

MATLAB EXPO

最新のモデルベース技術で実現するロボットアームの
開発と自律化

小林 昇洋



産業用ロボットにおけるトレンド



協働ロボット 急速な出荷利用の増加
年平均成長率(CAGR) 20% 2017 - 2023



小型ロボットの増加傾向

2023年における可搬重量10kg以下のロボットの出荷量予測

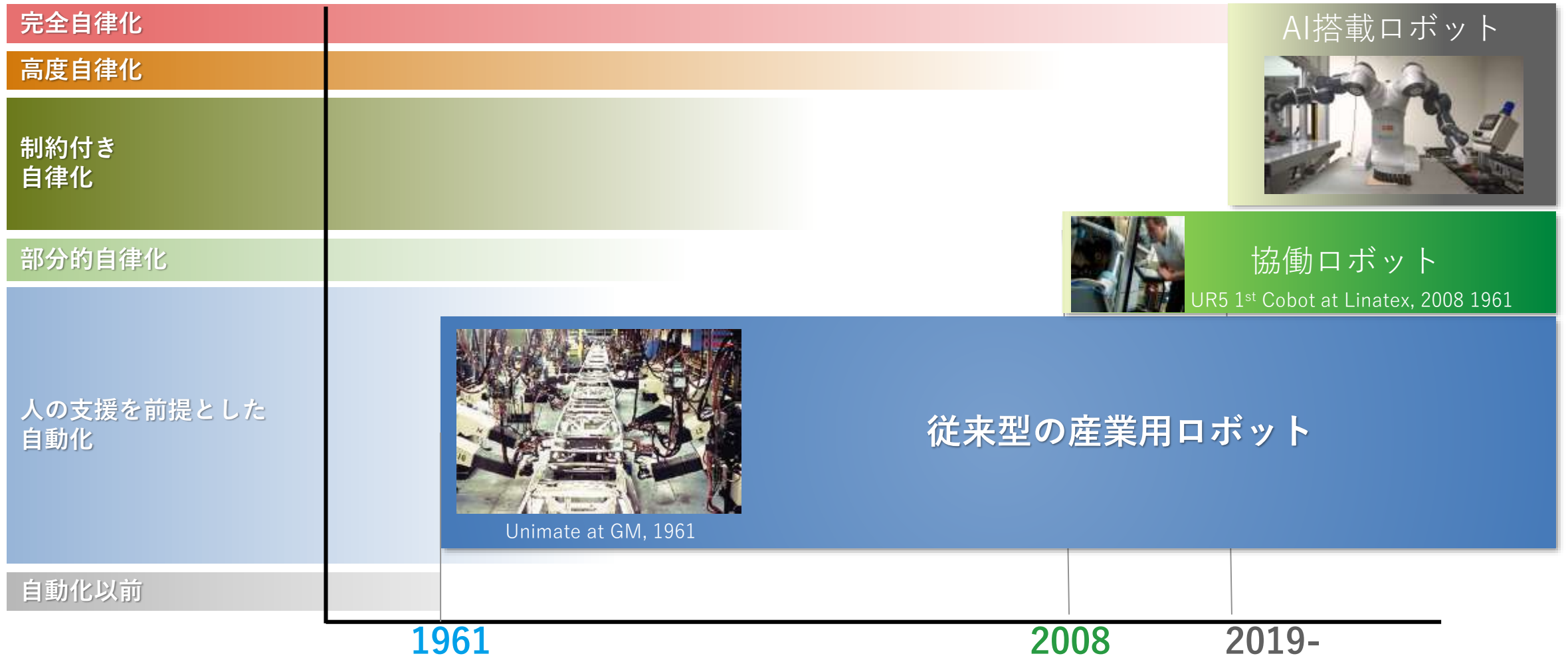
40%
多関節ロボット

80%
SCARAロボット

82%
協働ロボット

Source: Interact Analysis

産業用ロボット技術の発展



自律システムを実現する構成要素

人の明示的な操作を必要としない独立したオペレーションの実現



本日のアジェンダ

産業用ロボットの自律化
におけるチャレンジ

Case Study: Pick-and-
Place タスクの自律化



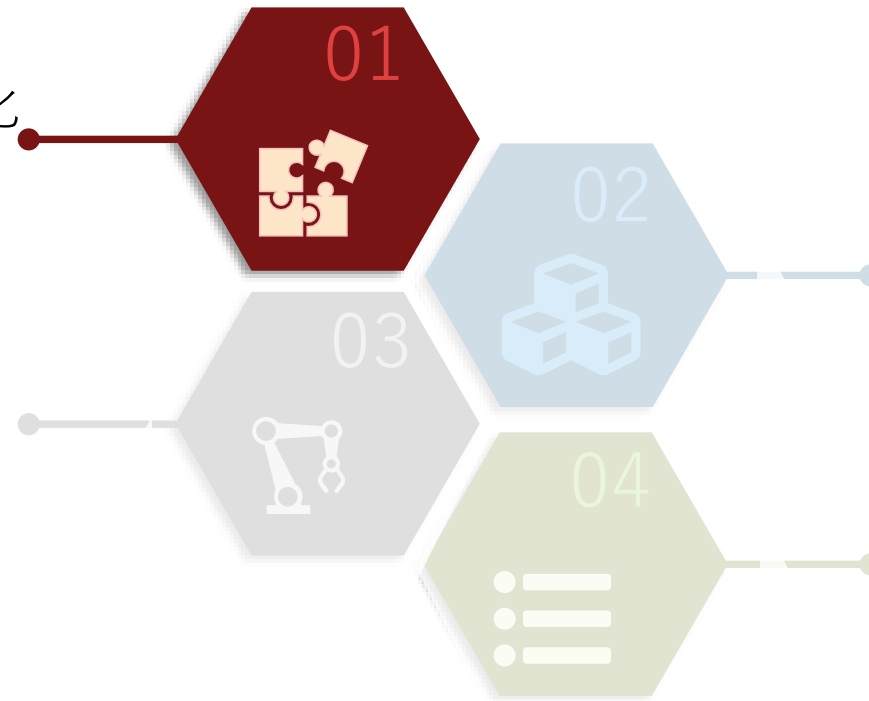
自律ロボット開発と
モデルベースデザイン

まとめ

本日のアジェンダ

産業用ロボットの自律化
におけるチャレンジ

Case Study: Pick-and-
Place タスクの自律化



自律ロボット開発と
モデルベースデザイン

まとめ

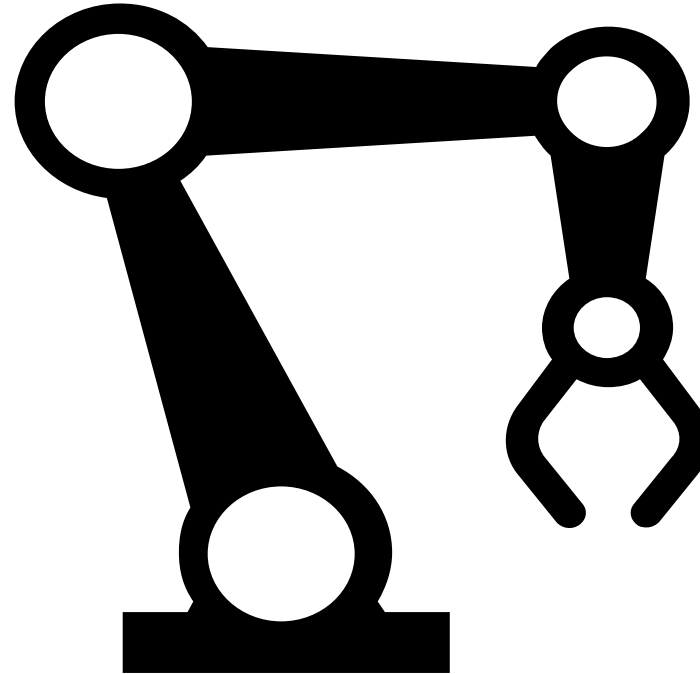
産業用ロボットの自律化におけるチャレンジ



複合領域の
専門性



高度な
アルゴリズム



開発環境



システムの
安全性

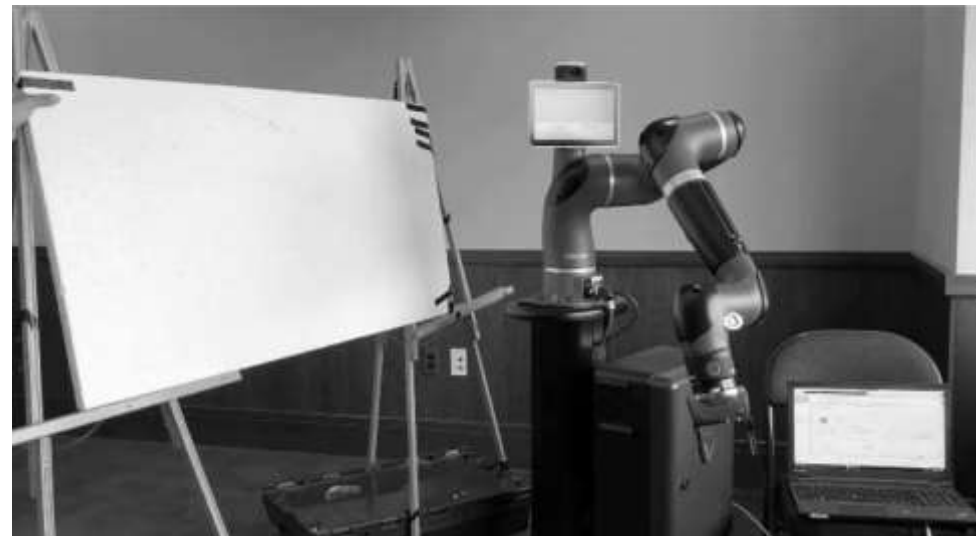


従来型のソフトウェア開発手法



全行程時間のうちシミュレーションに
使用される時間は6%のみ

* AspenCore - EETimes, "2019 embedded markets study," EETimes, Tech. Rep., 2019



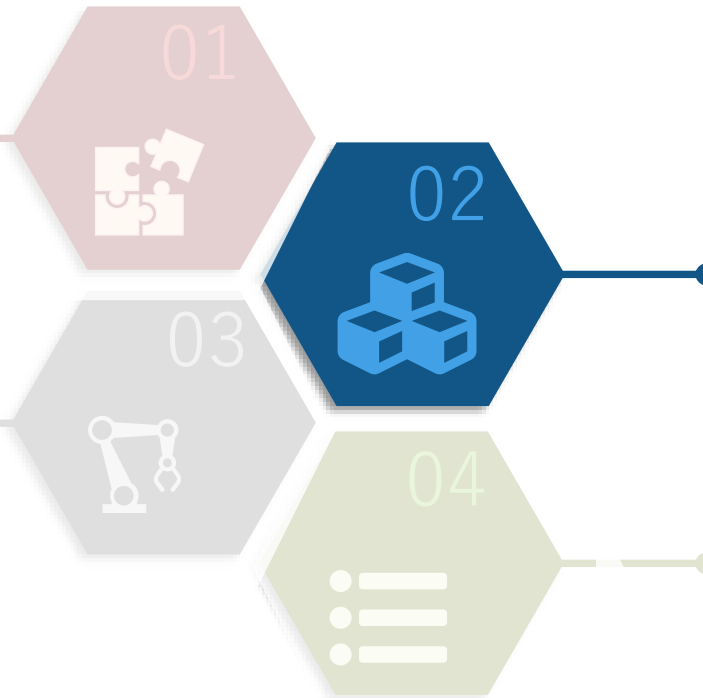
キーポイント

- 自律ロボット開発とモデルベースデザイン
- 自律ロボットに求められる各要素
ロボット本体・環境・センシング・認知・計画・判断・制御
- MATLAB®/Simulink® が提供する各種ロボティクス開発関連機能
 - » ロボットの運動学・動力学モデルの構築
 - » Deep Learningを使った認識アルゴリズム
 - » 環境モデル、センサーモデルの構築：Gazebo co-simulation
 - » 障害物回避を考慮した軌道の生成
 - » 制御と強化学習 / Stateflowによる監視制御
 - » C/C++ コード / ROSノード生成

