

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～その2



株式会社アイデア 片桐 朝彦

CONTENTS

はじめに	03
『全日本製造業コマ大戦』について	05
(1) 問題の本質化	07
機能-属性分析、原因-結果分析 ...	08
(2) 設計課題の抽出	11
(3) パラメーター設計	13
(4) CAEによるシミュレーション	16
(5) TRIZ1号	17
(6) まとめ	21



はじめに

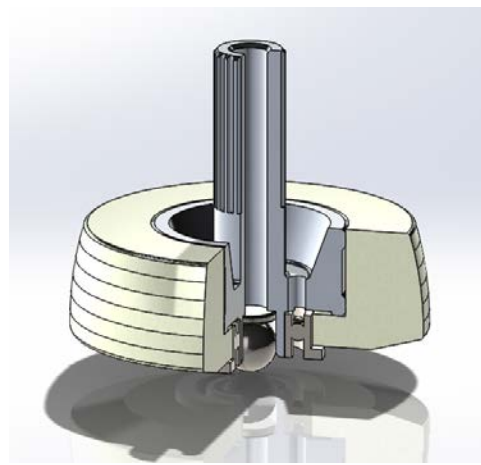
今まで経験したことの無い技術分野において、競争力の高い製品を、短期間で開発しなければならない時、あなたはどのようにアプローチしますか？

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を駆使した製品開発の取り組みをご紹介します。



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

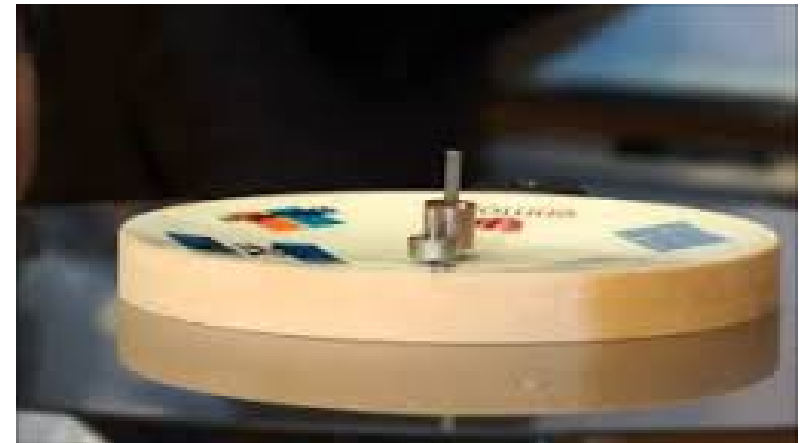
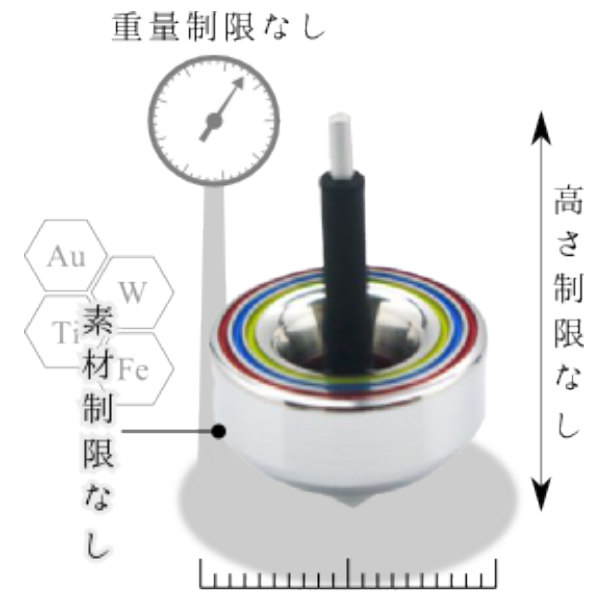
全日本製造業コマ大戦とは

■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)



コマ大戦のルール:仕様確認

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

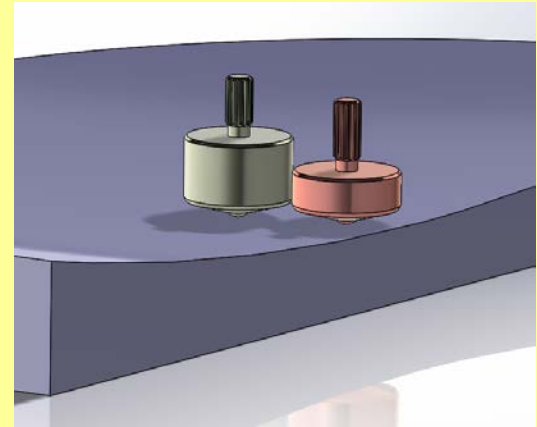


(1) 問題の本質化

【機能-属性分析】(原因-結果分析)

目的=高性能なコマを作る

- ・コマのインプットは？
- ・コマのアウトプット(ターゲット)は？
- ・コマの構成要素とそれらの働きは？
- ・構成要素の持つ属性は？
- ・機能と属性の相互作用、相関関係は？
- ・リソース(周辺に存在する全てのもの)は？



【原因-結果分析】(根本原因分析)

目的=負けない(勝てる)コマを作る

- ・負ける原因①: 相手より先に止まってしまう原因は？
- ・負ける原因②: 土俵の外に出てしまう原因は？

システムの把握①: 機能-属性分析

知見の無い(少ない)技術分野の場合、機能-属性分析により、システムのインプット、ターゲット(アウトプット)、構成部品、要素、機能、属性、相互作用などを掌握する

質量

重心

慣性モーメント

次に関連する出力座標系をレポート: --デフォルト--

コマ2の質量特性:

コリオリ・加速度: 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: (ミリメートル)

