

HILS  
手軽なリアルタイムシミュレータ  
MODEL CUBE

# MODEL CUBE 特長

## 1. システムコスト低減

リアルタイム処理が可能なFPGAと独自制御エンジンの採用により部材削減

## 2. かんたん設定、かんたん操作

専用ソフトウェアを使用したHILS環境構築、簡単操作

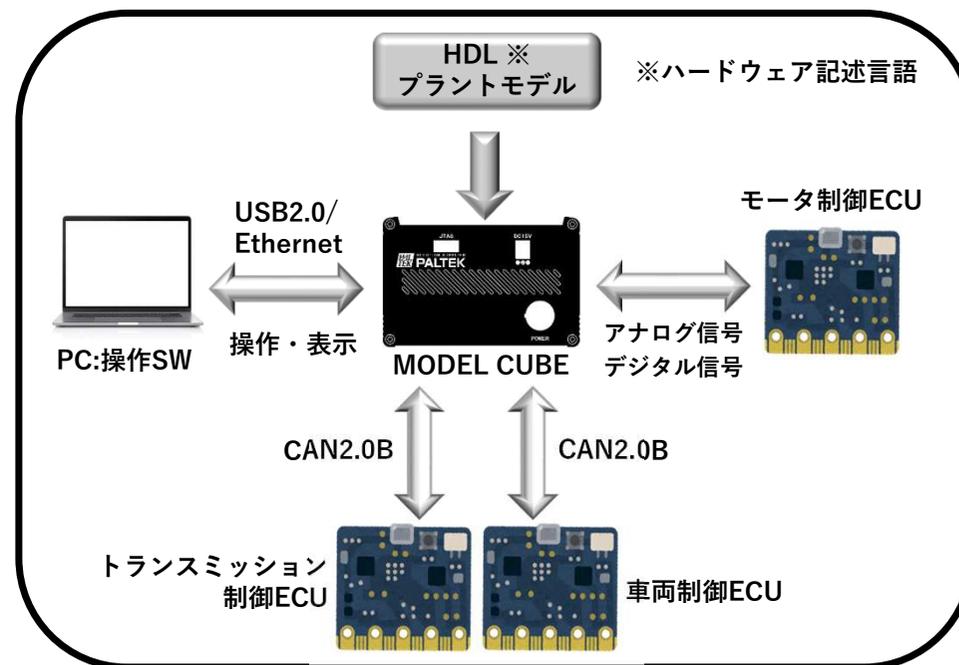
## 3. ポータブル

小型卓上タイプ、ファンレス、15W  
187mm × 141mm × 91mm 1.5kg

## 4. カスタム対応

様々なご要望に対応

リアルタイムシミュレータ  
MODEL CUBE



今までに無かった手軽なHILS

# MODEL CUBE 活用事例 その1 プラントモデルを搭載したHIL単体テスト

送信シナリオ

	A	B	C
1	ref		
2	100 ms/Step		
3	0 km/h		
4	0 km/h		
5	10 km/h		
6	20 km/h		
7	30 km/h		
8	45 km/h		
9	50 km/h		
10	66 km/h		
11	68 km/h		
12	70 km/h		
13	100 km/h		



PC:操作SW

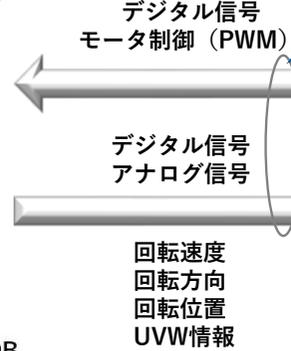
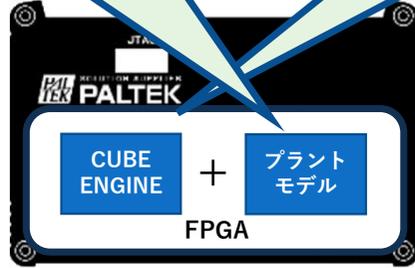
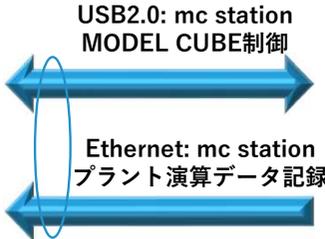
かんたん設定 かんたん操作  
mc station

- ・パラメータ設定
- ・CAN設定
- ・波形表示
- ・波形ロギング
- ・故障注入 (開発中)

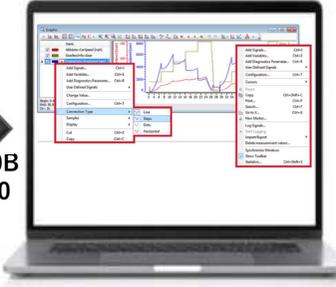
プラントモデル  
・永久磁石三相同期モータ (PMSM)  
・インバータ  
・エンコーダ

