

創造教育のためのマイコン教育教材の開発

村上 純一* 山口 浩教**

A Development of Creativity Education Materials of Microcomputer

Junichi MURAKAMI* and Hironori YAMAGUCHI**

Synopsis

Today, engineers are required creative and innovative ability for problem solving. And, the mastery of knowledge on the microcomputer has been required in university and technical college. We propose microcomputer education teaching material using the matrix method which is one of the techniques of TRIZ as cultivate of the creative power. To begin with, the plan of the education teaching material using robot contest was shown. We provide motor drive and sensor modules which are used to produce prototype robots. Next, the example of the problem solving using matrix method was shown on the technical contradiction in the robot contest. In addition, we made a figure expression to make the invention principle easy to use, and proposed eight-cell method.

1. まえがき

今日、企業における技術開発では、革新的な技術を効率よく開発することが求められている。このため、技術者には、高い問題解決能力や創造力が要求される。創造力の育成には、実践を通して創造開発技法¹⁾を修得することが必須であると考えられる。

ところで、マイクロコンピュータ（以下マイコン）技術は、家電製品やロボットに代表されるメカトロニクス製品に使用されており、現代の生活環境には必要不可欠な技術である。マイコンを用いたシステムの開発には高度な知識と経験が必要であるため、大学や高専の専門教育課程においてもマイコンに関する知識の習得が求められている。そこで、高専の高学年生を対象として、創造開発技法とマイコン知識の習得を融合させた教育教材として、マイコンを用いたロボットコンテスト（以下ロボコン）を想定し、競技ルールの企画からロ

ボットの試作、グループ間の評価までの過程に必要とされる教材を提供することとした。

創造力は、数多くの問題解決を経験することにより次第に身につくものと考えられる。したがって、競技ルールの企画において、学習者の発達段階に応じた技術的課題を含むような目標設定を行うことが必要である。また、限られた時間内に問題解決を体験できるように時間配分を考慮しなければならない。創造開発技法には、体系的に問題解決を促す手法である TRIZ^{2,3)}を用いることとした。TRIZ の矛盾マトリックス⁴⁾から推奨される発明原理を適用すれば、アイデアの試行やあたため期間の短縮が可能と考えられる。

本稿では、創造開発技法 TRIZ、開発した教育教材とその応用について報告する。

2. 創造開発技法

2.1 創造の段階

一般に、アイデアの発想は、ワラスの4段階⁵⁾やオズボーンの7段階など数ステップの段階を経

* 電子制御工学科

** トレックス・セミコンダクター（株）

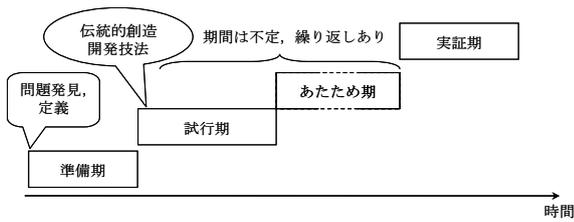


図1 創造の4段階の時間経過

ることが知られている。図1に、オズボーンの表現をワラスの4段階に合わせて、準備期、試行期、あたため期、実証期とした創造の4段階を示す。

準備期は、さまざまな角度からアイデアを練るための準備期間であり、課題の問題定義を行い、関連する知識・情報を収集・整理する。試行期は、準備期に集めた知識・情報から活発な知的活動によりアイデアの量産を行うが、決定的なアイデアには到達しない期間である。あたため期は、無意識の知的活動によって発酵が行われ、あるとき突然、最良のアイデアを発想する期間である。実証期は、アイデアを検証し、実現可能な内容にアレンジする期間である。試行期とあたため期の境界はあいまいであり、場合によっては繰り返されるため、この期間の長さは見積もることができない。

2.2 発明的問題解決の理論 TRIZ

(1) TRIZ 以前の創造開発技法

創造開発技法には、第二次世界大戦中に米国のオズボーンにより開発されたブレインストーミング法やチェックリスト法をはじめ、数多くの手法が開発されている。表1に、TRIZ 以前に開発された伝統的な創造開発技法を示す。伝統的な手法は、図1に示すアイデアの試行期の段階に関する手法が多く、その他の期間については言及することが少ないことから、体系的手法と言うには不十分である。

