

ロボトレースで実感するモデルベースデザイン： Simulinkによるロボティクス開発ハンズオン

MathWorks Japan

アプリケーションエンジニアリング部

草野 駿一



- 世界中の数百万人ものエンジニアや科学者がMATLABとSimulinkを使用しています



500万人以上

ユーザは180を超える国に



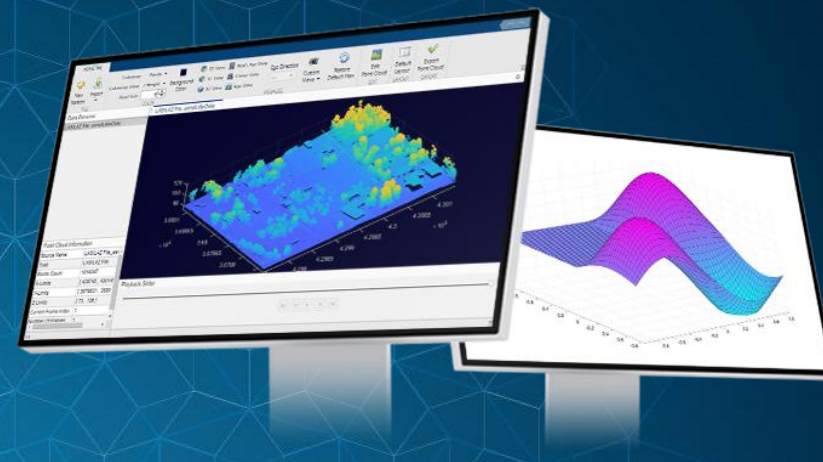
100,000+

企業や大学などの組織



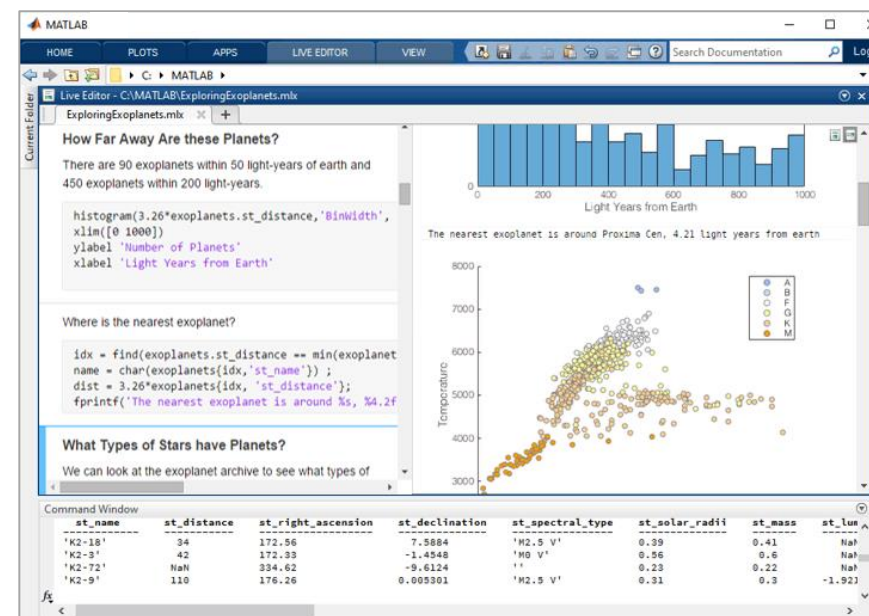
自動車と航空宇宙の
トップ10企業のすべて

MATLAB® & SIMULINK®

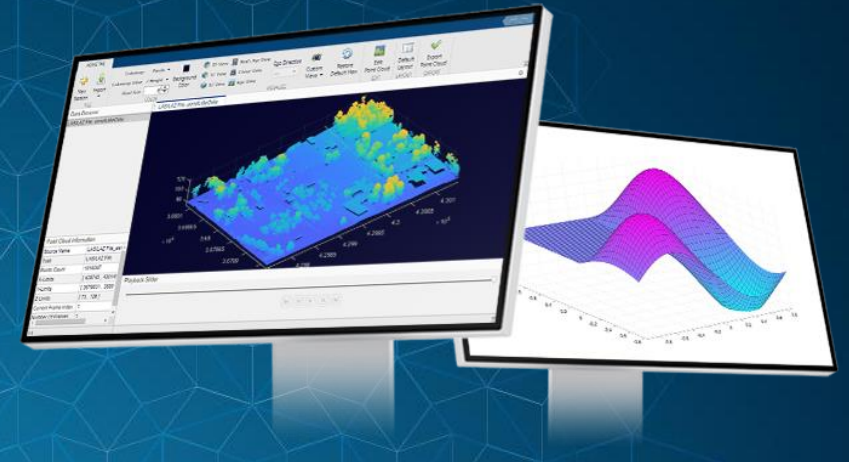


MATLAB

- **MATLAB** – アルゴリズム開発、データ解析、可視化、数値計算のためのプログラミング環境

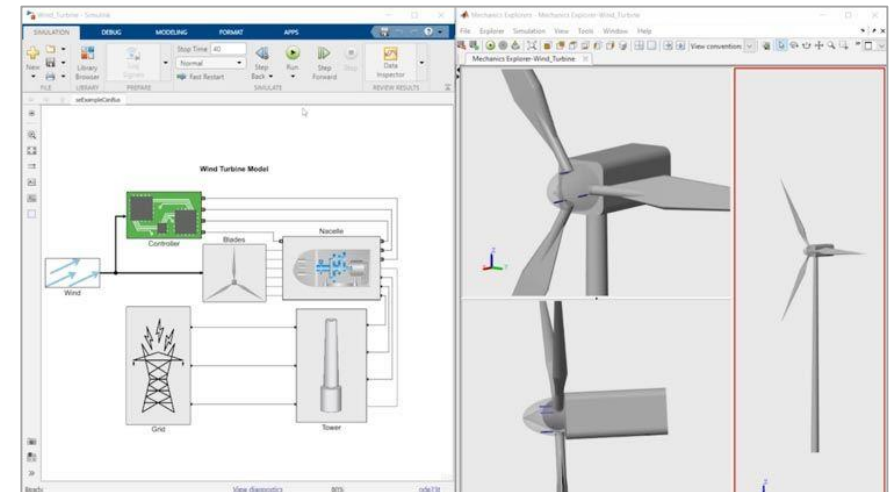


MATLAB® & SIMULINK®

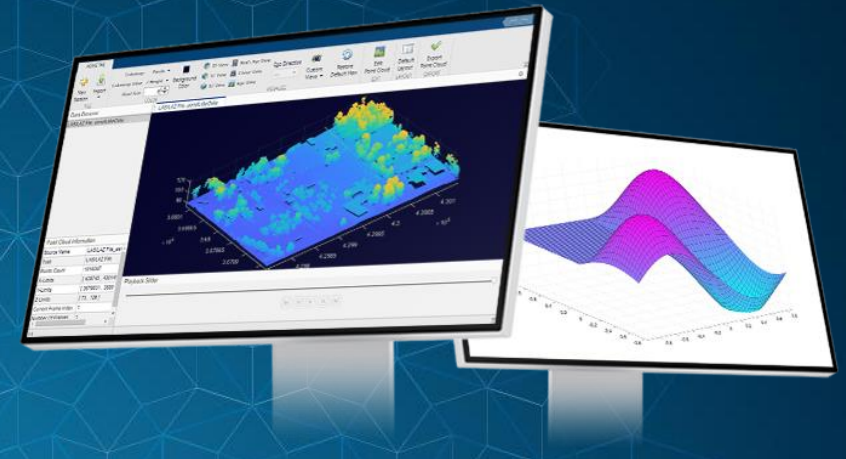


- **MATLAB** – アルゴリズム開発、データ解析、可視化、数値計算のためのプログラミング環境
- **Simulink** – マルチドメインおよび組み込みエンジニアリング・システムのシミュレーションとモデルベースデザインを行うためのブロック線図環境

Simulink

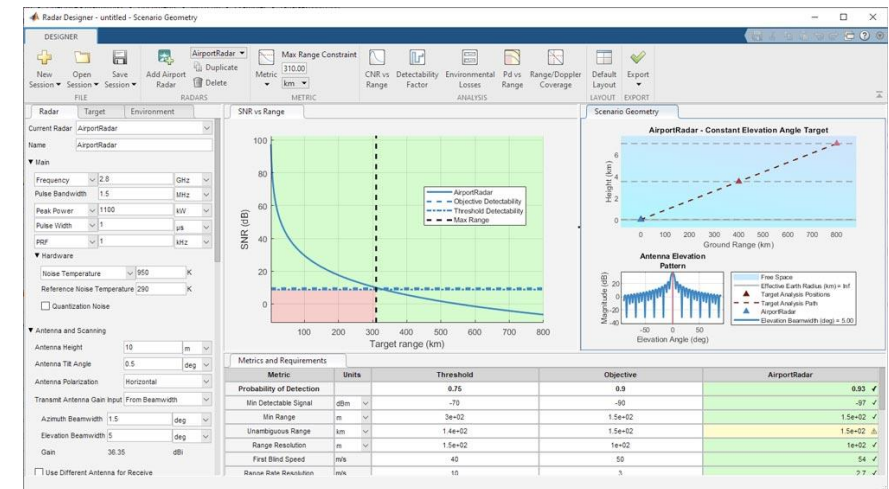


MATLAB® & SIMULINK®



- **MATLAB** –アルゴリズム開発、データ解析、可視化、数値計算のためのプログラミング環境
- **Simulink** –マルチドメインおよび組み込みエンジニアリング・システムのシミュレーションとモデルベースデザインを行うためのブロック線図環境
- 専門タスクに特化した**130 以上**のアドオンツール

Radar Toolbox



目次

- MBDとは？
- ハンズオン
- さらに学習したい皆様へ

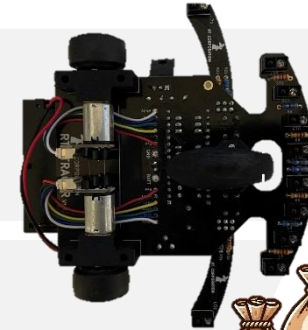
目次

- MBDとは?
- ハンズオン
- さらに学習したい皆様へ

これまでの開発

現実

試作機



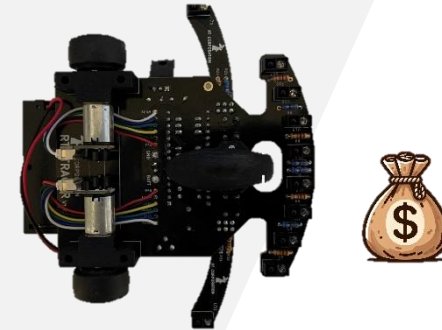
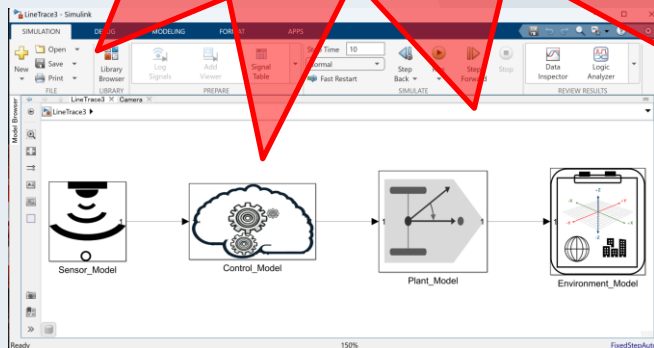
モデルベース開発

モデル

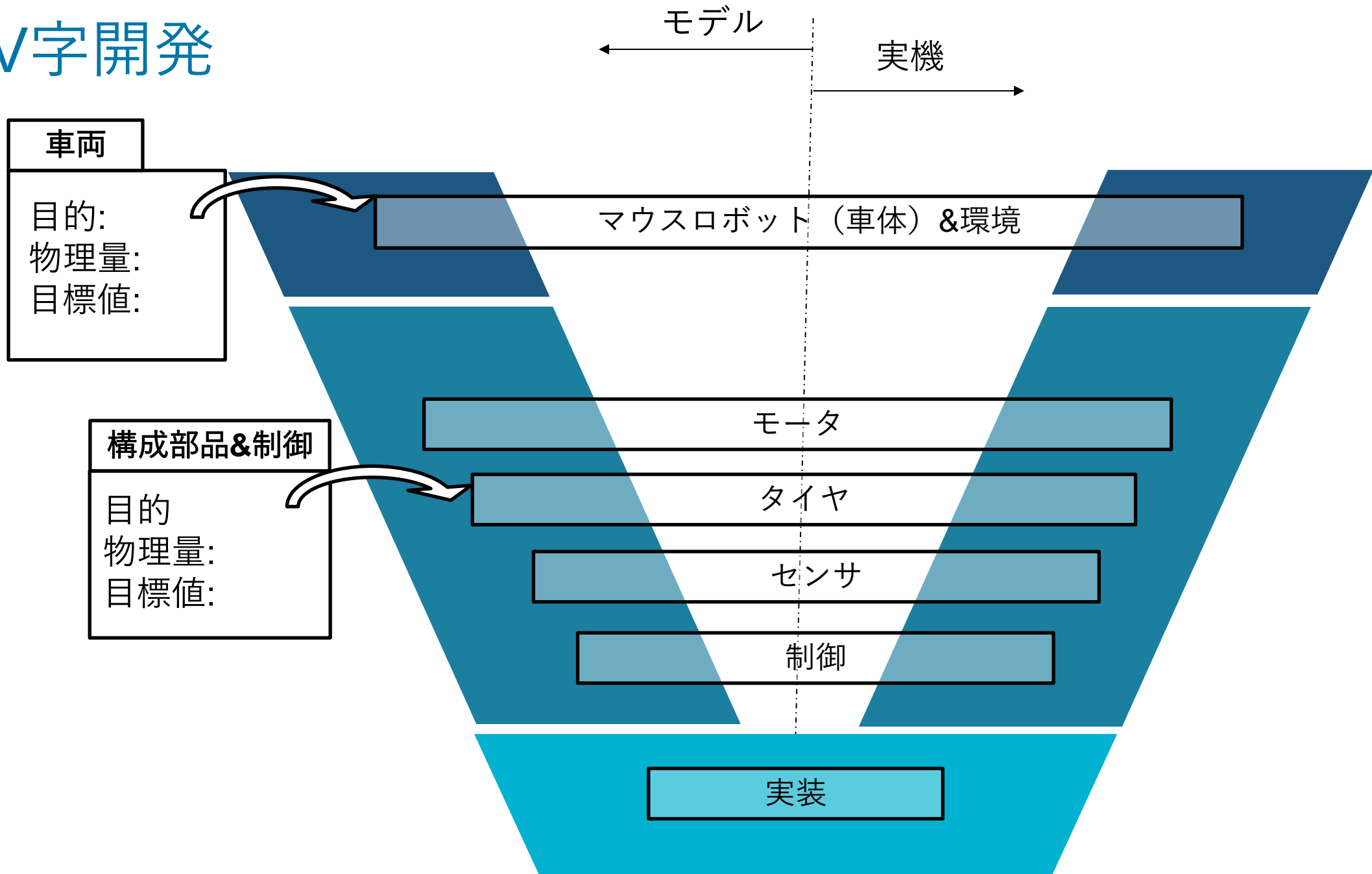
現実



モデル作成
場所と時間とお金を節約！



V字開発



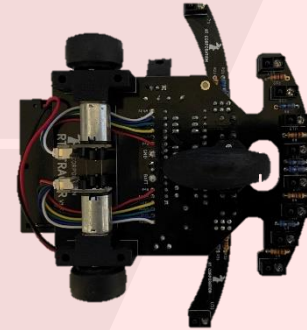
モデルベース開発

モデル

実機



モデル



実機

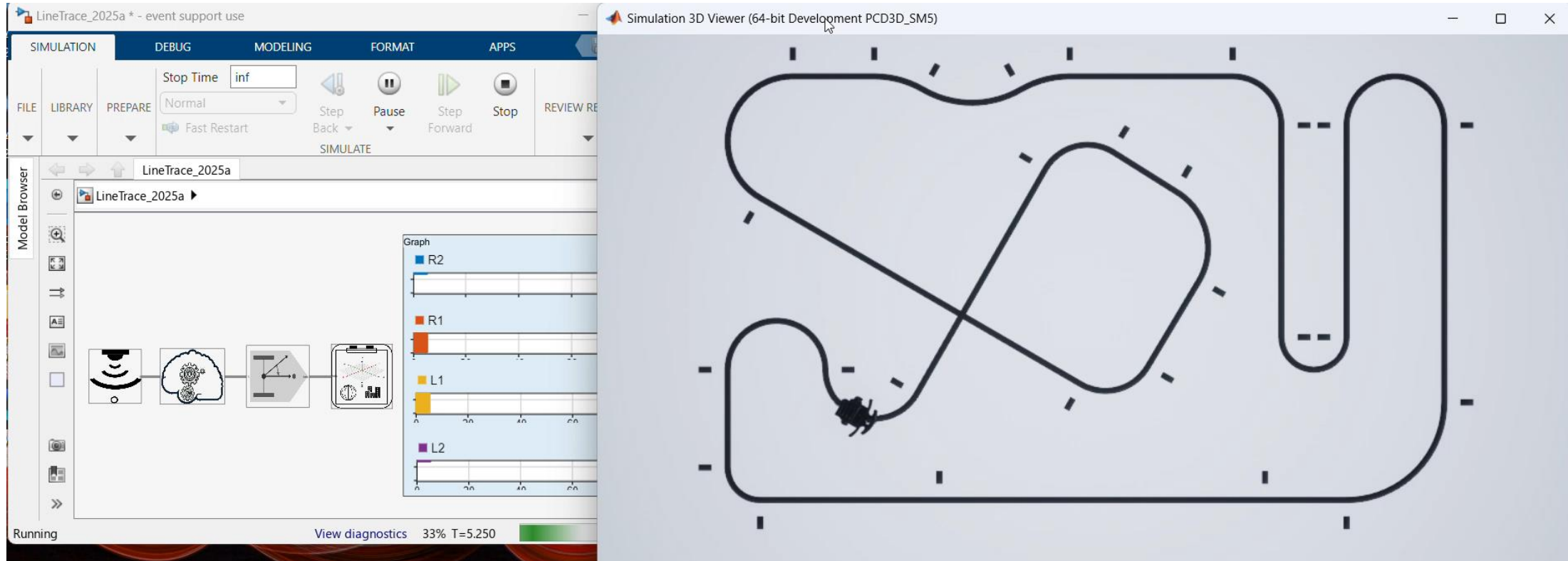


比較検討&再設計

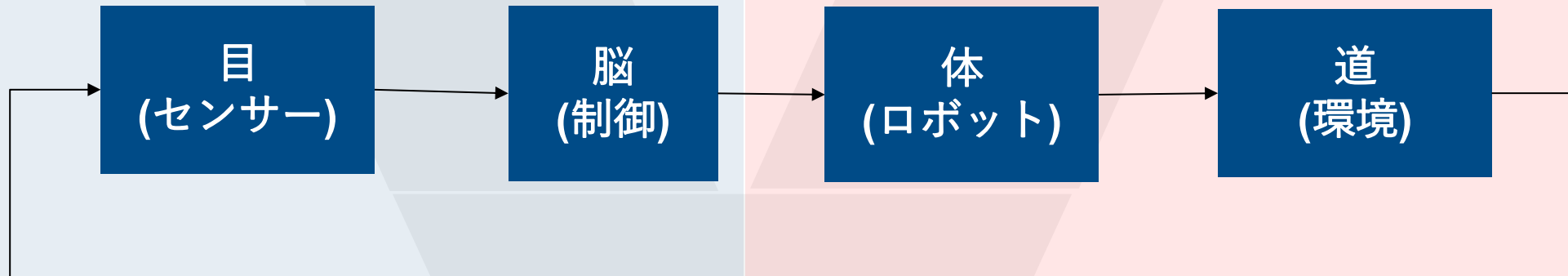
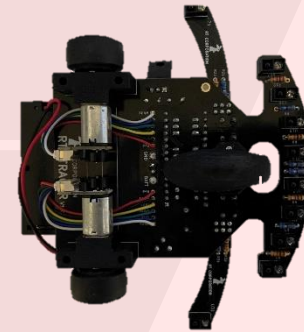
目次