プラントモデル実装FPGA  
オリジナル制御エンジン  
CUBE ENGINE

外部インターフェース

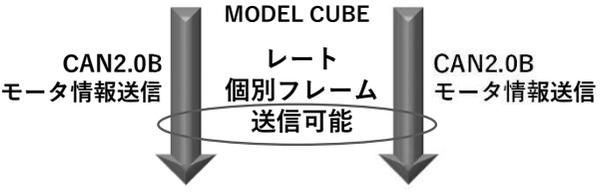


CAN2.0B  
USB2.0



テスト対象

- モータ制御コントローラ
- ・ベクトル制御
  - ・最大トルク制御
  - ・弱め磁束制御
  - ・巻線切替制御
  - ・PWM/PAM駆動
  - ・発電回生制御



# MODEL CUBE 活用事例 その2 RCPとして検証

送信シナリオ

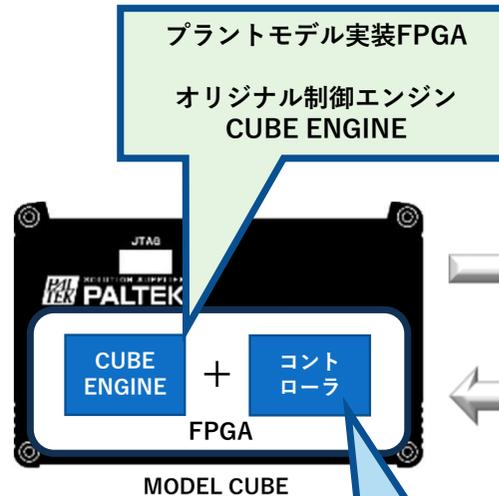
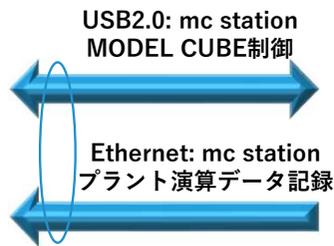
	A	B	C
1	ref		
2	100 ms/Step		
3	0 km/h		
4	0 km/h		
5	10 km/h		
6	20 km/h		
7	30 km/h		
8	45 km/h		
9	50 km/h		
10	66 km/h		
11	68 km/h		
12	70 km/h		
13	100 km/h		



PC:操作SW

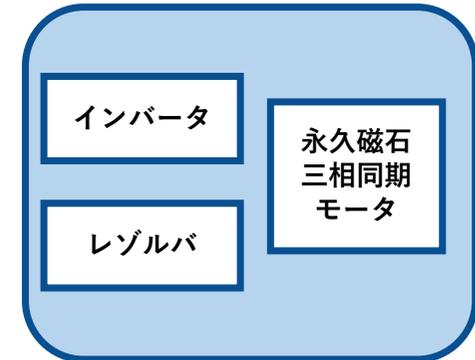
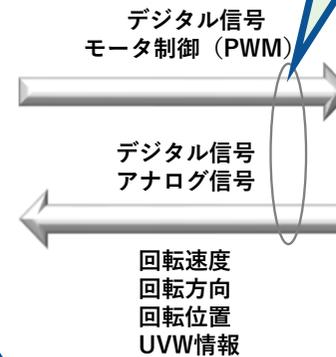
かんたん設定 かんたん操作  
mc station

- ・パラメータ設定
- ・CAN設定
- ・波形表示
- ・波形ロギング
- ・故障注入 (開発中)

