

モデルベース開発手法に関する コース体系と教材の開発 および在職者訓練への展開

東海職業能力開発大学校 平本 剛
東海職業能力開発大学校 椎葉 彰
東海職業能力開発大学校 檜原 康弘
浜松職業能力開発短期大学校 森田 光男

Development of Course System and Teaching Materials on Model-Based Development Method and Application to Training for Employed Workers

HIRAMOTO Tsuyoshi, SHIIBA Akira, NARAHARA Yasuhiro, MORITA Mitsuo

要約 自動運転の実現や世界規模のEVシフトに対応するには、自動車開発の設計段階における試作期間および回数を減らすことによる効率化が不可欠であり、その手段の一つとしてモデルベース開発の重要性が高まる一方である。そのような背景の中、2016年にモデルベース開発手法に関するハードウェア、ソフトウェア、制御の技術要素を取り入れた一体的なコース体系と教材を開発し、2017年、2018年と自動車に搭載される各種コントローラを開発している企業に対してオーダーメイドセミナーを実施したところ、モデルベース開発に係る人材に必要な知識、技能・技術が実習を通して習得できる点で有用なセミナーであると高評価を得た。

I はじめに

モデルベース開発（Model Based Design / Development 以下、MBD と称す）とは、モデルを基にシミュレーションによる動作検証やターゲットマイコンの特性を理解してモデルからコードを自動生成するなど、開発プロセス全体でモデルを利用して開発を進める手法である。モデルとは、要素間の関係を数式や図的に表現したものであり、文章で記述されないことから制御仕様が明確化されるとともにモデルを基にシミュレーションできるため、いわゆる「動く仕様書」となる。すなわち、MBD はモデルを利用することにより、試作機や実機を必要としないバーチャルシミュレーションによる開発である。

MBD は 1990 年代から自動車メーカーで導入が進んだが、企業ごとに独自の手法が取られたためモデルの互換性が乏しく、一部の大手企業でのみ活用されていたこ

とから、普及が進まなかった。一方で、高機能化が進む電子制御や自動運転技術の普及によるソフトウェアの高度化、蓄電池や水素などの複数のパワートレインの開発など、複雑な制御システムの開発を効率的に行うことができる MBD が必要とされるようになってきた。そこで、2016 年経済産業省は、MBD を活用した開発手法の普及に向けて、自動車業界の協力を得て研究会を発足させた。そしてサプライチェーン全体に MBD を普及させて国際的に競争力を高める取り組み⁽¹⁾を行ってきた。また 2017 年経済産業省は、産学連携による「自動車分野のモデルベース開発」における社会人向け講座のカリキュラムの開発を支援し、「第四次産業革命スキル習得講座認定制度」⁽²⁾として 2018 年以降に MBD に携わる人材育成を支援・拡充する予定である。さらに 2018 年 4 月経済産業省は、自動車業界において企業間のすりあわせ開発を MBD 手法により高度化するための方針

「SURIAWASE2.0 の深化」^④を取りまとめ、さらなる MBD の普及に努めている。

本校が所在する地方は、自動車産業や航空・宇宙産業が盛んな地域であり、従来から MBD に関連する人材育成ニーズがあった。そのような中、2016 年度に制御系分野における MBD 手法を習得するためのコース体系と教材を開発し、各種車載用コントローラ (Electronic Control Unit、以下、ECU と称す) を開発している企業 (以下、自動車用 ECU 開発企業と称す) にセミナー広報活動を行ったところ、自動車用 ECU 開発企業 (以下、企業 A と称す) よりオーダーメイドセミナーの依頼を受けた。そこで、企業 A とコース体系とカリキュラムについて詳細な打ち合わせを行い、2017 年に中堅社員向けのオーダーメイドセミナーとして実施した。また、2018 年には、前年のセミナー終了後の意見交換会の内容を踏まえ、コース体系やカリキュラムの見直しを図り、引き続きオーダーメイドセミナーを実施している。

本稿では、この取り組みの詳細について報告する。

II MBD手法に関するセミナー企画・開発

1 MBD の V 字モデル

MBD では製品の企画から完成までの一連の工程が、図 1 に示す V 字モデルの実線に沿って行われる。V 字モデルの左側が設計工程のプロセスを表し、右側が検証工程のプロセスを表す。MBD の各プロセスは、コンピュータ上のシミュレーションにより行われる。

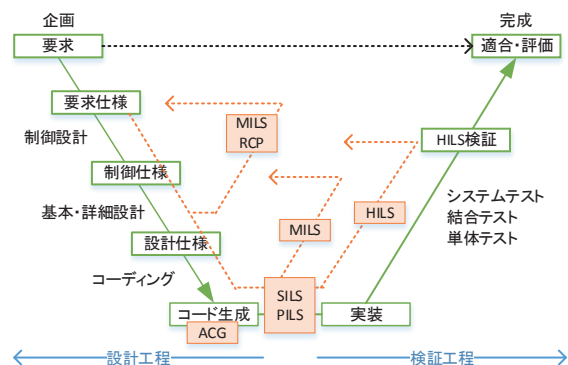


図 1 MBDのV字モデル

制御設計や基本・詳細設計では、点線で描いた小さな V 字モデルの左側でプラントモデルの設計とコントローラモデルの設計を行い、小さな V 字モデルの右側でシミュレーションにより検証を行う。制御設計で行うシミュレーション検証のことを Model In the Loop Simulation (以下、MILS と称す) といい、小さな V 字モ

