連載 知的財産創造フェーズの理論（等価変換理論）

等価変換理論へのご招待［第２回］

２回目執筆責任者
等価変換創造学会　今井 滋郎

本連載では、異分野の事象や存在の基本構造に等価性を見出して、着目分野での問題解決に活用する体系的で実践的な理論である「等価変換理論」を紹介します。今回は第２回です。

第１回：創造理論の系譜、等価変換理論が出来た経緯、等価変換理論の概要（１号掲載）

第２回：等価方程式とフローチャート

第３回：フローチャートによる発明・開発事例の紹介

第４回：等価変換第１理論、等価変換第２理論、等価変換言語処理法

本連載を通じて、IP 技能士の皆さんが知的財産創造のフェーズに必要な知識を体系的に学んでいただくことを期待します。

従来の一般的な創造理論のアナロジー的思考から脱して市川亀久彌が等価変換思考法を確立した経緯を前号で述べた。では、アナロジーと等価変換はどこが違うのか。

1. 等価変換理論の考え方

アナロジー的思考が表面的な理解の上に立つのに対して、等価変換理論は対象の表面を覆う雑情報を徹底的にそぎ落として対象の本質を捉える点で異なる。

たとえば、日差しの強い夏の屋外でビーチパラソルの下に入ると涼しい。けれども木陰に入るとさらに涼しい。何故か。それは木の葉の水分蒸散時の気化潜熱による周辺空気の冷却という原理が働くからである。この原理は室内クーラーの基本原理そのものでもある。

「木蔭とクーラー」という全く異なる二者間に共通原理が存在すれば、等価変換理論では、「この両者は等価関係にある」という。

これに対してアナロジー的思考法は日光遮蔽効果という類似性に留まる。

等価変換理論は、このように外見に囚われることなく物事の本質を抽出（理解）して、二者間の等価性の有無を確認することから始まる。

開発上で生じた問題の解決に行き詰ったとき、「何か似た事例はないか」と探してきて、そのまま当てはめてみても役に立たない。

先ず、「何をどうしたいのか」と課題目標の本質を認識すること（本質抽出）が出発点である。次に、目標に沿った観点から、同じ本質を含んだ事例を探し出し、その中に含まれるモデルの有効条件を取り入れて変換すると目標とするアイディアが得られる。これが等価変換理論の要諦である。では、どうすれば本質を捉えることが出来るのか。

物事は全て雑情報に覆われている。モデルから有効条件以外の不要な情報を取り除いていくと、問題の本質（核心）が浮かび上がってくる。

2. 等価方程式

「図１」は、「異なるものの中に潜む同じもの」を表現する手段として、市川が提唱した「等価方程式」なる概念式である。

$$A_o \overset{\Sigma a}{\Uparrow} \underset{\Sigma b}{\overset{c\varepsilon}{\Uparrow}} B_\tau$$

$\upsilon i \rightarrow$

【図１】等価方程式

Ａo：原系（出発系）の中の具体的事象の一つ
（クリアすべき課題、または他のモデル）
Ｂτ：変換系に出現した事象（発明開発の完成）
υｉ：観点（開発目的に合う観点を一つ選ぶ）
ε　：一つの観点のもとで、Ａoから抽出した抽象的な要素（物事の核心）
ｃ　：抽象的要素に具体性を与える限定条件
ｃε：開発の核心をなす概念（アイディア）
Σａ：原系の中の不要な要素（廃棄の対象）
Σｂ：変換系に必要な要素（導入の対象）

この等価方程式によって「木陰とクーラー」の事例を記述すると、「υｉ（冷却という観点）に立って、Ａo（樹木）からΣａ（植物特有の条件群）を取り去ると、ｃε（気化潜熱の冷却原理）が抽出され、これにΣｂ（機械としての条件群）を加えるとＢτ（クーラー）が出来る」となる。

等価変換理論の根幹は、あらゆる事象をそのまま丸呑みにして理解するのではなく、その中の不要情報をある観点のもとに廃棄して本質（核心）を抽出するところにある。本質だけで処理するから、多方向への展開が可能になり、思考効率が高くなるのがこの理論の特徴である。等価方程式とは、この等価変換理論の思考過程を概念式に纏めたものである。

