

シミュレーションと実験キットを連携した教材の評価

穴戸 倫歩¹⁾・相川 直幸²⁾・西田 保幸²⁾・森 幸男³⁾

工学を学ぶ学習者（特に初学者）にとって、工学的モデルの「動き」を直感的に理解させることが重要である。そこで、著者らはアニメーション効果を用いたWWW（World Wide Web）シミュレータ教材と実際の「もの」に触れることが可能な実験キットを連携したiCASS（interactive Circuits And Systems Seminar）を開発してきた。本稿では、WWWシミュレータのみの教材と、実験キットとWWWシミュレータを連携させた教材の両方を実際に学習者に使用してもらい、アンケートによる主観評価を行う。この結果、iCASSは実際に「もの」に触れることができ、実験学習のように工学的モデルの「動き」を体感することで、学習者の理解向上を促す教材であることを示す。また、本稿で提案するiCASSは、実験キットに計測器を接続可能であり、その時に得られた回路特性と、実験キットとWWWシミュレータを連携した時の回路特性がなるべく同等となるようにしている。このことで、シミュレーション教材の「うそ臭さ」を解消している。iCASSは<http://www.sia.co.jp/~icass/index.html>で閲覧可能である。

キーワード

実験キット, WWWシミュレータ, アニメーション効果, 工学的モデルの「動き」

1. はじめに

工学を学ぶ学習者（ここでは初学者を対象としている）にとって、工学的モデルの「動き」（物理現象）を直感的に理解させることが、科学技術的知識やセンスの修得につながり、以降の学習効果に大きく関係すると考えられる。しかしながら、教室での黒板を用いた講義では、静止画での描画が主となるばかりではなく、教師の描画力の問題や工学的モデルの「動き」を書き直す時間等の問題があり、学習者の理解に偏りが生じてしまう。そのため、従来、電気電子工学分野において、工学的モデルの「動き」の理解を促すために、実験学習による体験的な学習を実施している。この実験学習におけるメリットは、工学的モデルの「動き」を体感できるだけではなく、

- (1) 「準備」、「製作」、「検証」、「考察」といった「ものづくり」に通じるセンスが養える。
- (2) 抽象的物理現象を定量的に捉え、他人に伝えるようにデータとしてまとめる能力を養える。

もある。

一方、物理現象を扱う実験学習であるが故に、

- (1) 多くの拘束時間が消費される。

- (2) 学習者自身が手軽に実験学習を実施し、独習することが困難である。

という問題がある。

これらの問題点を解消できる学習法としてシミュレーション学習がある。これは、工学的モデルの「動き」を描画できるだけでなく、実験学習のような過大な拘束時間を費やさない特徴を持つ。また、近年、Personal Computer（以下PCとする）によるInformation Technology（以下ITとする）環境が整備され、Ethernetを用いてマルチプラットフォーム上で動作できるシミュレーション教材が数多く提案されている（Matsuda & Shindo, 2006; Pilar Martínez-Jiménez・Marta Varo-Martínez, Gerardo Pedros Perez・M. del Carmen García Martínez, et al., 2006）。さらに、これらの教材はEthernetを利用しているので、時と場所を選ぶことなく学習が可能となり、独習ツールとしての利用も可能である。しかしながら、WWWシミュレータは実験学習のように、直接「もの」に触れることができないという欠点がある。そこで、Shishido・Mori・Aikawa et al., (2006) は、実験キットとWorld Wide Web（以下WWWとする）シミュレータを連携させた教材interactive Circuits And Systems Seminar（以下iCASSとする）を提案している。この教材は、電気電子工学の基礎科目である「電気回路」を対象として開発を行っている。また、この教材は、インタラクティブ性とアニメーション効果を積極的に利用しており、従来のシミュレーションツールと同様に教育補助ツールまたは

¹⁾ 日本大学大学院工学研究科 電気電子工学専攻

²⁾ 日本大学工学部 電気電子工学科

³⁾ サレジオ工業高等専門学校 電子工学科

独習ツールとして用いることができる。さらに、Shishido et al.は、従来の黒板を使用した学習法と iCASS の WWW シミュレータのみを使用した教材との比較を行い、iCASS の有効性を示している。しかしながら、実験キットと WWW シミュレータを連携した教材の評価は行っていない。

そこで、本稿では、電気回路を学習した大学4年生10名に対して、実験キットと WWW シミュレーションを連携させた教材と、WWW シミュレーションのみの教材の両方を実際に使用してもらいアンケートによる主観評価を行う。この主観評価では、実験環境との近さ、理解のしやすさ、興味付けに関する効果を調べた。尚、実験キットと WWW シミュレータを連携させた教材は、実験学習と同様に、直接「もの」に触れることができ、シミュレータのように瞬時に回路特性を WWW 画面上に表示することが可能となる。すなわち、実験学習で問題となる回路特性のプロット等による拘束時間を短縮することができる。また、「もの」に触れることで学習者は「電気回路」への興味を仮想のシミュレーションよりも強く持つと考えられる。さらに、提案する実験キットは、実験キット単体でオシロスコープや発振器などの計測器と接続し、従来の実験学習と同じように行うこともできる。このとき、提案する iCASS は、WWW シミュレータと実験キットを連携させた時に得られる特性と計測器を用いた時の特性がなるべく同等となるようにしている。これにより、シミュレーションの「うそ臭さ」を解消する。最後に、提案する iCASS を実際に学習者に使用してもらい、興味付けの効果を示す。

