

TRIZ & TM & シミュレーションによるコマの開発 ～全日本製造業コマ大戦への挑戦～



株式会社アイデア 片桐 朝彦

SWCN: Solid Works Club of Nagano

CONTENTS

はじめに	03
SWCNと『全日本製造業コマ大戦』	04
第1段階：システムの把握	07
・機能-属性分析	08
・原因-結果分析	11
・課題の抽出	12
第2段階：問題の定義とアイデア出し	
・矛盾の定義→発明原理の適用	13
・進化パターンの適用	19
第3段階：タグチメソッド	22
第4段階：シミュレーション	28
まとめ	29



はじめに

今まで経験したことの無い技術分野において、
競争力の高い製品を、短期間で開発しなければならない時、
あなたはどのようにアプローチしますか？

TRIZ

CAE
シミュレーション

タグチメソッド
パラメーター設計

『全日本製造業コマ大戦』という新しく誕生した技術分野において、
TRIZ、タグチメソッド、CAE
を駆使したSWCNの取り組みをご紹介します。



SWCN (Solid Works Club of Nagano)

会社の枠を超えた、異業種交流会・・・

会のコンセプト「5give 1take」「Smile & Enjoy」



SolidWorks User Group Network

<http://swcn.web.fc2.com/nh/index.html>



SWCNの紹介

主な活動

- 2009年 7月：First Impact ユーザーのユーザーによるユーザーのためのイベント(基調講演、セミナー、他)
- 2010年 7月：2nd Impact
- 2011年 1月：冬セミナー:3次元設計力勉強会
7月：3rd Impact
8月：科学の祭典 上田大会へ出展
- 2012年 7月：4th Impact **コマ大戦信州場所開催**
11月：秋セミナー:「TRIZ・TM・SolidWorks Motion解析に学ぶ最適コマ設計とは」他
- 2013年 7月：5th Impact **コマ大戦県別団体戦開催(信州大学)**
11月：秋セミナー:作らずに創る「全日本製造業コマ大戦への挑戦」他
通年：テクニカルミーティング
- 2014年 1月：大人のHYBRID Free Plane教室/飛行会
7月：6th Impact **コマ大戦信州上田場所開催**
11月：秋セミナー(予定)
通年：テクニカルミーティング



全日本製造業コマ大戦とは

■コマ大戦とは？

全国の中小製造業が自社の誇りを賭けて作成したコマを持ち寄り、一対一で戦う大会です。小さなコマを製造業が本気で設計し、プロの機械を使用して自社の持てる技術を全て注ぎ込み作成します。プロの技が、土俵の上でぶつかり合います。

■どんなルール？

- ・相手のコマよりも長く回り続けた方が勝ち
- ・土俵の外に出たら負け
- ・2連勝した時点で試合終了
- ・勝者は敗者のコマをもらえる
(それまでの戦利品を含み総取り)



第1段階:システムの把握:仕様確認(最新)

コマの仕様

- ・コマの直径は、静止状態で回転軸に対し $\phi 20\text{mm}$ 以下
- ・寸法の確認は、 $\phi 20.001$ の **リングゲージ** により行う
- ・**片方の手の指** だけで回すこと

勝敗

- ・土俵の**外に出る**か、先に**止まって**しまったら負け
- ・土俵との接地面以外の部分が動いていても、接地面が止まっていたら負け
- ・行司が「見合って」の掛け声を掛けた時点より30秒以内に試合を開始できなければ、1敗とする

禁止事項

- ・2か所以上の接地面で回り続けるコマは禁止
- ・回転軸が変わるコマは禁止
- ・部品交換により外形寸法が変わるコマは禁止
- ・受付後競技以外の時間にコマに触ることは禁止
- ・外部からコマの回転を補助・助長するような**補助具の使用は禁止**

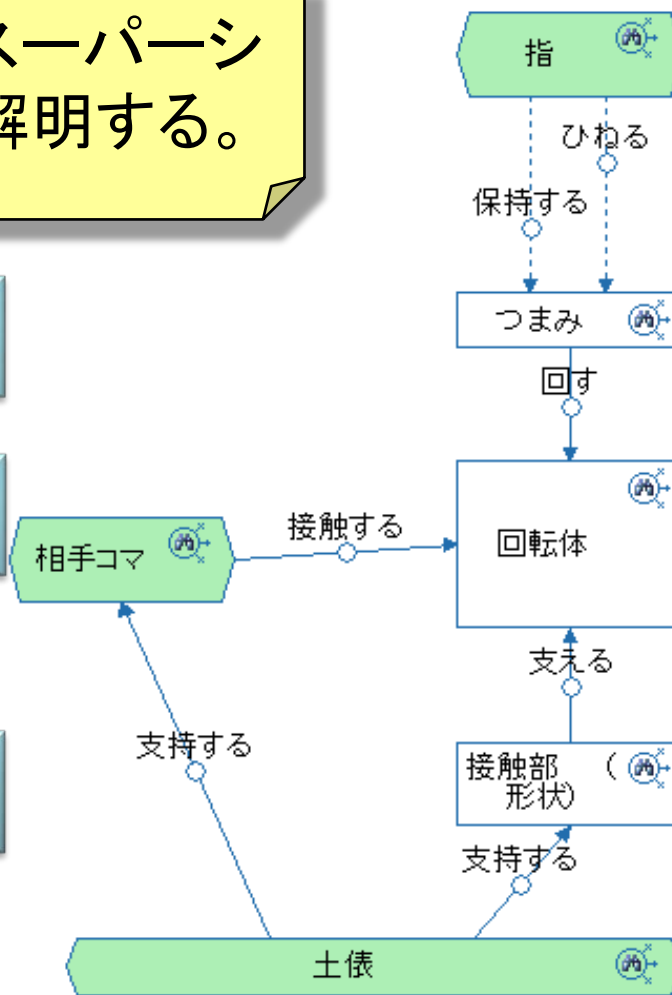
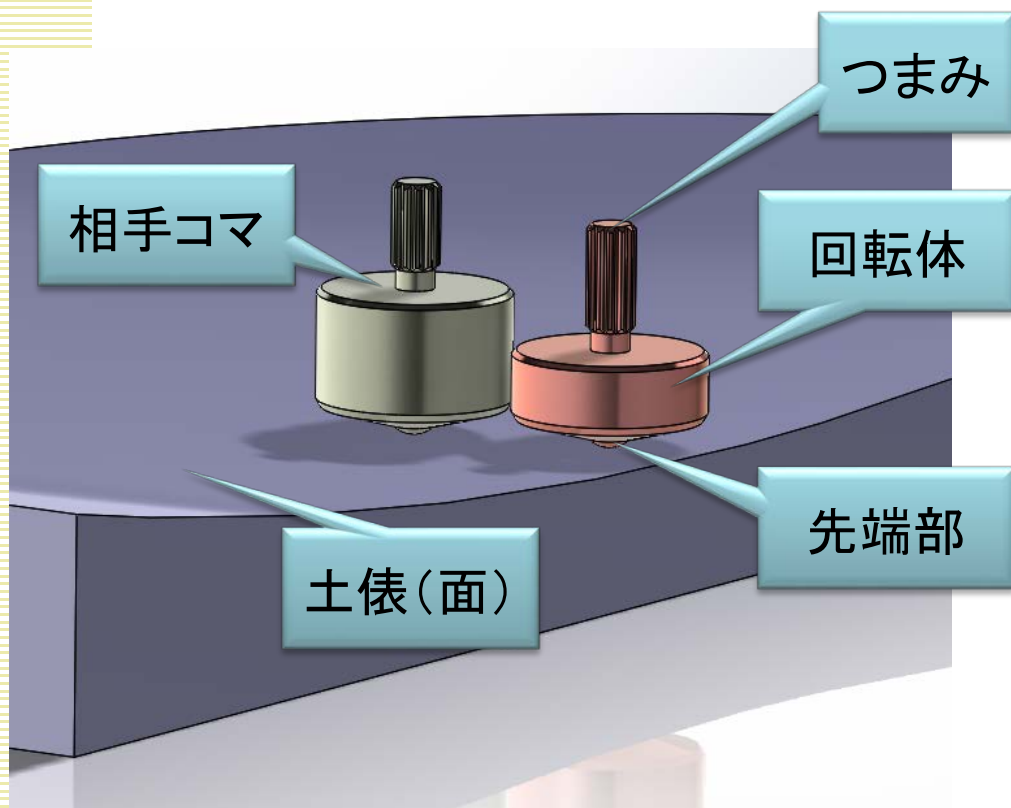
土俵の仕様

