

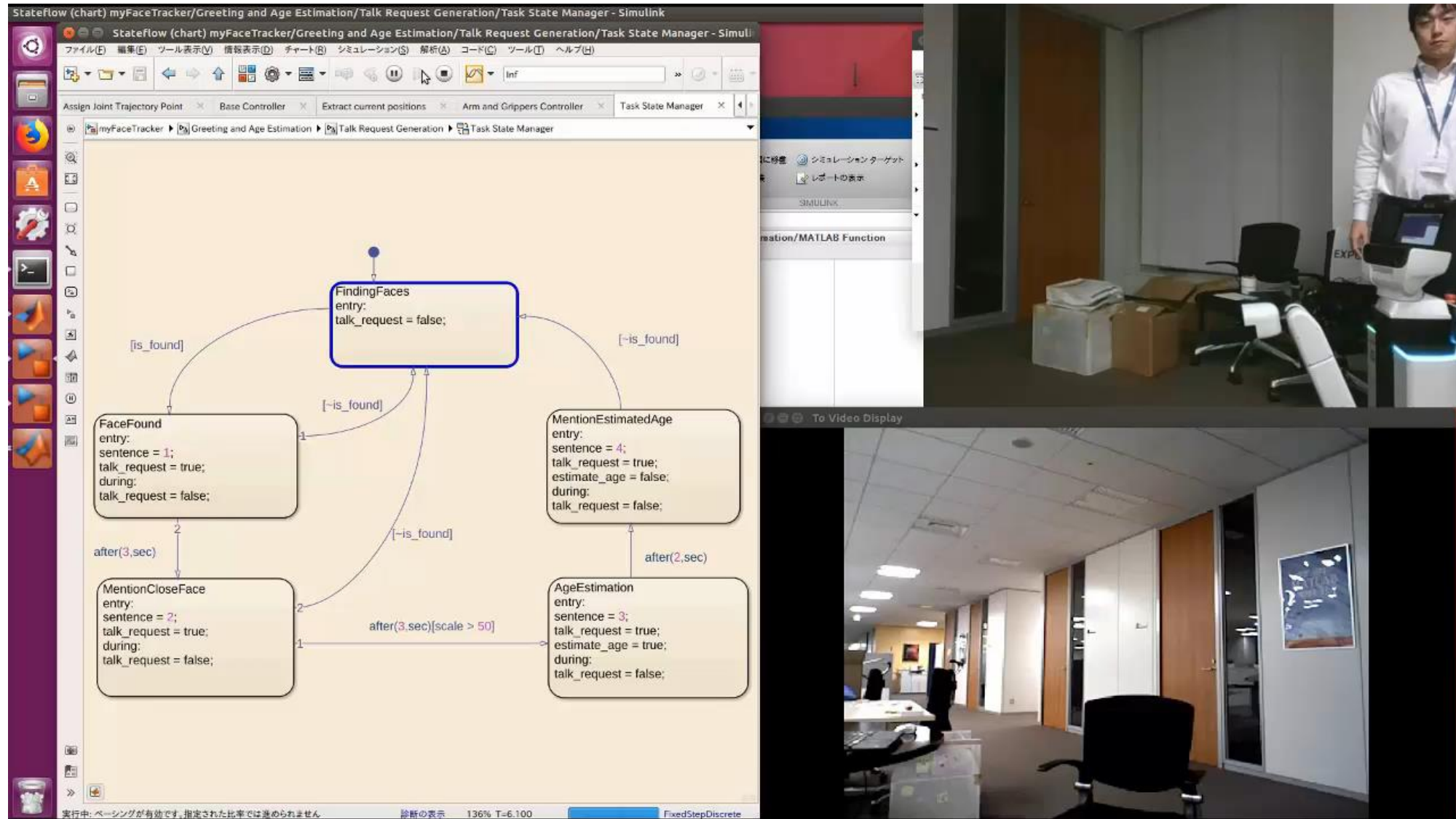
MATLAB EXPO 2018

生活支援ロボットHSR向け
自律動作アプリケーション開発

アプリケーションエンジニアリング部
木川田 亘



実演：HSRによる”あいさつ”アプリケーションの開発



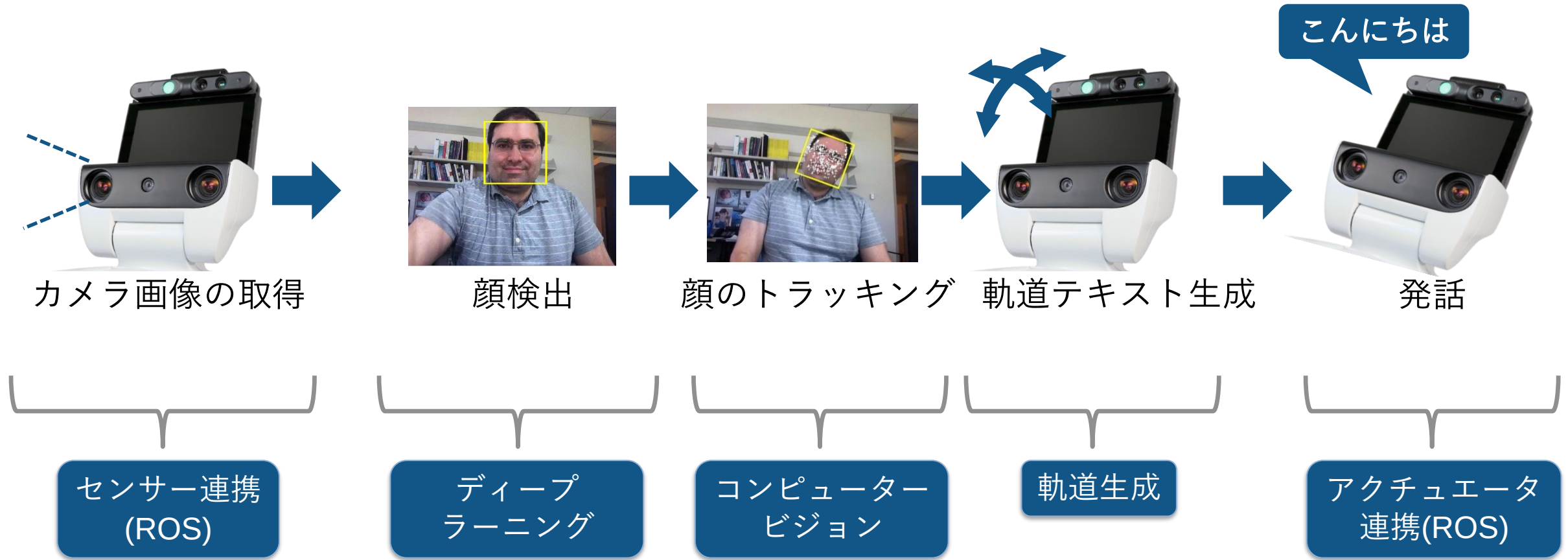
アジェンダ

- 自律ロボット開発におけるMATLAB
- ROSを使ったHSRとの連携ワークフロー
- まとめ

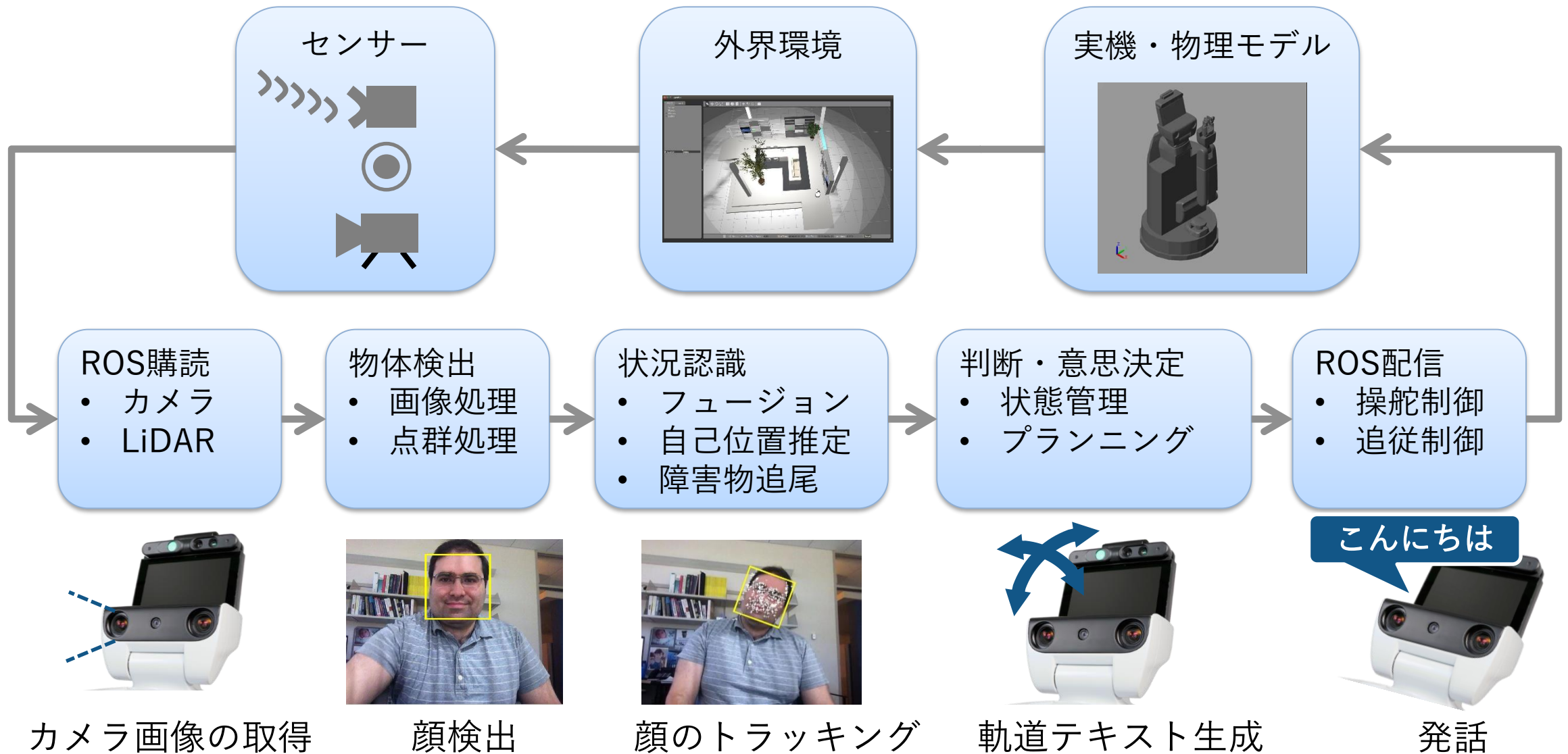
アジェンダ

- 自律ロボット開発におけるMATLAB
- ROSを使ったHSRとの連携ワークフロー
- まとめ

“あいさつ”アプリケーションには複合的な要素が不可欠



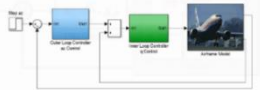
ROSを使ったHSRとの連携ワークフロー



MATLAB/Simulinkが支援する自律ロボットシステム開発

制御

Control System
Toolbox



HW Support
Packages



Data Acquisition
Toolbox



Simscape



Deep Learning



Statistics and
Machine Learning



Model Predictive
Control Toolbox



センシング

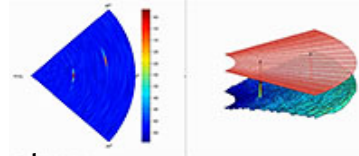
Computer
Vision



Automated
Driving



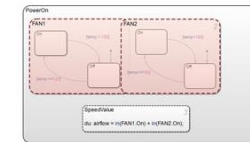
Phased Array



Robotics System
Toolbox



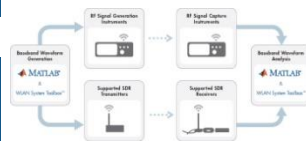
Stateflow



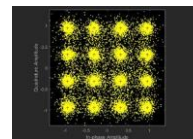
認識

経路計画