本日のアジェンダ

産業用ロボットの自律化
におけるチャレンジ

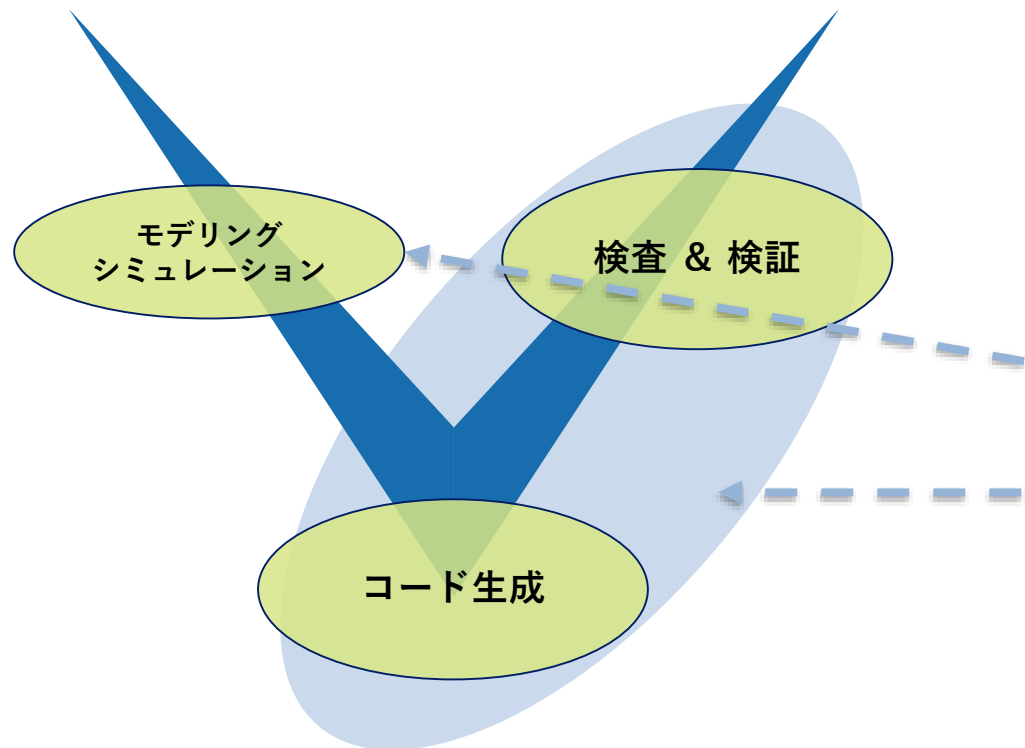
Case Study: Pick-and-
Place タスクの自律化



自律ロボット開発と
モデルベースデザイン

まとめ

産業用ロボットの自律化におけるチャレンジと モデルベースデザイン



複合領域の
専門性



開発環境



高度な
アルゴリズム



システムの
安全性

Ex) 複数バリエーションの検討高速化に貢献

Ex) 効率的かつロバストなシステム開発に貢献

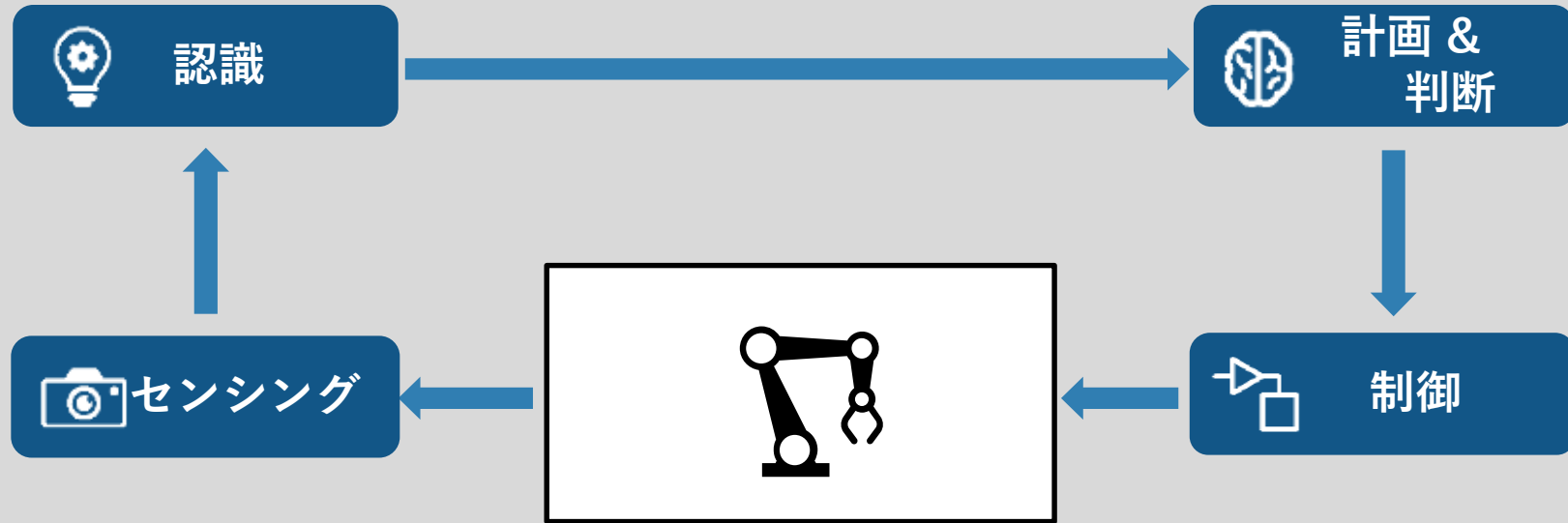
**設計から検証までの一貫した
モデルベースデザインが有効**

自律システムの構成要素と開発フロー

外環境とのインターフェース



ロボットアームの自律アルゴリズム開発



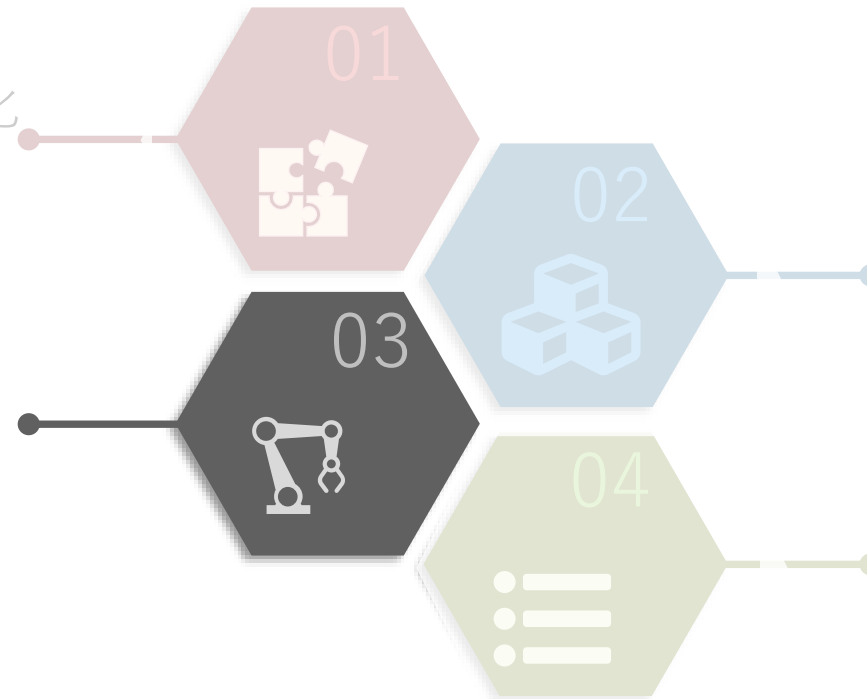
ハードウェア開発



本日のアジェンダ

産業用ロボットの自律化
におけるチャレンジ

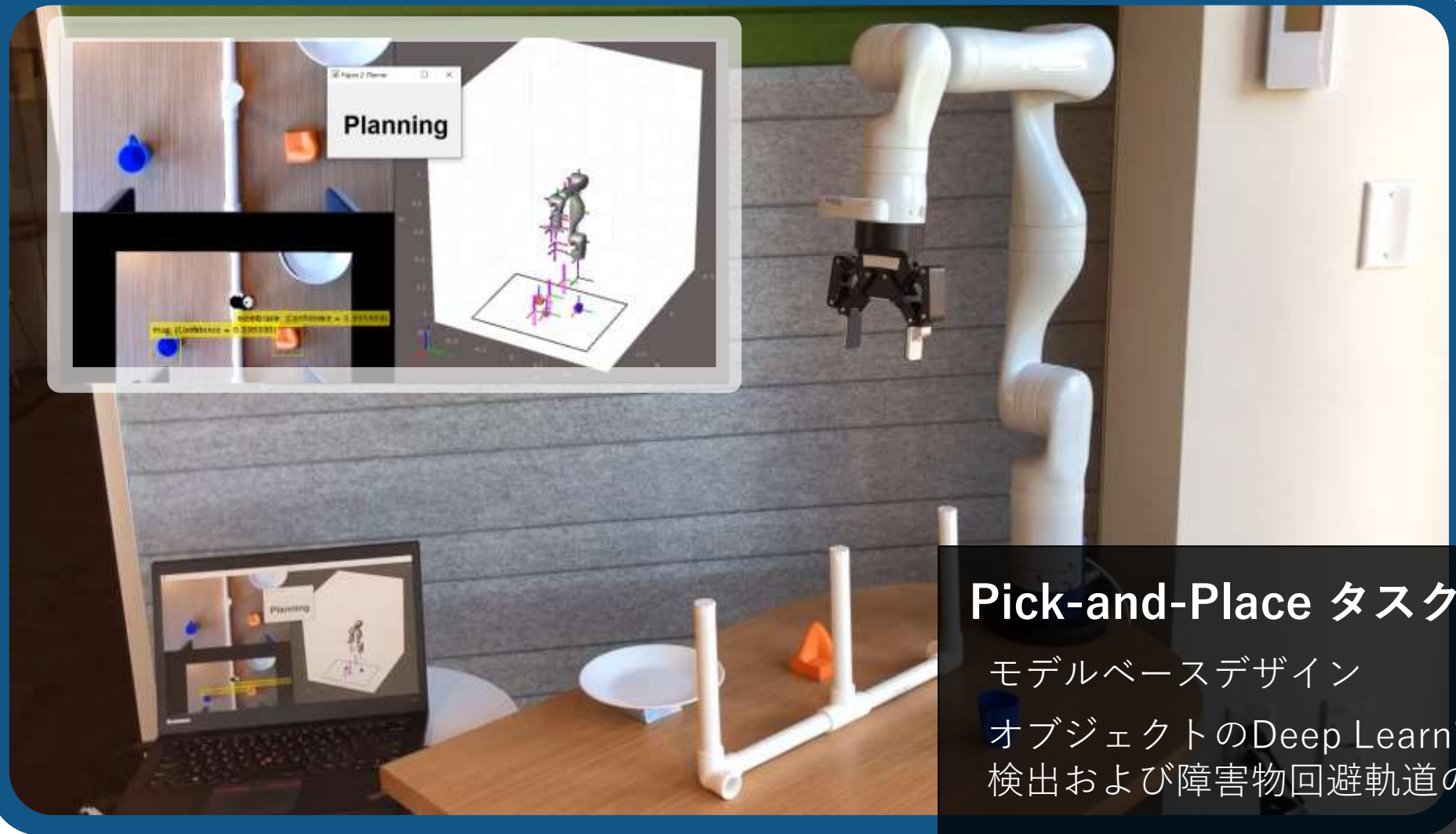
Case Study: Pick-and-
Place タスクの自律化



自律ロボット開発と
モデルベースデザイン

まとめ

ロボットアーム Demo



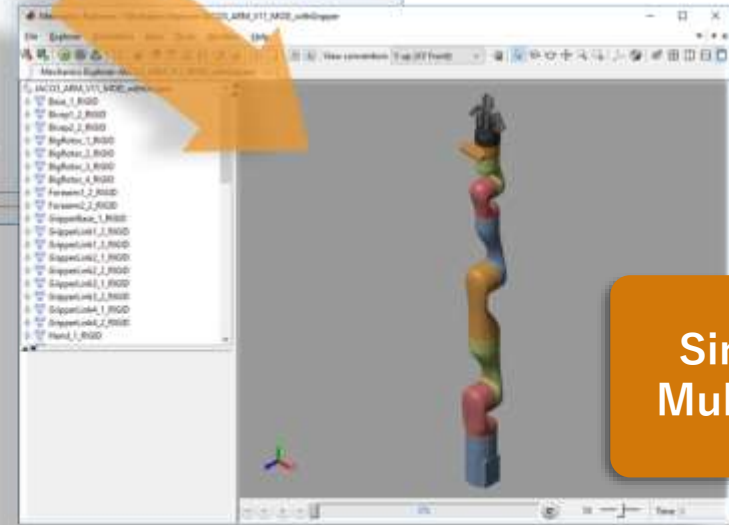
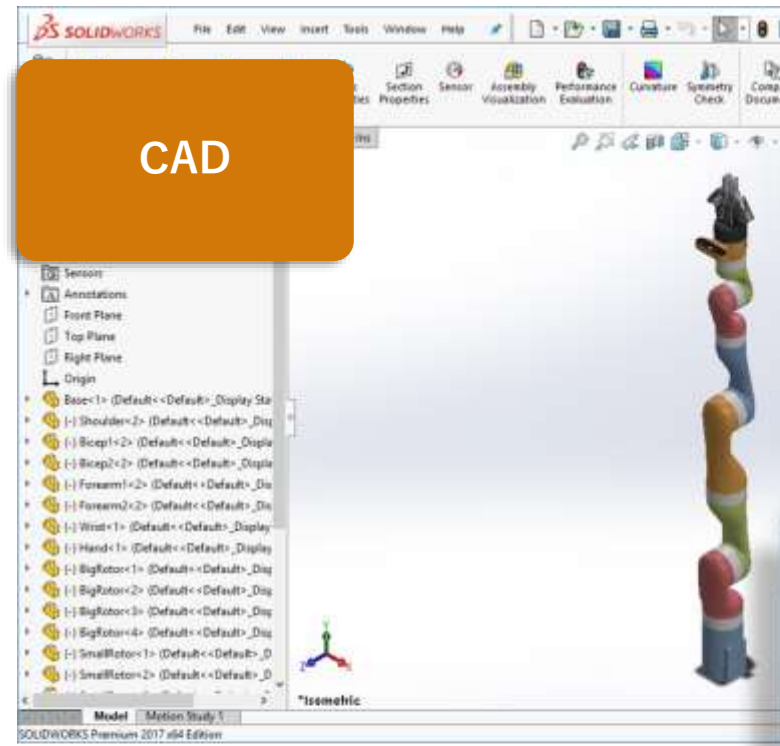
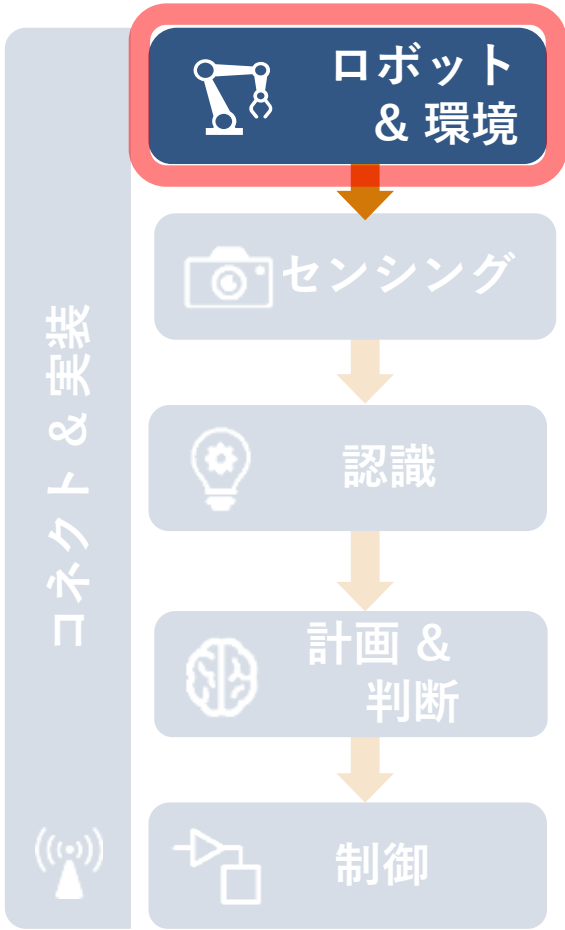
Pick-and-Place タスク

モデルベースデザイン

オブジェクトのDeep Learningを用いた
検出および障害物回避軌道の生成

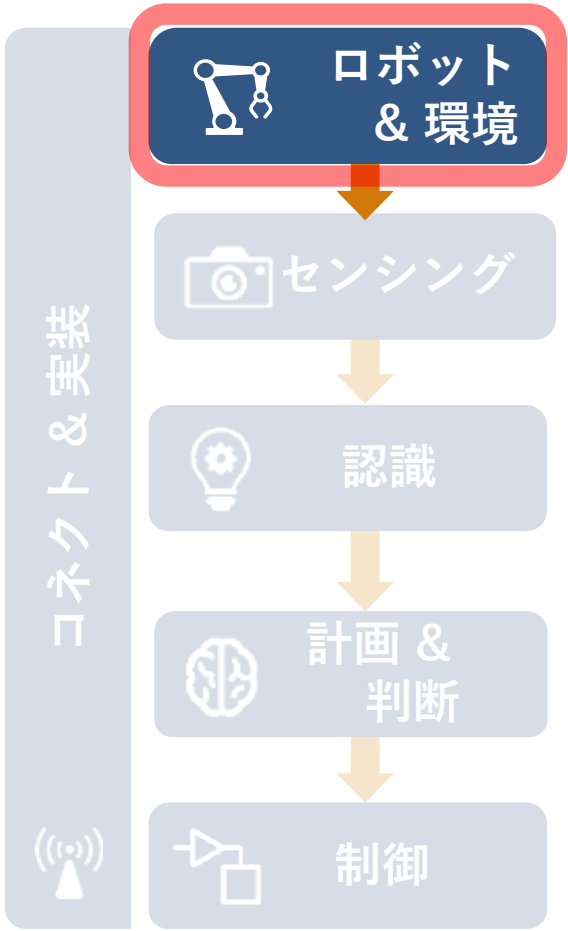
ロボット本体のモデリング

CADからの自動インポート



アクチュエータの設計

モーターの仕様を検討



The collage displays the following components:

- Simulink Model:** A block diagram showing a 'Polynomial Trajectory Generator' block connected to a '7 DOF Manipulator w/Gripper Mechanics' block. The trajectory generator receives 'Time' and 'Clock' inputs and outputs position and velocity signals to the manipulator.
- 3D Model:** A vertical 3D rendering of the robot arm, showing its joints and gripper mechanism.
- Simulation Manager:** A window showing a list of tasks with progress bars. The status indicates 'Completed (160)', 'Active (0)', and 'Paused (0)'. A table below shows simulation details like 'Run ID', 'Status', and 'Elapsed Time'.
- Joint Torque Plots:** Two 3D surface plots showing 'Joint R2 Maximum Torque' and 'Joint R6 Maximum Torque'. The axes represent 'Task Time (sec)' and 'Payload (kg)', with the vertical axis representing 'Torque (N/m)'.

