MATLAB EXPO 2018

モデルベースデザインではじめる 自律型アームロボットの開発・導入

アプリケーションエンジニアリング部 小林 昇洋





本セッションでお伝えしたいこと

自律ロボットシステムの開発のキーポイント:

- 1. マルチドメインシミュレーション
- 2. 複雑な開発要素をトータルでサポートする開発環境
- 3. モデルベースデザイン



自律ロボットシステムの開発における課題

複数専門領域にまたがる開発

アルゴリズムの複雑さ

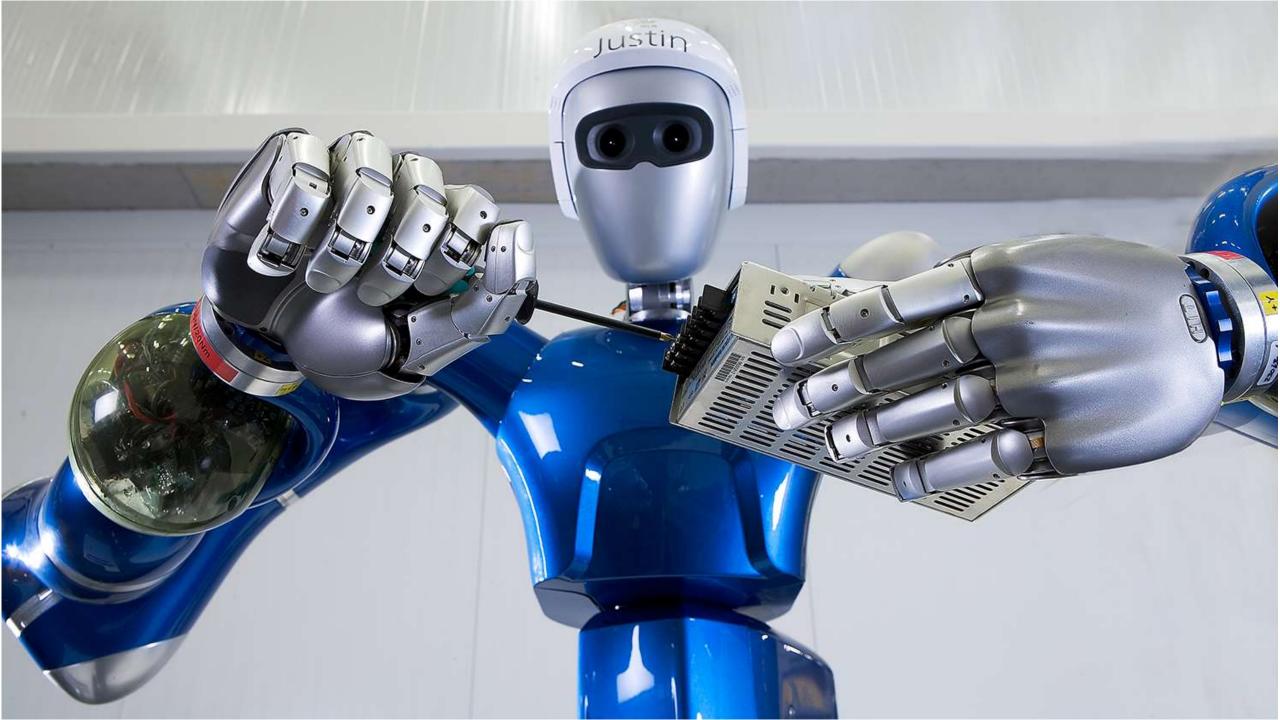
最新技術の製品への適用

システムの安定性と高度技術の両立

IPの保護



具体的には・・・







モデルベースデザインによる人型の自律ロボットの開発 German Aerospace Center (DLR) Robotics and Mechatronics Center

課題

2アーム53自由度のモバイル人型ロボットの制御システムの開発

解決策

MATLAB/Simulinkを用いたモデルベースデザイン

- ・机上シミュレーションの実現
- ・コード生成機能を以下用途で活用 リアルタイムテスト: Hardware in the Loop アルゴリズム開発: リアルタイム制御、軌道最適化、 センサの自動キャリブレーション

結果

- ・ソフトウェアバグの排除
- ・複雑なアルゴリズムの実装を数時間で実現
- ・アドバンストな制御開発を学生でも開発可能にした

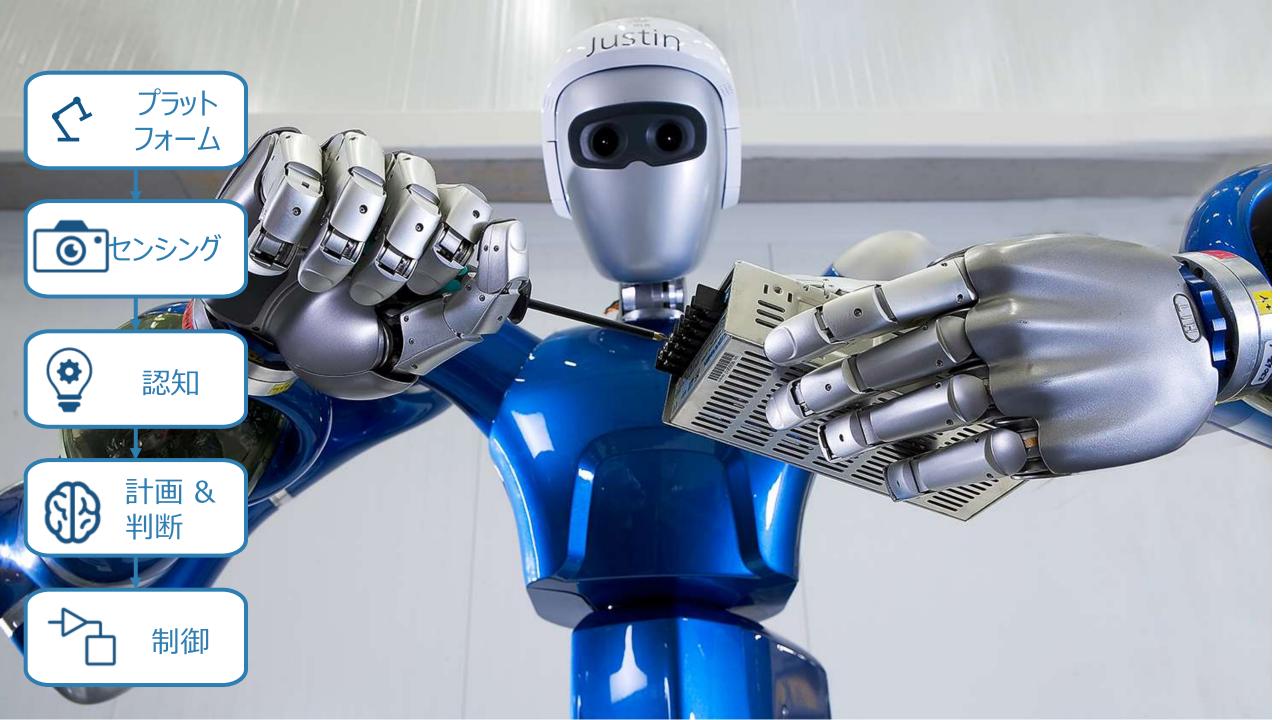


DLR's humanoid robot Agile Justin autonomously performing a complex construction task.