表1 創造開発技法の例

伝統的創造開発技法
連想法, シネクティクス, 等価変換法, 水平思考法, 入出力法, 特性列挙法, 欠点列挙法, 希望列挙法, チェックリスト法, ブレインストーミング法, KJ法, NM法, 特性要因図法, パレート法, システム法, マトリクス法, 相対的対比法, MNP 三角形模型法, 4態型加工モデル法, 特許網法

例えば、試行期におけるアイデア発想法の1つであるブレインストーミング法は、少人数のグループ構成により、あるテーマに関して自由奔放に意見やアイデアを出し合う会議形式の方法である。自由に多くのアイデアを出すために、他人のアイデアを批判するのではなく、そのアイデアを発展させるようにする。ブレインストーミング法は、手法に慣れるまでに時間がかかること、批判なく自由発想を追求すれば明らかに非現実的なアイデアも許容しなければならないことなどが欠点である。思考を日常の論理的思考の統制から解放して非日常的な発想に切り替えることは一般的には困難であるため、ブレインストーミング法を成功させるには、日常の生活環境から隔離した場所で行うことが奨励され、効率が良いとはいえない。

(2) TRIZ の体系

TRIZ は、旧ソビエト連邦でアルトシュラーらによって創始された「発明的問題解決の理論」である。TRIZ の研究者たちは、過去の膨大な発明や特許を調査し、それらの問題解決に用いられた方法を40個の発明原理に集約した。また、その発明が改善しようとする項目（改良したいパラメータ）と発明がなければ改善されない項目（悪化するパラメータ）を発明原理と関連づけた矛盾マトリクスを完成した。更に、機能分析による問題定義ツール、評価ツールを組み込んで体系的な問題解決手法とした。表2に、TRIZ の創造開発ツールを示す。現在、TRIZ はコンピュータ上で実行できるソフトウェアとして市販されている。

TRIZ は、伝統的な創造開発技法と異なり、アイデアのヒントは過去の発明の中にあるとする。すなわち、過去の発明と同様の状況をデータベースから探し、その時に用いられた発明原理を適用することにより解を得ようとする。図2に、一般的なTRIZのプロセスを示す。

TRIZ では、まず、機能分析を行い、問題を抽象化した形で再定義する（同図A）。問題解決者は、あらかじめ自身の問題を認識して規定していなければならない。次に、問題解決ツールにより一般的解決案を導く（同図B）。代表的な問題解決ツールには、矛盾マトリクスがある。その他、理想解を考えること、活用されていないリソース（資源）を活用することに関するツールがあり、ソフトウェアを用いれば、関連する特許などの知識データベースを用いることができる。矛盾マトリクスを用いることにより、40個の発明原理の中か

表 2 TRIZ の創造開発ツール

TRIZ
問題定義ツール (効用分析, 機能分析, S カーブ分析, 理想解の追求)
問題解決ツール (40 の発明原理, 矛盾マトリクス)
評価ツール

ら過去の発明で最もよく使用された発明原理が明らかになる。発明原理は、一般に複数個示されるので、それらを順に適用することにより解決案を導く。最後に、TRIZ によって得られた解決案にリソースを割り当てたり、製造上の制約を考慮した現実的な解決案に変換してプロセスを終了する(同図 C)。TRIZ のプロセスを経ることにより、従来手法で試行錯誤を繰り返すよりはるかに効率的に問題を解決することができる。とされている。

(3) 発明原理と矛盾マトリクス

過去の主要な発明に用いられた 40 個の発明原理には、それぞれ固有の番号が割り当てられ、表現が統一されているので、通常は番号のみで示される。発明原理は、一般的に使用されるチェックリスト的なものから特殊な分野にのみ適用される原理まで混在し、表現が抽象化されているため、発明原理から具体的な発想を得るには訓練を要する。表 3 に、TRIZ の発明原理の一例を示す。

