

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 16 日現在

機関番号：33916

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350304

研究課題名(和文)医療機器の学習訓練支援システムの研究開発

研究課題名(英文)Research and development of training system for medical equipment

研究代表者

金平 蓮 (KANEHIRA, Ren)

藤田保健衛生大学・保健学研究科・教授

研究者番号：80262947

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：臨床工学技士は医療機器の操作、点検、管理等様々な業務があり高度な専門知識と技術力が必要であり、大学での教育課程において、授業と実習での限られた時間の中ではこれらをすべて習熟するのは困難である。本研究では臨床工学科の学生を対象として医療機器の操作法教示に着目し、動作訓練を必要とするシステム構成、問題抽出、問題解決を研究課題としている。本研究では今までの教育支援システムの研究開発技術を活かし、実装置を準備することなく、低コストで、作業を模擬体験、繰り返し練習することができるコンピュータ教育訓練支援システムの開発を行った。

研究成果の概要(英文)：It is required for a clinic engineer to have highly professional knowledge as well as operation skills for different medical machines. Such knowledge and skills are normally difficult to master only by teaching and practicing at universities within the limited time. In this study, a training system with information communication technology for clinical engineer was constructed. With the system, several problems which may mostly happen in operating medical machines were made clear, and proposed solutions for such problems were given. In this study, for a high training efficiency for the student in clinical engineering and aiming the goal of a computer-added training system which is with low cost, simulated experiences, and good repeatability, we proposed a training system for clinical engineer using the up-to-now technologies in our sequential researches on computer-added skill-training system.

研究分野：複合領域

キーワード：医学工学 教授学習支援 スキルサイエンス 情報提示と訓練支援 実践型eラーニング デジタル教材  
医療機器の操作法 マルチメディアと教育

## 1. 研究開始当初の背景

現在では医学と工学の結びつきは益々深まり、医療の現場で様々なしかも高度な医療機器が治療に必要とされるようになってきた。臨床工学技士は、電子工学や機械工学などの工学技術を応用した医療機器を直接医療に適用するテクニシャンである。

臨床工学技士は高度な専門知識と技術力が要求されるが、限られた時間の中で、数多くの医療機器の原理や操作法を習熟することは難しく、実際の操作手順は複雑で、実機器による練習時間も少ないため、学生らの理解は十分とは言えず、病院実習では知識不足と感じた人も少なくないのが現状である。それら問題点を解決するため、本研究では、マルチメディア教材の開発が大きな課題と考え、コンピュータを利用した学習訓練の支援システムの研究を行い、スキルアップを重視するシミュレーションシステムの必要性が確認された。

近年コンピュータ技術を用いた e-ラーニングシステムの開発と応用が注目されている。また、臨床医学において、情報と工学の先端技術を活用した臨床工学への支援も検討されつつある。しかし視覚情報と共に操作情報を用いた臨床工学の総合学習訓練システムがまだ見当たらない。そこで、本研究は臨床工学技士育成のニーズに応じて、コンピュータ情報技術を生かした教育訓練システムの開発を臨んでいる。視覚とともに操作の提示に重点を置いた訓練システムの構築を目指す。

## 2. 研究の目的

本研究では、今までの教育訓練システムの研究開発技術を活かし、情報科学と工学技術を融合し、実装置を準備することなく、低コストで、作業を模擬体験、繰り返し練習することができるコンピュータ教育訓練支援システムの開発を目的とする。そこで、臨床工学専攻の学部教育において、医療機器の操作法習得における問題点を明らかにすると同時に、研究課題を絞り込み、問題解決法の検討と提案およびコンピュータ教育訓練支援システムの構築を行う。視覚と操作感覚を伴った総合教育訓練システムの実現することによって、スキルサイエンスの発展に貢献し、より効果的な教育訓練医療シミュレーションシステムの開発を図る。本研究では以下の3つ内容に絞って工学的な研究アプローチを行う。