2. iCASS の構成

iCASS のシステム構成は、図1に示すように、使用者エリアである WWW シミュレータ、教材コンテンツを提供するためのコンテンツサーバー、実験環境を構築することのできる実験キットの3要素で構成されている。また、それら3要素はインターネット環境を用いて運用するため、Ethernetで接続する。

2.1 WWW シミュレータ

iCASS の WWW シミュレータは従来の IT 環境を用いた教材 (Maria Grigoriadou・Evangelos Kanidis・Agoritsa, 2006; Jessica Masters・Tara M. Madhyastha・Ali Shakouri, 2005) と同様に WWW システムを用いているため、インターネットが使用できる環境であれば時と場所を選ばず、学習者自身のペースで納得のいくまで学習できる環境となっている。以下にシミュレータの特徴を示す。

① 工学的モデルの「動き」の可視化

従来の黒板を用いた講義では、静止画での描画が主となっており、学習者は工学的モデルの「動き」を直感的

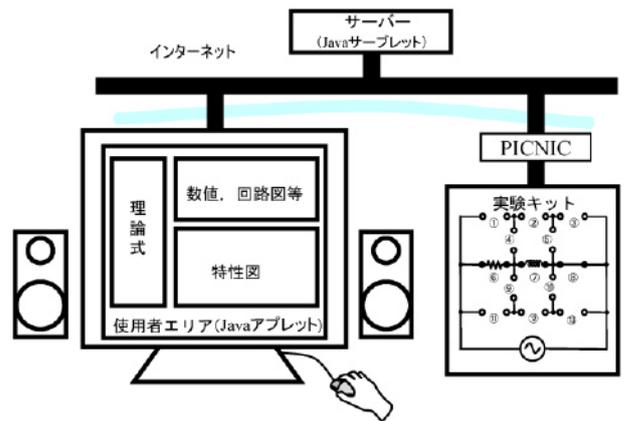


図1 iCASSのシステム構成



(a) 上面 (b) 側面

図2 実験キット

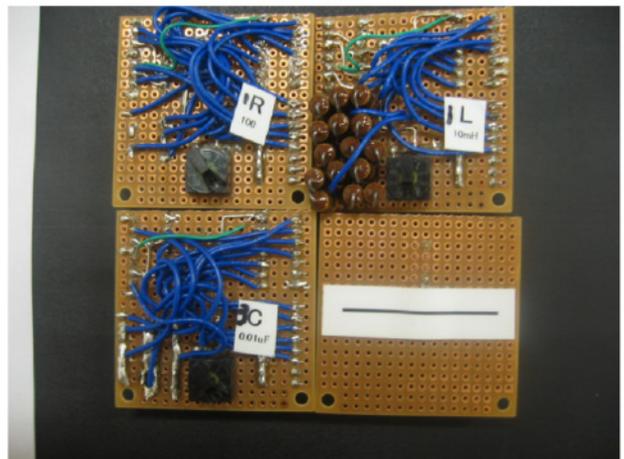


図3 素子ユニット

に理解することが困難となり、以降の学習に影響を与えてしまう。そこで、WWW シミュレータでは、工学的モデルの「動き」を可視化するためにアニメーション効果を用いて、「動き」を学習者に直感的に伝える。また、モデルのパラメータ変更は Graphical User Interface (以下 GUI とする) を用いて行い直感的に理解させるようにしている。例えば、回路素子の変化は素子の大きさに対応しており、素子を大きくすれば素子値が大きくなるというように、直感的に理解できるようにしている。

② 「音」の効果

工学的モデルの「動き」は目で見るだけでなく、「動

き」の変化に伴う要素を「音」で表現することで、さらなる学習効果があると考えられる。例えば、ラジオの局選択は、共振周波数を変えることによって行われる。したがって、共振周波数や共振の鋭さなど特性の変化（「動き」）により、「音の大きさ」、「音の種類」や「音の混信状態」が変わるといような、「音」を用いて現象を表現することにより、より現実に近いシミュレータとなると考える。その結果、学習者の工学に対する興味付けが増し、効率的に工学的センスや知識を修得できると考えられる。