等価方程式には、「等価関係」と「等価変換」という二つの機能がある。

(1) 等価関係（静的／同時的）

既存の２つの事象Ａo、Ｂτから共通するｃεを抽出して、この式が成立すれば、「両者の間には等価関係がある」という。

Ａo－Σａ＝ｃε、Ｂτ－Σｂ＝ｃε

∴　ＡoとＢτは等価関係にある。

(2) 等価変換（動的／経時的）

既知のＡoから適当な観点のもとにΣａを廃棄してｃεを抽出し、新たに右辺にΣｂを加えて再構成してＢτが生まれることを「ＡoからＢτへ等価変換した」という。

つまり、ある観点のもとでの

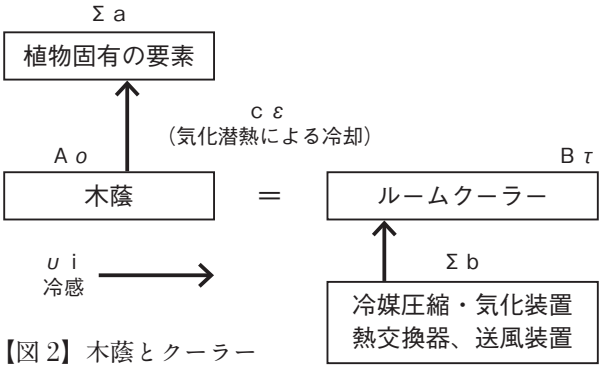
Ａo－Σａ＝ｃε、ｃε＋Σｂ＝Ｂτ

の引き算と足し算である。

これを開発の立場で云い換えると、(1) の等価関係は、Ａo、Ｂτ両者の間に「等価性」があるかどうかを問題にし、(2) の等価変換は、Ａoをモデルにして、そこから利用でそうな原理ｃεを見つけ出し、これに新しい衣を着せたら、「新技術、新製品を生み出すことができる」ということになる。

この二つの機能のうち、(2) の等価関係は等価変換理論の基礎であるから等価関係把握能力が身につけば、技術上の問題解決も容易になる。

「木蔭とルームクーラー」の事例を等価方程式に当てはめて示すと「図２」のようになる。



【図２】木蔭とクーラー

Ａo：原系（出発系）の中の具体的事象の一つ
（クリアすべき課題、または他のモデル）
Ｂτ：変換系に出現した事象（発明開発の完成）
υｉ：観点（開発目的に合う観点を一つ選ぶ）
ｃε：開発の核心をなす概念（アイディア）
Σａ：原系の中の不要な要素（廃棄の対象）
Σｂ：変換系に必要な要素（導入の対象）

3．等価関係－Ａo集

等価変換理論では、なによりも対象を本質で捉えるべきことを強調した。しかし、人は誰しも物事を一々本質で捉えながら暮らしている訳ではなく、実際に「等価関係にある対象を見つけよ」と云われても等価関係にあるものを見つけ出すのはなかなか難しい。

しかし物事を固定的に捉えず、思考回路の自由度を上げて表面を覆う雑情報を取り払って対象の事物を抽象化すれば、自ずと中から本質が見えてくる。

いくつかの事例について考えてみる。

1）老眼鏡と補聴器

・Ａo＝老眼鏡　　・Ｂτ＝補聴器
・υｉ＝感覚機能のサポート
・ｃε＝補助具によって弱った機能を補う
・Σａ＝レンズ、フレームなど
・Σｂ＝耳に合う装置、増幅回路

2）ドリップコーヒーフィルターとサングラス

・Ａo＝フィルター（抽出液と滓の分離）
・Ｂτ＝サングラス（紫外線カット）
・υｉ＝有用部分の取り出し
・ｃε＝混在物から不要部を分離して有用部分を取り出す。

3）分離と選別

「選別して一部だけ通す」は、情報検索、製品合格検査など混合体から必要部分だけを取り出す機能である。同じ本質の事例は沢山ある。

(a)適格者選別（＝通す）
・資格試験、選抜試験、選挙……
・入学試験、入社試験、司法試験、弁理士、医師、薬剤師、管理栄養士試験……、自動車運転免許、国政選挙、地方選挙

