

**MATLAB EXPO**

JAPAN

2020年9月28日—10月2日 | オンライン

# 人協働多軸ロボットのハンド技術開発における 仮想開発環境の活用

2020 / 09 / 29

京セラ株式会社

経営推進本部

ロボティクス事業開発部 技術開発センター システム開発プロジェクト

山岸 友樹



# 自己紹介

- 氏名

- ▶山岸 友樹

- 所属

- ▶京セラ株式会社 経営推進本部 ロボティクス事業開発部

- 担当業務

- ▶ロボットハンド設計

- 業務内容

- ▶ハードウェア設計(電装設計)

- ▶ソフトウェア設計(組み込み)

- ▶モデルベース設計



## 目次

- 会社紹介
- 背景と課題
  - 人協働ロボット活用の背景
  - ロボット導入における課題
- ロボット開発・検証環境の構想
- ロボット開発・検証環境の構築
  - ロボットハンドモデル
  - ロボットアームモデル
  - 統合モデル
- 所感
- まとめ

## 目次

- **会社紹介**
- 背景と課題
  - 人協働ロボット活用の背景
  - ロボット導入における課題
- ロボット開発・検証環境の構想
- ロボット開発・検証環境の構築
  - ロボットハンドモデル
  - ロボットアームモデル
  - 統合モデル
- 所感
- まとめ

## 社是 [ 敬天愛人 ]

# 敬天愛人

常に公明正大 謙虚な心で 仕事にあたり  
天を敬い 人を愛し 仕事を愛し  
会社を愛し 国を愛する心



名誉会長  
稲盛 和夫

## 経営理念

全従業員の物心両面の幸福を追求すると同時に、  
人類、社会の進歩発展に貢献すること。



代表取締役会長  
山口 悟郎



代表取締役社長  
谷本 秀夫

経営理念の実現とお客様の満足のために、京セラフィロソフィとアメーバ経営を  
ベースにグループの力を結集し、新たな価値を創造し続けます。

### 京セラフィロソフィ

京セラフィロソフィは、「人間として何が正しいか」をものごとの判断基準におき、すべての行動において、公明正大でまじめに一生懸命努力していくことの大切さを示す人生哲学、経営哲学です。

### アメーバ経営

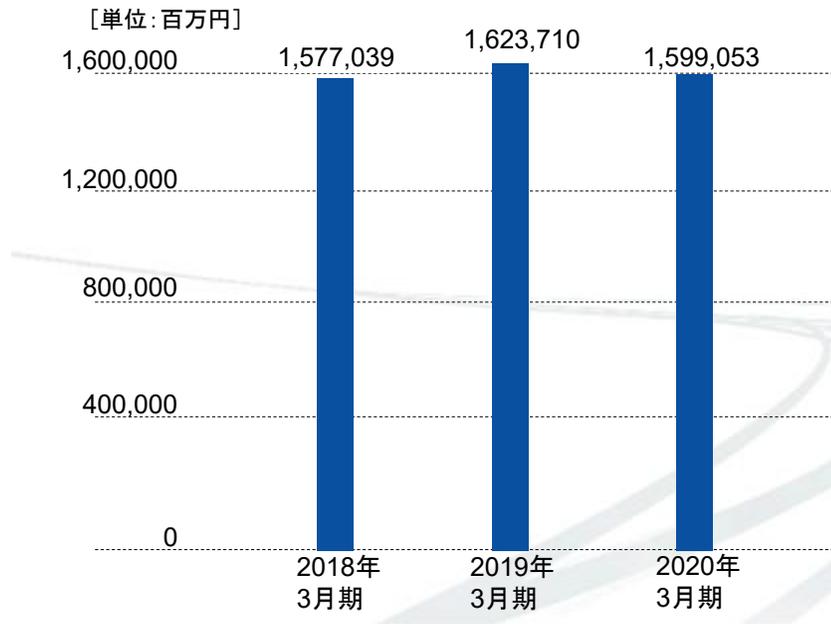
アメーバ経営とは、組織を小集団に分け、市場に直結した独立採算制により 運営し、経営者意識を持ったリーダーを育成し、全従業員が経営に参画する「全員参加経営」を実現する経営手法です。

>> 会社概要 (2020年3月31日現在)

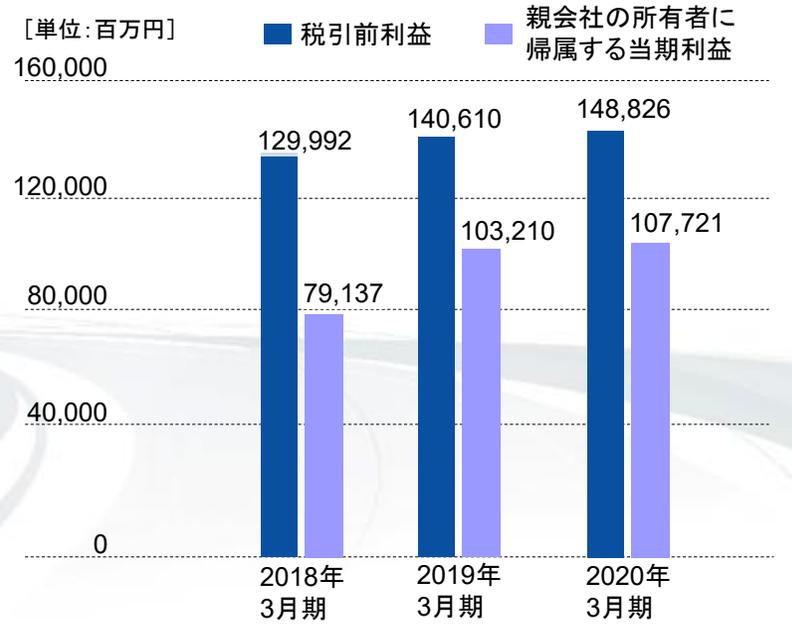
社名 : 京セラ株式会社  
 設立 : 1959年4月1日  
 資本金 : 115,703百万円

グループ会社数 (京セラ(株)を含む) : 298 社  
 グループ従業員数 : 75,505 名  
 (持分法適用子会社、持分法適用関連会社は除く)

売上高の推移(連結)



税引前利益、親会社の所有者に帰属する当期利益の推移(連結)



※2019年3月期より国際財務報告基準(IFRS)を適用しています。この変更に伴い、記載の2018年3月期の経営成績についても米国会計基準からIFRSに組み替えて表示しています。

# 街を、暮らしを、 社会を支える 京セラの**総合力**。

## Devices & Equipment デバイス・機器



## Materials & Components 素材・部品

## Systems & Services システム・サービス

あらゆる人やものをつなぐ情報通信市場、  
ICT化が急速に進む自動車関連市場、  
地球の環境保全に貢献する環境・エネルギー市場、  
人々の安心・安全な暮らしを支える医療・ヘルスケア市場など、  
ますます拡大するIoT(Internet of Things)社会の  
中核をなす分野において最先端の製品・サービスを提供しています。  
京セラはこれら4つの市場を重点市場と定め、  
さらに便利で、持続可能な世界の実現のために、  
グループの総合力で、価値のある製品・サービスを届け続けます。

エネルギーマネジメントシステム・サービス

ICTソリューション

ECMソリューション

通信エンジニアリング

環境エネルギーエンジニアリング

情報通信市場

自動車関連市場

環境・エネルギー市場

医療・ヘルスケア市場

## >> 地域別売上高(連結)

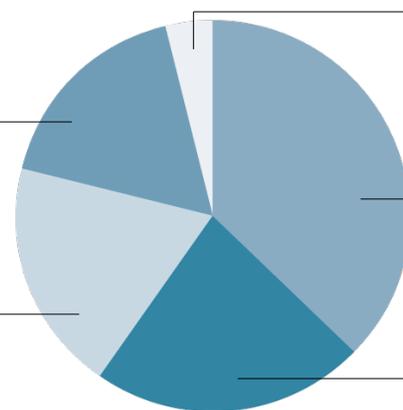
(2020年3月期)

**米国**

**276,002** 百万円 [17.3%]

**ヨーロッパ**

**306,326** 百万円 [19.2%]



**その他の地域**

**59,666** 百万円 [3.7%]

**日本**

**598,113** 百万円 [37.4%]

**アジア**

**358,946** 百万円 [22.4%]

## >> 事業セグメント別売上高構成比(連結)

**売上高 1,599,053** 百万円 (2020年3月期)

|   |              |  |              |                     |              |
|---|--------------|--|--------------|---------------------|--------------|
| 産業・自動車用部品   | <b>21.3%</b> | コミュニケーション  | <b>15.8%</b> | その他                 | <b>1.0%</b>  |
| ファインセラミック部品 機械工具<br>自動車部品 光学部品<br>液晶ディスプレイ          |              | スマートフォン IoT通信モジュール・IoTユニット<br>携帯電話 情報通信サービス<br>タブレット |              | ホテル他                |              |
| 半導体関連部品   | <b>15.5%</b> | ドキュメントソリューション  | <b>22.5%</b> | 調整及び消去              | <b>△1.8%</b> |
| セラミックパッケージ・基板<br>有機化学材料<br>有機パッケージ・プリント配線板          |              | プリンター・複合機<br>ECMソリューション<br>インクジェットプリンティングシステム        |              |                     |              |
| 電子デバイス  | <b>20.3%</b> | 生活・環境  | <b>5.4%</b>  |                     |              |
| コンデンサ パワーデバイス<br>SAWデバイス コネクタ<br>水晶デバイス プリンティングデバイス |              | 環境・エネルギー関連<br>医療用製品<br>宝飾品・キッチングッズ他                  |              |                     |              |
| <b>▶部品事業計</b>                                       | <b>57.1%</b> | <b>▶機器・システム事業計</b>                                   | <b>43.7%</b> | <b>▶その他、調整及び消去計</b> | <b>△0.8%</b> |

## 目次

- 会社紹介
- **背景と課題**
  - 人協働ロボット活用の背景
  - ロボット導入における課題
- ロボット開発・検証環境の構想
- ロボット開発・検証環境の構築
  - ロボットハンドモデル
  - ロボットアームモデル
  - 統合モデル
- 所感
- まとめ