③ シミュレーション値

学習者が直感的に理解できる工学的モデルの「動き」を描画するだけでなく、コンテンツ内で理論式を用いて正しく解いた結果をシミュレーション値として表示している。素子値を素子の大きさと表現しているが、変化する物理量までもデフォルトした値にしては、学習者に対して間違った知識を与えてしまう恐れがあるため、シミュレーション結果は実際の値を用いることで、これを回避している。すなわち、iCASSでのシミュレーションによって得られる結果は理論式に基づいた結果なので、簡易的な Electronic Design Automation(以下EDAとする)ツールとして利用できることを意味している。

2.2 コンテンツサーバー

WWWシミュレータは、従来のIT環境を利用した教材と同様にWWWシステムを利用して配信することによって、学習者各自の環境で動作できるようにする。また、マルチプラットフォームでインタラクティブ性とアニメーション効果を実現するために、Java言語を利用する。中でも、Java Appletは容易にGUI環境を構築でき、かつ各種ブラウザで標準的に利用できるという特徴があるので、本教材はJava Appletを利用して作成している。しかしながら、Java Appletが外部との通信を制限するセキュリティを使用しているため、従来のサーバー環境ではWWWシミュレータと実験キットを連携させた教材を動作させることができない。そこで、コンテンツサーバーにJavaサーブレットプログラムを組み込むことで、WWWシミュレータと実験キットとの通信を可能にしている。

2.3 実験キット

実験キットは図2(a)にあるソケットに、各素子ユニット(R, L, C, 短絡線)を差し込み、発振器やオシロスコープなどの計測器を接続することで、実際の実験学習として用いることもできる。さらに、提案するiCASSで

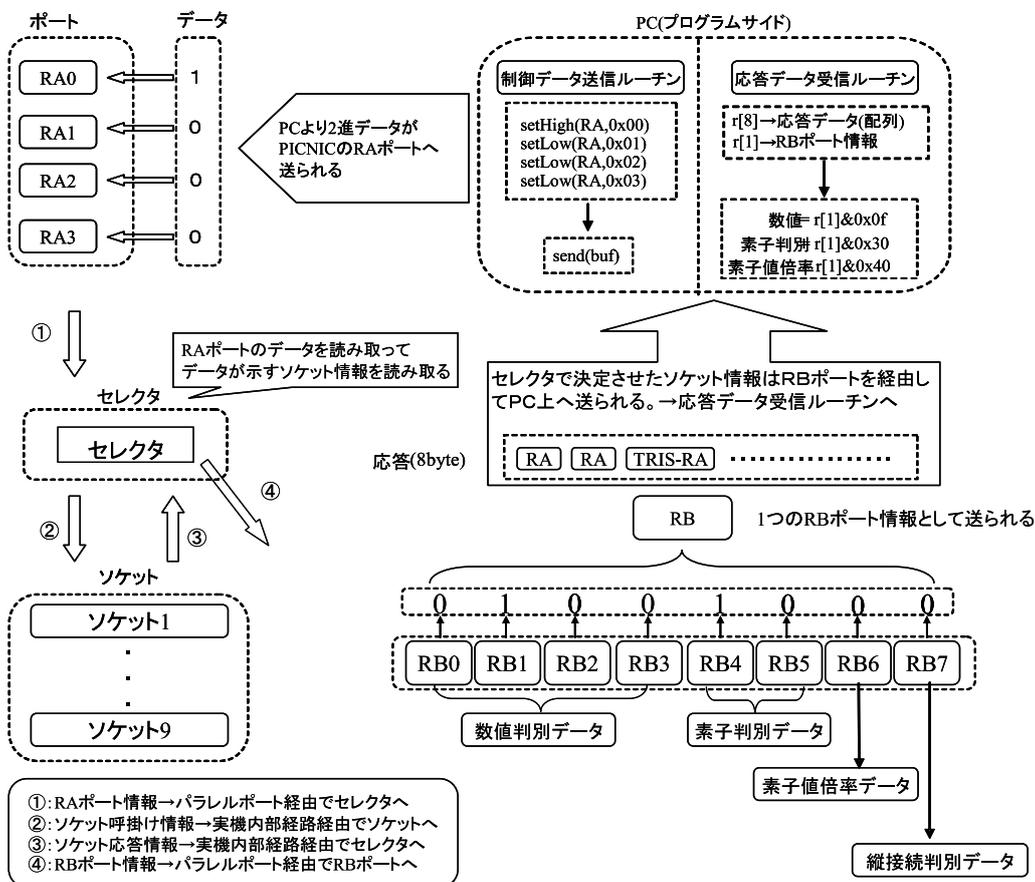


図4 PICNICとEthernetの通信データ流れ図

は、図2(b)にある Ethernet 端子を介して実験キットと WWW シミュレータ間の通信を行い、瞬時に回路状態や特性を WWW シミュレータに反映可能である。また、素子ユニット (図3を参照) には、素子値を変更させるためのロータリースイッチを設けることで操作を簡易にしている。以下に、WWW シミュレータと通信するための方法を示す。

① 素子データ情報の流れ

実験キットと Ethernet との接続のために、Network Interface Card using Peripheral Interface Controller (以下 PICNIC とする) を用いて、WWW シミュレータとの連携を行っており、連携データの流れは図4に示すようになる。ここで、実験キット上の9ソケットのうち、どのソケット情報を読み込むかを決定するために4ビットの RA ポートを用いている。また、素子の種類や素子値を決定するために8ビットの RB ポートを用いている。RB ポート情報の詳細として、素子値の変更はロータリースイッチを用いて10段階に変化可能とするために、RB0 ~ RB3 の4ビットを割り当てている。また、素子ユニットの種類は図3に示したように、抵抗、インダクタ、キャパシタ、短絡線の4種類なので、RB4・RB5の2ビットを割り当て、倍率の違う素子を扱うために、RB6の1ビットを割り当てている。また、今回の実験キットには用いていないが、RB7の1ビットを縦接続用として割り当て

ている。以下に連携データの送受信の流れについて詳述する。

- ① 制御データ送信ルーチンより、実験キット上のソケット1を読み込むための2進データがPICNICのRAポートへ送られる。
- ② RAポートに送られたデータにより、セレクトがソケット1とRBポートを接続する。
- ③ RBポートの値をPCの応答データ受信ルーチンにより読み取り、その値を元にWWWシミュレータが動作する。
- ④ ソケット2に対して、①~③の手順を行い順次、ソケット9まで行う。
- ⑤ 常に、実験キットのソケット情報を監視するために①~④までの工程を繰り返す。

ここで、素子ユニットの素子の種類や素子値は、実験キットがなんらかの方法を用いて計測し、WWWシミュレータへデータを送っていないことに注意してもらいたい。すなわち、提案法では、あらかじめ素子ユニット単体を計測した値を、RB0~RB3の4ビットで表している。したがって、WWWシミュレータ上に表示されている諸特性は、実際の素子値を使って理論計算しているのもので、実際の実験学習で得られた諸特性と同じになる。

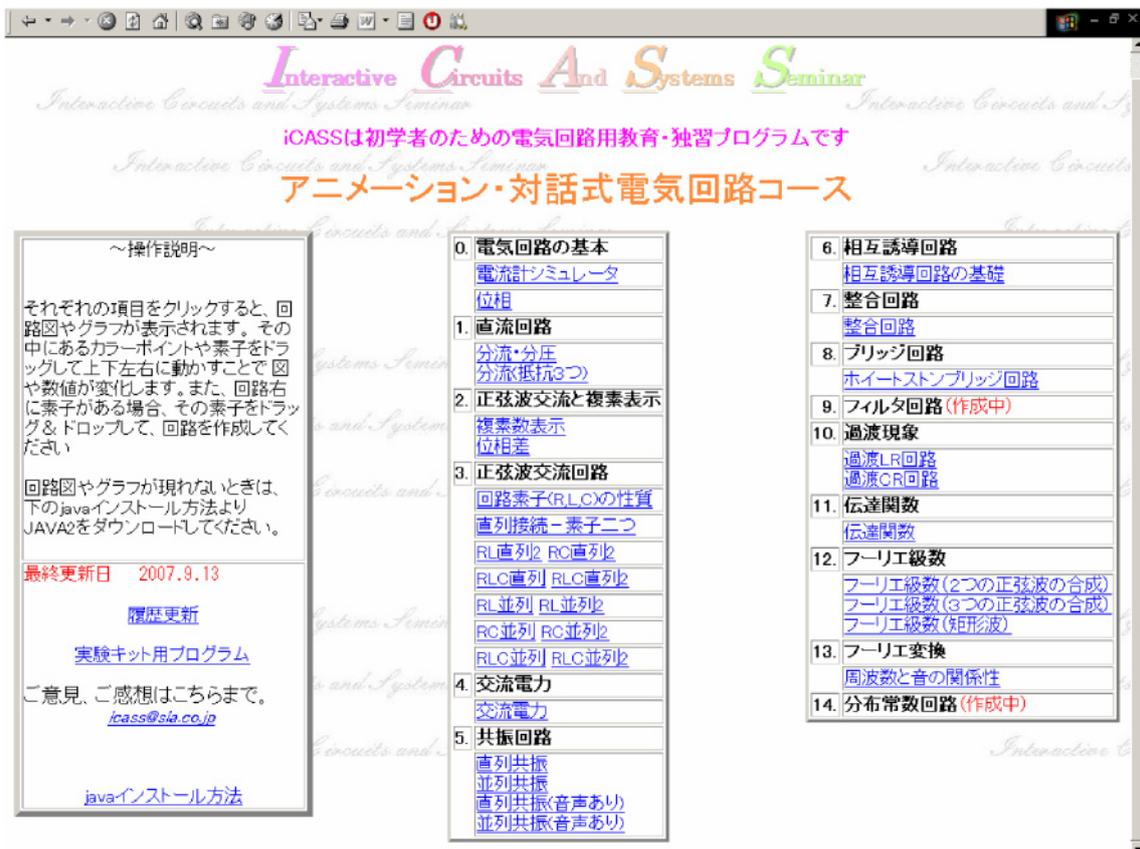


図5 iCASSのホームページトップ画面

3. iCASS コンテンツ例

iCASSは「電気回路」用教育支援教材であり、講義補助と独習ツールとしての利用が可能となっている。そのため、図5に示すように、「電気回路」を学ぶ際の重要項目である14章をiCASSのコンテンツとして取り上げ