- MBDとは?
- ハンズオン
- さらに学習したい皆様へ

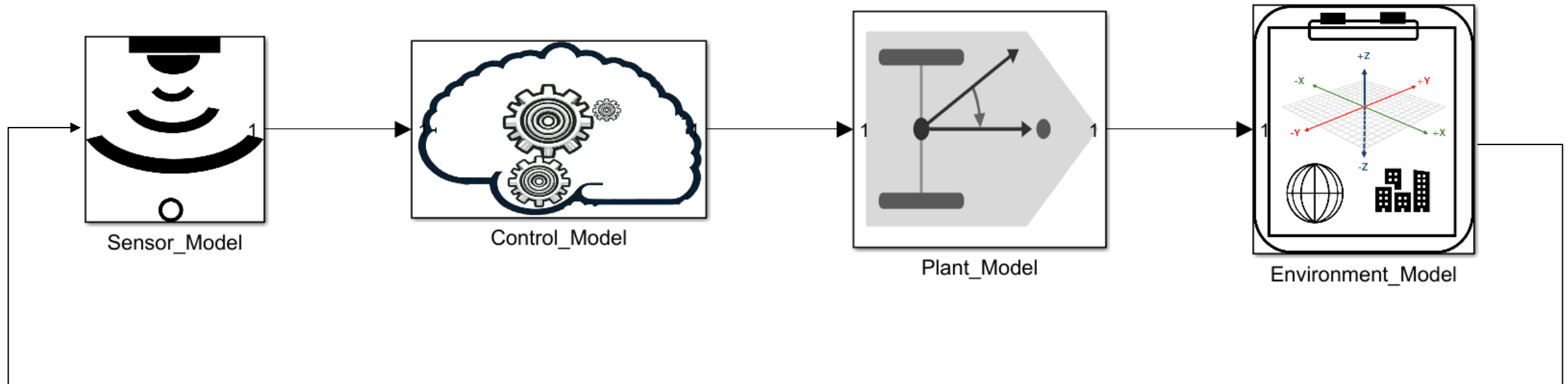
ロボトレースの開発をシミュレーションで体験



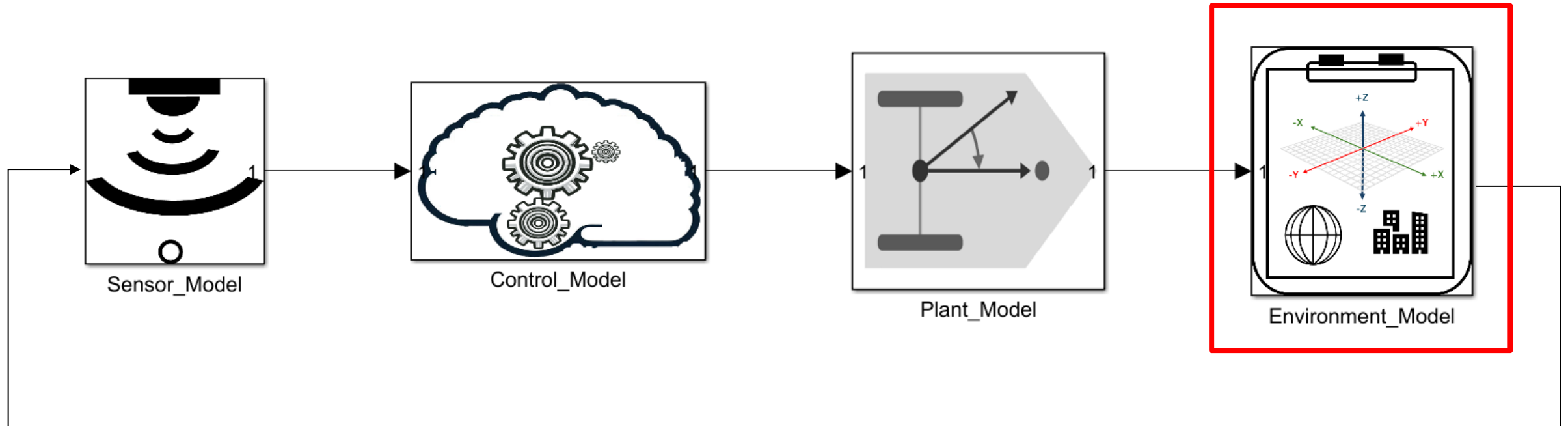
モデルベース開発



モデルの全体像

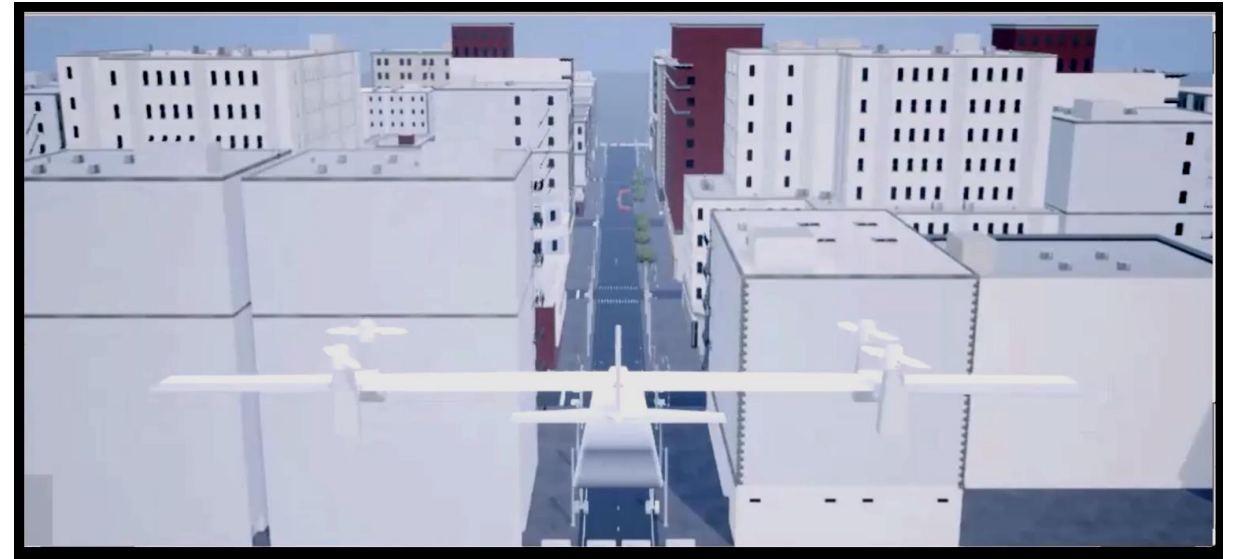


モデルの全体像



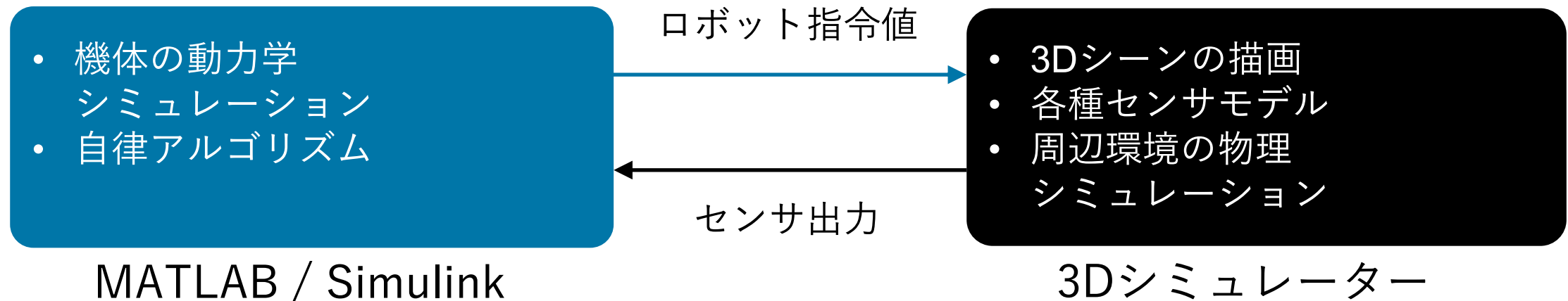
Unreal Engine®を使った3Dシミュレーション

- ゲームエンジンは下記の機能を
提供するソフトウェアフレームワーク:
 - 2D / 3Dレンダリング&ライティング
 - 物理エンジン(重力、摩擦など)
 - 接触判定
 - レイトレーシング
 - アニメーション
 - オーディオ
- ゲーム業界はもちろん、産業界での活用
も進む
- MATLABは
Epic Games®のUnreal Engine®
の連携サポート



MATLAB と 3Dシミュレーターの連携

- MATLAB を連携することでロボットシミュレーションを効率化



- 高精度な運動シミュレーション
車両や機体運動の確定的な演算
- AI・ロボットアルゴリズムを提供
ローコードによる高度な機能開発
- シームレスにハードウェア実装
自動コード生成によりRCPやHILS

- フォトリアリスティックな環境再現
忠実度の高い可視化やセンサーの再現
- 豊富な3Dアセット
道路、工場、建設現場、農場、etc.
- 大規模な物理演算
並列化による大規模な物理演算

3Dシミュレーションのメリット

実機試験の課題

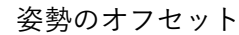
- 実機がないと試験できない
- 取得データは安全なもの、かつ、データ数が限られる
- 再現性の確保、課題発見時の解析が困難



3Dシミュレーション環境活用の利点

- 実機がなくても試験ができる
- コーナーケースやバリエーションを振った試験の実行
- 真値を使った、正確な評価・比較
- Deep Learningの教師データ、
アルゴリズム検証用の正解ラベルを自動生成

3Dシミュレーションを活用することで開発全体を効率化



時間計測のための超音波センサ

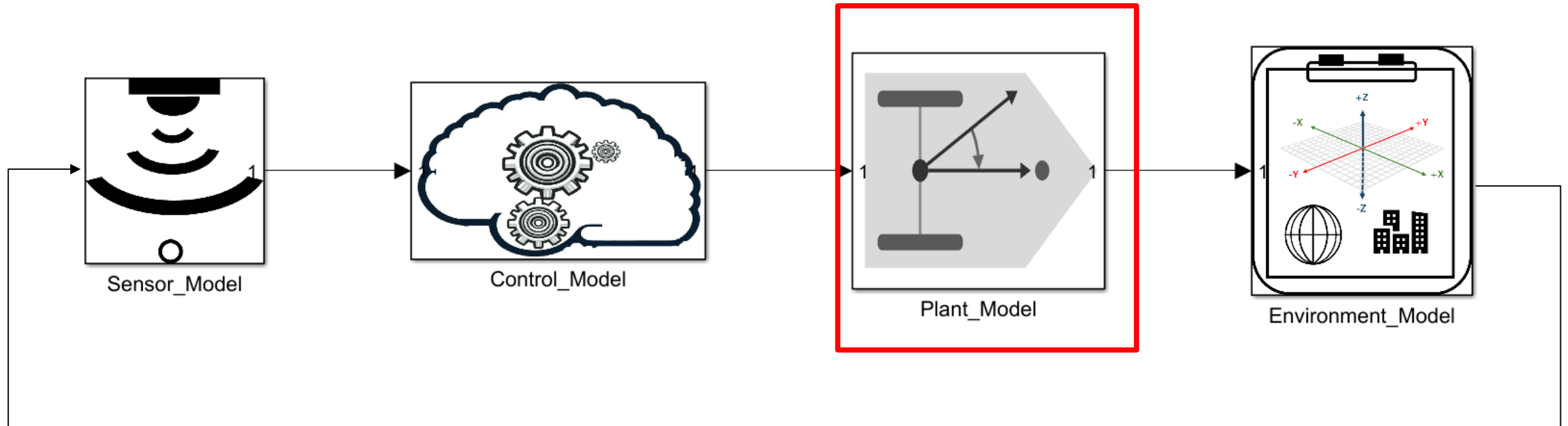
Unreal Engineに接続 シーンやカメラの指定

コースのSTLファイル

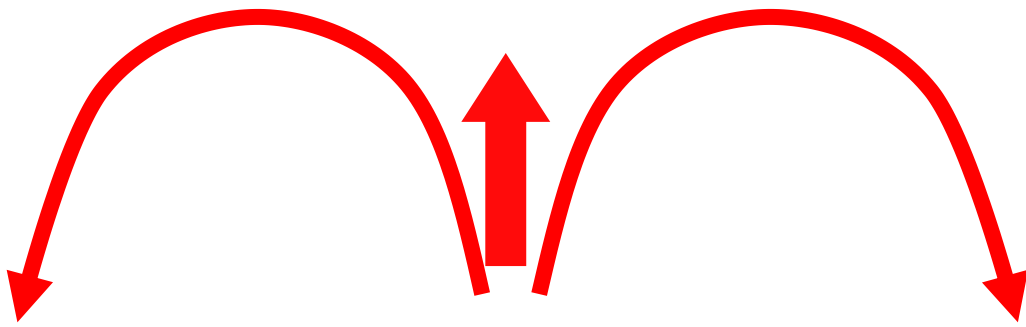
地面（薄い平板）

ロボットのSTLファイル

モデルの全体像

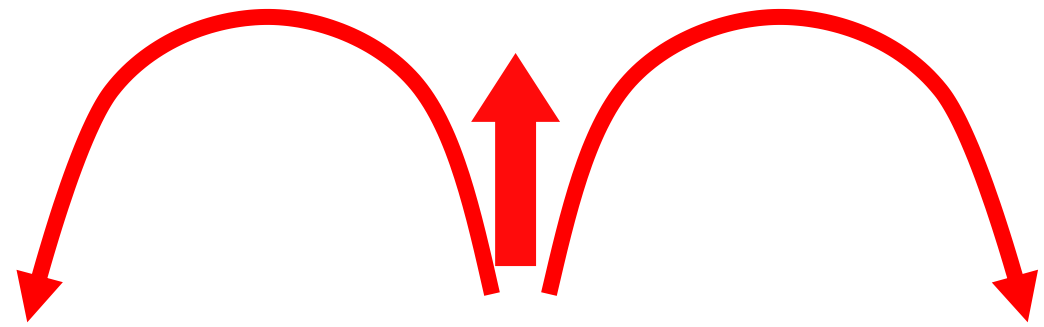


左右のタイヤを動かすとロボットはどう動くか？



2 [m/s]

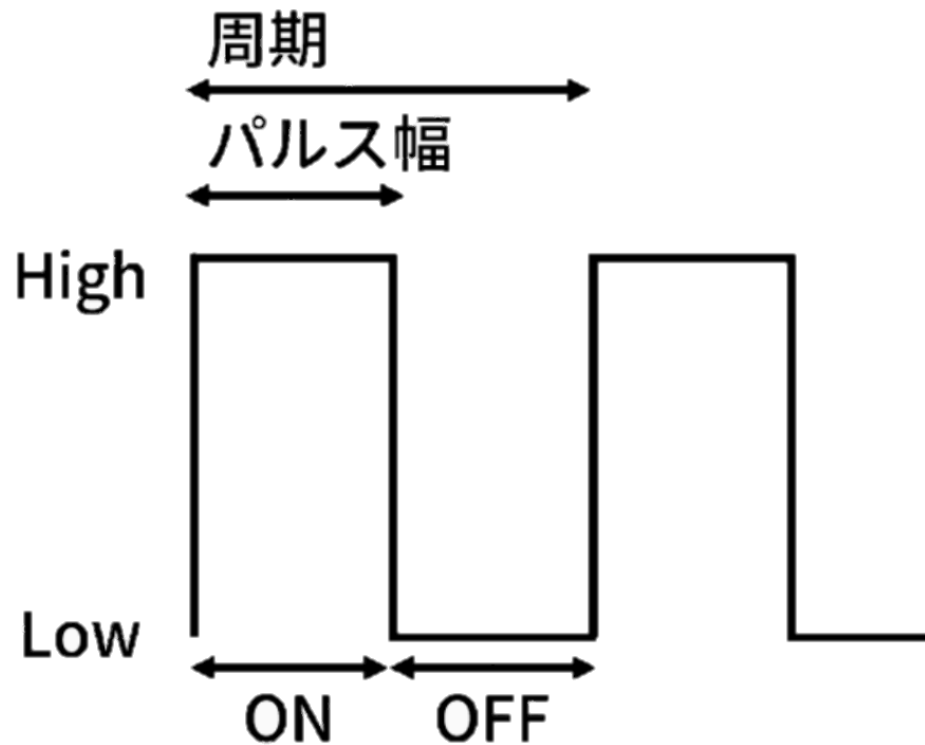
2 [m/s]



