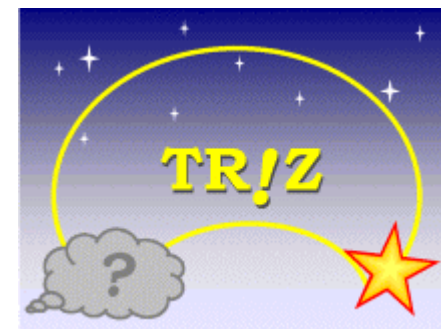


日本創造学会  
第5回創造性研究会 講演



# TRIZ紹介：技術革新のための 創造的問題解決の方法論

2010年12月18日

東京工科大学 蒲田キャンパス (東京都大田区)

中川 徹

大阪学院大学 情報学部

## (0) はじめに

技術の「壁」をブレイクスルーするには？ 従来：

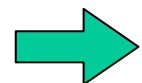
### 「ひらめき」を得る

科学者たちの「ひらめき」を研究した結果

- ・ 基本的な知識を持っていて、学習・研究しており、
- ・ 強い問題意識を持って、それ以前に長期間考えていた。
- ・ リラックスしたときに、ちょっとしたきっかけで「ひらめいた」。
- ・ 自分の問題に当てはめて、明確な解決策にした。

しかし、いつ「ひらめく」のか保証がない。

そこで、努力する、試行錯誤で実験する、  
ブレインストーミングで自由奔放にアイデアを発想する、  
ヒントになるものをいろいろ探す、  
「逆転の発想」、「頭を柔軟に」、……



もっと、科学的、体系的で、確実な方法がないのか？

技術の「壁」をブレイクスルーする

より科学的、体系的で、確実な方法 ==> TRIZ

## TRIZの概要

(1) TRIZの思想

(2) TRIZの知識ベース

(3) TRIZの問題解決の考え方(技法)

具体的プロセス (USIT = やさしいTRIZ)

やってみよう

(4) TRIZの習得・実践と普及の状況

付録: 創造的問題解決の新しいパラダイムの意義

# TRIZ (トリーズ) (発明問題解決の理論)

多数の特許の調査から、  
「独創的な発明のアイデアにも  
自ずからパターンがある」

「そのパターンを抽出・学習すれば、  
誰でも発明家になれるだろう。」

旧ソ連で反体制として迫害されながら  
TRIZを開発・確立した。(1946 - 1985)

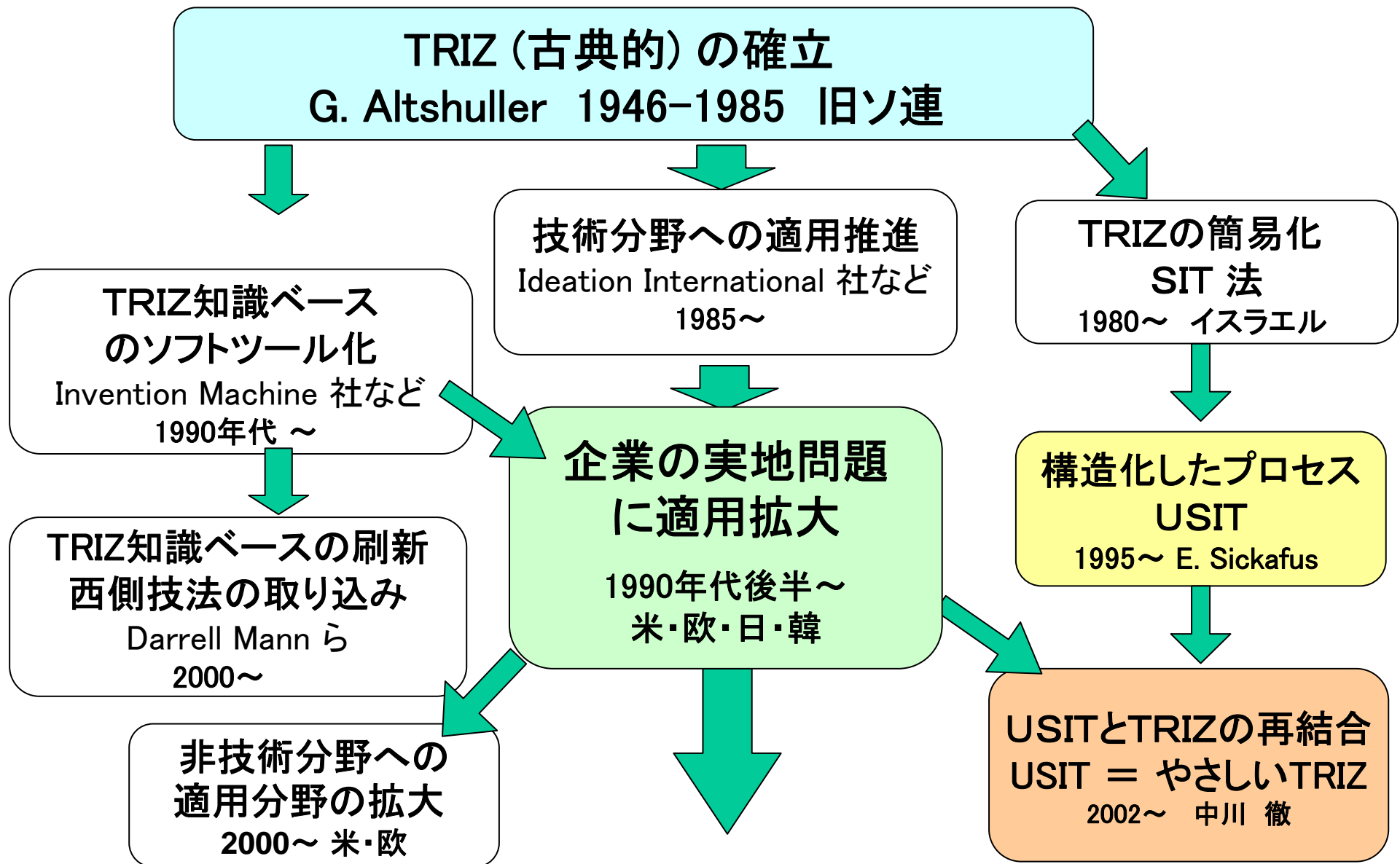
技術進化に対する深い思想、  
発明原理などの膨大な知識ベース、  
発明のための技法 を作った。

冷戦後、世界中に広がりつつある。  
弟子たちが米国でソフトツールを開発・普及



G.S. アルトシュラー  
(1926-1998) (ロシア)

# TRIZの発展: 西側文化との融合



# TRIZの全貌

- (a) **思想:** 技術システムの進化の認識と思考法 of 思想
- (b) **方法:** 創造的問題解決のための諸方法と一貫プロセス
- (c) **知識ベース:** 科学技術を活用するために整理した体系
- (d) **ソフトツール:** 知識ベースと技法の実体化
- (e) **普及・実践:** 技術者教育、企業内活動、サービス活動、学校教育

歴史的には 特許の分析などにより

**ボトムアップに構築・検証**されてきた

今回は 全貌を理解しやすいように

また、普及・実践の問題点を明確にできるように

(a) --> (c)(d) --> (b) --> (e) の順に説明する。

# (1) TRIZの思想

中川 徹

2001. 3.25-27 TRIZCON2001

## TRIZのエッセンス

(50語の表現)

