

## 分散処理に対応した Simulink・UML モデル変換ツール

西村 太凱<sup>†</sup> 横山 孝典<sup>†</sup> 兪 明連<sup>‡</sup>東京都市大学<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

自動車や家電製品に用いられる組み込み制御ソフトウェアの開発量は増大しており、開発効率の向上が課題となっている。開発効率を向上させる手法として、MATLAB/Simulink[1]等の制御系 CAD/CAE ツールを用いたモデルベース開発が主流になってきている。モデルベース開発は、開発対象のシステムをシミュレーション可能なモデルで表現し、シミュレーションによるモデルの検証と修正を行いながら開発を進めていく手法である。しかし、制御モデル設計用のツールは制御ロジックの設計には適しているが、ソフトウェア設計には十分な機能を提供していないと言われている [2]。そのため制御系 CAD/CAE ツールは制御設計にのみ用いて、ソフトウェア設計にはソフトウェアを対象としたモデリング言語である UML を扱うことのできるツールを用いるべきと考える。そのためには、制御系 CAD/CAE ツールを用いて作成した制御モデルをソフトウェア設計に適した UML モデルに効率よく変換できるツールが必要である。

我々は、Simulink モデルから UML モデルを生成するモデル変換ツールを開発した [3]。しかし近年、組み込み制御システムの分散化が進んでおり、分散処理に対応したツールが求められている。

本論文では、時間駆動分散オブジェクトモデル [4]に基づく分散システムの UML モデルを出力可能な、Simulink・UML モデル変換ツールを提案する。

## 2. 対象とする分散処理モデル

## 2.1 変換対象の Simulink モデル

Simulink モデルは階層化したモデルとして記述するのが一般的である。MATLAB のユーザ団体である MAAB (Math Works Automotive Advisory Bord) が制定した制御モデルのためのガイドライン [5]で規定された JMAAB の階層構造の TypeA を図 1 に示す。この階層構造は 4 階層から構成されていて、トップレイヤではモデルの入出力を、トリガレイヤでは演算のタイミングを、構造レイヤでは制御ロジックの構造を、データフローレイヤではデータの流れを記述する。

我々のモデル変換ツールは構造レイヤ及びトリガレイヤの Simulink モデルから UML を生成する。

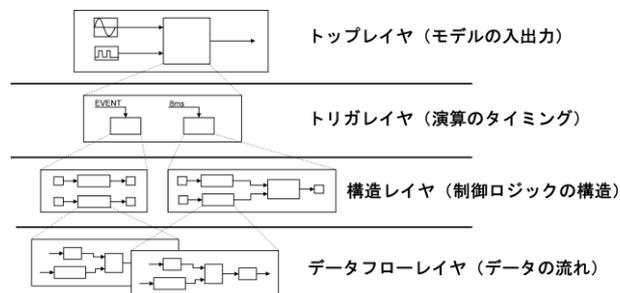


図 1 : JMAAB の階層構造 TypeA

## 2.2 時間駆動分散オブジェクトモデル

対象分散システムがベースとする時間駆動分散オブジェクトモデルは、他の ECU から参照されるオブジェクトのレプリカを参照元のオブジェクトがある ECU 上に配置し、オリジナルのオブジェクトが持つデータを周期的にレプリカに転送することで、位置透過性やリアルタイム性のある分散処理を実現する。

時間駆動分散オブジェクトモデルの例を図 2 に示す。ECU1 上のエンジン回転数オブジェクトのレプリカオブジェクトを ECU 2 上に置いている。これにより、スロットル開度オブジェクトがエンジン回転数のレプリカオブジェクトの get メソッドを呼び出して値を得ることができる。

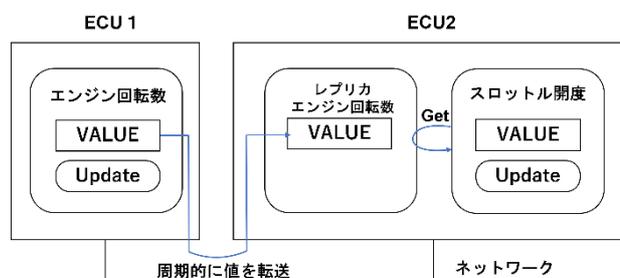


図 2 : 時間駆動オブジェクトモデルの例

## 2.3 生成する UML モデル

ツールは、タスクを含んだ UML モデルのクラス図、シーケンス図、アクティビティ図の他、対象分散システムを構成するノード、プロセッサ、及びタスクを表すオブジェクト図をノード毎に出力する。

本ツールが生成するノード毎のオブジェクト図の例を図 3 に示す。このオブジェクト図はノードを表すオブジェクト Node、プロセッサを表すオブジェクト Processor、タスクを表すオブジェクト Task、またそのタスクで実行するコントローラ (制御処理) を表すオブジェクト Concrete controller などのオブジェクトから成る。

A Simulink to UML Model Transformation Tool for Distributed Computing

<sup>†</sup>Taiga Nishimura, Takanori Yokoyama and Myungryun Yoo<sup>‡</sup>Tokyo City University

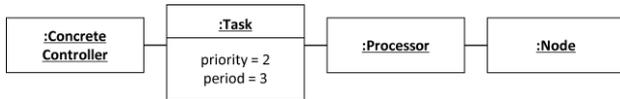


図 3：ノード毎のオブジェクト図

### 2.4 変換規則

ツールは mdl ファイル形式の Simulink モデルとコンソール入力されたタスク配置情報を解析し、UML モデルの XMI ファイルを出力する。すなわち、Simulink モデルに加え、ノード、プロセッサ、タスクの関係の情報をツールに入力することで、ノード毎のオブジェクト図を生成する。

