

# モデルベース開発におけるプロダクトライン可変性モデルの提案

平野 将貴<sup>†</sup> 中道 上<sup>‡</sup> 青山 幹雄<sup>‡</sup>

南山大学大学院 数理情報研究科<sup>†</sup> 南山大学 情報理工学部 ソフトウェア工学科<sup>‡</sup>

## 1. 研究の背景と課題

組込みシステム開発は、短納期が期待できるモデルベース開発や、組織的な再利用が可能になるプロダクトライン開発が注目されている[3]。しかしモデルベース開発における連続系制御システムのプロダクトライン開発方法は、まだ確立されていない。

本稿では、制御システム作成にプロダクトライン開発を適用し、開発を支援する。

## 2. 関連研究

本稿に関連する研究として以下の二つがある。

(1) 制御システムモデルの部品を組み合わせ、可変性モデルにおける変異体として構成する方法を提案している。制御ロジックを表現した制御システムと可変性モデルを一つの図で表現できるので、二つのモデル間の関連が表現できる[4]。

(2) 制御システムのコンポーネント内に複数の変異体を選択するための制御ブロックを設ける。制御ブロックのパラメータを設定することで可変性を定義する[1]。

## 3. アプローチ

連続系制御システムはプラントモデルとコントローラモデルから成るフィードバック構造をとる。コントローラモデルのパラメータはシミュレーションを行って設定される。

本稿では、文献[4]で提案されている可変性モデルを拡張し、連続系制御システムの可変性を表現するモデルを提案する。

連続系制御システムはブロック線図で定義する。ブロック線図は、ブロックの組み合わせと各ブロックのパラメータから定義できる(図1)。

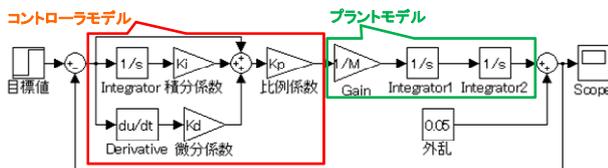


図1 ブロック線図を用いた連続系制御システムの構造

ブロックの組み合わせをブロック構造と呼ぶ。各ブロックのパラメータと組み合わせ、プロダクトラインの共通部を構成する。これを System Model と呼ぶ。

一方、可変部はパラメータ値である。パラメータ値

Product Line Variability Model in Model-Based Development.  
<sup>†</sup>Masataka Hirano, Graduate School of Mathematical Sciences and Information Engineering, Nanzan University.  
<sup>‡</sup>Noboru Nakamichi, Mikio Aoyama, Department of Software Engineering, Nanzan University.

を設定すると変異体となる制御システムが定義できる。

## 4. 開発プロセス

提案する開発プロセスは2段階で行う(図2)。

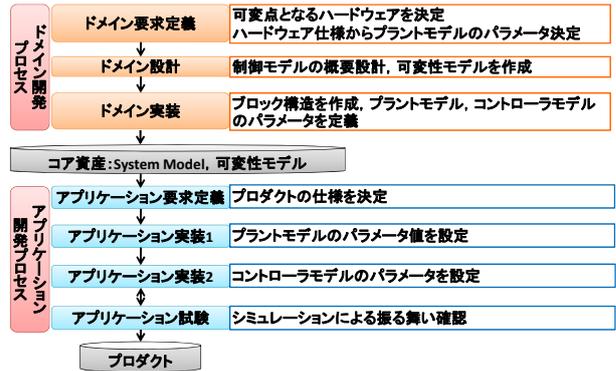


図2 提案する開発プロセス

### 4.1. ドメイン開発プロセス

ドメイン開発プロセスでは制御システムの共通部分である System Model と可変性モデルを作成する。

制御対象であるハードウェアの外部仕様をパラメータとして抽出し、パラメータ値の範囲を決定する。異なるパラメータ値のハードウェアが可変点となり可変性モデルとして表現する。

ハードウェアを制御するための System Model をブロック線図で作成する。

### 4.2. アプリケーション開発プロセス

アプリケーション開発プロセスでは、System Model のパラメータを設定し個別プロダクトを作成する。プラントモデルのパラメータは、個別プロダクトが制御するハードウェアの外部仕様を入力する。コントローラモデルのパラメータは、個別プロダクトが要求定義通りの振る舞いをするようにシミュレーションを行いながら値を設定する。

