

機関番号：23201
 研究種目：基盤研究(C)
 研究期間：2008～2010
 課題番号：20500759
 研究課題名(和文) レオナルド・ダ・ヴィンチの手稿から復元した機械模型の教育利用に関する研究
 研究課題名(英文) Studies on educational use of machine models reconstructed from the manuscripts of Leonardo da vinci
 研究代表者
 神谷和秀(KAMIYA KAZUhide)
 富山県立大学工学部知能デザイン工学科・准教授
 研究者番号：00244509

研究成果の概要(和文)：

機械工学分野の将来を担う若者たちが機械技術に直接触れる機会を創出するため、レオナルド・ダ・ヴィンチの手稿から復元した機構モデルの教育利用に関する研究を行った。その結果、復元模型を展示する場合において、「模型を子供達にわかりやすく紹介する方法」、「模型が壊れにくい展示に関する方法」について知見を得た。また、模型の製作を簡単に体験できるような「模型のキット」を開発した。さらに、「モノづくりのための工作機械の紹介」をするための映像資料を製作した。

研究成果の概要(英文)：

To give experiences of a mechanical engineering to kids, we were studied how to use reconstructed models from codices written by Leonardo da vinci for education. As a result, some methods were considered about an introducing and a protecting the models. In addition, a wooden model kit and a movie to explain machine tools were developed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2009年度	600,000	180,000	780,000
2010年度	1,300,000	390,000	1,690,000
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：工学教育、機構、機械、

1. 研究開始当初の背景

近年、若者の科学技術離れが懸念されている。特に、機械工学分野の将来を担う若者たちの技術離れも例外ではなく、その対策が必要である。これらの科学技術離れや機械技術離れなどの原因として、幼年期に触れる様々なものをブラックボックスとして捉える傾向が見られる点が挙げられる。また、家の外

へ出て自然と触れ合うようなリアルな遊びが減り、コンピュータゲームなどのバーチャルな体験の増加によって、本来若者たちが持っている才能の芽を出すタイミングが減っていることも問題である。

その対策として、小さい頃に、体験的に機械技術に直接触れる機会を創出することが切望されている。すでに、物理実験などを目

玉としたイベントなどが盛んに実施されているが、機械工学分野の体験イベントとしては、ロボットブームの影響もあり、市販の電子工作キットやロボットの組立キットなどを利用した「ものづくり教室」が教育者の有志、あるいは、メディアの協力などによって、裾野の広い事業として広まりつつある。

一方申請者は、1996年から現在に至るまで、約10年の歳月をかけて、万能の天才「レオナルド・ダ・ヴィンチ」が残した手稿（手書きのメモ）から復元模型の製作を継続的に行い、現在までに約100種類の復元模型を製作し、その模型の解説ポスター、さらには、製作過程を紹介するビデオ教材の制作を行ってきた。また復元した模型は、復元を始めた1996年当初より、毎年8月の第1土曜に、富山県内の子供たちを対象として、富山県立大学が主催する「ダ・ヴィンチ祭」と呼ばれる科学の祭典へ出展してきた。近年の展示実績としては、国内外の展示会（例えば、科学技術館：東京都千代田区、社団法人精密工学会招待展示：富山県、光州科学技術院：大韓民国、ASPE：米国、・・・）など多数あり、その展示件数は年々増加している。これらの展示で特筆すべきは、展示会において、見学者が模型に触れられるように配慮がなされており、動かしながら体験的にその仕組みを理解することができる点である。また、展示会場では、模型の製作過程を紹介するビデオの上映を行うことで、「ものづくり」のイロハを学べるような工夫も行っている。さらに、模型は手荒く扱えば壊れることもあるが、物が壊れるという事実を体験させることも教育の一環と考え、壊されることを覚悟して展示している。展示中に故障した模型は、会場内に設けた特設ブースで、即座に修理・復元を行うこともあり、これもまた、興味を引くイベントになっている。

これまでの10年間の展示会に参加した教育関係者のネットワーク（例えば、教育委員会：愛知県・富山県、学会：精密工学会・日本機械学会、科学館：科学技術館・名古屋市科学館、図書館：日本大学工学部・長岡技術科学大学、その他：中部デザイン協会・コイルの会・人づくり財団、・・・）によって、次々と新しい展示会への依頼が発生し、多くの若者に模型に触れる機会を創出することができたが、年間14回（今後増加の見込み）

