

解決策の生成法 (2) 「壁」を破る方法 (ブレイクスルー)

目標: 問題解決の核心は、「壁」(困難・矛盾)を打ち破って、「ブレイクスルー」を達成することである。そのための具体的な考え方を、TRIZとASITから学ぶ。

前回: 解決策の生成法 (1) 知識ベースの活用

目標: 問題解決で「解決策の生成」には、科学技術の知識を使いやすい「モデル」(手本)とすることが有効である。TRIZを中心として、開発されてきた種々の「モデル」を学ぶ。

要点: 自分の問題を個別・具体的にだけ考えていては、より本質的な解決策を得ることが難しい。知識(知識ベース)に蓄えた優れたモデルを利用するとよい。自分の問題を「抽象化」する思考、モデルの解決策を「具体化」する思考が必要。

科学技術の知識体系、特許などの事例集の他に、技術分野向けのもっと使いやすい「知識ベース」が作られている。

技術システムの進化のトレンド

技術の逆引き(目標機能から実現手段を求める)

TRIZの「40の発明の原理」

TRIZの「アルトシュラーの矛盾マトリクス」(矛盾解消マトリクス)

TRIZの「76の発明の標準解」

これらの「知識ベース」の個々の原理・事例を学ぶだけでなく、「知識ベース」の基本的な構造・組み立て方、考え方を理解・習得するとよい。

1. はじめに

前回の講義で学んだ解決策の生成法は、「知識」あるいは「知識ベース」として蓄積・体系化された優れた「モデル」を使うこと。

「知識ベース」が本当に役に立つためには、つぎの点が必要である。

優れた内容が「知識ベース」の中に蓄積されていること。
それが意図している範囲の「問題」に対して、
対応した「解決策」が記されていて、適切・強力であること。
「問題」から「解決策」への筋道が明快であること。

この「知識ベース」が、容易に頭の中に学習・記憶できるか、
あるいは、ハンドブック、ソフトツールなどになっていて使いやすいこと。

また、自分の問題から、「モデルの問題」に至る筋道が分かりやすいこと。

「モデルの解決策」を具体化して「自分の解決策」を得る筋道が分かりやすいこと。

前回述べた各種の「知識ベース」（特にTRIZが新たに開発したもの）は、
使いやすいための工夫がいろいろなされているが、

「体系」としてしっかり・大きくなるほど、

学習し記憶することが困難になる。（あるいは努力を要する。）

そこで、もっと単純で直接的に、「解決策」を生成する方法がないだろうか？

「考えるためのプロセス」として、ガイドしてくれるものがないだろうか？

今回の講義では、そのような「考えるためのプロセス」を説明する。

2. 「矛盾」の克服: TRIZの「分離原理」の考え方

TRIZ（発明問題解決の理論）の創始者 アルトシュラーが確立した方法は、

「問題を突き詰めて「物理的矛盾」にまでもっていき、

それを「分離原理」を使って解決する。」

この詳細なプロセス（ARIZ（アリーズ）と呼ぶ）は分かりにくいですが、

考え方（概念）そのものは明快である。以下には、この考え方を説明する。

TRIZでは、問題を解く際の「壁」（本質的な難しさ）には、

つぎの3種（3段階）があると言い、これらを「矛盾」と呼ぶ。

- (1) 「**管理的矛盾**」: 「何かあるものが必要（欲しい）と分かっているが、
どうしたらそれが得られるかが分からない。」

問題がまだ漠然としている。

「何が必要なのか」もまだ本当には分かっていない。

それがどんな構造・仕組みで、どうすれば作れるかも分かっていない。

例: 「現在、通学に徒歩・電車で1時間かかっている。

自宅から大学まで10分で来れる方法が欲しい。」

解決へのアドバイス: もっと問題を煮詰めて、具体的に考えなさい。

- (2) 「**技術的矛盾**」: (前回の講義を参照)

「(技術) システムの、一つの側面を（何か既知の方法で）改良しようとする、

別の側面が（許容できないほどに）悪化する。(このため改良ができない。)」

問題が大分はっきりして、技術的検討を進めているが、困難に遭遇している。

技術的な試行錯誤（模索・実験）の段階にある。

(通常の解決策は、両側面をほどほどに満足した「最適の」妥協点を考える。

技術的には、「トレードオフ」と呼ぶ。)

