

組込みシステムによる制御技術開発 のためのモデルベース設計手法

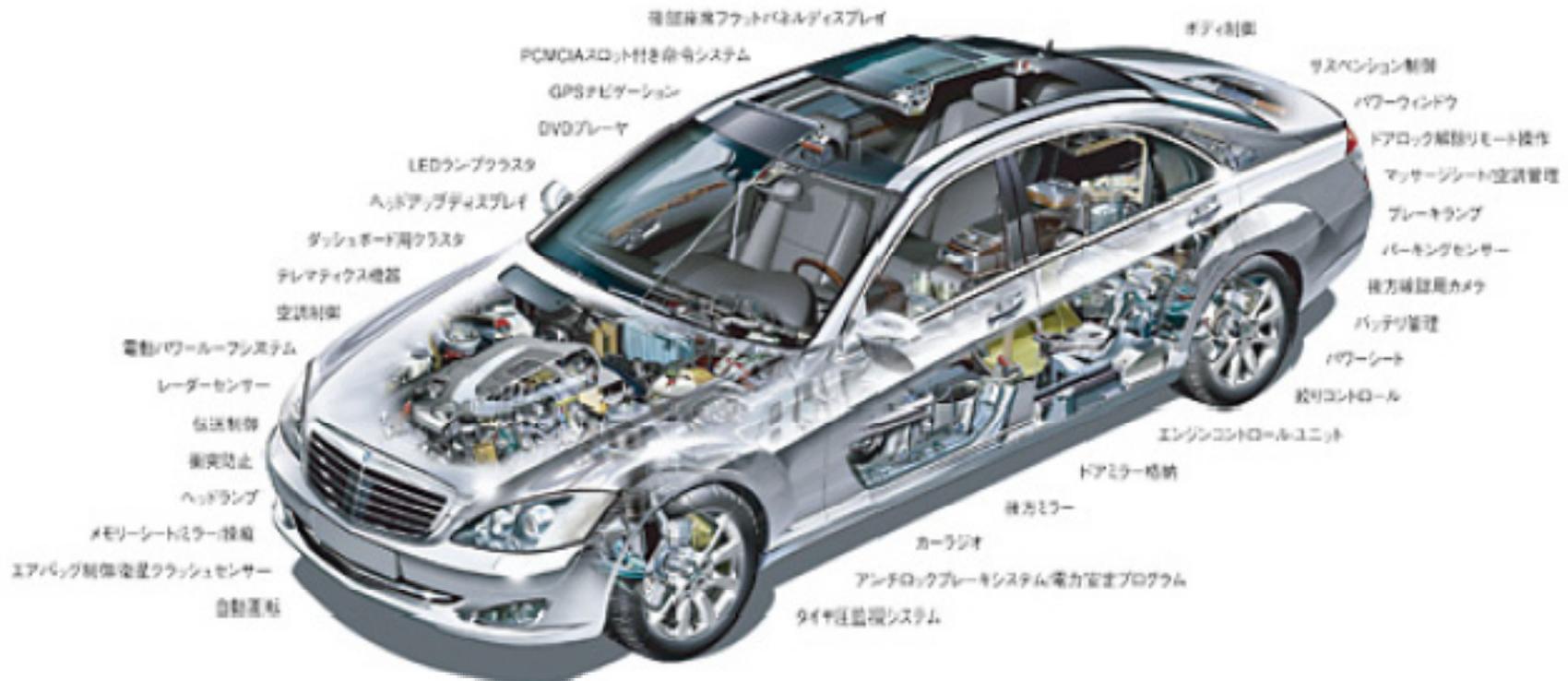
白石 洋一

群馬大学大学院工学研究科

目 次

1. 組込みシステム
2. モデルベース設計手法
3. インバータ電源用組込みシステムのためのモデルベース設計環境
4. 次世代電気自動車用組込みシステムのためのモデルベース設計環境
5. まとめ

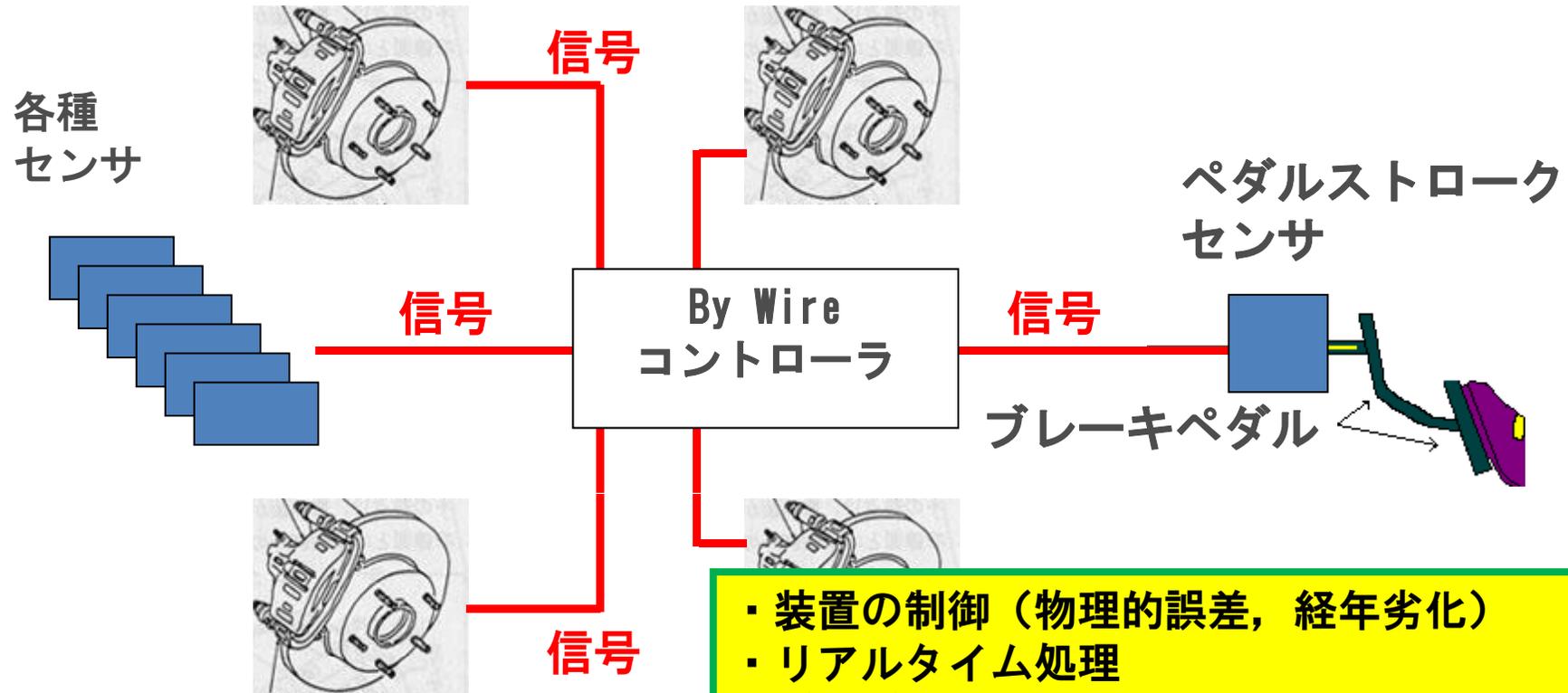
自動車はロボット



100個以上の組み込みシステム

自動車: Brake-by-Wire

By Wire コントローラ (組込みシステム)
専用HW, 専用SW設計 → シミュレーション



- ・ 装置の制御 (物理的誤差, 経年劣化)
- ・ リアルタイム処理
- ・ ぎりぎりのリソース (メモリ, 処理速度)
- ・ 超高信頼性

組み込みシステムと設計の課題

組み込みシステム = HW+SW



プラント

専用SW

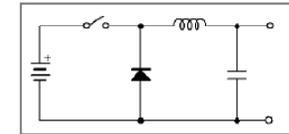
```
#ifndef __SFFT
#define __SFFT
#include "systemc.h"
SC_MODULE(sfft) {
  sc_in<double> in1;
  sc_out<double> sum;
  double in1_1;
  double in1_2;
  ... ..
}
```

専用HW



制御

電子回路



アクチュエータ



組み込みシステムと設計の課題

組み込みSW実行環境使用不可 → HWシミュレータの必要性

ビジネスアプリSW

```
#ifndef __SFFT
#define __SFFT
#include "systemc.h"
SC_MODULE(sfft) {
    sc_in<double> in1;
    sc_out<double> sum;
    double in1_1;
    double in1_2;
    ... ..
```



PC, Windows実行環境

組み込みSW

```
#ifndef __SFFT
#define __SFFT
#include "systemc.h"
SC_MODULE(sfft) {
    sc_in<double> in1;
    sc_out<double> sum;
    double in1_1;
    double in1_2;
    ... ..
```