Robotics System
Toolbox™

Simscape™

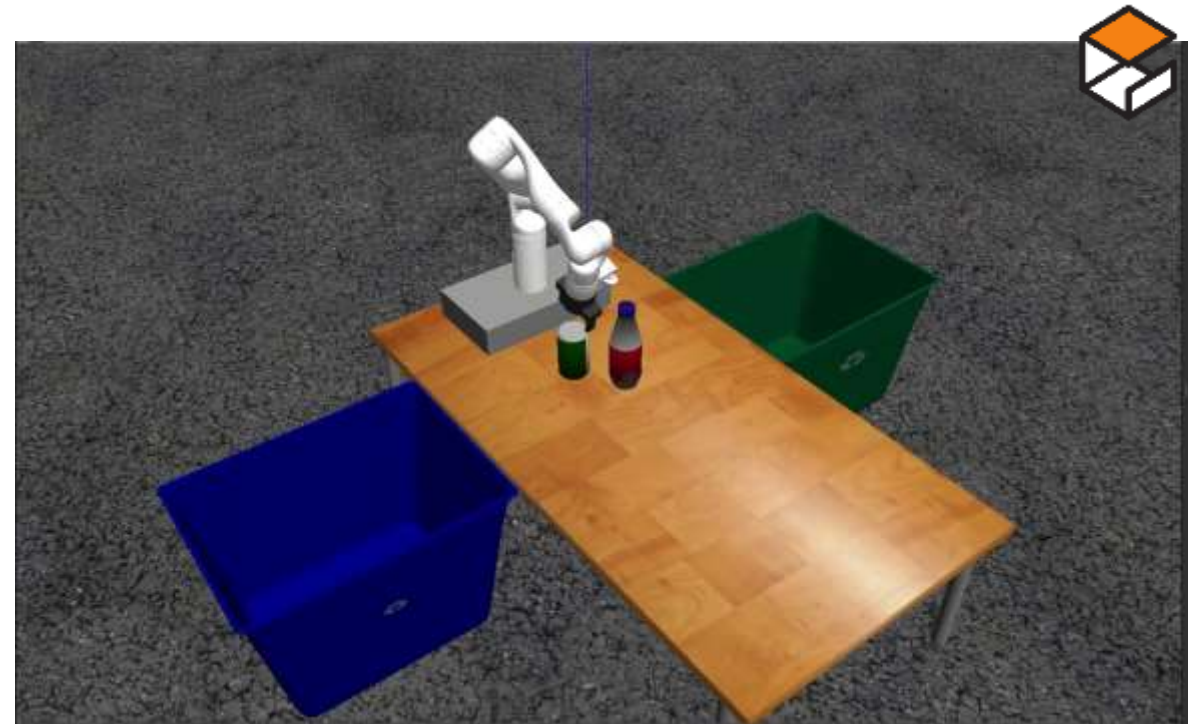
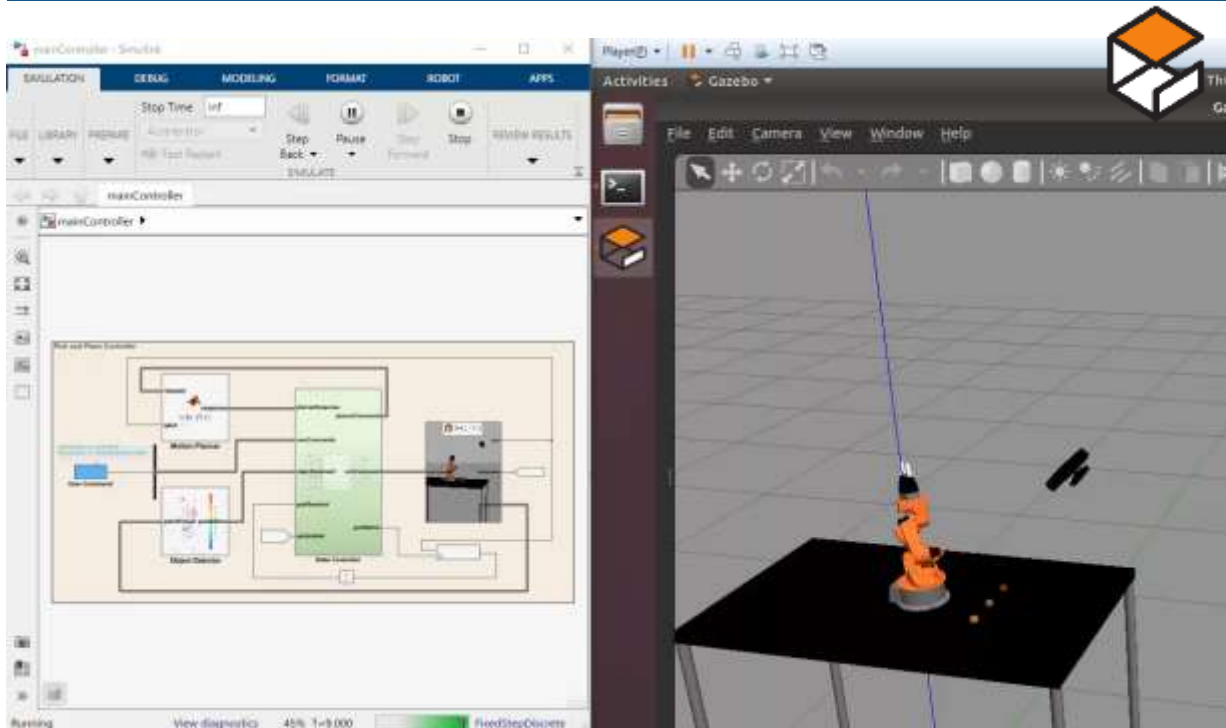
環境のモデリング

環境モデルとの接続

Robotics System
Toolbox

ROS Toolbox

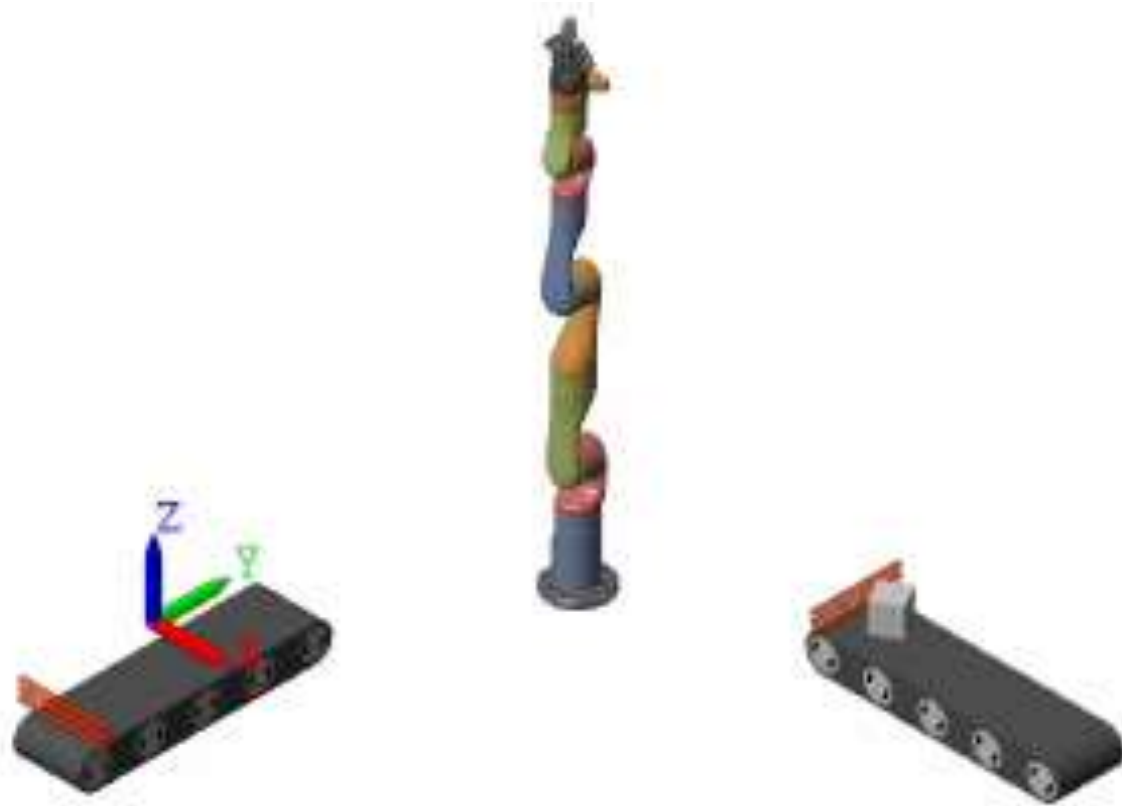
Gazebo co-simulationによるロボットアームのシミュレーション



Gazebo: 物理エンジン、センサーおよび
ノイズのシミュレーション環境

環境のモデリング

環境モデルの選定



詳細度低

詳細度高



Simscape
Multibody

Robotics System
Toolbox

用途

環境モデル
の機能

軌道計画

距離

力制御

接触力
摩擦

サイクル
タイム

動的な
摩擦・変形

環境のモデリング

接触及び弾性を考慮したシミュレーション

正確なジオメトリを使用した接触

Brick Solid

Spherical Solid

Cylindrical Solid

Ellipsoidal Solid

File

Extr

The screenshot shows a software interface with a menu on the left containing 'Brick Solid', 'Spherical Solid', 'Cylindrical Solid', 'Ellipsoidal Solid', 'File', and 'Extr'. The main area displays a grid of icons for different solid types: 'Ellipsoidal Solid', 'Spatial Contact Force', and 'Cylindrical Solid'. A large, semi-transparent window in the center shows a 3D model of a dark grey diamond-shaped plate. Below the main area, there are several small icons representing different geometric shapes like spheres, bowls, and cylinders.

オイラーベルヌーイの式をベースとした弾性体

Flexible Rectangular Beam

Flexible Cylindrical Beam

Flexible Angle Beam

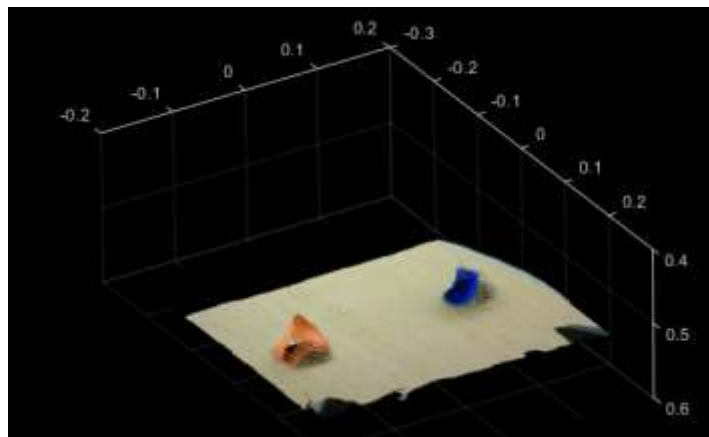
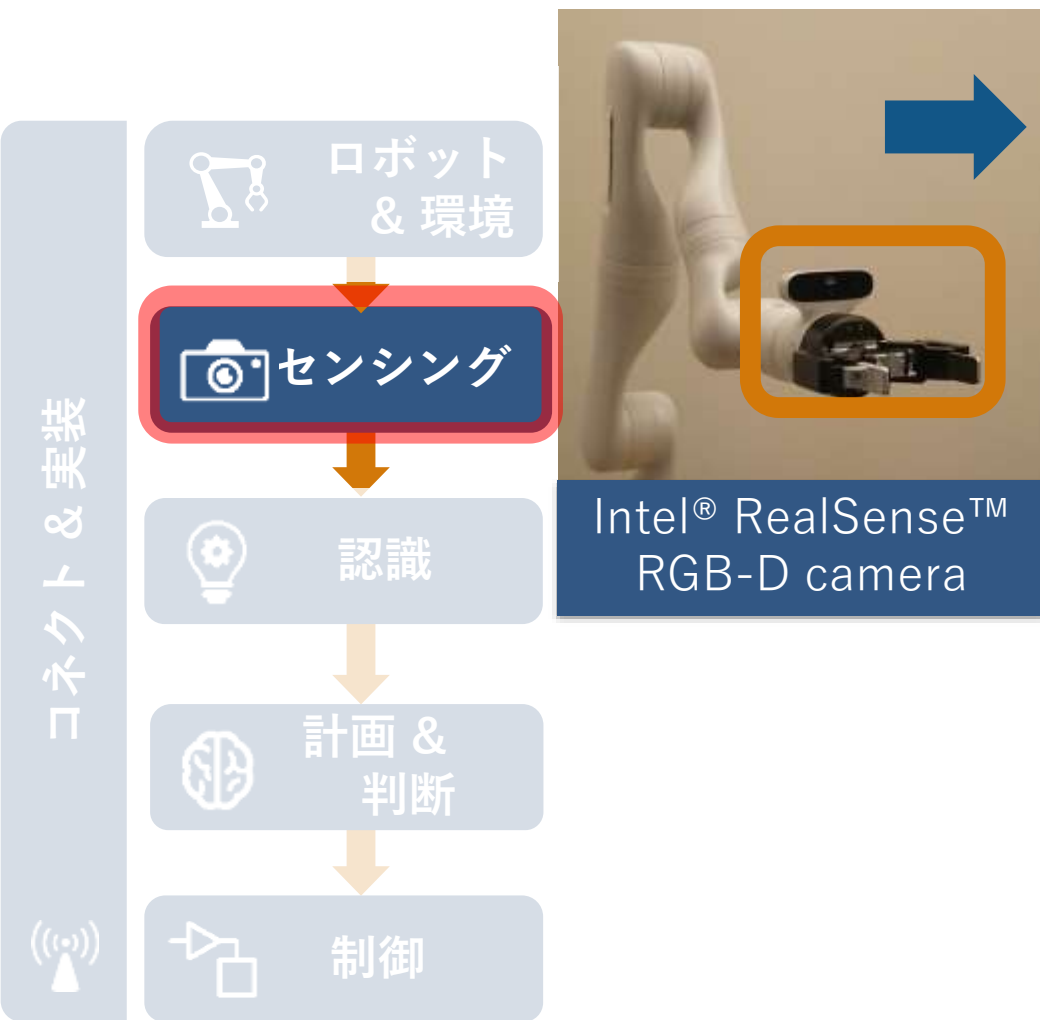
Flexible T Beam

Reduced Order Flexible Solid

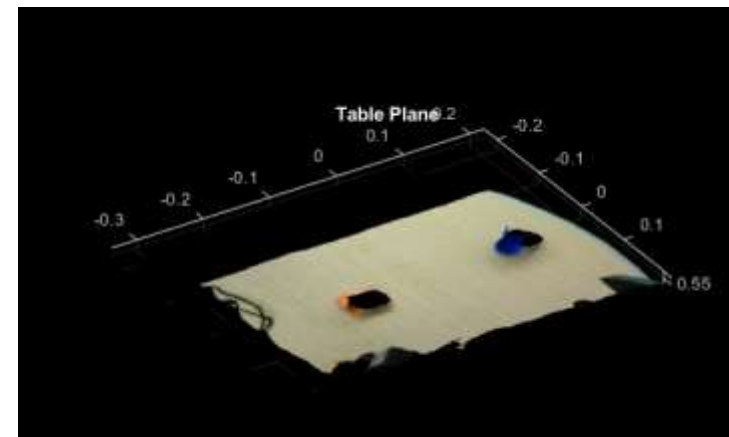
The screenshot shows a software interface with a menu on the left containing 'Flexible Rectangular Beam', 'Flexible Cylindrical Beam', 'Flexible Angle Beam', and 'Flexible T Beam'. The main area displays a 3D model of a mechanical linkage with four colored beams (blue, yellow, red, and green) connected at joints. Below this, there is a 3D model of a beam with a mesh overlay, and an arrow points to a 'Reduced Order Flexible Solid' model. The text 'FEM解析からのリダクション' is written below the arrow.