$\phi 250\text{mm}$ 凹R700mm ケミカルウッド製



システムの把握①: 機能-属性分析

システムのアウプット、構成要素、スーパーシステムを抽出し、その機能的関係を解明する。



システムの把握①：機能-属性分析

構成要素の抽出
(回転体部分・他)

質量

重心

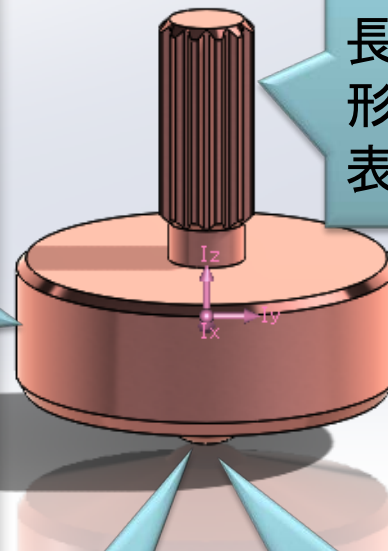
慣性モーメント

コマ2の質量特性: --デフォルト--

コマ2の質量特性:
コンフィギュレーション: デフォルト
座標系: --デフォルト--
密度 = 0.01 grams per cubic millimeter
質量 = 22.09 grams
体積 = 2674.84 cubic millimeters
表面積 = 1282.56 square millimeters
重心: (ミメータ)
X = 0.00
Y = 6.86
Z = 0.00
慣性主要軸と慣性主モーメント: (grams * square millimeters)
重心:
Ix = (0.00, 0.00, 1.00) Px = 799.19
Iy = (1.00, 0.00, 0.00) Py = 799.19
Iz = (0.00, 1.00, 0.00) Pz = 967.76