### TRIZの認識

「技術システムが進化する  
理想性の増大に向かって  
矛盾を克服しつつ  
大抵, リソースの  
最小限の導入により」

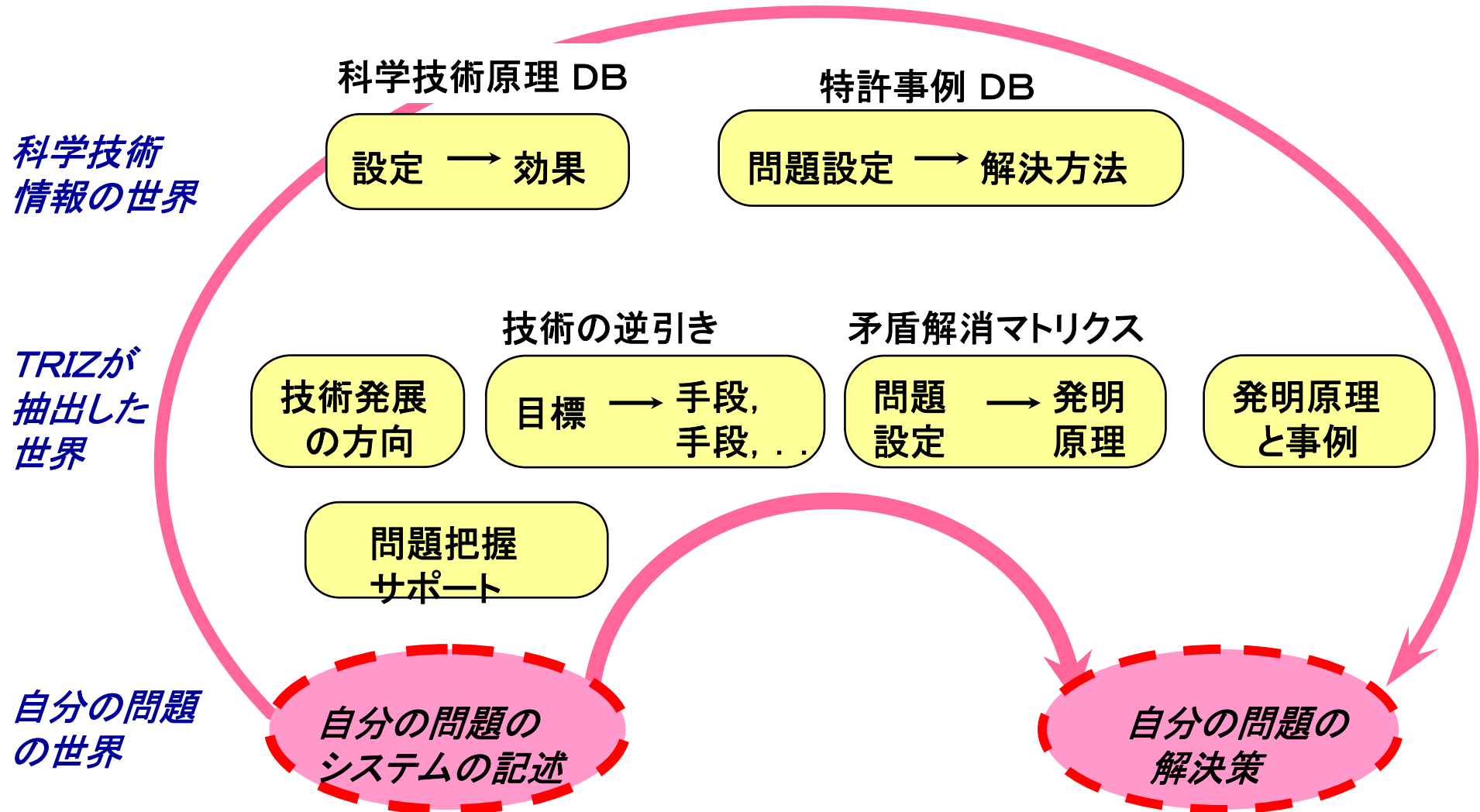
そこで, 創造的問題解決のために,  
TRIZは弁証法的な思考を提供する  
すなわち,  
問題をシステムとして理解し,  
理想解を最初にイメージし,  
矛盾を解決すること



## (2) TRIZの知識ベース

中川 徹 (1997.11)

### TRIZによる問題解決の概念図





# 「物理的効果」の知識ベース

自然法則・現象・効果など

技術的な 素子・手段・装置・工夫など

「物理・化学・数学的な効果集」「Effects データベース」

他の科学技術分野、他の産業分野 からの 知識の導入に有効。

Invention Machine 社 による 蓄積が大きい。

現在 9000 件 余り。

原理とその適用事例集。

特許・技術文書の自動的な意味解析ツールも開発。

# 「機能目標から実現手段を探す」知識ベース

## 西側のアプローチ:

科学技術（設定→効果）の知識ベースを「逆引き検索」する。  
毎回個別の検索が必要。「逆引き索引」は人間向きでない。  
逆引き結果が体系化されない。

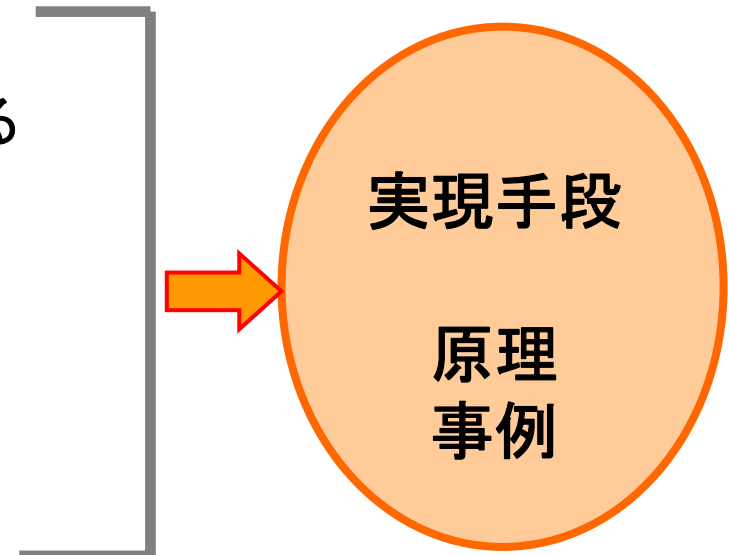
## TRIZのアプローチ:

機能目標そのものを階層的に体系化する。

物質を 生成する 形成する 相が変化する  
移動する 蓄積する 結合する 分離する  
排除する 保持する 検出する

パラメータを: 安定させる 増大させる  
減少させる 変化させる 測定する

場を: 生成する 蓄積する  
防止する 検出する



**事例: Umakant Mishra著 (インド)**

**“TRIZ Principles for Information Technologies”  
『IT技術のためのTRIZ発明原理』**

Technical Innovation Center, ドラフト版、2007年4月、355頁。

**『IT/ソフトのための革新/改良アイデア集 - TRIZの発明原理で分類した』**

IT 分野 (一部ハード関連、大部分ソフト関連) における、  
技術革新あるいは改良のさまざまなアイデアを集めたもの。

アイデアの簡単な記述 (各1~3行) 1000項目

特許事例 (各10~20行) 100件

技術事例 (各10~20行) 100件

すべてをTRIZの40の発明原理の観点から分類し、その順に並べている。

本体部分は、40の章:

発明原理、サブ原理、サブサブ原理 (キーワード) ... の階層的な説明。

**\*\*\* 日本語版翻訳 (中川、庄内他) は完成直前の段階でストップしている。**

## 発明原理 10. 先取り作用

先取り作用は、本来のしごとをする前に、必要な準備をすることを薦める。

必要になる前に、準備行為を部分的/完全に行う、使うだろうものを揃えておく、など。

効用: 製品開発時間を短縮する、製造を容易にする、効率を上げる、  
時間ロスを少なくする、有害な副作用をなくす、など。

情報通信技術 (IT) での例 <== U. Mishra

- ・ データをプレローディングする (より速く表示するために、DB、Web、アニメなどで)
- ・ プリプロセッシング (データの事前処理)
- ・ ディスクスペースの事前チェック
  
- ・ 計画と予算化
- ・ 要求分析
- ・ 設計とモデル化
- ・ プロトタイピング など (要するにソフトウェア工学のプロセスすべて)