Communications



WLAN



Robotics System
Toolbox

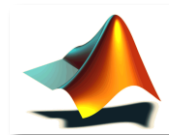
ROS

通信

Simulink
Real-Time



MATLAB Coder



Simulink Coder



HDL Coder



GPU Coder

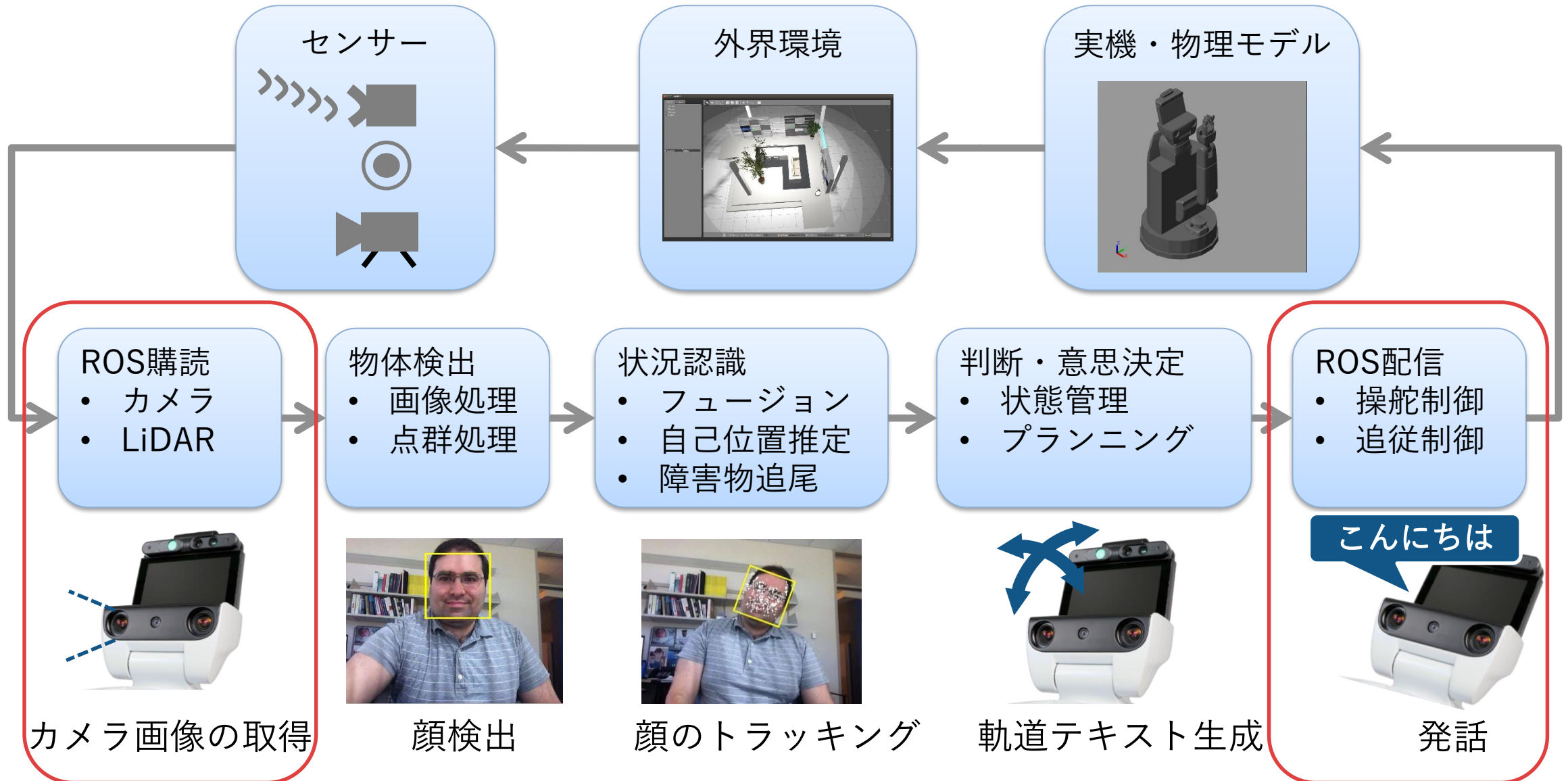


実装

アジェンダ

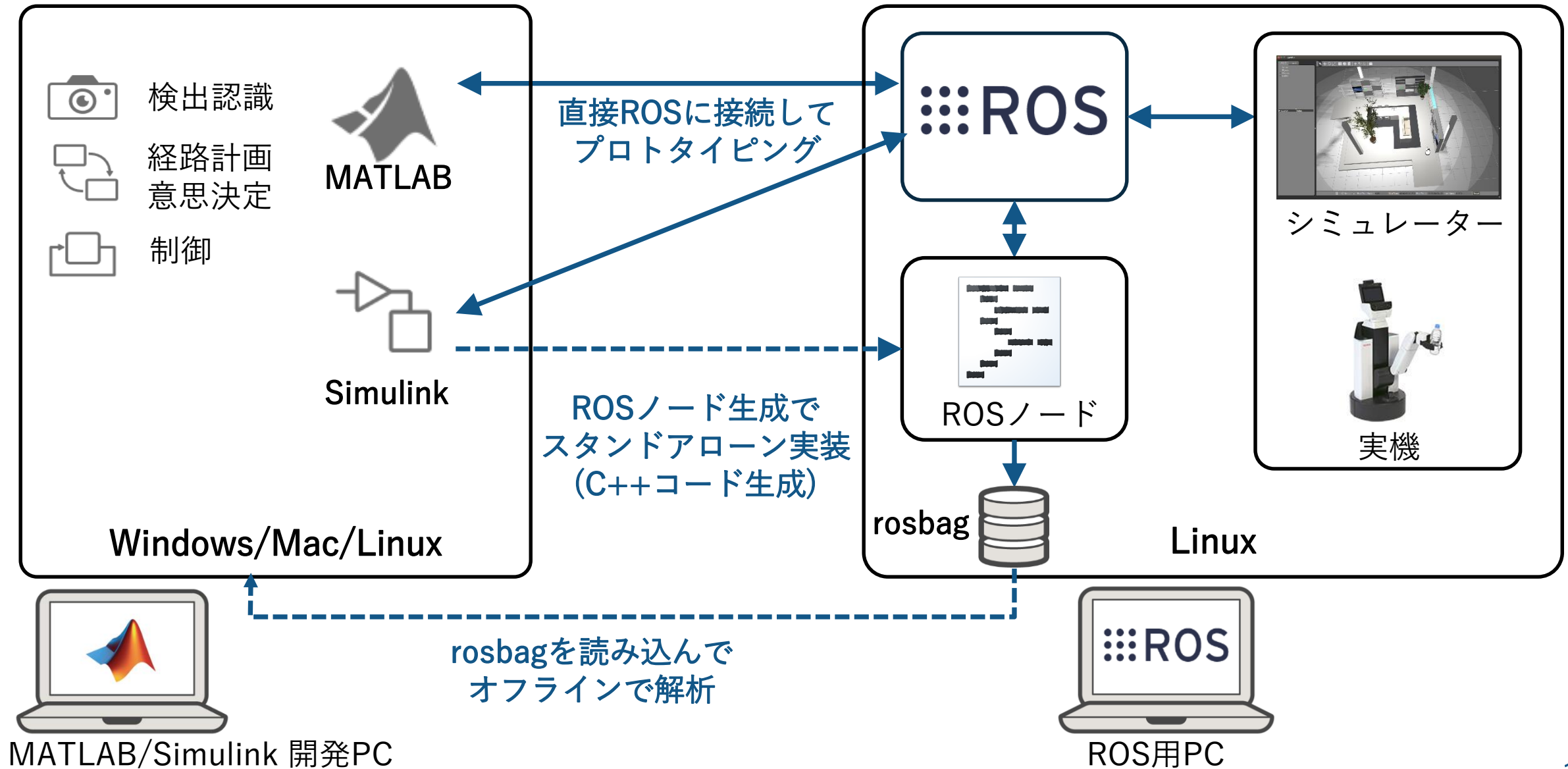
- 自律ロボット開発におけるMATLAB
- ROSを使ったHSRとの連携ワークフロー
- まとめ

ROSを使ったHSRとの連携ワークフロー



Robotics System ToolboxによるROS連携機能

Robotics System Toolbox™

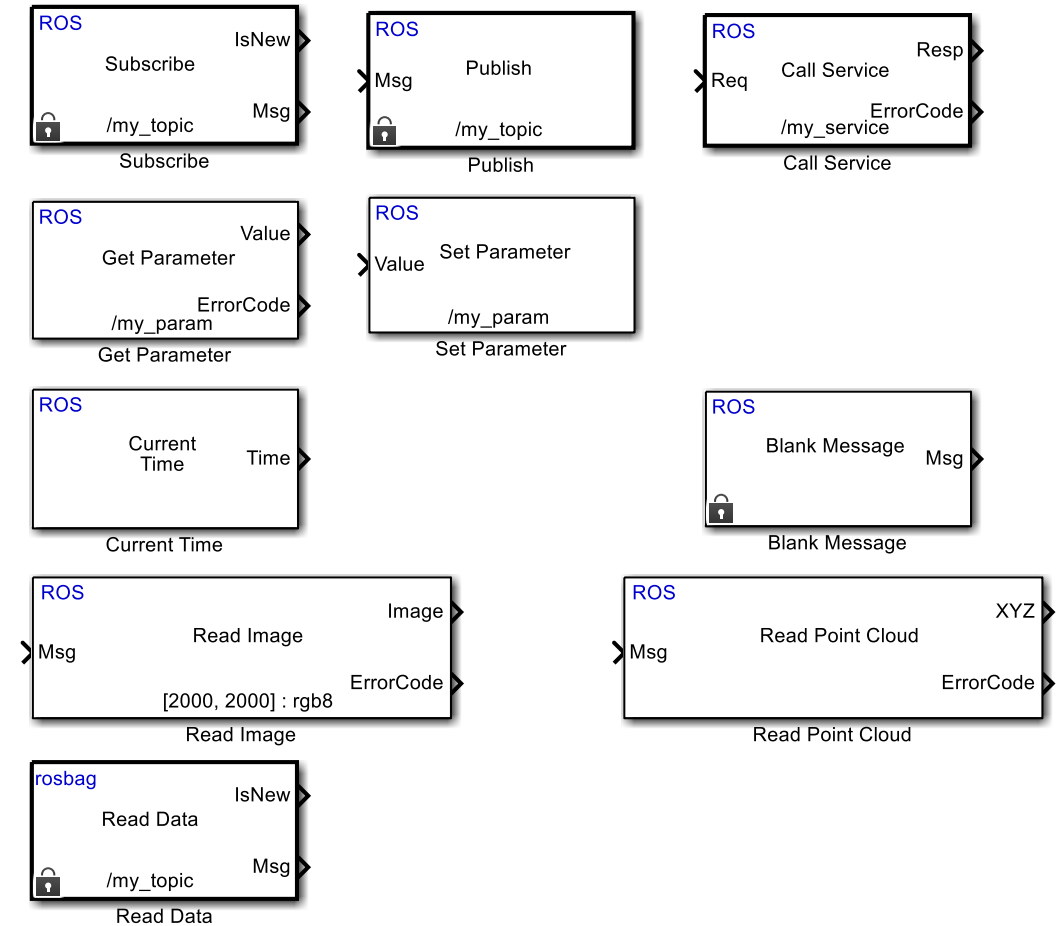


SimulinkのROSサポートの拡充

Robotics System Toolbox

- ROS Topicブロック
 - ROS TopicのSubscriber/Publisher
 - Cコード生成対応
- ROS Service Callブロック **R2018b**
 - ROS ServiceをSimulinkから呼び出し
 - Cコード生成対応
- ROS Timeブロック **R2018b**
 - 現在のROS timeを取得可能
 - Cコード生成対応
- rosbag Playbackブロック **R2018b**
 - rosbagログデータをタイムスタンプに合わせてSimulink上で再生可能

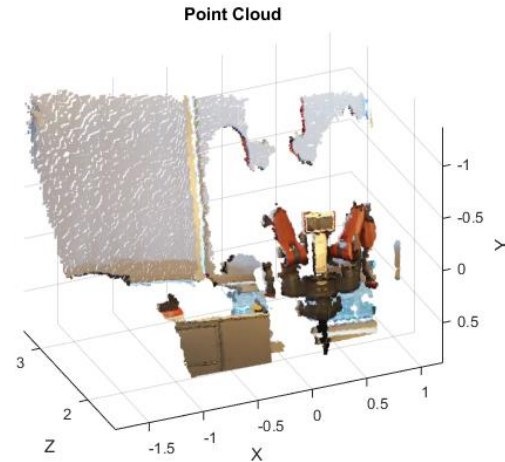
Robot Operating System (ROS)



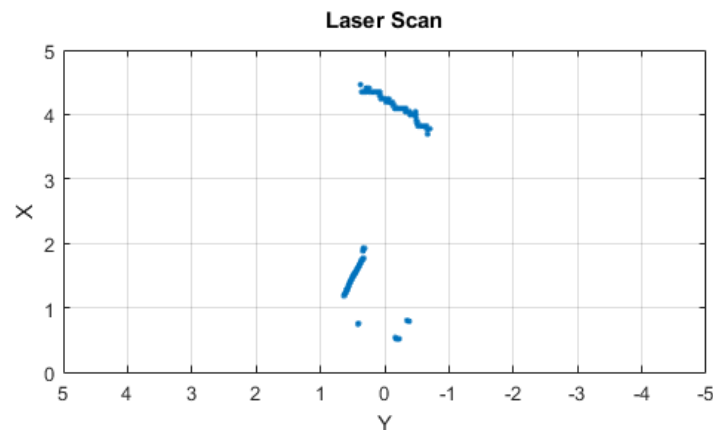
Copyright 2014-2018 The MathWorks, Inc.