(1) 医療機器のアクシデントや操作ミスによる事故を明らかにして、事故防止のためトラブルシューティングの教示法と訓練法を確立する

医療機器の組み立てや実際の操作手順は複雑であるばかりでなく、施設毎に異なっており、教科書通りではないため、学生らの理

解は十分とは思えない。最近での技術教育に関しては、医療機器に関連する医療事故の報道などを契機に、特に安全面での教育の必要性が認識された。従って、本研究においては、まず臨床工学技士の業務に最も関わりの多い医療機器のアクシデントや操作ミスによる事故を確認して、事故防止のためトラブルシューティングの教示法と訓練法を確立する。

(2) 医療機器の学習と訓練のマルチ支援システムの構築

臨床工学技士は医療機器の管理と操作がメインな業務であり、技術の修得は実践的な要素が多く、繰り返し練習によって技術を身につけることが最も重要である。また、そこで、単純に教材を覚えさせるのではなく、検索便利なデータベースやeラーニングなどを活用しながら、実際の操作を練習できるマルチ支援システムが活用できる。本研究では、コンピュータを用いた学習訓練は、繰り返し訓練とリアルタイム正誤判断ができるというメリットを活かして、現状の教科書による知識教授、及び実機器による技術実習の支援システムとして、コンピュータシミュレーション技術を用いた臨床工学技士教育訓練システムの構築を行う。

(3) 視覚と操作感覚を伴った総合教育訓練システムの実現

今までの様々な教育訓練システムでは、視覚情報のみの呈示はほとんどであるが、力触覚の提示はかなり困難であり、まだ少ないと言える。医療機器の操作において、微細な動作感覚の提示を実現することにより、訓練効果を大幅に向上できると今までの研究では証明された。本研究では操作時の微妙な操作感も表現できるシステムを考案し、視覚と操作感覚を伴った総合教育訓練支援システムを構築する。

## 3. 研究の方法

本研究では臨床工学技士を育成するために、医療機器の操作法の学習訓練に着目し、情報と工学技術を用いたコンピュータマルチ支援システムの開発において、視覚とともに操作教示に重点を置いた訓練システムの構築を行った。

(1) 臨床工学技士の業務に最も関わりの多い医療機器の操作法習得における問題点を確認し、システムの開発に訓練内容及び危険回避項目を明確にする。医療機器のアクシデントや操作ミスによる事故を防止するためトラブルシューティングの教示法と訓練法を提案して確立する。

数多く多種類の医療機器の中、最も学習訓練の支援を必要とする機器を調査してピックアップする。例えば、人工心肺装置、人工透析装置、及び人工呼吸器を対象として、医

療現場で発生しやすいアクシデントや操作ミスによる事故を分析し、未然に事故防止のため対処法、教示法及び訓練法を提案する。安全かつ確実な操作を覚えさせるため、訓練支援システムとしては、機器ごとの特徴に合わせて、学習訓練用のモデル生成及びデータベース化を行う。更に代表的な医療機器をモデル化して、機器の特徴を把握し組立法や操作法を学習できる直接操作型デジタル教材を開発する。

(2) システム構築にあたって操作訓練の教示データが必要である。そこで、まず熟練技士の操作を記録、測定し、定量化することによって、学習訓練の指標を決定する。そして、リアルタイムの正誤判断が受けられるように、センサ技術を用いて操作情報の提示できる訓練用デバイスを構成し、医療機器の学習と操作法訓練の総合システムの構築を行う。さらに医療機器操作の安全性を確保できる支援システムの高度化を図る。

(3) ターゲットの医療機器に対して、臨場感を持ちながら繰り返し練習できるシステムのハードウェアとソフトウェアの作成によって視覚情報と操作教示できるトータルシステムを完成させ、評価実験を行う。さらに、教育現場の利用及び妥当性の検討を行い、その結果に基づいて実用できるマルチ支援システムを構築する。

#### 4. 研究成果

本研究は従来の工学と医学の枠を越え異分野の融合として研究開発を進んできた。現状の医療機器の教育訓練の問題点を解決するために、操作法の教示に着目したコンピュータ教育訓練マルチ支援システムの開発を行った。以下のような研究成果を得た。