"Model-Based Design and automatic code generation enable us to cope with the complexity of Agile Justin's 53 degrees of freedom. Without Model-Based Design it would have been impossible to build the controllers for such a complex robotic system with hard real-time performance."

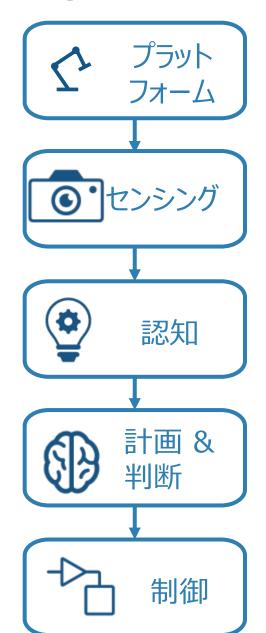
Berthold Bäuml

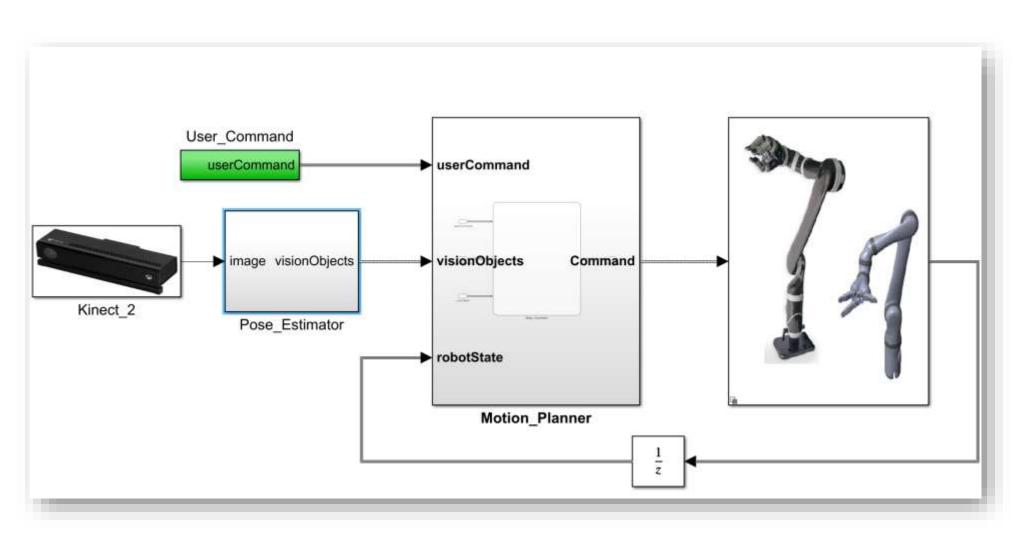
DLR

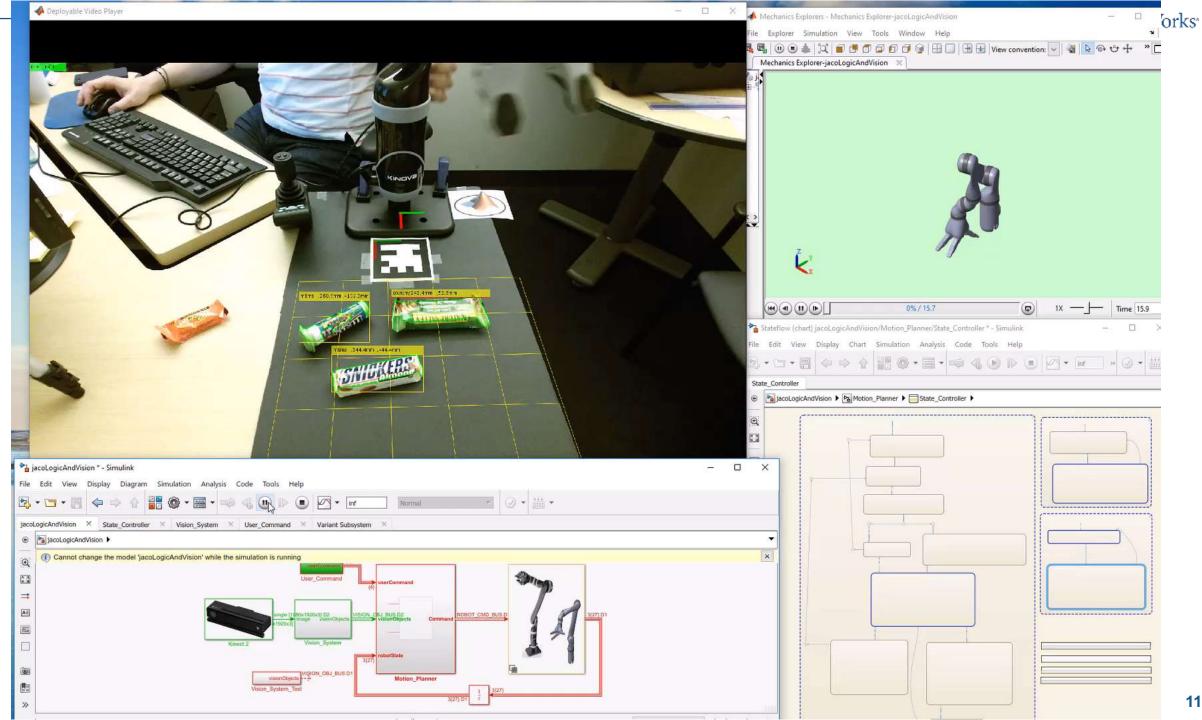




本日はPick and Placeシステムを取り上げます

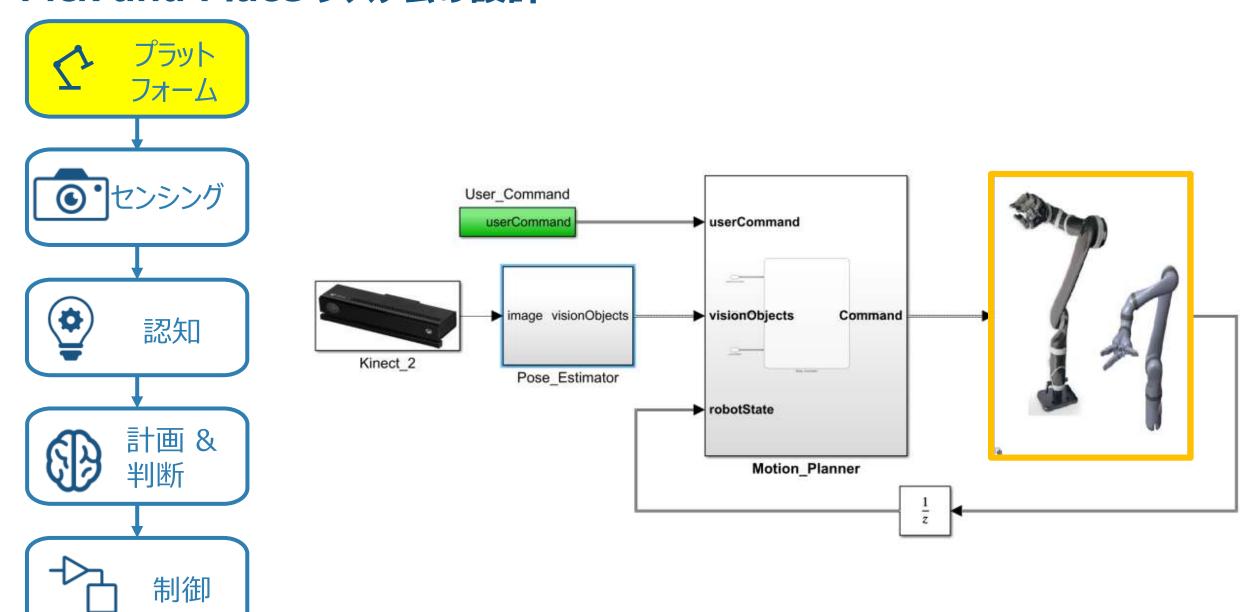








Pick and Place システムの設計





プラットフォームの設計