ている。以下に、WWWシミュレータ教材の使用例とWWWシミュレータと実験キットを連携させた教材の使用例を示す。

3.1 WWWシミュレータ教材の使用例

交流電力特性のWWWシミュレータ教材例を図6、図7に示している。図6は、WWWシミュレータを動作さ

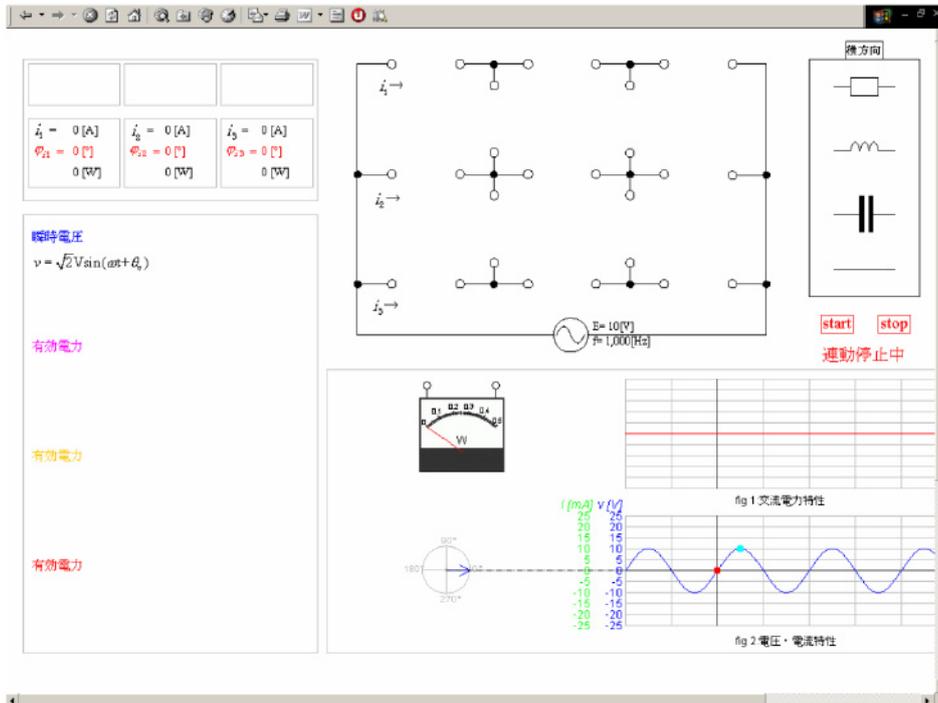


図6 交流電力特性図－初期画面

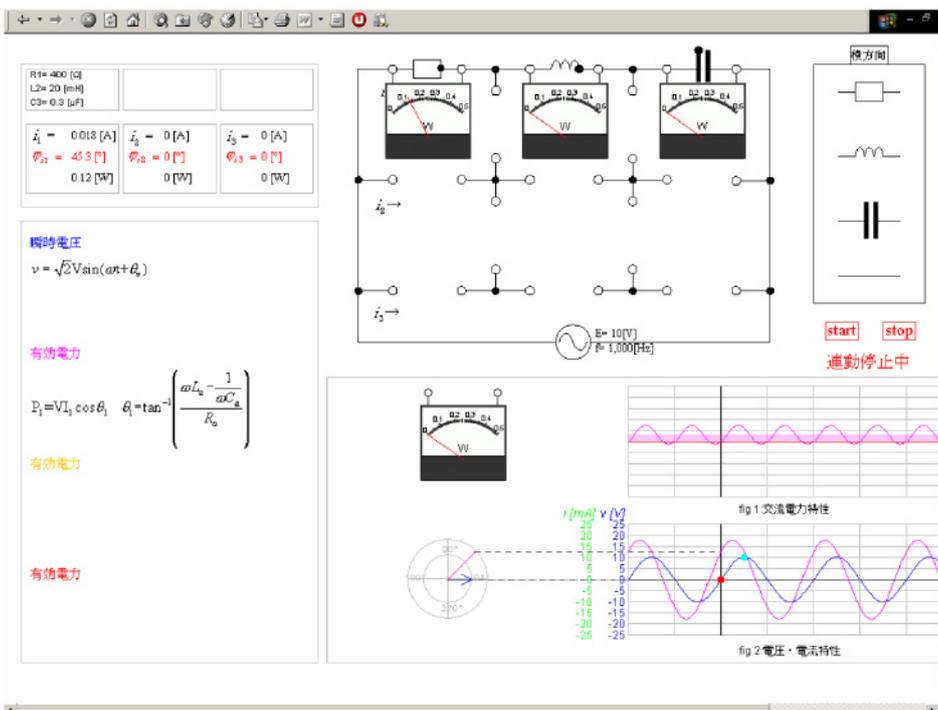


図7 交流電力特性図－回路成立状態

せたときの初期の画面であり、図7は実際に以下に示すような工程で回路を作り、交流電力の特性を示している。

- ① 右側にある素子選択ボックスから任意の素子をマウスで選択し左クリックする。
- ② それを、回路上にドラッグ&ドロップすることによって選択した素子を挿し込む。
- ③ ①、②と同様の操作を行い、回路が完成すると、画面上に瞬時電流波形、瞬時電圧波形、瞬時電力特性、ベクトル図、理論式、有効電力値が表示される。(図7参照)
- ④ 各素子値にある操作ポインタ(●印)をドラッグすることによって、素子値を変更でき、それにより、各特性も変化する。また、特性上の操作ポインタ(●印)をドラッグすることにより、電流の大きさや位相を変更できる。
- ⑤ 瞬時電力特性の左側にある電力計を抵抗部に接続することによって、その抵抗が消費する電力量を表示できる。
- ⑥ 素子や電力計をダブルクリックすることによって、回路から取り外すことができる。

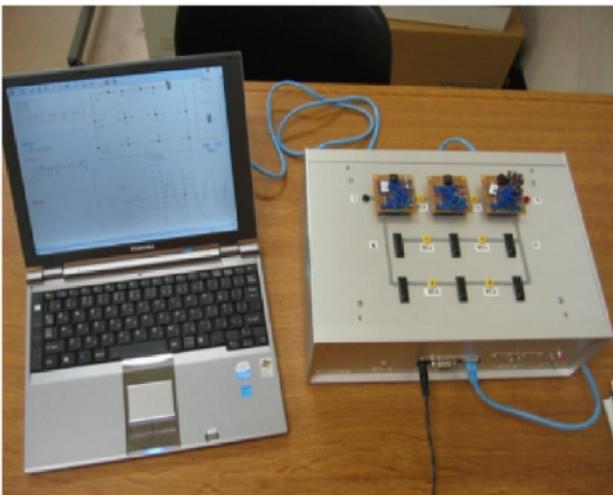
このように動作させることによって交流電力特性を得ることができ、学習者は、交流電力特性を視覚的に確認できる。また、素子値を変化させたとき、瞬時電流波形、瞬時電圧波形、瞬時電力波形、ベクトル図、有効電力値が瞬時に描画されるので、素子値の変更による特性の変化の様子が確認できる。特に、個々の素子値と瞬時電流波形と瞬時電圧波形との位相差の関係や有効電力の変化の様子が視覚的に理解できる。また、画面上にある電力計を抵抗素子端子に接続することによって、その抵抗素子で消費する有効電力量も視覚的に理解できる。