解決へのアドバイス: 分野を越えて同種の問題を解決した事例を参考にしなさい。

==> 問題を「アルトシュラーの矛盾マトリックス」上で表わし、
その表から参考になる「発明の原理」(とその事例集)を見なさい。

ここで示される「発明の原理」は、「ヒント」でしかない。
「矛盾マトリックス」は、「40の発明の原理」から、
同種の問題に過去に適用された「トップ4種」の原理を教えるもの。

(3) 「物理的矛盾」:

「(技術) システムの一つの側面に対して、
正・逆の反対方向への二つの要求が同時にある。」

問題の所在がはっきりして、通常の意味では「にっちもさっちも行かない」段階。
二つの要求が真っ正面から対立している。

(通常的解決策は: 「まあまあ、そんなに固いことを言わないで、
お互いになんとか歩み寄ってくれませんか?」
両者がそれでも頑張ると「お手上げ」)

例 1: 「動画像の著作権表示は、
邪魔にならず、見破られないために: 「見えない」ことが必要。
著作権の主張のために: 「見える」ことが必要。」

例 2: 「額縁掛けのひもを掛ける釘の表面は、
額縁の向き(傾き)を調節するためには: 「滑りやすい」ことが必要。
額縁が傾かず安定なためには: 「滑らない」ことが必要。」

例 3: 「高層ビルの(避難)階段は、
日常の便利さ・快適さのためには: 「建物内」にあることが必要。
火災時の安全な避難のためには: 「建物外」にあることが必要。」

ところが、TRIZは、問題を「物理的矛盾」にまで煮詰めることを薦める。
「物理的矛盾」はほとんど確実に「解決できる」という。
その解決の方針が「分離原理」である。つぎの(1)(2)(3)の段階で進める。

「分離原理」:

(1) 一見互いに対立している二つの要求を良く吟味して、
両者の要求を「時間的に分離できないか?」
「空間的に分離できないか?」
「その他の何らかの条件で分離できないか?」

(2) 分離できたなら、二つの要求をそれぞれ別に満足させなさい。

上記の例では、対立する要求をつぎのように分離できた。

例 1. 著作権表示: 「見えない」必要があるのは、通常の動画鑑賞のとき。
「見える」必要があるのは、静止させて検証するとき。
==> 動画像の表示条件による分離。

例 2. 額縁掛けの釘: 「滑りやすい」必要があるのは、ひもを調整している時。
「滑らない」必要があるのは、調整の後からずっと。
==> 時間による分離。

例 3: 高層ビルの階段: 「建物内」の必要があるのは、日常・平常のとき。
「建物外」の必要があるのは、火災発生のとき。
==> 時間による分離。

(3) 対立する要求を「分離」した後に、両者を統合して「一つの解決策」にする。
このときに、何らかの(科学的原理に基づく)(技術的)工夫が必要である。
これには TRIZ の「40 の発明の原理」が参考になる。

上記の例での解決策:

例 1. 著作権表示: 動画を静止させて表示したときには「見える」が、
通常のように動画表示したときには、
表示時間が短いので、「見えない」。

例 2. 額縁掛けの釘: (釘の表面に「滑りやすい」部分と「滑らない」部分を作り)
ひもの調整のときには、「滑りやすい」部分を使い、
調整終了時にひもを釘の「滑らない」部分に動かして保持。

例 3. 高層ビルの階段: (階段の構造を新たに設計して)
平常時には、窓を閉めて「建物内」と同等にし、
火災発生時には、窓を全開して「建物外」と同等にする。

TRIZ の問題解決の技法の考え方は、このように明快であり、かつ強力である。

TRIZ の「40 の発明の原理」の多くが「分離原理」の(3)の段階で使える。

例題演習: 水洗トイレの節水対策 (Kyeong-Won Lee, 2003)

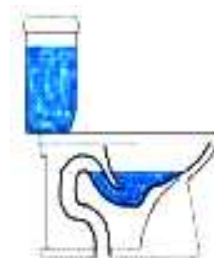
物理的矛盾を解決した TRIZ 適用事例 「節水型トイレ」

Hong Suk Lee & Hyeong-Won Lee (韓国工科大学)

TRIZ Journal, 2003年11月

課題: 水洗トイレで使う水量を減らす。
--- 世界的な需要。

認識: S字型の配管を越えて汚物を流すために、
多量の水が要る。
通常 13 リットル (節水型で 6リットル)



分析: S字管は、汚水槽からの悪臭を遮るために、必要。
S字管は、必要水量を減らすためには、無いことが必要。
サイフォン効果を利用して、流す。

⇒ 「物理的矛盾」: S字管は、「在る」と同時に「無い」必要。

分離原理: 時間による分離:

「在る」必要があるのは、通常時いつも。
「無い」必要があるのは、水を流すときだけ。

アルトシュラーの方法 (「分離原理」による「物理的矛盾」の解決)

要求を、はっきり言え。

(1) これらの要求を、時間、空間、その他の条件で分離できないか?