対象とするシステムの設計に使いやすいモデルの構築

メカニクス

アクチュエータ

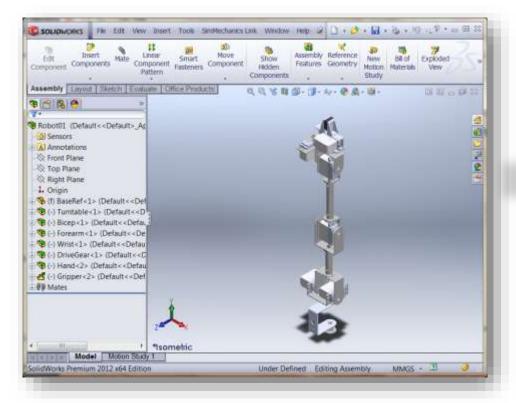
環境

システムとしての振る舞いを検証可能にするマルチドメインシミュレーション

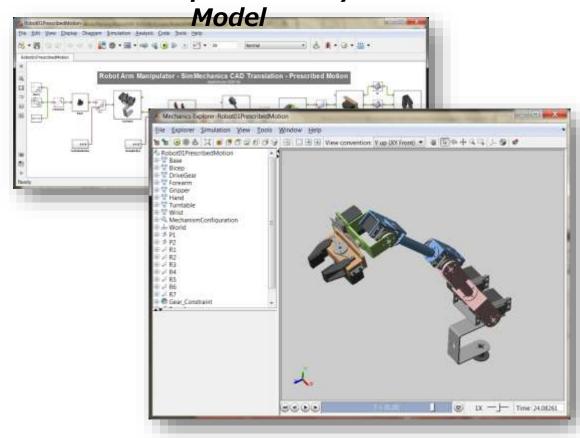


メカニクス: CAD toolからのインポートによる構築

SolidWorks Model

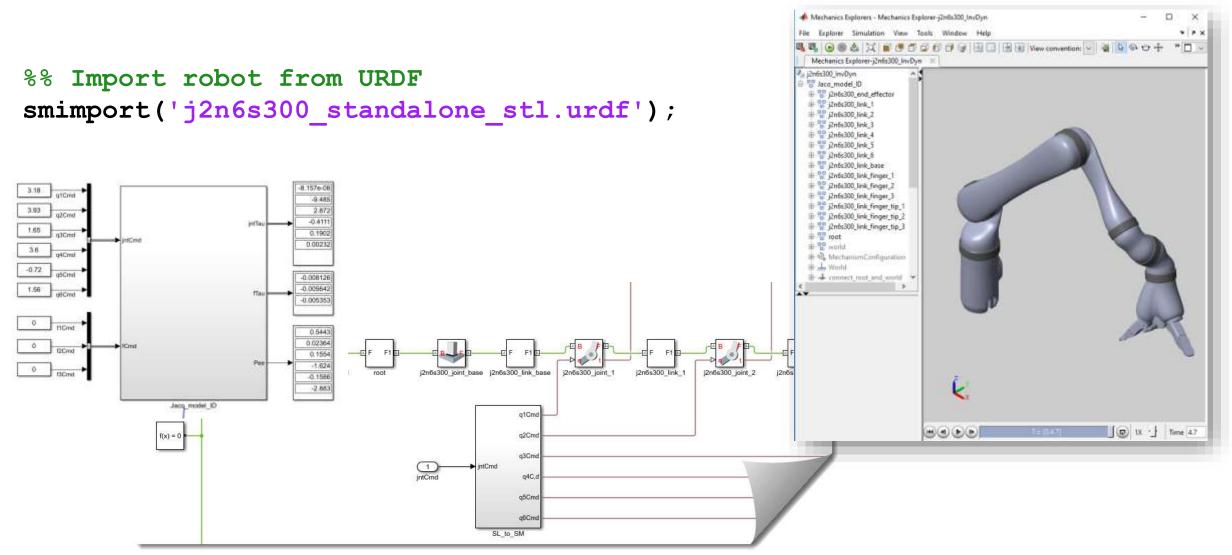


Simscape Multibody





メカニクス: URDFからのインポート





剛体リンク機構のダイナミクス

剛体リンク機構のダイナミクスを計算

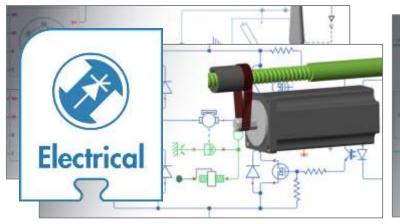
- 対応する計算アルゴリズム等
 - Forward dynamics
 - Inverse dynamics
 - Mass matrix
 - Inertia matrix
 - Velocity product
 - Gravity torque
 - Center of mass position and Jacobian

