

問題の分析(1) 問題 (困ること) の「原因」をつきとめる

目標: 問題 (テーマ) の分析に当たって、まず何が「問題 (困ること)」なのかを明確にし、そしてその「原因」をつきとめる。それには、原因-結果の関係、メカニズムの理解が必要である。

前回: 「システム」とは: 構成要素とその関係, 階層性, 技術システム

目標: 「システム」という一般的な考え方を理解し, 構成要素間関係と, システムの階層性を学ぶ。また特に「技術システム」の機能や完全性の法則を学ぶ。

要点: 「システム」= 関連する部分たちの一群で, 一つの全体を形成して一緒に働くもの。

大きくても小さくても, 物でも組織でも, 上記の性質をもっていれば「システム」である。

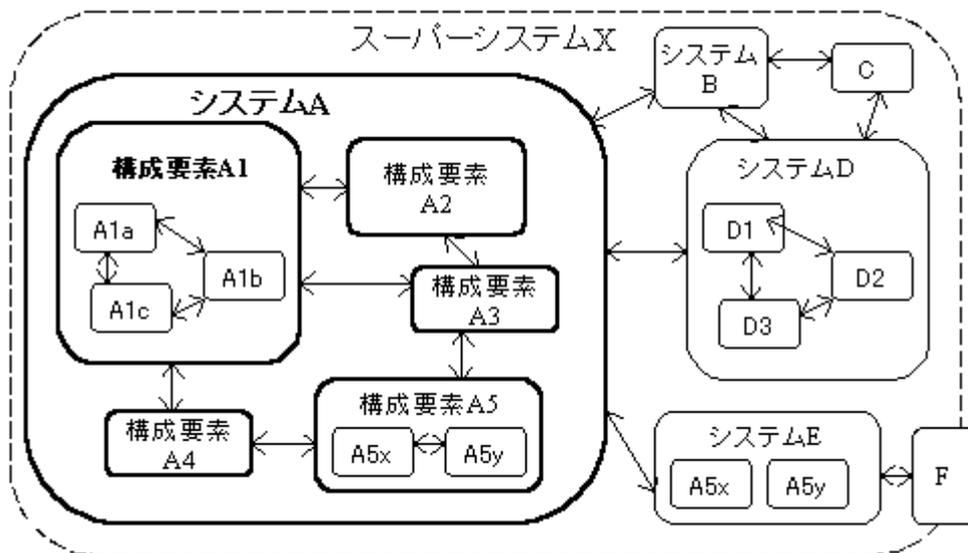
システムは階層を成す。... スーパーシステム システム サブシステム ...

ブラックボックスで表現した「システム」の機能: 入力 ==> 「システム」 ==> 出力

技術システムの (内部の) 捉え方: 見るべき側面を明確にする。特に機能面が大事。
「技術システムの完全性の法則」 (道具・機械 + 人間で完全になる例あり)

0. 「システム」のイメージ (復習)

「システム」とその階層性を表現するイメージとして, つぎのような図が描ける。



同じシステムでも, 何を「問題」にしようとしているかで, 考えるべき構成要素は異なる。

例: マウスを動かしてもポインタが動かない。

マウスを動かすとポインタが動くが, 左クリックしても応答しない。

1. 「問題 (テーマ, 課題)」の捉え方

1.1 「問題」を捉える重要性と、選択の判断基準 (復習を兼ねて)

仕事をしていくとき、技術を開発・改良しようとするときに、

「何に取り組むべきか?」をはっきりさせて、本気で取り組むことが必要である。
この「何」というのが、「問題 (テーマ, 課題)」である。

「問題」を「問題の体系」として考え、その中から取り組むべきものを決めることを前々回話した。

取り組むべき「問題」を選択するときの判断基準にはつぎのものがある。

- (1) 必要性: どうにも困っている「問題」(害悪, 欠点・難点, 障壁, 不便など) がある。
- (2) 「解決すれば得られる利益」が大きい。
(害がなくなる, 便利になる, 安価に作れる, 短納期, 競争優位など)
社会的に利益が大きい。
- (3) 社会的ニーズ (需要) がある。
個人や少数者の問題だけでなく, 社会的な広い需要があること。