センサーやアクチュエーターデバイスの探索

Robotics System Toolbox

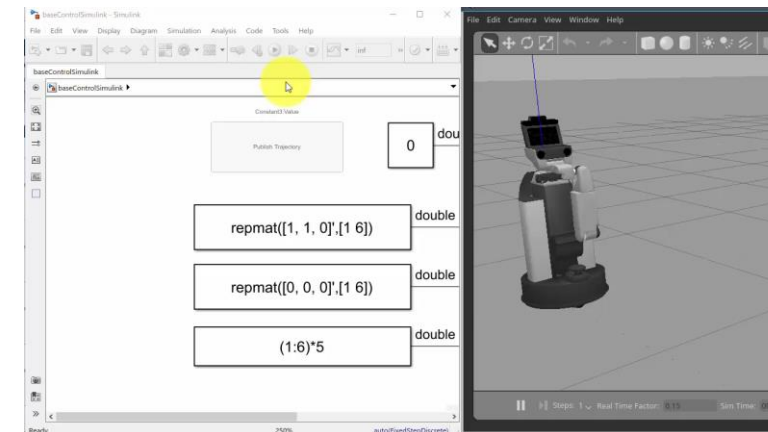


RGB-Dセンサーデータの取得

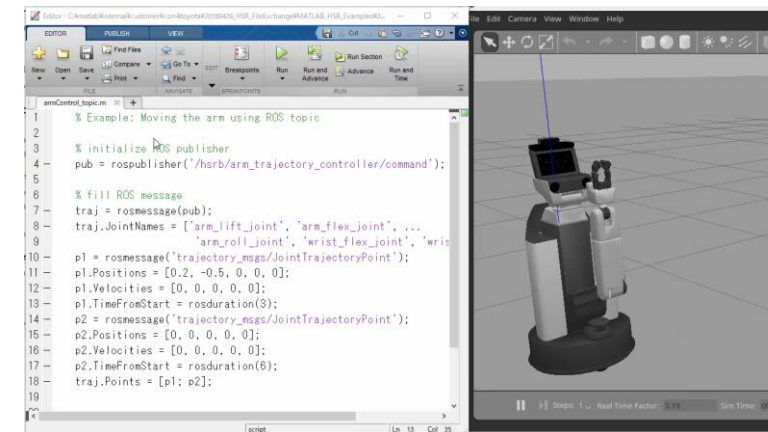


2D LiDARスキャンデータの取得

ROSを介して様々なセンサーやアクチュエーターにアクセス可能



台車の制御

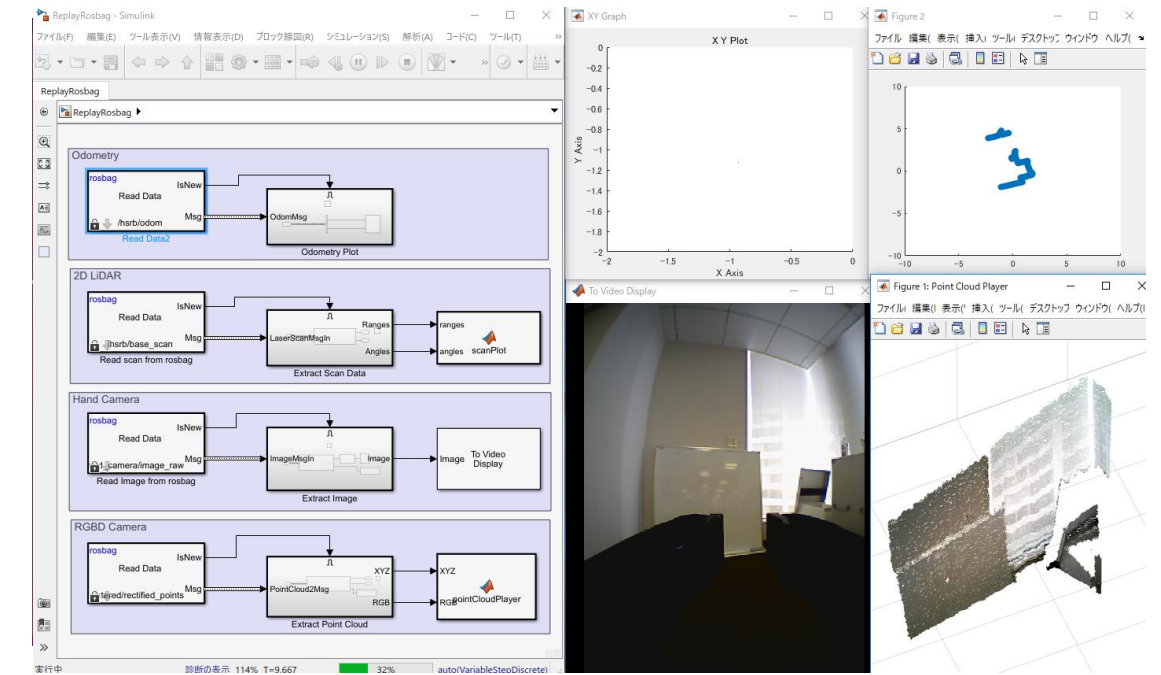


アームの制御

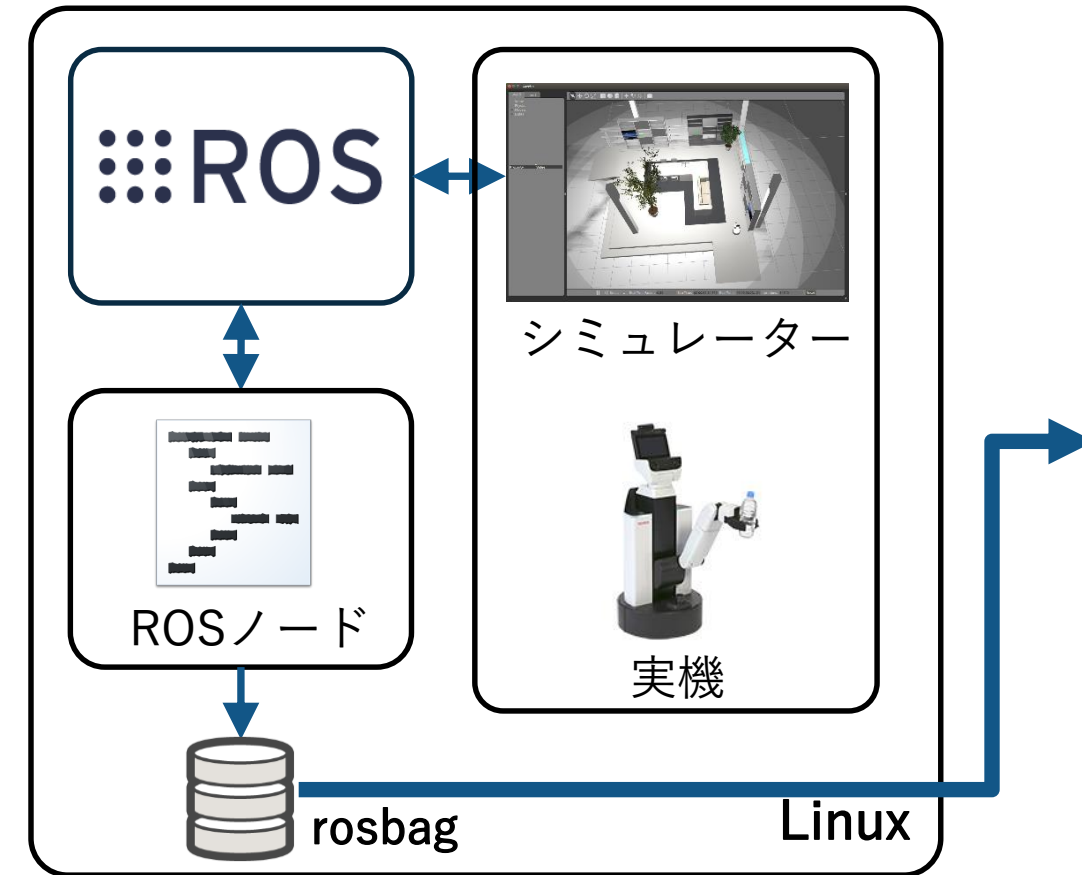
rosvagを使ったオンライン解析

Robotics System Toolbox

rosvag読み出しのSimulinkブロック R2018b



Windows/Mac/Linux



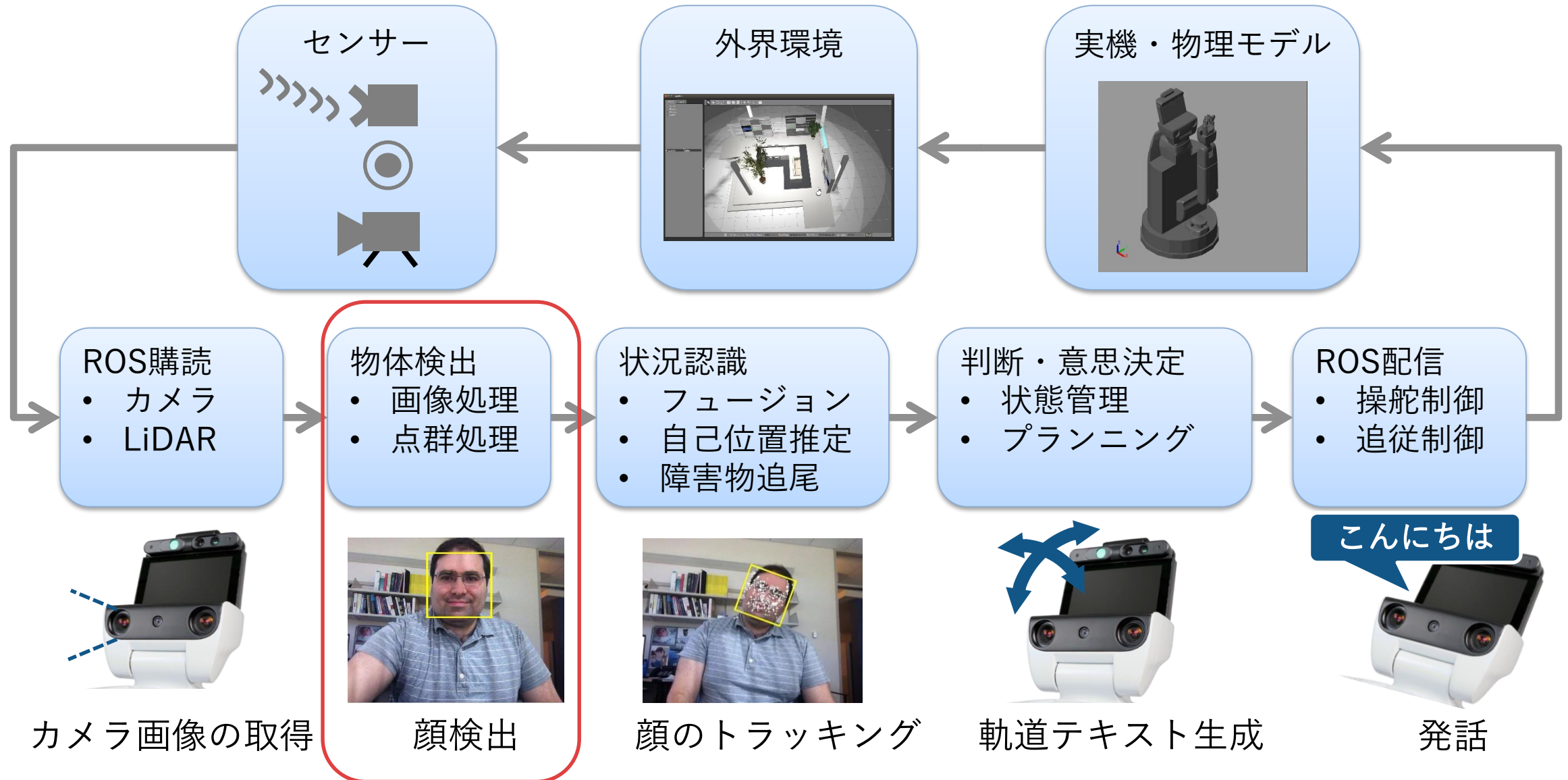
ROS

ROS用PC

rosvagをMATLAB/Simulink上で可視化、解析が可能

MATLAB/Simulink 開発PC

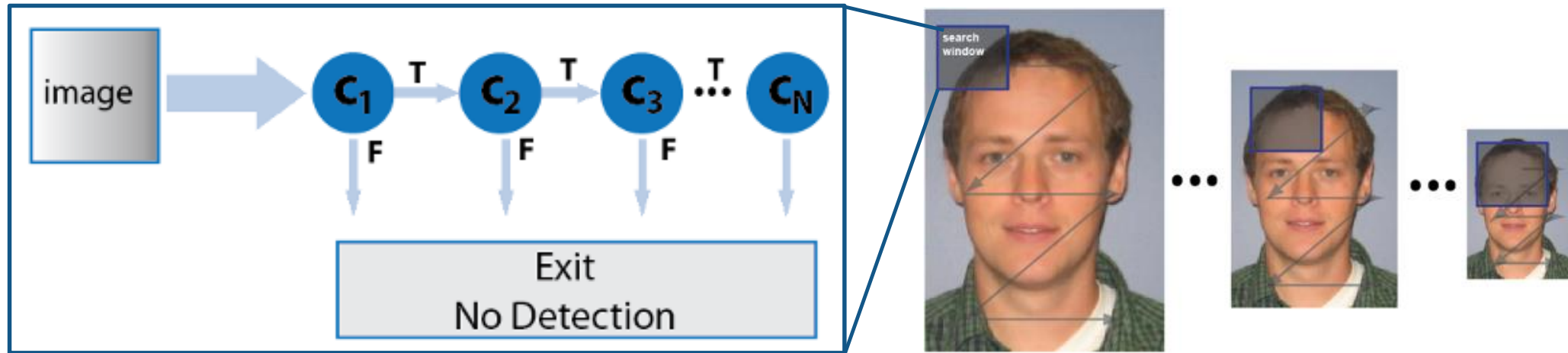
ROSを使ったHSRとの連携ワークフロー



カスケード検出器による顔検出アルゴリズム

Computer Vision System Toolbox™

- 顔検出(Viola-Jonesアルゴリズム)
- Haar/LBP/HOGの特徴量を使った弱検出器(軽量)をカスケード接続
- さまざまなスケールに対応するため画像ピラミッドで走査



% 顔認識 用のオブジェクト (Viola-Jonesアルゴリズム)