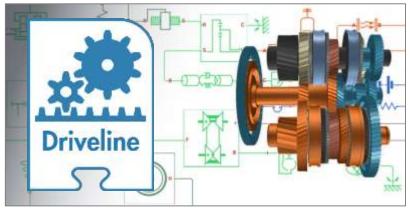
- » load exampleRobots.mat
- » lbr.DataFormat = 'column';
- » q = lbr.randomConfiguration;
- \Rightarrow tau = inverseDynamics(lbr, [0 0 0 0 0 0]', [0 0 0 0 0 0]', q);



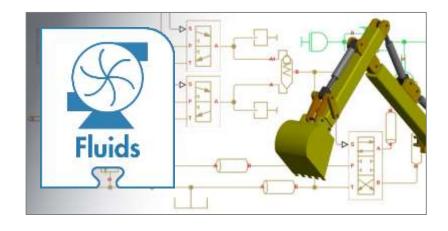


アクチュエータ: メカ以外のドメインを含むシステムシミュレーション





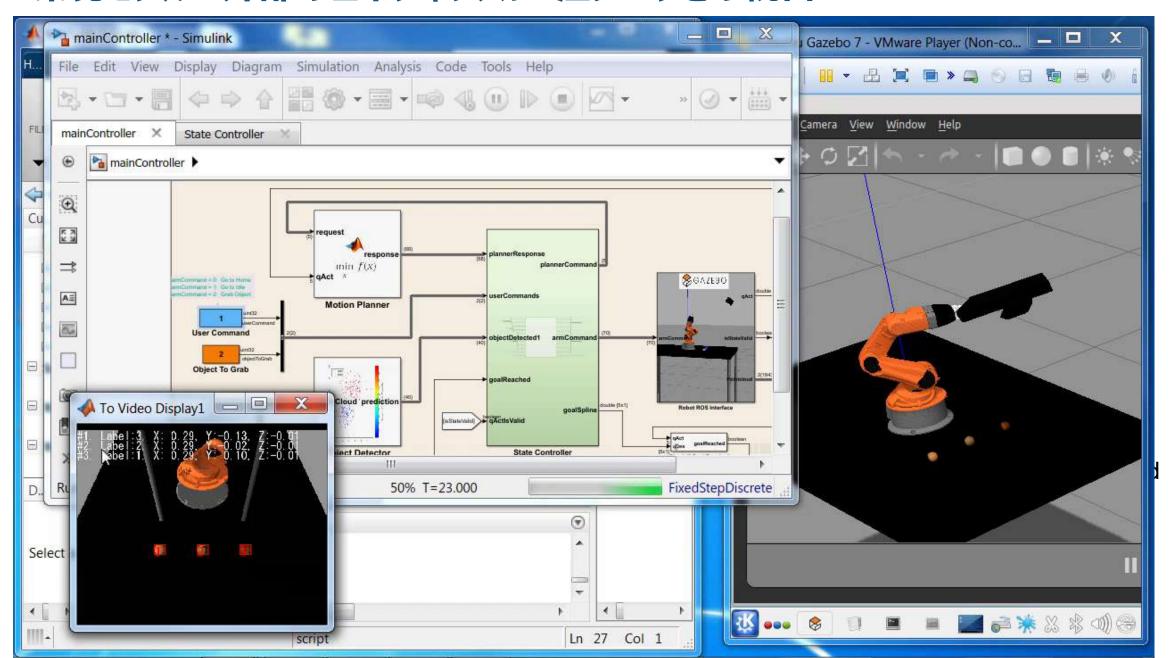






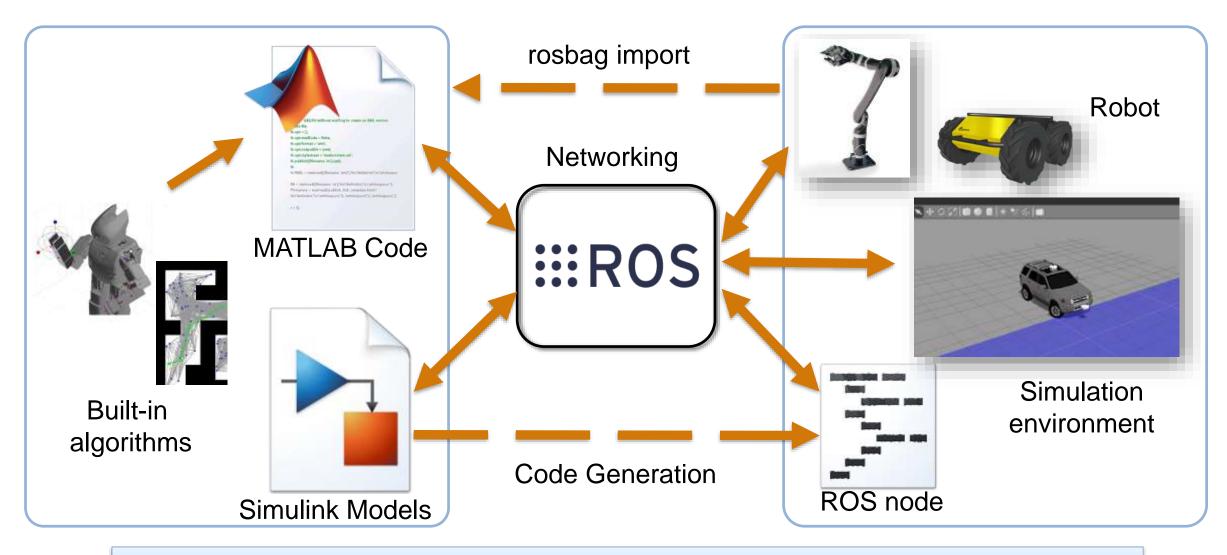


環境モデル:外部のロボティクスシミュレータとの統合





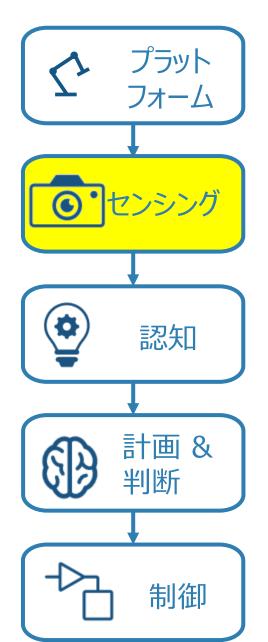
環境モデル: MATLAB と Simulink を ROS に接続

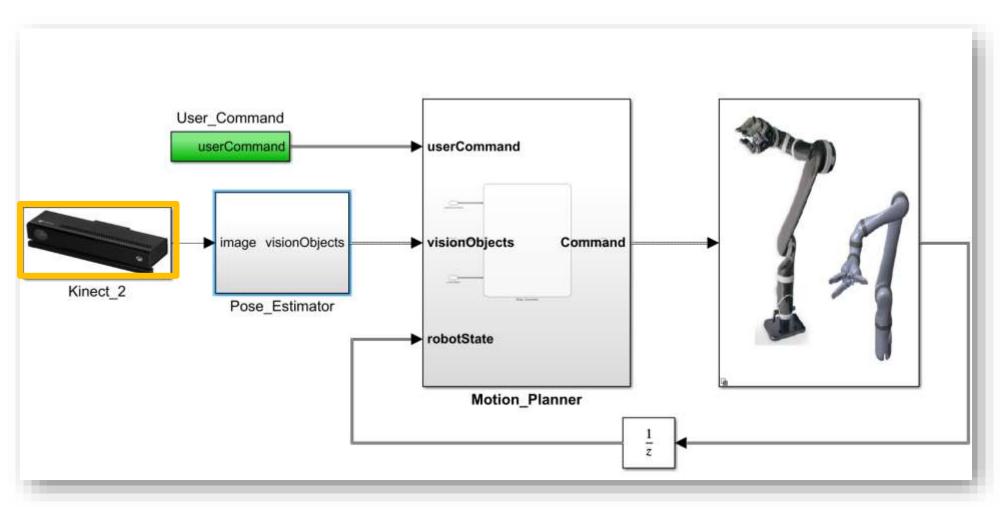