さらに, 以下のものがある。

- (4) 技術的基盤があること: 技術的な蓄積, 技術的な設備, 技術の芽など。
- (5) 経済的基盤があること: 問題を解決するまでの開発費, 生活費
- (6) 人材的基盤があること: リーダ, 協力者, いろいろな素養・能力をもった人々。
- (7) 問題解決の方向性と目処があること。
- (8) 時宜にあっていること: 長年の懸案, 現下の急務, 将来のための基盤など。
- (9) 当事者であること: 自分たちこそその問題を解決すべき立場にある(との自覚)。

これらのうち, (1)~(3) は問題自身が持っている性質であり, 特に重要。

(4)~(7) は自分たちの現在の基盤。

これらのすべてに増して, 問題を解決しようという「情熱」(挑戦する心) が必要。
この「情熱」が周りの人たちを動かし, 自分達の基盤・態勢が形成されて行く。

この「問題 (テーマ, 課題)」を見つけて, 適切に絞り込むことが大事であり,
これから先の「問題解決」の方向を決め, その意義を決めてしまう。

1.2 (技術的問題における) 問題の明確化のプロセス (U S I T法の問題定義段階)

U S I T法 (Unified Structured Inventive Thinking, 統合的構造化発明思考法) は,
1995年に米国 Ford 社の Ed Sickafus が開発した問題解決の思考プロセスである。

ロシアの T R I Z (「発明問題解決の理論」) の影響を受け, その簡易版として作られた。

U S I Tは, 技術的な問題を取り上げ, それを分析し, 解決策の諸案を考え出すための
一貫した思考プロセスである。

問題定義, 問題分析, 解決策生成の3段階からなる。

通常、グループで問題解決を図る。

USIT法をマスターしている1~2名

+ 解決したい技術問題に関わる技術者 数名 (技術背景が異なる人たちが良い)

USITでの最初の段階は、「問題定義段階」。

問題を持ち込んだ技術者が、その問題と背景についてグループメンバに説明し、

グループで質疑、討論を行って、以下の項目を簡潔に書き出す。

(0) 望ましくない効果: 困っている現象、解決したい問題事項

(a) 問題定義文: 解くべき問題を1-2行の文で定義する。目標、課題、制約状況など

(b) 図解: 問題状況を理解するための簡明な概念図

(c) 根本原因: 問題を生じている根本の原因 (と考えられるもの)を記述する。

(複数列挙してもよい)

(d) オブジェクト群: 問題のシステムを構成するオブジェクトを列挙する。

(e) 最小限のオブジェクト群: 問題を必要最小限に絞ったときのオブジェクト群

例えば、下記の図のようなものを作る。

この方法は、「簡潔に表現し、迅速・的確に考える」ことをモットーとしている。

通常、一つの技術的な問題を説明するには、少なくとも1頁の文や図を使う。

問題を持ち込んだ担当者は、背景にあるいろいろな技術を知っており、

問題の起こった状況、経過、いままでの対応策、メカニズム、物理原理などの知識を持っている。(これらは必要に応じてもっと詳しくできる。)

USIT法の適用例(2) 樹脂シートの発泡倍率の増大

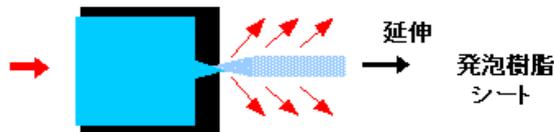
1999.3.12 USIT研習にて 中川

USIT法の適用プロセス(1)

問題設定: 高圧でガスを溶解したポリマーから、発泡樹脂シートを押し出し成形する際の、発泡倍率を向上する

図解:

溶融樹脂
高圧ガス
圧入



発泡倍率
理論最大値 ~10倍
実績 2~3倍

根本原因: ガスが表面から逃げる。
発泡セルが大きくならない。

オブジェクト: 発泡樹脂, 溶融樹脂, ガス, ノズル, (空気)

「簡潔に表現する」のは、あいまいさをなくし、明確にするためである。

詳しく書いていると、いくつものことに言及し、中心が不明確になる。

何を今解決する目標にするのかが、不明確になる。

図解においても、装置の詳細を描くのではなく、
問題のメカニズムに関係する部分のみを簡潔に描く。

根本原因を書くには、現在の方法・システムの基本原理や構造を知っており、
問題が起こるメカニズムを（観察・実験などで）理解していないといけない。
（このやり方は、今回の講義で詳しく説明する。）

（オブジェクトについては、後の講義で説明する。）

「問題定義」の段階は、「何が問題であるか?」（問題）を記述・確認しているのであるが、
「何を解決したいのか?」（課題）を記述していることでもある。

その結果、これ以後の問題解決の方向を大きく決めてしまうことになる。
その意味で、この最初の段階が非常に大事な段階である。
特に、「問題定義文」と「根本原因」の記述が問題の方向を決める。

2. 問題の分析のはじめに: 何が「問題 (困ること)」なのか?