ところで一般に、技術の改良においては、ある性能・側面(パラメータと称す)を改良すると他のパラメータが悪化するという矛盾に直面する。TRIZ ではこれを技術的矛盾と呼ぶ。通常的设计では、両者の許容範囲に収まるようにパラメータを

表 3 TRIZ の発明原理の例

番号	発明原理	内容
1	分割	部分に分ける
10	先取り作用	通常なら後で行う作用を先に行う
13	逆発想	逆, 反対にする
15	ダイナミックス	運動を取り入れる
19	周期的作用	周期的な運動を取り入れる
22	災い転じて福となす	障害, 悪化するものを積極的に利用する
25	セルフサービス	システム自体で機能を満たす, 自己組織化
35	パラメータの変更	パラメータを変える

調整してトレードオフの妥協案を見出す。しかし、独創的発明では、飛躍的な改良がなされ、悪化するパラメータがないという理想的な解が生まれる。矛盾マトリクスは、改良するパラメータと悪化するパラメータが特定された場合、過去の独創的発明では 40 個の発明原理の内どれかが用いられたかという発明原理の検索表である。

矛盾マトリクスには、過去の発明において独創的な解が得られた発明原理が現在も有効であるかという問題がある。実際、現代の米国特許について調査した結果は 30%程度の有効性であることが報告されている。時代の変遷に対応して発明の内容も変化してきていると考えられることから、マンらは、1985 年~2002 年の特許を分類してパラメータ数を 39 個から 48 個に増やした新版矛盾マトリクスを作成した⁴⁾。新版矛盾マトリクスでは、更に、パラメータを 6 個のカテゴリに分類して順序を整理したこと、推奨される発明原理の数を増やしたことにより、有効性は向上した。

(4) 優先的な発明原理

発明原理は、時間と空間に関して、分割, 拡大, 変形, 修正, 置換作用に分類できる。しかし、抽象的に表現されているため、ある発明を誘導した原理をただ 1 つの発明原理に帰着させることは困難である。このため、矛盾マトリクスには、同一の発明原理が繰り返し現れる。矛盾マトリクスにおいて、出現回数が高い発明原理は常に意識しなければならない優先的な発明原理と考えられる。

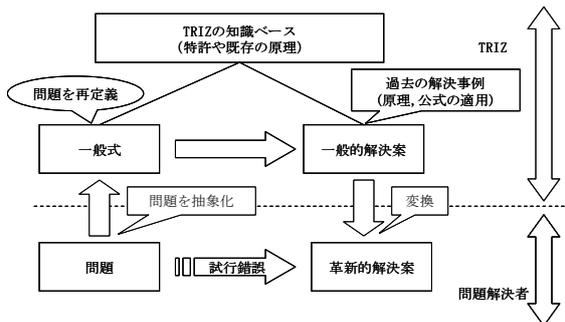


図 2 一般的 TRIZ プロセス

図3に、新版矛盾マトリックスにおける発明原理の出現回数を示す。同図によれば、例えば出現回数を400以上とした場合、優先的な発明原理は8個である。8個の内訳は、1(分割)、2(分離)、3(局所的性質)、10(先取り作用)、13(逆発想)、17(もう一つの次元)、28(メカニズムの代替)、35(パラメータの変更)である。一方、表3に示した15(ダイナミクス、297)、22(災い転じて福となす、38)、25(セルフサービス、299)は、パラメータの表現から推測した場合、システム開発で有効であると考えられる発明原理である。ここで、()内の数値は、出現回数である。特に、発明原理22は、ロボコンのようなメカトロニクス・システムの発想には有効と考えられる。

