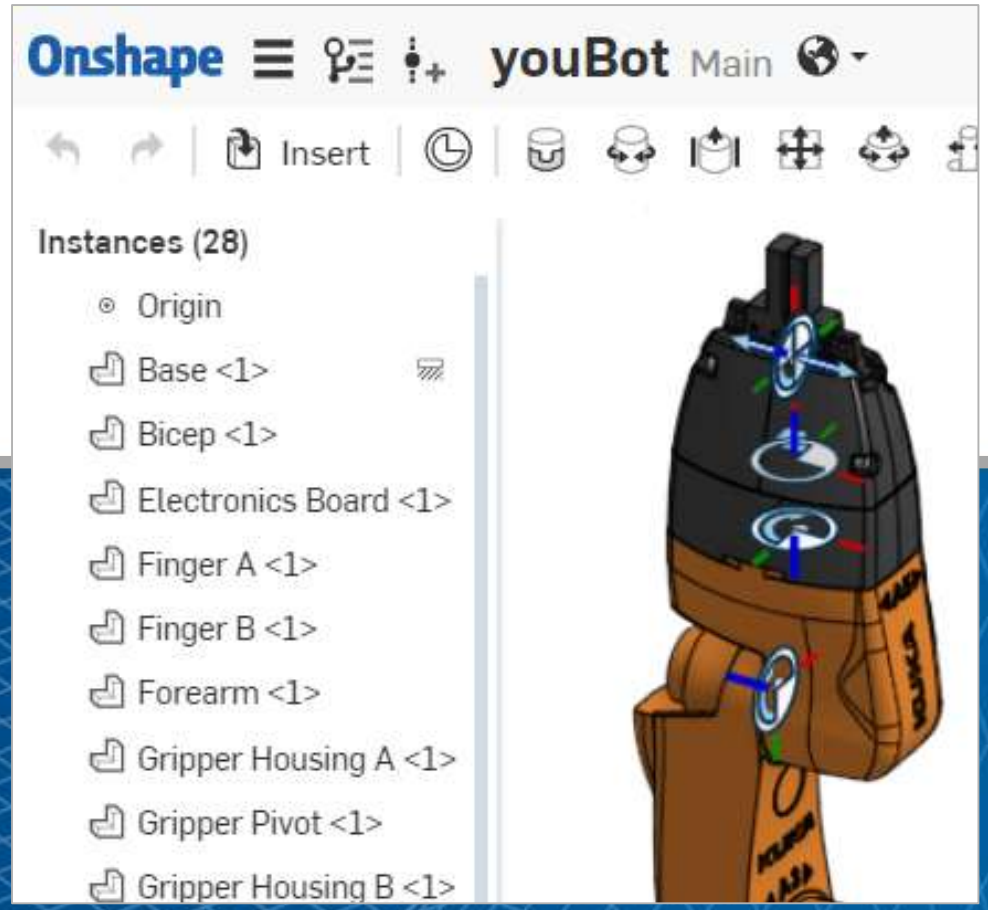
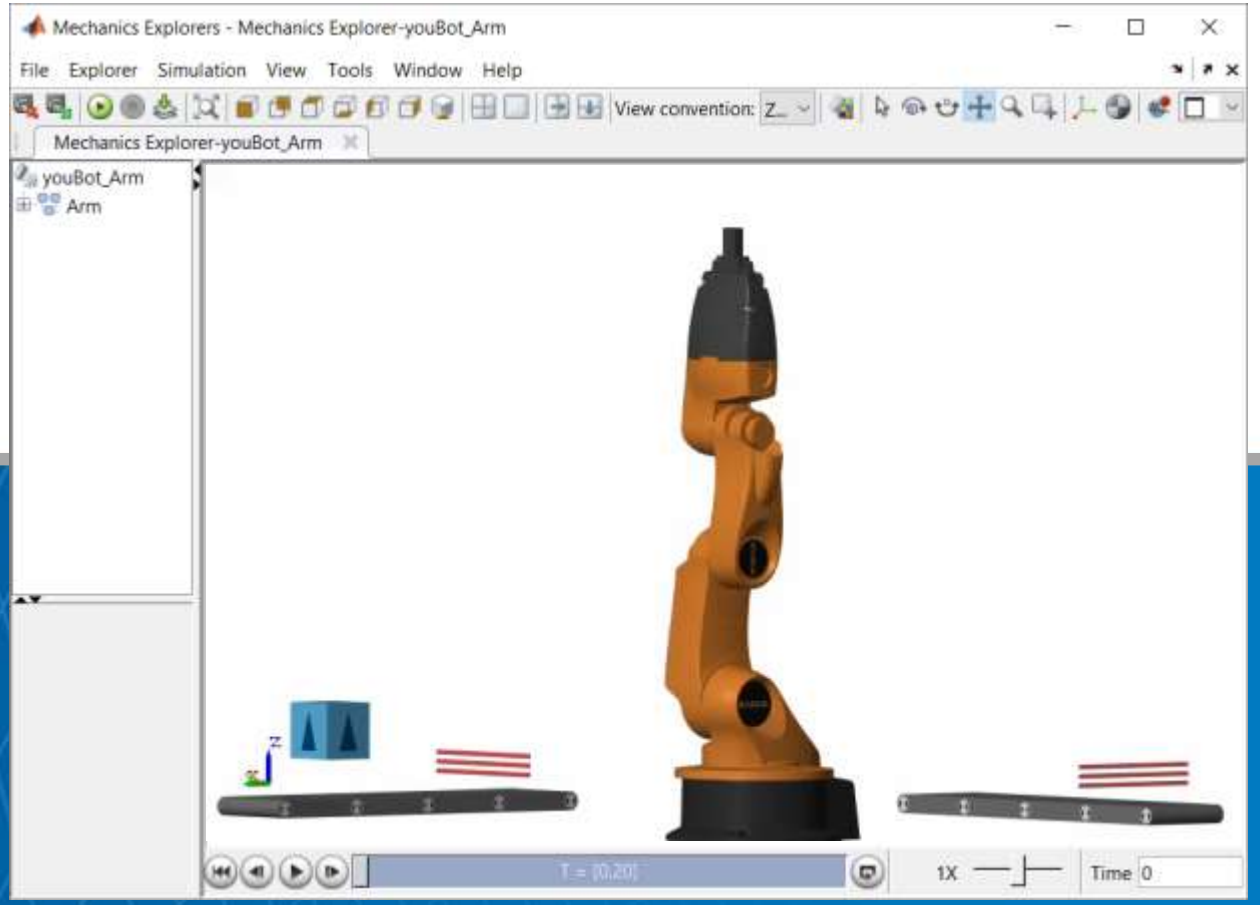
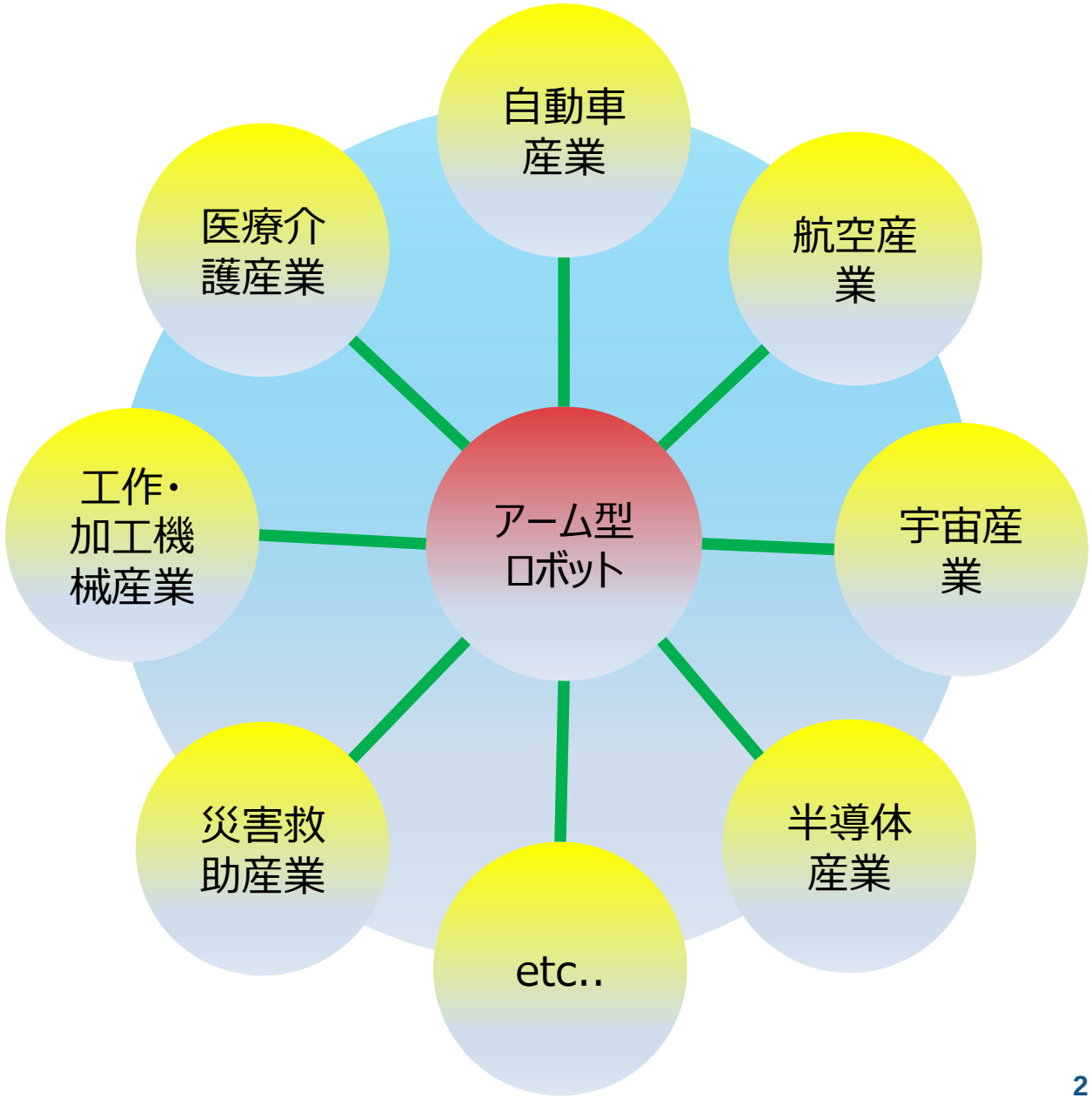
アーム型ロボット開発・導入を支援するMATLAB/Simulink



