

N-008

## 実験キットとシミュレータを連携させた教材開発と評価

## Development of Educational Tool by Connecting Experiment Kit with Simulator and Its Evaluation

宍戸 倫歩†  
Tomoo Shishido

相川 直幸††  
Naoyuki Aikawa

西田 保幸††  
Yasuyuki Nishida

森 幸男†††  
Yukio Mori

## 1. まえがき

工学を学ぶ初学者にとって、工学的モデルの「動き」を直感的に理解することが、科学技術のセンスや知識の修得に繋がり、以降の学習効果に大きく影響すると考えられる。工学的モデルの「動き」を理解する手段の一つとして、実験学習があげられる。実験学習は、オシロスコープなどの計測器を用い実際の物理現象を視覚化することにより、工学的モデルの「動き」の概念を理解できる。すなわち、学習者が直接モノ（実験機器等）に触れ、計測器を操作することによって、黒板での授業のような静止画では描画しにくい工学的モデルの「動き」を体感しながら学習できる。しかしながら、実験学習を行うためには、素子値の変更、結線作業、計測値のプロット等による多くの拘束時間を費やしてしまうという欠点がある。また、学習者が個人で行うには、実験機器を揃える必要があり、コストの面で問題がある。そこで、豊富なアニメーション効果を用いて、工学的モデルの「動き」を視覚的に理解できるシミュレーション学習が数多く提案されている[1]-[3]。文献[3]では、WWW (World Wide Web) シミュレータと一般的な教育方法である黒板での授業との比較を行い WWW シミュレータの有効性を示した。しかしながら、シミュレーション学習では、実際のモノに触れられないという欠点がある。

そこで、本稿では、工学的モデルの「動き」を理解させ、実験キットと WWW シミュレータとを連携することができる iCASS (interactive Circuits and Systems Seminar) を提案する。特に、本稿では WWW シミュレータのみの教材と WWW シミュレータと実験キットとを連携させた教材との比較・評価を行い、WWW シミュレータと実験キットの連携の優位性を示す。

## 2. WWW シミュレータと実験キット

図 1 に、iCASS のシステム構成を示す。実験キットと WWW シミュレータとの連携は PICNIC (Network Interface Card using Peripheral Interface Controller) を介して Ethernet によって通信を行っている。この結果、インターネットを介して実験キットを使ったシミュレーション実験を行うことができる。ゆえに、時と場所を選ばずに学習することができる。

## 2.1. WWW シミュレータ

iCASS の WWW シミュレータは、理論式、回路図、特性図から成っている。iCASS は学習者が必要以上の数値にこだわることなく、純粋な工学的モデルの「動き」(物理現象)を理解させるため、キーボードからの数値入力機能を設けずに直感的な操作イメージを与える GUI 操作環境としている。図 1 に示す WWW シミュレータの操作方法は以下のようになる。

1. WWW シミュレータ内の一番右側にある素子ボックスより任意の素子をクリックし選択する。

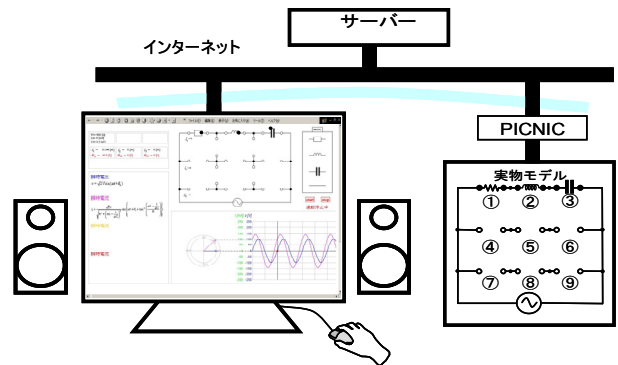


図1 iCASSのシステム構成

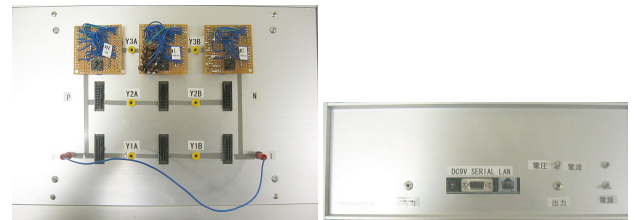


図2 実験キット

2. ドラッグ&ドロップにより回路を構成する。
3. 回路が成立すると、その状態に応じた理論式・特性図が表示される。
4. 素子にある操作ポイント（●印）をドラッグすることにより、選択した素子の大きさが変化し、素子値が変わる。あるいは、特性図にある操作ポイント（●印）をドラッグすることにより、特性を変化させる。
5. 4 の変化に伴い、回路特性あるいは素子の大きさ（素子値）が変化する。

## 2.2. 実験キットと WWW シミュレータの連携

図 2 に、今回開発した実験キットを示す。図 2 (a) にあるソケットに、各素子ユニット (R, L, C, 短絡線) を差し込むと、瞬時にその回路状態や特性が WWW シミュレータ画面に反映される。従って、工学的モデルの「動き」が理解できる。また、素子ユニット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。このように、実験キットと WWW シミュレータとを連携した教材を用いると、従来の実験では過大な拘束時間の要因であった、素子値の変更・結線作業・計測値のプロット等が容易に実現できる。提案する実験キットは、図 2 (b) で示した入力端子に発振器、出力端子にオシロスコープを接続することで、入出力の電流・電圧波形を表示でき、そこから得られる測定値をプロットすることで従来の実験と同様な測定も行える。従って、シミュレーション学習で起こりやすい「嘘くささ」が解消できる。

近年、PC (Personal Computer) の発展に伴って、PC によるオシロスコープや発振器の実現が可能となってきた[4].