TRIZでは、機能を増進する効果を作用と呼び、減退する効果を反作用と呼ぶ。10(先取り作用)は、例えば、タックシールのように印刷後貼り付けを必要とするシールにあらかじめ糊を塗布しているような発明を誘導する原理である。9(先取り反作用)は、例えば、抗菌加工を施した靴下のように、問題が発生する前にあらかじめ対策を講じておくような発明を誘導する。しかし、これらは「先取り」という意味では、同意である。1(分割)は構成要素に関する表現であり、2(分離)は機能の分離を意味しているが、原義は同意語であるから一纏めにできる。19(周期的作用)は18(機械的な振動)の特殊な例である。また、36(相変化)、38(強い酸化剤)、39(不活性雰囲気)は、メカトロニクス・システムには直接関係ないと考えられる。このように考えると、有用な発明原理は30個程度に整理できる。

3. 創造教育教材

3.1 教材の構成

教育教材として、学習者が自ら競技ルールを企画し、競技ルールを満足するマイコン搭載ロボットを試作するロボットコンテストを想定した。図4に、創造教育の流れを示す。学習者が企画したロボットの試作を行うには、プラットフォーム(改造の土台となるロボット)に新たな機能やユニットの追加をすることが求められる。限られた時間内でロボットの試作から評価まで行い、アイデアの考案に時間を割り当てることができるよう、プラットフォームで使用することが可能なマイコン・モジュールを予め用意することとした。

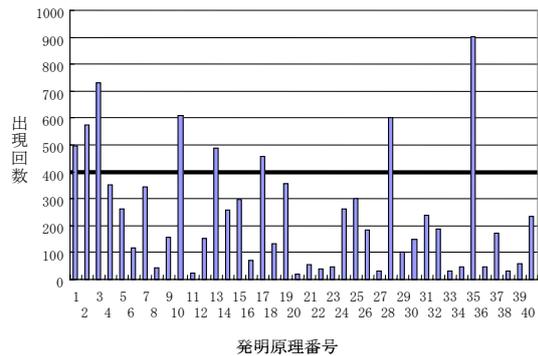


図3 発明原理の出現回数

教材としては、ロボット試作のためのプラットフォーム、モータ駆動やセンサ入力に使用するマイコン・モジュール、マイコンに接続可能な各種センサを提供する。TRIZに関して、専用ソフトウェア CREAM Innovation Suite 3.1を導入した。しかしこのソフトは英語版であるので、利用の便を図るため矛盾マトリックスをExcelで作成した。実験スケジュールは15週を想定している。

3.2 マイコン・モジュール

使用するマイコンとして、16ビット、及び、32ビットワンチップマイコンを検討し、CPU速度、メモリ容量、I/Oポート点数、タイマチャネル数、C言語によるプログラム開発環境の充実等の条件から最も扱いが簡単な16ビットワンチップマイコン H8/3694F(ルネサステクノロジ社製)を用いることとした⁶⁾。このマイコン用のC言語開発環境では、C言語のみにより割り込み処理を記述できるという特徴がある。

本校の電子制御工学科では、工学実験においてマイコンをテーマとした実験として、アセンブラ、

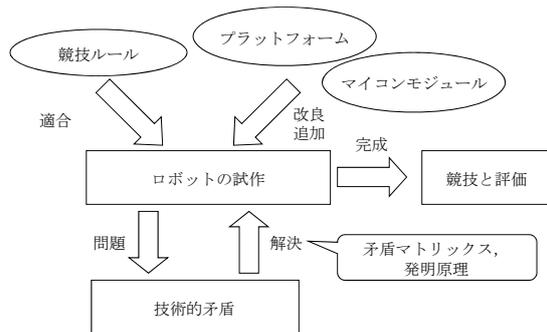


図4 創造教育の流れ

及び、C 言語による 8 ビットマイコンのメカトロニクス実験を行っているが、割り込み処理については学習項目としていない。しかし、モータ制御やセンサ信号入力には割り込み処理が欠かせないことから、学習者が自己のプログラムに取り込んで使用できるようにモジュール化して提供することとした。

