

# MBD人材育成

## ～学校教育から社会人教育に至るまで～

広島大学大学院先進理工系科学研究科

脇谷 伸

(一般社団法人デジケーション 代表理事)

# 本講演のまとめ

## の重要性が叫ばれている！

### リスキリングとは？

新しい職業に就くために、あるいは、今の職業で必要とされるスキルの大幅な変化に適応するために、必要なスキルを獲得する／させること

引用：経済産業省 第2回 デジタル時代の人材政策に関する検討会 資料2-2

## ものづくり企業において必要となる人材は？

- ① ものづくりからコトづくりへのパラダイムシフトに適応しお客様に**価値を提供**できる人材
- ② 巨大化・複雑化するシステムにおいて適切な粒度で機能を分解し**全体を俯瞰**することのできる人材
- ③ **デジタル技術**を駆使して高速かつ効率的に製品開発ができる人材

新しく身に着けるべきスキルの一つとして

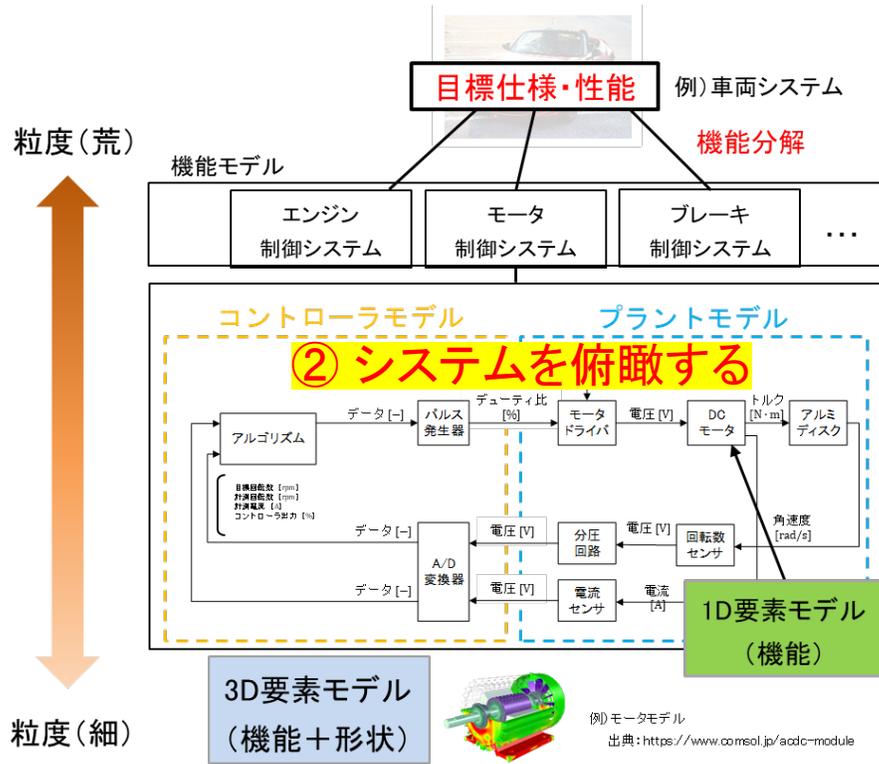
**モデルベース開発 (MBD)**

MATLAB and Simulink  
による！

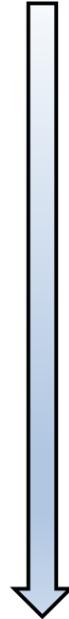
はいかがですか？

# 本講演のまとめ

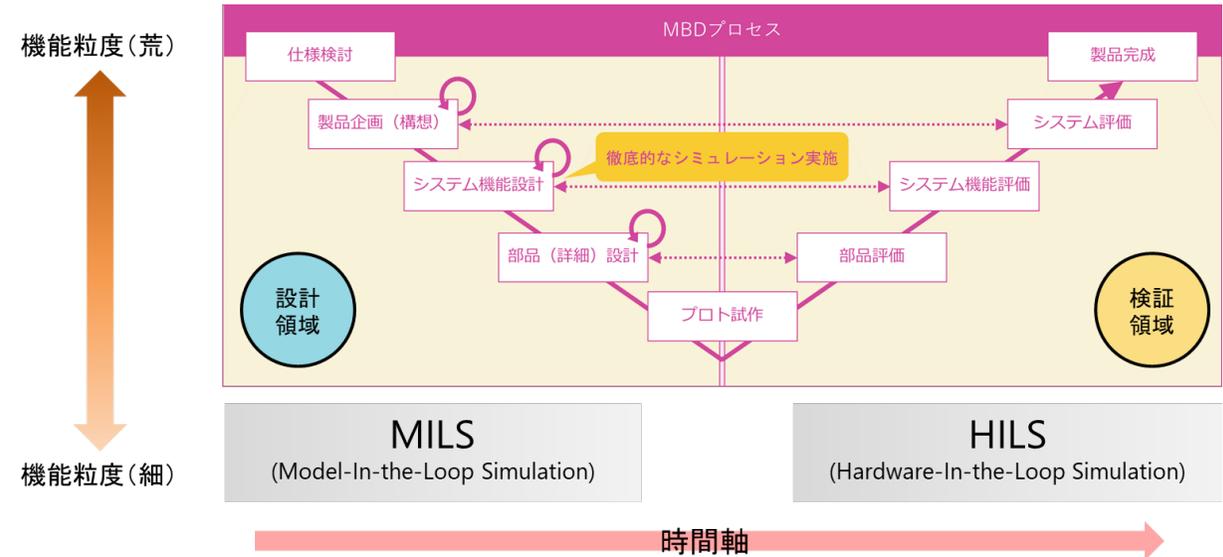
## ① 価値で考える



## 設計プロセス



## V字開発プロセス



## ③ デジタル技術で設計・検証する

MBDプロセス研修によって

MATLAB and Simulink  
による!

MBD的思考力

を獲得してみませんか?

## 活動紹介

～ モデルベース開発 (MBD) 基礎講座の設置から一般社団法人の設立まで～

# 広島県におけるMBD高度専門人材育成事業のあゆみ

**2008 年度** (財)ひろしま産業振興機構  
「モデルベース開発人材養成研修」開始

**2015** HIROJIREN 「ひろしま自動車産学官連携推進会議(ひろ自連)」設立  
産業界におけるMBD専門人材育成に対するニーズの高まり

**2016** 広島大学 「モデルベース開発(MBD)基礎講座」設置  
MBD専門人材教育カリキュラムの開発・実施

**2017** Hiroshima Digital Innovation Center (公財)ひろしま産業振興機構  
ひろしまデジタルイノベーションセンター開設  
「モデルベース開発(MBD)プロセス研修」に採用

**2018** Reスキル講座 経済産業省  
「第四次産業革命スキル習得講座認定制度」に認定  
「実習で学ぶモデルベース開発」発行  
受講人数が900名を超える

**2019** Digital Monozukuri 「広島大学デジタルものづくり教育研究センター」設立  
コンソーシアム参画企業への「MBD入門教育」

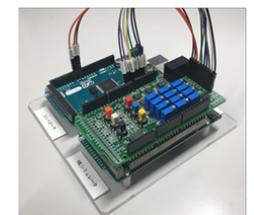
**2020** コロナウィルスのまん延に伴い「研修のビデオオンデマンド化」に取り組む

**2021** 広島大学 大学院学位プログラム「スマートイノベーションプログラム」設置  
「モデルベース開発特論」, 「モデルベース演習」を開講

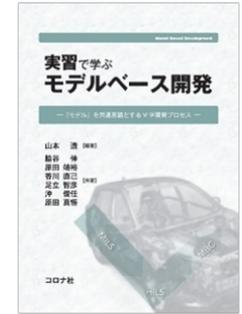
大学発ベンチャー一般社団法人デジケーション設立 広島型MBD教育の全国展開へ！



MBDプロセス研修



教育用HILシミュレータ



オンデマンド講義

## 本活動の学術的評価



- 年 中国・四国工学教育協会賞
- 年 計測自動制御学会中国支部学術講演会奨励賞
- 年 日本工学教育協会工学教育賞
- 年 計測自動制御学会著述賞

# 一般社団法人デジケーションの設立



一般社団法人 **デジケーション**  
DIGITAL & EDUCATION

ホーム  
HOME

法人案内  
ABOUT US

MBD教育サービス  
SERVICE

お知らせ  
NEWS

お問い合わせ  
CONTACT

サイトマップ  
SITE MAP

リンク集  
LINK



山本透教授(工学)

