

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月7日現在

機関番号：12605

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500878

研究課題名（和文） 裸眼立体映像を用いたリアル感のあるVR環境の構築と実験教育支援システムへの応用

研究課題名（英文） Construction of a Semi-real VR Environment Using Stereoscopic Vision And Application to an Educational Support System for Experiments

研究代表者

竹村 淳（TAKEMURA ATSUSHI）

東京農工大学・大学院工学研究院・助教

研究者番号：20297617

研究成果の概要（和文）：本研究では、裸眼立体ディスプレイと3次元触覚インターフェースを用いることによって、従来のバーチャル・リアリティ（Virtual Reality: VR）よりもリアル感を得ることができる新しいVR（準リアリティ）を実現するための技術開発を行った。そして、電子回路製作を伴う実験の教育支援システムに準リアリティを応用することを可能にした。さらに、VCMシステム（Virtual Circuit-Making system）及びRCMシステム（Real Circuit-Making system）を提案し、準リアリティ環境を用いた実験教育支援システムの使いやすさを向上化することができた。

研究成果の概要（英文）： This study proposes a novel VR technique using stereoscopic vision and a 3-dimensional touch interface. The proposed semi-reality technique was applied to an educational support system for experiments involving construction of electronic circuits. To improve the usability of the proposed educational support system, this study constructed the virtual circuit-making (VCM) system and the real circuit-making (RCM) system.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2012年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学，教育工学

キーワード：教育支援システム，VR，実験教育，電子回路

1. 研究開始当初の背景

近年、国内外において教育のグローバル化の意義から、遠隔教育やeラーニングの導入が進んでおり、多くの研究が行われている。また、科学技術者を育成するために不可欠な「ものづくり」実験教育では、組み込み技術やロボットに代表されるように、ハードウェア

とソフトウェアを両立させた広い専門内容を効率よく習得するための工夫が必要である。その基礎となる電子回路実験の教育では、実際の回路製作や計測に関わる教育を遠隔化できないことから、回路シミュレータやバーチャル計測を用いたシミュレーション技術の利用が進められてきた。しかし、シミ

ュレーションやバーチャル・リアリティ (virtual reality: VR) 環境を利用した教育では、コンテンツが3次元データであっても、通常の2次元モニタ上で表示しているため、リアル感の得られる高い教育効果を望むことができない。

本研究では、VR を用いた回路実験教育において、裸眼立体ディスプレイ、及び3次元触覚インターフェースを導入することにより、コンテンツの実体表示とコンテンツに触れた感覚を得ることが可能となるリアリティのある VR (準リアリティ) 環境を構築する。そして、この準リアリティ環境を、「ものづくり」教育の基盤となる電子回路製作を伴う実験教育に応用することを目的とする。本研究で提案する実験教育支援システムは、可能な限りリアリティを追求した VR 環境を構築するといった、これまでにない試みであり、遠隔教育のように実際の実験室環境が得られない場合に行う回路教育において、その教育効果は現況のシステムと比べて大きく向上すると考えられる。

2. 研究の目的

本研究は、VR 環境において裸眼立体映像を組み込むことにより、リアル感のある VR (準リアリティ) 環境を構築するための新しい技術の開発を目的とする。そして、この準リアリティ環境を電子回路製作を伴う実験教育支援システムに導入し、その実用化を目指した研究を行う。この実験教育支援システムを用いることにより、システムのユーザーは実際に実験を行っている感覚を得ることができるため、従来の VR 技術を利用した教育や遠隔教育よりも高い教育効果を得ることが可能となる。

このような準リアリティ技術を開発し、電子回路製作を伴う実験教育のための教育支援システムを構築する研究を効率的に遂行するために、以下(1)及び(2)に示す各技術の開発を行う。

(1) 準リアリティ環境の構築

裸眼立体ディスプレイを用いた回路実験教育で用いる立体コンテンツを作成し、視覚的リアリティを実現する。さらに、3次元触覚インターフェースを用いることにより、実際にコンテンツに触れ、操作する感覚をユーザーに提示する技術(触覚リアリティ)を開発する。そして、視覚的リアリティと触覚リアリティを組み合わせることにより、準リアリティ環境を構築する。

