

解説



シミュレーション技術の最近の動向

2.4 動的シミュレーションソフトウェア MATLAB/SIMULINK†

熊澤 光竹

1. はじめに

シミュレーション技術としてのソフトウェア MATLAB/SIMULINK の利用環境について記述する。ここで、動的シミュレーションとは、ダイナミックシステムのシミュレーションのことを指す。

2. シミュレーションと CAE ソフトウェア

近年の研究者やエンジニアを取りまく環境として、

- 高度化するシステム
- 理論・設計手法の発展

対象とされるシミュレーションシステムは複雑化を増し、それに対応して、設計手法も様々な手法が考案されている。研究者はこのようなニーズに効率よく対処するためにコンピュータ支援ツール (CAE ツール) を活用した設計、解析、シミュレーションが必要とされている。今回ご紹介する、動的シミュレーションソフトウェア MATLAB/SIMULINK は、このようなニーズにトータルな形で対応可能なソフトウェアである。

3. MATLAB/SIMULINK とは

米国 The MathWorks Inc. 社の MATLAB/SIMULINK は科学的・工学的分野の様々な数値解析、データ解析、シミュレーション、そしてビジュアルライゼーションのための統合環境を提供するソフトウェアである。(図-1 参照)

主な機能として

- ブロック線図によるグラフィカルなモデリング機能

- シミュレーション機能
- 設計/解析機能
- データビジュアルライズ機能

MATLAB/SIMULINK は1つのプロダクトファミリを構成している。コアモジュールの MATLAB を中心に、ブロックダイアグラムシミュレータの SIMULINK、そして Toolbox と呼ばれるアプリケーションモジュールから構成している。これらの操作環境、データベースはすべて MATLAB を中心にして統合化されており各々のモジュールを組み合わせることにより広範囲な解析を行うことが可能である。(図-2 参照)

MATLAB プロダクトファミリのコアモジュールの MATLAB は科学技術計算のための数値計算、データ解析、ビジュアルライゼーション、そしてプログラミング機能を提供する対話型のソフトウェアである。その使いやすい操作性により、様々な数値計算やデータ処理をあたかも紙と鉛筆を使うように自然に扱うことができ、従来 FORTRAN や C で行われていたシミュレーションやアルゴリズム開発を大幅に効率化し高い生産性を実現することが可能だ。

MATLAB は米国アルゴンヌ国立研究所を中心に開発された LINPACK/EISPACK プロジェクトの行列演算アルゴリズムをさらに発展させたソフトウェアで、もともと、学術的なプロジェクトから派生したソフトウェアなので、非常に信頼性の高い、高速かつ高精度なデータ解析を行える。(図-3 参照)

SIMULINK は制御系・信号処理系などの工学的システムを始め物理現象・社会現象など様々な動的システムのモデリングとシミュレーションを行うツールである。(図-4 参照)

SIMULINK の主な機能は次の2つである。

- ブロック線図によるモデリング

† Dynamic System Simulation Software MATLAB/SIMULINK by Hikaru KUMAZAWA (Cybernet Systems Co. LTD).

‡ サイバネットシステム(株)

