

自律型ロボットアームの開発を加速する モデルベースデザイン実践

MathWorks Japan

アプリケーションエンジニアリング部

小林 昇洋

本セミナーのアジェンダ

自律型ロボットアームの開発・導入に使える製品機能の概要

- 自律動作アルゴリズムを構成する各要素と関連例題

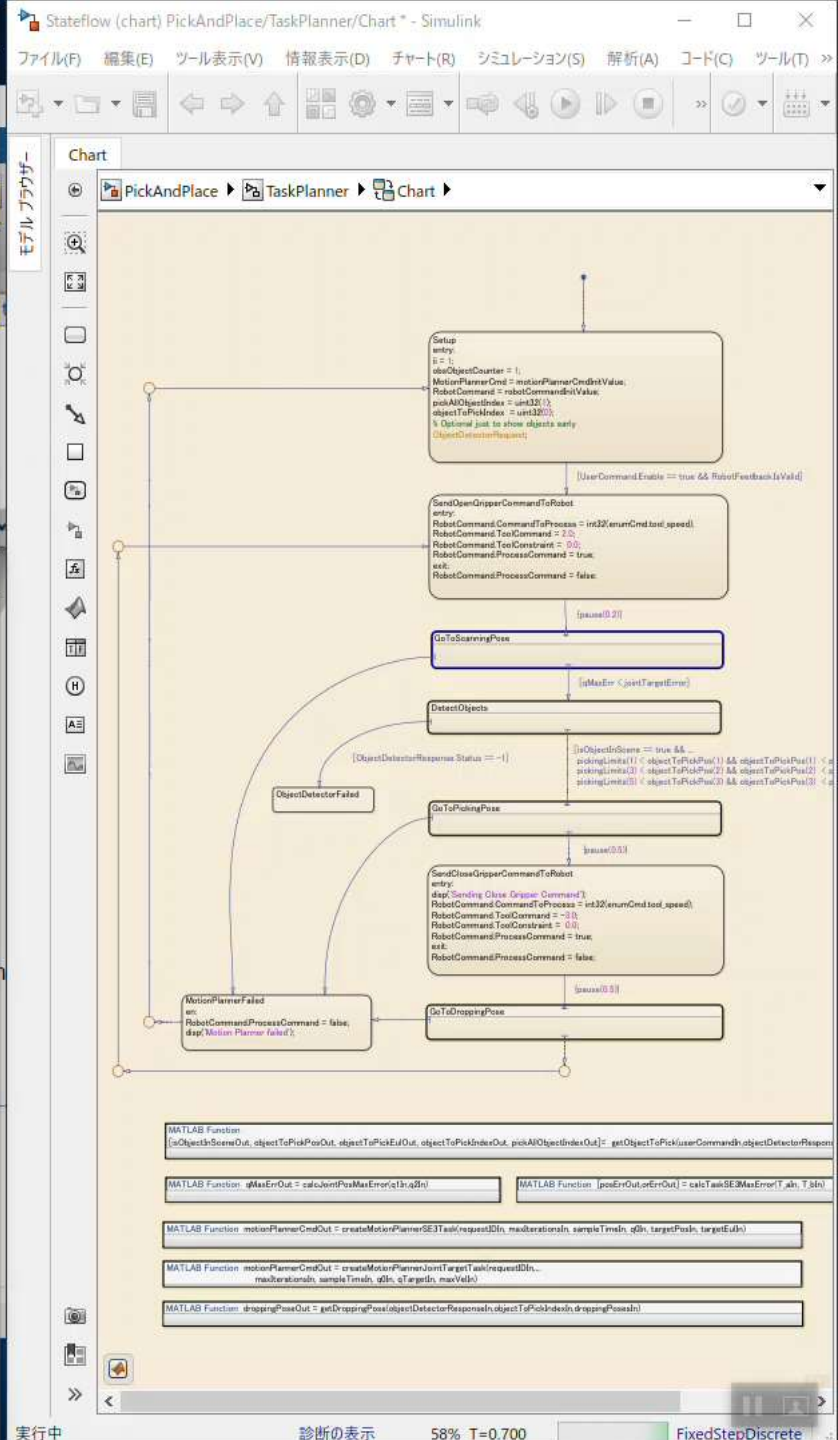
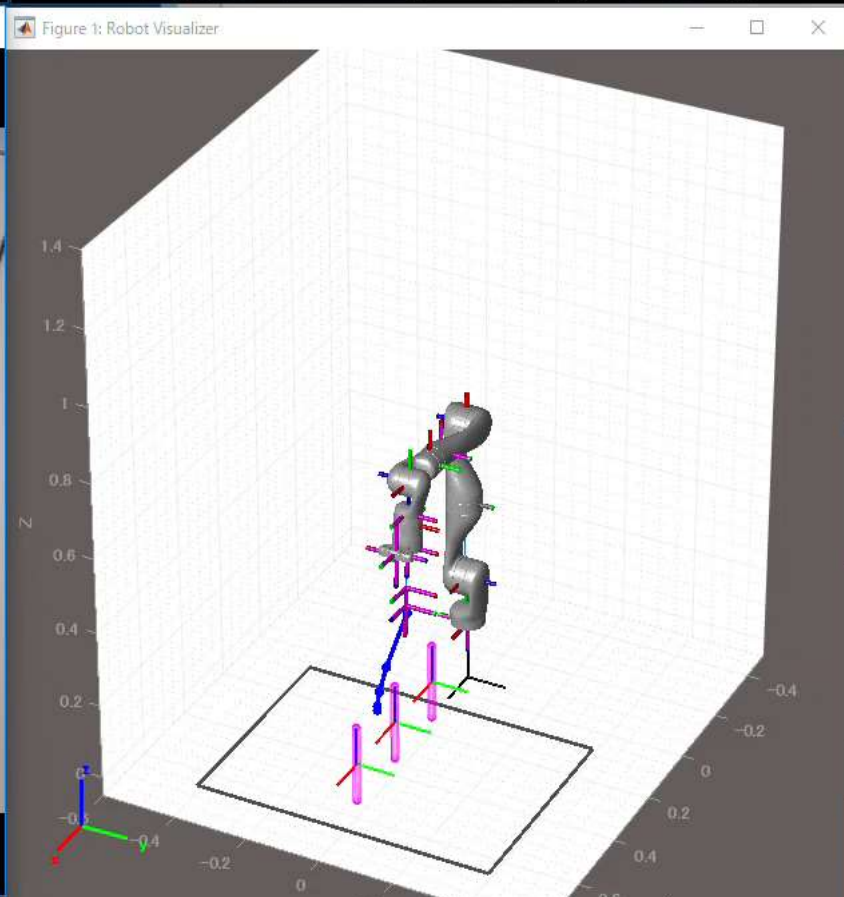
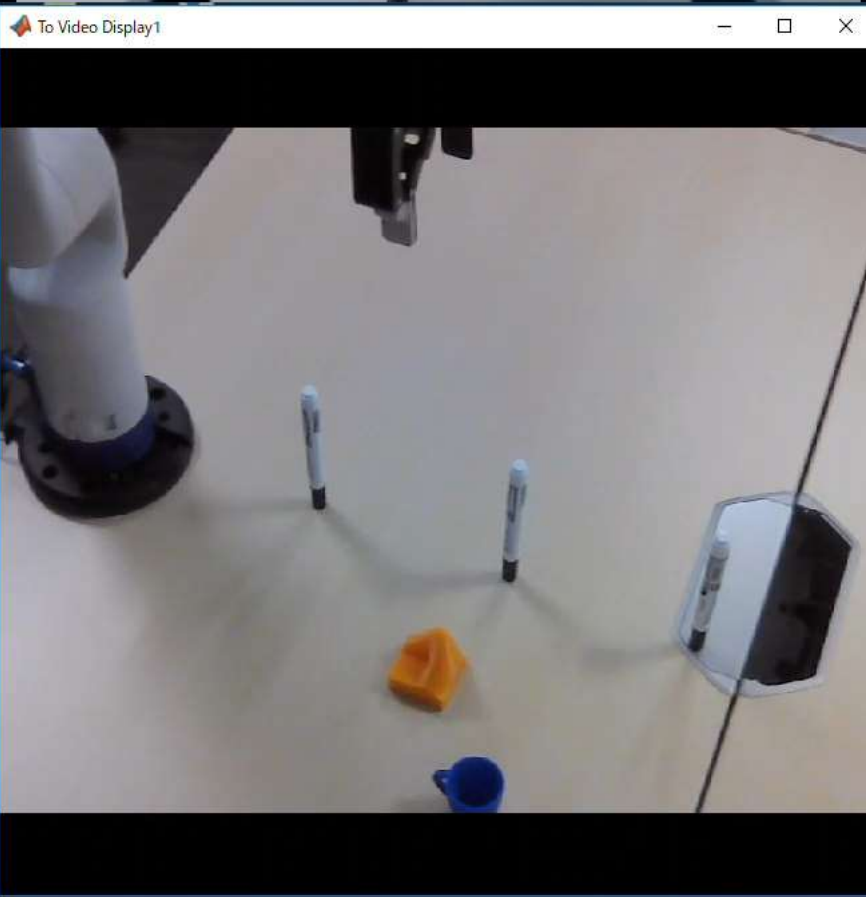
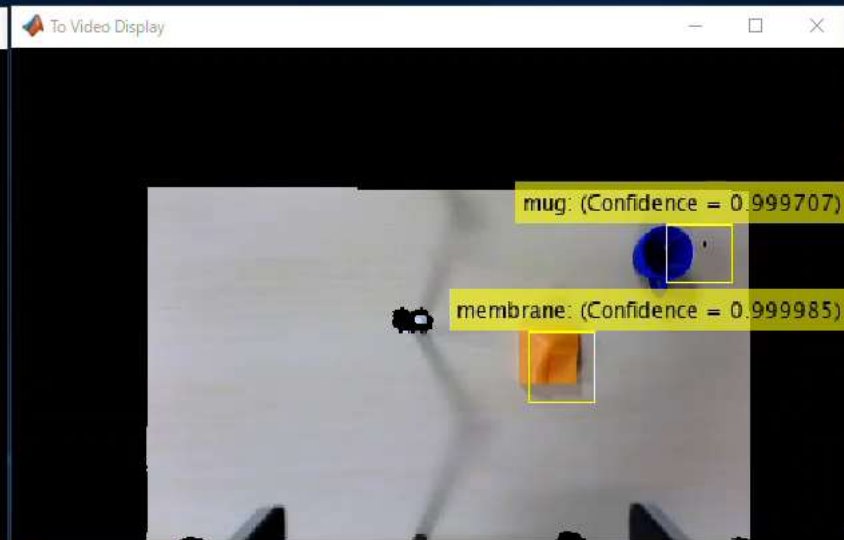
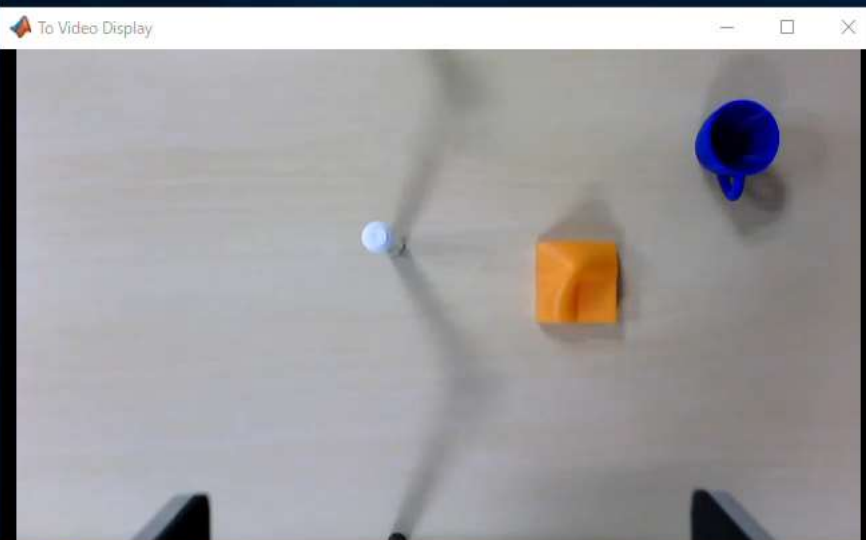
実践にむけたモデル構築デモンストレーション