ハードウェアから外部シミュレータまでの複合領域の連携サポート

◆ MathWorks^{*}

Pick and Place システムの設計

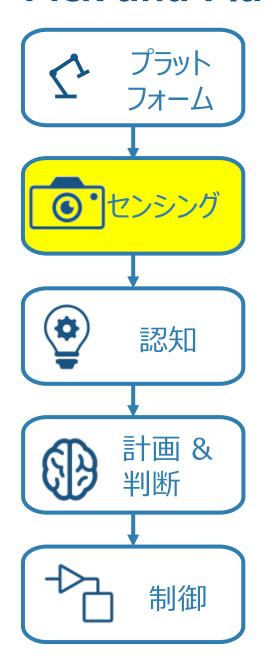




Demo

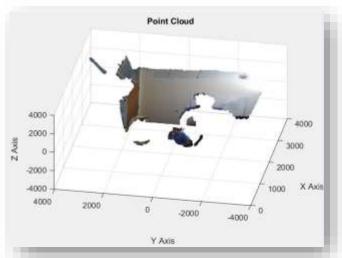


Pick and Place システムの設計



- 標準的なセンサーのサポート
- 画像解析
- Apps
- ・ 画像の強調
- ・ ポイントクラウドの可視化

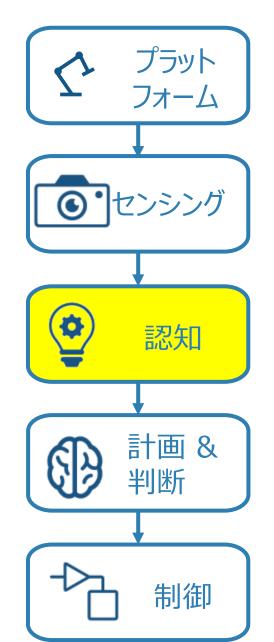


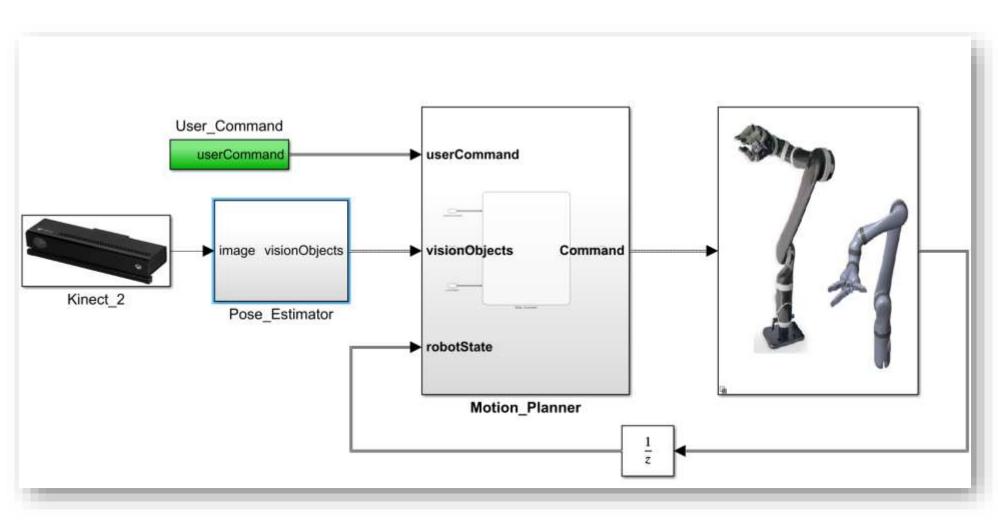






Pick and Place システムの設計

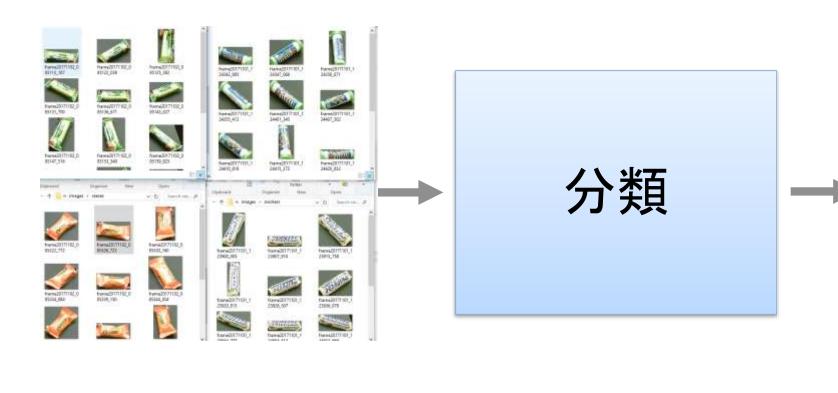




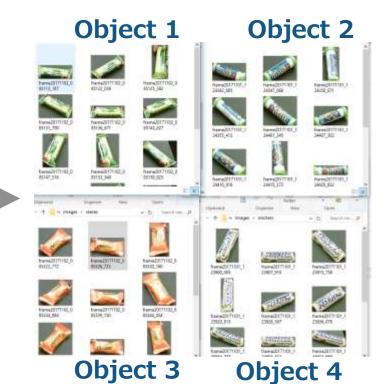


オブジェクトの分類 と 姿勢の推定

画像