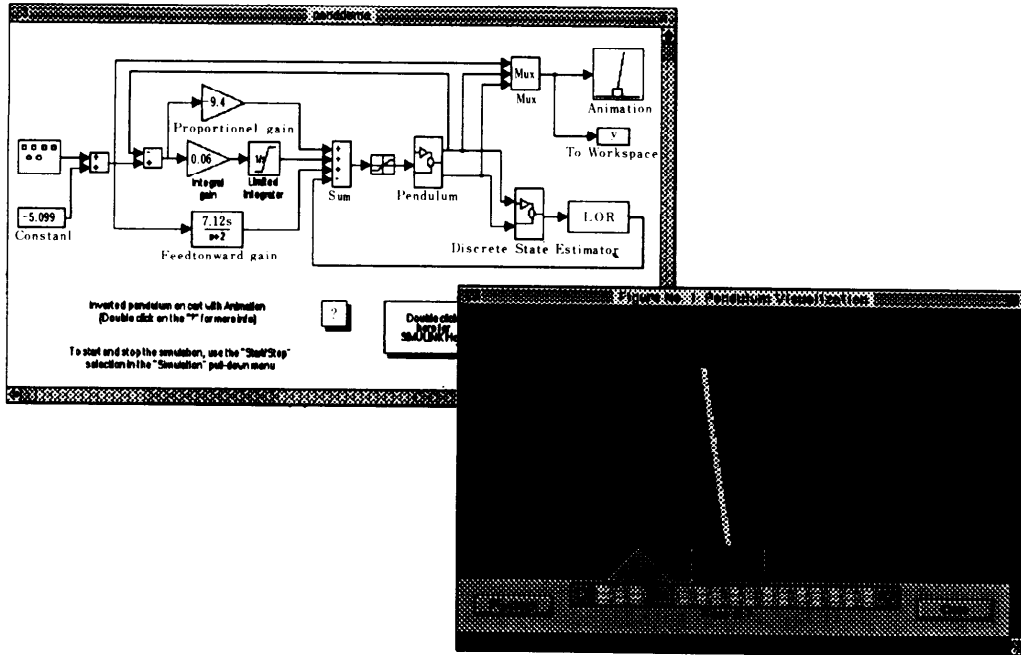


図-1 MATLAB/SIMULINK を使ったシミュレーション

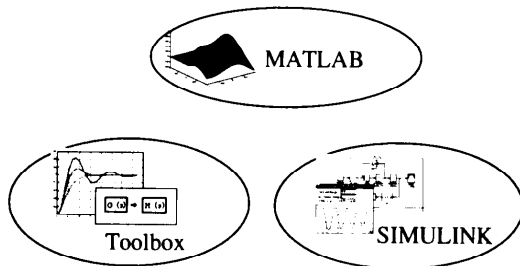


図-2 MATLAB プロダクトファミリー

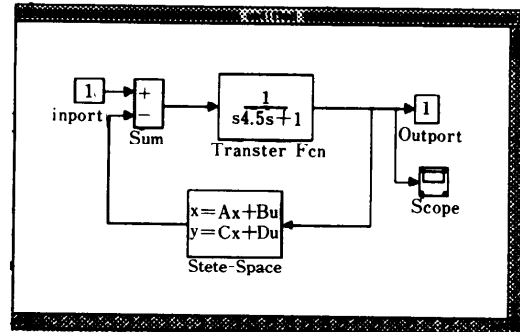


図-4 ブロック線図によるモデリング

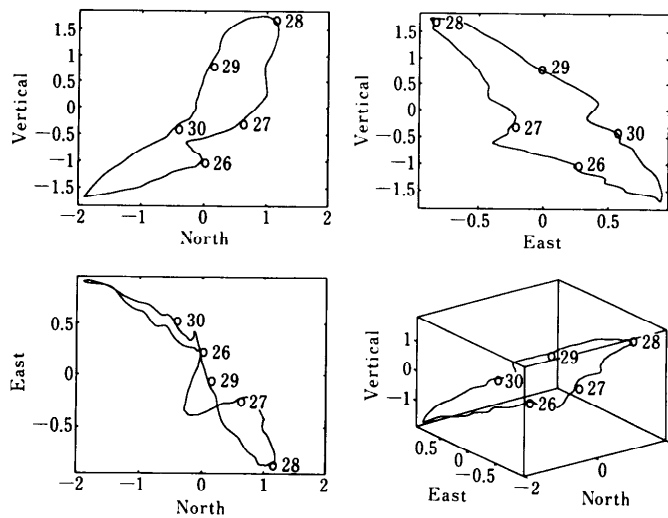


図-3 MATLAB を使った地震波の解析

●シミュレーション機能

SIMULINK はブロック線図によるビジュアルなモデリングを行う。SIMULINK は線形や非線形などのひな型ブロックを約 100 種類用意しており、たとえば伝達関数で表現された線形のシステムを定義するには伝達関数ブロックに Numerator と Denominator のパラメータを入力するだけで可能である。また、独自の機能をユーザが設