##### (1) 調査研究と研究課題の確立

臨床工学技士の養成において現状での問題点の確認及び研究課題の確立のために、まず調査研究を行った。まず現場の声を得るために臨床工学技士の免許を持っている臨床経験のある各部門の教員にアンケートを取った。調査アンケートにおいて、質問：実習の時間は必要十分を満たしているか？に対して、答えは Yes が 25%であり、No が 75%であった。質問：教育訓練システムの必要性を感じるか？に対して、答えは Yes が 100%であった。教育訓練システムの必要性について、すべての先生が必要と感じて、その必要性を確認することができた。

本学の4年生を対象としたアンケート調査において、「4年生になってから(病院実習前)人工心肺装置の操作手順を忘れてしまったところがある」との質問に対して、答えた31名の学生、男女ともに全員で忘れていたという結果であった。理由として時間が経ちすぎていると装置に触れる機会がない

ことが多く挙げられた。また、「コンピュータを用いて模擬体験ができるシミュレータがあれば、復習や予習に使ってみたいか。」の質問に対して、90%の人はシミュレータがあれば使ってみたいと答えたことがわかる。

調査研究の結果から、教育学習の支援システムの研究開発において、操作法や実技の訓練を重視するシミュレーションシステムの必要性が確認された。調査結果を踏まえて、それぞれの問題点を解決するため、本研究では、マルチメディア教材の開発が大きな課題と考え、知識の学習支援と同時にスキルアップと直結できる総合支援のシミュレーションシステムの研究開発を行った。

##### (2) 教育訓練システムの提案とシステム構成

医療機器操作法の学習では、メーカーや出荷年代によって、機器の基本構成やパネルの配置はかなり異なっているため、一連の操作プロセスを教科書及び短時間の実習のみで覚えさせることはかなり困難である。これに対して支援システムでは、臨床工学技士の意見を取り入れ、煩雑な操作内容などをデータベース化し、検索とリンク及びネットワーク機能によって、機種の比較や操作手順及びミス防止法などを見定めてゆける学習と訓練のデジタル教材を作り上げる。

リアルタイム正誤判断ができるシステム構築にあたって操作訓練の教示データが必要である。そこで、まず熟練技士の操作を記録、測定し、定量化することによって、学習訓練の指標を決定する。そして、視覚情報と操作教示の総合支援システムの構成を行った。提案システムの構成及び情報の流れを図1に示す。

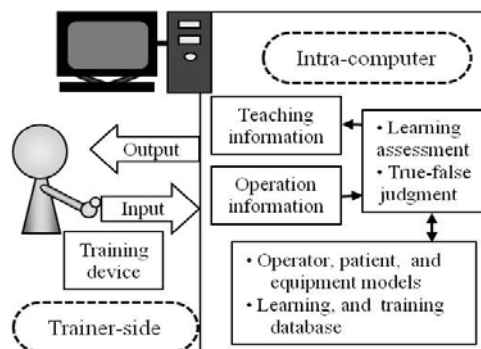


図1 システム構成と情報の流れ

##### (3) 人工心肺装置の操作訓練

本研究では、3年次実習の人工心肺装置の操作法の教示及び関連知識の理解を深めるための教育訓練支援システムを作成することを試みた。そこで、基本操作を教示する「基礎編」とトラブルシューティングの「応用編」の2つの内容に分かれて、研究を進めることとした(図2)。

人工心肺装置の応用編ではトラブル発生時、パニックにならないよう、確実に操作順を身につける必要がある。操作手順(プロセ

ス)を教示するうえで、フローチャートを用いることを提案した。フローチャートは医療の現場に限らず世界共通で使われているものであり、誰がみてもわかりやすいツールであるため、操作法教示に取り入れた。トラブル例の対処法は実例ごとにフローチャート図を作成した。図3に「送血圧異常」のトラブルシューティングのフローチャート提示を示す。

