したもので、有益機能を実現するために有効なアイデアを導くツールとなる。一般的な科学辞典は、原理から効果を説明するのに対して、Effects では「効果」から物理的・機械的・化学的・電気的原理などを調べることができる。いわば「逆引き辞典」といえる。人間の一般的な傾向として、技術的問題のアイデアを発想しても、無意識に自分の専門領域にこだわり、固定概念の打破が難しいことが知られている。Effects を活用すれば、自分の専門領域の枠を超えたアイデアを発想するために、過去の発明事例で頻繁に活用されてきた実績ある自然科学の諸法則をヒントとして活用することができる。

Effects の分類表¹⁰⁾を巻末の付属資料に示す。ここで得られた法則 (科学原理) のキーワードを手がかりにして、インターネット検索など一般的な手段で調査することができる。Effects の使い方については第 6 章を参考されたい。

（５）ＡＲＩＺ

TRIZ の各技法を個別に活用するのではその効果が限定される。特別に複雑な問題に対して TRIZ の各技法を系統立てて活用できるようにしたものが ARIZ である。

ARIZ は、問題を技術的矛盾や物理的矛盾として定義しながら、本質的な問題解決を図っていくアルゴリズムである。対象システムの本質的な問題（矛盾）を解決し、対象システムの理想性を向上させる（有益機能の達成度を高め、有害作用を低減する）ものである。わずか数ステップであった手順は、精密化の一方で複雑化したため、Altshuller と後継者たちは、何度も研究、検証、改良を繰り返してきた。その版を示すため、ARIZ85C など年号を入れて呼ぶことがある。手順の中には関連資源を有効に活用することも含んでいる。このような ARIZ の手順は、価値向上を目指す VE 実施手順の考えに極めて近い。

（６）技術システム進化のパターン

多くの技術システムはある一定のパターンに従って進化していくという原理に沿って帰納的に導いたものが技術システム進化のパターン¹¹⁾である。Altshuller は、具体的な特許事例を分析し、その結果から進化のパターンを見出した。代表的な技術システム進化のパターンを図表 5-2-9 に示すとともに、２つのパターンについて説明する。

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none">1) 理想性増加の法則2) システムパーツ完全の法則3) システムエネルギー伝導性の法則4) リズム調和性の法則5) 部品の不規則性による発展の法則6) スーパーシステム移行の法則7) マクロからミクロへの移行の法則8) 物質一場包含増加の法則 |
|---|

図表 5-2-9 技術システム進化のパターン

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の合計とそのシステムの有害作用の合計との比として定義される。

有益機能には、技術システムが機能することによるすべての価値ある結果が含まれる。一方、有害作用には、技術システムのコスト、システムが占めるスペース、システムが消費する燃料、システムが作り出す騒音、廃棄物などが含まれる。

したがって、この法則によると、システムが進化するにつれて有益機能が向上して有害作用が低減していくことを示唆している。

例) ドラム型洗濯機 〔有益機能〕洗淨力の向上 投入・取出し性の向上
 〔有害作用対応〕節水化 静音化 省電力化

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

技術システムは、個々に分離している部品を一体化することによってできあがる。技術システムを生かして実行性のあるものにするには、基本的には以下の示すような4系統の技術要素が含まれていなければならない。エネルギー源としての「エンジン系」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「トランスミッション系」、そしてトランスミッション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」である。これらの要素が1つでも欠けていたり不十分だったりすると、不完全なシステムとしての評価が下される。

例) ポータブルゲーム機：充電式電池（エンジン系）、液晶ディスプレイ（作動器官系）、プリント基板（トランスミッション系）、CPU（制御器官系）

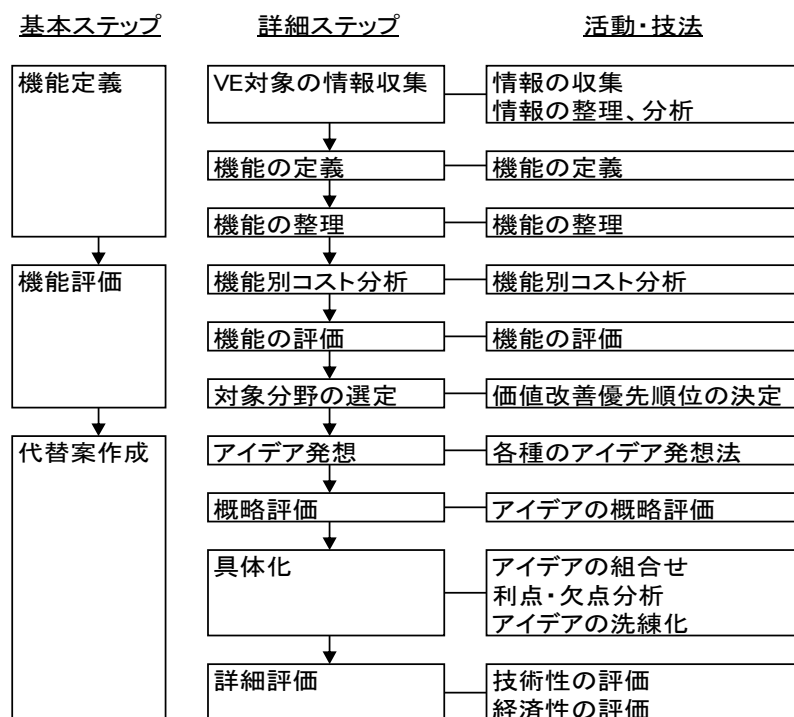
参考文献

- 1) 澤口 学：VE と TRIZ,同友館, pp.57,2002.3
- 2) 産業能率大学 CPM/TRIZ 研究会：TRIZ の理論とその展開,産能大学出版部, pp.12-13,2003.4
- 3) Darrell Mann,Simon Dewulf,Boris Zlotin,Alla Zusman：TRIZ 実践と効用(2)新版矛盾マトリックス (Matrix2003), 株式会社創造開発イニシアチブ,2005.4
- 4) Darrell Mann,Simon Dewulf,Boris Zlotin,Alla Zusman：TRIZ 実践と効用(2)新版矛盾マトリックス (Matrix2003), 株式会社創造開発イニシアチブ, pp.10,2005.4
- 5) 澤口 学：VE と TRIZ,同友館, pp.105,2002.3
- 6) 産業能率大学 CPM/TRIZ 研究会：TRIZ の理論とその展開,産能大学出版部, pp.151-178,2003.4
- 7) 澤口 学：VE と TRIZ：同友館, pp.111-113,2002.3
- 8) 澤口 学：VE と TRIZ：同友館, pp.106-107,2002.3
- 9) Darrell Mann：TRIZ 実践と効用 体系的技術革新, 株式会社創造開発イニシアチブ,2004.6
- 10) 産業能率大学 CPM/TRIZ 研究会：TRIZ の理論とその展開,産能大学出版部, pp.179-192, 2003.4
- 11) 産業能率大学 CPM/TRIZ 研究会：TRIZ の理論とその展開,産能大学出版部, pp.22-25, 2003.4

6. VE実施手順におけるTRIZの活用方法

6-1. VEとTRIZの進め方

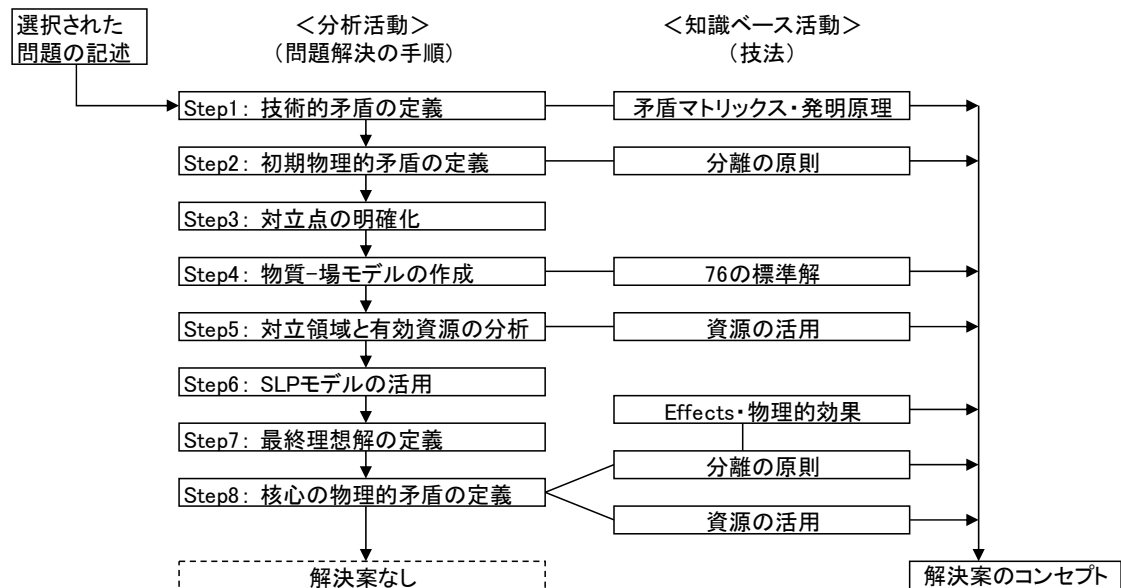
VEの実実施手順は基本ステップと詳細ステップで構成される。図表 6-1-1 に VE の進め方¹⁾を示す。VE 実施手順の特徴は、前のステップの出力を次のステップの入力として展開していくことである。



図表 6-1-1 VE の進め方

図表 6-1-2 に TRIZ 各技法を体系化した進め方の例として、Altshuller の後継者たちにより改良された ARIZ92²⁾を示す。その進め方は、「選択された問題の記述」を起点として、Step1 以降の分析活動を実施する。Step1 から Step8 までの分析活動に対応する知識ベースとして TRIZ の各種技法を活用する。取り組んだ技法によって解決案のコンセプトが得られれば、それ以降のステップを省略することができる。

Step3 の「対立点の明確化」は、矛盾が存在する領域を捉え、Step4 で物質 - 場分析モデルに標準解を適用するための準備ステップである。Step5 の「対立領域と有効資源の分析」では、物質 - 場分析モデルの改良に適用可能な資源を明確にして積極的な活用を考える。Step6 の「SLP モデルの活用」では、小さな賢人たち (Smart Little People) という方法により、理想的に振る舞う物質の導入をイメージした発想を行う。Step7 の「最終理想解の定義」では、究極の理想解を強くイメージすることにより、Step8 において物理的矛盾を明確にして、最も強力な解決策を導く助けとする。その他個別の技法の詳細は第 5 章を参照していただきたい。



図表 6-1-2 TRIZ 各技法による進め方 (ARIZ92) の一例

6-2. TRIZ を活用した実用的な VE とは

発想強化 VE のコンセプトは以下のとおりである。

- ① 基本プロセスは VE 実施手順を踏襲する (本研究では 2nd Look VE)
- ② TRIZ の技術的問題解決力を活用する
- ③ ワークシートを活用する
- ④ ソフトウェアを使用せず、入手の容易な資料を活用する

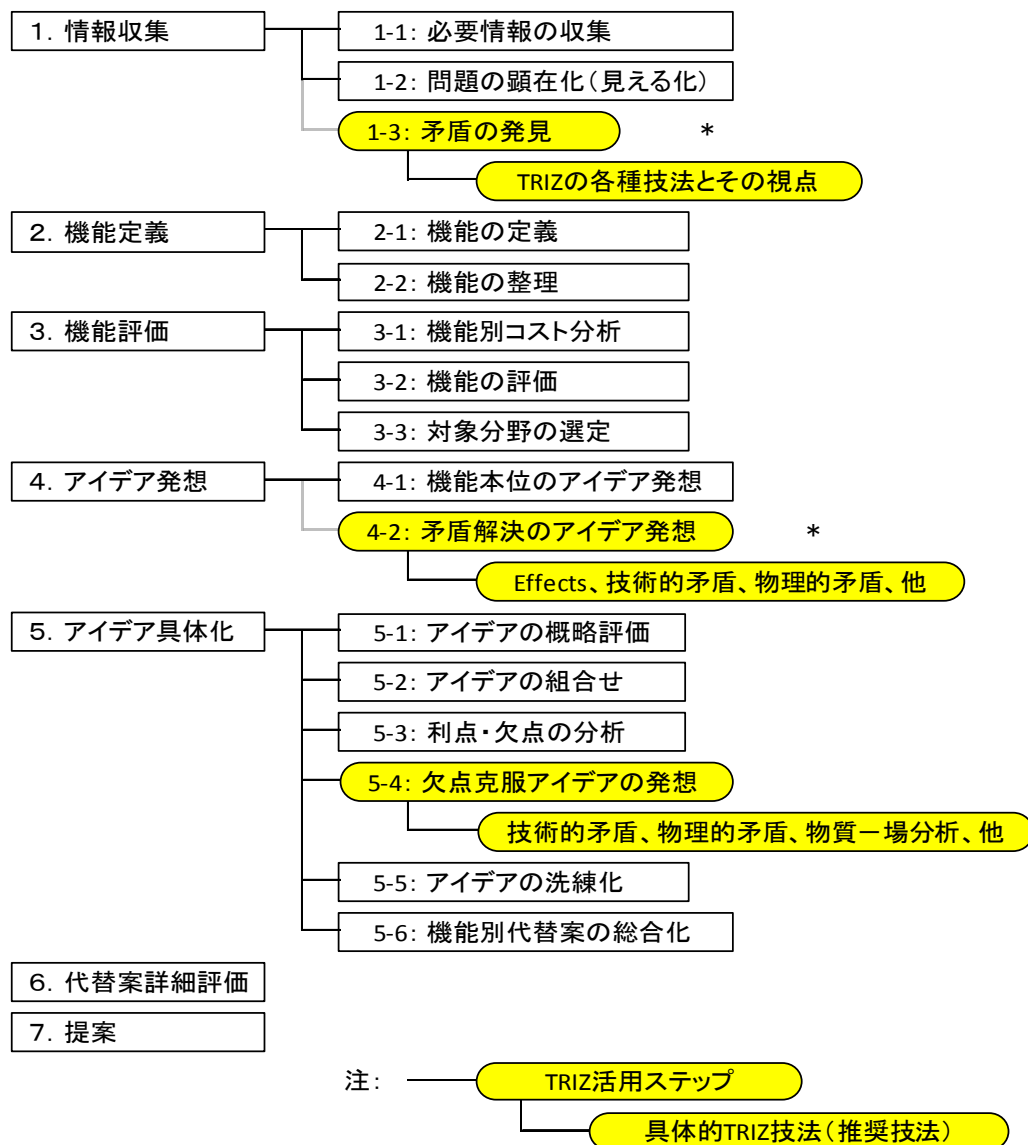
構築すべき「発想強化 VE の実施手順」の特徴を以下に示す。

- ① 情報収集段階から、積極的に問題としての矛盾を発見する
- ② 「矛盾の発見」によって解決アイデアのヒントを得る
- ③ 複雑な課題・問題や本質的変更を狙う場合は、機能に着目したアプローチを実施する
- ④ アイデア発想は「機能本位のアイデア発想」を最初に実施し、更に強化が必要な場合に TRIZ 技法を用いて「矛盾解決のアイデア発想」を実施する
- ⑤ アイデアの具体化、欠点克服アイデアの発想時は、TRIZ の各技法を活用する
- ⑥ TRIZ 技法として Effects、技術的矛盾、物理的矛盾、物質 - 場分析を推奨する

