

## 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24年5月15日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500956

研究課題名（和文）コンピュータリテラシー設備を活用したロボメカ技術者教育環境の改善

研究課題名（英文）Improvement of educational environment for robot and mechatronics engineers by using educational facilities for computer literacy

研究代表者

稲垣 克彦（INAGAKI KATSUHIKO）

東海大学・情報理工学部・准教授

研究者番号：90276775

研究成果の概要（和文）：本研究の成果として、1）コンピュータリテラシー用の教育設備での使用を前提とした低コスト型マイコントレーニング装置の開発、2）空間における座標変換を理解するための講義用・学習用ソフトウェアの開発、3）空間幾何を教育するための3次元事象提示装置の開発を行った。そして、これらを実際の講義・実習科目で使用し、その教育効果の評価を行った。その結果、ロボット・メカトロニクス教育用の教材として効果的な教材を開発する事ができた。

研究成果の概要（英文）：As a result of this study the following teaching materials are developed. 1) microcomputer training board with low-cost for use in educational facilities for computer literacy, 2) a graphical software for learning about the coordinate transformation for robot kinematics, 3) 3D presentation device to teach the geometric space problems. Then, these materials have been used in the actual practices and lectures to evaluate the effects. As a result, these materials are enough effective for education in robotics and mechatronics.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	2,700,000	810,000	3,510,000

研究分野：総合領域

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：学習環境

## 1. 研究開始当初の背景

我が国が既に足を踏み入れつつある高齢化・少子化社会に伴う労働者不足の懸念は、ここに記すまでもなく以前から指摘されている。この点に鑑みて、ロボティクス・メカトロニクス（以降、ロボメカと略す）技術は、産業界における生産効率の向上の目的ばかりでなく、高齢者介護や生活支援の面も含め、多岐に渡る分野で我々の生活を支える技術

として、その貢献が期待されている。また、近年ではアジア近隣諸国の急速な技術レベルの向上に伴い、多くの工学分野で我が国と近隣諸国の技術格差が埋まりつつあり、世界をリードする事のできる技術分野は次第にその範囲を狭めつつあると言える。この点において、ヒューマノイドに代表されるようなロボメカ技術に関しては、我が国のお家芸の一つと言っても過言ではない。従って、ロボ

メカ分野の次世代技術者を育成し、この分野で世界をリードし続ける事は、我が国における数少ない将来性のある基幹産業の一つを確保する事を意味する。

ところで、情報産業の基幹であるソフトウェア産業に目を転じてみると、残念な事に世界規模から見た我が国のシェアは極めて低く、米国を中心とする諸外国の後塵を排している事は否め無し。ところが、ソフトウェア産業の中でも、ロボメカ技術と極めて関係の深い組み込みマイコン用ソフトウェア（ファームウェア）の分野、すなわちエンベディッド技術の分野について絞れば、その姿こそ自動車や携帯型電子機器に内在されて表に見えないものの、この分野に限っては十分な世界シェアがあり、十分な国際競争力を保っているものと言える。この事実は2005年における日本経済団体連合会の報告書にも記されている。

さらに、我が国の基幹産業である自動車産業においては、急速なグローバル化の時代を迎えており、世界横断的な再編期が到来している。この覇権争いの将来的な鍵を握るのは、ハイブリッド車や燃料電池車に代表される次世代自動車技術の競争力の確保にあるのは間違いない。これらの技術分野では、従来の機械工学偏重主義から脱却し、コンピュータ制御に代表される電子工学を組み入れたシステムインテグレーション技術へのシフトする必要がある、この分野でもロボメカ技術者およびエンベディッド系技術者の需要が高まっている。

ところが、以上のような背景があるにも関わらず、大学をはじめとする我が国の高等教育機関はこのような期待に応えているとは言いがたい。事実、電気・機械メーカーを中心とする産業界の多くはロボメカ技術、特にエンベディッド技術に従事する技術者の確保を、高等教育機関の新卒者ではなく、この分野の技術を他のメーカー等で学んだ中途採用の技術者に求めている傾向が色濃い。結果として、数が限定された経験者を各企業が奪い合う形となっている。将来的にみれば、このような状況が、この分野の国際競争力の低下をもたらす事は想像に難しくはない。