5 [m/s]

3 [m/s]

DCモータ制御方法

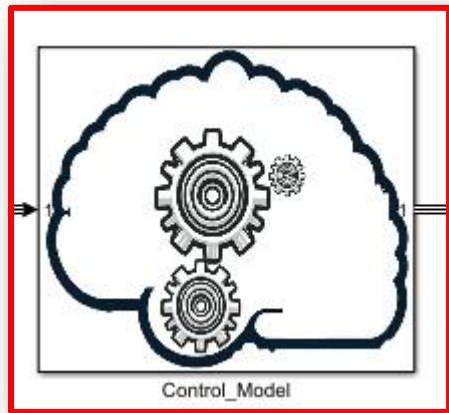


モータをPWMで制御

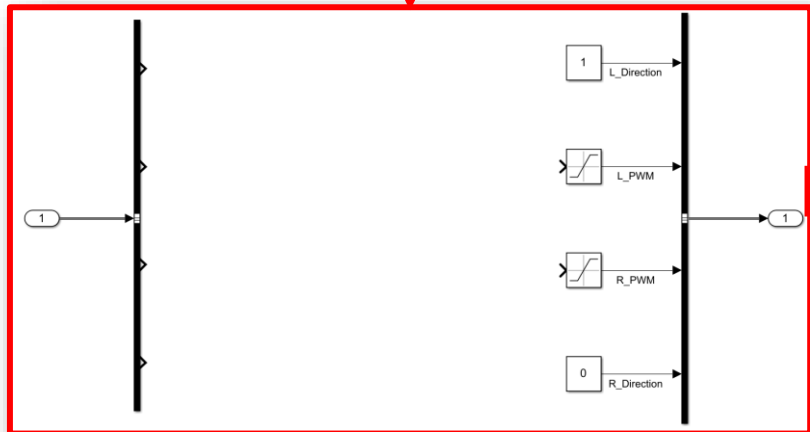
- ・ 今回PWMの値は0 - 99%
- ・ モータに数値の指令を入れると動き出す
- ・ 数値の値によって回転速度が変わる

パルス幅 PWM [%]	0	50	99
Motor 回転数			

ハンズオン①：制御モデルに左右等速のPWMを入力しよう

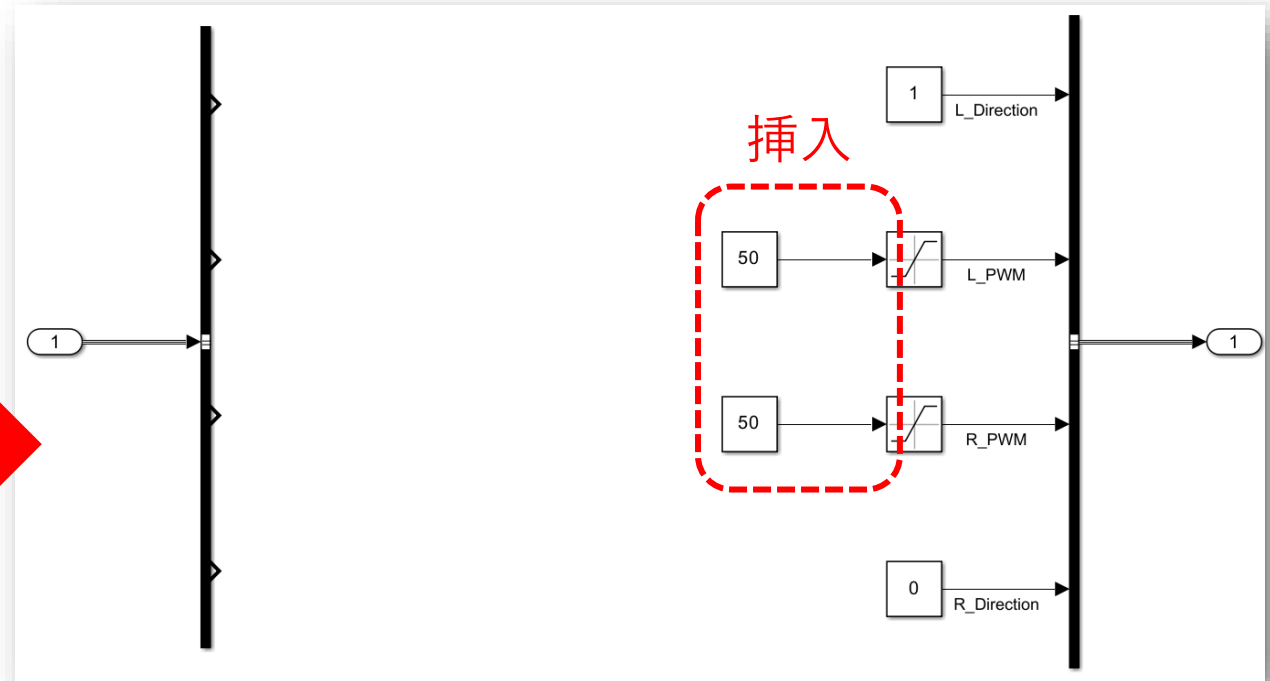


ダブルクリック



モデルの初期状態

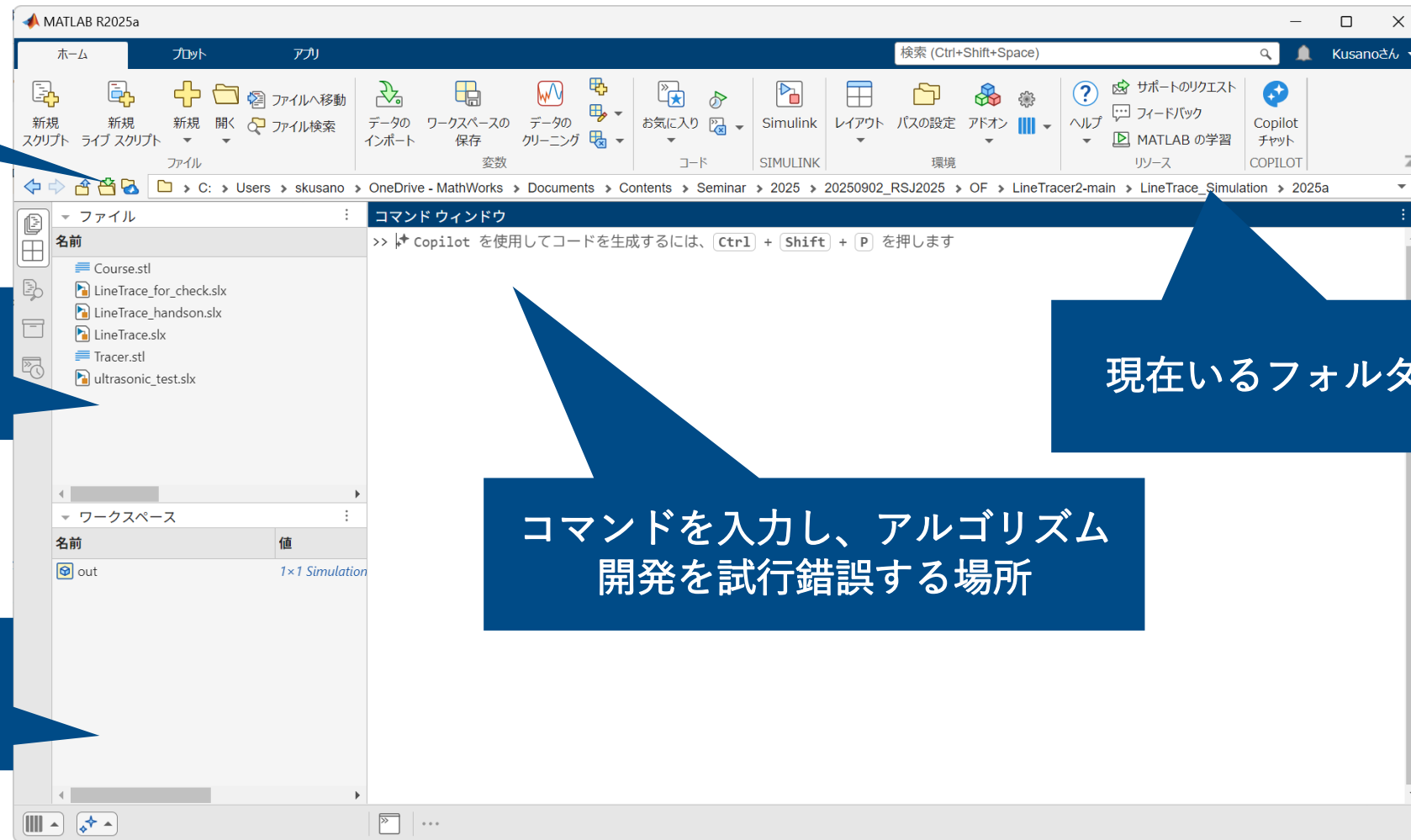
完成したモデルの様子



ハンズオン①

MATLABのデスクトップ画面

フォルダを移動

今いるフォルダの
ファイルを表示計算中のデータや変
数などを表示

現在いるフォルダの場所を表示

コマンドを入力し、アルゴリズム
開発を試行錯誤する場所

ハンズオン①

Line_Trace_handson.slxを開く

MATLAB R2025a

ホーム プロット アプリ

新規スクリプト 新規ライブスクリプト 新規 開く ファイルへ移動 ファイル検索 データのインポート ワークスペースの保存 データのクリーニング 新規変数 変数を開く ワークスペースのクリア お気に入り 実行および時間 コマンドのクリア コード

ファイル

名前 サイズ 更新日

Course.stl	627 KB	2025/07/23
LineTrace_2025a.slx	3.74 MB	2025/07/23
LineTrace_for_check.slx	3.74 MB	2025/07/23
LineTrace_handson.slx	3.75 MB	2025/08/31
Tracer.stl	15.49 MB	2025/07/23

コマンド ウィンドウ

>> Copilot を使用してコー

ダブルクリック

ハンズオン①

Simulinkキャンバスでのブロックの追加方法

挿入したいところで
ダブルクリック

ブロック名を検索し
選択

ブロックが挿入

このブロックは
Constantブロックだ



ハンズオン①

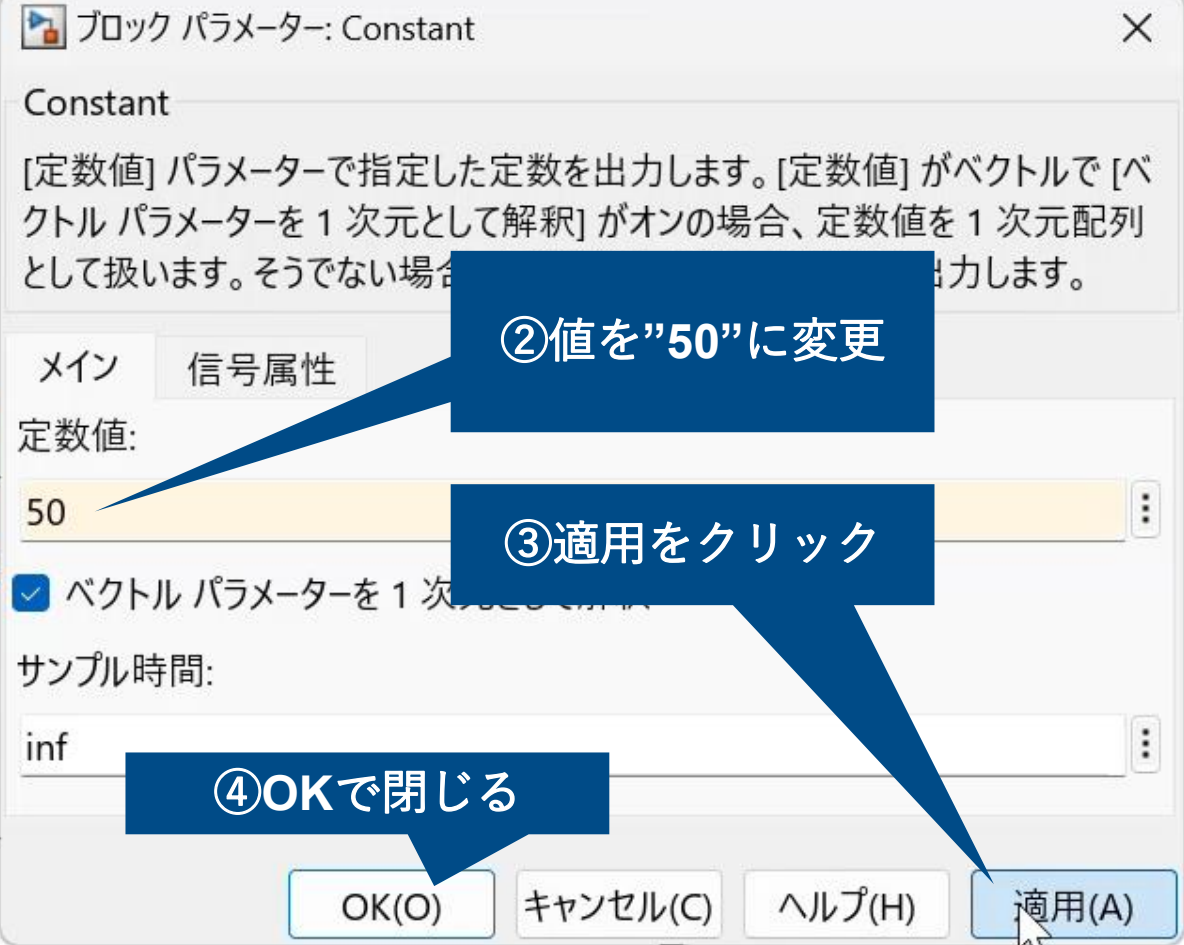
Constantブロックパラメータの定義・変更

①ダブルクリック

②値を"50"に変更

③適用をクリック

④OKで閉じる



ハンズオン①

ブロック同士の結線の方法

標準的な手順

端子をクリックして
ドラッグ

矢印を引っ張って...