- ロボットアームモデルの構築から軌道計画まで

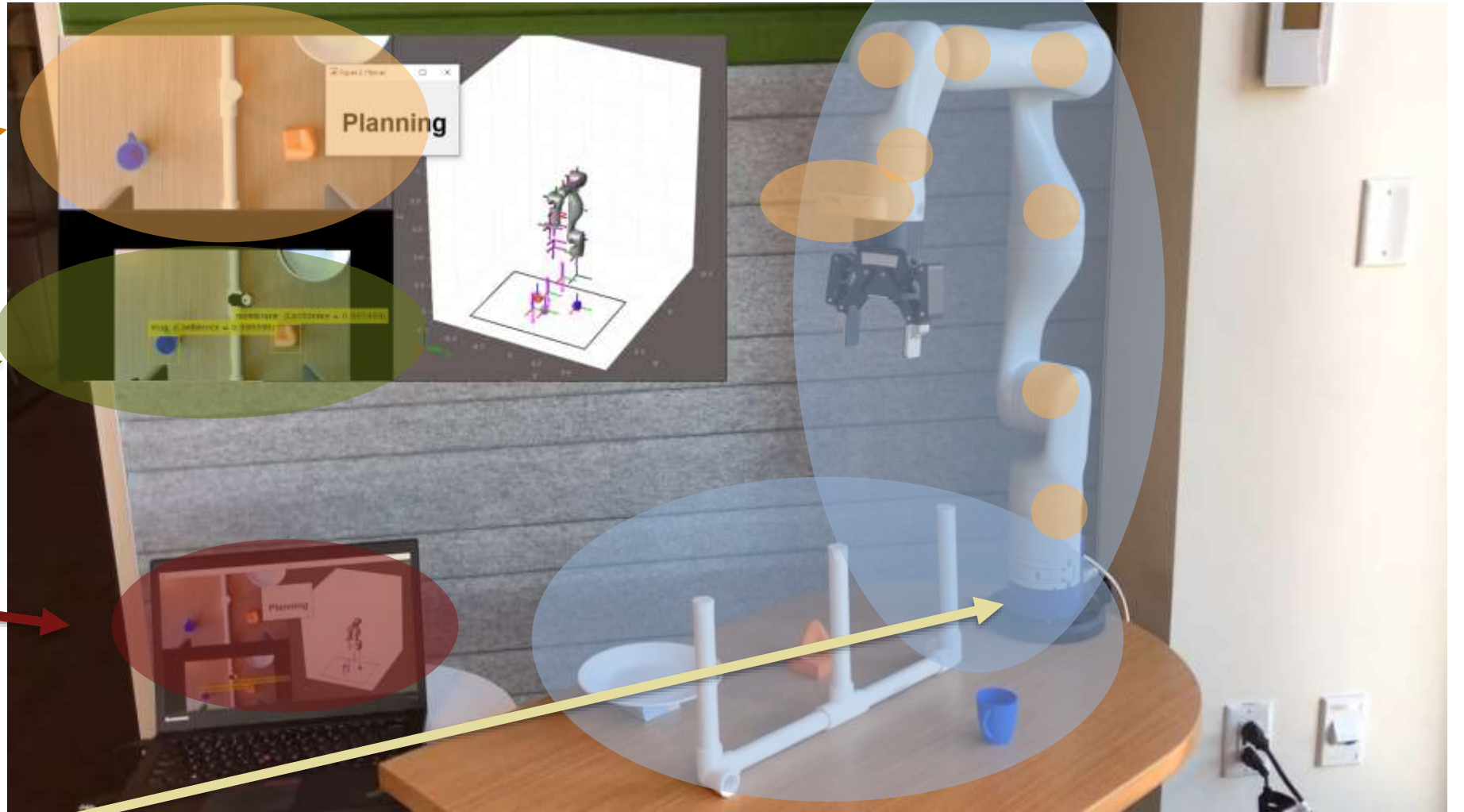
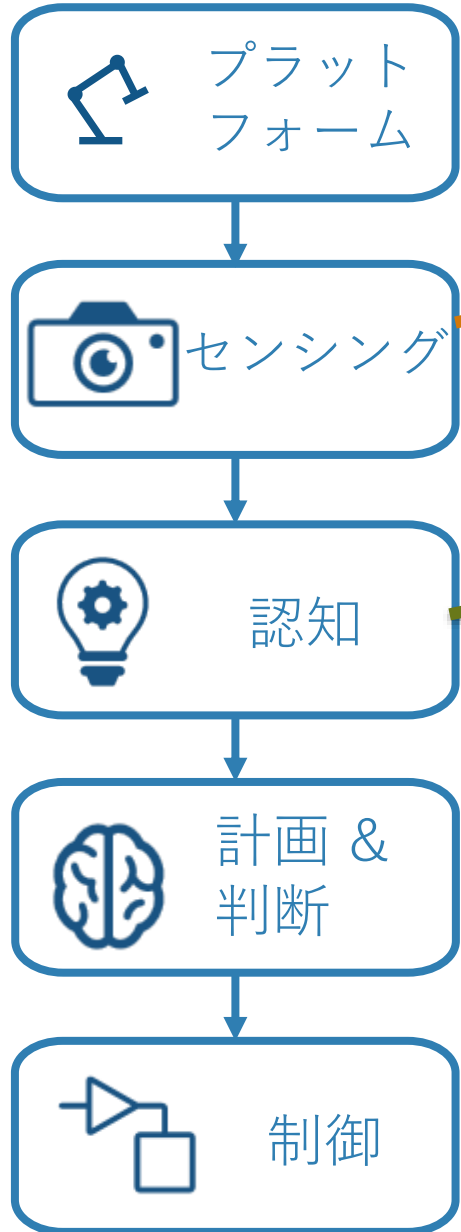
Simscape Multibody™ Robotics System Toolbox™