このような現状の主な要因としては、実践的なロボメカ分野技術者を育成するに足る教育環境を整えた高等教育機関がほとんど存在しない事が挙げられる。ロボメカ教育においては、講義で学んだ事柄を実験・実習を通じて実際に追認する事によって多大な教育効果をもたらすものと考えられる。また、ロボメカ分野を志す学生の多くは「ものづくり」を志す学生の典型であり、実際の実験・実習によって、講義を受講する際のモチベーションを高める効果がある。産業界のニーズに見合うロボメカ分野に従事する技術者を

育成するには、講義偏重のカリキュラム体制を抜本的に見直す必要があり、講義と同等量の実習・実験を継続的に行う体制作りが急務であるものと考えられる。

ところが、現状の教育現場で実施されている実験・実習では、複数のテーマについて少数の教材を準備し、それをローテーションさせるスケジュールを組んでいる場合が多い。これは教材コストとその稼働効率に起因するものだが、その結果として1つの教材に触れる事のできる時間は極めて限られ、さらには1つの教材を複数の学生で共用する場合も多く、「経験」程度の実験・実習になってしまう場合が多い。

ところで、インターネット元年とも言われる1995年頃からの十年余りで、一般家庭を含む社会生活へのコンピュータの浸透が十分に進んだ。これを背景に、各高等教育機関はリテラシー教育の為のコンピュータとその実習授業の導入に力を入れている。今では、理工系の学部・学科を持たない高等教育機関を含めたとしても、コンピュータリテラシーの教育設備を持たない教育機関は存在しないと断言してもいい程の状況である。これにより、コンピュータのみを用いた実習、例えば工学系高級言語のプログラミングのような実習については、一人に一台ずつコンピュータが割り当てられ、学年ないし学期を通じた連続的な実習カリキュラムを構成することができており、ハードウェア面に関する教育環境に関して言えば、申し分ない状況にあると言っても良く、前述のような実験・実習環境に比較して非常に恵まれた環境にあると言える。

したがって、ロボメカ教育の環境を整備するにあたり、十分に整備されたコンピュータリテラシー教育環境を活用する事は極めて効率的かつ自然な手法であると言える。とは言え、コンピュータリテラシー環境のみでロボメカ教育の実験・実習を実施できるわけではなく、これを実現するために解消しなければならない問題が多い。一般にコンピュータリテラシー教育は全学的に行われている場合が多く、コンピュータの管理は専門の部署によって取り仕切られている場合が多い。よって、一部の学部・学科の教育設備をコンピュータリテラシー教育の現場に常設させる事は難しい。ロボメカ教育には、それ専用特殊な装置を導入しなければならない場合がほとんどであり、加えてそれぞれに電源等の設備が必要となる。また、教材のコストパフォーマンスも重要な意味を持つ。前述の通りに、リテラシー教育は全学的に行われている場合がほとんどなので、教育設備を多数の学部・学科が利用する事になり、その稼働効率が高く、十分な投資効果を見込む事ができる。これに対してロボメカ教育用教材の場合

には、その利用が一部の学部・学科に限られる関係もあり、前述のようにその稼働効率は低くならざるを得ず、1台の教材を複数人で供用する場合が多い。

## 2. 研究の目的

上記の背景に鑑み、本研究ではコンピュータリテラシー環境を活用したロボメカ技術者育成のための教育環境を整備する方法を開発していく事にある。具体的には、以下の4項目についての教材開発に取り組む。

- 1) 各種 I/O 装置を備えたマイコントレーニング教材の開発
- 2) 空間における座標変換を理解するための講義用・学習用ソフトウェアの開発
- 3) 2) の前提となる空間幾何を教育するための3次元事象提示装置の開発

これら教材の特徴等は研究計画において説明するが、いずれの教材も教育機関に設置されているコンピュータリテラシー環境（または自宅のコンピュータ）を利用して実施する事を想定している。これにより、一人一台の実習・実験環境での継続的な学習を行う事が可能となり、単に「経験」しただけではなく、その中身を本質的に「理解」する事のできるレベルの教育を実施できるものと期待される。また、産業界の期待する技術者像としては、「頭」だけを動かす技術者ではなく、「頭」と一緒に「手」を動かすことのできる技術者であり、そのような要求に応える技術者を大学・高等専門学校から輩出できるような環境を構築できるものとする。

なお、ロボメカ分野の技術者を志す学生の多くはいわゆるひと目でわかる「ロボット」に憧れる者が多いが、現実にはそのような技術者のニーズは必ずしも高くはない。しかし、センサを使用して各種計測を行い、コンピュータ（ソフトウェア）が適切な判断をしてアクチュエータを動作させるという点において、「ロボット」と「メカトロニクス」は本質的には同質であり、「メカトロニクス」という言葉に置き換えると、産業界からの技術者のニーズは様々な業種に対して飛躍的に拡大される。本研究で開発していく各種教材を通じて、そのような事を本質的に理解できる学生を育成していく事も本研究のねらいである。