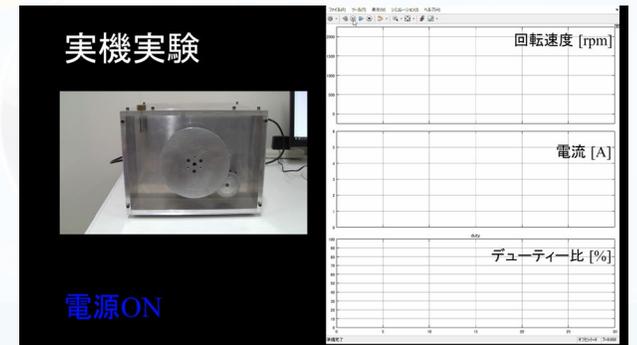
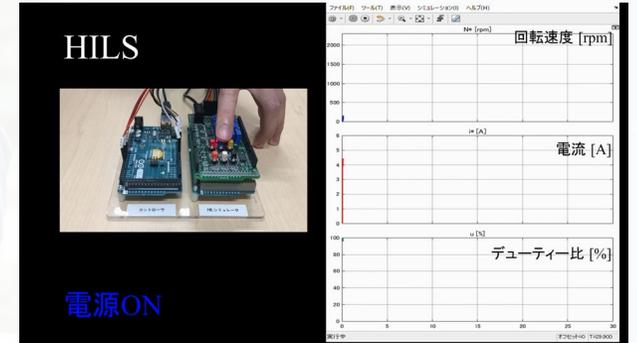
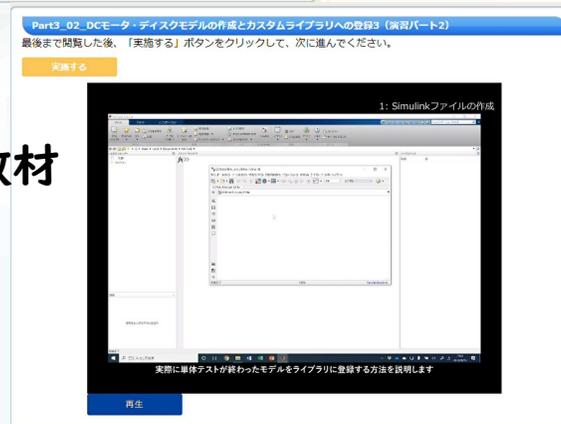
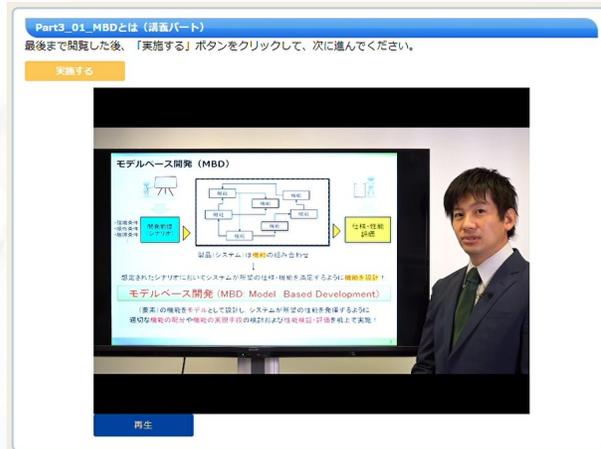


川田和男教授(教育)

## 各専門分野 (工学・教育) の講師陣



講義・実習ともに  
充実したオンライン教材  
(約20時間分)



オリジナル教材を用いた  
HILシミュレーションと実機演習

一般社団法人 デジケーション  
ADD: 〒739-0046 広島県東広島市鏡山3丁目10番31号  
広島大学 広島キャンパス 1号館101  
TEL: 082-431-2111  
**250頁)**

Copyright © 一般社団法人デジケーション. All Rights Reserved.

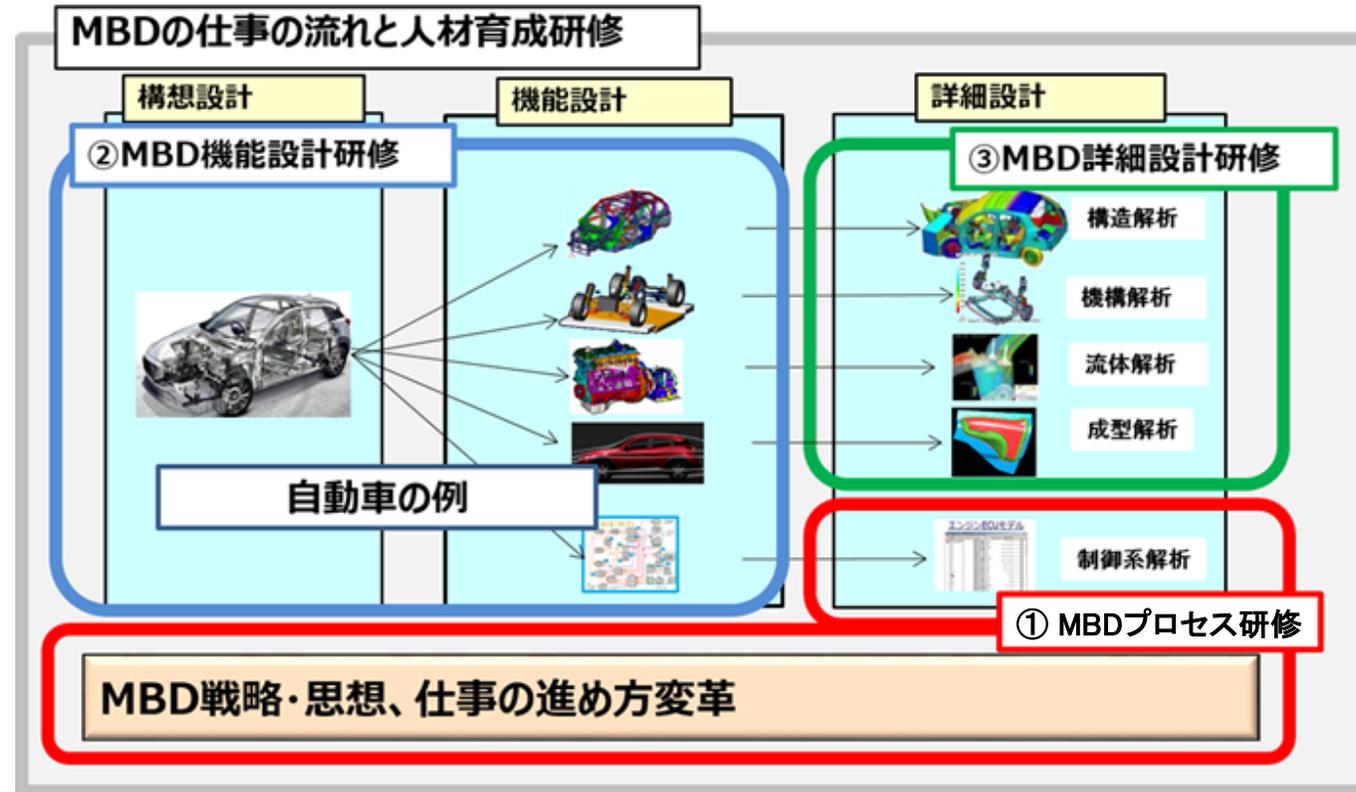
## MBD)プロセス研修のご紹介

- ✓ Part 1 MATLAB/Simulinkによるモデル構築
- ✓ Part 2 物理モデリングの基礎
- ✓ Part 3 MILSによるDCモータ制御システムの設計
- ✓ Part 4 HILSによるDCモータ制御システムの機能評価

MBD的思考」

# モデルベース開発プロセス研修

# モデルベース開発 (MBD) プロセス研修



## ① MBDプロセス研修

MBD戦略&思想, 仕事の進め方変革を理解する

## ② MBD機能設計研修

要求を実現するための構想設計と部品の詳細設計につなげる機能展開の手法を習得する

## ③ MBD詳細設計研修

部品の詳細設計において求められるモデル作成と数値解析技術を習得する

# モデルベース開発 (MBD) プロセス研修

20hの動画と6hの実習

パート	タイトル	講義内容
Part 1	MATLAB/Simulinkによるモデル構築	<ul style="list-style-type: none"><li>・ システムモデリングとMATLAB &amp; Simulink</li><li>・ MATLABの使い方</li><li>・ Simulinkの使い方</li><li>・ MATLAB/Simulinkの併用によるモデル構築の基礎</li><li>・ まとめ</li></ul>
Part 2	物理モデリングの基礎	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 微分・積分の復習</li><li>・ 微分・積分操作とモデリング</li><li>・ 数値積分による近似解の導出</li><li>・ 物理法則に基づく微分方程式の導出</li><li>・ まとめ</li></ul>
Part 3	MILSによるDCモータ制御システムの設計	<ul style="list-style-type: none"><li>・ モデルベース開発 (MBD) とは</li><li>・ MILS: プラントモデル設計</li><li>・ MILS: コントローラモデル設計</li><li>・ まとめ</li></ul>
Part 4	HILSによるDCモータ制御システムの機能評価	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 機能の実現とシステム機能評価</li><li>・ システム機能(結合)評価とHILS</li><li>・ HILシミュレータとは</li><li>・ コントローラモデルの実現</li><li>・ まとめ</li></ul>

