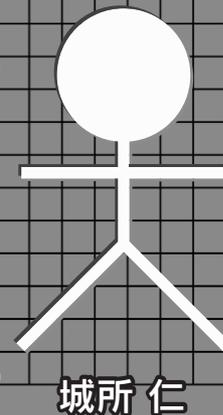


MATLAB/Simulinkを利用したVサイクル開発

モデルから プログラム・コードを作る



城所 仁

ここでは、モデルからプログラム・コードを作る手順について紹介する。組み込み制御の世界では、プログラム・コードを自動生成する技術が使われ始めている。モデルとプログラムの間の一貫性が確保され、開発の手間を軽減できる。本稿では、組み込み制御のVサイクル開発、および倒立制御開発キットを使ったコード生成の事例を紹介する。（編集部）

組み込み制御の世界において、「モデル・ベース開発」、あるいは「Vサイクル開発」という言葉を耳にすることが多くなってきました。どうやら、その意味するところは一つではなく、その言葉が使われるフィールドによって、さまざまな意味合いを含んでいるようです。

例えば図1は、最近よく目にする一般的なソフトウェアの開発プロセスです。左側が設計の領域、そして右側が検証の領域と切り分けて考えていきます。開発プロセスがVの字のように構成されるため、「Vモデル」あるいは「Vサイクル」と呼ばれます。そして、この左側の設計と右側の検証を結び付けるV字の底辺が実装、つまりコーディングということになります。Vサイクルには、設計と検証を対応させ、設計が要求仕様を満たしているかどうかを開発

フェーズごとに検証することにより、開発するソフトウェアの品質を高めようという狙いがあります。

一方、機構などの制御が中心となるシステム(以下、制御系)のVサイクル開発(この場合は「Vモデル」ではなく、「Vサイクル」と呼ばれることが多い)ですが、これは図2のようになります。左側が設計、右側が検証、底辺がコーディングという形は変わりません。制御系の開発では、グラフィカルな表現でモデルを記述し、シミュレーションを行うツールがよく利用されます。そのため、「Vサイクル開発」と「モデル・ベース開発」は表裏一体の関係にあります。

図2の左上の領域、すなわち開発のスタート地点は「制

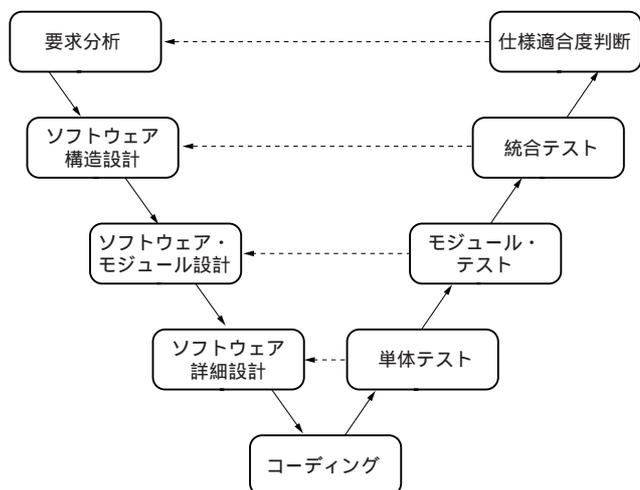


図1 一般的なソフトウェア開発の分野でよく語られるVサイクル
左側が設計の領域、右側が検証の領域。左側の設計と右側の検証を結び付けるV字の底辺が実装、つまりコーディング。

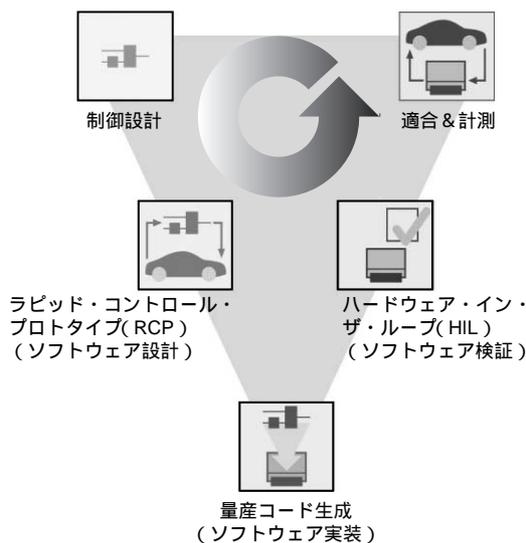


図2 フィードバック制御の分野で用いられるVサイクル開発

左側が設計、右側が検証、底辺がコーディングという形は図1と変わらない。制御系の開発では、グラフィカルな表現でモデルを記述し、シミュレーションを行えるツールがよく利用される。そのため、「Vサイクル開発」と「モデル・ベース開発」は表裏一体の関係にある。

御設計」の工程です。制御設計の特徴は、「コントローラ(いわゆる制御器)」と「制御対象(通常、プラントと呼ばれる)」が対になっていることです。

図3(a)に、制御設計の工程におけるモデルの構成を示します。例えばフィードバック制御は、コントローラが出力した結果によって制御対象が制御され、さらにその結果を受けてコントローラが制御出力を計算します。いわゆる閉ループ制御なので、制御対象を考慮しない制御設計はありません。