# 「技術システムの進化のトレンド」の知識ベース

## 物体の分割のトレンド

例：ベアリングの球 → マイクロボールベアリング

→ 気体軸受け → 磁氣的軸受け

## 可動性の向上のトレンド

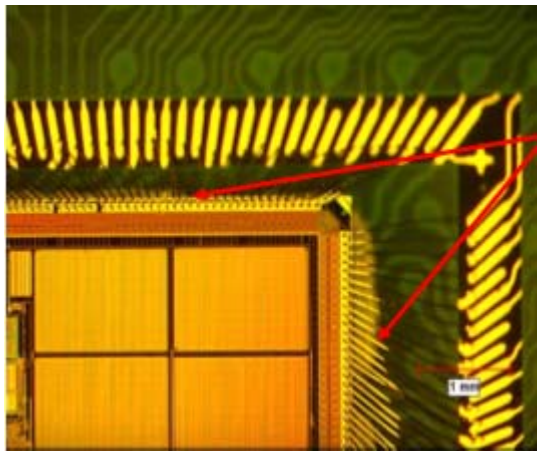
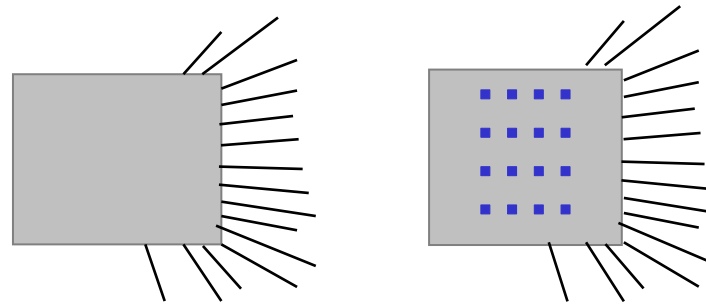
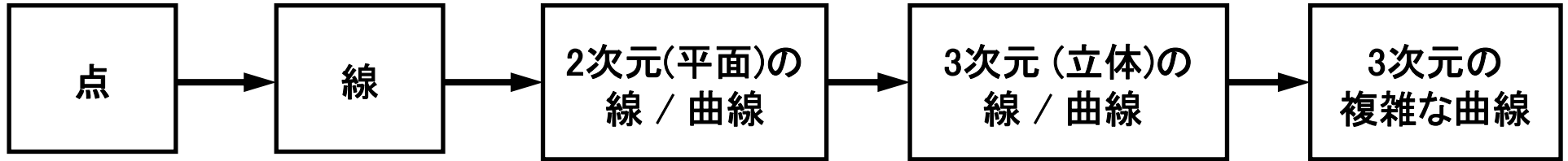
## 単一 - 二重 - 多重 のトレンド

例：単一スピーカ → ステレオ → サラウンドィイグ → 立体音響

35の進化トレンド。 分野・対象を越えたトレンド。  
発展方向の予測に使える。

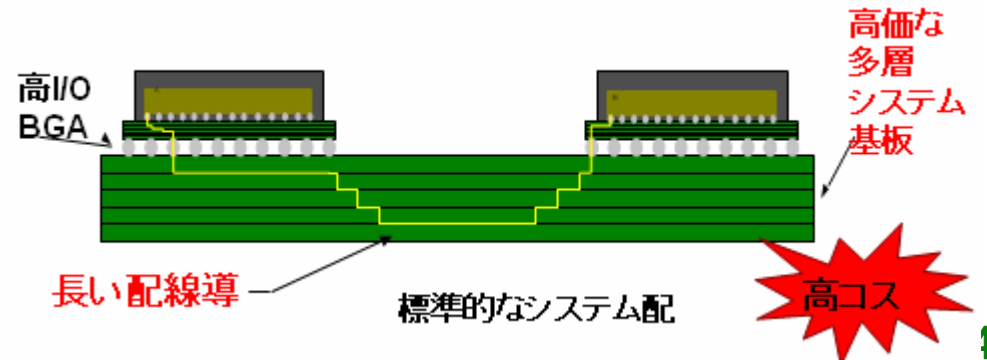
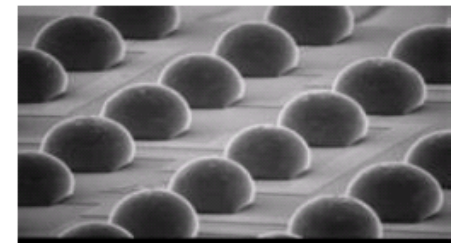
# 事例: 半導体デバイスのワイヤボンディング技術

## 線に関する幾何学的進化のトレンド



現在のワイヤボンディング法:  
絶縁していない  
=> 接触を避けて周辺部のみ

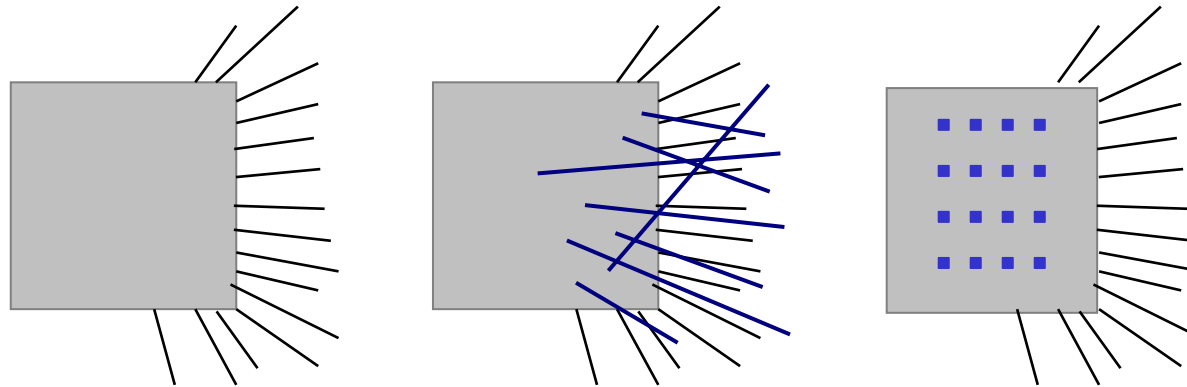
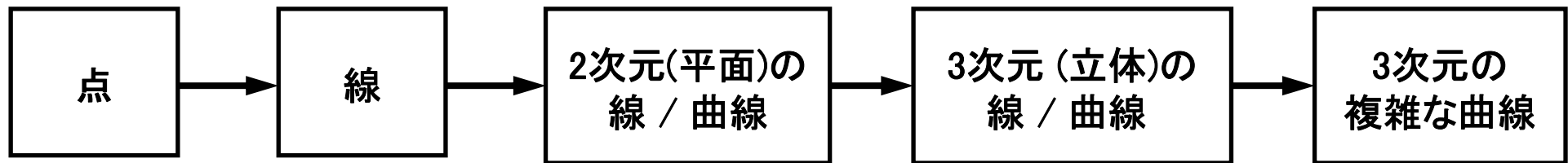
現在の高度技術:  
Area Array Flip Chip



G. Ladewig & R. Lyn (Microbonds、カナダ)

TRIZCON2007 発表論文: 2007. 4.23-25、Louisville、米

## 線に関する幾何学的進化のトレンド



絶縁なし

平面上でのより複雑で、  
自由で、稠密な配線

この段階をスキップしている。

# 絶縁ワイヤボンディング法 (X-Wire)

Microbonds Inc. カナダ

厚さ  $1\mu\text{m}$  の絶縁コート  
金 ワイヤ

従来のワイヤボンディング  
装置の部品を取り替える

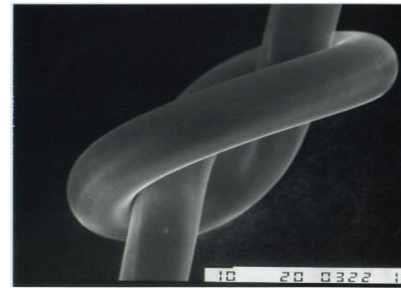


Fig. 1: (半径 0.5 ミリインチ)

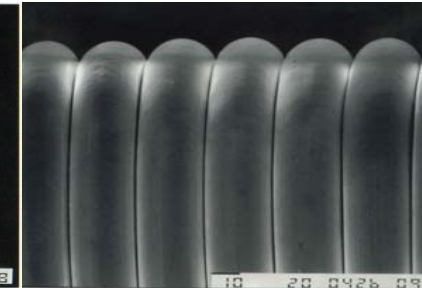
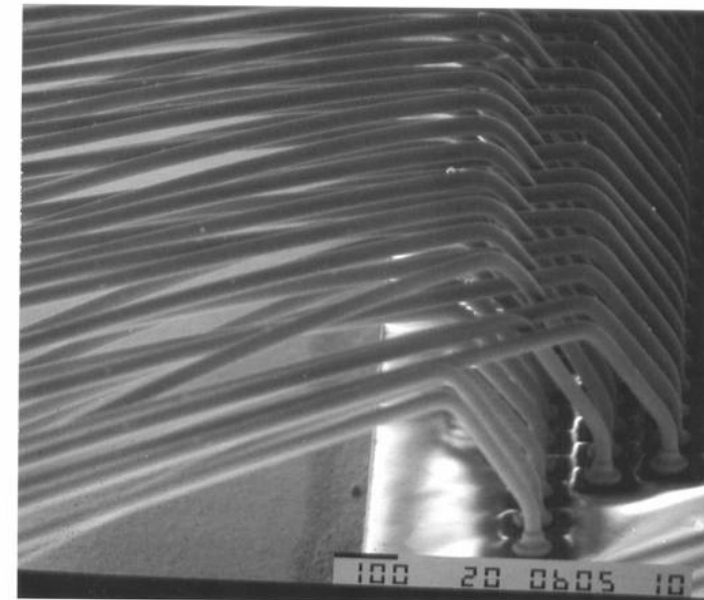
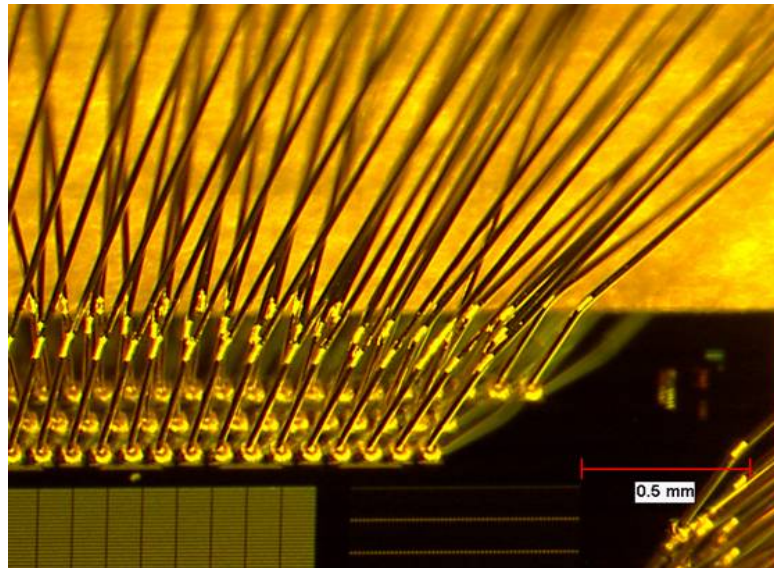