3.2 WWWシミュレータと実験キットを連携させた教材の使用例

WWWシミュレータと実験キットを連携した教材では、実験キットに素子ユニットを差し込むことによって、PCの画面上にその回路状態が表示される。また、実験キットの回路状態を変更した時も、WWWシミュレータ上にその回路状態が反映され、回路特性を瞬時に表示する。つまり、実験学習での回路製作や素子値の変更、回路特性のプロット作業等によって多くの拘束時間を費やしてしまう問題を、WWWシミュレータ上に回路特性を表示することで解消できる。これらの動作説明を以下に示す。

- ① WWWシミュレータと実験キットを連動開始させるために、画面上にあるStartをマウスにより左クリックする。
- ② 実験キットに任意の素子ユニットを接続することで、その素子がWWWシミュレータ画面上に表示される。
- ③ 回路が成立状態となると、その回路特性が瞬時に表示される。さらに、素子ユニットのロータリースイッチを変化させると、変化した素子値がWWWシミュレータ画面上に反映され、回路特性が瞬時に表示される。
- ④ 素子ユニットを実験キット上から取り外すと、WWWシミュレータ画面上では素子が取り外された状態となる。

このように、WWWシミュレータと実験キットを連携させた教材として学習させることで、実際の実験環境を構築できるので学習者は興味を持って、「電気回路」を理解できる。しかしながら、本当に実際の実験環境を構築できているのか疑問を持つ学習者もいると考えられ



(a) 実験キットとWWWシミュレータを連携させた教材



(b) 実験キットに実際の計測器を接続させた特性図

図8 実験キットを用いた学習

る。そこで、図8(b)に示すように、実験キットに計測器を接続することで、実際の特性を得ることができる。この回路特性と、図8(a)に示すように実験キットとWWWシミュレータを連携させた教材で得られた回路特性がなるべく同等となることで、実験キットとWWWシミュレータを連携した教材の「うそ臭さ」を解消できる。