デルを繰り返し行うことにより、モデルの品質を向上させる。また、コントローラのプロトタイプを用いたコントローラモデルの動作検証を Rapid Control Prototyping (以下、RCP と称す) という。

MILS や RCP では、コンピュータ上や汎用コントローラ上でモデルのシミュレーションを行う。そのため、高速演算かつ高精度とし、一般的には倍精度浮動小数点の演算を適用する。一方、ECU は、コストを抑えるためデータ長も短く、固定小数点の演算装置となる。また、ターゲットマイコン上で動作する C コードを自動生成 (Auto Code Generator、以下、ACG と称す) し、コンピュータ上でソフトウェアとして動作確認を行うシミュレーション検証のことを Software In the Loop Simulation (以下、SILS と称す) という。SILS により、量子化誤差の発生や MILS と同様の結果が得られているかなどの確認を行う。

その後、生成した量産コードに対して、ターゲットマイコンのコンパイラを用いて実行プログラムを生成し、ターゲットマイコンが装備されたテストボードで行うシミュレーション検証のことを Processor In the Loop Simulation (以下、PILS と称す) という。PILS により、実行時の各変数のログの取得や実装された実行プログラムの実行時間などの計測を行い、SILS のシミュレーション結果との比較や誤差などの確認を行う。SILS や PILS による量産コードの検証を終えたら、ECU へソフトウェアを実装する。

ECU に対して、プラントモデルをコンピュータ上に構築し、ECU が実環境上で車両 (実機) を制御しているかのような仮想状態を作り出し、ECU の動作確認を行うシミュレーション検証のことを Hardware In the Loop Simulation (以下、HILS と称す) という。HILS により、何万パターンというテストケースの検証を自動実行することができ、HILS 試験の重要性が高まっている。MILS、RCP、SILS、PILS、HILS におけるモデルと実機の関係を図 2 に示す。

2 MBDのコース体系の開発

II の 1 節で述べたように MBD を実践するには、複合的な知識と技能・技術が求められる。MBD を習得するには、あらかじめハードウェア・ソフトウェア・制御の知識と技能・技術を知っておく必要がある。そこで、図 3 に示すように、MBD の V 字モデルを実践する前に習得すべき技術要素を抽出した。それらの技術要素と MBD の関係から図 4 に示すコース体系を開発し、可能な限りセミナーコース番号①から⑫の順番に受講して

いただくように計画した。また、以前から制御分野のセミナーにおいて、プラントモデルの種類を多くして欲しいとのニーズがあるため、4つのプラントを用意した。

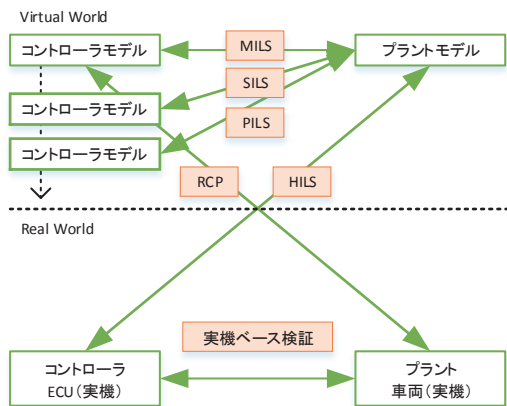


図2 モデルと実機の関係

3 MBDテーマとセミナーコースの選定

自動車用 ECU 開発企業に対して、図 4 に示す MBD コース体系を提示し、セミナーニーズの調査を行う中で、企業 A より MBD 手法を習得するためのセミナー依頼をいただいた。そこで、企業 A として、MBD のニーズがある中で、どのような社員教育を希望するか、何度か打ち合わせを行った。その結果、昨今の情勢から電気自動車に代表されるようにモータ制御をテーマとして選定した。また、導入が容易なことから DC サーボモータを使用することとし、図 5 に示す 9 つのセミナーからなるコース体系とした。そして、MBD のコース内容は、オートクルーズコントローラを設計する実習課題とした。

4 実施したセミナーコース

MBD のコース体系に取り入れた 9 つのセミナーコース①から⑨は、図 6 に示す DC サーボモータの速度制御システムのブロック線図が作成できることを到達目標とするため、表 1 から表 3 に示すような MBD のポイントを盛り込む教材を開発した。

図 7 に示すモータ用テストボードは、セミナーコース⑤にて製作し、⑥以降のセミナーにて ECU として使用している。また、モータ用テストボードの主な仕様を表 4 に示す。

図 7 および表 4 に示すモータ用テストボードは、パワーエレクトロニクスのハードウェアおよびソフトウェアを理解するための教材として製作した三相インバータボードである。この基板を使用して、DC-DC コンバータ、単相インバータ、三相インバータ、DC モータ（ブラシ付き、ブラシレス）制御などの実験実習を行うことができる。

セミナーコース⑨で行う MBD の最終実習課題である、オートクルーズコントローラの設計概要を図 8 に示す。オートクルーズコントローラの基本動作は、初期状態が Mode1 であり、自動車のエンジン停止状態となる。スイッチ 2 を押すと Mode2 に移行し、車のエンジンが始動した状態となり、可変抵抗器を回すとモータは可変速運転を行う。ある一定以上の速度でモータが回転しているとき、スイッチ 3 を押すと Mode3 に移行し、その直前までの回転速度を保持させ、オートクルーズ状態となる。そのとき、スイッチ 2 を押すとオートクルーズがリセットされる。その後、スイッチ 1 を押すとエンジン停止状態となる。