## 3. 研究の方法

### (1) 各種 I/O 装置を備えたマイコントレーニング装置の開発

研究代表者が所属する東海大学情報理工学部コンピュータ応用工学科における講義

科目「マイクロコンピュータ」を対象とし、そこで実際に教材として使用するためのマイコントレーニング装置を開発する。装置のハードウェアおよびソフトウェアの設計・開発については、基板の制作部を除き、研究代表者の研究機関において行う。試作基板については、試作基板製作を専門とする外部業者へ委託する形で行う。

開発したトレーニング装置は上記の講義科目において、講義と並行しながら実施する実習で利用する。講義を実施する教室については、所属大学の協力のもと、ノートパソコンが用意され、必要に応じてその上に蓋をする形で講義と切り替える事の可能なコンピュータ実習室を使用する。

教材使用による教育効果の判断には、試験の採点結果等によって理解度向上の程度を評価する他、受講学生に対するアンケート等によっても評価を行う。

### (2) 空間における座標変換を理解するための講義用・学習用ソフトウェアの開発

ロボット工学という学問分野は各種の要素技術に関する学問分野をシステムとしてインテグレーションさせた学際的な学問分野であり、逆を言えば純然たる「ロボット工学」としての基礎的な学問領域は限定的である。その中で、座標変換を基軸とした運動学から動力学に至るまでの項目については、ロボット工学特有の領域であり、一般に「ロボット工学」という名称の含まれる科目では、この項目について学ぶ事が多い。ところが、この項目は数学および物理学を基本とした内容となっており、一般の学生は思い描く「ロボット工学」の内容と乖離している場合が多く、結果として学生の学習に対するモチベーションを低下させる要因となっている。加えて、ロボット工学における座標変換は3次元空間において議論しなくてはならず、この傾向に拍車をかけている。そこで、学生のモチベーション低下を防ぐ一手法として、コンピュータ上の3Dグラフィックスを用いた教材を開発する。この教材は講義科目における講義をサポートする為のソフトウェアと、講義を受講した後に学生がそれを復習する事をサポートする為のソフトウェアに大別する事ができる。これらのソフトウェアは教員・学生がインタラクティブに操作する事の可能なインタフェースを兼ね備えており、板書やノートでは表現しにくい3D環境における座標系の定義などを判りやすく表示する機能を持っており、リテラシー教育用のコンピュータでの使用を前提としている。

### (3) 空間幾何を教育するための3次元事象提示装置の開発

ロボット工学の中核をなす学問領域に、「運動学・動力学」の分野がある。これらの分野について理解を深める為には、空間事象の把握能力が必要不可欠となっている。21年度における本研究において、空間事象に関する教育を実施するには、3次元ディスプレイによる空間事象の提示が有効であるとの結論に至り、その試作を行ってきた。本年度はこの試作機を完成させ、これと3次元力覚提示装置を組み合わせた電子黒板システムの開発を行う。これにより、黒板を3次元化し、様々な空間事象を提示するのに役立つ教材の開発を行う計画である。この教材はロボット工学に関する教育だけでなく、より基礎的な空間事象の教育等にも役立つものと考えている。

#### 4. 研究成果

##### (1) 各種 I/O 装置を備えたマイコントレーニング装置の開発

上記の研究方法に基づいて開発したマイコントレーニング装置のシステム構成図を図1に、トレーニング装置の外観を図2に示す。本装置は Atmel 社製 8bit RISC マイコンを核に各種の周辺装置を学習できるように、ドットマトリクス LED、フルカラーLED、圧電スピーカ、Push スイッチから構成されている。この装置のコストは 1000 円程度であり、これにより一人一台での実習環境を実現している。また、ソフトウェア開発用ツールはマイコンメーカーから無償提供されているものを使用している。