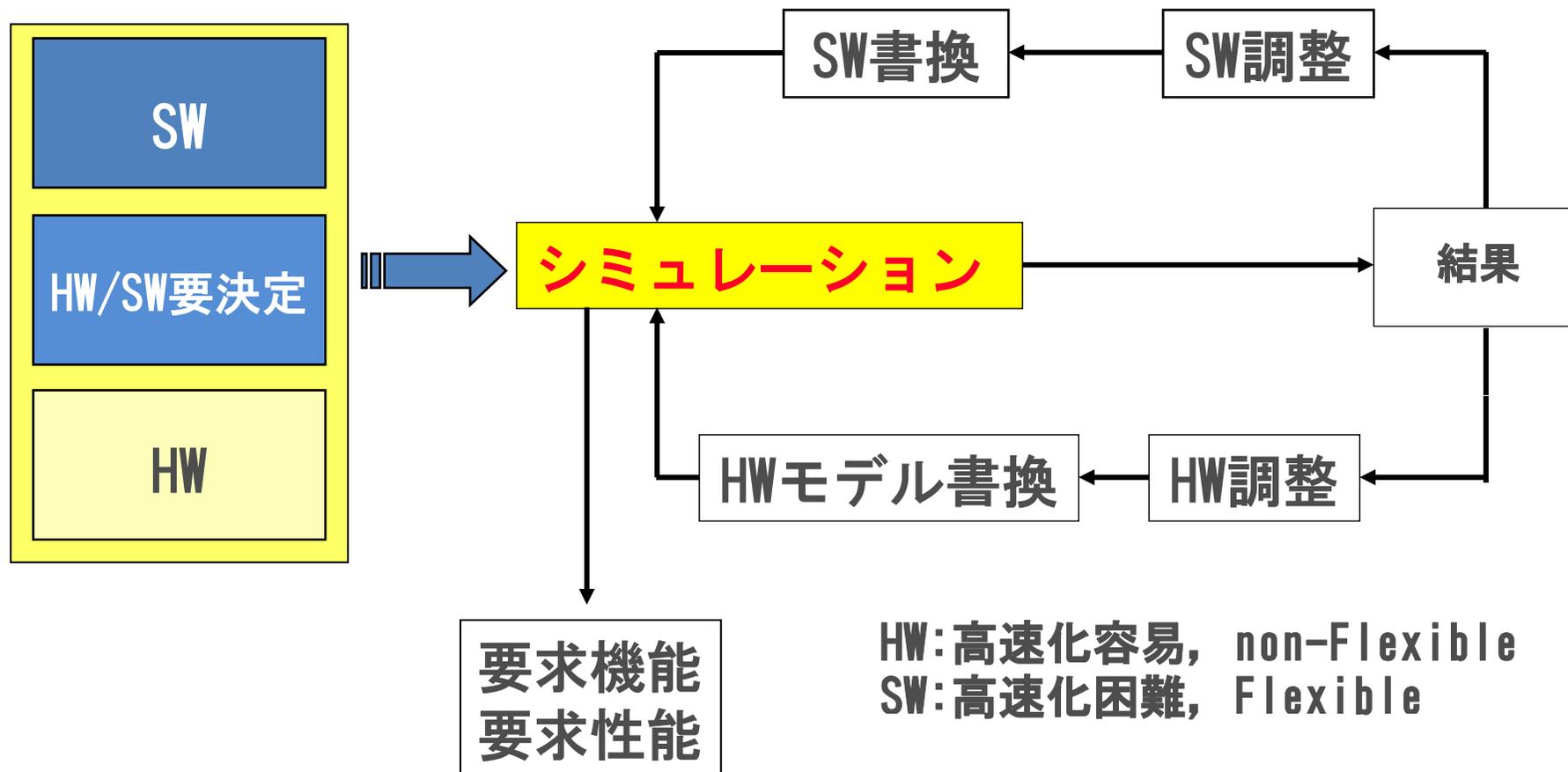


HW開発中

組込みシステムと設計の課題

HW/SW協調設計 → シミュレータの必要性

組込みシステム



組み込みシステムと設計の課題

実空間の**想定外**への対応 → **シミュレータの必要性**

組み込みシステム = HW+SW

⇔

プラント

専用SW

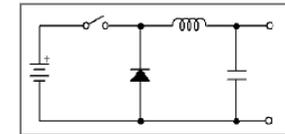
```
#ifndef __SFFT
#define __SFFT
#include "systemc.h"
SC_MODULE(sfft) {
  sc_in<double> in1;
  sc_out<double> sum;
  double in1_1;
  double in1_2;
  ... ..
```

専用HW



制御

電子回路



アクチュエータ

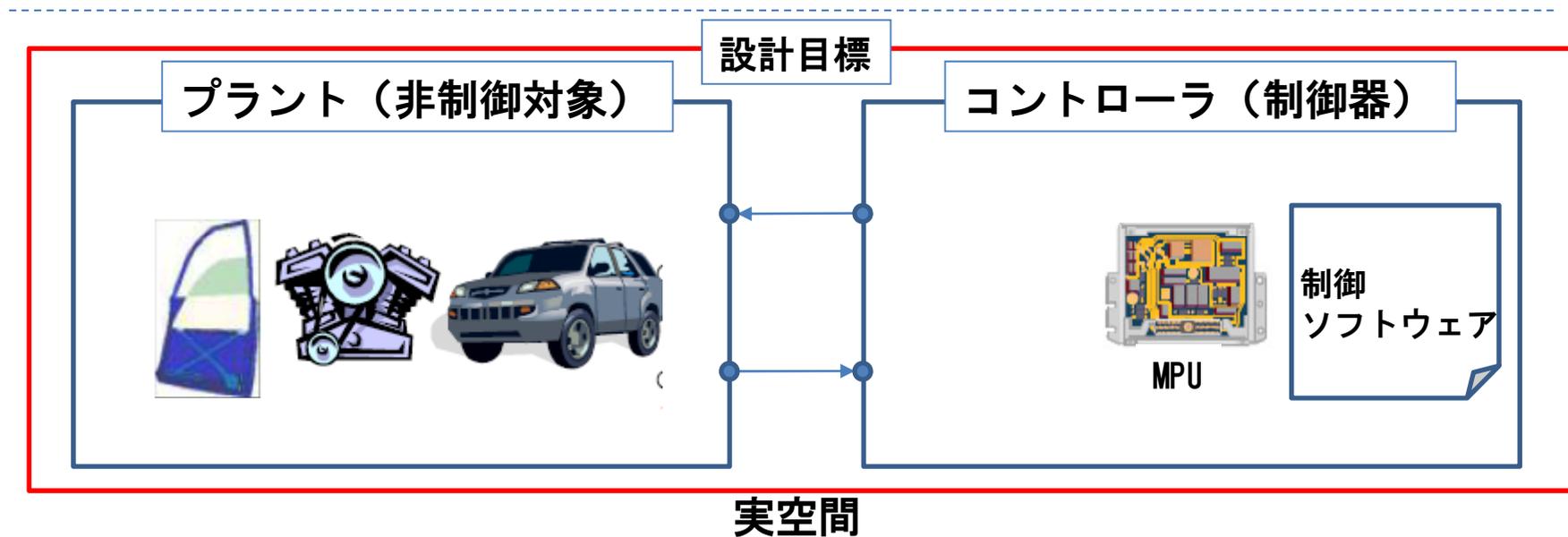
実空間 (Real World)
誤差, 事象の組み合わせ, 機器の
経年劣化, 状況変化, など

モデルベース設計 (Model Based Design)

