

欧米におけるモデル駆動組込みシステム開発と標準化の動向 Vol. 1：モデル駆動システム工学(MDSE)とその展開

0. 序：本レポートの背景・意図と対象

要約：IT は多種多様なシステムに組込まれ、さらにそれらが複合されることにより、一種の複雑系(Complex System)を構成しつつある。こうした超システム(System of Systems)は、ますます多くの戦略的製品技術、社会基盤に応用されているが、きわめて高い戦略性を有するシステムの開発と管理は、すでに従来の工学的アプローチの枠を超えている。それに応えるものとして、長い時間をかけて実用化されてきたのが、モデル駆動システム工学(MDSE)である。ここでは、この工学の登場の背景と本レポートの意図を述べ、対象とアプローチを定義する。

はじめに：システムの「全体最適」を扱う工学へ

- 0.1. 複雑系への挑戦としての MDSE：SE とソフトウェア技術の融合
- 0.2. MDSE の戦略的性格：技術を総合する技術
- 0.3. 本レポートの対象と方法：コンセプト、実証プロジェクト、標準化、ツール

1. 大規模組込みシステム開発の課題と MDSE

要約：MDSE は、複雑・高機能で高度の安全性、安定性が要求され、ネットワークで連携するハードウェアとソフトウェア、制御系や人間系などを含む、複雑・高機能なシステムを、モデルベースで分析、設計、開発、最適化など可能にすることで、要求変更への柔軟な対応、コスト圧縮、期間短縮、さらに複雑な他システムとの連携などを目ざすものである。究極のシステム技術とも言えるものであるが、基本はモデル駆動エンジニアリングであり、その成熟によって可能な地平が開けていく。本章では MDSE の性格と発展段階について述べる。

1.1. 複雑系の一部としての組込みシステム

- 1.1.1. 「組込み」システム(ES)とは何か
- 1.1.2. 分散・協調システムとしての組込みシステム
- 1.1.3. 複雑系組込みシステムとしてのメカトロニクス開発の課題

1.2. モデル駆動開発のアプローチ

- 1.2.1. MDSE アプローチのアウトライン
- 1.2.2. システムレベルにおける振舞いのモデリング
- 1.2.3. 制御方式
- 1.2.4. テスティングと改良

1.3. システムレベルの表現と変換

- 1.3.1. ドメイン専用モデリング言語 (DSML)
- 1.3.2. 変換エンジンとジェネレータ
- 1.3.3. プラットフォームへの実装とサービス指向アーキテクチャ(SOA)

2. MDSE をめぐる標準化と OMG MARTE

要約：MDSE は大規模なシステム／プロダクトを主要な対象としているが、それゆえに広汎な専門分野間の標準を前提とし、長期にわたるプロジェクトを通じての開発と実証・改良の積み重ねを必要とした。本章では、標準体系の基礎をなした STEP (ISO10303)、システム(要求)工学への応用と UML との結合により生まれた SysML、UML を拡張してリアルタイム表現を可能とした MARTE、そして MDSE 標準体系を完結させると考えられる ADL までの発展を概観することにより、MARTE の位置づけを明確にする。

2.1. エンジニアリングの相互連携のための標準

2.1.1. 標準へのニーズと動機

2.1.2. 複雑系の仮想設計のための標準：表記と変換、評価

2.2. システムエンジニアリングのためのデータモデル：STEP

2.2.1. STEP の概要

2.2.2. STEP の意義：統合システムの基礎

2.3. システムへの要求のモデル化：SysML

2.3.1. 要求工学

2.3.2. AP233 におけるモデルの概要

2.3.3. 要求を中心にプロダクトをめぐるモノとコトを捉える

2.3.4. UML による表現：SysML

2.3.5. SysML の構成

2.4. リアルタイム表現への UML の拡張：MARTE

2.4.1. UML の組込みシステム利用の限界と拡張努力

2.4.2. SPT から MARTE へ

2.4.3. MARTE のアーキテクチャ

2.4.4. MARTE の構成要素

2.5. アーキテクチャ記述言語：AADL

2.5.1. アーキテクチャ記述言語をめぐる展開

2.5.2. SAE AADL

2.5.3. MARTE と AADL

3. 欧米における MDSE の推進体制と実証プロジェクト

要約：MDSE は 21 世紀のシステム技術である。宇宙・航空・自動車・エレクトロニクスという、非常に裾野の広い産業の興廃を決定する基盤技術であるが、同時に米国においては、21 世紀の国家戦略の前提となる「システムとしての戦争」を支えることが求められている。それぞれ、実質的に毎年 10 億ドル規模の投資を行い、開発・実証・普及を進めている。本章では、EU と米国それぞれの MDSE 推進体制と実証プロジェクトを概観しつつ、戦略と動向を分析する。

3.1. 欧米における MDSE 研究開発の現状と推進体制

- 3.1.1. EU の研究開発体制とアプローチ
- 3.1.2. 組込みシステムエンジニアリングの位置づけ
- 3.1.3. 米国における SoS(System of Systems)

3.2. 欧州における MDSE 開発

- 3.2.1. EU の組込み関係プロジェクト
- 3.2.2. フランスの国家プロジェクト

3.3. 米軍改革と SoS 開発・実証・構築プロジェクト

- 3.3.1. FCS (Future Combat System)と SoS
- 3.3.2. SoS 協調環境：SoSCOE
- 3.3.3. SoS 関連プログラム

4. MDSE のサポートツール

要約：OMG の MDA 体系の成熟や MDSE 関連標準開発の進展によって、MDSE が目ざす、システムのモデリング、異分野間の協調、モデルを駆使した検証、モデルからの実装などのための環境は着実に前進している。要求の記述、リアルタイムシステムの記述が、UML の拡張プロファイル (SysML/MARTE) によって可能となったことで、システムと組込みソフトウェアの開発の一体性が確立された。これにより、Eclipse など既存のツール協調環境の利用、コンポーネントベース開発との融合など、今後の MDSE の普及を早めることが予想される。

- 4.1. MDSE 支援環境開発の現状
- 4.2. モデリング環境
- 4.3. MDSE ライフサイクル支援環境と Eclipse

5. MDSE の方法論へのアプローチ

要約：システム工学の方法論は、MDD の導入により、ライフサイクルの一貫したサポートが可能となり、実際の多種多様なプロジェクトで応用・検証・改善される機会を得たことにより、大きく進歩しつつある。本レポートでは、代表的な MDSE 方法論の概要、分野別の方法論開発の現状などを解説する。

- 5.1. 要求の記述
- 5.2. アーキテクチャのモデリング
- 5.3. プロトタイピング
- 5.4. シミュレーション
- 5.5. テスティング