

基礎制御工学における対話型学習支援ツール

柴山 恵司・クルモフ バレリー*・成久 洋之**

岡山理科大学大学院工学研究科システム科学専攻

*岡山理科大学工学部電子工学科

**岡山理科大学工学部情報工学科

(2003年11月7日 受理)

1 はじめに

近年、高等教育機関の新規卒業者に対して、社会は高い能力を持った人材を求めている。これは産業構造の変化により、事業者の経営に対する認識が大きく変化していることが背景にある。わが国の場合、経済成長期に企業が求める人材像は「大卒で若くて健康」であったが、成長が止まると「何がどこまでできるのか」に変化した。実際、最近の法人での雇用人事は個人の資質と能力を厳密に評価し、即戦力として役立つ人材、専門的な技術・技能を持った人材が採用される傾向になってきている。

一方、学校教育の現場では、現在学力低下が問題となっている。特に、初等・中等教育機関においては、「ゆとり教育」の推進による学力低下が今も進んでいる。この教育方針については、今も議論され続けていることでありここでは言及を避けるが、大学や高等専門学校に代表される高等教育機関に入学する新入生の基礎学力が下がっている傾向は紛れもない事実である。よって、これらの機関では、いままで初等・中等教育機関で学ぶべきことも含めて、より基礎的な学力の育成に重点を置いた教育体制・教育内容を展開しなければならなくなっている。

ことに、高等教育機関で技術系のカリキュラムを取得したものに対しては、技術者としての資質をはじめとした高いスキルが必要とされている。制御システムに携わる技術者を例にとると、システムモデル化・同定・解析・シミュレーション・計画および設計・実施・評価はもちろん、技術者として制御理論やアルゴリズムに関する知識および判断力・直感的知識・経験的方法などを身に付けねばならない。このことは、1999年に設立された「日本技術者教育認定機構 (JABEE: Japan Accreditation Board for Engineering Education)」の要求からも裏付けられている。

以上のことを主な背景に、高等教育機関での教育現場に対して、今までより短期間にかつ今まで以上の充実した教育が求めらると思われる。また、講義や演習で学ぶことはほんの一部であるため、自主的な学習の促進も不可欠となる。よって、興味のある学生に対して十分な自主学習環境を提供することが非常に有効かつ重要である。特に、国際的に通用する人材を育成することとなると、初歩的な基礎知識から極めて高い水準までカバーした学習環境を用意しなければならない。

そこで本稿では、学習の支援を主眼としたソフトウェアについて検証する。まず、自主学習環境を設計・導入する場合、どのように構成するべきであるかを述べる。次に、実際に構築・評価を行い、学習を支援する道具の学校教育における有効性について提言する。特に、今回は専門分野のひとつとして、制御工学における支援ツールの開発に当てはめてみる。

2 学習支援ツールに必要な条件

2.1 学習支援ツールの目標

現在日本では、「e-Learning」のような情報機器やネットワークを活用した双方向性の高い教育・学習手段について様々な試みが報告されている。本稿で示す試行の目的も、コンピュータを活用したひとつの学習形態である。しかしながら、本稿が目標とするところは、少しでも学習意欲がある有望な学習者に対して、さらなる興味を沸き立たせるような自由度の高い環境の提供を狙っている。よって、現在盛んに行われている学習効率や相互学習など、学習者全体のレベル向上を意識した試みではなく、自主的に学習をしている者の柔軟な発想に対して十分に対応し、場合によっては製作した教授者の意図を超えることができるような環境を目指している。

特に今回は、制御工学での基礎学習システムであるため、一般的な学問の支援ツールに対して求められる効果に加えて、次のことを留意しなければならない。

新しい概念を学ぶ意欲を沸き立たせること 学習者は講義で示されたり、教科書を読んだりすることによって新しい概念を学ぶ。専門分野で登場する基本概念について、学習者が十分に把握していることを前提にしなければ、専門教科の十分な教授は成立しない。特に制御工学の場合では、数学モデルの記述、安定性、可制御性、可観測性などがあり、これらの関連性についてイメージできることが重要である。

扱う分野における様々な表現を理解させること 学習者にとって初めて触れる表現手法やその関連性を、いろいろな例を通じて体得しなければ自分自身で使いこなすことが難しい。制御では、周波数領域と時間領域での関係や開ループと閉ループとの関係等に対応している。

ある程度の技能を身につけること 最終的には自分の力ですべての基礎知識を駆使し、直面した問題を解決できなければ社会が求めている人材とはいえない。特に、自分自身で機械や設備の統制ができるようなシステムエンジニアの育成を考えたとき、閉ループ系の特性や補償器の選定・調節を行う能力が不可欠である。

2.2 学習支援ツールの開発環境の選定

以上のような背景から、優れた学習支援ツールの実現のためには試行錯誤によって適切な環境を見出すしかならないと思われる。そこで、支援ツールの開発環境の段階から慎重に選定することにした。

まず、最近の傾向から自主的な学習ができるために、少なくともグラフィカル・ユーザー・インタフェース(以下 GUI)を駆使した対話的なツールでなければならない。多くの場合は、一般的なアプリケーション開発と同じように C¹³⁾ や Java¹⁵⁾, Pascal¹¹⁾ などのよく使われているプログラミング言語によりツールを設計することになる。しかし 2.1 で示したように、専門教科の教授者が作成する支援ツールとして、ただ単に学習理解のためのプログラムを実行するだけにはとどまらず、いろいろなアプローチができることが望ましい。そこで、学習の対象となっている分野でよく使われているアプリケーションソフトウェアやツールをプラットフォームにした環境構築の手法を検討することにした。

制御工学の分野の場合、シミュレーションなどの検証でよく使われているソフトウェアとして Mathematica や Maple、MATX などが考えられる。特に、MATX などはフリーウェアであるため、自宅をはじめいつでもどこでも利用することができる。よって、特に大学などの高等教育機関に所属する学習者に対して、極めて有効な学習環境といえる。実際にも、これらのソフトウェアを使って制御工学を学ばせるテキストが出版されている²³⁾。しかし、残念ながら今のところ、このソフトウェアでは GUI による学習環境を提供できない。最近の高等教育機関での学習者は CUI(キャラクタ・ユーザー・インタフェース)にあまり慣れていなく、このことによって貴重な学習する意欲を削ぎかねないため、視覚的な環境について譲歩することはできない。

そこで、数多くある学習環境の構築手法の中から、制御従事者が多く利用している MATLAB¹⁸⁾ というソフトウェアをプラットフォームにして学習支援ツールの構築を試みる。学習支援ツールのベースとして、このソフトウェアを使う利点は次のとおりである。

- GUI を比較的単純に作成することができる¹⁹⁾。
- 制御工学の分野でよく使われている表記や設計・解析に関する処理²⁰⁾ があらかじめ利用できるため、行列の積算などの基本的な処理から深く考えてプログラムを作成する必要がない。
- そのほかの補助的なツールも組み合わせれば、かなり大規模な学習支援ツールの構築を期待できる。
- 複数の OS に対応することができる。

以上に示したような理由から、本稿では専門アプリケーションを用いて制御工学における対話型学習システムの製作を実際に行う。海外では MATLAB で同じような手法により製作した学習支援ツールがいくつか存在した^{1), 2)} が、それはある程度この分野のことを理解した学生を対象としているため、われわれは基礎学習に重点を置いた支援ツールについて考える。

ただし、このソフトはかなり高価で高等教育機関の学生ではとても手を出すことができないという欠点を持つ。そこで、MATLAB 中の WWW(World Wide Web)サーバ用ツール²²⁾を用いて、インターネット上で利用できる自主学習環境も実現し、デスクトップ版とあわせて効果を検証する。

2.3 基礎学習支援ツールの構成指針

ここで、効果的な基礎学習の支援システムを実現するために、われわれはこの試行によって得た次の必要条件を提示する。

直感的に操作方法がわかる。これは学習支援ツールに限らず言えることであるが、ほとんどの付属マニュアルを読むことはない。当たり前のようなことに感じるが、実際に作成を進めていくと、どうしても作成者が扱いやすいように構成してしまい、初めてツールを起動した人がどう使っているかわからなくなることが多くある。これを回避するためには、複数の被験者による検証を行い、十分に構成を練らなければならない。

できる限りシンプルな構造にする。実際にツールを構成していく上で、動作テストを行っていくうちに機能の不足や拡張の必要性からさらなる機能を付け加えたい場合が多い。すると、コンポーネントが増えてしまい、操作方法のわかりづらさにもつながる。よって、細かい処理や補助的な処理などはサブメニューを展開したりプルダウンメニューにするなどして、重要なコンポーネントを際立たせるように工夫しなければならない。

基本的なレイアウトが決まっている。学習支援を目的としたツールは、複数のセクションから構成される場合が多い。これも上記に示した条件と関連するが、支援ツールはいろいろなアクションを試すことによって操作方法を見出すものである。操作方法に翻弄されずに学習を進めることができるためには、レイアウトの構成を統一することが不可欠である。もちろん機能の拡張などが行われる場合が多いため、操作性や拡張性を十分に考慮して構成を練らなければならない。

初歩から応用まで段階的に学習ができる。特に、基礎学習を念頭に置いたツールの作成を考えてるのであれば、最終学習目標に対して段階的な学習項目を用意しなければならない。比較的初期段階で扱うツールには、数字の入力とボタンのみといったような間違いを起こしにくい環境を、そして最終的な学習目標に進めていくにつれて行列やテキストの入力など自由度を高めていくようにすべきである。また、各段階の学習項目のギャップがないように構成し、むしろ学習目標が重複したほうが好ましい。

ヘルプやヒントが分かりやすく、一目で吸収ができる。なるべくヘルプやヒントを開く必要がないような構成を心がけていくべきであるが、必ずヘルプやヒントは質・量ともに十分満足するものを用意すべきである。特に「質」については、単純なテキスト文章のみではなく、図・例・リンクなど充実した内容でなくてはならない。実際、今回構成した学習ツールはほとんどがヘルプやヒントで占められている。

専門的な用語の説明がされている。ヘルプやヒントはわかりやすくする一方、基礎的なキーワードについても十分な解説が必要である。学習支援ツールのアクションによって、なにが、なぜ、どのように行われたかはもちろん、それを理解するための解説についても網羅しておくべきである。エラーについても、なぜそうなったのか、どのように対処すべきかを把握できるようにしなければならない。

いつでもどこでも利用できる 対話型自主学習環境を学習者に提供する利点は、学生が周囲の状況を気にせずに自分のペースで学習ができることである。特に、制御工学のような日常生活と密接なかかわりを持つ分野では、ふとした疑問が時間や場所に全く関係なく起こる。そのような些細な疑問こそが専門的なことに触れるきっかけであり、それを自力で解決しようと行動を始めることが自主学習の第一歩である。よって、そういったチャンスを逃さないように、常に手が届くような状態に学習環境が存在しなければならない。

3 制御工学における対話型学習支援ツールの構成

幸いにも、本稿で利用するアプリケーションソフトウェアで以上の条件を満たすように作成することが可能であるため、実際に対話型学習ツールを構築した。ここでは、完成している学習支援環境を紹介する。

図1は実際に製作した制御工学の学習支援ツールのメインメニューである。学習者が講義を聞いただけ、もしくは制御工学の本を読んだだけと想定して製作を行った。現在完成している学習環境は、図に示しているように制御系解析およびシステム設計について各5項目を用意している。そして、それぞれのボタンから学習環境に移行するようになっている。

図2は構築した制御工学における学習支援環境の一例である。学習画面は対象システムを表す数学的モデルの入力(左下)、その特性を示すグラフィックス出力(右)や判別結果(中上)、そしてヘルプ・操作方法(左上)

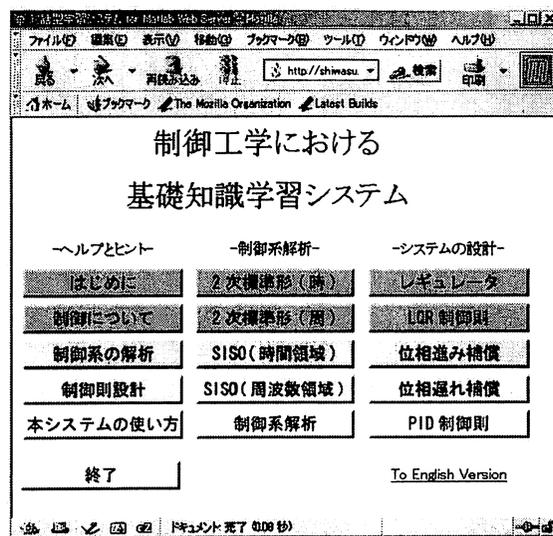


図 1: ツールのメインメニュー (Web)

で構成し、ほかの環境も基本的にすべて同じレイアウトである。学習者は左にあるエディットボックスにパラメータを入力し、近くにあるボタンを押すだけである。そのボタンを押すと、右グラフィック出力にその結果が出力され、システムから学習者に伝えるべきメッセージ(エラーも含む)がグラフの出力と同時にボタンとして登場するしかけになっている。ヘルプや操作方法、およびシステムからのメッセージは、幸いにも本稿でプラットフォームとしたソフトウェアが HTML によるテキストを扱うことができるため、ブラウザを用いて出力し要点を厳選する。残念ながら解析や設計結果を保存することは、ユーザがアプリケーションソフトをほぼ使えないと想定しているため実現はせず、印刷ができるようにして対処することにした。また、それと関連してグラフのラインの形状を変更できるようにした。ただし、シンプルな構造を心がけるため、テキスト形式での操作にした。

前述のように、専門分野でよく使われているアプリケーションを用いる利点のひとつは、そのソフトウェアに付属しているツールを再利用し、より充実した学習環境を提供できることである。本稿で構築した学習支援環境の場合、MATLAB に制御システムの設計時に使われる多くのツールが存在する。そこで、作成した学習環境にそのツールとの関連付けができるように機能を追加した。図 3 は、実際に学習支援ツールを通じて、付属のシミュレーションツール²¹⁾を利用したときのディスプレイ画面を示している。支援ツールからは図の中上にあるような制御対象のブロックウィンドウと、右下にあるような制御のためのブロック群が自動作成するだけである。学習者はそれらのブロックを駆使して、図の中央下のように自分の力で制御システムを作成し、検証を行うことができる。

この環境は、後で示すアンケートおよび実際に利用してみた学習者のインタビューから拡張した学習スタイルである。図 3 のようにブロックを組み、自分の力で補償器の選定や調節を行うことを通じて、エンジニアとしての経験につながるようにした。この付属ツールは極めて自由度の高いシミュレーション環境であり、実際に海外で発表された MATLAB による学習環境の多くが、これを利用した環境である^{4),5),6),7)}。それらの報告論文では、この付属ツールから実際に制御プログラムを実現したり、遠隔的に実習ができるような実践的な学習環境が示されている。よって、簡単にそれらの技術を組み合わせれば、大規模な環境構成に発展させることも期待できる。またわれわれ自身も、提示している学習環境で設計した補償器において、C コードを自動的に生成できるように取り組んでいる。

さらに、図 4 から分かるように、図 2 に示しているデスクトップ版に似たような環境を Web においても実現している。この環境についても本稿で実際に示した専門アプリケーションソフトウェアに付属しているツールを用いたもので、CGI(Common Gateway Interface) との組み合わせによって動作している。さすがに図 2 に示しているような、コンテキストメニューなどの多機能化は難しいが、ブラウザ上で十分に学習環境が実現できていると思われる。なお、本稿での試みは教授者が簡単に製作できるというコンセプトから MATLAB のみを使っているが、さらに JavaApplet などのネットワーク技術を駆使すれば、より高機能なオンライン学

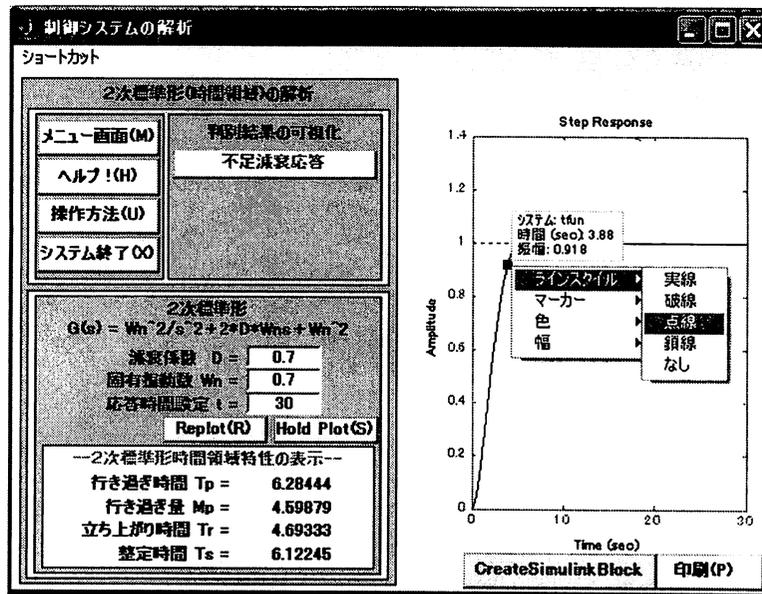


図 2: 学習ツール利用例

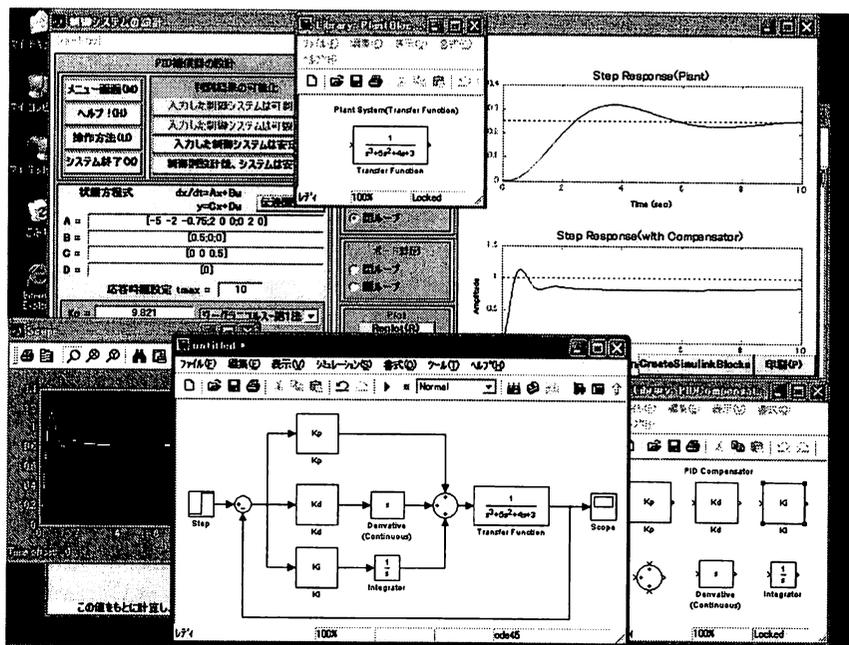


図 3: 設計環境利用例

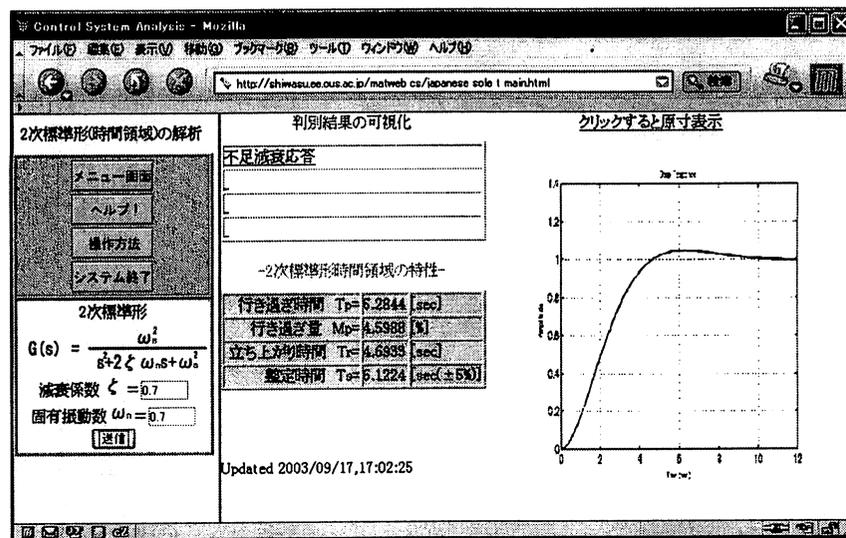


図 4: 学習ツールの利用例 (Web)

習環境を実現できるようである⁹⁾。

4 教育効果の検証

我々はこれまで、実際に学習環境を構築してきた。この試みの特徴をまとめると、次のようになる。

- 優れた学習支援環境を目指し、専門ソフトである MATLAB を用いて支援ツールを構成した。
- 実際に学習環境を実現したことによって、自主学習支援ツールに必要な指針を見出した。
- MATLAB の機能を組み合わせて、エンジニアとしての素養を育てるような環境の実現に成功した。
- WWW サーバによって、インターネット上での自主学習環境を提供した。

本稿で示した環境はあくまで支援ツールであり、専門分野に少しでも興味がある学習者に対して、できる限りの補助を行うために開発したものである。したがって、このツールの存在が専門分野の学習者全体の水準を向上させるというものではない。しかしながら、より有効な学習環境を目指して試験的な考察を試みた。

まず、作成した学習支援環境の利用手法の一つとして、制御工学や数学に関連する講義で導入してみた。具体的に制御工学の講義を例にすると、プロジェクターを使って数式パラメータとその動作の関連性について示し、スクリーンと黒板を使い分けながら講義を進めるといったスタイルを試みた。導入前には解析の結果と補償器の選定・調節との関連が、学生にとって理解し難いことであったが、導入によって今まで学生にとって難しいと思われた課題を解くことができるようになっていた。よって、黒板だけを使って教授を行う標準的な講義スタイルよりも、補助ツールの利用を盛り込んだ講義の方が、内容の理解度が高まっていたと断定できる。また、システム特性や制御効果を観察することによって、内容に関する関心が高まり、質問が著しく増えている。

こうした講義で利用する試行の一方、アンケートも実施していて現在も継続中である。このアンケートは、岡山理科大学電子工学科で行われている学生実験において、本ツールを利用した実習に対する感想を記述するものである。まだ途中経過ではあるが、与えた課題は制御の分野の中で最も基礎的な項目であるにもかかわらず、アンケート結果には「計算が多い」といった感想をもつ学生の割合が多いことが目立った。実際に使用風景を観察した時のこととあわせて考えてみれば、この実習を行うまでいかにこれまで基礎的な計算の場数を踏んでいないのかということがわかり、改めて「学力低下」というキーワードについて実感した。しかし、中にはそれほど計算問題に抵抗がない学習者もいた。この裏づけとして、実習には3時間程度の実習時間が与えられていたが最短で1時間、最長では3時間以上かかってしまった学生もいて、大きなばらつきがあった。そして口答であるが、物足りなさを訴える者や、反対に難しすぎるといったクレームを伝える者がいた。なお、信頼できるデータを得るためには、膨大なデータが必要でひとつの結果を得るのに何年もかかると思われるため、ここで具体的な結果を示すことはできない。

そしてやはり、学生実験で制御工学における学習支援ツールを利用した実習の導入によって、制御工学という専門分野に対する興味の差が大きく広がっていることが見て取れた。多くの学生はほとんど意欲が沸いていないと思われ、学習環境を提供した程度では学習者全員の専門教育に対する関心を沸き立たせられないといえる。しかし、一部の学生は制御工学について初めて理解が出来たようで、実習が終わってからもしつこいぐらいに質問攻めにあった。結局ひとりの学生が実験実習の日に必ず質問に来て、それがレポート最終締め切りまで続いた。

以上のことから、学習支援ツールの効果の検証を通じて、次ような感想を持った。

- ツールとした利用に限れば、講義中に学習支援ソフトウェアを利用することは、内容理解を促進する上で効果がある。
- 自主学習用のツールだけでは、学習者が意欲を持たない限り、内容の理解やレベルアップにはつながらない。
- 学習者によっては、対話型学習支援ツールが専門分野に対する興味を沸き立たせ、学習支援環境の開発者が想定した以上の効果を持つ。
- 自主学習の促進は現在の高等教育機関において重要な課題である。

5 まとめと今後の課題

本稿では学習支援システムの仕様について検討し、そしてそれを基にシステム制御教育における対話型学習支援ツールを設計した。このツールの目的は、システム制御の基礎を学ぶ学生や企業の技術者の理解向上および講義の支援である。

システム制御分野において、国内では本システムのようなものはまだ開発されていない。しかし、海外ではいくつか存在しており、効果的な教育の向上がなされているようである。よって、大学や高等専門学校に本システムのような支援ツールが存在することは、社会が要請している人材の育成に有効であるといえる。

この試行の結果、支援ツールに専門教育における学習者全体の理解向上を期待することはできない。だが、有望な人材の育成および専門教育においては不可欠なものである。

なお、本システムのソースコードは、当研究室のサイト (<http://shiwasu.ee.ous.ac.jp/>) よりダウンロードできる。また、ベースにしているアプリケーションソフトウェアのMATLABを購入しなくとも同サイトからインターネット版が利用できる。

現在の内容はシステム制御の基礎であるが、今後さらに必要と思われるオブザーバやロバスト制御などの更なる学習環境の追加を計画している。また、さらにより実践的な環境作りの実現など、今まで以上のシステムの拡張を考えている。

参考文献

- 1) J. W. Overstreet and A. Tzes: An Internet-Based Real-Time Control Engineering Laboratory, Control Systems, vol.19, No.5, pp.19-34 (1999).
- 2) M. Johansson, M. Gäfvert and K. Åström: Interactive Tools for Education in Automatic Control, Control Systems, vol.18, No.3, pp.33-40 (1998).
- 3) N. Swamy, O. Kuljaca: Internet-Based Educational Control Systems Lab Using NetMeeting, IEEE Transactions on Education, Vol.45, No.2, pp.145-150 (2002).
- 4) W. E. Dixon, D. M. Dawson, B.T.Costic, M. S. Queiroz: A MATLAB-Based Control Systems Laboratory Experience for Undergraduate Students: Toward Standardization and Shared Resources, IEEE Transactions on Education, Vol.45, No.3, pp.218-226 (2002).
- 5) V. F. Pires, J. F. A. Silva: Teaching Nonlinear Modeling, Simulation, and Control of Electronic Power Converters Using MATLAB/SIMULINK, IEEE Transactions on Education, Vol.45, No.3, pp.253-261 (2002).
- 6) P. S. Shiakolas, D. Piyabongkarn: Development of a Real-Time Digital Control System With a Hardware-in-the-Loop Magnetic Levitation Device for Reinforcement of Controls Education, IEEE Transactions on Education, Vol.46, No.1, pp.79-87 (2003).
- 7) J. Su, J. Chen, D. Wu: Learning Feedback Controller Design of Switching Converters Via MATLAB/SIMULINK, IEEE Transactions on Education, Vol.45, No.4, pp.307-315 (2002).
- 8) M. Casini, D. Prattichizzo, A. Vicino: The Automatic Control Telelab: A User-Friendly Interface for Distance Learning, IEEE Transactions on Education, Vol.46, No.2, pp.252-257 (2003).
- 9) J. V. Ringwood, G. Galvin: Computer-Aided Learning in Artificial Neural Networks, IEEE Transactions on Education, Vol.45, No.4, pp.380-387 (2002).

- 10) J. J. Cathey: A MATLAB-Based Graphical Technique for Amortization Study of Adjustable Speed Drives, IEEE Transactions on Education, Vol.45, No.2, pp.177-181 (2002).
- 11) M. Akcayol, A. Cetin, C. Elmas: An Educational Tool for Fuzzy Logic-Controlled BDCM, IEEE Transactions on Education, Vol.45, No.1, pp.33-41 (2002).
- 12) 浅川 哲弥: ハイパーカードによるスタック「モル濃度計算機」の作成, 北海道教育大学紀要(第2部A), 第46巻, 1号, pp.35-44, (1995).
- 13) 小田 まり子, 小田 誠雄, 新井 康平: 見真似による/l/-/r/発音練習システムの効果, 日本教育工業会論文誌, Vol.26, No.2, pp.66-75 (2002).
- 14) ミヤツカラヤ, 池松 秀則, 平嶋 宗, 竹内 章: バグモデルによる診断機能を持った探索アルゴリズムの知的学習支援システム, 日本教育工業会論文誌, Vol.26, No.4, pp.361-369 (2003).
- 15) 中山 実, 吉田 直人, 清水 康敬: 文章表現の改善支援ツールの開発と評価, 日本教育工業会論文誌, Vol.26, Suppl., pp.139-142 (2002).
- 16) 松永 公廣, 深津 智恵美, 森永 理恵子, 西端 律子, 前迫 孝憲, 菅井 勝雄: シミュレーションを利用する献立作成演習の評価, 日本教育工業会論文誌, Vol.25, No.1, pp.49-58 (2001).
- 17) 小松 原実: 独自プロトコルによる試験支援システム, 日本教育工業会論文誌, Vol.26, Suppl., pp.61-66 (2002).
- 18) The MathWorks, Inc.: Using MATLAB, サイバネットシステム株式会社 (1997).
- 19) The MathWorks, Inc.: Using MATLAB Graphics, サイバネットシステム株式会社 (1997).
- 20) The MathWorks, Inc.: Control System Toolbox User's Guide, サイバネットシステム株式会社 (1997).
- 21) The MathWorks, Inc.: Using Simulink, サイバネットシステム株式会社 (1997).
- 22) The MathWorks, Inc.: MATLAB Web Server, The Mathworks, Inc. (1999).
- 23) 古賀 政伸: Linux・Windows できる MATX による数値計算, 東京電機大学出版局 (2000).
- 24) 野波 健蔵, 西村 秀和, 平田 光男: MATLAB による制御系設計, 東京電機大学出版局 (1998).

Interactive Learning Tools for Assisting the Education in Control Systems

Keishi SHIBAYAMA, Valeri KROUMOV* and Hiroyuki NARIHISA**

Graduate School of Engineering,

** Department of Electronic Engineering, Faculty of Engineering,*

*** Department of Information and Computer Engineering, Faculty of Engineering,
Okayama University of Science*

Ridai-cho 1-1, Okayama 700-0005, Japan

(Received November 7, 2003)

In this paper, we canvass the essential concepts to develop interactive software for educational purposes. We propose interactive tools for learning the basic control theory, which are designed according to the concepts. This tools are implemented under MATLAB and are enhanced by detailed helps and hints. The tools are accessible via WWW allowing the students to learn at their own pace.

The tools presented here are used in the laboratory class and control systems course. The advantages of using such tools are that they can be good addition to classroom study and that the tools help the eager-to-learn students to increase their knowledge and skills.

Both, Japanese and English versions are developed and are accessible to everyone via WWW. The source code is also available for download.