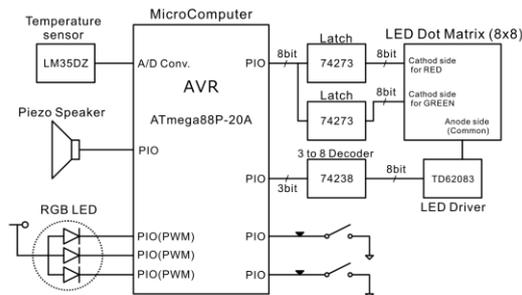


図 1. システム構成図

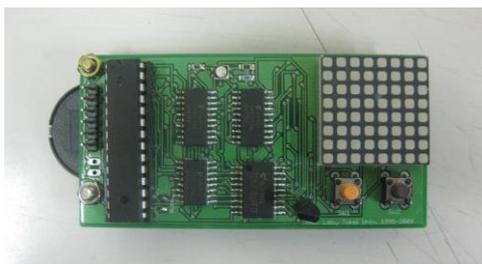


図 2. トレーニング装置外観

表 1. アンケート結果

	5	4	3	2	1	Ave.
Q.6	33	12	13	2	1	4.21
Q.7	29	14	14	3	1	4.10

この装置を使い、講義と並行する形式で実習を行った。講義回数は 14 回であり、そのうち 10 回程度の講義において実習装置を使用した。そして、最後の授業において、実習に関するアンケートを行った。その中の重要な質問の内容を以下に、回答の集計結果を表 1 に示す。

Q.6 この授業では一人一台の実習装置を導入して授業を行いました。座学のみで講義を実施するのと比較して実習が役に立ちましたか？（役に立った：5～役に立たなかった：1）

Q.7 通常の実験のようにグループワークで実習を行う場合と比較して、一人一台の実習装置の使用は、授業内容の理解に役立ったと思いますか？（役に立った：5～役に立たなかった：1）

これを見て判る通り、一人一台の教材を要した事による学生の満足度は非常に高く、この意味で提案した手法による教育によって一定の効果を得る事ができた。

##### (2) 空間における座標変換を理解するための講義用・学習用ソフトウェアの開発

ロボット工学の基礎である運動学や動力学の教育を目的としたソフトウェアを開発し、それを実際の講義に適用した。具体的には、運動学の基礎を理解する上で必要なリンクパラメータ等の定義について、これを3次元グラフィックで表示し、必要に応じて教員がそのパラメータを調整する事で、黒板への板書では理解しにくい内容を分かりやすく提示するものである。

##### (3) 空間幾何を教育するための3次元事象提示装置の開発

前述のようなソフトウェアには一定の教育効果が認められた。しかし、これは3次元事象を2次元ディスプレイ上に正確に描画するものであり、あくまで2次元平面上の表現である。より視覚効果を高める意味では、実際の3次元に線図や図形を描画する装置の開発が望ましい。これを実現する方法として、平面の LED マトリクスを物理的に往復振動させる事で、残像現象を利用して実空間に描画を行う事ができる装置を開発した。図3に装置の外観を示す。この装置は図4に示すように、PHANTOM と呼ばれる3次元ハプティックデバイスを入力装置とし、これ

と3次元事象提示装置をコンピュータで接続した構成となっている。すなわち、3次元ハプティックデバイスをチョーク替わりとして用い、これを用いて描いた軌跡が3次元事象提示装置に描画される。これによって、基礎的な空間幾何を説明する図や前述の運動学を説明する図を空間に提示する事を目的としている。この装置の最大の特徴は、近年開発されているような3D TV等と異なり、異なる2枚の平面画像を左右の眼に投影するのではなく、実空間にオブジェクトを投影する点にある。この為、観測者の位置や姿勢によってオブジェクトの見え方が異なる為、観測者は自分の望む姿勢からオブジェクトを観測する事ができる。この事はこの装置の目的である教育という点において、優れた意味を持つものと言える。



図3. 3次元事象提示装置



図4. 3次元電子黒板のシステム構成

## 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1件)

- ① 稲垣 克彦, 陳 哲, 情報リテラシー教育設備を活用したマイコン実習教育の一手法, 査読有, 東海大学紀要情報理工学部, Vol. 10, No. 1, 210, pp. 11-16

[学会発表] (計3件)

- ① 陳 哲, 稲垣 克彦, 空間事象の教育を目的とした簡易型3D電子黒板, 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2009年12月24日, 芝浦工業大学
- ② 陳 哲, 稲垣 克彦, 教育用簡易型3D電子黒板の入力インタフェースに関する研究, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2010年6月14日, 旭川大雪アリーナ
- ③ 稲垣 克彦, メカトロ教育用各種電子ガジェットの開発による教育支援, 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会, 2010年12月23日, 東北大学

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

稲垣 克彦 (INAGAKI KATSUHIKO)  
東海大学・情報理工学部・准教授  
研究者番号: 90276775

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

該当なし