マイコン・モジュールは、モータドライブ用モジュール、及び、センサ入力のための A/D 変換モジュールにより構成されている。モータドライブ用モジュールは、タイマによる PWM 信号の生成を行う。H8/3694F マイコンには 3 種類のタイマ A, V, W が備わっており、タイマ A, V は 8 ビット、タイマ W は 16 ビットのタイマである。タイマ W は、同一周期で最大 3 チャンネル出力可能な PWM モードがあり、通常は、このモードを使用してモータの速度制御をすることとなる。しかし、PWM モードでは出力ポートが固定されること、4 チャンネル以上の PWM 出力が必要な時に対応できないことから、任意のポートに出力可能な PWM 信号を作成した。また、学習目的のためタイマ A, V 用のモジュールも作成した。モータドライブ用の Hブリッジは TA7279A (東芝) を用いた。

A/D 変換モジュールは、ロボットの感覚器として使用するセンサ信号を 10 ビットのデジタル信号で入力するモジュールである。ロボコンで用いるセンサには、光、超音波、磁気を用いた距離センサ、傾斜センサ、角度センサなど様々なセンサがある。これらは、ON-OFF を出力する近接スイッチ、及び、連続した信号を出力するリニアセンサに分類される。近接スイッチの出力は I/O ポートより入力するため、単純である。リニアセンサ出力は、A/D 変換器を通して入力する。A/D 変換入力には、割り込みを使用することとなる。

マイコン・モジュールを使用したロボットのプラットフォームの一例として、ライントレーサの試作を行った。ロボットの本体、及び駆動系には、タミヤの「楽しい工作シリーズ」を用いた。模造紙にフェルトペンで描いた約 1cm 幅の黒色ラインの検出を行うため 3 個の反射型赤外線センサを用いた。モータドライブ用には、タイマ V による PWM モジュールを用い、センサ入力用にはタイマ W をインタバルタイマとした A/D 変換モジュールを用いた。H8 マイコンとモータに共通な電源を 6V とした。モータ単体の電圧仕様は 3V であるため、PWM のデューティ比を 50%以下とした。

3.3 矛盾マトリックスの適用

矛盾マトリックスより導出される発明原理を用いて、ロボットの試作を行う際に直面する技術的矛盾を解決するには、例題を用いた技法の習得を要する。本節では、教材として作成した矛盾マトリックスの適用例を示す。例題は、コース上に設置されたポストに小荷物を配達する時間を競うロボコンである。図 5 に、試作プラットフォームであるライントレーサに付加するロボットアームの配達機構を示す。この機構に使用するモータ数の削減を課題とする。

矛盾マトリックスにはモータ数の削減というパラメータがないため、まず、同等の効果が得られるパラメータを決定する。表 4 に示すロボットアーム機構の欠点から、「動作時間が長い」という項目に着目すると、モータ数の削減により動作時間の短縮が期待できるので、改良したいパラメータとして「時間の損失」が考えられる。悪化するパラメータとして、モータ数が削減できなければ重量が増すことから、「動く物体の重量」が得られる。すると、図 6 に示す矛盾マトリックスから推奨される発明原理の番号 10 (先取り作用)、20 (有用作用の継続)、37 (熱膨張)、35 (パラメータの変更) が得られる。これらの発明原理をヒントにして具体的な解を導き出す。矛盾マトリックスの発明原理の番号は、有用な順である。図 6 は、古典的マトリックスの場合であるが、新版矛盾マトリ

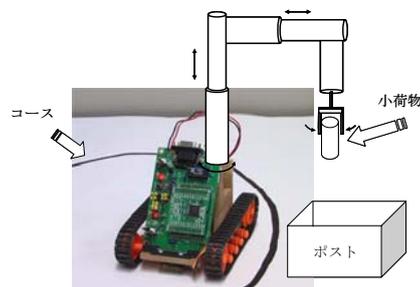


図 5 ライントレーサに付加する配達機構

表 4 アーム機構の利点・欠点

利点	欠点
・構造が簡単	・動作時間が長い
・可動範囲が広い	・モータ数が多い
・位置決めが容易	・制御が複雑

	悪化するパラ 改良したい パラメータ	1	...	32	...
1	動く物体の重量			作りやすさ	
...				27, 28, 1, 36	
25	時間の損失	10, 20, 37, 35		35, 28, 34, 4	
...					