## 5. 提案する可変性モデル

本稿では、個別プロダクトを作成するための情報を可変性モデルとして定義する。可変性モデルのメタモデルは文献[1]で提案されているモデルを拡張して定義した(図3)。

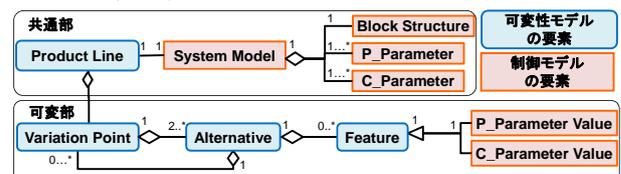


図3 提案する可変性モデルのメタモデル

### 5.1. メタモデルの要素

#### (1) 可変性の定義

可変性は、Product Line, Alternative, Variation Point, Feature で定義される。

a) Product Line 要素: Product Line は、複数の Variation Point における複数の Alternative の集合と表現できる。

b) Variation Point 要素: Variation Point は、複数の Alternative を持つ。

c) Alternative 要素: Alternative は、Feature と Variation Point で構成される。Variation Point が構成要素に含まれる場合、可変性が階層構造となる。

d) Feature 要素: Feature は、変異体である Alternative の構成要素である。

#### (2) 制御システムの定義

制御システムを表現している要素は、System Model, Block Structure, P\_Parameter, C\_Parameter, P\_Parameter Value, C\_Parameter Value である。

a) System Model 要素: System Model は Block Structure と P\_Parameter, C\_Parameter から成る。再利用する対象で、Product Line 毎に一つ存在する。

b) Block Structure 要素: Block Structure は、基本ブロックを組み合わせたもの。制御内容を表現する。

c) P\_Parameter, C\_Parameter 要素: P\_Parameter は、プラントモデルのパラメータ, C\_Parameter は、コントローラモデルのパラメータを示す。

d) P\_Parameter Value, C\_Parameter Value 要素: P\_Parameter Value は、プラントモデルのパラメータ値, C\_Parameter Value は、コントローラモデルのパラメータ値を示す。パラメータ値は、プロダクト毎に異なるので、Feature として定義する。

### 5.2. プラントモデルとコントローラモデルのパラメータ

プラントモデルのパラメータとコントローラモデルのパラメータは、性質が違うので分けて考える。P\_Parameter は、ハードウェア仕様から設定できる。一方、C\_Parameter は、プロダクト毎の P\_Parameter によって値が変わり、制御の性質を決定する。よってアプリケーション試験工程でシミュレーションにより適切な値に設定する。

### 6. ライントレーサへの適用と評価

提案する可変性モデルをライントレーサの制御システム開発[2]に適用し、モデルの妥当性を評価した。

#### 6.1. ライントレーサ制御システム

制御の対象となるライントレーサは、二つのタイヤがボディに取り付けられている。ライントレーサの可変点は、タイヤ半径とボディ幅とする。

#### 6.2. ライントレーサの可変性モデル

ライントレーサの制御システムに提案する可変性モデルを適用した(図4)。Line Tracer Product Line の共

通部は、System Model に含まれる Line Tracer Model と R, W, Kp, Ki, Kd の各パラメータである。Product Line には、二つの Variation Point が含まれる。各 Variation Point では、複数の Alternative を選択できる。Tire Variants では、タイヤ半径を 3cm と 5cm に変更可能である。Vehicle Body Variant では、ボディ幅を 15cm と 20cm に変更可能である。

System Model の P\_Parameter をハードウェア仕様に基づき設定する。シミュレーションを行い、System Model が要求定義通り動作するよう C\_Parameter を設定する。

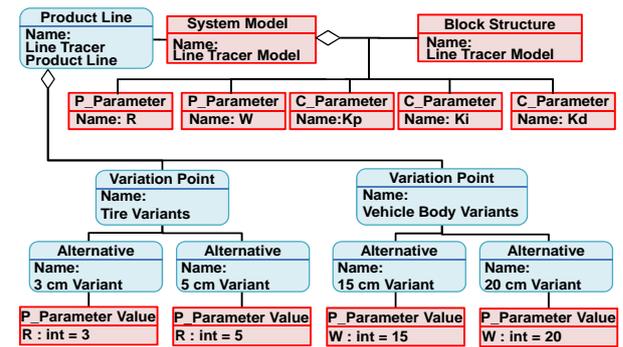


図 4 可変性モデルをライントレーサに適用した例

### 6.3. 評価

制御システムのブロック構造とパラメータを共通部とし、プロダクト毎のパラメータ値を可変部とすることで、可変性を定義できた。可変部である制御システムのパラメータを変更することで、共通部である System Model の再利用が可能になった。

提案した可変性モデルでは、制御システムの共通部と可変部を分離して表現できた。制御システムの可変性に関するパラメータを、可変性モデルのパラメータと定義したことで、連続系制御システムと可変性モデルの関連付けが可能になった。

### 7. まとめ

本稿では、連続系制御システムにプロダクトライン開発を適用し、連続系制御システムの組織的な再利用方法を提案した。さらに可変性モデルを用いて連続系制御システムの共通部と可変部をモデル化し、提案したモデルの妥当性を評価した。

### 参考文献

- [1] C. Dziobek, et al., Functional Variants Handling in Simulink Models, Math Works Automotive Conference, 2008.
- [2] 平野 将貴, 由季, ジェクト指向を取り入れたモデルベース開発の提案, 南山大学 2008 年度卒業論文, 2009.
- [3] K. Pohl, et al., Software Product Line Engineering, Springer, 2005.
- [4] B. Schatz, et al., Product Lines and Model-Based Development, Electronic Notes in Theoretical Computer Science, Vol.182, 2007, pp. 171-186.