6-3. 発想強化 VE の実施手順

「発想強化 VE」の進め方を図表 6-3-1「発想強化 VE の実施手順」に示す。発想強化 VE の実施手順は 7 つの基本ステップで構成されている。基本ステップ 1 から 5 (情報収集、機能定義、機能評価、アイデア発想、アイデア具体化) には細部ステップを設定し、問題解決の程度に応じて選択可能な細部ステップも設けた。重要な実施手順を基本ス

トップとし、課題解決のポイントとして強化すべき部分に選択可能なTRIZ活用ステップを導入したことが特徴である。



*) TRIZの基本思考である「矛盾」の考え方に基づき、発想強化VEにおけるTRIZ関係の問題解決方法を「矛盾解決」と称する

図表 6-3-1 発想強化 VE の実施手順

(1) 情報収集

特有情報を主体としながら周辺情報も含めて収集し、目標達成への問題点を明らかにする。

1) 必要情報の収集

情報収集計画を立案には、VE 対象の特有情報はもちろんのこと、周辺情報の収集も必要になる。収集すべき情報の例を図表 6-3-2 に示す。

情報の種類	主要情報項目	収集情報の範囲
使用上の情報	使用者、使用目的、使用者要望、使用環境・条件、使用上の故障、市場クレーム	- 対象製品や自社製品に関する情報（特有情報） - 他社製品や同様の機能を果たす他分野製品に関する情報（周辺情報）
販売上の情報	セールスポイント、差別化ポイント、流通経路、販売推移・将来予測、販売上の問題点（事故・クレーム）	
設計上の情報	仕様（性能、信頼性、保守性等）、設計図面、部品構成、法規・規格・特許等の制約、設計技術上の問題点（技術的課題、設計ミスなど）	
調達上の情報	調達品目の内容、調達先・方法、調達上の問題点（品質、コスト、納期等）、調達上の要望	
製造上の情報	年間生産数量、生産能力、製造工程、作業方法、標準工数、製造上の問題点（品質、作業性等）	
コスト上の情報	部品コスト、加工コスト、使用コスト	

図表 6-3-2 収集すべき情報項目例（対象が製品の場合）

2) 問題の顕在化（見える化）

問題をチームメンバー全員が一目で理解できるようにまとめることが重要である。特に使用上の情報では使用者の要望や使用時の故障・クレーム、設計上の情報では設計的課題、調達上や生産上の情報では製造上の技術問題などについて、表、グラフ、図等を活用して顕在化しなければならない。

3) 矛盾の発見

「1-2：問題の顕在化」のステップで明確にされた問題に対し、解決のためのヒントや着眼点を整理しておく。特に使用者の要望、故障およびクレームに関わる問題について、過去の改善案や失敗事例などの整理はアイデア発想時に有効である。情報の個別事象間に発見できる両立困難な要素を矛盾として捉え、情報収集シートの矛盾整理欄に明記する。早い段階から矛盾を発見しておくことにより、TRIZ 技法を用いたアイデア発想の準備を整えることができる。

（2）アイデア発想

アイデア発想のステップでは、「4-1：機能本位のアイデア発想」と「4-2：矛盾解決のアイデア発想」の2つのアプローチを活用する。

1) 機能本位のアイデア発想

経験的な蓄積とチーム・デザインの効果により強力なアイデア発想が行われるという利点がある。一方では、限られた技術分野の知識に偏りがちで、マンネリズムに陥る傾向もある。そのため、異分野に利用されているアイデアを活用した解決策を見出すことが困難な傾向がある。

2) 矛盾解決のアイデア発想

問題を矛盾として把握し、その解決策を発想する。矛盾からのアイデア発想のポイントと進め方を図表 6-3-3 に示す。

矛盾解決のアイデア発想のポイント	基本的な進め方
複雑な問題の理解	問題の構造をよく理解して、いくつかの簡単な問題の連鎖や複数の問題の組み合わせとして簡素化する
要素となる問題の取組み	問題が複数の要素に分けて考えられるならば、それぞれの問題に対して以下の対応をとる ・問題あるいは矛盾のタイプにより、それぞれに対して、TRIZの適切な技法を活用する ・必要ならば問題を定義し直して他の技法を選択する
技術的矛盾で表現できる問題	矛盾マトリックスと発明原理を活用する
物理的矛盾で表現できる問題	分離の原則を活用する
物質・場分析モデルで表現できる問題	物質・場分析と標準解を活用することを試みる Effectsの活用も可能である

図表 6-3-3 矛盾からのアイデア発想のポイントと進め方

(3) アイデア具体化

欠点克服アイデアが発想できないため、アイデアの洗練化が進まず、代替案に採用できない場合がある。また、欠点克服アイデアを採用したとしても本質的解決にまで至らず、詳細評価段階で不具合が生じる場合もある。そのような場合、TRIZの技法を適用し、効果的なアイデアを多数創出し、欠点克服のためのアイデア具体化を確実に達成することが可能となることもある。

6-4. 発想強化VEの具体的TRIZ活用法

ここでは、適用の例を通じてTRIZ活用法のポイントを紹介する。紹介するのは発想強化VEの実施手順のTRIZ活用ステップ、すなわち「1-3：矛盾の発見」「4-2：矛盾解決のアイデア発想」「5-4：欠点・克服アイデアの発想」におけるTRIZ技法の活用法である。

(1) 矛盾の発見

モデルチェンジ等の次期製品開発では、製品に対して指摘されているクレームや不具合を放置せず、早くからその対策案を用意しておくことが肝要であり、課題として扱うべき矛盾を早期に発見・抽出したい。この矛盾は、図表6-3-2に示した使用上の故障や市場クレーム、販売上の問題点等の不具合事項に関係する。そのためにTRIZの技法を意識して、図表6-4-1に示すような視点で情報を整理する。

- | |
|--|
| 1) 仕様、性能、特性面で問題を抱えている部分を明確にする
2) 同時に解決すべき複数の課題間に存在する矛盾を発見する |
|--|

図表6-4-1 TRIZの活用を意識した問題発見の視点

（２）矛盾解決のアイデア発想

このステップは、アイデア発想そのものの強化を狙いとしており、機能本位のアイデア発想を実施したが、十分なアイデアが出なかった機能に対して、アイデアの数を増やすために必要に応じて実施するステップである。このステップで活用するEffects、技術的矛盾、物理的矛盾の各技法の活用法を紹介する。

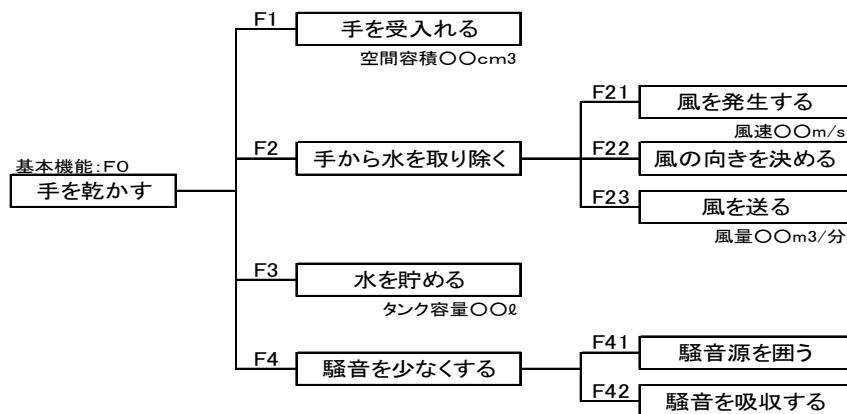
１）E f f e c t sの活用

Effects分類表を活用しアイデアを発想する方法である。目的の機能を達成するための基本的・技術的な原理が明確になっている場合に、有効な手段となる。図表6-4-2にその活用手順を示す。

- | |
|----------------------|
| 1) 求める機能と効果の定義 |
| 2) 機能達成に有効な諸効果の選定 |
| 3) 諸効果を活用したアイデア発想と採否 |

図表6-4-2 Effects活用手順

例えば、ハンドドライヤーを対象にした図表6-4-3に示す機能系統図において、「F22 風の向きを決める」に関するアイデアが求められている場面で、Effects分類表（巻末の付属資料参照）から物理効果を選定する方法を説明する。



図表6-4-3 ハンドドライヤーの機能系統図

F22「風の向きを決める」という機能表現が、Effects分類表のどの効果と関連するかについて順に確認していく。例えば、「E7: 液体・気体の動きを制御する」のように、抽象化・一般化された表現を選定する。Effects分類表からE7に対応する諸法則を確認し、目的とするシステムに導入可能であるかどうかについて検討していく。

具体的には、サイクロン効果で清浄な空気流を作り、小さな穴から高速に噴出す仕組みを構成するシステムとしてのアイデアなどが発想できる。

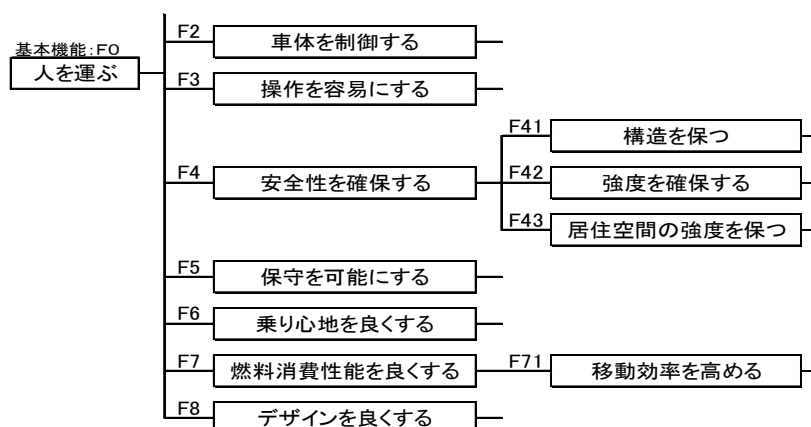
機能	効果	諸法則	採否判断とアイデア発想
F22 : 風の向き を決める	E7 : 液体・気体 の動きを 制御する	毛細管現象	× : (液体に適用のため不適)
		トムス効果	× : (液体に適用のため不適)
		遠心力 (慣性力)	○ : サイクロン効果の利用
		フォレシス (泳動)	× : (気体の高速流動には不向きで不適)
		ベルヌーイの法則	○ : 絞り効果の利用など
		ワイゼンベルグ効果	× : (粘弾性流体で現出する効果で不適)

図表6-4-4 ハンドドライヤーに関するEffects適用の一例

2) 技術的矛盾の活用

技術的矛盾を定義して矛盾マトリックス（巻末の付属資料参照）で絞り込まれた発明原理からアイデアを発想する。

自家用自動車の開発を例として、図表6-4-5に示す機能系統図のF71「移動効率を高める」という課題を取り上げ、改善策として「部材構成を簡素化し、重量を軽減する」ことを例にとる。



図表6-4-5 自家用乗用車の機能系統図（部分）

自家用自動車の改善特性は、例えば「移動物体の重量」である。次に「部材構成を簡素化し、重量を軽減する」ことにより何か悪化する作用がないかを考える。例えば「構造部材の強度が落ちる」こと、「十分な装備を搭載することができない」こと、その結果として「事故など非常時の安全性確保が難しくなる」ことなど、有害な効果（作用）が予想される。これらに関わる特性は、「強度」「安全性」「システムに働くその他の有害な作用」などである。

以上から矛盾を定義すると、例えば、「改良パラメータ：（1）移動物体の重量」対「悪化パラメータ：（20）強度」の組合せの他に、悪化パラメータを（38）安全性や（40）システムに働くその他の有害な効果に置き換えることもできる。パラメータの組み合わせの一例を図表6-4-6に示す。

改良パラメータ	悪化パラメータ
(1) 移動物体の重量	(20) 強度 (38) 安全性／脆弱性 (40) システムに働くその他の有害な効果

図表6-4-6 乗用車の改良に関わる改良パラメータと悪化パラメータの一例

「改良パラメータ：（１）移動物体の重量」対「悪化パラメータ：（２０）強度」の矛盾を選択して、矛盾マトリックスをたどると、導かれる発明原理は、[28]メカニズムの代替、[31]多孔質材料、[40]複合材料、[35]パラメータの変更の４原理が得られ、類比発想の要領によりアイデアを発想する。

また、悪化パラメータとして「（３８）安全性／脆弱性」や「（４０）システムに働くその他の有害な効果」を対応させることで、他の発明原理群を導くこともできる。

以上の技術矛盾の活用例について、大まかな流れとアイデアの例を図表6-4-7にまとめた。短時間でも従来以上の幅広い観点でのアイデア発想が可能になる。

技術的矛盾活用発想シート：技術的矛盾を定義して、発明原理から アイデアを発想する			
Q1	対象とするシステムは何ですか		
A1	自家用乗用車		
Q2	☒ 対象とする機能は何ですか ☐ 対象とするシステムの問題は何ですか		
A2	「移動効率を高める」		
Q3	☒ 対象とする機能を向上させるための 改善策はどのようなものですか ☐ 対象とするシステムの問題を解決するための 改善策はどのようなものですか		
A3	部材構成を簡素化し、重量を軽減する		
Q4T	その改善策に関わる改良パラメータは何ですか [(番号)パラメータ名]		
A4T	改良パラメータ: (1) 移動物体の重量		
Q5	その改善策を適用することで、何か別の問題が派生しませんか 別の問題が派生しない場合には矛盾はありませんので A3の改善手段を適用してください		
A5	別の問題が派生する: 車体各部の部材構成を簡素化し重量を軽減することで、一般に「その構造材等の強度が落ちる」こと、「各種装備を十分には搭載することができない」こと、その結果として「一部で非常時の安全性確保が難しくなる」こと		
Q6T	別に派生する問題に関わる悪化パラメータは何ですか [(番号)パラメータ名]		
A6	悪化パラメータ: (20) 強度		
Q7	改良パラメータと悪化パラメータとを対比し、技術的矛盾を定義してください		
A7	(1) 移動物体の重量を改良すると、(20) 強度 が悪化する		
この矛盾の形式は、技術的矛盾として扱うことができます			
Q8T	技術的矛盾に関わる2つのパラメータと矛盾マトリックス(矛盾表)から発明原理を導こう		
Q9T	導かれた発明原理を適用して、類比発想により矛盾を解消させるアイデアを発想しよう		
A8T A9T	No.	発明原理	アイデア
	[28]	メカニズムの代替	衝突時の力学を適用した設計。シミュレーションの適用。
	[31]	多孔質材料	構造材としてハニカム構造を有する材料を導入する。
	[40]	複合材料	鋼材のほかに、アルミニウム等の軽合金、工業用プラスチック、炭素繊維などを導入する。
	[35]	パラメータの変更	重量・強度の分布を不均一にする。剛構造と柔構造を組み合わせる。

