

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

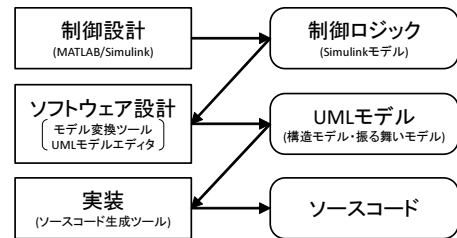


図1: 組み込み制御ソフトウェアの開発工程

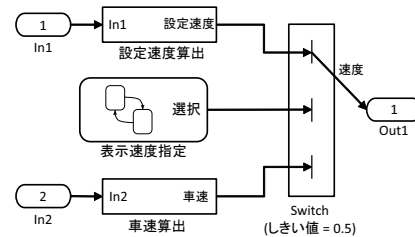


図2: クルーズ制御のSimulinkモデル

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

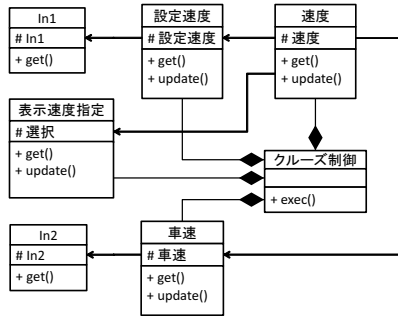


図3: 図2の Simulink モデルに対応するクラス図

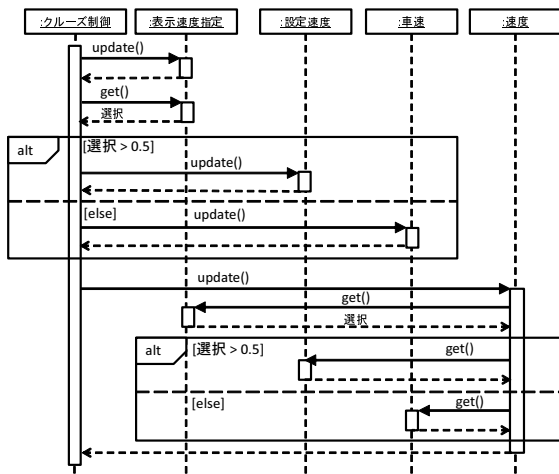


図4: 図2の Simulink モデルに対応するシーケンス図

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。

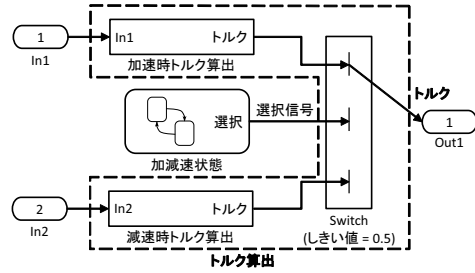


図5: トルク算出の Simulink モデル

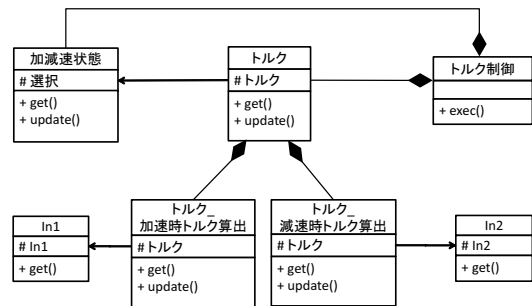


図6: 図5の Simulink モデルに対応するクラス図

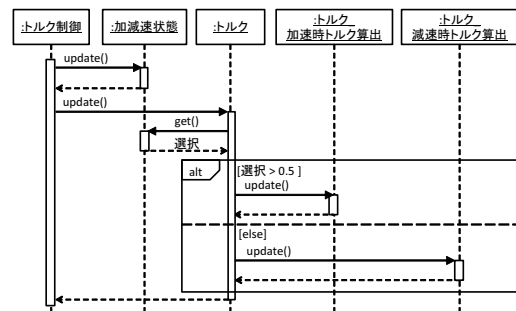


図7: 図5の Simulink モデルに対応するシーケンス図

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.