Fig. 2: (半径 2.5 ミリインチ)



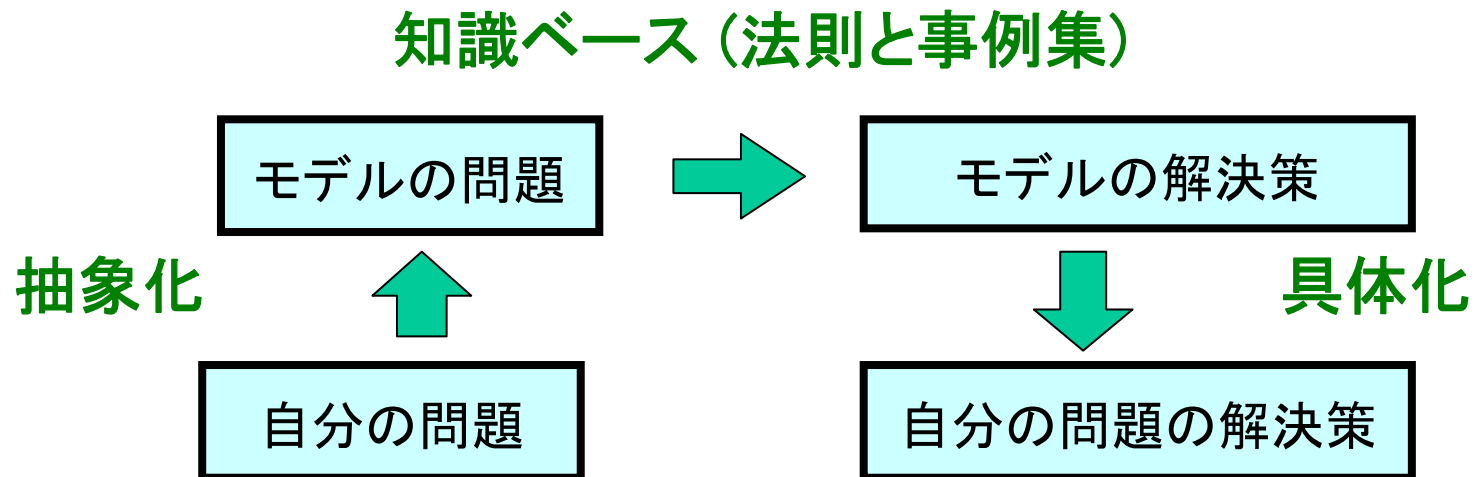
X-Wire 技術の効用 ==> 革新の連鎖反応 (Super Effects)



# (3) TRIZにおける問題解決の考え方 (技法)

## TRIZの問題解決の基本モデル

### 1. 一般化モデル



2. 問題をシステムとして捉える
3. 「理想解」を先に考える
4. 「矛盾」を突き詰め, ブレークスルー

## TRIZ (+USIT) の考え方 (1) 「システムとして考える」方法

- 「問題の体系」を考え、解くべき問題を明確にする。
- 問題の技術システムの上位/下位システムを考え、  
過去・現在・未来について、技術進化のトレンドを用いて考察。  
(「9画面法」)
- 技術システムを、「オブジェクト－属性(性質)－機能」で分析する。
- 問題のシステムの「機能分析」を行う。  
不十分/有害な機能にも注目する。
- 問題のメカニズムを考察し、根本原因(あるいは根本矛盾)を探り、  
関与する諸属性(性質)を明らかにする。(「属性分析」)
- 問題と技術システムの、空間および時間に関わる特徴を明確にする。

## TRIZ (+USIT) の考え方 (2) 「最初に理想をイメージする」方法

- 「究極の理想」= 「コストも害もなしに、望む効用が得られる」  
これから次第に戻ってきながら実現する方法を考える。
- 望む結果が「ひとりでに」得られることを考える。
- 「賢い小人達」あるいは「魔法のParticles」といったものが、  
望む結果(効果)を実現してくれていると考えることにより、  
望ましい行動と望ましい性質を考察し、  
それらを技術の言葉に置き換え直して考える。
- 上記の諸方法を活用して、  
望ましい解決策(の目標)を階層的に体系化して示す。

## TRIZ (+USIT) の考え方 (3) 「矛盾を解決する」思考法

- 一つの面を改良しようとするすると別の面が悪化するという「**技術的矛盾**」と捉えて、「**矛盾マトリックス**」を使って発明原理の推奨を得る。
- システムの一つの面に対して、正・逆の対立する要求が同時にあるという「**物理的矛盾**」と捉えて、その矛盾を「**分離原理**」を使って解決する。

# USITの解決策生成法 の体系 と 使い方

TRIZのすべての解法をばらして、再編成した

中川徹・古謝秀明・三原祐治 (ETRIA 2002)

## TRIZの解決策生成法

解法集:

40の「発明原理」

76の「発明標準解」

35の「技術進化のトレンド」

個別原理:

分離原理

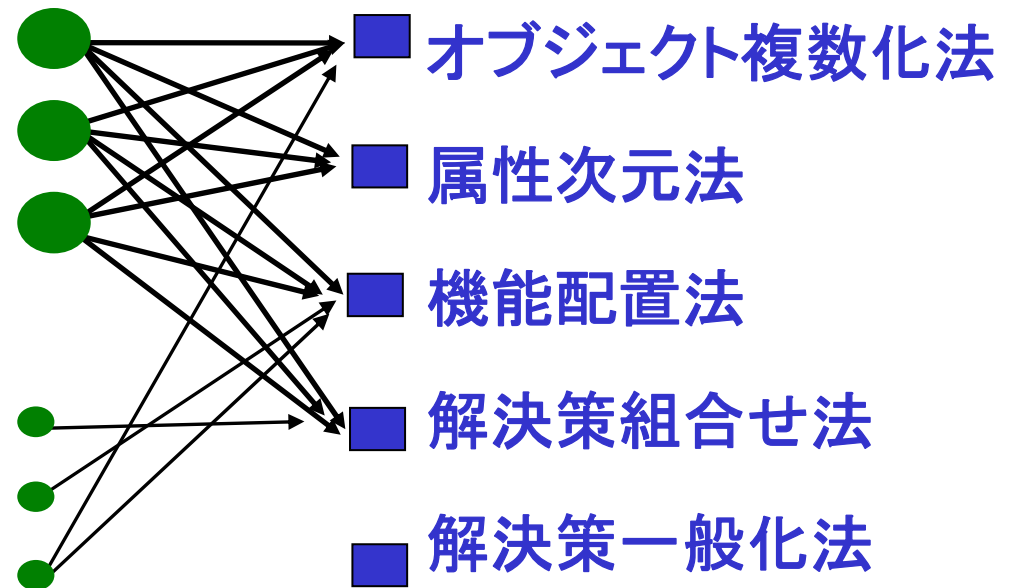
Self-X原理

トリミング



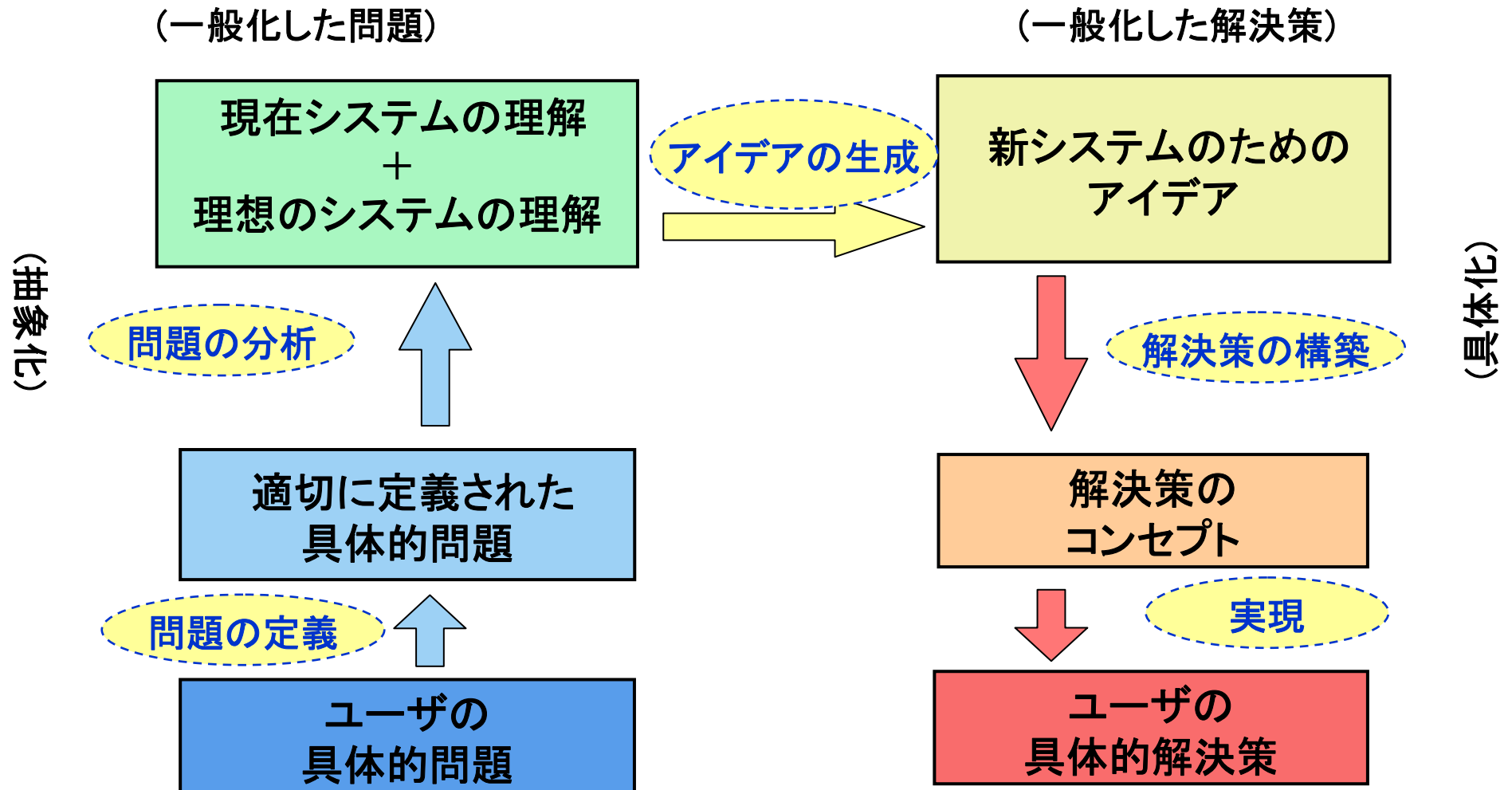
## 「USIT オペレータ」

(5種 32サブ解法)



# 創造的問題解決の新しい方式 (USITの「6箱方式」)

「類比思考」のあいまいさがなくなった!!



# USITの全体プロセス (フローチャート)

改良: 中川  
2005. 3

問題定義

問題を定義する (根本原因を推定)

問題  
分析

現行システムの機能と属性を分析する

空間・時間特性を分析する

理想のイメージの行動と性質を分析する

解決策  
生成

オブジェクトを  
複数化する

属性を次元的に  
変化させる

機能を  
再配置する

解決策を組み合せる

解決策を一般化する

解決策コンセプトを構成する

(実現) (USIT 外)

(解決策を実現する)

# TRIZ (USIT) による問題解決のプロセス

## USITにおける問題定義の段階

グループで問題提案者が問題の状況を説明したのち、  
グループで討議のうえ、つぎの項目を明確に記述する。

- a. **望ましくない効果**： 最も重要なもの一つに絞る
- b. **問題宣言文**： 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  
問題のメカニズムが分かるように
- d. **根本原因**： 問題を生じている根本の原因を記述  
(問題のメカニズムの理解を深める)
- e. **最小限のオブジェクト群**： システムを構成するオブジェクトを列挙  
した後、問題を必要最小限に絞る



## USITの適用例D: 「額縁掛けの問題」

問題定義段階: 「適切に定義された問題」にする。

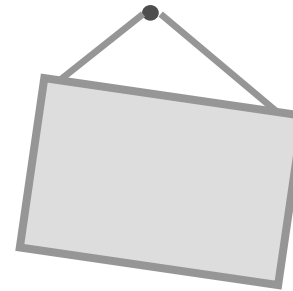
(1) 望ましくない効果

額縁がいつの間にか傾く

(2) 問題宣言文  
(1～2行で書く)

通常 of 額縁掛け (釘1本, 紐1本, フック2本) を改良して、傾かない方法を作れ。

(3) 問題状況の  
簡潔なスケッチ



(4) 考えられる根本原因  
(複数でよい)

額縁の重心のずれ、壁からの振動、紐が釘のところで滑る、

(5) 関連する最小限の  
オブジェクト群

額縁、フック2、紐、釘、壁

# USITにおける問題分析の段階

[ 2004.12. 中川 ]

現行システム  
を分析する

[閉世界法]

機能の関係を図にする [閉世界ダイアグラム]

関連する属性を列挙する [定性変化グラフ]

空間と時間の  
特性を理解する

空間・時間特性の分析

理想のイメージを  
分析する

[Particles 法]