(2) 教育支援システムにおける準リアリティの実用性の向上に関する研究

上記(1)に基づいて開発した準リアリティ技術を、回路製作を伴う実験教育支援シ

テムに応用し、より実用的なものにするための研究を行う。特に、システムの使いやすさを追求することを目的とした研究を行う。さらに、この提案システムと、従来の回路シミュレータやバーチャル計測器との融合により、回路の設計、製作、及び計測といった実験教育に必要な教育内容をカバーできるより有用性のある教育支援システムを完成させることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 準リアリティ環境の構築

① 解析システムと回路翻訳

回路実験を伴う実験教育支援システムの基礎となる技術である、解析システムを図1に示す。解析システムは、実験教育システムのユーザーが実験中に使用するシステム(ユーザー側システム)とネットワークで接続される。解析システムは、ユーザー側システムから送信された回路画像(または回路映像)を解析することによって、回路の構成を認識し、かつ回路構成を標準的な回路記述言語である SPICE に自動的に翻訳(回路翻訳)できるようにする。

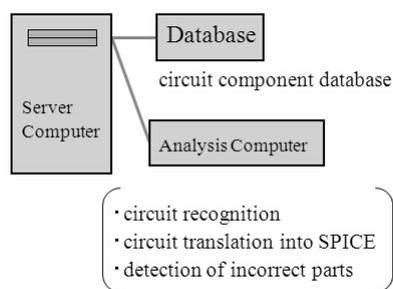


図1: 解析システムの構成

② RCMシステム

ユーザーが実際に電子回路を作成し実験教育を行うために使用するユーザー側システムを、RCMシステム(Real Circuit Making System)と称し、その構成を図2に示す。

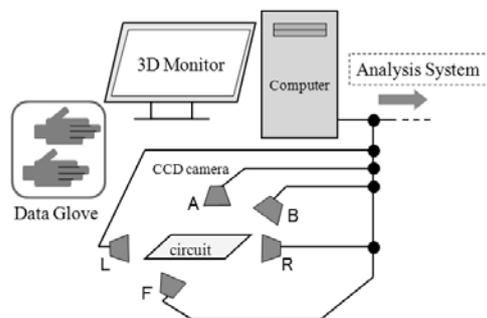


図2: RCMシステムの構成

R CMシステムの有用性を評価する実験では、回路画像（または映像）を4台のカメラを用いて取得し、多方向からの回路画像（映像）を回路認識処理のために用いる。これにより、多重方向の画像処理を行うことが可能となり、構成が複雑な回路に対しても、高精度な回路認識を実現することが期待できる。また、図2に示されているData Gloveは、ユーザが実験を行っている間の手の動きに関するデータを取得するために用いる。このデータは、後述の触覚リアリティの技術を実現するために必要となる。

③ VCMシステム及び準リアリティ環境の構築

ユーザが、実際に電子回路を作製するのではなく、コンピュータを使用して仮想的に回路製作を学ぶために用いるユーザー側システムをVCMシステム（Virtual Circuit Making System）と称し、その構成を図3に示す。

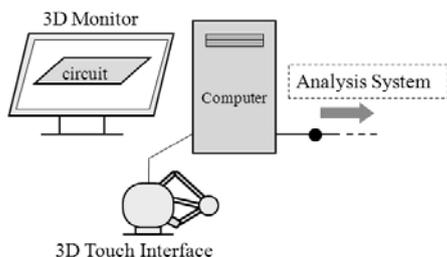


図3: VCMシステムの構成

このシステムを構築するために、まず裸眼立体ディスプレイを使用して仮想的に回路製作を行うために必要となる、回路部品の立体画像コンテンツ（3Dコンテンツ）を作成する。このシステムでは、3次元触覚インターフェース（3D Touch Interface）を導入することによって、ユーザが回路部品の3Dコンテンツを立体ディスプレイ前方の空間を移動させながら、実際に回路を作製しているかのように仮想回路を構成できる。また、3次元触覚インターフェースで触覚リアリティを提示するために必要となる、各回路コンテンツにおける触覚データを作成する。これにより、実際に回路部品に触れた感覚をユーザに提示することが可能となる。そして、前述②の研究においてData Gloveを用いて取得したデータは、3Dコンテンツの表示位置や表示サイズ、及3次元触覚デバイスの調整のために用いる。このように立体ディスプレイと3次元触覚デバイスを組み合わせることにより、視覚的リアリティ、及び触覚リアリティの実現を可能にする。