シミュレータ：

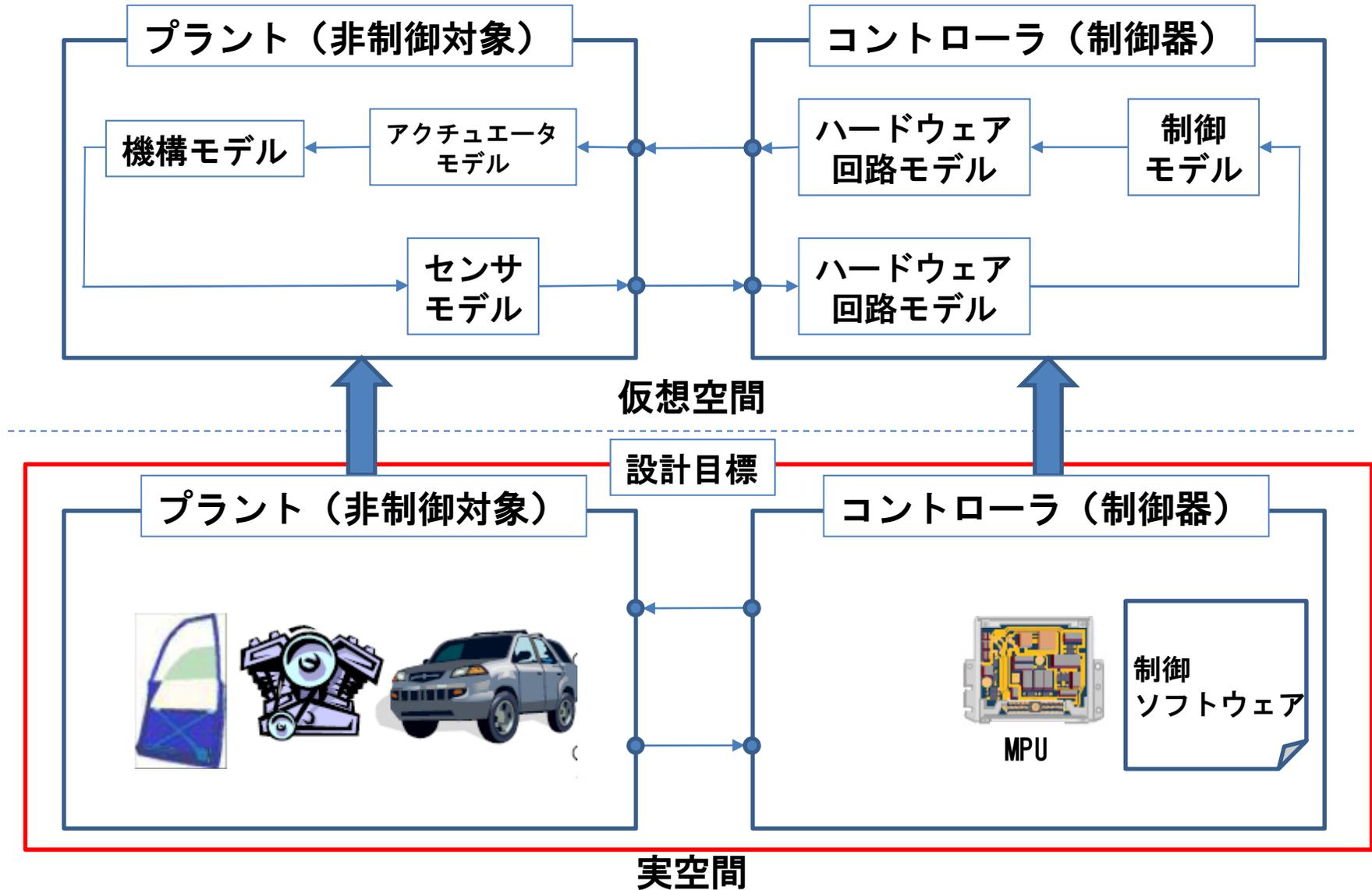
実空間のプラントとコントローラを**仮想空間**に構築

→ 仮想空間に製品を構築，機能・性能（仕様）確認，方式検討



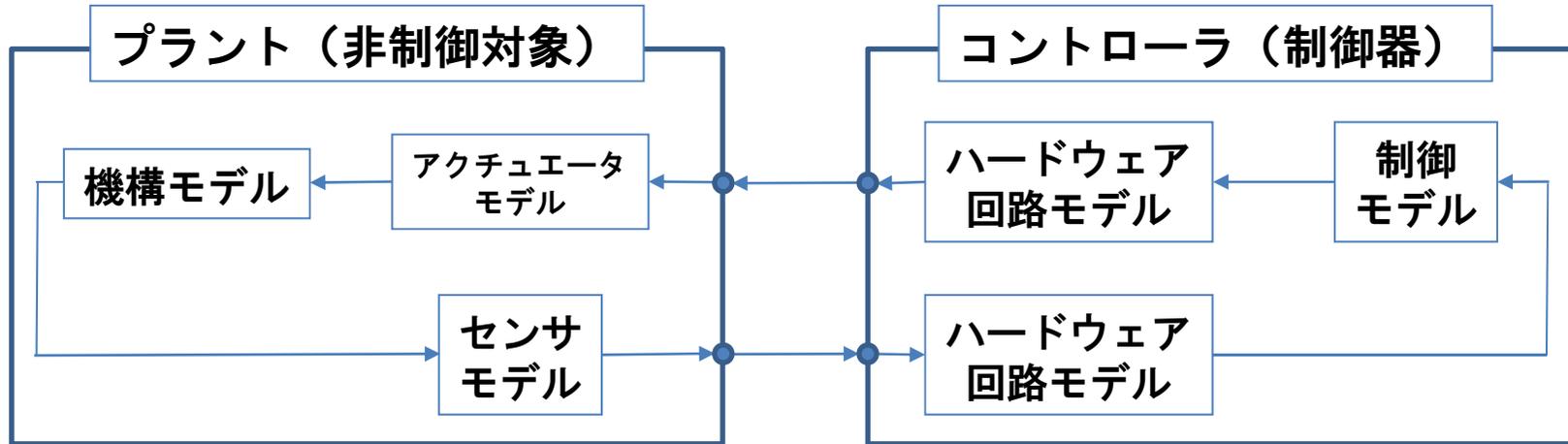
モデルベース設計 (Model Based Design)

モデリング

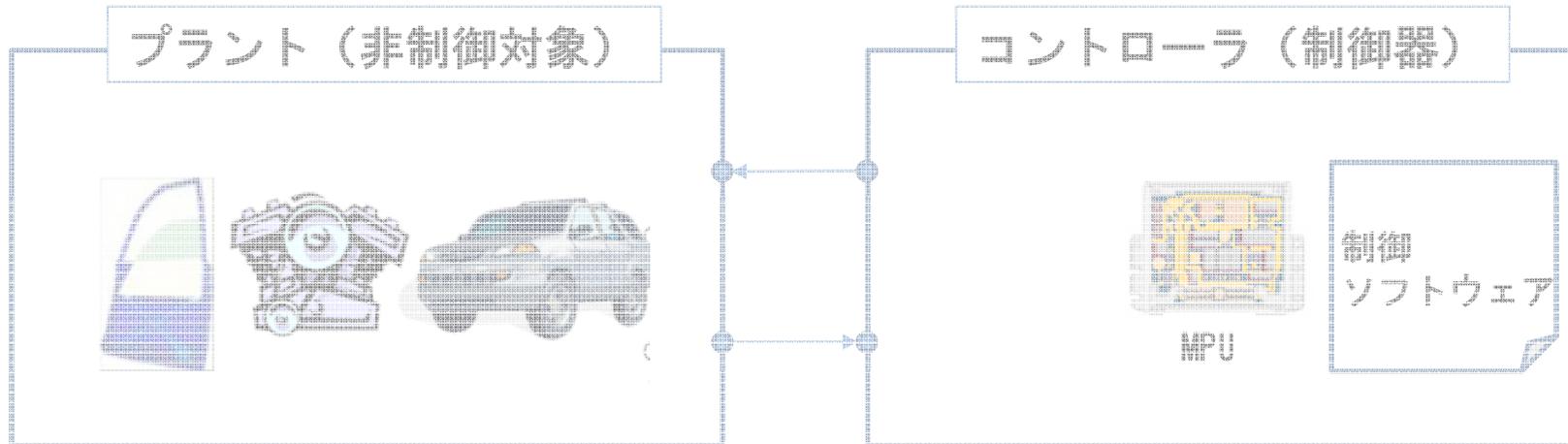


モデルベース設計 (Model Based Design)

