

## [招待講演] 車載電子制御装置 (ECU) の モデルベース開発 (MBD) 環境の現状と今後

村上和彰<sup>†1, †2</sup> 吉松則文<sup>†2</sup> 穴見健治<sup>†2</sup>

カーエレクトロニクスの主要分野である電子制御装置 (ECU) の開発現場におけるモデルベース開発 (MBD) の現状および課題、ならびに、それら課題を解決するための取り組み、特に「vECU-MBD WG (仮想 ECU モデルベース開発ワーキンググループ)」の活動、そして、そのオープンプラットフォームとして開発された「wCloud (=Workshop Cloud: 工房クラウド)」について紹介する。

### [Invited Talk] Present and Future of MBD (Model Based Development) Environments for ECU's (Electric Control Units)

Kazuaki Murakami<sup>†1, †2</sup> Norifumi Yoshimatsu<sup>†2</sup> Kenji Anami<sup>†2</sup>

This talk discusses the current situation and future trend of MBD (Model Based Development) environments for ECU's (Electric Control Units) for automotive applications. It also introduces the activity of "vECU-MBD WG (Virtual ECU MBD Working Group)" as well as a cloud-based MBD environment, or "wCloud (=Workshop Cloud)".

#### 1. はじめに

本招待講演では、次の3つのメッセージを伝えたい。

- (1) 車載電子制御装置 (ECU: Electric Control Unit) に対する多機能・高機能化, 高性能化, 高信頼性化, 共通化, 標準化, 低コスト化, 短 TAT (Turnaround Time) 化の要求は止まることを知らず, それに応えるための開発手法上の1つの解としての「モデルベース開発 (MBD: Model Based Development)」[1][2]の重要性は増している。
- (2) しかしながら, ECU 関連開発現場への MBD の普及にツールの単なる導入だけでは解決とならず, 技術上の課題 (たとえば, ツール連携手法の標準化, ISO26262[3]に対応した故障注入シミュレーション手法の確立, 等) および商習慣上の課題 (たとえば, モデルの共有・流通の推進, 等) を解決する必要がある。これらの諸課題の解決を目指した我が国における取り組みの1つとして, 「仮想マイコン応用推進協議会 vECU-MBD WG (仮想 ECU モデルベース開発ワーキンググループ)」[4]の活動がある。
- (3) さらに, 上記活動の成果を広く一般に利活用可能とするために, クラウド環境上での MBD ならびにモデルやデータの共有・流通を可能とした「wCloud (=Workshop Cloud: 工房クラウド)」[5]が公益財団法人九州先端科学技術研究所 (ISIT) から提供されている。本 wCloud は, ECU のみならず様々な分野にお

ける「ものづくり」のための共通プラットフォームを目指したもので, 「ものづくりニッポン」の「ものづくり」の現場を大きく様変わりさせつつある。

#### 2. ECU MBD の現状

現状の ECU の代表的な開発は以下のプロセスで行われる (図1)。

「要求設計」: ECU に求められる要求を仕様化する。

「仕様設計」: 要求仕様を実現するための機能を開発する。仕様設計では C などに比べ抽象度の高い記述によるアルゴリズムレベルで要求仕様を満たす機能の開発も用いられる。

「ソフトウェア設計」: 仕様設計の機能をマイクロコントローラ (マイコン) を用いたハードウェアに実装可能な C などのプログラム言語を用いたソフトウェアを用い開発が行われる。

「ソフトウェア実装」: ソフトウェア設計で開発した C 等のソースコードからオブジェクトコードを生成しハードウェアに実装する。ターゲットとする ECU のマイコン上で, マイコンの入力に対し実時間内で所定の結果を出力する実時間性を満たすことが求められる。

「単体検証」: 実装した機能を ECU 単体で機能や性能の検証を行う。

「実車検証」: 複数の ECU や ECU の制御対象を含めた車レベルでの機能や性能の検証を行う。

「製品テスト」: 実車レベルでのテストを行う。  
従来の ECU の開発では「単体検証」や「実車検証」に

†1 九州大学

Kyushu University

†2 公益財団法人九州先端科学技術研究所  
ISIT

において、ECU のハードウェアの実機を用いて検証が行われる。しかしながら、ECU の開発では ECU のソフトウェアと同時にハードウェアも開発される場合も多い。ECU のソフトウェアの開発時にはハードウェアも開発中であり、ソフトウェアの検証は、ハードウェアの開発後に行われる。そのため、「単体検証」や「実車検証」において不具合が発見される場合、特に、ハードウェアの修正を伴う不具合の場合には開発の手戻りが大きく、ECU の開発の短 TAT 化や開発コストの低減化の上で問題となる。