図6 矛盾マトリックス

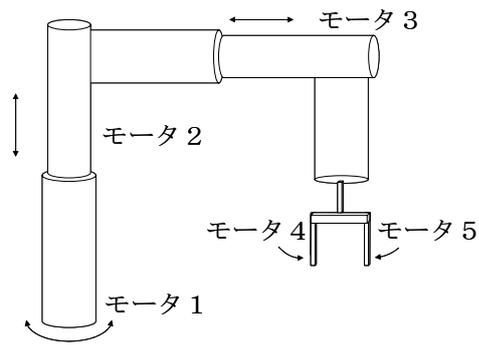


図7 マトリックス法の適用による機構1

ックスでは、10, 20に続き、8（釣り合い）、14（曲面の利用）が得られる。また、改良するパラメータを速度とする場合は、13（逆発想）、14, 8, 28（メカニズムの代替）が求まる。

発明原理をヒントに候補となるアイデアを出し、徐々に現実的な解決案としていく。まず、発明原理37（熱膨張）からピストン機構を連想して、最初のアイデアとして、図7に示す5個のモータをもつ機構1を得た。ここで、ハンド部には2個のモータを仮定した。モータ数を削減するために、再度、発明原理に戻ってアイデアを得ることとする。発明原理10（先取り作用）から、モータ1の回転に続いてモータ2のリンクを押し上げるのではなく、押し上げ運動を先取りした構造として、図8に示す機構2が得られた。機構2では、ピストン内部に傾斜を設け、回転運動と上下運動を同時に行うこととした。この機構では、アームの回転・上下運動は制限されるが、配達機能は達成できると考えられる。このアイデアは、発明原理14（曲面の利用）からも連想される。これより、モータ数を機構1の5個から4個に減少できた。矛盾マトリックスにより示される発明原理から技術的矛盾を解決するには、このように状況に応じた解釈が必要である。

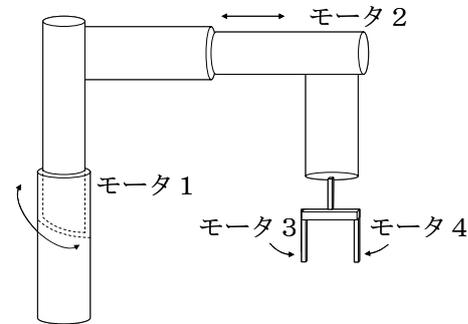


図8 マトリックス法の適用による機構2

ンのようなメカトロニクスの問題では、改良したいパラメータは、移動物体の性能に関する力/トルク、時間、速度等の数パラメータに限定されると考えてよい。したがって、これらのパラメータから推奨される15個程度の発明原理は、ロボコンの問題では特に優先的な発明原理である。

4. 効率的な問題解決案の生成

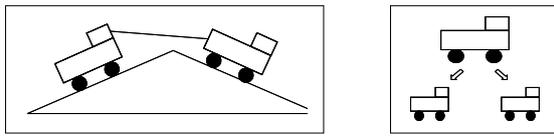
4.1 発明原理と問題解決案

ロボコンには、ロボットの移動手段、経路の障害、相手ロボットの探索・回避・妨害、オブジェクト搬送など解かなければならない種々の問題が存在する。これらの問題に対して矛盾マトリックスを適用するには、問題を定義した後、改良したいパラメータと悪化するパラメータを決定しなければならない。1対のパラメータが特定できない場合には、特定できるパラメータの行または列にある発明原理を順に適用することとなる。ロボコ

4.2 発明原理の図的表現

上述の例題に見たように、発明原理は抽象的に表現されているため、実際の問題解決では状況に応じた解釈を必要とする。このため、発明原理の具体的な応用例をデータとして集めておく并利用しやすい。TRIZ ソフトウェアにはデータベースが備わっているが、特許から抽出されたデータは多岐にわたり、内容が高度で詳細であるので、学習教材としては不向きであると考えられる。そこで、アイデアを誘導し易くするため、発明原理の図的表現を用いることとした。発明原理の番号や名称だけでなくシンボルを用いることにより、アイデアのイメージを膨らませて、解決案の作成をよりスムーズに行うことが期待できる。