MBDを始めるにあたって事前に必要となる知識と技能・技術

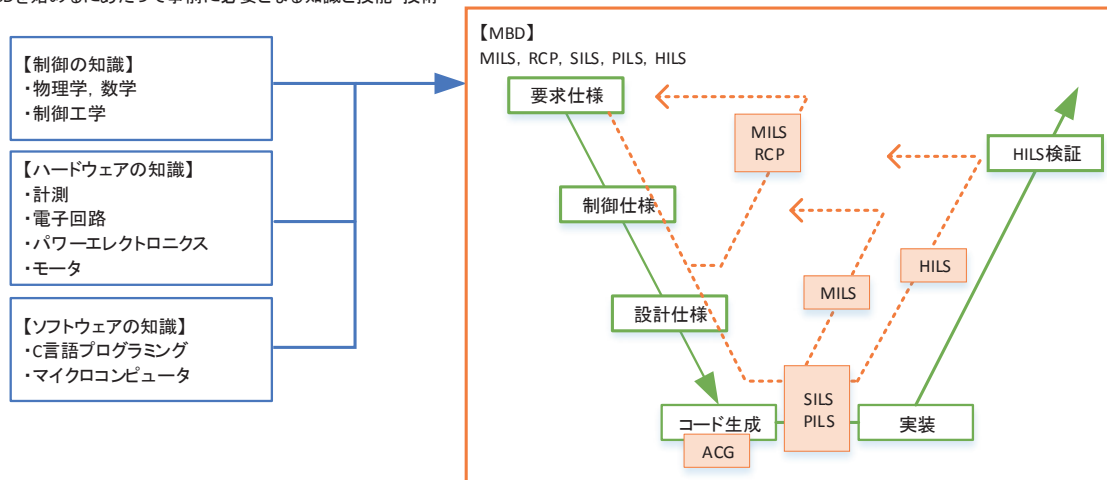


図3 MBD導入に係る技術要素

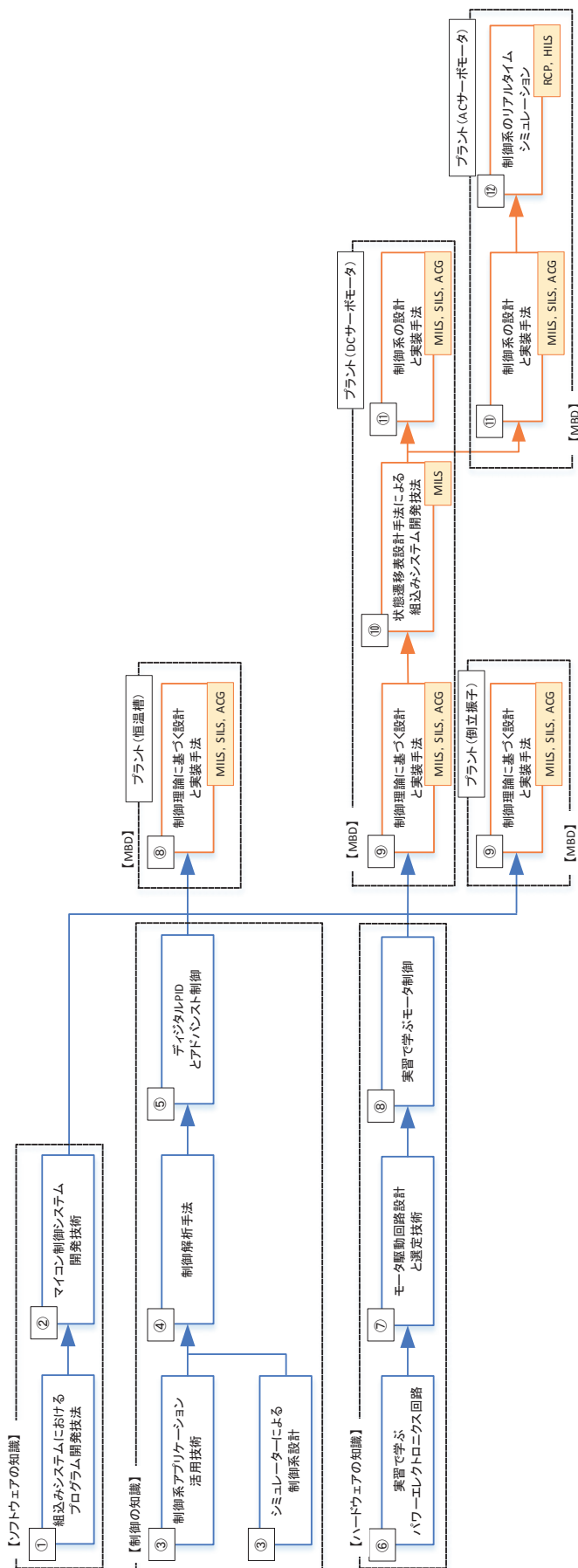


図 4 制御系分野におけるMBD手法を習得するためのコース体系(2017年)