V字開発プロセス演習

## その他

- ・ モデル解析・制御系設計のためのラプラス変換基礎
- ・ MBDワークショップ(ロボット掃除機を題材としたグループワーク)

# Part 1 MATLAB/Simulinkによるモデル構築

## MATLAB & Simulinkとは？

### MATLAB (Matrix Laboratory)

- 複素数演算・行列演算を含む**複雑な科学計算に特化**した高級プログラミング言語
- 型宣言などが不要でプログラミングが苦手な人も使用しやすい
- 基本の高い演算機能に加えて, **Toolbox**※を導入することで複雑な演算が可能

※専用の計算に特化した関数のパッケージ群

### Simulink

- ブロック線図を描いて**時間軸でのシミュレーション**を行う環境
- システムの構成が直観的で理解しやすい
- MATLABのソースコードによって独自のブロックを設計可能
- 入出力:

## Simulinkによる記述

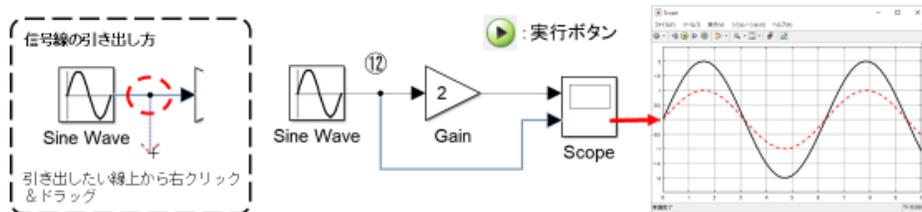
### Scopeブロックの表示数を増やす

- ⑩ 「コンフィグレーションプロパティ」ボタンをクリック
- ⑪ 入力端子の数を「1」→「2」に変更



入力端子の数を「2」に変更しOKをクリック

- ⑫ 「Sin Wave」ブロックの出力から信号線を引き出してScopeに結線し、再実行



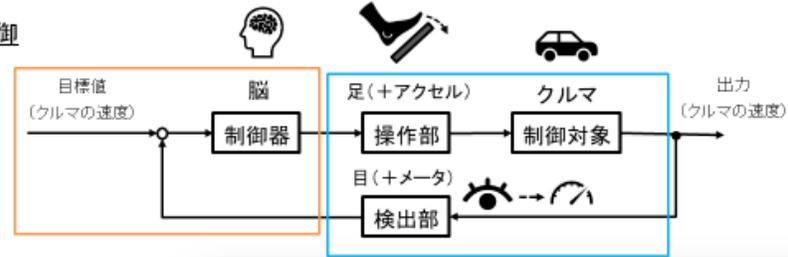
モデルベース開発 (MBD) プロセス研修

1-25

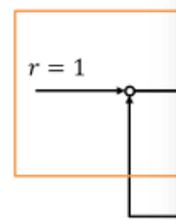
## mファイルによる記述とSimulink

制御のシミュレーションをしたい ~フィードバック制御の場合~

### 手動制御

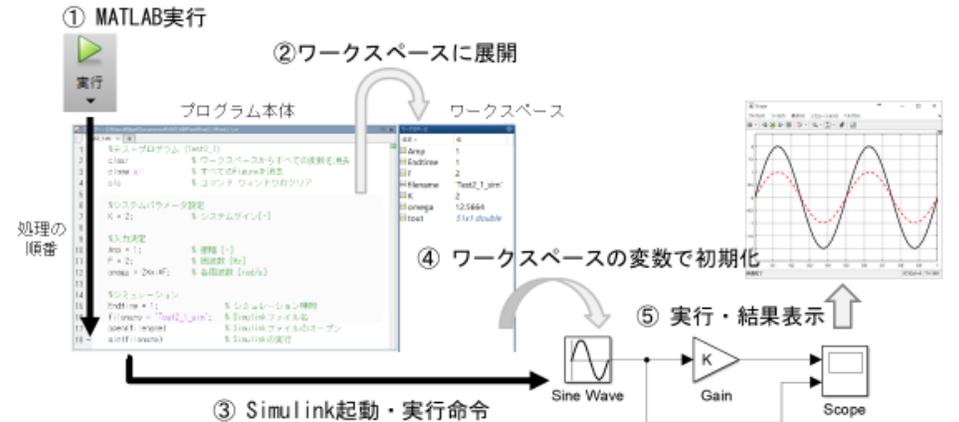


### 自動制御



制御パラメータを設定し、

## MATLAB/Simulinkによるモデル実行の流れ



モデルベース開発 (MBD) プロセス研修

1-29

システムモデリングのためのMATLAB・Simulinkの基本的な使い方を知る

# Part 2 物理モデリングの基礎

## 微分・積分の復習

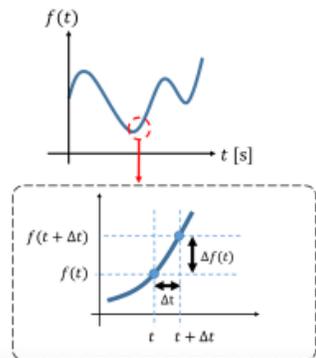
### (時間)微分

時刻 $t$ における $f(t)$ の(瞬間の)変化率

$$\frac{df(t)}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta f(t)}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{f(t + \Delta t) - f(t)}{\Delta t}$$

### Point

- ・微分は時間変化率(傾き)を求める計算
- ・微分は( $\Delta t$ だけ)未来の情報を含む



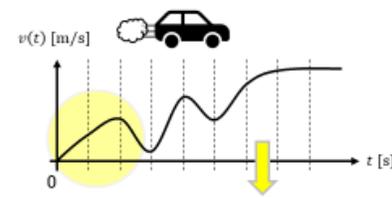
## 微分・積分操作とモデリング

平均変

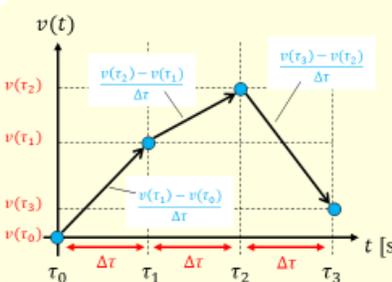
瞬間変

取り扱い

結果とは過去の一瞬一瞬の積み重ね



$$v(t) = a_n t^n - a_{n-1} t^{n-1} + \dots$$



$$\begin{aligned} v(\tau_1) &= v(\tau_0) + \frac{v(\tau_1) - v(\tau_0)}{\Delta\tau} \Delta\tau \\ v(\tau_2) &= v(\tau_1) + \frac{v(\tau_2) - v(\tau_1)}{\Delta\tau} \Delta\tau \\ &= v(\tau_0) + \frac{v(\tau_1) - v(\tau_0)}{\Delta\tau} \Delta\tau + \frac{v(\tau_2) - v(\tau_1)}{\Delta\tau} \Delta\tau \\ v(\tau_3) &= v(\tau_2) + \frac{v(\tau_3) - v(\tau_2)}{\Delta\tau} \Delta\tau \\ &= v(\tau_0) + \frac{v(\tau_1) - v(\tau_0)}{\Delta\tau} \Delta\tau + \frac{v(\tau_2) - v(\tau_1)}{\Delta\tau} \Delta\tau + \frac{v(\tau_3) - v(\tau_2)}{\Delta\tau} \Delta\tau \\ &\vdots \\ v(\tau_n) &= v(\tau_0) + \sum_{i=0}^{n-1} \frac{v(\tau_{i+1}) - v(\tau_i)}{\Delta\tau} \cdot \Delta\tau \end{aligned}$$

注1  $\lim_{\Delta\tau \rightarrow 0}$  や  $\lim_{n \rightarrow \infty}$  を考慮することで厳密に微分・積分を使ったモデリングになる

注2  $\frac{v(\tau_{i+1}) - v(\tau_i)}{\Delta\tau} = \frac{v(\tau_i + \Delta\tau) - v(\tau_i)}{\Delta\tau}$  での微分の定義式と同じ

モデリングの基本的な考え方

- ① 各時刻における瞬間の変化率(微分)を計算し
- ② これらの値を積み重ねること(積分)で
- ③ 任意の時刻における値(解)を得る!