目的の端子にもっていけ
ば結線される

もう一つの手順

端子同士を近づけると線の
候補が浮かび上がる

クリックして結線

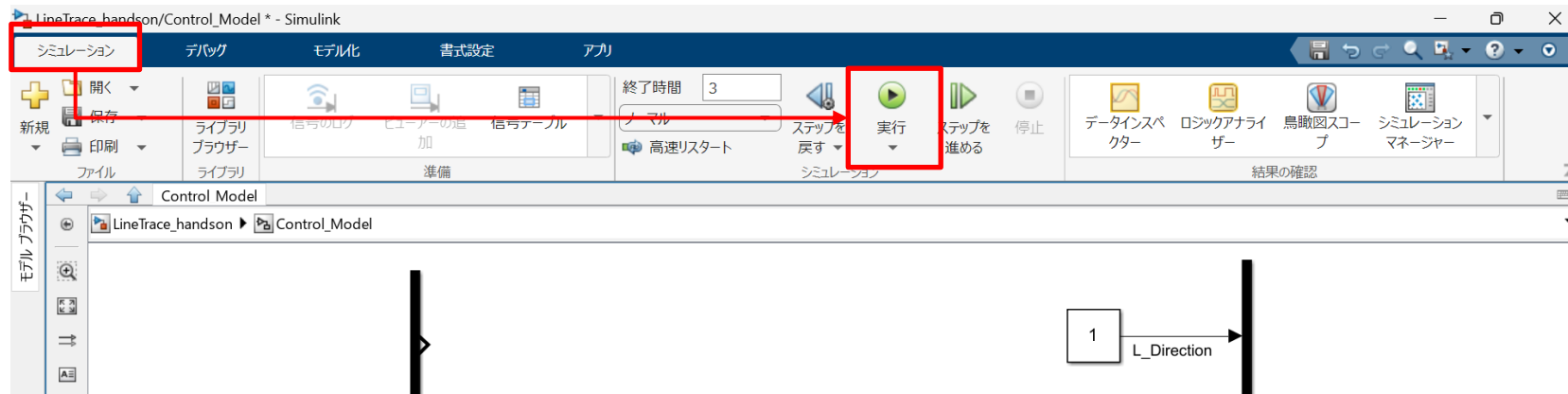
ハンズオン①

できたモデルを実行してみよう

- 「シミュレーション」タブの

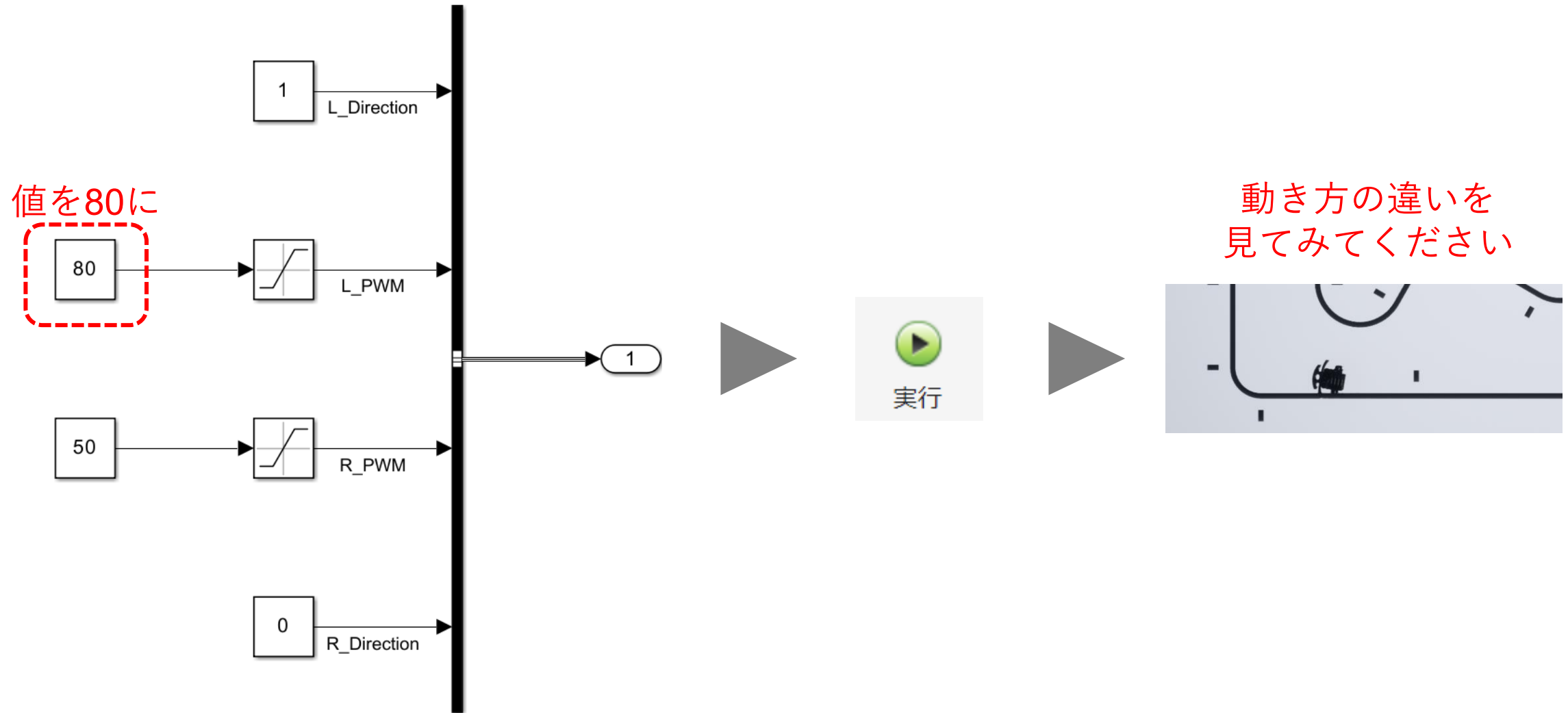


をクリックしてモデルを実行します



ハンズオン②

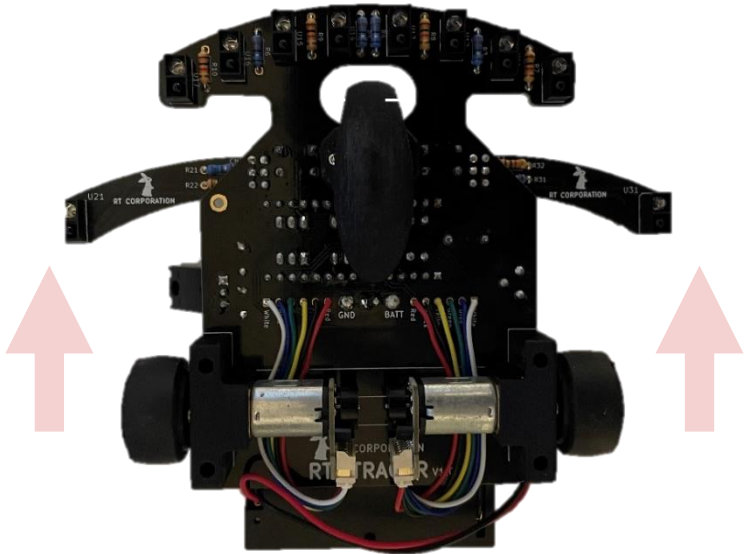
左側のタイヤに大きめのPWMを入力してみよう



運動のモデル（前進）



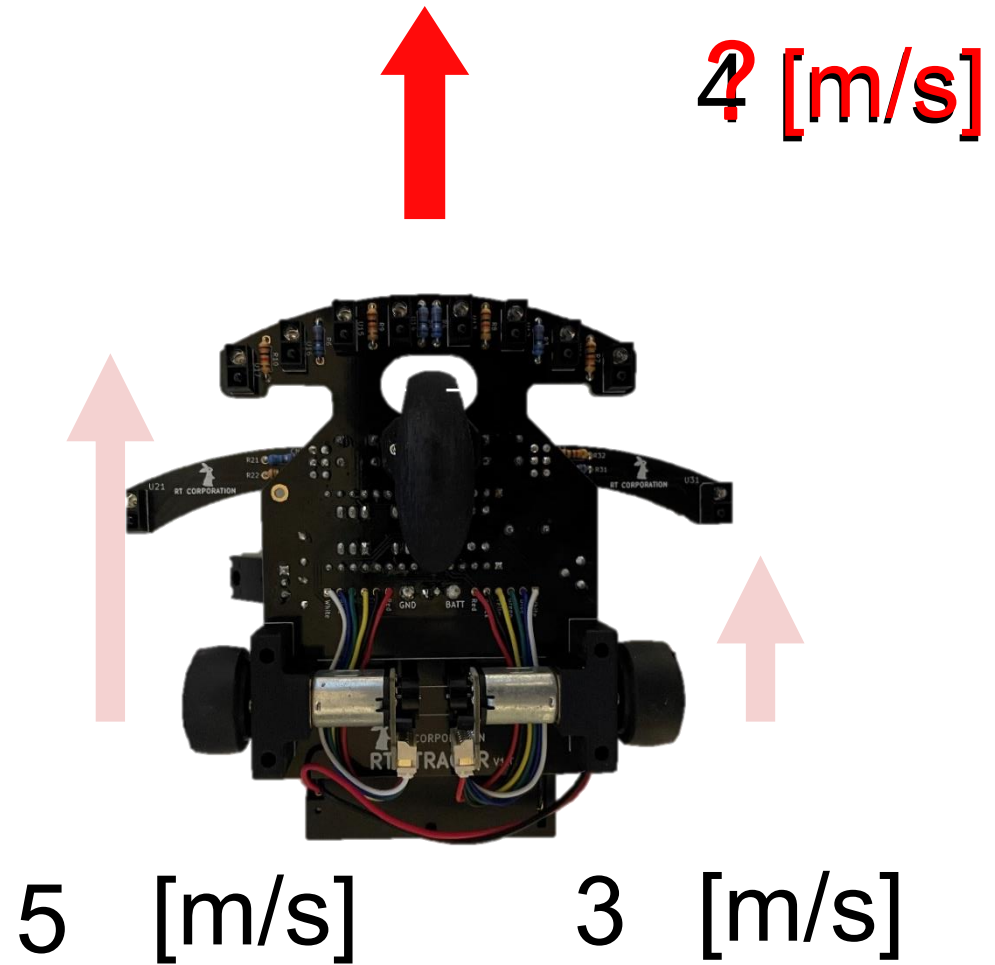
2 [m/s]



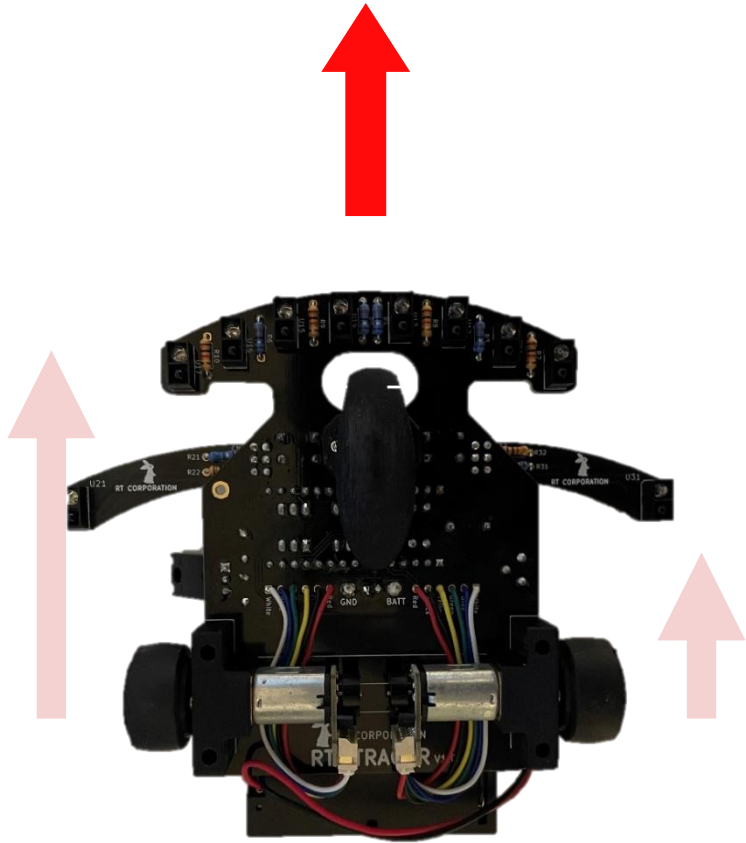
2 [m/s]

2 [m/s]

運動のモデル（旋回）



運動のモデル（旋回）

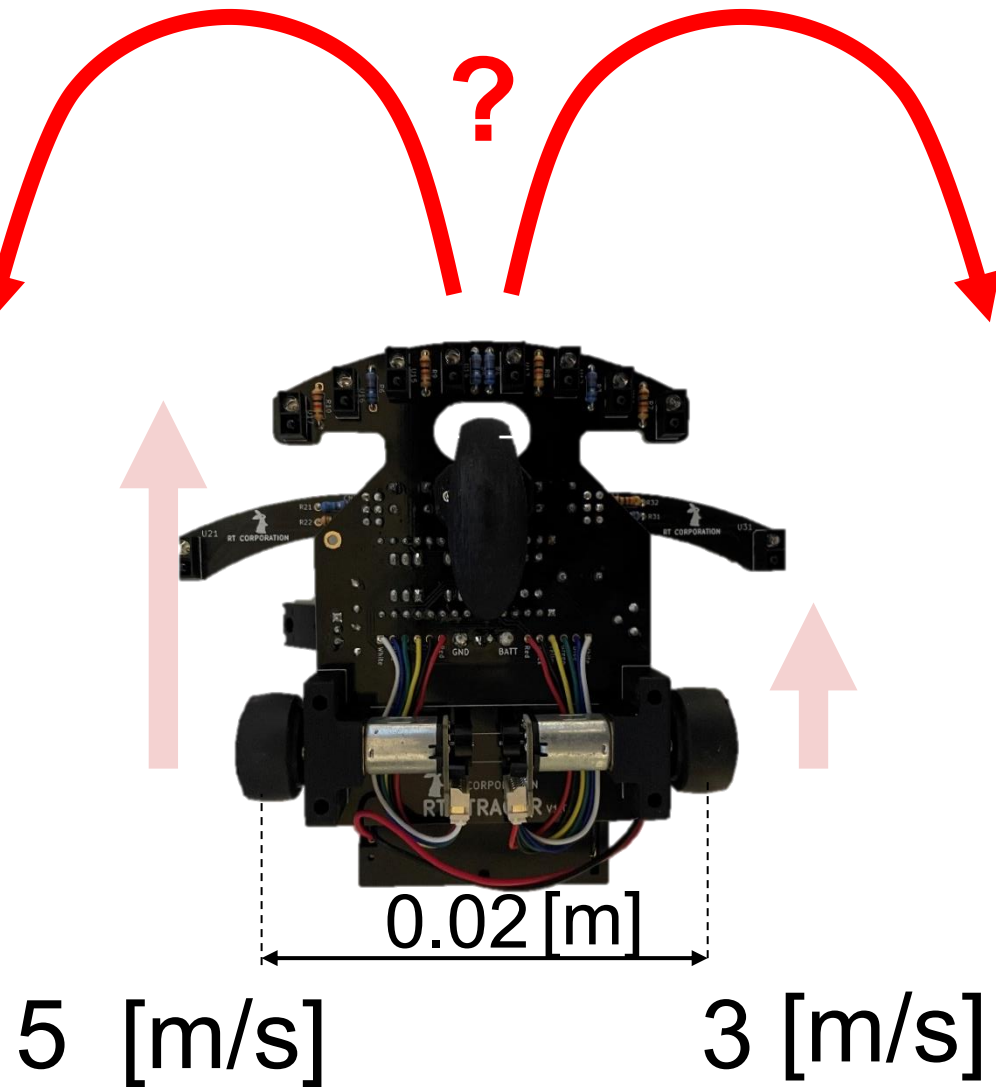


$$4 \text{ [m/s]} = \frac{5 + 3}{2}$$

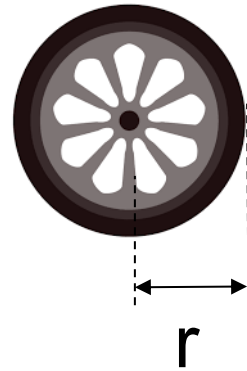
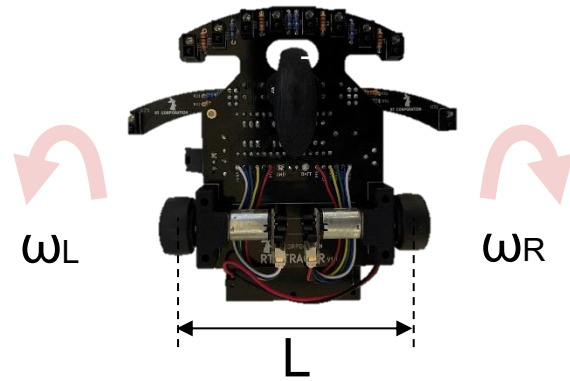
運動のモデル (旋回)

$$\omega = ? \text{ [rad/s]}$$

$$\omega = \underline{\hspace{2cm}}$$

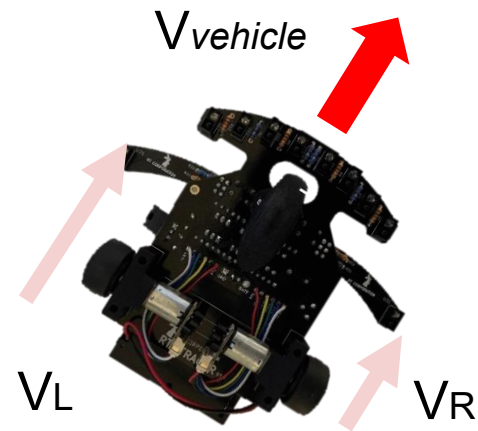


運動のモデル

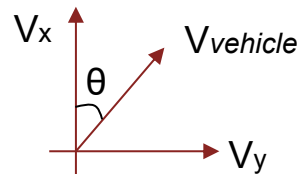


ω_L : 左車輪の角速度
 ω_R : 右車輪の角速度
 L : 車輪間距離
 r : タイヤ半径

$$V = \omega \cdot r$$

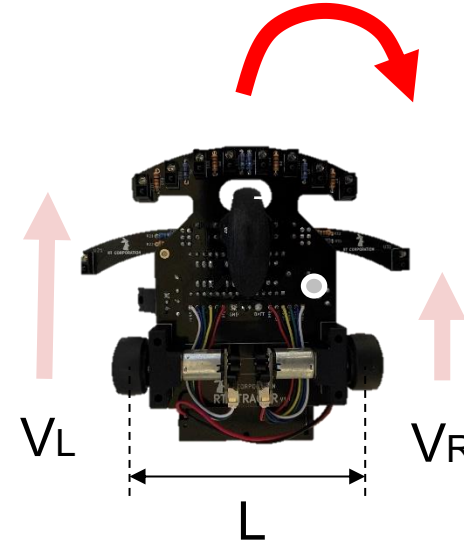


$$V_{vehicle} = \frac{V_L + V_R}{2}$$



$$V_x = V_{vehicle} \times \cos \theta_z$$

$$V_y = V_{vehicle} \times \sin \theta_z$$



$$\omega_{vehicle} = \frac{V_L - V_R}{L}$$

速度角速度から位置・角度への変換

速度 v $\xrightarrow{\text{積分}}$ 距離 X {

X: 前後

Y: 左右

Z: 上下 $\rightarrow 0$

θ_x : 側転 $\rightarrow 0$

θ_y : 前転 $\rightarrow 0$

θ_z : ひねり (旋回)

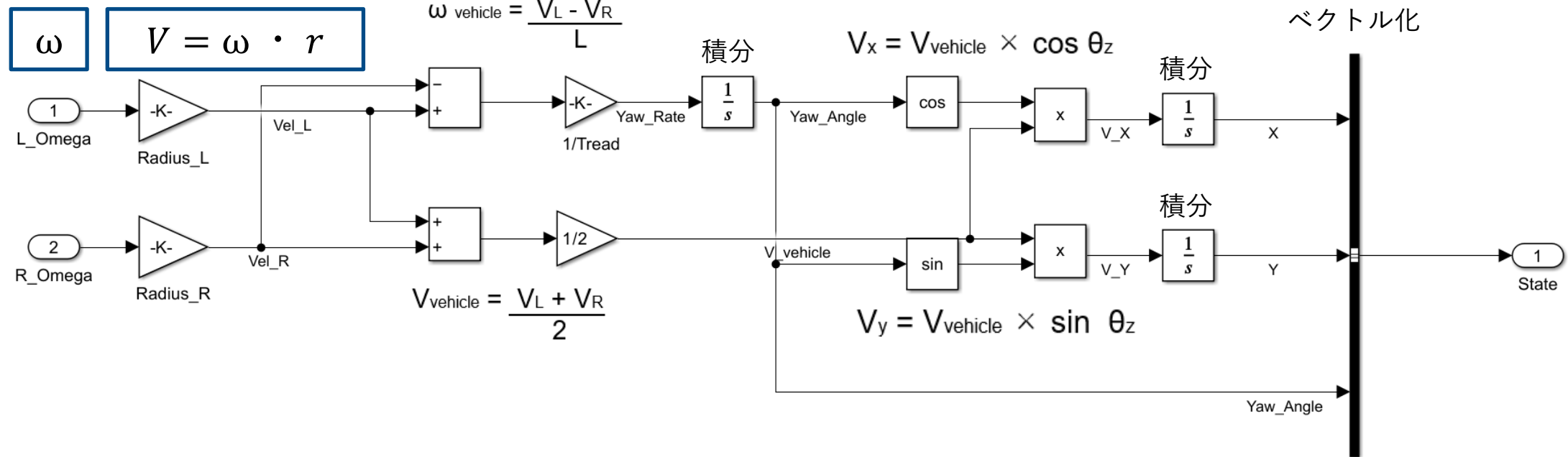
角速度 ω $\xrightarrow{\text{積分}}$ 角度 θ

プラントモデル

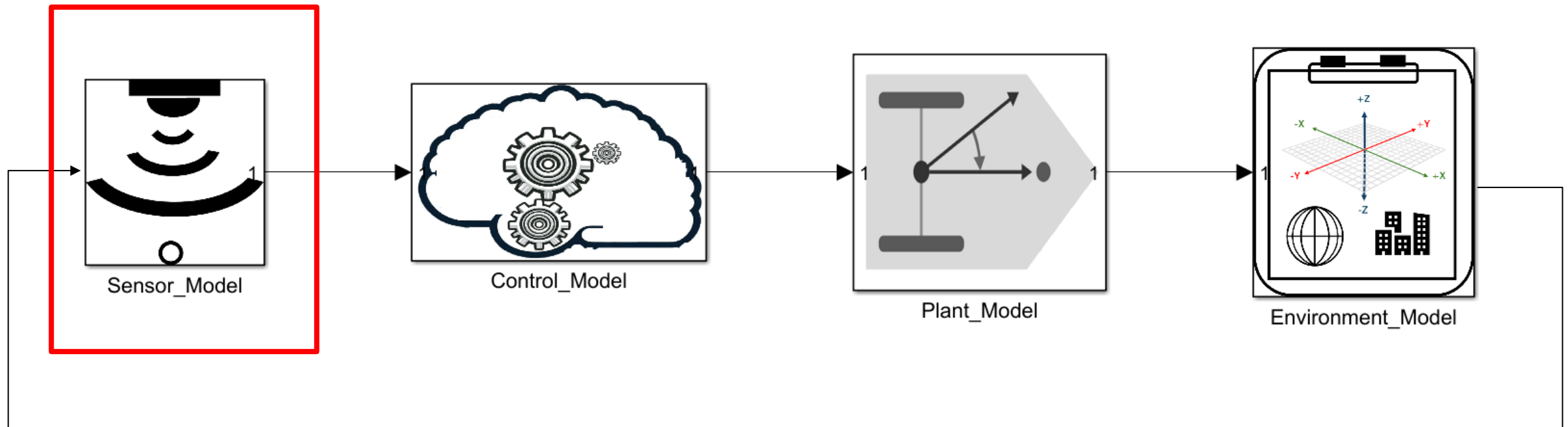
車輪回転から姿勢への変換

タイヤの
回転の
角速度

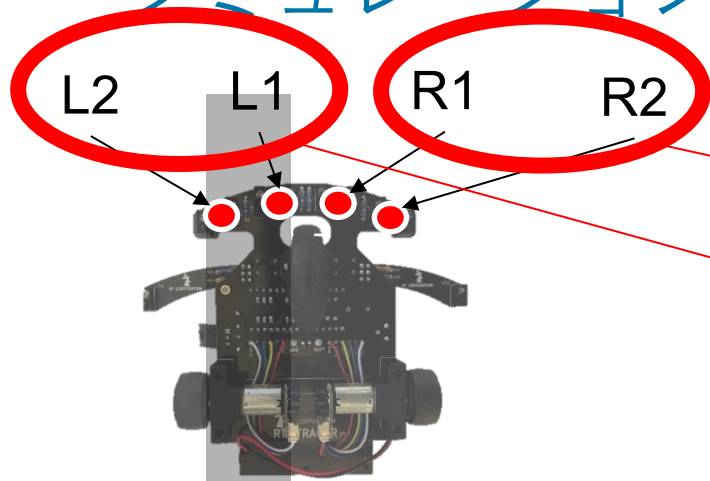
車両速度
に変換



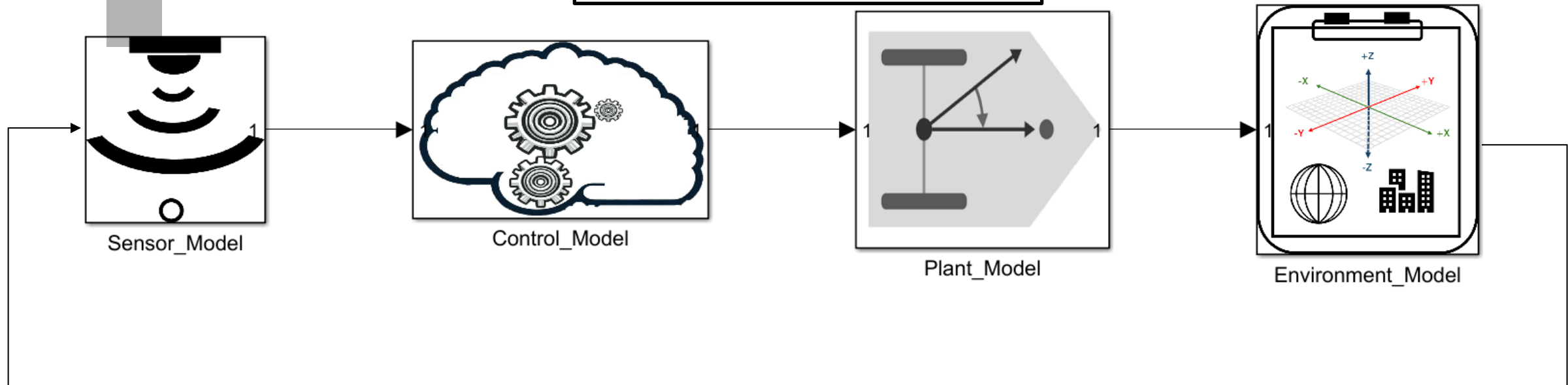
モデルの全体像



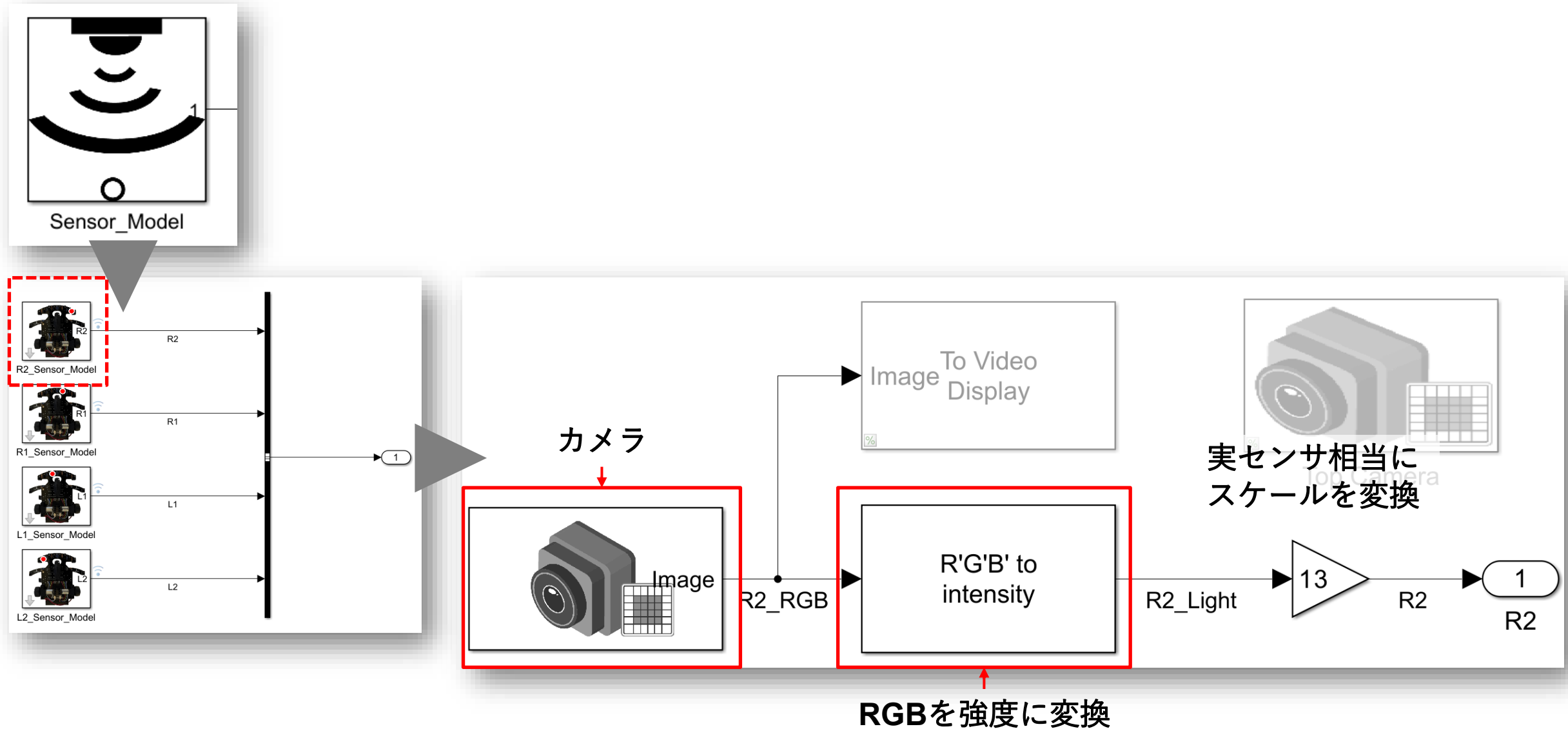
シミュレーション



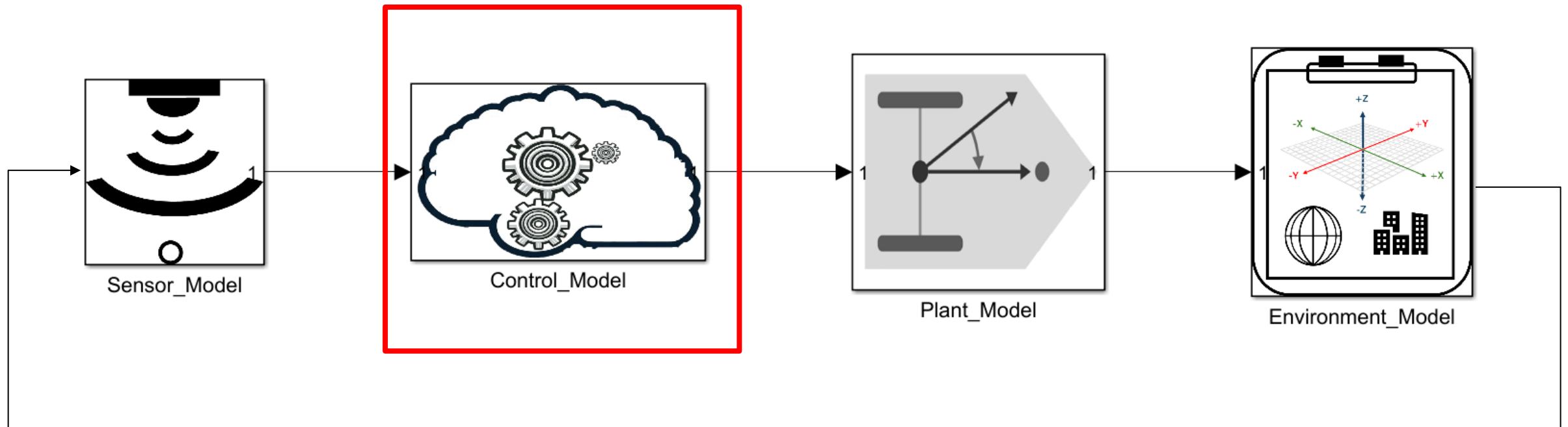
センサー値:
右: 大
左: 小



光学素子のモデル化



モデルの全体像

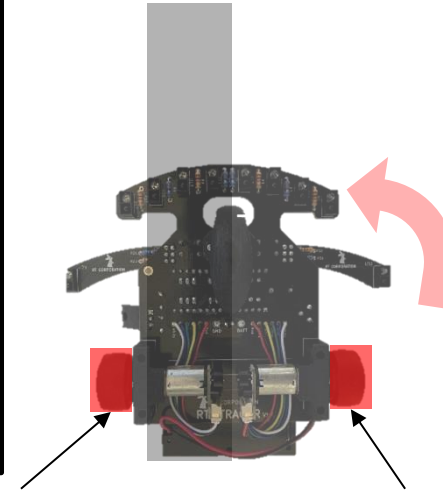


シミュレーション

モータ回転数

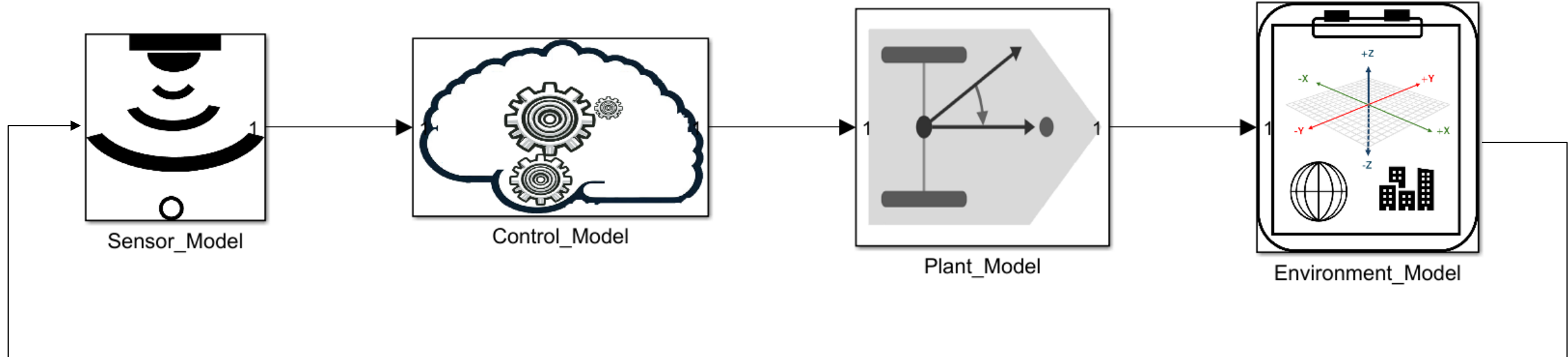
右: 大

左: 小

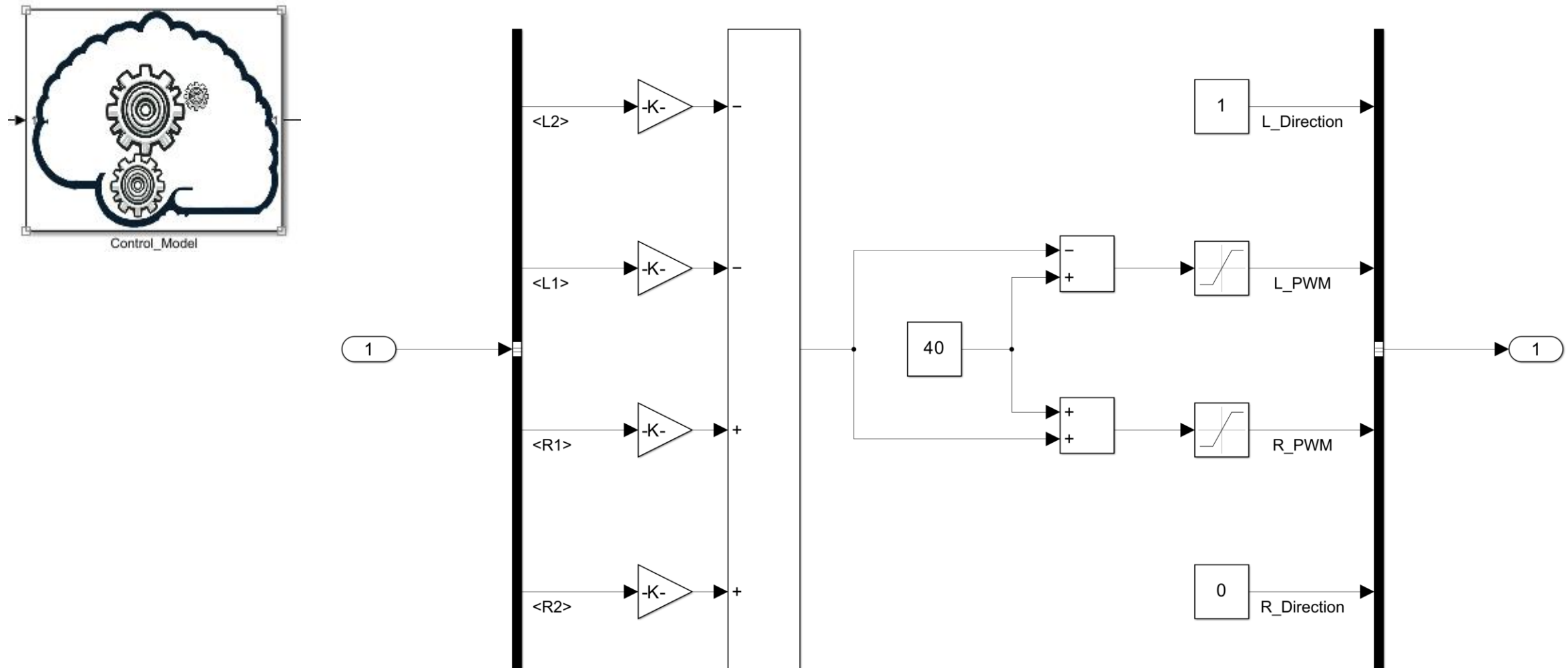


L_Wheel

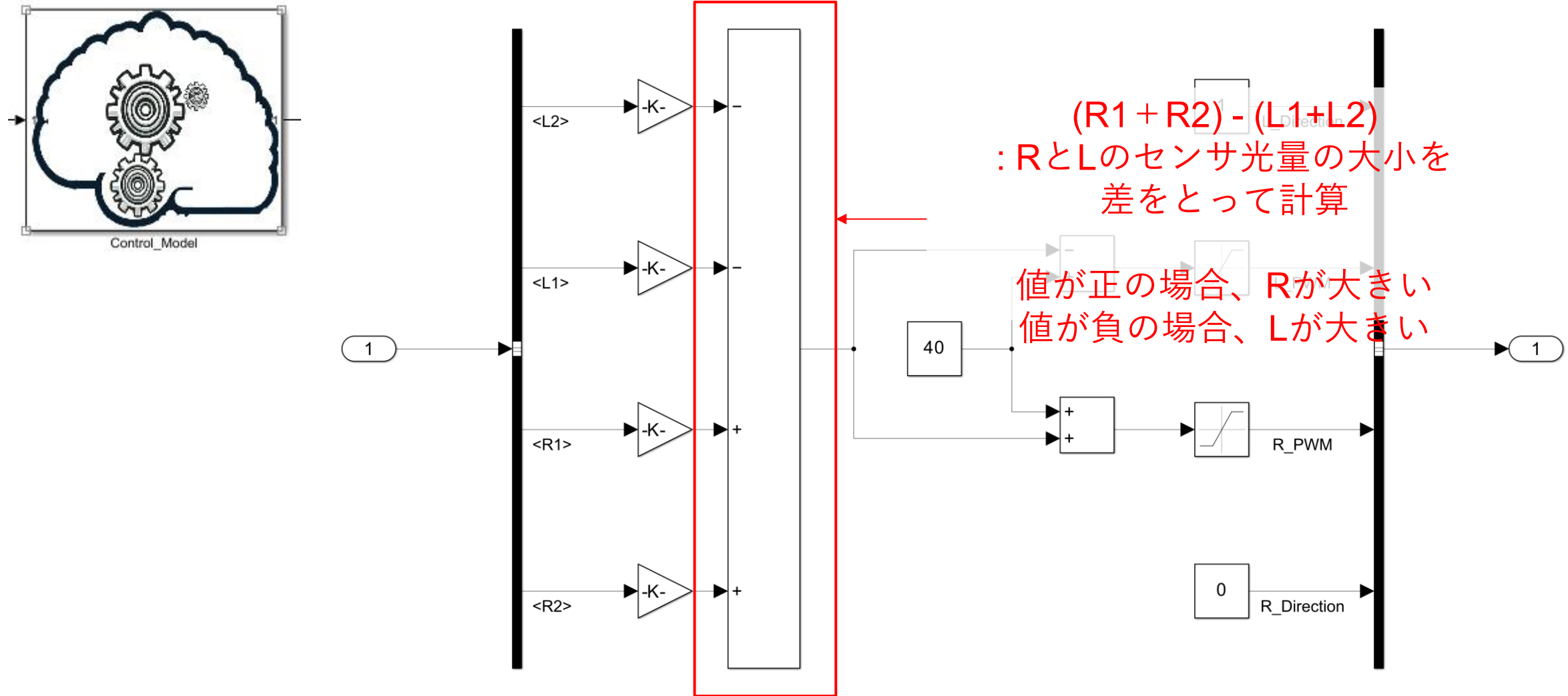
R_Wheel



ハンズオン③ 制御モデルを実装してみよう

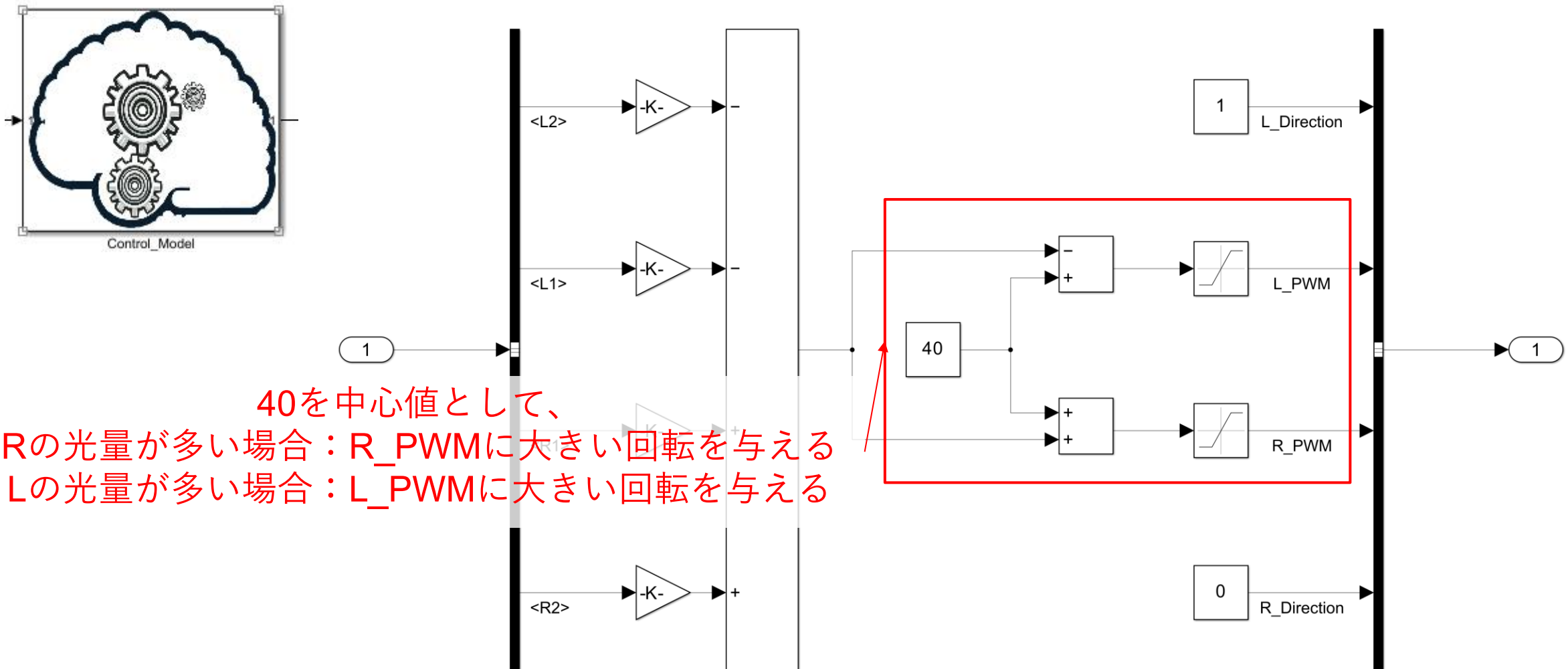


ハンズオン③ 制御モデルの内容①

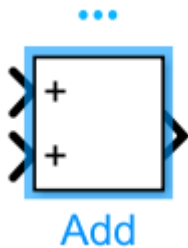


ハンズオン③

制御モデルの内容②



ハンズオン③ 使われているモデル



Addブロック

ダブルクリック

符号リスト:

++

符号リストにプラス、マイナスを記述して入力端子を定義します。



Gainブロック

ダブルクリック

ゲイン:

1/90

ゲインは1/90に設定



長さが足りないと-K-という表示になります。横に引き延ばすと数値が表示されます。



ハンズオン③

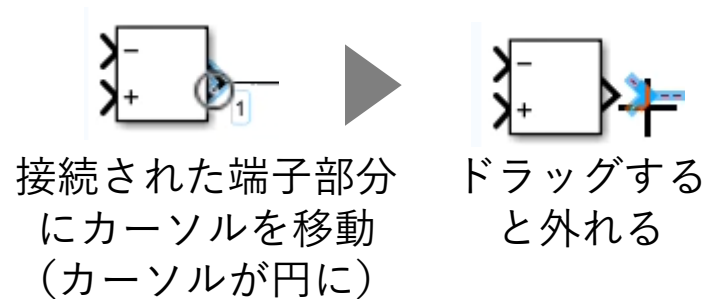
その他良く使う操作

ブロックを位置を
揃えてコピー

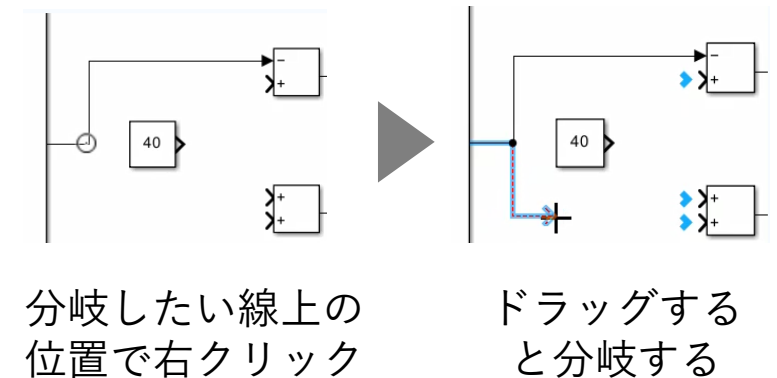


Ctrl+C→Ctrl+Vで通
常のコピー＆ペースト
もできます。

線とブロックを外す



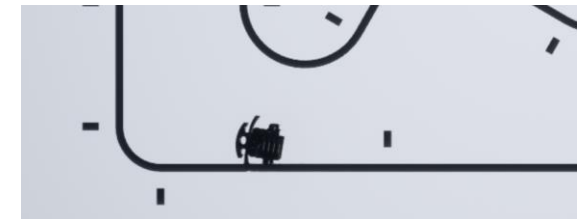
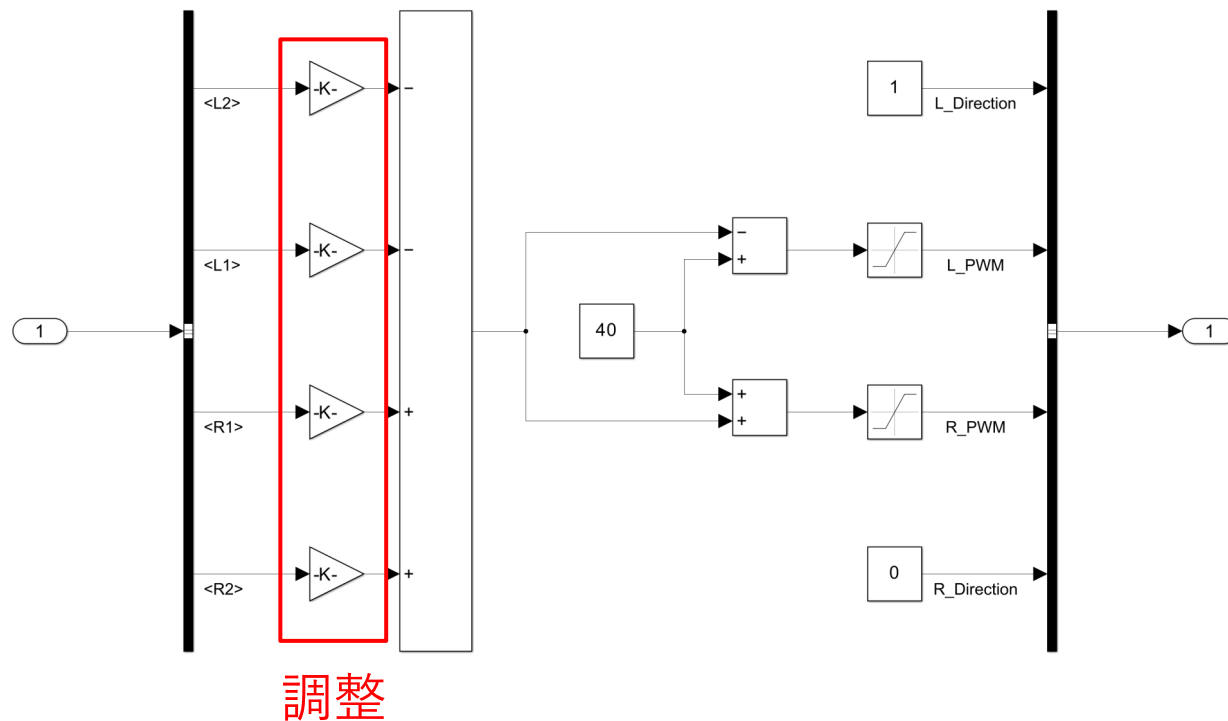
線を分岐させる



ハンズオン④

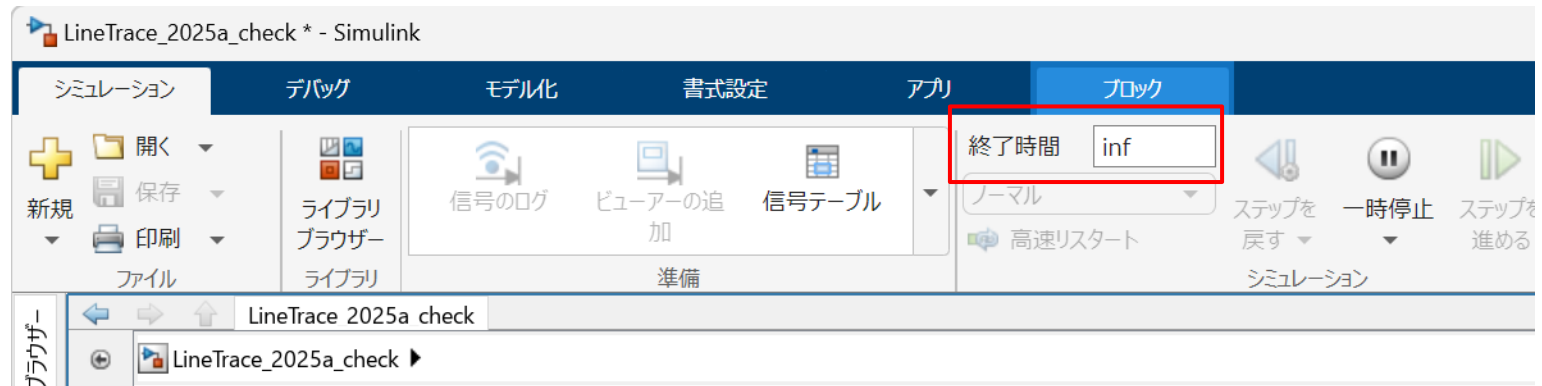
速く走らせるためにゲインの調整をしてみよう

- 全て同じGainを使っているが、内側と外側で違う値を使ってより早く走るモデルを構築してください。

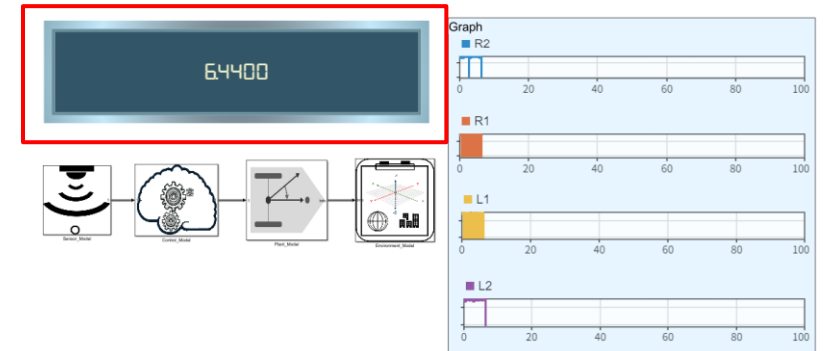
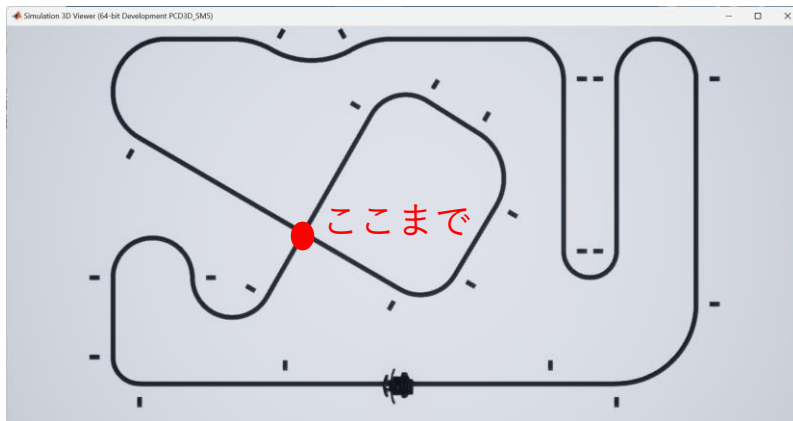


ハンズオン④ 注意点

- シミュレーション時間はinfに

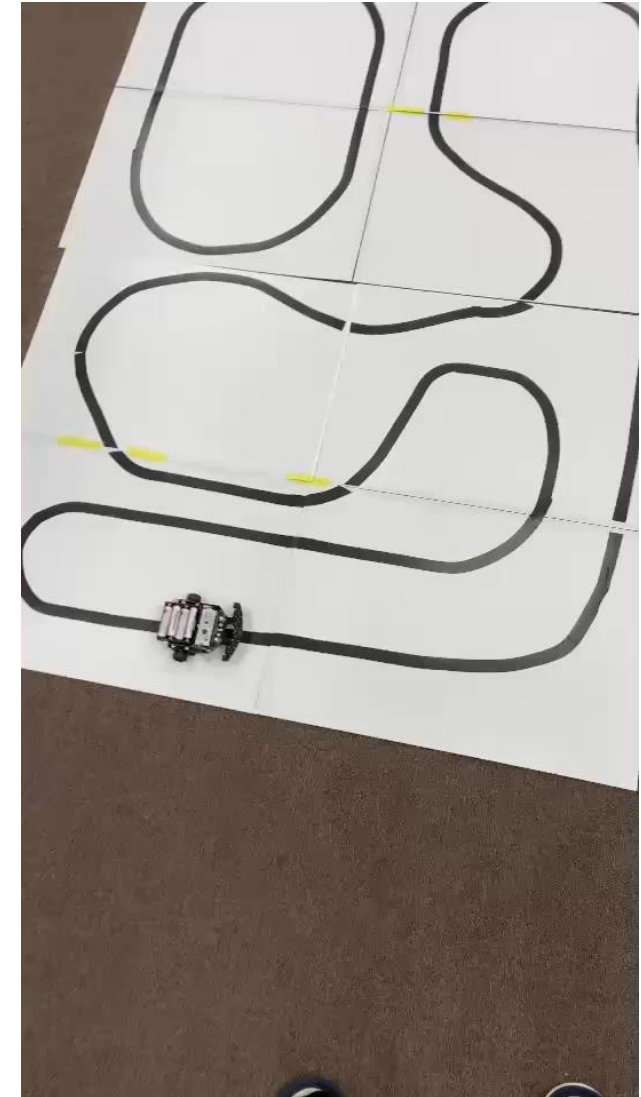
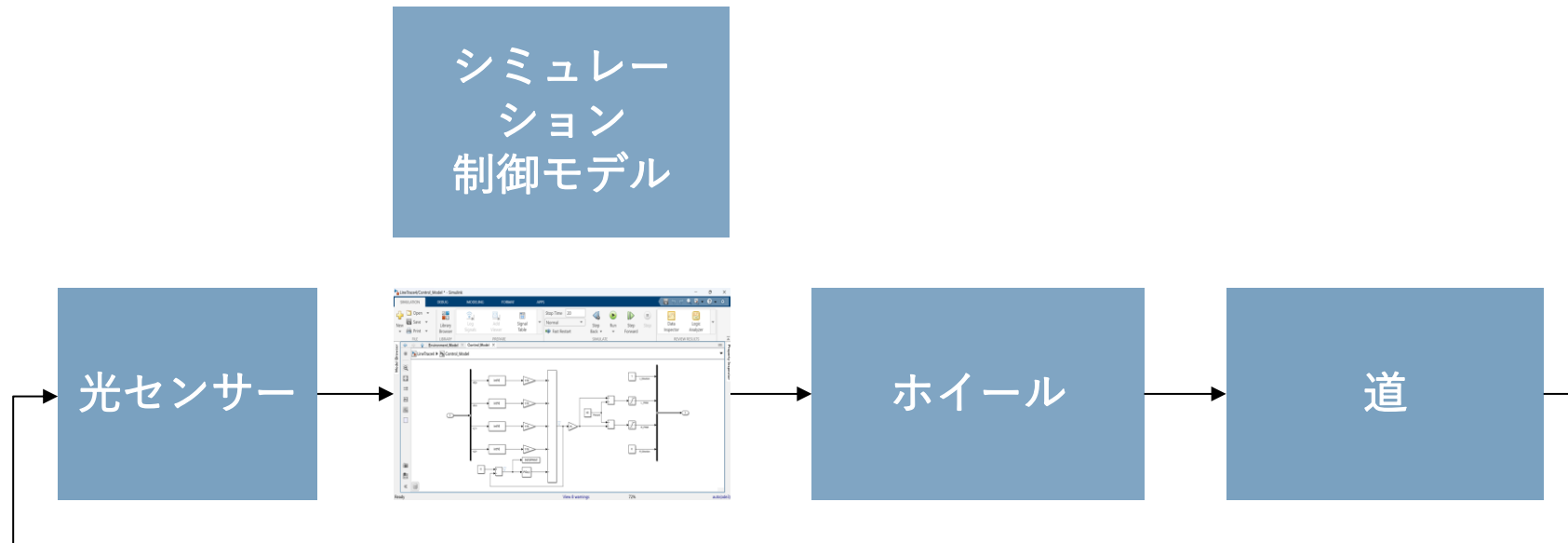


- 下記ポイントまで到達するとシミュレーションが自動停止します
- そのときのシミュレーション時間を記録してください。



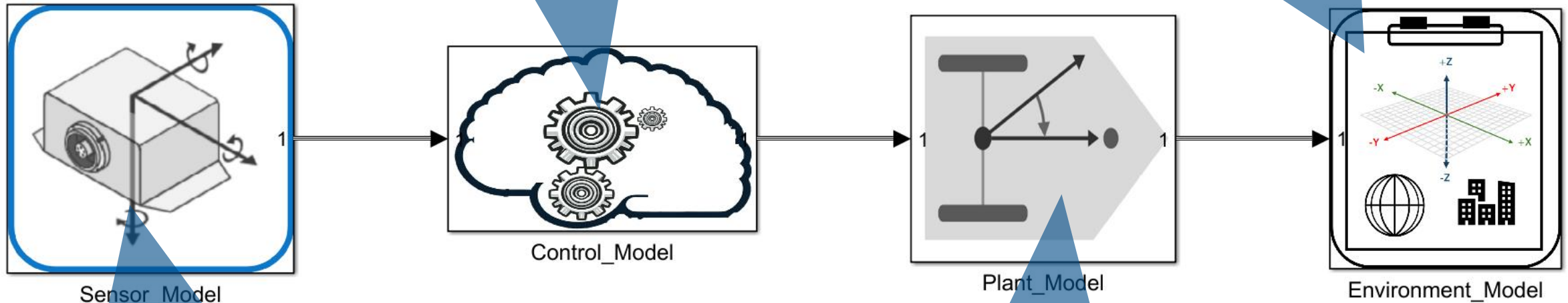
制御モデルを実機に組み込み可能

実機実装



シミュレーションモデルをベースに制御モデルを確認。
(*実機とシミュレーションの差違を見つけて逐次プラントモデルも改良)

作り込みは無限大



- ・ 実車との合わせこみ
- ・ 制御モデルの作りこみ

自分の持っている
CADモデルの流用
(新しいコース、別のロボット)

- ・ センサー位置と角度の設定
- ・ 現実世界のセンサー信号の模倣

- ・ 新しい部位の追加
(スリップを考慮したタイヤ,
空力を考慮した車体など)

既存部品の改良
モータモデルの精度向上

MathWorksサポート付き！

- https://rt-net.jp/notice/pr_ttv2/
- ロボットの組込みなどの基礎学習に最適なライントレース教材
- Training Tracer（トレーニングトレーサー）の次世代機

Training Tracer Ver.2 新発売！

2024.12.18



Traning Tracer Ver.2

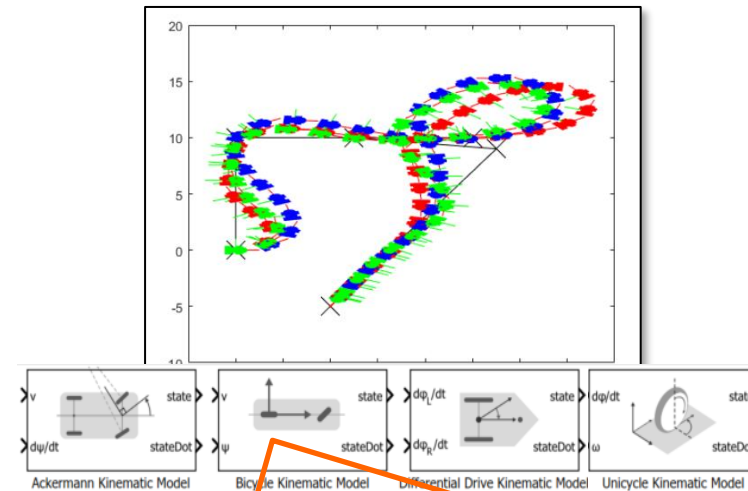


目次

- MBDとは？
- ハンズオン
- さらに学習したい皆様へ

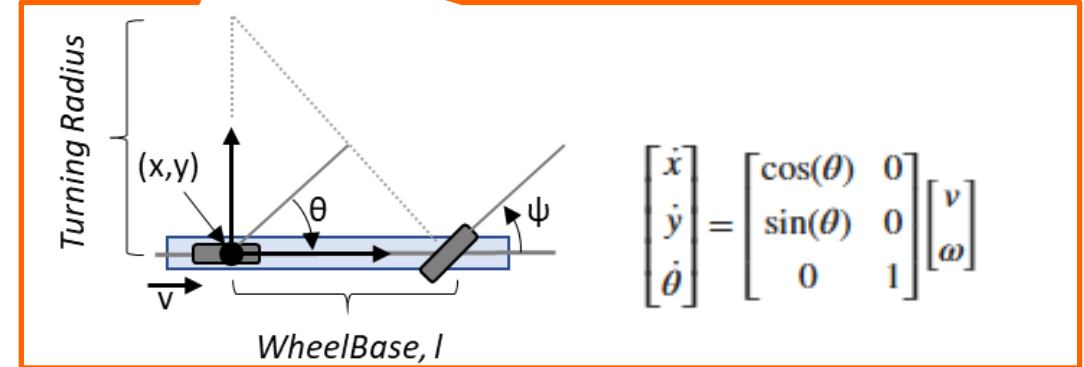
運動学に基づくプラントモデリング

- 一つのブロックでプラントモデリングが可能
 - 差動二輪
 - アッカーマン
 - 二輪・・・など

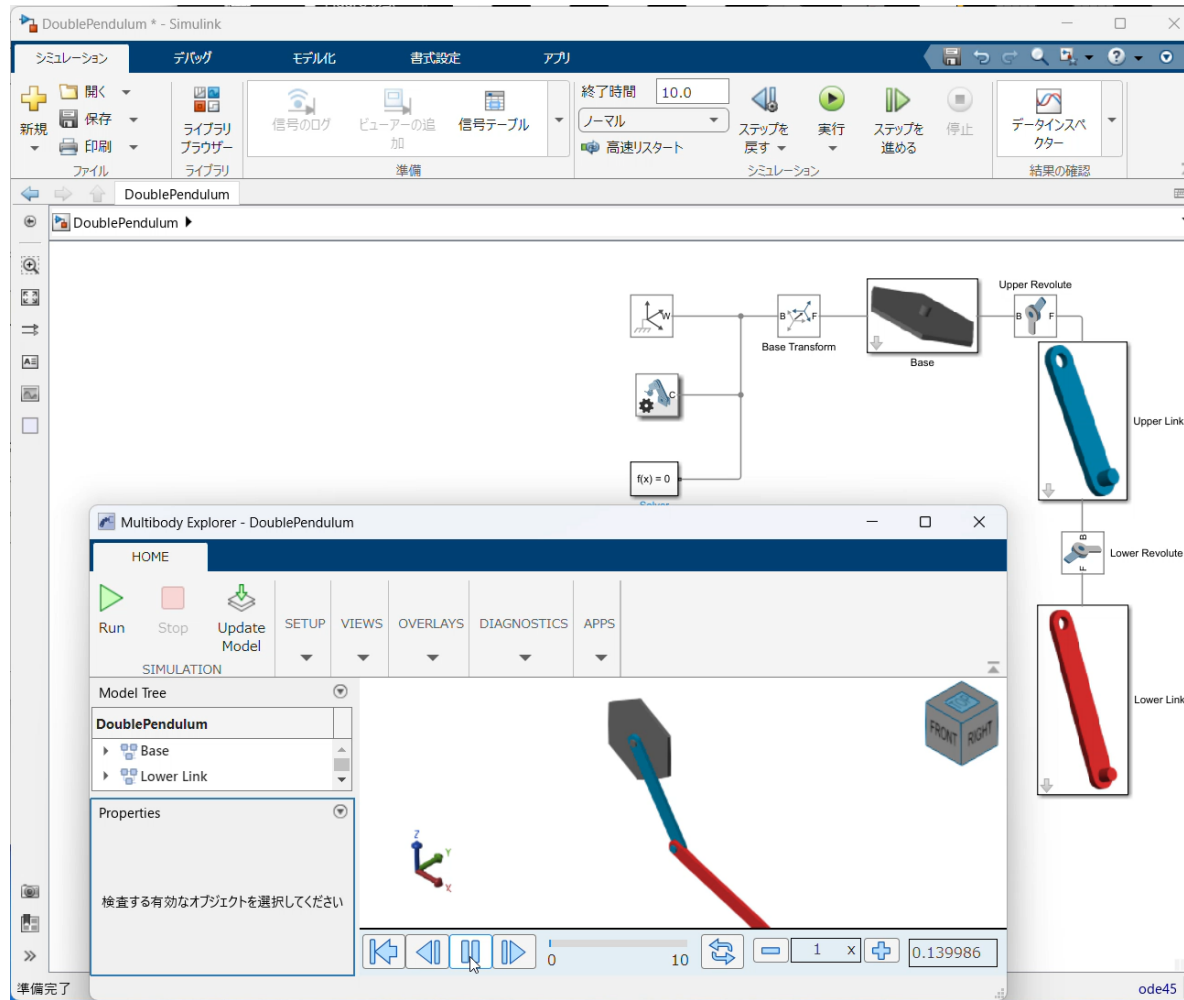


モバイル ロボットの
さまざまな運動学モデルの
シミュレーション

Robotics System Toolbox

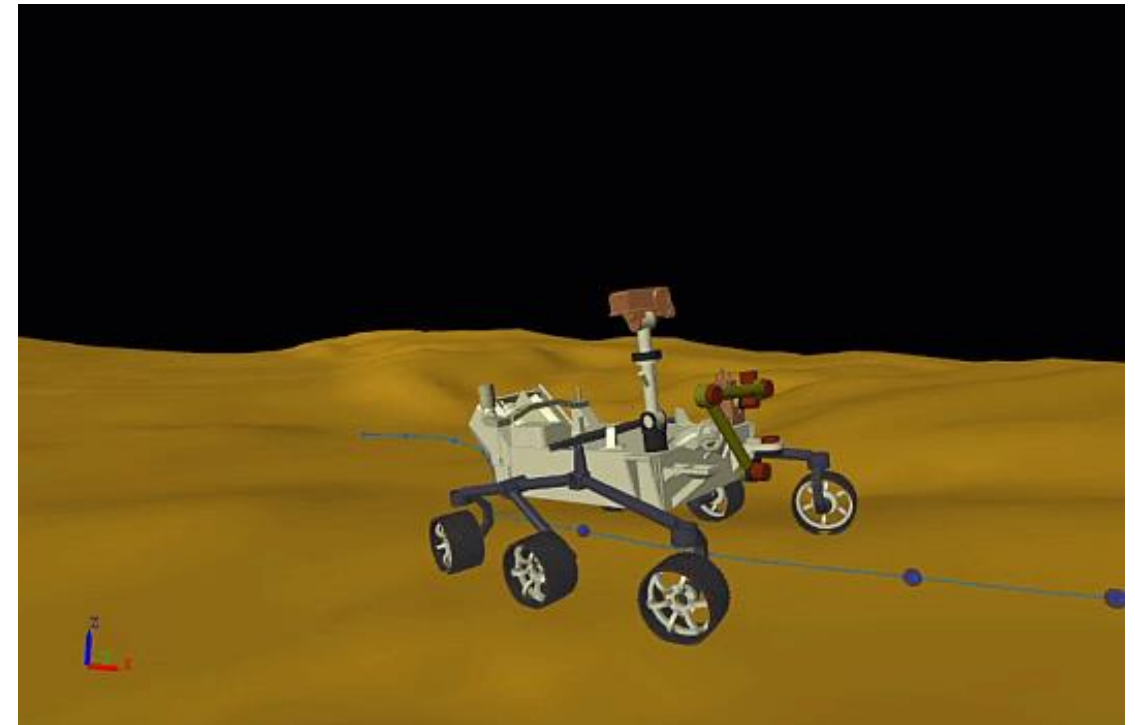


マルチボディダイナミクスを用いたプラントモデリング



二重振り子へのパーツの組み立て

Simscape Multibody



火星探査機のモデル化と制御

*Simscape Multibody
Robotics System Toolbox*

環境認知

カメラによる物体検出



Vehicle Detection using YOLO v2 Deployed to FPGA

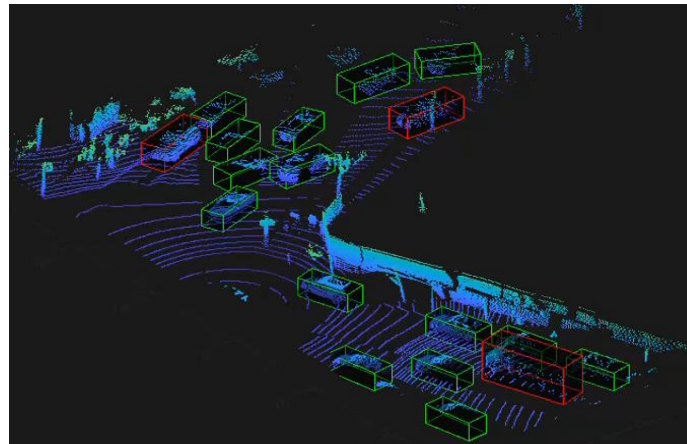
Computer Vision Toolbox

Deep Learning Toolbox

Image Processing Toolbox

R2020b

Lidarによる物体検出



Lidar 3-D Object Detection Using PointPillars Deep Learning

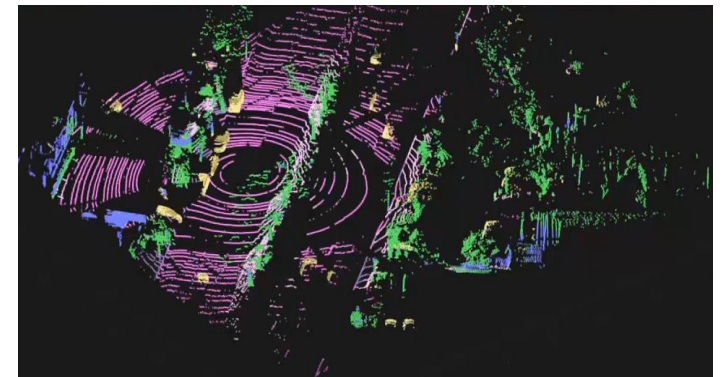
Computer Vision Toolbox

Deep Learning Toolbox

Lidar Toolbox

R2021a

Lidarによるセグメンテーション



Lidar Point Cloud Semantic Segmentation Using SqueezeSegV2 Deep Learning Network

Computer Vision Toolbox

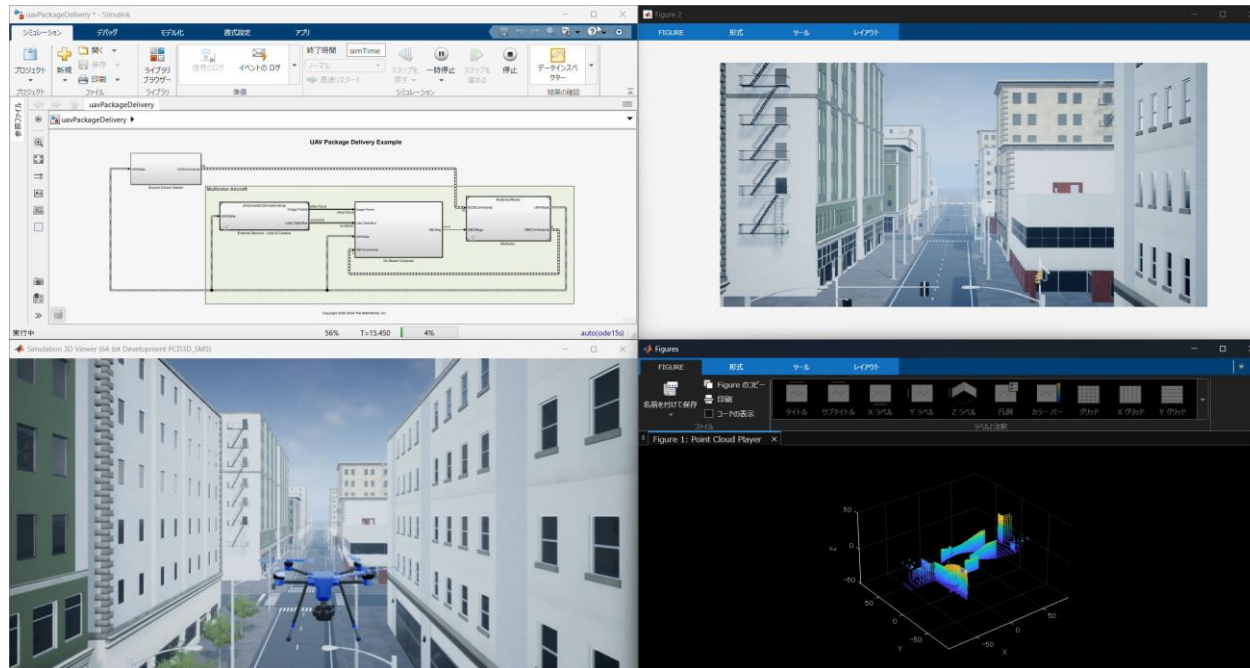
Deep Learning Toolbox

Lidar Toolbox

R2021a

3Dシミュレーションによる可視化

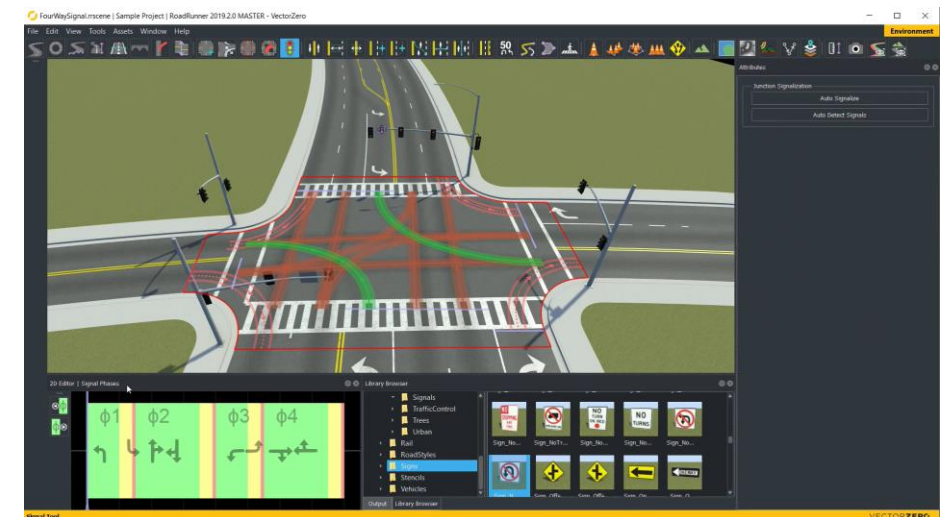
デモ：UAVによる荷物配送



Offroad向け機能拡充



RoadRunnerでのシーン作成



ドキュメント

MATLAB から

>> doc



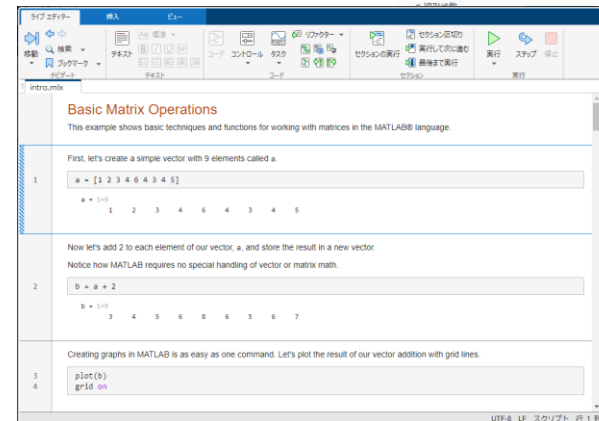
インストールした製品の
ドキュメントを見られます

Web ブラウザから

<https://jp.mathworks.com/help/index.html>



全製品のドキュメントを見られます



MATLAB Online で試せます

MATLAB では、ベクトルや行列演算の特別な操作は必要ありません。

セミナー動画

オンデマンド Web セミナー

MathWorks® 製品 ソリューション 学習 ▾ 会社概要 ▾ ヘルプセンター MATLAB 検索

ビデオ・Webセミナー

ビデオ ホーム 検索

絞り込み条件

製品

MATLAB	2,126
Simulink	1,998
5G Toolbox	112
Aerospace Blockset	41
Aerospace Toolbox	27
Antenna Toolbox	69
Audio Toolbox	43
Automated Driving Toolbox	231

ビデオタイプ

Web セミナー	1,911
カンファレンス講演	1,869
デモ	1,620
ユーザー事例	106
手順の説明	493
製品概要	97

用途

AI および統計	1,048
FPGA、ASIC、および SoC 開発	308
IoT (Internet of Things)	271
テストと計測	443
データアナリティクス	638
メカトロニクス	602
ロボティクスおよび自律システム	499
画像処理およびコンピュータ ビジョン	775

ビデオを検索

並べ替え: 選択してください 結果: 1 - 25 / 6,668

MATLABで何ができる? 今どきのMATLABの使い方【2024年版】
最新R2024bまでのMATLABの今どきの使い方を紹介します。長年お使いの方にも、これから始める方にも知っていただきたい便利機能をYouTubeライブ配信でお届けします。
日付: 2024年12月13日
音声: 日本語

建機専用パッケージで試せる自律オフロード3Dシミュレーション
建機専用パッケージで試せる自律オフロード3Dシミュレーションについてご紹介します。
日付: 2024年12月10日
音声: 日本語

多様なシーン・シナリオ環境で試せる! ADAS/自動運転開発と検証
Unreal Engine 5を活用した自動運転/ADAS開発と検証のワークフローをご紹介します
日付: 2024年12月10日
音声: 日本語

エッジAI実装の徹底解説: 手持ちのAI モデルを最適化された C コードに自動変換
工場の製造過程でエッジAIを活用し、低コストでリアルタイムかつ高精度に不良品を検出することで生産性と歩留まりの向上を目指す取り組みを支援します。MATLABを用いてAIモデルをエッジAI用のCコードに自動変換し、実装から動作検証、エッジ実装に向けた最適化、デバッグまでを行うワークフローを詳しく解説します。
日付: 2024年12月5日
音声: 日本語

事例に学ぶ! データサイエンスを組織文化に根付かせるためにリーダーができること
生産プロセスの効率化や製品品質向上など、MathWorksのこれまでの成功事例を紹介しながら、トレーニングとコーチングサービスの組み合わせによって、データサイエンスを組織文化に根付かせる方法をご紹介します。

<https://jp.mathworks.com/videos/search.html>

YouTube チャンネル

MATLAB & SIMULINK

MATLAB Japan
@MATLABJapan • チャンネル登録者数 1,12万人 • 682 本の動画
MATLAB Japanチャンネルは、MATLAB公式チャンネル（英語）による日本語字幕とともに表示
jp.mathworks.com/ja_vid-PSM_22750... 他 6 件のリンク
チャンネル登録

ホーム 動画 ショート ライブ 再生リスト コミュニティ

パラセールは貨物船を帆船に変えられるか?【貨物船の未来】
121 回視聴 • 11 日前
【日本語字幕表示できます】
スタートアップ企業Airpassが開発したパラセールは、電力エネルギーを削減することで、最大16万5000トンの巨大な貨物船を動かす力を秘めている。Airpass社のエンジニアは、Simulinkを使用してパラセールの帆を制御・制御する自動操縦計画を作成し、モデルベース設計を使用して帆の制御システムの何十行のコードを生成しています。さらに、Airpass...

多様なシーン・シナリオ環境で試せる! ADAS/自動運転開発と検証
192 回視聴 • 6 日前
Unreal Engine 5を活用した自動運転/ADAS開発と検証のワークフローをご紹介します

エッジAI実装の徹底解説: 手持ちのAI モデルを最適化された C コードに自動変換
135 回視聴 • 7 日前
工場の製造過程でエッジAIを活用し、低コストでリアルタイムかつ高精度に不良品を検出することで生産性と歩留まりの向上を目指す取り組みを支援します。MATLABを用いてAIモデルをエッジAI用のCコードに自動変換し、実装から動作検証、エッジ実装に向けた最適化、デバッグまでを行うワークフローを詳しく解説します。

パラセールは貨物船を帆船に変えられるか?【貨物船の未来】
121 回視聴 • 11 日前
【日本語字幕表示できます】
スタートアップ企業Airpassが開発したパラセールは、電力エネルギーを削減することで、最大16万5000トンの巨大な貨物船を動かす力を秘めている。Airpass社のエンジニアは、Simulinkを使用してパラセールの帆を制御・制御する自動操縦計画を作成し、モデルベース設計を使用して帆の制御システムの何十行のコードを生成しています。さらに、Airpass...

【タイマモデリング】 Simscapeによる重要機向けタイマ
125 回視聴 • 12 日前
Simscapeによる重要機向けタイマ

Simulink Fault Analyzer 単独 Part 2: 故障の検出とモデル化
41 回視聴 • 2 週間前
Simulink Fault Analyzer 単独 Part 2: 故障の検出とモデル化

過去のライブ配信

【ライブ配信】 MATLABで何ができる? 今どきのMATLABの使い方【2024年版】
1615 回視聴 • 1ヶ月前に配信済み

【ライブ配信】 これだけは知っておきたい! 最新版R2023bまでの...
1900 回視聴 • 1ヶ月前に配信済み

【ライブ配信】 学生フォーミュラ MATLAB&Simulink ユーザ...
1032 回視聴 • 1ヶ月前に配信済み

【ライブ配信】 学生/初心者向け MATLAB 基本のキー...
7027 回視聴 • 2ヶ月前に配信済み

【ライブ配信】 学生向け Vehicle Dynamics Blocksetによる...
2831 回視聴 • 2ヶ月前に配信済み

【ライブ配信】 プロトタイプシミュレーションで...
2628 回視聴 • 2ヶ月前に配信済み

<https://www.youtube.com/c/MATLABJapan>

自己学習e-Learning コース

- 入門コース (2時間～3時間/コース)
中断・再開可能、進捗報告や修了証の発行が可能、MATLABアカウントがあればライセンスがなくても実行可能



MATLAB 入門

15 個のモジュール | 2 時間 | 言語
最短でMATLAB の基礎を学びましょう。



Simulink 入門

14 個のモジュール | 2 時間 | 言語
最短でSimulinkの基礎を学びましょう。本コースはSimulinkをインストールすると受講できます。



電気回路シミュレーション入門

7 個のモジュール | 2 時間 | 言語
Simscape で電気回路をシミュレーションするための基礎を学びます。



機械学習入門

6 個のモジュール | 2 時間 | 言語
分類問題のための実用的な機械学習手法の基礎を学びます。



ディープラーニング入門

5 個のモジュール | 2 時間 | 言語
ディープラーニング手法を使用した画像認識を行う方法を学びましょう



強化学習入門

5 個のモジュール | 3 時間 | 言語
強化学習ベースのコントローラを設計するための基礎を学びます。



画像処理入門

6 個のモジュール | 2 時間 | 言語
MATLAB で実用的な画像処理の基本を学びます。



信号処理入門

7 個のモジュール | 1 時間 | 言語
スペクトル解析のための実践に即した信号処理方法を対話形式で説明します。



無線通信入門

6 個のモジュール | 1 時間 | 言語
MATLAB で無線通信リンクをシミュレーションするための基礎を学ぶことができます。



Simscape 入門

9 個のモジュール | 1.5 時間 | 言語
Simscape で物理システムをシミュレーションするための基礎を学びます。



Stateflow 入門

12 個のモジュール | 2 時間 | 言語
Stateflow でステートマシンを作成、編集、およびシミュレーションするための基礎を学びます。



Simulink による制御設計入門

7 個のモジュール | 1 時間 | 言語
Simulink で基礎的なフィードバック制御系の設計方法を学びます。



最適化入門

5 個のモジュール | 1 時間 | 言語
MATLAB で最適化問題を解くための基礎を、問題解決型のアプローチで学びます。

» matlabacademy.mathworks.com/jp

本格的に学びたい方 ・ “成功”への最短ルートをお求めの方へ

各種トレーニングコース

MATLAB® 基礎 (3日間)

MATLAB®によるデータ処理と可視化 (1日間)

MATLAB®によるビッグデータ処理 (1日間)

MATLAB®による統計解析 (2日間)

MATLAB®による機械学習 (2日間)

MATLAB®によるデータの前処理および
特徴抽出 (1日間)

MATLAB®によるディープラーニング (2日間)

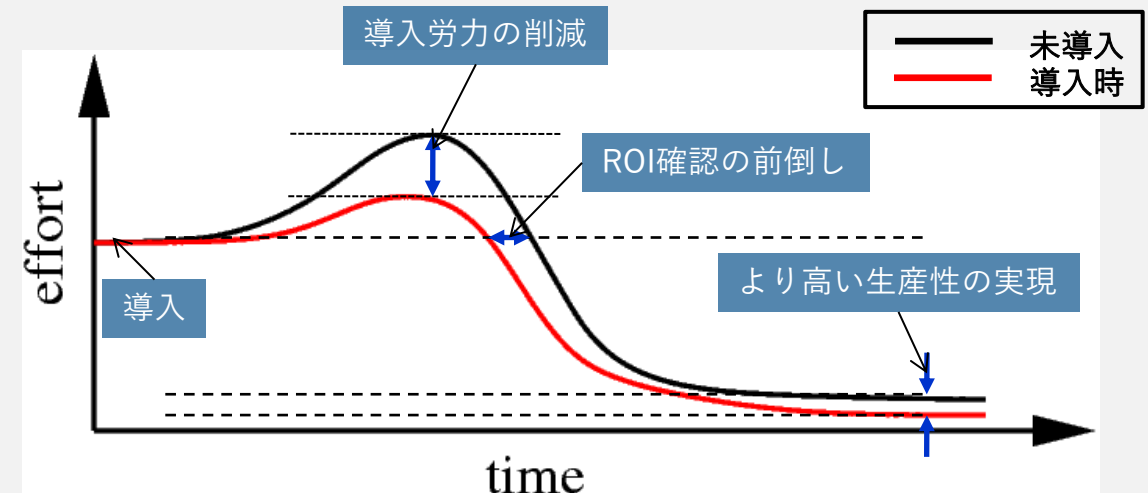
MATLAB®コードの高速化と並列処理 (2日間)

<https://jp.mathworks.com/services/training.html>

技術コンサルティングサービス

MathWorks社内の専門知識を活用

- ・ 透明性の高いアプローチ
- ・ カスタマイズされたサポート
- ・ ROI 向上



<https://jp.mathworks.com/services/consulting.html>

MBD x ROS 2 有償トレーニング

「Simulink と ROS 2 によるロボットソフトウェア開発」

日時: **10月3日 (金)** 9:00 - 17:00

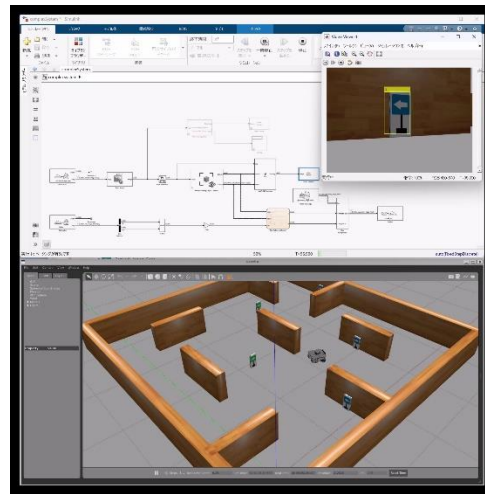
場所: オンライン

詳細・登録はこちら

<https://content.mathworks.com/viewer/6881d9f52fc3ea41641b7919>

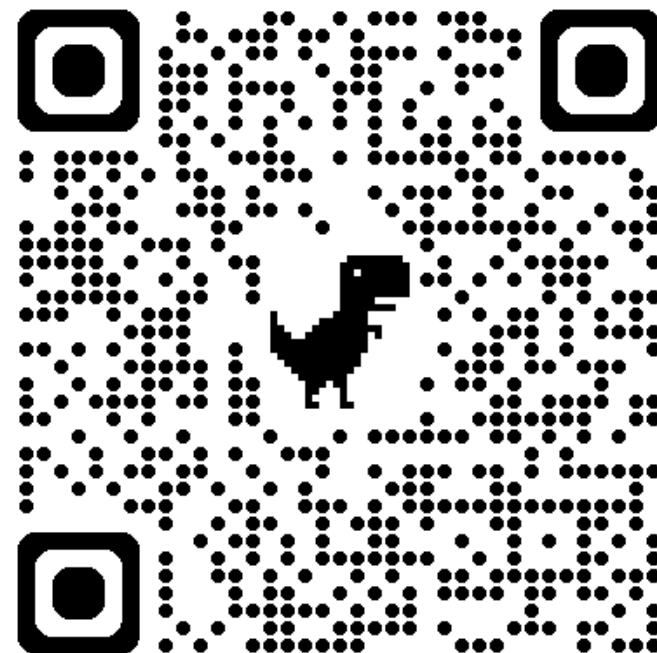
受講目標・コース概要

- ・ Simulink と ROS Toolbox を用いた Gazebo との連携シミュレーション習得
- ・ 画像処理などのロボットソフトウェア開発に必要なアルゴリズムのモデル化理解
- ・ 仮想環境仕様のため事前インストール不要



受講対象者

- ・ Simulink での ROS 2 活用に関心のある方
- ・ マルチドメインな開発を検討している方
- ・ ROS と Simulink基礎知識・経験をお持ちの方



ロボットの開発にモデルベース開発を

- モデルベース開発は、ロボティクス開発における時間や経済的コストを削減
- MATLABとSimulinkはモデルベース開発を効率化
 - 使いやすいUI
 - 豊富なブロックを用意
 - 充実したドキュメント
 - 3Dシミュレータとスムーズに連携
- 専門機能を素早く提供するアドイン製品で大きく拡張可能



© 2025 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.