図表6-4-7 自動車の移動効率に関する技術的矛盾の活用例

矛盾の設定に迷う場合には、図表6-4-7のように、改良パラメータや悪化パラメータの組み合わせを自由に替えるなどして、矛盾を定義しなおすとよい。悪化パラメータを見出しにくい場合には、改良パラメータから「改良に際して検討すべき発明原理」を直接選択してアイデア発想を行う方法³⁾⁴⁾を利用してもよい。

3) 物理的矛盾の活用

物理的矛盾では、単一の特性に関して、相反する状態となる矛盾状況を取扱う。この問題は、分離の原則（巻末の付属資料参照）を適用してアイデアを発想する。

図表6-4-8に示す例で説明すると、自動車の剛性を高めて安全性を改善するために構造材の板厚を厚くしたいが、その一方で燃料消費効率を高めるために構造材の板厚を薄くしたい。構造材の板厚は厚くしたいし、薄くしたい。これが物理的矛盾である。物理的矛盾を妥協なく解決するために、「空間による分離」、「時間による分離」、「部分と全体による分離」、「状況による分離」のいずれかを適用する。4つの分離の原則すべてに対して、常にアイデアが出るとは限らないが、思いついたアイデアを大切に多様な具体策を検討するとよい。

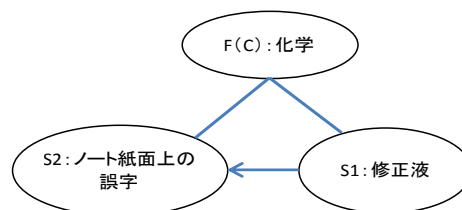
物理的矛盾活用発想シート：物理的矛盾を定義して、分離の原則から アイデアを発想する		
Q1	対象とするシステムは何ですか	
A1	衝突時の安全システム	
Q2	■ 対象とする機能は何ですか □ 対象とするシステムの問題は何ですか	
A2	耐衝撃性能を高める	
Q3	■ 対象とする機能を向上させるための 改善策はどのようなものですか □ 対象とするシステムの問題を解決するための 改善策はどのようなものですか	
A3	「部材の強度を高める」	
Q4P	その改善策に関わる改良パラメータは何ですか、また、その方向性はどうか	
A4P	「部材の板厚を厚くする、部品点数が多い」 とよい	
Q5	その改善策を適用することで、何か別の問題が派生しませんか 別の問題が派生しない場合には矛盾はありませんので A3の改善を適用してください	
A5	別の問題が派生する： 「乗用車が重くなり、燃料消費性能が悪くなる」 ことがある	
Q6P	別に派生する問題を回避するために、A4Pのパラメータをどうすれば効果がありますか	
A6P	「部材の板厚を薄くする、部品点数が少ない」 とよい	
Q7	パラメータの扱いが逆方向であれば物理的矛盾として扱い、これを定義します	
A7	「板厚」 が 「厚い」 かつ 「薄い」 こと 「部品点数」 が 「多い」 かつ 「少ない」 こと	
この矛盾の形式は、物理的矛盾として扱うことができます		
Q8P	物理的矛盾を解決するため分離の原則のいずれかを適用して改良された改善案のアイデアを発想しよう	
A8P	分離の原則	アイデア
	[空間による分離]	骨組み部分を厚く、強度に貢献しない部分を薄く。 居室空間のフレームを厚く、前後の緩衝部分を薄く。 居室のシェルを剛構造に、前後のゾーンを柔構造に。
	[時間による分離]	衝突時にクラッシュを許容する部分を薄く、許容しない部分を厚く。 高速走行時には剛構造になる仕組み。
	[部分と全体による分離]	衝突時、全体としては変形を許容するように薄く、居室部の強度確保するため居室部のフレームを厚く。
	[状況による分離]	居室部分の前後方を柔構造に、側面方向は剛構造に。

図表6-4-8 乗用車の安全性に関する物理的矛盾の活用例

4) 物質 - 場分析の活用

物質 - 場分析は、問題を物質 - 場分析モデルで表現し、モデル構築後、標準解を適用して問題の解決を試みるものである。多数の標準解の中から問題のタイプにより分類された標準解を利用することができる。物質 - 場分析を適用したアイデア発想の例を図表6-4-9に示す⁵⁾。

物質-場分析活用発想シート：物質-場モデルを定義して、物質-場分析によりから アイデアを発想する			
Q1	対象とするシステムの機能は何ですか		
A1	ノートに書いた誤字を消す		
Q2	課題解決のための機能(手段)は何ですか		
A2	ペン状の容器から供給される修正液で、ノート紙面の誤字を消す		
Q3	主な構成要素はどのようなものですか		
A3	ノート、誤字、修正液		
Q4	構成要素を参考にして、物質S1、S2を記述してください		
A4	S1：修正液、S2：ノート紙面の誤字		
Q5	物質S1と物質S2との間に働く場Fは何でしょうか		
A5	化学の場		
Q6	物質S1、物質S2、場Fを用いて物質-場モデルを構築し、図にしてください。 物質-場モデルが完成していますか。完成していない場合はQ3以前からやり直してください。		
A6	F(C):化学 S2:ノート紙面上の誤字 S1:修正液 ・液が過剰に出て、手など周辺に付着する ・液が充分に出ないため、うまく消せない		
この課題は、物質-場として扱うことができます			
Q7-1	2つの物質S1、S2と1つの場Fによる物質-場モデルは、必要な機能を達成していますか。 達成している場合にはQ7-2へ、達成していない場合にはQD:有益機能の強化へ、進んでください。		
Q7-2	2つの物質S1、S2と1つの場Fによる物質-場モデルには、有害な機能(副作用)はありませんか。 有害な機能がある場合にはQC:有害作用の軽減へ、有害な機能がない場合にはQEへ、進んでください。		
QC	発明標準解クラスC(有害作用の軽減)を試みてください		
分類	番号	発明標準解	アイデア
AC	Ca	既存の物質を変更する	
	Cb	場を変更する	
	Cc	新しい物質を導入する	第3の物質を導入して、有害作用を防ぐ(毛細管現象を実現するような芯を導入して修正液が過剰に供給されないようにする)
	Cd	新しい場を導入する	第2の場を導入して、有害作用を防ぐ(温度の変化を利用して容器先端の供給部の大きさを変化させる)
	Ce	新しい物質と場を導入する	
	Cf	上位システムへ移行する	
	Cg	下位システムへ移行する	
QD	発明標準解クラスD(有益機能の強化)を試みてください		
分類	番号	発明標準解	アイデア
AD	Da	既存の物質を変更する	
	Db	場を変更する	場を変更し、効果が十分に得られる第3の物質をS1の代わりに導入する(機械の場に変更して、修正テープを導入する)
	Dc	新しい物質を導入する	第3の物質を導入して、効果的な作用を得る(スポンジや吸着性のある第3の物質の毛細管現象を利用して液の流れをよくする)
	Dd	新しい場を導入する	第2の場を導入して、効果的な作用を得る(振動の場として微振動を加え、修正液を確実に供給する)
	De	新しい物質と場を導入する	S1とS2の間に第3の物質と第2の場を導入して、効果的な作用を得る(ピストンのようなものを第3の物質として加え、先端部
	Df	上位システムへ移行する	
	Dg	下位システムへ移行する	
QE	特に問題はないようです。 問題があるならば、Q1に戻り、問題を浮き彫りにする物質-場モデルを構築してください。		



図表6-4-9 修正液に関する物質 - 場分析の活用例

問題の中心をなす領域に対してモデル化を試み、その機能が十分に実現できていない部分や、引き起こされる副作用等を問題として捉え、問題の状況を評価し、適用すべき標準解を選択してアイデアを発想する。構想設計から見直すような場合に適用を検討する価値がある。

（３）欠点克服アイデアの発想

従来はこの克服アイデアが発想できずに、構築した具体化案が日の目を見ない場合があった。ブレイン・ストーミング法等の従来の発想法と TRIZ 技法を併用することで、アイデアがより確実に具体化されることになる。

技術的矛盾、物理的矛盾、物質 - 場分析の活用方法を紹介する。

１）技術的矛盾の活用

利点と欠点の関係を矛盾として扱い、TRIZ の技法を活用する。

自家用乗用車の改善についての欠点克服の事例を続ける。衝突時の安全性を確保しつつ、燃料消費性能を改善する。そのために、構造部のフレーム等材料の構成を見直す。その内容は、居室空間のフレーム部には必要な板厚を確保した板材を使用し、居室空間の前後には変形して衝撃を吸収するように薄肉の材料を使用する。図表 6-4-10 に、乗用車の改善についての利点欠点分析の例（１）を示す。

アイデア	利点	欠点
居室空間の鋼製部材の板厚・剛性を確保し、車体前後部分の変形を許容する程度に相対的に剛性を弱める	衝突時には車体前後部分の変形で衝撃を緩和し、居室空間の変形を防いで乗員の安全性が確保できる	前後の薄肉板材で構成する車体の形状精度・デザイン形状の量産性が維持しにくい

図表6-4-10 乗用車の改善についての利点欠点分析の例（１）

このようなアイデアで構成される構造の場合、薄肉の板材で微妙な車体のデザインや形状を実現することが難しくなる。また、望ましいデザイン形状を安定的に量産することが難しくなる。そこで、この新たな問題を矛盾「（９）形状」対「（４２）製造精度／一貫性」で定義すると、矛盾マトリックスから推奨される発明原理として、[30]柔軟な殻と薄膜、[32]色の変化、[40]複合材料、[22]災い転じて福となす、が導かれる。

発明原理の[30]柔軟な殻と薄膜や[40]複合材料によれば、発泡ポリウレタンを樹脂塗装したバンパーなどが発想される。また、発明原理[32]色の変化によれば、形状を視覚的に改良するアイデアが発想できる。このようにアイデアを補うことにより、初期のアイデアによる改善案の欠点を克服することができる。図表 6-4-11 に、乗用車の改善についての技術的矛盾の活用例を示す。

技術的矛盾活用発想シート：技術的矛盾を定義して、発明原理から アイデアを発想する		
Q1	対象とするシステムは何ですか	
A1	自家用乗用車	
Q2	☐ 対象とする機能は何ですか ☒ 対象とするシステムの問題は何ですか	
A2	「デザインを良くする」 薄肉の板材で微妙な車体のデザイン形状を実現しにくい ため、必要な形状を精度よく量産したい	
Q3	☐ 対象とする機能を向上させるための 改善策はどのようなものですか ☒ 対象とするシステムの問題を解決するための 改善策はどのようなものですか	
A3	「所定のデザイン形状を精度よく生産したい」	
Q4T	その改善策に関わる改良パラメータは何ですか [(番号)パラメータ名]	
A4T	改良パラメータ: (9) 形状	
Q5	その改善策を適用することで、何か別の問題が派生しませんか 別の問題が派生しない場合には矛盾はありませんので A3の改善手段を適用してください	
A5	別の問題が派生する: 「薄肉の板材では製造精度が保てない、製造誤差などのばらつきのコントロールができない」こと	
Q6T	別に派生する問題に関わる悪化パラメータは何ですか [(番号)パラメータ名]	
A6	悪化パラメータ: (42) 製造精度／一貫性	
Q7	改良パラメータと悪化パラメータとを対比し、技術的矛盾を定義してください	
A7	(9) 形状を改良すると、(42) 製造精度／一貫性が悪化する	
この矛盾の形式は、技術的矛盾として扱うことができます		
Q8T	技術的矛盾に関わる2つのパラメータと矛盾マトリックス(矛盾表)から発明原理を導こう	
Q9T	導かれた発明原理を適用して、類比発想により矛盾を解消させるアイデアを発想しよう	
A8T	No.	発明原理
	[30]	柔軟な殻と薄膜
A9T	[32]	色の変化
	[40]	複合材料
	[22]	災い転じて福となす
		アイデア
		発泡ポリウレタンを樹脂塗装したバンパーなど
		形状を視覚的に改良する
		鋼と軽合金を組み合わせた車体構造、 発泡ポリウレタンを樹脂塗装したバンパーなど

図表 6-4-11 乗用車の改善についての技術的矛盾の活用例

2) 物理的矛盾の活用

物理矛盾の活用例として、交差点における道路交通システムの課題を示す。
交通渋滞を防ぐ方法は、交差点で停止しないことである。交差点で停止しないと、交差する道路を走る車と衝突し、交通が機能しない。交通を機能させるには、交差点において交通信号による整理が必要となり、赤信号では停止せざるを得ない。図表 6-4-12 に交差点におけるこの課題の利点欠点分析の例を示す。

アイデア	利点	欠点
交差点の幹線道路の赤信号による停止時間をゼロとする（上下方向には信号を設けない）	幹線道路の赤信号による停止時間をゼロとし、上下方向の流れを止めることがない	幹線道路と交差する方向の道路が常時赤信号となり、交通が遮断される

図表6-4-12 交差点における道路交通システムの課題に関する利点欠点分析の例

この課題を、「幹線道路の交差点における赤信号による停止時間」が、「ゼロであり」かつ「ゼロでない」という物理的矛盾で捉える。物理的矛盾を定義して、分離の原則を適用する。この課題に対しては、図表 6-4-13 に示すように、空間による分離や部分と全体による分離を適用した解決策が広く知られている。