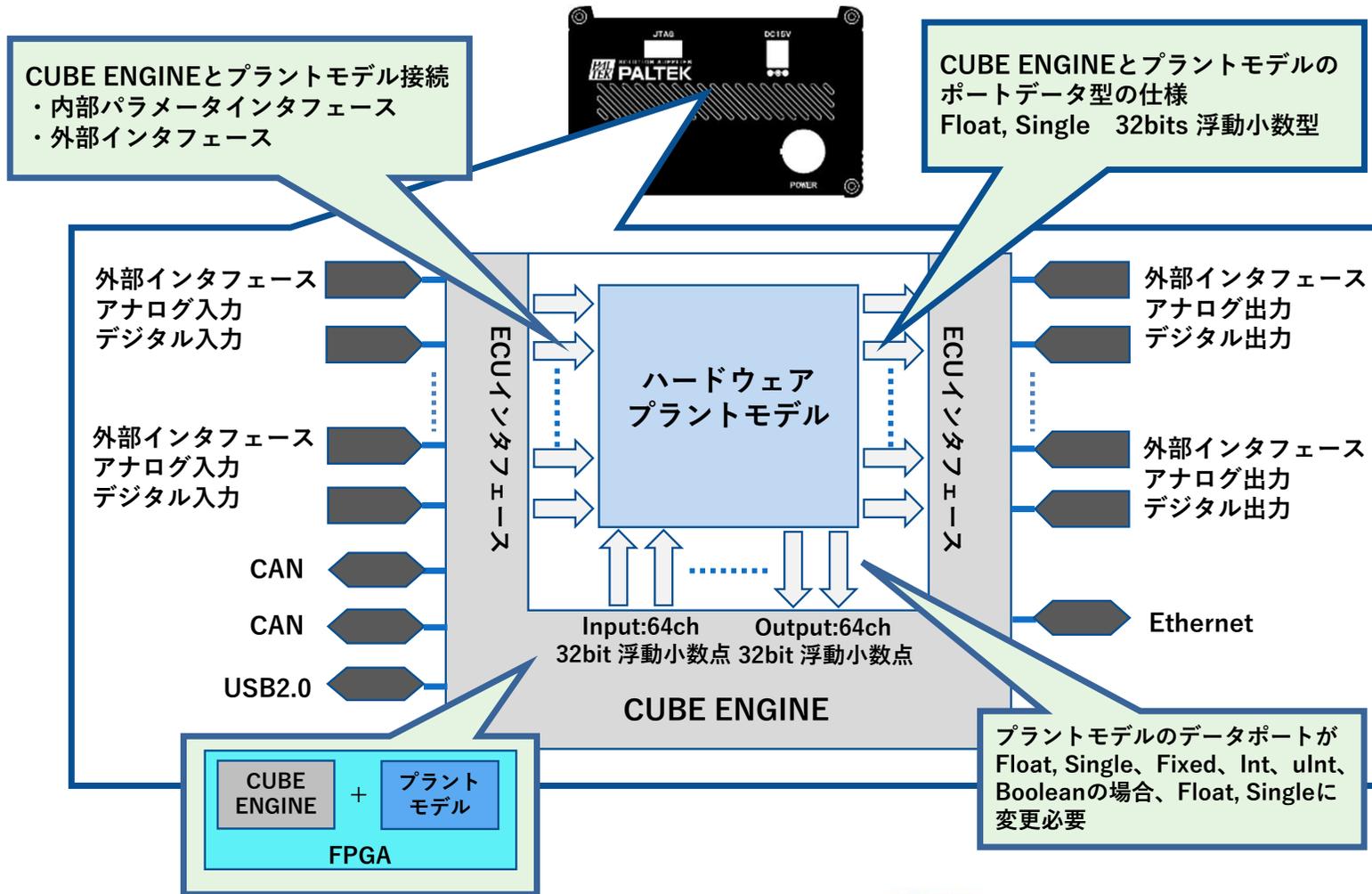


- モータ制御コントローラ
- ・ベクトル制御
  - ・最大トルク制御
  - ・弱め磁束制御
  - ・巻線切替制御
  - ・PWM/PAM駆動
  - ・発電回生制御