# 人協働ロボット活用の背景

## 工場生産の課題

- 多品種少量生産工程が増
    - 顧客ニーズの多様化
  - 国内の生産年齢人口減少
    - 工場労働者の採用少ない、年齢層が高くなっている
- ⇒ 生産力の低下

## 人協働ロボットの活用

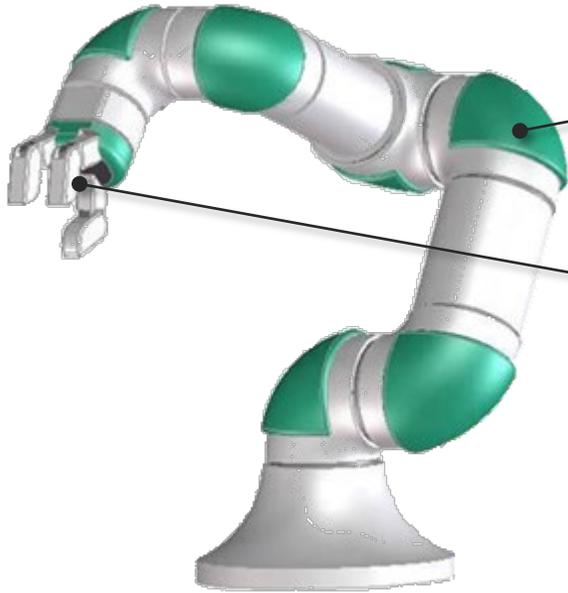
- 多品種少量生産工程への適用が期待
- 直感的UIのため、専門技術者不要



社内工場の生産力低下の課題解決のため、人協働ロボットを活用

# ロボット導入における課題

## 多軸ロボットの構造



- ロボットアーム

- 構造が一般化されている

- ロボットハンド

- 構造が一般化されていない



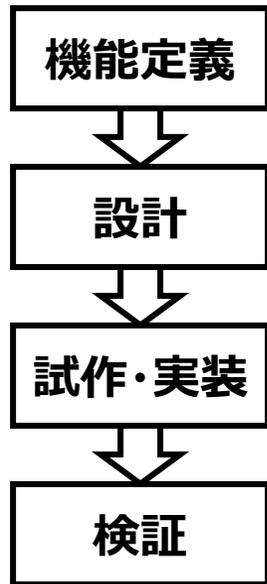
- ワークに依存するので、構造が一般化されていない

**現場ごとに専用ハンドを設計している**

# ロボット導入における課題

## MBD(モデルベースデザイン)の活用

### ● 設計フロー



● 仕様書作成

● 実機製作、検証

**仮想環境の構築**

### ◆ 課題

- 実機を作ることに時間がかかる
- 何度も設計サイクルを回す必要がある



### ◆ 目的

- 作らなくても、設計・検証ができるような環境を構築する
- 設計のフロントローディングをし、開発効率を上げる

⇒MATLAB®を選択

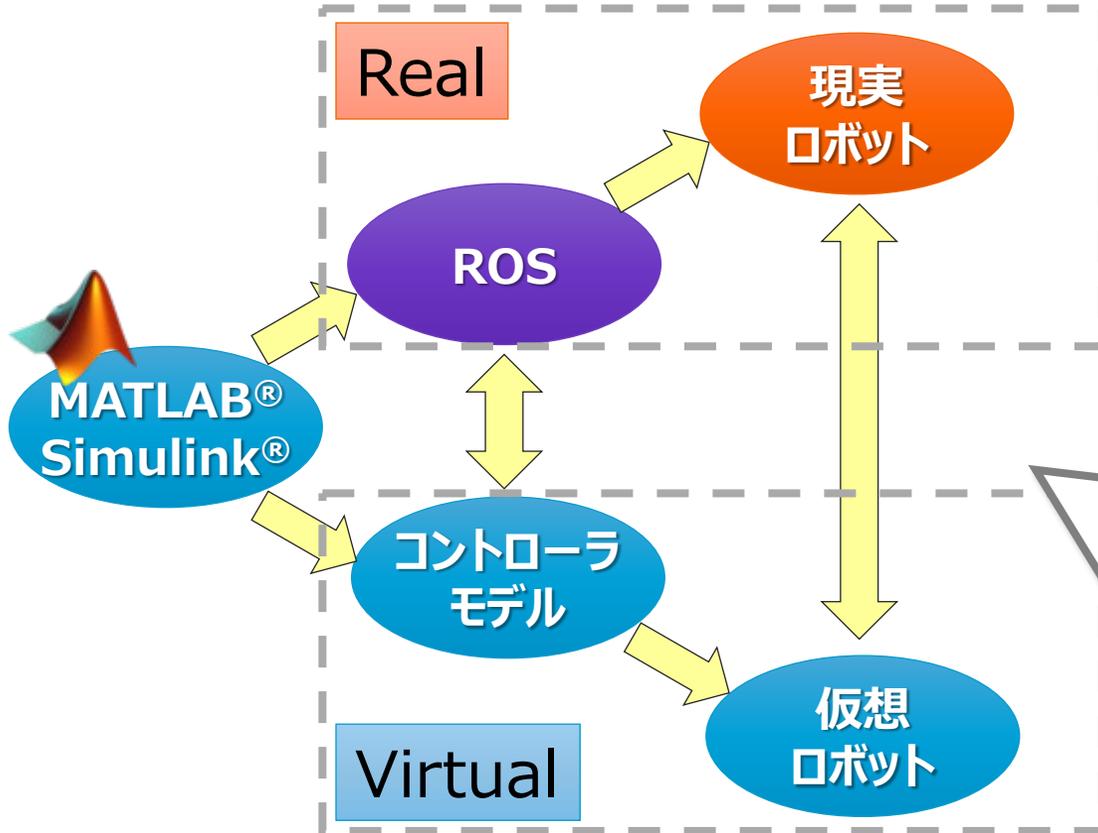
**目標： MATLAB®を使って仮想的に設計・検証ができる環境を構築できるか確認する**

## 目次

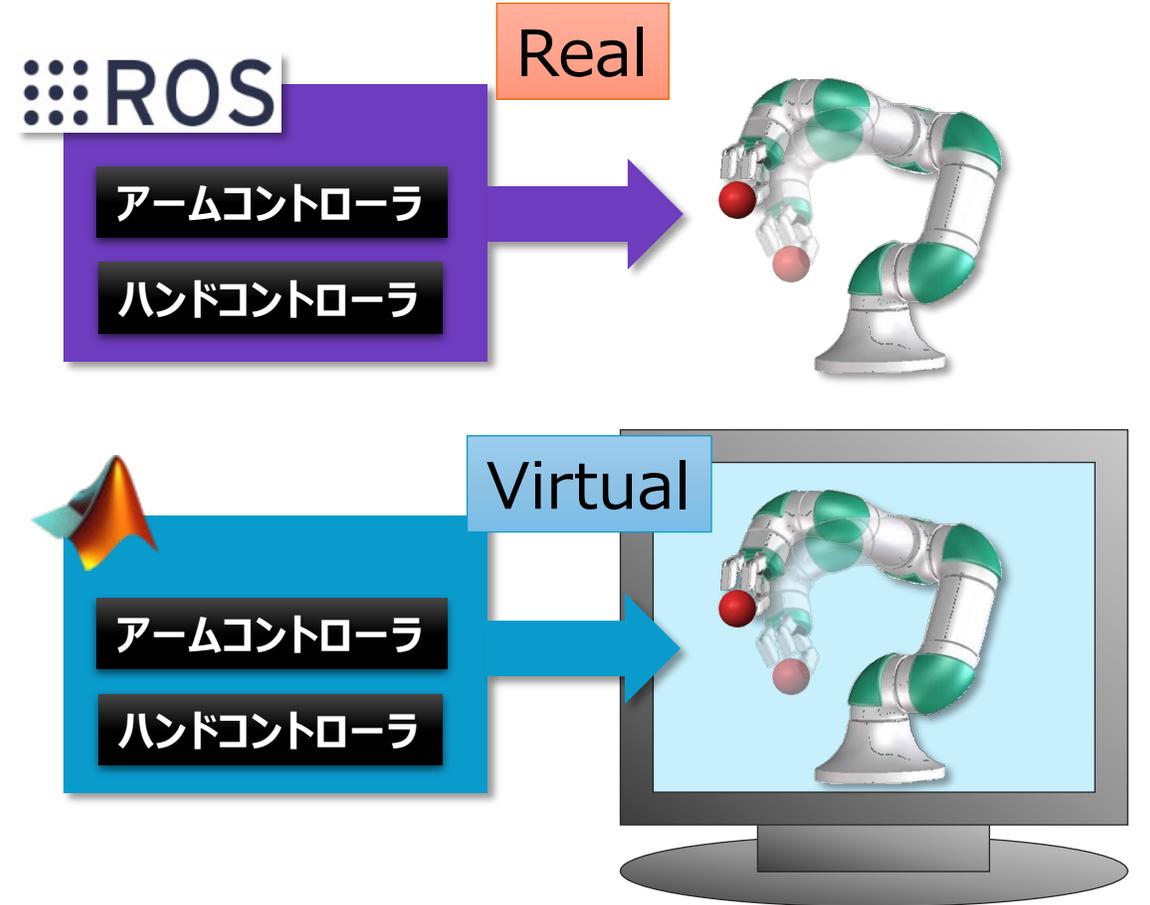
- 会社紹介
- 背景と課題
  - 人協働ロボット活用の背景
  - ロボット導入における課題
- **ロボット開発・検証環境の構想**
- ロボット開発・検証環境の構築
  - ロボットハンドモデル
  - ロボットアームモデル
  - 統合モデル
- 所感
- まとめ

# ロボット開発・検証環境の構想

● ROS : <http://wiki.ros.org>

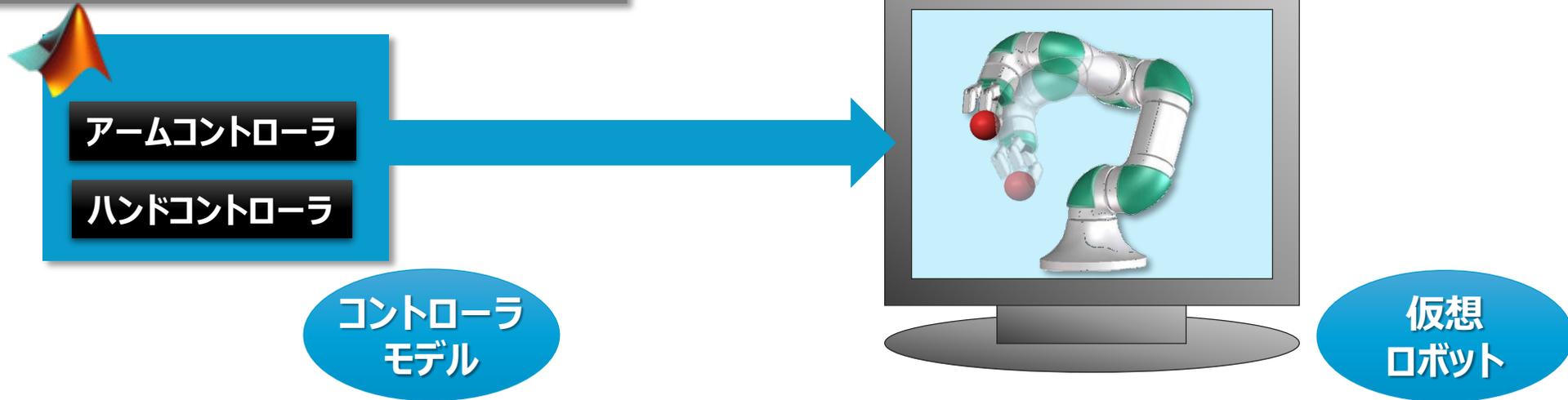


## 開発環境イメージ



# ロボット開発・検証環境の構想

## MATLAB®仮想環境



- モータ制御
- 逆運動学
- 軌道計画

Simulink®  
Robotics System Toolbox™  
Navigation Toolbox™

- アーム・ハンド機構モデル
- ワークモデル
- 接触モデル

Simscape Multibody™

R2019bより新機能

MATLAB®, Simulink®でロボットの仮想環境を構築する

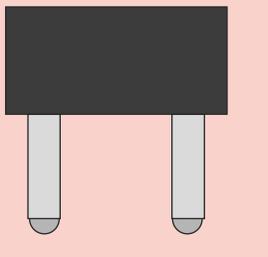
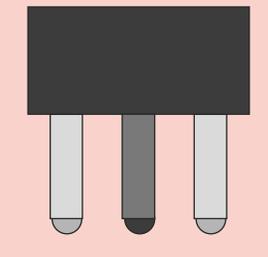
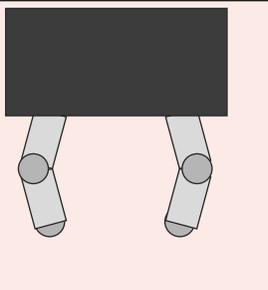
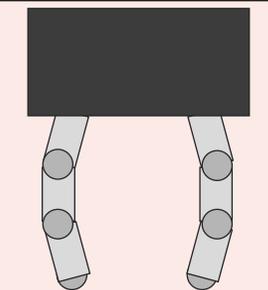
## 目次

- 会社紹介
- 背景と課題
  - 人協働ロボット活用の背景
  - ロボット導入における課題
- ロボット開発・検証環境の構想
- **ロボット開発・検証環境の構築**
  - ロボットハンドモデル
  - ロボットアームモデル
  - 統合モデル
- 所感
- まとめ

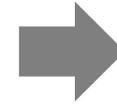
# ロボットハンドモデル

## ハンド構造

### ハンド形状

|     | 2  | 3  | 4~  |
|-----|--|--|-----|
| 指数  |   |   | ... |
| 関節数 |  |  | ... |

- ハンド形状
- 駆動方式

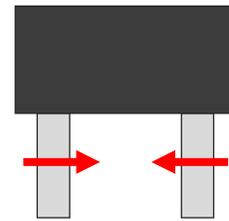


ワークに依存する

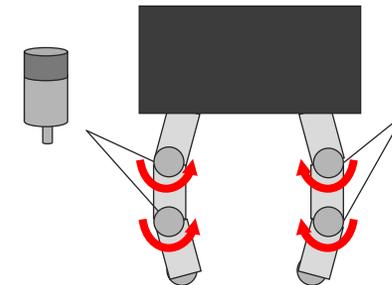
⇒ワークとハンドの関係性がわかれば構造が決まるはず

### 駆動方式

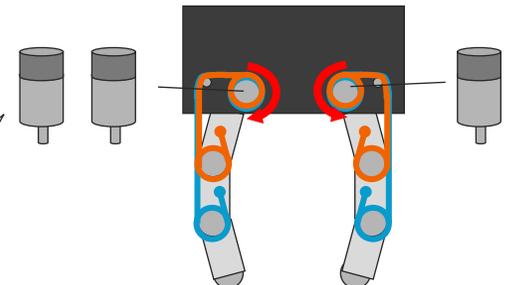
平行チャック型



完全駆動型



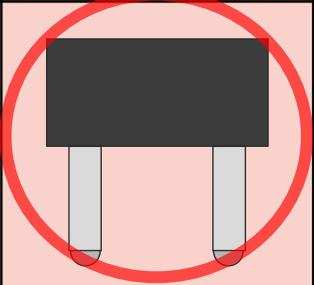
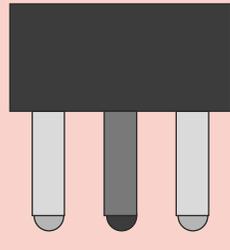
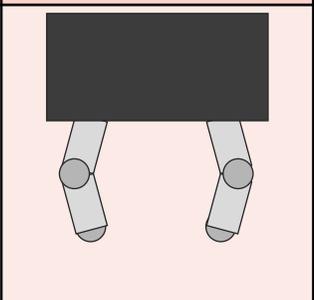
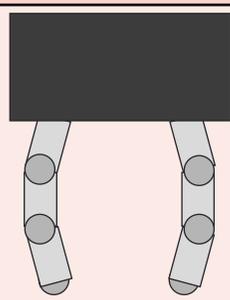
劣駆動型



# ロボットハンドモデル

## ハンド構造

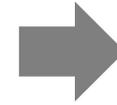
### ハンド形状

|     | 2  | 3  | 4~  |
|-----|--|--|-----|
| 指数  |   |   | ... |
| 関節数 |  |  | ... |

● ハンド形状

● 駆動方式

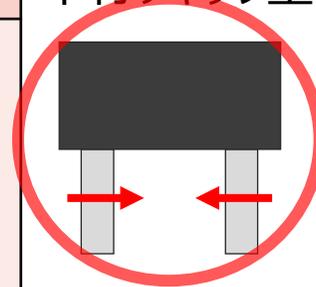
⇒ワークとハンドの関係性が  
わかれば構造が決まるはず



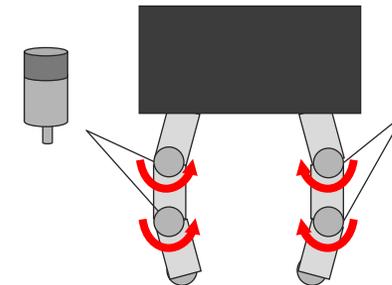
ワークに依存する

### 駆動方式

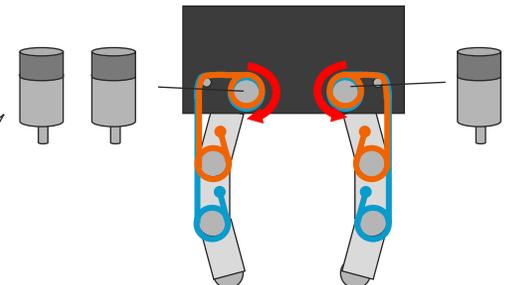
平行チャック型



完全駆動型

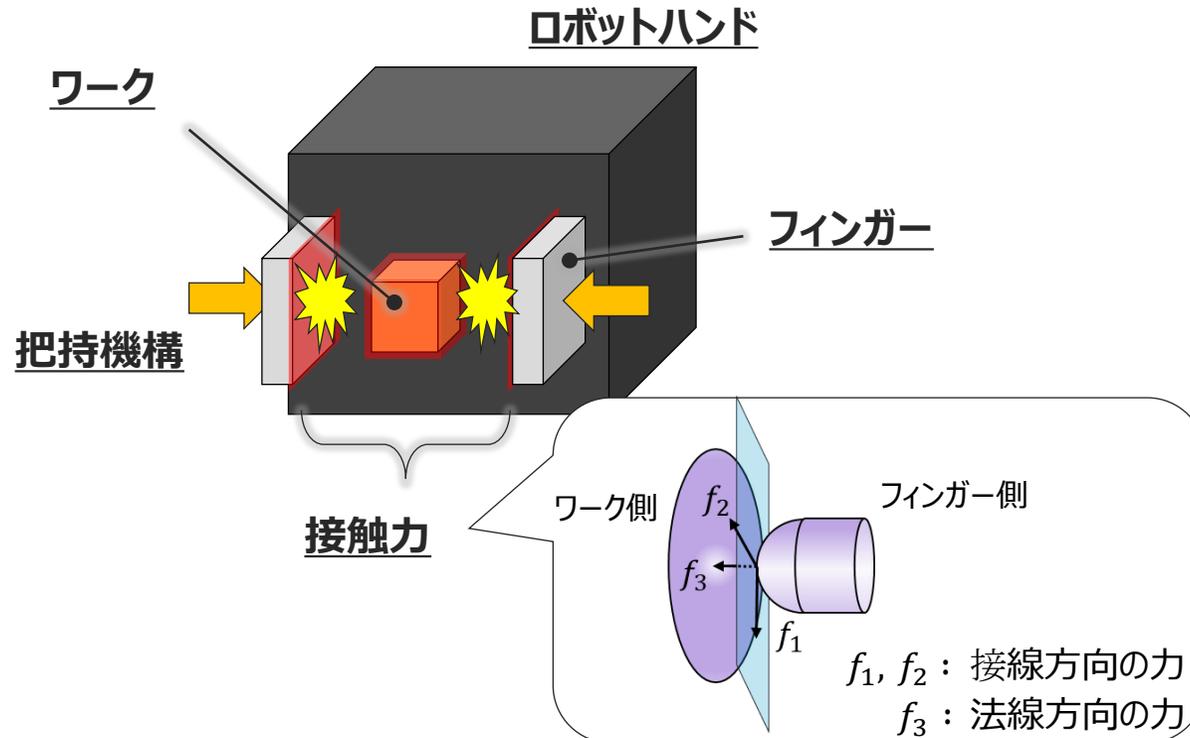


劣駆動型



# ロボットハンドモデル

## 把持機能イメージ

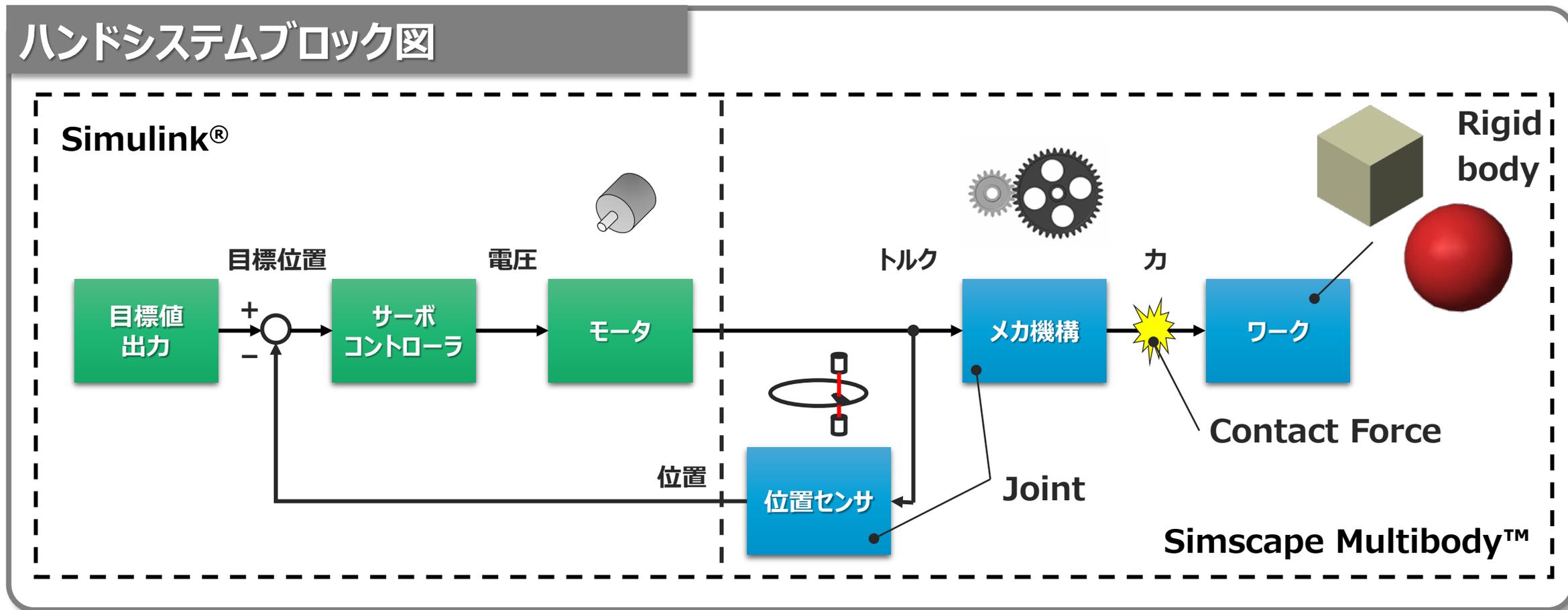


- 把持機構
  - 平行にワークを把持
  - 把持パラメータ変更可能(ストローク、速度、力)
- フィンガーとワークの接触
  - 法線方向の力(垂直抗力)の印加
  - 接線方向の力(摩擦)の印加

把持機構とワークとの接触をモデルで表現

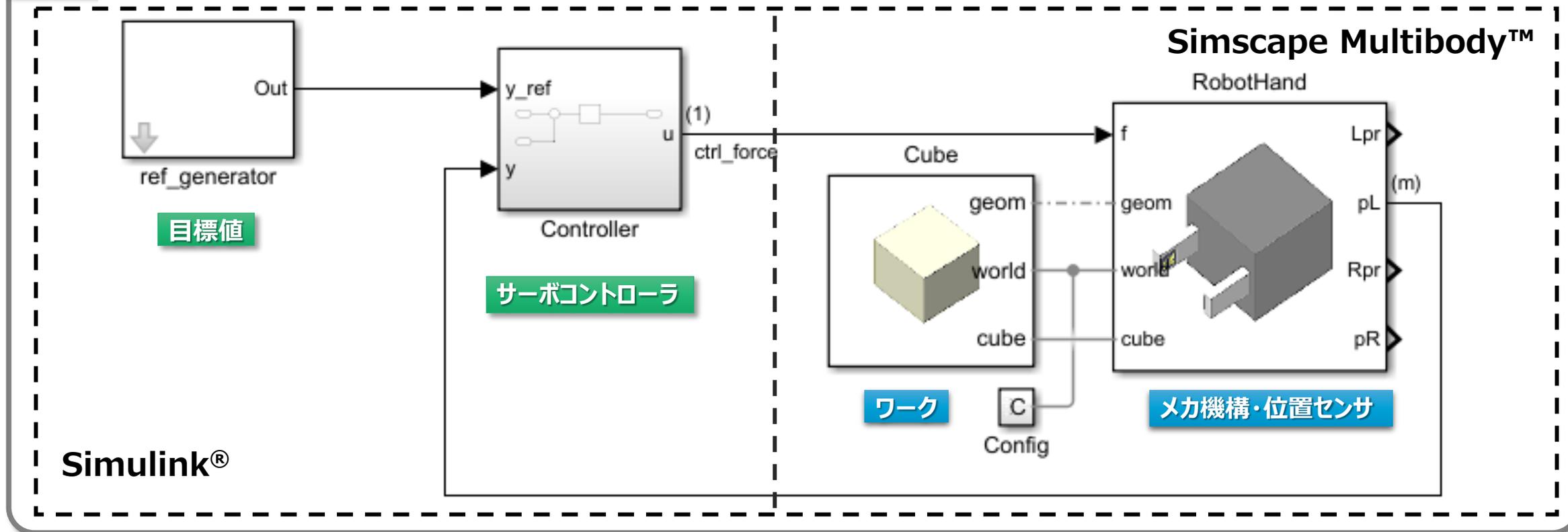
# モデル構成概要

## ハンドシステムブロック図



# モデル構成概要

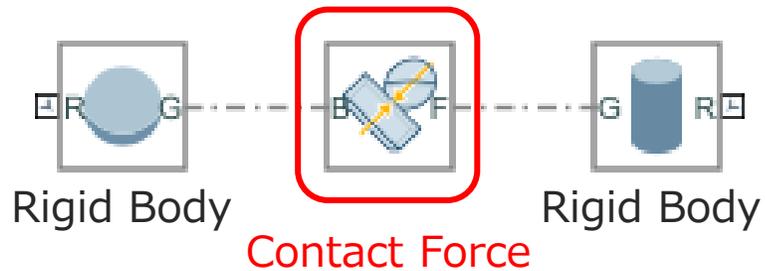
## ハンドシステムブロック図(Simulink®)



# モデル構成概要

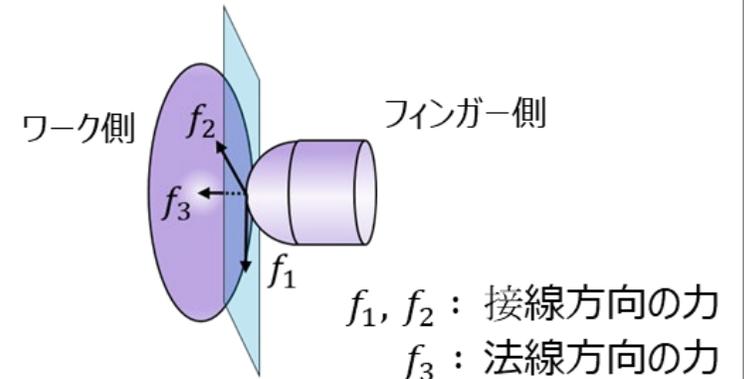
## 接触のモデル化

- Simscape Multibody™の新機能(R2019b~)



剛体ブロック間に接触モデルを挿入

- 物体同士の接触をモデル化
  - Sphere – Brick (cube)
  - Sphere – Cylinder
  - Sphere – Sphereに対応



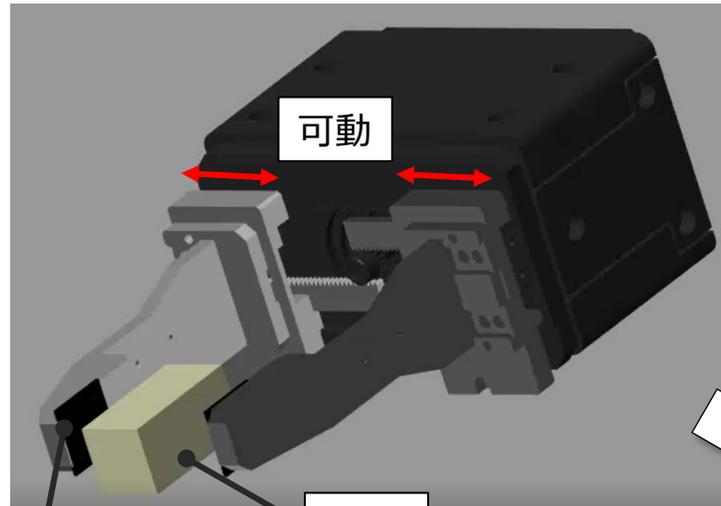
- 摩擦あり点接触モデルを適用

Simscape Multibody™の新機能を活用して接触をモデル化

# モデル構成概要

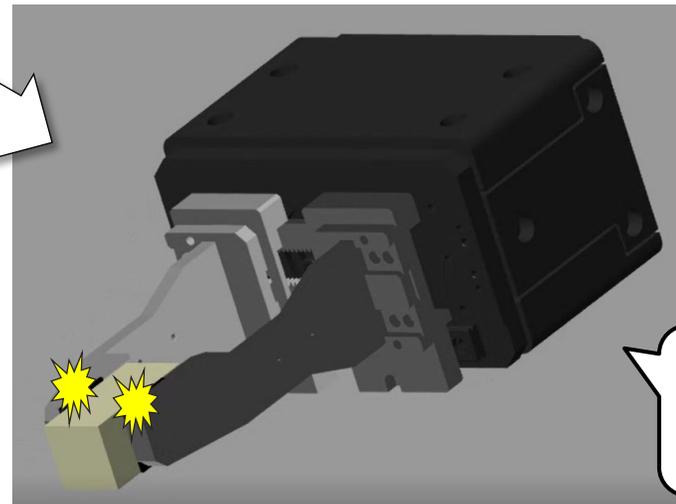
## ロボットハンドモデル

- 機構モデルはCADからSimscape Multibody™へインポート



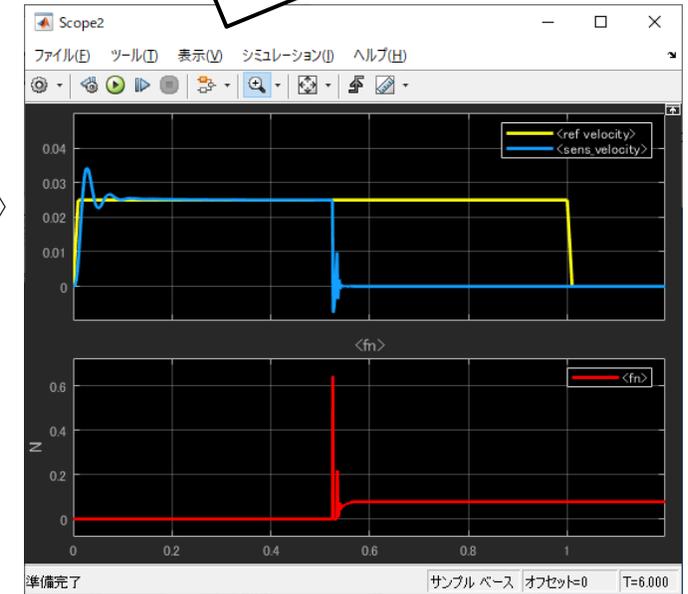
接触設定面

ワーク



- ビジュアル的に確認することもできる

- 指示値や測定値など物理量をモニター

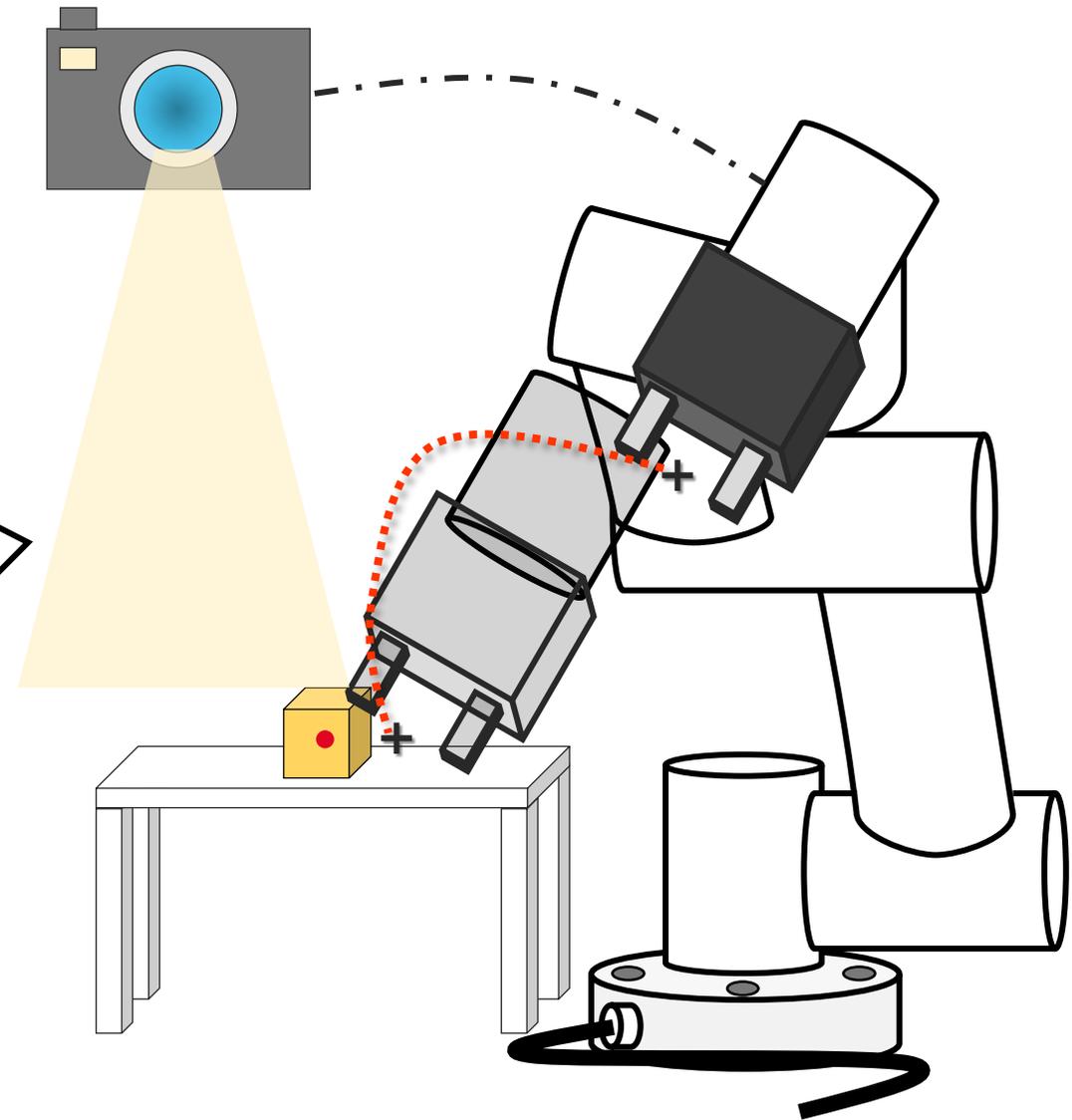


# モデルを使った検証例

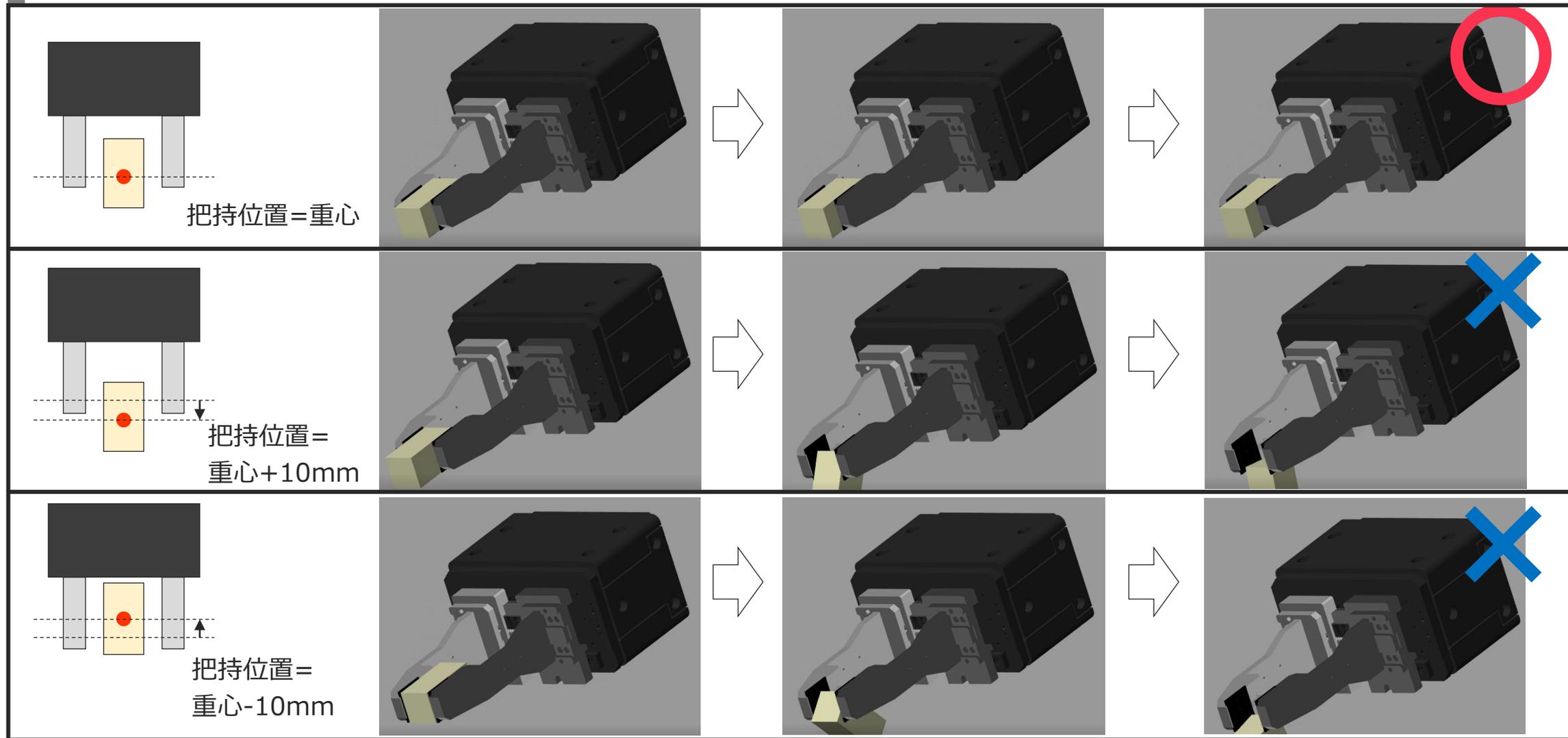
## ● ノイズ、ばらつき要因

- 画像ノイズ、照明
- 演算誤差(アーム軌道計算など)
- ワーク配置
- モータ特性の個体差
- 機構内の設計交差

➔ **最適な把持パラメータ設定や  
Noiseを考慮した設計ウィンドウ、  
把持接触面の設計にフィードバック**

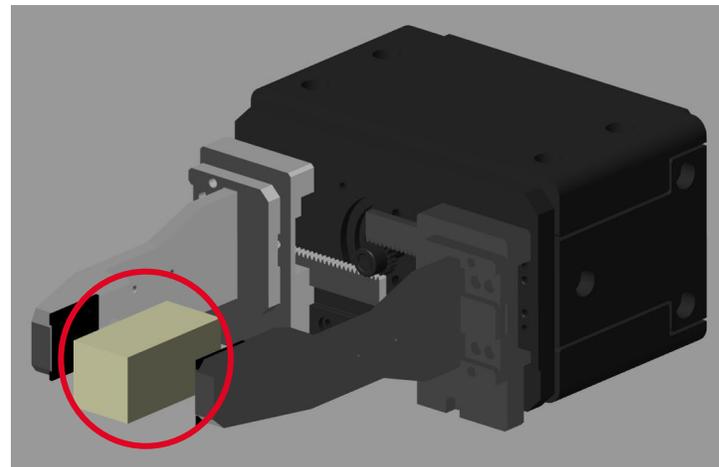
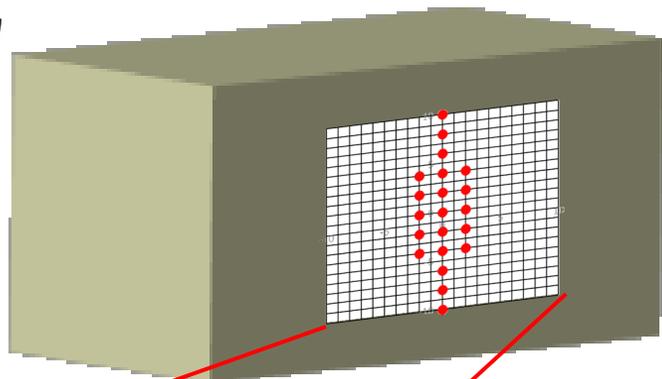


# モデルを使った検証例

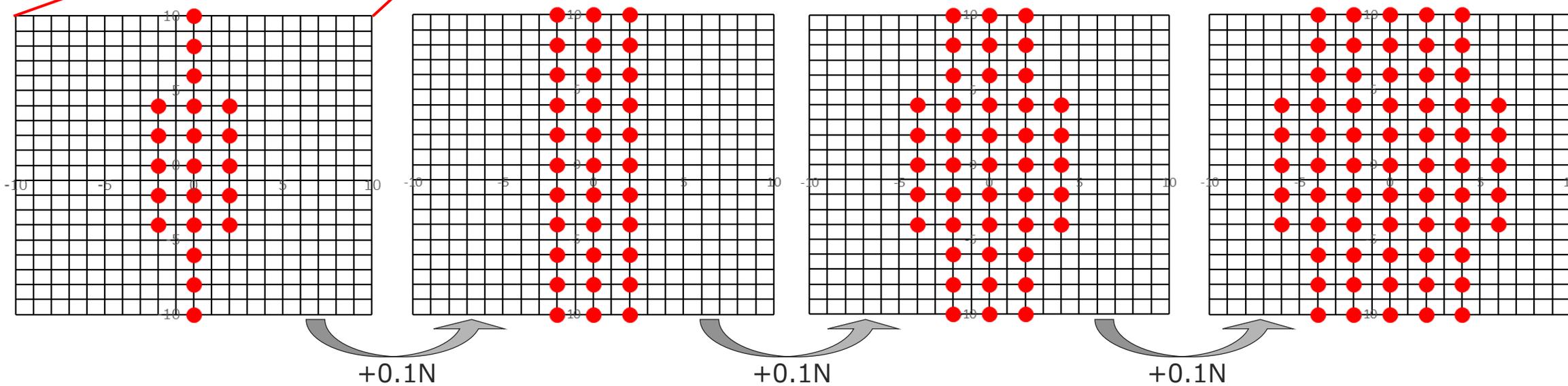


# モデルを使った検証例

ワーク

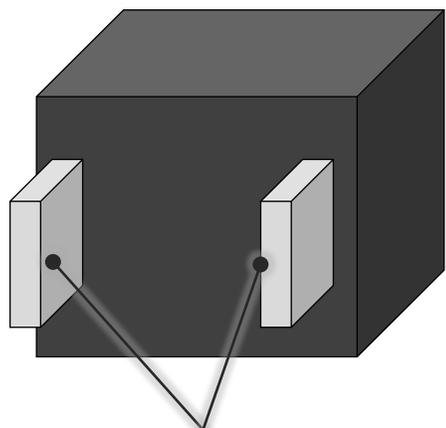
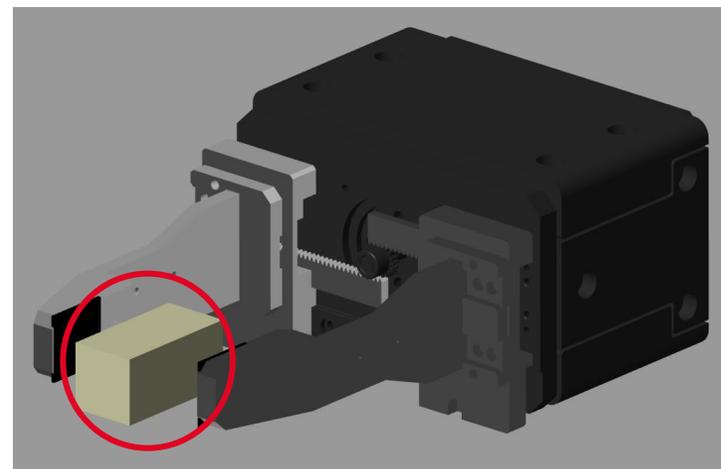
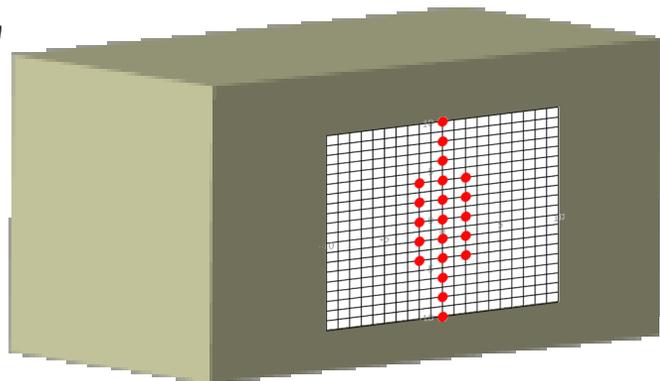


把持力



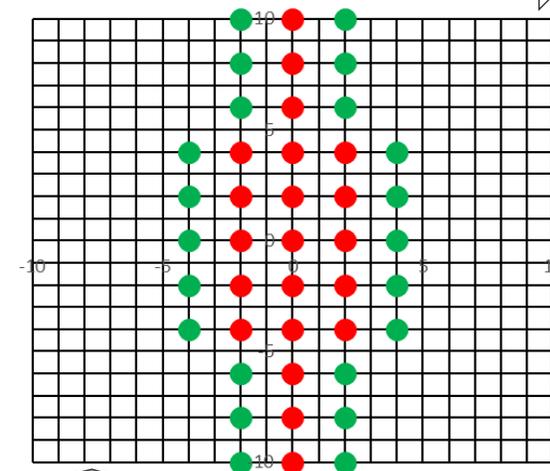
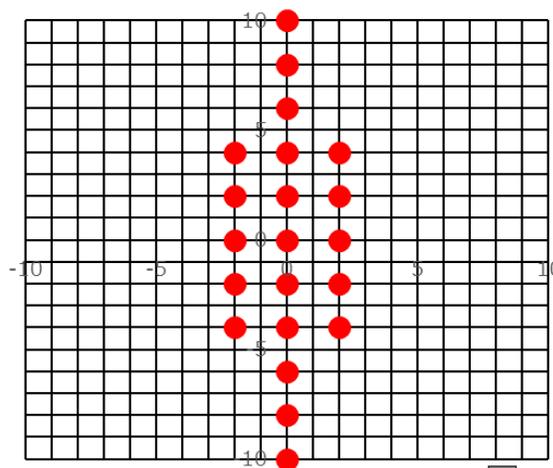
# モデルを使った検証例

ワーク



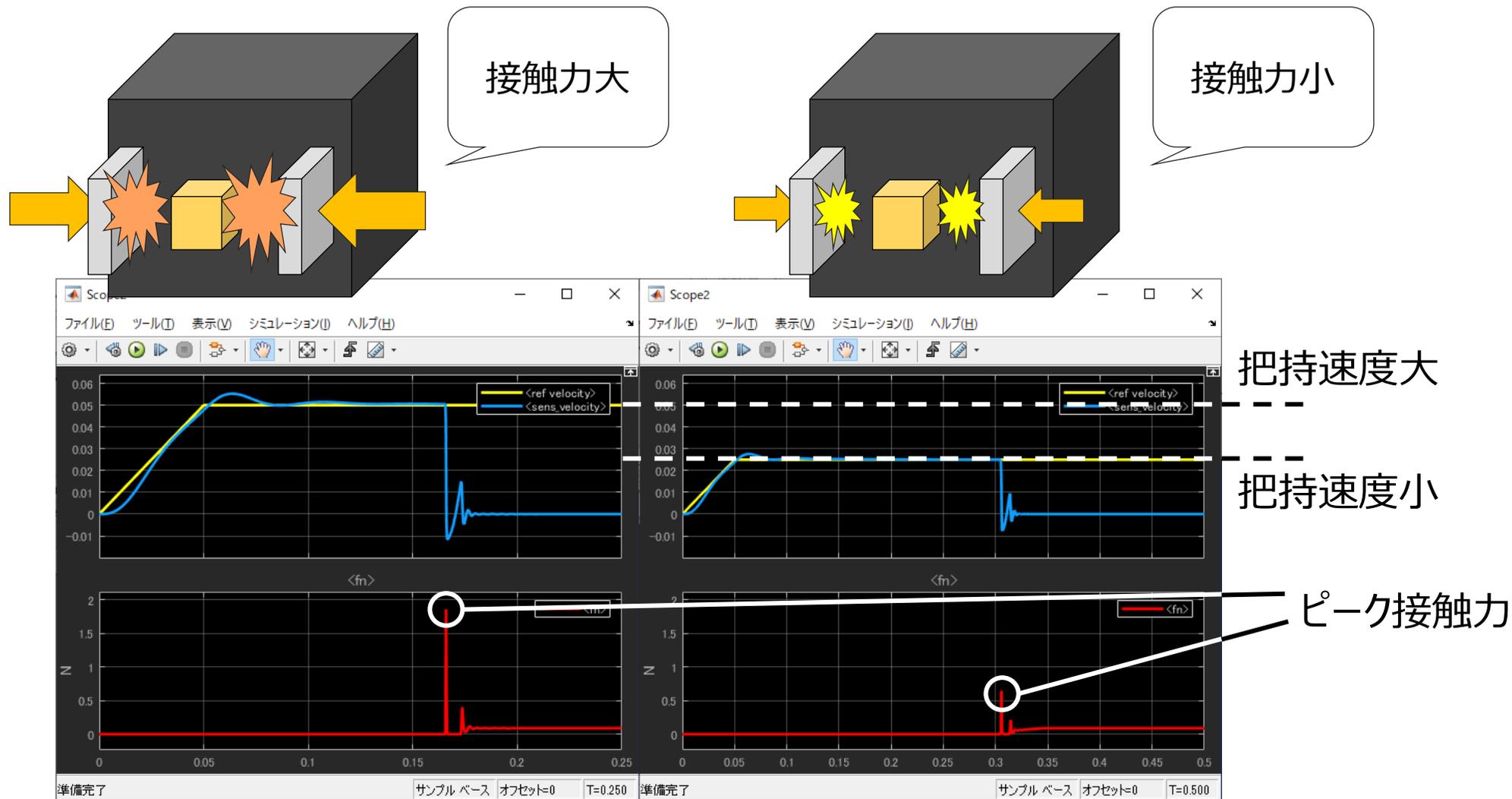
把持面の  
表面状態を変更の想定

把持面摩擦係数

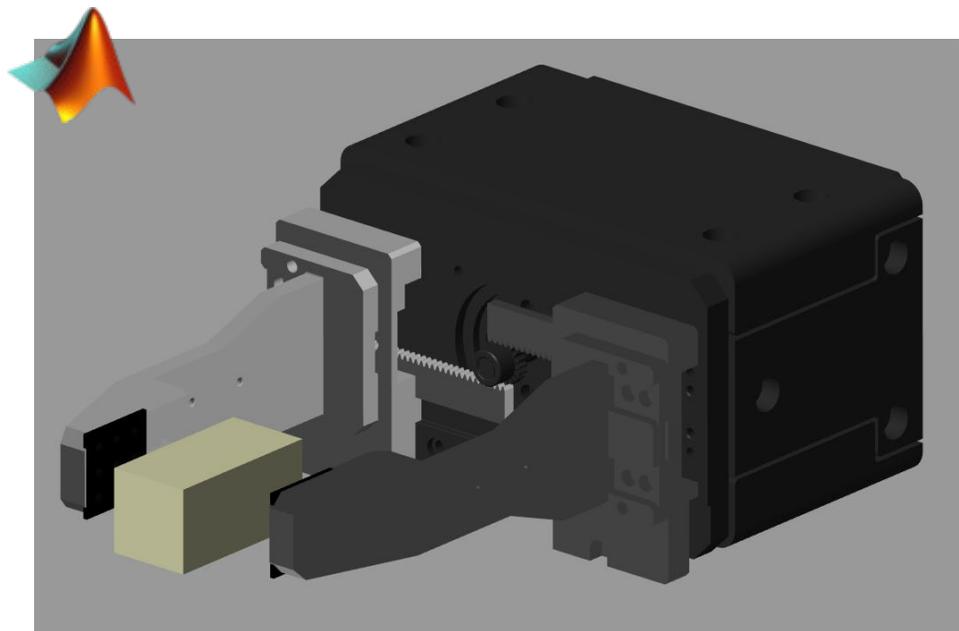


把持接触面摩擦UP

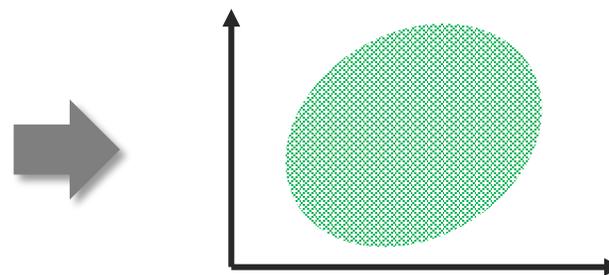
# モデルを使った検証例



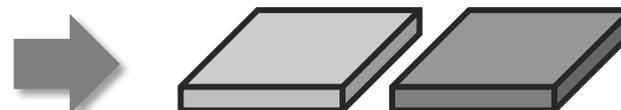
# モデルを使った検証例



把持の最適パラメータ



Noiseを考慮した  
設計ウィンドウ

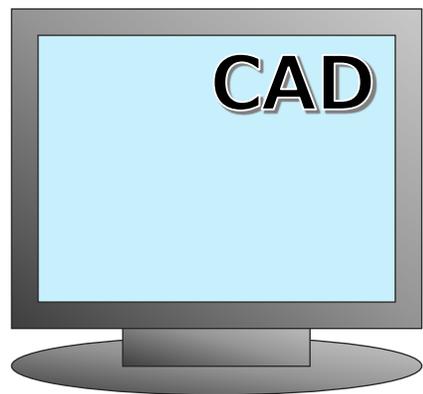


摩擦係数小 摩擦係数大

把持接触面の設計

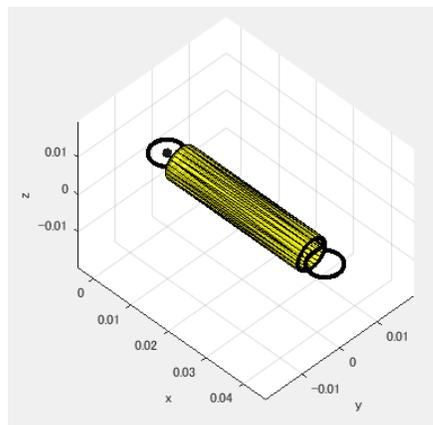
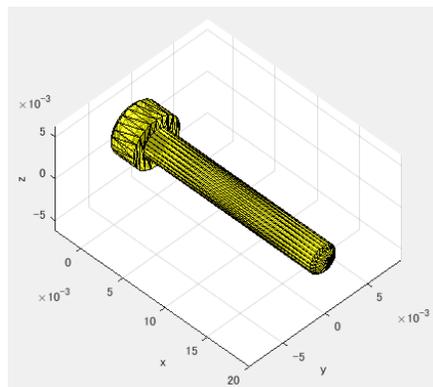
検証内容から設計にフィードバック

# モデルを使った検証例



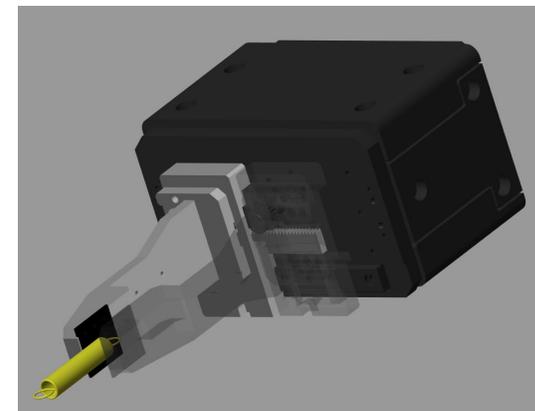
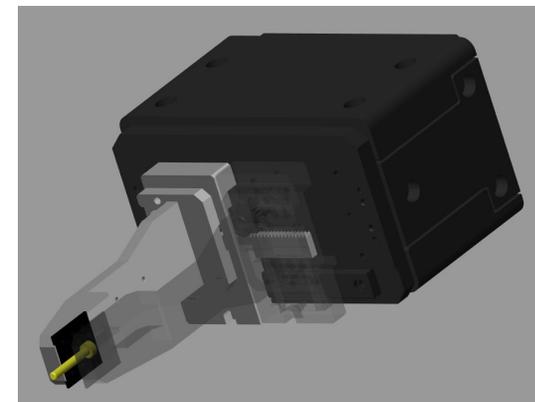
➔  
STL File  
出力

MATLAB®インポート



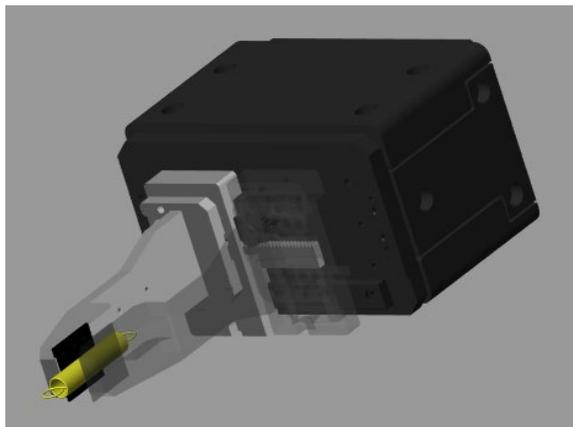
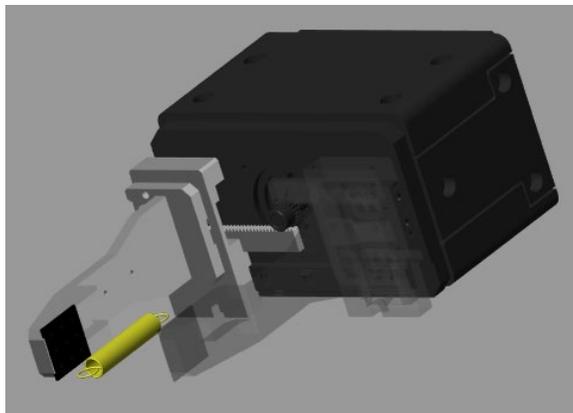
➔  
接触定義