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

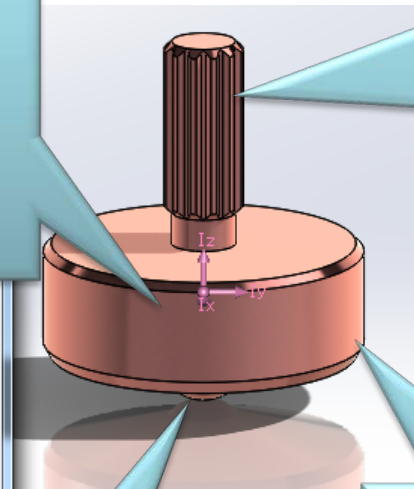
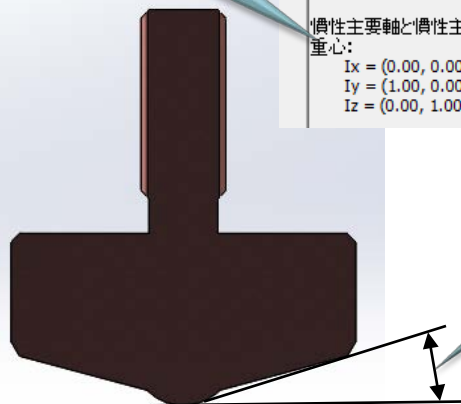
回転体:
材質
外径
バンク角
形状

つまみ:
材質
太さ
長さ
形状
表面性状

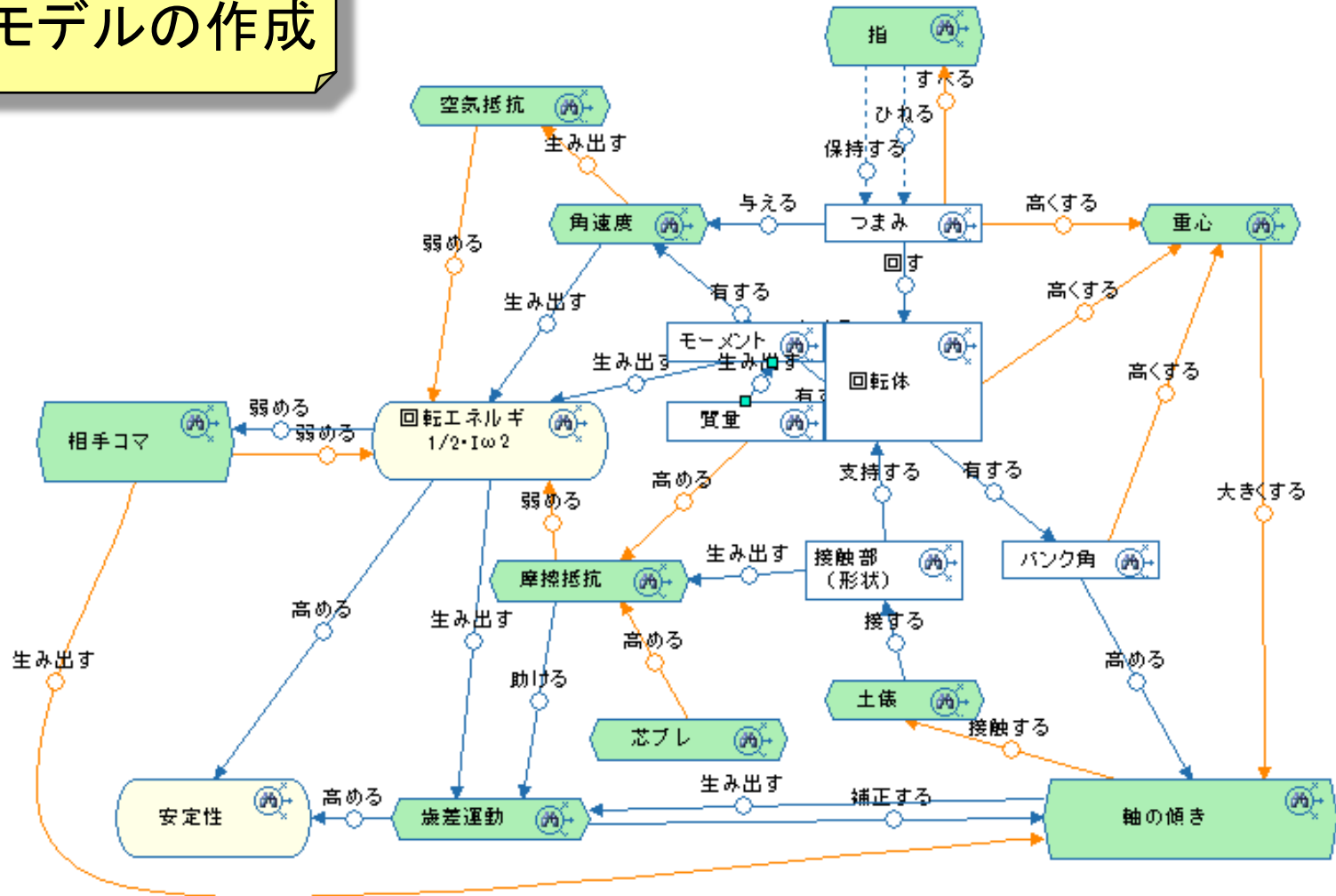
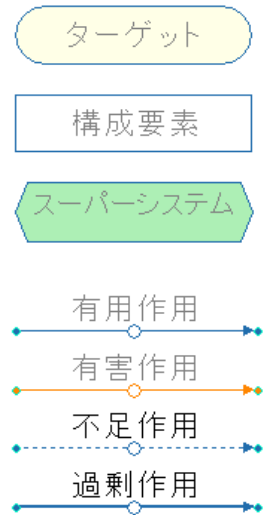
バンク角