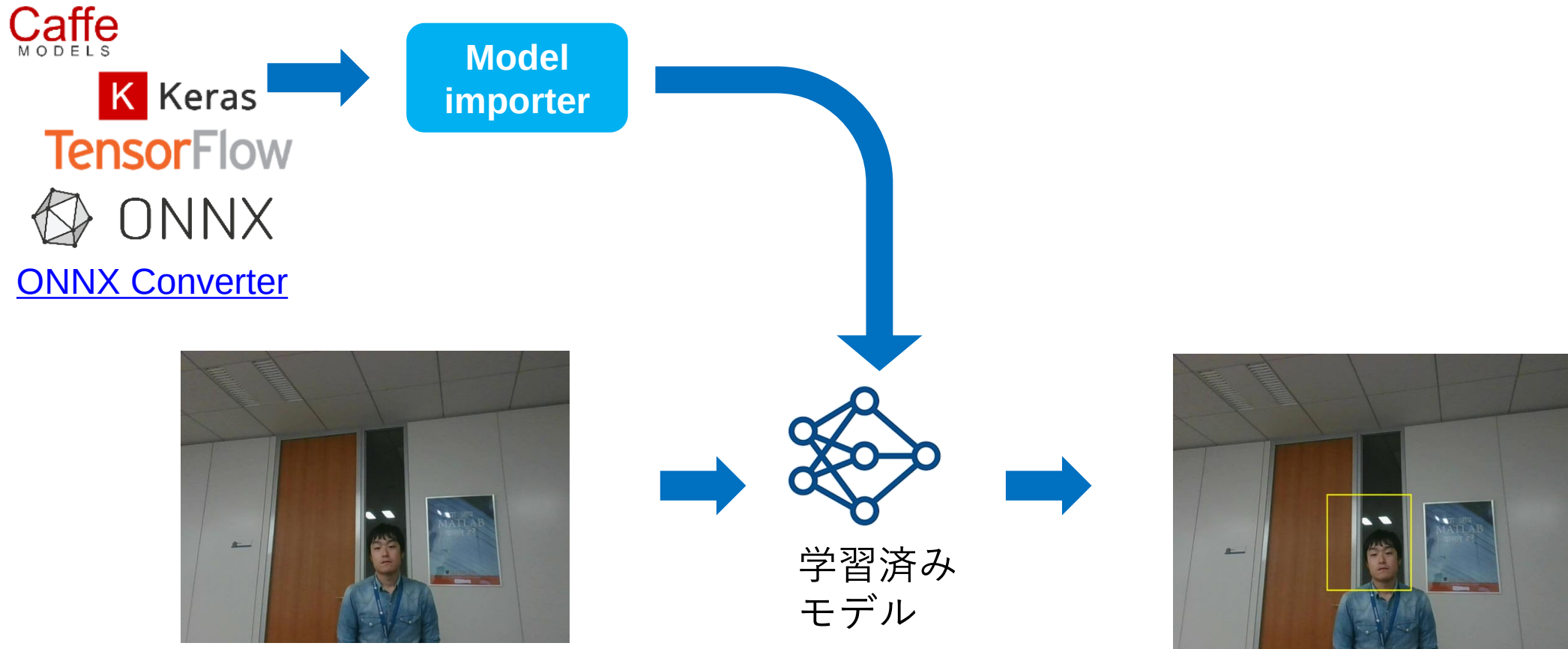
```
vision.CascadeObjectDetector()
```

関数を使ってすばやくプロトタイプ。でも、精度を改善したい場合は？

ディープラーニングベースの顔検出アルゴリズム

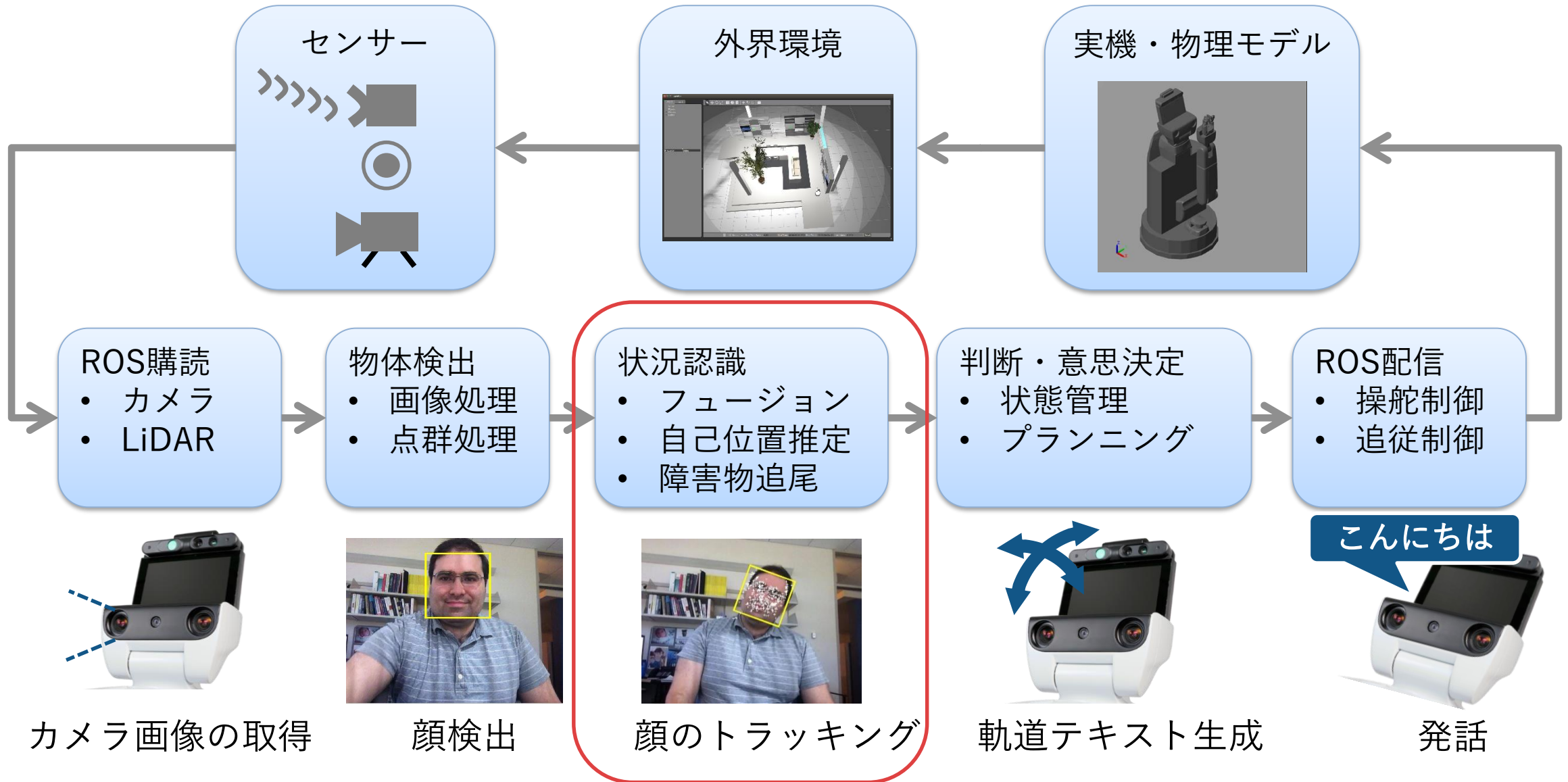
Computer Vision System Toolbox
Deep Learning Toolbox™

他のフレームワークで学習したYOLOベースの顔検出器をインポート



さまざまなディープラーニングのネットワークを試行錯誤可能

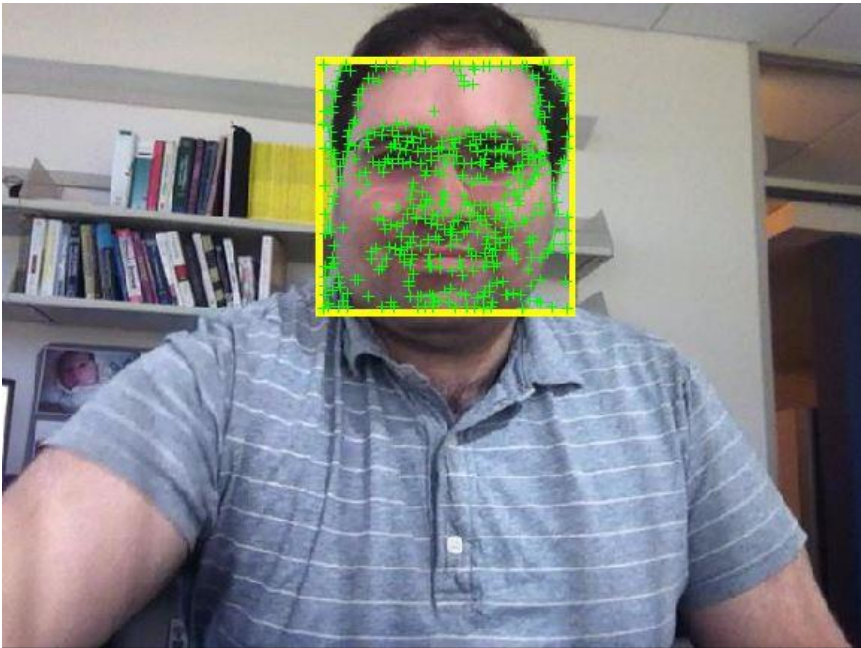
ROSを使ったHSRとの連携ワークフロー



顔追尾アルゴリズム：特徴点検出

Computer Vision System Toolbox

マッチング・検出 対象画像からキーポイント特徴点および特徴量抽出



> 特徴点の検出

```
points = detectSURFFeatures(G) %SURF特徴点
```

```
detectHarrisFeatures() %Harris (コーナー)
```

```
detectFASTFeatures() %FAST (コーナー)
```

```
detectMinEigenFeatures() %最小固有値 (コーナー)
```

```
detectBRISKFeatures() %BRISK (コーナー)
```

```
detectMSERFeatures() %MSER特徴点
```

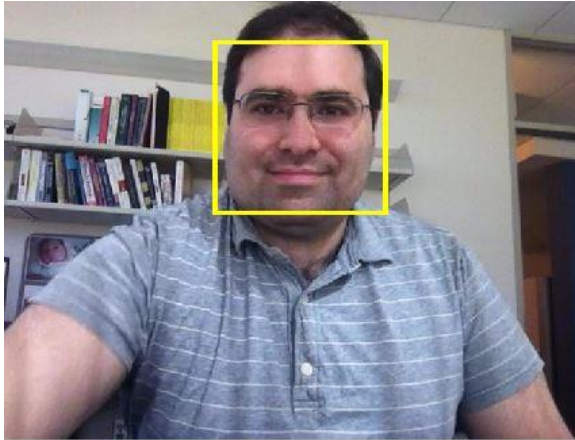
> 特徴量の抽出 (SURF/FREAK/BLOCK/BRISK/HOG)

```
[f, vpoints] = extractFeatures(G, points)
```

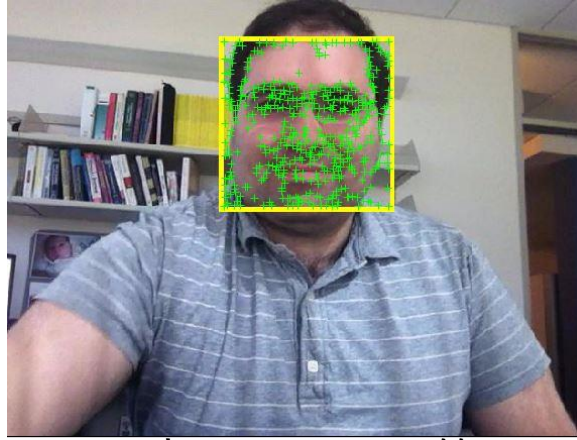
```
[f, vpoints] = extractHOGFeatures(I, points)
```

顔追尾アルゴリズム：特徴点のトラッキング

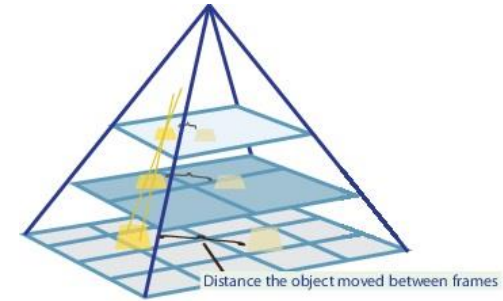
Computer Vision System Toolbox



トラッキングしたい
領域 (ROI) を検出



ROI中でコーナー等の
特徴点を検出

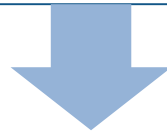


画像ピラミッドを生成
オプティカルフロー検出



トラッカーの初期化

```
pointTracker = vision.PointTracker; % トラッカーのオブジェクトの生成  
initialize(pointTracker, points, frame1); % 検出した点で、トラッカーを初期化
```

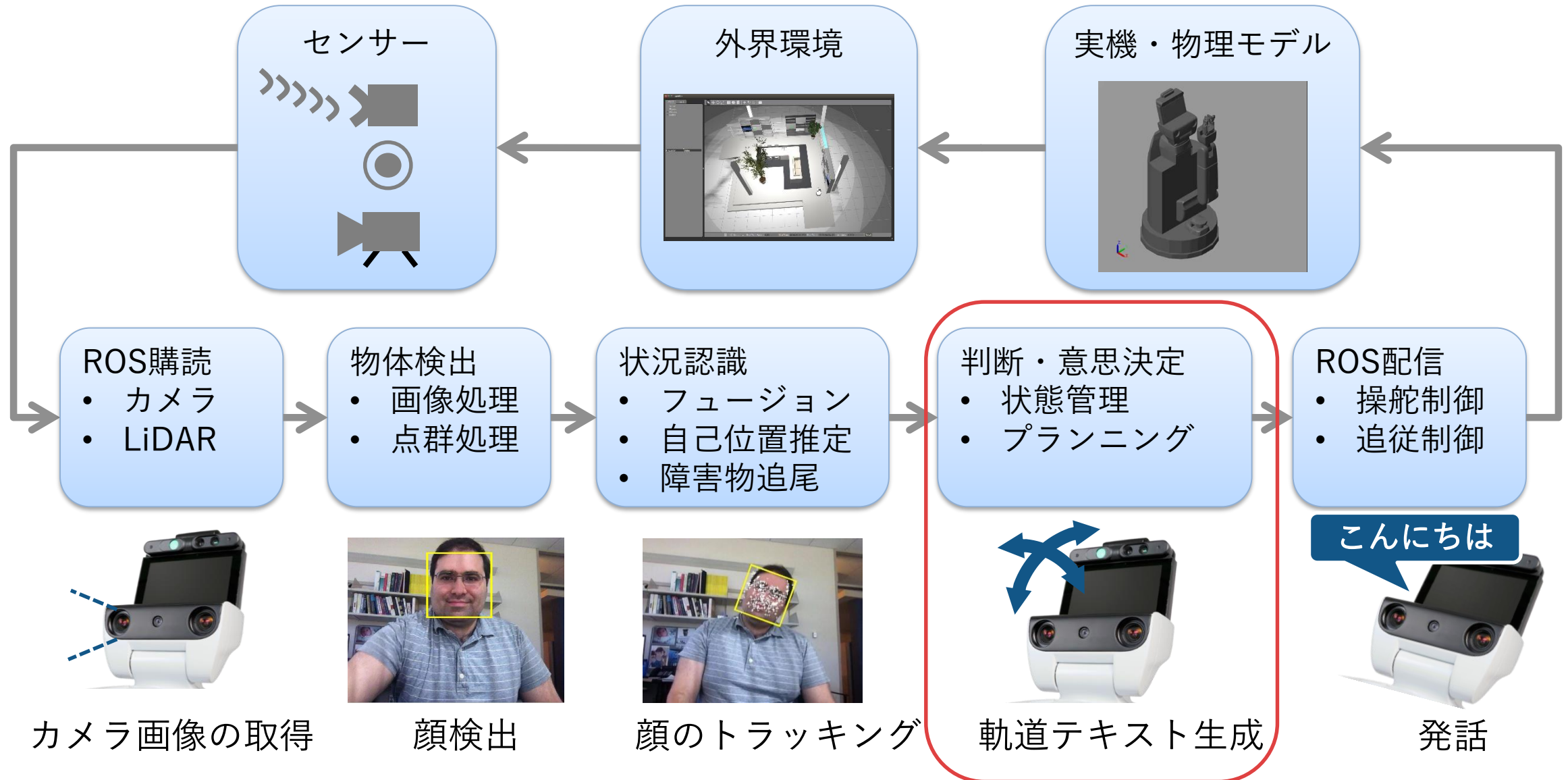


点を次フレーム上でトラッキング

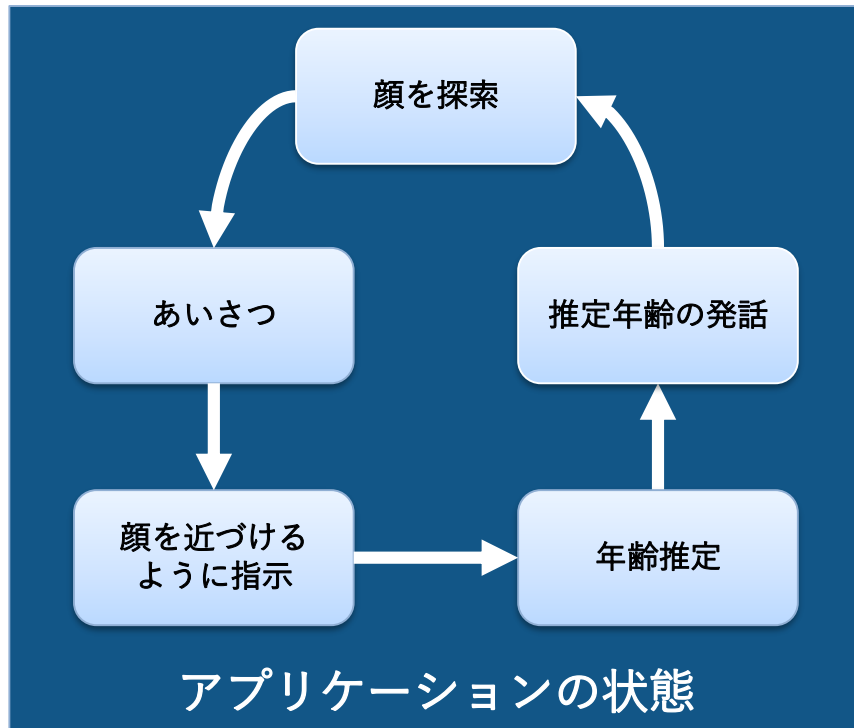
```
[points, isFound] = step(pointTracker, frame2);
```



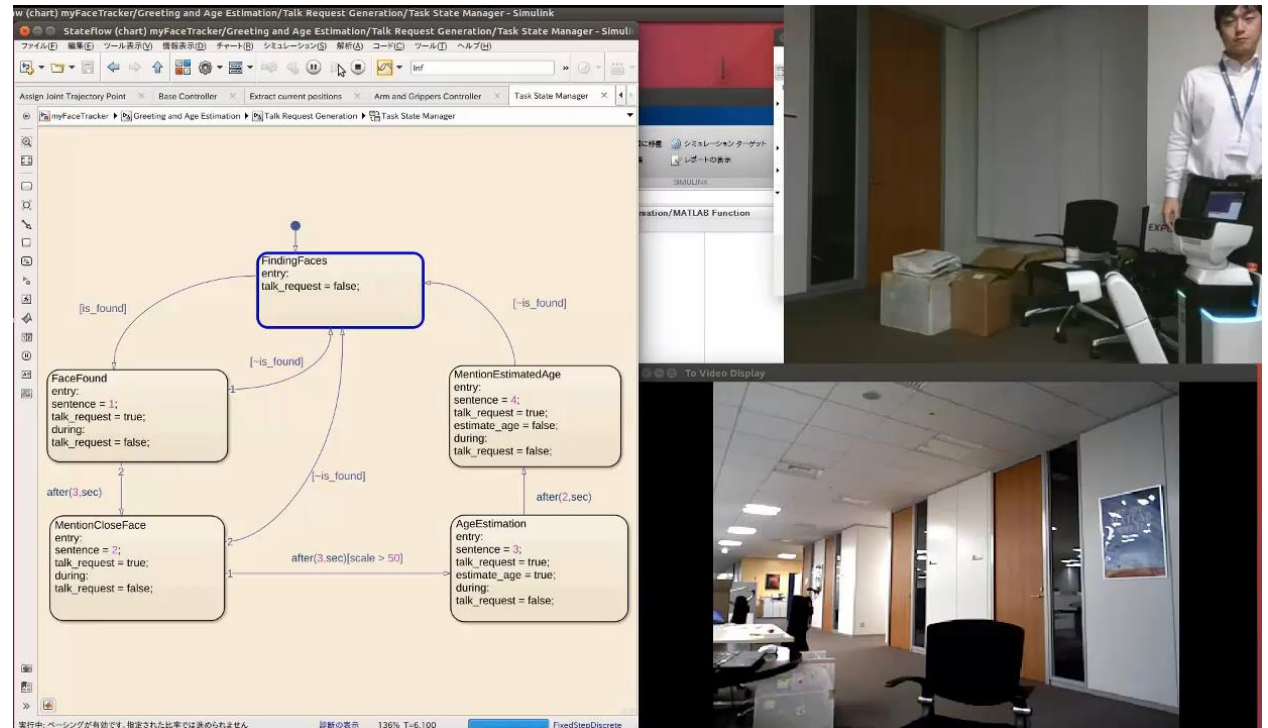
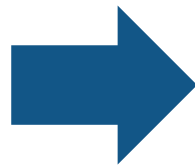
ROSを使ったHSRとの連携ワークフロー



判断・意思決定: 状態遷移をチャートで管理

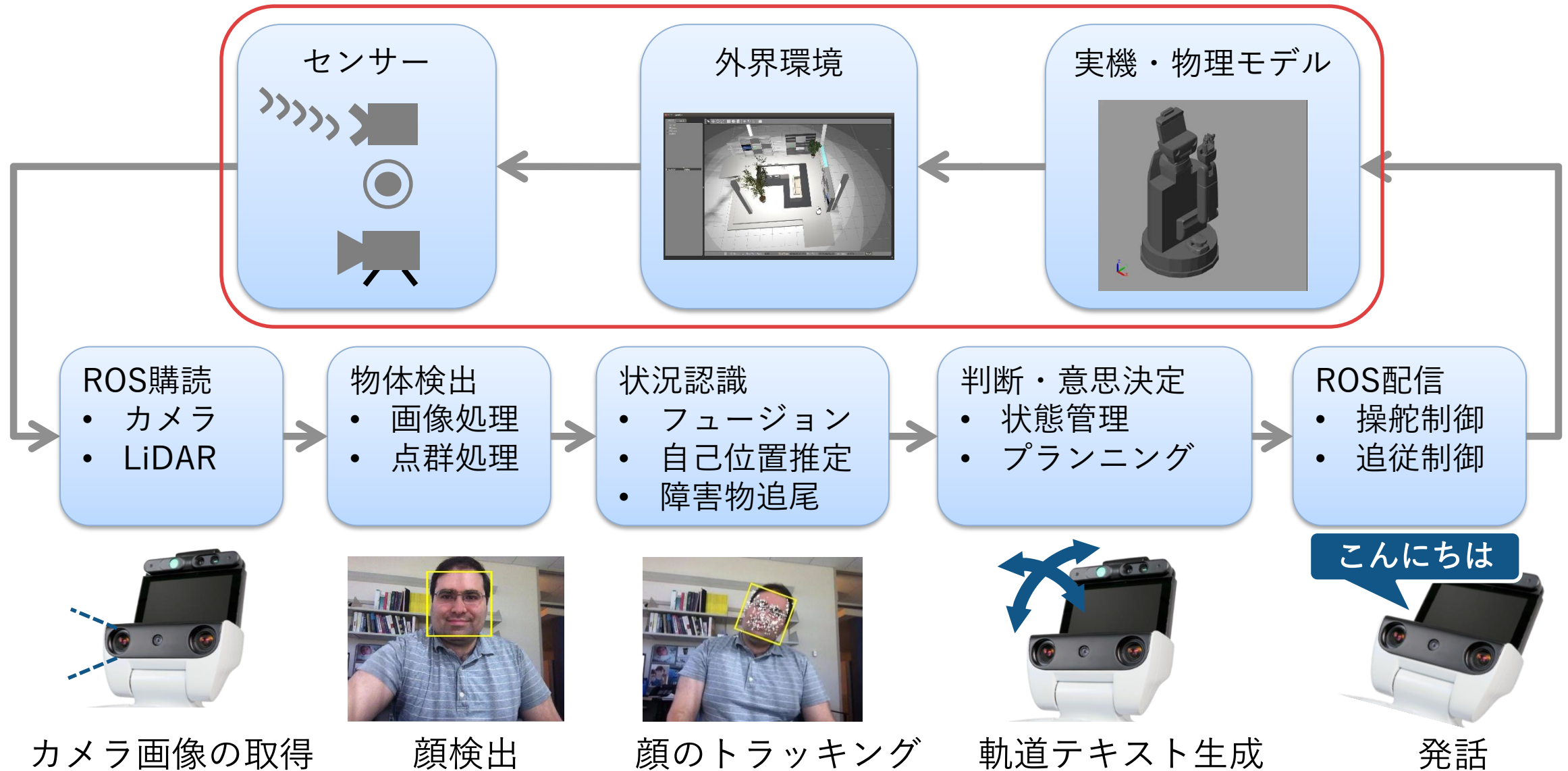


状態遷移図(仕様)