理想の結果のイメージを描く

魔法のParticlesを描く

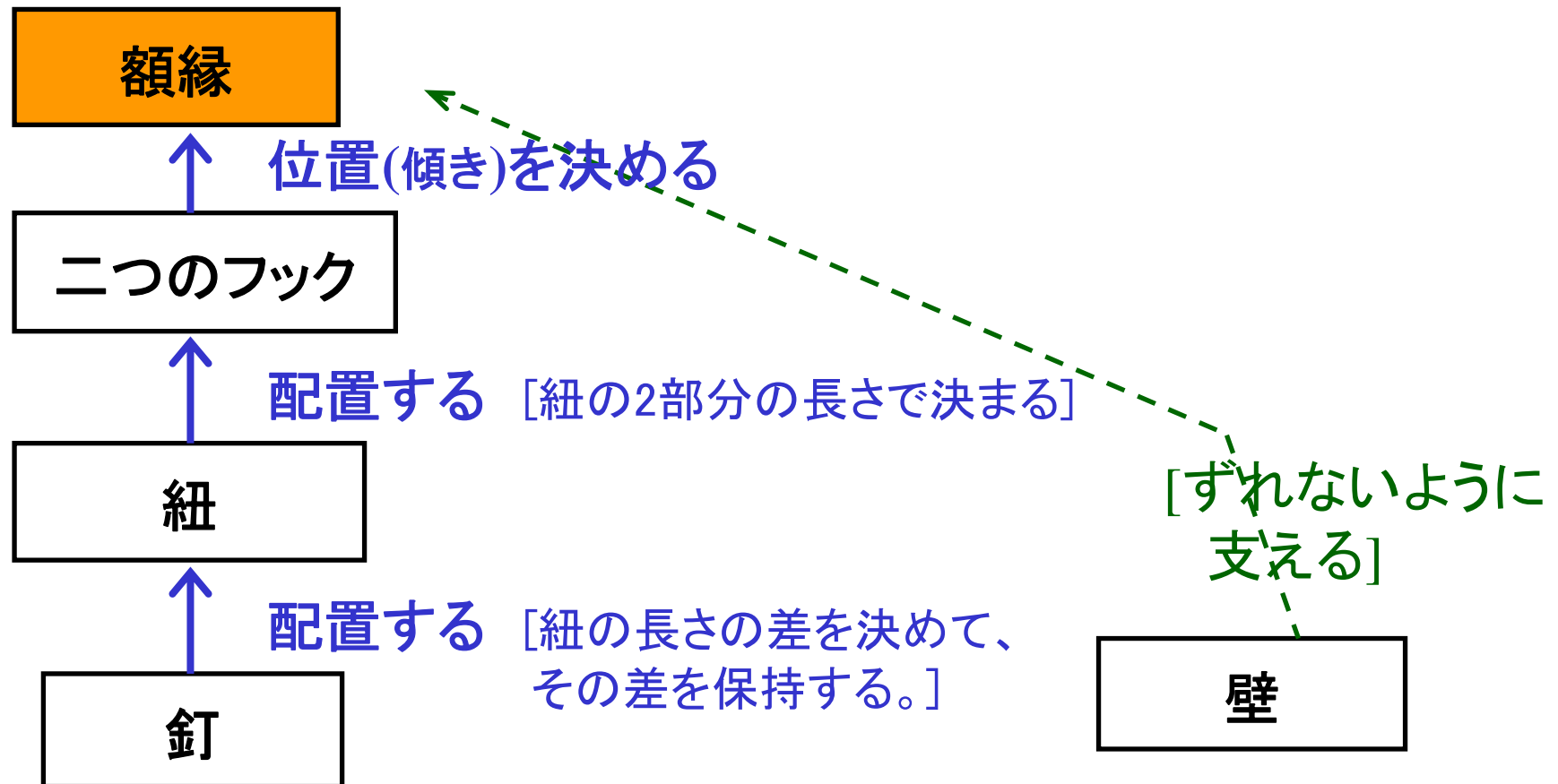
Particlesに託す行動を記述する

Particlesが持っているよい性質を列挙する

# USITにおける機能分析 適用例: 額縁掛けの問題

[中川 2009. 3. 4 修正]

現在の額縁掛けのシステムで、傾かなく掛けるためのしくみ



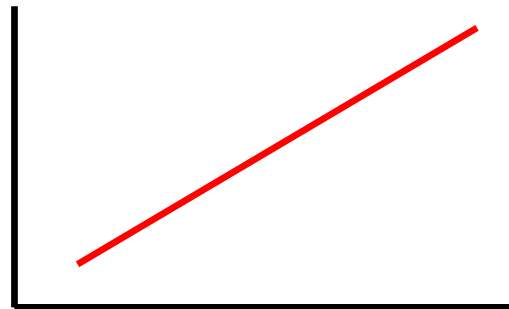
# USITにおける属性分析 定性変化グラフを作る

悪い効果:

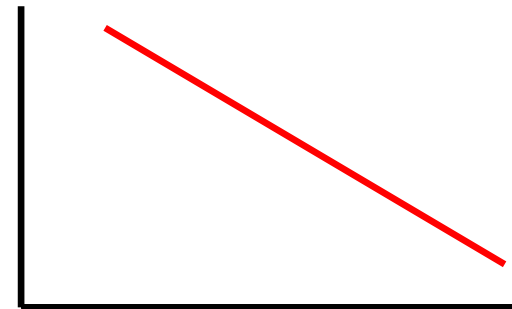
(増大関係)

(減少関係)

額縁の  
傾きやすさ



オブジェクトと属性



オブジェクトと属性

額縁の 重心のずれ  
額縁の 形状の非対称

フックの 対称位置からのずれ  
フックの 形状の歪み

壁 からの 振動

壁と額縁底辺の 摩擦

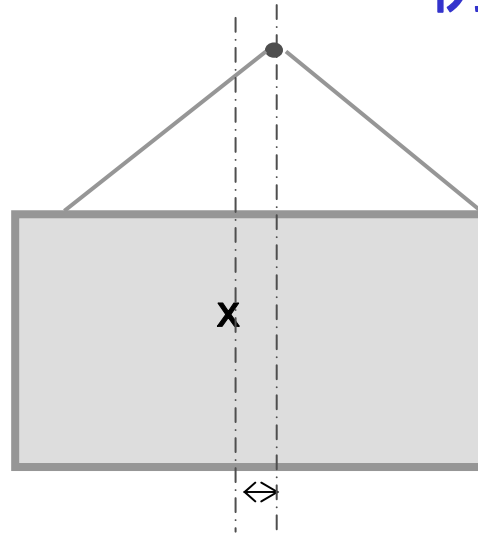
釘と紐の 摩擦

フックの 位置調整属性

# USIT法における空間・時間特性の分析

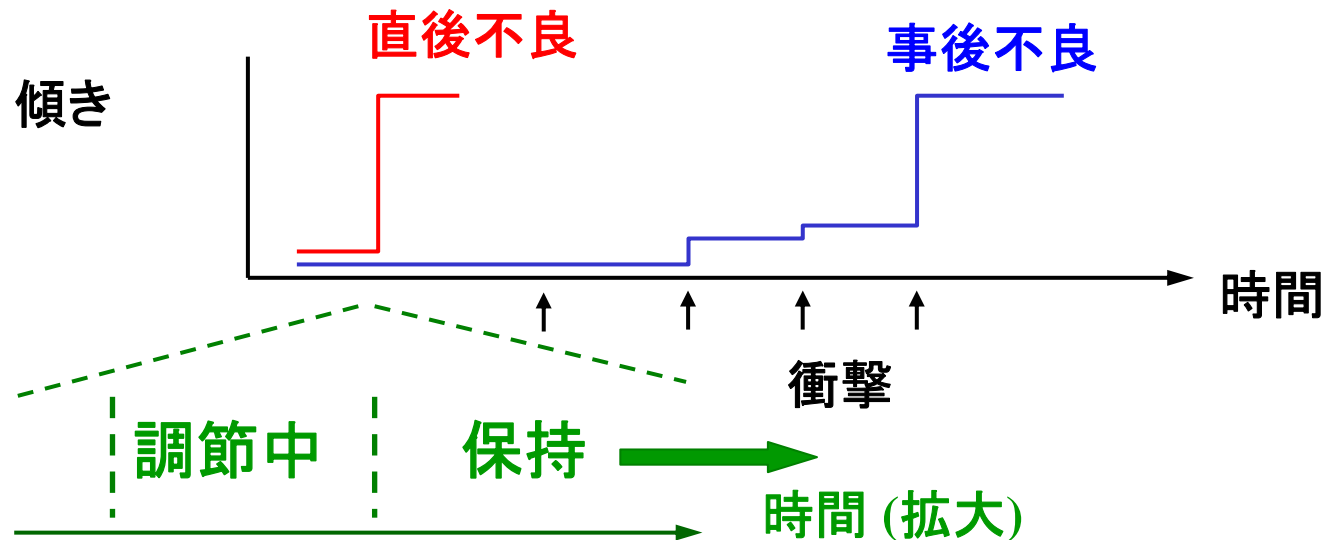
例: 「額縁掛けの問題」

空間特性:



ひもが作る二等辺三角形の  
垂線と  
額縁の重心とのずれ

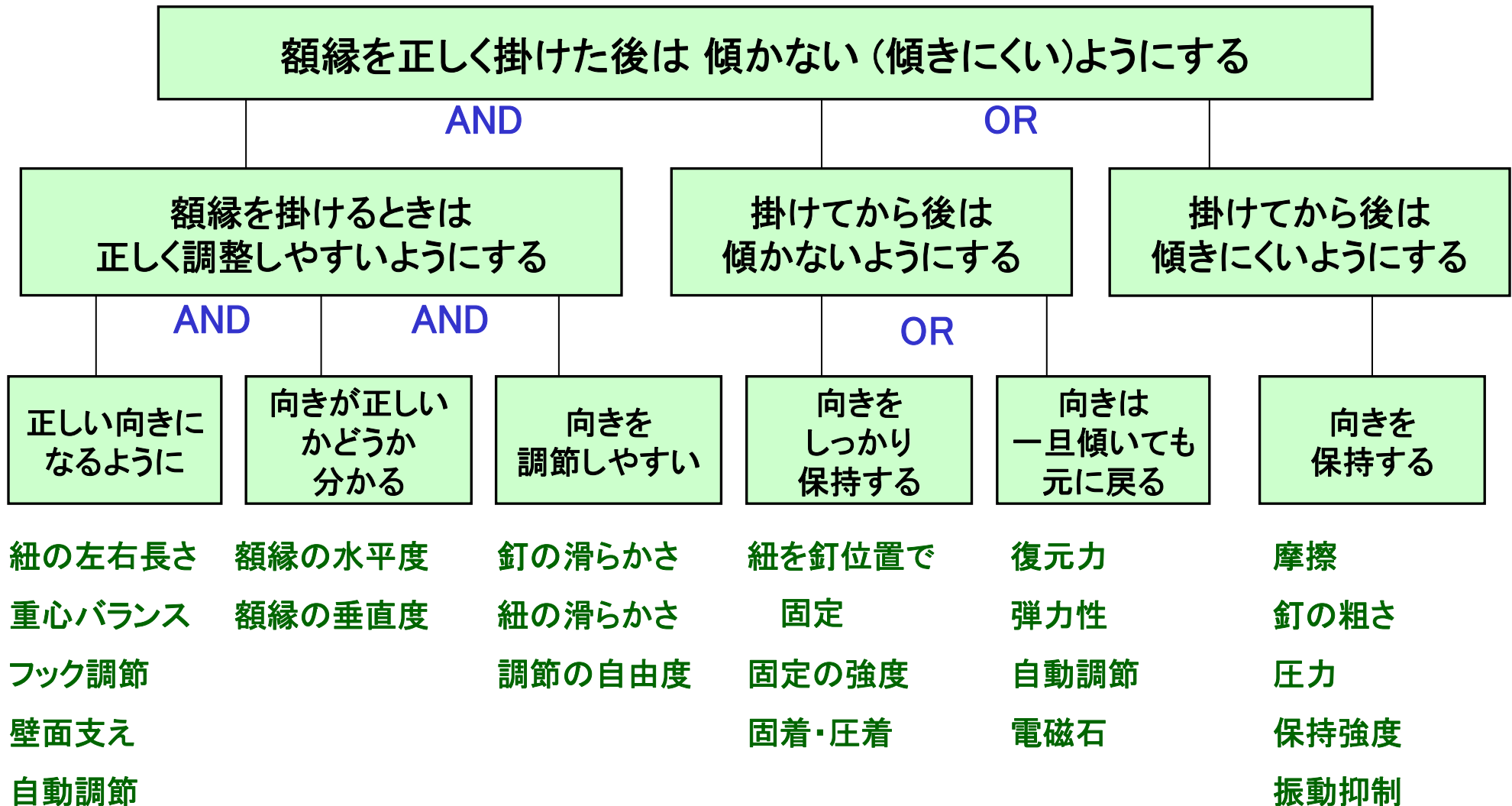
時間特性: 傾き



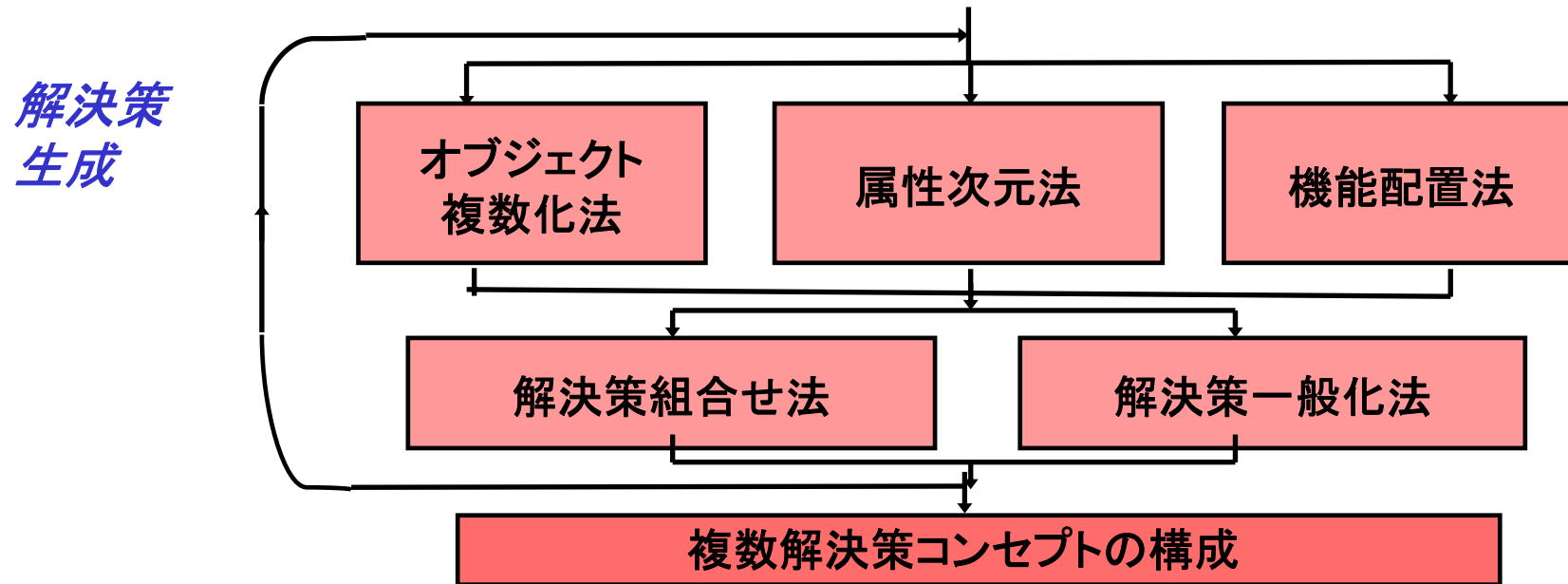
# 理想のイメージを作る

[額縁掛けの問題]

(Particles法の行動-性質ダイアグラム)



# USIT における 解決策生成: 「USITオペレータ」



各方法は「オペレータ」。繰り返し, さまざまな対象に適用する。


オブジェクト	を	複数にする	(0, 2, 3, ... $\infty$ , 1/2, 1/3, ... 1/ $\infty$ , ...)
属性	を	次元に関して変化させる	
機能	を	再配置する	
解決策の対	を	組み合わせる	
解決策	を	一般化する	

# USIT 解決策生成法 一覧表


# 「USITオペレータ」

中川・古謝・三原  
(2002年)


## 1) オブジェクト複数化法

- a. 消去する
- b. 多数 (2, 3, ...,  $\infty$ 個) に
- c. 分割 (1/2, 1/3, ... 1/ $\infty$  ずつ)
- d. 複数をまとめて一つに
- e. 新規導入/変容  KB
- f. 環境から導入
- g. 固体から, 粉体, 液体, 気体 へ

## 2) 属性次元法

- a. 有害属性を使わない
- b. 有用な属性を使う  KB
- c. 有用を強調, 有害を抑制
- d. 空間属性を導入,  
属性(値)を空間変化
- e. 時間属性を導入,  
属性(値)を時間変化
- f. 相を変える, 内部構造を変える
- g. ミクロレベルの属性
- h. システム全体の性質・機能

## 3) 機能配置法

- a. 機能を別オブジェクトに
- b. 複合機能を分割、分担
- c. 二つの機能を統合
- d. 新機能を導入  KB
- e. 機能を空間的変化, 移動/振動
- f. 機能を時間的に変化
- g. 検出・測定 of 機能
- h. 適応・調整・制御 of 機能
- i. 別の物理原理で