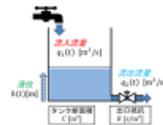
モデルベース開発(MBD)プロセス研修

2-5

微分・積分によるモデリングの考え方

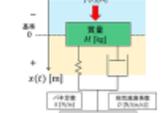
## 物理法則に基づく微分方程式の導出 (ホワイトボックスモデリング)

### Part2で扱う物理現象



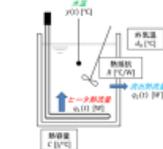
液位プロセスモデル

$$C \frac{dh(t)}{dt} = q_1(t) - q_2(t)$$



サスペンション(マス・パネ・ダンパ)モデル

$$M \frac{d^2x(t)}{dt^2} = f(t) + f_k(t) + f_D(t) + f_g$$



熱収支モ

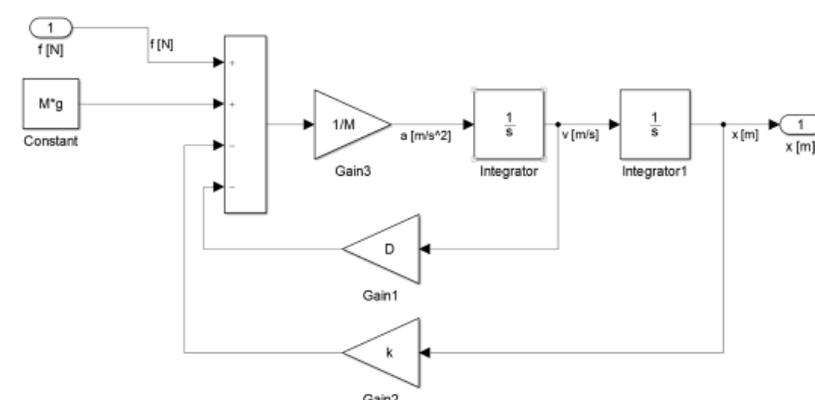
$$C \frac{dy(t)}{dt}$$

一見難しそうに見  
考え方が習得

## サスペンションモデル (MATLAB/Simulink 演習)

物体の加速度と力の関係式  $a(t) = \frac{dv(t)}{dt} = \frac{1}{M} \{f(t) - kx(t) - Dv(t) + Mg\}$

物体の速度と位置の関係式  $v(t) = \frac{dx(t)}{dt}$



モデルベース開発(MBD)プロセス研修

2-33

ホワイトボックスモデリングとMATLAB/Simulinkによる演習

# MBD教育において大切なこと

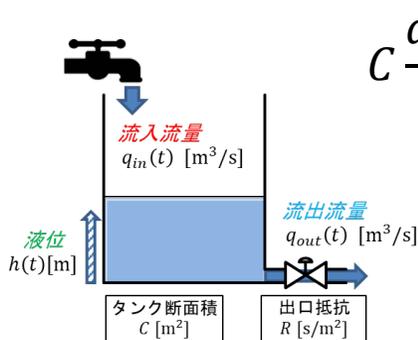
## 開発においてエンジニアに求められるもの

- ・ モデリングや問題や要求の定式化 ← **人間が行うべき作業**
- ・ 解決手段の提示(理論の応用, 試行錯誤, 実験) ← 単純作業は機械学習などに置き換わっていく

## 問題や要求の定式化(モデリング)

いま, 与えられているそのモデルはどのようにできたのかを知らなければならない

例) 制御工学の教科書の流れ...



$$C \frac{dy(t)}{dt} = u(t) - \frac{1}{R} y(t)$$



## 初心者エンジニアの悩み

モデルが与えられないと設計できない  
(そもそも, なぜ, 微分方程式?)

ラプラス変換(数学的ツール)

