

状態遷移を含む制御モデルを対象とした Simulink・UML モデル変換ツール

A Simulink to UML Model Transformation Tool for Controller Models with State Transitions

黒木 裕太[†] 田村 雅成^{†‡} 神山 達哉^{†§} 兪 明連[†] 横山 孝典[†]
Yuta Kuroki Masayoshi Tamura Tatsuya Kamiyama Myungryun Yoo Takanori Yokoyama

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、開発効率の向上が重要な課題となっている。開発効率を向上させる手法として、MATLAB/Simulink[1]等を用いたモデルベース開発が注目されている。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十分な機能を提供していない[2]。

そこで我々は、Simulink モデルと UML モデルを用いたモデル変換環境を提案した[3]。その開発工程は、図 1 に示すように制御設計、ソフトウェア設計、実装の 3 つからなる。制御設計では、MATLAB/Simulink を用いて制御ロジックを記述した Simulink モデルを作成する。ソフトウェア設計では、モデル変換ツールを用いて Simulink モデルを UML モデルに変換する。最後にソースコード自動生成ツールを用いて UML モデルをソースコード化する。

本論文では、従来のモデル変換ツールを拡張し、これまで扱っていなかった Stateflow ブロック[4]を含む Simulink モデルを入力し、状態遷移に応じて処理を切り替える UML モデルを生成可能としたモデル変換ツールについて述べる。

2. 変換方法

Stateflow ブロックを含む Simulink モデルの例を図 2 に示す。この例では、Stateflow ブロック(表示速度指定)が出力する選択信号により 2 つの Subsystem ブロックの出力データ(設定速度、車速)の一方を選択している。我々は、選択する出力データが、制御ロジック上異なるものを表す場合(データ名が異なる)と同じものを表す場合(データ名が同一)で異なるクラス構成の UML モデルに変換することを提案する。以下、それぞれの場合について変換方法を説明する。

(1) 選択するデータ名が異なる場合

選択するデータの名称が異なる場合は、それぞれ別のクラスと見なして変換する。例えば、図 2 の Simulink モデルを UML モデルに変換する場合、設定速度、車速、速度に対応させてクラスを生成し、図 3 に示すクラス図および図 4 に示すシーケンス図を出力する。図 4 のシーケンス図に示すように、表示速度指定クラスの状態値を“update”(更新)した後それを“get”(読み出し)し、条件式に基づいて設定速度クラスと車速ク

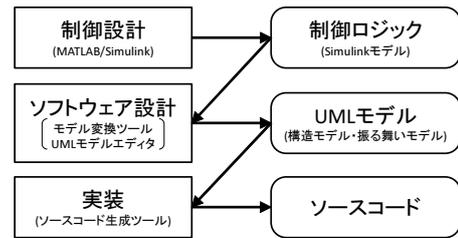


図 1: 組み込み制御ソフトウェアの開発工程

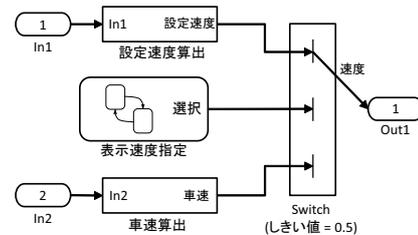


図 2: クルーズ制御の Simulink モデル

ラスを切り替えて“update”した後、速度クラスは表示速度指定クラスの状態値を“get”し、“update”したクラスの出力データを取得する。

(2) 選択する出力データ名が同じ場合

選択するデータの名称が同じ場合は、それらを同一クラスに属するものとして変換する。例えば、図 5 の Simulink モデルを UML モデルに変換する場合、加速時トルク、減速時トルクおよび Switch ブロックをまとめてトルクを表すクラスとし、その下位クラスとして加速時トルク算出クラスおよび減速時トルク算出クラスを生成し、図 6 に示すクラス図および図 7 に示すシーケンス図を出力する。

図 7 のシーケンス図に示すように、加減速状態クラスの状態値を“update”し、それをトルククラスが“get”し、条件式に基づいて加速時トルク算出クラスと減速時トルク算出クラスを切り替えて“update”する。