回転体:
材質
外径
バンク角
形状

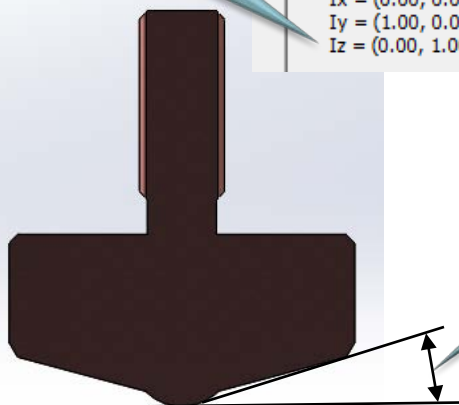
つまみ:
材質
太さ
長さ
形状
表面性状



バンク角

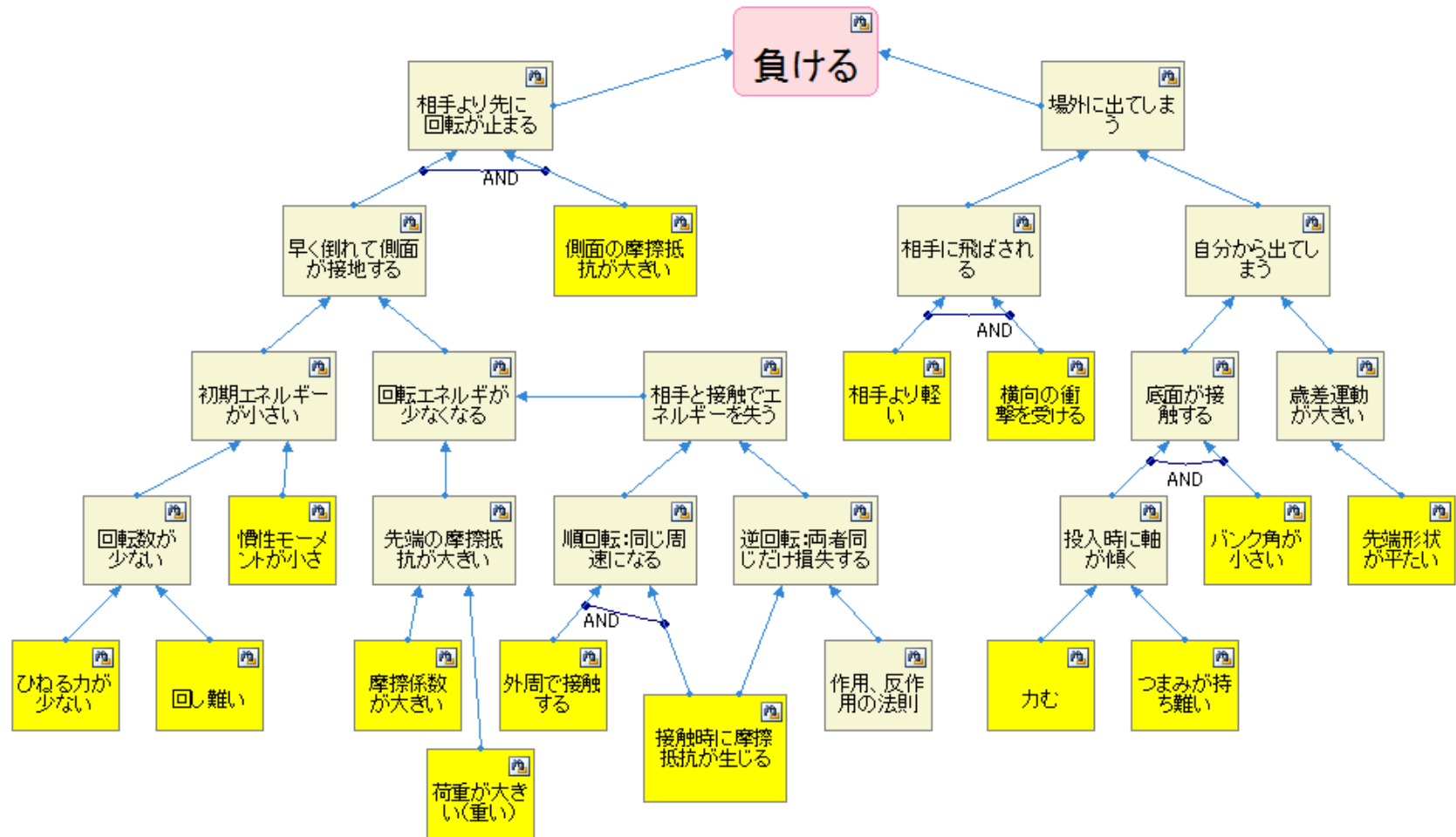
先端部:
材質
摩擦係数
形状

土表面の材質:
塩ビシート



システムの把握②:原因-結果分析

好ましくない結果＝負ける その因果関係を明らかにし、問題解決のための着眼点を網羅する



課題の抽出

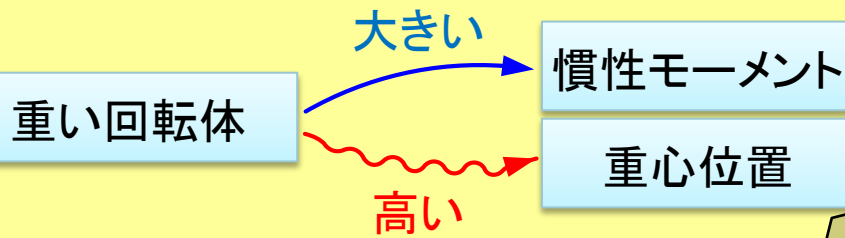
1. 重い回転体は慣性モーメントが大きくなる \Leftrightarrow 重心が高くなってしまう。この矛盾を解決するアイデアは？【矛盾問題】
2. つまみは太い方がトルクがかかる \Leftrightarrow 細いほうが回転数が上がる。この矛盾を解決するアイデアは？【矛盾問題】
3. つまみは長いほうが回しやすい \Leftrightarrow 短いほうが重心が低い。この矛盾を解決するアイデアは？【矛盾問題】
4. バンク角は大きいほうが投入時の軸ぶれによる失投が少ないが、重心が高くなってしまう。【矛盾問題】
5. こま先端は土俵との摩擦を生じ、コマが重いほど摩擦抵抗は大きくなる。重くても摩擦抵抗が少ない方法は？【矛盾問題】
6. コマの回転数を高める方法を考えよう。他に使える資源は？
7. 相手コマの回転エネルギーだけを吸収する方法は？
8. 相手コマの安定性を崩す方法は？
9. 相手コマを一瞬で場外にはじき出す方法は？
10. 相手と接触しない方法、相手の影響を受けない方法は？



矛盾の定義→発明原理(1)

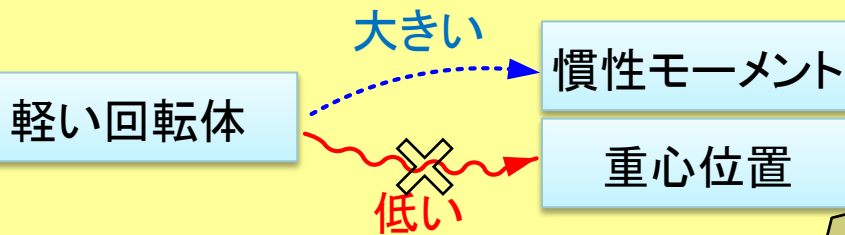
矛盾の定義①回転体の重量
Technical Contradiction

TC-1: 主機能実現による技術的矛盾

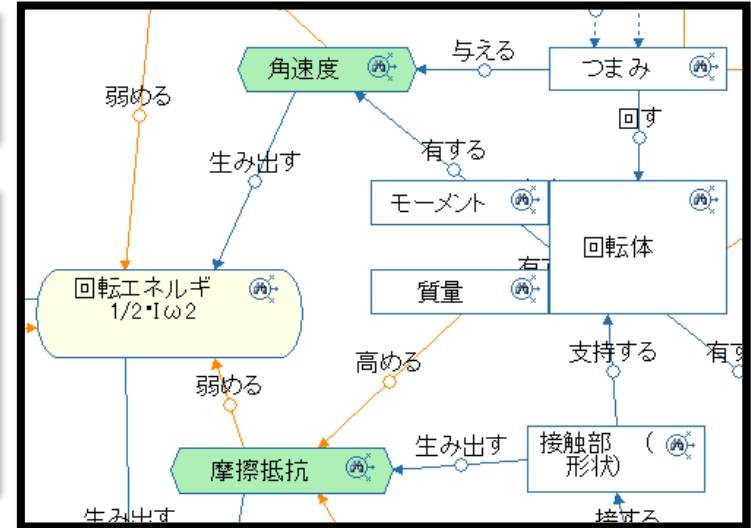


物理的矛盾

TC-2: 有害作用解決における技術的矛盾



改善する特性: 移動物体の重量
悪化する特性: 移動物体の長さ



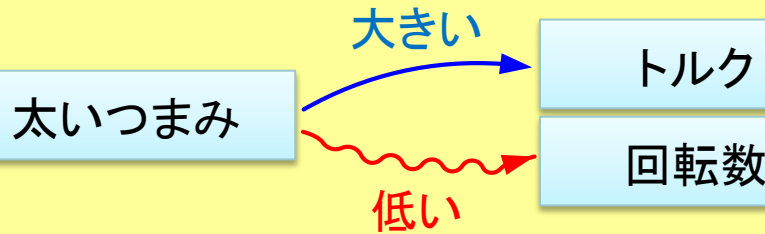
【発明原理】
15: ダイナミック性原理
08: つりあい原理
29: 流体利用原理
34: 排除-再生原理



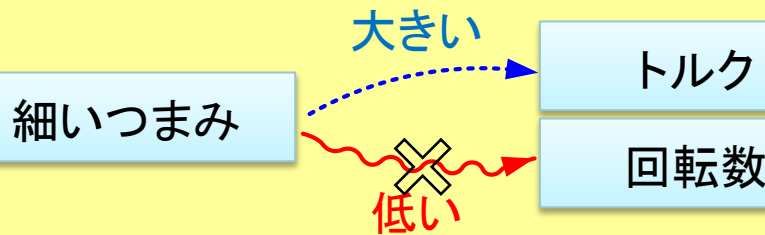
矛盾の定義→発明原理(2)

矛盾の定義②つまみの太さ
Technical Contradiction

TC-1: 主機能実現による技術的矛盾

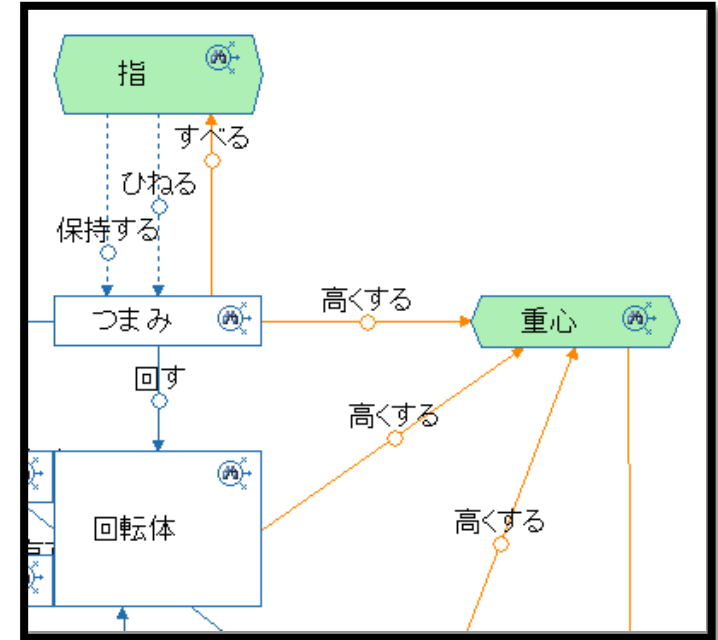


TC-2: 有害作用解決における技術的矛盾



物理的矛盾

改善する特性: パワー
悪化する特性: 速度



【発明原理】

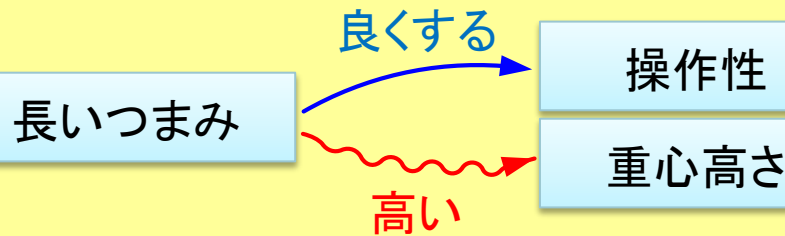
- 13: 逆発想原理
- 28: 機械的システム代替原理
- 15: ダイナミック性原理
- 12: 等ポテンシャル原理