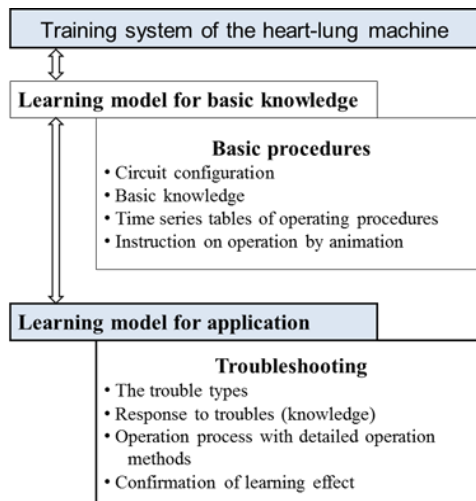


図2 支援システムのコンテンツ

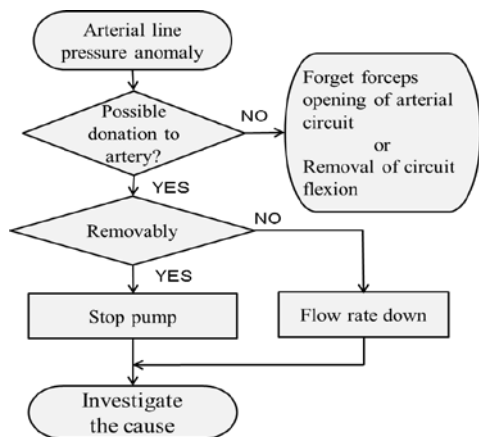


図3 トラブル対処法のフローチャート提示

そこで、トラブル処理の学習モデルも提案した。学習モデルにおいて、まず人工心肺装置の操作時に起こりうるトラブルを列挙する。各トラブルに関して、教本から抽出した知識を簡潔に提示する。そして、フローチャート図による対処手順の学習と確認を行う。更に、トラブルシューティングの様子は画像や動画も用意され、必要に応じて映像見本を見ながら操作法の練習ができる。最後に、クイズによって学習効果を確認する。図4に示したようにトラブルシューティングを確実にマスターできるように、各学習段階から勉強したい内容にフィードバックして、それぞれの内容を振り返り学習ができる。

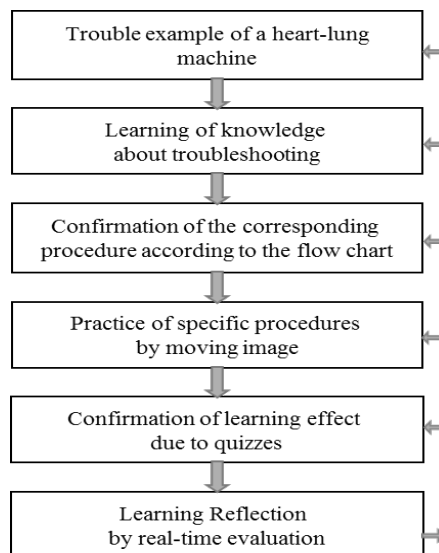


図4 トラブルシューティングの学習モデル

#### (4) 血液透析における穿刺技術の教示

本研究では、医療機器例として人工透析装置を取り上げ、透析業務における穿刺技術の教育訓練支援システムを提案した。そこで、模擬回路と透析用腕モデルを作成し、訓練指標となる教師データを取得し、記録用カメラ及び動作解析ソフトウェアを用いて、穿刺技術の教育訓練システムが構成された(図5)。

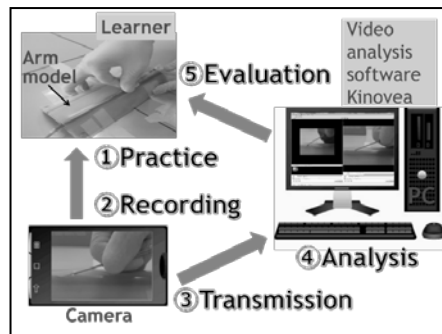


図5 システムの構成図

本システムを利用する際、穿刺動作の一連の流れを電子教本で学習者に教示を行う。その後、学習者が腕モデルに穿刺し、穿刺動作が撮影されPCに伝送する。転送された学習者の動作に対して、動画分析ソフトを用いて、入針角度の測定や教師データとの重ね合わせにより、穿刺動作の分析と評価を行う。図6に入針角度の表示画面を示している。

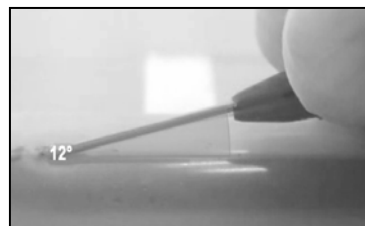


図6 入針角度の表示

システムの正誤判定によって、自分の操作の正確さ、熟練度などについてリアルタイムで評価を受けることができ、操作の教本や解説を見ながら、確実に知識を身につけることが可能になった。従って本システムは有益であり、その有用性を確認することができた。

## 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 6 件)

- ① R. Kanehira, H. Narita, K. Kawaguchi, H. Hori and H. Fujimoto, A training system for operating medical equipment, Frontier and Future Development of Information Technology in Medicine and Education, Lecture Notes in Electrical Engineering 269, Springer, ISSN 1876-1100, 査読有, 2013, 2259-2265
- ② Ren Kanehira, Weiping Yang and Hideo Fujimoto, Skills Analysis Focused on the Fine Works for Training System, Proceedings of International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering, 978-1-4673-6354-9/13/ ©2013 IEEE, 査読有, 2013, 47-50
- ③ R. Kanehira, H. Hori, K. Kawaguchi and H. Fujimoto, Computer-supported training system for clinical engineer, Communications in Computer and Information Science, Springer, CCIS 435, 査読有, 2014, 89-94
- ④ Ren Kanehira and Hideo Fujimoto, A medical training system focusing on operations, 2014 International Symposium on Fuzzy System, Knowledge Discovery and Natural Computation, ISBN:978-1-60595-198-0, 査読有, 2014, 82-89
- ⑤ Ren Kanehira, Kazunori Kawaguchi and Hideo Fujimoto, Learning-training system for medical equipment operation, Communications in Computer and Information Science, Springer, CCIS 529, 査読有, 2015, 321-327
- ⑥ R. Kanehira, K. Kawaguchi, H. Hori and H. Fujimoto, Research in the training system for operation of Heart-lung machine, 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, ISBN: 978-1-4673-7681-5 ©2015 IEEE, 査読有, 2015, 2512-2516

[学会発表] (計 4 件)

- ① 金平蓮、成田浩久、川口和紀、堀秀生、医療機器の操作訓練支援システムに関する研究、日本機械学会 2013 年度年次大会講演会論文集、査読有、Copyright©2013 JSME、S201035
- ② 金平蓮、堀秀生、川口和紀、藤本英雄、臨床工学技士教育訓練支援システムに関する研究、教育システム情報会第 39 回全国大会講演論文集、2014、199-200
- ③ 金平蓮、川口和紀、藤本英雄、人工心肺装置の操作教示システムに関する研究、教育システム情報会第 40 回全国大会講演論文集、2015、395-396
- ④ 金平蓮、川口和紀、医療機器操作のための学習訓練支援システム、日本機械学会 2015 年度年次大会講演会論文集、査読有、Copyright©2015、JSME、J2410404

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

金平 蓮 (KANEHIRA Ren)  
藤田保健衛生大学・保健学研究科・教授  
研究者番号：8 0 2 6 2 9 4 7

### (2) 研究分担者 なし

### (3) 連携研究者

藤本 英雄 (FUJIMOTO Hideo)  
名古屋工業大学・工学研究科・特任教授  
研究者番号：6 0 0 2 4 3 4 5

成田 浩久 (NARITA Hirohisa)  
名城大学・工学部・准教授  
研究者番号：9 0 3 5 9 7 6 1

川口 和紀 (KAWAGUCHI Kazunori)  
藤田保健衛生大学・医療科学部・講師  
研究者番号：0 0 5 0 8 4 6 8

堀 秀生 (HORI Hideo)  
藤田保健衛生大学・医療科学部・講師  
研究者番号：0 0 3 4 2 1 1 3