先端部:
材質
摩擦係数
形状

土表面の材質:
塩ビシート

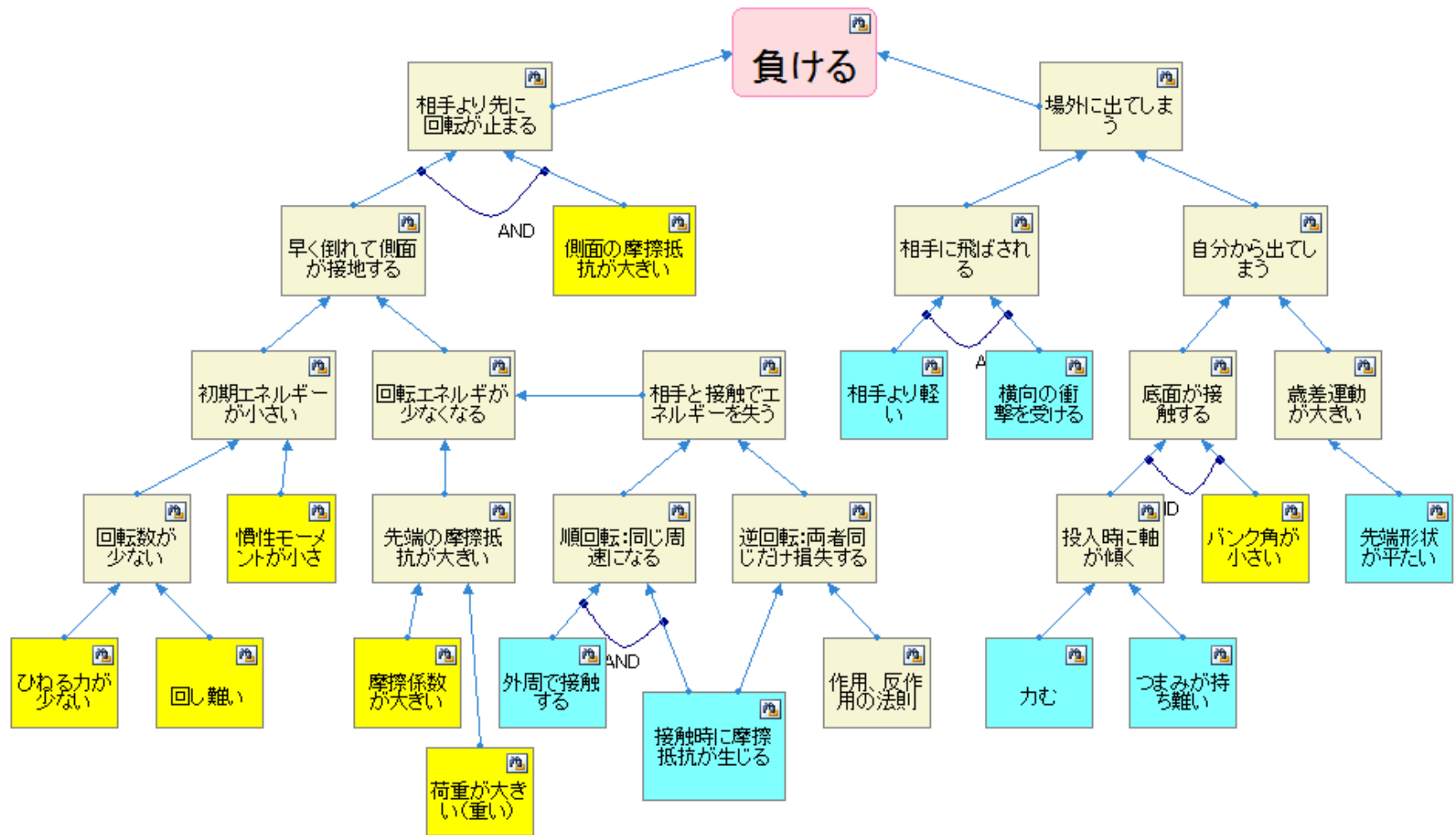


機能モデルの作成



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



(2) 設計課題の抽出①: 機能-属性分析

機能モデルからの課題定義

【課題の定義】

有害作用、不足作用、過剰作用を抽出し、最小問題を定義する

- ①どのようにしてつまみが指をすべる機能を除去するか?
- ②どのようにして指がつまみをひねるを強化するか?
- ③どのようにしてつまみが重心を高くする機能を除去するか?
- ④どのようにしてバンク角が重心を高くする機能を除去するか?
- ⑤どのようにして回転体が重心を高くする機能を除去するか?
- ⑥どのようにして質量が摩擦抵抗を高める機能を除去するか?
- ⑦どのようにして芯ブレが摩擦抵抗を高める機能を除去するか?
- ⑧どのようにして空気抵抗が回転エネルギーを弱める機能を除去するか?
- ⑨どのようにして相手コマが回転エネルギーを弱める機能を除去するか?
- ⑩どのようにして摩擦抵抗が回転エネルギーを弱める機能を除去するか?
- ⑪どのようにして角速度が空気抵抗を生み出す機能を除去するか?
- ⑫どのようにして相手コマが軸の傾きを生み出す機能を除去するか?
- ⑬どのようにして軸の傾きが土俵に接触する機能を除去するか?
- ⑭どのようにして重心が軸の傾きを大きくする機能を除去するか?
- ⑮どのようにして指がつまみを保持するを強化するか?