さまざまな状態や判断を直感的に記述可能

ROSを使ったHSRとの連携ワークフロー

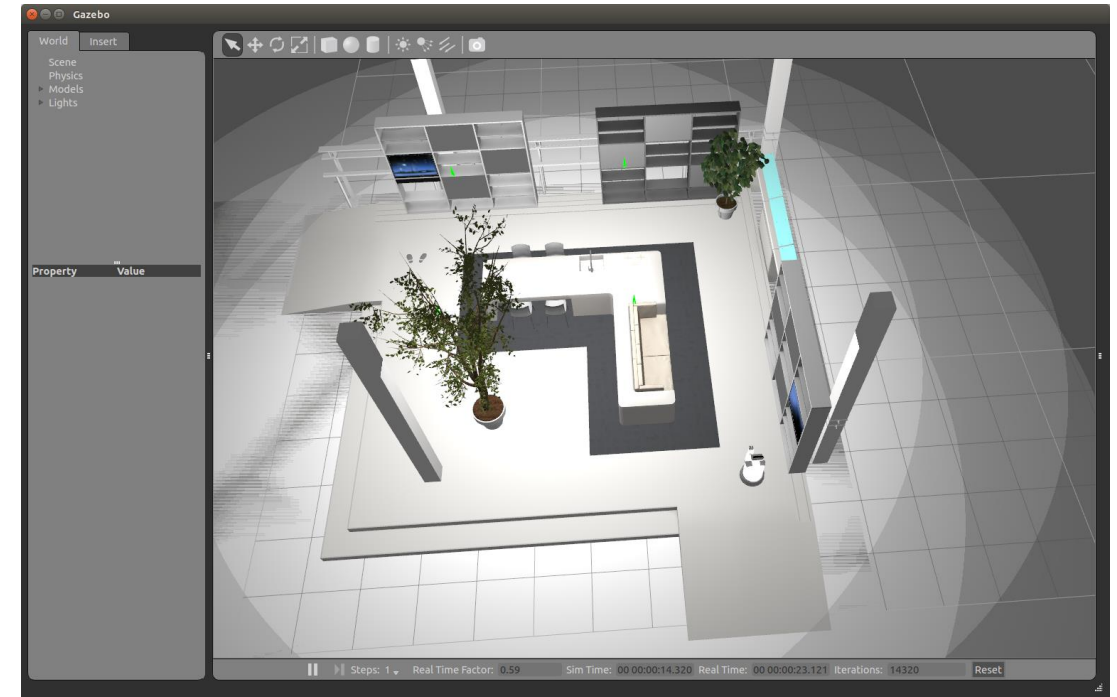




GAZEBO

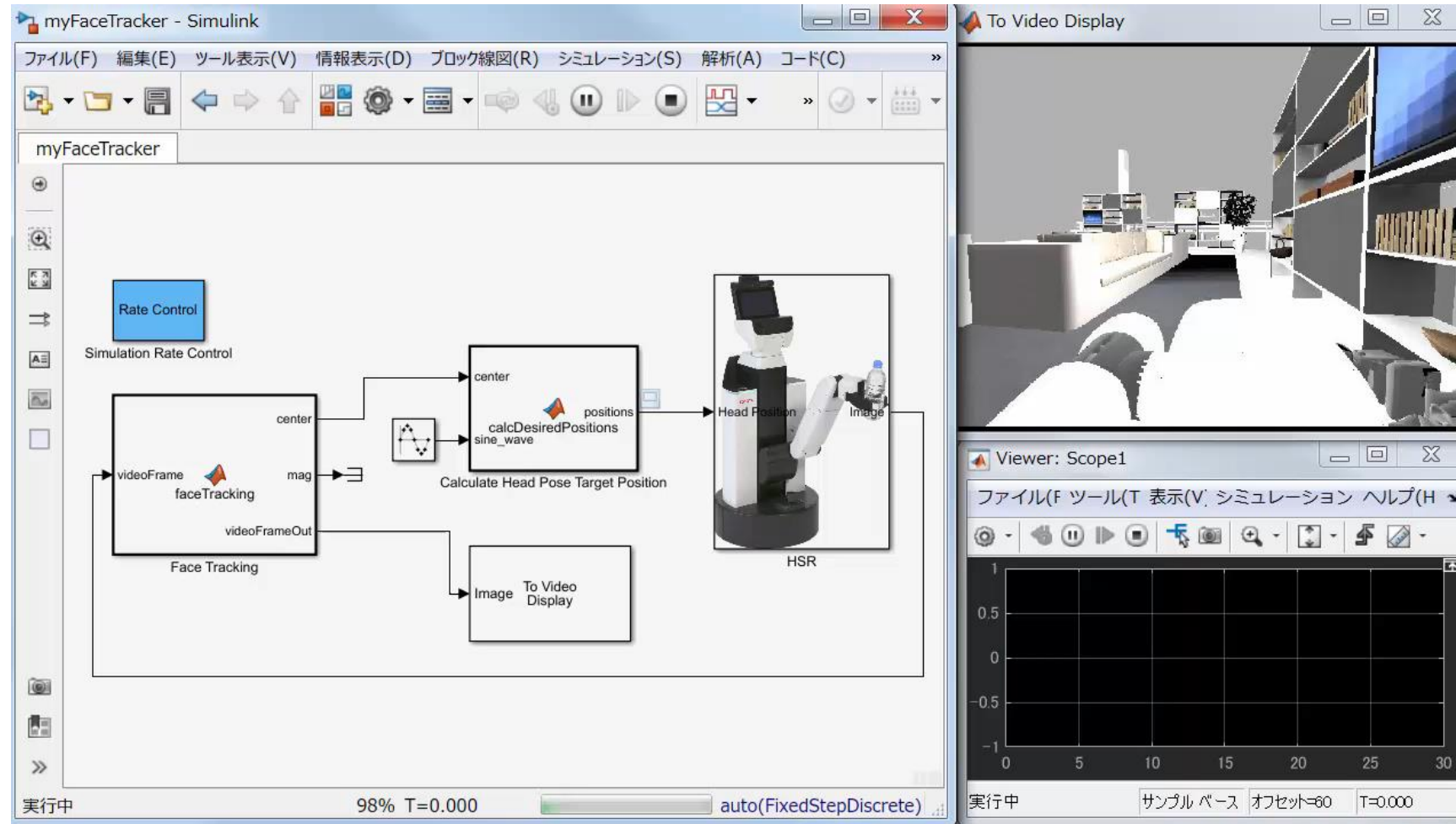
シミュレーターを使った検証

- 3Dロボットシミュレータ Gazebo
- カメラ、レーザーレンジファインダーなどのセンサーシミュレーションが可能
- ROSとの連携も充実
- Gazebo APIをMATLABから操作可能
 - モデルの生成
 - モデルの削除
 - モデルの姿勢位置変更
 - 力を加える



ROSを通じてGazeboと接続しテスト

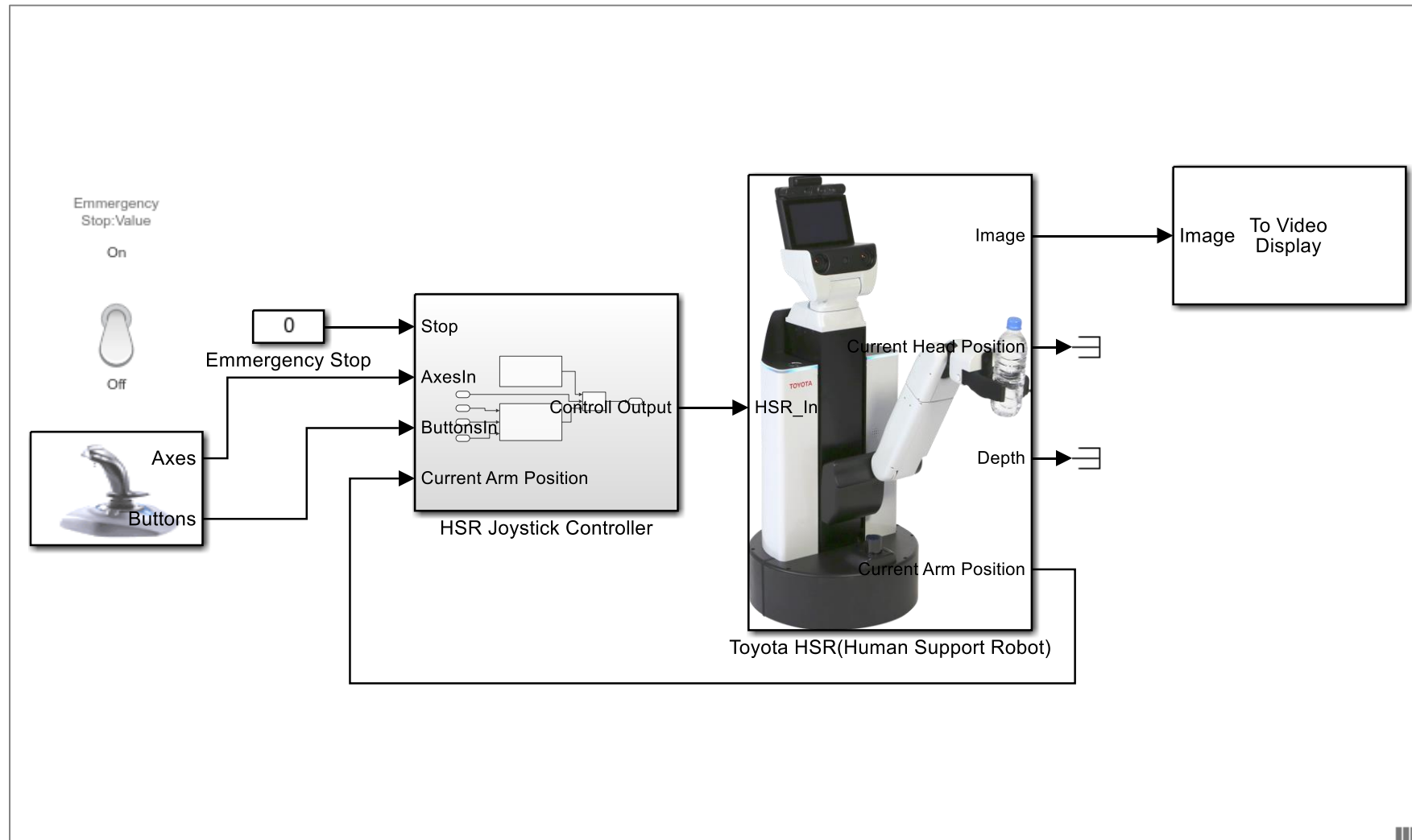
Robotics System Toolbox



シミュレーター上でアルゴリズムの検討が可能

ROSを通じて実機と接続しテスト

Robotics System Toolbox



接続先IPアドレスを変えるだけで実機と接続し検証可能

アジェンダ

- 自律ロボット開発におけるMATLAB
- ROSを使ったHSRとの連携ワークフロー
- その他のアルゴリズム例

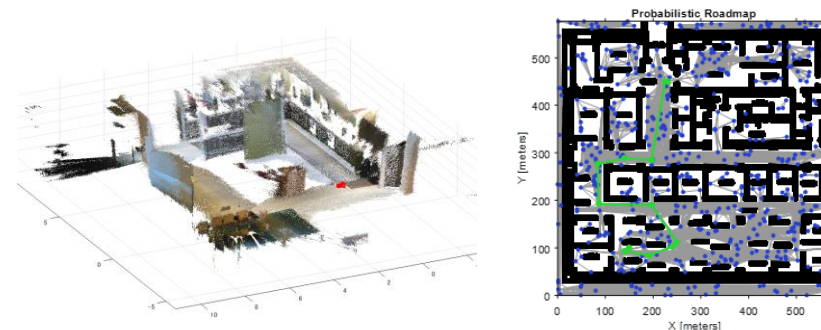
ロボット向け各種アルゴリズム

画像処理アルゴリズム



ディープラーニング GPU実装

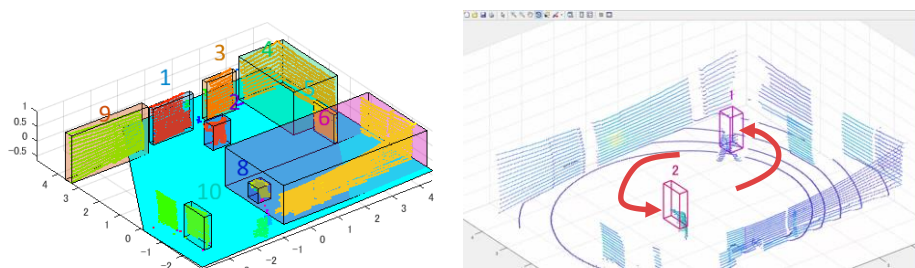
移動体向けアルゴリズム



SLAM

パスプランニング

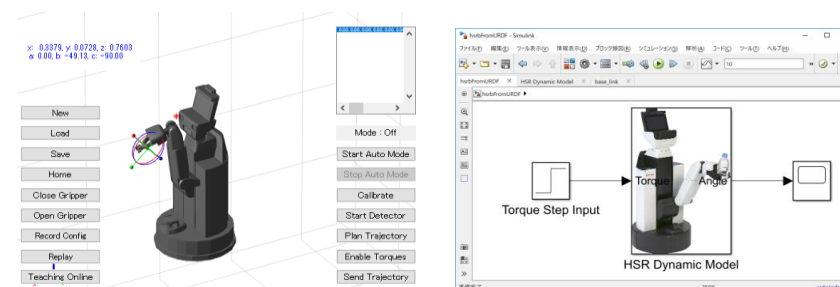
点群処理アルゴリズム



点群処理

トラッキング

ロボットアーム向けアルゴリズム

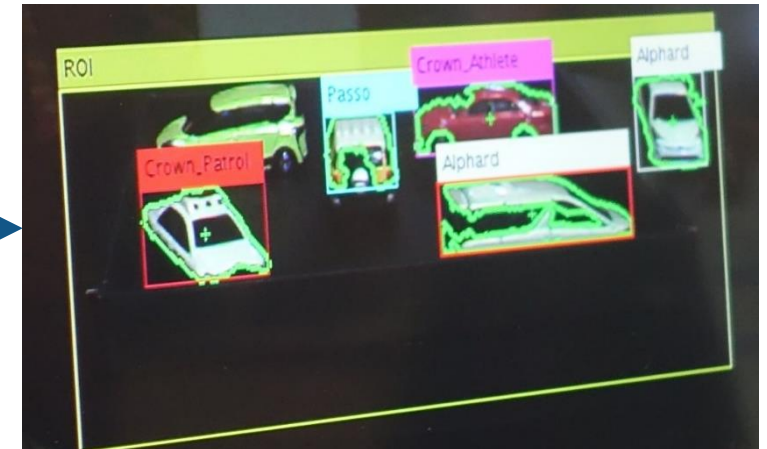
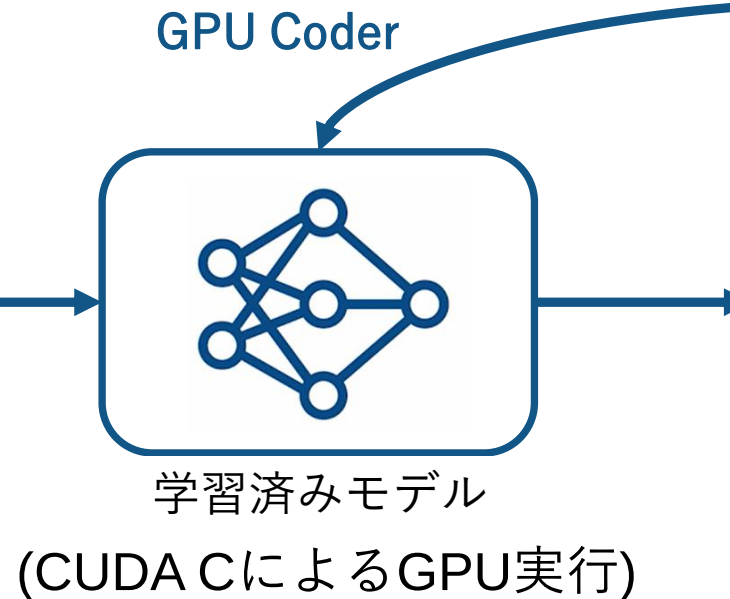
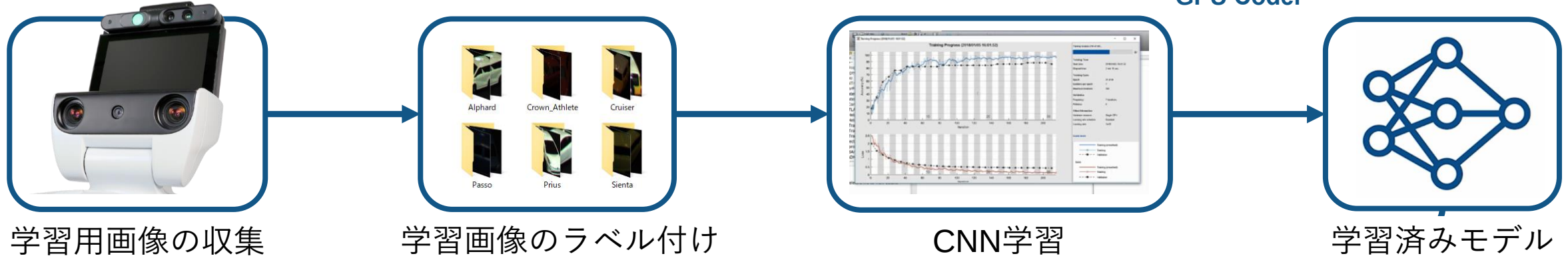