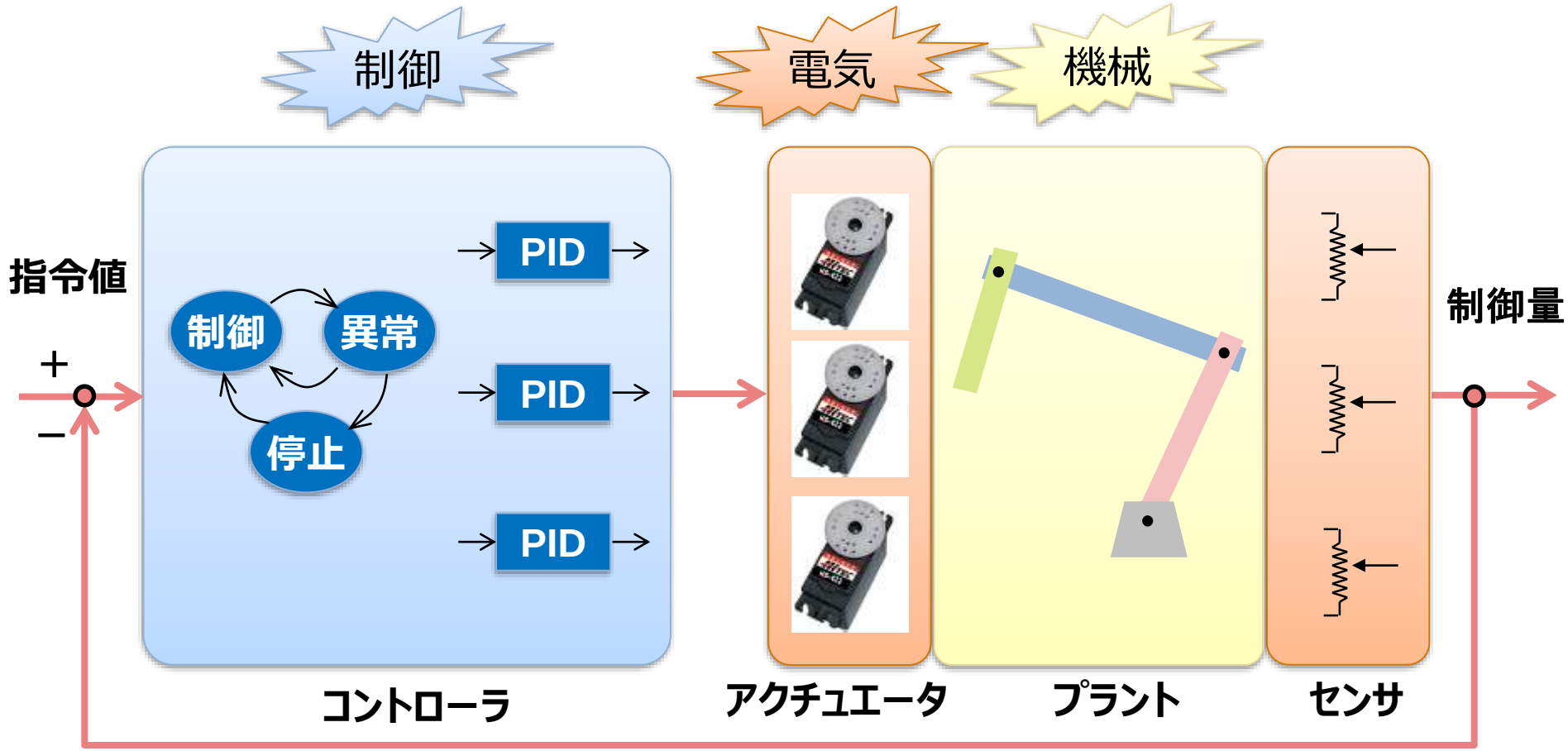


アーム型ロボットの活用産業

産業	用途例
自動車・自動車部品	ジョイント組み立て、ウインドウ搭載支援 等
航空	機体の組み立て支援 等
宇宙	宇宙空間での衛星の組み立て、修理 等
半導体 電子部品	卓上はんだ付け、微小チップ部品の整列 等
災害救助	汚染環境での作業支援 等
医療・介護	手術による執刀支援 等
工作・加工機	工作・加工機械の組み立て 等



ロボットの全体構成

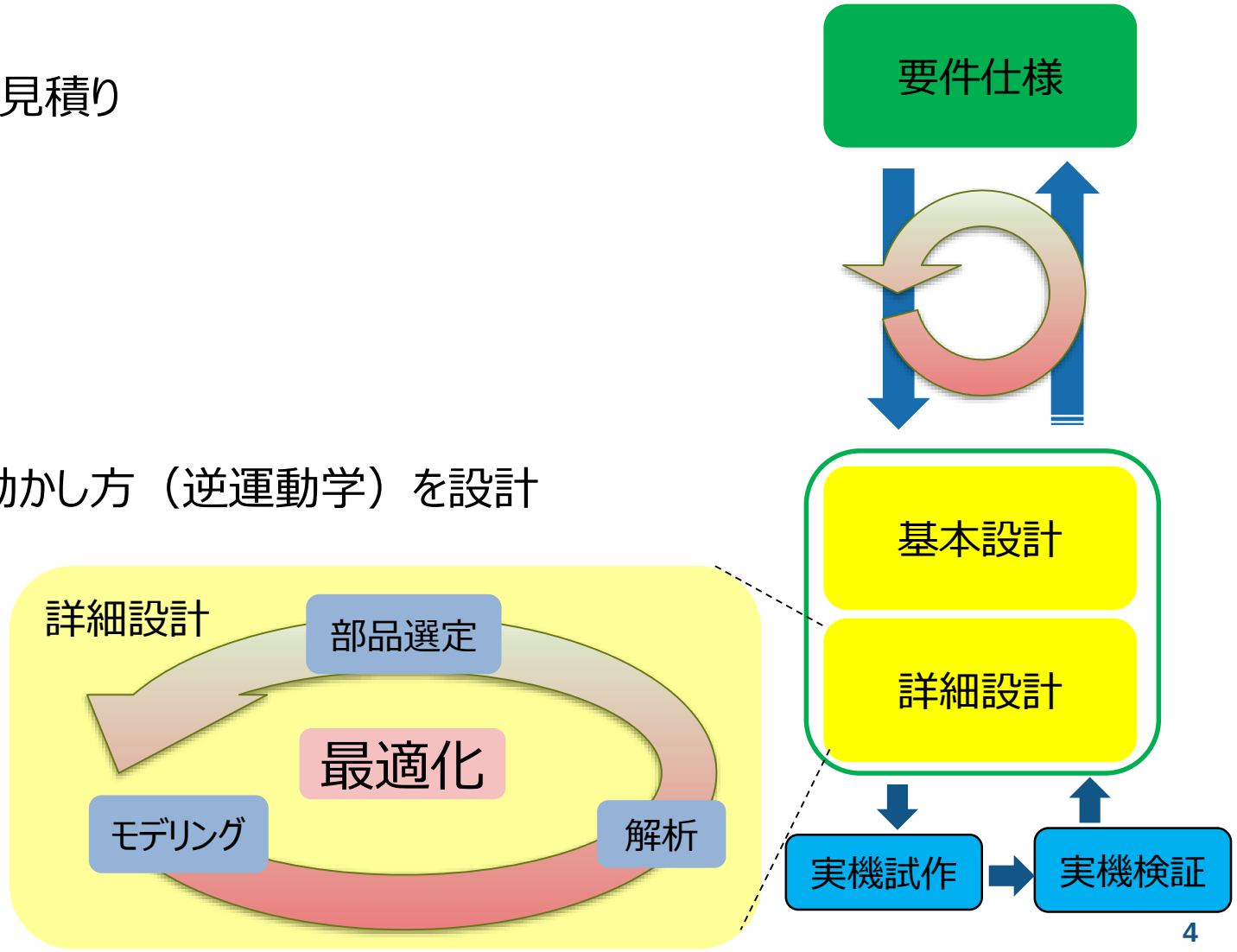


制御・電気・機械が一体のシステムで、所望の機能・性能を実現し、さらに安全性が要求される

導入・開発における検討事項

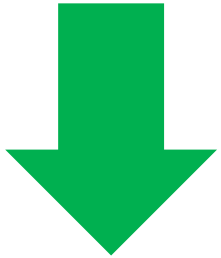
- 導入検討者
  - 使用用途の検討
  - コスト(消費電力、動作時間、etc）の見積り
  - 軌道設計検討／動作制約の検討
  - 外乱・フェールセーフ動作の検討

- 開発者（特に制御設計者）
  - エンドエフェクタの軌道に対する関節の動かし方（逆運動学）を設計
  - 動作制約を踏まえた最適動作の検討
  - フェールセーフ動作の設計



従来の開発における主な課題

- 実機ベースで開発しているため、現物が出来るまで机上検討しかできない。
- システム全体の最適化が出来ていない。
- CAD資産が制御領域で有効活用できていない。

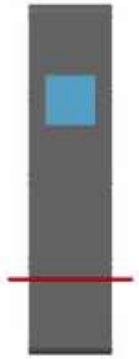


課題

高度・複雑なシステム設計を、設備導入前に効率的に行う必要があるが、現状、システム設計ができておらず、実機ベースで開発している。

設計におけるチャレンジ

システム:

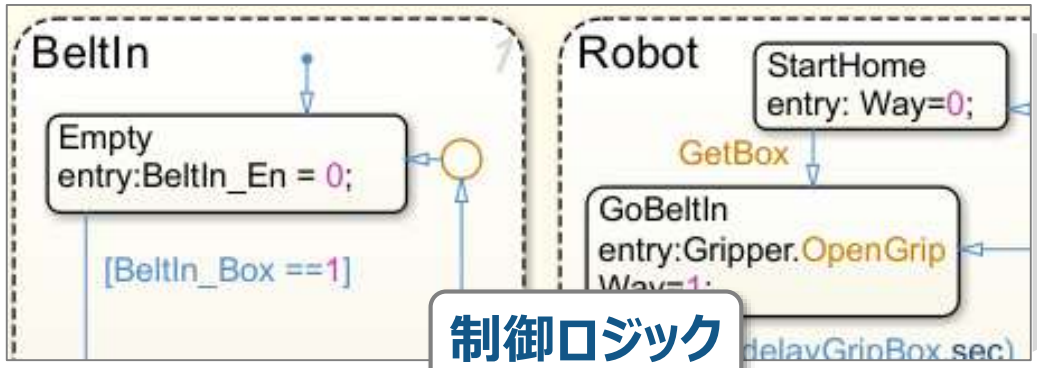


Challenge: モーターを選択し、ロボットとコンベアベルトの制御を定義します。

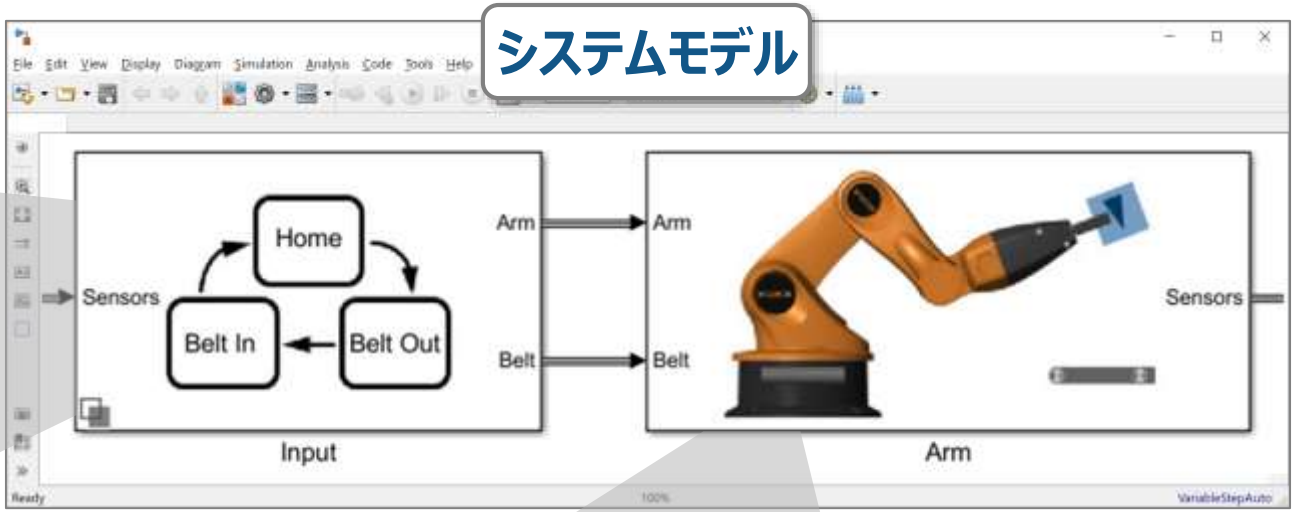
Solution: OnshapeモデルをSimscapeにインポート。シミュレーションを活用してアクチュエータ要件と制御ロジックを定義する。

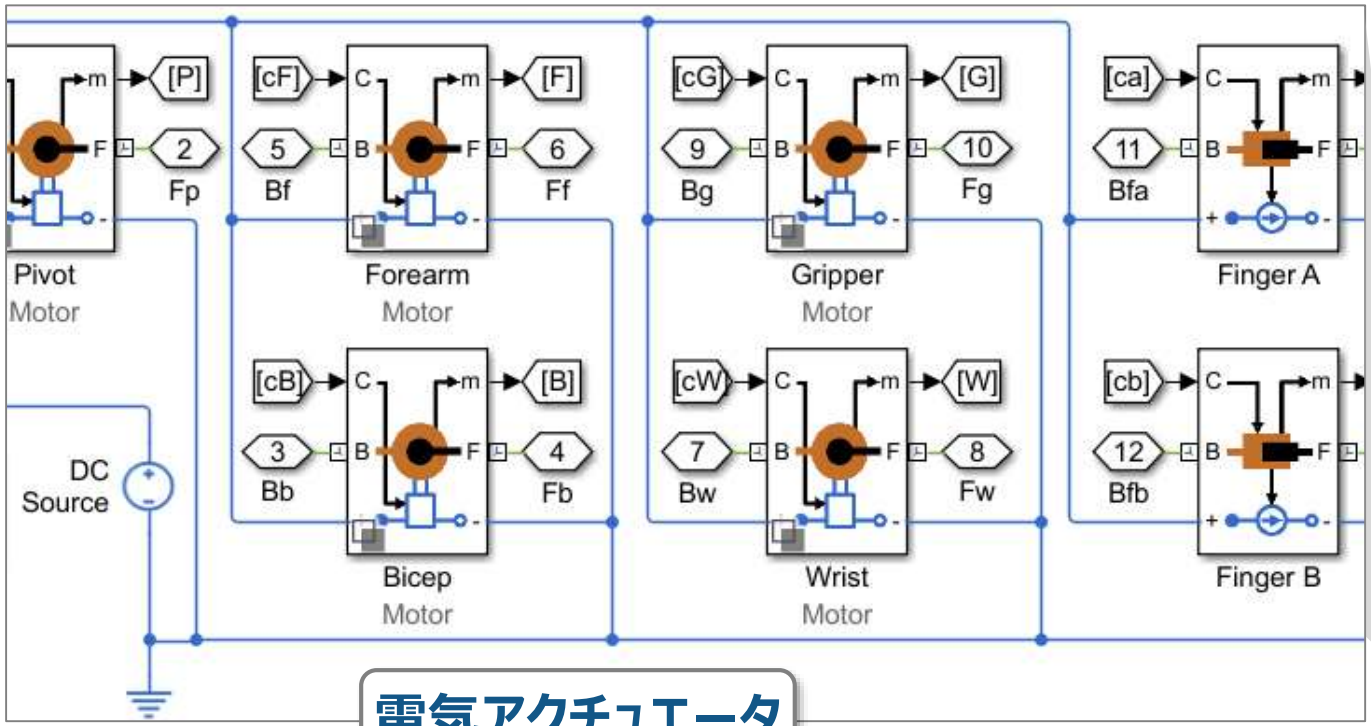
1. Onshapeモデルのインポート
2. モーター要件の決定
3. 電動アクチュエータの統合
4. 消費電力を最小限に抑える
5. 制御ロジックの開発

システムモデル

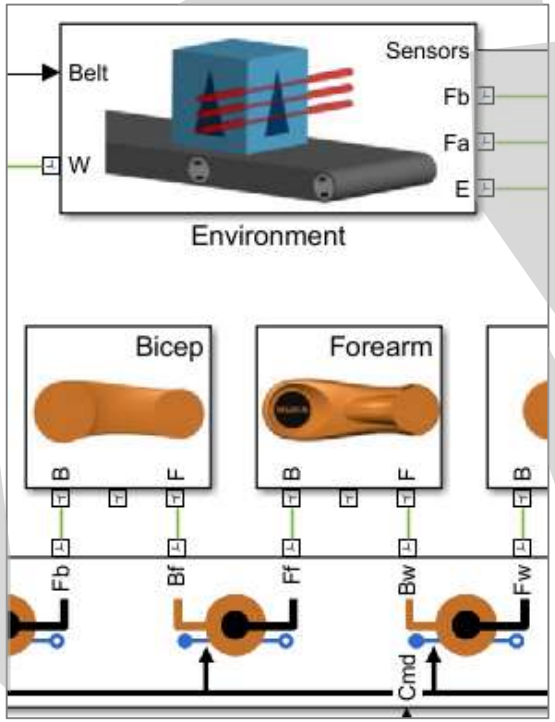


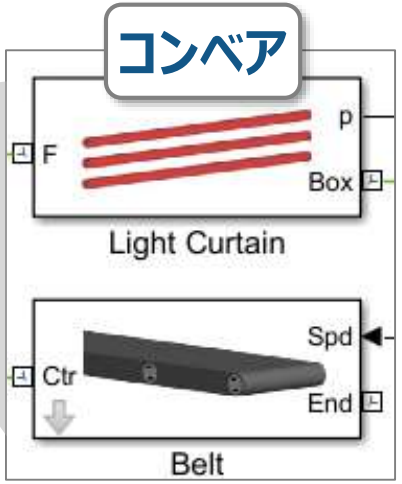
制御ロジック

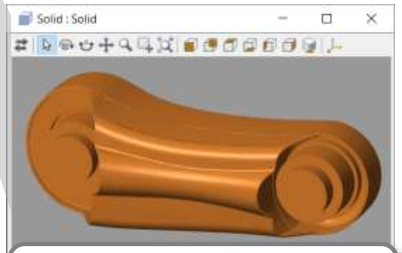




電気アクチュエータ



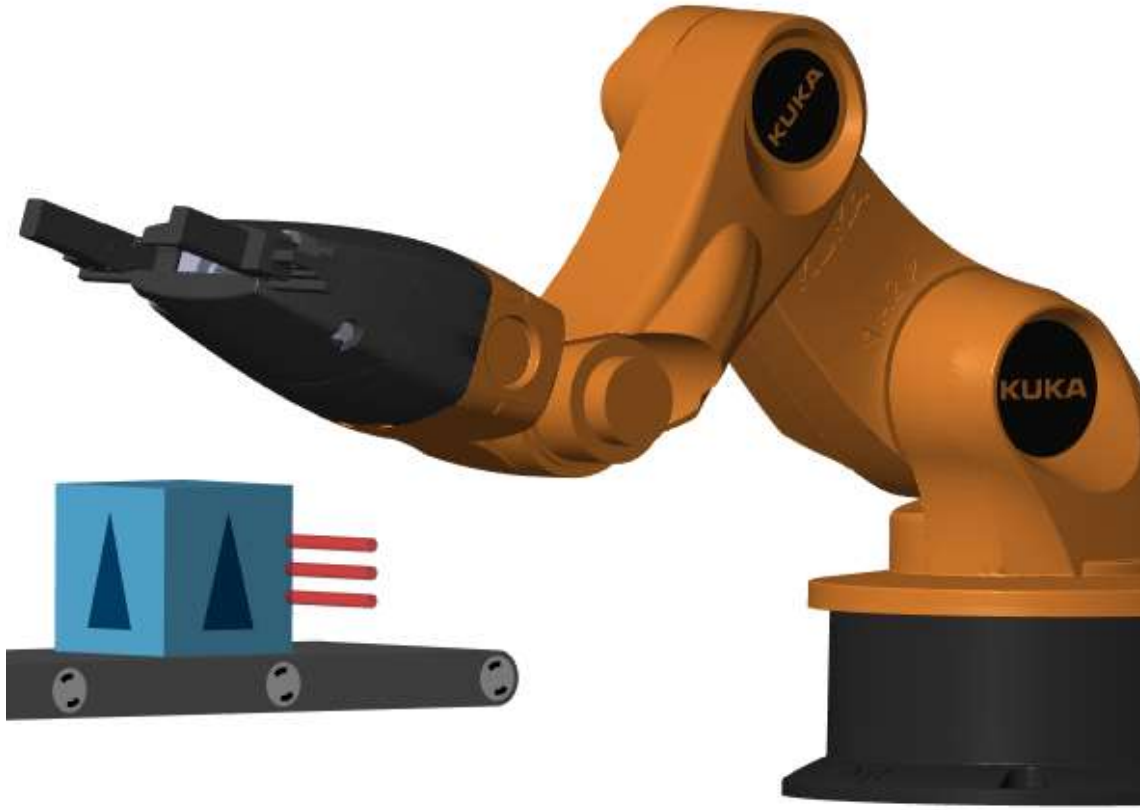




CAD アセンブリ

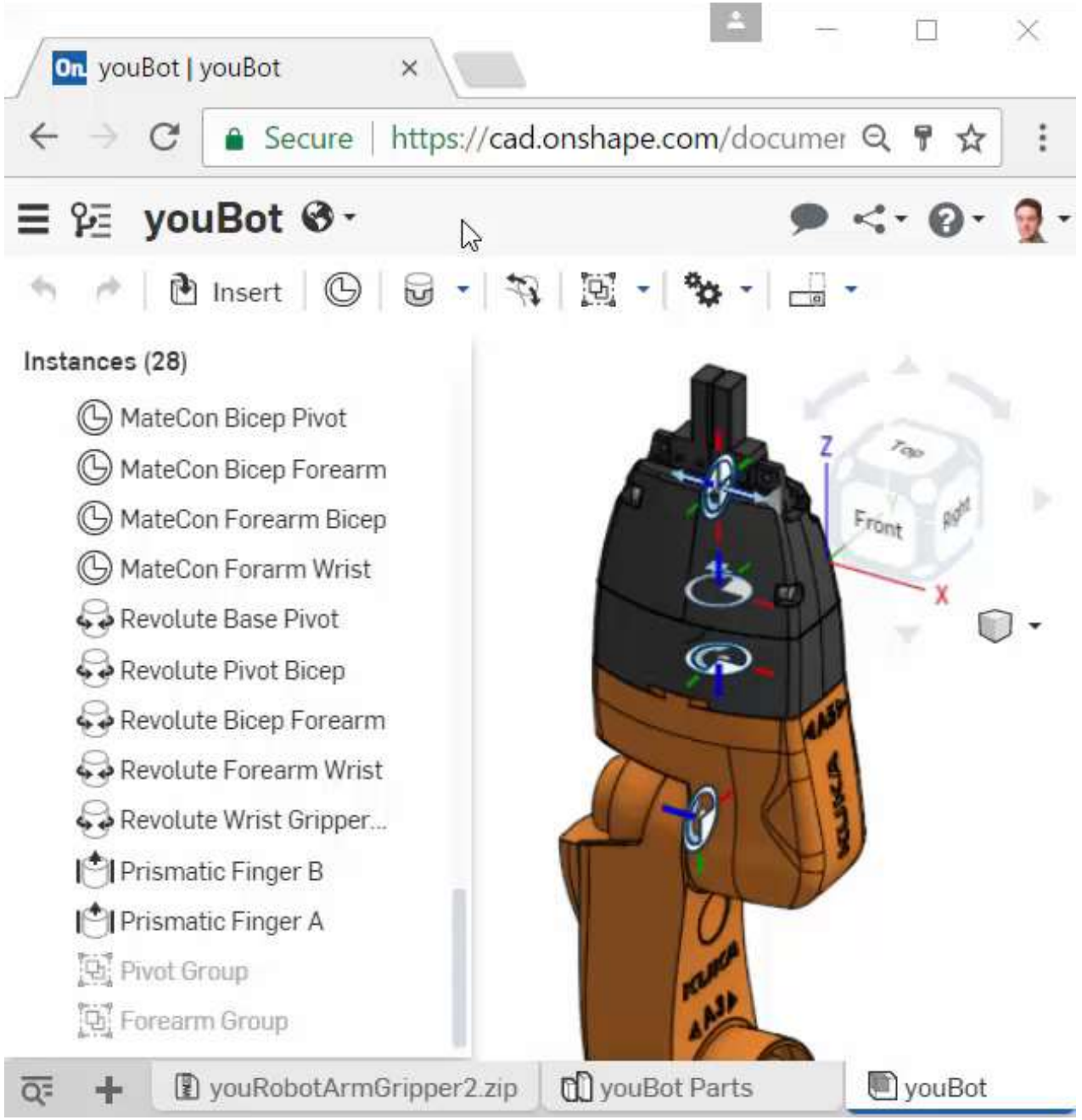
何故、CADとマルチドメインの動的シミュレーションを組合わせるか？

- **機械設計の回数削減**
  ∵ **要件が明確**になっているため
- **試作機の制作が減少**
  ∵ **早期段階で設計ミス**が発見できるため
- **システムコストの削減**
  ∵ コンポーネントが大きすぎないようにするため
- **システムのダウンタイム短縮**
  ∵ 仮想試運転を使用してデバッグ可能なため



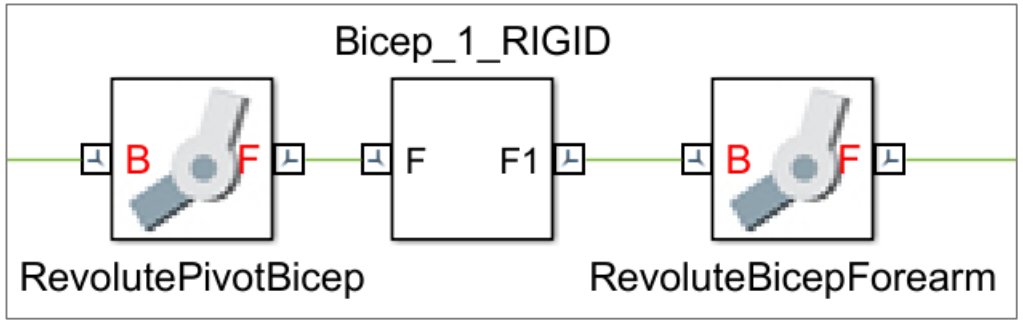
Kuka Robot

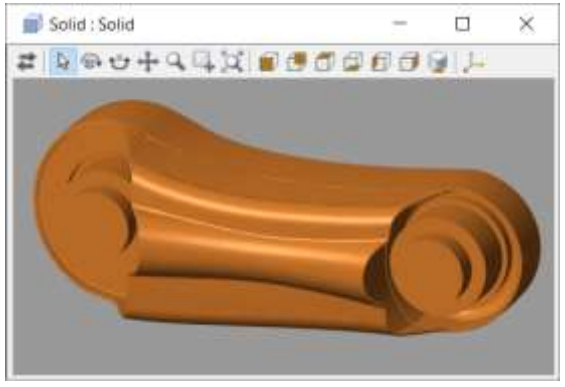
- 5自由度、and グリッパ
- Onshapeの主な利点:
  ジョイントの直接定義が可能
  - マルチボディ・シミュレーションで使用される制約への正確なマッピング
- システムエンジニアは、機械設計モデルを動的シミュレーション検討に利用できる。

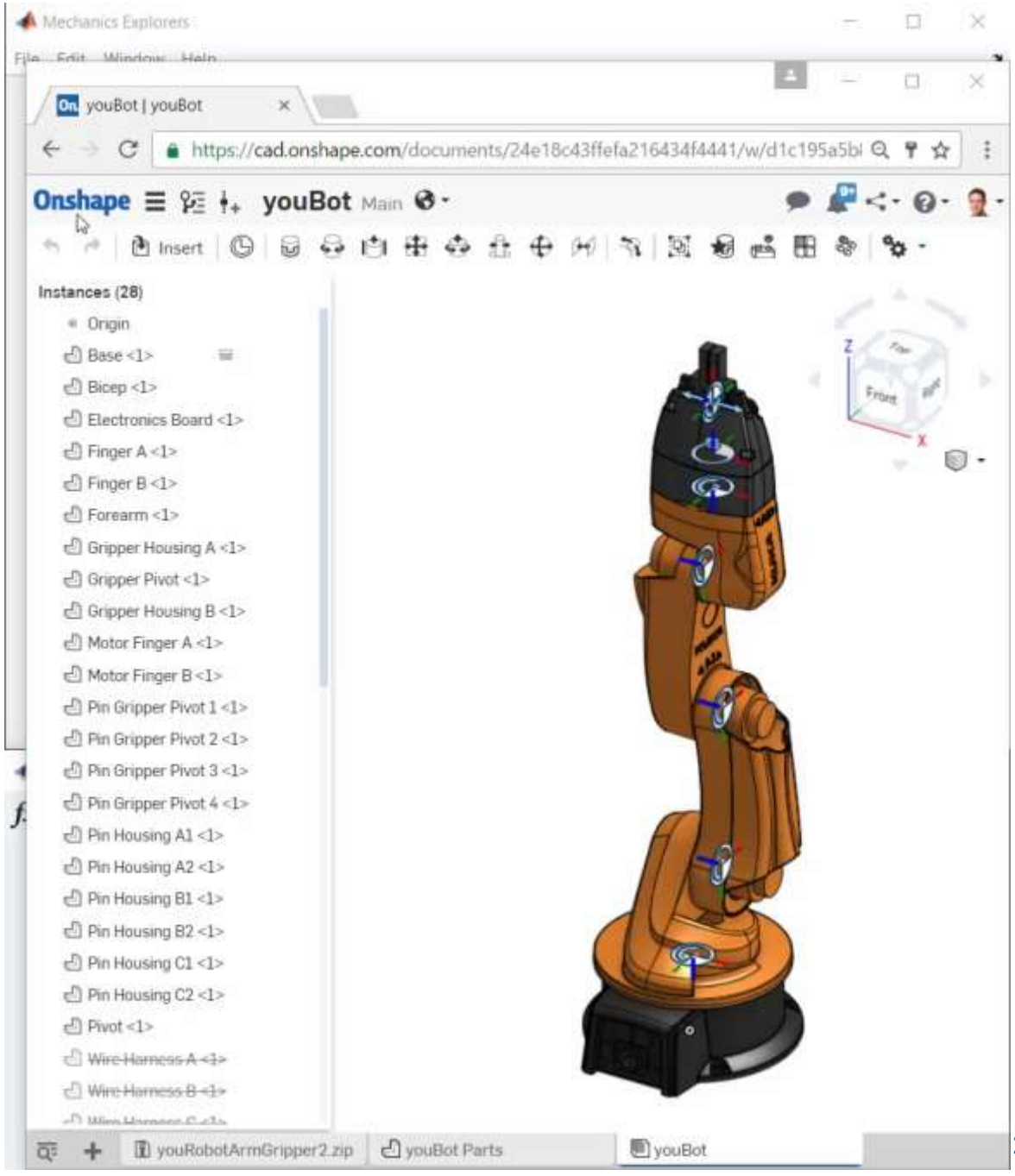


1. Onshapeモデルのインポート

- CADアセンブリから
  動的シミュレーションモデルへ変換
  - 質量, 慣性, ジオメトリ, ジョイント





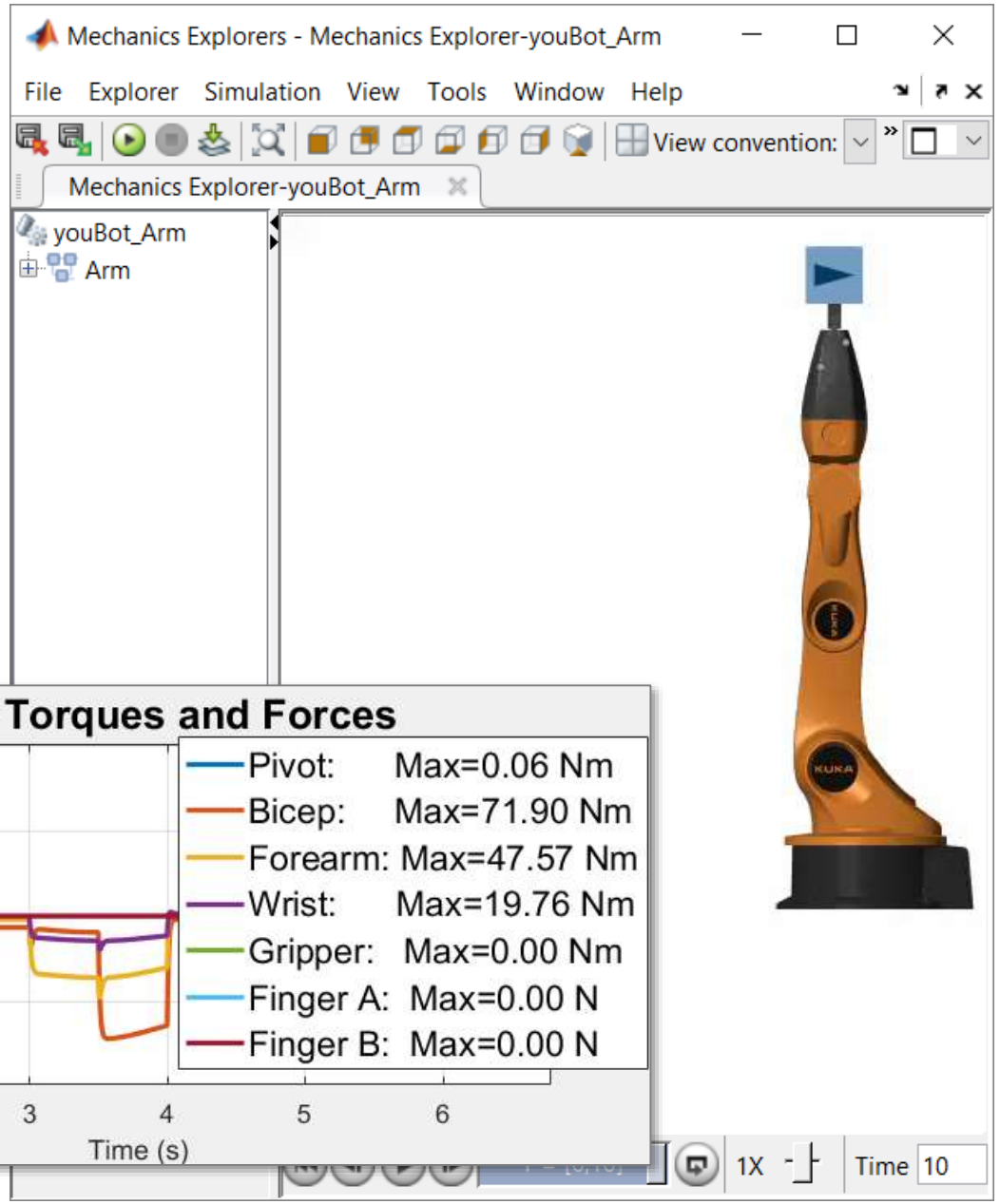


2. モーター要件の決定

- 一連のテストを定義して実行する。
  - 最大(荷重, 速度)
  - 摩擦レベルのワーストケース
  - 全可動域

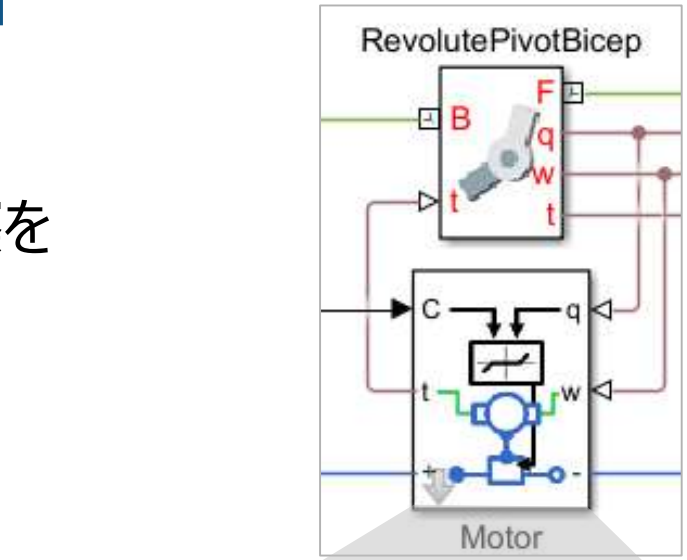
- 必要なトルクと耐力を計算するために
  動的シミュレーションを使用

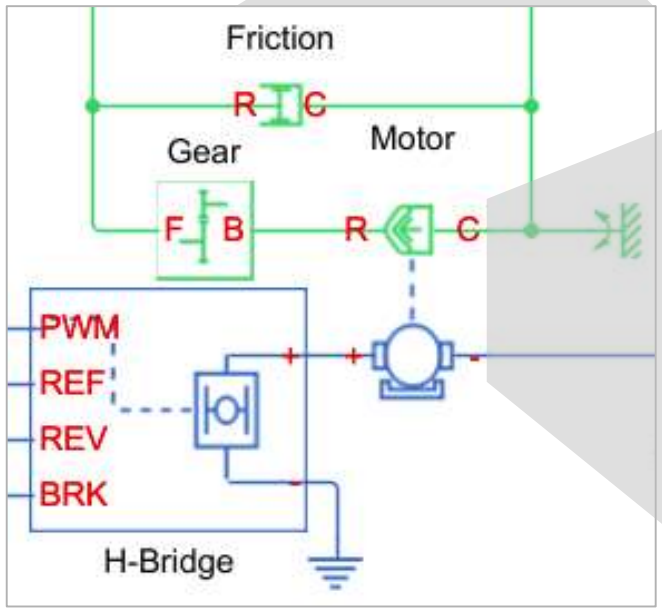
- 設計変更が起きたら、
  自動テストを実施し再評価する



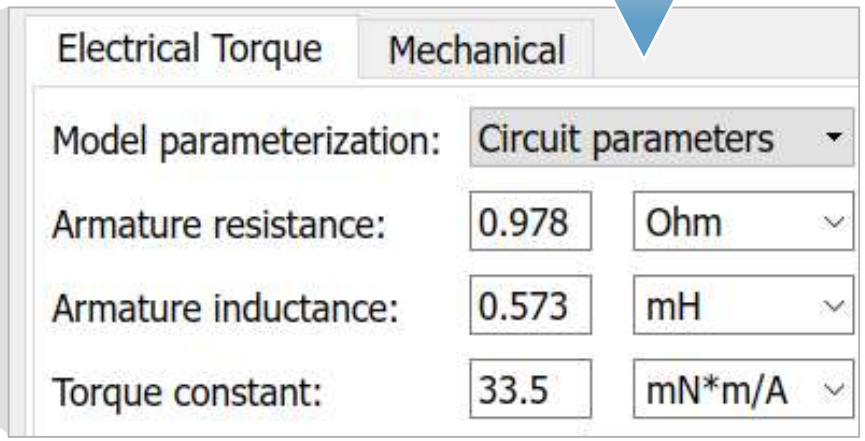
3. 電動アクチュエータの統合

- モータ、駆動回路、ギア、摩擦を追加
- トルク要件に基づいてモータを選択する
- データシートから直接パラメータを割り当てる





251601		
Motor Data		
Characteristics		
Terminal resistance	Ω	0.978
Terminal inductance	mH	0.573
Torque constant	mNm / A	33.5
Speed constant	rpm / V	285
Speed / torque gradient	rpm / mNm	8.32
Mechanical time constant	ms	11.8
Rotor inertia	gcm²	135

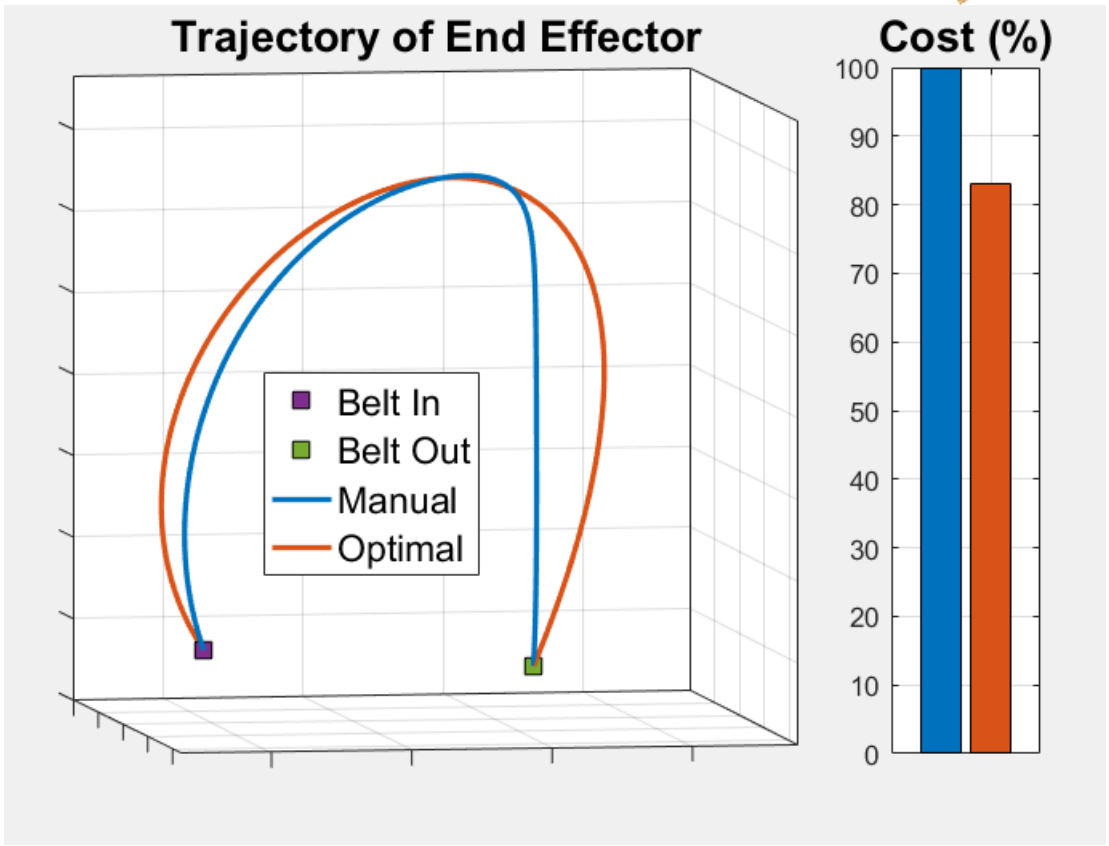


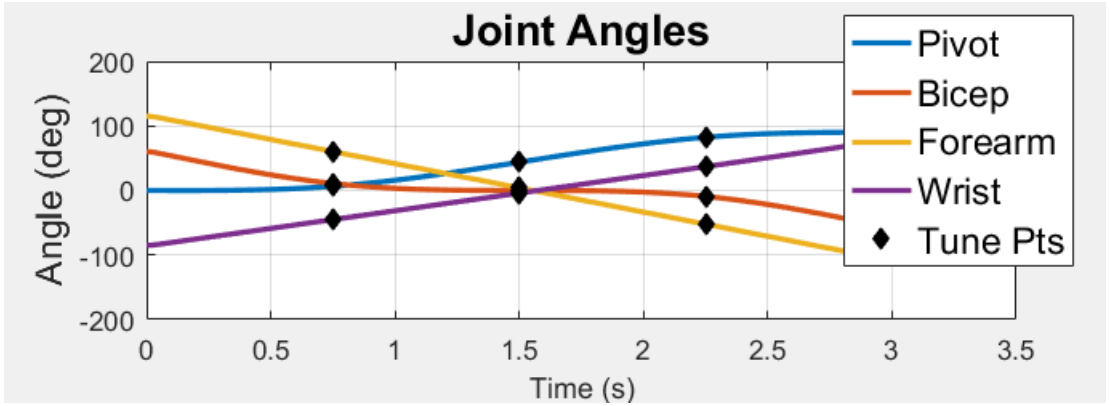
4.消費電力を最小限に抑える

モデル:

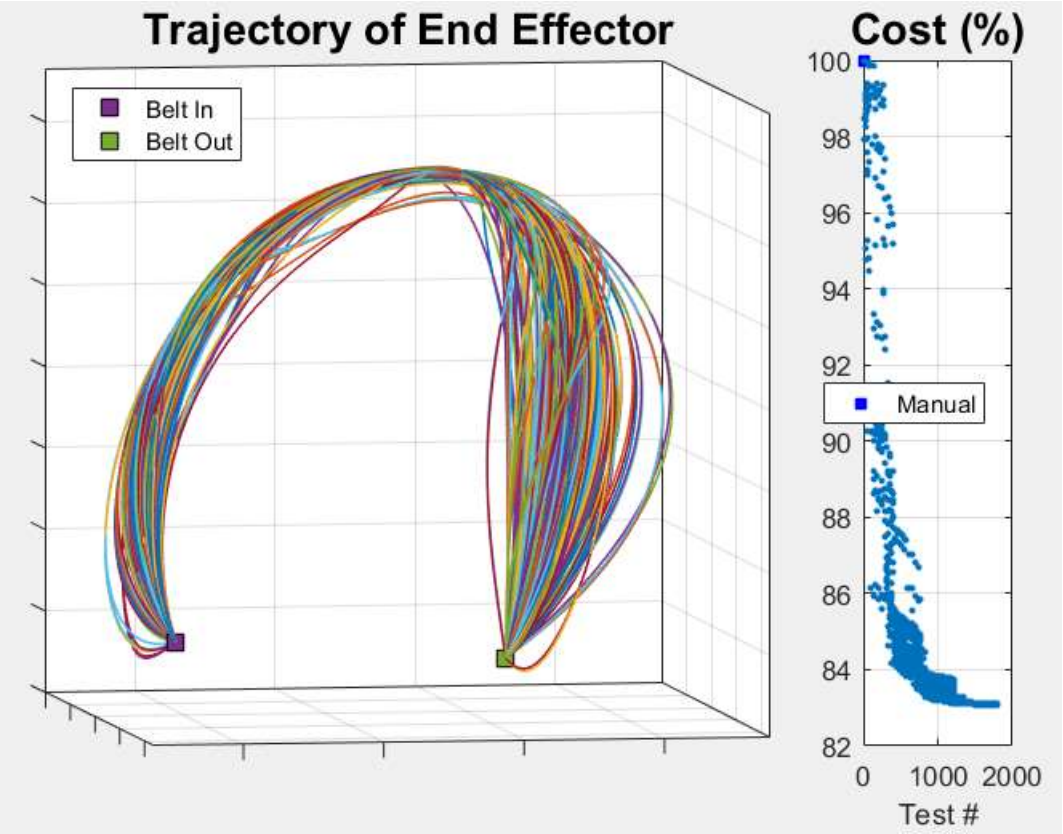
Challenge: 消費電力を最小化するアームの軌跡を特定する。

Solution: 動的シミュレーションを使用して消費電力を計算し、最適化アルゴリズムを使用して軌道をチューニングします。

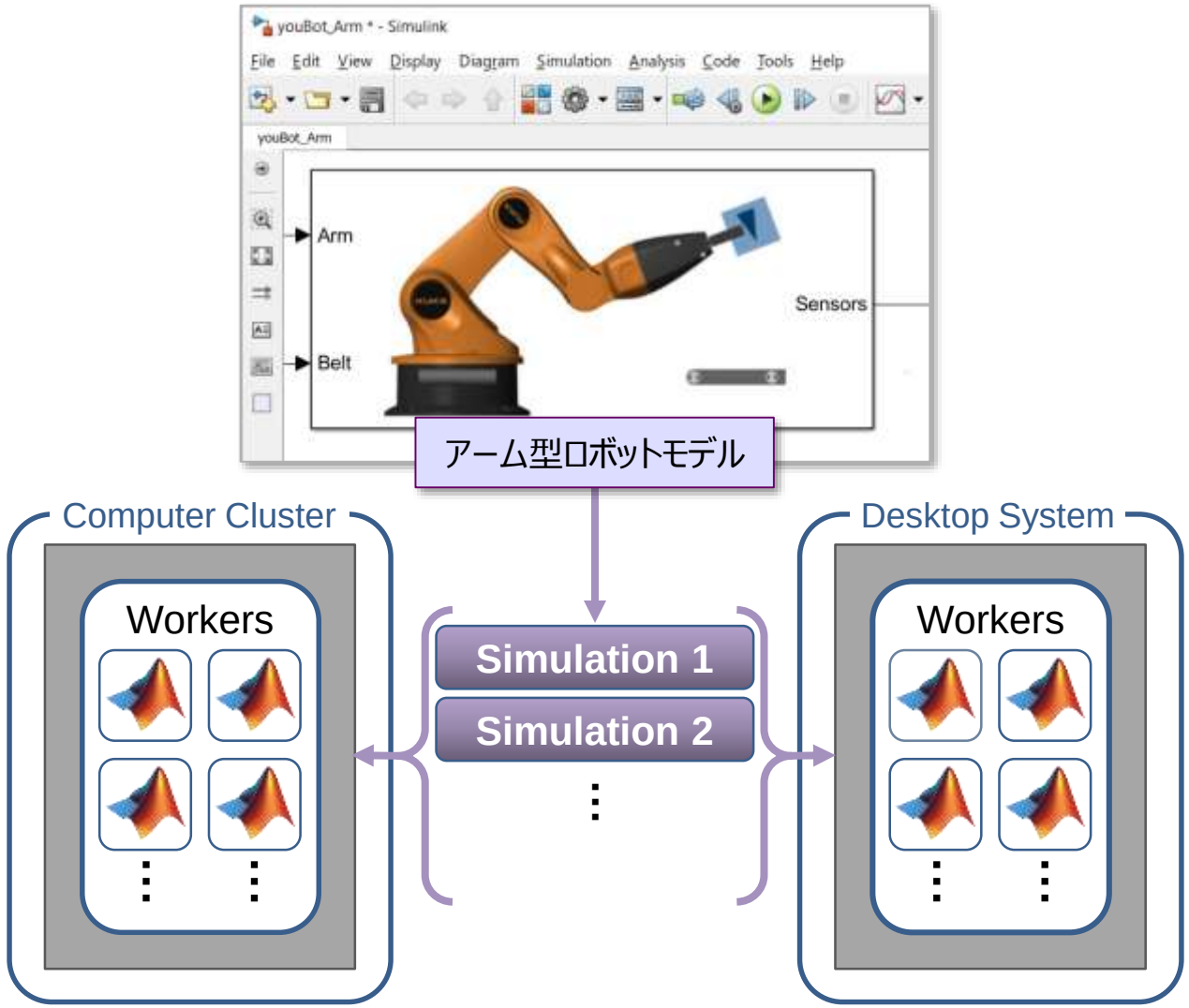




Parallel Computingを使用した繰り返し設計の加速化



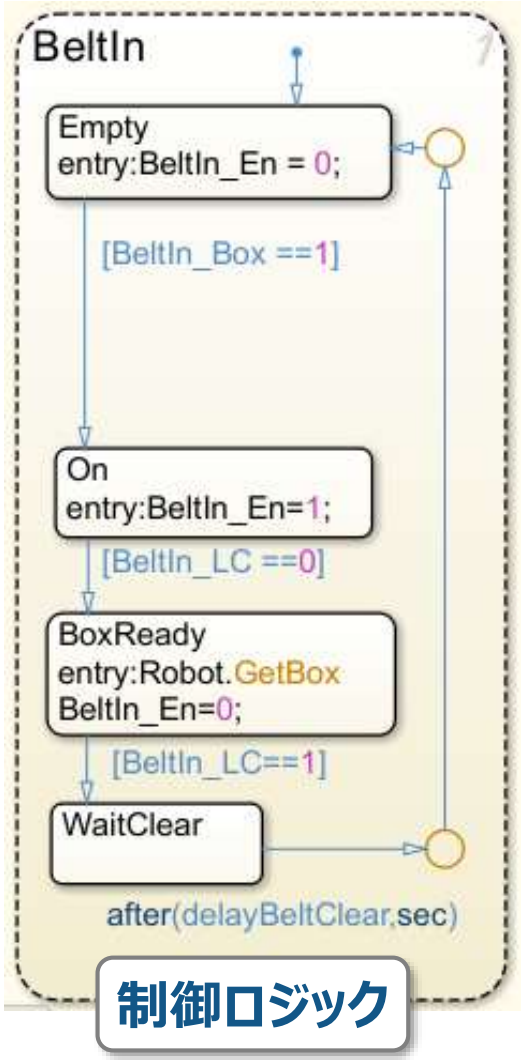
この最適化作業には、
約2000回のシミュレーションが必要でした。

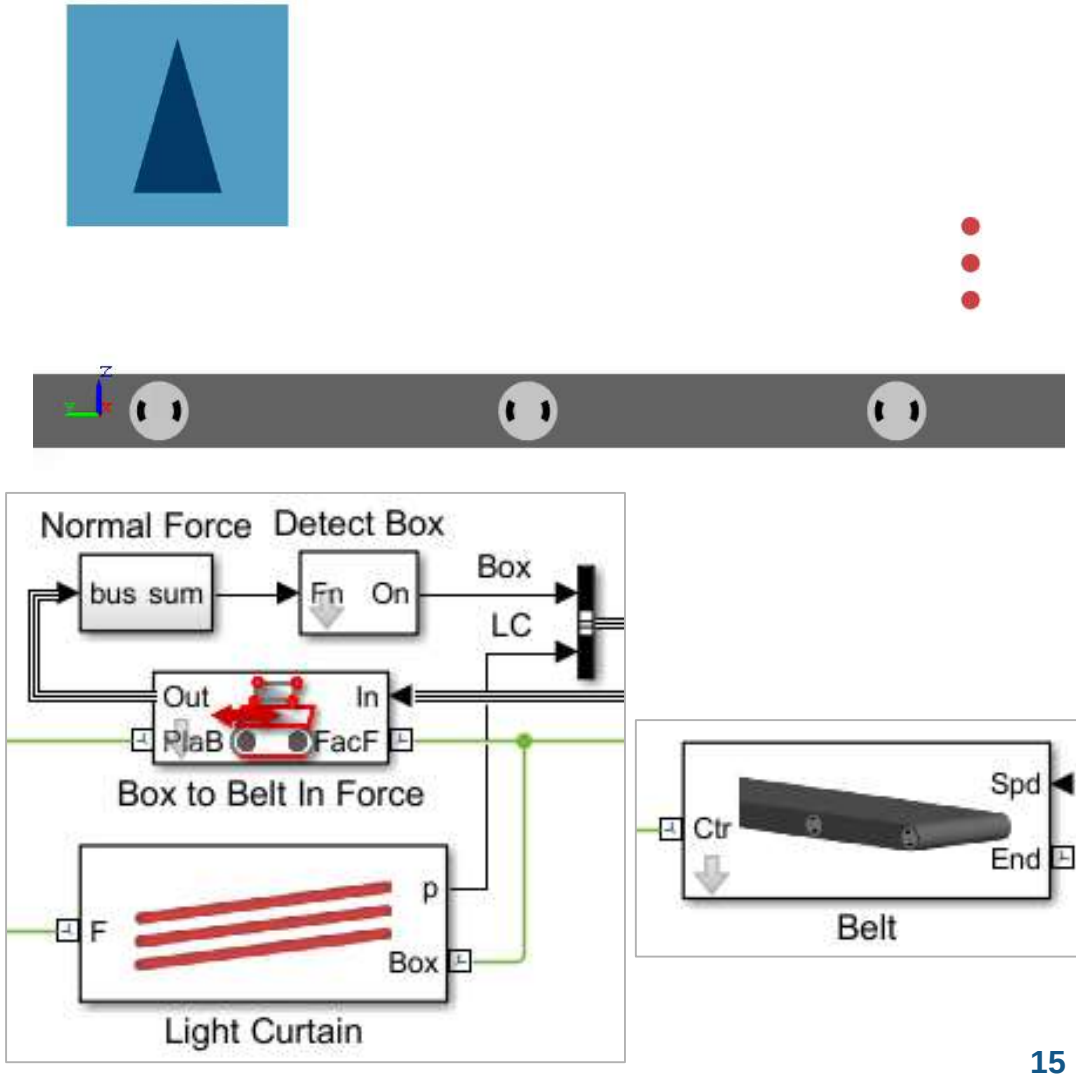


シミュレーションを並列実行すると
テストプロセスが短縮されます。

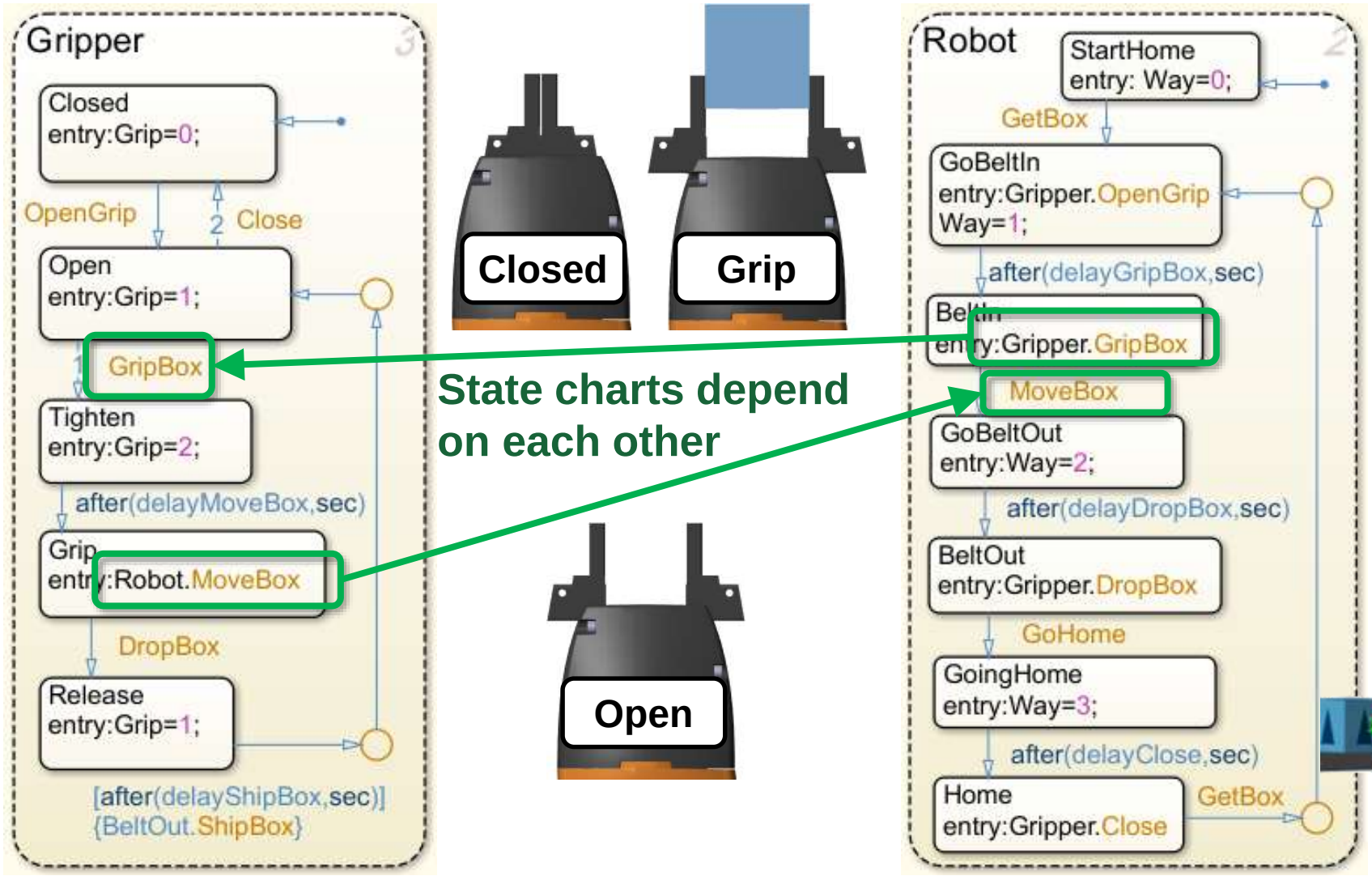
5. アームとベルトコンベアの制御ロジック開発

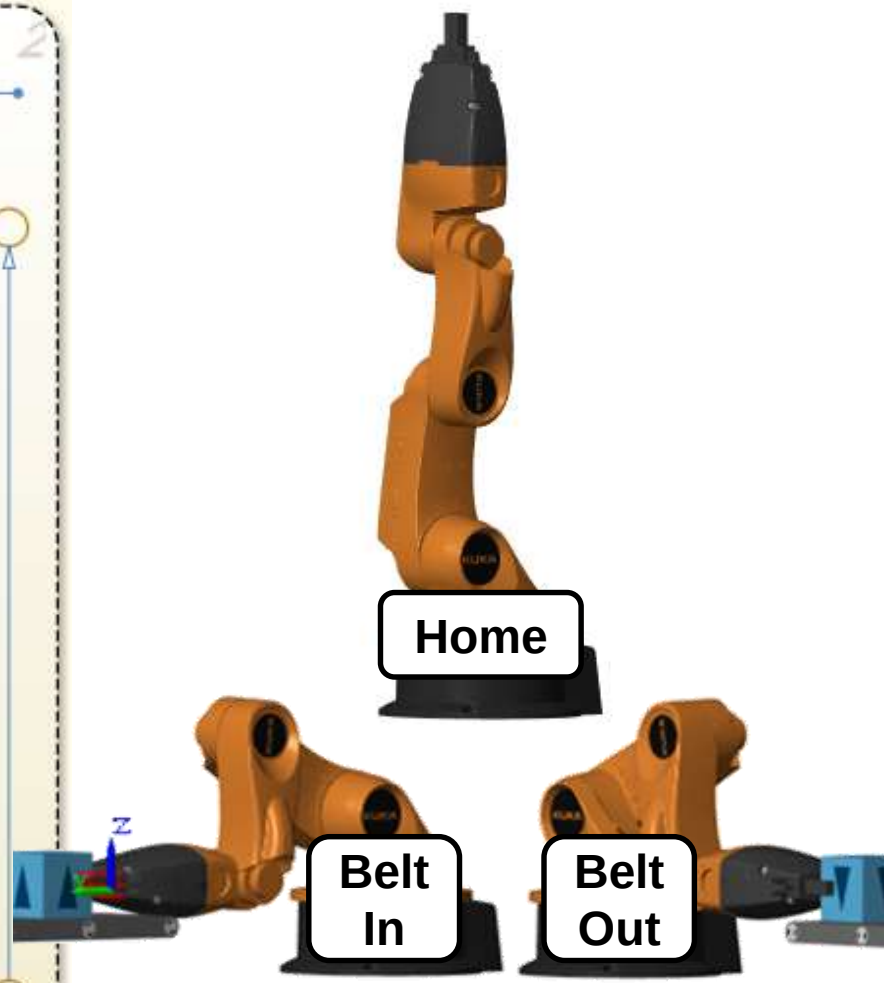
- システムモデル内の
  イベントを検知します。
- 状態遷移図を使用した
  論理設計
- システムコンポーネントの
  モデルを制御するために
  出力信号を使用します。



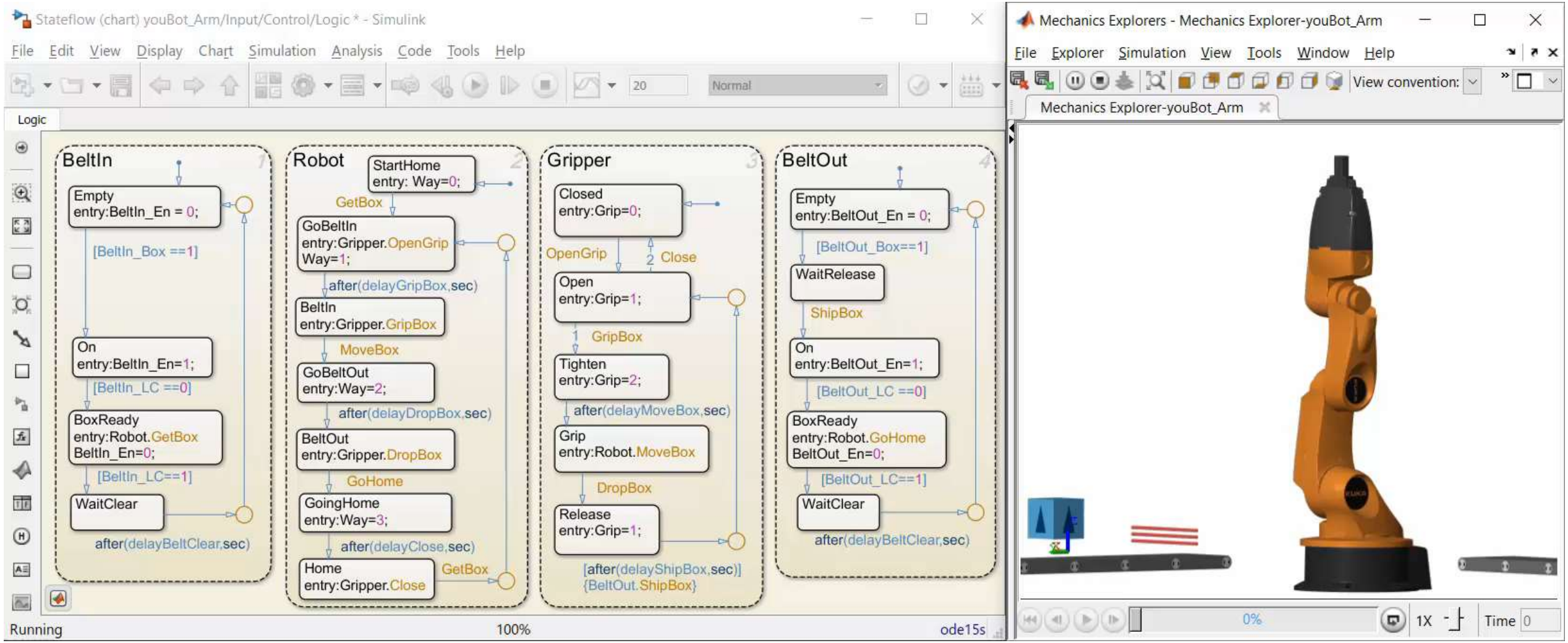


5. アームとベルトコンベアの制御ロジック開発



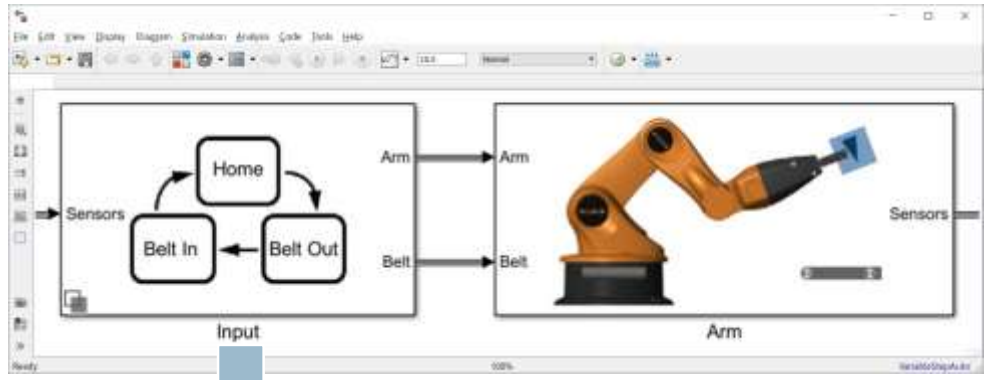


5. アームとベルトコンベアの制御ロジック開発



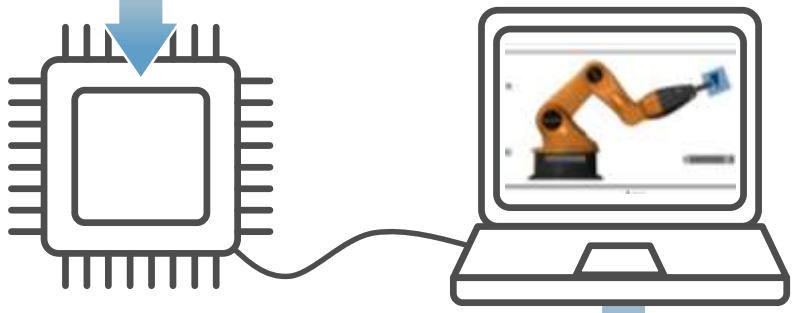
コントローラーのソフトウェアテスト

- アルゴリズムの自動コード生成
  - C Code, IEC 61131-3 Code
- 変換工程で、段階的にテストの効果を確認します。
  - 固定小数点
  - コントローラーのレイテンシ
- 同じプラントモデルの使用
  - 高価なハードプロトタイプ無しでテストが可能



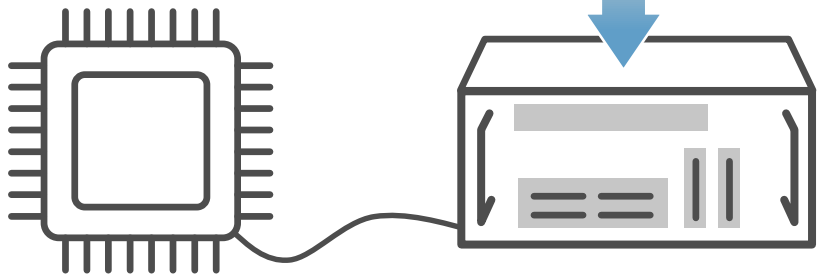
Cコード変換

Processor-in-the-Loop (PIL)



Cコード変換

Hardware-in-the-Loop (HIL)



まとめ

- Onshape と MathWorks により、エンジニアは、CAD モデルにマルチドメイン、動的シミュレーションを組合わせることが出来ます。

- 結果:
  1. 最適化されたメカトロニクスシステム
  2. システム全体の品質向上
  3. 開発サイクルの短縮