把持シミュレーション



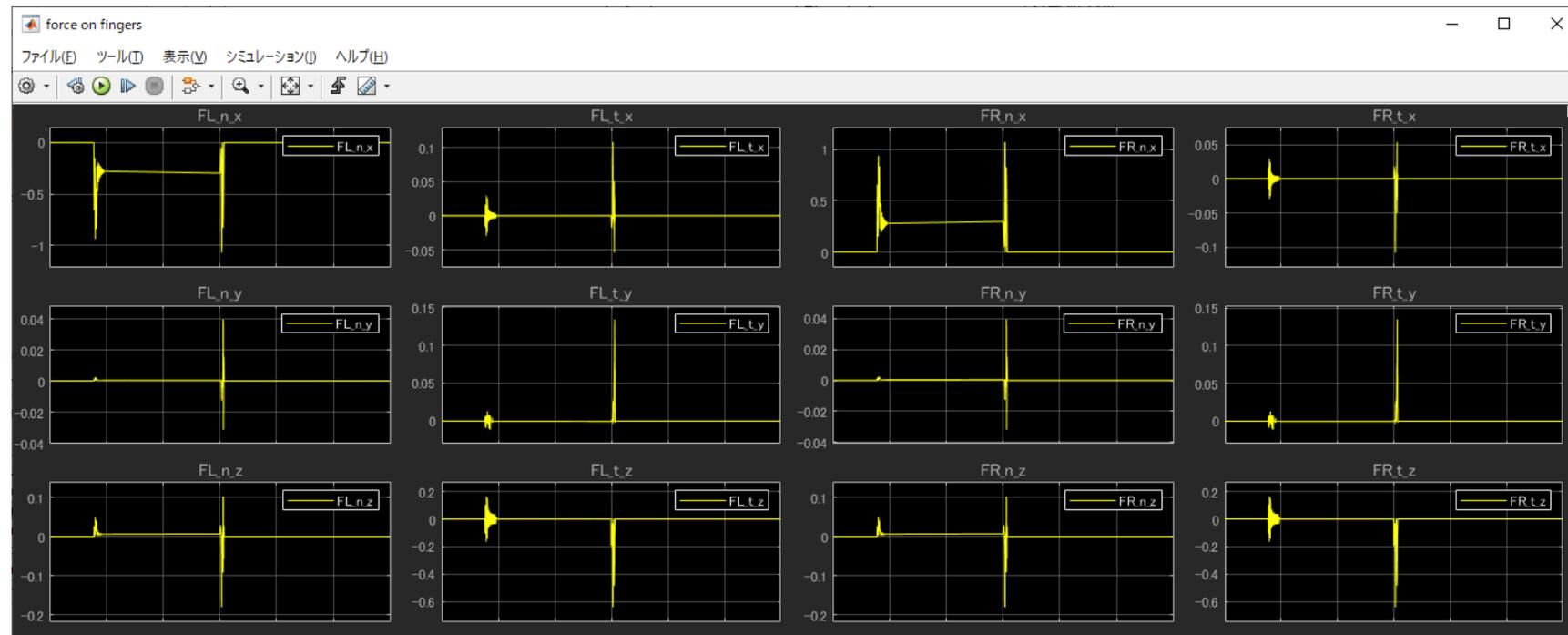
**任意のワークの把持に対応**

# モデルを使った検証例



左フィンガーにかかる応力

右フィンガーにかかる応力



様々なワークの把持状態を検証

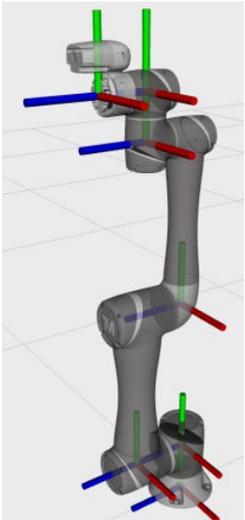
# ロボットアームモデル

ROS

ROS Package

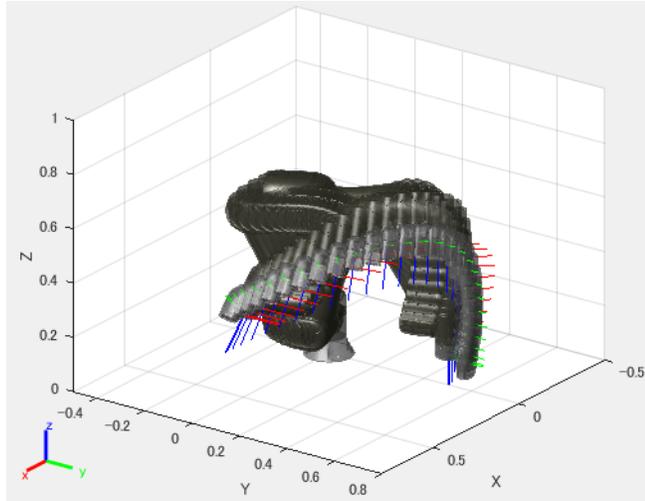
Robot情報 (URDF)  
をインポート

Robotics System Toolbox™

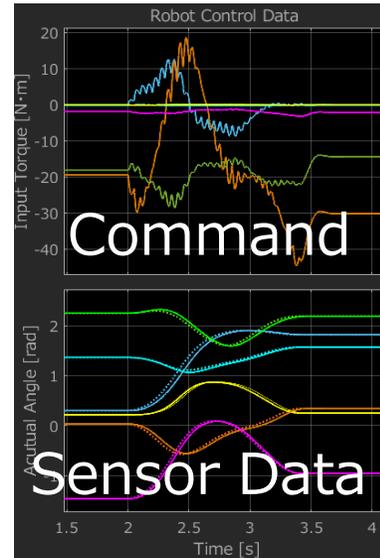
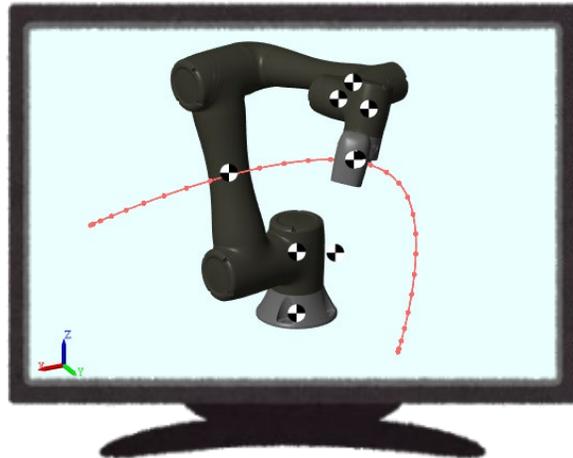


Navigation Toolbox™

軌道計画アルゴリズム



Dynamics Simulation



ROS インターフェース  
による通信確立  
ROS Toolbox

事前設計と検証  
Simulink®

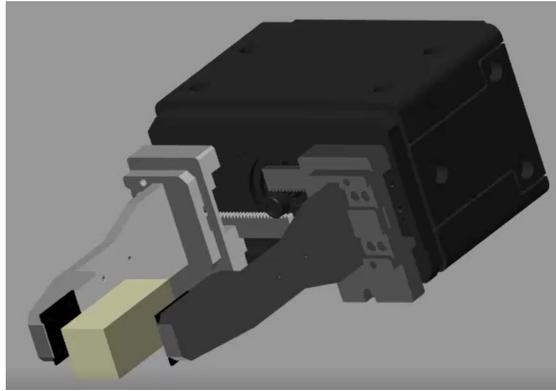
ROS対応  
Robot(実機)

ROS

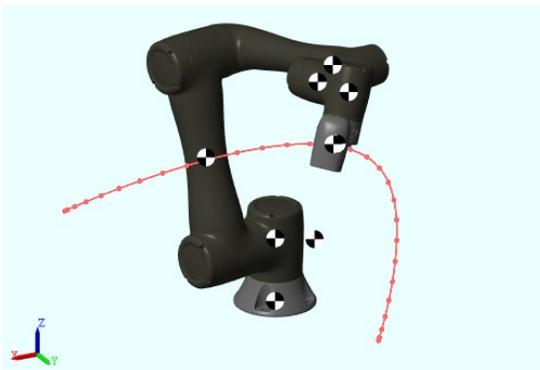


# 統合モデル

## ロボットハンドSim



## ロボットアームSim



### ◆ロボットアームモデルとロボットハンドモデルの統合

- ロボットアームのダイナミクスと併せたシミュレーション
- 全体システムを統合して設計・検証
- 仮想環境での検証 ⇒ 実機へソフトウェア組み込み(コード出力)

➡ 動的に全体システムを設計・検証  
アルゴリズムを組み込んで実機検証

## 統合Sim



## ロボット実機



## 目次

- 会社紹介
- 背景と課題
  - 人協働ロボット活用の背景
  - ロボット導入における課題
- ロボット開発・検証環境の構想
- ロボット開発・検証環境の構築
  - ロボットハンドモデル
  - ロボットアームモデル
  - 統合モデル
- **所感**
- **まとめ**

## MathWorks社とのコンサルティング協業

- ロボットハンド・ロボットアームの仮想環境を作るにあたってMathWorks社のサポートを受けた

- ▶ MathWorks製品への仕様の落とし込み
- ▶ モデル化のアドバイス、サンプルモデルのご提供



自分たちで新機能を使いこなせるように！

- メリット

- ▶ 高い技術レベルでサポートしていただける
- ▶ 対応スピードが速い
- ▶ 新機能について直接開発者に聞いていただける
- ▶ やりたいことに合ったモデルにカスタマイズしていただける

## ロボット分野へのMATLAB®活用

### ● メリット

- ▶ 作ったハンドやアルゴリズムを実機作らずアピールできる ⇒ 現場にも説明しやすい
- ▶ メカ設計者でも入門しやすい ⇒ 実際にメカ設計者も検討に活用している
- ▶ ロボットを計算する上で、基本的な演算は関数としてそろっている ⇒ 導入負荷小
- ▶ システム全体を統合してモデル化できる ⇒ システム全体の制御系の設計と検証

### ● 要望

- ▶ 接触の演算処理が重い ⇒ もっと軽くしたい
- ▶ ROSや他のOSSのリソースをもっと利用できるようにしてほしい

# まとめ

- ロボットハンド開発の効率化のためにMATLAB®を利用した
- MATLAB®を使ってロボットハンド、ロボットアームの仮想開発環境を作成した
- MATLAB®を利用することで、仮想的に設計・検証ができる環境を構築できるか確認できた

END