MILS: Model In the Loop Simulation



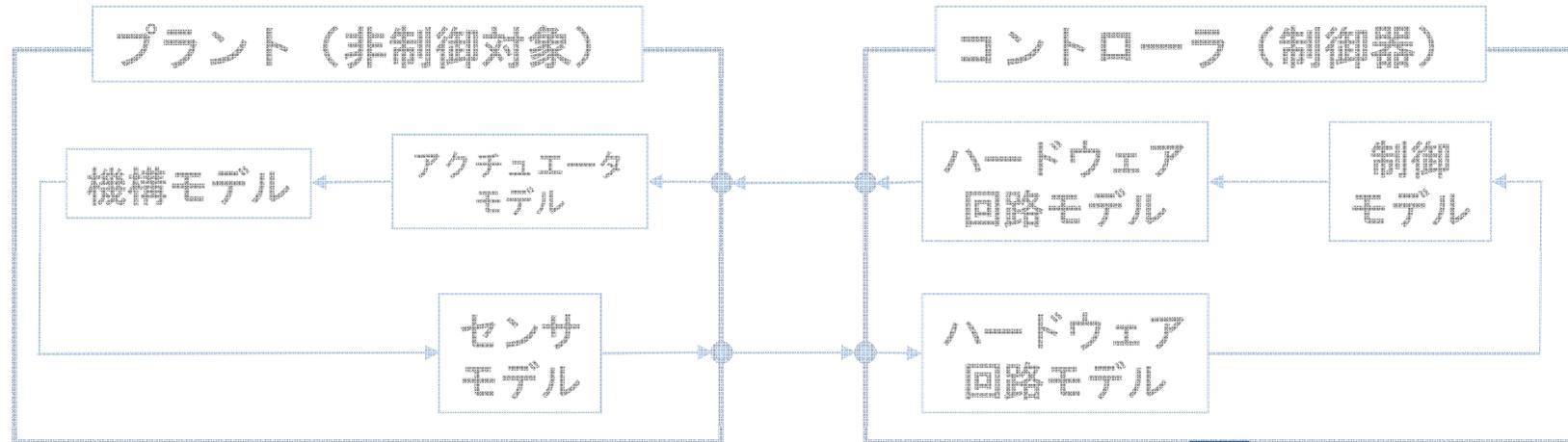
仮想空間



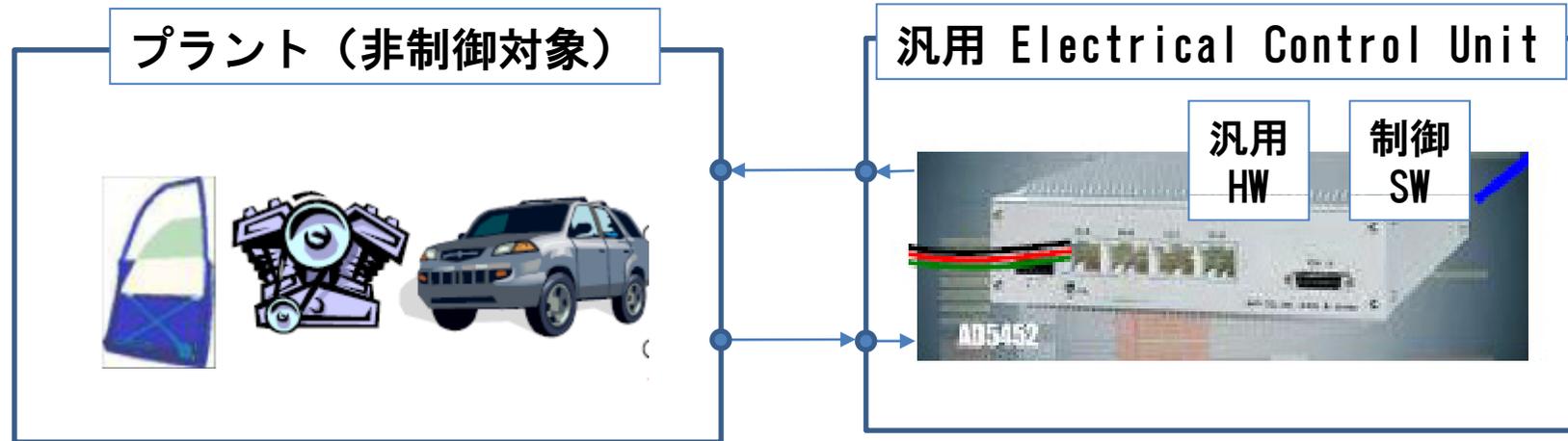
実空間

モデルベース設計 (Model Based Design)

RCP: Rapid Control Prototyping



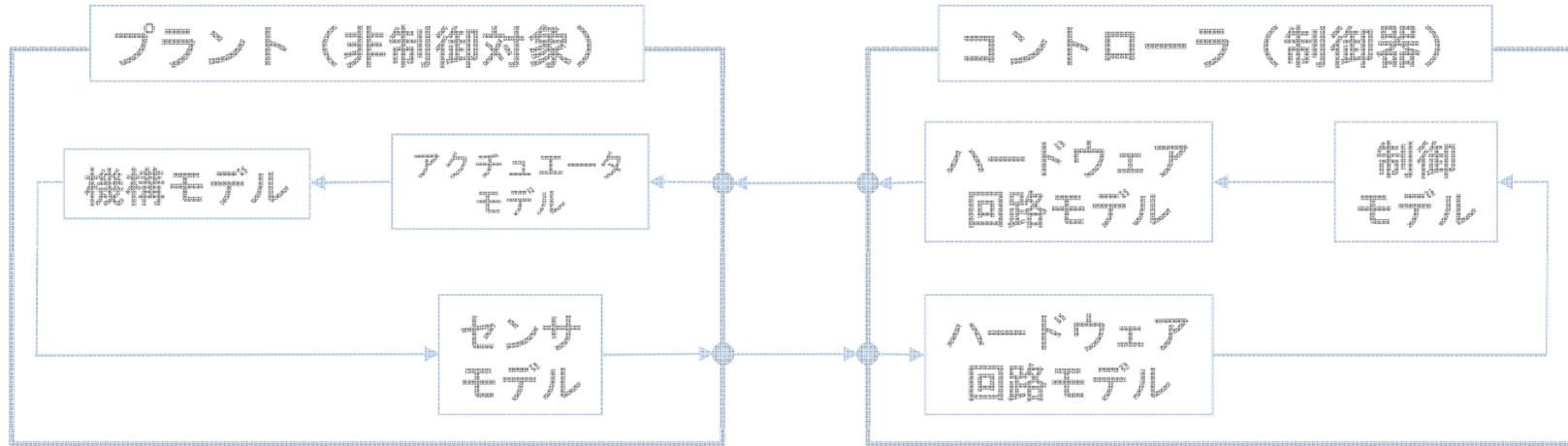
仮想空間



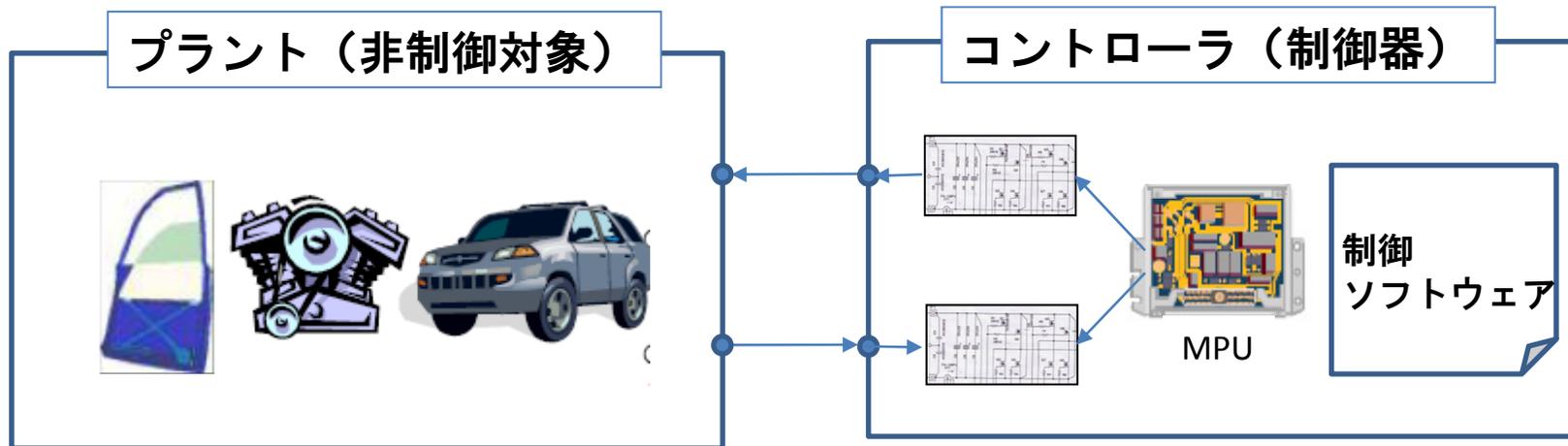
実空間

モデルベース設計 (Model Based Design)