前回までの講義で、いろいろな情報を収集し、「問題」を見つけて絞り込み、
いろいろ試行しつつ「発想」することを学び、
「システム」および「技術システム」という考え方を学んできた。

今回から、「問題」を「分析する」方法について考えよう。
問題を「分析」するのは、問題を「解決する」ための重要な準備作業である。

まずその手始めに、何が「問題 (困ること)」なのかを、はっきりさせねばならない。

ところで、ここでいう「問題 (困ること)」は、「問題 (テーマ, 課題)」とは少し異なる。
「問題」という言葉には、いろいろな意味があり、しばしば混乱する。

「問題」(広辞苑による):

- (1) 問いかけて答えさせる題。解答を要する問い。
- (2) 研究・議論して解決すべき事柄。
- (3) 争議の材料となる事件。面倒な事件。

"Problem" (Longman 英々辞典による):

- (1) a difficulty that needs attention and thought
(ひとつの困難なことで、注目して考えることを要するもの)
- (2) a question, esp. connected with numbers, facts, etc. , for which an answer is needed.
(質問で、特に数や事実に関連していて、回答が必要なもの)

この節でまず明確にしたいのは、「困ること, 困難」という意味での「問題」である。
課題としての「問題」が決まっても、何が本当に「問題 (困ること)」であるかは自明でない。

例: 「夕方の第5講時の授業では、遅刻者は少ないが、居眠る学生がかなり多数いる。」
この「問題」を取り上げよう。

ここで、何が「問題 (困ること)」「注目して考えることを要する困難」なのか？

「問題 (困ること, 困難)」はどのように考えを進めていけば明確になるのか？
どのような観点を入れればよいのか？

同様の「問題 (テーマ, 課題)」はいっぱいある。

- 朝 9 時からの第 1 講時の授業では、欠席者・遅刻者が随分多い。
- ・ 受講カード: 「前回の授業に欠席したので、今回の授業はよく分かりません」と書いてある。
 - ・ 受講カード: 「今回の授業はよく分からなかったので、できたら次回復習して下さい」。
 - ・ 欠席が多いゼミの学生を呼んで理由を聞くと、
「コンビニでの夜勤のバイトを週 3~4 日していますので…」と答えた。
下宿生であるが、授業料・アパート代 + 生活費 7 万円/月の仕送りがあるという。
 - ・ 「一年生の必修の授業で、約 1 割が試験に欠席し、約 1 割が試験不合格であった。」
(欠席が多い学生に不合格の率が高かった。)
 - ・ 「ある学生は、前期に登録した科目の約半分について単位履修に失敗した。」

ある「問題 (テーマ, 課題)」について、その「問題 (困ること, 困難)」を明確にするには、

そのこと (ある一つの現象, 事実) が、
どのような「結果」を生み出すか (また、生み出す可能性があるか) を考える。

「結果」は、(主として) 時間的に「後」(将来) に起こる。

「結果」が「後 (将来)」でなく、もっと前に起こることもある。なぜなら、
そのような「結果」を予測する人 (組織・機械) は、
「今」あるいは「もっと事前に」何らかの処置をしておこうとする。

「結果」は、当事者あるいは現在問題が起こっているもの (機械など) だけでなく、
「システム」(組織など) を作っている関連する部分 (人・機械など) にも作用する。
「システム」の内部にある「関係」を通じて、直接的に「作用」(影響) が及ぶ。

また、「スーパーシステム」を通じて、関連する他「システム」にも影響が及ぶ。

結局、「問題 (困ること, 困難)」を明確にするには、
関係する「システム」(サブシステム, スーパーシステム, 類似システムなどを含む)について
それが作り出す「結果」・「影響」を考えることが必要である。