また、故障の発生を想定した検証では、実機を用いる場合、多様な故障のタイミング、個所、内容を想定した故障を発生することは容易ではない。

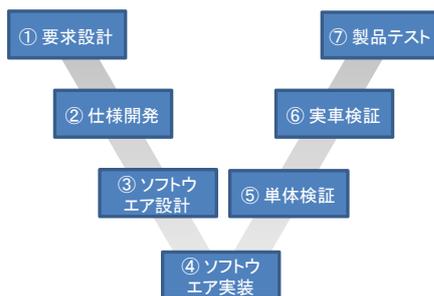


図1 代表的な ECU の開発プロセス

近年、MBD を用いた ECU の開発 (ECU MBD) が注目されている。従来の実機ベースでの ECU の開発に対し、ECU MBD では ECU の検証において、ECU のハードウェアの振る舞いを計算機上のシミュレーションで模擬し、ECU のソフトウェアを当該シミュレーションで模擬した ECU のハードウェア上で実行を行うことで ECU の検証を行うことを可能とする。ECU MBD を用いることで、ECU のソフトウェアの検証は、ECU のハードウェア実機の開発前に行うことが可能であり、ECU のハードウェアの変更を伴う修正に際しても短期間での対応が可能となる。また、故障の発生を想定した検証に関しても、計算機上のシミュレーションで故障を容易に注入することが可能となる。

ECU MBD が産業界の開発現場で活用されるためには、シミュレーションに用いるモデル、ツール、開発プロセス等に関わる課題も指摘されている。ECU MBD を本格的に活用し ECU の開発の効率化を実現するための課題解決が求められている。

### 3. 「vECU-MBD WG」の活動概要

vECU-MBD WG (Virtual ECU Model-Based Development Working Group) は、車の ECU の開発と利活用の効率化を実現するための技術や開発環境の構築に関する提案を行うことを目的とする集まりである[4]。ECU の開発は、車の完成車メーカー、ECU メーカー、半導体メーカー、ツールメーカーなど複数の業界に跨る。vECU-MBD WG では、ECU の開発に

関わる、これら産業界、および、大学、研究機関の技術者や研究者が参加する業界縦断の活動である。vECU-MBD WG は特に ECU の開発プロセスの中の「単体検証」や「実車検証」における ECU MBD に関する課題を主な対象とし、車の ECU の開発と利活用の効率化を実現するための技術や開発環境の構築に関する提案の作成を行うことを目的としている。vECU-MBD WG で議論される課題として以下があげられている。

- モデル流通化：

ECU MBD の開発現場での活用ではシミュレーションで用いるモデルの品揃えを良くすることが重要である。現状、シミュレーションで用いるモデルについては、以下の組合せにより数多くのモデルを整備することが必要とされる。

- (1) モデルの対象となるマイコンや周辺機能の種類が多数存在
- (2) モデルに要求される速度と精度が複数存在
- (3) シミュレーションを行うツール毎にモデルに対するインターフェースが異なる

またモデルの開発では高額の開発コストが必要となり、モデルの品揃えの整備が進んでいない。

また、モデルの提供に関して、モデルの対象となる製品のノウハウや製品のコストに関わる情報が含まれることが多くモデルを渡してこれら情報が渡されることが問題とされる。

モデル流通化では上記の課題に対応する仕組みが示された。我々は「モデル流通化」の成果の一つとして、wCloud と呼ぶ ECU MBD の開発環境の構築を行っている。wCloud については4章で述べる。

- 仮想 HILS (Hardware in the loop simulation)

- 車一台分シミュレーションの実現に向けた標準化と実証
- 故障検証の実現に向けた標準化と実証
- ECU MBD におけるマイコン用モデルの標準化と活用に向けた実証