組込みシステム実装



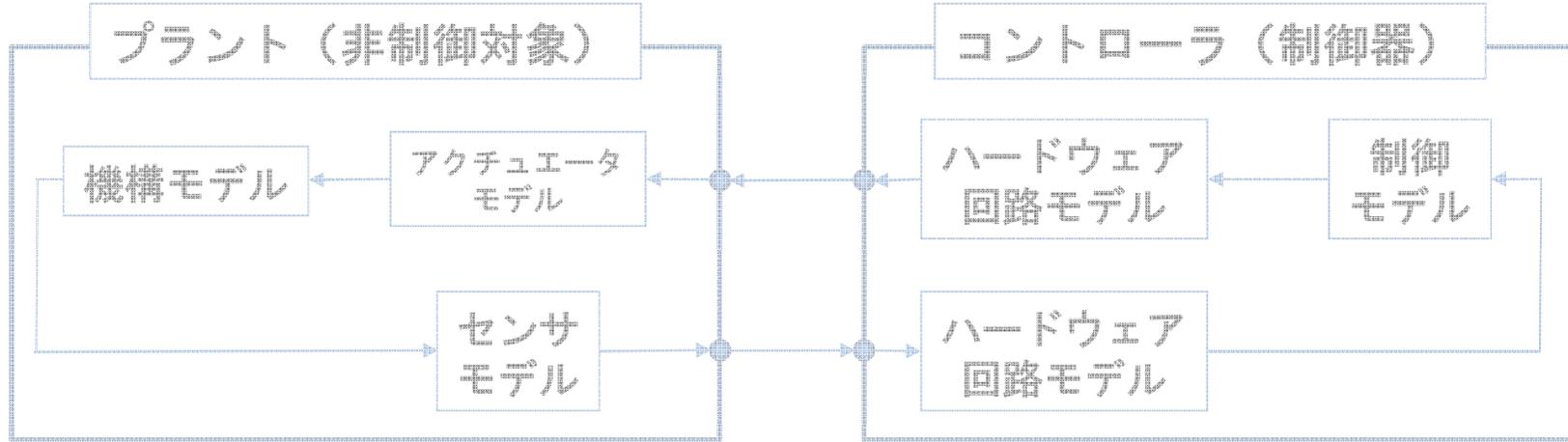
仮想空間



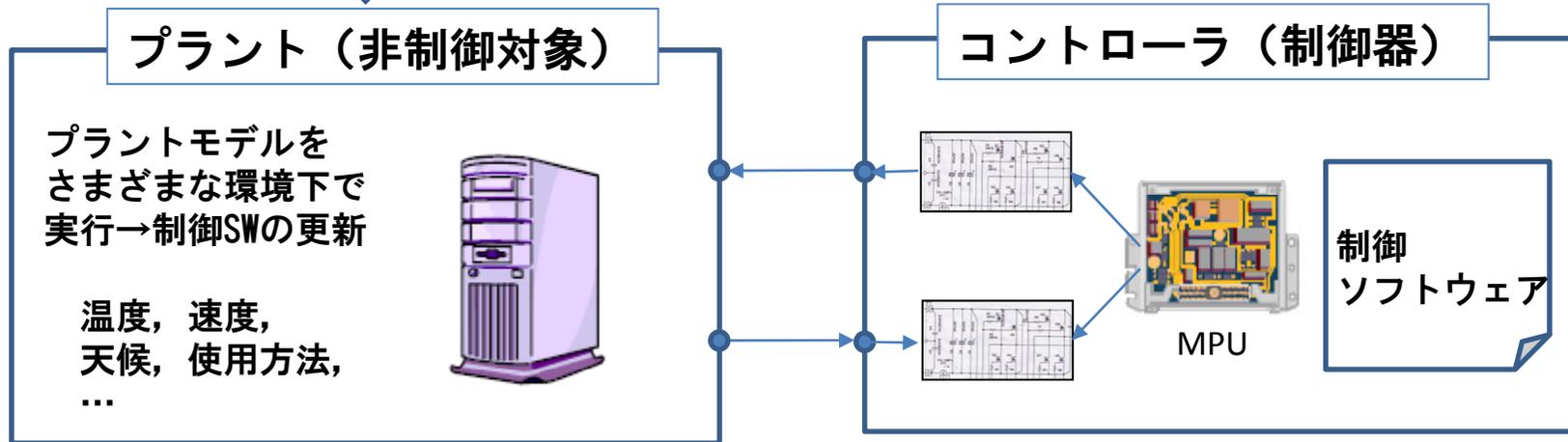
実空間

モデルベース設計 (Model Based Design)

HILS: Hardware In the Loop Simulation



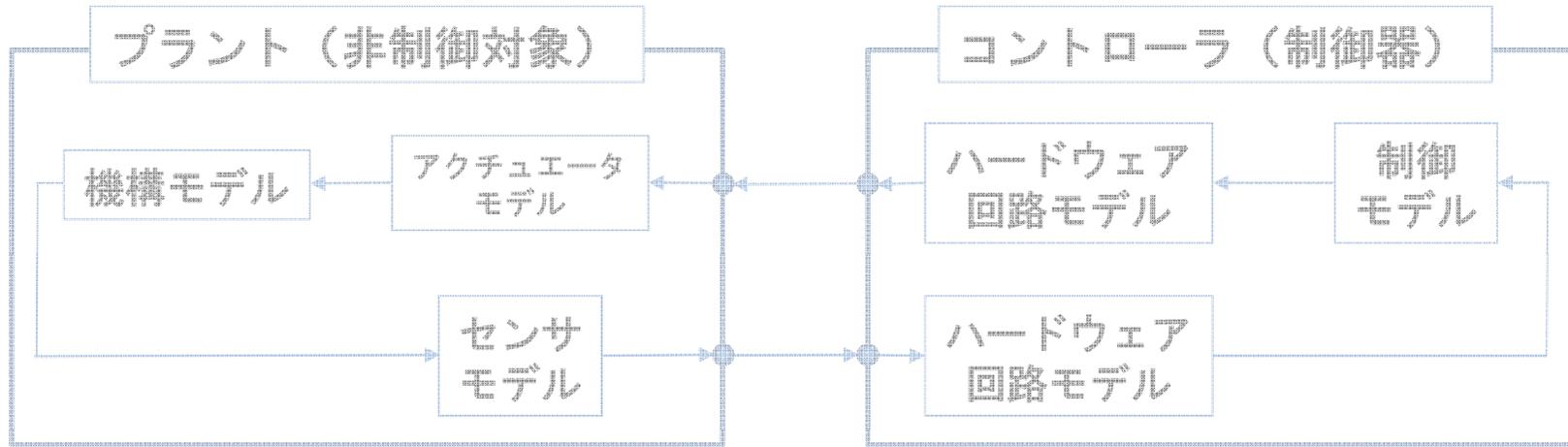
仮想空間



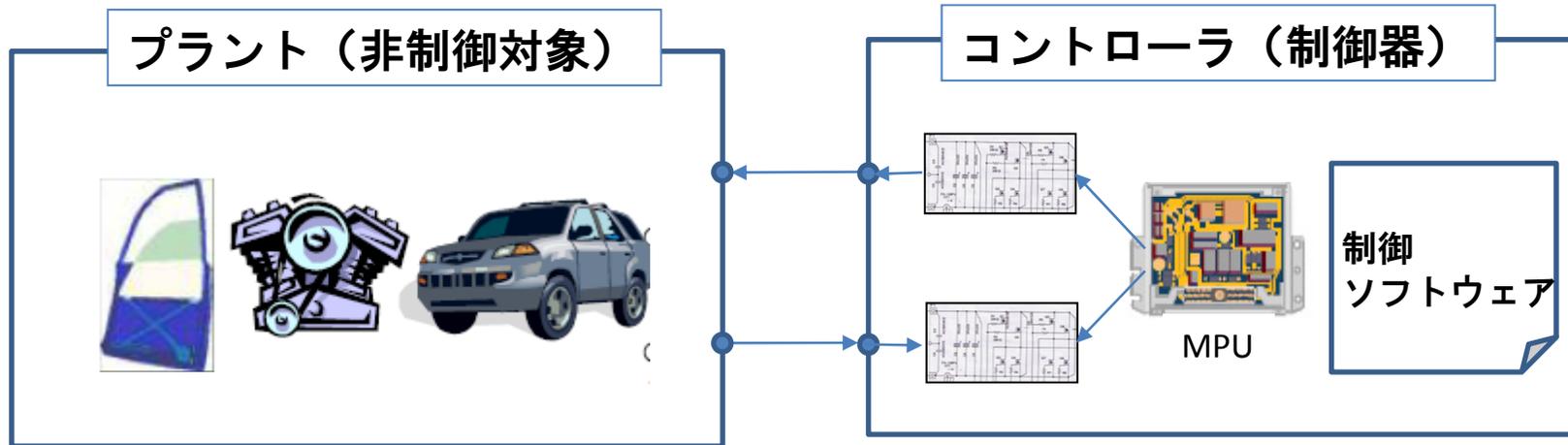
実空間

モデルベース設計 (Model Based Design)

組込みシステム実装 → 完成



仮想空間

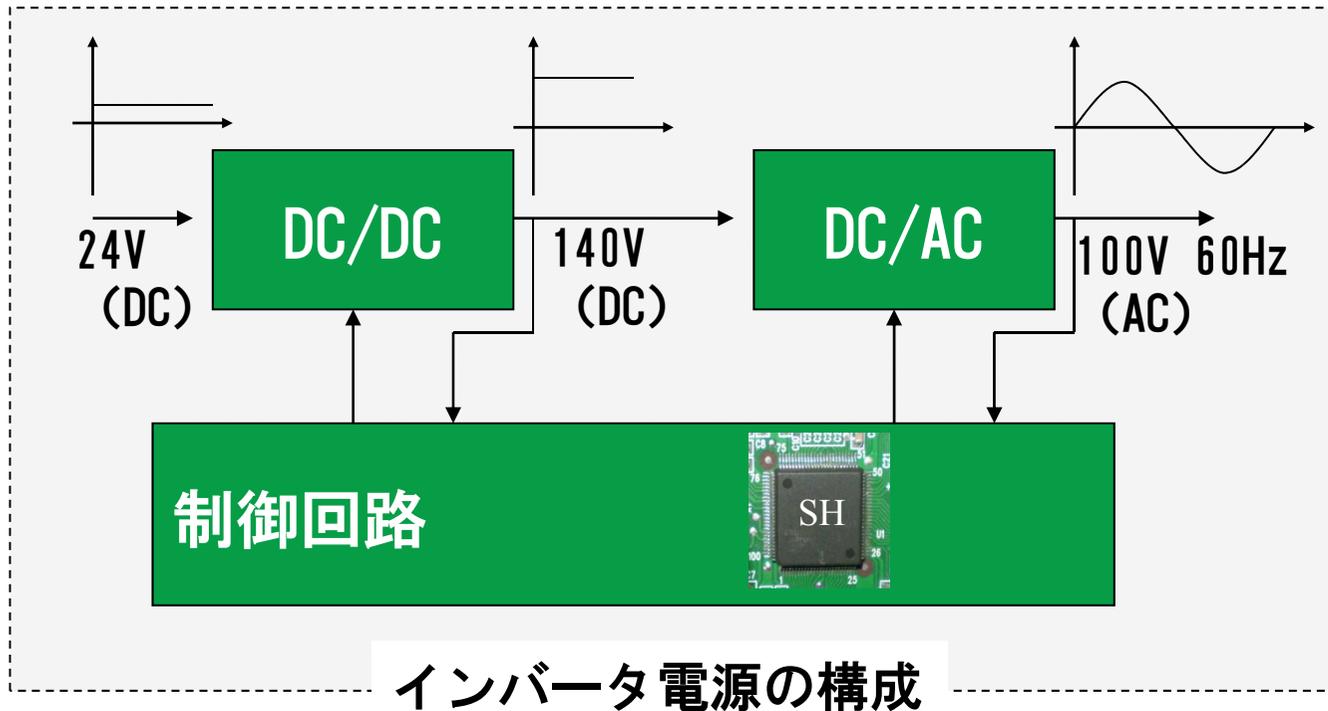


実空間

インバータ電源

・直流を交流に変換する電源装置

電気自動車，燃料電池，風力・太陽光発電，等



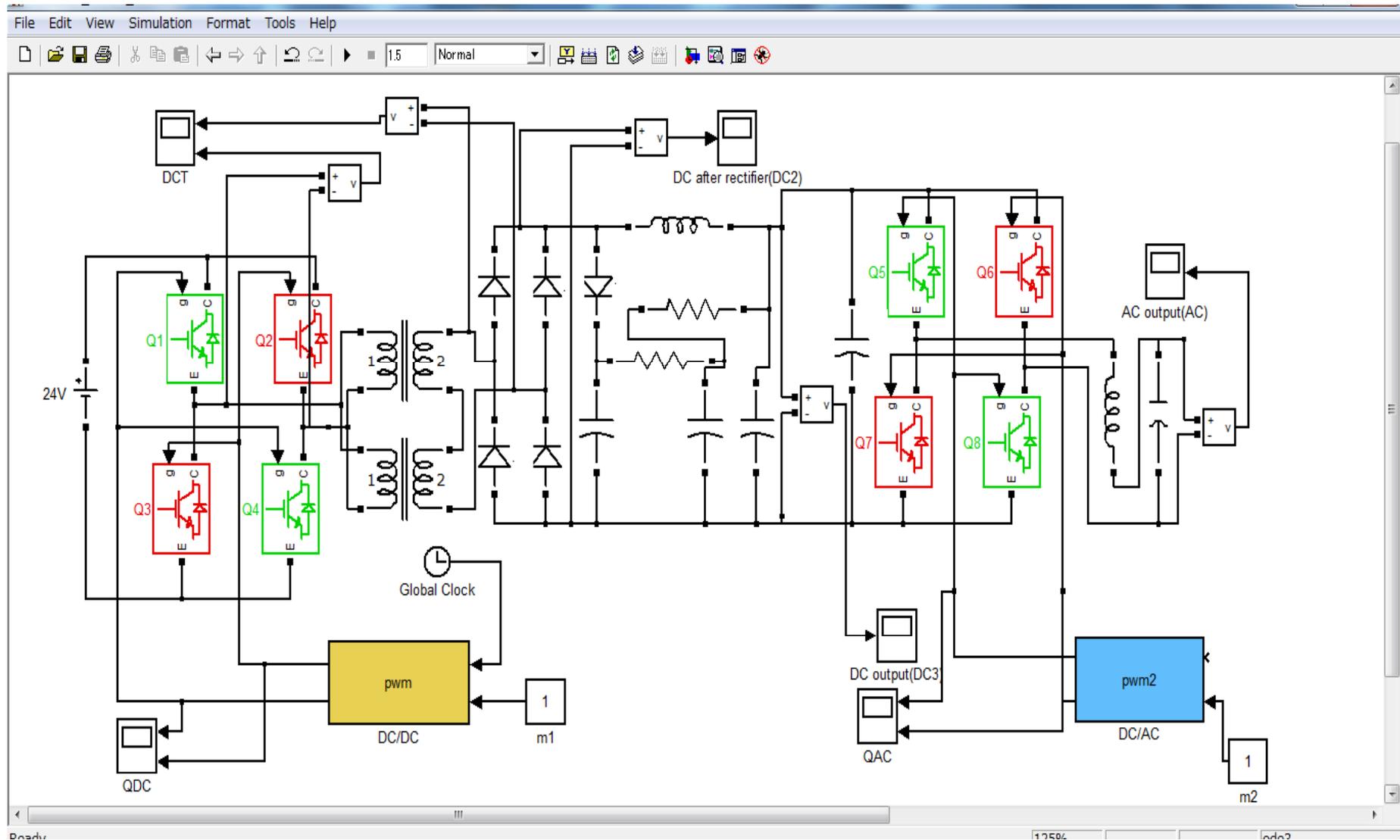
インバータ電源の構成

DC/DC : 直流の昇圧，降圧

DC/AC : 直流を交流に変換

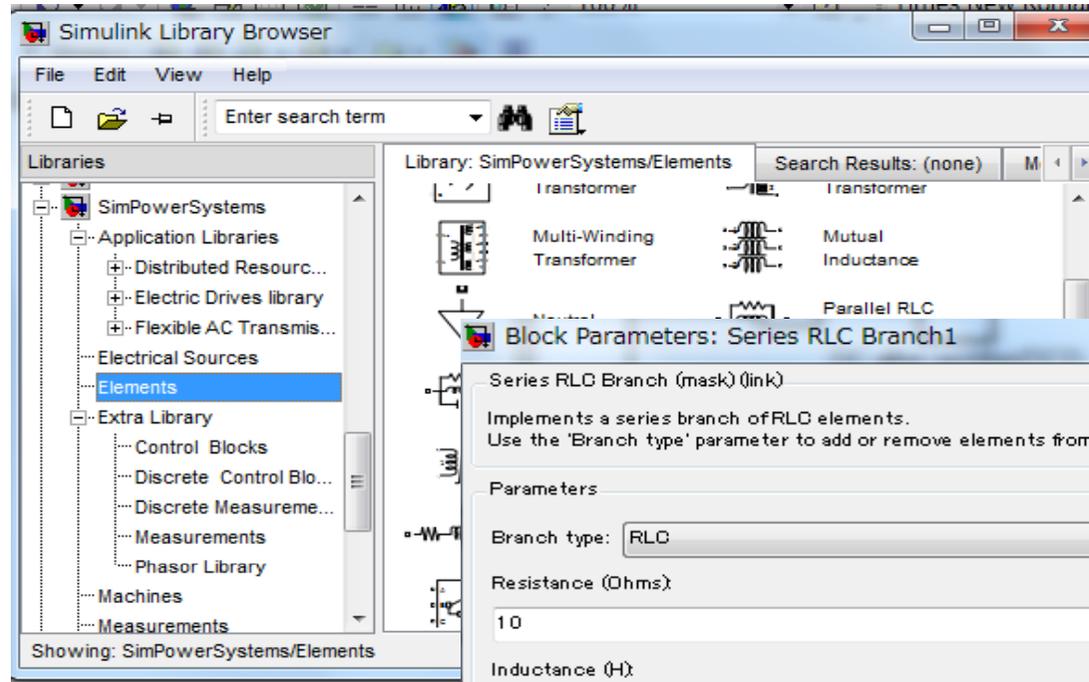


インバータ電源のモデル化 (MATLAB/Simulink)



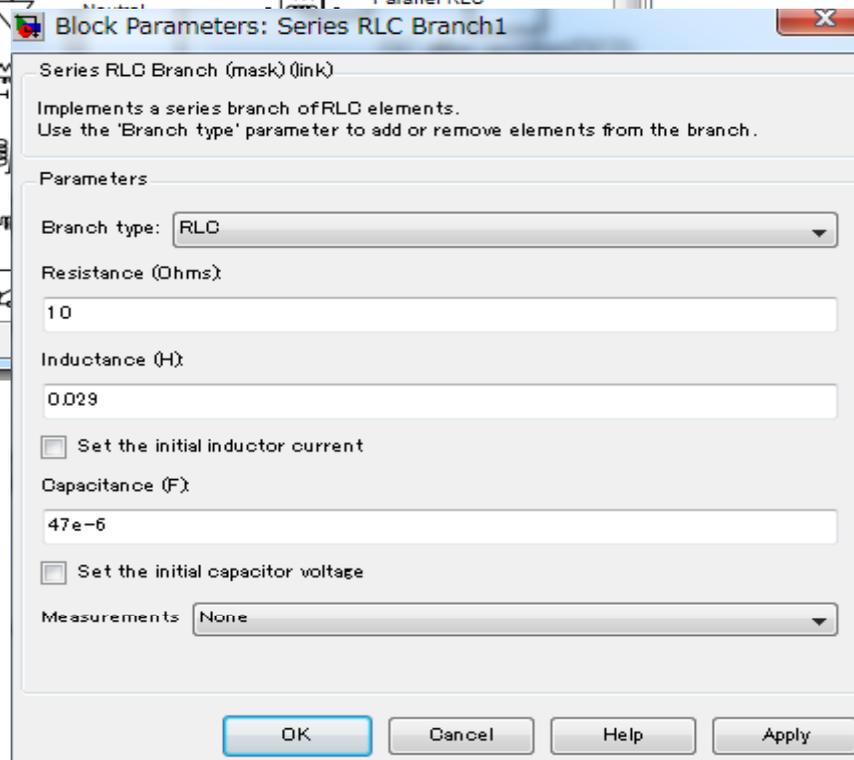
インバータ電源のモデル化 (MATLAB/Simulink)