通常、一つの事実に対して、その「結果」や「影響」は多岐に渡る。

これらの「結果」「影響」を明確にするには、
それらの結果を生じるメカニズム (「因果関係」) が分かっている必要がある。

(事実・事項) ==> [あるメカニズム] ==> (結果)

このメカニズムを 推測・予測すればよい場合と、
実証・論証しないといけない場合がある。

このような「因果関係」は、
必ず起こるのか？
必ずでないとするれば、どの程度の割合で起こるのか？
さらに、どういう場合に起こり、どういう場合には起こらないのか？

これらの「結果」「影響」が分かったときに、
それに対する「価値判断」が必要になる場合がある。

社会的・人間的な問題では、時としてこの「価値判断」が分かれる場合がある。
「結果」や「影響」が多岐にわたり、関係者によって受ける影響が違うから。

技術的な問題では、この「価値判断」は比較的明確であろう。

演習: 「この (科学情報方法論の) 講義を良くするには?」という課題 (テーマ) において、
いま「何が問題 (良なくて困っていること) なのか?」

3. 「問題 (困ること) 」が起こる原因は何なのか?

「問題 (困ること) 」を解決しよう (無くそう) とするためには、
それが起こる「原因」を考えることが大事である。

例: 「君が、この「科学情報方法論」の講義で居眠ることが多いのは何故か?」

通常「原因」(として挙げられるもの) も多岐に渡る。

「原因」を考えるときに、どのような観点 (考え方) が必要なのか?

「原因」として挙げる場合にも、そのメカニズム (「因果関係」) をはっきりさせる必要がある。

(「原因」) ==> [あるメカニズム] ==> (今問題にしている事実・事項)

この「因果関係」についても、前述と同様の検討が必要である。
必ず起こるのか？
必ずでないとするれば、どの程度の割合で起こるのか？
さらに、どういう場合に起こり、どういう場合には起こらないのか？

4. 技術システムにおける原因分析の例

4.1 例: 「額縁掛けの問題」

問題 (テーマ): 額縁が傾かない (傾きにくい) ような「額縁掛け (の方法)」を作れ。

原因検討: 現在のシステムでどんな場合に額縁が傾いてしまうのか?

- (a) 正しく掛けたはずなのに、最初からすぐに傾いてしまう。 -- これがまず問題。
- (b) しばらく正しく掛かっていたが、知らないうちに傾いた。 -- これも大事な問題。
- (c) 正しく掛かっていたが、額縁にぶつかったら傾いた。 -- やむをえないことあり。

傾く原因を調べる方法:

- (1) 傾いた「結果」を観察して、その観察から傾く「原因」を考える。

傾く原因 (複数, 未知) ==> [「自然法則」] ==> 傾いた状態 (「結果」)

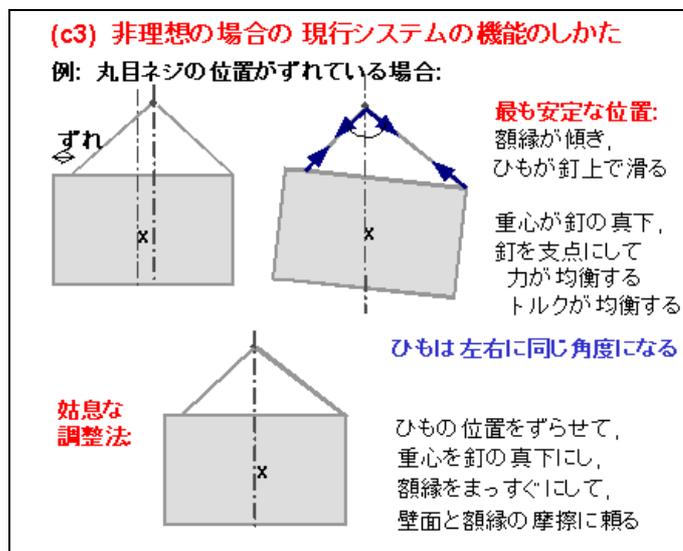
ここで働く「因果関係」のメカニズムは、大きくいえば、「自然法則」だと分かっている。
その「自然法則」の中の何が特に関係するのか。

- 「物体は、エネルギー的に高い状態から、低い状態に、容易に移行する。」
- 「物体が静止するのは、そこがエネルギー的に (局所的に) 最も低いからである。」
- 「物体が静止しているときには、それに掛かっている力が釣り合っている。」
- 「物体が静止しているときには、それに掛かっている回転力も釣り合っている。」

...