(2) 分離した時間帯で、各要求を完全に満たす解決策を作れ。

(3) そして、両者の解決策を組み合わせて使え。

まず愚直にそのまま言うと:

どう考えればよいのか?

解決策: 基本的な案は?

ひとりで、うまくいかないか?

効果: 消費水量 約 3リットル 「超節水トイレ」

3. アルトシュラーの「賢い小人たちによるモデリング法」(SLP)

擬人化の方法の一つ:

問題のシステムの構成要素の一部を、
実は賢い小人たちの集団が構成しており、
彼らが魔法のように問題にフレキシブルに対応できるのだとイメージする。

一人の人や、自分でなく、小人たちの集団と考える。

例: ホッチキスの針をむしゃげにくくする問題 (神谷和明・中川 徹, 2004)

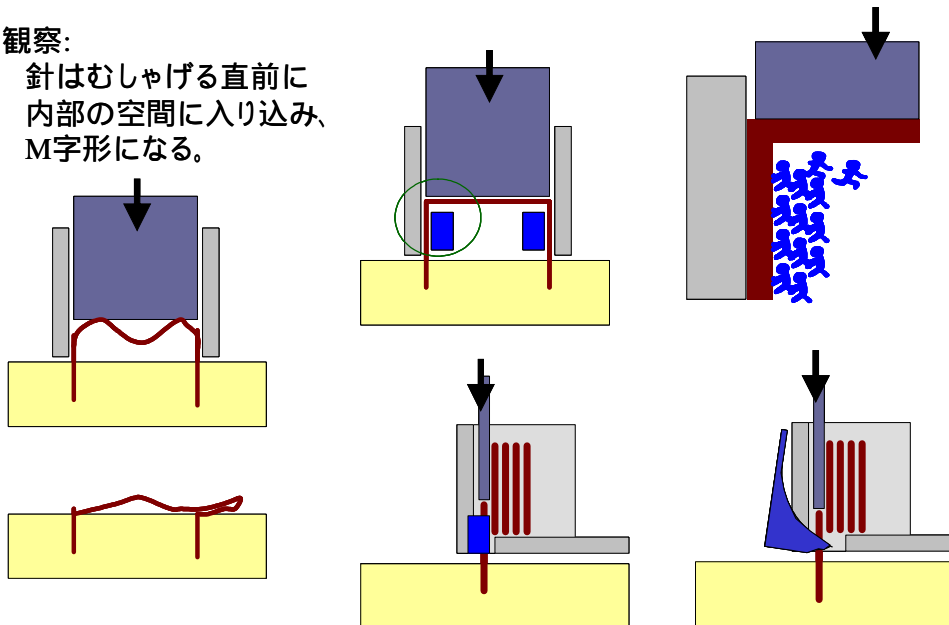
通常のホッチキスでもっと厚い紙枚数でも針が曲がらずに止められるように改良する

いろいろ実験し、観察した結果、

ホッチキスの針が横にグシャとつぶれる前に、M字形になることを見出した。

観察:

針はむしゃげる直前に
内部の空間に入り込み、
M字形になる。



小人たちは、いま針の下にも沢山いて、

針が内側に曲がってこないように、横から一生懸命に支えている。

針が下がってくると、窮屈になった小人たちが一人ずつ逃げる。

逃げ場はホッチキスの前の方がよい。

支えるだけ支えて、するりと逃げ、針は無事に紙面までしっかり刺さる。

綴じるのが終わって次の針を使おうとすると、小人たちはすでに針の内側に戻っている。

実際にこのイメージでホッチキスの構造を改良する案を作ることができた。

USIT法では、この方法を改良して「Particles 法」と呼んでいる。

考察の過程が明示されており、その事例も記述されている。[講義 第9回資料参照]

4. 「発明的解決策であるための二つの条件」: イスラエルのASIT法

ASIT法 (Advanced Structured Inventive Thinking) の歴史的経緯:

1980年代: TRIZの専門家たちの一部がイスラエルに移住し、

TRIZの企業応用の必要から「TRIZの簡易化」を行った。

TRIZの「40の発明の原理」を4種に絞り込む。「SIT法」

1990年代から最近: Roni Horowitz による研究と改良。

次の論文が重要:

Roni Horowitz and Oded Maimon: 「創造的設計方法論とSIT法」, DETC'97 (1997年); 中川 徹訳, 『TRIZホームページ』, 2000年3月。

Horowitzらは、認知心理学的な実験を行った結果、つぎのことを証明した。

「技術者たちは一般に、つぎの2条件を同時に満足している解決策を見せられると、それが「発明的」な解決策であると呼ぶことに同意する。

条件1: 「閉世界制約の条件」:

もとの問題のシステムに含まれるオブジェクト以外の
新しい種類のオブジェクトを その解決策が導入していない。
(もとのオブジェクトの性質を変容させたものは導入してよい。)

条件2: 「質的变化の要求」

もとのシステムの問題となる効果(「困ること」と、
少なくともある一つの属性との相互関係に「質的な変化」がある。
(例えば、増大関係であったものが、無関係になるなど) 」

Horowitzらは、「発明的解決策」についての定義を与えようとはしていない。
それは非常に抽象的で、定義しにくい概念、一般的に定義できていない概念である。

ところが、本当に優れた解決策を見せられると、素養のある技術者たちは、
ほとんど異口同音に、「これはすばらしい。発明に値する」という。
ある実際の解決策が「発明的」かどうかは、技術者たちの意見がほぼ一致する。

そこで、多数の問題に対するそれぞれ複数の解決策を見せて、
技術者たちに「発明的」な度合いを判定させた。
(全く発明的でない、・・・、非常に発明的である)

「発明的」であるとして高得点を得た解決策は、共通に上記の2条件を満たしていた。

例: 野戦における移動式アンテナの結氷の問題 (Horowitzら)

アンテナの結氷の問題 (Horowitzら)


問題: 野戦で移動アンテナを運んで建てて、
雪で結氷して倒れる。 倒れないようにせよ。

案: 柱を太くする --- 一人で運べない
ヒーターで溶かす --- 電源がない
覆いを作る --- 構造物が大きく大変になる

これらはすべて、雪・氷がひどくなると、問題が大きくなる。

創造的な解決策の条件 = 「定性変化条件」:
雪・氷がひどくなっても、問題が全く生じない。

→ **解決策:** アンテナの柱部分も結氷させる



A S I Tでは、「上記の2条件を満たす解決策」を考えることに集中する。
その際、具体的には、つぎの5種の解決策生成技法を使う。

参考: R. Horowitz: 「イスラエルの SIT 法とその利用(2) A S I T の五つの思考ツールとその適用例」, 中川訳, 『T R I Z ホームページ』 2001 年 12 月。

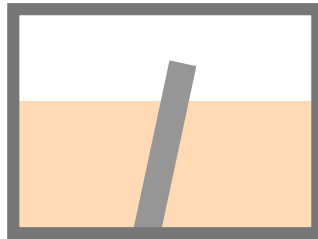
A S I T の 5 種の解決策生成技法:

1. 統合 (Unification): 機能をまとめて既存のオブジェクトのどれかに担当させる。
2. 乗算: 既存のオブジェクトを複製して変容させたものを導入する。
3. 除算: 既存のオブジェクトを分割して, 再編成する。
4. 対称性の破壊: 対称的な状況を非対称な状況に変換する。
5. オブジェクトの除去: 一つのオブジェクトをシステムから除去し, 単純化する。

A S I T での問題解決のプロセスの例: (「統合法」を適用する場合)

「酸を試験する容器の問題」(T R I Z の教科書問題)

種々の金属試料を, 種々の酸性液に対する耐性についてテストする。
テストのための容器は, 温度・圧力などの環境条件を整える働きもしている。
問題は, このテスト容器が金属できており, 酸によって腐食されることである。
テスト容器が腐食されない方法を考えよ。