物理的矛盾活用発想シート：物理的矛盾を定義して、分離の原則から アイデアを発想する		
Q1	対象とするシステムは何ですか	
A1	交差点における道路交通システム	
Q2	☐ 対象とする機能は何ですか ☒ 対象とするシステムの問題は何ですか	
A2	赤信号で停止することにより、幹線道路の流れが中断される	
Q3	☐ 対象とする機能を向上させるための 改善策はどのようなものですか ☒ 対象とするシステムの問題を解決するための 改善策はどのようなものですか	
A3	幹線道路の上下方向の流れを止めない	
Q4P	その改善策に関わる改良パラメータは何ですか、また、その方向性はどうか	
A4P	赤信号による 停止時間をゼロにする	
Q5	その改善策を適用することで、何か別の問題が派生しませんか 別の問題が派生しない場合には矛盾はありませんので A3の改善を適用してください	
A5	別の問題が派生する： 交差する方向の信号が赤で、交差方向の交通が遮断される	
Q6P	別に派生する問題を回避するために、A4Pのパラメータをどうすれば効果がありますか	
A6P	幹線の赤信号による 停止時間をゼロにしない	
Q7	パラメータの扱いが逆方向であれば物理的矛盾として扱い、これを定義します	
A7	幹線の赤信号による 停止時間が、ゼロであり、ゼロでない	
この矛盾の形式は、物理的矛盾として扱うことができます		
Q8P	物理的矛盾を解決するため分離の原則のいずれかを適用して改良された改善案のアイデアを発想しよう	
A8P	分離の原則	アイデア
	[空間による分離]	交差点全体を立体構造にして停止時間を減らす 交差する複数方向の道路を立体的にして干渉しない構造にする
	[時間による分離]	通行できる時間帯を限定する 時間帯によって交差点処理を変える
	[部分と全体による分離]	通過交通の車線のみを立体化し、その他の交通は平面で処理する
	[状況による分離]	車線運用を車種別に分ける
具体例		空間による分離、部分と全体による分離 通過車線のみを立体化する  通過交通の車線のみを立体的に分離することで、交差点における停止時間をなくし、かつ衝突の機会を減らす。

図表 6-4-13 交差点における道路交通システムに関する物理的矛盾の活用例

3) 物質 - 場分析モデルの活用

乗用車の車体の軽量化について物質 - 場分析モデルを活用する。

軽量化の方法として、フレーム部には必要な板厚を確保した鋼板を使用し、外板部分に軽量のアルミニウム合金を使用する。プレス鋼板の接合は、一般的にスポット溶接やレーザ溶接で行われるが、鋼板とアルミニウム合金の接合は通常の溶接技術では困難である。リベット接合など機械的な接合方法もあるが、部品数や機械加工が増え自動化が困難であるなどの課題がある。

図表 6-4-14 には、乗用車の改善についての利点欠点分析の例（2）を示す。

アイデア	利点	欠点
剛性を確保するため鋼板構造材を構成し、外板部分を軽合金で構成、一体化する	車体の軽量化ができる	異種金属板の接合のためスポット溶接やレーザー溶接技術が利用できない

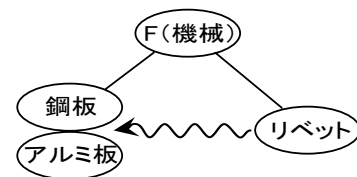
図表 6-4-14 乗用車の改善についての利点欠点分析の例（2）

接合技術に関する物質 - 場分析モデルを図表 6-4-15 に示す。リベット接合では、リベットが、2 枚の板材を、機械的な場の下で結合する仕組みを表している。穴加工を要すること、リベットを打ち込むことなどは、有害なシステムである。

次にスポット溶接に関しては、機械的な場に替えて、電極間に生ずる電気抵抗熱を利用した熱の場を導入し、溶接を行うものである。しかし、アルミニウム板の溶接は鋼板同士の溶接のように容易でなく、効果的でないシステムである。

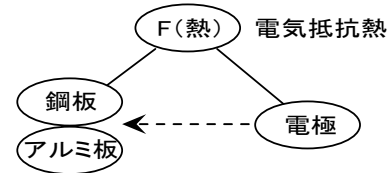
摩擦攪拌接合技術（FSW）は、電気抵抗熱の場に対して、回転ツールによる摩擦熱・加工熱の新たな場を導入して必要とする機能を強化するものである。アルミニウム軽合金の接合にも利用される。これは、技術的に改良されたシステムである。

リベット接合



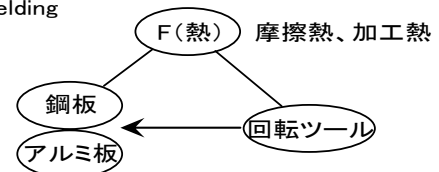
新しい場を導入して有害作用を防ぐ

スポット溶接



新しい場を導入して有益機能を強化する

摩擦攪拌接合(FSW) Friction Stir Welding



図表 6-4-15 接合技術に関する物質 - 場分析モデルの例

参考文献

- 1) 産能大学 VE 研究グループ：新・VE の基本,産能大学出版部, pp.41,1998.5
- 2) 澤口 学：VE と TRIZ, 同友館, pp.132-134, 2002.3
- 3) Darrell Mann,Simon Dewulf,Boris Zlotin,Alla Zusman：TRIZ 実践と効用(2)新版矛盾マトリックス (Matrix2003), 株式会社創造開発イニシアチブ,2005.4
- 4) <http://triz.sblo.jp/article/57164815.html>
- 5) 澤口 学：VE と TRIZ, 同友館, pp.114-118, 2002.3

7. TRIZを活用した発想強化VEの進め方

7-1. 対象テーマの選定

本章では、VEにおけるTRIZの有効な活用方法について事例を中心に提案する。事例に使用する対象製品は、4章に示した経緯からバイク用ヘルメットを選んだ。本章で紹介する発想強化VEのステップは図表 6-3-1 で整理した実施手順を活用する。コスト低減目標は、10%削減とする。なお、機能面、性能面で現状の要求レベルを確保することを条件とする。生産量の出し方については、需要 74 万個/年に対シェア 32%として算出した。月ごとでは、生産量は 2 万個/月である。また、製造原価は 18,000 円、販売価格は 40,000 円と仮定した。

事例の対象
バイク用ヘルメット



写真 7-1-1 バイク用ヘルメット

7-2. 情報収集

発想強化VEの実施手順では、情報は特有情報だけでなく周辺情報の収集もこの時期に行う。広く情報を集めた上で、問題点の顕在化（見える化）としてわかりやすい表などに情報をまとめる。さらに問題点に対して矛盾などが考えられる場合は矛盾整理欄などに整理してTRIZでのアイデア発想に備える。つまり、情報内容について要望や問題点を洗い出し、改善アイデアに結びつくようなヒントを出しておく。場合によっては、ここで簡易な問題解決を図ることも可能である。情報収集のワークシート例を図表 7-2-1 に示す。

7-3. 機能定義

(1) 機能の定義

VEでは対象テーマを各構成要素に分割し、各構成要素について機能の定義を行う。果たすべき機能は「頭部の保護」「視界の確保」「快適性の確保」「操作性の良さ」等の観点から設計上の情報を利用する。ヘルメットを対象として部品構成から構成要素を確認するための作業状況を写真 7-3-1 に示す。また、抽出した構成要素例の一覧表を図表 7-3-1 に示す。このステップでは、アイデアを様々な面から出しやすくするために、

具体的名称から抽象的な名称に変換する。名称は、ヘルメットの構成要素となる部品に関する機能を中心に抽出した。例を図表 7-3-2 に示す。

記入例				情報収集のワークシート			
情報区分	情報収集の計画			情報収集結果			
	主要項目	情報源 どこから	収集時期 いつまでに	収集方法 どのようにして	担当者 誰が	内容	要望/問題点
使用上の情報	使用者				男女 国内		一般ユーザーを対象
	使用目的					頭部と目元を保護する。視界を確保する。空気抵抗を減らす。ファッション性を出す	・頭部保護や視界確保等の基本性能とファッション性は両立し難い ・男女異なるニーズを、満足させる
	使用者の要望					高速で走行するため、泥や水によってシールド部が汚れるのを防ぎたい 軽いものがいいい、音振が楽 息がし易い もれ難い 適度に外部音を聞きたい	・耐火性を高める消防用品に使えないか 溶接用、スキー用にも使えないか 音楽再生用にならないか(振動付、防音付) 臨床測定用 パーマヘリ用(美肌つべりの気流付)
	使用環境					高速(平均:80km/hr、最高:120km/hr)で走行時・砂埃・泥水・オイルなどの飛沫がある 他者と接触有り 騒音が有り	・空気に浮遊するチリは低速であればシールドに付かないが、高速で走るともある ・汚れを受け、汚れにくい
	使用条件				国内	シールドが汚れたら破損しないことが望ましい 経過時間メッセージ音声を出した	・シールドがきれいにするためには、ハンドルから手を放すことが必要だが、安全運転のためには手を放すことはできない
	使用上の問題					着脱が楽で事故時は自然にはとれにくく、人為的には取り易く	・相手(前方)のヘルメットの反射光を目に入れたくないが、前方を見なければ安全に運転できない ・外射光を取り入れ、反射光は取り入れない
販売上の情報	セールスポイント					クリヤな視界、デザイン/バリエーション、軽量、価格、利用も可能に	ヘルメットの固定でワンタッチに 手元の無縁リモコンでシールドを自動的に翻がせないか
	差別化のポイント					デザイン、UVカット、汚れにくい、価格、対策むれにくい、圧感減少 フィット良	ヘルメットのフィット感を変え、頭部の密着にいい汗をかきにくい、フック感が低いと作業がかる際の安全性が確保できない ・暑く、早に世界標準をつくる
	流通経路				メーカー、(商社)一軒小売店、ユーザー	流通経路を確保しやすい	ヘルメットのフィット感を変え、頭部の密着にいい汗をかきにくい、フック感が低いと作業がかる際の安全性が確保できない ・暑く、早に世界標準をつくる
	販売実績の推移				1992年140万個から2006年74万個に半減	需要が縮小しつつある	ヘルメットのフィット感を変え、頭部の密着にいい汗をかきにくい、フック感が低いと作業がかる際の安全性が確保できない ・暑く、早に世界標準をつくる
	販売将来予測				日本では二輪新車需要減少に伴い縮小	需要が縮小しつつある シェアを伸ばしたい	ヘルメットのフィット感を変え、頭部の密着にいい汗をかきにくい、フック感が低いと作業がかる際の安全性が確保できない ・暑く、早に世界標準をつくる
					若年層のバイク保有比率が減少	商が目に入る 組み立て性が悪い	ヘルメットのフィット感を変え、頭部の密着にいい汗をかきにくい、フック感が低いと作業がかる際の安全性が確保できない ・暑く、早に世界標準をつくる
					走行中、転倒時にシールドが寝ね上がる(事故)	転倒時安全なシールド 輸出時の使用国の法規制確認	ヘルメットのフィット感を変え、頭部の密着にいい汗をかきにくい、フック感が低いと作業がかる際の安全性が確保できない ・暑く、早に世界標準をつくる
設計上の情報	使用上の問題					頭ね上げて走行中にシールドがカタつく。工具かない	ヘルメットのフィット感を変え、頭部の密着にいい汗をかきにくい、フック感が低いと作業がかる際の安全性が確保できない ・暑く、早に世界標準をつくる
						取り外しできない。(クレーム)	ヘルメットのフィット感を変え、頭部の密着にいい汗をかきにくい、フック感が低いと作業がかる際の安全性が確保できない ・暑く、早に世界標準をつくる
							ヘルメットのフィット感を変え、頭部の密着にいい汗をかきにくい、フック感が低いと作業がかる際の安全性が確保できない ・暑く、早に世界標準をつくる
	性能	設計者	○月○日		Aさん	転倒時、衝突時に頭部を守る。フィット感がいい。汗ばまない。 空気抵抗が少なく運転時の風圧を受けにくい。 デザインがいい。 高速運転でも外れない。 着脱が簡単 安全	ヘルメットのフィット感を変え、頭部の密着にいい汗をかきにくい、フック感が低いと作業がかる際の安全性が確保できない ・暑く、早に世界標準をつくる
							ヘルメットのフィット感を変え、頭部の密着にいい汗をかきにくい、フック感が低いと作業がかる際の安全性が確保できない ・暑く、早に世界標準をつくる
							ヘルメットのフィット感を変え、頭部の密着にいい汗をかきにくい、フック感が低いと作業がかる際の安全性が確保できない ・暑く、早に世界標準をつくる
	製品の設計仕様(図面)	設計者	○月○日		Aさん	強度、衝撃吸収力、重量、空気抵抗、耐久性、着脱性、頭部にフィット、保持力、通気性、視界の広さ、透明面、風速に耐える強度、汚れなどの回復力、脱着性能、汚れが付着しにくい裏面、ヘルメットの密閉性	ヘルメットのフィット感を変え、頭部の密着にいい汗をかきにくい、フック感が低いと作業がかる際の安全性が確保できない ・暑く、早に世界標準をつくる

図表 7-2-1 情報収集のワークシート例



写真 7-3-1 構成要素確認のためのヘルメット分解作業

	構成要素(システム構成)	数量	部品点数		構成要素(部品名称)	個数	単価	金額(円)	備考
1	シェル	1式	1	1	シェル	1	6,800	6,800	FRP
2	ストラップ類	1式	3	2	チンストラップ	1	750	750	布
				3	リベット(構成要素1と2を結合)	2	3	6	スチール
3	衝撃吸収ライナー	1式	1	4	衝撃吸収ライナー	1	300	300	ウレタン
4	内装1式	1式	2	5	内装トップ	1	350	350	布
				6	内装ボトム	1	700	700	布
5	チークパッド1式	1式	5	7	チークパッド	1	700	700	ウレタン
				8	チークパッドカバー	2	350	700	布
				9	チークパッドクッション	2	80	160	ウレタン
6	首あて	1式	1	10	首あて	1	450	450	布
7	ネックガードゴム	1式	1	11	ネックガードゴム	1	80	80	
8	テープ(ビニール)	1式	1	12	テープ(ビニール)	1	5	5	
9	フェイスガード	1式	1	13	フェイスガード	1	1,000	1,000	ABS
13	シールド	1式	1	21	シールド	1	1,500	1,500	ABS
14	リベット類	1式	10	22	リベット	6	3	18	スチール
				23	ギア(左右)	2	30	60	ABS
				24	ラッチ(左右)	2	25	50	ABS
15	ラッチカバー類	1式	10	25	固定ビス	4	4	16	スチール
				26	ビス止めナット	4	3	12	スチール
				27	ラッチカバー(左右)	2	450	900	ABS
16	調整クッション	1式	1	28	調整クッション	1	50	50	ウレタン
					合計	46		14,038	

図表 7-3-1 構成要素例

NO.	構成要素	機能			分類	
		名詞	動詞	制約条件	基本機能	二次機能
1	シェル	頭部を	守る		○	
		形を	まとめる			○
		(空気)風の流れを	良くする			○
		外観を	つくる			○
		部品を	保つ		○	
		頭を	受ける		○	
		雨を	防ぐ			○
		風を	通す			○
		視界を	確保する			○
		ケガを	防ぐ			○
		社名を	表示する			○

図表 7-3-2 構成要素から機能を定義した例

(2) 機能の整理

機能の定義を整理して、機能系統図としたものを図表 7-3-3 に示す。

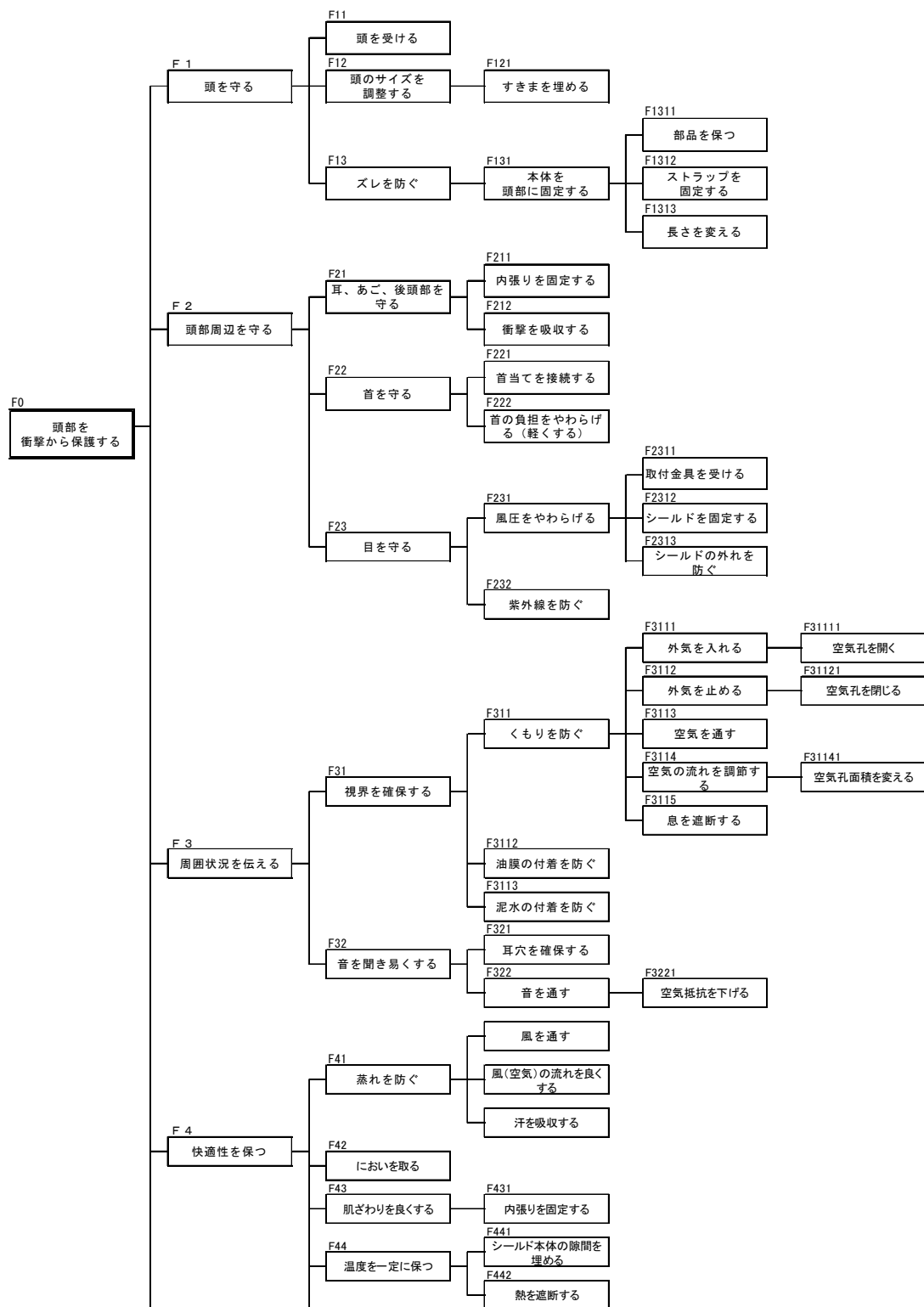


表 7-3-3 機能系統図の例(抜粋)

7-4. 機能評価

(1) 機能別コスト分析

コスト情報は売価を参考にし、それぞれの構成要素に対して原価を想定して作業を進めた。

No.	構成要素	機能分野 コスト	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
			頭を守る	頭部周辺を守る	周囲状況を伝える	快適性を保つ	操作を可能にする	保守・点検を容易にする	見栄えを良くする
1	シェル	6,800	3,000	1,200	1,330	30	30		1,210
2	ストラップ類	756	360			78	300	18	
3	衝撃吸収ライナー	300	240	45		15			
4	内装一式	1,050	170			580			300
5	チークパッドー式	1,560	460	500	500	100			
6	首当て	450	75	150		150	75		
12	窓ゴム	200				160	20		20
13	シールド	1,500		100	1,200	100	100		
14	リベット類	128				24	104		
15	ラッチカバー類	928		200	128		300	150	150
16	調整クッション	50	33			17			
合計（単位 円）		14,038	4,338	2,195	3,359	1,305	945	216	1,680

図表 7-4-1 機能別コスト分析

(2) 機能の評価

機能の評価方法は機能重要度比較による評価方法を使用した。図表 7-4-2 に FD 法（強制決定法）と DARE 法による評価結果を示す。

FD法	比較評価																					合計	重要度 順位
機能分野	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21		
F1 頭を守る	1	1	1	1	1	1																6	1
F2 頭部周辺を守る	0						0	1	1	1	1											4	3
F3 周辺状況を伝える		0					1					1	1	1	1							5	2
F6 保守点検を容易にする					0					0				0			0		0		0	0	7
F7 見栄えを良くする						0					0				0			1		1	1	3	4
計																						21	

DARE法	比較評価							仮の重み 付け係数 Ri	修正重み 付け係数 Ki	重要度係 数 Wi	
機能分野	1	2	3	4	5	6	7				
F1 頭を守る	1.7							1.7	8.9	0.37	
F3 周辺状況を伝える	1	1.6						1.6	5.2	0.22	
F2 頭部周辺を守る		1	1.4					1.4	3.3	0.14	
F6 保守点検を容易にする							1		—	1.0	0.04
								1			
計									合計	24.1	1.00

図表 7-4-2 FD 法と DARE 法による結果

(3) 対象分野の選定

機能の整理から 7 つの機能分野を設定している。この内、ヘルメットの基本的な機能となる「F1 頭を守る」、「F6 保守点検を容易にする」については、既に規格値を満たしているものとして現状で十分満足できる状態であることから対象分野からは除外した。価値改善の優先順位は、価値の程度よりもコスト低減余地を重視して決定した。図表 7-4-3 に対象分野の選定結果を示す。

機能分野		機能評価値(F) F1とF6は現行コストとする	現行コスト(C)	F/C	C-F	優先順位
F1	頭を守る	4,338	4,338	1.00	0	
F2	頭部周辺を守る	1,820	2,195	0.83	375	4
F3	周囲状況を伝える	2,860	3,359	0.85	499	1
F4	快適性を保つ	910	1,305	0.70	395	2
F6	保守点検を容易にする	216	216	1.00	0	
F7	見栄えを良くする	1,300	1,680	0.77	380	3
合 計		12,224	14,038	6	1,814	

図表 7-4-3 対象分野の選定結果

7-5. 代替案作成

(1) アイデア発想

今回のアイデア発想では、ブレインストーミングによるアイデア発想が 134 件であった。図表 7-5-1 にブレインストーミングによるアイデア発想数を示す。

最も多く発想できた機能分野の発想数は 31 件であったので、アイデアの量が質を生むという観点から TRIZ 技法を活用してアイデアの発想数を同等の 30 件まで増加させた。

優先順位	機能分野		アイデア発想数	TRIZで追加発想(30個を基本とした場合)
1	F3	周囲状況を伝える	26	4
2	F4	快適性を保つ	28	2
3	F7	見栄えを良くする	31	-
4	F2	頭部周辺を守る	24	6
5	F5	操作を可能にする	25	5
合計			134	17

図表 7-5-1 ブレインストーミングによるアイデア発想数

ブレインストーミングによるアイデアの略図化の例を図表 7-5-2 に示す。メンバーが VE を熟知していない場合やアイデアが出てこない場合等には、その解決策として TRIZ の技法を使用する。今回の事例では、ブレインストーミングで発想したが、発想数が

足りない分野に限定して TRIZ を使用した。ここでは、一般的に解決策としての採用が多いと考えられる技術的矛盾、物理的矛盾、物質一場分析および Effects についてアイデア発想の例を示す。各特性についている番号等は巻末付属資料を参照されたい。

機能	方式名
F2 頭部周辺を守る	エアバッグ
	首回りエアバッグ
	エアバッグが開く
	エアタッショングがどき出す
	首を守るエアバッグ
	低反発衝撃吸収材
	衝撃吸収ジェル
	頭も割れないαゲル
	低反発素材を使う
	ハニカム構造でつぶれ易くする
	エア注入により頭でフィット
	ウレタン注入でカスタマイズ
フィット	頭部形状にカスタムでフィット
	シールドの固定両面テープ
首ガード	首部分へのガードを付加
	首までサポート
	肩で衝撃を受ける

図表 7-5-2 アイデアの略図化の例

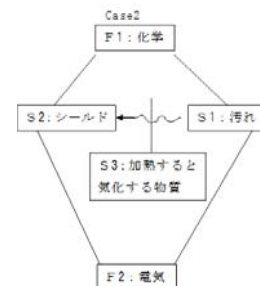
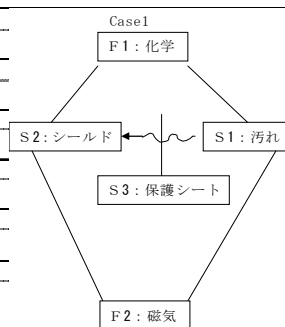
Q1 対象とするシステムは何ですか	Q8T 技術的矛盾に関わる2つのパラメータと矛盾マトリックス(矛盾表)から発明原理を導こう
A1 シールド	Q9T 導かれた発明原理を適用して、類似発想により矛盾を解消させるアイデアを発想しよう
Q2 ■ 対象とする機能は何ですか □ 対象とするシステムの問題は何ですか	No. 発明原理 アイデア
A2 視界を良好に維持する	A8T (34) 操作の容易性 vs. (38) 安全性/脆弱性
Q3 ■ 対象とする機能を向上させるための 改善策はどのようなものですか □ 対象とするシステムの問題を解決するための 改善策はどのようなものですか	[2] 分離 汚れが付かないシールドのコーティング技術導入
A3 シールド表面にシールドを貼付し、汚れたら剥がして簡単に視界を改善する構成とする	[25] セルフサービス 汚れに対して特異的に化学変化、形状変化を引き起こし、自動的に剥離する材料の導入
Q4T その改善策に関わる改良パラメータは何ですか [(番号)パラメータ名]	[28] メカニズムの代替 汚れ(化学的)に対して特異的に形状変化(機械的)を引き起こし、自動的に剥離する材料の導入
A4T 改良パラメータ: (34) 操作の容易性	[4] 非対称 シールドの内部から表面側に洗浄機能を有する液体等を滲出させて、汚れを防ぐ仕組みの導入
Q5 その改善策を適用することで、何か別の問題が派生しませんか 別の問題が派生しない場合には矛盾はありませんので A3の改善手段を適用してく	[5] 併合 シールドを手で剥がすのではなく、運転時に必要な操作/動作機構等から動力等を受けてシールドをはがす仕組みの導入
A5 シールドを手で剥がす操作が運転操作を阻害し、安全性を損なう	(34) 操作の容易性 vs. (31) システムが作り出すその他の有害な効果
Q6T 別に派生する問題に関わる悪化パラメータは何ですか [(番号)パラメータ名]	[35] パラメータの変更 シールド表面の電磁的に曲率を変化させるなどさせて手を使わずに剥離する構造
A6 悪化パラメータ: (38) 安全性/脆弱性 (31) システムが作り出すその他の有害な効果	[31] 多孔質材料 シールド材料を多孔質材料で構成して、内部から表面側に洗浄機能を有する液体等を滲出させて、汚れを防ぐ仕組みの導入
Q7 改良パラメータと悪化パラメータとを対比し、技術的矛盾を定義してください	[24] 仲介 シールド表面またはシールド表面のコーティングの改良
A7 (34) 操作の容易性を改良すると、(38) 安全性/脆弱性・(31) システムが作り出すその他の有害な効果が悪化する	[4] 非対称 シールドの内部から表面側に洗浄機能を有する液体等を滲出させて、汚れを防ぐ仕組みの導入
この矛盾の形式は、技術的矛盾として扱うことができます	
(34) VS (38) 発明原理: 2, 25, 28, 4, 5, 24, 13, 17 (34) VS (31) 発明原理: 35, 31, 24, 4, 32, 25, 27, 1	

図表 7-5-4 技術的矛盾の問題解決例

Q1 対象とするシステムは何ですか	Q6P 別に派生する問題を回避するために、A4Pのパラメータをどうすれば効果がありま
A1 シールド	A6P 走行空間をなす外気はそのままの状態である
Q2 ■ 対象とする機能は何ですか □ 対象とするシステムの問題は何ですか	Q7 パラメータの扱いが逆方向であれば物理的矛盾として扱い、これを定義します
A2 視界を良好に維持する	A7 走行空間にある外気には、汚染物質が含まれてはならず、実際には汚染物質が浮遊している
Q3 ■ 対象とする機能を向上させるための 改善策はどのようなものですか □ 対象とするシステムの問題を解決するための 改善策はどのようなものですか	この矛盾の形式は、物理的矛盾として扱うことができます
A3 シールド表面に汚れが付にくくする	Q8P 物理的矛盾を解決するため分離の原則のいずれかを適用して改良された改善案のアイデアを発想しよう
Q4P その改善策に関わる改良パラメータは何ですか、また、その方向性はどうか	A8P
A4P シールド表面の外気に含まれる汚染物質を排除する	
Q5 その改善策を適用することで、何か別の問題が派生しませんか 別の問題が派生しない場合には矛盾はありませんので A3の改善を適用してく	
A5 実際の走行時の外気には各種の汚染物質が浮遊している	
	分離の原則
	アイデア
	[空間による分離] 外気に比較して、シールド近傍の気流には汚染物質が排除されている
	[時間による分離] ヘルメットの装着時には汚染物質を排除する仕組み
	[部分と全体による分離] 走行空間は通常のまま、ヘルメット周辺あるいは走行時は汚染物質が排除される
	[状況による分離] 外気中に浮遊する汚染物質が帯電しているのであれば、シールド表面を同方向に帯電させる
	汚染物質の多い状況では汚染物質を排除する仕組みを機能させる