(b)不適格者検出（＝見つけ出す）
・飲酒運転、無免許運転、不審者（職務質問）、不良回路検出、文書校正

(c)ゲート通過可否判定（＝仕切りを設けて確認）
・出入国（入出国審査、税関、搭乗検査）、チケット改札口（乗車、劇場、映画館、音楽ホール）

4）五重塔、超高層ビル、東京スカイツリー

関東大震災で壊滅状態になった首都東京で寛永寺の五重塔が倒れずに建っていた。釘を使わず木を刻み込んで組立てるだけの古代からの木組み建築が地震エネルギーを分散吸収していたことを突き止めた建築科教授武藤清は、巨大地震にも耐える「柔構造理論」を打ち出して超高層ビルの基礎を築いた。この原理と技術が東京スカイツリーを可能にした。

Ａo（出発系）＝五重塔
υｉ＝耐震性、　Σａ¬＝木材、瓦など
ｃε＝柔構造にして外力を分散して耐える
Σｂ＝鉄骨、パネルなど
Ｂτ（完成）＝日本初の超高層ビル
・霞が関ビル　（147 m）
・東京スカイツリー　（634 m）

5）系間距離の大きな等価関係事例

(a) ATP

全ての生命体の細胞内には高エネルギー物質 ATP があり、ATP から瞬時に放出される電気的エネルギーによって生命活動が営まれている。エネルギーを放出し終わった ATP は低エネルギー物質の ADP になり、ブドウ糖の分解エネルギーを受けて再び高エネルギーの ATP に戻る。ブドウ糖の反応速度は遅いので、直接生命活動に関わることができない。

(b) バッテリー

充電されたバッテリーは自動車を始動できるが、放電したバッテリーは他の電源から電気をもらって充電する。

ATP は充電状態のバッテリーに相当し、放電したバッテリーは ADP に相当する。

ATP はバッテリーのようにエネルギーを貯めたり放出したりを繰り返している。一日三度の食事は ATP 充電のエネルギーになる。

(c) 揚水発電

電力不足で揚水発電の電力が重要になってきた。夜間に上部ダムに貯められた水は昼間の電力需要ピーク時のピンチヒッターとして働き、下部ダムに貯まった水は夜間に他の電力によってポンプアップされ上部ダムに貯められる。

このように、生体系、機器系、発電系と全く異なる系の間にも「供給エネルギーの貯蔵と瞬時放出（c ε）」という共通原理が存在する。

（生体系）		（機器系）		（揚水発電系）		
ATP	＝	充電バッテリー	＝	上部ダムの水	……	高エネルギー
ADP	＝	放電バッテリー	＝	下部ダムの水	……	低エネルギー
（ブドウ糖）		（販売電力）		（原子力発電の電力）		←外部エネルギー源

【図 3】3 つの系のエネルギー貯蔵と瞬時放出

4. ET フローチャート

開発に当たって、やみくもにトライ･アンド･エラーを繰り返すのは極めて効率が悪い。

等価方程式の「等価変換機能」をチャート化した実践ツールがある。

市川博士が 1963 年に発表した等価変換フローチャート（ET フローチャート）は、ニュートン、ファラデー、モールス、エジソン、アインシュタインら天才たちの「発明・発見の思考プロセス」を研究した成果を、当時のコンピュータープログラム作成手順に準じて作成した発明手順を示すチャートである。

その後、一般の課題解決の手段にも適用出来るツールになったが、市川はその適用対象を技術に限らず、社会問題、歴史解釈、芸術論など広範な課題を視野に入れて厳密に思索して、用語にはかなり抽象的で難解な点もある。