## 4) 解決策組み合わせ法

- a. 機能的に 組み合わせる
- b. 空間的に
- c. 時間的に
- d. 構造的に
- e. 原理レベルで
- f. スーパーシステムに移行

## 5) 解決策一般化法

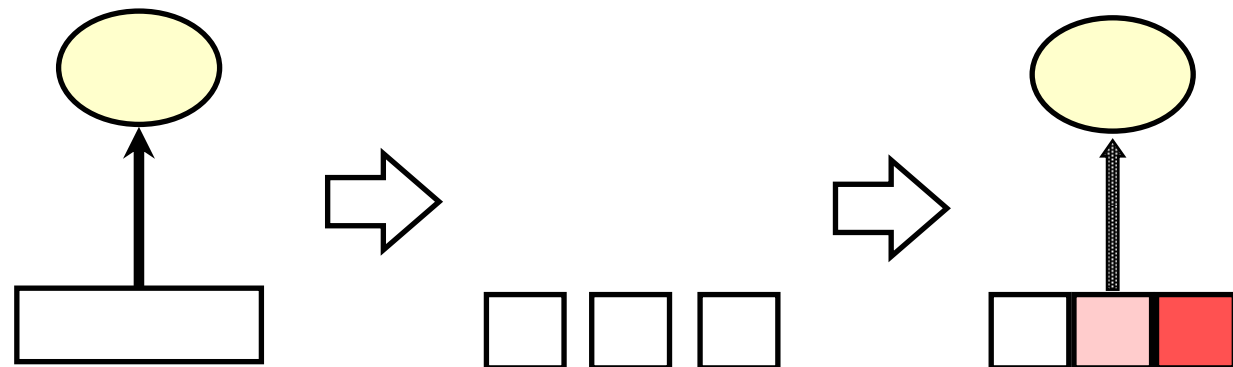
- a. 用語の一般化と具体化
- b. 解決策の階層的な体系



(1c) そのオブジェクトを, 分割 (1/2, 1/3, ...1/∞ ずつ)する。

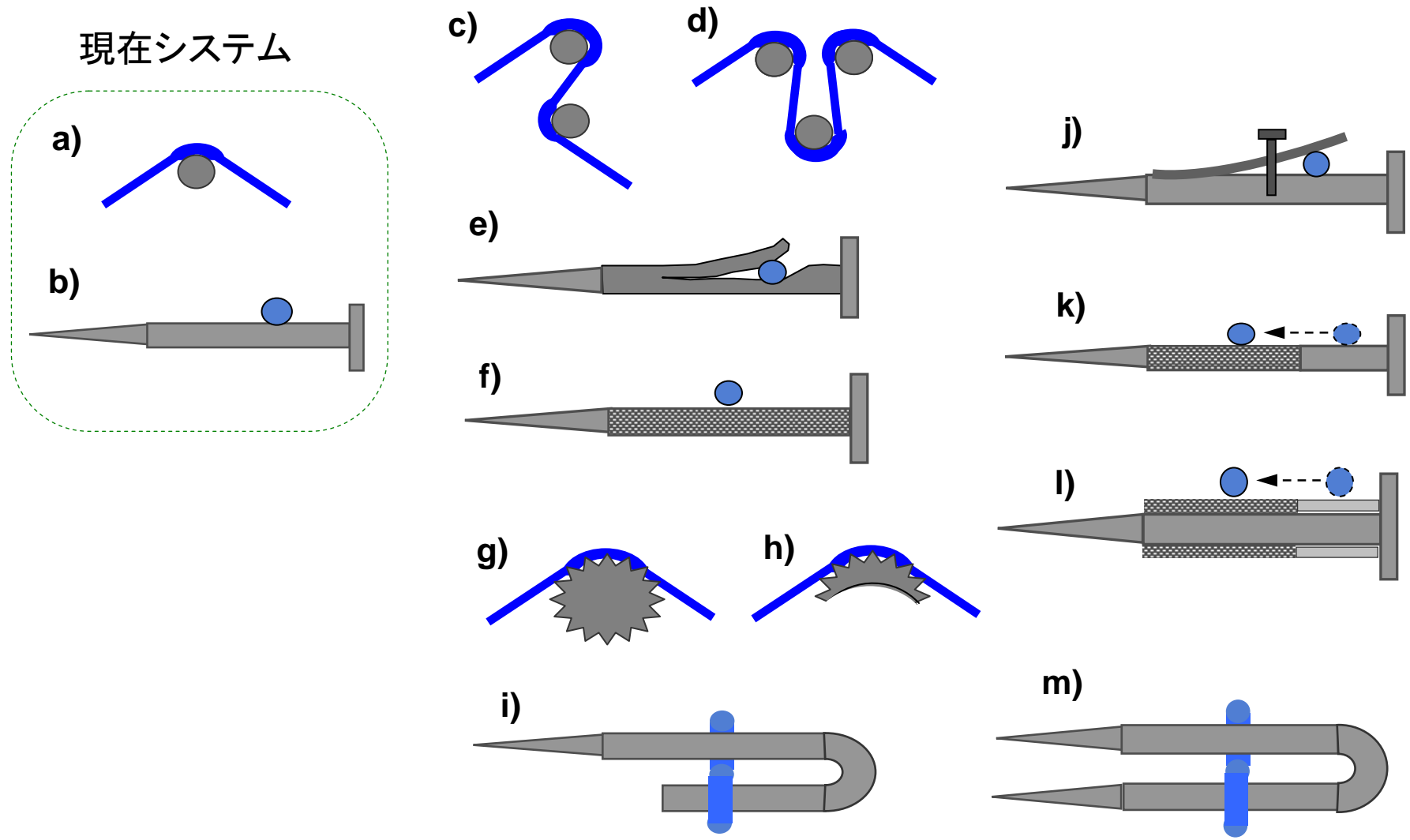
現在のオブジェクトを複数の部分に分割し,  
 分割した部分部分に  
 (少しずつ, 互いに異なる) 変更を加えて,  
 再統合して一緒に用いる。

- P1 分割
- P2 分離
- P3 局所的性質
- P15 ダイナミック性



# USITの解決策生成オペレータを作用させた例（部分）

「額縁掛けの問題」で、「釘」にオブジェクト複数化法と属性次元法を作用させた。



## 適用例: 額縁掛けの問題 (「傾きにくい額縁掛けキットを作れ」)

解決策の一例: Sickafus の釘



### (a) オブジェクト複数化法:

「釘」オブジェクトを半分ずつにして、性質を変えて統合。

### (b) 属性次元法:

釘表面の「滑らかさ」属性の値を、部分によって変えた。

### (c) 機能配置法:

釘の「調節」と「保持」機能を分離し、釘の部分毎に担当させた。

### (d) 解決策組み合わせ法:

釘を滑らかにして調節しやすくする解決策と、

釘の表面を粗くして、傾きにくくさせる解決策とを、

釘の部分を分割することにより組み合わせた。

→ 時間によって組み合わせた。 [これが最も本質的]

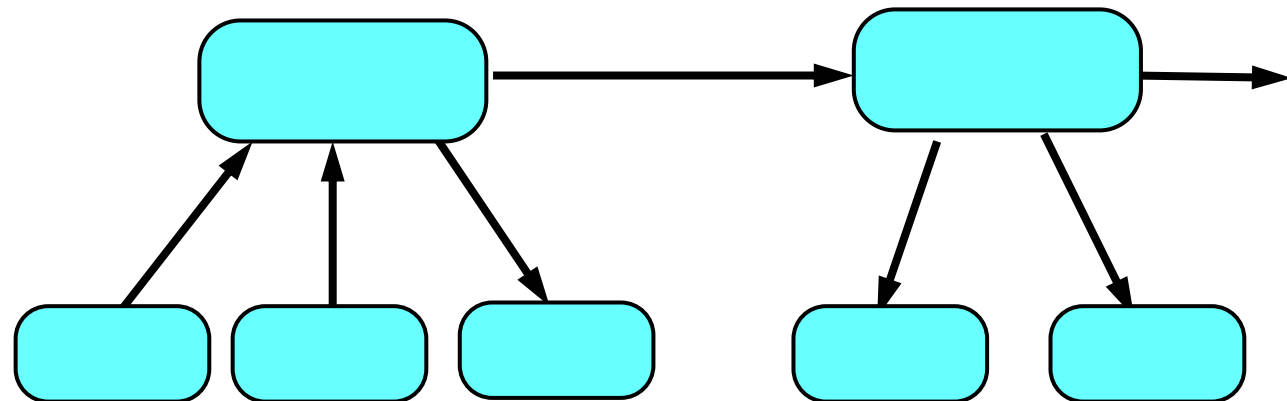
多面的に解釈できる = USITに冗長性があり、適用しやすい。

(5a) 用語の一般化と具体化を繰り返し、  
解決策を連想的に膨らませる。

解決策の中の技術的用語を  
一般的・総称的な用語におきかえて、  
解決策の平易な雛形を作り、  
新しい解決策を連想的に考え出すようにする。

H18 一般化

H19 解決策の雛型



## 「解決策生成段階」の進め方（3セッションで実行）

- (1) これまでに得た解決策のアイデアをすべて書き出す。(ポストイット用紙に)  
特に、Particles法、空間・時間特性分析の結果を参考にするとよい。  
書き出したのを模造紙に貼り、発案者が説明する。  
それを参考にして、またアイデアを作る。

-- 全体討論・指導 --

- (2) アイデアを階層的に体系化する。(Particles法のものをベースに改良する)  
各アイデアを一般化して考え、その本質を考える。[解決策一般化法]  
USITオペレータをいくつか意図的に使ってみる。

-- 全体討論・指導 --

- (3) 全アイデアを簡単に評価し、「有望・重要」と思われるもの数件を選ぶ。  
そのアイデアを明確化・補強し、副次的問題の解決を考える。  
=> 「解決策のコンセプト」(数件) を作り上げる。

-- 全体討論・指導 --