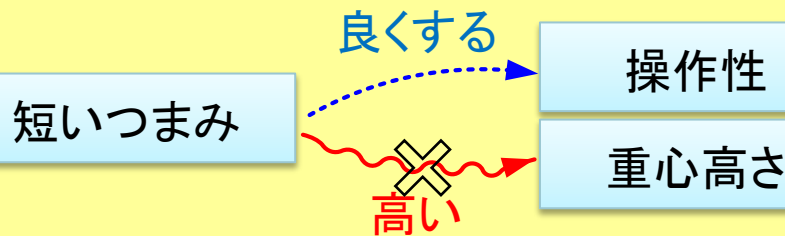
矛盾の定義→発明原理(3)

矛盾の定義③つまみの長さ
Technical Contradiction

TC-1: 主機能実現による技術的矛盾

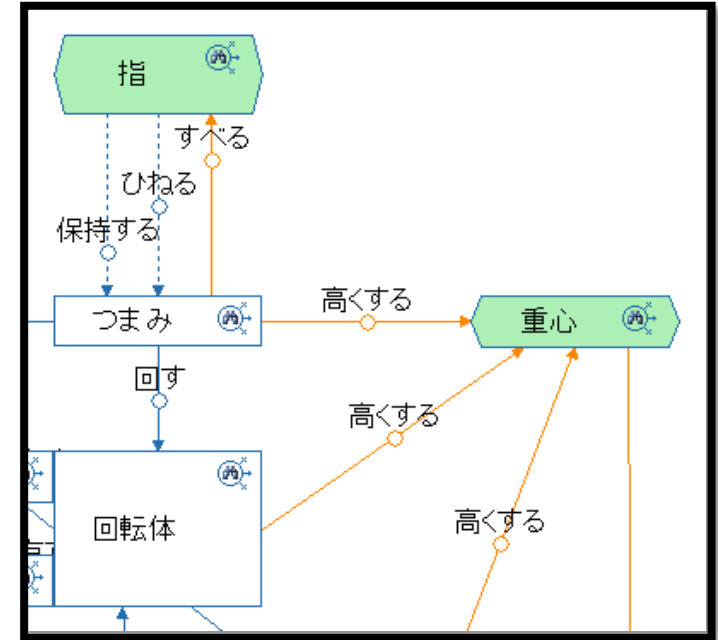


TC-2: 有害作用解決における技術的矛盾



物理的矛盾

改善する特性: 形状
悪化する特性: 静止物体の長さ



【発明原理】

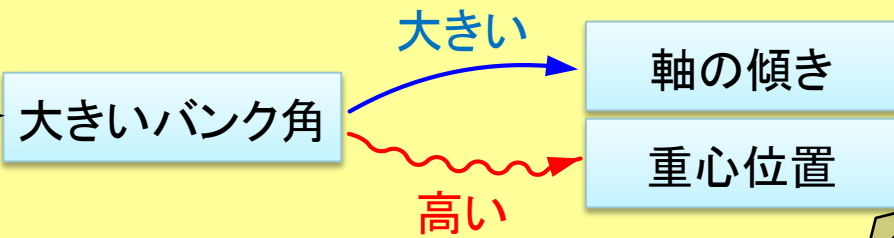
- 13: 逆発想原理
- 28: 曲面原理
- 15: 先取り作用原理
- 12: 入れ子原理



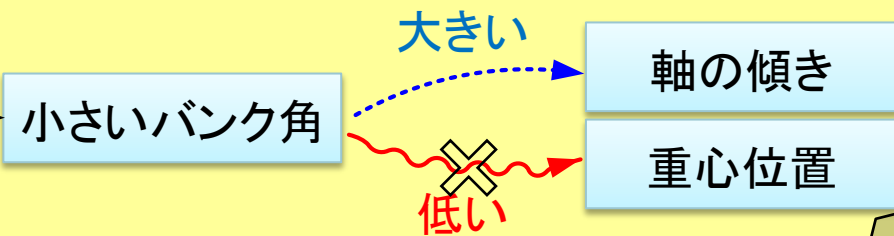
矛盾の定義→発明原理(4)

矛盾の定義④回転体のバンク角
Technical Contradiction

TC-1: 主機能実現による技術的矛盾

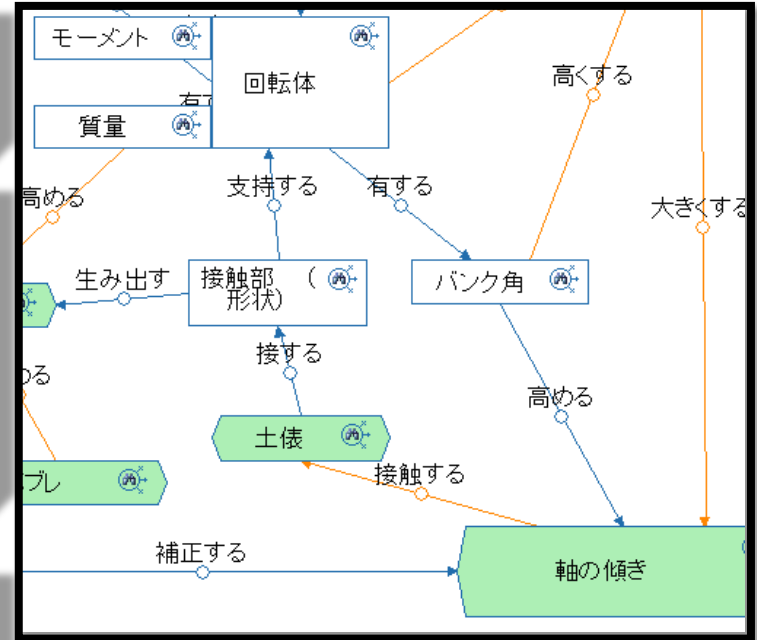


TC-2: 有害作用解決における技術的矛盾



物理的矛盾

改善する特性: 適応性または融通性
悪化する特性: 移動物体の長さ



【発明原理】

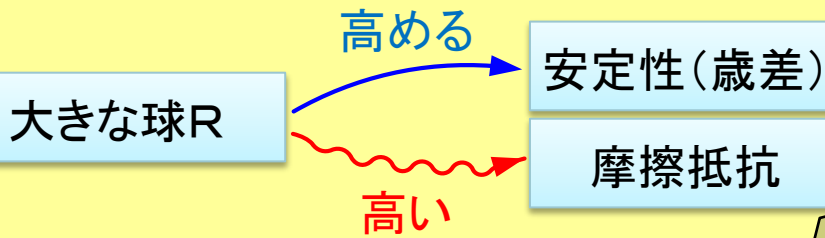
- 35: パラメータ変更原理
- 01: 分割原理
- 29: 流体利用原理
- 02: 分離原理