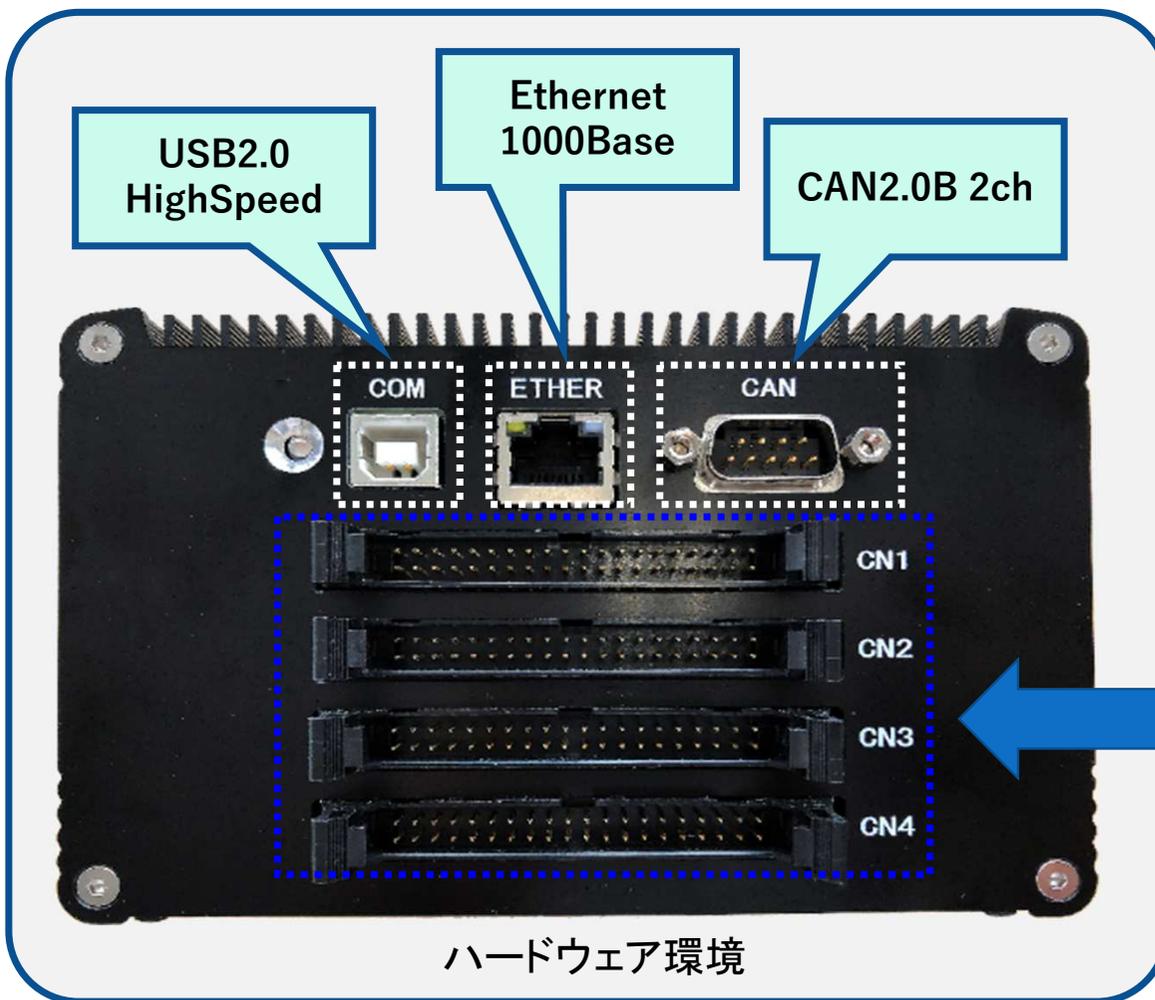
外部インターフェース



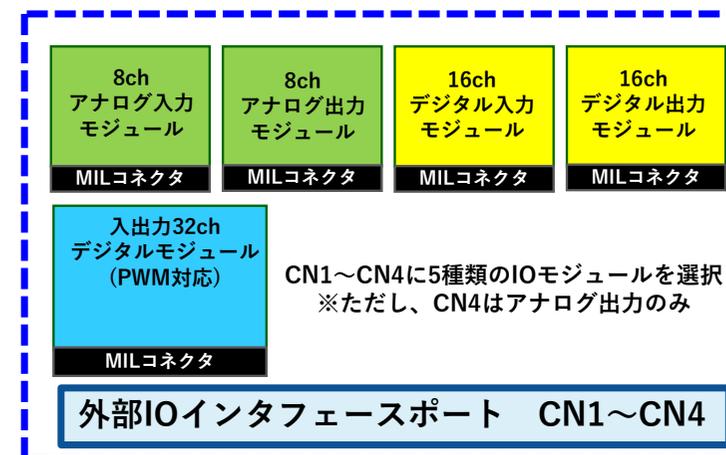
# MODEL CUBE オリジナル制御エンジン CUBE ENGINE



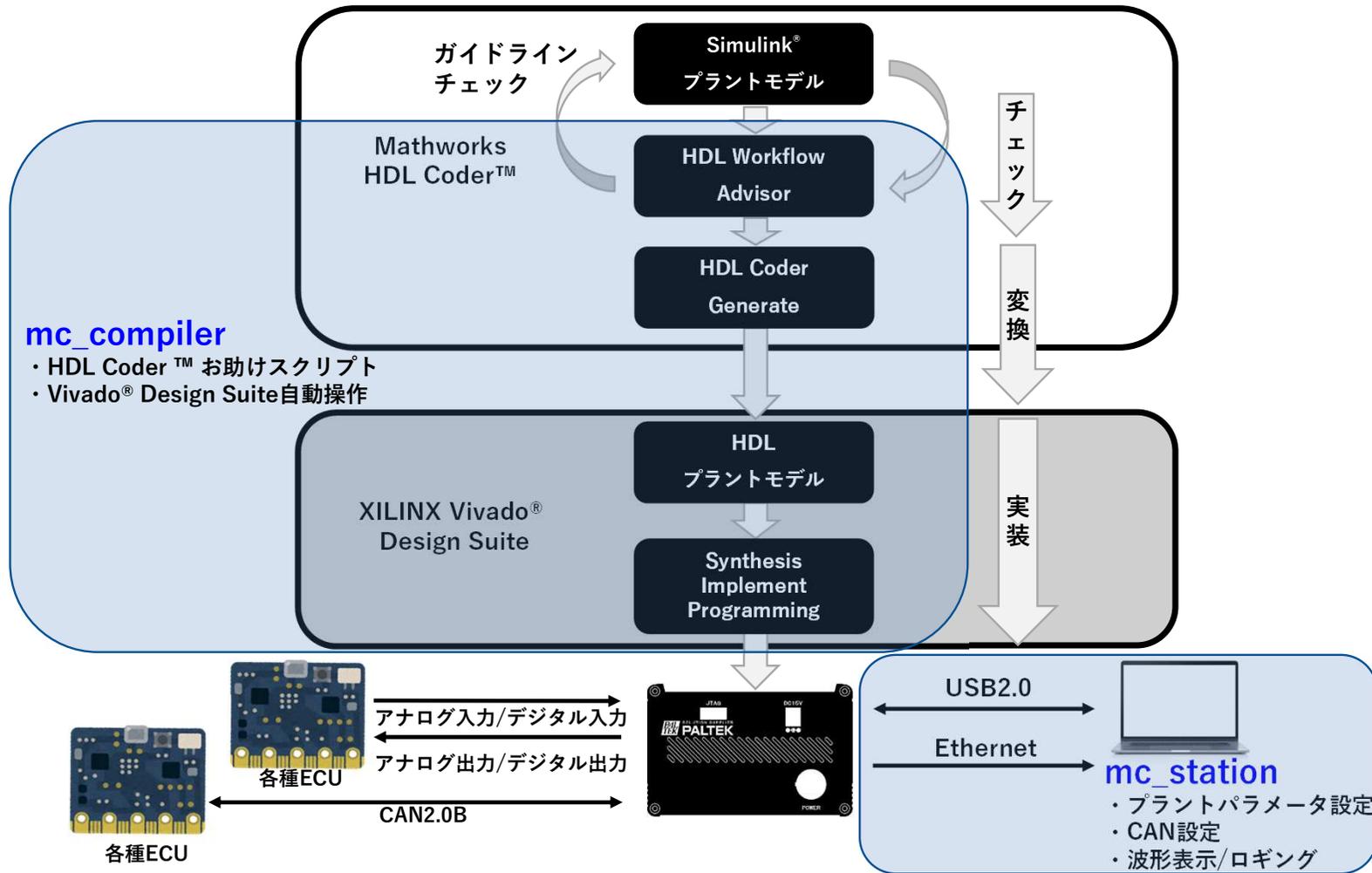
# MODEL CUBEハードウェア



項目	MODEL CUBE
アナログ・インタフェース・モジュール	MILコネクタ:各8チャンネル D/A: $\pm 5V/\pm 12V$ 出力 負荷電流25mA, 分解能16bits 8ch同時サンプリング時、125KSPS (1chのみ1MSPS) 更新周期20 $\mu$ s, ゲイン誤差 $\pm 5V, \pm 12V$ 入力共に $\pm 1\%$ オフセット誤差60 $\mu$ V, 出力インピーダンス1K $\Omega$ , 温度ドリフト2ppm/ $^{\circ}C$ , 積分非直線性誤差 $\pm 1LSB$
入力ポート 出力ポート	A/D: $\pm 5V/\pm 12V$ 入力 過電圧保護 $\pm 15V$ , 分解能16bits, 8ch同時サンプリング時、125KSPS (1chのみ1MSPS) 更新周期20 $\mu$ s, オフセット誤差60 $\mu$ V, 温度ドリフト1 $\mu$ V/ $^{\circ}C$ 入力インピーダンス4M $\Omega$ -3dbカットオフ周波数1,592MHz
デジタル・インタフェース・モジュール	MILコネクタ:各16チャンネル 絶対最大定格 30V 入力:フォトカプラ型高耐圧接点 5~24V デジタル入力 パルス幅:20 $\mu$ s (Typ) 出力:高電流オープンコレクタ出力 5~24V デジタル出力 パルス幅:20 $\mu$ s (Typ) 出力電流100mA
デジタル・インタフェース・モジュール (開発中)	MILコネクタ: 入出力:32チャンネル(チャンネル毎切替) 8チャンネル毎 5V/12V切替 Push,Pull / オープンドレイン / オープン選択 パルス幅:1us PWM対応