モデル流通化を含む仮想 HILS の成果として、ECU MBD を導入する際の以下のようなガイドラインが纏められている。

- (1) 活用事例

「単体検証」や「実車検証」における ECU MBD の有効な活用事例

- (2) 開発プロセス

実機ベースの開発に代り ECU MBD を用いた ECU の開発プロセス

- (3) 時間精度

ECU MBD でのシミュレーションにおけるシミュレーション対象の時間精度の分類

- (4) 複数シミュレータの連携

ECU MBD でのシミュレーションでは、制御側であるマイコンのシミュレーションに加え、センサ、アクチュエータや機構部品の制御対象側を同時にシミュレーションすることが必要となる。これら異なる対象のシミュレーションを同時に行うために異なる複数のツールを連携して実行することが必要となる。

また、複数シミュレータの連携の実証事例として、車のパワーウィンドウを事例とするモデルが開発されている(図2)。また本モデルを用いた評価が示されている[6]。

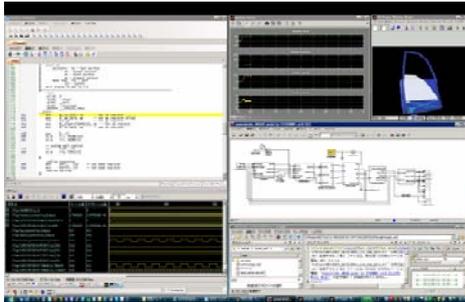


図2 ツール連携によるシミュレーションの事例

#### 4. 「wCloud (=Workshop Cloud: 工房クラウド)」の概要

「wCloud (=Workshop Cloud: 工房クラウド)」は、コンピュータを用いた「ものづくり」に必要な機能およびサービスをすべてクラウド上に集結、オールインワンおよびワンストップサービスで当該クラウド上での「ものづくり」を可能にしている[5][7]。

「wCloud」がユーザに提供するサービスは以下の7種類である(図2)。

- (1) **計算機リソース**: クラウドサービスとして「アマゾンウェブサービス」を活用して、ユーザに対して「ものづくり」に必要な計算機リソースを提供。これにより、ユーザは自ら計算機リソースを所有することなく、必要な計算機リソースを必要な時に必要なだけ使用することが可能となり、所有コスト(TCO: Total Cost of Ownership)を低減すると同時に、開発期間(TAT: Turnaround Time)の削減が可能となる。
- (2) **ツールおよび各種コンテンツ**: 「wCloud」独自のサービスである「XaaS (“X” as a Service)」により、ユーザに対して「ものづくり」に必要な様々なリソース「X」を提供。このリソース「X」としては、ツール、モデル、データ、ノウハウ、トレーニング用コンテンツ、等が用意されている。これにより、ユーザは自らこれらリソース「X」を自己調達することなく、必要なリソース「X」に容易にアクセスして「ものづくり」に活用することが可能となる。
- (3) **工房(Workshop)**: 「ものづくり」の対象である「もの」の種類に応じて、その「ものづくり」に適した

- 開発環境(上記(2)のリソース「X」)を予めプリセットして「工房」として提供。ユーザ自身が「工房」を立ち上げて他ユーザに提供することも可能。
- (4) **マーケットプレイス**: ユーザは自身の「ものづくり」に必要な各種リソース「X」を、wCloud が提供する「マーケットプレイス」で購入して利用可能。同時に、ユーザは自身が開発した様々なリソース「X」を「マーケットプレイス」に出品して有償/無償で他ユーザに提供することも可能。
- (5) **SNS (Social Network Service)**: ユーザは「wCloud」上で SNS を用いて他ユーザとコミュニケーションしたり、情報発信したりすることが可能。また、様々なコミュニティ(たとえば、ツール毎のユーザグループ)やプロジェクト等のグループを作成して、当該グループ内に閉じたコミュニケーションや情報共有を行うことも可能。
- (6) **クラウドファンディングおよびクラウドソーシング**: ユーザは自身の「ものづくり」に必要な資金や人材を、wCloud が提供する「クラウドファンディング(Crowd Funding)」および「クラウドソーシング(Crowd Sourcing)」サービスを介して調達することが可能。同時に、他ユーザの「ものづくり」に出資したり協力したりすることも可能。
- (7) **ビッグデータ分析による「知の伝承・共有」**: 上記(5)の SNS 上で行われたコミュニケーション等のビッグデータに対してデータ分析を施し、「ものづくり」に有益なノウハウを発見、オープンあるいはグループ内に関して共有、かつ、後世に伝承することを可能にする。