設計問題

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{R}{1 + RCs}$$

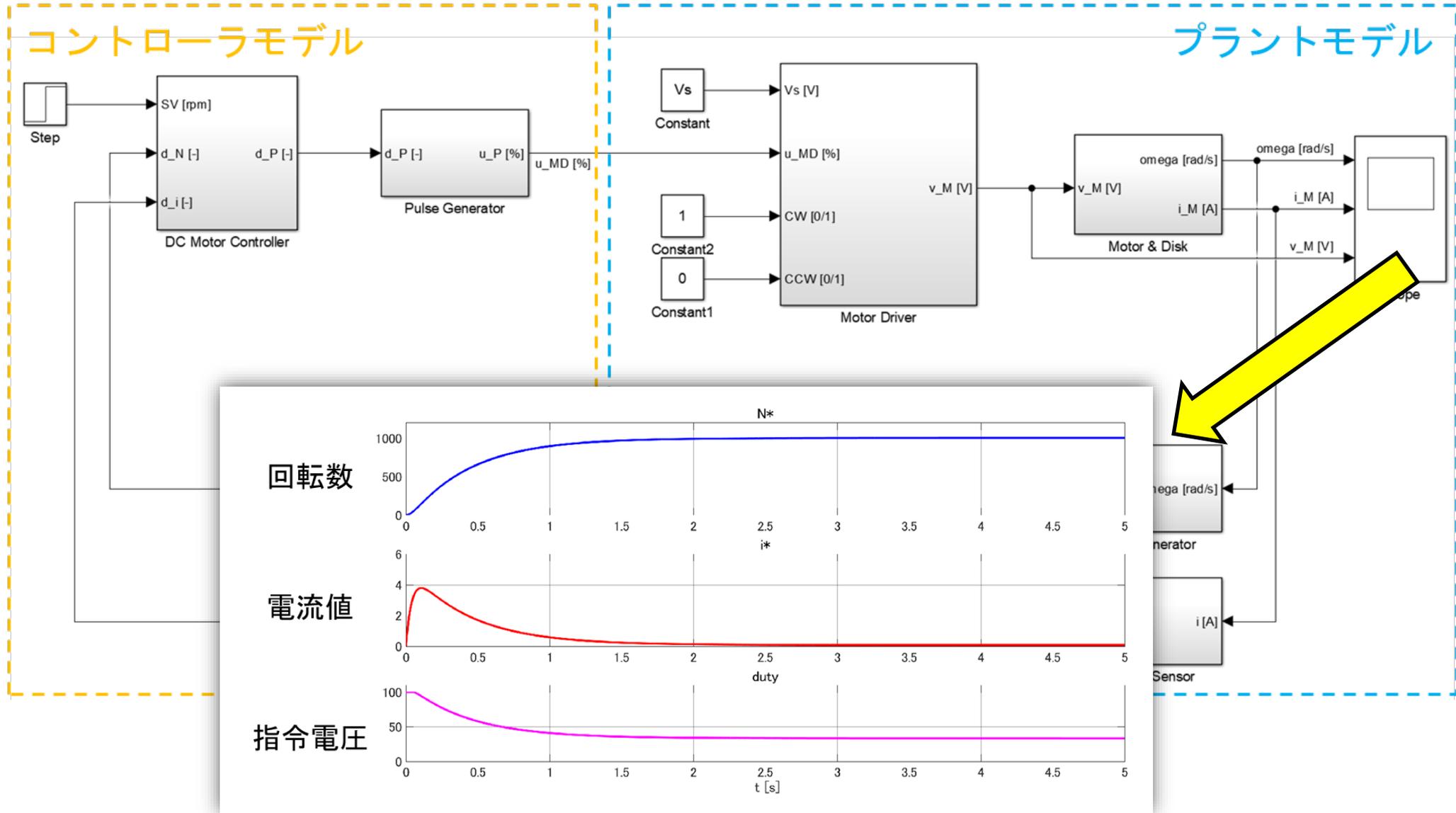


PID制御器など

「問題をどう解くか」だけでなく「問題をどう作るか」が大切

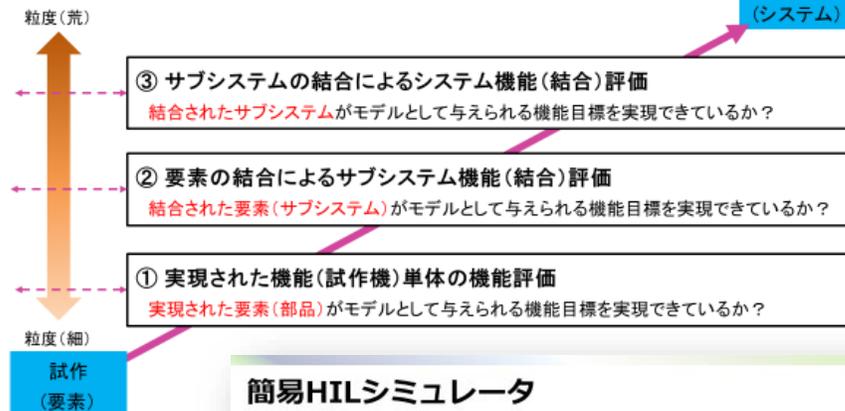


# Model In the Loop Simulation (MILS)による機能設計

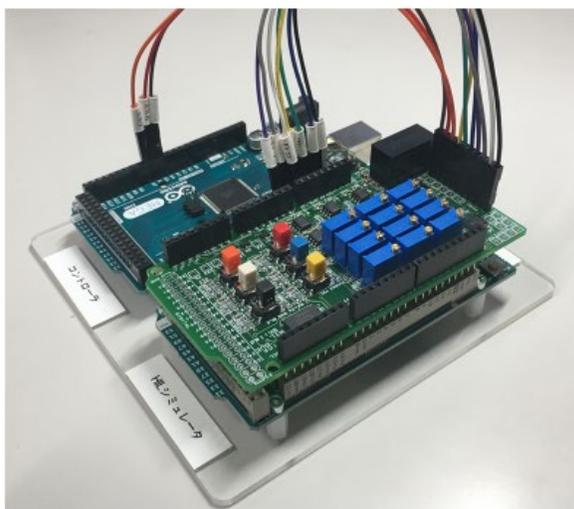


# Part 4 HILSによるDCモータ制御システムの機能評価

## 機能の実現と機能評価の粒度



## 簡易HILシミュレータ



モデルベース開発(MBD)プロセス研修

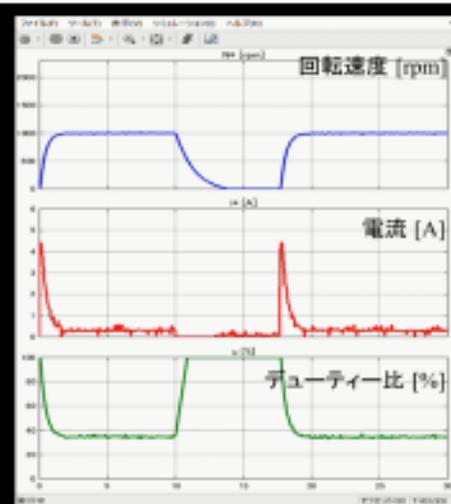
4-9

機能評価と簡易HILシミュレータ

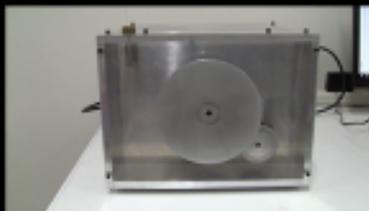
## HILS



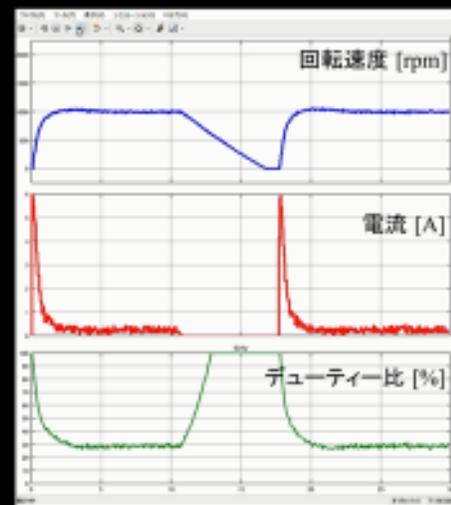
電源ON



## 実機実験

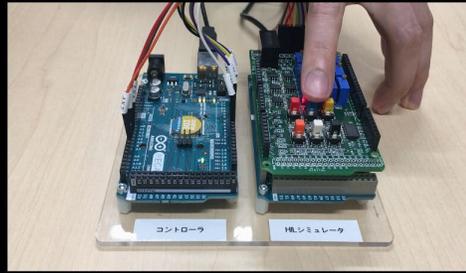


電源ON

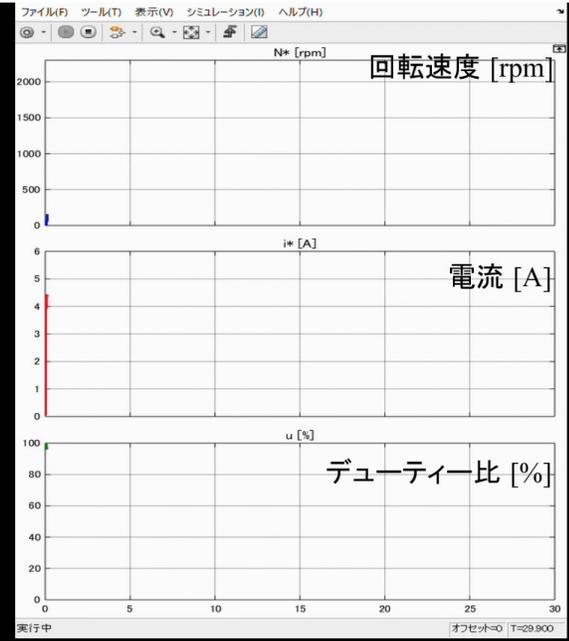


HILシミュレータおよび実機を用いた制御実験

# HILS



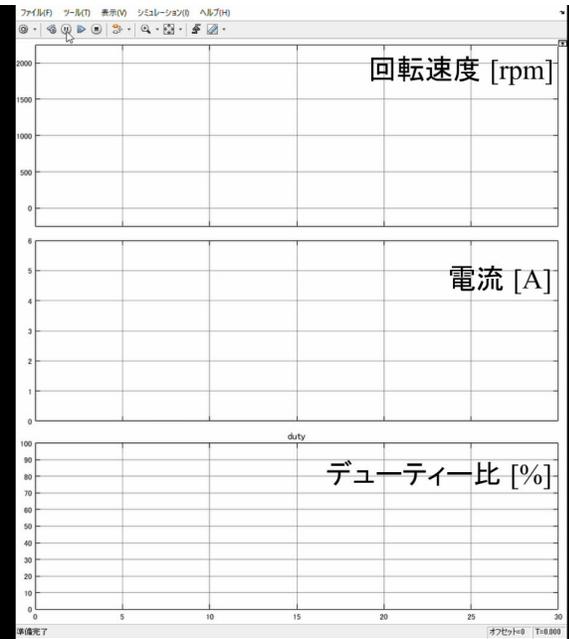
電源ON



# 実機実験



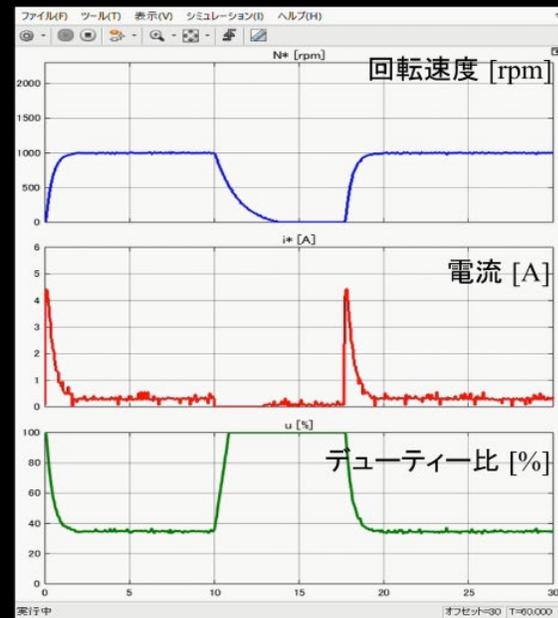
電源ON



# HILS



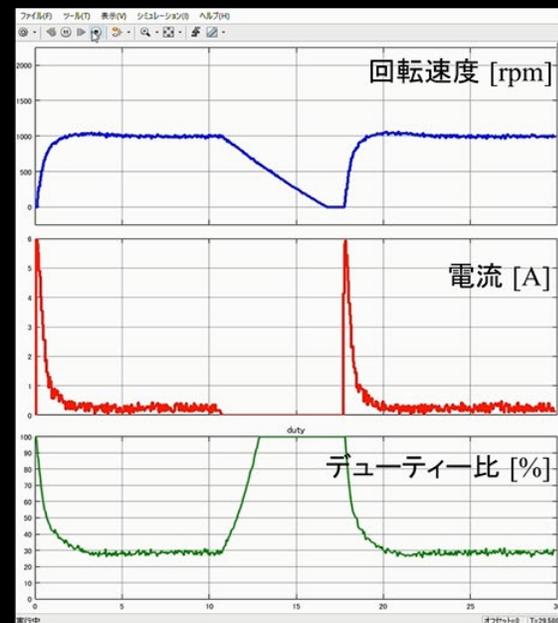
電源ON



# 実機実験

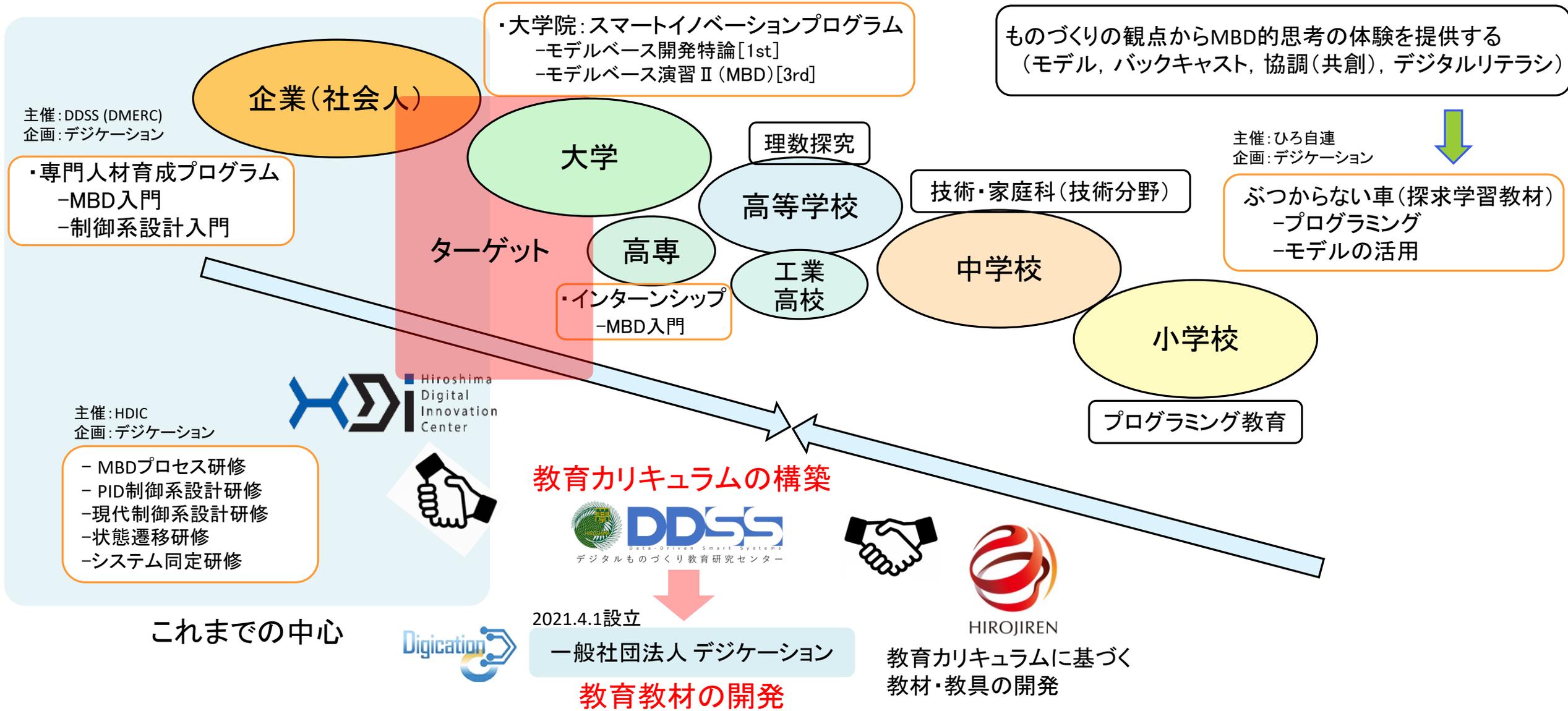


電源ON



# 学校教育と社会人教育をつなぐ「MBD的思考」

# M B D 的思考に基づく教育の体系化



# 大学におけるMBD教育の深化

文部科学省: デジタルと専門分野の掛け合わせによる産業DXをけん引する高度専門人材育成事業に採択! (2021年3月)

## [デジタル]×[ものづくり]

**【求められる資質・能力】(デジタルマインド・スキル)**  
MBDの重要性を理解し、「モデル」を共通言語として複雑なシステムをコンピュータ上で実現し、机上でシステムの設計・検証を行うことができる能力を身につける。これを通して、モデルを用いたデジタルものづくり技術を産業へ直結させる人材を育成する。

**学部・大学院教育**

**【高度化する実験・実習科目等】**  
**【学士課程】(工学部)**  
講義科目:  
「システム制御I」「システム制御II」  
「システム信号解析(「信号処理工学」からの改編)」  
実習科目:  
「モデルベース開発(MBD)演習」(受講予定者数50名)  
MBDプロセスに沿ってシステムモデリングからコントローラ設計を実施し、DX技術によるMBD手順を修得

**【大学院課程】(先進理工系科学研究科)**  
「デジタルものづくり実践演習」(受講予定者数30名)  
MBDプロセスによるシステム設計から、スマートファクトリーによる具現化までの一連の開発プロセスを修得



**【整備する教育設備】**  
・モデル連成ソフトウェア  
・仮想デスクトップ開発環境  
・デジタルものづくり設備(3Dプリンターなど)

**【MBD教育用DXプラットフォーム】**  
ものづくり環境(DXファクトリー)  
① モデル作成ソフトウェア  
② 仮想デスクトップ開発環境  
③ デジタルものづくり設備  
④ 3Dプリンター  
⑤ CNC



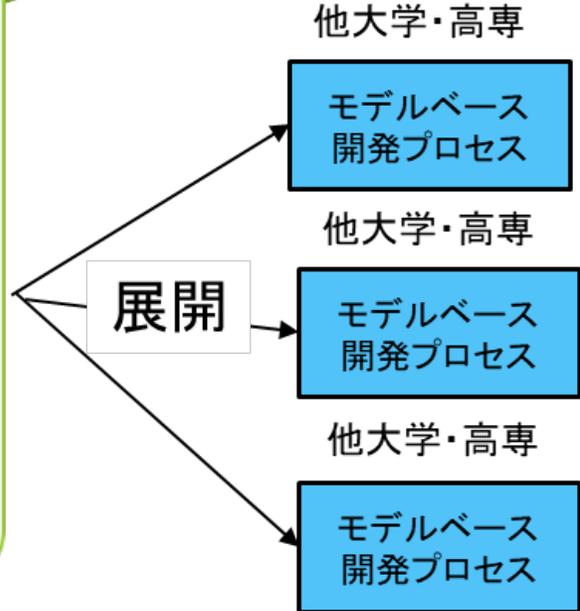
# 大学におけるMBD教育の深化



～2023年



2023年～



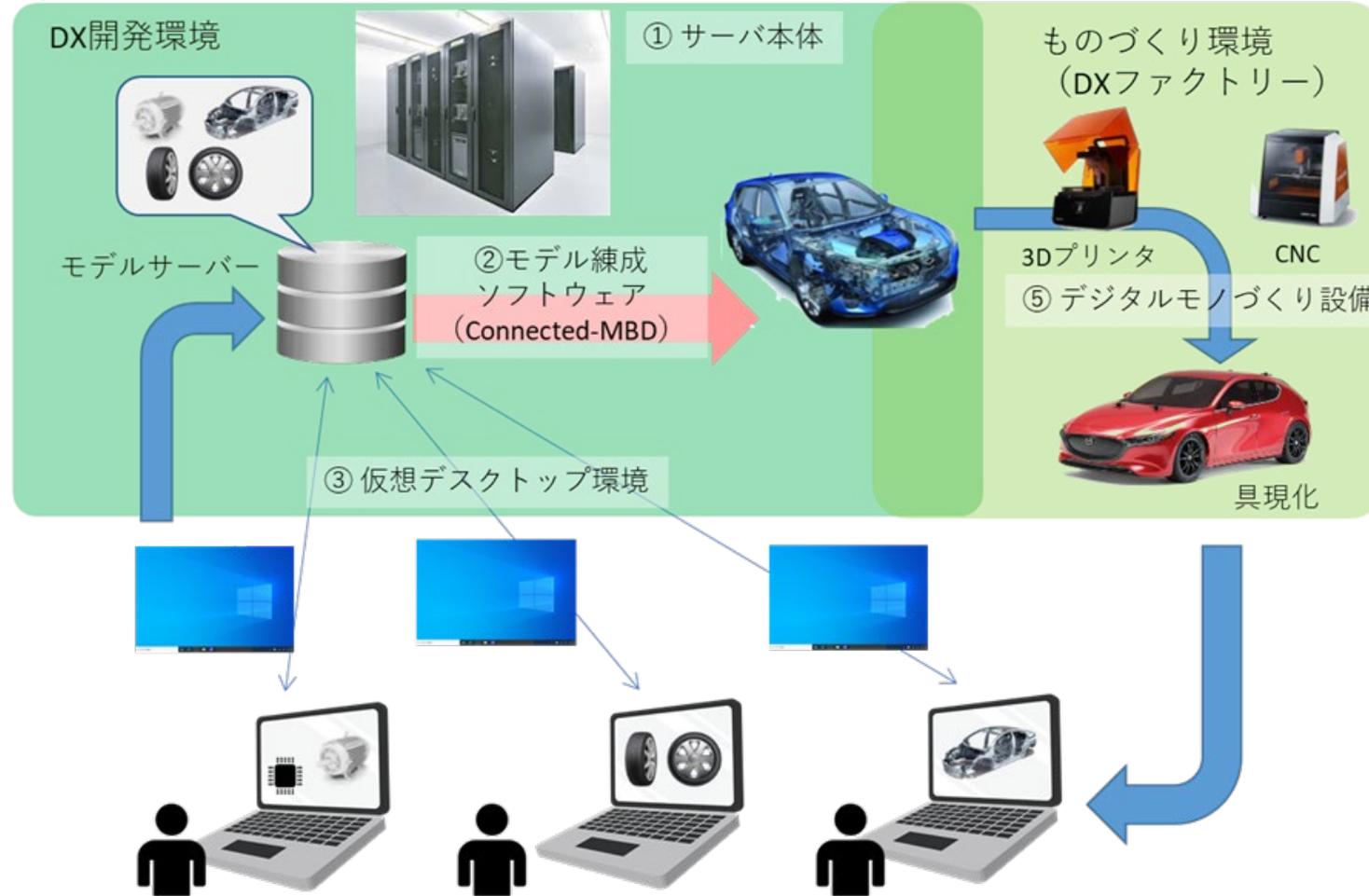
広島大学: 学士課程から大学院教育に至るまでのMBD一貫教育の実施!  
他大学・高専へMBDプロセス基礎科目の展開!