【技術的矛盾の定義】

有害作用に着目し、それを発生している構成要素と有用作用の関係から、技術的矛盾を探す

- ①改善: つまみを持ちやすくする為に長くする
悪化: 重心が高くなる
- ②改善: モーメントを大きくする為に回転体を重くする
悪化: 重心が高くなる
- ③改善: モーメントを大きくする為に回転体を重くする
悪化: 摩擦抵抗が大きくなる
- ④改善: 軸の傾きを大きくする為にバンク角を大きくする
悪化: 重心が高くなる

【物理的矛盾の定義】

技術的矛盾で、反対の特性を持つ構成要素の物理的矛盾を定義する

- ①つまみは持ちやすくする為に長くする必要があるが
重心を低くする為には短くする必要がある
- ②バンク角は軸の傾きを大きくする為に大きくする必要があるが
重心を低くする為には小さくする必要がある
- ③回転体はモーメントを大きくするために重くする必要があるが
重心を低くする為には軽くする必要がある
- ④回転体はモーメントを大きくする為に重くする必要があるが
摩擦抵抗を小さくする為には軽くする必要がある

設計課題の抽出②:原因-結果分析

根本原因からの課題定義

【根本原因の特定】

矢印の入ってこない要因のうち、自分たちがコントロールできる要因を根本原因とする。

(図中の黄色、及び青色の要因)

【中核問題の定義】

根本原因のうち、機能-属性分析から出てこない課題(相手との接触、失投)を、今回扱う中核問題として抽出する

(図中の青色の要因)

【失投要因】

- ①先端形状が平たい
- ②力む
- ③つまみが持ち難い(投入時に軸が傾く)

【相手との接触要因】

- ①相手と外周で接触する
 - ・相手と接触しない方法は？
 - ・外周以外の場所で接触するには？
 - ②相手との接触で摩擦抵抗を生じる
 - ・相手のエネルギーを吸収する方法は？
 - ・接触しても摩擦を生じない方法は？
 - ③相手より軽い
 - ・軽くても飛ばされない方法は？
 - ④接触時横向きの衝撃を受ける
 - ・衝撃を逃がす構造は？
- * 逆説的に、勝つ為の課題も定義する

【その他】

- ①相手の軸、安定性を攻撃する方法は？
- ②相手の摩擦抵抗を増大させる方法は？
- ③相手投手の失投を誘う方法は？

(3) パラメーター設計

※) 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

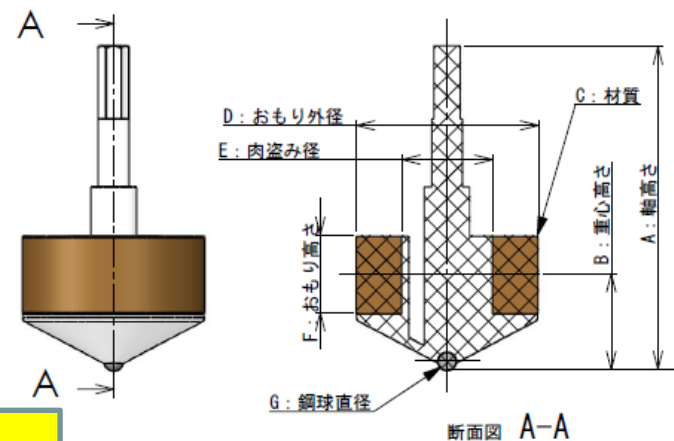


システム (コマ)