4. 評価・結果

実験キットとWWWシミュレータを連携させた教材の有効性を示すために、WWWシミュレータのみの学習と、WWWシミュレータと実験キットを連携させた場合とで、学習者への興味付けの度合いを比較した。被験者として、日本大学工学部電気電子工学科の大学4年生10名に協力してもらった。評価に用いたコンテンツは、電圧・電流回路特性、交流電力特性、共振回路の3項目である。具体的な内容は以下の通りである。

- ① WWWシミュレータのみの教材を用いるための操作方法を実際に学生に触らせながら講師が説明した。
- ② 学生には、電圧・電流回路特性、交流電力特性、共振回路のいずれかのコンテンツを選択させ、その選択した回路の特性が意図する現象を講師が説明した。次にコンテンツを変更させて、同様に講師が、そのコンテンツに関する説明をした。
- ③ 実験キットとWWWシミュレータを連携した教材

の操作方法を講師が説明した。

- ④ ②と同様に学生は、電圧・電流回路特性、交流電力特性、共振回路のいずれかのコンテンツを選択させ、その選択した回路の特性が意図する現象を講師が説明した。次にコンテンツを変更させて、同様に講師が、そのコンテンツに関する説明をした。
- ⑤ 表1のようなアンケートを採り、実験キットとWWWシミュレータとを連携させた教材が持つイメージを5段階評価で記入させた。評価基準として、5が最も良く、1が最も悪い。
- ⑥ 実験キットに触った感想を自由に記述させた。その結果の一部を表2に示す。

表1の質問1より、実験キットとWWWシミュレータを連携させた教材は、実際の実験学習環境を引き継いでいると思うという回答結果が得られた。さらに、質問3より、WWWシミュレータのみの教材よりも、実験キットとWWWシミュレータとを連携させた教材が、より実験学習環境に近いと思うという回答結果が得られた。したがって、実験学習の変わりとして実験キットとWWWシミュレータを連携させた教材を用いれば、実際の実験学習のように直接「もの」に触れることができ、かつ、瞬時に回路特性が得られることから、工学的モデルの「動き」を体感し、学習できる教材となる可能性がある。また、WWWシミュレータのみの教材よりも、電気回路へ

表1 WWWシミュレータと実験キットとを連携させた教材の評価結果 (5:「とてもそう思う」～1:「とてもそうは思わない」)

質問	平均点
1. 実験キットとWWWシミュレータとを連携させた教材は実際の実験環境を引き継いでいると思いますか。	4.5
2. WWWシミュレータのみの教材よりも、実験キットとWWWシミュレータとを連携させた教材の方が理解できた。	4.1
3. WWWシミュレータのみの教材よりも、実験キットとWWWシミュレータとを連携させた教材の方が実験環境に近いと思った。	4.7
4. 実際の実験よりも実験キットとWWWシミュレータとを連携させた教材の方が電気回路への興味がわいた。	3.7
5. 実際の実験よりも実験キットとWWWシミュレータとを連携させた教材の方が理解できた。	4.0
6. 実際の実験よりも実験キットとWWWシミュレータとを連携させた教材の方が実践的な知識として定着できたと思った。	3.6

表2 実験キットのイメージ調査結果

質問	イメージの結果
実験キットに触ってみてどのような感想を持ちましたか	<ul style="list-style-type: none"> ・シミュレーションでは得られない、リアルな体験ができた。 ・RLCのそれぞれの特性のイメージをつかみやすく、理解しやすい教材であった。 ・シミュレーション教材に比べ、実際の物に触った方が、実験をしている気分になる。 ・素子ユニットの素子可変部が扱いやすく、操作しやすくなった方が良い。

の理解を深められる教材であることが質問2からわかる。さらに、質問5より、実際の実験学習よりも、実験キットとWWWシミュレータを連携させた教材の方が理解できるとの高評価を得ることができた。これらの結果より、WWWシミュレータと実験キットを連携させた教材は、WWWシミュレータのみの教材や実際の実験学習よりも、理解向上に結び付けられる教材であることが読み取れる。しかしながら、質問4や質問6では、高い評価点を得ることができなかった。今回、評価に用いたコンテンツが、大学2年生までに学ぶ学習項目であるため、新鮮味に欠け、4年生にとって、高い評価とはならなかったのではないかと考えられる。

実験キットとWWWシミュレータを連携させた教材を実際に触れた、学習者の感想の一部を表2に示した。これらの意見より、実験キットが実験学習に近い環境で、工学的モデルの「動き」を効果的に理解できる教材となっていることがわかる。さらに、学習者の意見として、「リアルな体験をできた」や「実際の物に触れた方が実際の実験している気分」、「イメージをつかみやすく、理解しやすい教材」といった、シミュレーション教材だけでは、得ることのできない体感できる学習によって、「電気回路」への興味がわき、学習意欲の向上につながる可能性も考えられる。しかしながら、「素子ユニットの素子可変部が扱いづらい」との操作性の不備があるといった意見があった。この不備が学習者の学習意欲を欠いてしまう恐れがある。これらの意見を元にiCASSの改良・発展を行い、より良い学習形態の構築をする必要がある。

5. まとめ

本稿では、実験キットとWWWシミュレータを連携させた教材の有効性を示すために、WWWシミュレータのみの教材学習と、WWWシミュレータと実験キットを連携させた場合とで、学習者への興味付けの度合いを比較し、評価を行った。その結果、WWWシミュレータと実験キットを連携した教材は、実際の実験環境を構築することができ、従来の実験学習のように工学的モデルの「動き」を体感でき、学習者の理解向上を促す教材であることを示した。

また、紹介した教材は参考文献(iCASS)で閲覧可能であり、多くの方々ご意見・ご感想を伺えると幸いである。

引用文献

Hiroshi Matsuda, Yoshiaki Shindo (2006), Interactive Lecture using Cyber Assistant Professor: CAP Proceedings of the Sixth International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'06), 629-633.

iCASS (interactive Circuits And Systems Seminar)
<http://www.sia.co.jp/~icass/index.html>

Jessica Masters, Tara M. Madhyastha, Ali Shakouri (2005), Educational Applets for Active Learning in Properties of Electronic Materials IEEE Transaction on Education, Vol. 48, No. 1, 29-36.

Maria Grigoriadou, Evangelos Kanidis, Agoritsa Gogoulou (2006), A Web-Based Educational Environment for Teaching the Computer Cache Memory IEEE Transaction on Education, Vol. 49, No. 1, 147-156.

Pilar Martínez-Jiménez, Marta Varo-Martínez, Gerardo Pedros Perez, M. del Carmen García Martínez, M. de la Salud Clement Bellido, M. Jesús Aguilera Ureña, and Jesús Fernández-Sánchez (2006), Tutorial and Simulation Electrooptic and Acoustooptic Software as Innovative Methodology to Improve the Quality of Electronic and Computer Engineering Formation IEEE Transaction on Education vol. 49, No. 2, 302-308.

Tomoo Shishido, Yukio Mori, Naoyuki Aikawa, Yasuyuki Nishida, Uwe Drofenic, and Johann W. Kolar (2006), Development of Interactive Education Support Tool and Its Learning Effect Journal of Multimedia Aided Education Research, Vol. 3, No. 1, 99-107.



ししど ともお
宍戸 倫歩

2006年日本大学工学部電気電子工学科卒業。同年、日本大学大学院工学研究科博士前期課程入学。教育工学に関する研究に従事。



あいかわ なおゆき
相川 直幸

1985年山梨大学工学部電気工学科卒業。1987年東京都立大学大学院修士課程修了。同年同大助手。東京工科大学講師、助教授を経て、2001年日本大学工学部助教授。2007年より准教授。工学博士。アナログ及びデジタルフィルタの解析及び設計法、教育工学に関する研究に従事。



にしだ やすゆき
西田 保幸

1979年日本大学工学部電気電子工学科卒業。1984年東京電機大学理工学部電子情報工学科修了。1998年山口大学大学院理工学研究科修了。同年日本大学工学部講師、助教授を経て、2007年より准教授。工学博士。パワーエレクトロニクスの教育教材及びシステムに関する研究に従事。



もり やすゆき
森 幸男

1985年山梨大学工学部電気工学科卒業。1987年東京都立大学大学院修士課程修了。同年サレジオ工業専門学校講師、助教授を経て2007年より准教授。デジタル信号処理及び教育に関する研究に従事。

Evaluation of Educational Support Tool by Connecting Experiment Kit using Simulator

Tomoo Shishido¹⁾ · Naoyuki Aikawa²⁾ · Yasuyuki Nishida²⁾ · Yukio Mori³⁾

It is difficult for a student (beginner) to intuitively understand the “Movement” of the engineering model as it is a complex technological issue, which obstructs the students’ learning of scientific and technological subjects. Learning through experiments and simulation is being encouraged to facilitate the understanding of the “Movement” of the engineering model. In the experiment, however, a lot of on-duty hours because of the purpose is work changing elements and element values, and plotting a characteristics etc. On the other hand, because the learner can’t touch practicable equipments by simulation, it becomes virtual circuit. Therefore, this learning doesn’t feel that it is real and, thus, we are deciding that to influence learning effect. In this paper, we describe an educational support tool of iCASS (interactive Circuits And Systems Seminar). iCASS might be able to avoid “whiff of lie” of the simulation by connecting WWW (World Wide Web) simulator and experimental kit. Moreover, the effect of students’ interest by using experimental kit is shown. The E-learning tool proposed can be found at <http://www.sia.co.jp/~icass/index.html>.

Keywords

Experiment kit, WWW simulator, animation effect, “Movement” of the engineering model

¹⁾ Graduate school of engineering, Nihon University

²⁾ Department of Electronics, school Engineering, Nihon University

³⁾ Salesian Polytechnic