- 自律化にむけたReinforcement Learning Toolboxの適用

Reinforcement Learning Toolbox™



Pick and Place システムの構成要素



行動計画・制御ワークフローを含めた例題

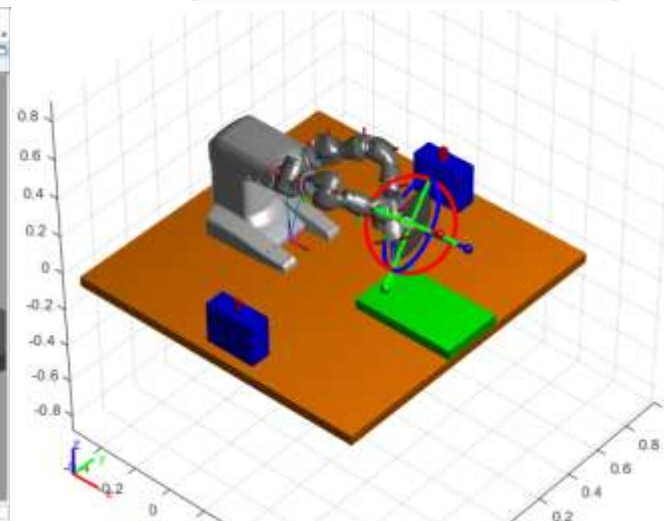
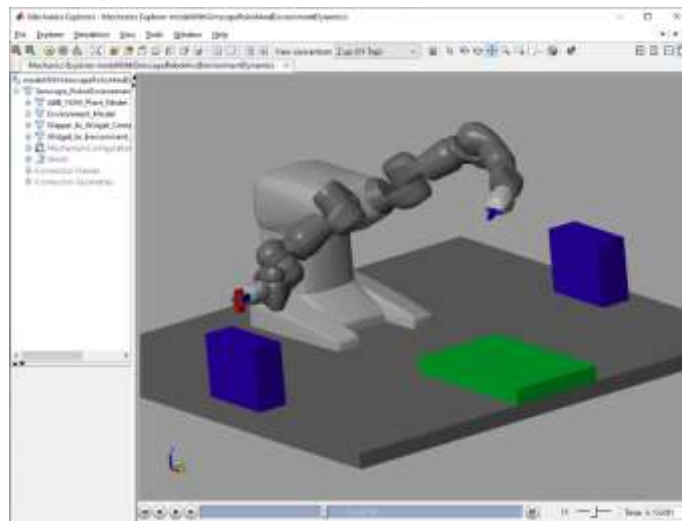
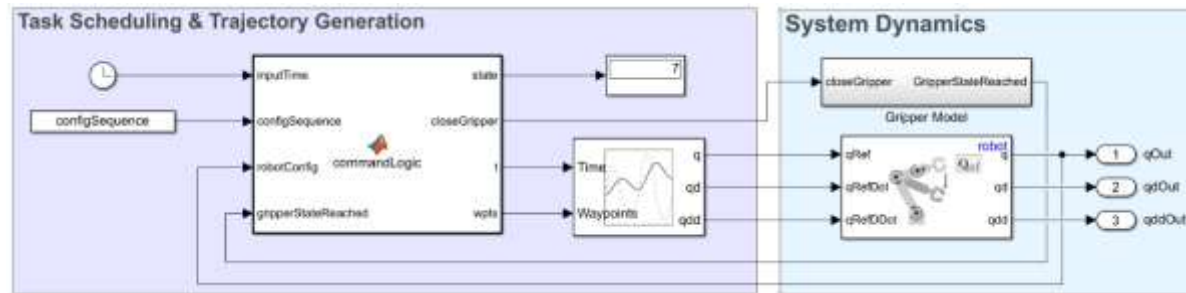
タスクスケ
ジュリング

経路計画

軌道計画

経路追従

アドバンス
制御



- ピックアンドプレース用のタスクおよび軌道スケジューラ
- 複雑なマニピュレーターダイナミクスモデリングと制御
- 剛体ボディーツリーと物理モデリングでロボットのモデル化

[Model And Control A Manipulator Arm With Robotics And Simscape](#)

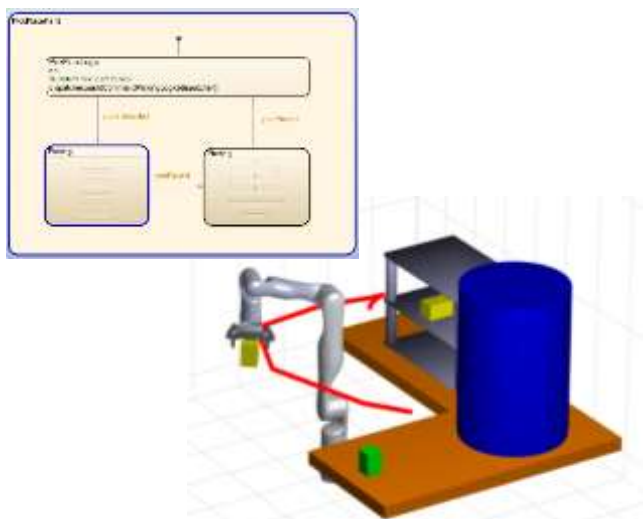
Robotics System Toolbox™

Simscape Multibody™

R2020a

タスク・モーションプランニングに関連した例題

タスクスケジューリング



[MATLAB 向けに Stateflow を使用した
ピックアンドプレースのワークフロー](#)

Robotics System Toolbox™

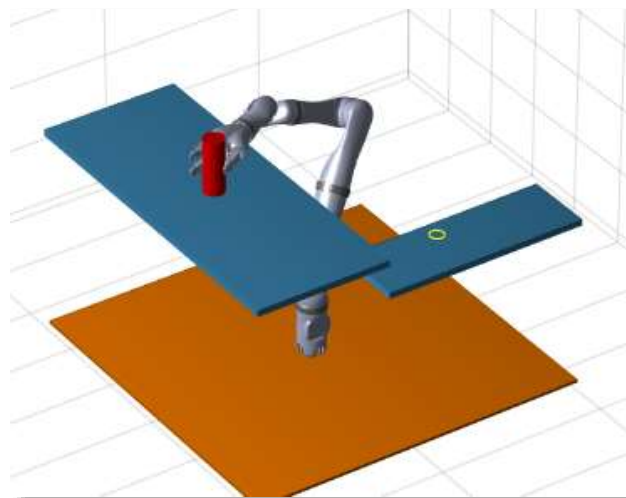
Model Predictive Control Toolbox™

Optimization Toolbox™

Stateflow®

R2019b

軌道計画 RRT



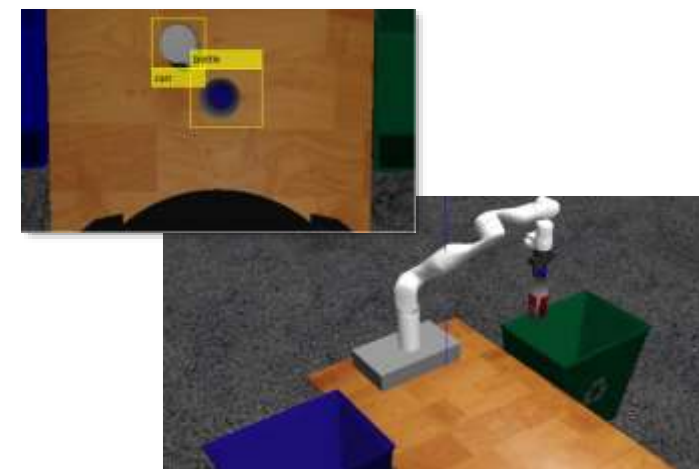
[Motion Planning with RRT
for a Robot Manipulator](#)

Robotics System Toolbox™

Navigation Toolbox™

R2020a

ROS / Gazebo連携



[Pick-and-Place Workflow in
Gazebo using ROS](#)