信号
回転エネルギー



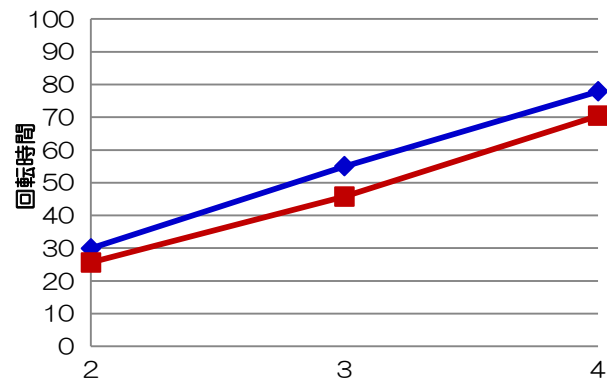
出力
回転時間



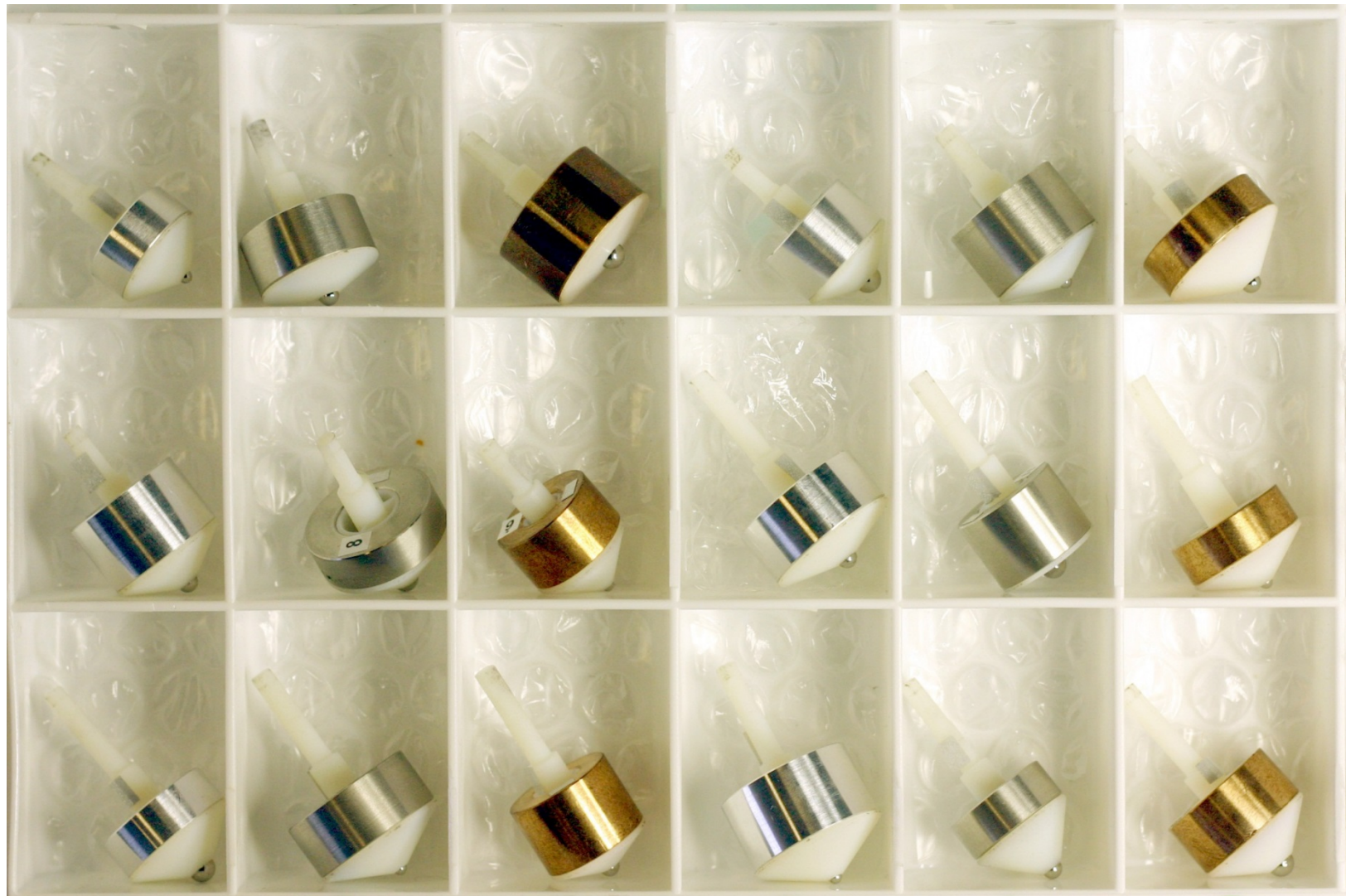
- 制御因子**
- ・ 材質
 - ・ 寸法