- (1) 「閉世界」の定義: 問題中のオブジェクトと環境中のオブジェクトを列挙せよ。
「金属試料, 酸, 容器, 空気」

- (2) 準備: 望ましくない効果 (問題の「困ること」) を書け。
「酸が容器を攻撃する。」

望ましくない効果をなくすような, 「望む行動」に書き直せ。
「酸が容器を攻撃するのを妨げる。」

望む行動を遂行するオブジェクトの一つ選べ。(順番に選べ)
「金属試料」

- (3) 「統合法」の適用: 選んだオブジェクトが望む行動をしているところを想像せよ。
(選択したオブジェクトやその他のオブジェクトたちを変容させてもよい。)

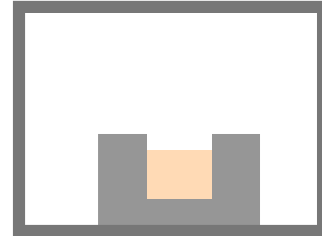
「金属試料が, 酸が容器を攻撃することを妨げている。....」

(4) イメージで得たアイデアの核心を一文で書け。

「金属試料が酸を容れてしまい、酸が容器に接触するのを妨げる。」

(5) そのアイデアを 3~5 の文に詳細化せよ。

「金属試料にドリルで (途中までの) 穴を開ける。
その穴に酸を容れる。
この試料をもとの金属容器の中に置く。」



この例のように、A S I Tの考え方は非常に単純で明快である。

5 種の方法を覚えて、それをいろいろな問題に適用して練習していくとよい。
適用範囲は随分広いと思われる。

しかし、私は、つぎのような理由でA S I TよりもU S I Tを薦める。

(a) A S I Tは、「単純化」を追求したもので、つぎの2点で行き過ぎている：
問題を絞り込み、きちんと分析する方法を (ほとんど) 提供していない。
このため、企業などでの実地の問題解決のための具体的な指針に不足する。

5 種の解決策生成法は、(良く使われるものを選んで) 部分的である。
より広い思考をサポートできるほうがよい。

(b) A S I Tは「発明的」アイデアの生成に特化しようとしている。
実際の問題の解決には、いろいろなアイデアを出すことが望ましく、
複数のアイデアの中から実情にあうものを選んで開発・実施していくべき。
多数の創造的なアイデアを出していると、「発明的」なものも出てくる。

5. U S I Tの解決策生成技法 (その1)

U S I T法 (Unified Structured Inventive Thinking) の歴史的経過:

1993年 フォード社のEd SickafusがイスラエルのSIT法とT R I Zに接する。

1995年 SickafusがSIT法を改良してU S I Tを作り、社内教育を開始。
教科書を出版 (1997年)

1999年 中川がSickafusのセミナーで学び、日本に導入。以後日本で改良・発展。

文献: 中川 徹: 「やさしいU S I T法を使ってT R I Zのエッセンスを教え・適用した経験」, TRIZCON2002論文 (2002年4月); 『T R I Zホームページ』, 2002年1月。

中川 徹, 古謝秀明, 三原祐治: 「T R I Zの解決策生成諸技法を整理してU S I Tの5解法に単純化する」, ETRIA国際会議論文 (2002年11月); 『T R I Zホームページ』, 2002年9月。

USIT法には、つぎの5種の解決策生成技法がある。(中川, 2002)

- (1) オブジェクト複数化法: オブジェクトを「複数化」する。
- (2) 属性次元法: オブジェクトの属性の「次元」を変える。
- (3) 機能配置法: 機能をオブジェクト間で「再配置」する。

- (4) 解決策組合せ法: 二つの解決策をいろいろな面から「組み合わせる」。
- (5) 解決策一般化法: 各解決策の概念を「一般化」し、階層的に体系化する。

これらの解決策生成法は、「何を」「どうする」の形で述べている。

それぞれは「オペレータ (演算子)」である。

このオペレータを、対象となるすべての要素に順次適用して、その結果を考える。

最初の3種は、システムの3基本概念 (オブジェクト, 属性, 機能) に対応している。
後の2種は、得られた「解決策」に対してさらに適用するものである。

これらを繰り返し適用すると、多数の解決策のアイデアが得られる。

USITの解決策生成法については次回に詳しく説明する。

「レポート」提出について

テーマは本講義 (または情報学部分野) に関連したテーマを自分で選択。

提出した「アウトライン」とその中川コメントを基本にすること。

(テーマの修正/変更はかまわない。ただし、「趣味」のテーマは受け付けない。)

「感想文」でない正式「レポート」(研究・調査・学習の報告書)