センシング

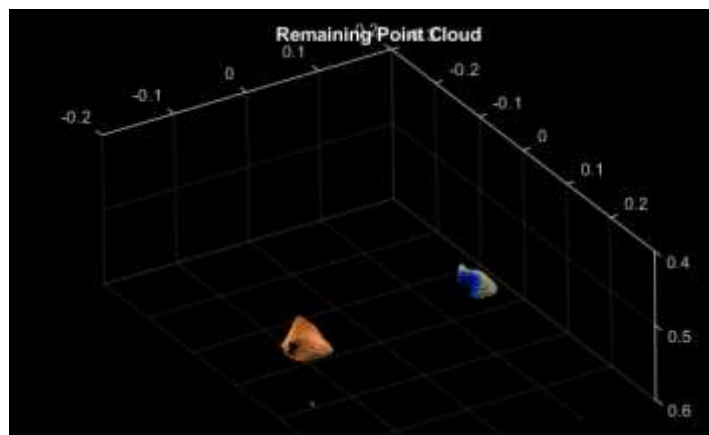
姿勢推定のための点群処理



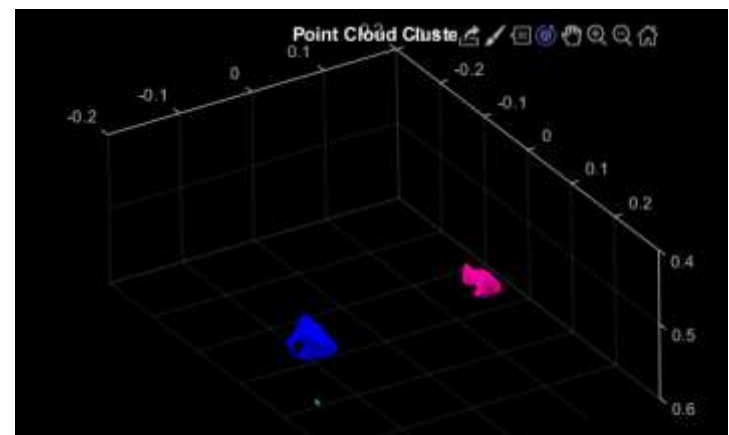
点群(カラー)



テーブルの検出



オブジェクトの抽出



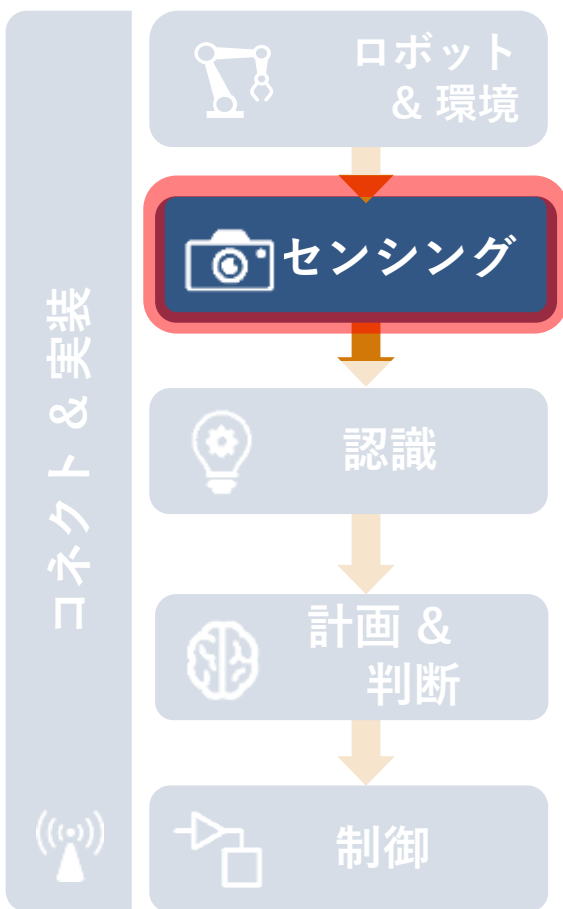
ノイズ除去 & クラスタリング

センシング

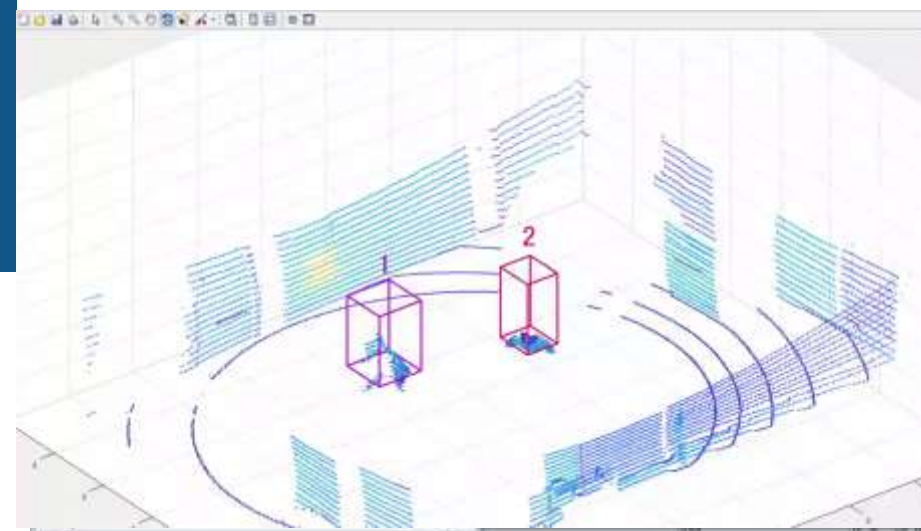
汎用センサーの接続とセンシング関連機能

Computer Vision
Toolbox™

Image Processing
Toolbox™



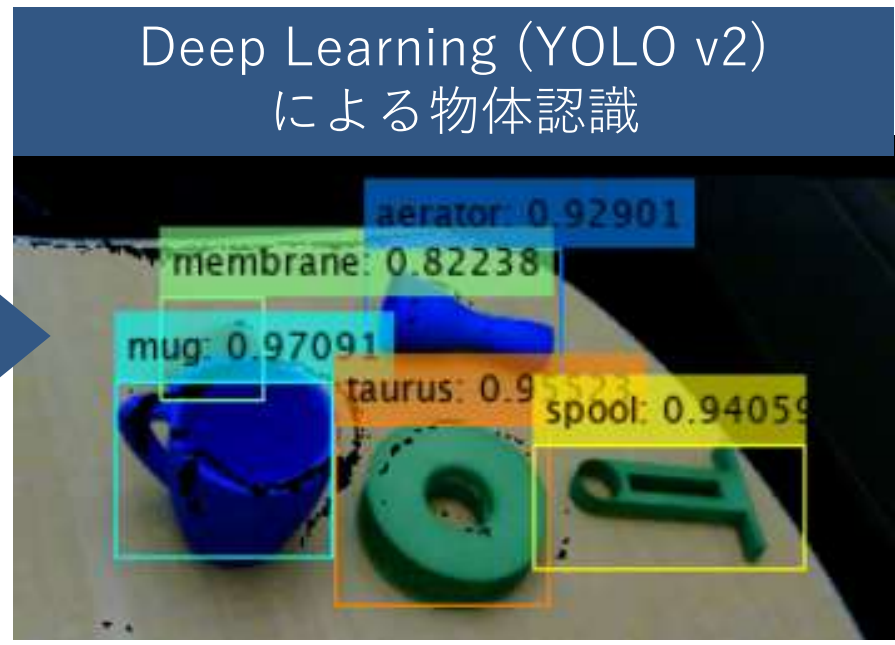
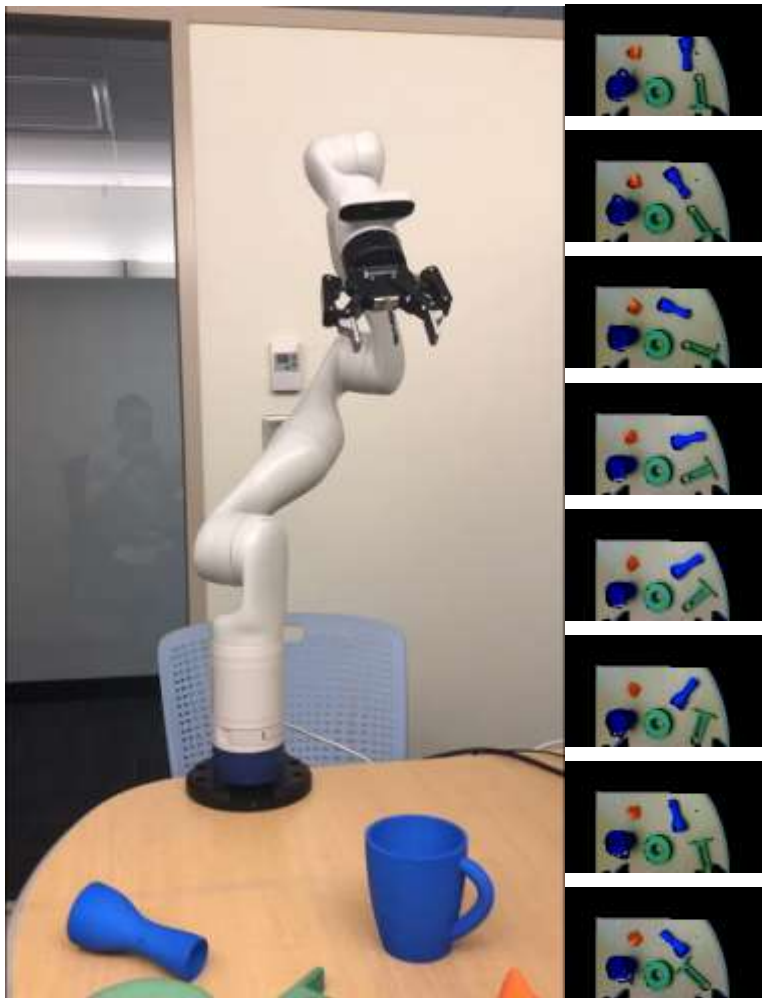
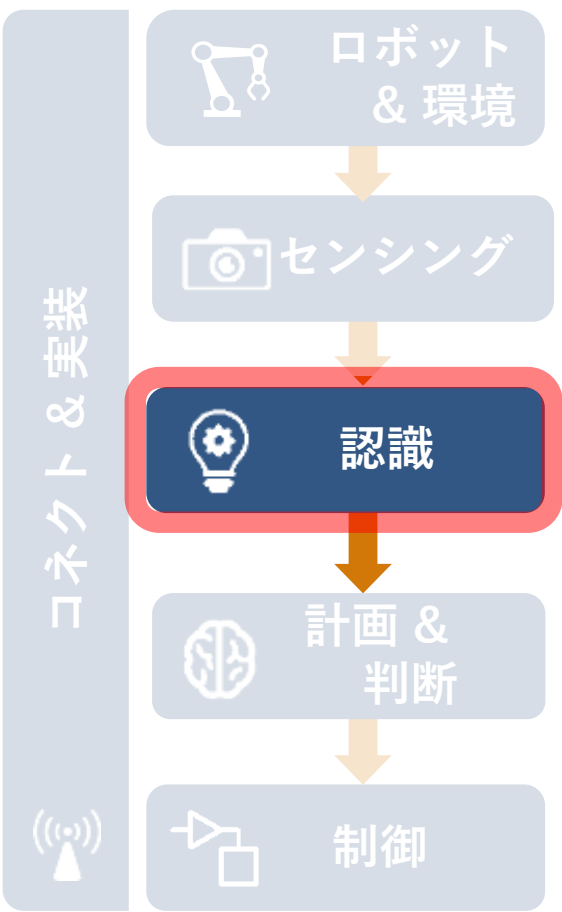
- 汎用センサーのサポート
- 画像の分析
- 画像の加工
- 点群の可視化
- Apps



認識

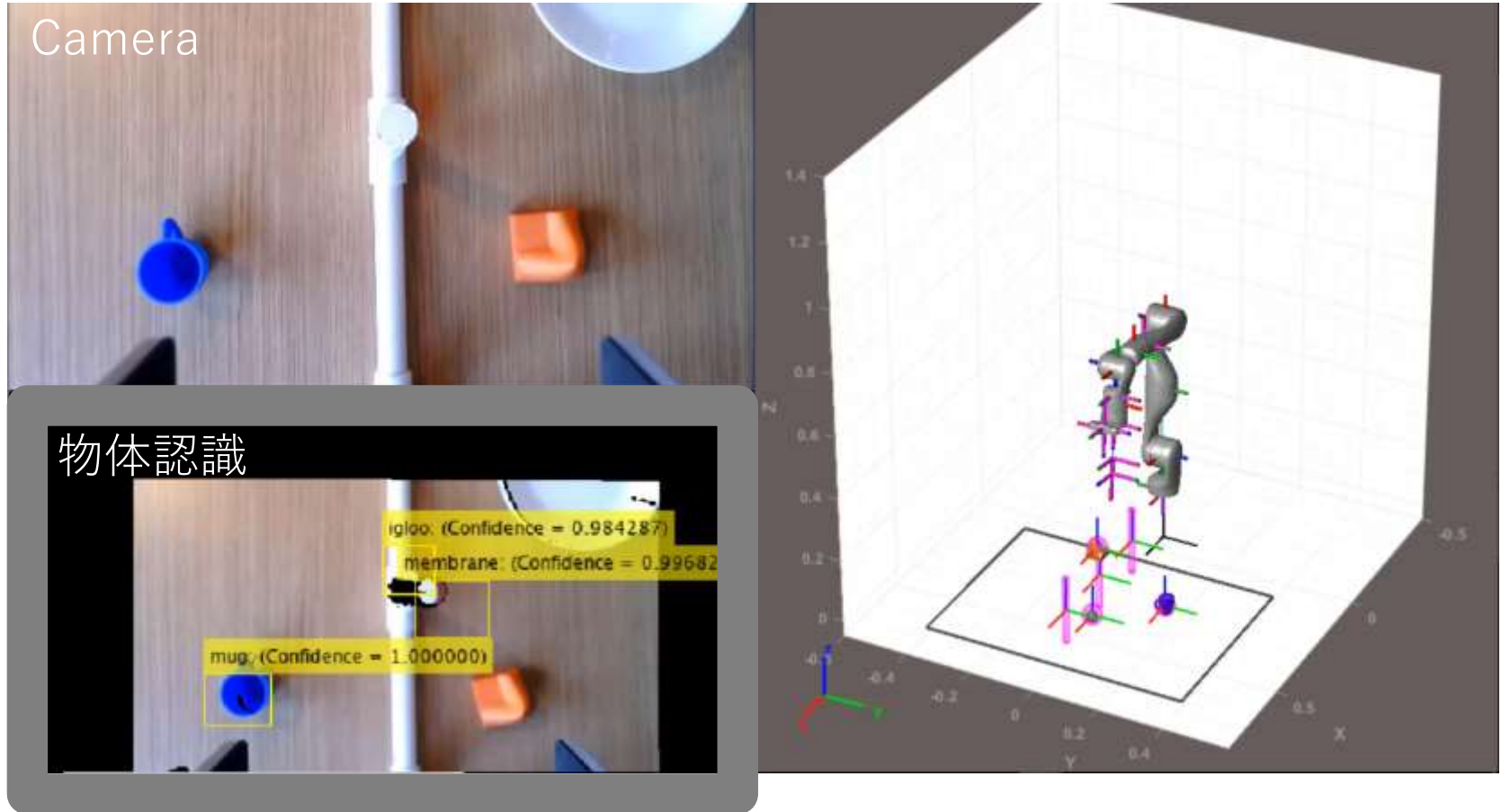
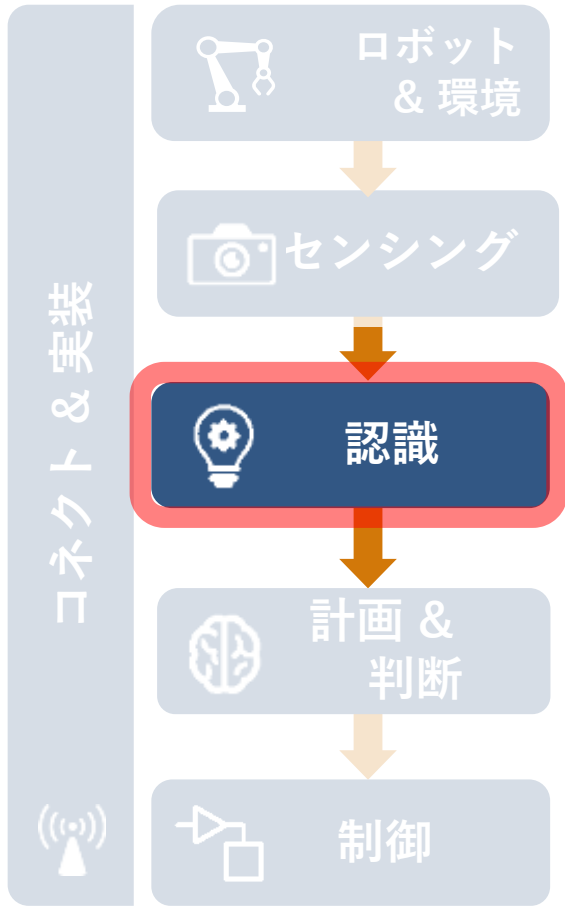
分類におけるDeep learning の適用