Robotics System Toolbox™

Computer Vision Toolbox™

Deep Learning Toolbox™

ROS Toolbox

R2020a

本セミナーのアジェンダ

自律型ロボットアームの開発・導入に使える製品機能の概要

- 自律動作アルゴリズムを構成する各要素と関連例題

実践にむけたモデル構築デモンストレーション

- ロボットアームモデルの構築から軌道計画まで

Simscape Multibody™ Robotics System Toolbox™

- 自律化にむけたReinforcement Learning Toolboxの適用

Reinforcement Learning Toolbox™

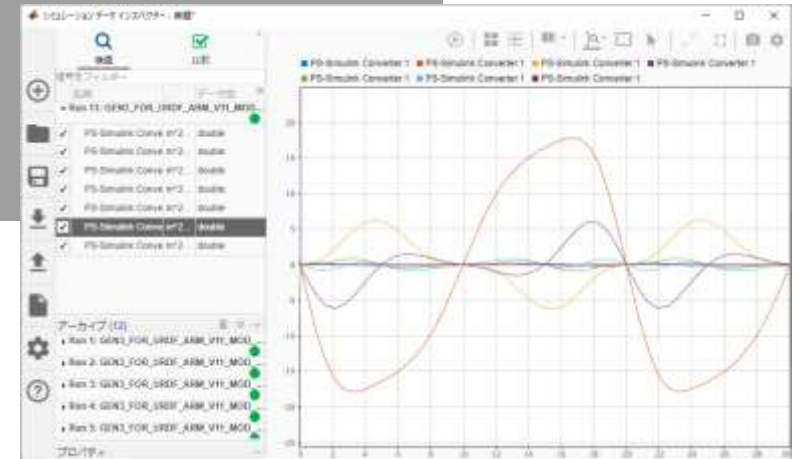
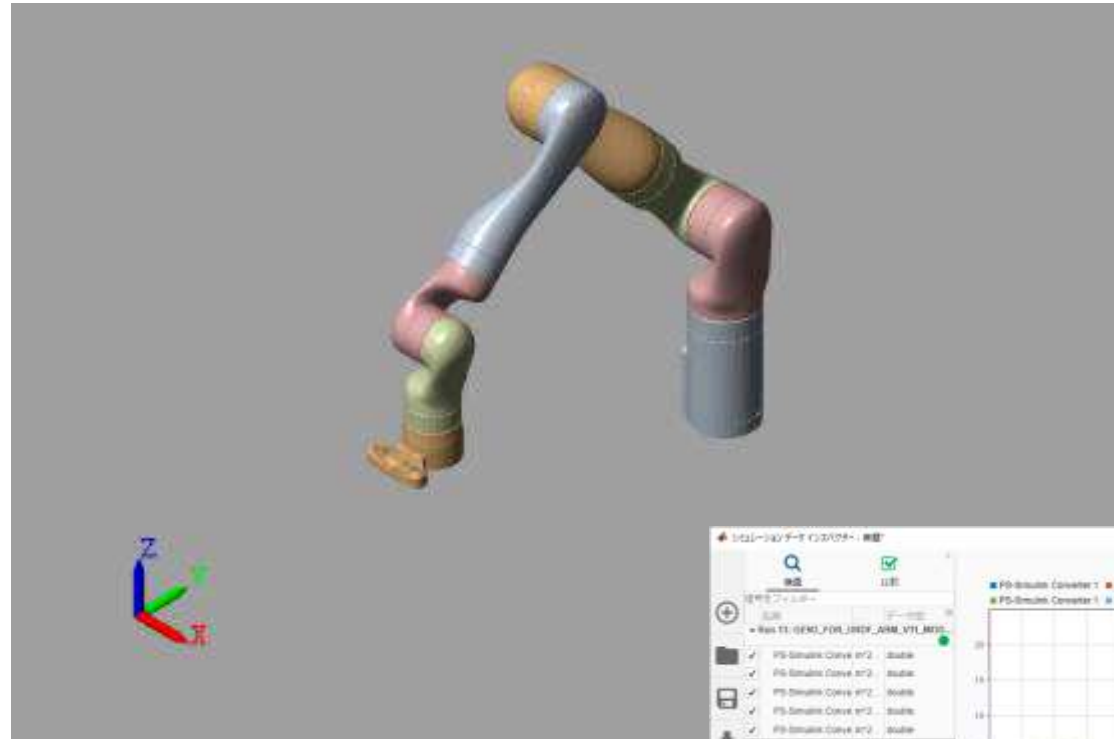
ロボットアームモデルの構築から軌道計画まで



動力学モデル



逆運動学計算
軌道計画

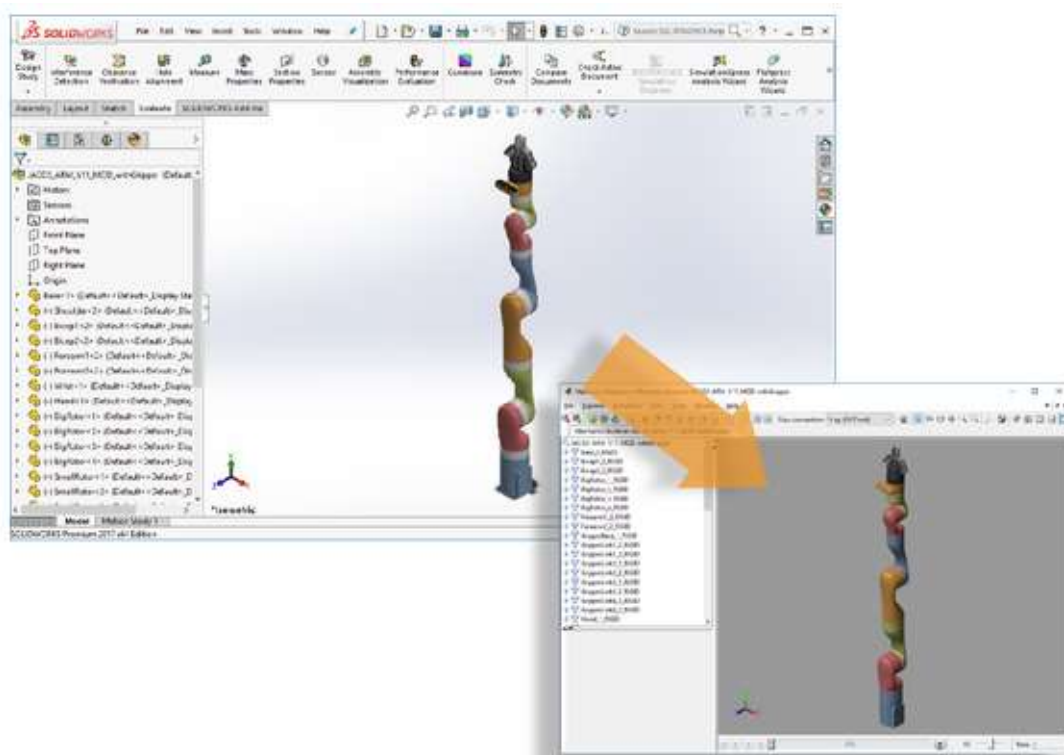


ロボットアームの各種検討に必要な基本環境

ロボットモデルの動力学解析

Simscape Multibody™

アセンブリインポート対応CADで拘束が定義された状態



Simscape Multibody™

運動学、動力学など
マルチボディシミュレーションを実現

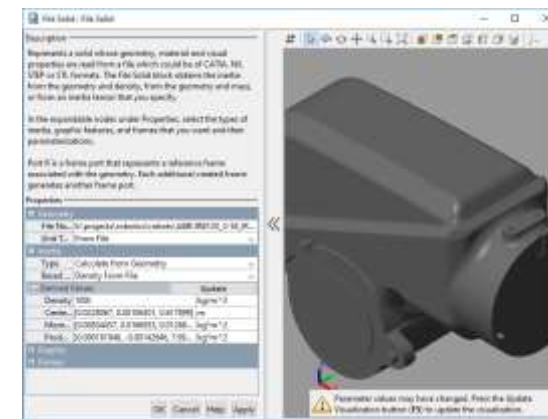
アクチュエータ・制御など並行開発を実現

拘束を含むアセンブリ単位でのインポート

- SolidWorks
- Autodesk Inventor®
- PTC® Creo™(Pro/ENGINEER®)
- Onshape®

partファイル単位でのインポート

- CATIA V4,V5,V6
- Siemens NX
- SolidEdge
- SolidWorks
- JT
- Inventor
- ProE/Creo
- Parasolid
- ACIS