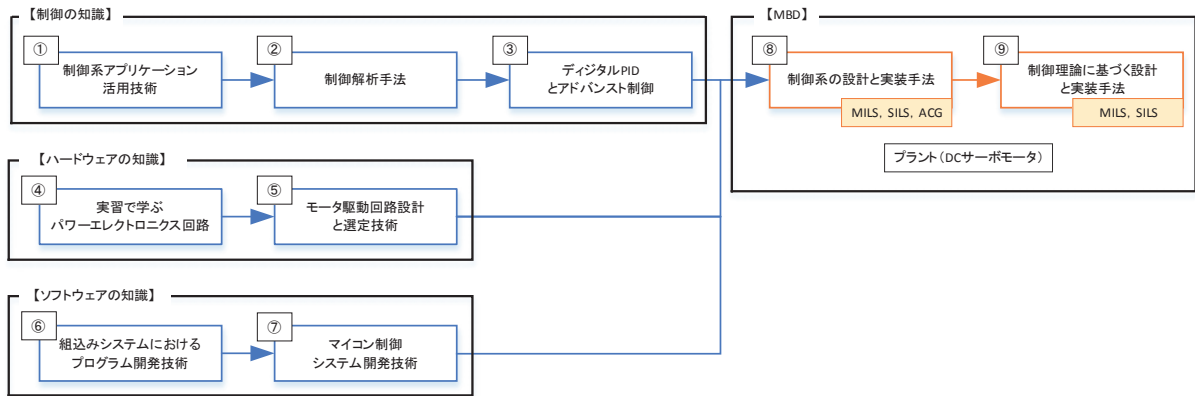


図 5 制御系分野におけるMBD手法を習得するためのコース体系(企業A/2017年)

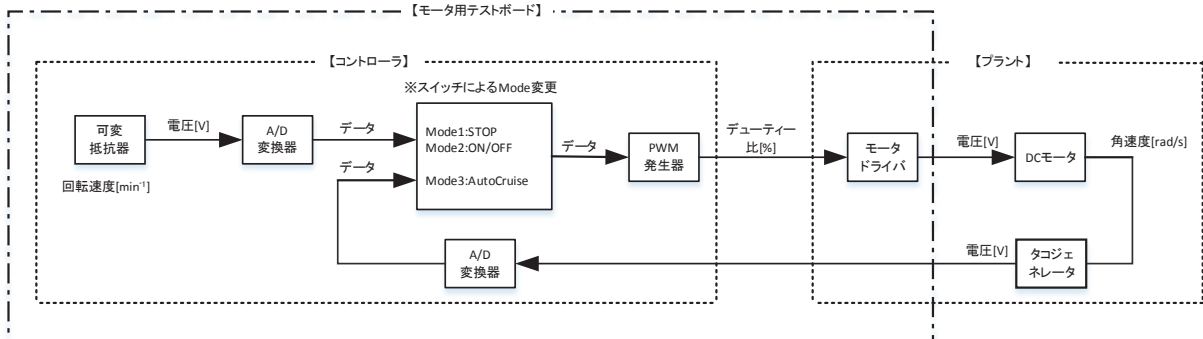


図 6 DCサーボモータの速度制御システムのブロック線図

表 1 作成した教材一覧(MBDコース①~②)

コース名	①制御系アプリケーション活用技術 (18時間)	
項目	テキストの概略	使用機器
主な内容	1. 制御系設計支援ツールの概要 (2時間) 2. 行列計算と数値計算 (2時間) 3. 微分方程式の解法とそのアルゴリズム (3時間) 4. 代数ループ (2時間) 5. モデル (状態空間表現・伝達関数表現) からブロック線図の作成 (9時間)	・制御系設計支援ツール (MATLAB [®] /Simulink [®]) ・恒温槽 ・電気ケトル
MBDのポイント	・制御系設計支援ツールの理解 ・数値計算の理解 ・制御理論に基づく設計法	
コース名	②制御解析手法 (12時間)	
項目	テキストの概略	使用機器
主な内容	1. 制御の概要 (2時間) 2. 過渡応答の解析法 (2時間) 3. 周波数応答の解析法 (2時間) 4. 安定判別と最適設定 (2時間) 5. PID制御 (4時間)	・制御系設計支援ツール (MATLAB [®] /Simulink [®])
MBDのポイント	・制御設計とMILS	

オートクルーズコントローラの実習課題では、図8に示すDCサーボモータの速度制御システムのすべてをブロック線図で表しかつ、赤の実線で囲っているブロックを自動コード生成させ、RX62Nマイコンに実装させる実習を実施している。

また、オートクルーズコントローラを模擬した実習

装置のシステム構成を図9に示す。実習装置は、制御しているタコジェネレータ付きDCサーボモータと同様のモータを負荷として直結し、電子負荷装置を定電流モードとして使用して、断続的な負荷をかけることにより、オートクルーズコントローラの速度制御の動作確認を行っている。

表2 作成した教材一覧(MBDコース③~⑦)

③デジタルPIDとアドバンス制御 (12時間)		
コース名	③デジタルPIDとアドバンス制御 (12時間)	
項目	テキストの概略	使用機器
主な内容	1. アドバンス制御の概要とシミュレーション (2時間) 2. デジタルPID制御の概要とシミュレーション (2時間) 3. 恒温槽のモデリングとMILS (2時間) 4. 恒温槽の温度制御用コントローラ的设计とMILS (6時間)	・制御系設計支援ツール (MATLAB®/Simulink®) ・恒温槽 ・電気ケトル
MBDのポイント	・コントローラのアルゴリズム設計とMILS	
④実習で学ぶパワーエレクトロニクス回路 (12時間)		
コース名	④実習で学ぶパワーエレクトロニクス回路 (12時間)	
項目	テキストの概略	使用機器
主な内容	1. パワーデバイスの概要 (2時間) 2. 各種パワーデバイス (ダイオード、トランジスタ、MOSFET) の特性実験 (6時間) 3. パワーMOSFETの駆動回路実験 (2時間) 4. パワーデバイスの選定方法 (2時間)	・オシロスコープ ・ファンクションジェネレータ ・デジタルマルチメータ ・直流安定化電源 ・ブレッドボード
MBDのポイント	・電子回路の理解 ・パワーデバイスの特性の理解	
⑤モータ駆動回路設計と選定技術 (12時間)		
コース名	⑤モータ駆動回路設計と選定技術 (12時間)	
項目	テキストの概略	使用機器
主な内容	1. インバータの概要の概要 (2時間) 2. 三相インバータ回路の設計・製作 (8時間) 3. 動作確認およびデバック作業 (2時間)	・オシロスコープ ・ファンクションジェネレータ ・直流安定化電源 ・はんだごて ・DCサーボモータ
MBDのポイント	・モータドライバのブロック線図の作成 ・駆動回路の製作 (図7および図8に示すモータ用テストボード)	
⑥組込みシステムにおけるプログラム開発技術 (12時間)		
コース名	⑥組込みシステムにおけるプログラム開発技術 (12時間)	
項目	テキストの概略	使用機器
主な内容	1. 組込みのためのC言語 (3時間) 2. RX62Nマイコンの概要 (1時間) 3. 開発環境の操作方法 (2時間) 4. 入出力制御 (LED、SW) (6時間)	・統合開発環境 (CS+) ・マイコン (RX62N) ・モータ用テストボード ・直流安定化電源 ・オシロスコープ
MBDのポイント	・ACGによって生成されるCソースファイルとヘッダーファイルの読解	
⑦マイコン制御システム開発技術 (18時間)		
コース名	⑦マイコン制御システム開発技術 (18時間)	
項目	テキストの概略	使用機器
主な内容	1. 入出力制御 (LCD) (3時間) 2. 割り込み制御 (1時間) 3. コンペアマッチタイマ (2時間) 4. A/D変換 (3時間) 5. PWM出力 (3時間) 6. モータ制御プログラム (6時間)	・統合開発環境 (CS+) ・マイコン (RX62N) ・モータ用テストボード ・直流安定化電源 ・オシロスコープ
MBDのポイント	・モジュール (A/D変換器、PWM発生器など) のブロック線図の作成 ・ACGによって生成されるCソースファイルとヘッダーファイルの読解	

表 3 作成した教材一覧(MBDコース⑧~⑨)

コース名	⑧制御系の設計と実装手法 (18時間)	
項目	テキストの概略	使用機器
主な内容	1. DCサーボモータのモデリングとMILS (2時間) 2. コントローラの設計 (連続系) とMILS (3時間) 3. コントローラの設計 (離散系) とMILS (4時間) 4. SILSによるB2Bテスト (2時間) 5. ACGによるCコード生成 (2時間) 6. RX62Nマイコンへの実装とオートクルーズコントローラの動作検証 (5時間)	<ul style="list-style-type: none"> 統合開発環境 (CS+) マイコン (RX62N) 制御系設計支援ツール (MATLAB®/Simulink®) モータ用テストボード 直流安定化電源 オシロスコープ 電子負荷装置
MBDのポイント	<ul style="list-style-type: none"> プラントモデルの設計とMILS コントローラモデルの設計とMILS モータ用テストボードに装備するターゲットマイコンに対応したモデルへの変換とSILS ACGとモータ用テストボードへの実装 実機による動作検証 	
コース名	⑨制御理論に基づく設計と実装手法 (12時間)	
項目	テキストの概略	使用機器
主な内容	1. 状態遷移図による組込みソフトウェア設計とMILS(3時間) 2. ハードウェア (ゲート駆動回路、Hブリッジ回路) のブロック線図設計とMILS (3時間) 3. SILSによるB2Bテスト (2時間) 4. ACGによるCコード生成 (2時間) 5. RX62Nマイコンへの実装とオートクルーズコントローラの動作検証 (2時間)	<ul style="list-style-type: none"> 統合開発環境 (CS+) マイコン (RX62N) 制御系設計支援ツール (MATLAB®/Simulink®) モータ用テストボード 直流安定化電源 オシロスコープ 電子負荷装置
MBDのポイント	<ul style="list-style-type: none"> ステートマシンモデルの設計とMILS ゲート駆動回路モデルの設計とMILS モータドライバモデルの設計とMILS モータ用テストボードに装備するターゲットマイコンに対応したモデルへの変換とSILS 	

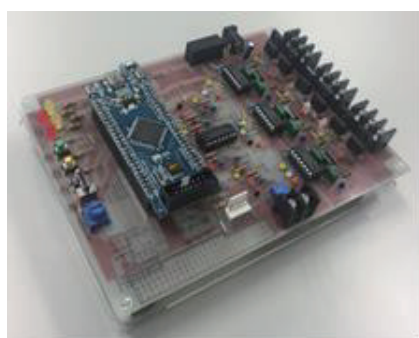


図 7 モータ用テストボード

表 4 モータ用テストボードの主な仕様

項目	仕様	備考
外形寸法	D175×W130×H50	
重量	470g	
最大出力	DC60V/25A	
相	三相 (独立) 出力	
デッドタイム	ハードウェア2.5μs	ソフトウェアでも可能
動作入力電圧	DC15V	
マイコンボード	BlueBoard-RX62N_100pin	NGT Technologies
マイコンボード動作電圧	DC3.3V	主電源より生成 (絶縁)
入出力	トグルスイッチ×1 タクトスイッチ×3 LED×4、LCD×1	
A/D変換	VR×1、タコジェネレータ用×1	
通信	シリアル通信 (RS232C)	

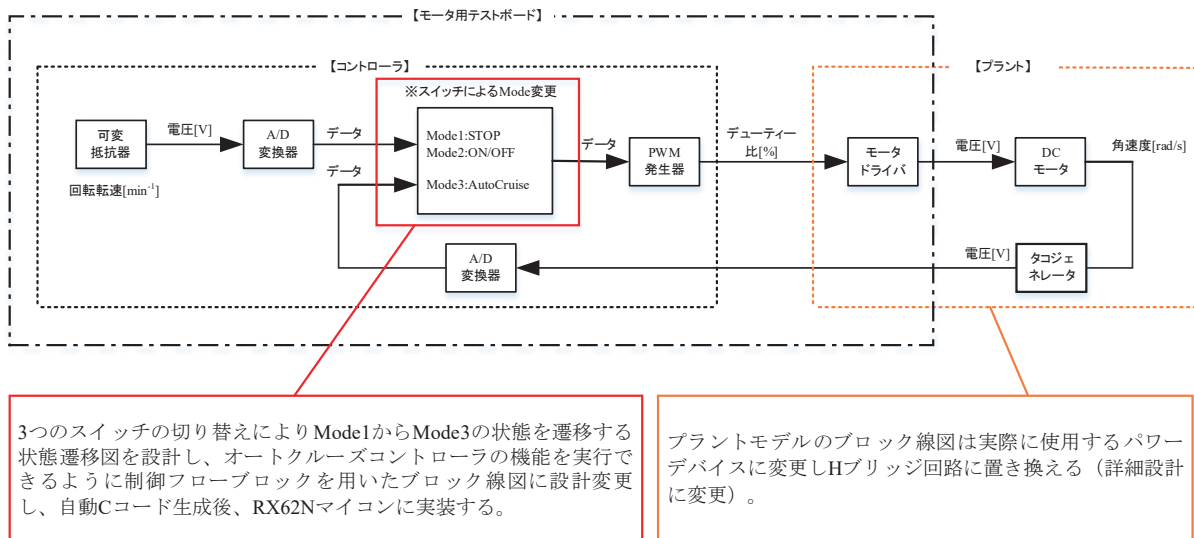


図 8 オートクルーズコントローラのブロック線図と自動コード生成ブロック

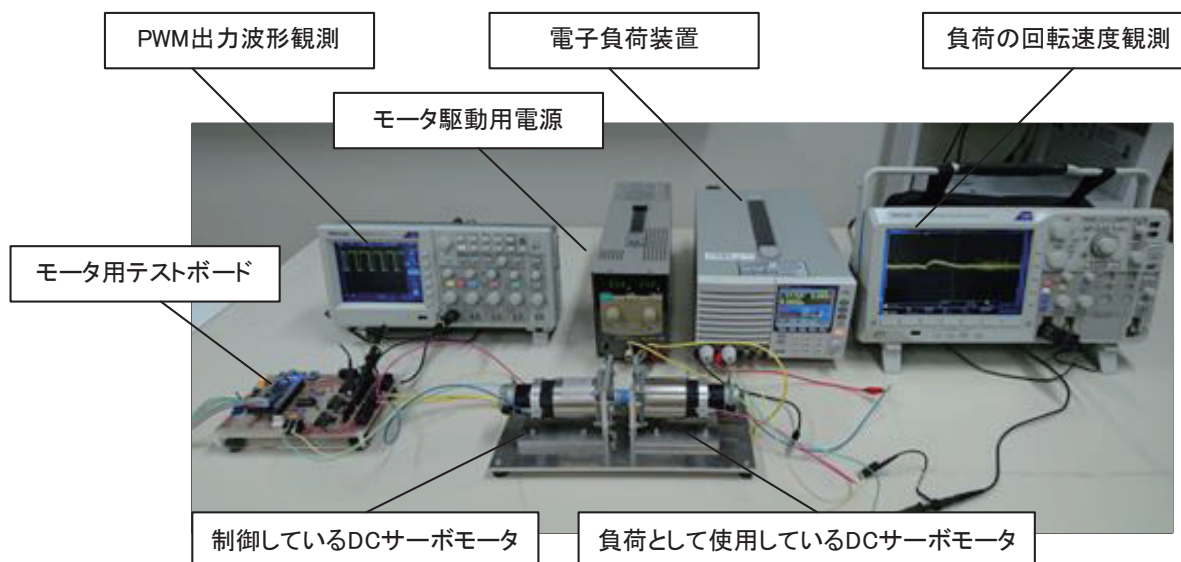


図 9 実習装置のシステム構成

III セミナー実施結果

1 企業Aの評価

企業Aのオーダーメイドセミナーは、表5に示すスケジュールで実施した。

企業AはMBDに係る人材育成を重視しているため、全社員の受講を検討している。そこで、今回提案したMBDのセミナーコースがどの程度、企業Aにおいて意味のあるセミナーかを判断するため、企業Aのリーダークラスの8名の方々に受講していただいた。そして、今後、他の社員がセミナーを受講するに値するか

どうか、以下の目的1から目的4に基づいて評価していただいた。その結果を表6に示す。

今回提案したMBDコース体系とセミナーコースが、最先端の現場で働かれているリーダークラスの方々に、概ね良好な評価をいただくことができた。

特にMBDを習得するには、多くの知識、技能・技術が必要となるため、“大体70%程度は理解できた”ことや、“他社員も受講すべきである”という点から、今回提案したMBDコース体系の重要性も理解していただけたと判断できる。

表 5 企業Aのセミナー実績(2017年)

開催月	受講 順番	セミナーコース名	受講 者数
1月	①	制御系アプリケーション活用技術 (18時間)	8名
2月	②	制御解析手法 (12時間)	8名
3月	③	デジタルPIDとアドバンスト制御 (12時間)	8名
4月	④	実習で学ぶパワーエレクトロニクス回路 (12時間)	8名
5月	⑤	モータ駆動回路設計と選定技術 (12時間)	7名
6月	⑥	組み込みシステムにおけるプログラム開発技術 (12時間)	8名
7月	⑦	マイコン制御システム開発技術 (18時間)	8名
8月	⑧	制御系の設計と実装手法 (18時間)	8名
9月	⑨	制御理論に基づく設計と実装手法 (12時間)	8名

表 6 受講目的と回答

目的	回答
目的1 (MBDの理解)	大体70%程度は理解できた
目的2 (セミナー受講の価値があるかどうかの判断)	他社員も受講すべきである
目的3 (今後も見据えて今の業務に必要なか判断)	5割から8割の内容は業務に必要なである
目的4 (社内教育でまかなえるコースか判断)	⑥のみ担当できる

また、今後も見据え、MBDに関する業務内容の増加が見込まれるため、企業Aのみならず、他の自動車用ECU開発企業についてもニーズがあると考えます。

MBDセミナーの主な感想を表7に、受講後の要望を表8に示す。

MBDの実習を実施しているセミナーコース番号⑧および⑨を受講することで、はじめてMBDの必要性が理解でき、MBDの理解の促進につながると考える。これは、MBDの一つの特徴であるACGによるCソースファイルやヘッダーファイルの自動生成の機能の実習が大きく影響している。しかし、その前段までの①～⑦までの知識、技能・技術が大変重要であり、習得するにも時間がかかってしまうため、しっかりとしたコース体系

とコース内容が必要となる。

また、ハードウェアのモデリング実習を行うことにより、HILSの理解につながったことは大変良かった。

表 7 MBDセミナーの主な感想

目的	回答
感想1 (MBDの理解)	マイコンのソフト開発に、MBDを取り入れるメリットが理解できて良い内容だった。
感想2 (MBDの理解)	コントローラモデルをCソースに変換し、マイコンに実装後、モータを制御できたことにより、MBDが理解できた。
感想3 (MBDの理解)	ドライバのハードウェアもモデル化することによって、よりモデル全体のイメージがし易かった。
感想4 (HILSの理解)	HILS構築に関して、プラント側の電気回路模擬も必要だという点が、とても良いテーマだった。

表 8 受講後の要望

要望	回答
要望1 (時間の短縮化)	実施したセミナーコースは大変好評であり、全てのコースが必要であることは理解できるが、受講期間が9ヶ月と長い。MBDは今がまさに旬なテーマなので、のんびり受講しては時代に乗り遅れてしまう。そこで、受講期間を5ヶ月とし、年2回実施して欲しい。それでも全従業員に受講させると数年かかってしまう。
要望2 (コースの統合)	②制御解析手法と③デジタルPIDとアドバンスト制御を1コースにまとめて欲しい。同様に、④実習で学ぶパワーエレクトロニクス回路と⑤モータ駆動回路設計と選定技術を1コースにまとめて欲しい。
要望3 (コースの廃止)	表6(目的4)より、⑥組み込みシステムにおけるプログラム開発技術のセミナー内容は、自社で実施することが可能である。よって、⑦マイコン制御システム開発技術のセミナー受講前に、社内教育を行いたい。また、6ヶ月以内で完結したいので、⑨制御理論に基づく設計と実装手法を中止としたい。
要望4 (コースの順番入替え)	9ヶ月と受講期間が長いので、コース体系(受講コース手順)の並びをハードウェア・ソフトウェア・制御・MBDの順番に変更し、制御からMBDへの流れを統一することにより制御の習得率を向上させたい。

今まさに、自動車業界の開発現場では、MBD で用いられるブロック線図の作成・編集やシミュレーションによる検証作業が必須となりつつあり、ブロック線図が扱えないと仕事にならない状況となっている。そのため、この度のオーダーメイドセミナーのコース体系では、1年間に10名程度の人材育成しかできないことが、一番の問題として提起された。企業Aは、全社員の受講を考えられているため、最低でも1年間に20名以上の人材育成を検討されている。そこで、コースの統廃合により、受講期間を短縮して欲しいという強い要望があがった。

2 今後の展開

企業AからのMBDセミナーに関する要望は、コース数を5コースにすることであった。しかし、ハードウェアに関するコースが1コースでは、MBDの習得に必要なハードウェアの知識の不足と駆動回路の製作時間が不足することが考えられた。

そこで、2018年のオーダーメイドセミナーは図10に示すように①を新たに追加し、セミナーを6コースで実施できるようにカリキュラムの見直しを図り、セミナー受講の順番を入れ替えることとした。

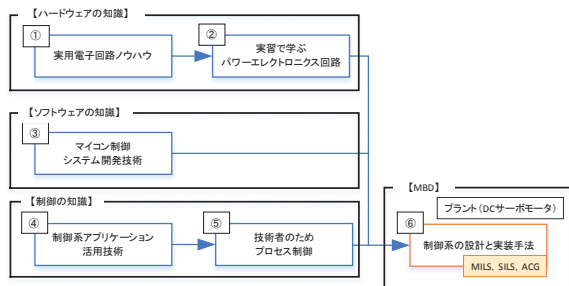


図10 MBDセミナーコース体系(2018年)

また、年2回実施して欲しいという要望から、表9に示すスケジュールにて中堅社員向けオーダーメイドセミナーを計画し、実施している。

3 セミナーの実績

企業Aと同様に、2017年に自動車用ECU開発企業3社(以下、企業B、企業C、企業Dと称す)に対しては図5に示すコース体系を基とし、中堅社員向けMBDに係るオーダーメイドセミナーを実施した。そのセミナー実績を表10および表11に示す。

表10に示すオーダーメイドセミナーの実績は、受講者数の兼ね合いで、企業Bと企業Cの合同で実施した

結果である。また図5に示すコース体系を基にしたが、両企業の要望によりハードウェアの要素は必要ないと判断されたため、6コースを企画して実施した。

表9 企業Aに対する2018年のセミナー計画

開催月	受講 順番	セミナーコース名	受講 者数
1月 7月	①	実用電子回路ノウハウ (12時間)	10名 10名
2月 8月	②	実習で学ぶパワーエレクトロニクス回路 (12時間)	10名 10名
3月 9月	③	マイコン制御システム開発技術 (18時間)	10名 10名
4月 10月	④	制御系アプリケーション 活用技術 (18時間)	10名 10名
5月 11月	⑤	技術者のためのプロセス制御 (18時間)	10名 10名
6月 12月	⑥	制御系の設計と実装手法 (18時間)	10名 10名

表10 企業Bと企業Cのセミナー実績(2017年)

開催月	受講 順番	セミナーコース名	受講 者数
7月	②	制御解析手法 (12時間)	7名
7月	③	デジタルPIDとアドバンスト 制御 (12時間)	7名
8月	⑥	組込みシステムにおけるプログ ラム開発技術 (12時間)	7名
8月	⑦	制御系アプリケーション活用 技術 (18時間)	7名
9月	⑧	制御系の設計と実装手法 (18時間)	7名
9月	⑨	制御理論に基づく設計と実装手 法 (12時間)	7名

企業Dのオーダーメイドセミナーの実績を表11に示す。図4に示すコース体系を基にしたが、MBD導入前の制御分野のセミナーのみを希望されたため、別途コースを企画して実施した。

また、企業Bと企業CのMBDセミナーの主な感想を表12に示す。

以上のように自動車用ECU開発企業4社において、2017年に実施したオーダーメイドセミナーの実績をまとめたものを表13に示す。

表 11 企業Dのセミナー実績(2017年)

開催月	受講 順番	セミナーコース名	受講 者数
10月	③	シミュレーターによる制御系設計 (12時間)	15名
11月	⑤	デジタルPIDとアドバンス制御 (12時間)	15名

表 12 MBD セミナーの主な感想

目的	回答
感想1 (MBDの理解)	モデルからコード生成する場面は、実際の職場でもあり、背景を知ることができ大変有意義だった。
感想2 (MBDの理解)	部品設計が、具体的にどのように作られているかの理解ができた。
感想3 (MBDの理解)	MILS、SILS、ACGの流れを体験でき、MBDのイメージが理解できた。

表 13 MBDに係るセミナー実績(2017年)

分野	コース数	受講者数
ハードウェア	2	15
ソフトウェア	4	30
制御	7	68
MBD	4	30
合計	17	143

本校が所在する地方は、自動車産業や航空・宇宙産業が盛んな地域であることから、MBD の潜在ニーズは十分にあると考えられる。

昨今、当校への MBD エンジニアに関する新卒向け求人依頼や社員教育に関する問い合わせがあることなどから、MBD 手法を用いた開発設計のできる人材および人材育成ニーズは非常に高いと判断できる。引き続き、同業界の技術動向を把握するため、定期的な企業訪問を行い、MBD のニーズを調査していきたい。

IV おわりに

これまで培ってきた MBD に係る知識、技能・技術を基に、制御系分野における MBD 手法を習得するためのコース体系と教材を開発し、自動車用 ECU 開発企業 4 社においてオーダーメイドセミナーを実施した。

また、セミナー終了後の意見交換会では、すでに業

務で MBD を担当している方々からも、“ぜひ他社員も受講する価値がある”との発言や“業務でソフトウェアを担当しているが、実際に自動車のハードウェアにどのように利用されているか、セミナーを受講することにより、自身の棚卸しに繋がり整理することができた”などの貴重なご意見をいただいた。したがって、MBD の人材育成に必要なセミナーであると大変好評な結果を得ることができた。

さらに、企業 A および企業 D のオーダーメイドセミナーは、2018 年度も継続している。

今後は、職業能力開発施設として、MBD を普及させるために、レディメイドセミナーとして計画できるよう準備を進めていく予定である。

[参考文献]

- (1) 国立国会図書館ホームページ
経済産業省、2016 年度ニュースリリース
「自動車産業におけるモデル利用のあり方に関する研究会での検討内容をとりまとめました」(2017 年 3 月 31 日)
<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/10341576/www.meti.go.jp/press/2016/03/20170331010/20170331010.html>(最終アクセス日:2020 年 9 月 14 日)。
- (2) 経済産業省のホームページ
「第四次産業革命スキル習得講座認定制度」
<https://www.meti.go.jp/policy/economy/jinzai/reskillprograms/index.html>(最終アクセス日:2020 年 9 月 14 日)。
- (3) 経済産業省のホームページ
2018 年度ニュースリリース
「自動車産業におけるモデル利用のあり方に関する研究会今後方針『SURIWASE2.0 の深化』をとりまとめました」(2018 年 4 月 4 日)
<https://www.meti.go.jp/press/2018/04/20180404003/20180404003.html>(最終アクセス日:2020 年 9 月 14 日)。