Deep Learning
Toolbox™

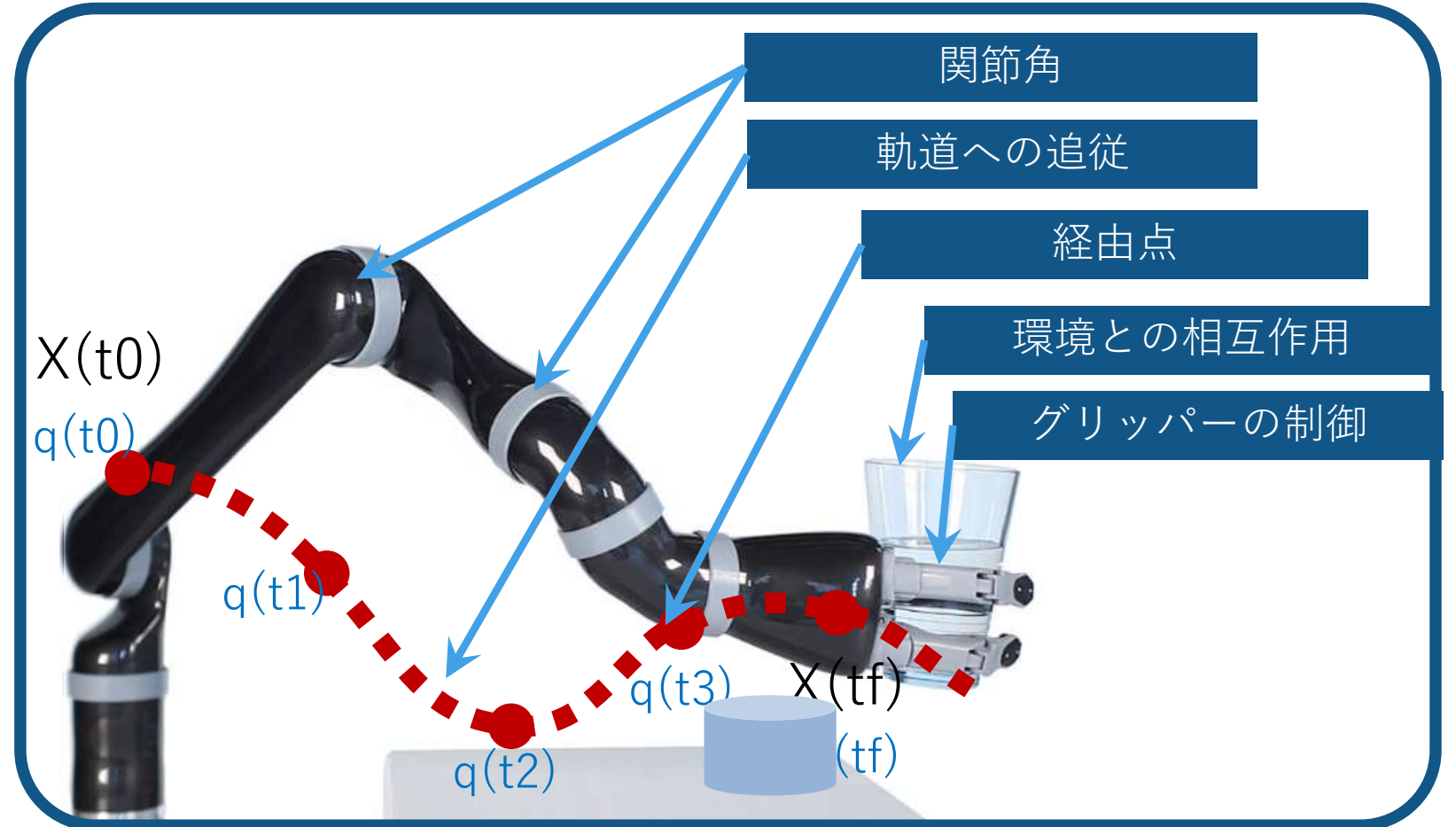
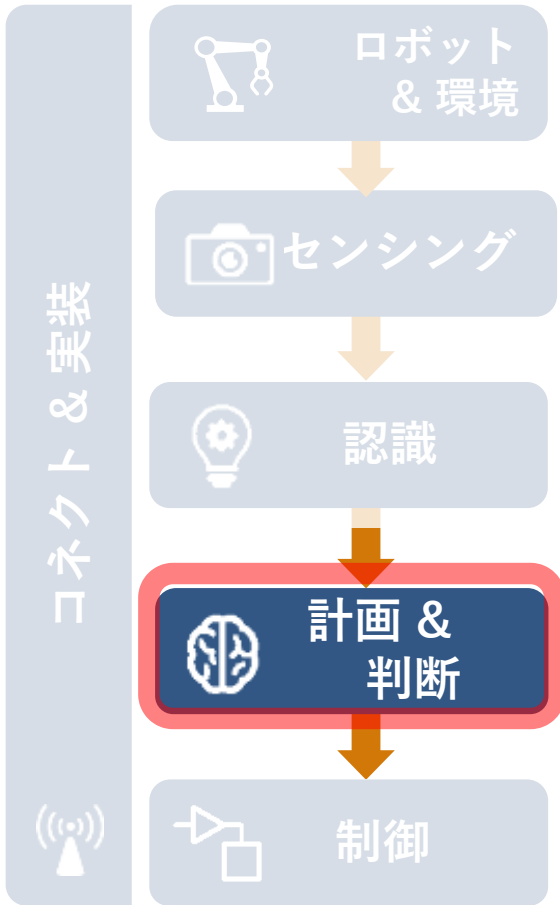


認識

オブジェクトの分類



動作計画

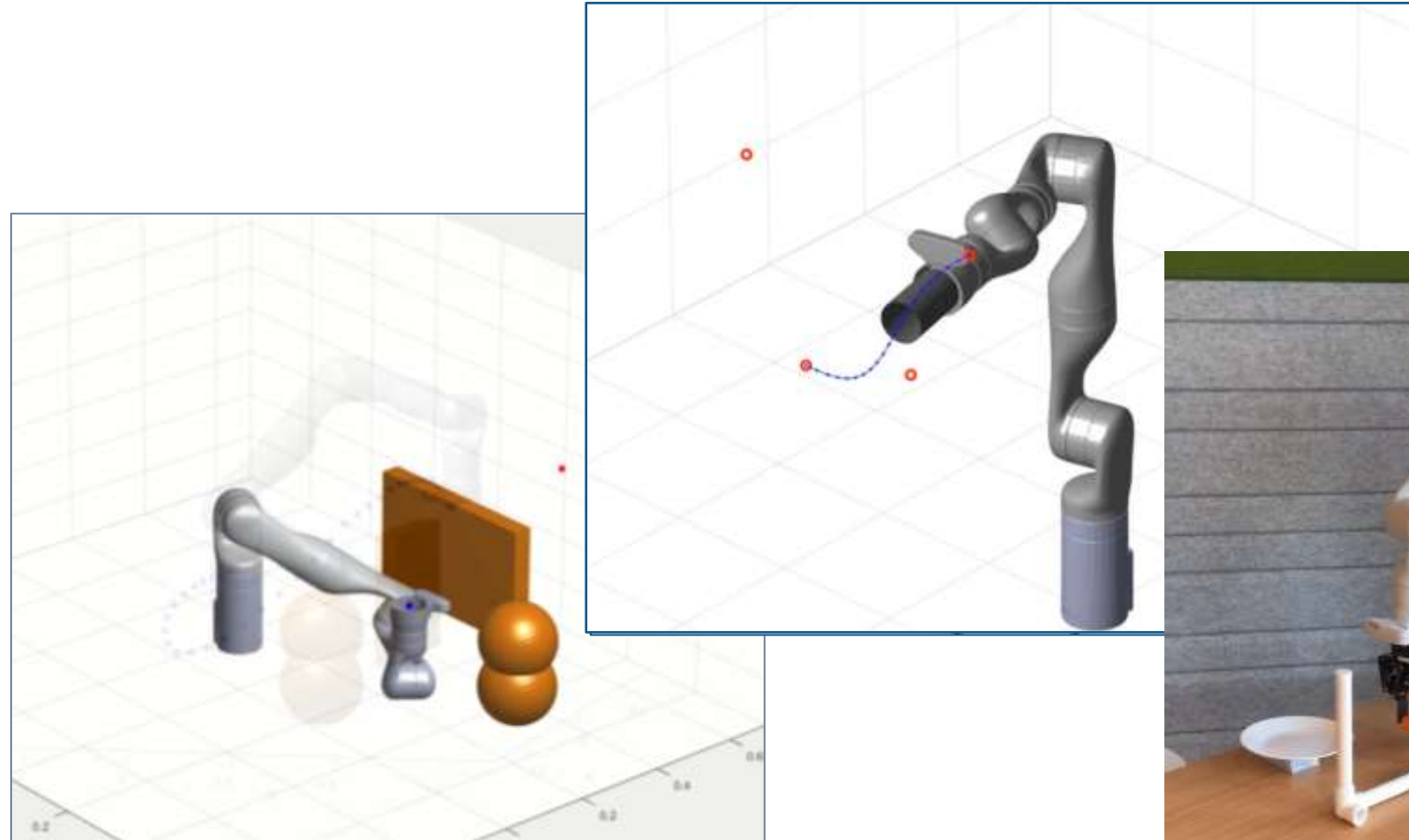
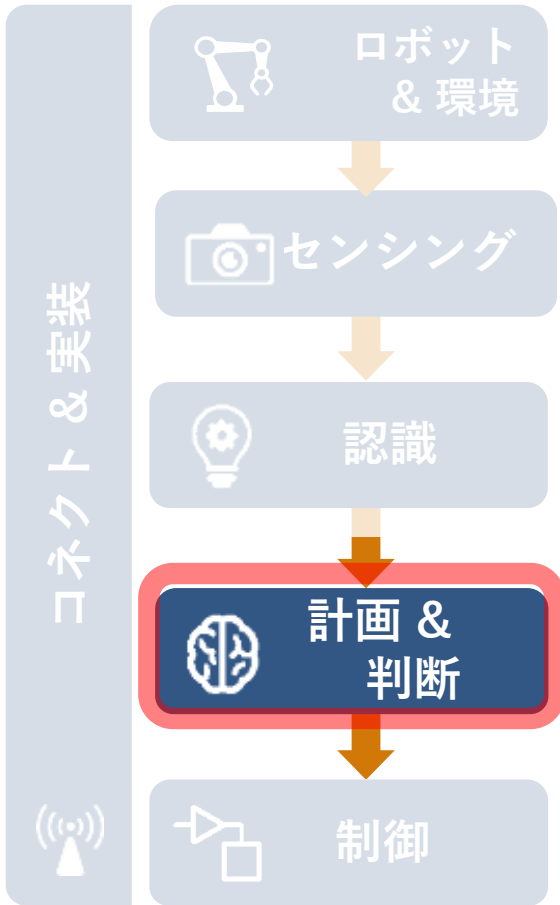


動作計画

軌道計画 + 軌道生成 + 軌道追従

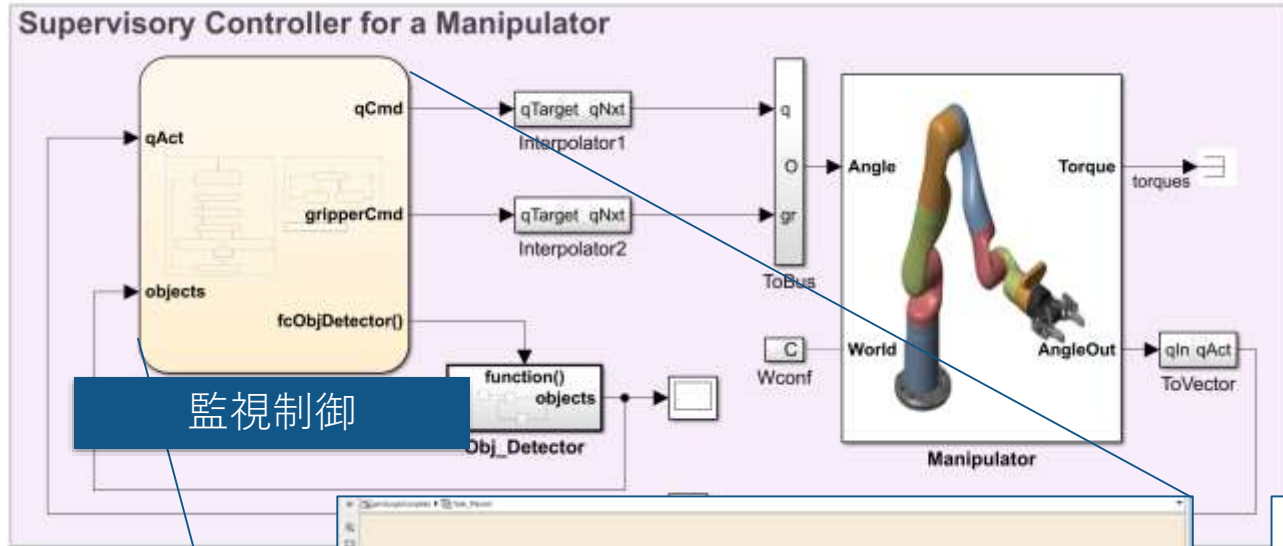
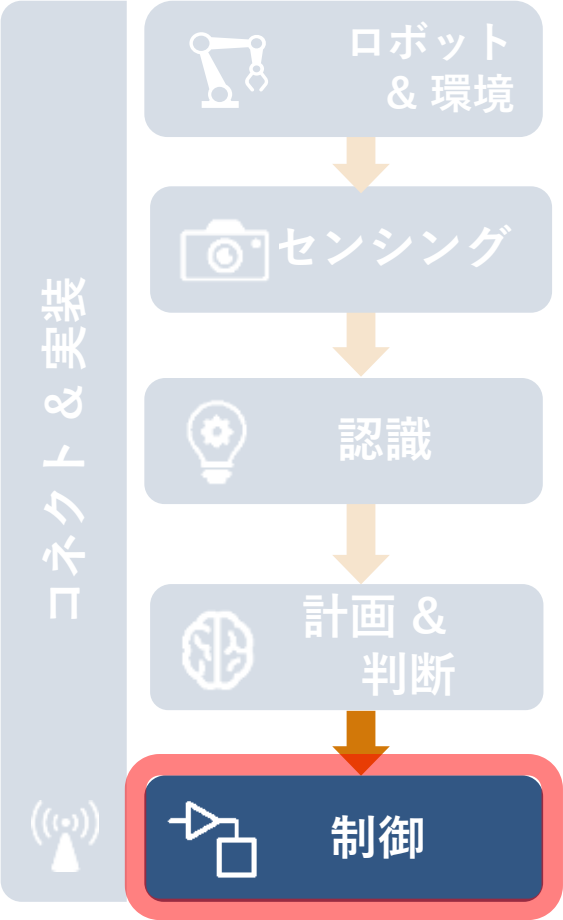
Robotics System
Toolbox

Model Predictive
Control Toolbox™

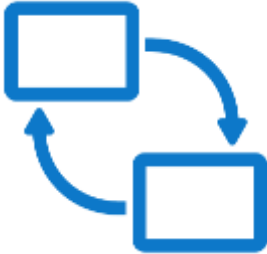
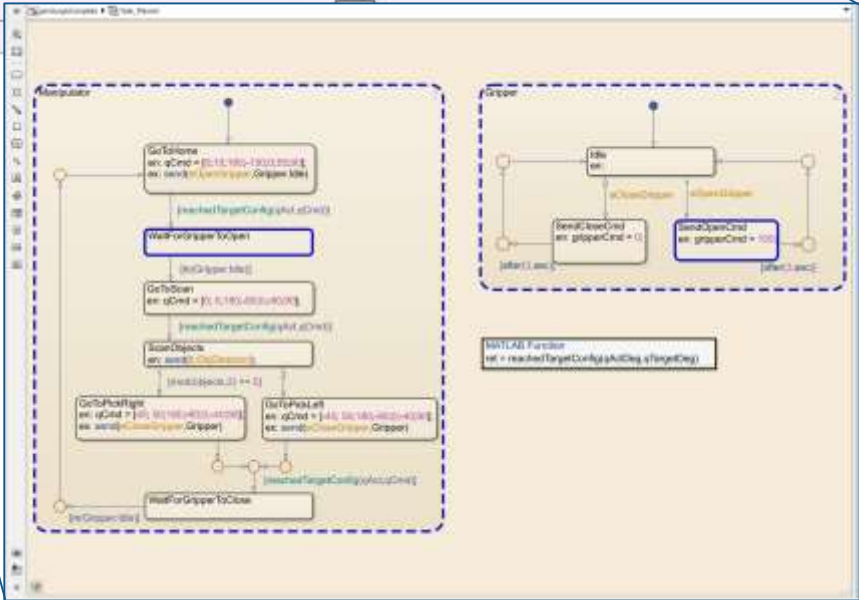


モーションコントロール 監視制御アルゴリズム

Stateflow®



監視制御



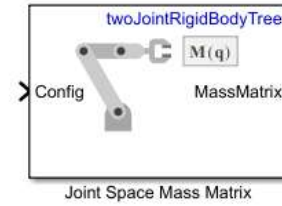
モーションコントロール

フィードバック線形化アルゴリズム

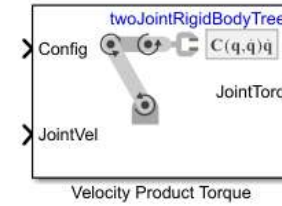
Robotics System
Toolbox

$$M(q)\ddot{q} + C(q, \dot{q})\dot{q} + G(q) = u$$

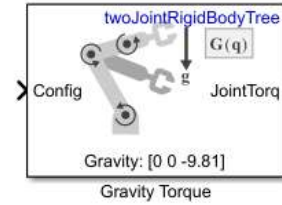
$$u = \underbrace{M(q)}_{\text{①}} (\underbrace{\ddot{q}_d - K_d \dot{q}_e - K_p q_e}_{\text{②}}) + \underbrace{C(q, \dot{q})\dot{q}}_{\text{③}} + \underbrace{G(q)}_{\text{③}}$$



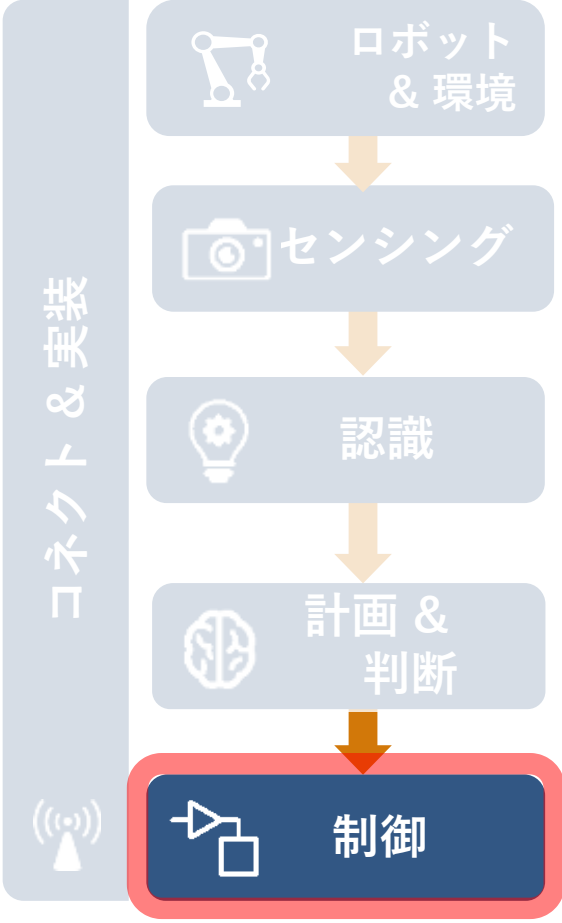
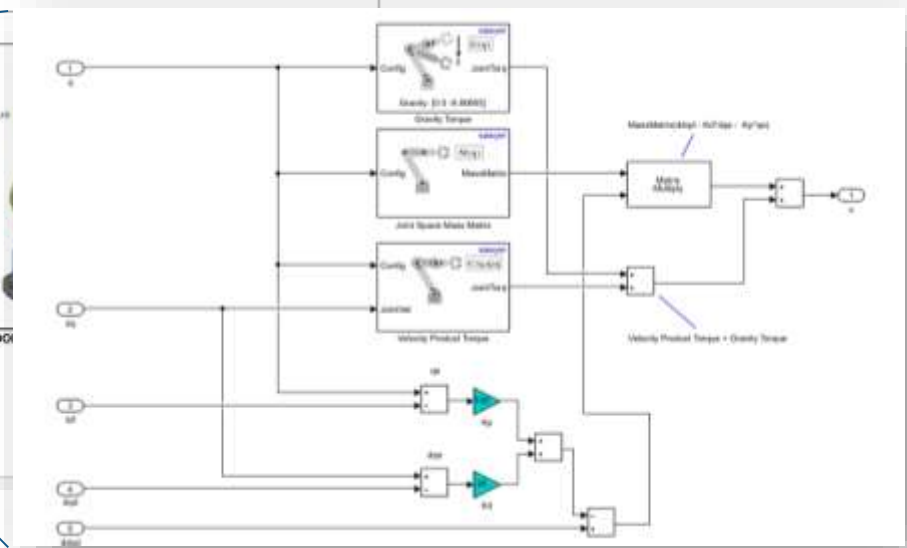
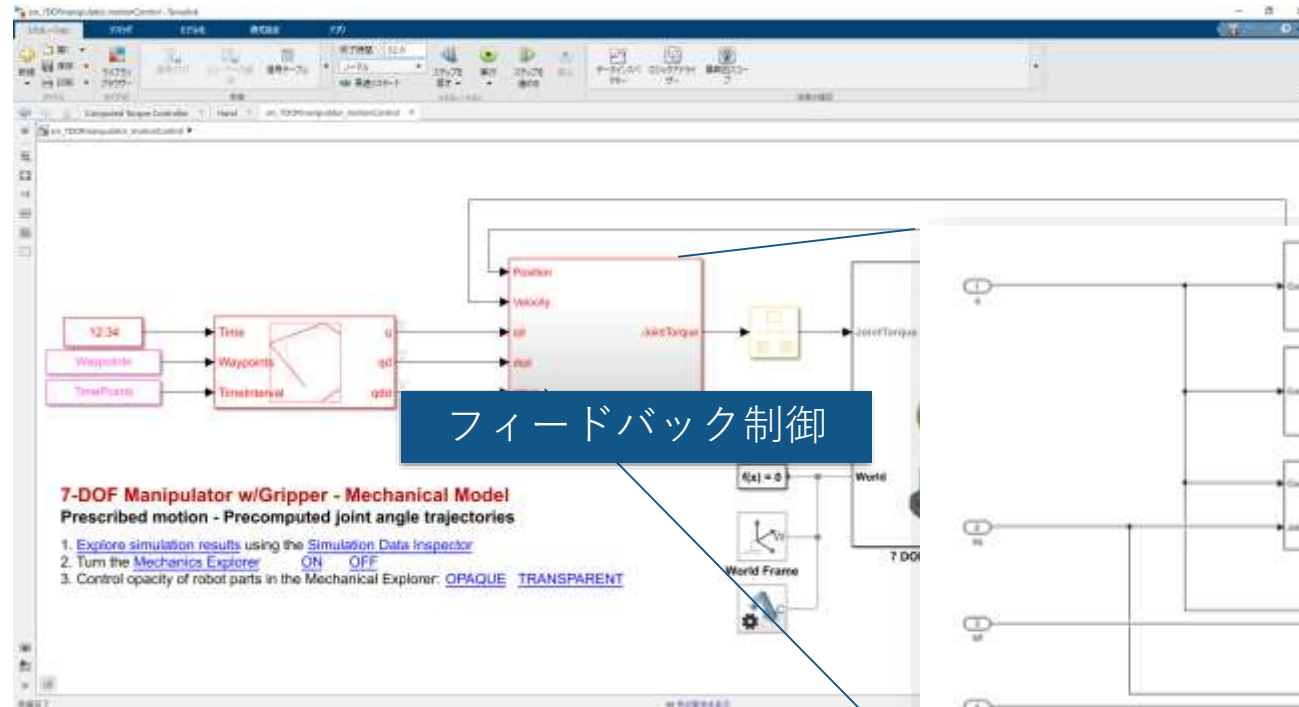
①慣性補償項