# 大学におけるMBD教育の深化



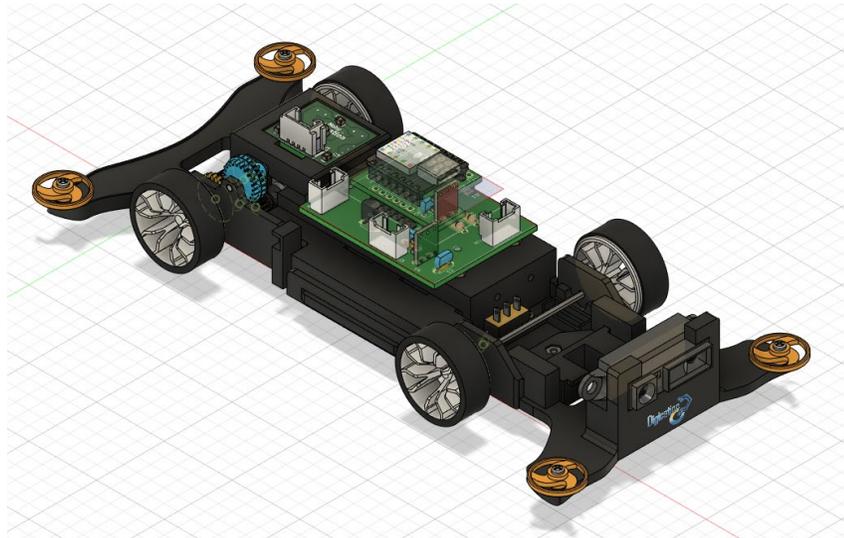
広島大学

MBD教育用DXプラットフォーム



分散連成シミュレーション環境を用いた教育カリキュラムを作成・展開

# MBD的思考を育む独自教材の開発と中・高等学校教育への展開例



### 車のON-OFF制御 (制動距離の変化)



### 実験「目標：20cm手前」



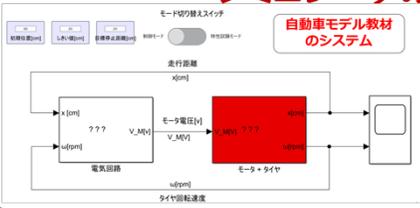
### 今日の課題

「目標：20cm」で停止する自動ブレーキ付き自動車を設計する。  
ト>トシミュレーション(シミュレーター)を活用

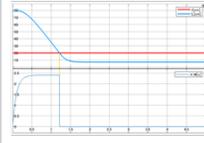
前を見る → ここを設計 → しきい値 → グループごとに自動車を走らせて実験

※「しきい値：20cm」の時の自動車の実際の停止距離 → \_\_\_\_\_ cm

### シミュレータの活用

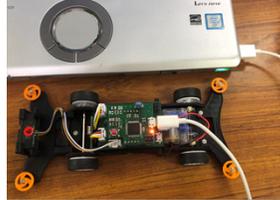


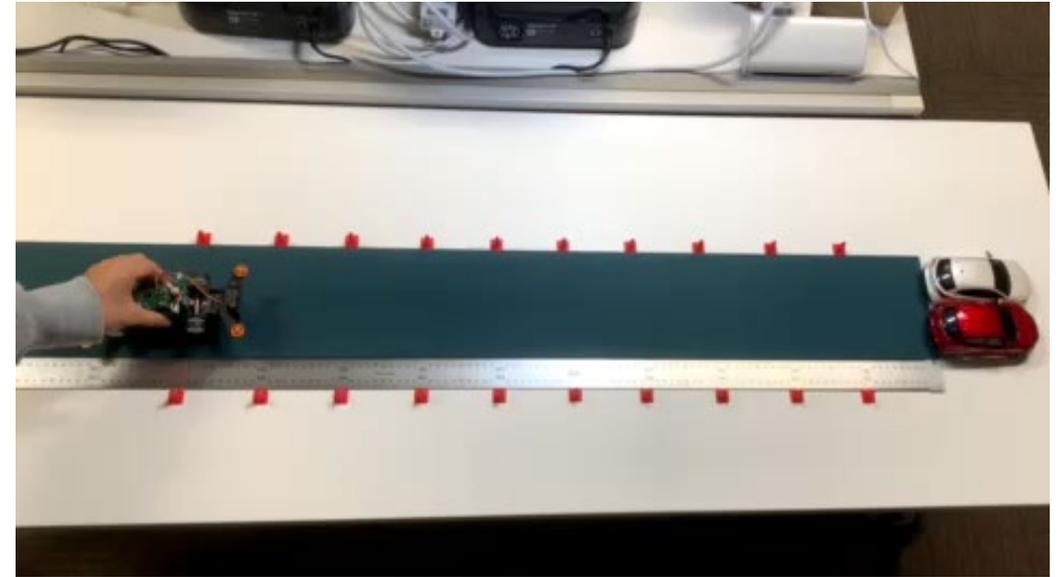
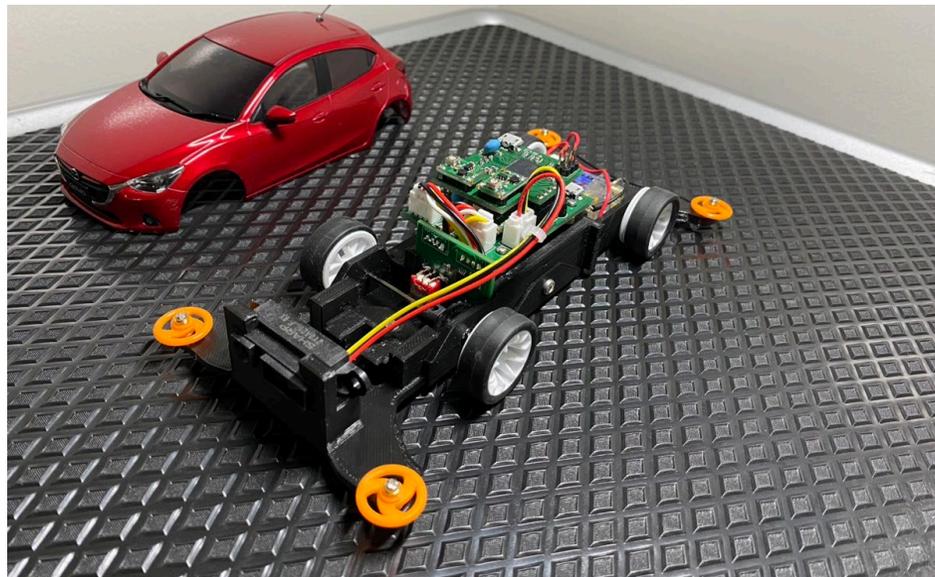
自動車モデル教材のシステム



