

# 衛星開発プロセスにおける MBD(Model-Based Development) 適用 のためのモデル環境構築

志村 奈緒人<sup>†</sup> 八木 史也<sup>†</sup> 利光 直樹<sup>†</sup> 阿部 成由<sup>‡</sup> 平山 芳和<sup>†</sup> 荻野 慎平<sup>†</sup>  
三菱電機株式会社 鎌倉製作所<sup>†</sup> 三菱電機ソフトウェア株式会社 鎌倉事業所<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

ソフトウェア(S/W)の開発プロセスの一つにウォーターフォール型の開発プロセスがある。これは要求分析から設計、実装、検証を順に行う開発プロセスである。本開発プロセスはフェーズ毎に成果物/作業を完結して次フェーズに移行するため、レビューや進捗管理が容易である。一方、検証が開発の後半となるため、不具合検出が遅れ、手戻りによって開発スケジュールの遅延に繋がるといった課題がある。

そこで、設計とシミュレーションを繰り返しながら開発を行い、開発プロセスの上流フェーズで不具合を早期検出するため、モデルベース開発(MBD)の導入を試みた。MBDにおけるS/W設計では、S/W設計図面を作成する代わりに、動作可能なモデルを設計した。本論文では、衛星搭載S/WへMBDを適用した際の課題と対策、およびモデルを動作させるための環境構築の手法について述べる。

## 2. 課題

### 2.1 衛星 S/W 開発における課題

当社における衛星搭載S/W開発では、開発したS/Wを検証するため、衛星や宇宙環境を模擬する衛星模擬S/W(Dynamics Test Software: DTS)を長年開発し、活用している。近年の衛星開発では、衛星の高機能化に伴い、衛星搭載S/Wだけでなく、DTSの大規模化・複雑化が進んでいる一方で短工期の開発が求められる。しかし、1項に記載した通り、従来の開発プロセスでは開発後期での不具合発見により、短工期の実現に課題がある。さらに、開発上流段階での設計の確度が低く、仕様が曖昧になるといった課題もある。これらの課題を解決するために、衛星搭載S/W開発にMBDを適用した。

## 2.2 MBD 適用における課題

MBDを衛星搭載S/W開発に適用する場合、衛星に搭載する衛星制御機能等のOBS(On Board Software)モデルの開発だけでなく、それらのモデルを動作させるためのプラントモデル(衛星模擬モデル)を高機能化する必要がある。しかし、衛星の高機能化に伴い、高精度なプラントモデルを生成するには、作業負荷が大きいことやプラントモデル自体に不具合が混入するリスクが挙げられる。

そこで、当社で長年開発し、運用実績のあるDTSを活用して、プラントモデルを生成し、MBDを適用するためのモデル環境を効率的に構築した。以降では、その手法について述べる。

## 3. MBD 適用のためのモデル環境構築

### 3.1 既存 S/W を活用したモデル生成

MATLAB®/Simulink®(MathWorks, Inc.の登録商標)のツールにS/Wからモデルを生成することが可能なS-function機能がある。本機能を使用して、当社の既存資産である高精度なDTSを活用して、プラントモデルを生成した。ここでの工夫点は、モデル生成において、機能単位でモデルを生成するのではなく、さらに細かいS/Wの関数単位でモデルを生成し、それらを組み合わせることでモデル環境を構築したことである(図1)。関数単位でモデルを生成することにより、OBSモデルと組み合わせることでシミュレーションを行う際に、高精度で動作が重い機能と簡易で動作が軽い機能をユーザがカスタマイズできるようにモデルを組み替え可能な形式で生成した。また、今後、モデルの機能改修が必要となった場合も機能単位でモデル生成している場合、モデルの改修範囲が機能単位の大きなモデル全体となる。一方、関数単位でモデル化しているため改修対象の小さなモデルのみを修正し、組み込むことで、最小限の改修範囲でモデルの改修をすることが可能である。

Model environment development for the application of MBD(Model-Based Development) in the satellite development process

Naoto Shimura<sup>†</sup> Fumiya Yagi<sup>†</sup> Naoki Toshimitsu<sup>†</sup> Shigeyuki Abe<sup>‡</sup> Yoshikazu Hirayama<sup>†</sup> Shimpei Ogino<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Kamakura Works, Mitsubishi Electric Corporation.

<sup>‡</sup>Kamakura Works, Mitsubishi Electric Software Corporation.