ここでは市川の思索エッセンスを引き継ぎ技術課題に特化した解決ツールとして各ステップの用語の意味・留意点を示すこととする。

先ず、このチャートの左側には α ルート（アナログ・ルート）が、右側には δ ルート（デジタル・ルート）が配置されている。左側のアナログ・ルートが等価変換ルートであり、デジタル・ルートは技術情報提供ルートである。

アナログ・ルートが発想の飛躍をもたらすものであって、デジタル・ルートに凝り固まっていたら飛躍、発展、画期的な発明はない。アナログ・ルートの難所・A o の発見には、等価性を見つける訓練が必要で、前記した「3. 等価関係―A o 集」が参考になる。

アナログ・ルートで発明や開発のアイデアが形成されたら、右側のデジタル・ルートから具体的な技術情報を取り出して、思考実験や試作を行うことになる。

業務処理の効率化は「無駄の極小化」であり、等価変換思考で鍛えられた本質把握能力はそれに寄与する。本質 c ε の抽出過程で Σ a を廃棄するときの c ε と Σ a とを選別する能力はあらゆる研究に求められる。

次に①’～⑩の各段階の説明をする。

①’問題を生み出した背景

このステップが思考過程の出発点になる。「これは問題だ、何とかならないか」「こんなものができないか」などなど必要に迫られた課題や願望などを全て列記する。

①目標の設定

前ステップで出された問題点や願望をテーマとして具体的に記す。

②観点の確立（υ i）

目標の本質を捉えた解決の方向を一つ選ぶ。

③問題の本質（ε）

目標の本質的機能　（観点を動詞化する）

④事例の探索（Σ A o）

上記の本質（ε）を含む事例を多数列挙する。

⑤事例の選定（A o）

多数の事例の中から可能性の高そうな事例を一つ選び出す。

⑥限定条件（c）

選び出した事例が持つ条件

⑦c ε結合（本質と限定条件）

抽象的な本質に条件を与えて具体化する。

⑧思考実験・試作

デジタル・ルートから技術情報を取り入れて性能を確認する。