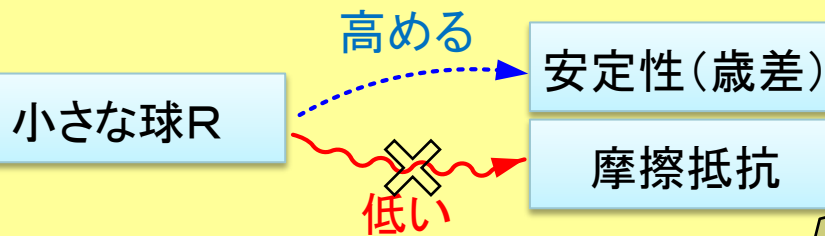
矛盾の定義→発明原理(5)

矛盾の定義⑤接触(先端)部
Technical Contradiction

TC-1: 主機能実現による技術的矛盾

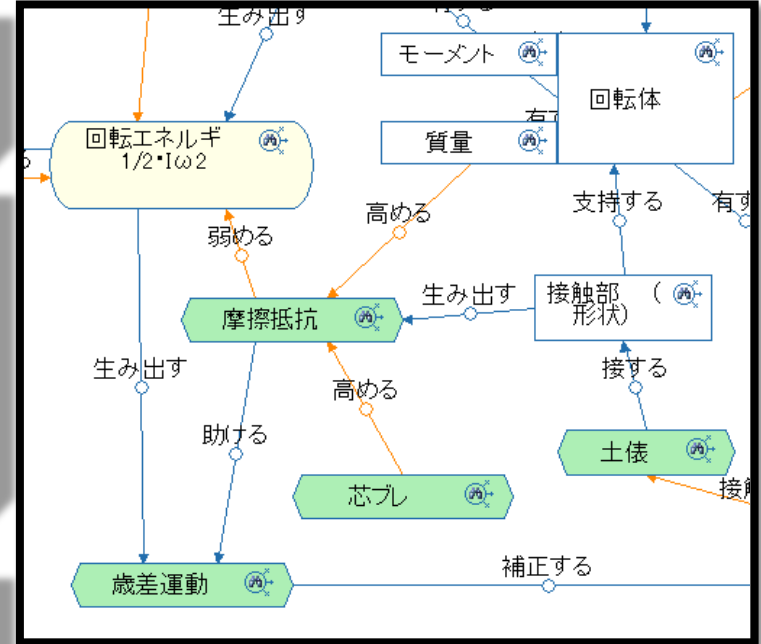


TC-2: 有害作用解決における技術的矛盾



物理的矛盾

改善する特性: 移動物体の重量
悪化する特性: 移動物体の長さ

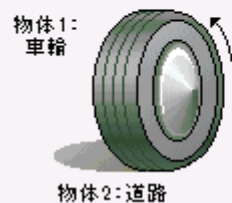
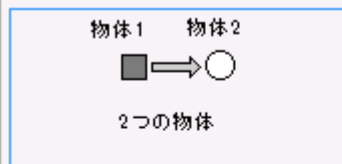


【発明原理】
15: ダイナミック性原理
08: つりあい原理
29: 流体利用原理
34: 排除-再生原理

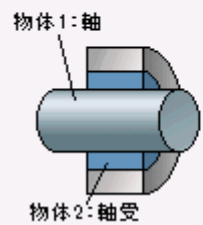


システム進化パターンの適用(1)

新しい物質の導入: 相手コマのエネルギーを吸収する、回転数を高める

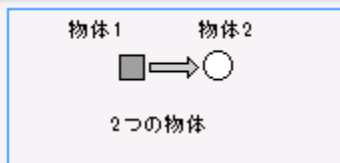


空隙の導入: 接触部の摩擦低減、コマの構造



システム進化パターンの適用(2)

場の導入: 相手のコマの安定性を崩す、接触しない、摩擦低減



物体1: ブレーキ
ディスク



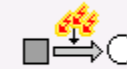
物体2:
ブレーキパッド



内部付加



外部付加

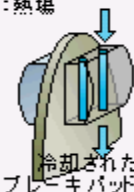


環境への付加



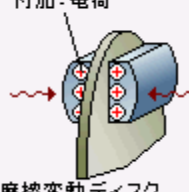
物体間への付加

付加: 熱場



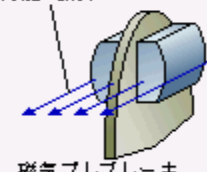
冷却された
ブレーキパッド

付加: 電荷



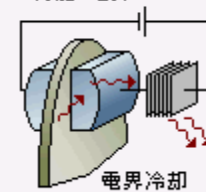
摩擦変動ディスク

付加: 磁界



磁気ブレブレーキ

付加: 電界



電界冷却

可動性: コマの構造、相手のコマをはじき出す、接触しない



不動系



ジョイント



多くのジョイント



完全弾性



液体、気体



電磁界



剛性



連接軸



多関節ハンドル



フレキシブルハンドル

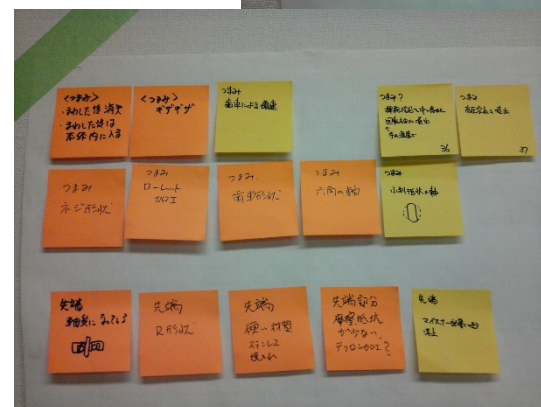
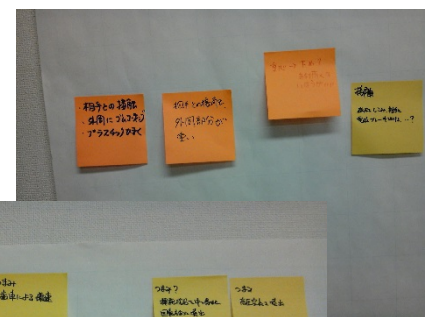
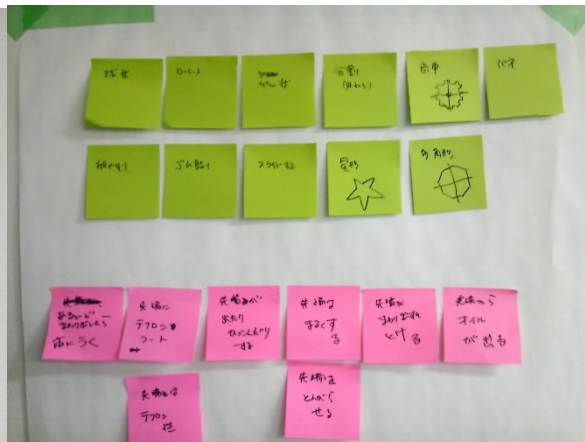