以上により、Switch ブロックを含むモデルから状態遷移に応じて実行する処理を切り替える実行効率のよい UML モデルに変換できる。

3. 適用実験

開発したモデル変換ツールの有用性を評価するため、Stateflow ブロックを含むクルーズコントロール制御シ

[†] 東京都市大学

[‡] 現在 日立 INS ソフトウェア株式会社

[§] 現在 株式会社 エー・アンド・ディ

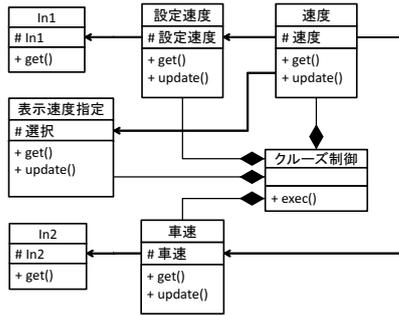


図 3: 図 2 の Simulink モデルに対応するクラス図

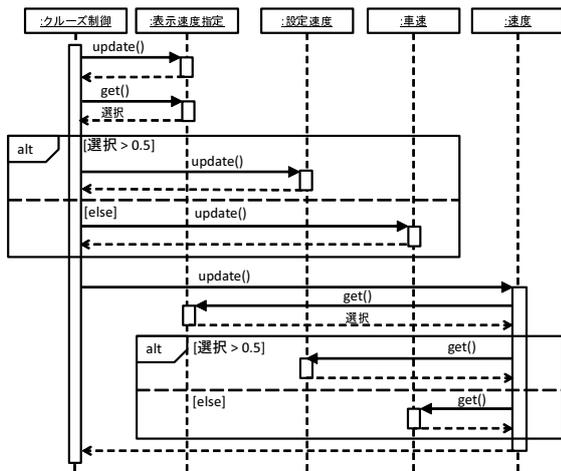


図 4: 図 2 の Simulink モデルに対応するシーケンス図

システム [5] とフォールトトレラント燃料噴射システム [6] の 2 つの Simulink モデルに対して適用実験を行い、状態遷移に応じて実行する処理を切り替える UML モデルに変換できることを確認した。前者の Simulink モデルに含まれる総ブロック数は 17(うち Switch ブロック数は 1)、出力された UML モデルの要素数はクラス数とオブジェクト数が 15、メッセージ数が 40 であった。また、後者の Simulink モデルに含まれる総ブロック数は 26(うち Switch ブロック数は 3)、出力された UML モデルの要素数はクラス数とオブジェクト数が 26、メッセージ数が 132 であった。いずれも選択する出力データ名は同じであった。

4. おわりに

Stateflow ブロックを含む Simulink モデルを入力し、状態遷移に応じて実行する処理を切り替える UML モデルを出力するモデル変換ツールを開発した。そして、複数の Simulink モデルに対して適用実験を行い、その有用性を確認した。

今後、MultiportSwitch ブロックや If ブロック、SwitchCase ブロック、Merge ブロックを含む Simulink モデルに対応可能とすることや、処理の流れを表すアクティビティ図を生成可能とすることなどを検討している。

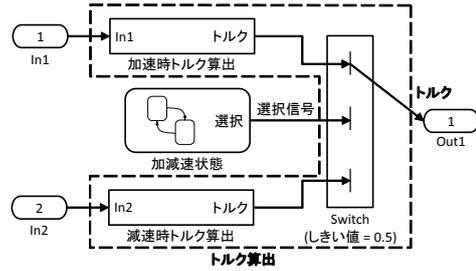


図 5: トルク算出の Simulink モデル

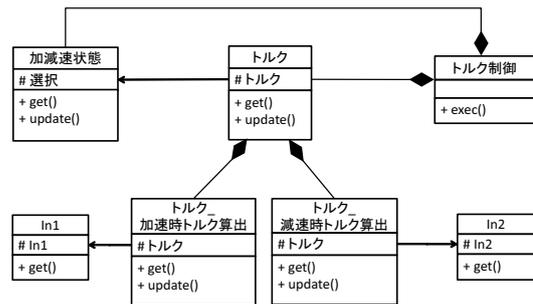


図 6: 図 5 の Simulink モデルに対応するクラス図

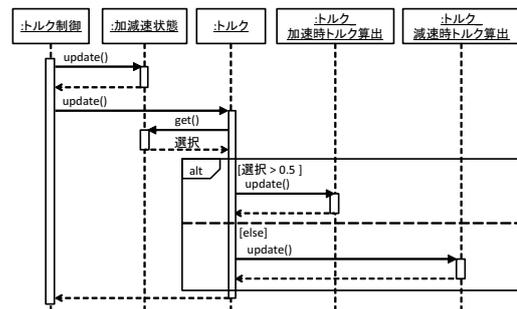


図 7: 図 5 の Simulink モデルに対応するシーケンス図

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 24500046 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] The MathWorks : 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] 田村雅成, 神山達哉, 添田隆弘, 兪明連, 横山孝典, Simulink モデルと UML モデルを用いた組み込み制御ソフトウェア開発のためのモデル変換環境, 情報処理学会論文誌, vol.53, No.12, pp.2660-2670, 2012.
- [4] The MathWorks : Stateflow, <http://www.mathworks.com/products/stateflow/>.
- [5] サイバネットシステム株式会社, Simulink/Stateflow サンプルモデル解説書-クルーズコントロール制御編-, 2004.
- [6] サイバネットシステム株式会社, Simulink/Stateflow サンプルモデル解説書-フォールトトレラント燃料噴射システム編-, 2003.