 - ・ 構造



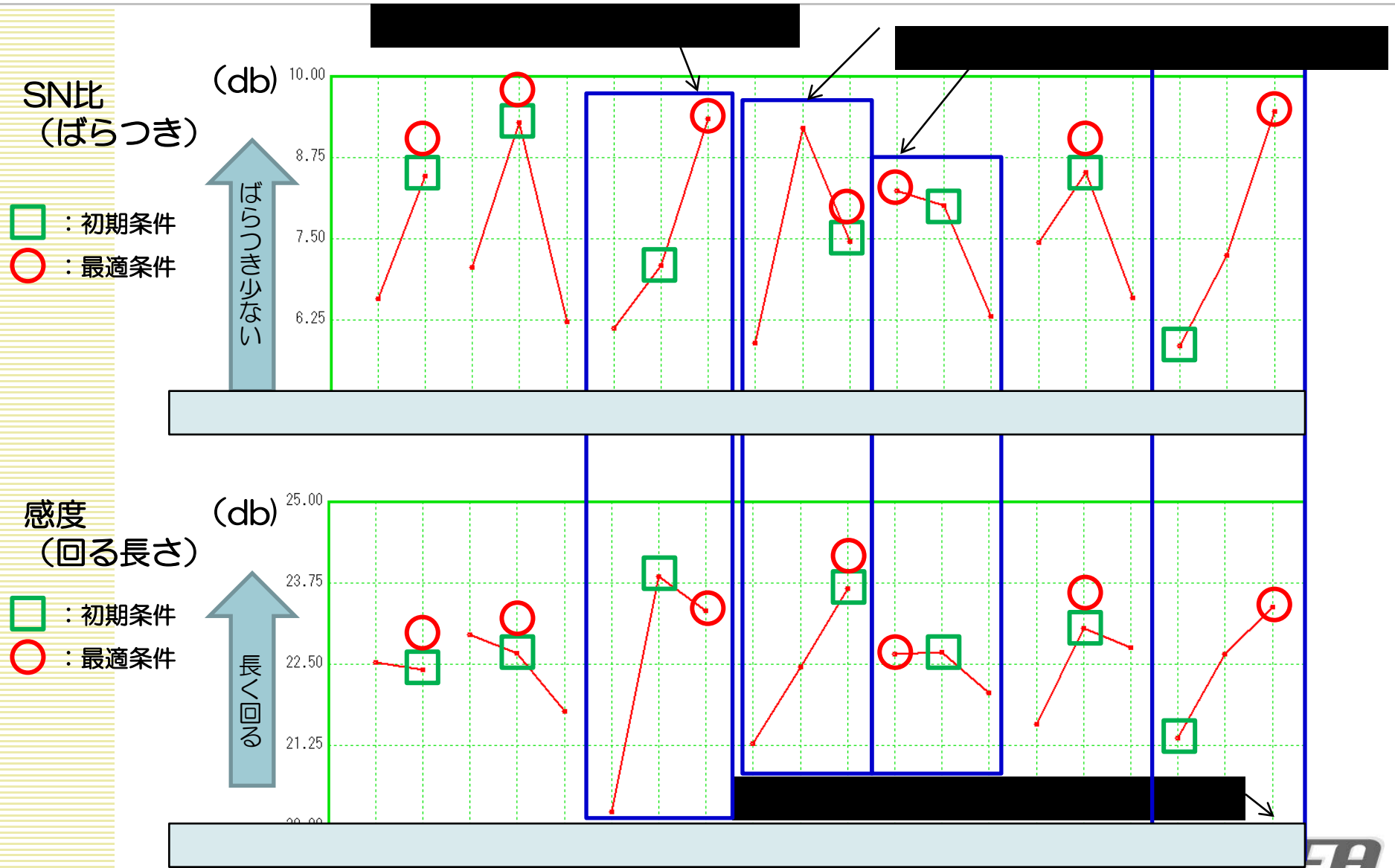
※) 設計者がコントロールできる



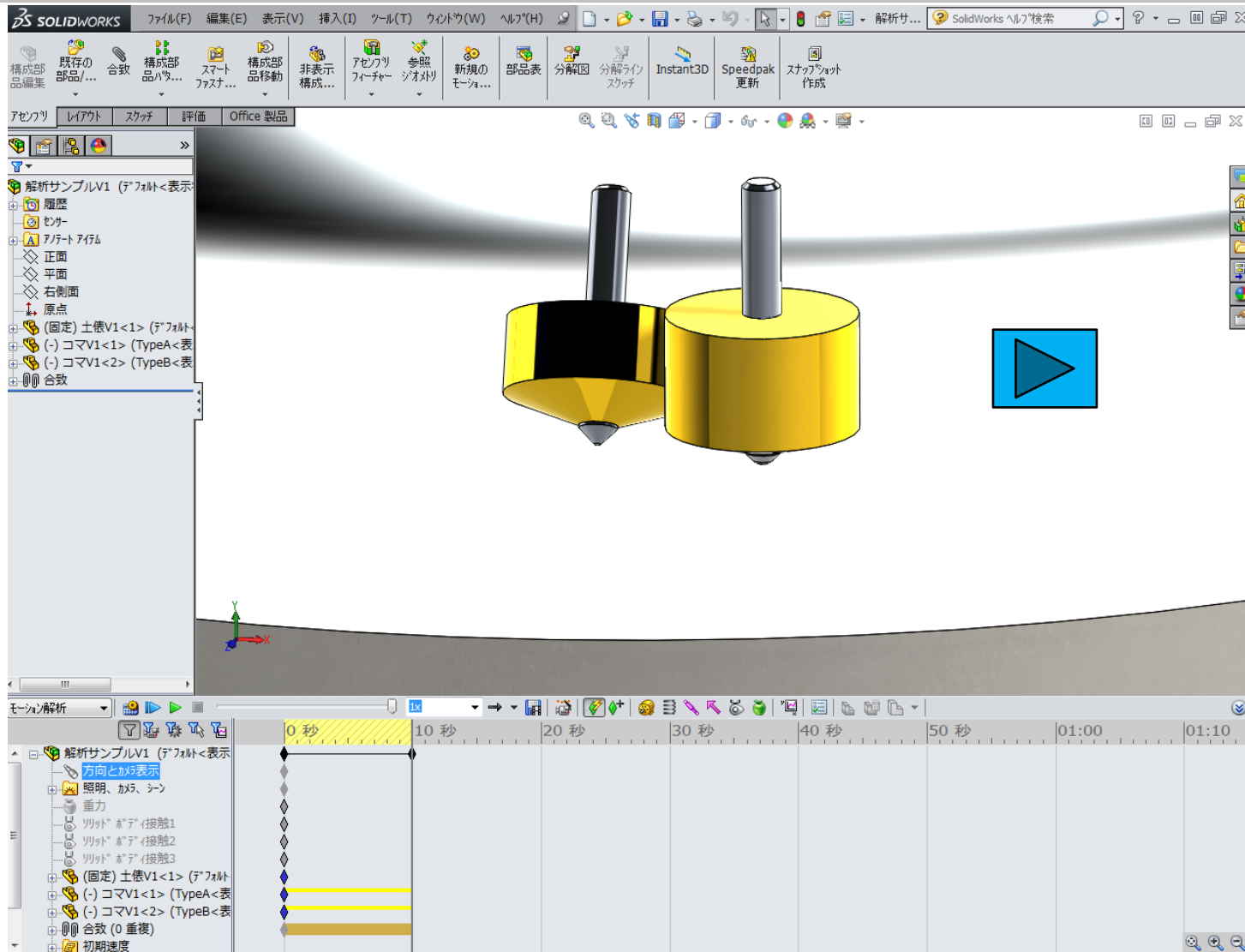
光造形と金属加工で実物を試作