† 日本大学大学院工学研究科  
†† 日本大学工学部  
††† サレジオ工業高等専門学校

これらを iCASS に用いることにより、実験機器を揃えるための経費を抑え上述と同様な環境を、時と場所を選ばず容易に構築できる。

### 3. 評価

提案する実験キットと WWW シミュレータとを連携させた教材の優位性を示すために、日本大学工学部電気電子工学科の大学 4 年生 10 名に対して以下のような検証を行った。

- (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) 学生が各々、自由に回路を構成し、講師はその回路の意図する現象を各々に説明した。
- (3) 表 1 に示すようなアンケートを取り、WWW シミュレータのみの教材のイメージを 5 段階評価で記入させた。ここで、5 が最も良く、1 が最も悪い。
- (4) 実験キットと WWW シミュレータとを連携した教材の操作方法を講師が説明した。
- (5) (2) と同様に学生が各々、自由な回路を構成し、講師がその回路の意図する現象を説明した。
- (6) 表 2, 表 3 のようなアンケートを取り、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。評価基準は、(3) と同様である。

WWW シミュレータのみの教材と実験キットと WWW シミュレータとを連携させた教材、どちらの教材も実際の実験環境を引き継いでいることが、表 1, 表 2 よりわかる。しかしながら、表 3 の質問 2 より、実験キットと WWW シミュレータを連携した教材の方が、より実験環境に近いことが強く見受けられる。従って、実験キットを用いた教材の方が実験に近い環境であったといえる。また、表 3 の結果より、提案する教材は全体的に良い評価を得られた。しかしながら、質問 6, 9 では満足する評価を得られなかった。これは、評価に用いた教材が従来大学で行われている実験と同じような実験のため、興味を惹きつけられなかったと考えられる。さらに、素子ユニットの操作性・見栄え等に問題があり、実践的知識の定着に結びつかなかったと考えられる。従って、学習者に対して興味のある教材の開発、素子ユニットを含めた実験キットの更なる改良が必要である。また、表 3 の質問 3 より、WWW シミュレータ単体での操作環境の不備、または、講師の操作説明不足が要

因となって実験キットと連携させた方が良い評価となったと考えられるため、WWW シミュレータの更なる改良も必要である。

### 4. まとめ

本稿では、実際のモノに触れられないというシミュレーション学習の問題点を解決するために、実際のモノに触れることができる実験キットと豊富なアニメーション効果を用いた WWW シミュレータを連携させた教材を開発した。さらに、WWW シミュレータのみの教材と実験キットと WWW シミュレータとを連携させた教材の評価を行い、連携させることの優位性を示した。

今後、WWW シミュレータの改良を行い、この教材の客観的データを取り、主観的評価と客観的評価で本システムの優位性を示していきたい。また、実験キットとその連携プログラムは、WWW シミュレーション教材の 3 章[交流回路]、4 章[交流電力]、5 章[共振回路]については完成している。しかしながら、WWW シミュレーション教材自身の 13 章[フーリエ変換]、14 章[分布定数回路]は完成しているので、順次開発し Web 上にアップロードする予定である。また、紹介した教材は参考文献[5]で閲覧可能であり、多くの方々のご意見・ご感想を伺えると幸いである。

### 参考文献

- [1] Hiroshi Matsuda, Yoshiaki Shindo : “Interactive Lecture using Cyber Assistant Professor: CAP”, Proceedings of the Sixth International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'06), pp.629-633, July, 2006
- [2] Pilar Martínez-Jiménez et al. : “Tutorial and Simulation Electrooptic and Acoustooptic Software as Innovative Methodology to Improve the Quality of Electronic and Computer Engineering Formation”, IEEE Trans on Education, Vol.49, No.2, May, 2006
- [3] 穴戸倫歩ほか : “「電気回路」用教育支援教材開発とその学習効果”, 情報科学技術レターズ, Vol.5, pp.395-398, September, 2006.
- [4] 岩田利王 : “サウンド・デバイスによる信号波形の観測”, トランジスタ技術, pp.116-186, 2006.8
- [5] iCASS (interactive Circuits And Systems Seminar) <http://www.sia.co.jp/~icass/index.html>

表1 WWWシミュレータのみの教材の実験環境との評価(5:「とてもそう思う」~1:「とてもそうは思わない」)

質問	平均点
WWWシミュレータのみの教材は実際の実験環境を引き継いでいると思いますか	4.3

表2 WWWシミュレータと実験キットとを連携させた教材と実験環境との評価(5:「とてもそう思う」~1:「とてもそうは思わない」)

質問	平均点
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

表3 実験キットとWWWシミュレータ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.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
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実験環境に近いと思った	4.7
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操作が簡単だと思った	3.9
4.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電気回路への興味がわいた	4.2
5.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践的な知識として定着できたと思った	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電気回路への興味がわいた	3.7
7.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
8.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操作が簡単だと思った	4.4
9.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