

# 第 8 章 : フィードバック制御系の設計法

## 8.2 PID補償による制御系設計

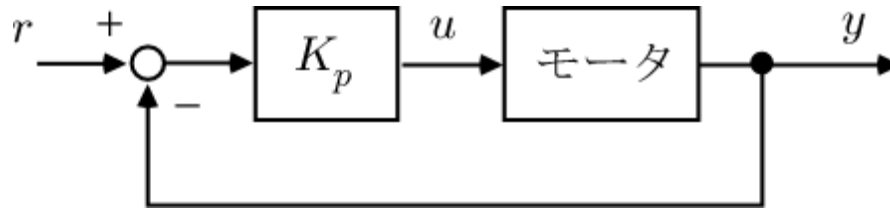
キーワード : PD制御, PI制御

学習目標 : モータのPD制御とPI制御ができる。

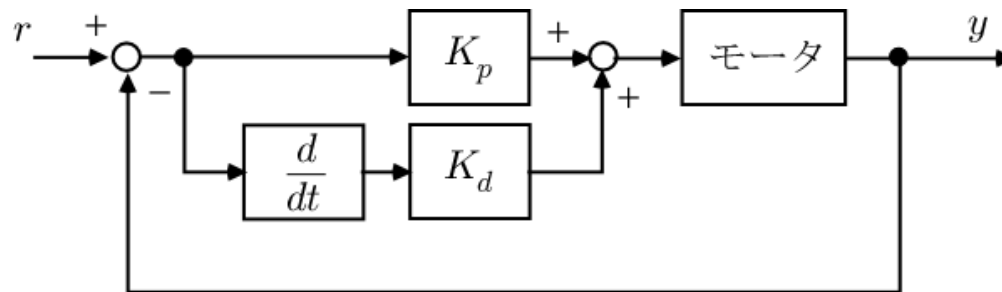
# 8 フィードバック制御系の設計法

## 8.2 PID補償による制御系設計

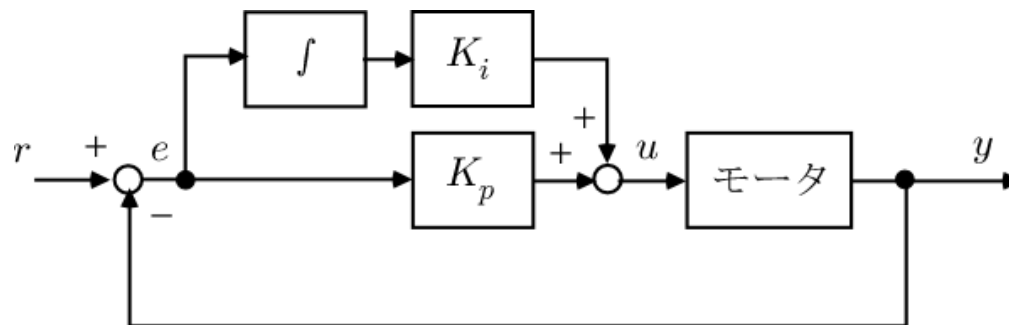
### P制御



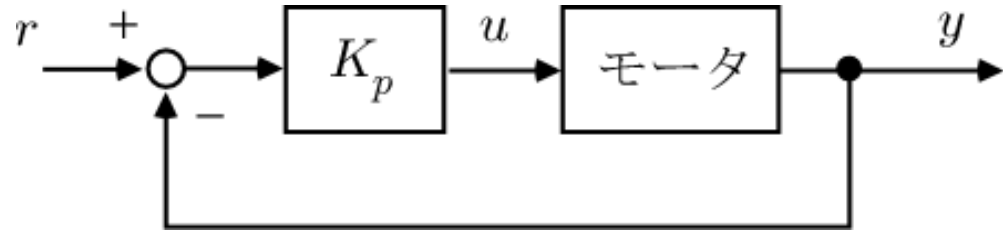
### PD制御



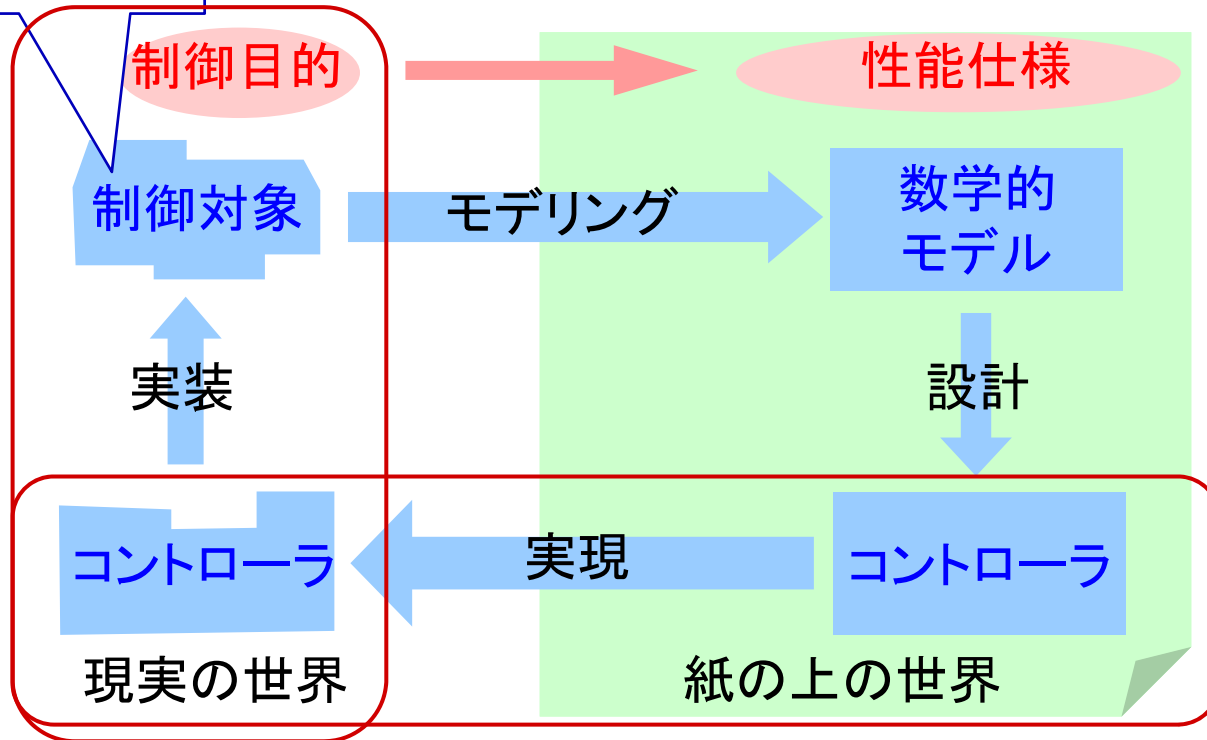
### PI制御



# 制御系の設計手順

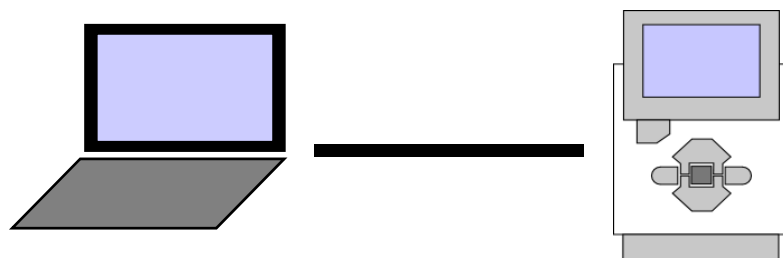


LEGOのモータ

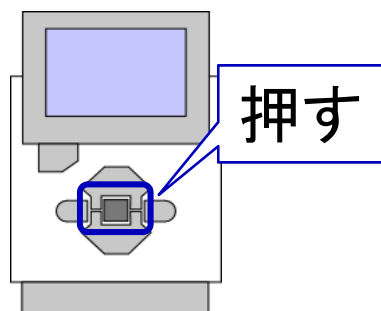


PI制御, PD制御のコントローラを設計

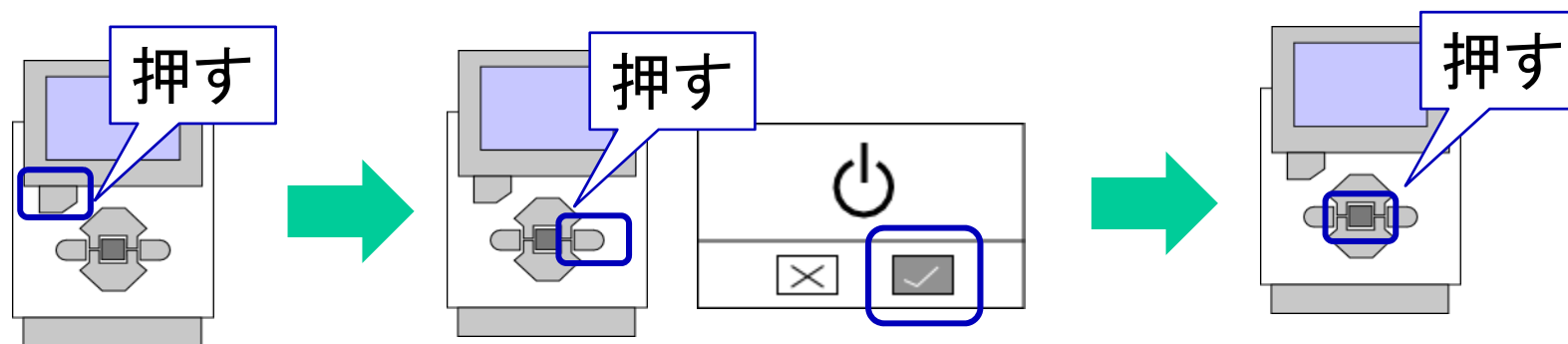
## PCとEV3をUSBケーブルで接続



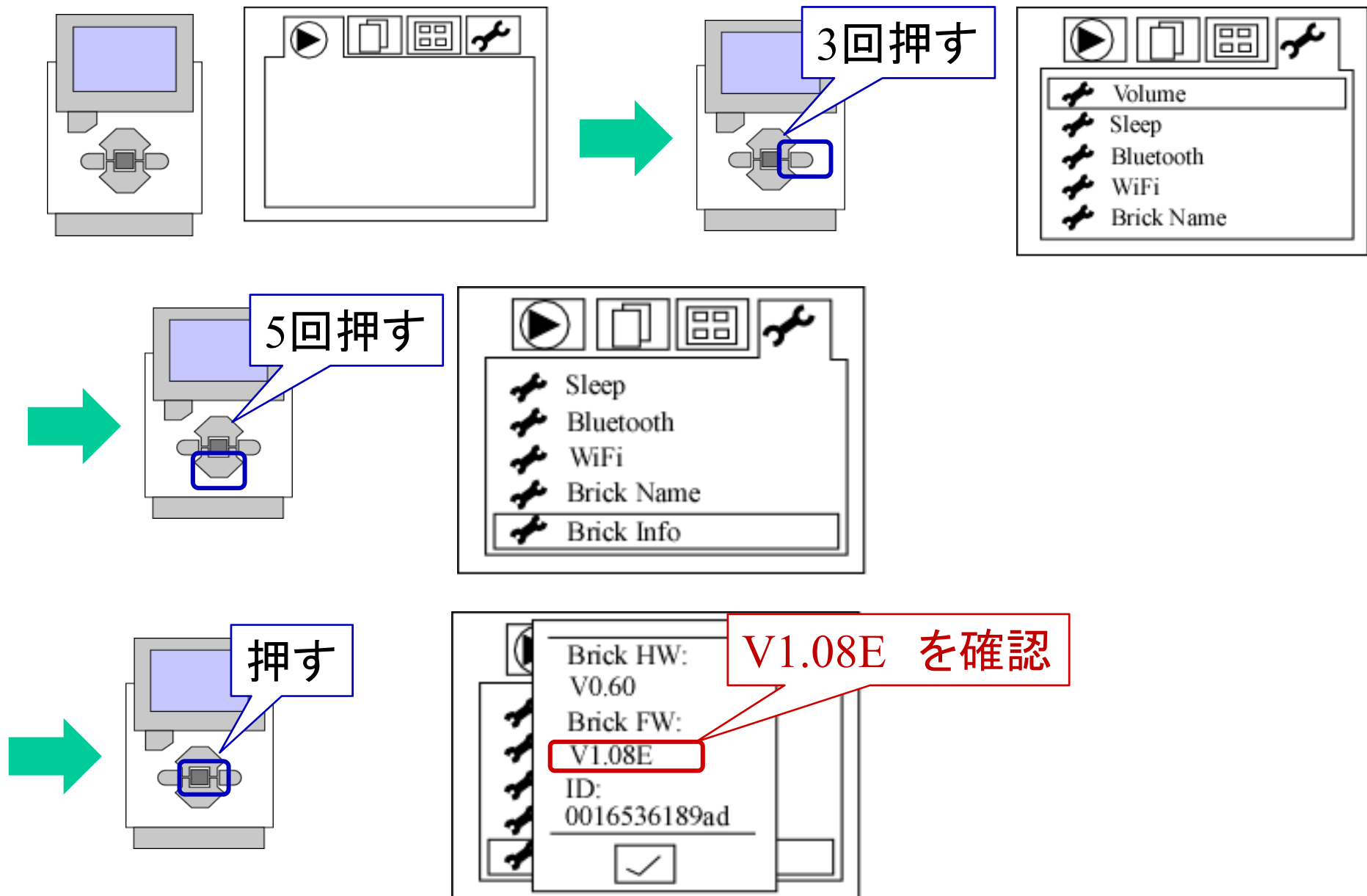
## EV3の電源ON



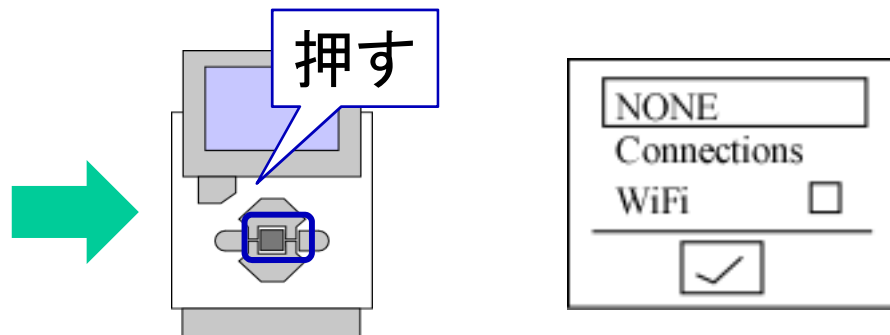
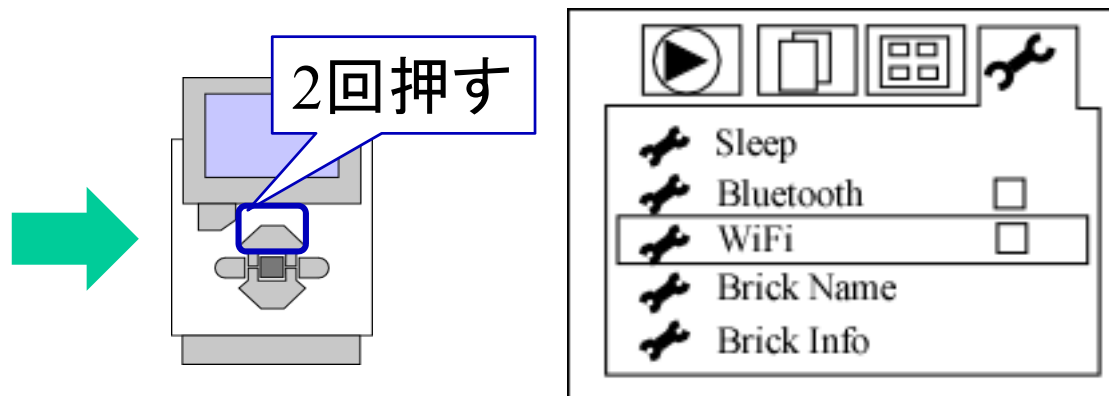
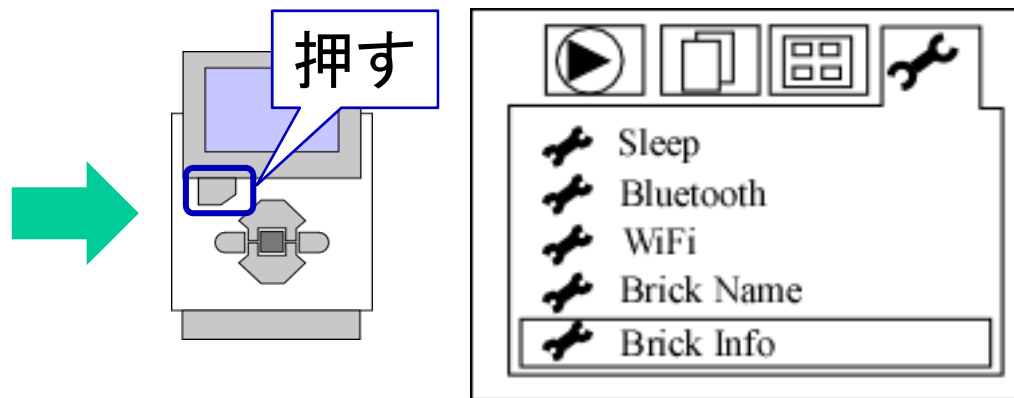
## EV3の電源OFF

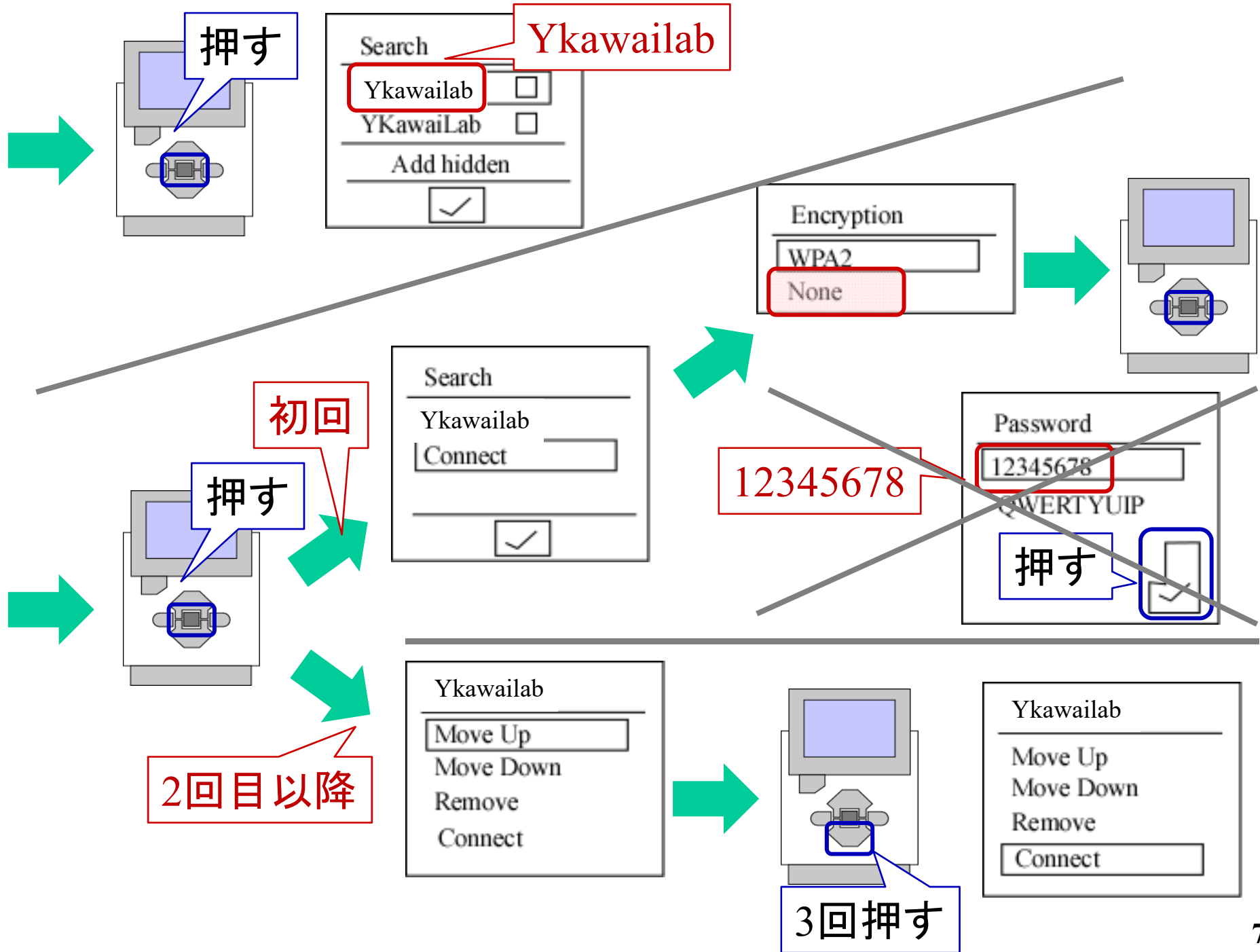


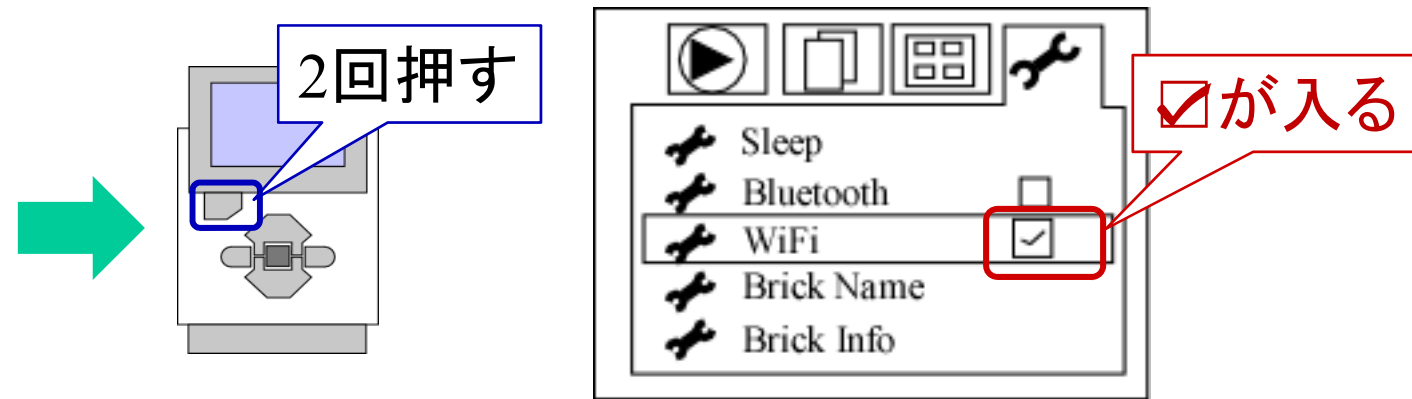
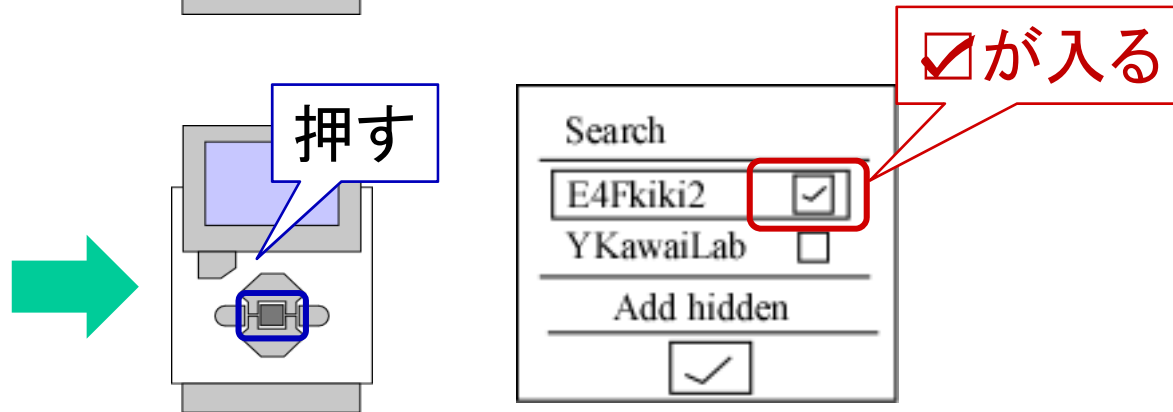
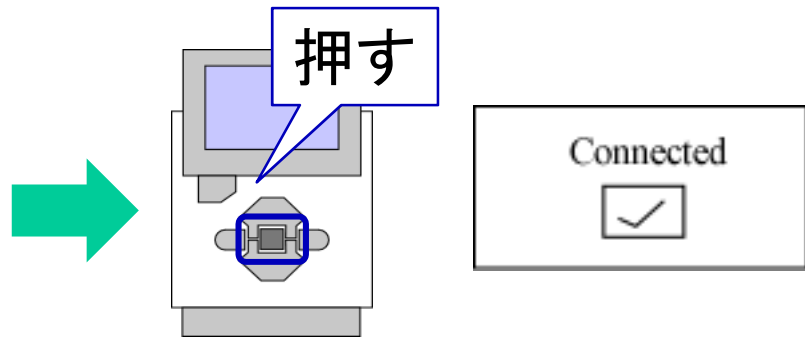
# ファームウェアの確認



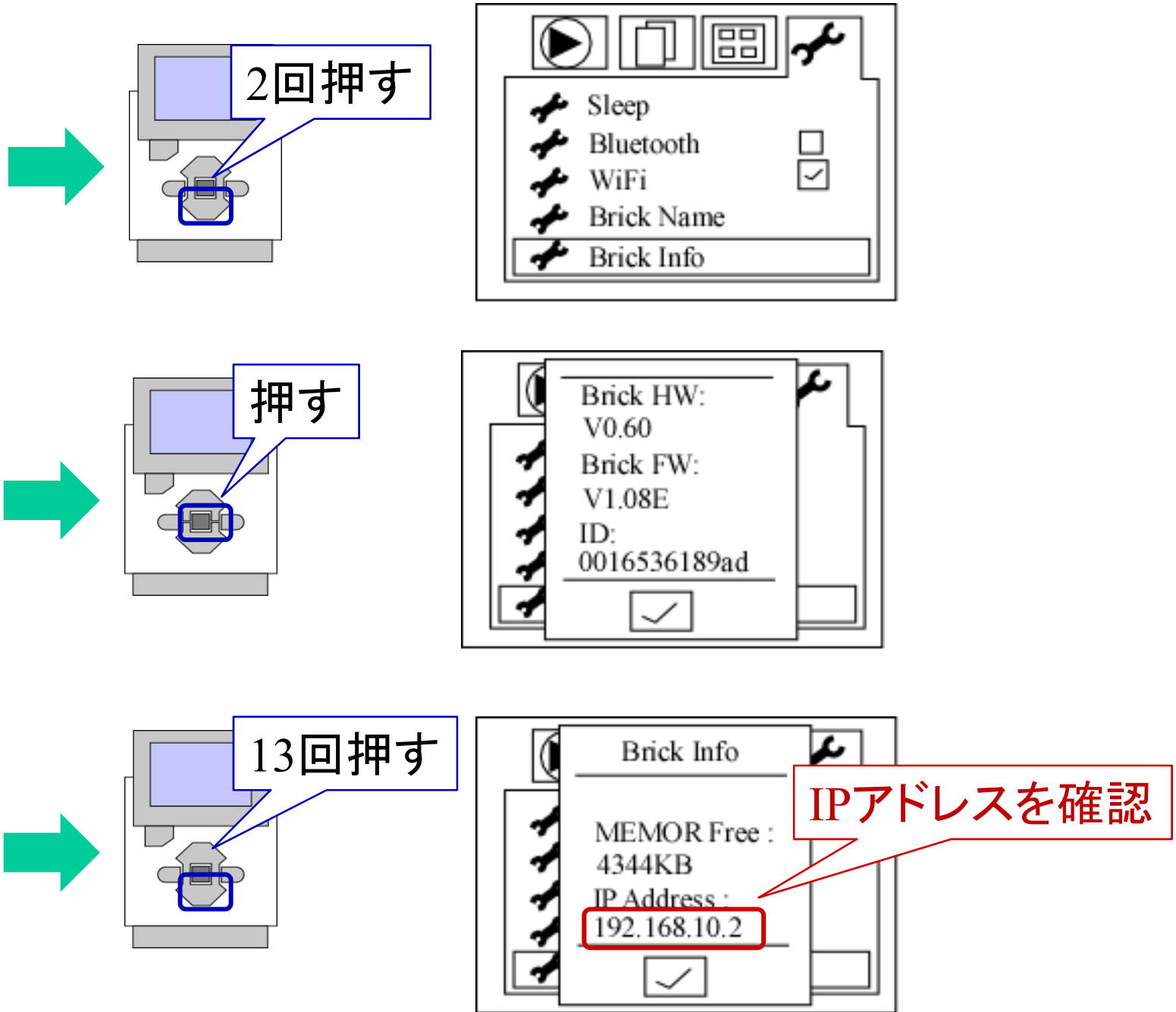
# WiFi 接続(LEGO設定)

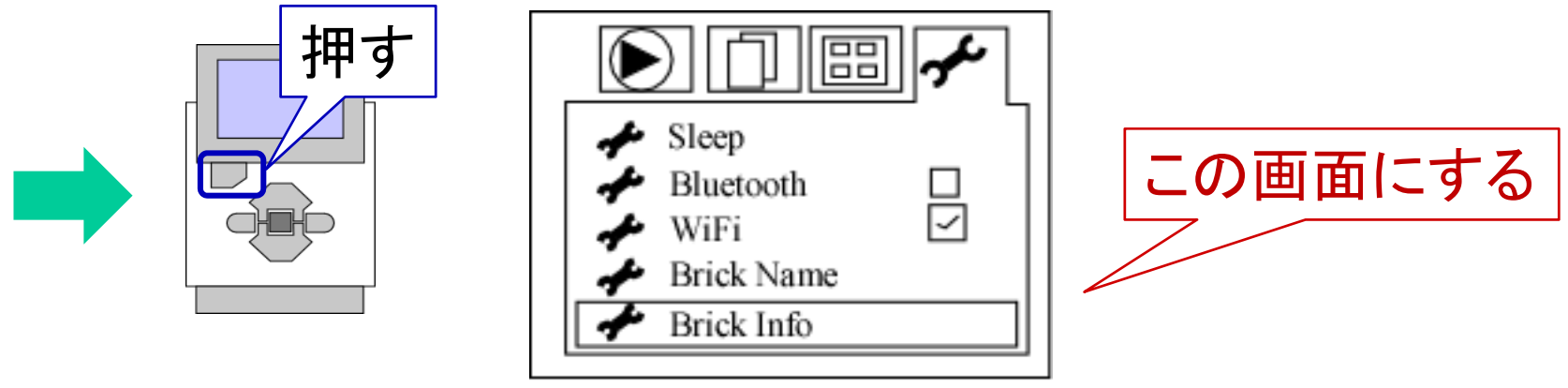
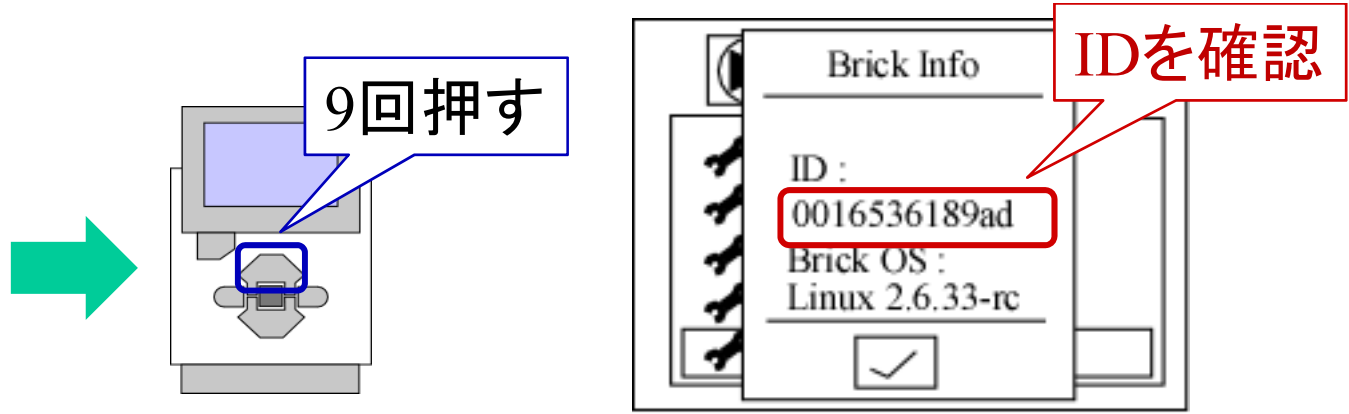




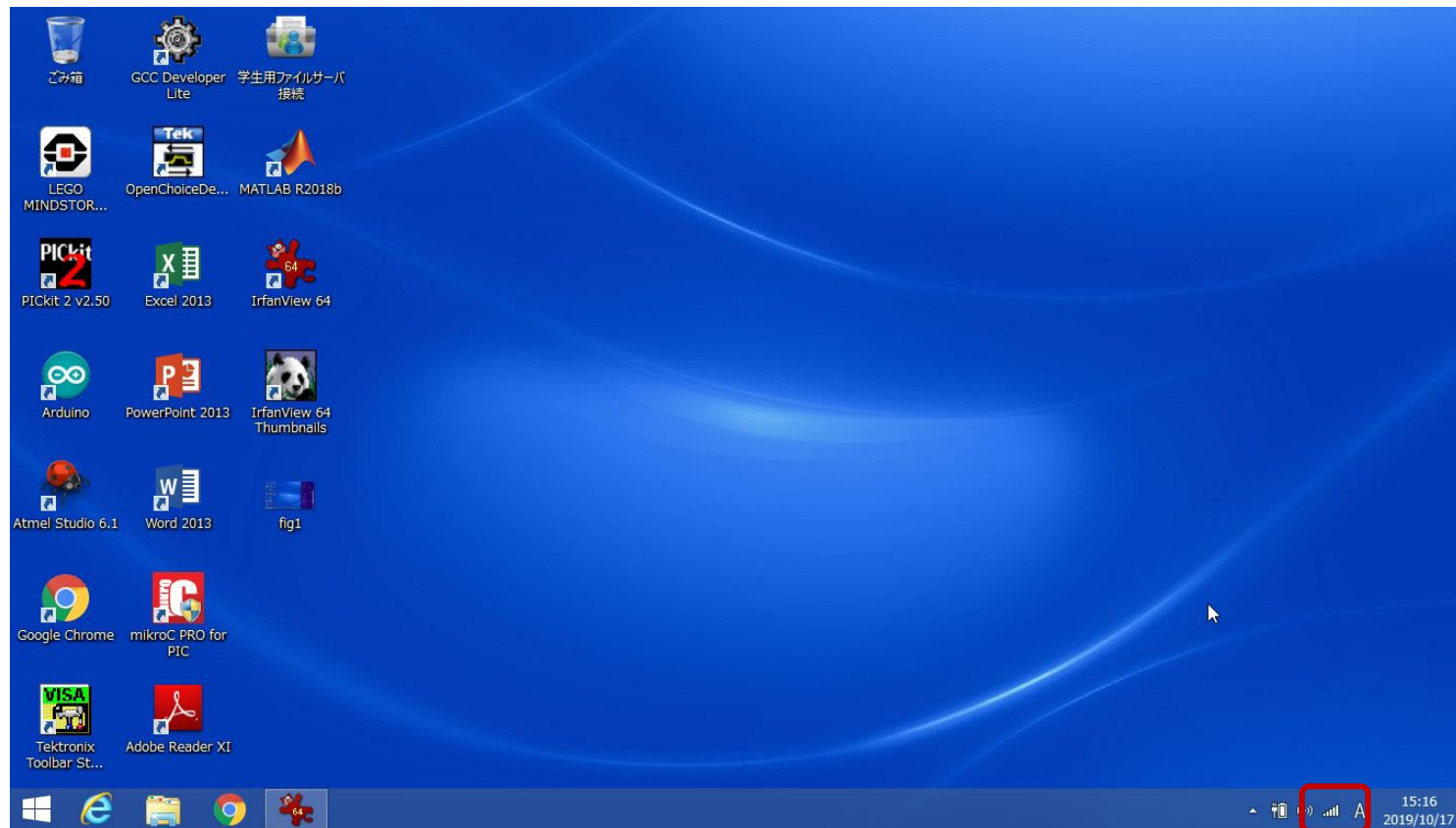




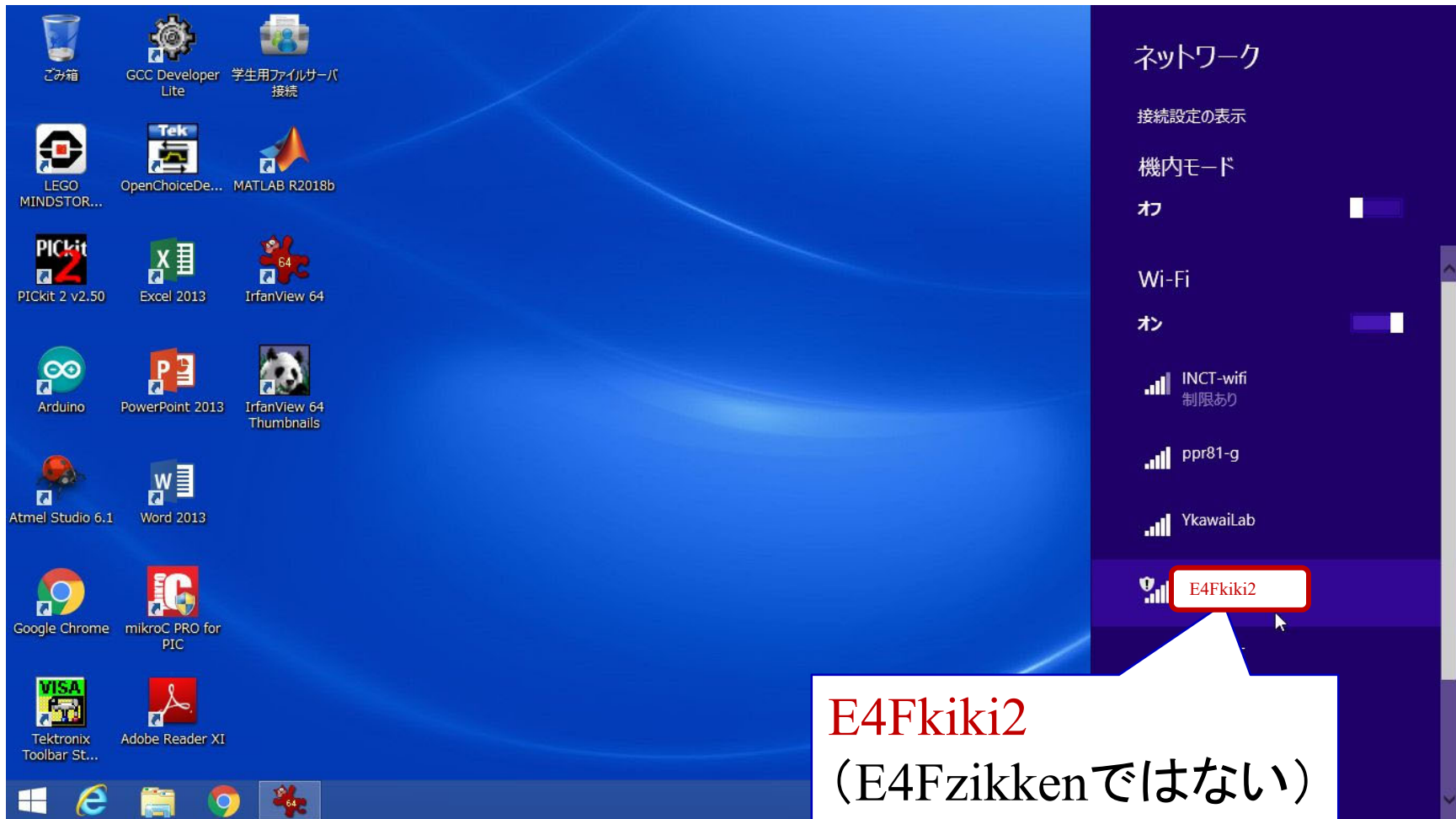




# WiFi 接続(PC設定)



押す



## ファイルのダウンロード

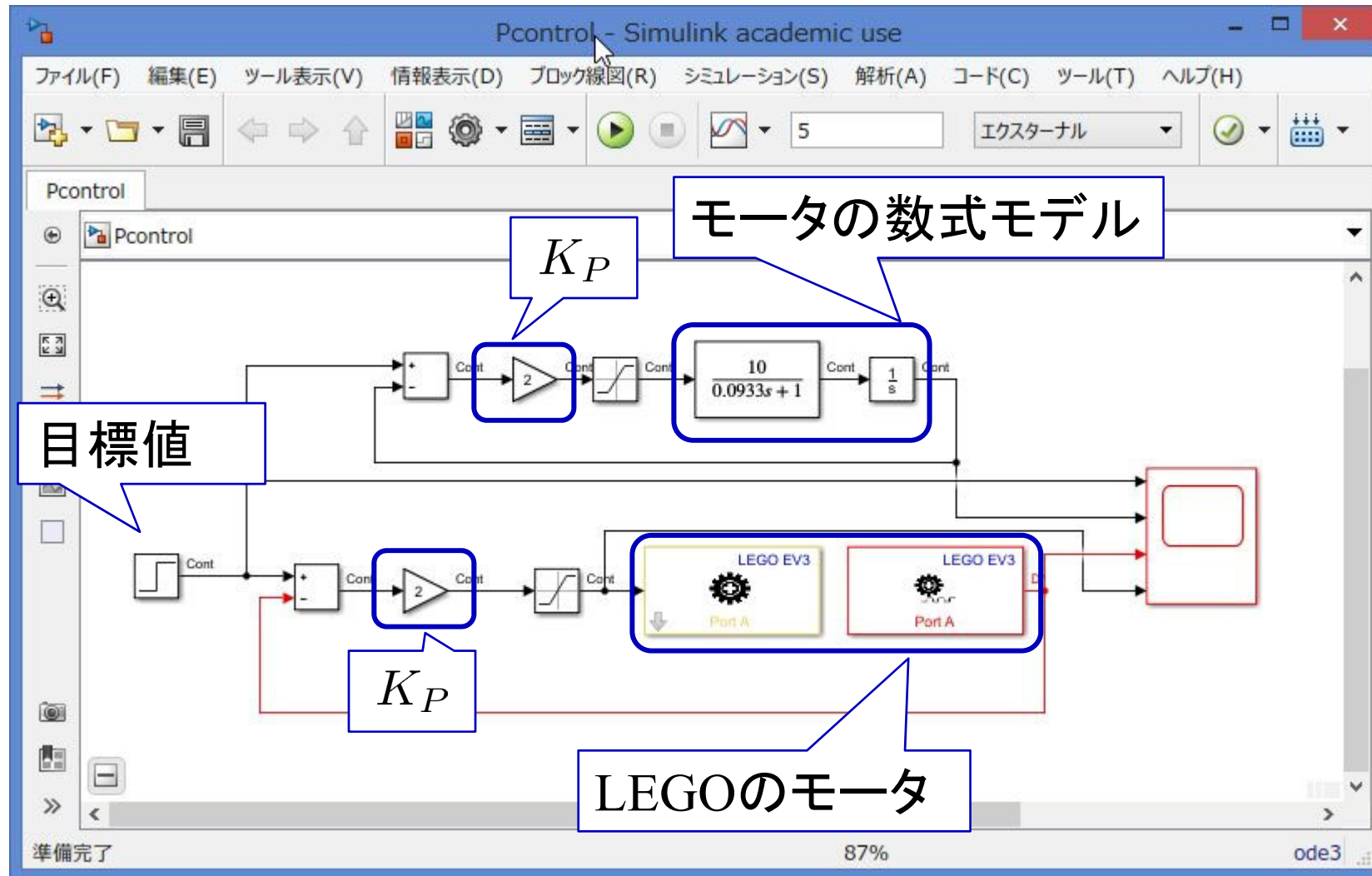
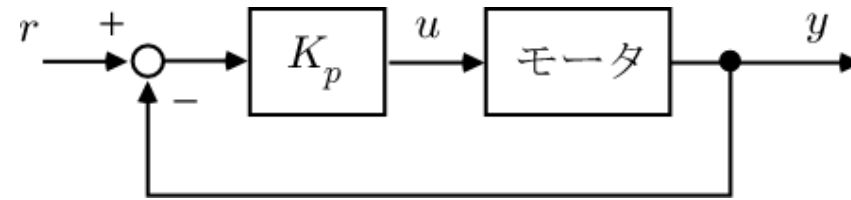
ホームページより「data3.zip」をダウンロード

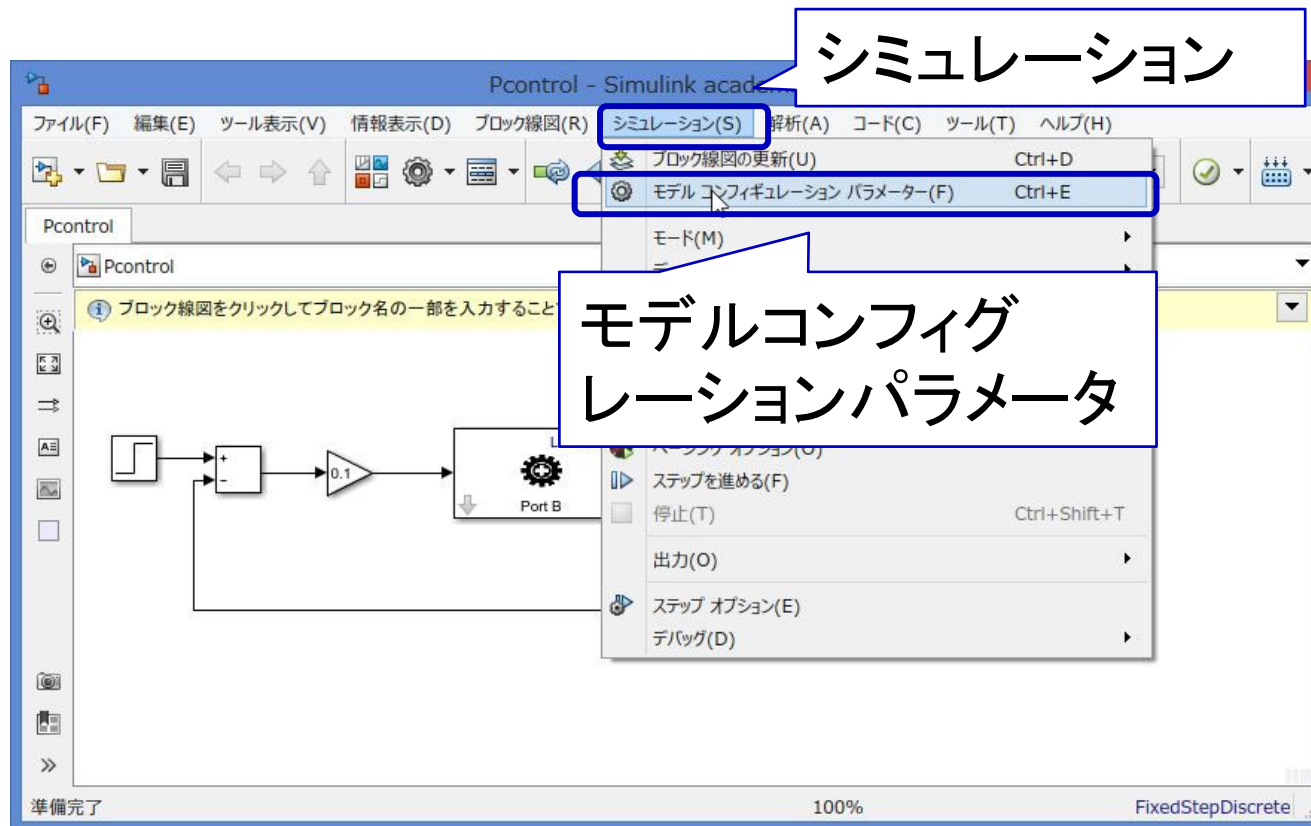
[http://www.ishikawa-nct.ac.jp/lab/E/y\\_kawai/www/course/CE2/19CE2/19CE2\\_Handouts.html](http://www.ishikawa-nct.ac.jp/lab/E/y_kawai/www/course/CE2/19CE2/19CE2_Handouts.html)

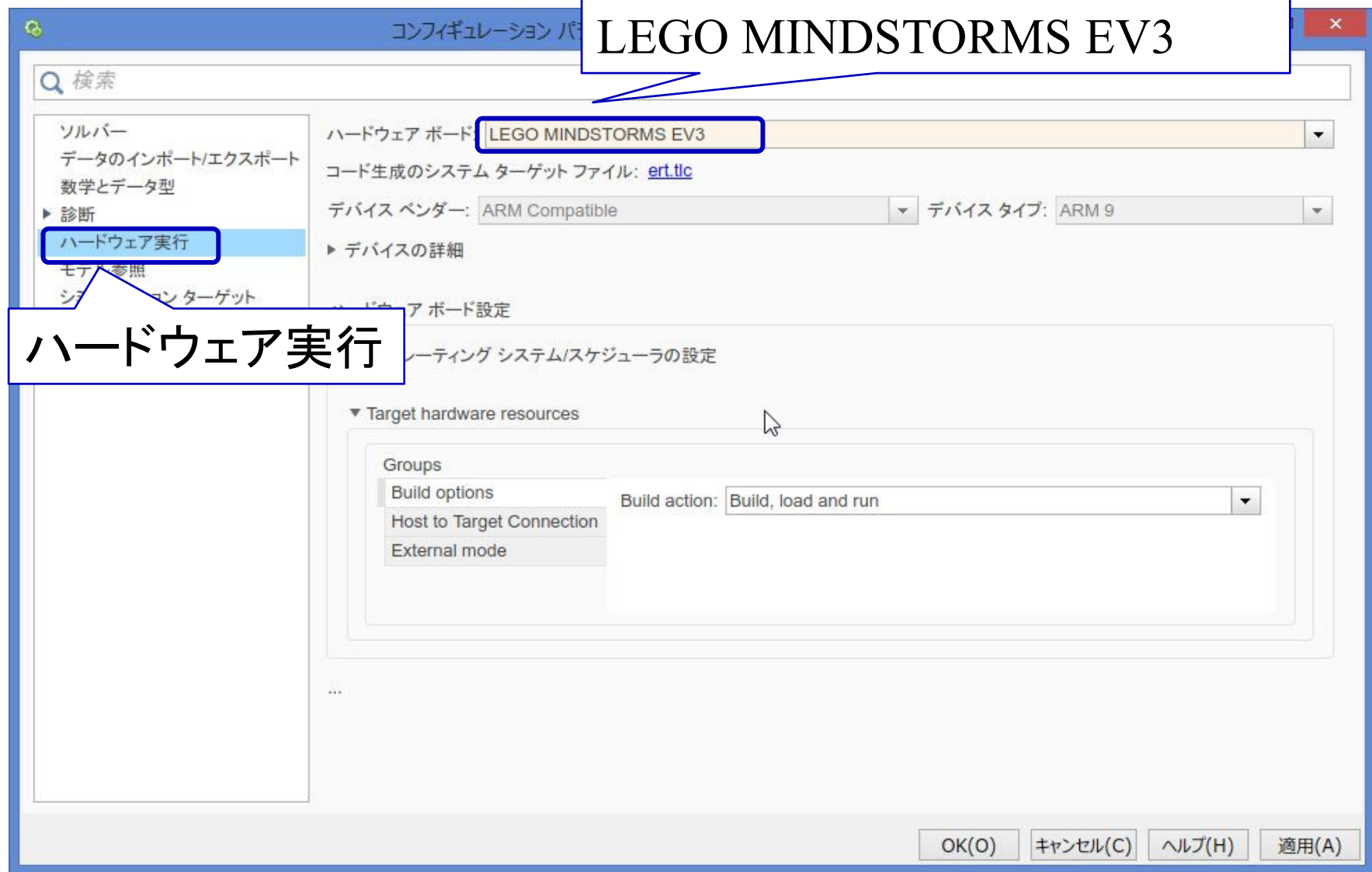
Zip ファイルを解凍

# P制御

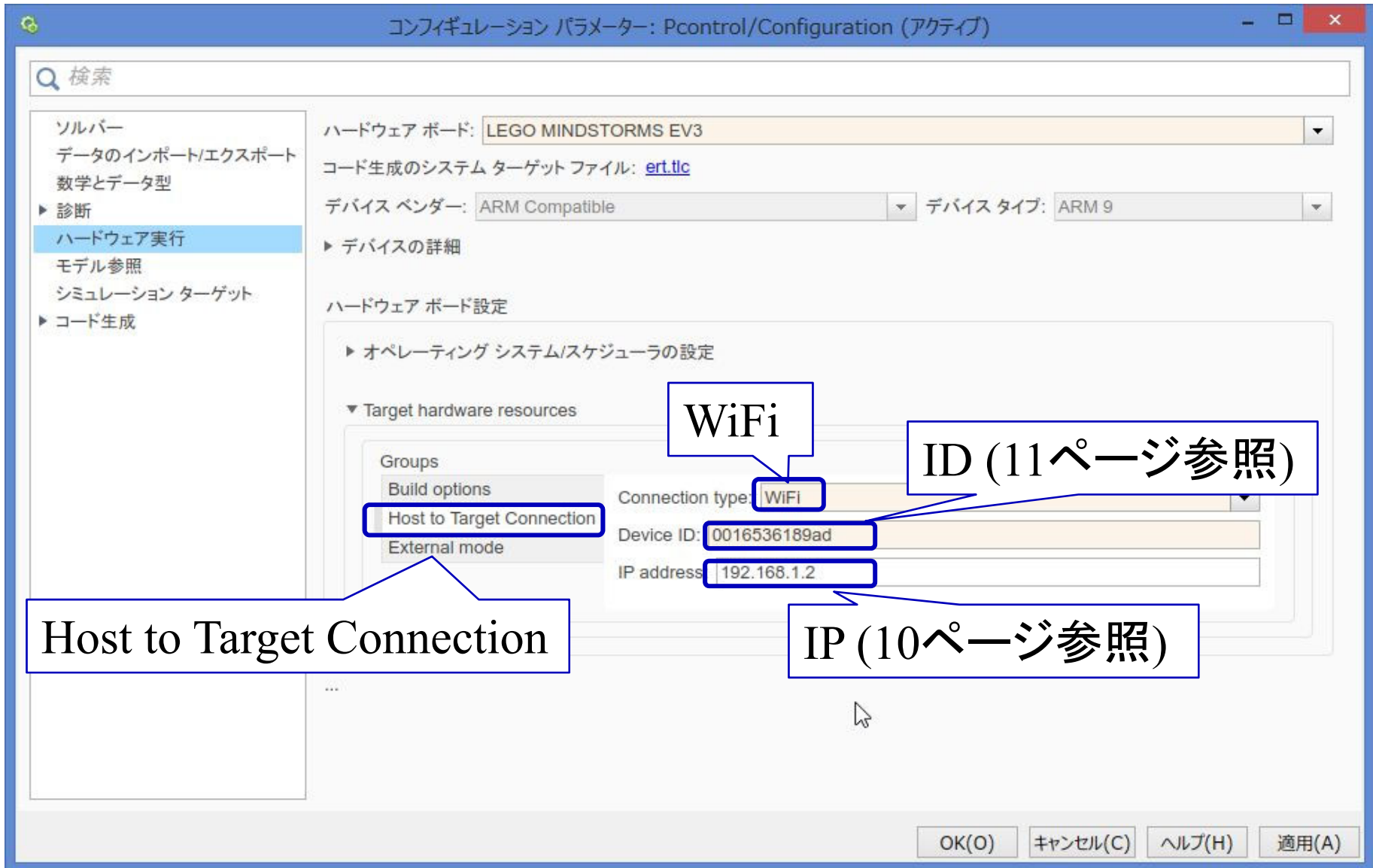
Pcontrol.slx を実行











コンフィギュレーション パラメーター: Pcontrol/Configuration (アクティブ)

検索

ソルバー  
データのインポート/エクスポート  
数学とデータ型  
▶ 診断  
▶ **ハードウェア実行**  
モデル参照  
シミュレーション ターゲット  
▶ コード生成

ハードウェア ボード: LEGO MINDSTORMS EV3  
コード生成のシステム ターゲット ファイル: [ert.tlc](#)  
デバイス ベンダー: ARM Compatible  
▶ デバイスの詳細

ハードウェア ボード設定

▶ オペレーティング システム/スケジューラの設定

▼ Target hardware resources

Groups  
Build options  
Host to Target Connection  
**External mode**

Communication interface: TCP/IP  
IP Address: 192.168.1.2  
 Verbose

1ページ前のIPと同じ

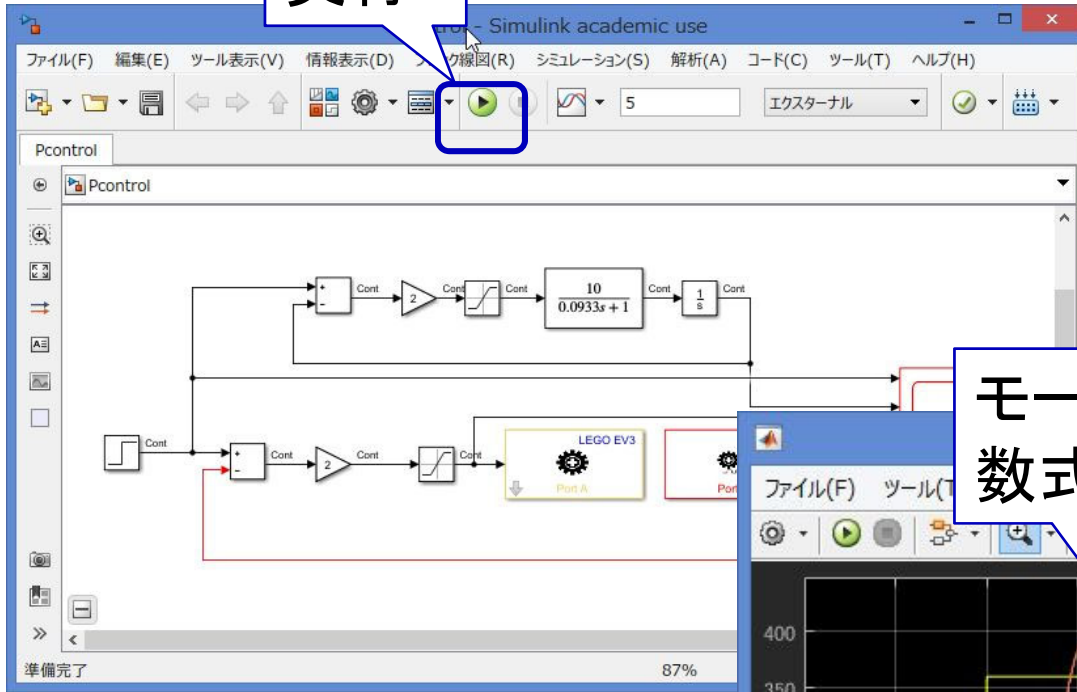
External mode

OK(O) キャンセル(C) ヘルプ(H) 適用(A)

**エクスターナル**

The screenshot shows the Simulink environment for a project named 'Pcontrol'. The menu bar includes options like 'ファイル(F)', '編集(E)', 'ツール表示(V)', '情報表示(D)', 'ブロック線図(R)', 'シミュレーション(S)', '解析(A)', 'コピー', 'ツール(T)', and 'ヘルプ(H)'. The toolbar contains various icons, and the 'External' dropdown menu is highlighted with a blue box. The main workspace displays a control system diagram with two LEGO EV3 blocks (Port A) and a transfer function block  $\frac{10}{0.0933s + 1}$ . The status bar at the bottom indicates '準備完了' (Ready), '87%' progress, and 'ode3' solver.

実行



数式モデルは  
ほぼ正しい

モータの角度と  
数式モデルの出力

目標値

制御入力



dataplotP.m を実行

【課題1】

作成された図3枚を作成

【課題2】

下記の値を求める

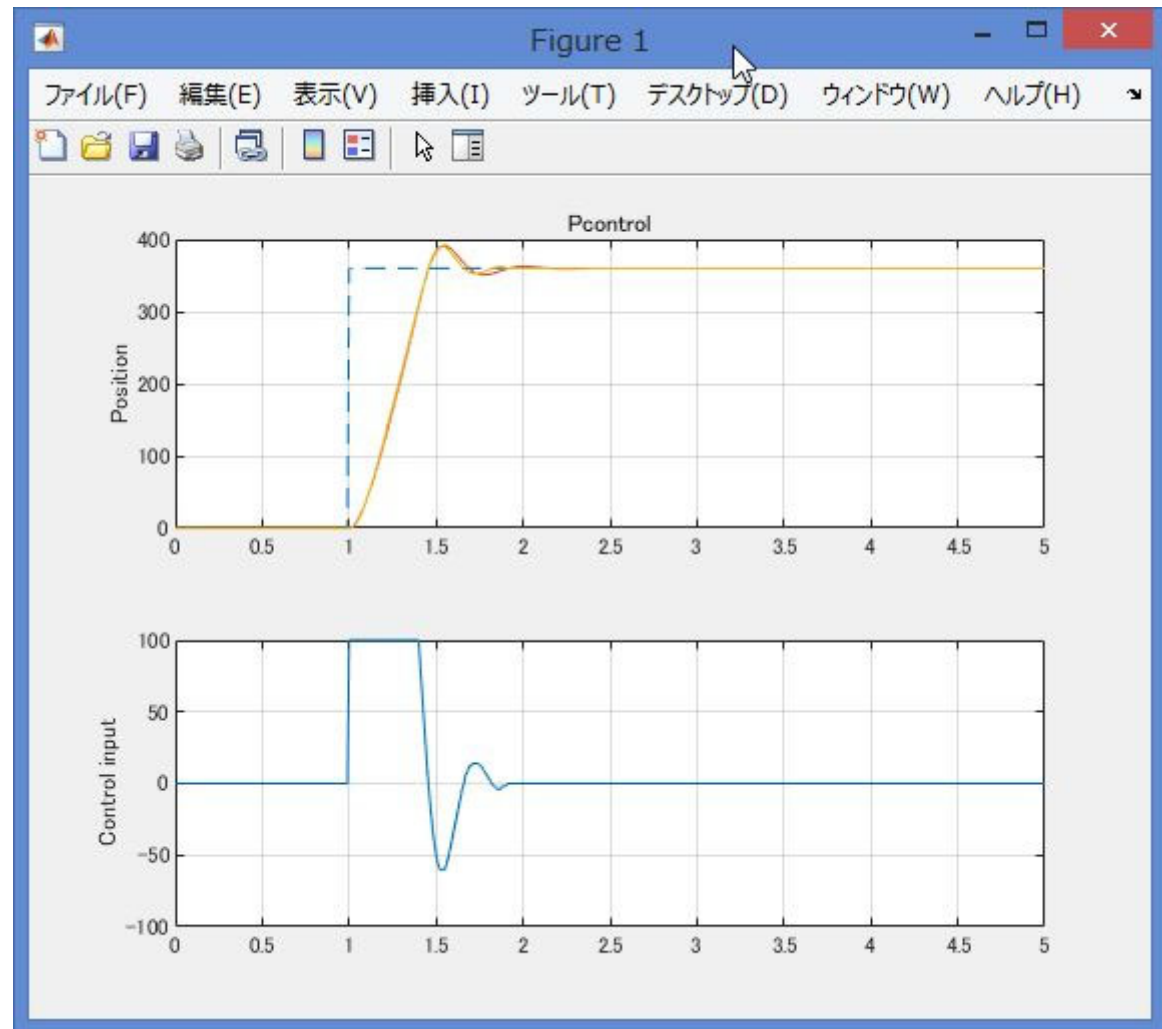
立上り時間  $T_r$

遅れ時間  $T_d$

オーバーシュート  $A_{\max}$

整定時間  $T_s$

減衰比  $\frac{b}{a}$



### 【課題3】

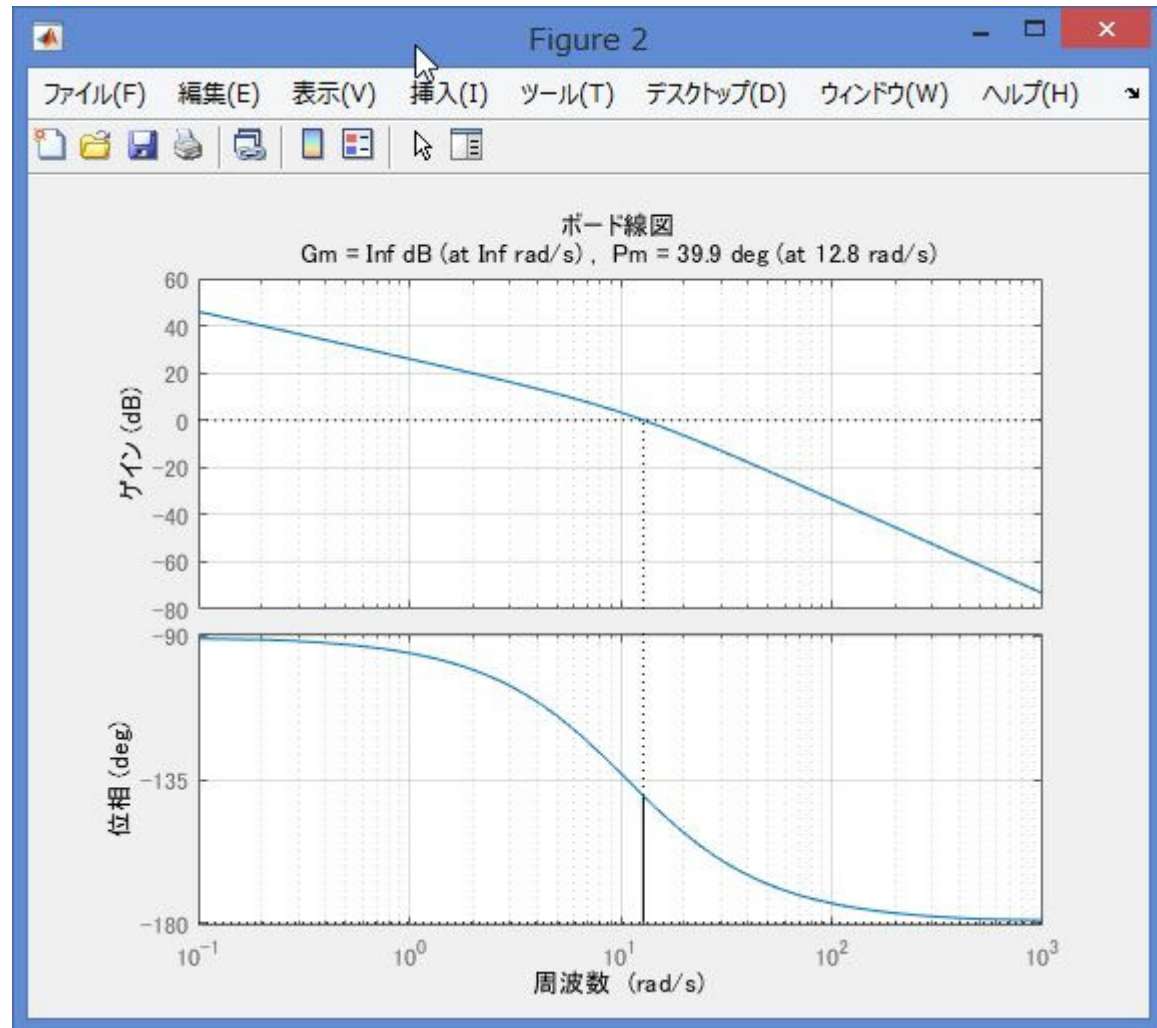
下記の値を求める

ゲイン交差周波数  $\omega_{gc}$

位相余裕 PM

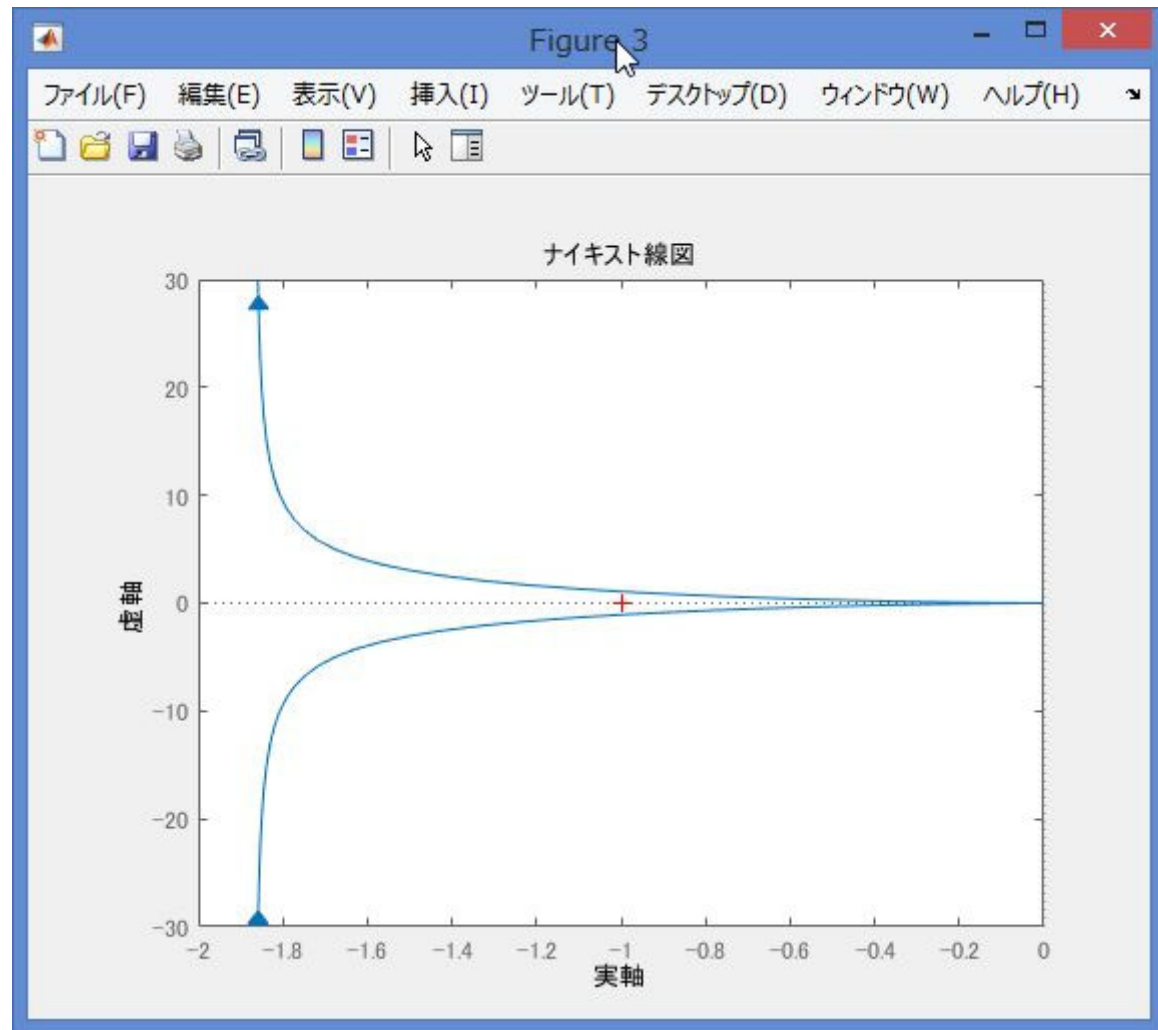
位相交差周波数  $\omega_{pc}$

位相余裕 GM



## 【課題4】

### ナイキストの安定判別法を用いて安定判別

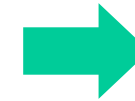


# 制御系の性能評価

定常特性  
過渡特性

時間応答  
周波数応答

に基づく性能評価



速応性  
減衰特性

## 過渡特性

時間応答に基づく性能評価(3.4節)

立上り時間  $T_r$

遅れ時間  $T_d$

行過ぎ時間  $T_p$

オーバーシュート  $A_{max}$

整定時間  $T_s$

減衰比  $\frac{b}{a}$

速応性:  $T_r, T_d, T_s, T_p$

減衰特性: オーバシュート, 減衰比

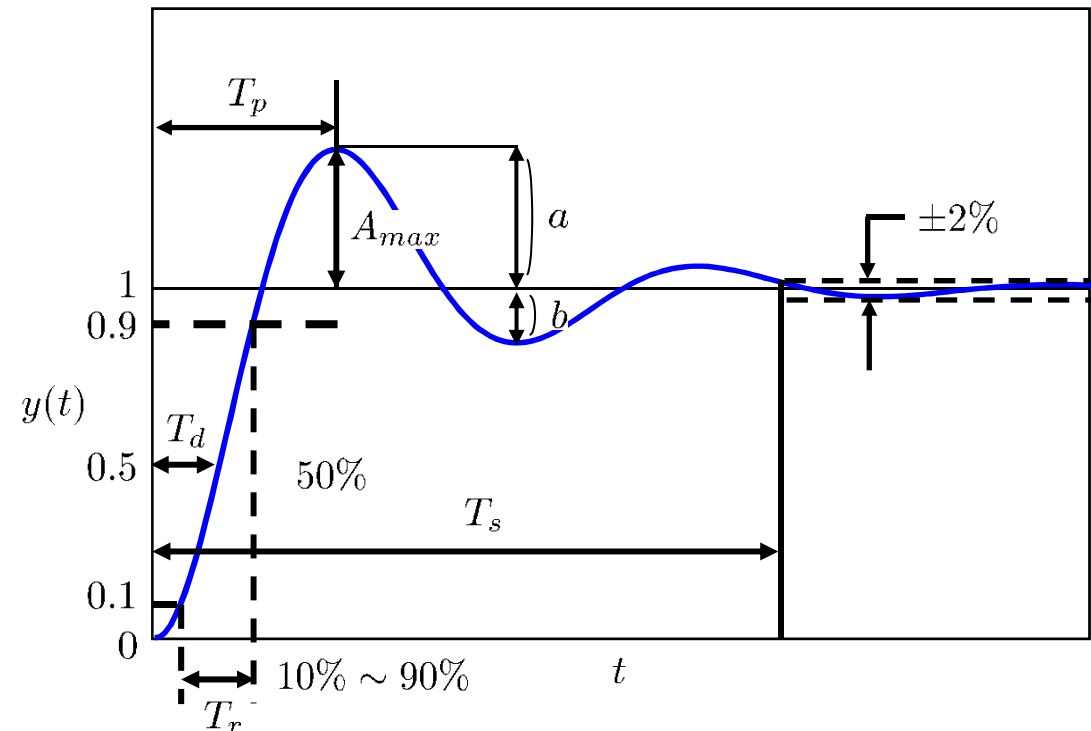


図3.10 過渡応答と諸特性値



# 制御系の性能評価

{ 定常特性  
 過渡特性 } { 時間応答  
 周波数応答 } { 閉ループ  
 開ループ } 伝達関数に基づく性能評価

## 開ループ伝達関数に基づく性能評価

安定余裕 [ゲイン余裕 / 位相余裕]

交差周波数 [ゲイン/位相]

(速応性): ゲイン交差周波数  $\omega_{gc}$

(減衰特性): 位相余裕  $PM$

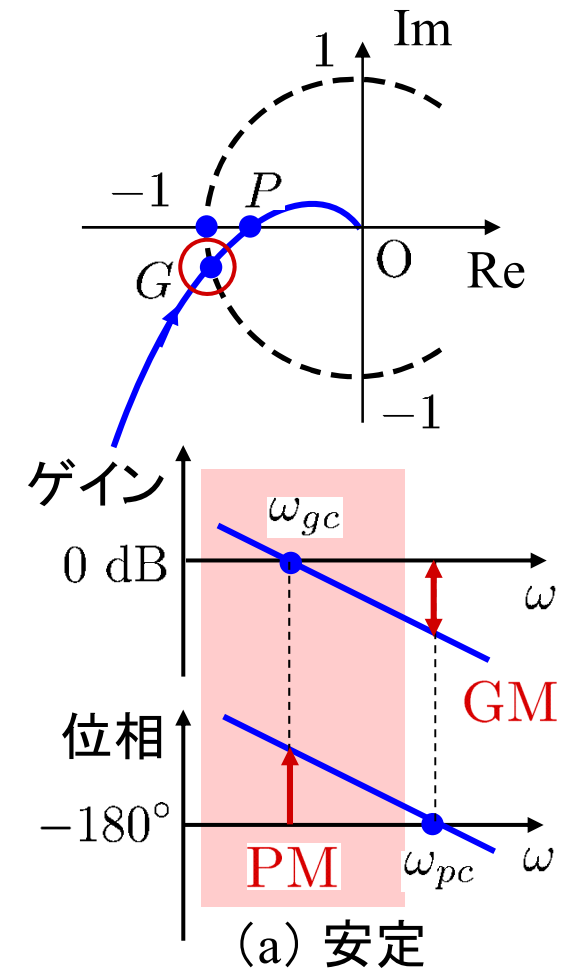
## 経験的指針

追従制御:

$$PM = 40 \sim 60^\circ, GM = 10 \text{ dB} \sim 20 \text{ dB}$$

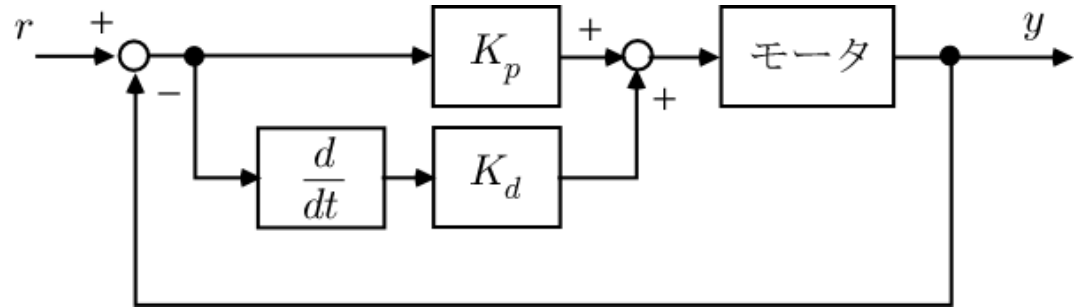
定置制御:  $PM \geq 20^\circ, GM = 3 \text{ dB} \sim 10 \text{ dB}$

2次系の場合:  $PM \approx 100 \times \zeta$



# PD制御

PDcontrol.slx を実行



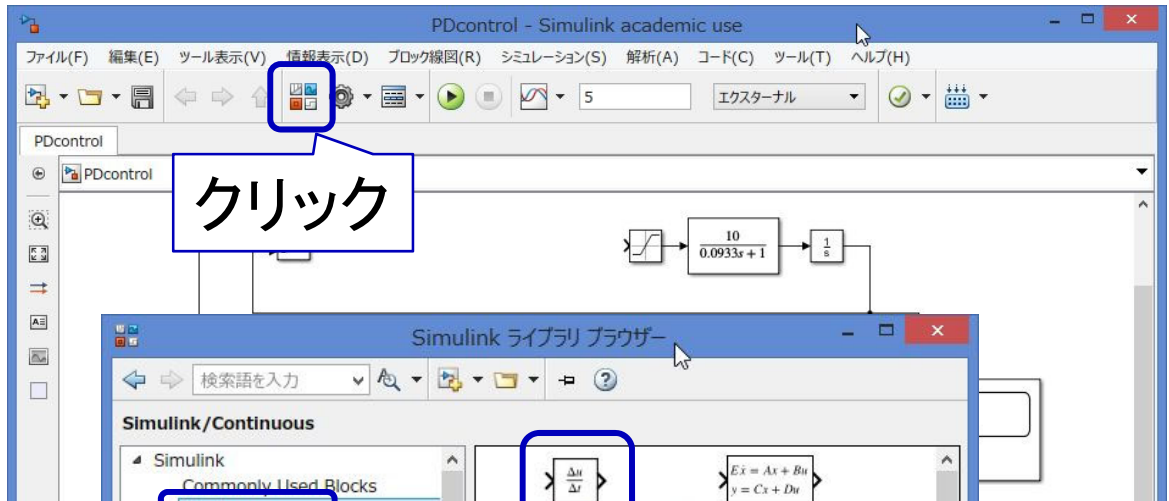
目標値

ここを埋める

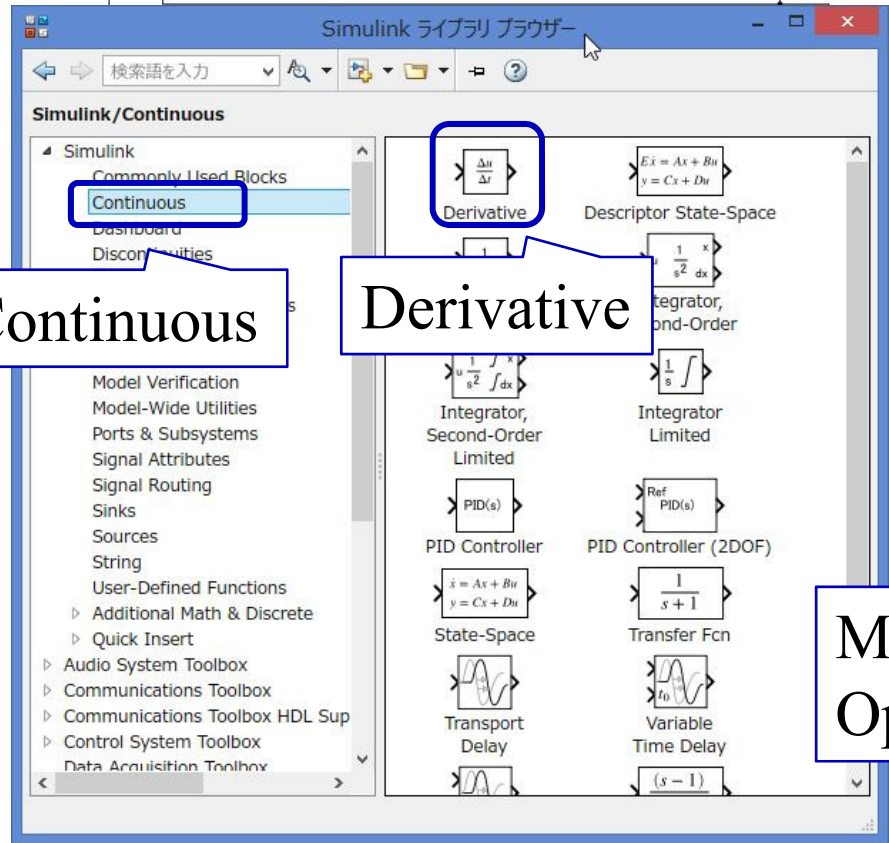
モータの数式モデル

ここを埋める

LEGOのモータ

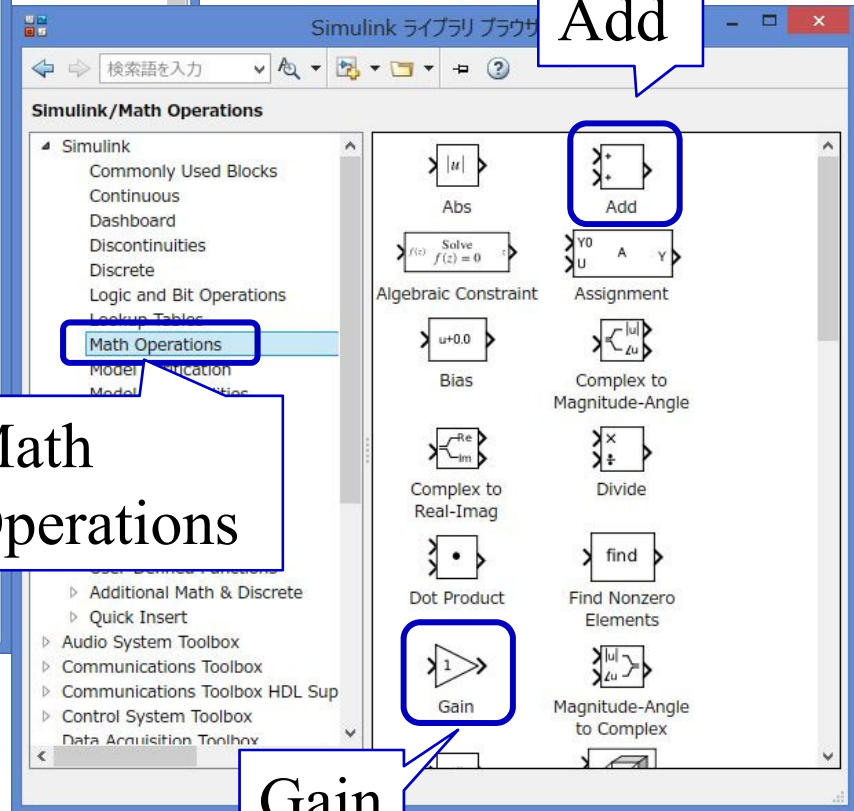


クリック



Continuous

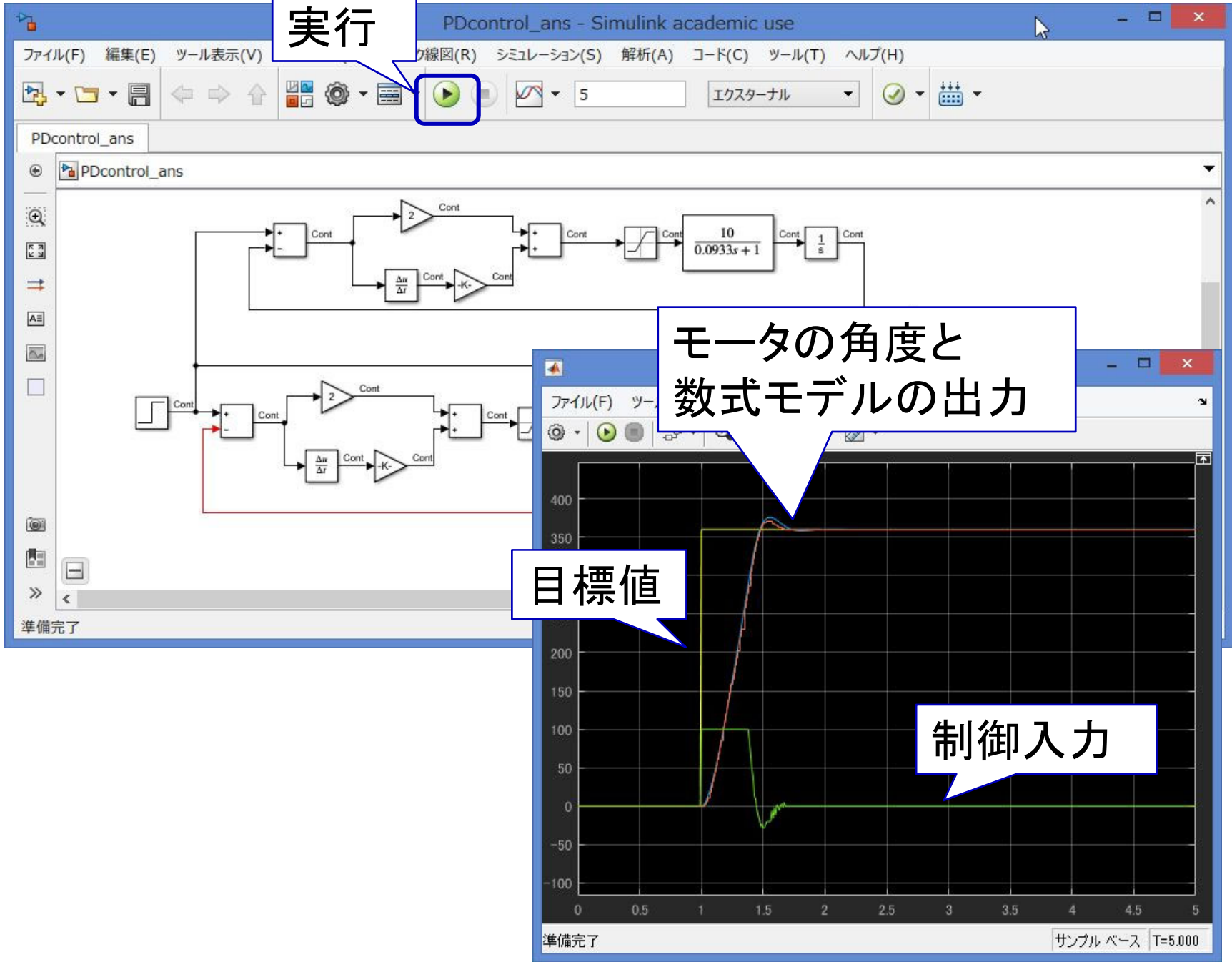
Derivative



Add

Math Operations

Gain



実行

モータの角度と  
数式モデルの出力

目標値

制御入力

dataplotPD.m を実行

【課題5】

作成された図3枚を作成

【課題2】

下記の値を求める

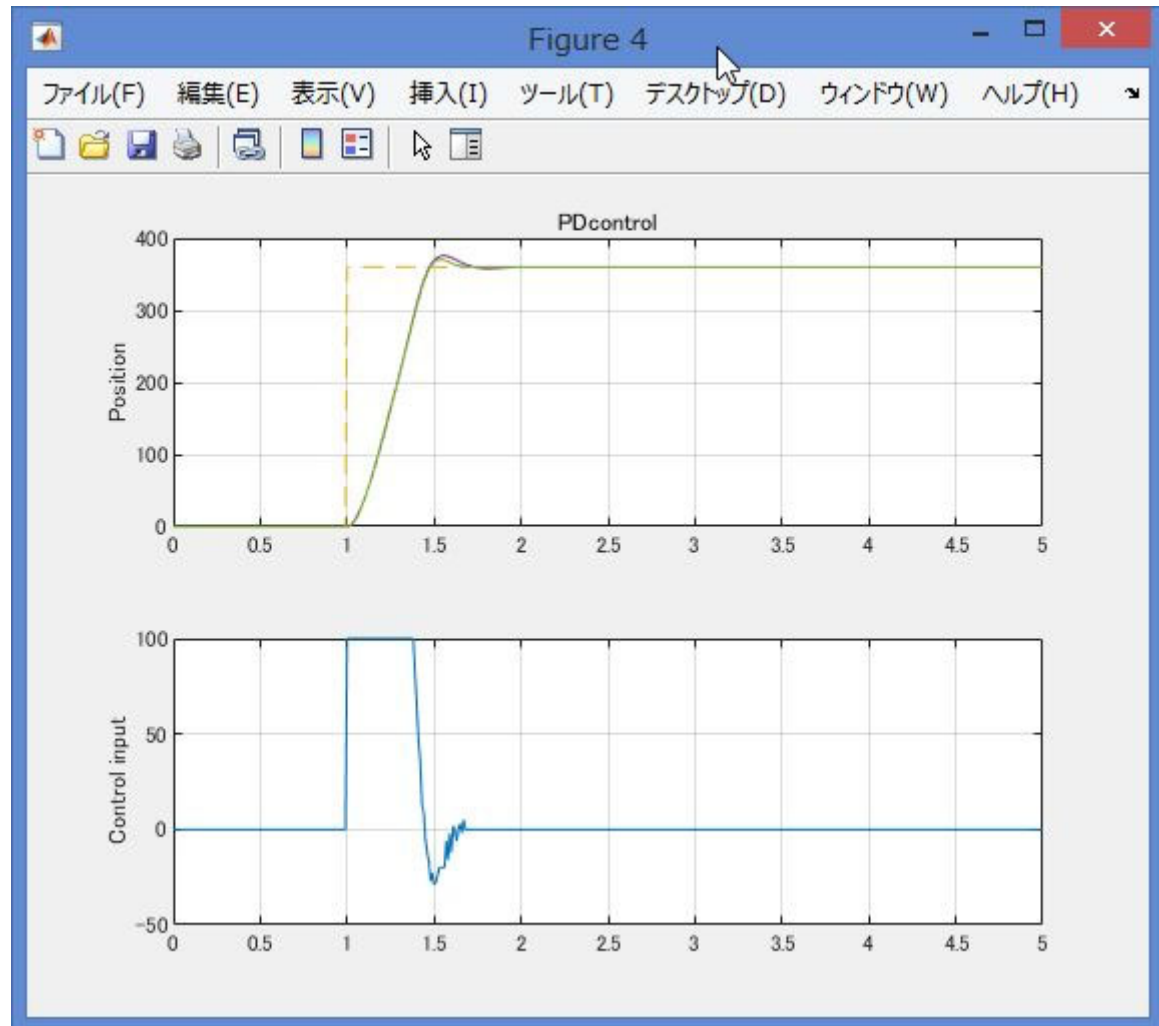
立上り時間  $T_r$

遅れ時間  $T_d$

オーバーシュート  $A_{\max}$

整定時間  $T_s$

減衰比  $\frac{b}{a}$



### 【課題3】

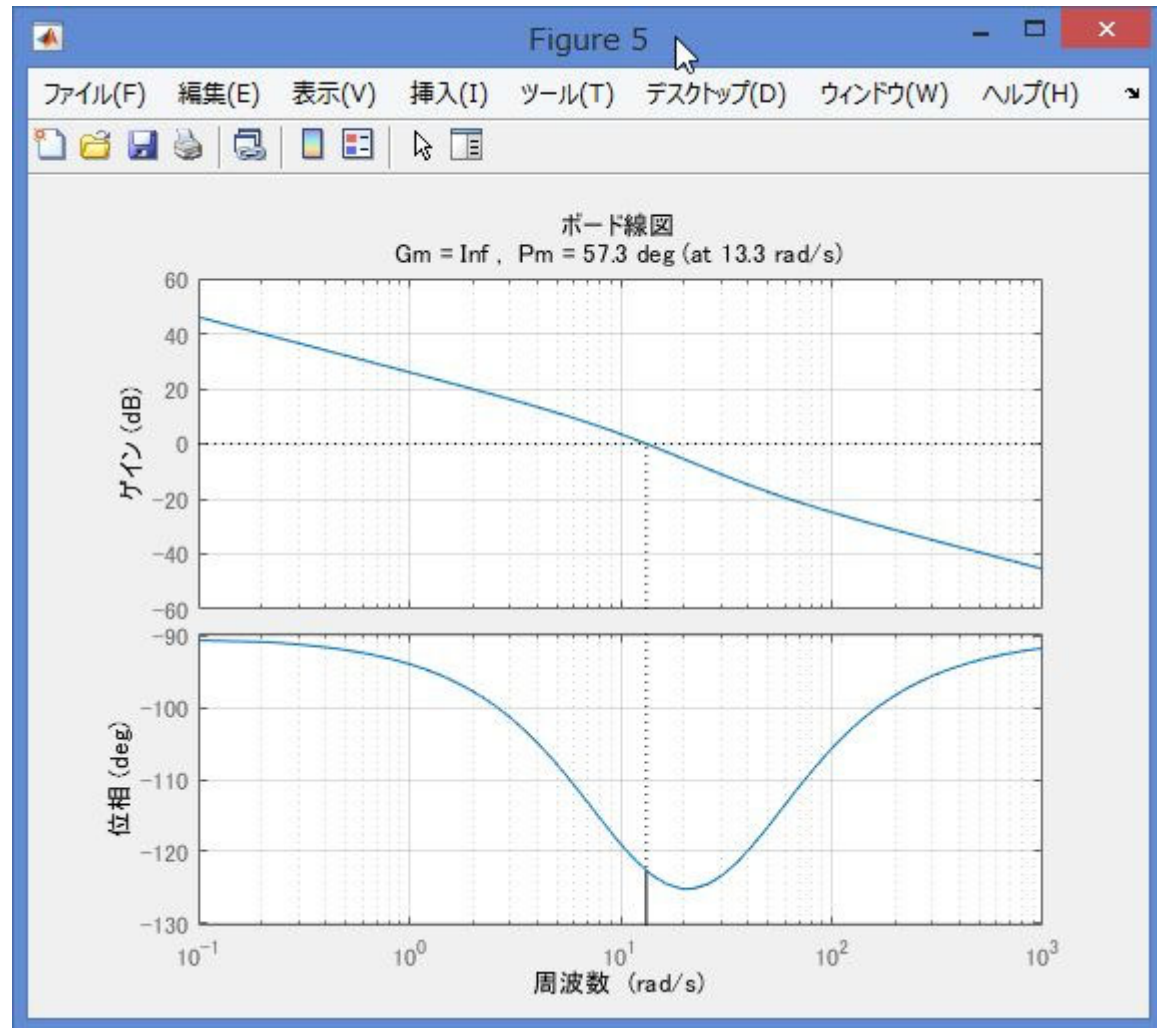
下記の値を求める

ゲイン交差周波数  $\omega_{gc}$

位相余裕 PM

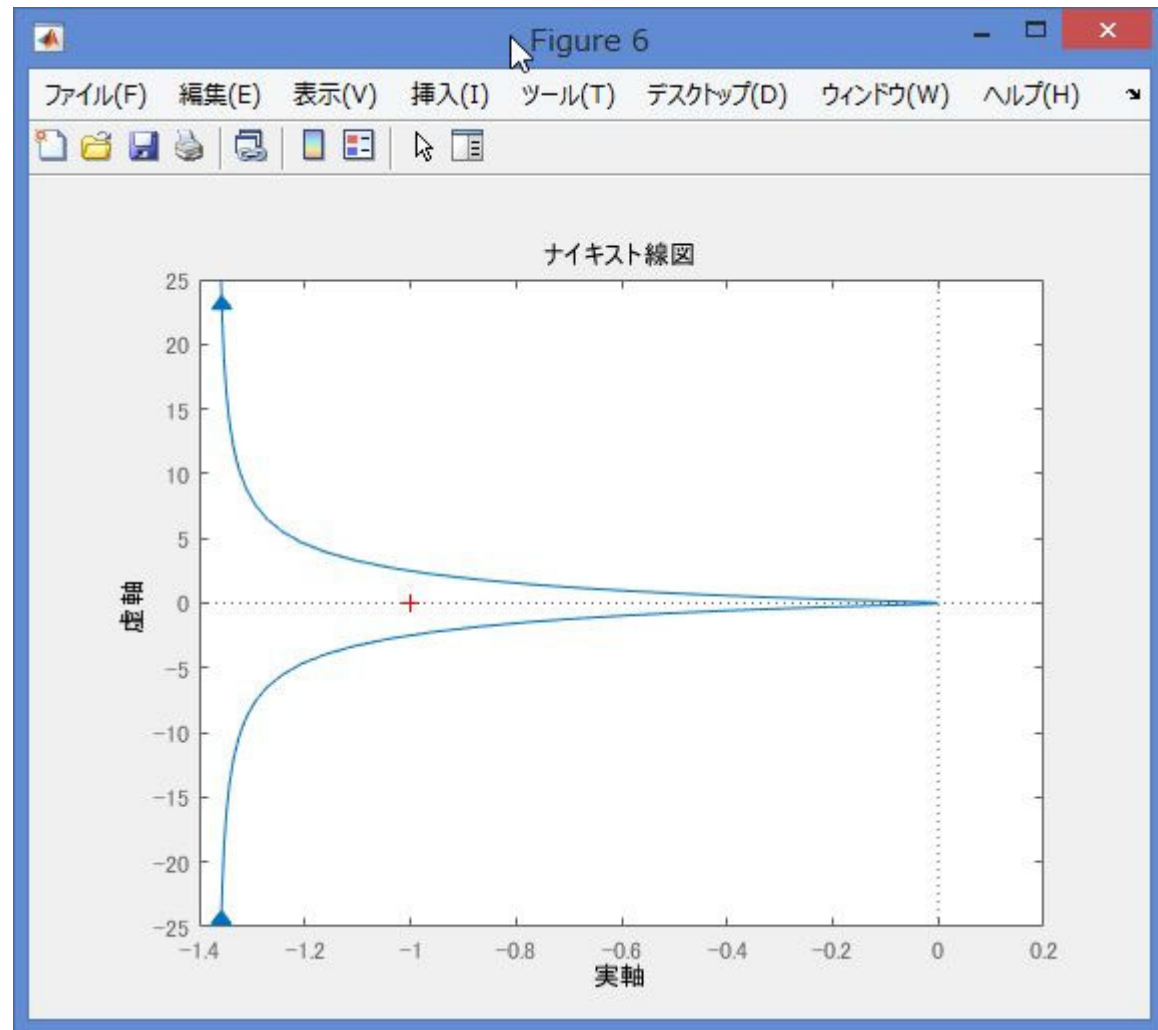
位相交差周波数  $\omega_{pc}$

位相余裕 GM



## 【課題6】

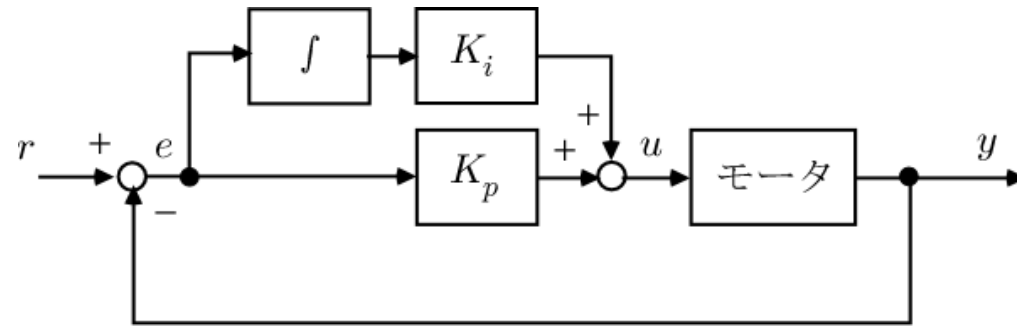
### ナイキストの安定判別法を用いて安定判別



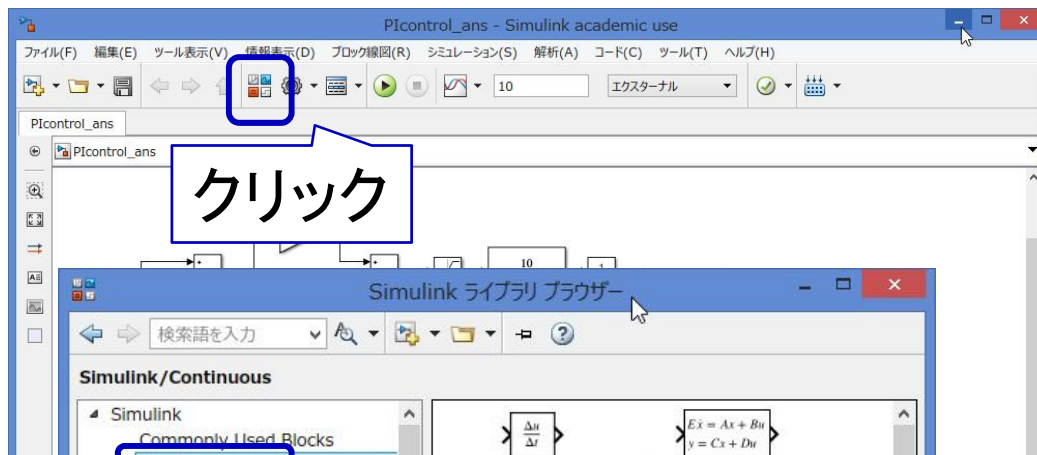


# PI制御

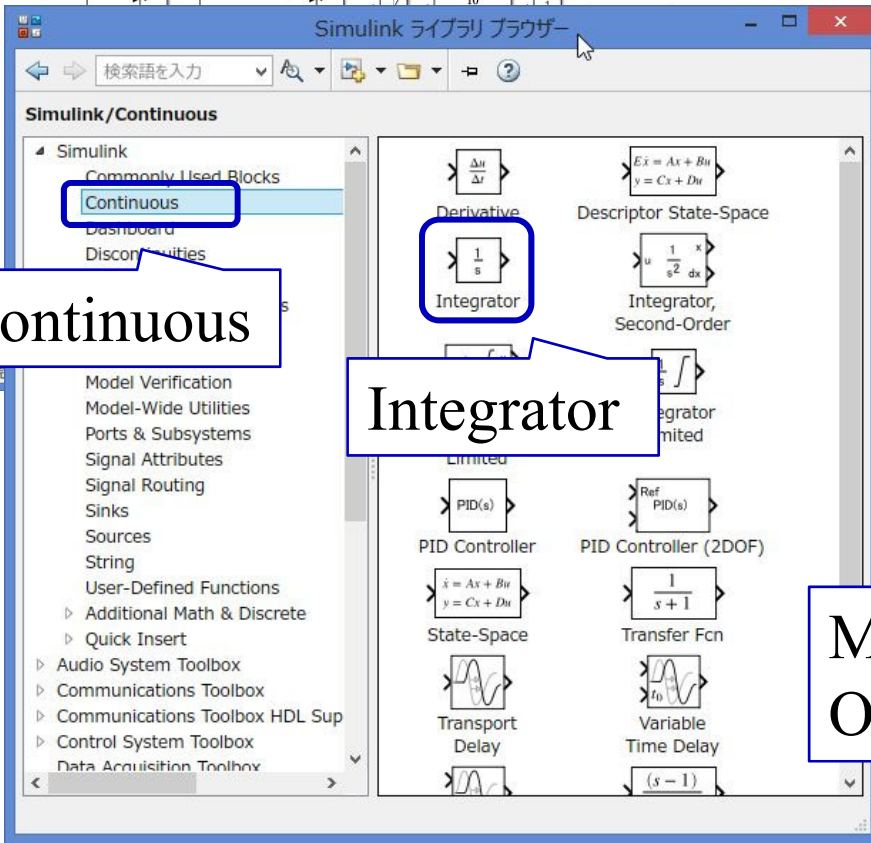
PIcontrol.slx を実行





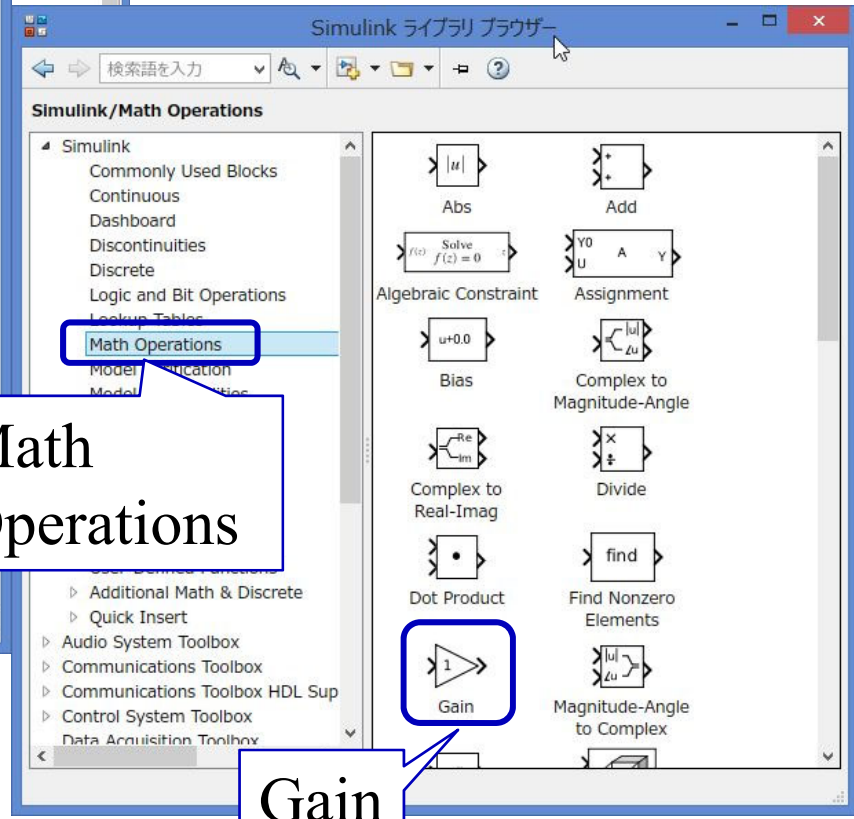


クリック



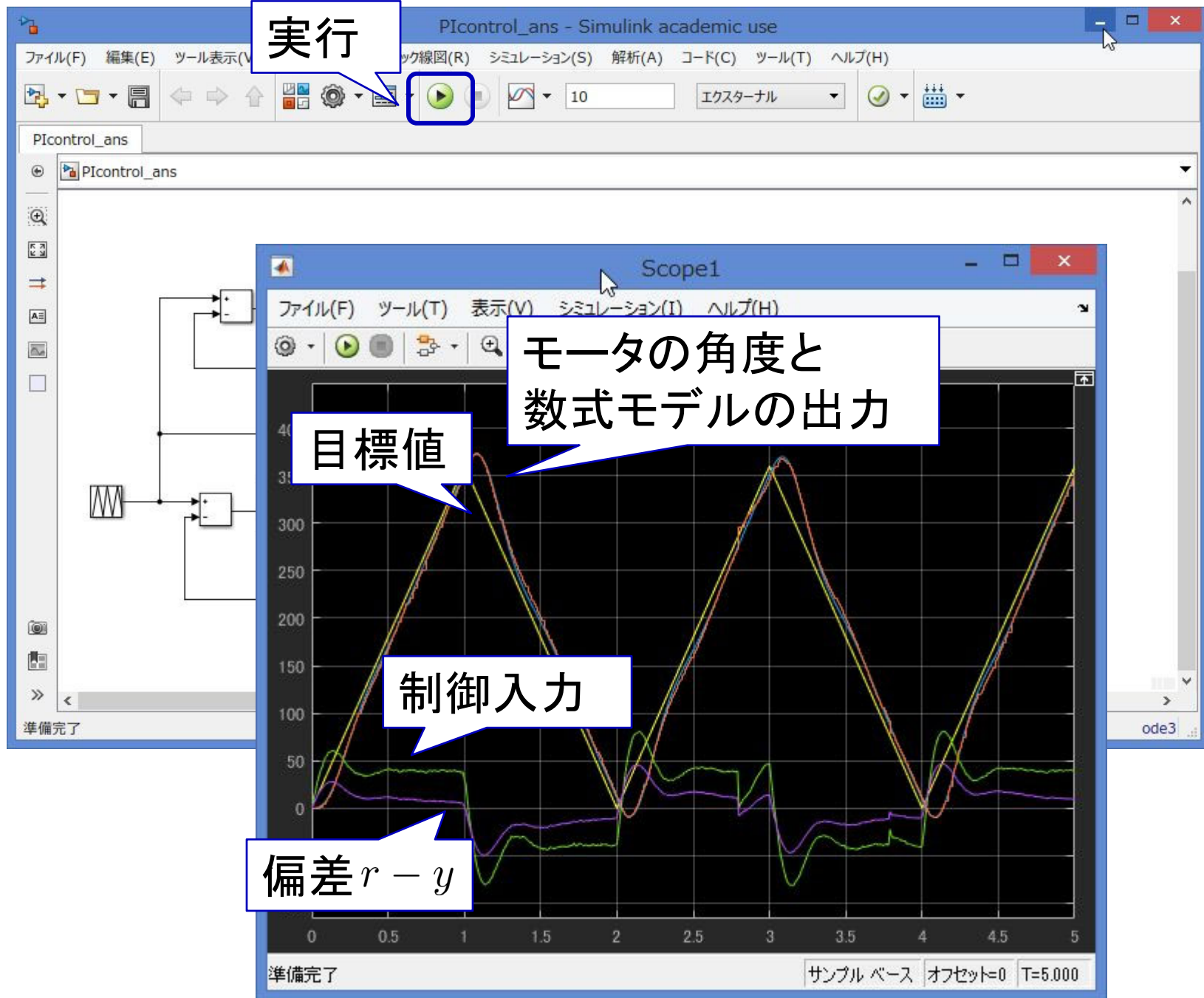
Continuous

Integrator



Math Operations

Gain



dataplotPI.m を実行

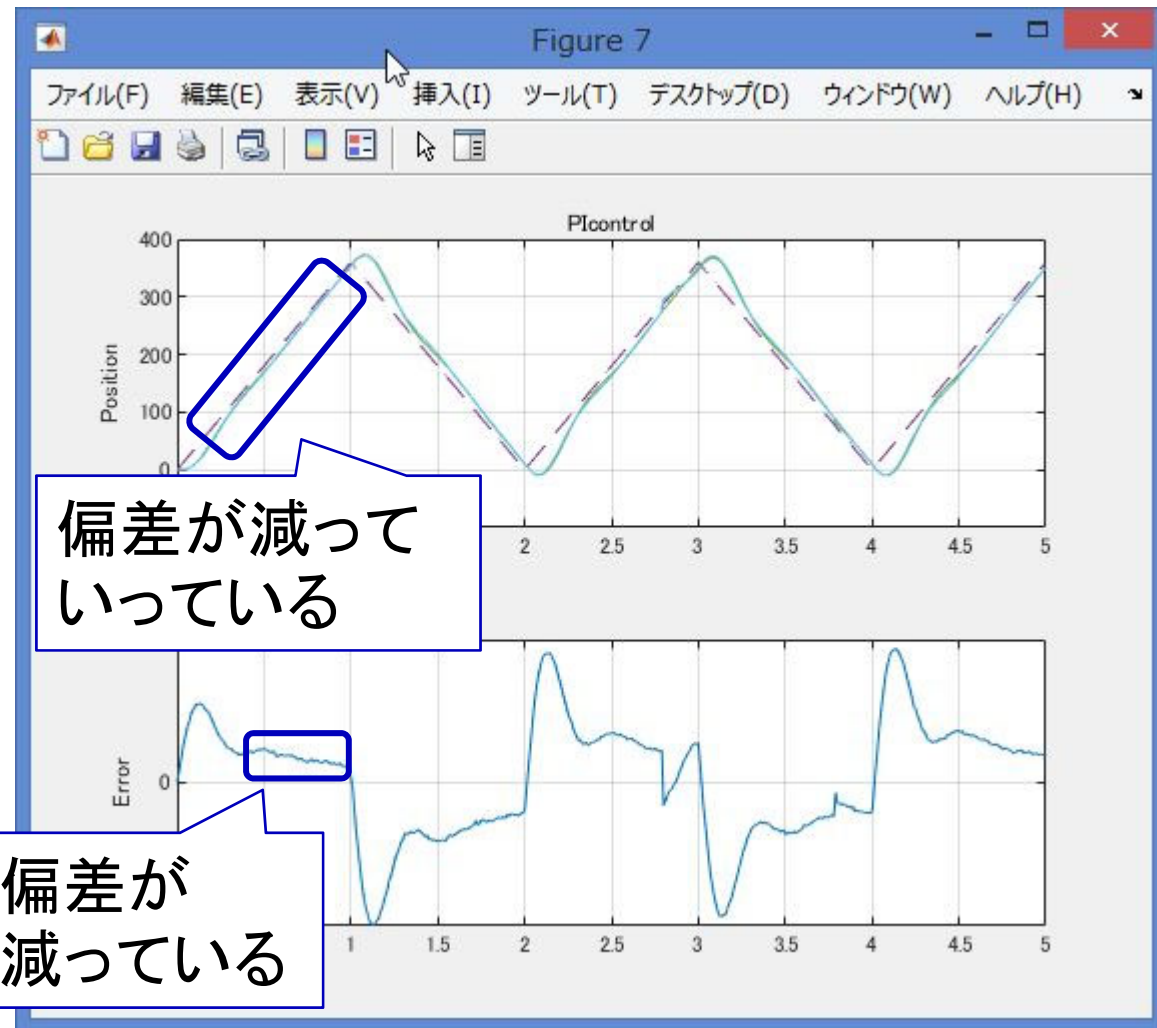
【課題7】

作成された図3枚を作成

【課題8】

下記の値を求める

偏差の最小値  $e$



### 【課題3】

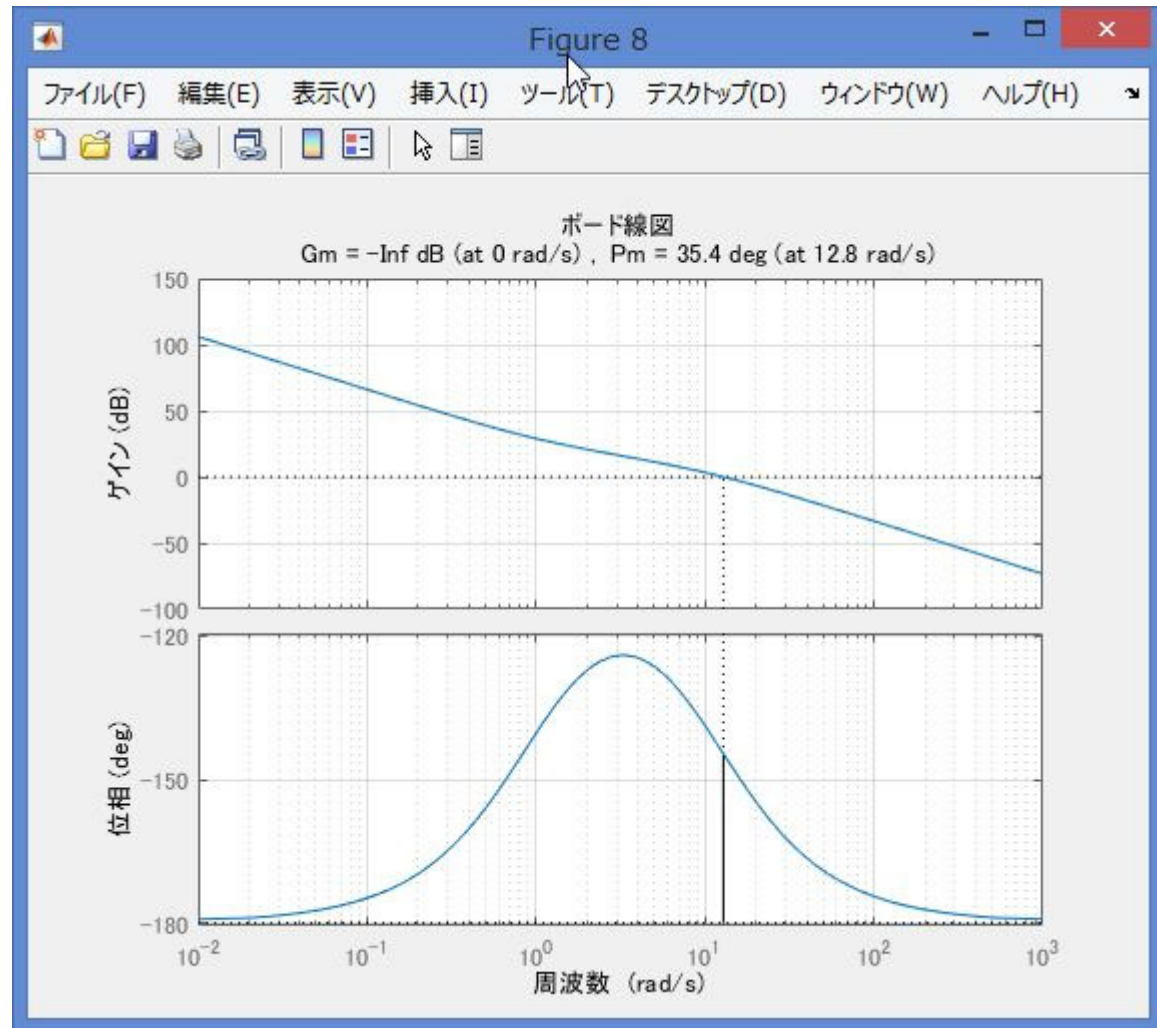
下記の値を求める

ゲイン交差周波数  $\omega_{gc}$

位相余裕 PM

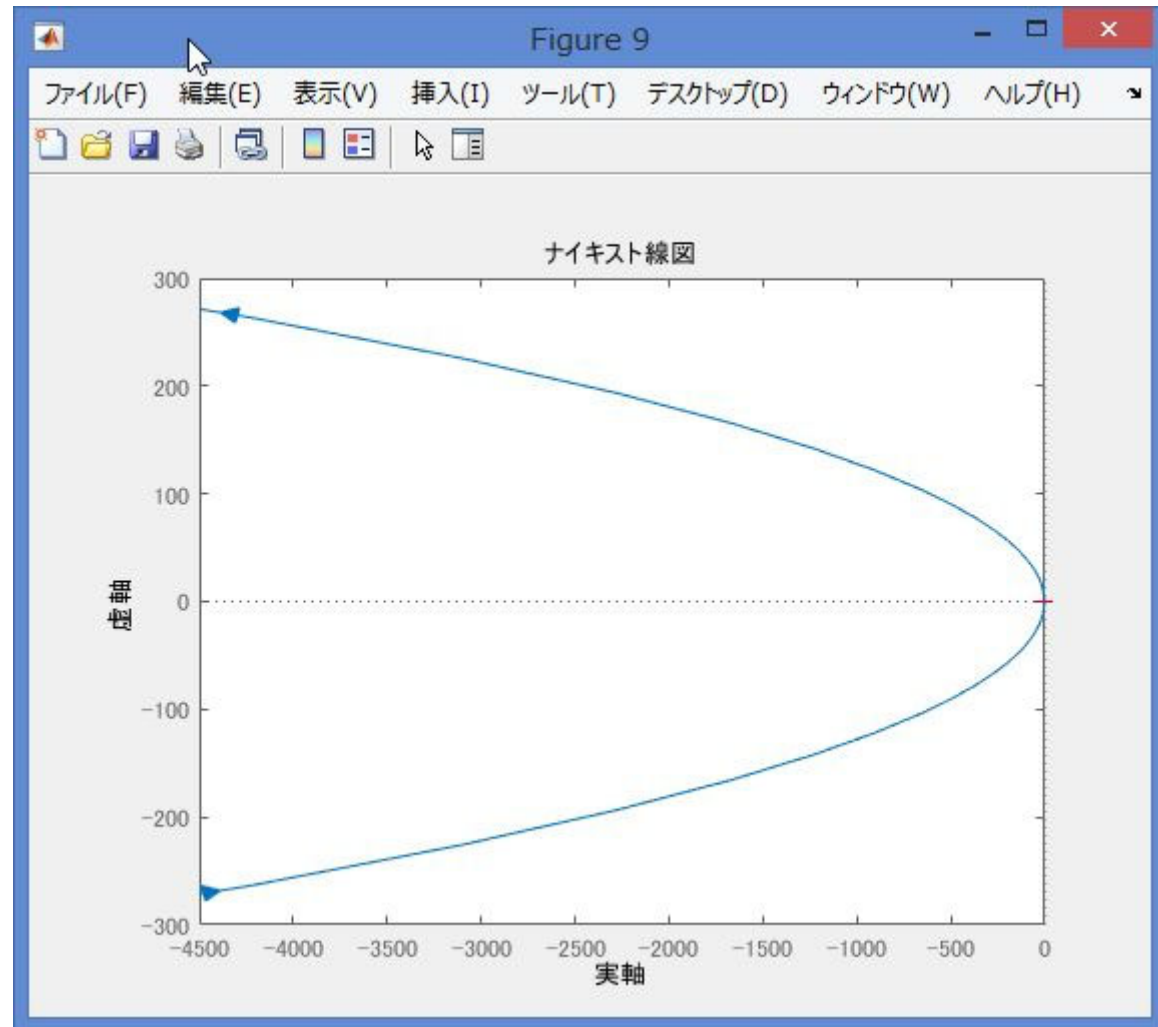
位相交差周波数  $\omega_{pc}$

位相余裕 GM



## 【課題9】

### ナイキストの安定判別法を用いて安定判別



# 第 8 章 : フィードバック制御系の設計法

## 8.2 PID補償による制御系設計

キーワード : PD制御, PI制御

学習目標 : モータのPD制御とPI制御ができる。