(2) 教育支援システムにおける準リアリティ技術の実用性に向けた研究

前述(1)の研究で開発した視覚的リアリティ、触覚的リアリティ、及び多次元実時間信号処理といった技術を融合し、かつバーチャル計測器、及び回路シミュレータとを組み合わせた総合的な回路実験教育支援システムの開発研究を行う。また、本システムにおいては複数の機器を同時に使用しているため、ユーザーの妨げにならないように、それらの配置や操作性の良さを追求する研究を行う。

4. 研究成果

(1) 準リアリティ環境の構築

① RCMシステムの構築、及び回路翻訳の高精度化

図1及び2に示したシステムを構築することにより、作製した電子回路に対する回路翻訳を行った結果を、図4に示す。図4の上段に示されている3つの図は左から、作製する回路の回路図、この回路のSPICE記述、及びSPICE情報に基づく回路シミュレーション（周波数特性）の例を示している。そして下段の図は左から、実際に作製した回路の画像、RCMシステムを用いて取得した多重方向画像に対する回路翻訳により得られたSPICE情報、及びSPICE翻訳に基づく回路シミュレーションの結果である。図4からは、回路翻訳により得られた結果(下段)が、上段と一致しているため、回路認識及び回路翻訳が成功していることが分かる。

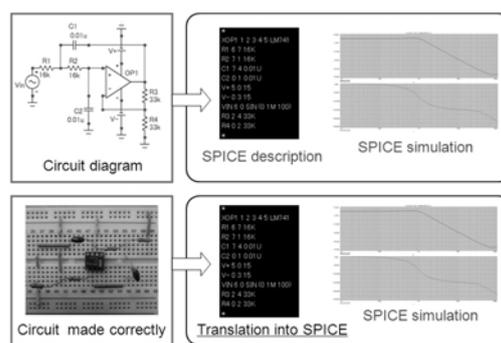


図4: RCMシステムによる回路翻訳の結果

② VCMシステム及び準リアリティ技術の構築

図3に示したVCMシステムにおいて必要となる回路部品の立体コンテンツ（3Dコンテンツ）を作成した例を、図5に示す。次に、立体ディスプレイと3次元触覚インターフェースを導入したVCMシステムを用い

て、図 6 (a)の回路を仮想的に作製した例を同図 (b)に示す。また、図 6 (b) のレイアウトに基づいて、RCMシステムにより実際に作製した回路の画像を、図 (c)に示す。図 6 (d) は、図 (c) の回路画像に対する回路翻訳により得られた SPICE 情報に基づいて回路シミュレーションを行った結果である。このように、VCMとRCMを組み合わせることを条件とすれば、RCMにおいて用いるカメラを1台のみとし、回路の静止画像処理による回路認識から高精度に回路翻訳を行うことができ、RCMシステムを簡略化することが可能となった。

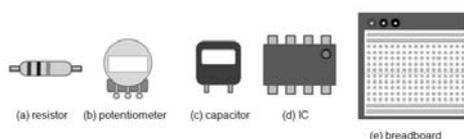


図 5: VCMシステムで使用する回路部品

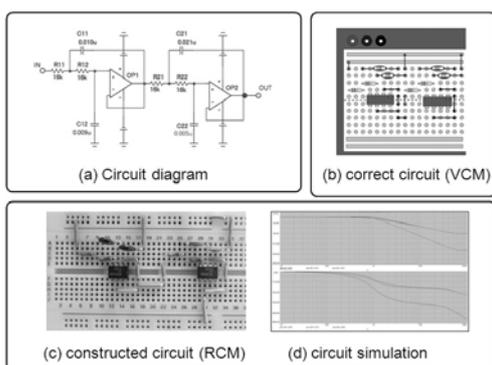


図 6: VCM システム, 及びVCMとRCMを組み合わせたシステムによる回路翻訳の結果

(2) 教育支援システムにおける準リアリティ環境の実用性の向上に関する研究

現況の技術では、裸眼立体映像による実体表示と触覚提示の両方をユーザーに与えることができる装置が存在しないため、これら2つの装置の配置を工夫することによりシステムの使いやすさを追求した。

図 6 に示したように、VCMとRCMを組み合わせることにより、RCMシステムを簡略化しても、高精度の回路翻訳を実現できることが分かった。同時に、VCMとRCMを組み合わせたシステムを用いることにより、回路の設計、製作及びバーチャル計測といった、総合的な実験教育を行うことができるといふ長所を見出すことができた。