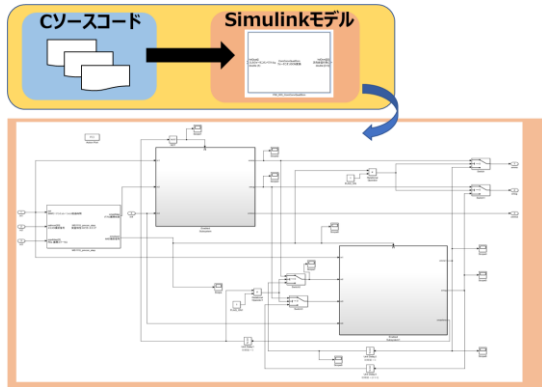


図1 既存 S/W を活用したモデル生成

### 3.2 S/W とモデルの等価性評価

DTS からプラントモデルを生成後、S/W とモデルの動作が等価であることを確認する必要がある。そこで、従来の開発で使用してきた DTS の検証ケースを活用した。S/W とモデルを同じ環境下で動作させ、生成したモデルが生成元である S/W の動作と等価であることを評価した(図 2)。生成した全てのモデルに対して等価性を評価することで、既存資産 S/W を活用したプラントモデルのモデル環境を整備した。

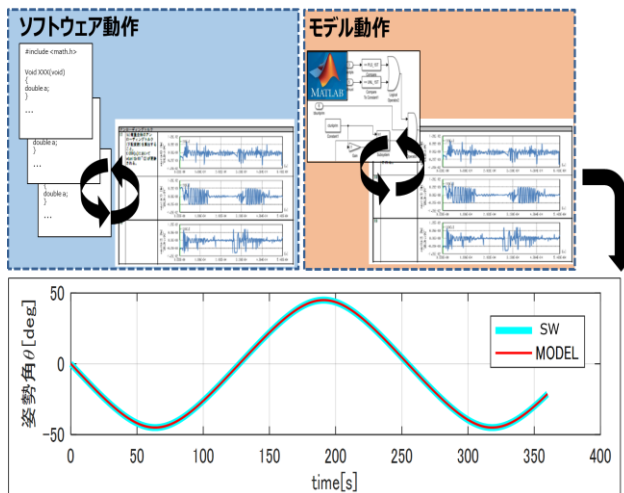


図2 S/W とモデルの等価性評価

### 3.3 衛星搭載モデルとのシミュレーション

MBD 環境を整備することで、OBS モデルを設計する際に、従来の開発プロセスでは開発後期で行っていた検証作業を設計フェーズで、設計、シミュレーションを繰り返しながら開発を進めることができるようになった(図 3)。この結果、以下の効果が得られた。

- (1) 設計フェーズでの不具合除去が可能となり、開発のフロントローディングを実現した。
- (2) 設計検証だけでなく動的なモデルに基づい

て設計レビューを行うことにより不具合検出率が向上した。

(3) S/W 設計図面を新たに作成せず、動的モデルを設計結果として設計書にそのまま残すことで設計書作成作業の効率化に繋がった。

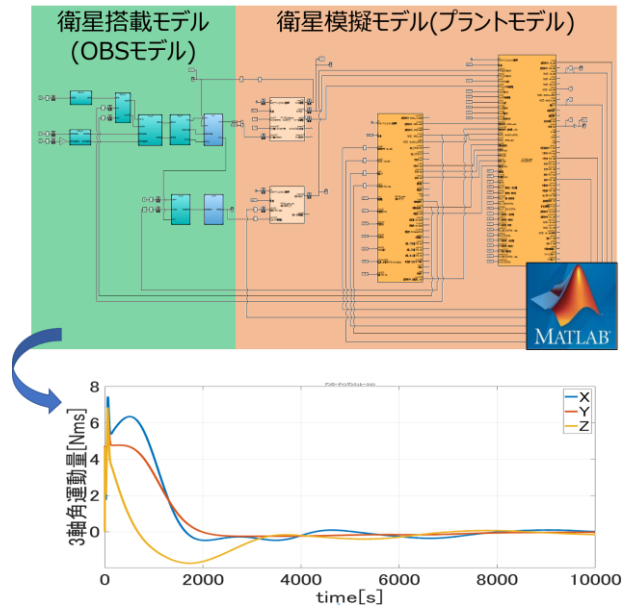


図3 モデルを用いたシミュレーション

## 4. おわりに

不具合の早期検出、短工期での開発を実現するため、衛星 S/W 開発に MBD の適用を試みた。本論文では MBD を適用するためのモデル環境を効率的に構築する手法を述べた。本文では述べていないが、MBD では設計したモデルから C/C++ のコードを自動生成することが可能である。設計書から人の手でコーディングをせず、モデルからコードを自動生成することで人為的なミスを防ぐことが出来るため、さらなる品質向上が見込まれる。

今後の課題は、S/W からモデルを生成する際に、手作業が発生する箇所がある。MBD の適用効果を向上させるため、手作業を削減し、モデル生成を自動化することで、より多くのプラントモデルの整備を進めていき、フロントローディングを進めることである。

## 5. 参考文献

- [1]井上 他, "宇宙機・衛星開発への MBSE の適用", 三菱電機技報・Vol. 95・No. 2・2021
- [2]平山 他, "宇宙機・人工衛星開発への MBSE/MBD 適用～宇宙開発 DX～", 第 66 回宇宙科学技術連合講演会講演集, SBM000168, 2022