これらのことを理解して、傾いた状態「結果」を観察する。

さらに、「傾く前の状態」と「傾いた後の状態」を比較して、観察する。



- (2) 「問題 (困ること) が起こる現場」を観察する方法

額縁を掛けようとして手を離したらすぐに傾いた。

そのときに何が起きているのか? 額縁はどうなったか? ひもはどうなったか?

正しく掛かっていた額縁が、しばらくして傾いた。

その直前に何が起ったのか?

風が吹いた。

トラックが通って、部屋が揺れた。

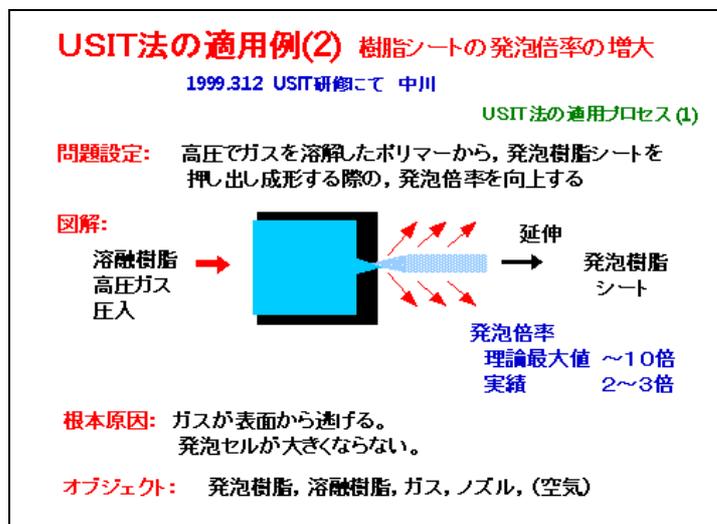
子供が壁にぶつかった。

- (3) 「問題 (困ること)」をわざと起こしてみる。 (「実験する」)
どんな額縁だと傾くのか、いろいろ試す。
額縁のひもの位置関係をいろいろ変えて、実験してみる。
手を離すときに、額縁を壁につけてから手を離すようにする。

これらのことをやって、物理学 (理科) の知識があると、正しい「原因」にたどり着く。
物理学の知識は、この「原因」と「メカニズム」を明確に説明するのに役立つ。
(その知識がなくて「常識」だけだと、説明があいまいで正確にならない。)

4.2 例: 「発泡樹脂シートの製造における発泡倍率の増大の問題」

問題 (困ること): 十分な気体を使っているのに、発泡倍率が小さく、十分膨らまない。



この例での「原因」の記述は、
「結果」の (比較的マクロな) 観察
「問題が起こる現場」のマクロな観察
に基づいている。

この例では、「ミクロな観察」は記述されていない。
表面や断面の詳しい観察、特に、電子顕微鏡を使った観察など。
「問題が起こる現場」のミクロな観察はできていない。
泡がどのようにできて、どのように大きくなり、どのように固まっていくのかなど。
溶解樹脂や吹き出した樹脂シートの温度、圧力などは記述されていない。
また、さらに細部の「分子レベルの観察」は記述されていない。

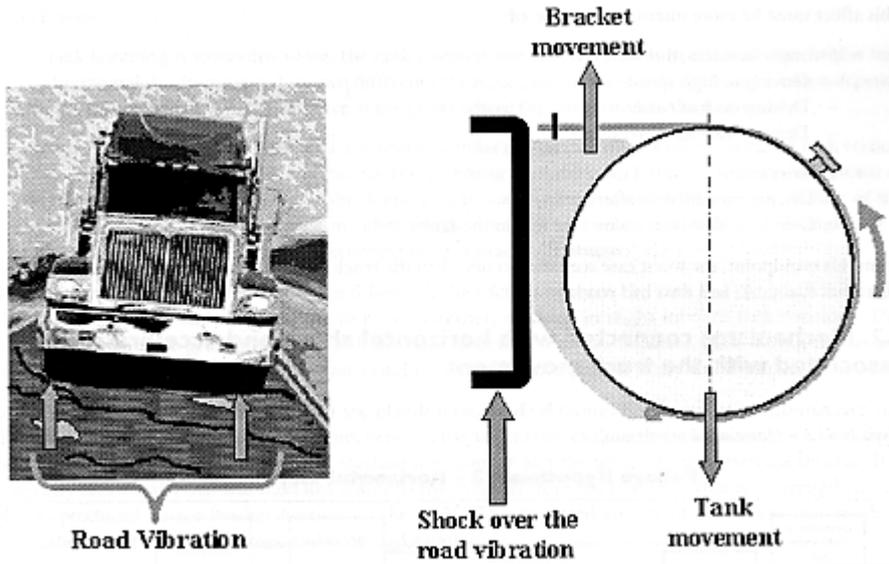
これらが記述されていないのは、
この筆者 (中川) がこの問題の直接の担当者でなく、
必ずしもこの問題の専門家でないからである。