図的表現としては、「絵文字」と呼ばれるピクト



(a) 坂を登るロボットの分割
(b) 抽象化

図 9 発明原理 1 (分割) イメージ図

グラムが知られている⁷⁾。これは、意味するものの形状を使って、その意味概念を理解させるグラフィックシンボルである。ピクトグラムの例として、JIS 規格の標準案内用図記号 125 文字が知られている。ピクトグラムは、一般に、具象物の表示に注力されており、発明原理のように抽象的なシンボルでは、太田による先行研究である LOCOS が参考となる。図 9 (a) に、発明原理 1 (分割) を用いて坂を登るロボットを分割する例を示す。同図は、坂が具体的であるので、障害が池や堀の場合にはイメージが阻害されると考えられる。そこで、抽象化の度合いをやや上げて、同図 (b) とした。作成した図的表現の一部を図 10 に示す。

発明原理 23 (フィードバック) は、制御工学の概念であるから学習者には分かりやすいと考えられる。しかし、10 (先取り作用)、13 (逆発想) や 17 (もう一つの次元) などにより抽象性が高いと考えられ、解釈には個人差があると予想されるため、今後の検証を要する。

4.3 8画面法によるアイデアの発展

TRIZ は他の伝統的創造開発技法と異なり、アイデアを発散させるより集中させることに重点をおく手法である。したがって、発明原理から実際にアイデアを生成することが、学習者には最も困難な課題である。そこで、9画面法と呼ばれる TRIZ の発想技法を参考にした 8画面法を使用することとした。これは、3×3 の 9 個の升目の中央に発明原理のシンボルを導入し、残りの 8 個の升目に縦方向は空間軸、横方向は時間軸としたアイデアのメモやポンチ絵を記入し、より具体的なアイデアへ発展させる方法である。図 11 に、8画面法を示す。空間軸には、システムの上位/下位への発展、時間軸には、未来/過去の展開を記述する。未来への発展に関して、TRIZ には進化のトレンドを考察する技法がある。両方向の展開を考察することにより、課題とは逆の観点を誘導するためア

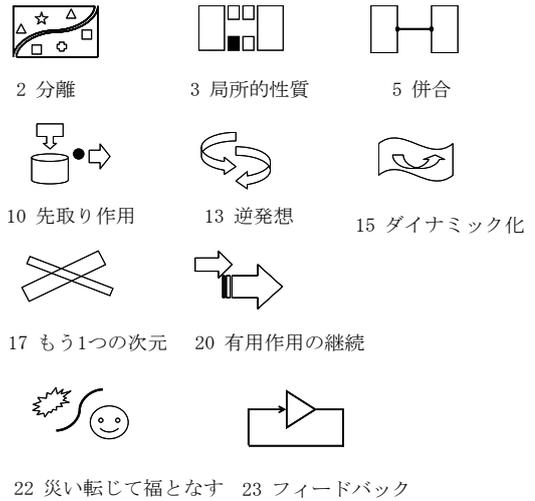


図 10 発明原理の図的表現

アイデアを得易いという利点がある。

4.4 8画面法の適用例

凸凹道や砂利道などのさまざまな条件下のコースを移動するロボットの移動課題において、8画面法を適用した速度改良の検証事例を以下に示す。改良するパラメータを速度とするとき、一般的には車輪が使用される。しかし、舗装した道路以外では速度を上げられないことから適用性は悪化する。そこで、悪化するパラメータには適用性/汎用性を設定した。表 5 に、矛盾マトリックスの参照結果を示す。

ここでは、第 1 の発明原理 15 (ダイナミック化) をヒントとして、8画面法に当てはめて、移動課題の具体的な解決案を導き出す。発明原理 15 は、運動可能性と柔軟性という 2 種の主要なヒントから構成される (表 6 参照)。