⑨目標との一致度合の検定

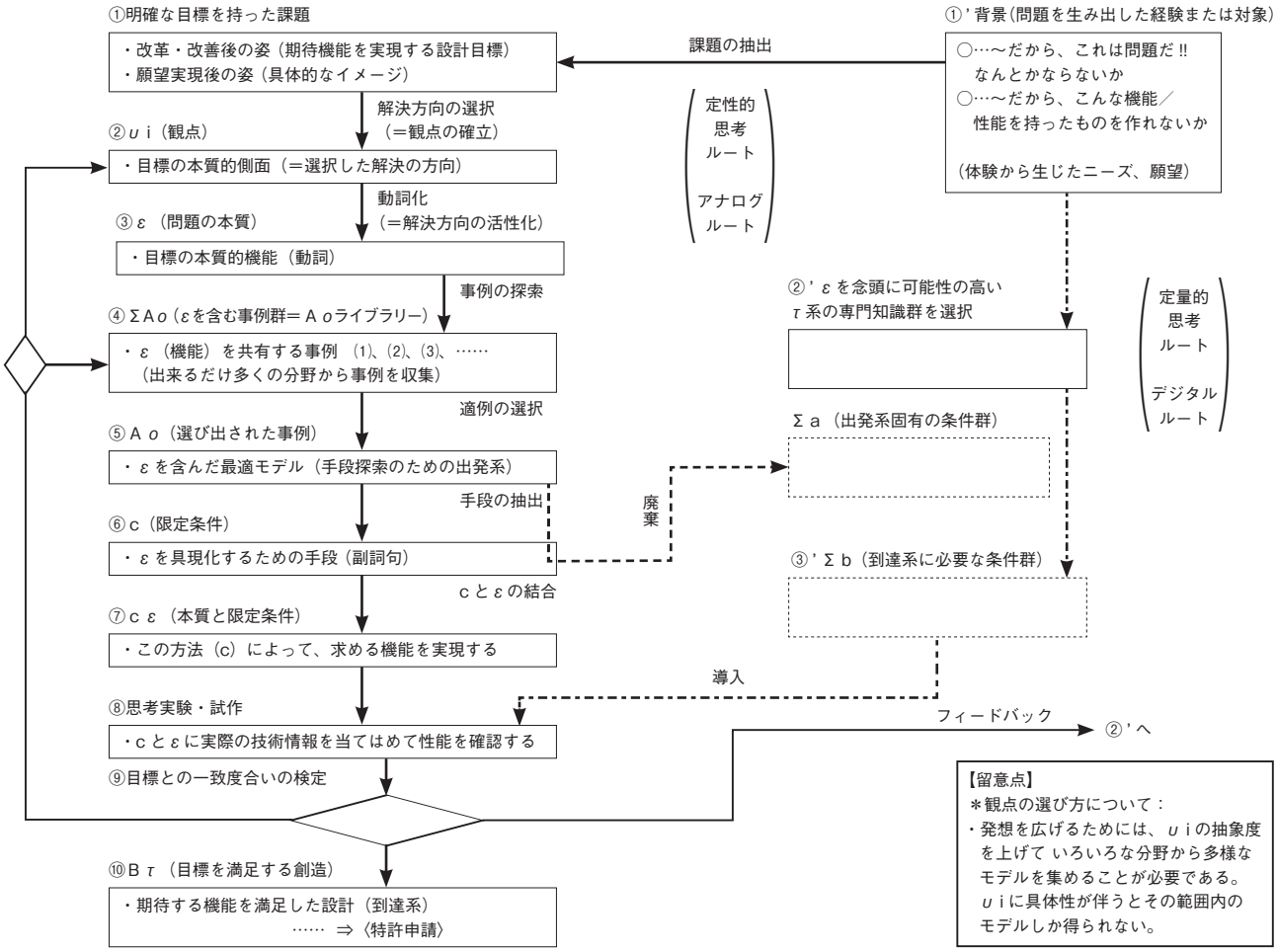
問題が解決されたか、開発は成功しそうか。もし、不具合があれば④か②または②’に戻る。

⑩目標を満足する創造（B τ）

期待する機能を満たした設計、開発、新製品。

以下資料１～４を参照されたい。

【資料 1】　ET フローチャート各ステップの意味と内容



【資料 2】　ET フローチャート記入時の各ステップ確認のチェック項目 (技術課題用)

【①’背景】
○ 関連情報が全て記入されているか。
○ 問題点は明確に記されているか。
○ その中で是非実現すべき事項は何か　(優先度評価)。
○ 全く無関係の願望が混在していないか。
＊ ①’が課題の出発点になるので、ここの記述が不完全であると目指す結果が得られないことがある。

【①課題名】
○ 課題名は一般的で漠然としていないか。(課題の設定が最重要……始め良ければ全てよし。)
○ 研究テーマ名そのままではなく、解決すべき課題に絞り込まれているか。
○ 目標・願望が明確に記されているか。
○ この課題名から課題達成後のイメージが湧くか。(ここでは既にＢτの外郭が見えなければならない。⑩に向けて一路邁進、「空飛ぶ自動車」)

【②υｉ(観点)】
○ アプローチの方向が複数考えられるとき、その中の１つだけが選ばれているか。
○ 選んだ観点は、解決の可能性が他より高そうか。(～をつくりたい。ここで、ほぼ⑩の姿が浮かび上がっている)
○ 選ばれた問題解決方向は十分に概念化（抽象化）されているか。
＊ 選んだ観点の抽象度が低いと、狭い範囲のモデルしか得られない。

【③ε（問題の本質)】
○ 目標の本質的機能が動詞形で表現されているか。
＊ ③段階は、概念としての観点を活性化（＝動詞化）して解決に向かう第一歩で、εとして記述される動詞はそのまま⑩（結論）まで保持される。(この段階で出来上がりが見えている。その実現のための方法を等価関係にあるモデルから知恵を借りる)