このように、この原因分析はやや「現象的」であるが、
以後の分析でそれなりにきちんとした分析が行われ、問題解決の指針が得られた。

4.3 例: 「トラックの燃料タンクが回転する問題」

問題 (困ること): 下図のようにトラック車台の下に横抱きにした燃料タンクが、
走行中の振動により徐々に (どちらかに) 回転し、燃料パイプが壊れる。

[出典: D. W. Clarke and B. Zlotin, TRIZCON2001, May 2001]



(注: この問題は米国のトラックメーカーにとって 20 年来の懸案だったという。)

原因の分析: 下記の「原因-結果のネットワークによる表現」で分析した。(次節参照)

5. 原因-結果のネットワークによる表現とその利用法

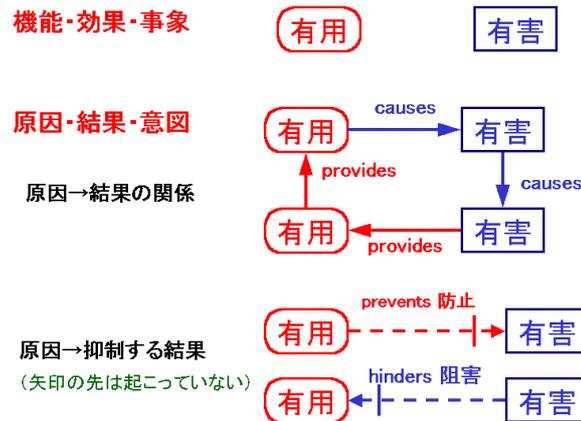
原因-結果の関係 (そして、「根本原因」) は、しばしば非常に複雑なことがある。
ビジネスの問題、人間や社会に関する問題では、とくに曖昧で複雑になる。
技術問題でも必ずしも自明なわけでない。

そこで、原因-結果の関係を「ネットワーク図」の形で表現するとよいことがある。

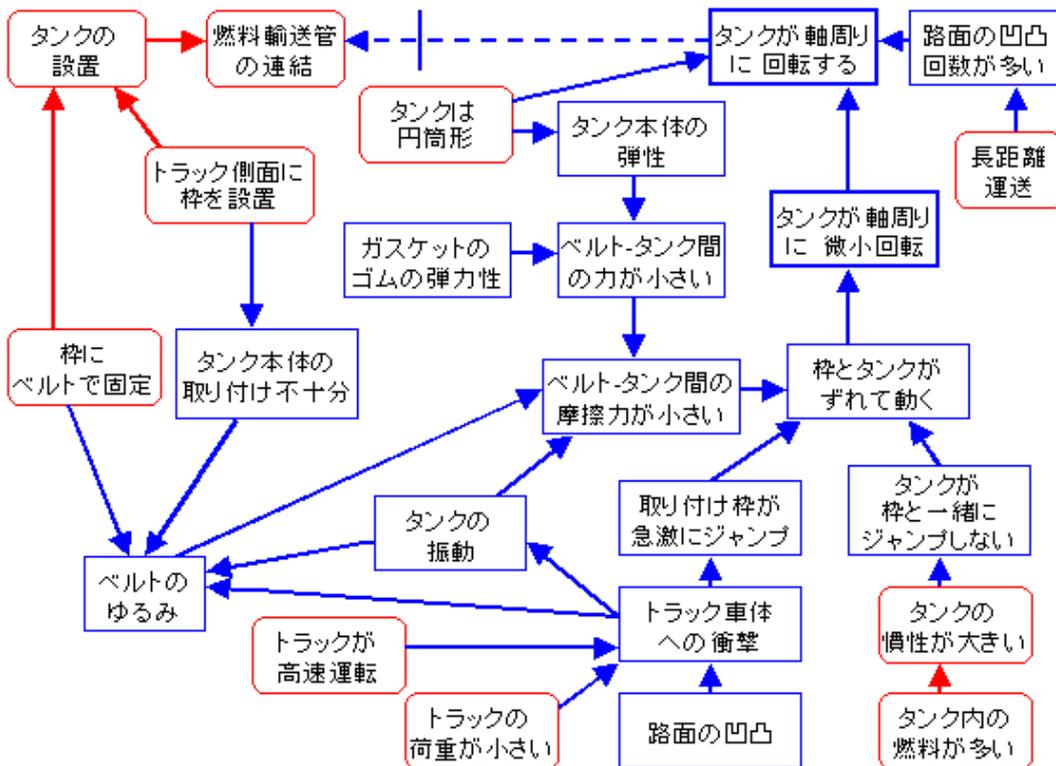
Ideation International 社による表現形式 とその利用法を以下に説明する。