空間軸	過去の上位システム	上位システム	未来の上位システム
	過去のシステム		未来のシステム
	過去の下位システム	下位システム	未来の下位システム
		時間軸	

図 11 8画面法によるアイデアの発展

表5 矛盾マトリックスの結果

改良するパラメータ	速度
悪化するパラメータ	適用性/汎用性
発明原理	15 (ダイナミック化) 10 (先取り作用) 28 (メカニズムの代替) 26 (コピー)

表6 発明原理15に関連するヒント

(A) 一つの物体を分割して相互に運動可能にする
(B) 物体間に柔軟または弾力性のあるリンクを導入する

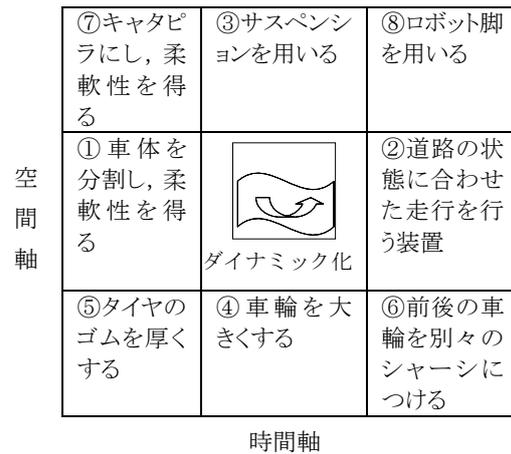


図12 8画面法の適用結果

図12に、8画面法の適用結果を示す。中央に配置したシンボルは、ダイナミック化を表すシンボルである。まず、時間軸を考察すると、車体を分割する案が導出される。この案はすでに、トレーラなどで実現されていることから、過去に位置づけられる。分割した車体には道路の状態に合わせた走行を行う装置を搭載すべきであるが、このような装置は将来の技術であるので未来に位置づけた。次に、空間軸の上位システムとしては、弾力性をヒントとしてサスペンションを用いる案が導出される。下位システムは、単純に車輪を大きくするという案とした。こうして8個の解決案を得ることができた。得られた解決案は、製作上の制約条件を考慮してトリミング(刈り取り)し、実現可能な案にする必要がある。

5. むすび

創造教育のためのマイコン教育教材を開発した。創造開発技法の中から体系的創造開発技法であるTRIZに着目し、矛盾マトリックス、及び、発明原理を用いることとした。教材として、H8マイコン搭載ロボットの試作を容易にするプラットフォーム、及び、基本となるソフトウェア・モジュールを作成した。更に、ライントレーサを例題としたロボコンを想定し、ユニットの試作過程で生じる技術的矛盾について、TRIZの矛盾マトリックスから誘導された発明原理から解決案を求める手順を述べた。次に、発明原理の利用の便を図るため、図的表現を作成し、8画面法によるアイデアの発展法を例示した。

今回作成した教材を出前授業で紹介したところ、

実践するには例題が少なく分かりにくいという意見が得られた。また、TRIZ手法の前半部である問題定義部分が含まれていないため、得られた解決案の評価にあいまいさが残るという問題がある。今後は、例題を充実し、実践事例に基づく改良を行う予定である。

参考文献

- 1) 服部敏夫：創造の工学，開発社，1986.
- 2) 産業能率大学 CPM/TRIZ 研究会：TRIZ の理論とその展開，産業能率大学出版部，2006.
- 3) D. Mann：Hands-On Systematic Innovation, CREAX Press, 2002.
中川 徹監訳：体系的技術革新，創造開発イニシアチブ，2004.
- 4) D. Mann, S. Dewulf, B. Zlotin, and A. Zusman：Matrix 2003 Updating the TRIZ Contradiction Matrix, CREAX Press, 2003.
中川 徹訳：新版矛盾マトリックス，創造開発イニシアチブ，2005.
- 5) 軽部征夫：創造人間，悠飛社，1996.
- 6) 島田義人：H8/Tiny マイコン完璧マニュアル，CQ 出版社，2006.
- 7) 太田幸夫：ピクトグラムのおはなし，日本規格協会，1995.