運動学/逆運動学

動力学/逆動力学

認識アルゴリズムの例：物体認識とJetson実装

Deep Learning Toolbox
Computer Vision System Toolbox
MATLAB Coder™
GPU Coder™



点群処理アルゴリズムの例：人の検出とトラッキング

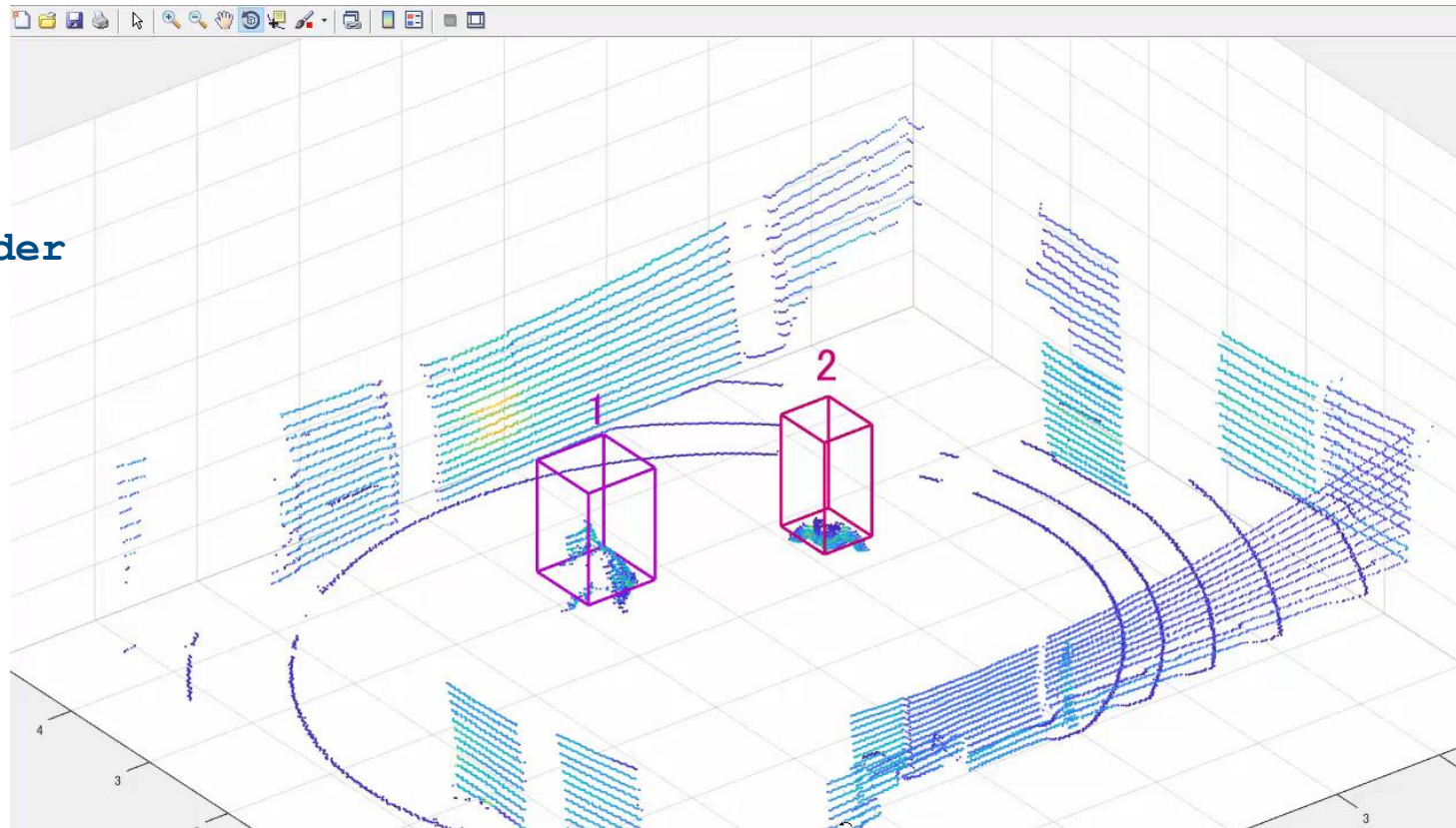
Computer Vision System Toolbox
Automated Driving System Toolbox™
Sensor Fusion and Tracking Toolbox™

ファイル入出力

- `pointCloud`
- `velodyneFileReader`
- `pcread`
- `pcwrite`

前処理

- `pcdenoise`
- `pcdownsample`
- `pctransform`



位置合わせ

- `pcregistericp`
- `pcregisterndt`

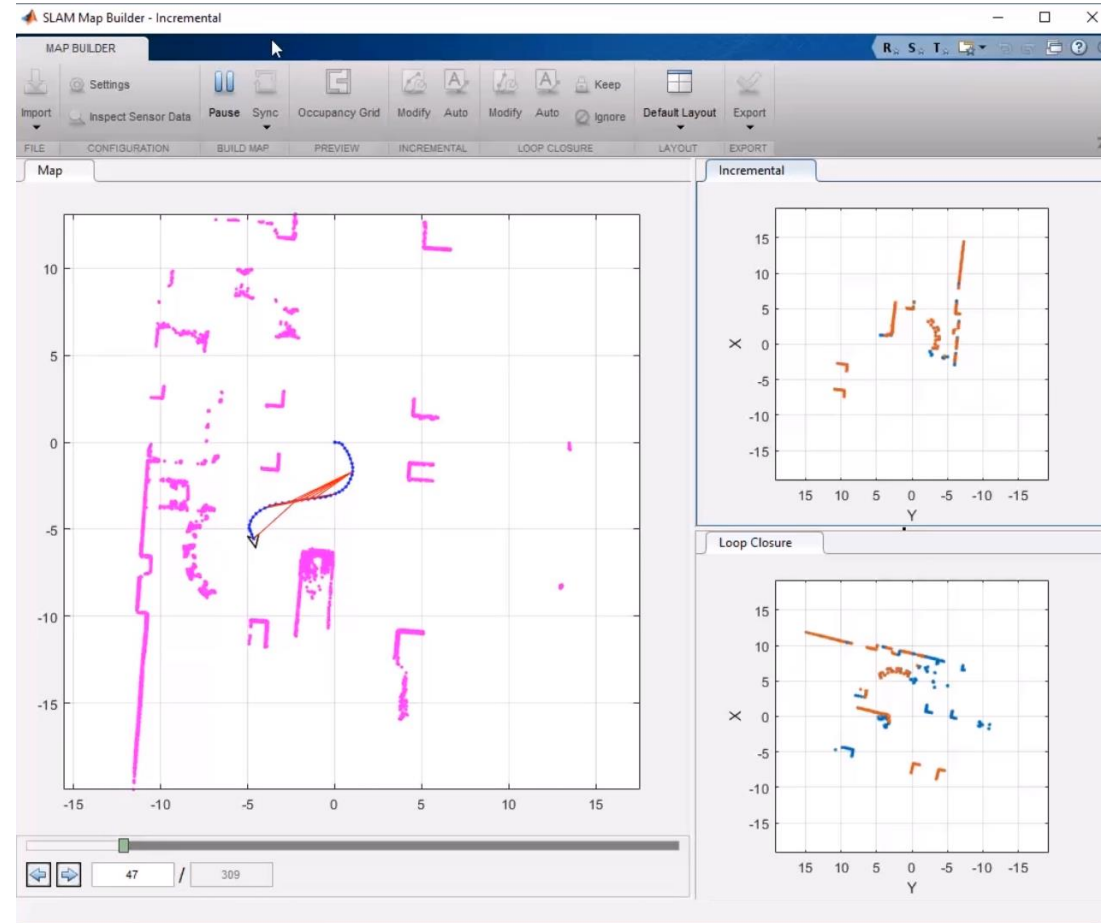
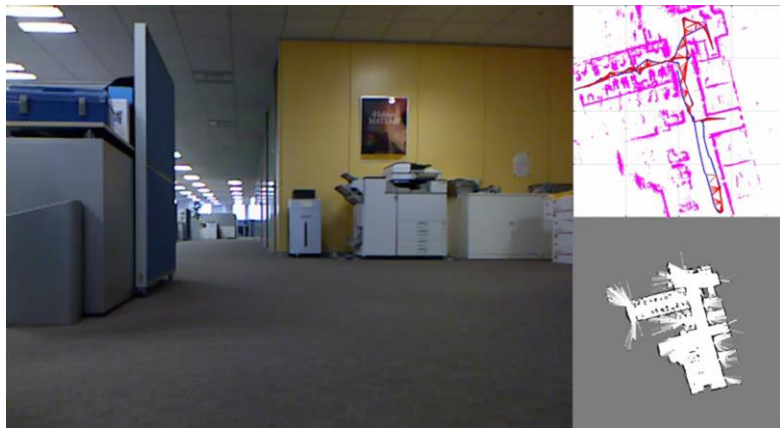
セグメンテーション

- `pcsegdist`
- `segmentLidarData`
- `pcfitplane`

移動体向けアルゴリズム例：SLAMによる地図作成

- 2DのLiDARとホイールオドメトリを使った自己位置推定と地図作成 (SLAM)
- 閉ループ検出点および逐次スキンのマッチング結果を手動修正可能
- アプリを活用することでユーザーフレンドリに地図作成

>> slamMapBuilder



SLAM Map Builder

ロボットアームアルゴリズム例：逆運動学による関節角計算

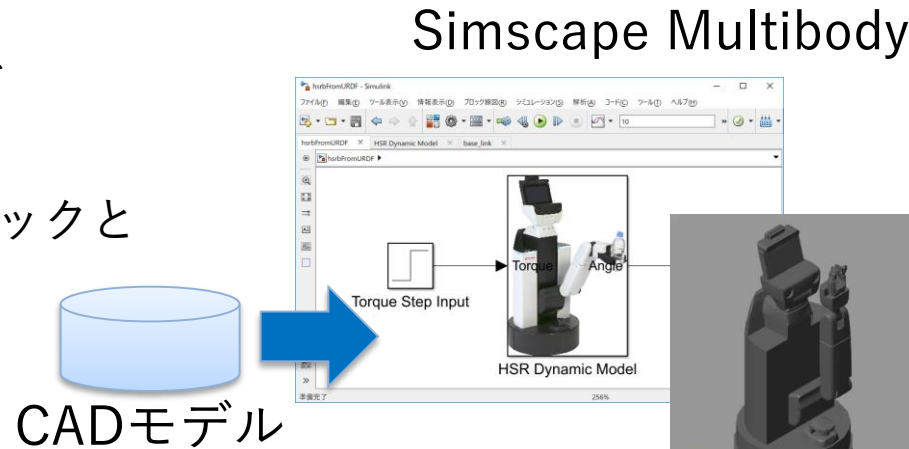
Robotics System Toolbox
Simscape Multibody™