【④ΣＡo（Ａoライブラリー)】
○ いずれの事例（＝モデル）も中心に同じεを共有しているか。
＊「温故知新」……④は他の例に学ぶステップである。自然（※）に学ぶ、先人の知恵に学ぶ、歴史（戦略）に学ぶ。
（※）地球 46 億年の淘汰を経て生き抜いたモデル。環境状態次第で絶滅の可能性

【⑤Ａo】
○ 選んだ事例 (＝モデル) は目標達成のヒントを内蔵しているか。
＊ このステップには解決策実現の手段を学ぶために選ばれたモデルが示される。
＊ 等価方程式の第２理論(動的) における左辺Ａo に相当。

【⑥ｃ（限定条件)】
○ モデルから抽出した条件は解決策実現の手段として適していそうか。
○ この限定条件は、抽象的な動詞形のεを修飾する副詞句になっているか。(赤く染めるのか、青く染めるのか。出来上がりの姿（イメージ）を浮かび上がらせる)
＊ これは、動詞単独で遊離状態のεに枠組みを与えて生気を吹き込む（具体化する）ための限定条件である。

【⑦ｃε（結合)】
○「　～を　～によって (～して)　～する。」の表現パターンになっているか。
○ 到達後の具体的イメージが見えるか。
＊ アナログ的には、課題はこの段階で完了する。次のステップからは、デジタル・ルートの世話になる。

【⑧思考実験・試作】
○ ｃε実現のために、③’（Σｂ）から投入された技術は必要な技術か。
○ ｃε実現のためには、それらの技術で十分か。
＊ 思考実験で目処がつけば、実際のモデル実験で確認する。

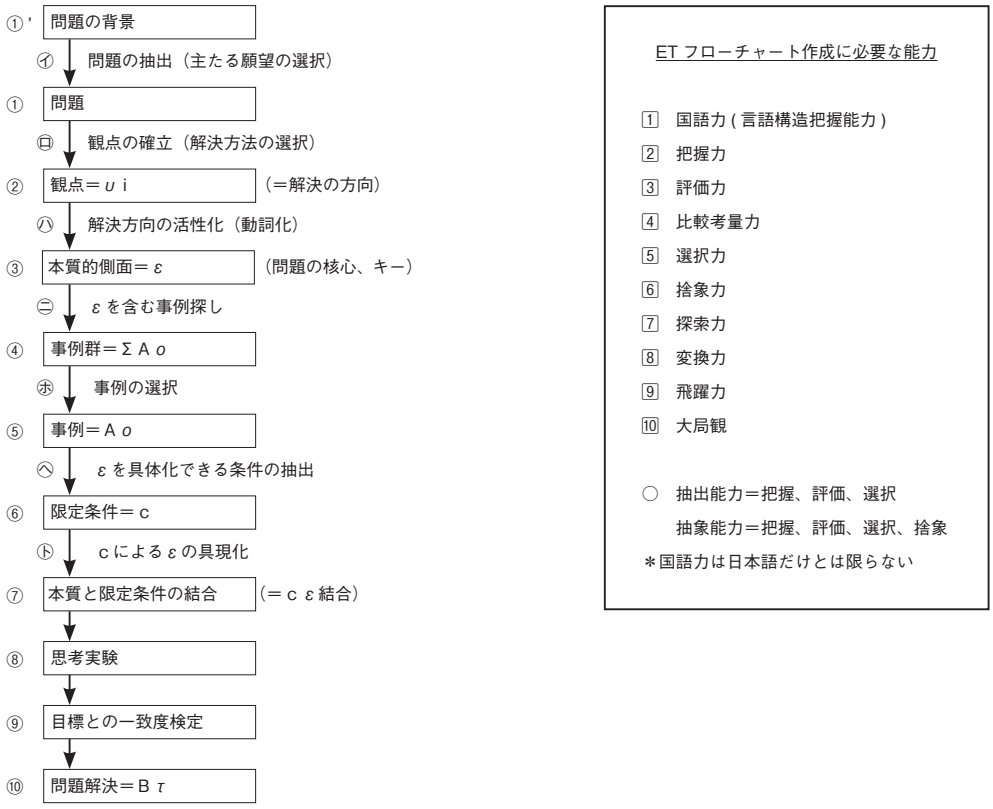
【⑨検定】
○ 初期の狙い（目標）が実現されているか。
○ もし不具合があれば、それはモデルとなる事例が不適当であったのか。
○ それとも、出発点における観点の選択が誤っていたのか。
○ それとも〈ｃε〉は誤っていないが、実施する上で新たな技術が必要となったのか。
＊ 新たに必要となった技術を獲得するためには、新たに発生した技術課題をテーマとするＥＴフローチャートを設定して解を求めることになる（多重等価変換)。