この方法の特長は、原因-結果の関係をネットワーク型の図で表現するに当たって、
起こる事象 (ことがら) が有益か有害かを判断して、分類表記すること。

Ideation社：問題システム(事象)の因果関係図



適用例：「トラックの燃料タンクが回転する問題」への適用結果は以下の図の通り。



この図法の長所は、原因-結果のネットワークの中で、「どこの原因をなくせば問題が解決する可能性があるか」を、簡単に示せることである。

解決するための「観点」(すなわち攻略するとよい所)を、この図から規則的に出せる。Ideation International社は、実際に次のルールで、「観点」を自動抽出するソフトを作った。

Problem Formulator (Ideation社)

因果関係図から、多数の問題解決の観点を自動出力

(A)	(A) をもっと強める方法がないか?
B → A → C	(C) を達成し, (B) を必要としない, (A) の代案は?
B → A → H	[H] を防止し, (B) を必要としない, (A) の代案は?
C ← A → H	(C) を達成し, [H] を起こさない, (A) の代案は?
C ← A → H	(C) を達成し, [H] を起こさない, (A) の矛盾解消策
H	[H] から益を得る策は?
H → K	[H] を除去・減少・防止する策は?
L → H	[L] の条件下で, [H] を除去・減少・防止する策は?
A → H	(A) の条件下で, [H] を除去・減少・防止する策は?
A → H	(A) を必要とせず, [H] を除去・減少・防止する策は?

具体的に、上記の燃料タンクの例で、多数の「問題解決の観点」を自動抽出し、それらに対する多数の解決策を生成し、学会で報告している。(2001年)

しかし、この発表に対する中川の所感は以下のようである。

(出典: 「TRIZCON2001: Altshuller Institute 第3回TRIZ国際会議 参加報告」, 中川 徹, 『TRIZホームページ』, 2001年5月)

小生はこの発表を聞き、論文を読み返して、何かすっきりしないと感じる。一つは、原因結果の関係がネットワークで書かれ、いくつかの図でメカニズムが考察されているけれども、メカニズムの捉え方が本質的でないのでないかを感じる。それに対応して、解決案が核心をついていないのでないかと思う。

この事例に対して、小生が考えた解決案の方針は以下のようである。

- 摩擦を大きくしても振動による衝撃で瞬間的に摩擦力が弱まり、回転力が働くのは避けられないものとして方針を立てる。
- 現在は、摩擦がなくなったときに、円筒形タンクの角度を指定する要因がない(円筒を周りから抱きしめているだけ)。そこで、角度を積極的に指定する、また、その角度に安定化させることを考える。
- 具体的には、タンクの適当な所に2本のゴムベルトを固定し、設定角度から(正・逆どちらにでも)回転しようとするときに元に戻る力が働くようにする。-- 小生はこれで問題がより簡単に解決すると思う。

このように、問題の「原因」を明確にすることは非常に大事なことであり、その「原因」の捉え方で、問題解決の努力の全体が変わってしまう。

演習: 「君が, この「科学情報方法論」の講義で居眠ることが多いのは何故か?」

注意: 補講: 本日(11/16) 第6講時 17:50 - 19:20

本授業のレポート課題について

レポートの作り方・書き方

劫