### 実験(分析・評価・改善)



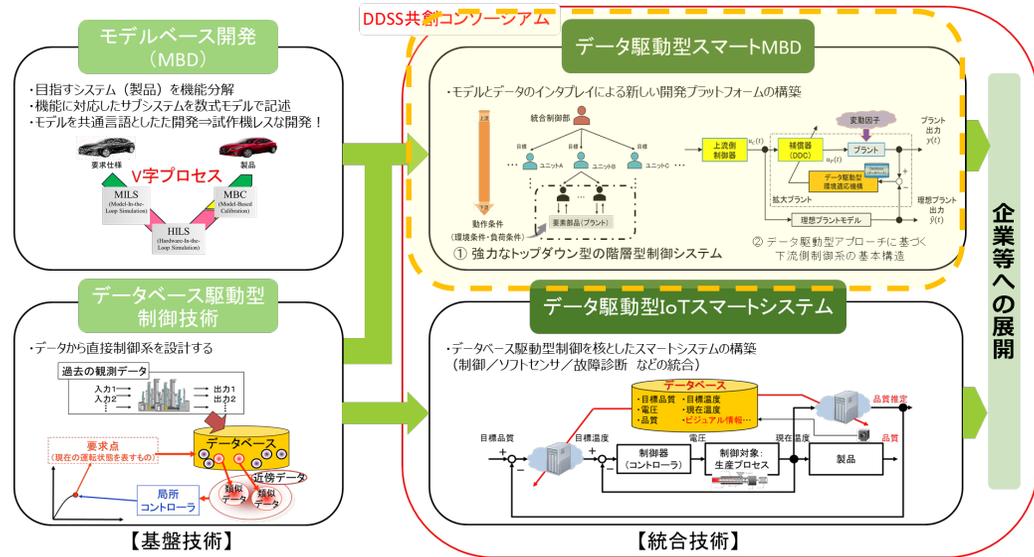




# 産学連携への発展

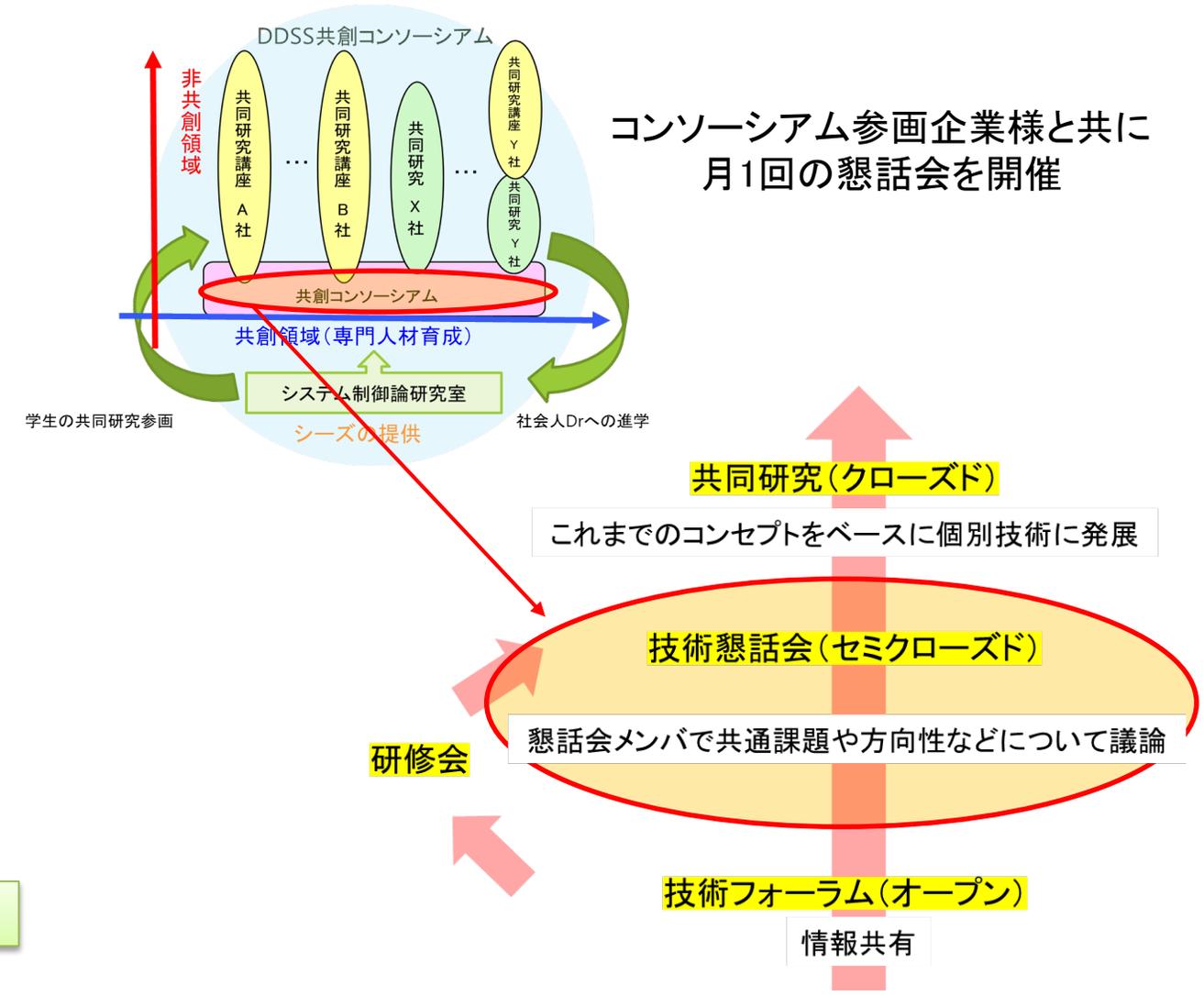
# デジタルものづくり教育研究センターとスマートMBD技術懇話会

2019～

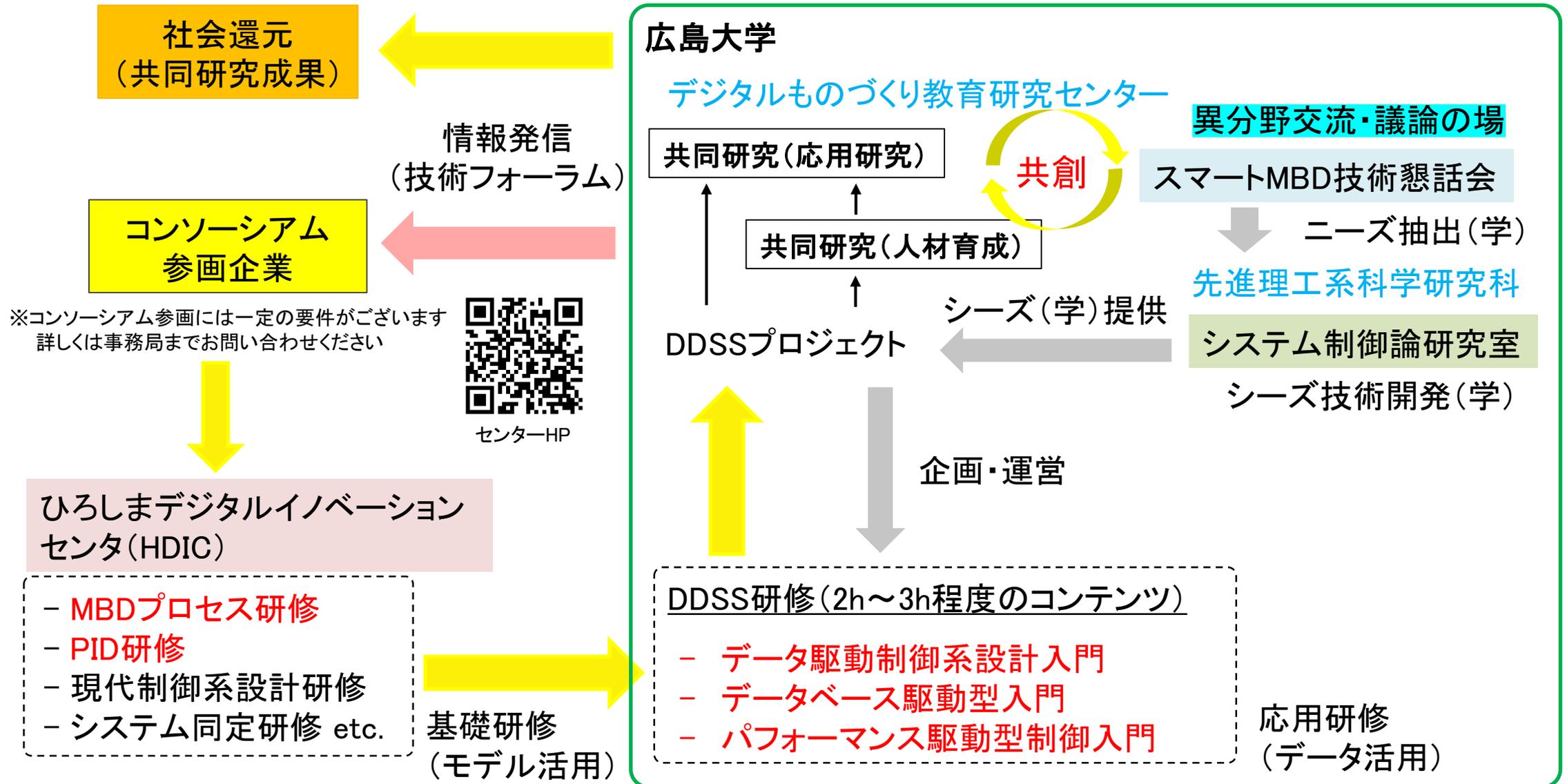


産業界のニーズを踏まえた学問の体系化・シーズ技術の提供

スマートMBD技術懇話会 (2021～)



# デジタルものづくり教育研究センターとスマートMBD技術懇話会





**ご清聴ありがとうございました。**  
**(連絡先 : [wakitani@hiroshima-u.ac.jp](mailto:wakitani@hiroshima-u.ac.jp))**