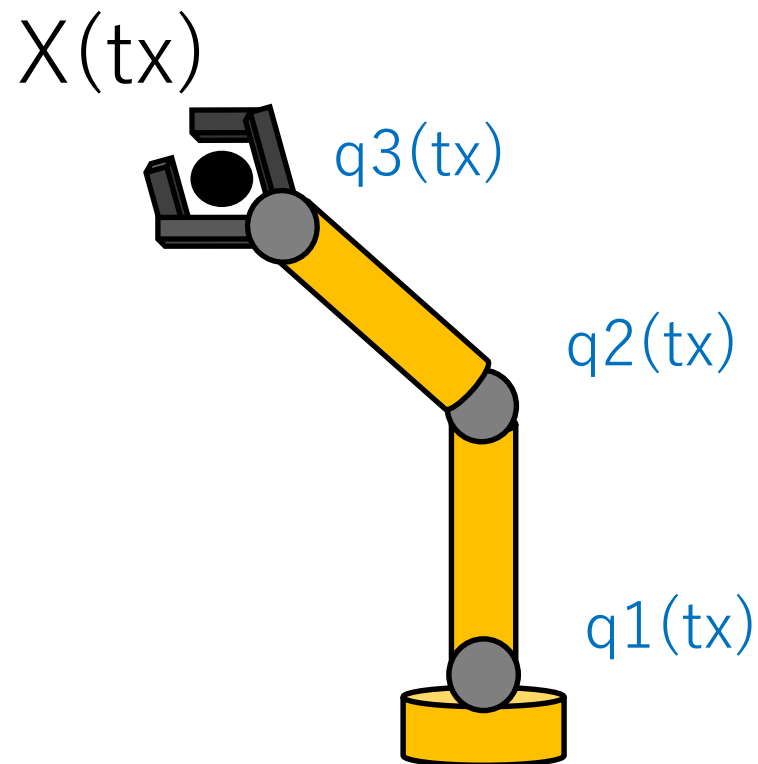
パラレルリンク機構の解析に対応



逆運動学および経路計画

逆運動学

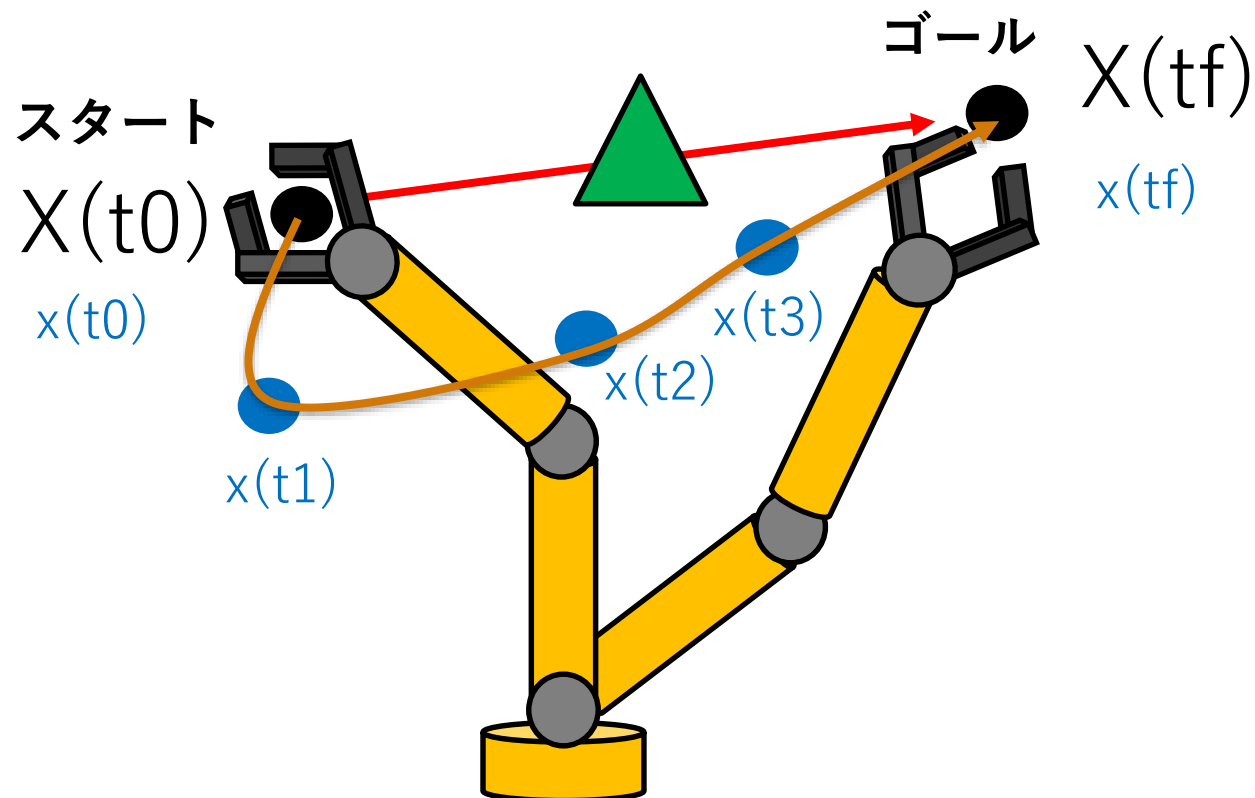
先端位置 X および q を得るための各関節角を求める



解析的に数式で解く
最適化で数値解を求める

経路計画

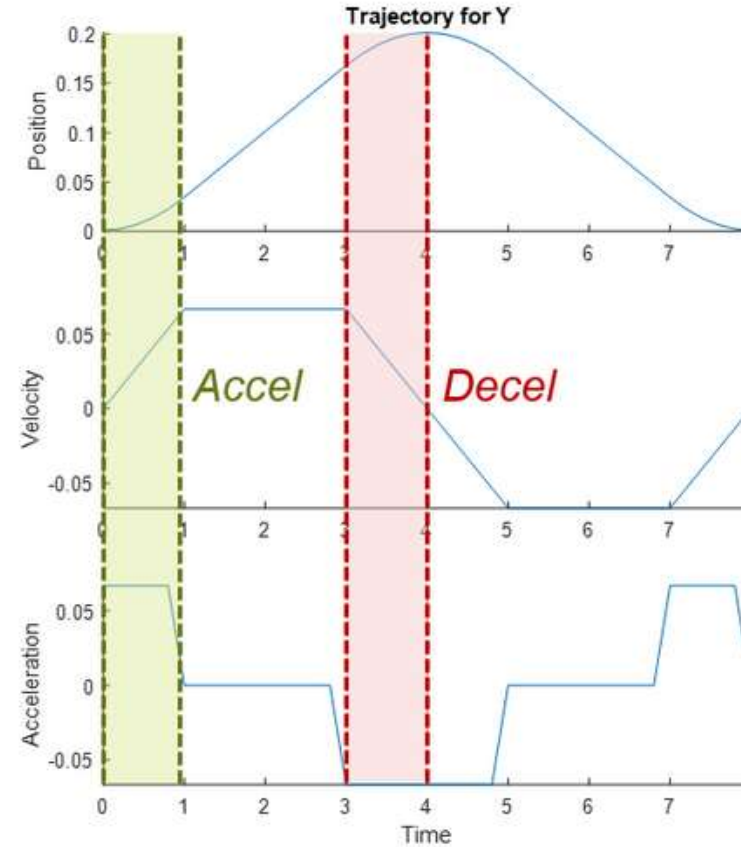
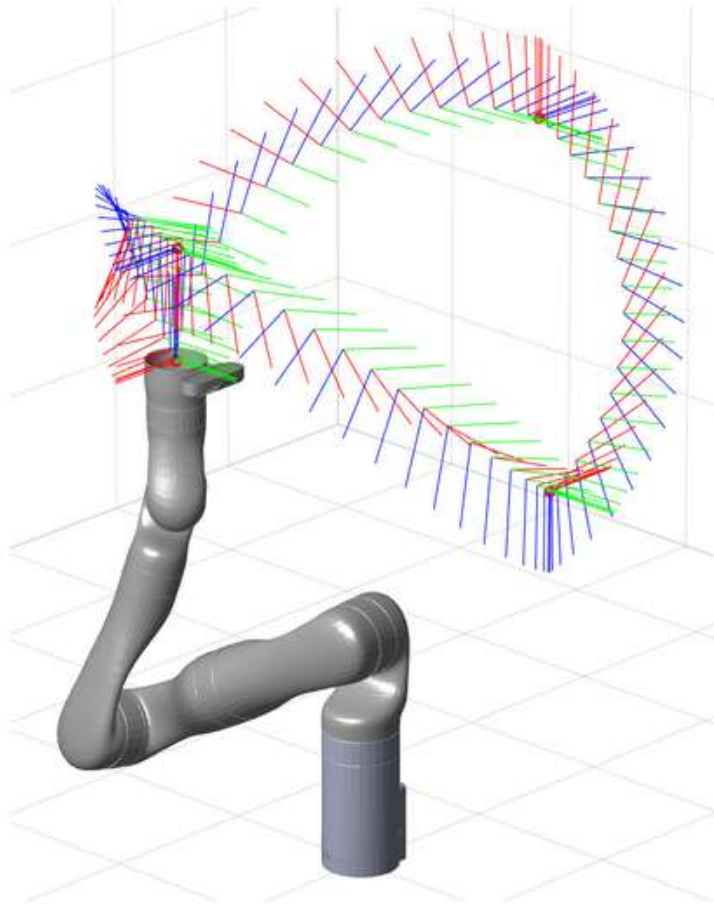
経由すべき先端位置の座標と向きを求める



