

制御工学教育における Octave, Scilab の活用について

On Utilizing Octave and Scilab in Control Engineering Education

○ 吉田 和信 (島根大学) 濱口 雅史 (島根大学)

Kazunobu YOSHIDA, Shimane University, Nishikawatsu 1060, MATSUE, Shimane
Masafumi HAMAGUCHI, Shimane University

Octave and Scilab are Matlab-like free software for numerical computations: Octave is mostly compatible with Matlab; and Scilab can manipulate formulas including the Laplace variable s and has many useful functions in the field of systems and control. This paper presents cases at the authors' department where Octave is used to teach Matlab-type programming and dynamical systems simulation in the senior course "Simulation Engineering", and where Scilab and RootPro CAD Free are used, in the author's laboratory, to teach simulation techniques and drafting and design of apparatuses for control experiments, respectively.

Key words: Free Computational Tool, Octave and Scilab, Control Engineering Education, Control Theory, Simulation, CAD

1 はじめに

本稿では、筆者らが制御工学の教育研究にフリーソフトウェアを活用している事例を紹介する。すなわち、学部4年前期の専門科目「シミュレーション工学」に Octave を、また、研究室における数値計算と実験装置の設計製図にそれぞれ Scilab と RootPro CAD Free を利用している事例を紹介する。

なお、大半の学生は以下の関連科目を履修している。括弧内の内容は(開講時期, 必修・選択の区分, 科目の内容)である。

■制御理論関連科目 「システムと制御」(1年後期, 選択, 動的システム解析の基礎), 「制御工学I」(2年後期, 選択, 古典制御理論), 「制御工学II」(3年前期, 選択, 現代制御理論)

■プログラミング関連科目 「情報科学演習C6」(2年前期, 必修, Cプログラミングの基礎), 「計算機言語」(2年後期, 選択, Cプログラミング, 数値計算)

■設計製図関連科目 「図学」(3年前期, 選択, 製図の基礎), 「機械設計製図」(3年後期, 選択, 機械設計製図の基礎), 「機械CAD」(4年前期, 選択, CADを援用した機械設計製図)

2 シミュレーション工学

「シミュレーション工学」(4年前期, 選択, Matlabタイプのプログラミングと動的システムシミュレーションの基礎)は筆者らの所属する学科(総合理工学部電子制御システム工学科)の専門教育科目であり、現在、濱口が担当している。本科目は、Octaveによる計算プログラミングを学習し、基礎的な数値計算法および動的システムシミュレーションの方法を習得することを目的としている。授業は、計算機実習室において講義とパソコンを利用した演習からなる講義・演習形式で行われる。教室に設置されたパソコンが60台であるため、60名の履修定員を設けている。例年、40名程度の学生が履修している。

当初、Matlab を用いて、本科目の内容を教えていたが、経費削減のため、2003年からMatlabに代わるフリーソフト Octave を用いている。Matlab が選ばれた理由は、主要な計算ツールであり、卒業研究や将来の仕事で役立つ可能性が大きいからというものであった。

本授業のテキストは、Matlab 用に作成した教材¹⁾を加筆した文献²⁾であり、15回の授業内容は次のとおりである。(1) Octave 起動と終了、数値・行列の入出力、Mフ

イルによる実行 (2) 行列の和・差・積・転置・べき乗、行列に関する関数 (3) 単位行列, 零行列, 対角行列, 乱数行列, 統計計算を行う関数, 条件判定・繰り返し (4) 種々の行列の作成法 (5) 数学関数, 多項式に関する関数 (6) ユーザー定義関数, 数学関数に関する関数 (7) ファイルに対する入出力, 常微分方程式の解法 (8) 中間試験 (9) 伝達関数の入力法, 伝達関数の結合, 零点・極・ゲイン算出法 (10) ブロック線図の等価変換 (11) 過渡応答, 周波数応答 (12) 安定判別法 (13) 制御系の特性と性能評価法, 制御系の設計法1(根軌跡法) (14) 制御系の設計法2(ループ整形法, PID補償, フィードバック補償) (15) 期末試験

すなわち、前半で Octave による初歩的なプログラミング法を、後半で古典制御理論に現れる種々の特性値やグラフの計算法を学習する。特に、前半部分は、Matlab や Scilab に対応する関数の使用方法やプログラミング法を含んでいるので、これらのソフトウェアを利用するための基礎も与える。後半は古典制御理論の復習にもなっている。

また、毎回、授業に関連したプログラミングの問題をレポート課題とし、学生に復習の機会を与えている。

Matlab 用の教材¹⁾を Octave 用に書き換えた教材³⁾も用意している。

本授業では、上記の経緯で、Octave を用いているが、Matlab に類似したフリーの計算ツールとして Scilab もあり、制御工学分野の計算には、Scilab の方が便利である。実際、上記の伝達関数に関する計算プログラムは、ラプラス変数 s などの文字変数を扱える Scilab を利用すればより簡潔に記述できる。また、制御系の解析・設計に関する関数も Scilab の方が充実している。

とはいえ、Octave も Matlab の持つ基本的なプログラミング機能と関数を備えており、制御工学分野の教育・研究用として広く利用できる計算ツールであると思う。

■Octave 開発者: J.W.Eaton 他, 動作環境: Linux, Mac OS X, Windows 他, ライセンス: GPL, 主な機能: Matlab との互換性が高い数値解析ソフトウェアで gnuplot を用いてグラフを描画できる。情報源: <http://www.gnu.org/software/octave/>

3 研究室における Scilab 等の活用

吉田研究室では、「台車移動幅の制限を考慮した倒立振子の安定化制御」⁴⁾、「荷の振れ角を小さく抑えるクレーンの搬送制御」⁵⁾、「AMDの振幅制限を考慮した構造系の制振制御」⁶⁾などの制御系設計問題を研究しており、通常、シ

シミュレーションおよび実験によって開発した設計法の有効性を検討している。ここでは、シミュレーションおよび実験装置製作の際に利用しているソフトウェアを紹介する。

3.1 Scilab によるシミュレーション

シミュレーションや実験に必要な制御則やオブザーバパラメータ等の計算はすべて Scilab で行っている。2節で述べた理由に加え、インストールが簡単で使いやすいという理由からである。シミュレーションでは、`ode` (常微分方程式求解関数)、`sylv` (シルベスター方程式求解関数)、`spec` (行列の固有値問題求解関数)、`syslin` (線形系を入力する関数)、`ss2tf` (状態方程式から伝達関数を求める関数)、`dscr` (連続時間状態方程式を離散化する関数) 等の関数をよく利用する。扱う設計法の計算は比較的簡単なものが多いので、通常、100-150ステップ程度のプログラムとなる。これらのプログラムは Octave でも記述可能である。

また、古典制御理論で現れる種々の特性値(ピークゲイン、位相余裕、ゲイン余裕など)やグラフ(インパルス応答、ステップ応答、ナイキスト線図、ボード線図、根軌跡など)を求める Scilab プログラムをまとめたメモ⁷⁾を教材として利用している。

■Scilab 開発者: INRIA, 動作環境: Linux, UNIX, Windows, MacOSX, ライセンス: CeCILL (GPL 互換), 主な機能: Matlab に類似した数値解析ソフトウェアであり、信号処理、行列や多項式の数式処理、関数のグラフィック表示なども充実している。情報源: <http://www.scilab.org/>

3.2 RootPro CAD Free による設計製図

RootPro CAD は、(株)ルートプロが提供する2次元汎用CADソフトで、製品版の RootPro CAD Professional とフリー版の RootPro CAD Free がある。フリー版は、PDF ファイルや AutoCAD(DXF/DWG)ファイル*1の出力等に制限があるが、ほぼ製品版の製図機能を持ち、DXF/DWG ファイルの読み込みも可能である。また、同ソフトは非常に使い易いCADソフトであると思う。

2009年度から、RootPro CAD Free を用いて倒立振り子、構造系、クレーン系などの実験装置の設計製図を行っており、これらの図面をウェブサイト <http://www.ecs.shimane-u.ac.jp/~kyoshida/> にて公開している。さらに、同サイトに、実験装置の写真、実験の動画、制御実験で用いたCプログラム、部品表も掲載し、装置を自作するのに必要な情報を提供している。倒立振り子実験装置の図面と写真をそれぞれ Fig.1 と Fig.2 に示す。

ちなみに、制御実験では、コントローラとして、Windows ノートパソコンと DSP (エムティティ (株) s-BOX) を使用し、制御プログラムは、DSP 付属のソフトウェアを用いて、C 言語で記述している。

■RootPro CAD Free 開発者: (株)ルートプロ, 動作環境: Windows 7/Vista/XP SP2以降, ライセンス: 独自, 主な機能: 基本的な製図機能がある高機能2次元汎用CADソフトであり、AutoCAD形式、Jw_cad形式のファイル読み込みも可能である。情報源: <http://www.rootprocad.com/>

4 おわりに

フリーソフトウェア Octave, Scilab, RootPro CAD Free の制御工学の教育研究への活用事例を述べた。また、倒立振り子系などの実験装置の設計製図、製作、実験のための情報を提供するウェブサイトを紹介した。学生に実験装置の

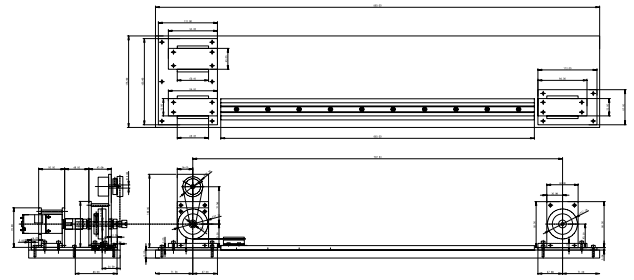


Fig. 1 The drawings of the apparatus made by using RootPro CAD Free.

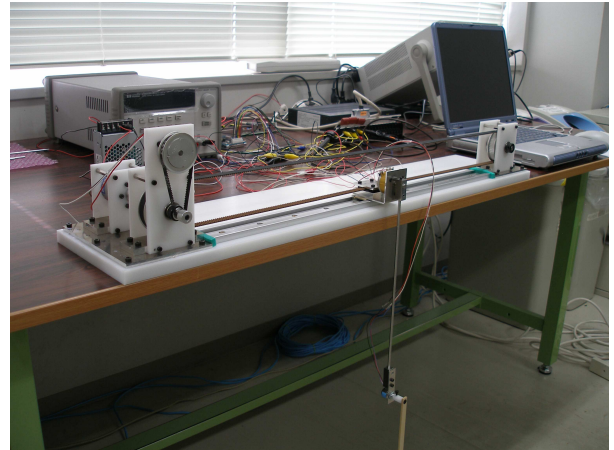


Fig. 2 The apparatus designed and assembled.

設計製図、製作、および実験も経験させることは、良いデザイン教育になると思うが、このようなことは、最近のインターネットショップの充実によって実験装置製作に必要な部品類が簡単にかつ安価に入手できるようになったことに依るところが大きい。

参考文献

- 1) 吉田和信, Matlab による動的システムシミュレーション入門, <http://www.ecs.shimane-u.ac.jp/kyoshida/matlab.htm> (2001)
- 2) 吉田和信, Matlab/Octave による制御系の設計, 科学技術出版 (2003)
- 3) 吉田和信, Octave による動的システムシミュレーション入門, <http://www.ecs.shimane-u.ac.jp/kyoshida/octave.htm> (2002)
- 4) K.Yoshida and I. Matsumoto, Stabilizing control for an inverted pendulum with restricted travel, Proceedings of the 2009 American Control Conference, pp. 543-548 (2009)
- 5) K.Yoshida and I. Matsumoto, Load transfer control for a crane with state constraints, Proceedings of the 2009 American Control Conference, pp. 2551-2557 (2009)
- 6) K. Yoshida and I. Matsumoto, Vibration suppression control for a structural system using an AMD with restricted stroke, Proceedings of the 2009 American Control Conference, pp. 1237-1243 (2009)
- 7) 吉田和信, Scilab による古典制御計算, <http://www.ecs.shimane-u.ac.jp/kyoshida/scilab08.pdf> (2008)

*1 「AutoCAD」は、オートデスク (株) が開発する汎用 CAD ソフトである。