【⑩　Ｂτ】
○「特許請求の範囲」の基本形に準じた形になっているか。
＊ 等価方程式の第２理論 (動的) における右辺Ｂτに相当。

以上の各ステップごとに確認のためのチェック項目と解説を示したが、不用意に不適切・曖昧な言語をインプットすると誤った答えに導かれることは、コンピュータープログラム作成と同様。この点に留意して「的を射た正確なことば」を記入することが重要。いつも事柄の本質を把握していれば、自ずと正しい言葉が出てくる。もし言葉が出ないとしたら、事柄が正しく捉えられていない場合である。

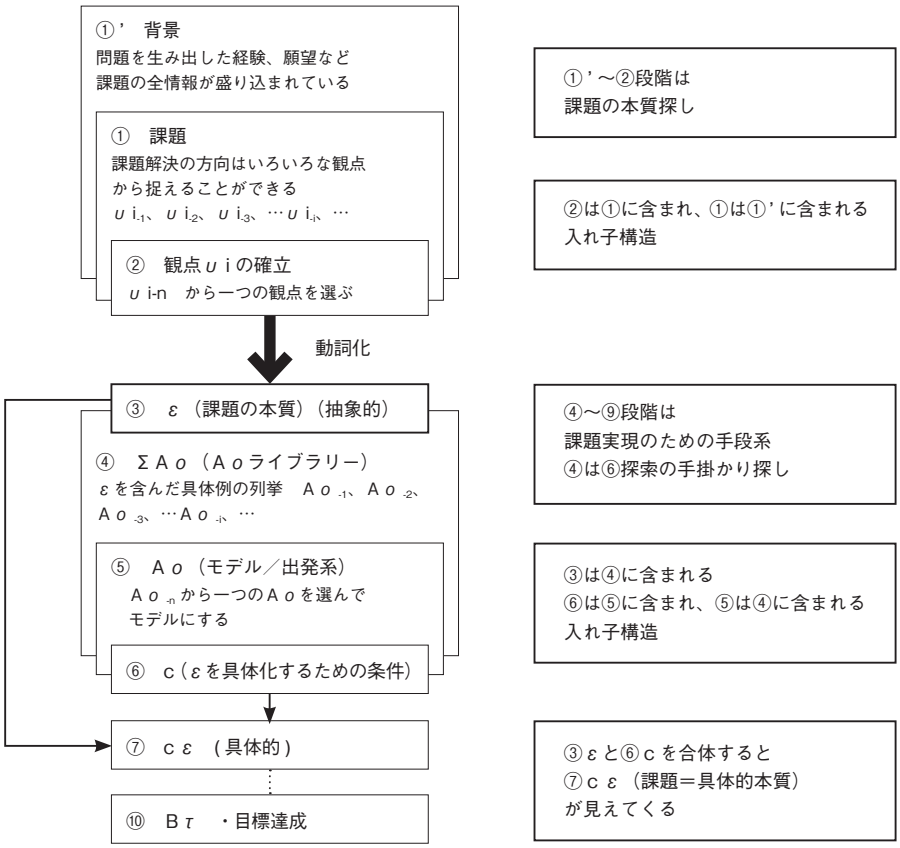
【資料 3】

ET フローチャートの構造　その１



【資料 4】

ET フローチャートの構造　その２　―　①’段階から⑦段階まで　―



（次号へ続く）

【執筆者情報】
等価変換創造学会
http://jcdc.jp/