オフラインティーチング
各種探索アルゴリズム

軌道計画

先端位置の時間変化を考慮した軌道を求める

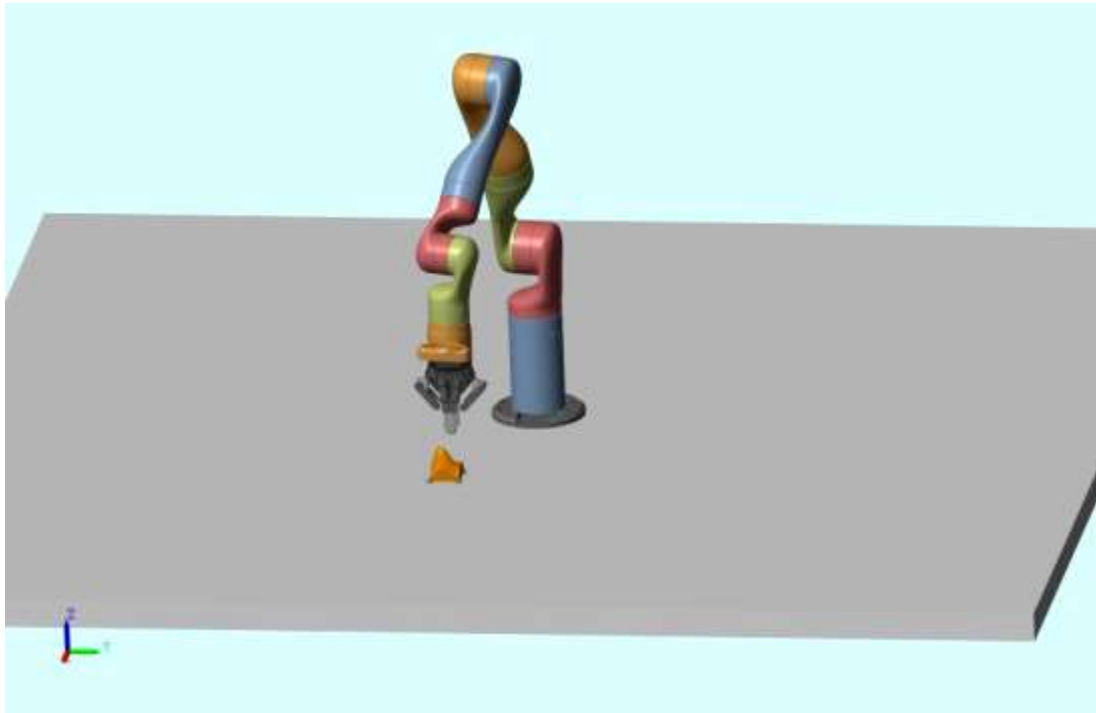


3次、5次スプラインや形状維持(pchip)など

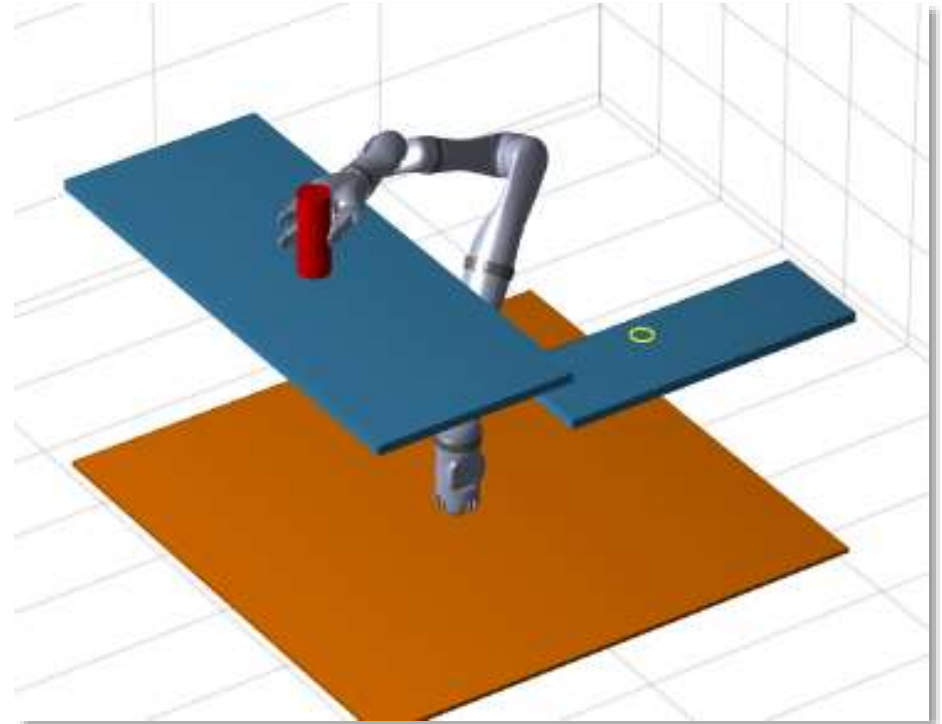
https://jp.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/71130-trajectory-planning-for-robot-manipulators?s_tid=LandingPageTabfx