1つのプロセッサに1つのタスクが属する場合の変換規則を図4に示す。どのタスクがどのプロセッサに属するかの情報から、まずプロセッサのオブジェクトを生成し、タスクオブジェクトとプロセッサオブジェクト間のリンクを生成する。その後生成されたプロセッサがどのノードに属するかの情報からノードのオブジェクトを生成し、プロセッサオブジェクトとノードオブジェクト間のリンクを生成する。

1つのプロセッサに複数のタスクが属する場合の変換規則を図5に示す。入力されたタスクとプロセッサの関係の情報から、あるタスクが既に生成されているプロセッサに属すると判断すると、タスクオブジェクトとプロセッサオブジェクト間のリンクを追加する。

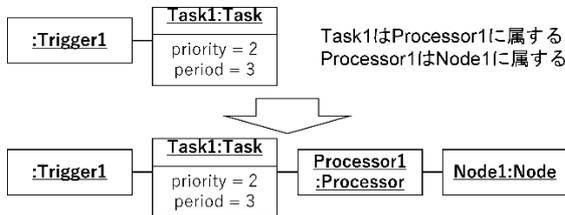


図 4：1つのプロセッサに1つのタスクが属する場合の変換規則

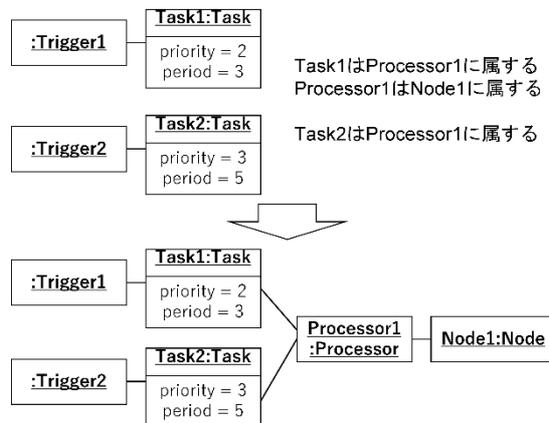


図 5：1つのプロセッサに複数のタスクが属する場合の変換規則

### 3. 変換例

本ツールの適用例を紹介する。図6に示すフォールトトレラント燃料噴射システム[6]をいくつかの

タスクに分割した Simulink モデル及び配置情報をモデル変換ツールに入力すると、クラス図、シーケンス図、アクティビティ図及びノード毎のオブジェクト図を出力する。図7はNode2のオブジェクト図で、Task2及びTask3がそれぞれ図6のfunction-call2とfunction-call3を実行している。

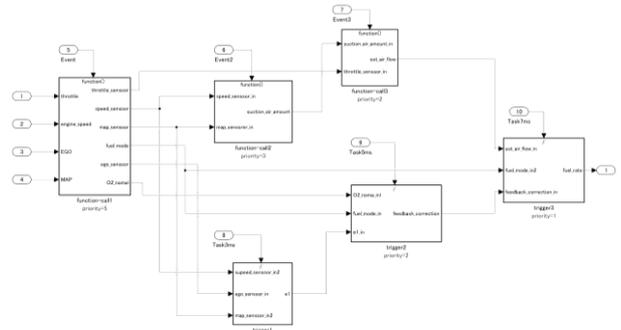


図 6：入力した Simulink モデルの例

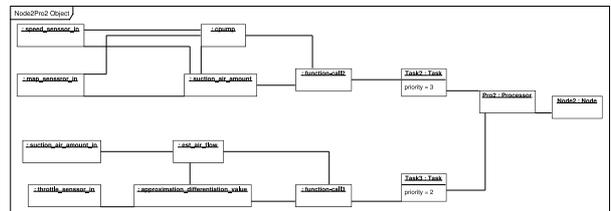


図 7：出力されたオブジェクト図の例

### 4. おわりに

本論文では、変換対象の Simulink モデルに加えて、対象分散システムのタスク配置情報を入力することで、時間駆動分散オブジェクトモデルに基づく UML モデルを出力するモデル変換ツールを提案した。今後は本ツールを拡張し、UML の配置図で表現したタスク配置情報を入力することで分散処理モデルを生成可能とする予定である。

### 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP18K11225, JP21K11815 の助成を受けたものである。

### 参考文献

- [1]. The MathWorks Inc.: Simulink, <http://www.mathworks.com/products/simulink/>
- [2]. Sangiovanni-Vincentelli, A. and Di Natale, M.: Embedded System Design for Automotive Applications, IEEE Computer, Vol.40, No.10, pp.42-51(2007)
- [3]. 黒木裕太, 田中亨祐, 兪明連, 横山孝典: 組み込み制御ソフトウェア開発のための Simulink モデルから UML モデルへの変換ツール, 情報処理学会論文誌, Vol.57, No.8, pp.1703-1717(2016)
- [4]. 石郷岡祐, 横山孝典: 組み込み制御システム向け時間駆動分散オブジェクト環境, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.9, pp.2936-2945 (2007)
- [5]. MathWorks Automotive Advisory Board (MAAB): Control Algorithm Modeling Guidelines Using MATLAB(R), Simulink(R), and Stateflow(R), Version.3.0(2012)
- [6]. The MathWorks: フォールトトレラント燃料制御システムのモデル化, <http://jp.mathworks.com/help/simulink/examples/modeling-a-fault-tolerant-fuel-control-system.html>