油圧式ハンドル



電気式ハンドル

アイデア出し



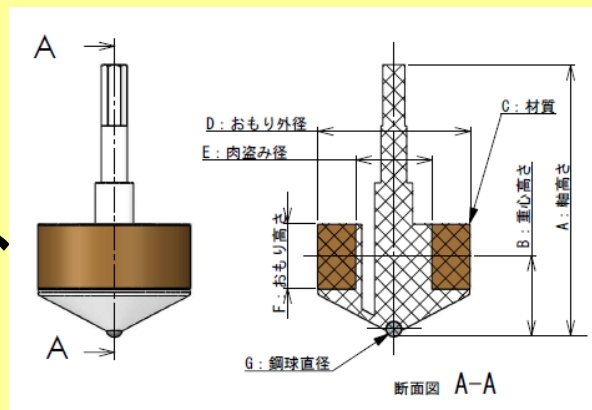
タグチメソッドとは

- 田口玄一博士（1924年～2012年）
- タグチメソッド＝品質工学＝ロバストデザイン
（ロバスト(robust)とは「たくましい」とか「頑健」という意味）
- 品質の良い製品を、早く安く作るための技術手法

- ・ コマの設計にあたり、検討するべき設計パラメータがたくさんある。
- ・ 相手のコマを特定する事はできないし、土俵の状態や投手の技量もばらつく。
- ・ このような状況で、強いコマを短期間、ローコストで開発するための手法・・・

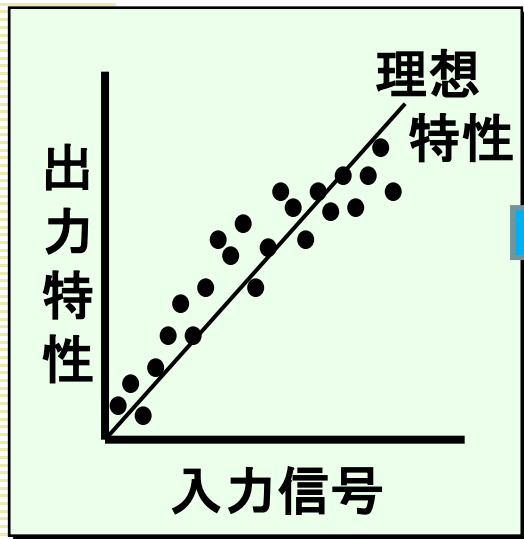
それがタグチメソッドの
中核的手法

パラメーター設計

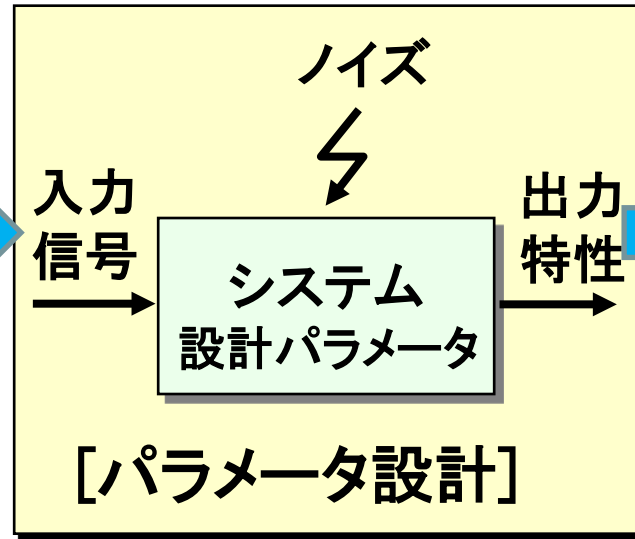
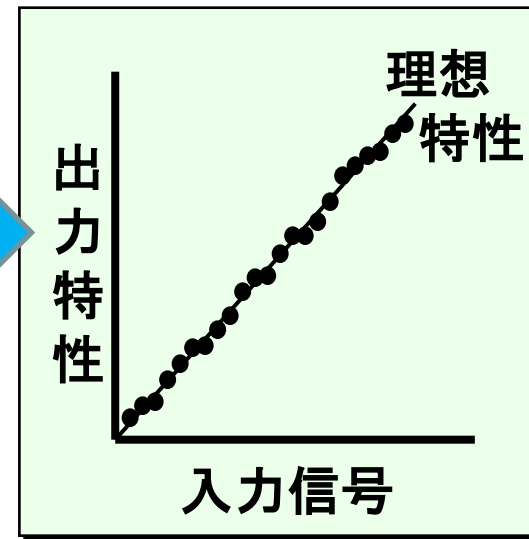


パラメータ設計の概念

[不安定状態]



[安定状態]



システムは技術者がコントロールできない要因：
ノイズによって不安定な状態にあるが、
技術者がコントロールできる内部の設計パラメータ
の組み合わせをうまく設定し、最適化することにより、
ノイズの影響を抑え込む手法

パラメータ設計の特徴

1.
2段階設計

まず耐ノイズ性(ロバスト性)を確保し、次に理想的な入出力関係に合わせ込む

2.
SN比

システムの機能の耐ノイズ性を評価する尺度としてSN比(信号/雑音比)を使う

3.
誤差因子

内乱、外乱などのノイズ(誤差因子)を、耐ノイズ性を評価するために実験に盛り込む

4.
直交表

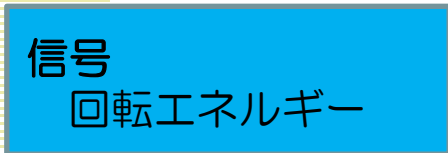
一度に多くの設計パラメータを取り上げ、直交表に割り付けて実験、評価する

コマへの適用

※) 設計者がコントロールできない

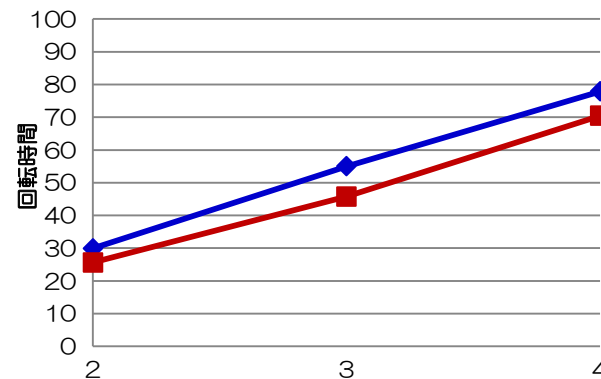
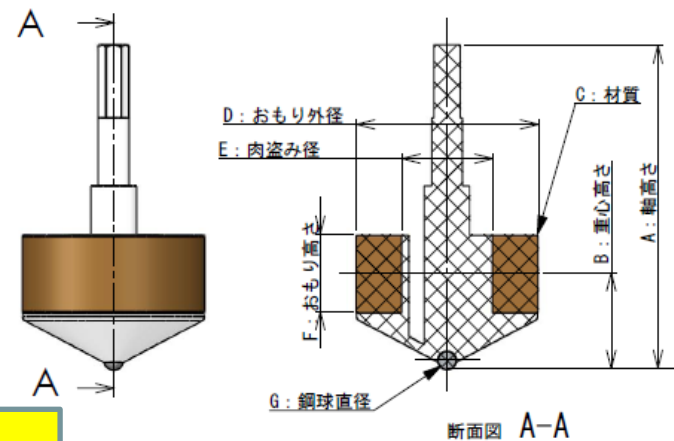