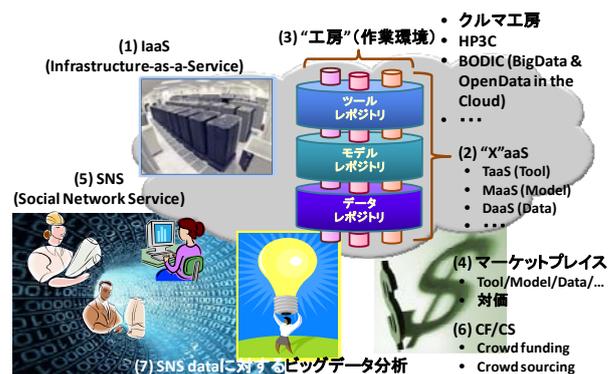


図3 wCloud の7つのサービス

#### 5. おわりに

車においては自動運転化や電動化を始めとし市場や社会からの要請に応え続けることが求められる。ECU は、そうした車の高度化を支えながら、開発の短 TAT 化、開発コストの低減化を実現することが不可欠である。

従来の実機ベースの ECU の開発方法に代り、ECU MBD

を用いた開発の製品開発への本格的な適用が期待される。ECU MBD を製品の開発現場で本格活用することで、従来に対し飛躍的に ECU の開発の効率化が実現することが期待される。

ECU MBD の本格活用に向けた課題解決に向けて、モデルの品揃えを良くするためのモデル流通化やそのための仕組みの構築、モデルを活用するための標準化や技術の整備に向けた活動が行われている。

wCloud は、ECU MBD のメリットを生かし、コンピュータを用いた「ものづくり」に必要な機能およびサービスをすべてクラウド上に集結、オールインワンおよびワンストップサービスで当該クラウド上での「ものづくり」を可能にするものである。従来の ECU の開発に対し、新しい「ものづくり」体験を提供する。

**謝辞** 「仮想マイコン応用推進協議会 vECU-MBD WG (仮想 ECU モデルベース開発ワーキンググループ)」の参画機関である以下の皆様 (2014 年 2 月時点、順不同) に、謹んで感謝の意を表する。

(株)本田技術研究所, マツダ(株), 日産自動車(株), アイシン精機(株), カルソニックカンセイ(株), (株)デンソー, 富士通テン(株), (株)日立製作所, 日立オートモティブシステムズ(株), (株)日立アドバンストデジタル, 日本 IBM(株), オムロンオートモーティブエレクトロニクス(株), ルネサスエレクトロニクス(株), 富士通セミコンダクター(株), 日本シノプシス合同会社, ガイオ・テクノロジー(株), Australian Semiconductor Technology Company(株), イータス(株), TOOL(株), クオリアーク・テクノロジー・ソリューションズ株式会社, (一財)日本自動車研究所, (株)半導体理工学研究センター, (公財)九州先端科学技術研究所

「wCloud (=Workshop Cloud: 工房クラウド)」の開発チームの皆様に、謹んで感謝の意を表する。

## 参考文献

- 1) ISIT カーエレクトロニクス研究会  
<http://www.car-electronics.jp>
- 2) dSPACE Japan 監修, モデルベース開発-モデリング、プラント・モデル、コントロール・モデル-, 日経 BP 社, 2013 年。
- 3) ISO26262  
<http://www.iso.org>
- 4) 仮想マイコン応用推進協議会 vECU-MBD ワーキンググループ  
<http://www.vecu-mbd.org>
- 5) wCloud (=Workshop Cloud: 工房クラウド)  
<http://www.workshopcloud.org>
- 6) Satoshi Shimada, Kenta Morishima, Shigeru Oho: Virtual Development of Automotive Control System, Proceedings of 7th IFAC Symposium on Advances in Automotive Control, Tokyo, September, 2013
- 7) Norifumi Yoshimatsu, Kenji Anami, Takayuki Kando, Kazuaki

Murakami: wCloud: "Workshop Cloud" Computing System for Enabling Automotive Control Design in a Collaborative Way, Proceedings of 7th IFAC Symposium on Advances in Automotive Control, Tokyo, September, 2013