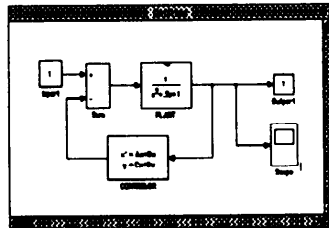
計することもできる。優れたグラフィカルユーザインタフェイスによって、マウスを使ってブロックの配置、結線するだけでモデリングが行える。対象とするシステムは線形・非線形、連続系・離散系・マルチレート、ハイブリット、多入力多出力などあらゆるシステムに対応可能である。

シミュレーションには 7 種類の積分アルゴリズム (固定/可変ステップ, ステップシステム) を用意し、メニュー操作で簡単に実行が行える。(図-5 参照)

またオプションモジュールの Real-Time Workshop を使うことによって SIMULINK で作成したブロック線図から C ソースコードを自動生成することが可能だ。実装テストツールと組

- 3 次の Runge-Kutta 法
- 5 次の Runge-Kutta 法
- Adams の予測子-修正子法
- Gear's Stiff 法
- Linear-dynamics extraction 法
- Euler 法

図-5 SIMULINK の積分アルゴリズム



SIMULINK ブロック線図

```

#define BLOCK_OUTPUTS_FTN
static void simBlockOutputs (s, u, y)
double *s;
double *u;
SimStruct *S;
{
double *B = ssGetBlockX(S)Block inputs and outputs */
double *P = ssGetBlockParam (S); /* Block parameters */

/* Integrator: int ss */
B[0] = u[0];

/* Gain block: 1 (s) */
B[1] = P[1] * B[0];

/* General expression Mod: (1-ss^2) */
    
```

C ソースコード

図-6

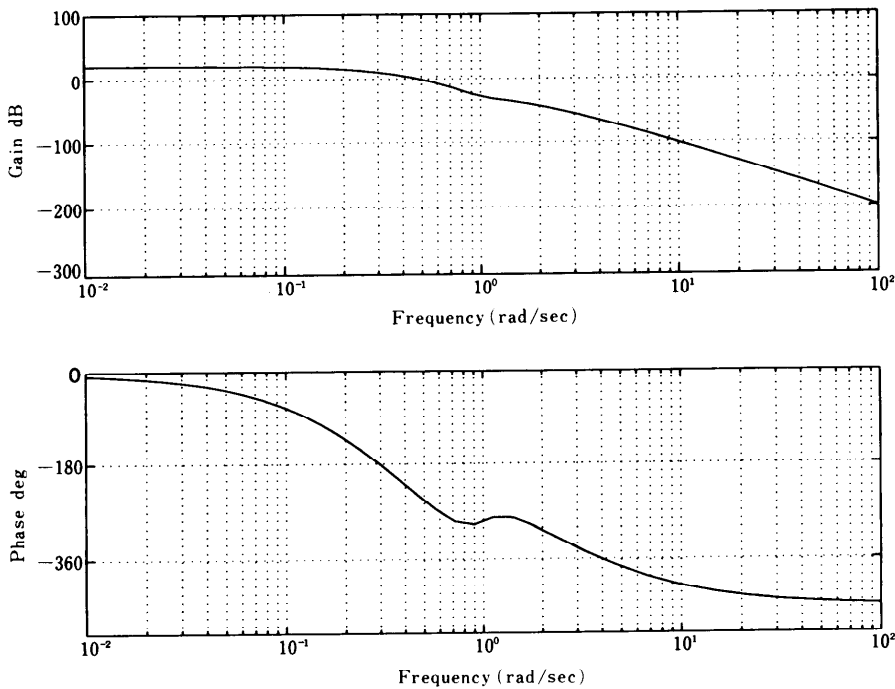


図-7 Toolbox を用いた周波数応答解析

み合わせて使うことによりコントローラの実装テストなどのリアルタイムシミュレーションが可能だ。つまり、コンピュータ上でのシミュレーションだけでなく、実機を使ったシミュレーションが行える。(図-6 参照)

Toolbox は制御系設計、信号処理、画像処理、システム同定、最適化、ニューラルネットワークなど様々な分野の設計・解析機能を提供するアプリケーションモジュールだ。Toolbox はSIMULINKなどでモデリングされたシステムの構造の解析やコントローラ的设计などを行える。ユーザはニーズに合わせて必要な Toolbox を選択することによって最新の解析環境を構築することができる。(図-7 参照)

4. シミュレーションソフトウェアとしての MATLAB/SIMULINK

ここでは MATLAB/SIMULINK をシミュレーションソフトウェアとして利用した場合の応用例を紹介する。MATLAB/SIMULINK は様々な分野に対しての解析機能や、シミュレーション機能を提供するが、特に制御系設計の分野に関して強力な環境を提供する。そこで、ここでは制御

系設計を通して MATLAB/SIMULINK がどのように動的システムの解析、シミュレーションを行うのかを具体的に示す。

計算機のハードディスクの読み書き用ヘッドに対して、正確な位置決めを行うコントローラ(補償器)を設計して、動きをシミュレーションすることを考える。(図-8 参照)

MATLAB/SIMULINK では次のステップが必要だ。(図-9 参照)

- 1) プラントのモデリングとプラントの動的シミュレーション
 - 2) コントローラ設計
 - 3) コントローラの組込みと組込み後のシミュレーション
 - 4) リアルタイムシミュレーション
- 1) プラント(制御対象)のモデリングとシミュレーション

まず、SIMULINK を使いプラントのモデリングを行う。ブロック線図を使ったグラフィカルなモデリングなので非線形項などを含むシステムなども簡単にモデリングができる。モデリング後、SIMULINK のシミュレーション機能を使い動的特性を確認することもできる。(図-10 参照)

- 2) Toolbox を使ってコントローラ設計

設計には Toolbox を利用する。コントローラなどを設計するためには制御系 Toolbox の Control System Toolbox や Robust Control Toolbox が適用される。これらの Toolbox では制御系設計のための幅広いツールを提供しており、一