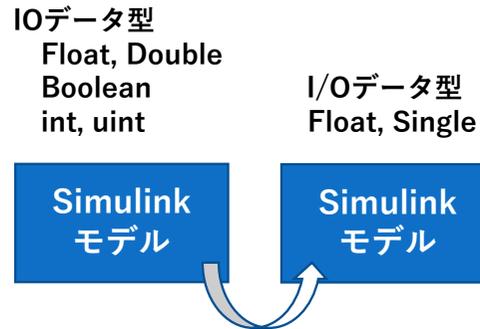


# MODEL CUBE 実装フロー



# モデルのハードウェア(HDL)化について

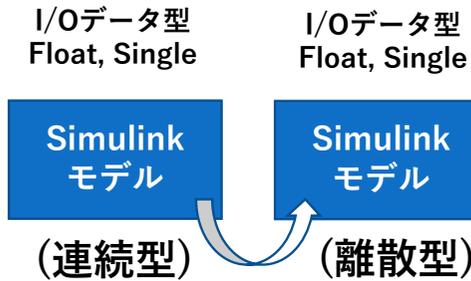
## ①ポートFloat,Single化



### データ型の変更

- ・ポートを単精度浮動小数点型に変更 (MODEL CUBE規定)
- ・変更後の許容値自動テスト

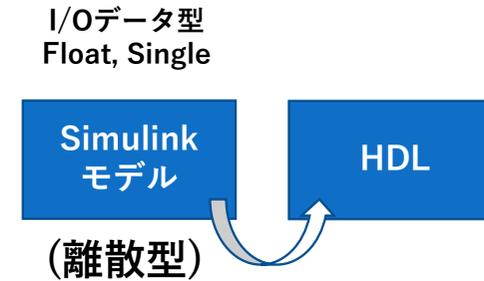
## ②モデル離散化



### モデルを離散型へ変更

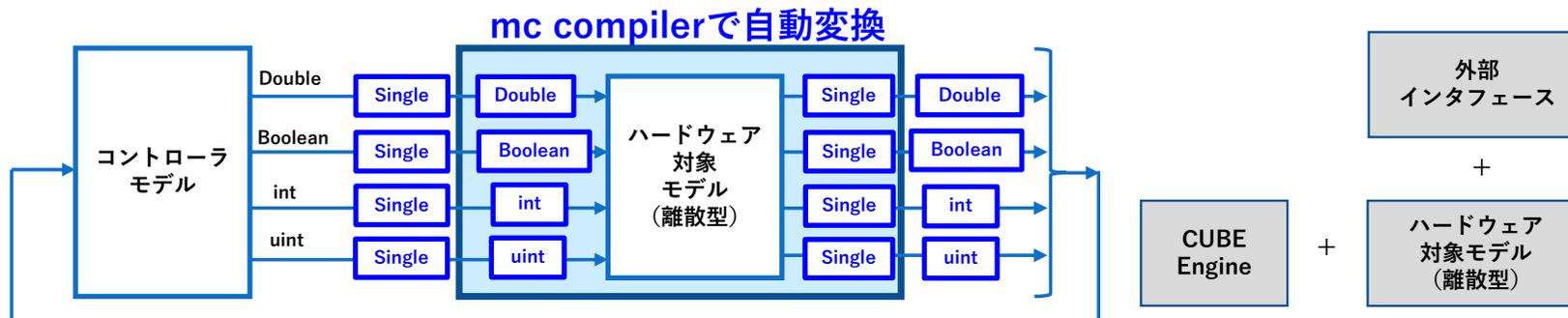
- ・HDL Coder™の規定に沿った変更
- ・変換後の許容値自動テスト

## ③モデルHDL化



### MODEL CUBE向け変換

- ・CUBE EngineとECUインターフェースをプラントモデルに接続
- ・変換後の許容値自動テスト
- ・FPGAプログラミングファイル生成



# mc compilerについて

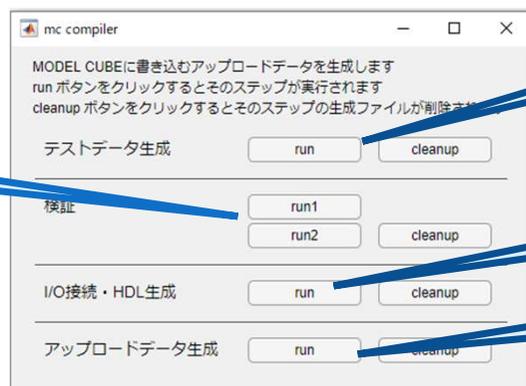
1. Simulink®モデルをハードウェア化するユーティリティソフトウェア
2. 開発環境の設定を意識しなくてよい
3. ボタン操作でMODEL CUBEへの実装が容易に行える