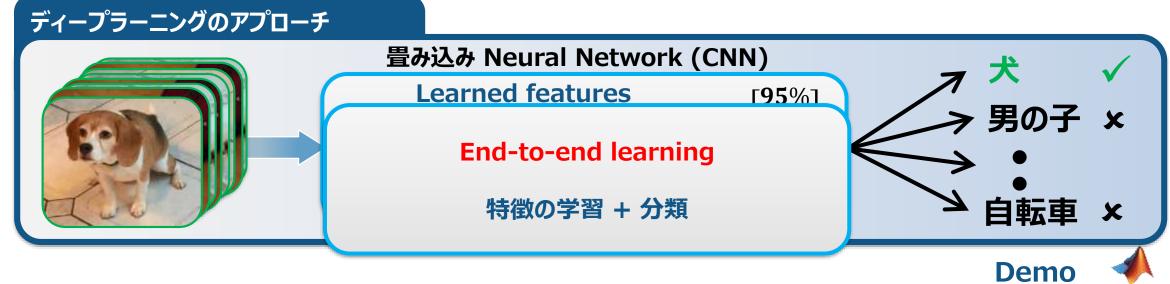
分類&推定姿勢のラベリング





MATLAB を使って機械学習のアルゴリズムも簡単に導入

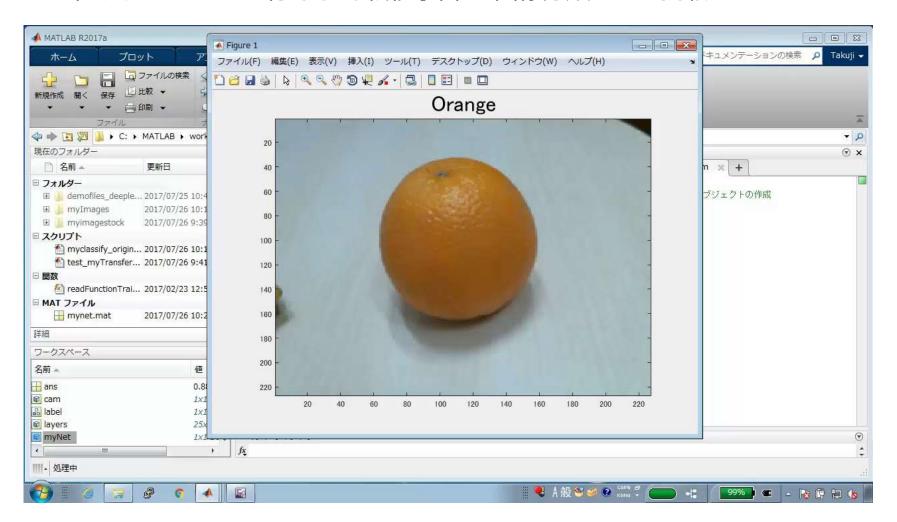






ディープラーニングによる物体認識

ディープラーニング:10行でできる転移学習 ~画像分類タスクに挑戦~



学習した種類:

-オレンジ

-みかん

-グレープフルーツ(ルビー)

-グレープフルーツ(ホワイト)

-レモン

学習画像数:各 20 枚

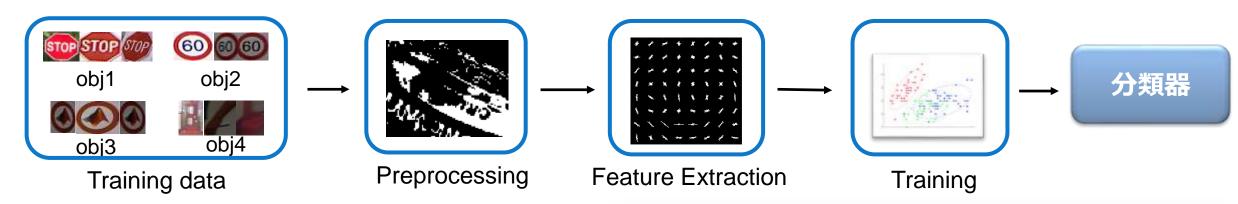
- ●要件を満たすPC&MATLAB環境
- ●学習済みAlexnet
- ●画像セット

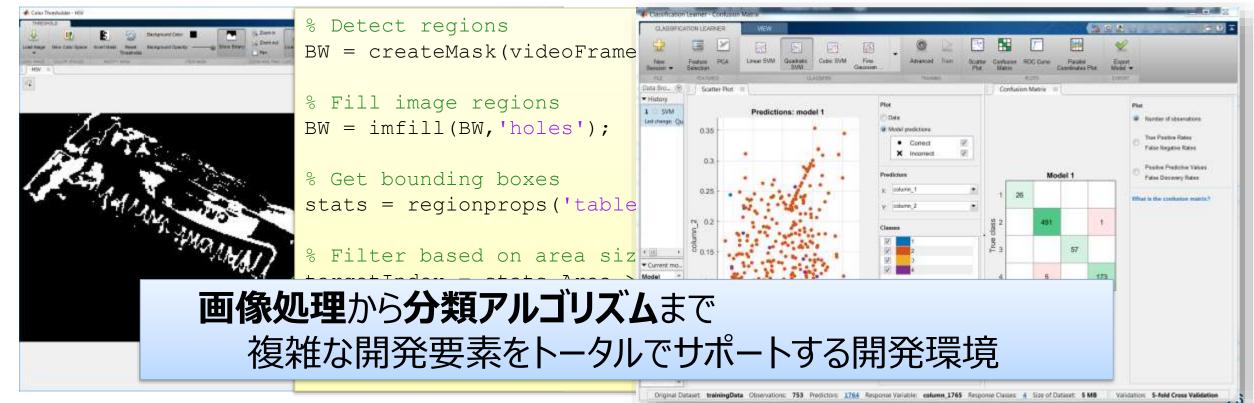
で10行のコーディングで始められます

https://www.mathworks.com/videos/deep-learning-transfer-learning-in-10-lines-of-matlab-code-1503069304524.html



MATLABでトータルワークフローをシンプルに





Deployable Video Player - 0 X orks[,] KINOVE

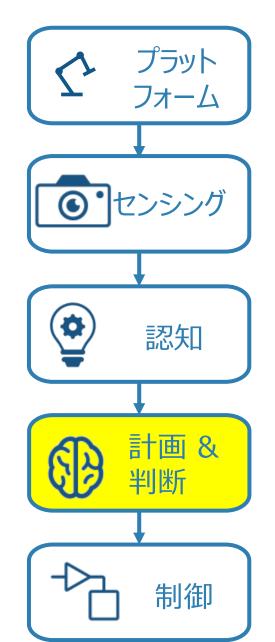
0 0 🗎 🔯 🧑 🗞 🛍 🙏 🔲 🔼

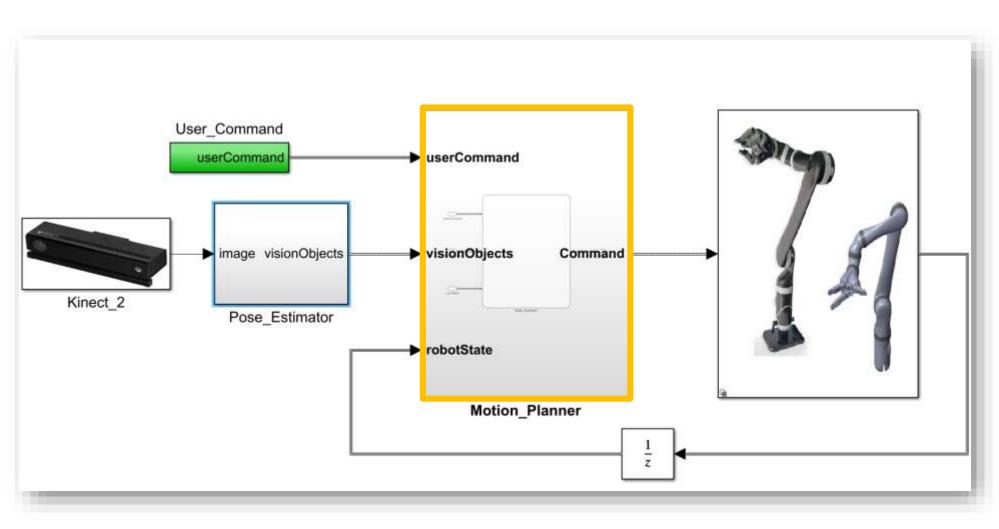
Type here to search

^ 11/2/2017 □ A 11/2/2017

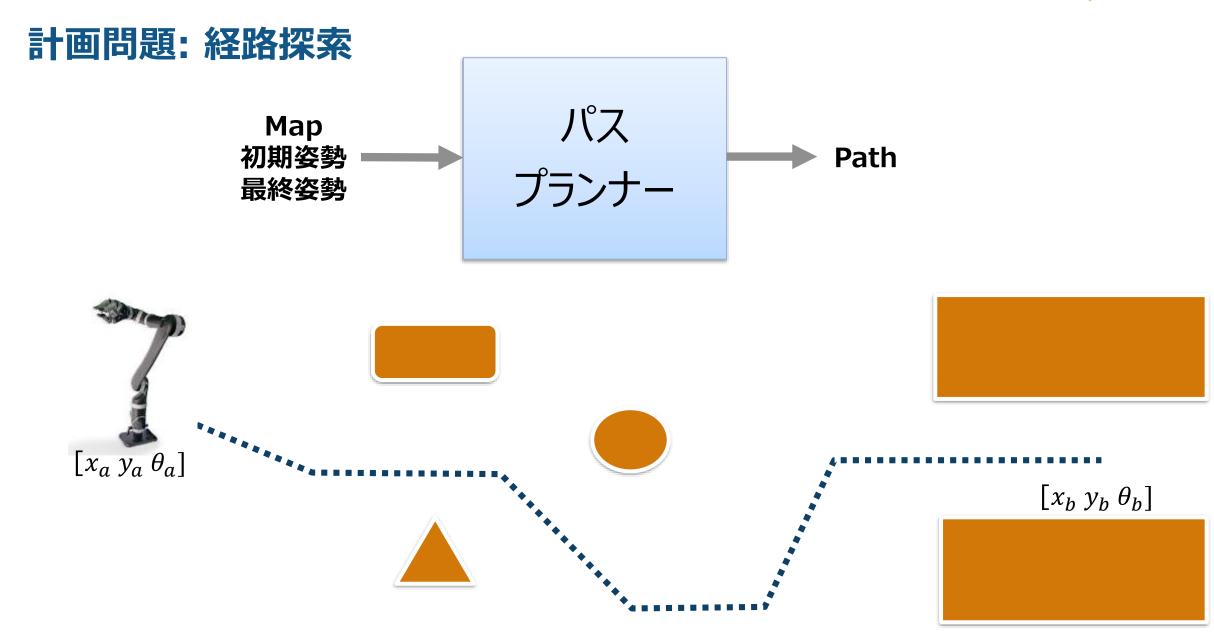


Pick and Place システムの設計



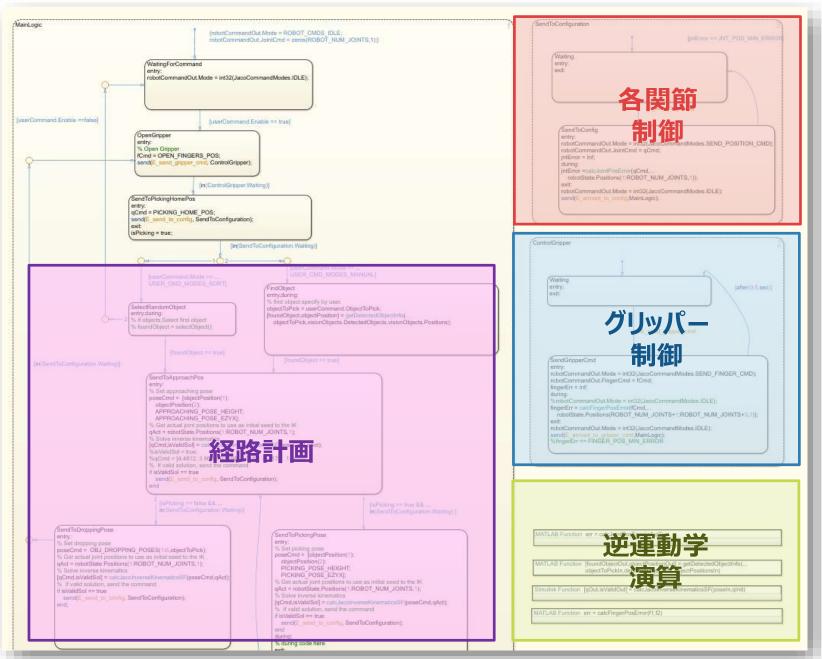






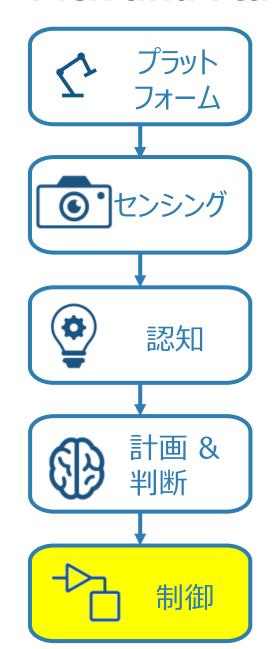


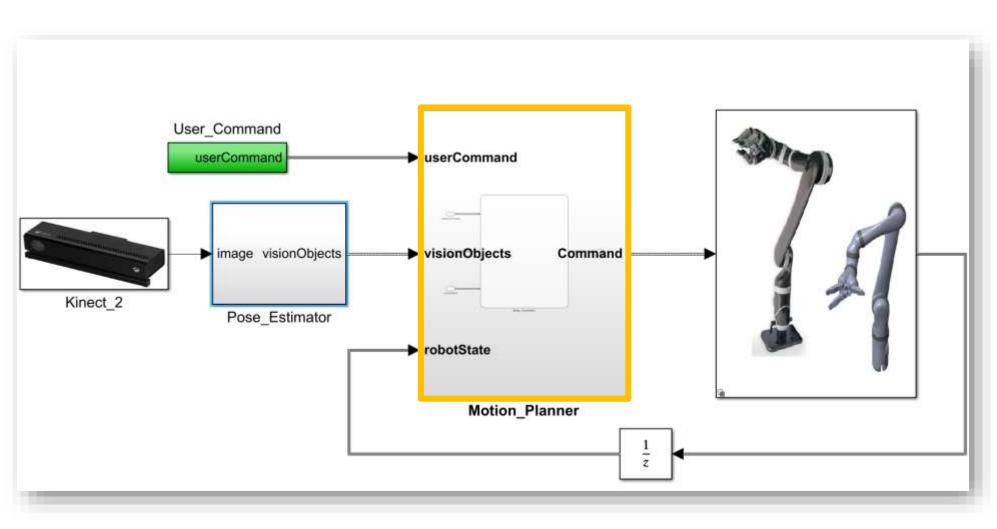
Stateflowによる 行動計画の 視覚的な実装





Pick and Place システムの設計







Demo: 逆運動学ソルバの適用例

```
% Create ik solver object
ik = robotics.InverseKinematics('RigidBodyTree',jaco2n6s300)
% Disable random restarts
ik.SolverParameters.AllowRandomRestart = false;
% Parameters to pass to the solver
weights = [1, 1, 1, 1, 1, 1];
q init = 0.1*ones(numel(q home),1);
```





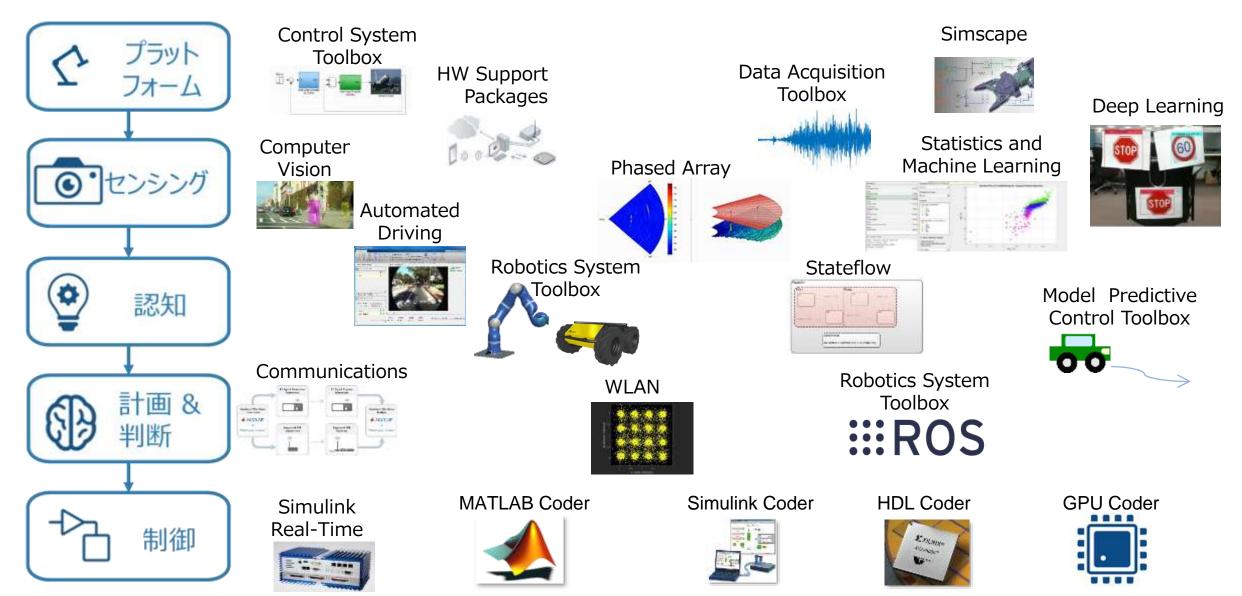
まとめ

自律ロボットシステムの開発のキーポイント:

- 1. マルチドメインシミュレーション
- 2. 複雑な開発要素をトータルでサポートする開発環境
- 3. モデルベースデザイン



自律システム開発を加速化するオプションツール





% Thank you



Preceyes が モデルベースデザインで世界初の 目の手術ロボットの開発を加速

Challenge

人間の目の中の手術用のロボットにおける、リアルタイム制御のアシスト機能の開発

Solution

モデルベースデザインを適用。特にMATLAB/Simulinkによる制御シミュレーションから、リアルタイムの制御実験用に、Simulink Coder および、Simulink Real-timeを活用。