次に、回路部品のコンテンツを増やして、解析システムのデータベースを充実化することにより、より実用的な回路の製作を伴う実験教育への応用について追及した。図 7 は、その成果の例を示したものであり、エレキギターの回路を準リアリティ環境により作製した結果である。

また、図 8 に示すように、VCM及びRCMシステムにおいてタブレットPCを用いることにより、システムの使いやすさを検討した。ただし、このシステムでは、立体ディスプレイを用いていないため、視覚的リアリティを実現することはできない。しかし、タブレットPCに装備されているカメラを用いて回路画像を取得すれば、図 6 と同様の結果を得ることができる。将来的に、タブレットPCのディスプレイに立体映像を表示できるようになれば、小型軽量の装置で準リアリティ環境を構築できることが期待できる。

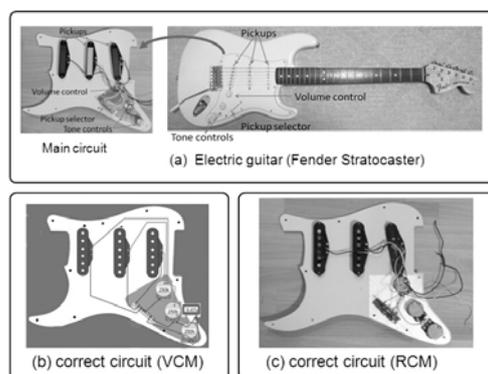


図 7: 準リアリティ環境を用いてエレキギターの回路を作製した例

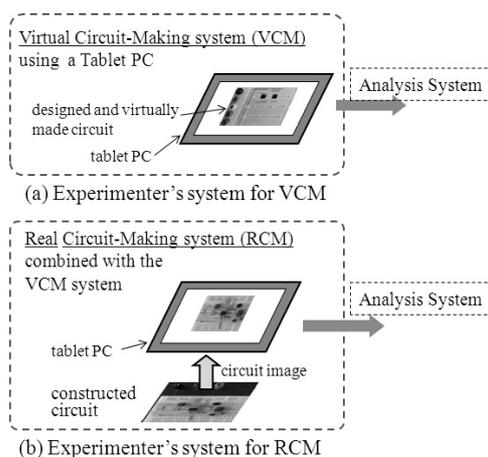


図 8: タブレット PC を用いたユーザー側システム

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

- ① A. Takemura, e-Learning system for experiments involving electronic circuit making and sound signal processing, Proc. IADIS e-Learning 2012, 査読有, CD-ROM, 2012, pp. 407-411.
- ② A. Takemura, Mobile learning system for experiments involving electronic circuit making using a tablet PC, Proc. IADIS Mobile Learning 2011, 査読有, CD-ROM, 2012, pp. 258-262.
- ③ A. Takemura, Educational support system for remote education on real and virtual circuit-making by using circuit translation, Proc. IADIS e-Society 2011, 査読有, CD-ROM, 2011, pp. 361-371.
- ④ A. Takemura, A. Shimizu, and K. Hamamoto, A cost-sensitive extension of AdaBoost with Markov random field priors for automated segmentation of breast tumors in ultrasonic images, International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, 査読有, vol. 5, no. 5, 2010, pp. 537-647.

[学会発表] (計4件)

- ① A. Takemura, Educational support system for experiments involving construction of sound processing circuits, IADIS Conference Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA), Oct. 19, 2012, Hotel Velada, Madrid, Spain.
- ② A. Takemura, Segmentation and discrimination of breast tumors in ultrasonic images using an ensemble classifier and application to a diagnostic support system, IADIS International Conference CGVCVIP 2012, July 24, 2011, Aran Mantegna Hotel, Rome, Italy
- ③ A. Takemura, e-Learning system for experiments involving virtual and real electronic circuit making by using network-based image processing technique, IADIS International Conference on e-Learning, July 20, 2011, Aran Mantegna Hotel, Rome, Italy.
- ④ A. Takemura, Educational support system for remote education on circuit experiments by using 4-dimensional image processing, IADIS International

Conference e-Learning 2010, July 28, 2010, Albert-Ludwigs University, Freiburg, Germany.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

竹村 淳 (TAKEMURA ATSUSHI)
東京農工大学・大学院工学研究院・助教
研究者番号：20297617

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし