

Web ベース教育支援システムの試み

古川 輝雄*・大村 道郎*・鈴木 貴*

(平成17年9月8日受理)

Some Trials on a Web-Based Education Support System

Teruo FURUKAWA, Michiroh OHMURA and Takasi SUZUKI

(Received Sep. 8, 2005)

Abstract

In the recent developments of the high-speed network technology, it is expected that high-speed communication infrastructure will improve environments of research and education in university. We have tried to develop Web-based systems which support educations for these several years. These systems are classified into two categories: one is “the lecture supporting systems” and the other is “the learning and examination systems”. In a series of papers, we are going to report these systems. The present paper gives an outline of the former, which consists of three parts:

- ① VLSI design education system,
- ② the system of telemetering experiments, and
- ③ the system of virtual experiments in physics.

Some of them have already used for some classes in Hiroshima Institute of Technology.

Key Words: web-based education, research and education, VLSI design, telemetering experiments, physics education, virtual experiments

1. ま え が き

昨今、家庭への ADSL や FTTH 通信インフラが進展し、学内にもギガビットのネットワーク環境が実現した。高速ネットワークは高速道路にたとえられる。高速道路ができて国民生活は大きく変わった。同様に、高速通信インフラが今後の大学研究と教育にどのように役立つのか。この視点から Web ベース教育支援システムに関する幾つかの試みを実施した。本稿では、ここ数年にわたり、筆者等が検討し実現した教育支援システムの概要を報告する。検討したシステムは、Web を利用した「講義支援システム」と、「学習と試験システム」の二つのテーマであった。今回は前者テーマである、① VLSI 設計教育システム、② 遠隔計測実験システム、③ 仮想物理学実験システム、に関してその概

要を報告する。後者テーマは後日報告予定とした。

2. VLSI 設計教育システム

2.1 システムの基本構成

一般的に VLSI 設計教育では、VLSI CAD アプリケーションをインストールした専用のワークステーションを受講者数分用意する必要がある。しかし、本学科でそのようなコンピュータを準備することは難しい。そこで他人数でも利用できるシステムとして、SystemC と CPLD を用いた VLSI CAD ツール¹⁾ に対し、Web ベースのユーザインタフェースを設計し、2 台のサーバ上で VLSI CAD ツールと組み合わせることにより、Web ブラウザから、ライセンスの範囲内で自由に実習ができる VLSI 設計教育システムを開発した²⁾。

* 広島工業大学工学部電気・デジタルシステム工学科

VLSI 設計教育システムの基本構成を図1に示す。まずハードウェアは、Webサーバ、VNCサーバ、およびSambaを用いたファイルサーバを備えた2台のVLSI CADアプリケーションサーバが、クライアントとして24台のPCとネットワークで接続されている。クライアントのうち6台にはCPLD実験ボードがダウンロードケーブルで接続されている。また、VLSI CAD ライセンスサーバもネットワーク上に用意されている。なお、CPLD実験ボード以外は、学内の任意のPCから利用可能である。

次にソフトウェアは、論理合成 (Synopsys 社 SystemC Compiler), シミュレーション (GNU C++ Compiler), スタンダードセルレイアウト (Synopsys 社 Milkyway, Apollo), CPLD 設計 (Altera 社 MAX+Plus II ワークステーション用) のツールがワークステーションにインストールされている。以下、システムの詳細と、VLSI 設計関連の授業での利用について説明する。

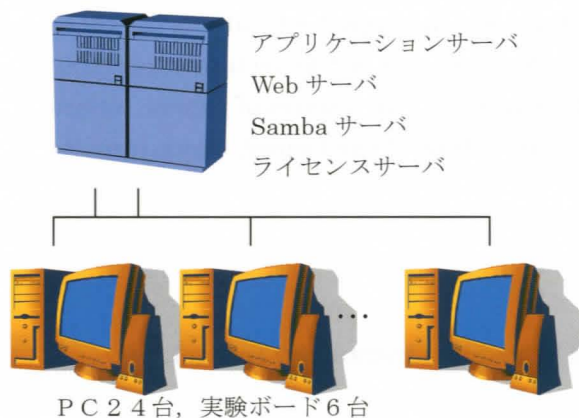


図1 システムの基本構成

2.2 VNC + Java

本システムでは、Webサーバがアプリケーションサーバ上に構築されており、JSPとJava Servlet (Perlで記述したCGIを含む) を用いてアプリケーションを利用する。

まず、SystemC言語で入力ファイルを記述し、実習のWebページからサーバに送る。各アプリケーションはライセンスサーバと通信し、ライセンスの範囲内で起動される。シミュレーション結果や論理合成された回路のネットリストは、実習のページ内のリンクをクリックすることにより、ダウンロードすることができる。

設計された回路図を表示するために、XベースのVNCプロトコルを用いたXvncがアプリケーションサーバ側に用意されている。さらに、VNCビューワとして機能するJava appletもWebサーバ側に用意されているので、クライアントであるPC側では、Webブラウザだけで、生成された回路図などを見ることができる。

2.3 回路設計 (集積回路設計)

4年次前期選択科目の集積回路設計では、60名程度の学生に対し、VLSI設計教育の実習を含む講義を行っている。この授業の一部で、CPLD実験ボード上の1つの7セグメントLEDに、任意のパターンを繰り返し点滅させる回路を設計させている。以下、その内容を簡単に述べる。

まず、ウェブブラウザで集積回路設計のページを開き、SystemCで記述したカウンタ、デコーダ回路のテンプレートをダウンロードする。次にこれを編集してソースファイルを完成させ、サーバに送信する。

さらに、CGIからGNU C++コンパイラを起動してソースファイルをメイクする。このとき、エラーがあればウェブブラウザに表示されるので、ソースファイルを見直す。

そして、CGIから論理合成ツールを起動し、データベースファイル、およびEdif形式のネットリストを生成する。リンクをクリックし、VNCビューワとなるJava Appletをダウンロードすることにより、Xウィンドウのルート画面をビューワ内に表示する。そしてCGIからSynopsys社Design Visionを起動してデータベースファイルを読み込み、合成された回路図を表示する。図2にXウィンドウのルート画面上に生成された、7セグメントLEDに、任意のパターンを繰り返し点滅させる回路の回路図を示す。

最後にEDIF形式のネットリストをPCにダウンロードし、CPLD設計ソフトを用いて、実際に実験ボード上のCPLDに設計した回路を書き込む。自分の設計したとおり7セグメントLEDの各セグメントが点滅するかどうかを確認し、設計どおりの動作であれば実習を終了する。

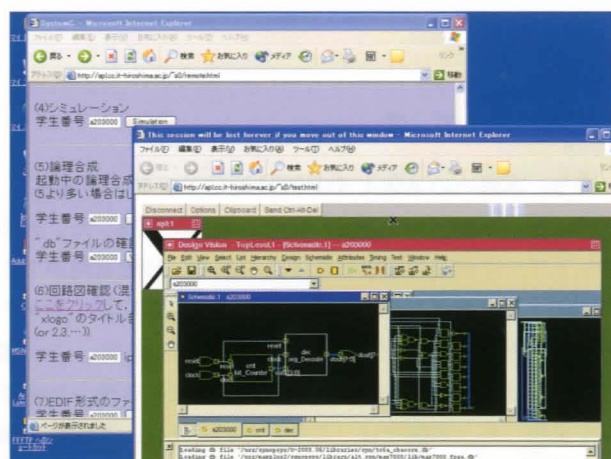


図2 回路図の表示

2.4 レイアウト設計 (卒業研究)

開発したシステムの確認を兼ねて、卒業研究でSystemCを用いた3次元スイッチボックスルータを設計した。ルータは2次元の迷路法に基づき、これを3次元に

拡張し、さらに絶縁層を貫通するビアのコストも考慮した。各配線にはソースとシンクの2端子が与えられ、配線領域を表す3次元立方格子内での重なりのない経路を求める。

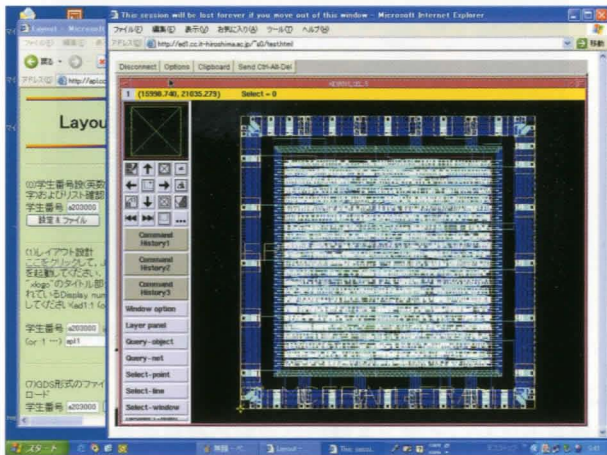


図3 チップレイアウト

設計した回路では、各3次元立方格子に1つのセルが対応する。X、Y方向とZ方向ではコストが異なるため、信号を受け取るタイミングをずらせる必要がある。

開発した Web ベースシステム上で、SystemC で記述した回路について、まず GNU C++ コンパイラを用いてシミュレーションを行った。次に論理合成を行い、得られたネットリストを Edif 形式で出力した。さらにそのネットリストを自動レイアウトツールを用いてスタンダードセル方式のマスクレイアウトを作成した。図3に合成された最終的なマスクレイアウトを示す。

得られたマスクレイアウトを東京大学大規模集積システム設計教育研究センター(以降、VDEC と呼ぶ)に送り、チップとして試作を行った。試作したチップはオンセミコンダクタ製、CMOS、1.2 ミクロンルール(日本モトローラ株式会社)で、ポリシリコン2層、メタル配線2層、レイアウト方式はスタンダードセルを用いている。7.3mm 角のチップに 26,780 個トランジスタが集積されている。

昨年度は、試作チップを載せるプリント基板も設計できるようシステムを拡張した。

2.5 自動配線アルゴリズム(集積回路設計)

集積回路設計では、上記の設計実習の他に、VLSI のレイアウト設計に用いられる基本的なアルゴリズムについても学ぶ。VLSI のレイアウト設計は、配置設計と配線設計から構成されるが、ここでは、基本的な配線アルゴリズムに基づいて作成した多層チャンネルルータをサーバ上で動かす、レイアウト結果をブラウザで見ることが出来る環境を新たに構築し、システムを拡張した³⁾(図4参照)。

設計されたデータは数値の列なので、3次元グラフィッ

クスを用いて可視化している。現在、これをさらに裸眼で立体視できるシステムの開発を進めている。

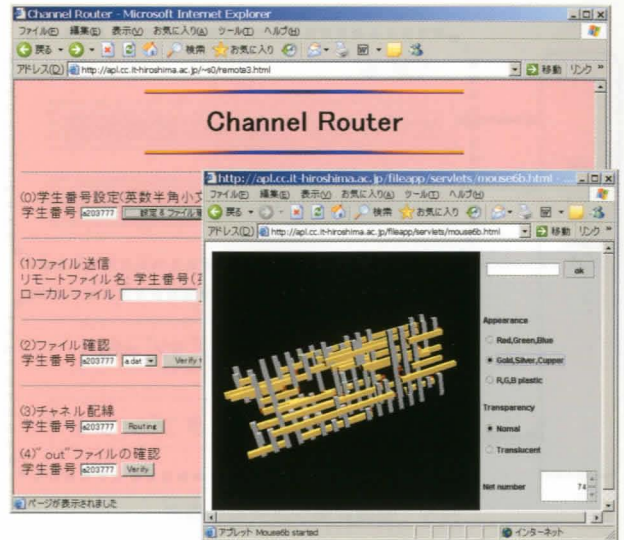


図4 配線アルゴリズム

3. 遠隔計測実験システム

3.1 システム概要

電気系や情報系の坐学講義では講義中に色々な電気信号や電気回路、デジタルデータ処理方法などを学ぶ。しかし、受講学生は電気工学の理屈として学んでいるが、実際にその信号波形を観察する機会がない。講義中に学ぶ各種回路や信号波形を、その講義中にリアルタイムに観察できる講義用遠隔計測実験システムを検討した。今回実現した計測システムは以下である。⁴⁾

(1) 光ディスク記録再生波形計測

通信工学における伝送路では、情報の高速伝送化のための情報源符号化、情報の高信頼性化のための通信路符号化、そして実際の伝送路での変調と復調、通信路での信号対ノイズ比率、データ誤り率、再生データのジッタなどを学ぶ。今回、模擬伝送路として光ディスク装置へのデータ記録再生系を検討した。データを伝送路符号に変換し、記録再生を行ってそのデータを計測するシステムである。

(2) 任意波形の回路応答波形計測

講義室のタブレットで任意信号を作成し研究室の PC に伝送し、その PC から実際の任意波形を発生させ、その信号を選択された回路に入力し、その応答波形を計測し観察する。

システム構成図を図5に示した。構内 LAN を介して講義室のクライアント PC から2個所の計測 PC を制御する。サーバー、クライアント PC は全て LAN で結合されている。汎用計測器群は GPIB ケーブルないし LAN 端子(TCP/IP)にて計測用 PC と結合している。講義室のクライアント

PCは遠隔操作ソフト（VNCあるいはpcanywhere）にて計測器用PCを操作する。

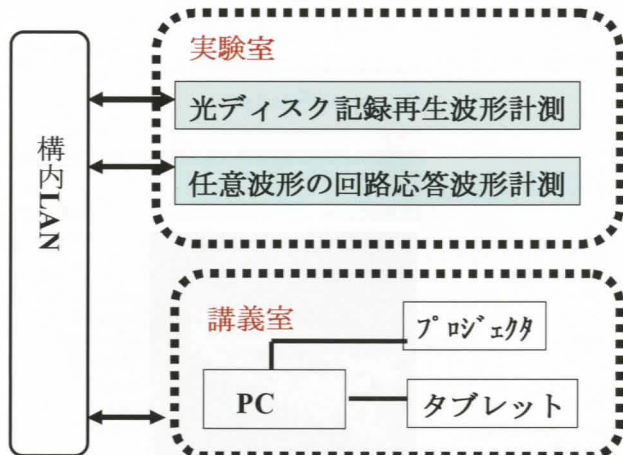


図5 遠隔計測システムの構成

3.2 光ディスク評価機を用いた各種信号の計測

情報システムの伝送路を模擬する光ディスク記録再生機と入出力信号の測定情報の伝送に関して、発生データ、符号化データ、伝送データ、および、再生信号のアイパターン波形、周波数スペクトラム、再生検出ジッタを観察し計測する。さらに検出ジッタから、この伝送系の誤り率を計算することが出来る。図6に光ディスク記録再生波形計測システムの構成を示した。信号の流れは以下である。

- (1) まずC言語で記録符号データ作成する。
- (2) 記録符号を VEE 計測器制御ソフトで GP-IB インタフェースを介してパルスジェネレータに送る。
- (3) データ速度を設定し、最適なパルス信号として CD-RW 記録評価機にデータを書き込む。
- (4) 再生信号をスペクトラムアナライザ、デジタルオシロスコープ、ジッタ測定器に取り込み、信号解析を行う。図7に計測された光ディスク RF 波形例を示す。

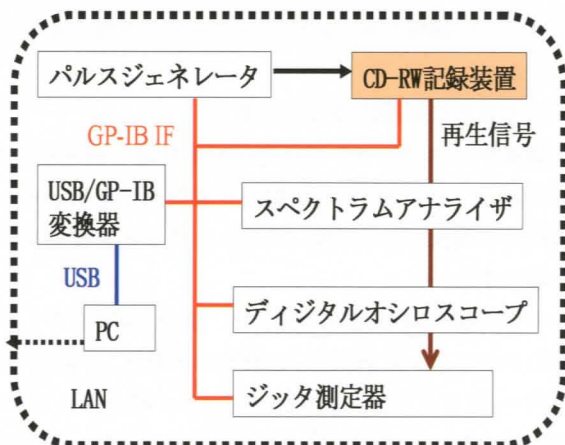


図6 光ディスク記録再生波形計測

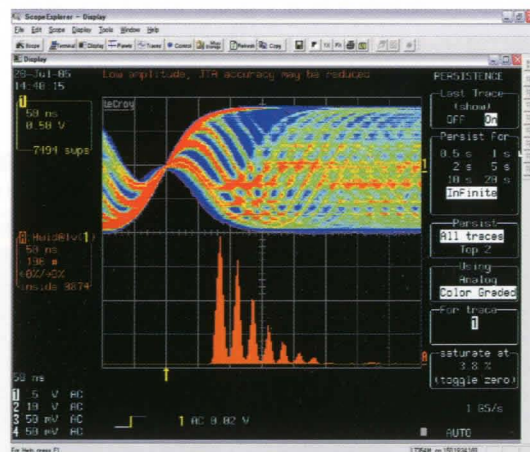


図7 光ディスク再生 RF 波形と検出ジッタ波形

3.3 任意波形の回路応答波形計測

講義中において学ぶ各種信号波形や信号変換回路を、その場で実際に観察できる講義用遠隔計測システムを検討した。講義で学ぶ各種電気回路の伝達応答を実験室の実際の装置の信号波形を使って実験し、それを講義場所で観察する講義支援システムである。測定に用いる検査信号は講義室 PC のタブレットで任意の波形を描く。この波形データを実験室に送り、実験室の任意波形発生器からタブレット波形を実際の信号波形として発生させる。この実信号を入力信号として、適時選択回路に入力し、その入出力信号波形をデジタルオシロスコープで計測し観察を行う。講義室から学内 LAN を介して実験室の汎用機器を制御することにより、より効果的な講義が可能となる。図8に試作システムの構成を示す。

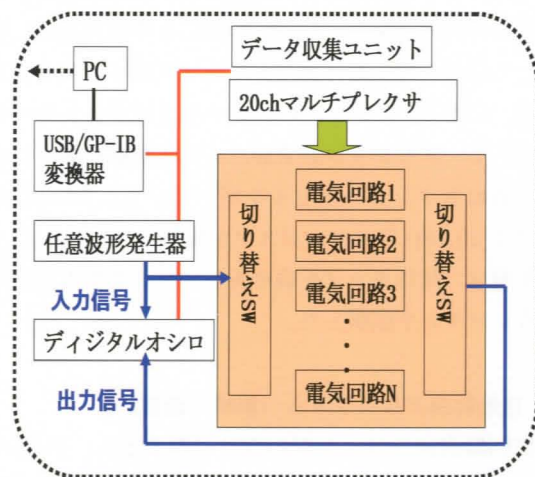


図8 任意波形の回路応答波形計測

3.4 VEE プログラミング（卒業研究）

計測器の制御は Agilent 社が提供しているグラフィカルプログラミング言語 VEE を使用した。テスト&計測アプリケーションおよびオペレータ・インターフェースを備え

たプログラム構築目的として最適化されたグラフィカルなプログラム言語で、メニューからオブジェクトを選択し、それらを接続することによって作成される。プログラムはオブジェクトと呼ばれるプログラム要素で構築され、オブジェクトとは VEE プログラムの構成単位であり、I/O 操作、分析、表示など 5 種類のさまざまな機能を実行する。

信号の波形観測にはデジタルオシロ 54621A を用いた。ソースプログラム例を図 9 に示す。

3.5 電気回路部 (卒業研究)

電気回路部は講義で学ぶ約 20 個程度の各種電気回路を作成しておく。講義室 PC からこの回路を適時選択し、信号源からの信号を入力し、その応答波形をデジタルオシロに取り込む。データ収集ユニットとして、34970A を使用し、20ch マルチプレクサボードとして 34903A ユニットを使用した。このシステムは VEE ソフトと組み合わせることにより任意の多機能な自動測定が可能となる。

測定点の切り替え制御ラインにより選択された電気回路に、任意波形発生器からの信号を供給する。電気回路部は 20 回路を切り替える構成にし、マルチプレクサ 34903A からの制御信号ラインと信号発生器からの入力信号と出力信号で構成した。

なお、電気回路部に使用する回路として、微分回路、積分回路、クランプ回路、半波整流器、全波整流器、各種フィルタ回路 (LPF,HPF,BPF)、コンパレータ回路、増幅器、各種ロジック回路などを製作中である。

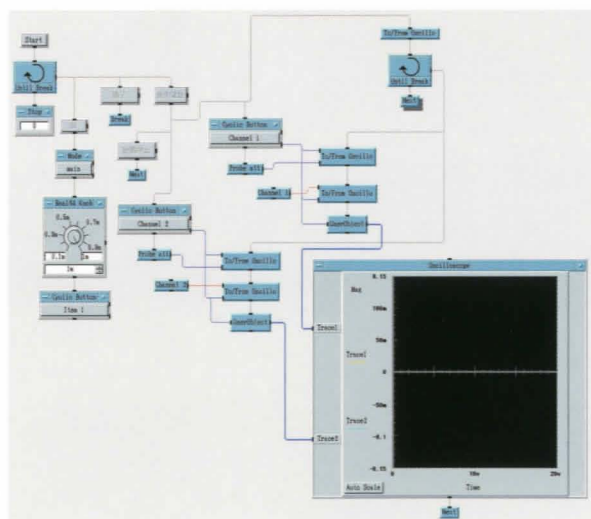


図 9 VEE ソースプログラム例

4. 物理シミュレーションシステム

4.1 開発の背景と目的

物理学の修得において最も重要なことは物理現象の動的なイメージを定着させることである。このことが物理の理

解を促進させるとともに、科学技術のどの分野においても通用する基礎力となる。ところが、直感的イメージを持つことができない学生が増加する傾向にある。とくに、直接目にすることができない電磁場や量子力学的な運動ではなおさら困難になるが、このような分野ではイメージを持つことの重要性がより一層高まる。そこで、本研究では、物理教育の補助として、様々な現象を Web 上で可視化するための「物理シミュレーションシステム」を Java Applet を用いて開発した。学生はどこからでも自学自習できる。⁵⁾

4.2 システムの構成

オブジェクト指向技術を用いて、基礎物理学 I, II の授業内容である「力学」についての Applet を作成するシステムを完成させた。ここでは、オブジェクト指向の利点を活用して、力学における様々な物象をシミュレーション化するために必要となる共通のクラスを解析し作成した。

主なクラスは、物体基底クラス、力基底クラスである。学生が PC 上で解くいろいろな問題の Applet は、これらのクラスを継承して作られている。クラス間の相関、継承関係を図 10 に示す。なお、システム設計と Applet の開発は、電気・デジタルシステム工学科の卒業研究のひとつとして行われている。

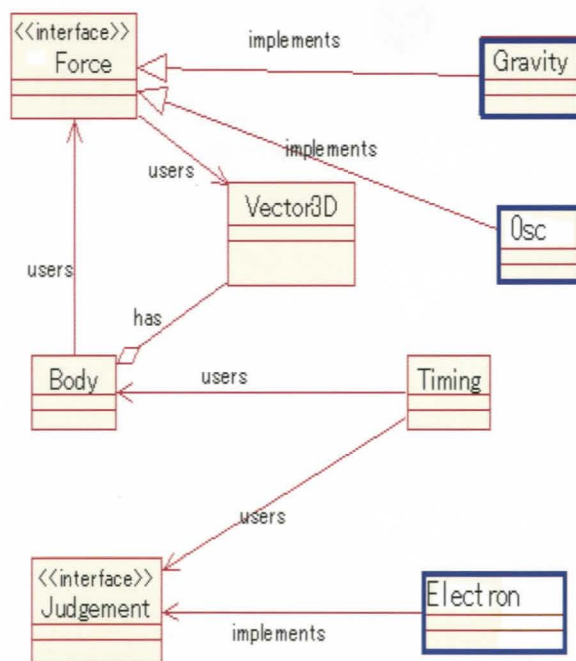


図 10 Applet の構成

4.3 Applet

各々の Applet は問題形式で与えられている。学生は、画面に現れる問題を読み、それに対する解答 (数値) を求める。自分の解答の正誤を確認するために、計算結果の値を画面の数値入力ボックスに書き込み、Applet をスター

トさせる。PC上では、物体が代入された値の下での運動を行い、学生はその運動を観察する。その結果、自分の解答の正誤を判定する。

具体例として、人工衛星を地球の周回軌道にのせるための、人工衛星のエネルギーを求める問題を図11に示す。

人工衛星は左上の代入ボックスに書きこまれた値に応じた運動を行い、地球への墜落、周回軌道、無限遠への飛び去りに対して、それぞれ“Crash”, “Success”, “Miss”が表示される。

このAppletでは、物体基底クラスを継承して「地球」および「人工衛星」を作成しており、力基底クラスを継承して「万有引力」を作成した。

これまでに作成しているその他の力は、「一様重力」、「バネの復元力」,[Coulomb力],「抵抗力」などである。それらの力を受けて運動する物体のAppletが数多く作成されている。また、力学だけでなく、波動現象に対するApplet, 量子力学に対するAppletも作成されている。

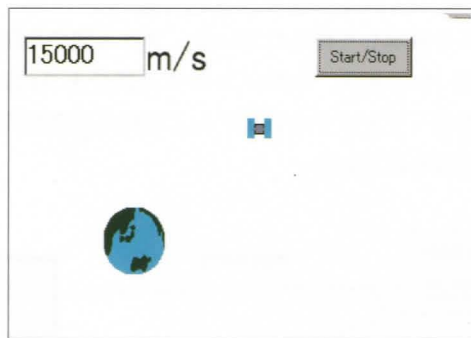


図11 Applet例

5. あとがき

本稿では、著者らがここ数年にわたって開発し、Webを利用した「講義支援」のテーマで実施した、①VLSI設計教育システム、②遠隔計測実験システム、③仮想物理学実験システムに関してその概要を報告した。これらのシステムは、現在、多くの講義や実験で実際に使われており、一部はこれから使われる予定となっている。

参 考 文 献

- 1) 大村道郎, 鈴木貴, 古川輝雄, 永田武, “SystemCとCPLDを用いたLSI設計教育システム”, 平成15年電気学会全国大会, 第1分冊, p.2 (2003).
- 2) 大村道郎, 古川輝雄, 永田武, 鈴木貴, “WebベースVLSI設計教育システムの開発”, 平成16年電気学会全国大会, 第1分冊 p.10 (2004).
- 3) 大村道郎, 脇田英治, 古川輝雄, 永田武, 鈴木貴, “WebベースVLSI設計教育システムの拡張”, 平成17年電気学会全国大会, 第1分冊, p.5 (2005).
- 4) 古川輝雄, 永田武, 大村道郎, 鈴木貴, “講義用遠隔計測システムの一検討”, 平成15年電気学会全国大会, 第1分冊, p.3 (2003).
- 5) 鈴木貴, 古川輝雄, 永田武, 大村道郎, “Java Appletを用いた物理教育システムの構築”, 平成16年電気学会全国大会, 第1分冊, p.9 (2004).