図表 7-5-5 物理的矛盾の問題解決例

Q1	対象とするシステムの機能は何ですか			
A1	シールドの視界を確保する			
Q2	課題解決のための機能(手段)は何ですか			
A2	「シールドの汚れを防ぐ」			
Q3	主な構成要素はどのようなものですか			
A3	シールド、汚れ			
Q4	構成要素を参考にして、物質S1、S2を記述してください			
A4	S1: 汚れ S2: シールド			
Q5	物質S1と物質S2との間に働く場Fは何でしょうか			
A5	力学、温度、化学、電気、磁気			
Q6	物質-場モデルを構築し、図にしてください			
A6	「シールドの汚れを防ぐ」 S1: 汚れ S2: シールド F: 力学、温度、電気、磁氣的			
Q7	2つの物質と1つの場が定義できていますか			
A7	Yes Q8へ進んでください No Q3からやり直してください			
この課題は、物質-場モデルとして扱うことができます				
Q8	この物質-場モデルにおいて有害な機能(副作用)はありますか			
A8	Yes 発明標準解クラスCへ進んでください No 発明標準解クラスDへ進んでください			
発明標準解クラスC				
大分類	分類	説明	分類番号	アイデア
Case1	Cc	新しい物質を導入する	Cc1	保護シートに汚れが付着し、視界の確保が出来なくなった時点で、保護シートを剥がす
	Cd	新しい場を導入する	Cd2	保護シートに微細な鉄粉等を入れ、磁力でシールドに貼り付け、視界の確保が出来なくなった時点で、磁力をなくす
Case2	Cc	新しい物質を導入する	Cc11	加熱すると気化する物質でシールドをコーティングする
	Cd	新しい場を導入する	Cd2	シールドに電線を設置し、瞬間的に高圧電流を流し加熱して、コーティング物質を気化させ同時に汚れを除去する



図表 7-5-6 物質-場分析からのアイデア事例

Q1	改善したい機能は? : 「～を～する」という形式で記入して下さい。					
A1	F21: 風や泥の浸入を防ぐ					
Q2-1	名詞: 「～を」を記入して下さい。		Q2-2	動詞: 「～する」を記入して下さい。		
A2-1	風 ・ 泥 の 浸入		A2-2	防ぐ		
Q3-1	上記名詞の内容に関するEffectsに関するパラメータ		Q3-2	動詞の内容に関するEffectsに関するパラメータ		
A3-1	・物体、液体、気体 ・温度、光、放射線 ・物体の位置/寸法/動き/働き/構造/量的性質 ・エネルギー、力、摩擦、化学変化 ・電気の場、磁場、電磁場		A3-2	・測定する、検出する、調べる ・制御する、安定する、移動する ・上げる、下げる ・破壊する、作り出す ・伝える、溜める、変える		
	風＝気体 , 泥＝物体 の 動き			制御する , 移動する		
ここでEffects分類表(付属資料)を参照して下さい。						
Q4	Effectsの分類と分類番号(複数可)を記入して下さい					
A4	E7: 液体および気体の動きを制御する		E9: 混合物を移動する, 溶液を作り出す			
	E6: 物体の動きを制御する					
Q5	挙げられている効果のうち改善策のヒントになりそうな効果を記入して下さい。		知らない効果については、内容を調べ下記に記入して下さい。 ヒントになりそうな効果が判定して下さい。			
Q5-1	ヒントになりそうな効果	内容(利用する内容を具体的に記入)	Q5-2	知らない効果	内容(効果を調査後記入)	判定
A5-1	A: 熱膨張	温度の上昇によって物体の長さ・体積が膨張する割合	A5-2	a: トムス効果	液体に少量の高分子物質を添加したとき、乱流の液体摩擦抵抗が著しく減少する現象	△
	B: 振動	何かを振るわせる		b: フォレシス(泳動)	荷電粒子や分子が電場(電界)中を移動する現象	△
	C: 弾性波	弾性体中を伝わる変形波		c: ワイゼンベルグ効果	粘弾性の液体に棒を入れて回転させると液体が棒についてくる現象	×
Q6	アイデア出し Q5の効果をもとにアイデアを出し記入して下さい。効果は、単独又は組み合わせによるアイデア出しを行って下さい。					
Q6-1	使用した効果(単独の効果を利用)		Q6-2	使用した効果(複数の効果を利用)		
A6-1	①振動 ⇒ 超音波振動を発生させ風や泥の浸入を防ぐ		A6-2	①振動 ⇒ 超音波振動を発生させ風や泥の浸入を防ぐ		
	②拡散 ⇒ シールド部(ゴーグル部)に撥水コーティングを施し、風や泥の浸入を防ぐ			②拡散 ⇒ シールド部(ゴーグル部)に撥水コーティングを施し、風や泥の浸入を防ぐ		
	③流体力学→気体力学 ⇒シールド部(ゴーグル部)をヘルメット本体と一体化し、風や泥の浸入を防ぐ					

図表 7-5-7 Effectsからのアイデア事例

(2) 概略評価

アイデアの概略評価については、複数の票を獲得したアイデアに絞り込んだ。機能毎に絞込みアイデアを分類した。それらの各機能分野毎に採用と不採用を決定した。

(3) 具体化

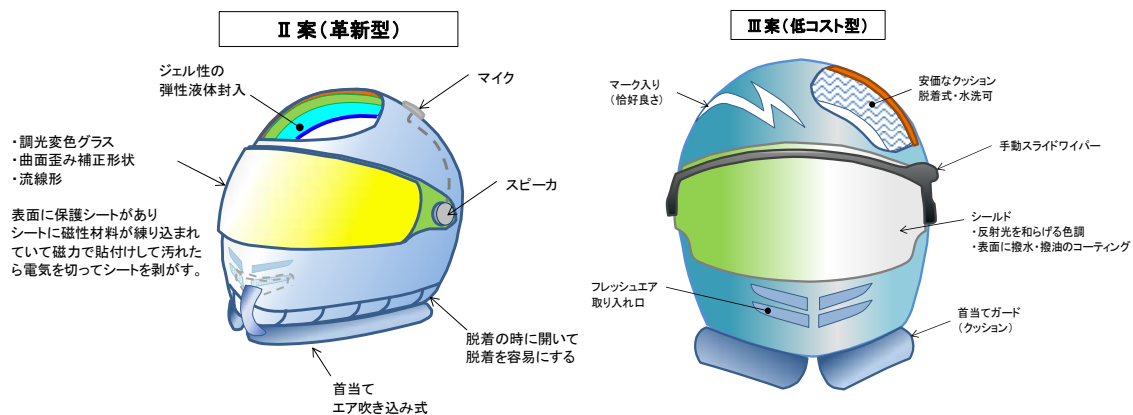
1) アイデアの組合せ

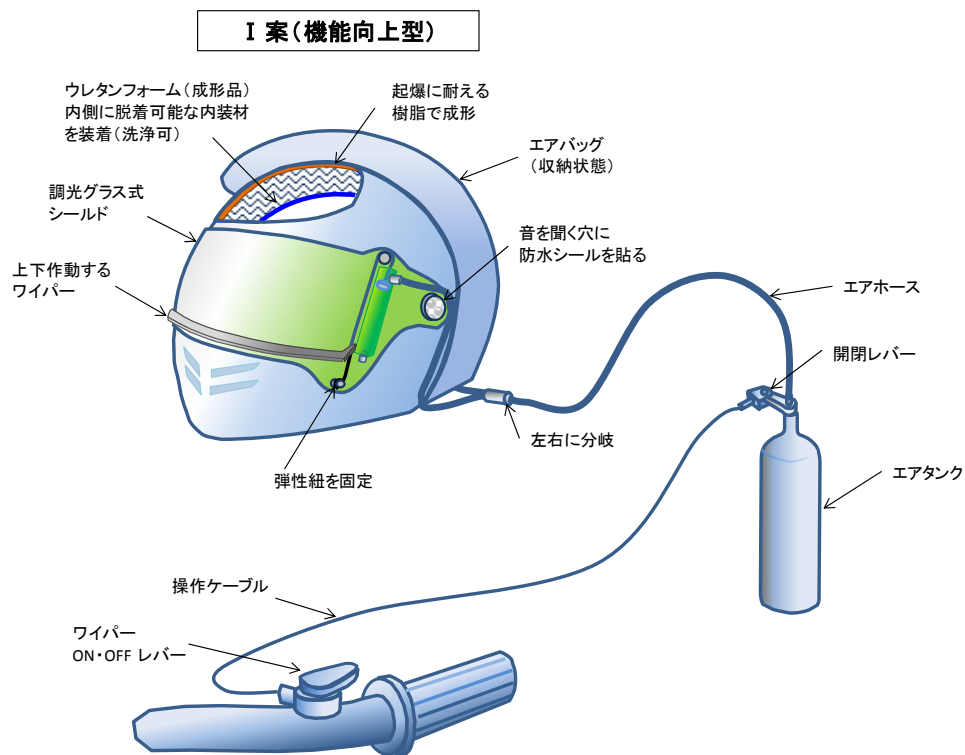
各機能に対するアイデアの組合せを考え、複数の総合化案を作成した。図表 7-5-8、7-5-9 に各案の機能別代替案の採用状況とモデル図を示す。

機能	機能別代替案	I 案 機能向上型	II 案 革新型	III 案 低コスト型
F22 頭部周辺を守る	1.首部分へのガードを付加	○		◎
	3.低反発衝撃吸収材	○	◎	
	2.首までサポート		○	
	5.エア吸入式首あて	◎		○
	2.首までサポート		○	
	6.ヘルメット付首保護スーツ			
F23 目を守る	7.(首を保護する)エアバッグ	◎		
	8.低価格クッション材			○
	1.紫外線を防ぐ			○
	2.反射光を和らげる色調			○
	3.変色ガラス	◎	◎	
	4.局面の歪みを補正できる形状		◎	
F31 視界を確保する	6.シールド形状を流線型にする		◎	
	1.撥水、撥油性のコーティング			○
	3.ワイパー+噴射機	○		
	9.固定ワイパー+シールドを動かす			○
	10.フィルム自動剥がし装置	○		
	11.汚れると剥がれ落ちるシールド		○	
F32 音を聞きやすくする	12.鉄粉入りシートを磁力で固定、汚れたら電源を切る		○	
	2.外部マイク+内部スピーカ		◎	
	3.小径の穴を多数配置	◎		◎
F7 見栄えをよくする				
	1.マークをつける			○
	2.エンボス加工		○	
	3.柄模様をつける	○		
	7.モヒカン形状	○		
	8.光、温度、湿度等に応じて色が変わる		○	
	9.社名表示			○

◎:すべて採用、○:どちらかを採用

図表 7-5-8 機能別代替案の採用状況





図表 7-5-9 アイデアの組合せ総合化案とモデル図

2) アイデアの利点・欠点分析

分析結果を図表 7-5-10～7-5-12 に示す。

組合せ案	利 点	欠 点	原 因	欠点分類		
				重	中	軽
1 機能向上型 F22:エアバックや空気注入頭部周辺の保護	F22 安全性の範囲が拡大	22-1 エアバックが作動するか	22-1-1 感知の方法、動力源	○		
			22-1-2 頭部に火薬を詰められない			
			22-1-3 頭部を覆うように開けるか			
		22-2 空気注入は不便	22-2 新たな操作が必要になる		○	
		22-3 ガードをすると夏は暑い	22-3 手先だけでは出来ない		○	
F23:シールドの変色	F23 自動的に変色する	23 変化が瞬時に起きるか	23 変色速度が遅い		○	
F31:自動ワイパー	F31 自動で動く(ワイパー)	31-1 油膜が拭けるか	31-1 油は粘着性が強い	○		
		31-2 ワイパーが作動するか	31-2 システムが不十分			
F4:快適性	F4-1 シールドが曇らない	4-1 顔が冷たい	4-1 直接風がかかる		○	
	F4-2 夏は涼しい	4-2 風切音が出るのではない	4-2 穴形状			
F7:デザイン	F7-1 エアバックの格納	7-1 作りにくい	7-1 形状が複雑		○	
	F7-2 エア吸入口の確保	7-2 雨水が入り込む	7-2 穴がむき出しのため			

図表 7-5-10 I 案 機能向上型

組合せ案	利 点	欠 点	原 因	欠点分類		
				重	中	軽
2 革新型 F22: 頭部周辺を守る低反発衝撃吸収材とエア吸込式首当て F23: 変色ガラス、曲面の歪み補正 F31: 鉄粉入りシートを磁力で貼付け、汚れたら電気を切るとシートが落ちる F32: スピーカとマイク F4: 内装材 F5: 着脱容易、ヘルメットの入り口が反り返る F7: 光と温度で色が変わる	F22-1 安全性に優れている	22-1-1 重くなる 22-1-2 材料が濡れないか 硬化しないか 22-1-3 構造が複雑	22-1-1 材料の使用量が多いため 22-1-2 材料の種類、封止方法が未決 22-1-3 複合構造のため	○ ○		○
	F22-2 首の安全性確保に優れる	22-2 エアを入れる操作に手間がかかる	22-2 空気で膨らます方法のため			○
	F22-3 使用者に合わせた調節が可能	22-3 首周りが暑い、首が窮屈	22-3 首に密着させるため			○
	F22-4 自由に使用できる	22-4 自分の息でシールドが曇る	22-4 ヘルメット内の換気がない			○
	F23-1 目が守られる	23-1 変色に時間がかかる	23-1 瞬時に変色できない		○	
	F23-2 視界が良い	23-2 板厚の厚い所が、色が濃くなる	23-2 厚さが違うから			○
	F23-3 埃が付にくい	23-3 樹脂の変色材料があるか	23-3 調査不足		○	
	F31-1 保護シートを手で剥さなくても良い	31-1 保護シートを1枚しか使えない	31-1 1枚ずつ剥す方法がない		○	
	F31-2 汚れを簡単に落とせる(シートごと)	31-2 磁力でシートを保持できるか	31-2 調査不足	○		
	F32 確実に音をとらえる	32 部品が増える	32 新たな機材が必要		○	
	F4-1 汗を吸ってくれる	4-1 汗が逃げない	4-1 内装材に汗が吸着してしまう			○
	F4-2 夏は涼しく、冬は暖かい(夏冬交換式)	4-2 汗が臭う	4-2 ヘルメット内に換気がない			○
	F5 着脱容易	5 固定できるか	5 固定方法が決まっていない	○		
	F7 視認性が良くなり安全性が高まる	7 デザインの意図が不明	7 意図が不明確			○

図表 7-5-11 II 案 革新型

組合せ案	利 点	欠 点	原 因	欠点分類		
				重	中	軽
3 低コスト型 F22: エア入りクッション等による頭部周辺の保護 F23: 自動変色 F31: コーティングとワイパー F4: 匂いを防ぐ着脱インナー F5: 着脱可能なマジックテープ F7: デザイン	F22-1 安価である	22-1 衝撃吸収性能が低下	22-1 材料を安価品に変更するため	○		
	F22-2 従来のヘルメットにない機能	22-2 コストが上がる	22-2 部品点数が増えるため		○	
	F22-3 冬は暖かい	22-3 夏は暑い	22-3 体感温度が上がる			○
	F22-4 ヘルメットの重さを肩で受ける	22-4 首が動かしにくい	22-4 寸法が長い			○
	F23 眩しくなくて良い	23 夜間、トンネル内で見にくい	23 レンズが暗いため	○		
	F31-1 泥が付かないコーティング	31-1 コーティングの耐久性がない	31-1 コーティング方法が不明	○		
	F31-2 確実に泥が落とせるワイパー	31-2 ワイパーの信頼性が不確実	31-2 部品点数が増える		○	
	F4-1 洗うことで匂いを防ぐ	4-1 洗濯による劣化(耐久性)	4-1 材料の性能が悪い		○	
	F4-2 簡単に取り外せる(ホック式・マジックテープ式)	4-2 なくし易い	4-2 着脱するため			○
	F5 簡単に取り外せる	5 固定強度の信頼性がない	5 確実に固定できない		○	
	F7 かつこうが良い	F7 剥がれる可能性あり	F7 耐久性が不明			○

図表 7-5-12 III 案 低コスト型

3) 欠点の克服と洗練化(TRIZ 他による)

欠点分類の中の重欠点について欠点克服アイデアを発想した。結果を図表 7-5-13～7-5-15 に示す。

欠 点	技法	欠点克服アイデア	評価
F 22. エアバッグが作動するか	物理的矛盾		
	1-1. 空間	エアバッグと起爆剤を分離(起爆剤は外部)	○
	1-2. 時間	起爆と同時に起爆剤は外部へ	△
	1-3. 条件	走行状態を検知して起爆を判断	△
	1-4. 代替	衝撃範囲を小さく限定	△
F 31. 油膜が拭けるか ワイパーが作動するか	ブレーストローミング	モーター駆動のワイパー	○

△: 再調査、情報収集が必要

図表 7-5-13 I 案 機能向上型

欠点	技法	欠点克服アイデア	評価
F22. 重くなる 材料が洩れないか 硬化しないか	技術的矛盾 1-1. 1-2.	気泡緩衝材＋希ガス (Ar, He) 不均一配置 (ハニカム構造)	○ ○
F31. 磁力でシートを保持できるか	物質場分析 2-1. 2-2.	分割 (密着と非密着面の創出、電磁力の引力と反発力)、局所的性質 (磁性体の配置変化) 分割＋キュリー温度を超えて磁石を熱し、磁性をなくす	○ △
F5. 固定できるか (首周りの着脱システム)	ブレンストーミング	形状記憶システム (ホウセンカのように入口が開く)	×

△：再調査、情報収集が必要

×：現状では実現不可能

図表 7-5-14 II 案 革新型

欠点	技法	欠点克服アイデア	評価
F22. 頭部周辺の保護 衝撃吸収性能が低下	技術的矛盾 パラメータの変更	気体を利用したクッション ⇒独立気泡ウレタンクッション	○
F23. 変化が瞬時に起きるか	技術的矛盾 先取り作用	少し薄めの色にする ⇒薄くし、上部のみ濃くする	○
F31. 油膜が拭けるか ワイパーが作動するか	技術的矛盾 複合材料	コーティング用のスプレーをつける (別売り)	△

△：再調査、情報収集が必要

図表 7-5-15 III 案 低コスト型

欠点克服については、課題に多くの矛盾を抱える場合が多い。このような状況でのアイデア発想は TRIZ の技法が有利に働くといわれている。TRIZ の技法を使用して欠点を克服した例とモデル化例を図表 7-5-16～図表 7-5-19 に示す。

Q1 対象とするシステムは何ですか	Q7 改良パラメータと悪化パラメータとを対比し、技術的矛盾を定義してください
A1 保護シート(シールド面の汚れを除去することで、視界を確保。)	A7 「(32) 適応性/汎用性」を改良すると、「(33) 両立性/接続性」が悪化すること
Q2 ■ 対象とする機能は何ですか □ 対象とするシステムの問題は何ですか	この矛盾の形式は、技術的矛盾として扱うことができます
A2 複数のシートをシールドに密着させる。かつ、1枚ずつ剥がす。	Q8T 技術的矛盾に関わる2つのパラメータと矛盾マトリックス(矛盾表)から発明原理を導こう
Q3 ■ 対象とする機能を向上させるための 改善策はどのようなものですか □ 対象とするシステムの問題を解決するための 改善策はどのようなもので	Q9T 導かれた発明原理を適用して、類比発想により矛盾を解消させるアイデアを発想しよう
A3 シート内に磁性体を組み込み、シールド側には電磁力の発生装置を組み込む。(電磁力によってシートを密着する。電源を切るとシートは剥がれる。)	No. 発明原理 アイデア
Q4T その改善策に関わる改良パラメータは何ですか [(番号)パラメータ名]	A8T (32) 適応性/汎用性 vs. (33) 両立性/接続性
A4T 改良パラメータ: (32) 適応性/汎用性) 複数の使い方や多様な状況で使える能力	A9T
Q5 その改善策を適用することで、何か別の問題が派生しませんか	[1] 分割 システムを分離した部分、あるいは区分に分割する。 (シート面の中を密着する面と密着しない面に分ける。電磁力を引き合う力と反発する力に分けて配置する。)
A5 別の問題が派生する: 複数の枚のシートが全て剥がれる。(密着したシートが1枚ずつ剥がれない。)	[2] 分離 システムが提供している複数の機能の中の一つが、ある条件下では必要とされない場合には、それらの機能を分離する。
Q6T 別に派生する問題に関わる悪化パラメータは何ですか [(番号)パラメータ名]	[28] メカニズムの代替 汚れ(化学的)に対して特異的に形状変化(機械的)を引き起こし、自動的に剥離する材料の導入
A6 悪化パラメータ: (33) 両立性/接続性) 一つのシステムが他のシステムと一緒に操作できる度合い。	[4] 局所的性質 シートごとに磁性体の配置を変えることによって、特定のシートのみ反発力を発生させる。
	[5] 併合 関連する複数の物体、操作、機能を物理的に連結する。

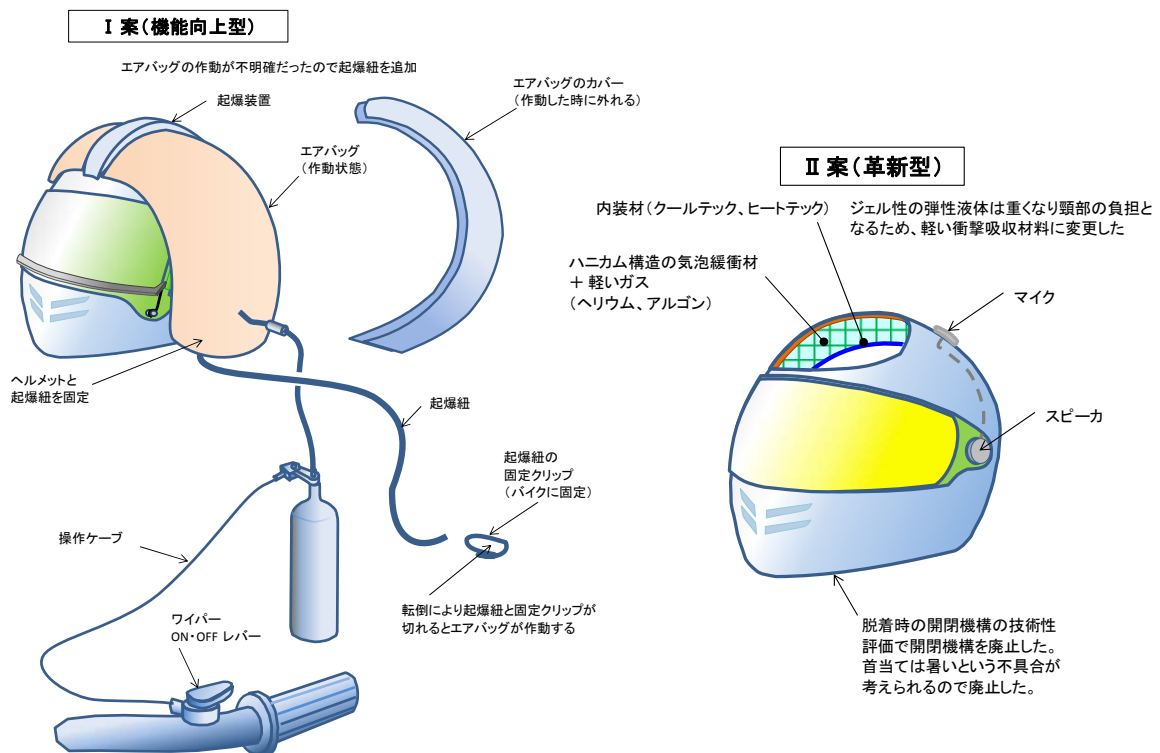
図表 7-5-16 技術的矛盾からの欠点克服案のアイデア事例

Q1	対象とするシステムは何ですか	Q6P	別に派生する問題を回避するために、A4Pのパラメータをどうすれば効果がありますか
A1	オートバイ用ヘルメットに内蔵するエアバッグシステム	A6P	頭部との距離、大きく、離す
Q2	■ 対象とする機能は何ですか □ 対象とするシステムの問題は何ですか	Q7	パラメータの扱いが逆方向であれば物理的矛盾として扱い、これを定義します
A2	ドライバの頭部にかかる衝撃を緩和する	A7	頭部との距離、小さく、大きく、近づけ、離す
Q3	■ 対象とする機能を向上させるための 改善策はどのようなものですか □ 対象とするシステムの問題を解決するための 改善策はどのようなものですか	この矛盾の形式は、物理的矛盾として扱うことができます	
A3	必要な時にエアバッグを確実に動作させる	Q8P	物理的矛盾を解決するため分離の原則のいずれかを適用して改良された改善案のアイデアを発想しよう
Q4P	その改善策に関わる改良パラメータは何ですか、また、その方向性はとうですか	A8P	分離の原則
A4P	頭部との距離、小さく、近づける		アイデア
Q5	その改善策を適用することで、何か別の問題が派生しませんか 別の問題が派生しない場合には矛盾はありませんので A3の改善を適用してください		[空間による分離] 起爆剤とエアバッグとは分離して配置する
A5	別の問題が派生する： 起爆剤が頭部に近いと、頭部に過大な衝撃が伝わってしまう		[時間による分離] 起爆と同時にまたはその後、起爆剤! 外側に飛び出す
			[部分と全体による分離] 起爆の衝撃影響範囲を微小な部分に限定する
			[状況による分離] 走行状態を検知して、起爆動作を許可または禁止するセンサ

図表 7-5-17 物理矛盾からの欠点克服案のアイデア事例

Q1	欠点は何ですか		
A1	保護シートを1枚しか使えない		
Case1			
Q2	欠点解決のための機能(手段)は何ですか		
A2	シートを1枚ずつ剥がす		
Q3	主な構成要素はどのようなものですか		
A3	S2: シート S1: 磁気		
Q4T	構成要素を参考にして物質S1、S2を書いてください		
A4T	S1: 磁気 S2: シート		
Q5	物質S1とS2に働く場は何でしょうか		
A5	力学、温度、化学、電気、磁気		
Q6T	物質-場のモデル図を書いてください		
A6T	「シートを剥がす」 S1: 磁気 S2: シート F: 力学、温度、電気、磁氣的		
Q7	2つの物質と1つの場が定義できてますか。		
A7	Yes Q8へ進んでください No Q3からやり直してください		
この課題は、物質-場として扱うことができます			
Q8	モデルにおいて有害な機能(副作用)はありますか		
A8	Yes 発明標準解クラスCへ進んでください No 発明標準解クラスDへ進んでください		
発明標準解クラスC			
大分類	分類	説明	分類番号
A8C	Ca	2つの物質の1つまたは外部環境を分解する	Ca2
A8D	Da	物質の可能変換性質を利用する	Da7
アイデア			
シート内に鉄粉のエリアを区別して2種類にし、相互に貼り付け、剥がれるようにする			
キュリー温度を超えて磁石を熱すると磁性がなくなる			

図表 7-5-18 物質-場分析からの欠点克服案のアイデア事例



図表 7-5-19 欠点克服案のモデル化例

4) 機能別代替案の総合化

以上の各機能に対するアイデアの組合せを考え、複数の総合化案を作成した。

機能	機能別代替案	I 案 機能向上型	II 案 革新型	III 案 低コスト型
F22 頭部周辺を守る	1.首部分へのガードを付加	○		○
	3.低反発衝撃吸収材		○	
	2.首までサポート			
	5.エアー吸入式首あて			
	2.首までサポート			
	6.ヘルメット付首保護スーツ			
	7.(首を保護する)エアバッグ	○		
	8.低価格クッション材			○
F23 目を守る	1.紫外線を防ぐ			
	2.反射光を和らげる色調			○
	3.変色ガラス	○	○	
	4.局面の歪みを補正できる形状		○	
	6.シールド形状を流線型にする		○	
F31 視界を確保する	1.撥水、撥油性のコーティング			○
	3.ワイパー+噴射機	○		○
	9.固定ワイパー+シールドを動かす			
	10.フィルム自動剥がし装置			
	11.汚れると剥がれ落ちるシールド			
	12.鉄粉入りシートを磁力で固定、汚れ たら電源を切る		○	
F7 見栄えをよくする	1.マークをつける			○
	2.エンボス加工		○	
	3.柄模様をつける	○		
	7.モヒカン形状	○		
	8.光、温度、湿度等に応じて色が変わる		○	
	9.社名表示			○