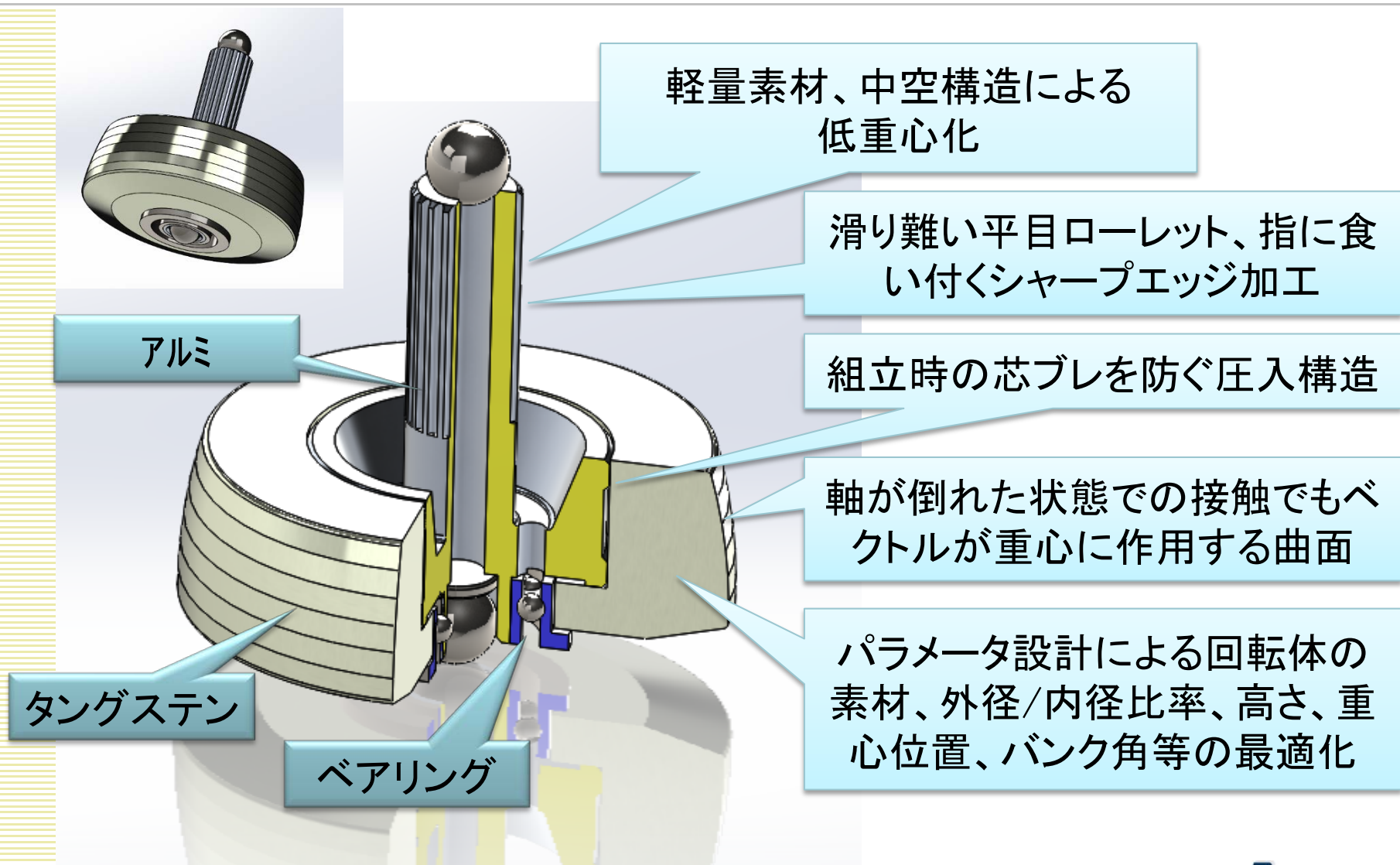
要因効果図



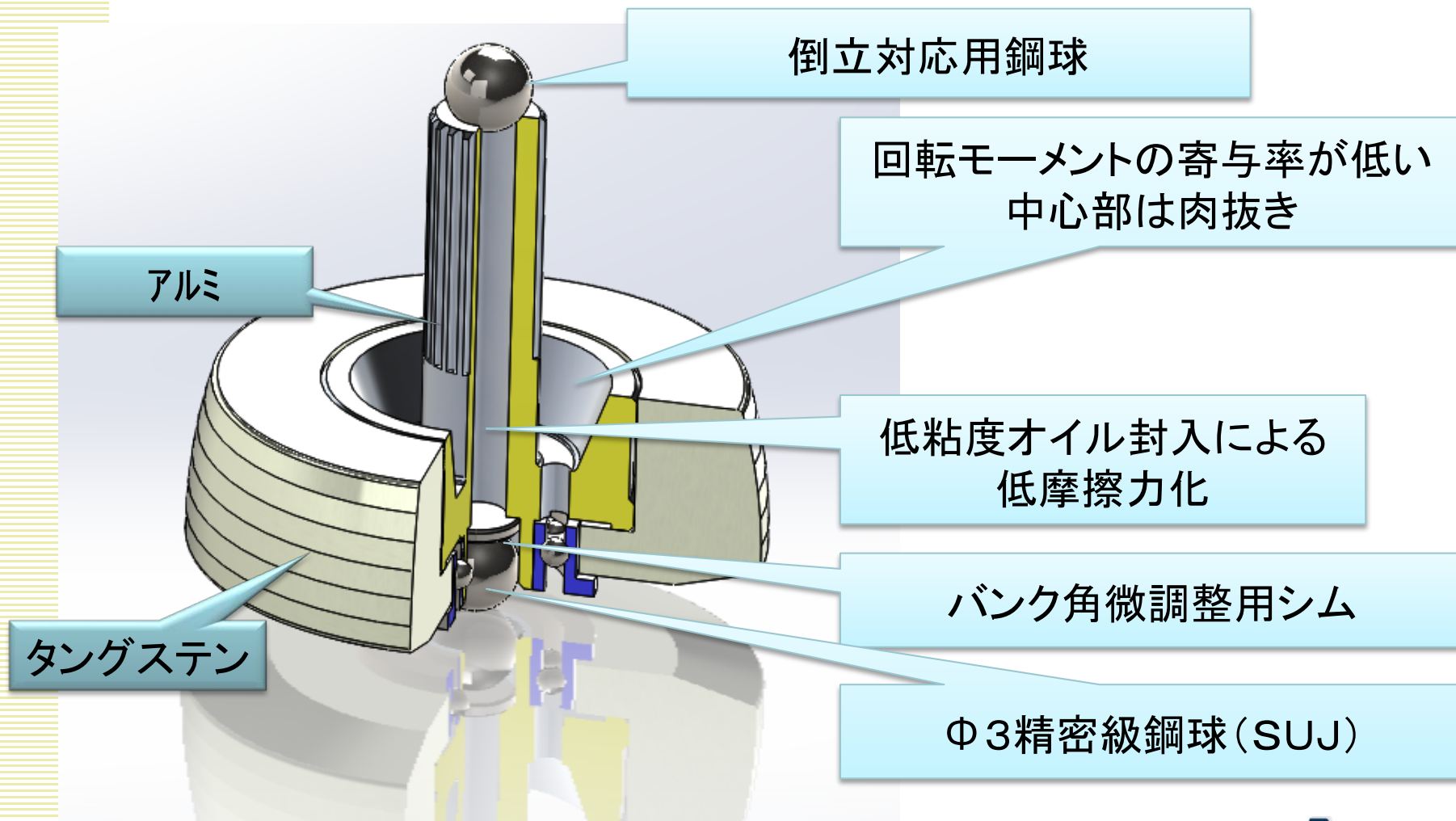
(4) CAEによる仮想対戦 (SolidWorks Motion)