基本環境をベースとしてその先に

接触ライブラリを用いた
pick & placeシミュレーション



障害物回避軌道の生成と
ダイナミクス同時考慮



本セミナーのアジェンダ

自律型ロボットアームの開発・導入に使える製品機能の概要

- 自律動作アルゴリズムを構成する各要素と関連例題

実践にむけたモデル構築デモンストレーション

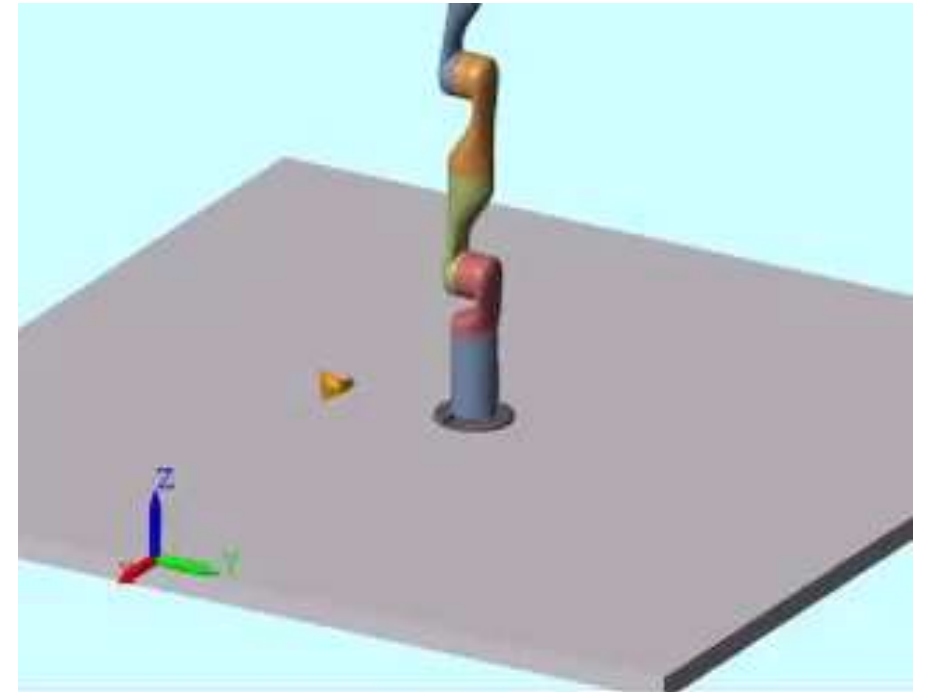
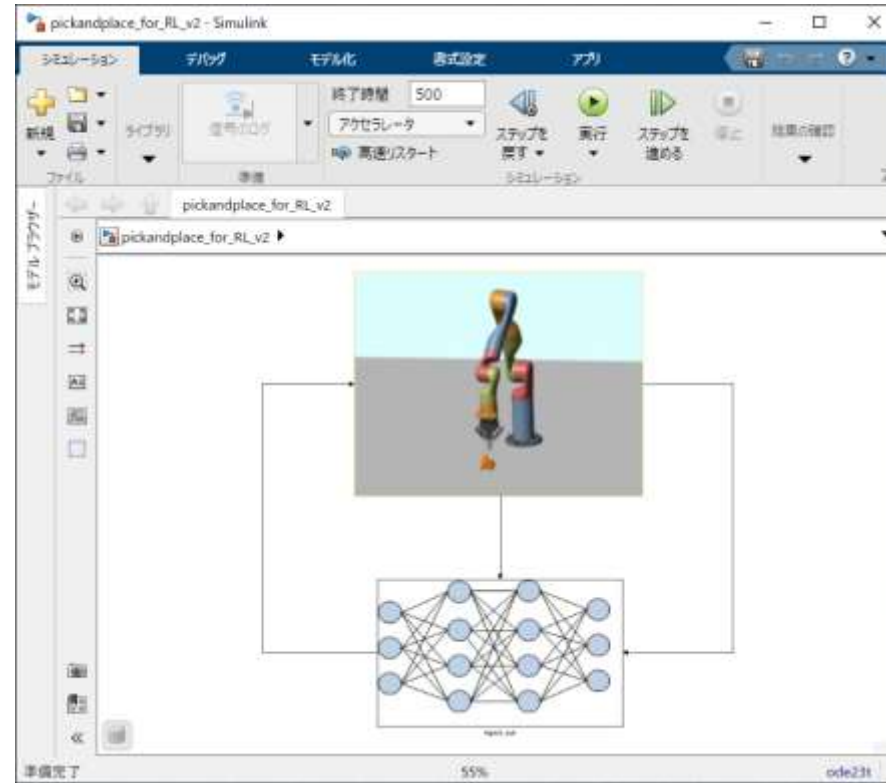
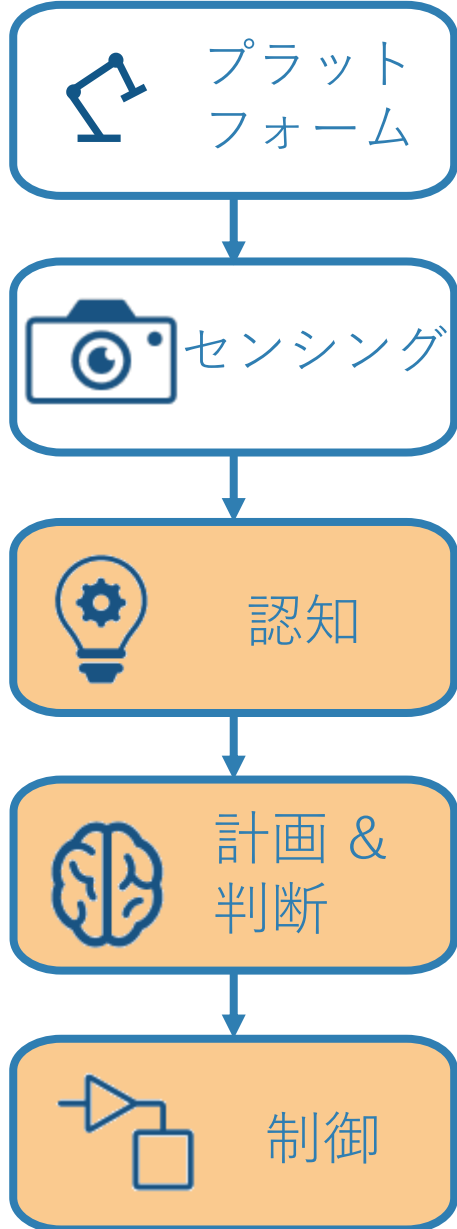
- ロボットアームモデルの構築から軌道計画まで

Simscape Multibody™ Robotics System Toolbox™

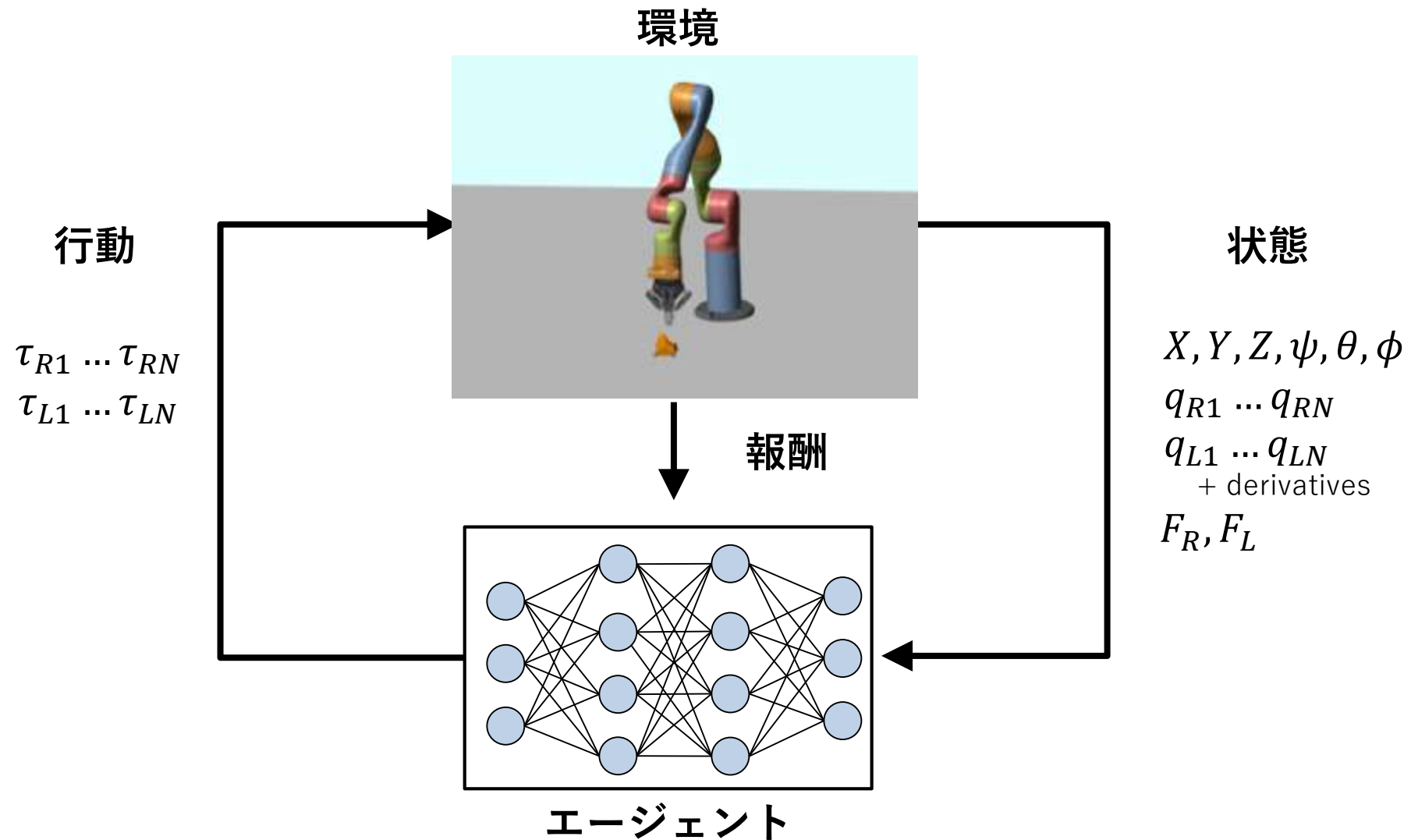
- 自律化にむけたReinforcement Learning Toolboxの適用