run1: Single化による妥当性確認、HDL化  
run2: 離散化、HDL化による妥当性確認

1. テストデータ自動生成  
2. ブロックの自動挿入

1. MODEL CUBE IOモジュールとモデルをGUIで接続  
2. HDL生成

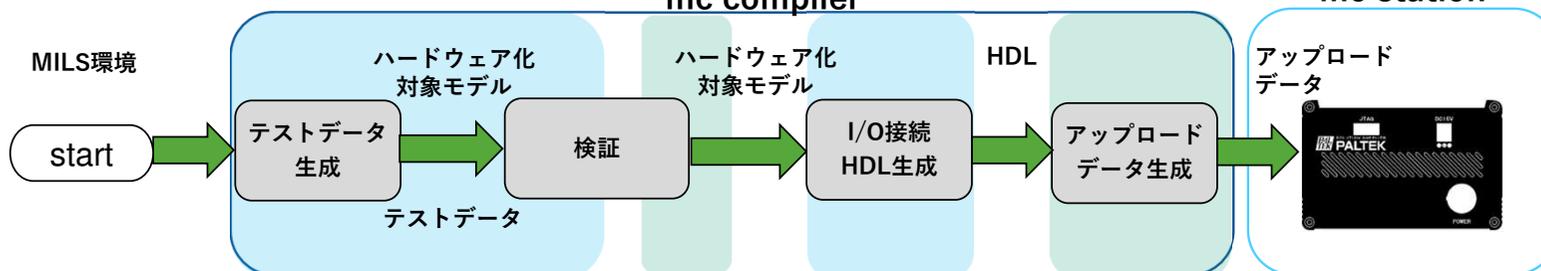
FPGAデータ生成



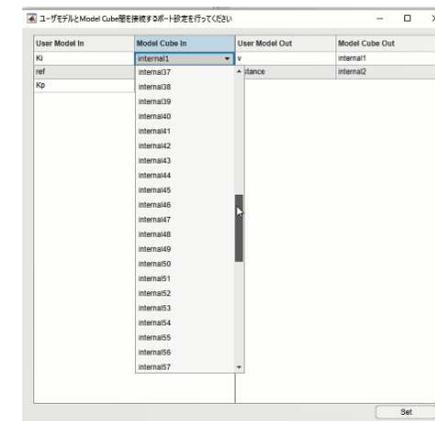
MathWorks環境

Xilinx環境

MILS環境



## MODEL CUBE 実装フロー



# mc station MODEL CUBE操作ソフトウェア

**MODEL CUBE** シミュレーション

実行 停止

データロギング

取得時間 [分] 0 データ取得 波形表示

CSV出力 CSVグラフ表示 高度な設定

One Shot 終了時にシミュレーションを停止する

有効	パラメータ名	入力値	形式	ログ	SLOT	チャネル
<input checked="" type="checkbox"/>	Ki	200	Constant	<input checked="" type="checkbox"/>		
<input checked="" type="checkbox"/>	ref	0	Loop	<input checked="" type="checkbox"/>		
<input checked="" type="checkbox"/>	Kp	1000	Constant	<input checked="" type="checkbox"/>		

表示	パラメータ名	ログ	SLOT	チャネル
<input checked="" type="checkbox"/>	v	<input checked="" type="checkbox"/>		
<input checked="" type="checkbox"/>	distance	<input checked="" type="checkbox"/>		

全て有効 全て無効 有効のみ表示 ログ選択 ログクリア

メイン画面

波形表示画面

TAG パラメータ名 値1 値2

送信遅延 100 ms 100 200.0 1000.0

表示データ数 201

波形表示画面



CANパラメータ設定

IO	CANレート	CANフォーマット
CAN1	500kbps	CAN2.0
CAN2	500kbps	CAN2.0

定期送信設定

種類	周期 (ms)
Timer_1	1000
Timer_2	0
Timer_3	0
Timer_4	0
Timer_5	0

CAN送信設定

新規フレーム作成

IO	定期送信種類	拡張	CAN ID	DLC	BYTE1	BYTE2	BYTE3	BYTE4	BYTE5	BYTE6	BYTE7	BYTE8
CAN1	Timer_1	0	111	4	ref.1	ref.2	ref.3	ref.4	vacant	vacant	vacant	vacant
CAN1	Timer_1	0	222	4	v.1	v.2	v.3	v.4	vacant	vacant	vacant	vacant

CAN設定画面

アップロード画面

Xilinx Part xcku025-ffva1156-1-c

アップロードファイル名 ..\bin\model\_cube.bin

参照

状況  準備完了

実行 停止

アップロード画面

# mc stationメイン画面

The screenshot shows the main interface of the mc station software. It is divided into several functional areas:

- シミュレーション実行 (Simulation Execution):** Located at the top center, it features a 'シミュレーション' (Simulation) section with a '実行' (Execute) button and a '停止' (Stop) button. A '停止中' (Stopped) indicator is present. Below it is a checkbox for 'One Shot 終了時にシミュレーションを停止する' (Stop simulation when One Shot ends).
- 波形ロギング (Waveform Logging):** Located at the top right, it includes a 'データロギング' (Data Logging) section with a '取得時間 [s]' (Acquisition time [s]) field set to 0, and buttons for 'データ取得' (Data Acquisition), '波形表示' (Waveform Display), 'CSV出力' (CSV Output), and 'CSVグラフ表示' (CSV Graph Display). There is also a '高度な設定' (Advanced Settings) checkbox.
- 入出力パラメータ設定 (Input/Output Parameter Settings):** This is the largest section, containing two tables:
  - 入力パラメータ (Input Parameters):** A table with columns for '有効' (Valid), 'パラメータ名' (Parameter Name), '入力値' (Input Value), '形式' (Form), and 'ログ' (Log). It lists parameters like Ki, ref, and Kp.
  - 出力パラメータ (Output Parameters):** A table with columns for '表示' (Display), 'パラメータ名' (Parameter Name), and 'ログ' (Log). It lists parameters like v and distance.

Annotations and callouts provide additional information:

- A blue dashed box highlights the simulation execution and parameter setting areas.
- A green dashed box highlights the waveform logging area.
- A grey callout box states: 'プラントモデルの入力・出力信号は mc compiler実行で自動設定' (Plant model input/output signals are automatically set by mc compiler execution).
- A green callout box states: 'ロギングする場合、対象信号にチェックを入れる' (When logging, check the target signals).
- Two blue callout boxes describe the parameter capabilities:
  - Left: '32bits 64ch 入力パラメータ' (32bits 64ch Input Parameters), including 'アナログ入力' (Analog Input), 'デジタル入力' (Digital Input), and '高速デジタル入力' (High-speed Digital Input).
  - Right: '32bits 64ch 出力パラメータ' (32bits 64ch Output Parameters), including 'アナログ出力' (Analog Output), 'デジタル出力' (Digital Output), and '高速デジタル出力' (High-speed Digital Output).
- At the bottom, there are control buttons for '全て有効' (All Valid), '全て無効' (All Invalid), '有効のみ表示' (Show Valid Only), 'ログ選択' (Log Selection), and 'ログクリア' (Log Clear).