②速度補償項
遠心力・コリオリカ



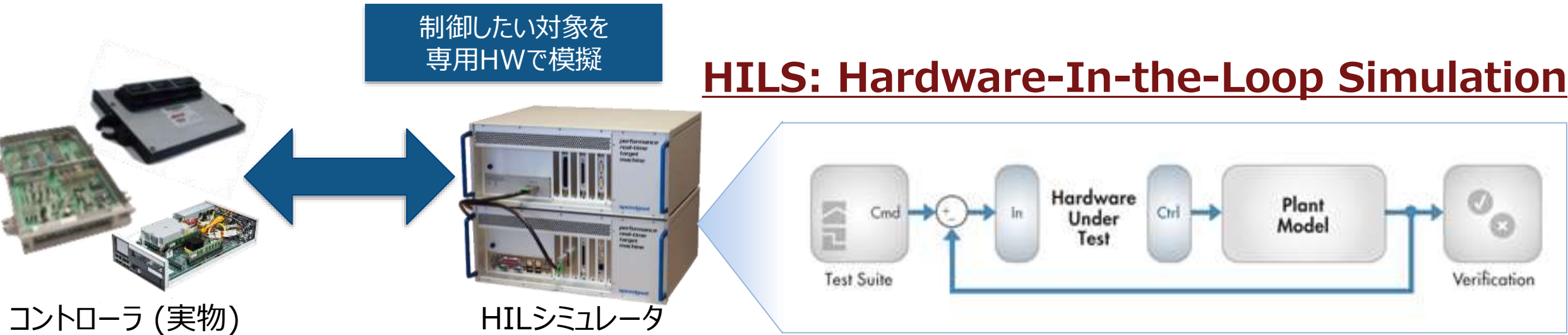
③重力補償項



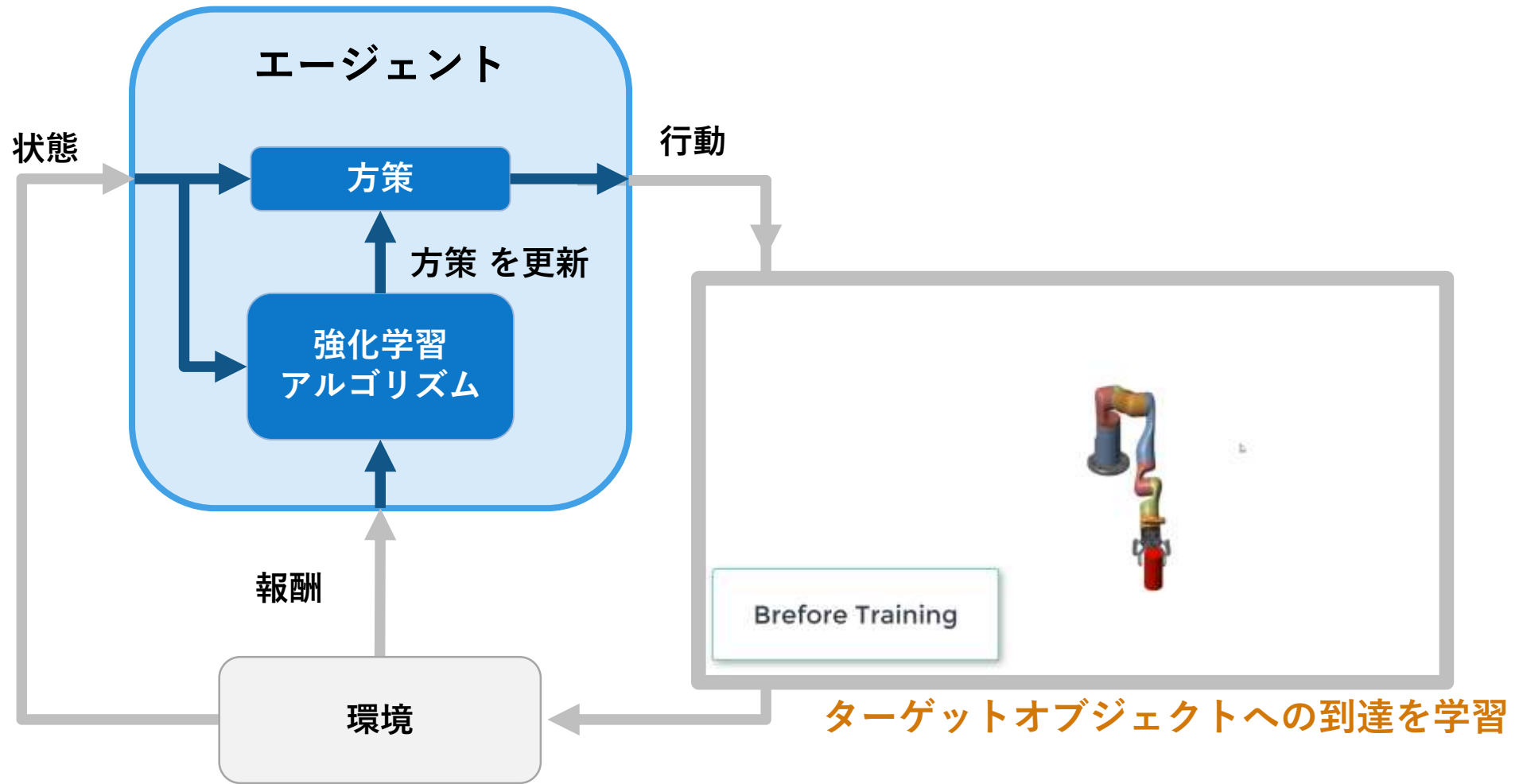
モーションコントロール システムの安全性検証の効率化

Simulink Real-time™

RCP: Rapid Control Prototyping



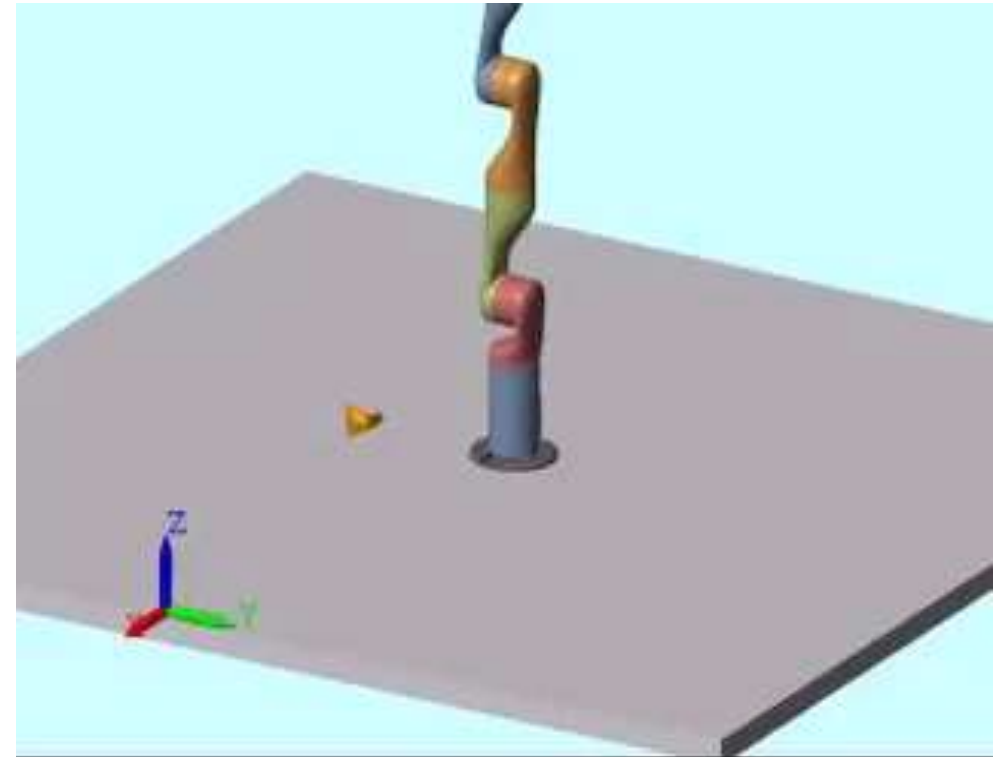
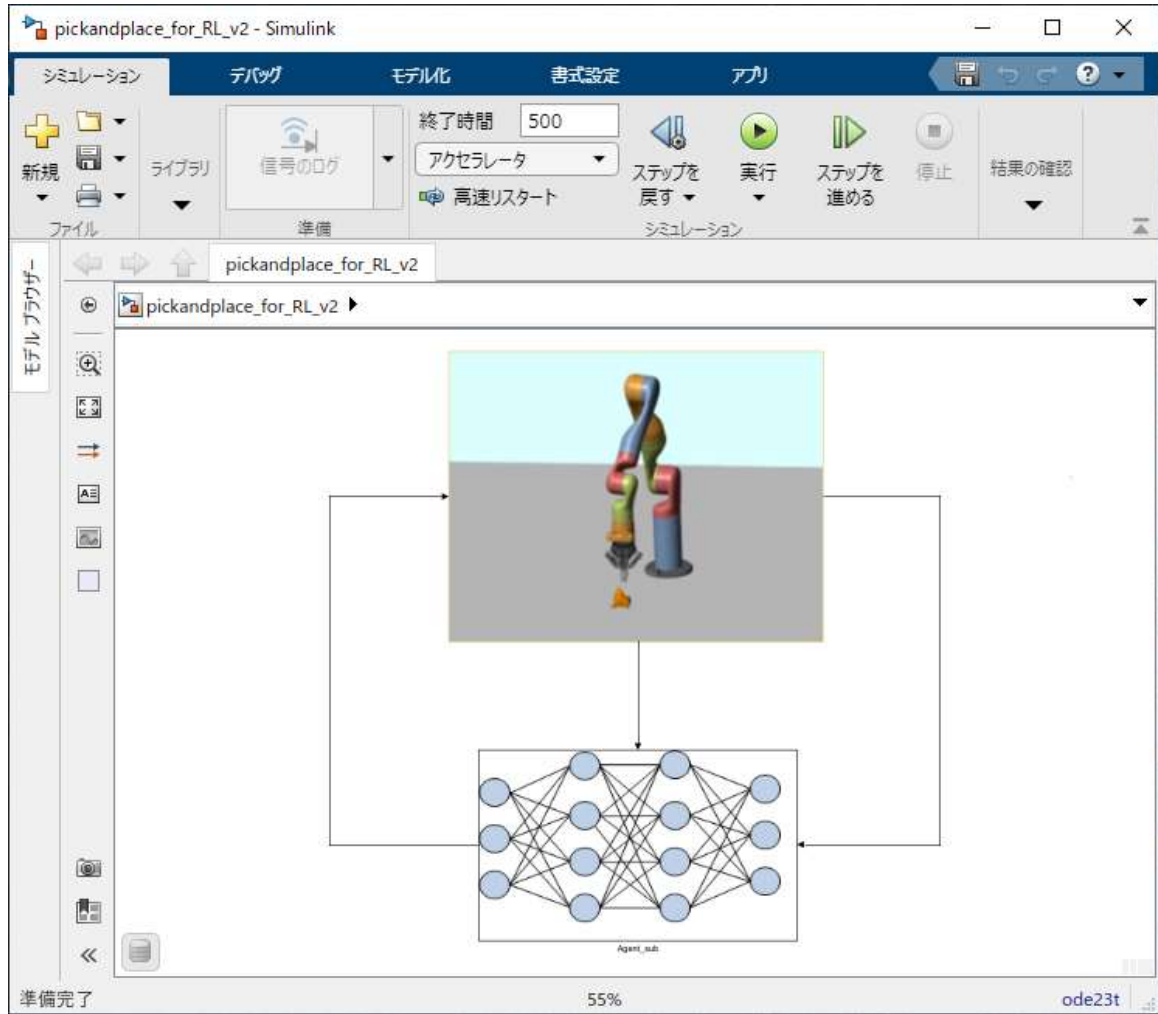
高度自律システム開発 : Reinforcement Learning



高度自律システム開発 : Reinforcement Learning 既存モデルへのシームレスな統合

Reinforcement
Learning Toolbox™

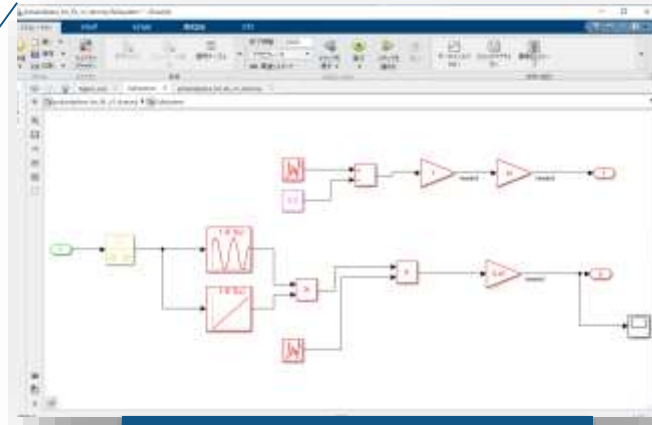
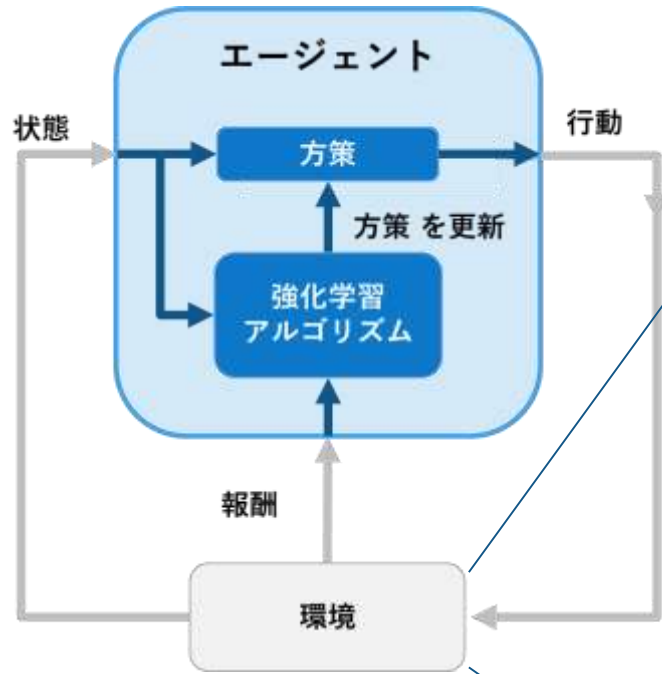
Simscape



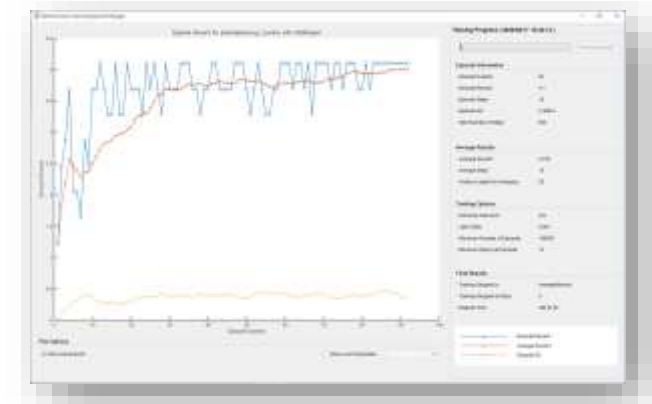
高度自律システム開発 : Reinforcement Learning モデルの詳細度とパラメータ設計

Reinforcement Learning Toolbox

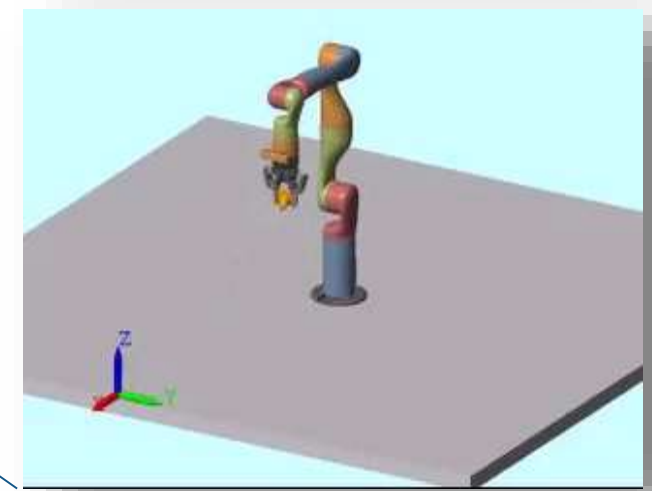
Simscape



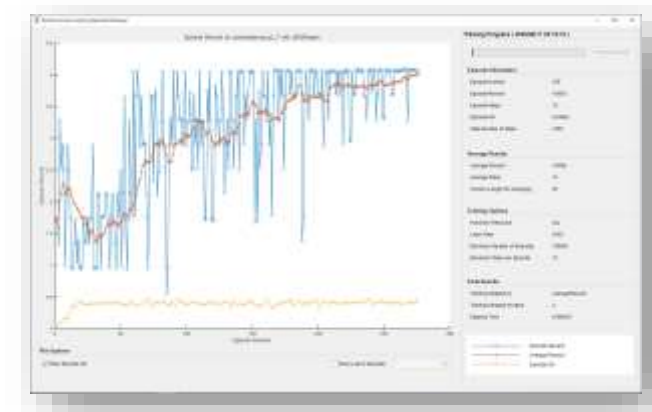
類似問題(高速)



パラメータ設計検討



厳密な問題



実問題へのトライ

外環境とのインターフェース

コード生成サポート

ROS Toolbox

コネクタ & 実装

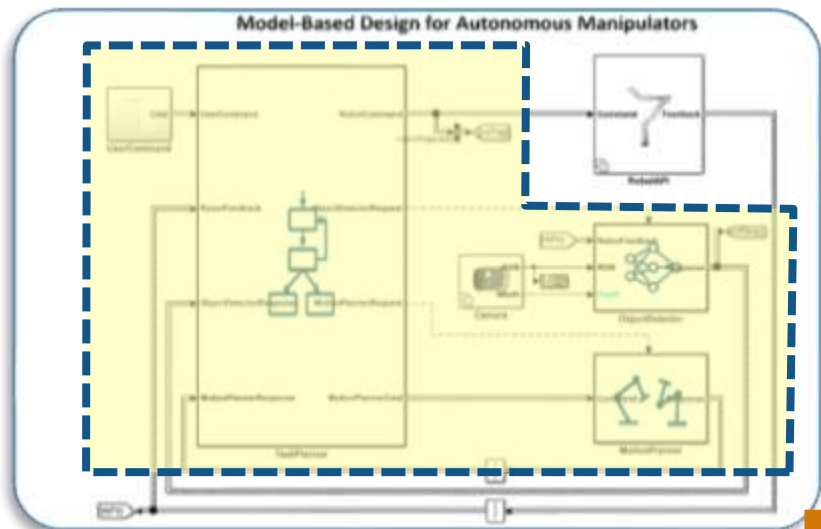
ロボット & 環境

センシング

認識

計画 & 判断

制御



アプリケーション

センサ1

センサ2

シミュレータ

ROS 2 Middleware

アクチュエータ1

HMI1

HMI2

外環境とのインターフェース コード生成サポート

ROS Toolbox

コネクタ & 実装

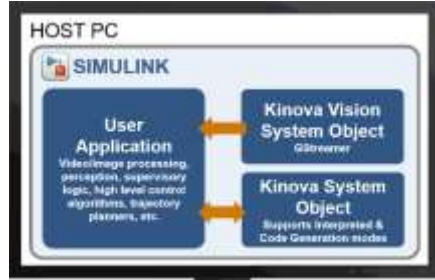
ロボット & 環境

センシング

認識

計画 & 判断

制御



ROS接続機能
publisher/subscriber
など

Jetson Xavier (Ubuntu 18.04)
NVIDIA

2 (Bouncy)