MATLABモデルライブラリ, カスタムモデル, モデル再利用
モデル作成 (MATLAB) + モデル接続 (Simulink) → シミュレータ完成



モデルライブラリ

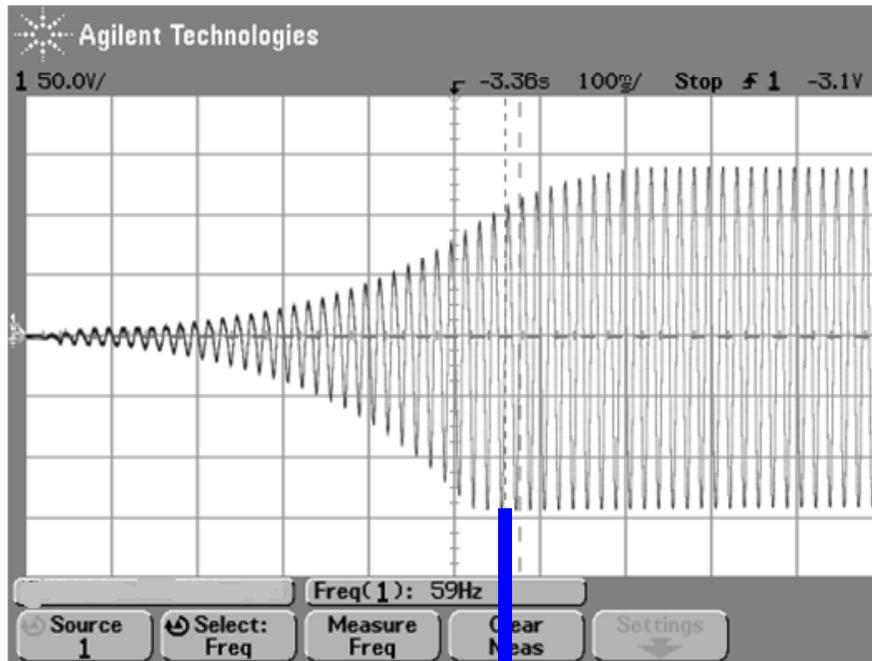
パラメータ設定



インバータ電源のモデル精度検証

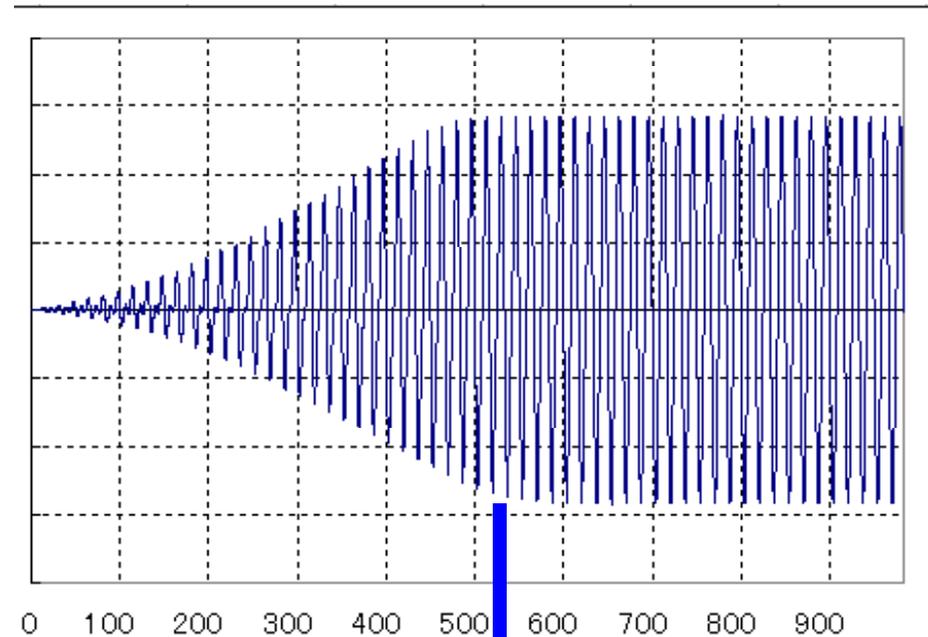
インバータ機能定常状態までの時間

実 測



550ms

シミュレーション

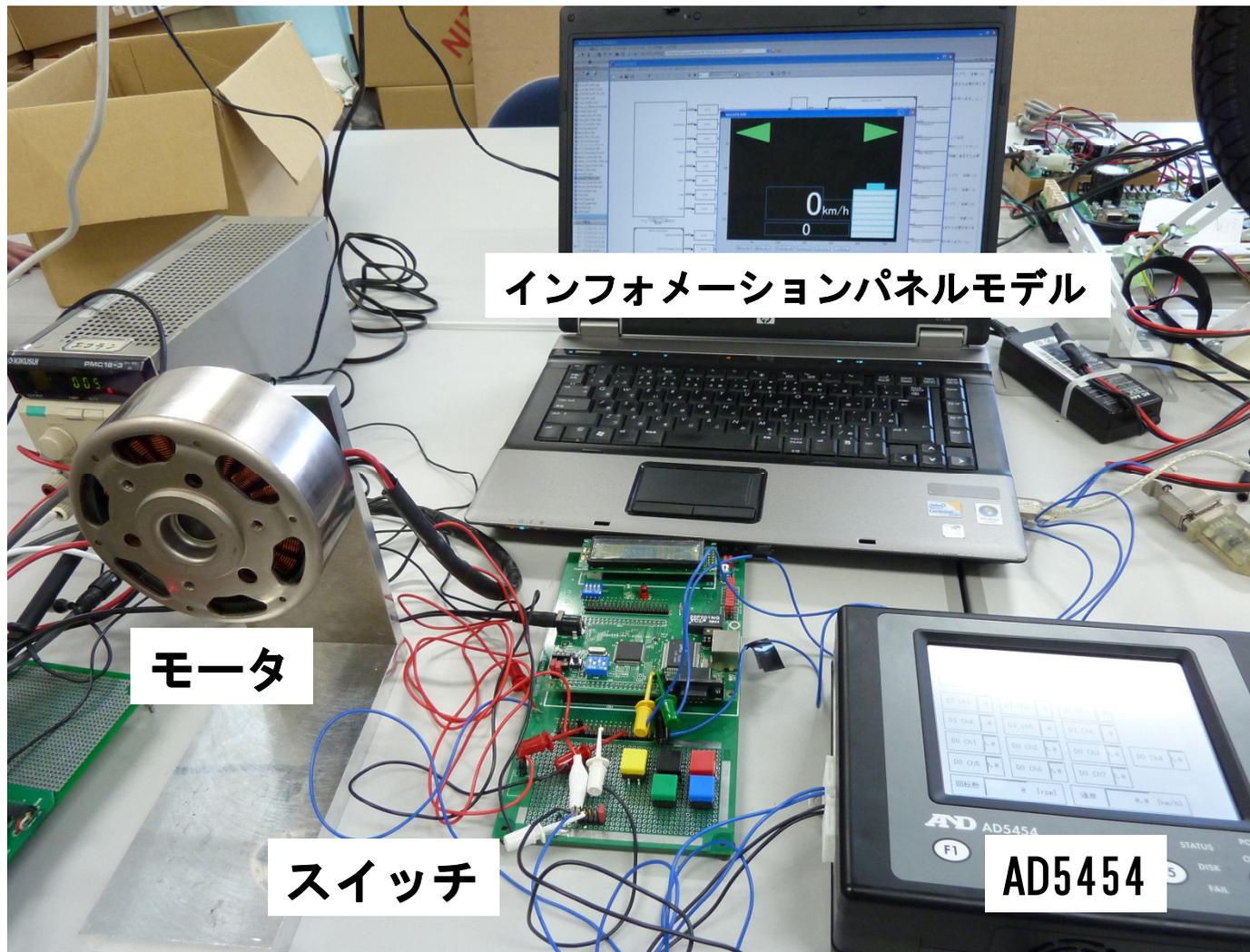


522ms

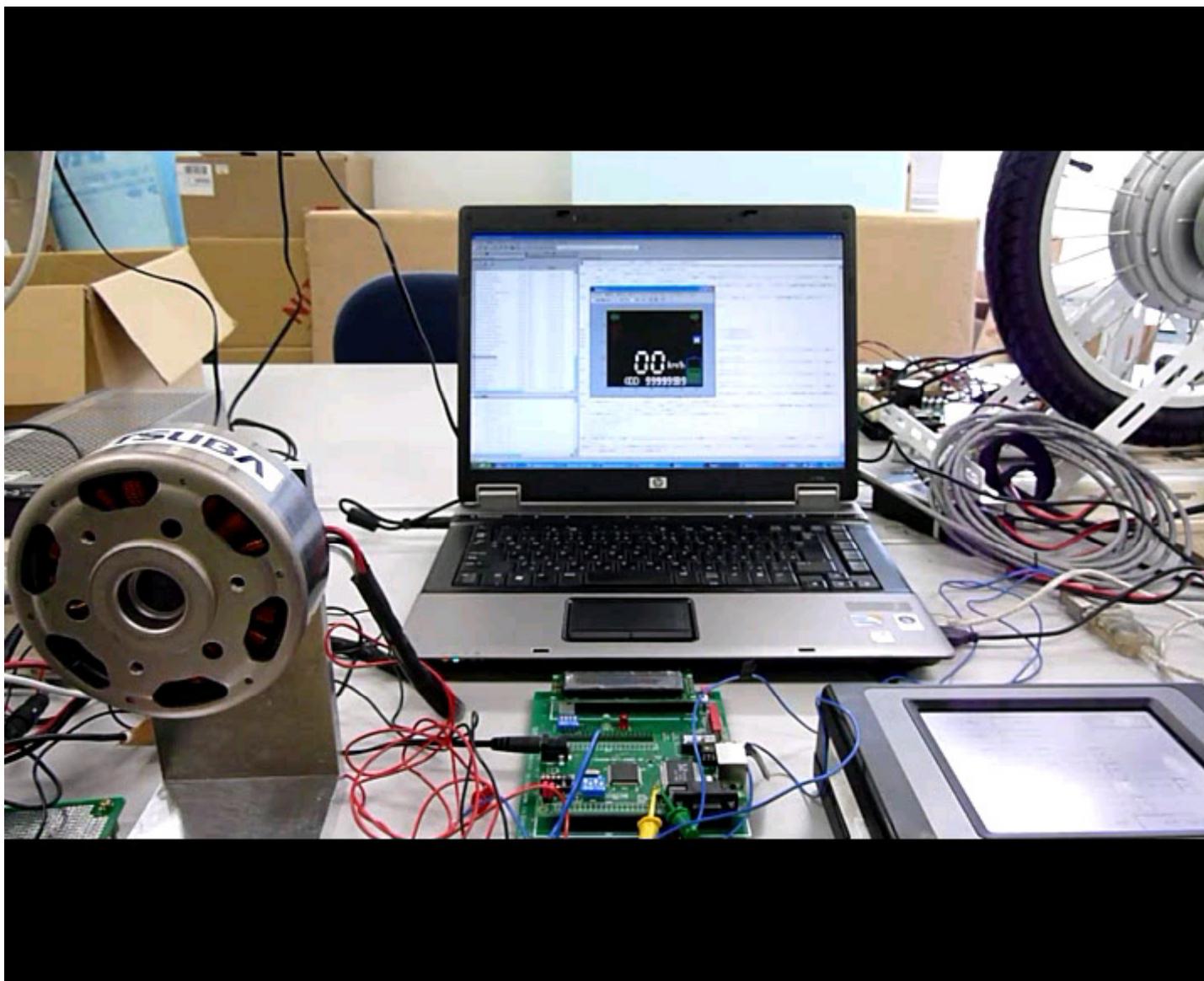
電気自動車制御用組込みシステム開発

Rapid Control Prototyping

モータ制御, 速度計算, パネル表示



電気自動車制御用組込みシステム動作実験

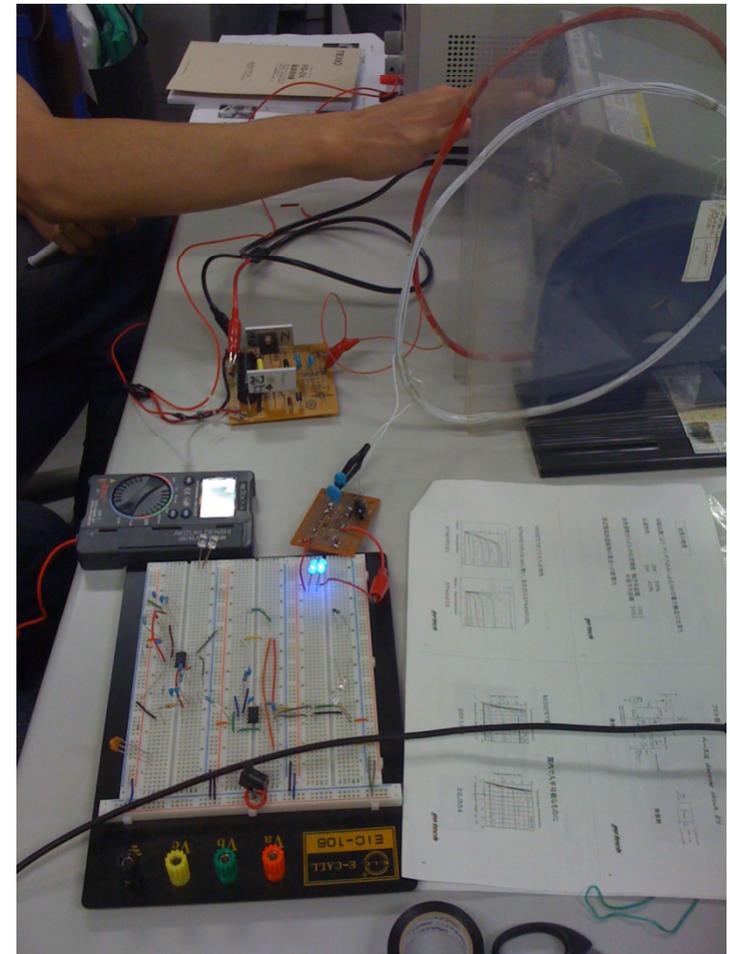


現在のモデルベース設計の応用

1. インバータ電源の性能向上, 機能追加, 新制御方式

2. 電気自動車制御用組み込みシステム開発