(5) TRIZ1号の秘密①



TRIZ1号の秘密②

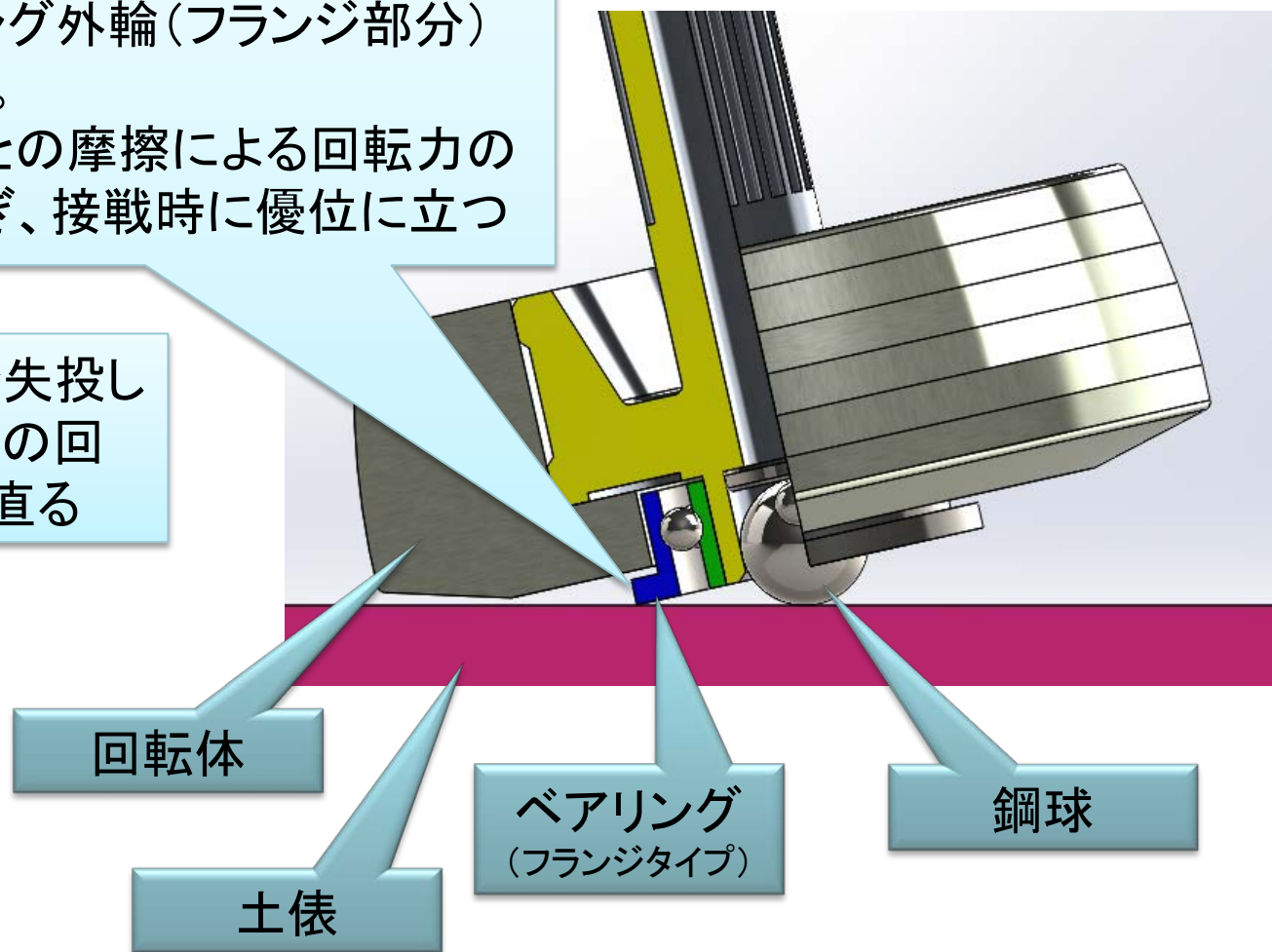


TRIZ1号の秘密③

回転が低下し、軸が傾いてくると、回転体下面より先にベアリング外輪（フランジ部分）が土俵と接触する。

これにより、土俵との摩擦による回転力の急激な低下を防ぎ、接戦時に優位に立つ

軸が傾いた状態で失投しても、フランジ部分の回転で吸収して立ち直る



TRIZ1号の戦績

2014年9月16日
中日本ブロック予選 G2
北名古屋場所

1次予選: 全勝で勝ち抜け
2次予選: 同率で惜敗
世界大会出場ならず



2014年10月25日
エキシビジョンマッチ G3
上田地域産業展場所

無敗で完全優勝！



(6)まとめ

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によるリスク回避、納期短縮、試作費用削減

**TRIZによる
コマ大戦への挑戦は
続く・・・**

**May TRIZ be with you
TRIZとともにあらんことを・・・**

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！