- 誤差因子
- 対戦相手
 - 土俵との摩擦
 - 回し手の技術



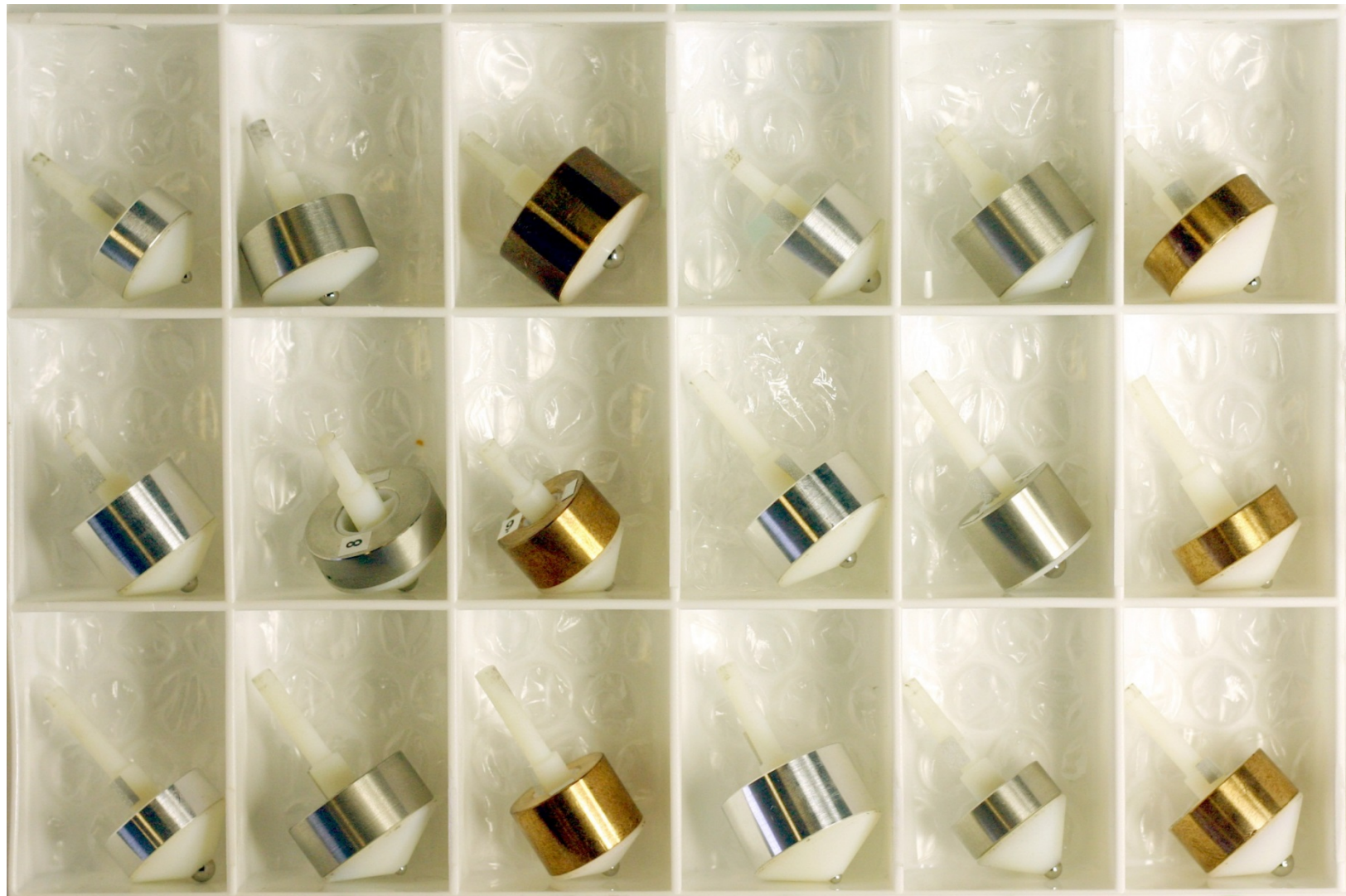
- 制御因子
- 材質
 - 寸法
 - 構造

※) 設計者がコントロールできる

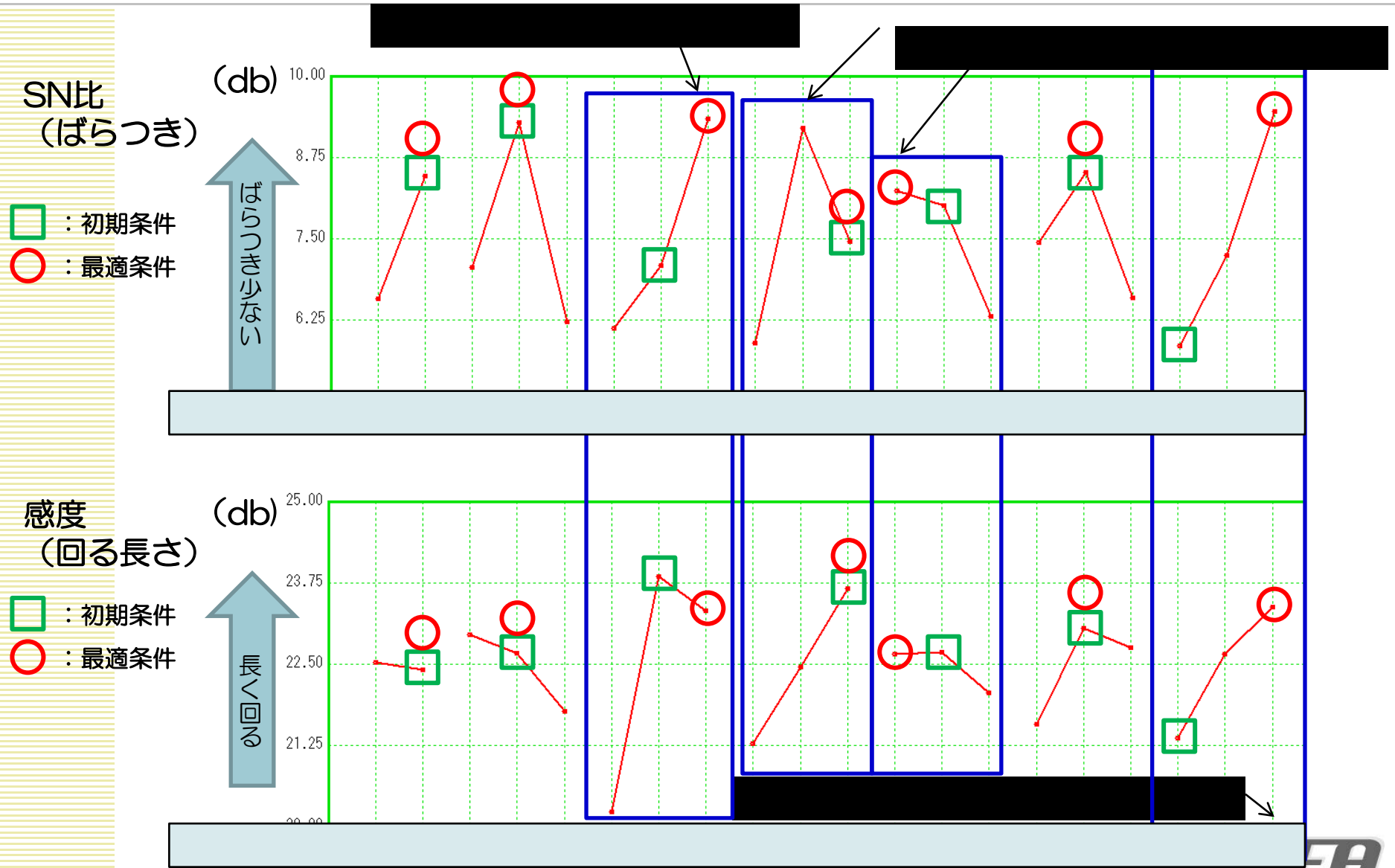


回転エネルギー **IDEA**

光造形と金属加工で実物を試作



要因効果図

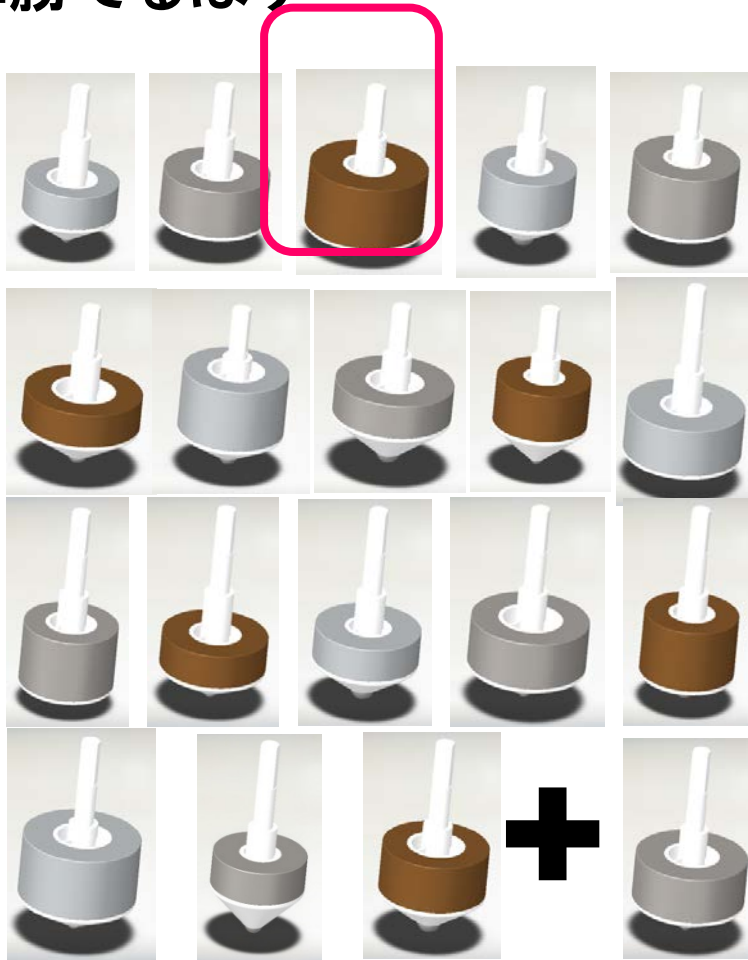


結局、強いコマはできたのか？

- ノイズ(対戦相手、土俵状態)に強く、長く回るコマなら他のコマに勝てるはず ↓ No. 03にのみ敗戦!



最適条件コマ



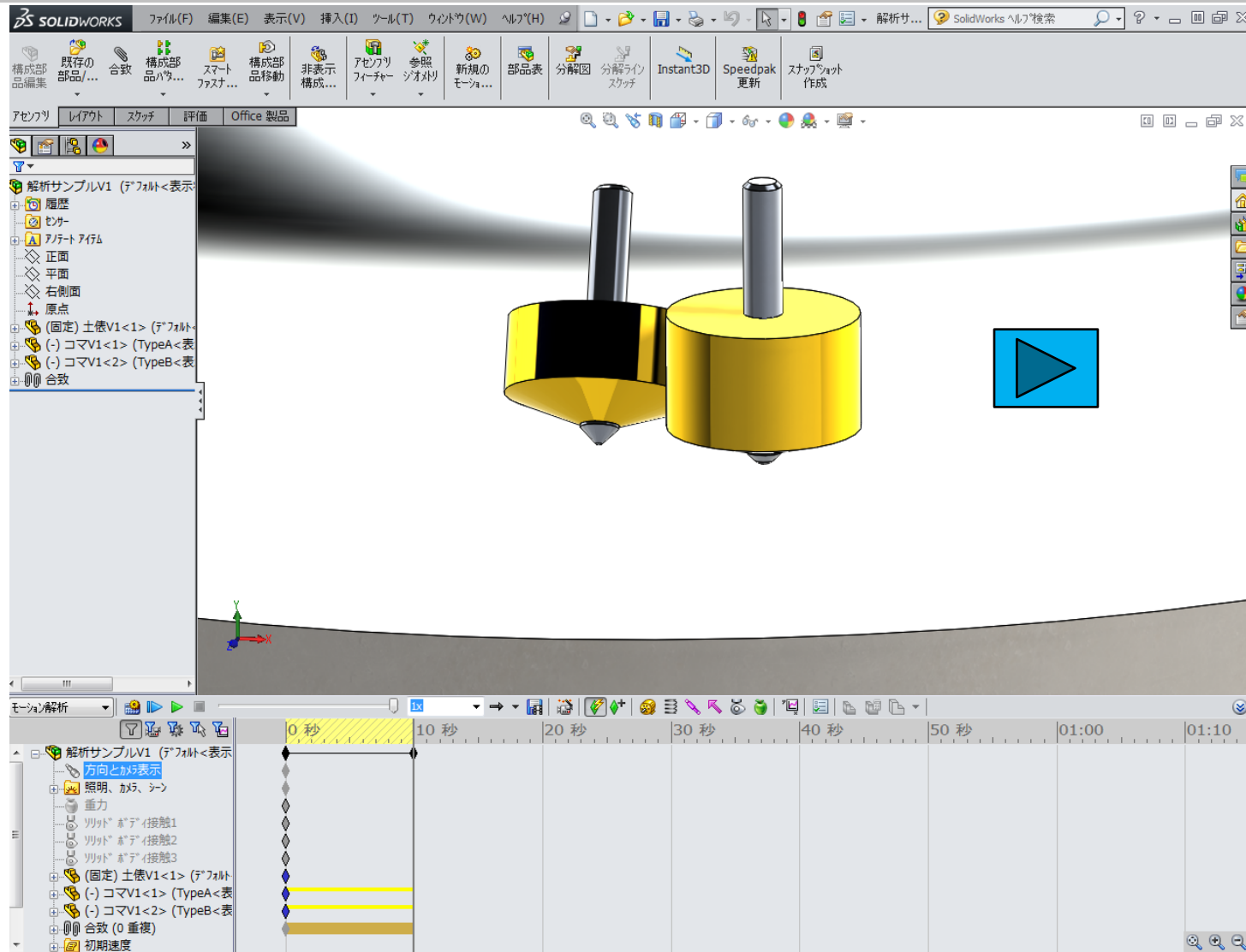
19個コマ (L18 + 茨城タイプ)

星取り表

	星取り表
1	○
2	○
3	×
4	○
5	○
6	○
7	○
8	○
9	○
10	○
11	○
12	○
13	○
14	○
15	○
16	○
17	○
18	○
比較(最強)	○

18勝1敗!

CAEによる仮想対戦 (SolidWorks Motion)



まとめ

今まで経験したことの無い技術分野において、競争力の高い製品を、短期間に開発しなければならないとき、あなたはどのようにアプローチしますか？

従来

勘？
経験？
思いつき？
ひたすら試作？

第1段階：システムの把握
【機能-属性分析】【原因-結果分析】による多角的、多面的、徹底的な課題抽出

第2段階：アイデア出し
【TRIZ】ツールによる多角的、多面的、徹底的なアイデアの抽出

第3段階：タグチメソッド
ロバスト設計で最適設計＝強いコマを早く、安く作る

第4段階：シミュレーション
CAEによる納期短縮、試作費用削減

TRIZで日本の製造業を支援する



Innovative Development of Engineering as our Ark

ご清聴ありがとうございました！