R2018b

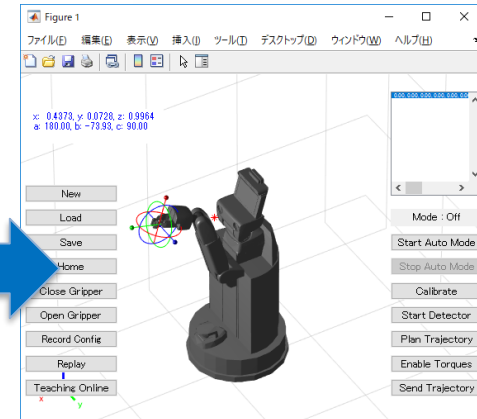
逆運動学を解いて与えられた姿勢を
満たすような各関節値を出力

- 他のSimulinkマニピュレーターブロックと
組み合わせて使用可能
- Cコード生成にも対応

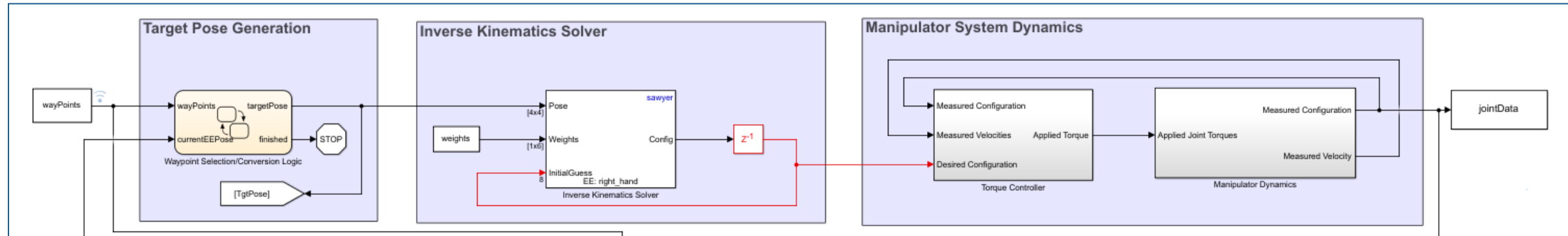
>> robotmaniplib



物理モデルを構築
(動力学/逆動力学)



運動学モデル構築
(運動学/逆運動学)



アジェンダ

- 自律ロボット開発におけるMATLAB
- ROSを使ったHSRとの連携ワークフロー
- その他のアルゴリズム例
- まとめ

まとめ

- HSRを用いた自律動作ロボットアプリケーションの開発例をご紹介
- ROSに詳しくない方でもすぐにはじめられる開発環境
- 認識、移動体、マニピュレーターなどの自律ロボット開発に役立つ高度なアルゴリズム、関数、ブロックを提供

自律動作ロボットの開発にMATLAB/Simulinkをご活用ください

ROSをこれから始める方へ： 実用ロボット開発のためのROSプログラミング

- 実用ロボット開発に役立つ知識が満載
- ROSの仕組みから実践的な利用方法まで解説
 - 自作ロボットにROSを導入するためのノウハウ
 - OpenCVを使った画像処理
 - プラグインの開発
 - **MATLABとの連携**
- 幅広いロボットエンジニア必読の一冊
 - ROSの初心者
 - スキルアップを目指す人
 - 産業用ロボットにROSを導入したい人
- MathWorksウェブサイトでの紹介
 - <https://www.mathworks.com/academia/books/ros-programing-for-practical-robot-development.html>

著者：

西田 健, 九州工業大学
森田 賢, 株式会社安川電機
岡田 浩之, 玉川大学
原 祥亮, 千葉工業大学
山崎 公俊, 信州大学
田向 権, 九州工業大学
垣内 洋平, 東京大学
大川 一也, 千葉大学
齋藤 功
田中 良道, 九州工業大学
有田 裕太, 九州工業大学
石田 裕太郎, 九州工業大学

森北出版, 2018

ISBN: 9784627675810

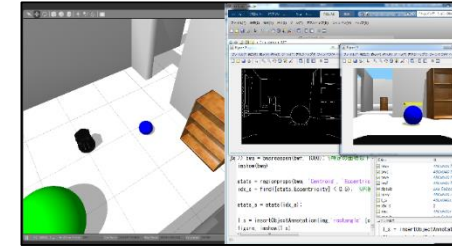
言語: Japanese



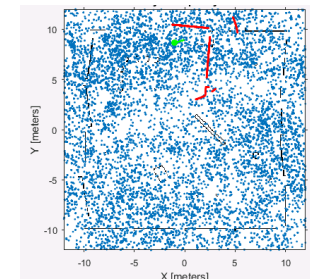
ロボットアルゴリズム開発ソリューション

Robotics System Toolbox

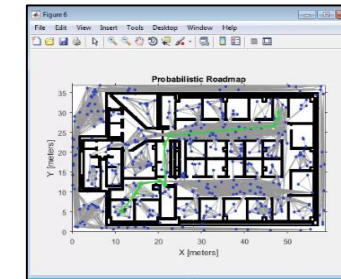
- ROSのインターフェイス提供
 - MATLABをROSマスター、ノードとして起動
 - 直接ROSネットワークに接続して検証
- ROSノード生成
 - SimulinkモデルからC++ ROSノードを生成 (Simulink Coder必須)
- ロボットアルゴリズム開発の支援
 - オイラー角、クォータニオン、座標変換などの便利な関数群
 - SLAM、パスプランニング、VFH+、モンテカルロローカリゼーション(MCL)などの高度な移動用ロボットアルゴリズム
 - ツリー構造表現、逆運動学解析などのマニピュレーターアルゴリズム



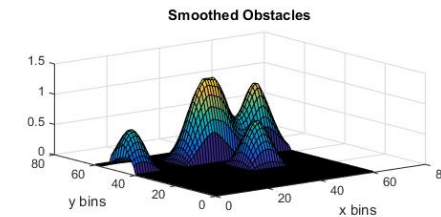
シミュレータや実機とのROS連携



自己位置推定(AMCL)



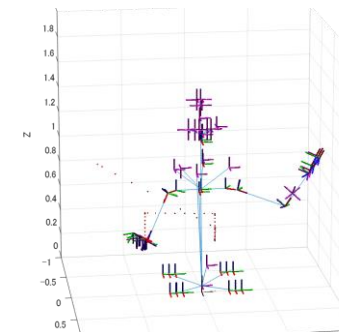
確率的ロードマップ法(PRM)



衝突回避(VFH+)



LiDAR-SLAM

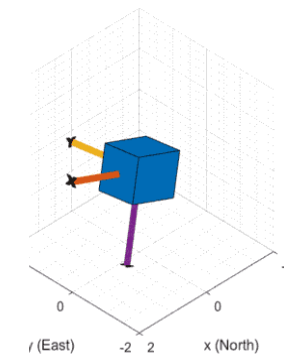
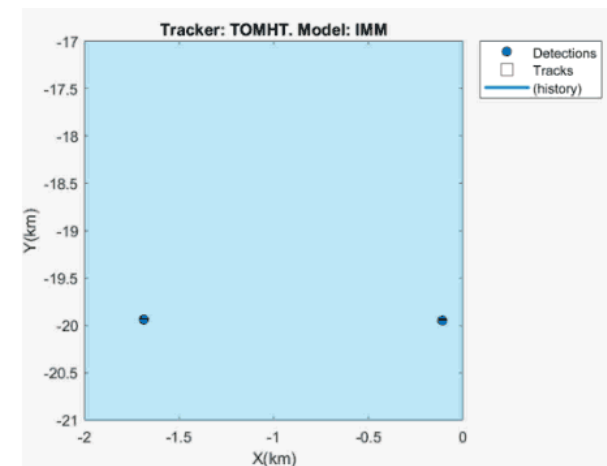
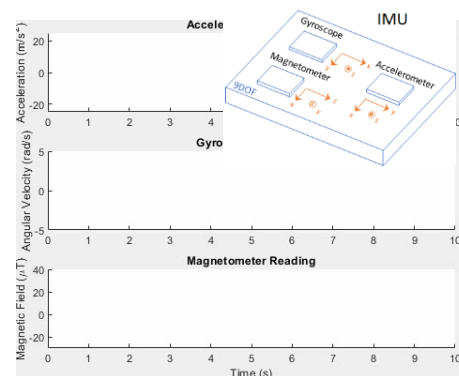
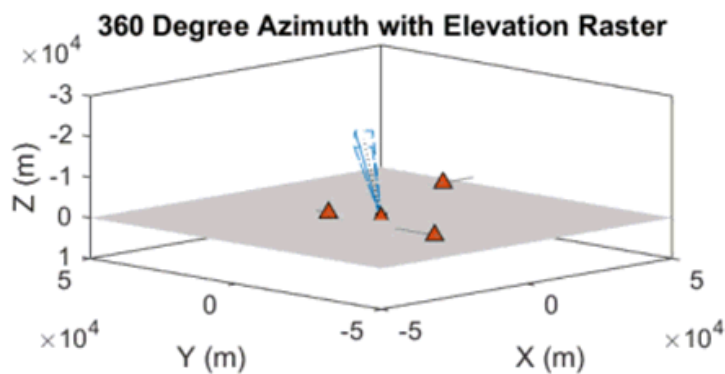


ロボットマニピュレーターアルゴリズム開発



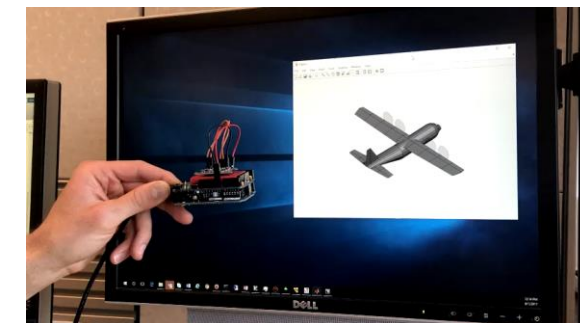
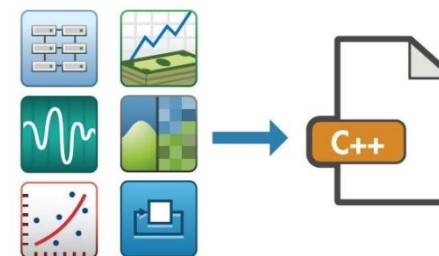
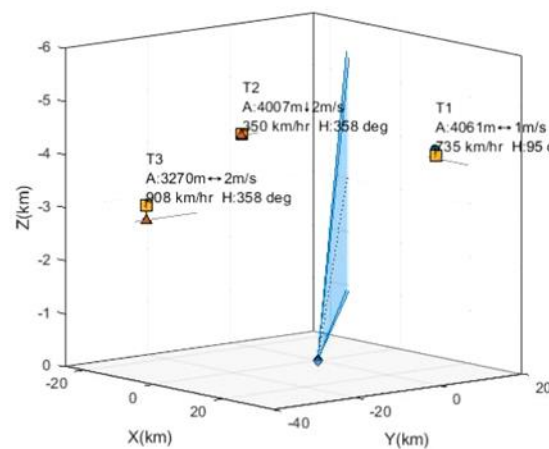
センサーフュージョンによる自己位置推定とトラッキング

Sensor Fusion and Tracking Toolbox



センサーシミュレーションとシナリオ生成

トラッキングと位置推定のアルゴリズム



可視化と精度指標

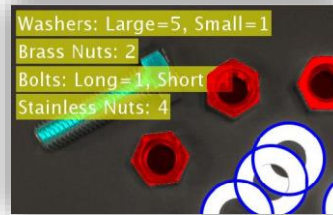
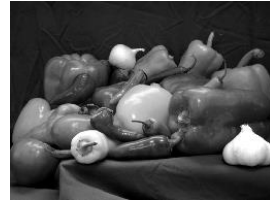
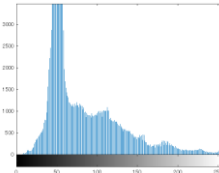
コード生成とハードウェア接続¹

¹ アドオンでサポート

画像処理・コンピュータビジョン・機械学習

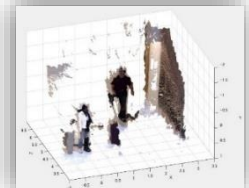
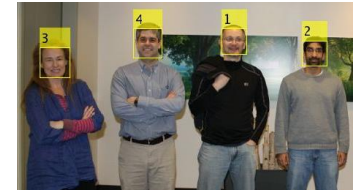
Image Processing Toolbox

- コーナー、円検出
- 幾何学的変換
- 各種画像フィルタ処理
- レジストレーション（位置合せ）
- セグメンテーション（領域分割）
- 画像の領域の定量評価



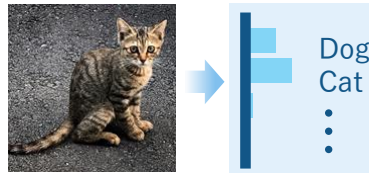
Computer Vision System Toolbox

- カメラキャリブレーション
- 特徴点・特徴量抽出
- 機械学習による物体認識
- 動画ストリーミング処理
- トラッキング
- ステレオビジョン・3D



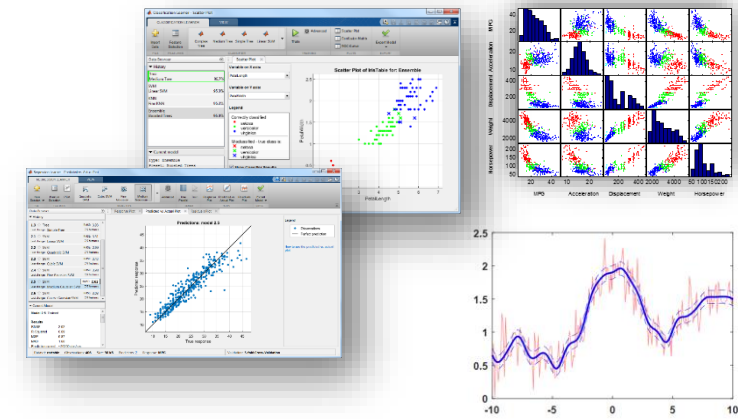
Deep Learning Toolbox

- ディープラーニングの学習推論
- CNNによる物体認識
- R-CNN/Fast R-CNN/Faster R-CNN
- SegNet/U-Netによるセマンティックセグメンテーション
- LSTMによる時系列予測



Statistics and Machine Learning Toolbox

- 機械学習
- 多変量統計
- 確率分布
- 回帰と分散分析
- 実験計画
- 統計的工程管理





© 2018 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.