- モータ制御
- バッテリ制御
- キャパシタ制御
- 無線給電制御



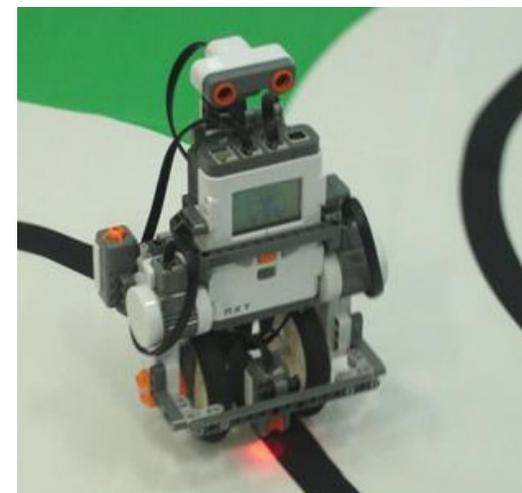
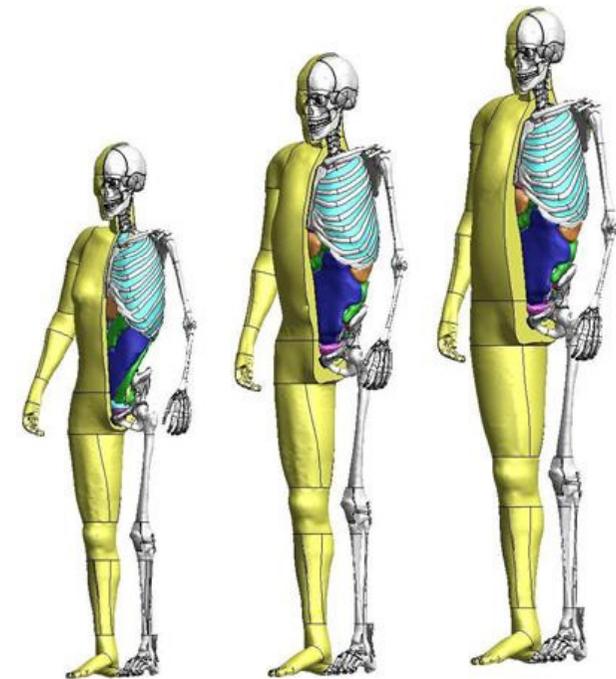
現在のモデルベース設計の今後

1. 制御システム設計の標準に

- トヨタ自動車
人体モデルの開発と利用
- 自動車業界以外への展開
- モデル作成ビジネス

2. モデルベース設計入門

- ETロボコン
(Embedded Technology Software Design
Robot Contest)
2輪型倒立振り子ロボット
MBD技術と走行による競技
338チーム (2011年)
企業, 教育機関



ま と め

1. 組込みシステムについて述べた
2. 組込みシステム設計の課題を述べた
3. シミュレーションを容易化するための
モデルベース設計 (MBD: Model Based Design) 手法について述べた
4. インバータ電源設計と、電気自動車用組込みシステム
設計へのMBD手法の適用について述べた
5. 今後は、さまざまな組込みシステムのモデル化を
行い、実際の設計にMBD手法を適用する