Results

- 制御のコアとなる機能の開発を1名のエンジニアで 実現
- 患者に対する安全性
- 実用化に必要な検証ワークフローのサポート



The PRECEYES Surgical System. Image copyright and courtesy Preceyes.

"MATLAB and Simulink provided a single platform that supported our complete workflow and all the components and protocols we needed for our robotic system. That enabled us to quickly develop a safe, real-time device, ready for clinical investigation." - Maarten Beelen, Preceyes

Link to user story



ペンシルベニア大学の学生が装着型のロボットアームを開発 Cornell Cup コンペにて受賞

Challenge

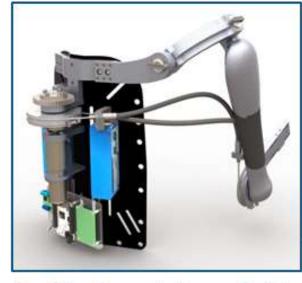
4年生の学生が卒業プロジェクトにて、ワイヤレスの装着型の制御装置を持つロボットアームを開発

Solution

制御のコンセプトの確認、システム動作の確認のため MATLAB/Simulinkによるシミュレーションを活用

Results

- 複数のパラメータにおける試験結果を早期に可視化
- MATLAB/Simulinkを通じた設計スキルの獲得
- Cornell Cup USA および International Design Competitionにて受賞



The Titan Arm robotic exoskeleton.

"MATLAB really helped the design process at the testing stage. It allowed us to quickly try different parameters and visualize the results immediately, without having to wait to post-process the data."

- Nicholas McGill and Nicholas Parrotta, University of Pennsylvania