○: 採用案

図表 7-5-20 総合化案

(4) 詳細評価

1) 技術性評価

上記の総合化案について、技術性評価をおこなった。検討の結果下記の表のとおりとした。

機能分野	評価項目	評価基準	代替案		
			機能向上型	革新型	低コスト型
頭部周囲を守る	衝撃吸収性と頸椎の保護性能	JIS2007-2種	5	3	1
		道路交通法施行規則			
		ヘルメット重量2kg以下			
周囲状況を伝える	視認・聴覚性能	視認性能(左右〇〇度、上下△△度)	3	5	3
		騒音レベル(90db以下)	1	3	1
快適性を保つ	快適性能	本体重量	1	1	1
		ベンチレーション性能	3	3	1
		クッションの水洗い	1	3	3
操作を可能にする	操作性能	シールドの開閉操作性	1	1	1
		着脱操作性			
保守点検を容易にする	保守の容易性能	交換性	1	1	1
		取り外し性	3	3	3
見栄えをよくする	デザイン性能	デザイン性(主に形状)	4	3	2
合 計			23	26	17

評価
5段階

1:機能向上なし
3:機能向上がある
5:機能向上が大いにある

図表 7-5-21 技術性評価

2) 経済性評価

経済性評価に関し、CD 率で考えれば代替案Ⅲ(低コスト型)、機能向上を考えれば代替案Ⅰ(機能向上型)となる。代替案Ⅱ(革新型)は、開発型の案なので、原価再設定後の懸案型とした。

構成要素		現状コスト	代替案Ⅰ(機能向上型)		代替案Ⅱ(革新型)		代替案Ⅲ(低コスト型)	
	システム構成	金額(円)	金額(円)	備考	金額(円)	備考	金額(円)	備考
1	シェル	6,800	3,500	エアバッグがあるので1ランク落とす	6,500		6,000	
2	ストラップ類	756	650		650		650	
3	衝撃吸収ライナー	300	5,000	簡易型エアバッグの費用追加	1,500	ハニカム構造、気泡緩衝材、希ガス	300	
4	内装1式	1,050	700		700		700	
5	チークパッド1式	1,560	900		900		900	
6	首あて	450	350		350		350	
7	ネックガードゴム	80	60		60		60	
12	窓ゴム	200	120		120		120	
13	シールド	1,500	1,800	調光ガラス、ワイパー、エアポンプユニット追加	5,000	鉄粉加工、電磁カシシステム、静電気除去剤	1,500	
14	リベット類	128	90		90		90	
15	ラッチカバー類	928	500		500		500	
16	調整クッション	50	35		35		35	
17	捨てバイザー	0	0		0		0	
合 計		14,038	13,865		16,565	原価再設定要	11,365	

図表 7-5-22 経済性評価

3) 総合評価

以上の結果、総合評価は、Ⅰ案、Ⅲ案、Ⅱ案の順に提案することとした。

(5) 提 案

3案を提案するが、ここではⅠ案について、コンセプト（商品名称、略図）、コスト比較（構成要素、現状コスト、代替案コスト、CD額、CD率）、特徴（利点、問題点）を整理した。Ⅲ案については、アイデア発想時とコンセプトは同様であるので省略し、Ⅱ案については総合評価後の組合わせ案(図)を参考に添付した。

<第1案：Ⅰ案>

●コンセプト

商品名：機能向上ヘルメット

●コスト比較

機能を向上させたため、CD額は1.23%と非常に低率となった。新たな機能向上にはそれなりのコストを見込むことが必要である。

	構成要素	現状コスト	代替案コスト	備考
1	シェル	6,800	3,500	エアバッグがあるので1ランク落とす
2	ストラップ類	756	650	
3	衝撃吸収ライナー	300	5,000	簡易型エアバッグの費用追加
4	内装1式	1,050	700	
5	チークパッド1式	1,560	900	
6	首あて	450	350	
7	ネックガードゴム	80	60	
12	窓ゴム	200	120	
13	シールド	1,500	1,800	調光ガラス、ワイパー、エアポンプユニット追加
14	リベット類	128	90	
15	ラッチカバー類	928	500	
16	調整クッション	50	35	
17	捨てバイザー	0	0	
	合計	14,038	13,865	
	CD額		173	
	CD率(%)		1.23	

●特徴

【利 点】

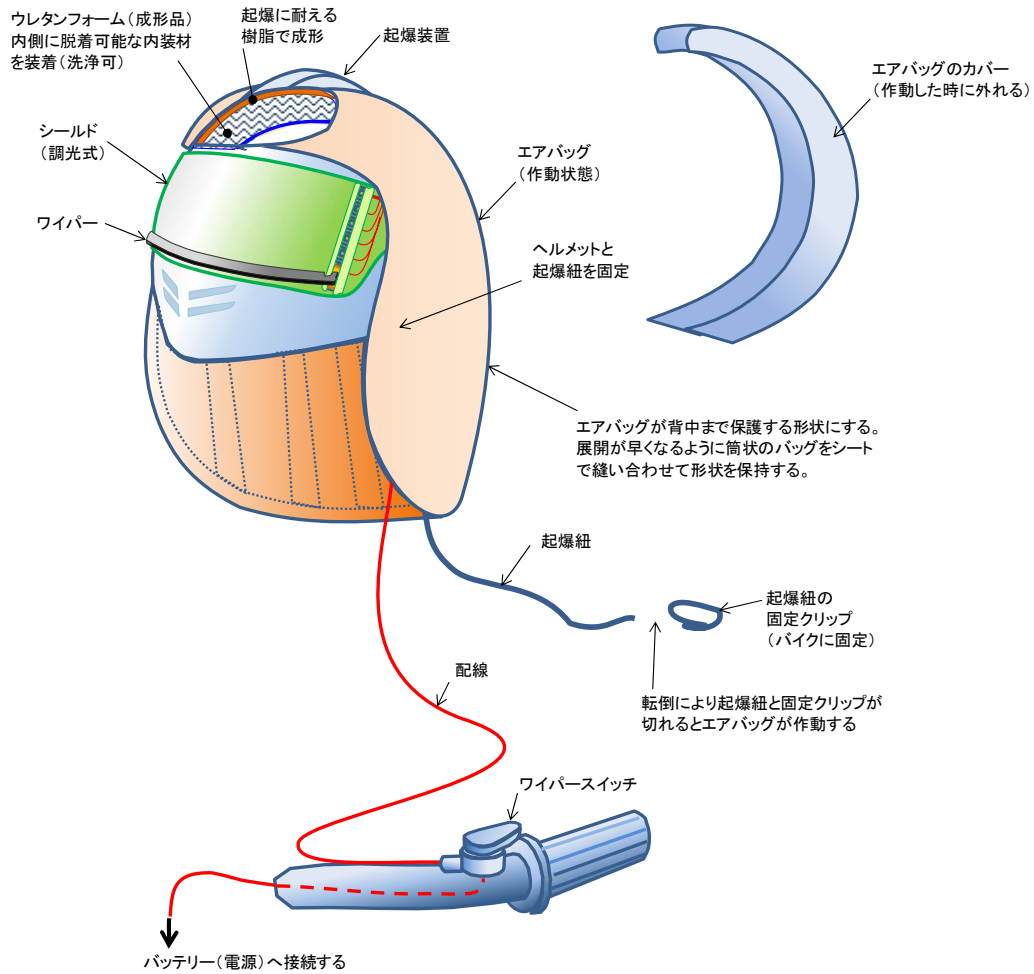
- ・衝撃を低減するため、ヘルメットの全体に自動車と同様なエアバックを装備している。
- ・バイクの搭乗者に危険が迫った場合、エアバックが作動して、頭部全体を守り、首など他の身体も補助的に守れる効果がある。
- ・油膜や悪天候時の汚れは上下に作動する電動式ワイパーで対応する。

【問題点】

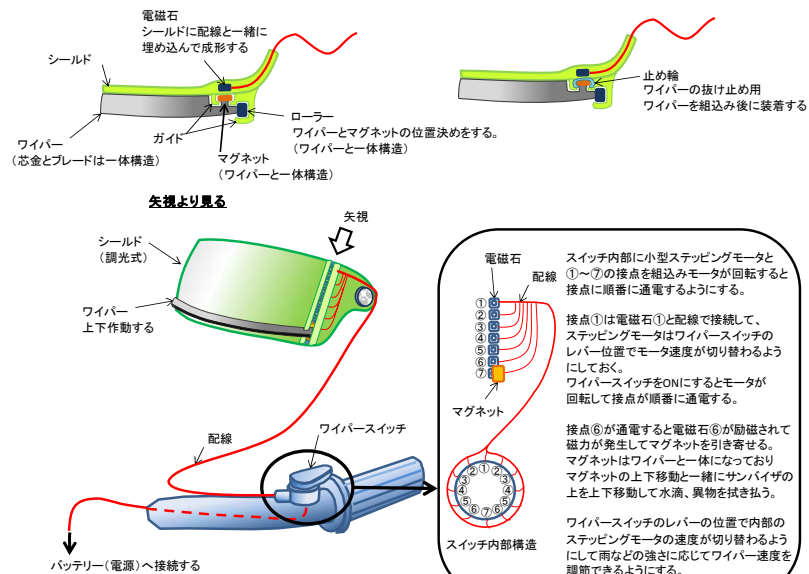
- ・エアバックが危険時に作動するか確認実験の必要がある。

I 案 (機能向上型)

首部を保護するためエアバッグの展開範囲を拡大。
エア式ワイパーの圧縮空気の供給が難しいので電磁式に変更。



ワイパーの作動詳細 (電磁式)

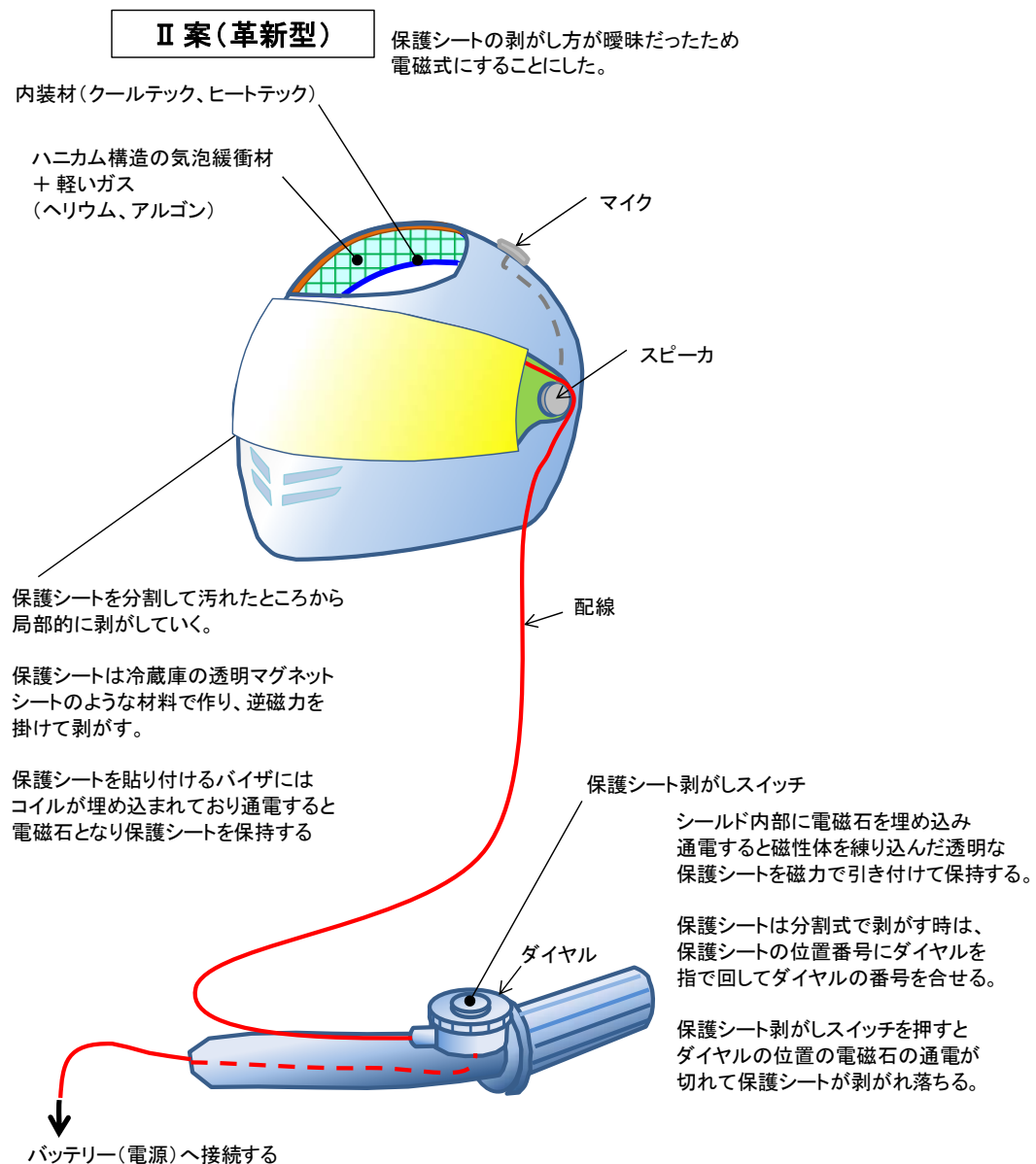


< 第 2 案：Ⅲ案 >

省略

< 第 3 案：Ⅱ案 >

参考図を示す。



	VE特別資料 TRIZを活用した発想強化VE ～VEにおけるTRIZの実用的な展開方法～
編 集	2016 年 5 月 10 日 第 1 刷発行 公益社団法人日本バリュー・エンジニアリング協会 東日本支部R&D部会 発想強化VE研究会
発行所	公益社団法人日本バリュー・エンジニアリング協会 〒154-0012 東京都世田谷区駒沢 1-4-15 TEL.03-5430-4488／FAX.03-5430-4431 URL www.sjve.org