注意: 「感想文」の性格のものは、再提出を求められることがある。

注意: 他者 (インターネット資料など) の文をそのまま / 抜き書きして

自分が書いたかのように記述しているものは「盗作」であり、

不合格とする。

ワープロ打ち, A4サイズ, 40字×40行程度, 4頁を越え、15頁以内 (超過は認める)

注意: 「べったり」と書くことを要求しているのではない。

本講義資料の記述形式もモデルにしてかまわない。

締切: 1月28日(金) 18:00。

提出先: Wordのファイルを OGU-Caddie で提出のこと。

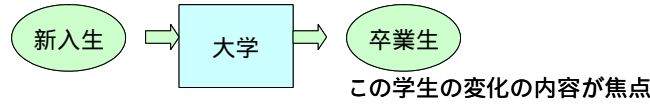
5. 演習: 「授業をよりよくする方法を考えよ」

本講義では「(この) 授業をよりよくする方法を考えよ」というテーマで何回か小演習をした。
その中の議論の要点をまとめると、以下のようである。

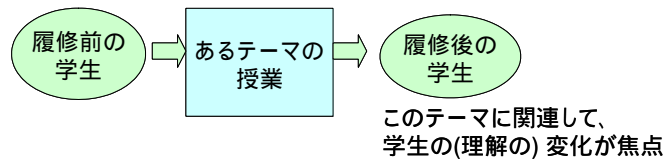
(a) 授業の全体としての「機能」、「目的」

大学や授業の役割 (全体としての機能) について

大学の役割 (機能):



授業の役割 (機能)



授業の目的は?

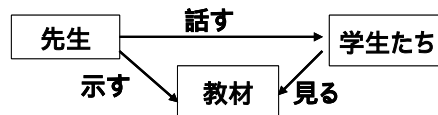
(一般的に)

学生が、その授業テーマの内容を理解し、
その分野の実力を身につけること。
考え方をマスターして、将来に役立てること。

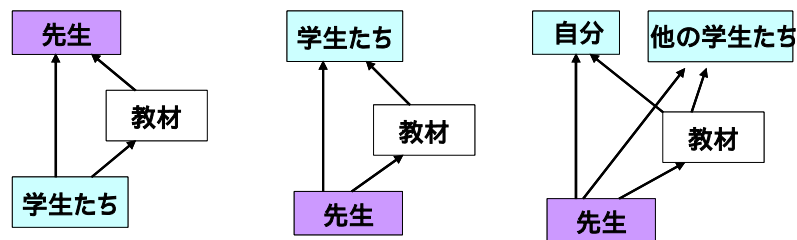
(b) 主要な構成要素間の機能の関係 (機能分析):

授業を構成するものとの間の機能的関係を図示せよ

まず、主要なものだけで、骨格構造を作れ



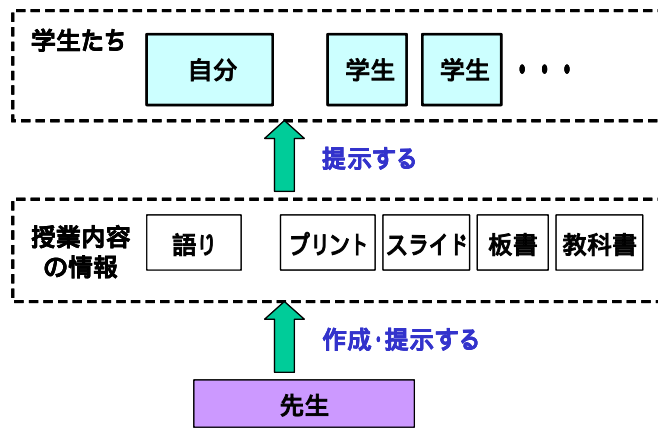
「授業」の目的にとって最も大事な要素を最上段に置け。
下段のものが、上段のものに、機能的に望ましい関係(奉仕する関係)に配置せよ。
直接に作用するものを矢印で結び、その機能を記せ。



[注: この機能分析の図の書き方は、USIT法のガイドラインによる。]

これらの図を描いて、下段右端の図が最も適切であることが分かった。

その図をもう少し詳しく、描くと下記のような機能分析図が得られた。



(c) 機能分析の再考:

しかし、上記の図は何かおかしい。本質的なもので、記述できていないものがある。

この図で表現されている機能が適切に実施された場合でも、全体として目的を達しないことがあり得る。何が足りないか？

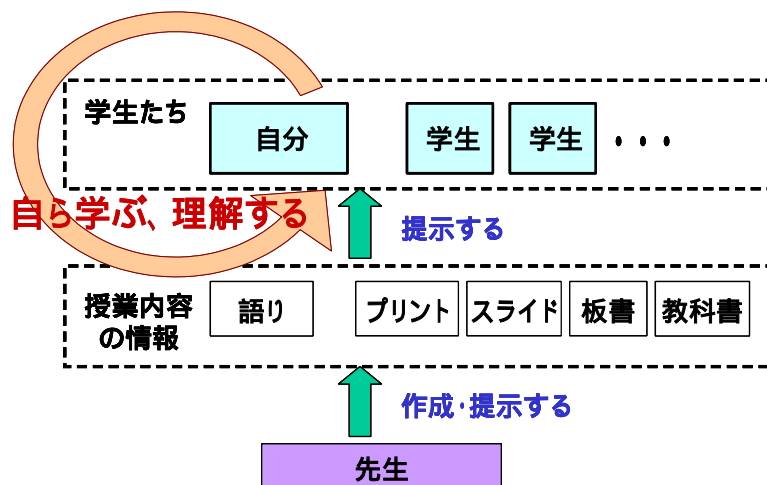
学生たち (自分) は、授業内容の提示を受けているだけである。

サービスして貰っているだけで、自分の活動が記述されていない。

学生が「学ぶ」、「理解する」という活動が表現されていない。

(学生が居眠っていても、この「授業」は正当に機能する!)

よって、より本質的な (理想に近い) 機能分析の図は、下図のようになるべきである。



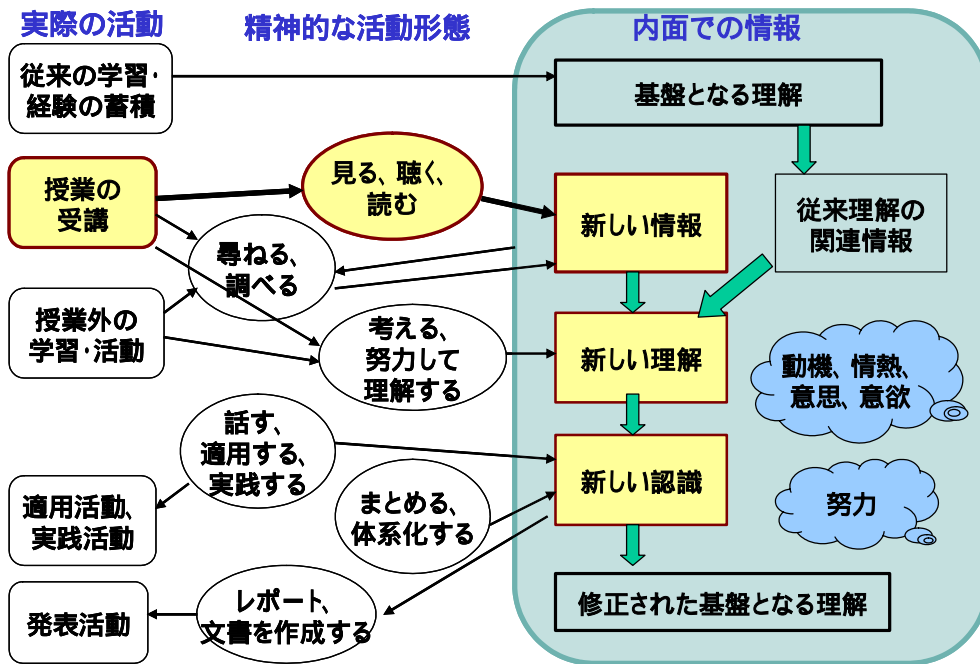
(d) 演習: では、学生 (たち) が「自ら学ぶ、理解する」とは、どのようにすることか？
考えることを書き出せ。

(e) 機能(メカニズム) をより深く分析する:

「学ぶ、理解する」というのは、外的な行動以上に、内的・精神的な活動である。

そこで、これらの両面を含めて、「学ぶ、理解する」ことのメカニズムを図に描いた。

(自分が)「学ぶ、理解する」という精神活動を図式で示せ



この図をさらに改良することを考えよ。

(f) 上記の図 (c) と (e) を参考にして、「(この) 授業をより良くする方法」を考え、列挙せよ。

また自分の挙げた解決策 (改良のアイデア)が、
図(c)(d) のどの部分に関連しているかを考えて、図にマークせよ (書き込め)。