Reinforcement Learning Toolbox™

自律化にむけたReinforcement Learning Toolboxの適用

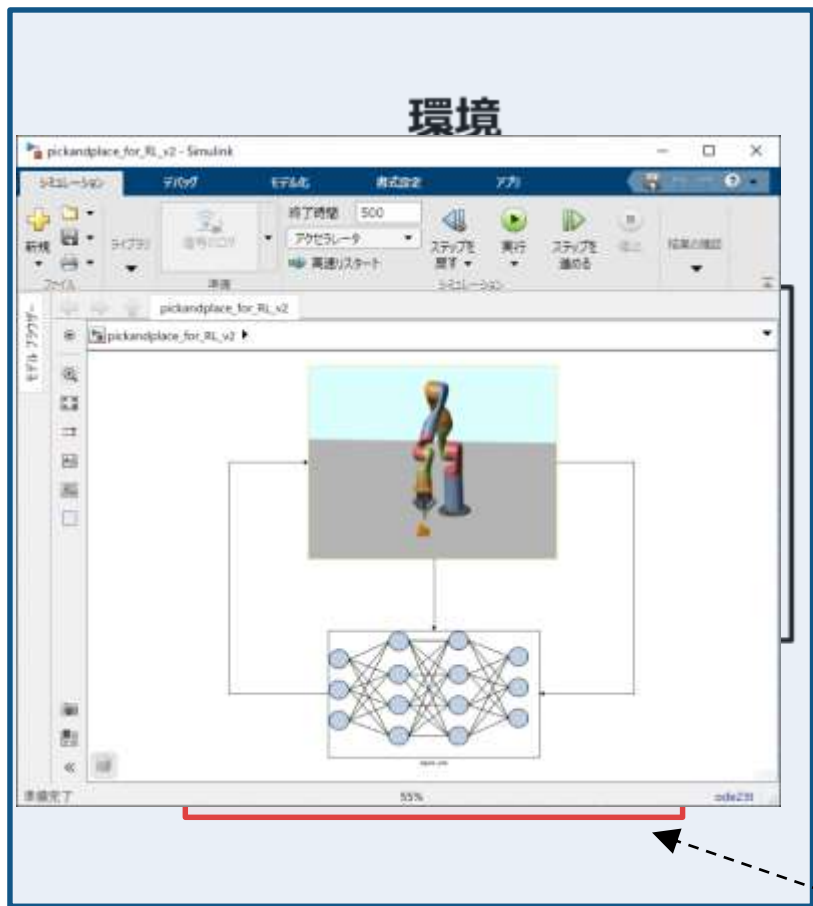


強化学習の基本構成要素



報酬を最大化するための行動を徐々に学習

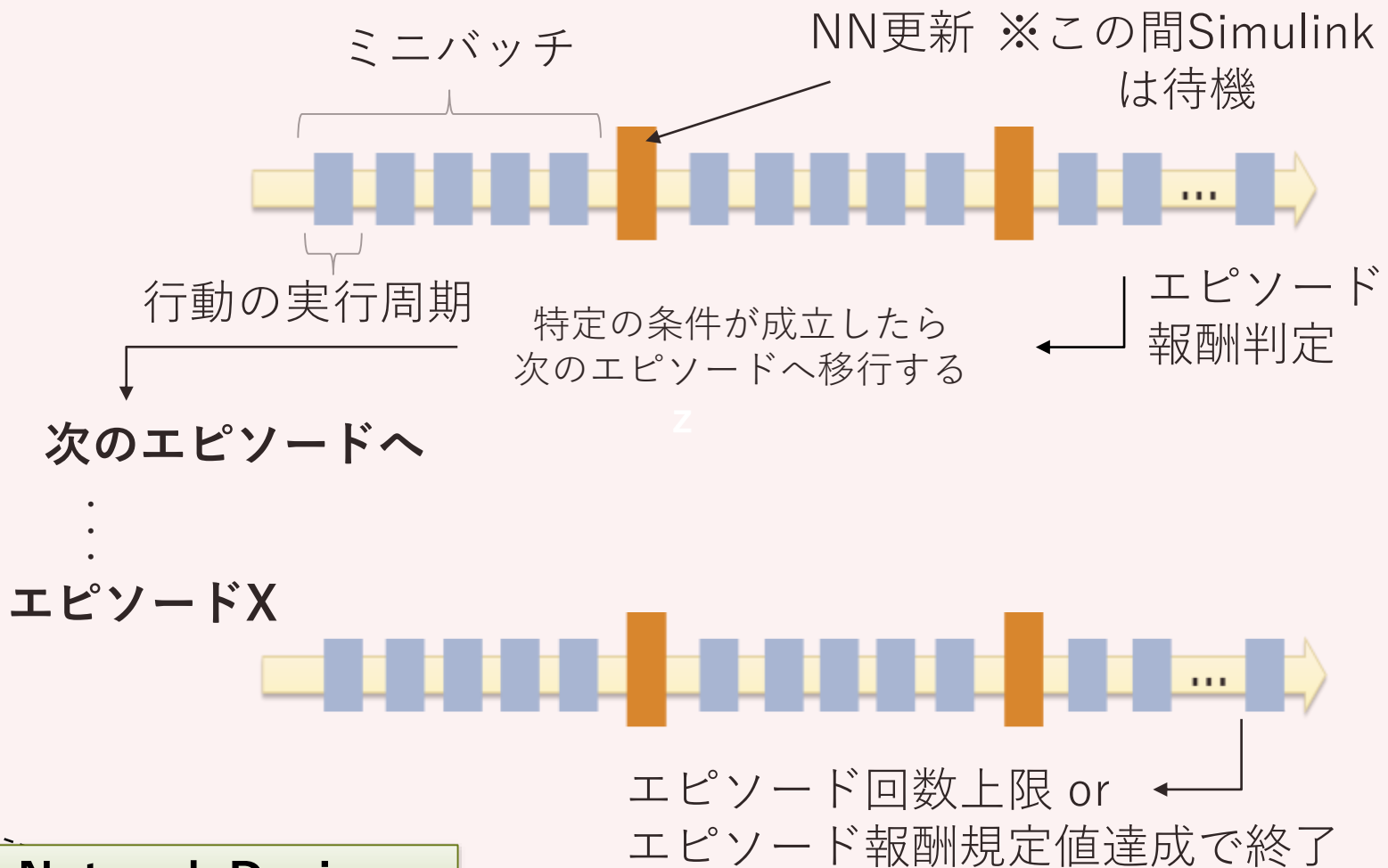
強化学習：学習ステップ概念図(Simulink環境を利用する場合)



Simulinkで実装

Deep Network Designer

エピソード1：Simulink実行1回に相当



MATLAB スクリプトで実装

強化学習：例題MATLAB スクリプトを参考に

入出力(行動/状態)の定義

入出力とモデルの関連付け

強化学習アルゴリズムと
NNの定義

入出力とNNの関連付け

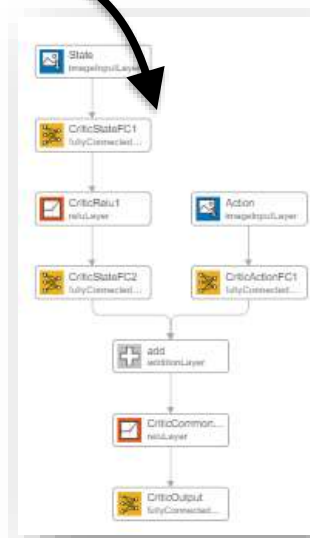
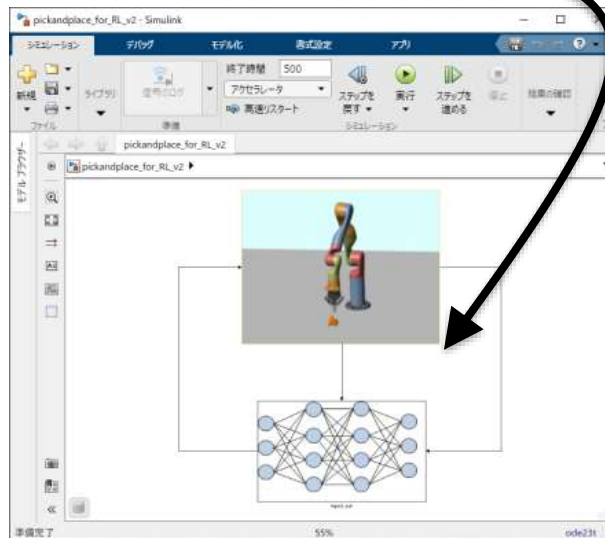
学習過程に関する
パラメータの設定

終了条件などの諸定義

トレーニング開始

```
obsInfo = rlNumericSpec([3 1],...
    'LowerLimit',[-pi -pi -pi ]',...
    'UpperLimit',[ pi pi pi]');
obsInfo.Name = 'observations';
obsInfo.Description = 'integrated error, error, and measured height';
numObservations = obsInfo.Dimension(1);

actInfo = rlNumericSpec([1 1], 'LowerLimit', -pi/4, 'UpperLimit', pi/4);
actInfo.Name = 'flow';
numActions = actInfo.Dimension(1);
```



例題スクリプトをベースに必要な項目をカスタマイズ

本セミナーのアジェンダ

自律型ロボットアームの開発・導入に使える製品機能の概要

- 自律動作アルゴリズムを構成する各要素と関連例題

実践にむけたモデル構築デモンストレーション

- ロボットアームモデルの構築から軌道計画まで

Simscape Multibody™ Robotics System Toolbox™

- 自律化にむけたReinforcement Learning Toolboxの適用

Reinforcement Learning Toolbox™



Accelerating the pace of engineering and science

© 2020 The MathWorks, Inc. MATLAB and Simulink are registered trademarks of The MathWorks, Inc. See www.mathworks.com/trademarks for a list of additional trademarks. Other product or brand names may be trademarks or registered trademarks of their respective holders.