# mc station CAN 設定画面

**レート設定**

IO	CAN レート	CAN フォーマット
CAN1	500kbps	CAN2.0
CAN2	500kbps	CAN2.0

**送信周期設定**

種類	周期 (ms)
Timer_1	1000
Timer_2	0
Timer_3	0
Timer_4	0
Timer_5	0

**定期送信設定**

- CAN ID設定
- CANデータフィールド (0~8byte) に送信データ設定

**CAN 送信設定**

**新規フレーム作成**

IO: CAN1 定期送信種類: Timer\_1  拡張 ID CAN ID (HEX): 0 DLC: 8 DLC を選択するとバイト数が変わります (入力値はリセットされます)

BYTE1	BYTE2	BYTE3	BYTE4	BYTE5	BYTE6	BYTE7	BYTE8
input value mode							
0	0	0	0	0	0	0	0

入力値モードまたはパラメータ名  
入力値 (HEX) またはバイト位置

リストに追加 選択したフレームをリストから削除

**DBCファイルインポートは近日対応予定**

**CAN 送信フレームリスト**

IO	定期送信種類	拡張	CAN ID	DLC	BYTE1	BYTE2	BYTE3	BYTE4	BYTE5	BYTE6	BYTE7	BYTE8
CAN1	Timer_1	0	111	4	ref,1	ref,2	ref,3	ref,4	vacant	vacant	vacant	vacant
CAN1	Timer_1	0	222	4	v;1	v;2	v;3	v;4	vacant	vacant	vacant	vacant

**新規フレームリスト**

# mc station 波形表示画面

**表示Windows**

**パラメータ設定  
表示したい信号を選ぶ**

**最大8個の波形Windows表示  
波形Windowあたり8信号同時表示**

**デジタル信号  
インジケータ**  
● ON  
● OFF

**パラメータ設定**

TAG	パラメータ名	値1	値2
<input checked="" type="checkbox"/>	00	■ Ki	Iゲイン
<input checked="" type="checkbox"/>	01	■ Kp	Pゲイン
<input checked="" type="checkbox"/>	02		
<input checked="" type="checkbox"/>	03		
<input checked="" type="checkbox"/>	04		

送信間隔: 100 ms Y軸: 200.0 ~ 1000.0  
表示データ数: 201

**X,Y表示設定**

TAG	パラメータ名	値1	値2
<input checked="" type="checkbox"/>	08	■ ref	目標速度
<input checked="" type="checkbox"/>	09	■ v	実速度
<input checked="" type="checkbox"/>	0A		
<input checked="" type="checkbox"/>	0B		
<input checked="" type="checkbox"/>	0C		

送信間隔: 100 ms Y軸: 0.0 ~ 40.8  
表示データ数: 201

TAG	パラメータ名	値1	値2
<input checked="" type="checkbox"/>	10	■ distance	移動距離
<input checked="" type="checkbox"/>	11		
<input checked="" type="checkbox"/>	12		
<input checked="" type="checkbox"/>	13		
<input checked="" type="checkbox"/>	14		

送信間隔: 100 ms Y軸: 0.0 ~ 428.1  
表示データ数: 201

00:00:03.800 00:00:08.800 00:00:13.800 00:00:18.800 00:00:23.800 時間

1000.0  
200.0 400.0 600.0

Kp:Pゲイン  
Ki:Iゲイン

00:00:03.800 00:00:08.800 00:00:13.800 00:00:18.800 00:00:23.800 時間

40.8  
30.0  
20.0  
10.0  
0.0

ref:目標速度  
v:実速度

00:00:03.800 00:00:08.800 00:00:13.800 00:00:18.800 00:00:23.800 時間

428.1  
300.0  
200.0  
100.0  
0.0

Distance:移動距離

TAG00 TAG01 TAG02 TAG03 TAG04 TAG05 TAG06 TAG07  
TAG08 TAG09 TAG0A TAG0B TAG0C TAG0D TAG0E TAG0F  
TAG10 TAG11 TAG12 TAG13 TAG14 TAG15 TAG16 TAG17

# MODEL CUBE活用編 動画

## まとめ

### 1, システムコスト低減

リアルタイム処理が可能なFPGAと独自制御エンジンの採用により部材削減

### 2, かんたん設定、かんたん操作

専用ソフトウェアを使用したHILS環境構築、簡単操作

### 3. ポータブル

小型卓上タイプ、ファンレス、15W

187mm × 141mm × 91mm 1.5kg

### 4. カスタム対応

様々なご要望に対応