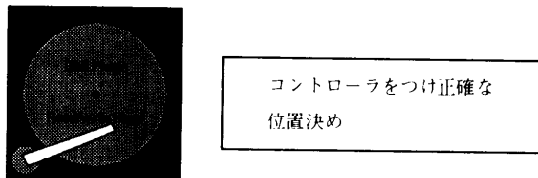


図-8

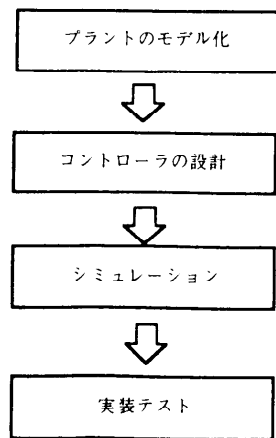


図-9

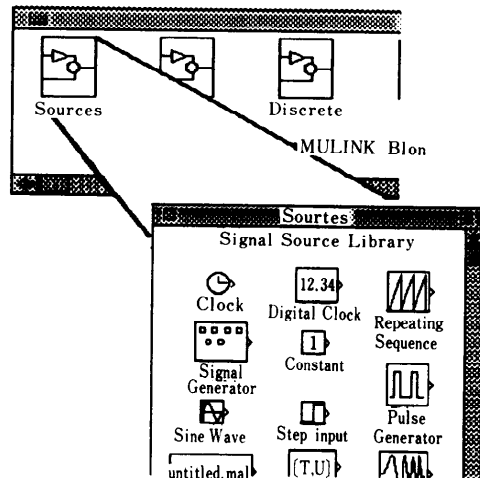


図-10 SIMULINK のブロックライブラリ

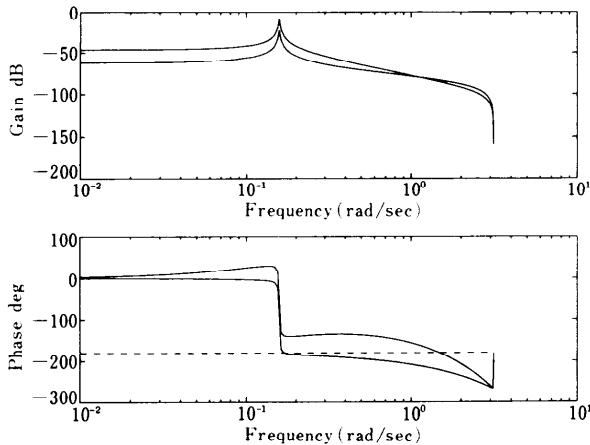


図-11

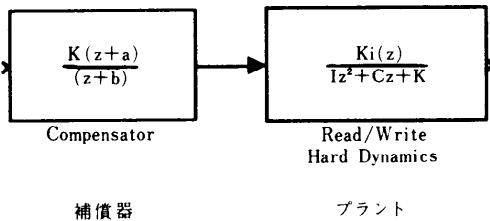


図-12

一般的な古典・現代制御理論をはじめ、ロバスト制御や $H_2 \cdot H_\infty$ 最適制御設計, μ 解析などの最新の制御理論を実践する機能も備えている。これらの機能を使ってコントローラが設計する。(図-11 参照)

3) コントローラの組込みとシミュレーション
設計されたコントローラの組込みとシミュレーションは SIMULINK を使う。シミュレーションを通してコントローラの効果を確認することが可能だ。シミュレーション結果は SIMULINK 上では単なる時系列のグラフとして表現されるが、MATLAB の強力なビジュアライゼーション機能を使ってより分かりやすくプロットすることも可能だ。(図-12, 13 参照)

4) リアルタイムシミュレーション
SIMULINK でのシミュレーション結果が設計者の仕様を十分満足するようならば、SIMULINK Real-Time Workshop を使い設計したコントローラのブロック線図から C ソースコードを生成する。生成したソースコードは実装テストツールを使い DSP にコンパイル、リンクすることにより実機を用いたリアルタイムシミュ

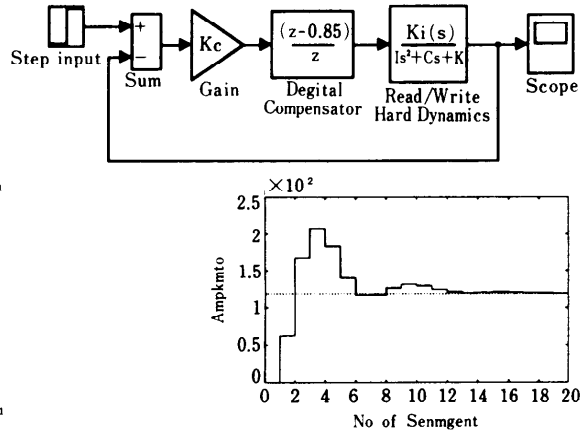
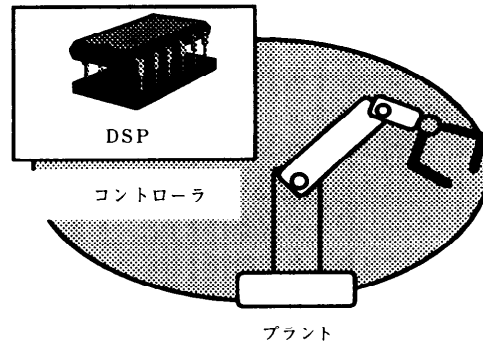


図-13 制御された応答



リアルタイムシミュレーション

図-14

レーションを行う。(図-14 参照)

5. まとめ

MATLAB/SIMULINK は単なるシミュレーションソフトとしてだけでなく、モデリングから設計, 解析, 実装テストまでトータルにサポートする機能を提供しているソフトウェアである。研究者や学生, エンジニアはこの広範囲な機能を解析, 設計, シミュレーションなどの領域で利用することが可能である。

(平成 7 年 3 月 7 日受付)



熊澤 光

1968 年生。1991 年立命館大学理工学部数学物理学科物理課程卒業。同年サイバネットシステム(株)に入社。現在、応用ソフトウェア事業部応用ソフトウェア第二部で MATLAB のテクニカルサポートに従事。