Node2
User Application

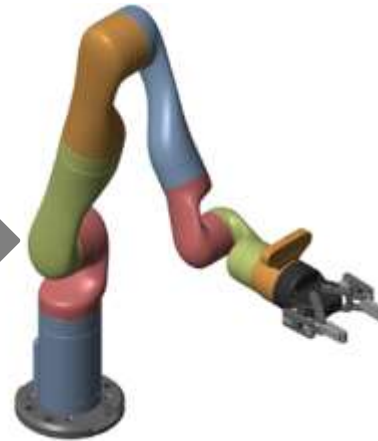
Node1
Kinova System Object
Kortex API

Node3
User Application

ROS2へのstand-aloneノード実装

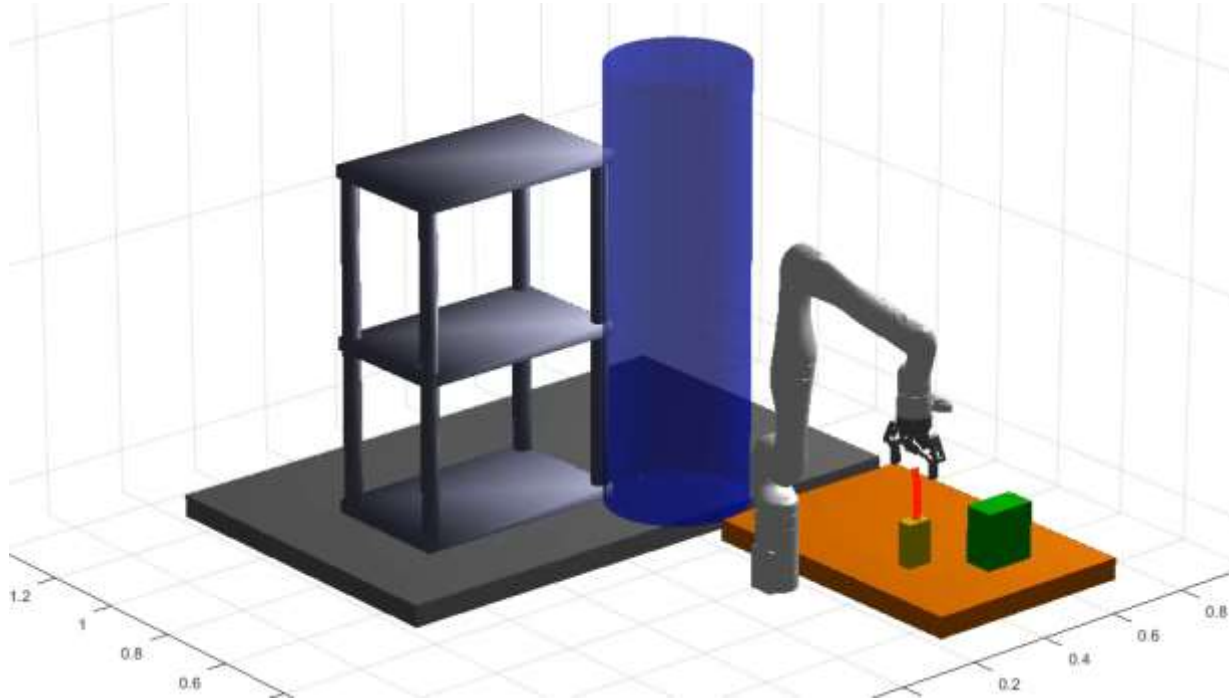
マルチスレッド
、マルチコア、
疑似リアルタイム

Ethernet



製品同梱例題から始めるピッキングタスク

倉庫におけるピッキングタスクにおける軌道計画の例題

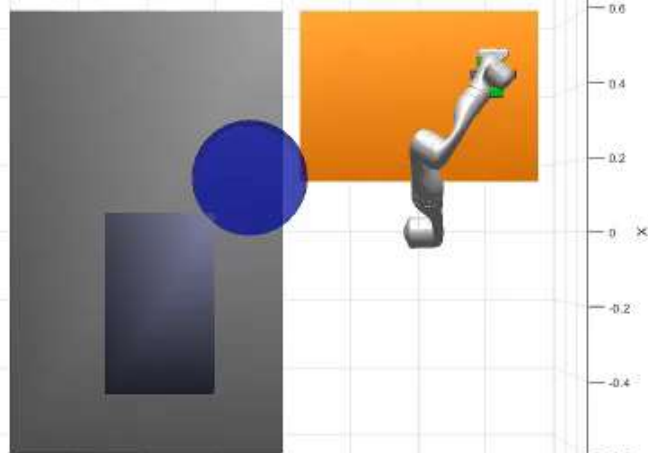


Robotics System Toolbox の干渉判定機能 /
非線形モデル予測制御 / 監視制御にStateflowを利用した例題

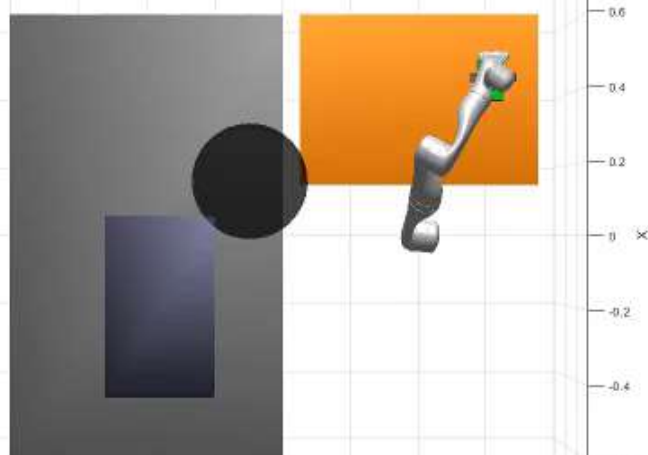
製品同梱例題から始めるピッキングタスク

倉庫におけるピッキングタスクにおける軌道計画の例題

障害物回避 **ON**
(青：障害物)



障害物回避 **OFF**
(黒：障害物)



製品同梱例題から始めるピッキングタスク

デルタロボットの軌道計画



ロボット
& 環境



KRONES

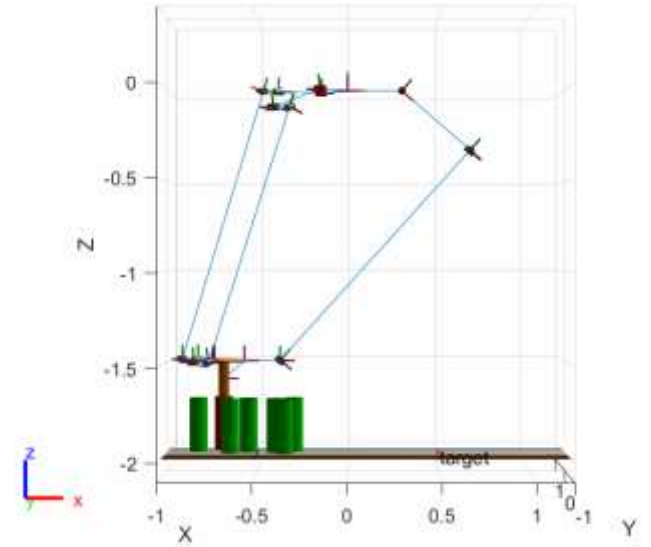
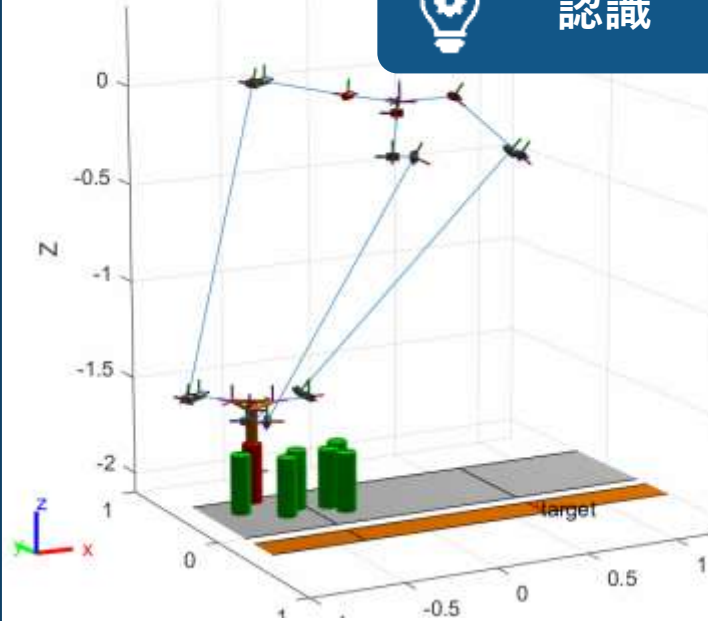
MATLAB EXPO



センシング



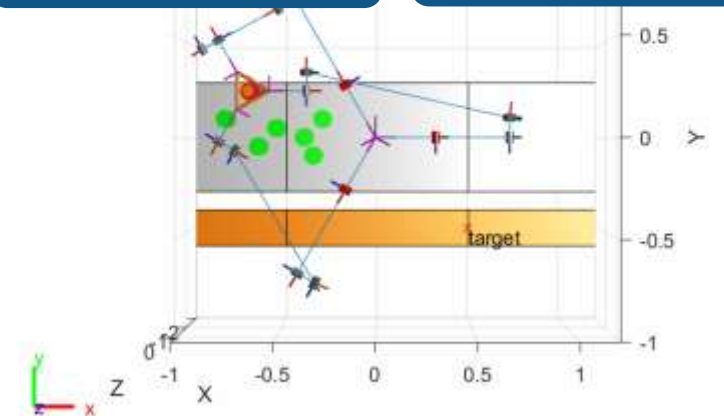
認識



計画 & 判断



制御



本日のアジェンダ

産業用ロボットの自律化におけるチャレンジ

Case Study: Pick-and-Place タスクの自律化



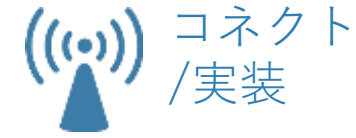
自律ロボット開発と
モデルベースデザイン

まとめ

自律システムの構成要素と開発フロー

外環境とのインターフェース

ROS Toolbox



ロボットアームの自律アルゴリズム開発

Sensor Fusion and Tracking Toolbox™

Deep Learning Toolbox



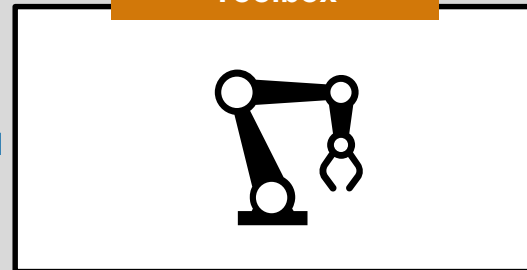
認識



計画 & 判断

Navigation Toolbox™

Robotics System Toolbox



Stateflow

Computer Vision Toolbox



センシング



制御

Reinforcement Learning Toolbox

Model Predictive Control Toolbox

ハードウェア開発



ロボット本体 & 環境

MATLAB / Simulink

Simscape

産業用ロボットの自律化におけるチャレンジと モデルベースデザイン



複合領域の
専門性



開発環境

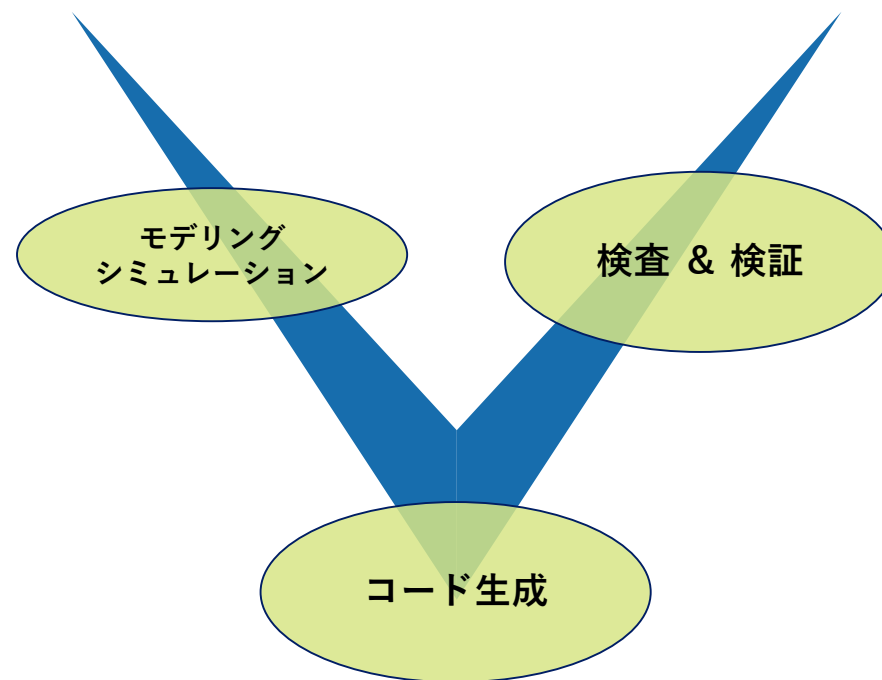


高度な
アルゴリズム



システムの
安全性

シミュレーションを活用した
開発の効率化が必須




設計から検証までの一貫した
モデルベースデザインが有効

関連コンテンツ





ユーザー事例 **ユーザー事例** 🔍


🔼 絞り込み

 **3Tによるモデルベースデザインを使用したロボットの開発**
 3TはSCARAロボット向けの緊急ブレーキ設計を検証し、FPGAでの実装のため

 **Clearpath Roboticsによる産業用速度化**
 Clearpath Robotics、産業用ロボットコンピュータビジョン、車両管理、を短縮。

 **ドイツ航空宇宙センター (DLR) の研究所による、モデルベースデザインをロボットの開発**
 DLR は、高度なアルゴリズムの開発処理向けのコードの生成、および2Dキャリブレーションの自動化を実現

 **奈良先端科学技術大学院大学の研究開発アルゴリズムを開発**
 奈良先端科学技術大学院大学は、ロボットハンドがオブジェクトを識別できました。

 **核燃料デブリ除去用のロボットアーム**
 MHI は、モデルベース デザインを核の除去作業に使用するアーム長 7 m

ビデオ・Webセミナー **ビデオ** 🔍

ビデオホーム 🔍

登録で絞り込む

- MATLAB 72
- Simulink 92
- 5G Toolbox 1
- Aerospace Blockset 3
- Antenna Toolbox 1
- Audio Toolbox 2
- Automated Driving Toolbox 21

ビデオタイプで絞り込む

- Web セミナー 66
- カンファレンス講演 25
- デモ 2
- ユーザー事例 7
- 製品概要 3

アプリケーションで絞り込む

- データ解析 54
- パワーエレクトロニクス制御設計 12
- メカトロニクス 100
- モノのインターネット 38
- ロボット工学 9
- 信号処理 90
- 制御システム 116

真珠で絞り込む

絞り込み: ロボット工学 x すべて解除

結果: 1 - 25 / 205

ロボティクス&自律システム開発の効率化
 自律システム開発の概要紹介および、次に自律移動ロボットと自律型ロボットアームを例題として取り上げ、ロボットやセンサーのモデリング、自律アルゴリズムの設計 (計画、経路計画、軌道計画、制御)、シミュレーション、テストと実装
 Date: 2020年7月29日

今からでも遅くない! AI・ディープラーニング基礎と実践
 AI・ディープラーニングは、幅広い業界への活用が進んでいます。本Webセミナーでは、画像をはじめ、音声処理、テキスト解析、強化学習の各アプリケーションへの適用方法をデモを交えてご紹介いたします。これからディープラーニングを始められる方も、すでに取り組んでいる方もご視聴ください。
 Date: 2020年7月28日

PID制御のオートチューニングを使いこなして、ムダなく、すばやく制御系の性能を引き出す
 PID制御は産業界で圧倒的なシェアを誇るフィードバック制御技術です。制御系が期待通りの動作となるように、効率的に素早く調整 (チューニング) することは大きな課題です。
 Date: 2020年7月21日

Simulinkシミュレーションモデルの継承をサポート - Simulink Compilerの紹介 -
 Simulinkが利用できない環境へのシミュレーションの共有方法をご観いただけます。
 Date: 2020年7月14日

MATLABとSimulinkによる自律型無人航空機の開発
 無人航空機 (UAV、ドローン) の自律化に必要な認識、行動計画、飛行制御システムの開発を支援するMATLAB、Simulink、及び関連Toolboxの便利機能を開発ワークフローを通じてご紹介いたします。


```
% Thank you!
```

mathworks.com/robotics