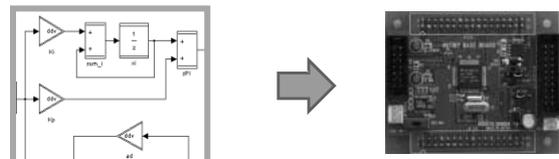
そして、制御設計の工程ではコントローラも制御対象もブロック線図で表現されますが、V字の各工程において、この二つのモデルが段階的に実物と入れ替わっていきます。これが制御系のVサイクル開発の一つの特徴です。

本稿では、制御系の開発において一般に理解されているモデル・ベース開発について解説していきます^注。

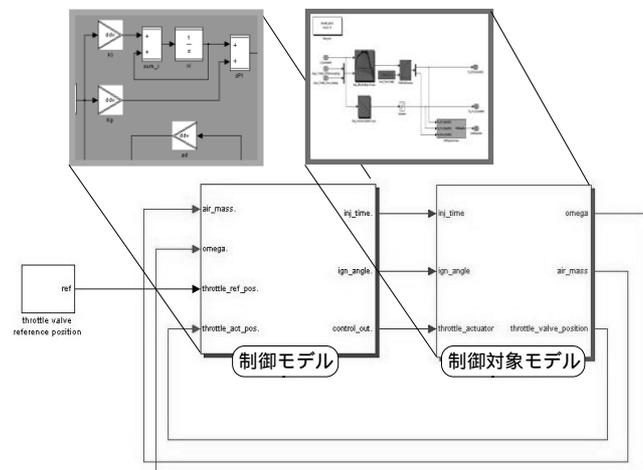
1. 組み込み制御のモデル・ベース開発とは

さて、Vサイクルの左上の領域で制御設計を行うと述べてきましたが、モデルはなぜ必要なのでしょう？ Vサイクル

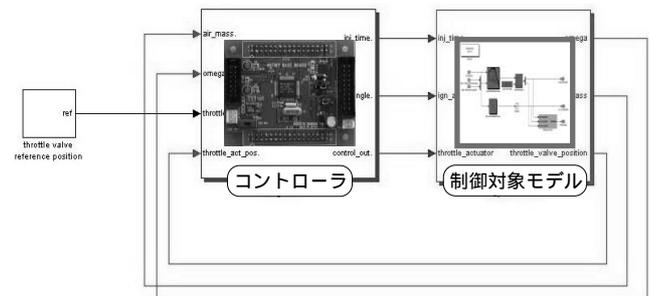
注：モデル・ベース開発は、一般には「ソフトウェア仕様をシミュレーション可能なモデルで表現し、シミュレーションによりソフトウェアの検証を行うもの」と定義されるが、「シミュレーション可能なモデルより量産用のプログラム・コードが自動生成されること」が要件として含まれる場合もある。厳密には(「制御系という」)Vサイクル開発「=」モデル・ベース開発」ではない。また、Vモデルも、必ずしもモデル・ベース開発の必要条件ではない。



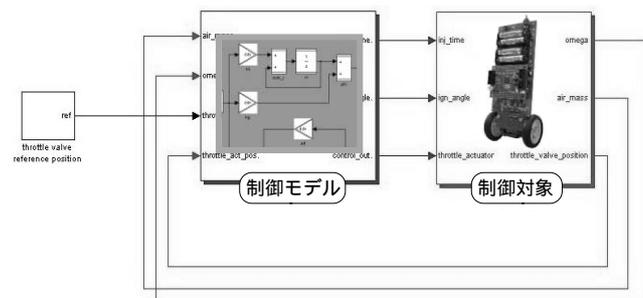
モデルからコードへ
(c)量産コード生成



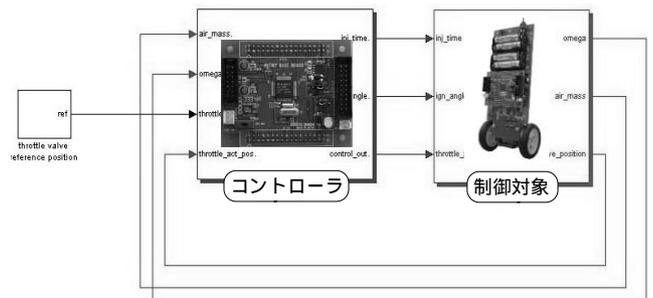
(a)制御設計



(d)ハードウェア・イン・ザ・ループ



(b)ラピッド・コントロール・プロトタイプ



(e)適合&計測

図3 Vサイクル開発の各工程

Vサイクルの出発点が(a)の制御設計の工程。制御対象とコントローラ(制御器)をMATLAB/Simulinkモデルで表現する。(b)のラピッド・コントロール・プロトタイプの工程では制御対象を実機に置き換え、コントローラのモデルによって実機を制御する。(c)の量産コード生成の工程では、Simulinkモデルから量産用のCコードを自動生成する。(d)のハードウェア・イン・ザ・ループの工程では、コントローラを実機、制御対象をモデルとしてコントローラの検証を行う。(e)の適合&制御の工程では、制御対象もコントローラも実機で動作させて最終的な調整を行う。Vサイクル以前の開発スタイルでは、(e)の環境が存在しなかった。