の展示会を大学教員としての業務の傍らで行うには、限界に近い状況である。

2. 研究の目的

見学者が展示物に触れられるように配慮した展示活動は、効果的な教育の場であり、現在の活動を今以上に活発化したいと考えている。しかし、展示会の回数が急激に増加しており、申請者が大学での業務の傍らで実施するには時間的な問題が生じている。そこで、申請者が直接展示会場に足を運ばずに展示説明を委託できるように「模型を子供たちにわかりやすく紹介する方法」と「模型が壊れにくい展示に関する方法」の2つのテーマについて研究を行う。また、完成された模型に触れるだけでなく、実際に模型の製作を体験できるように、「模型のキットの開発」を行い、さらに、このテーマと平行して、「モノづくりのための工作機械の紹介」をするための教材の制作を行う。

3. 研究の方法

(1)「模型を子供たちにわかりやすく紹介する方法」

これまで、復元した模型を展示し、子供たちに説明する方法としては、展示模型に対応した説明用のポスターを準備し、必要に応じて説明員を配置することで対応を行ってきた。しかしながら、パッシブ（受動的）なツールであるポスターでは、興味のある見学者は、説明を読んでくれても、これから興味を持たせたいと考えている子供たちへは、十分な効果が見込めない。それに対して、説明員はアクティブ（能動的）な対応が可能である反面、展示内容の深い理解が必要であり、また、そのような人材の確保は難しくなっている。

そこで、コンピュータを利用したインタラクティブな模型の説明システムの開発を行う。研究の手順としては、はじめに模型に対する基本的な機能説明についてはポスターの形でデータが存在するため、データベースソフトウェアによって、これをデータベース化する。つぎに、模型の動きをさまざまな角度から、ビデオカメラとデジタルカメラで記録する。そして、記録された映像・画像データに、説明を加えて編集を行い、説明用のビ

ジュアルデータを準備し、これらをコンピュータから読み出せるようにコンテンツ化する。ここで、コンピュータにデータを蓄えても、それらを読み出す方式として、画面を見ながら、マウスでクリックするような方式では、結局、興味のある人しか映像を見てもらうことは難しい。そこで、復元模型に加速度センサやロータリーエンコーダを取り付けたり、模型を動かしている状態を CCD カメラで撮影し画像解析することで、模型の状態をコンピュータで認識し、その情報から適切な説明を提示するシステムを開発する。提案するシステムによれば、模型を動かせば、動きに合わせて適切な解説を提示することが可能となり、状況に応じた説明が可能となる。

(2) 「模型が壊れにくい展示に関する方法」

展示された模型を子供たちが最初に触れるとき、展示模型に関する知識は、まったくないと考えなければならない。そのため、「どこを動かして良いのか」、あるいは、「どのくらいの力を加えて良いのか」など、機械工学の知識があるものから考えると、想像を絶する扱いを模型が受けることが日常茶飯事である。そのため、復元を行った模型の動かし方を、だれが見てもわかりやすいように明示する必要がある。

そこで、復元模型が持つイメージを崩さない配慮を行いつつ、「どこを持つべきか」、「どちらに回すべきか」などをグラフィカルに表示する試みを行う。これまでの10年の展示経験から、子供たちは、模型にまっしぐらにやってきて、いきなり模型を動かすはじめるため、文字情報による「まどろっこしい」指示を読んでもらえるとは考えにくい。したがって、この試みでは、文字での説明は一切行わずに目的を達成するための方策を研究する。

さらに、「模型を子供たちにわかりやすく紹介する方法」で模型に加速度センサやロータリーエンコーダを取り付ける提案を行っているが、この信号から、模型がどのように動かされているかを推定することが可能なため、この信号から推定した結果を利用して、必要以上の速度で動かされている場合や問題のある動かし方を判断し、子供たちに適切な動かし方を指導するようなリアクションを行う方法について検討する。具体的には、

音、映像、振動などを発生させ、模型を動かしている子供たちに問題を気づかせる、あるいは、適切な状態で動かせるような誘導を行う方法を見出す。評価は、心理学研究法の基本である観察法を用いて、定量的に行う。

(3) 「模型のキットの開発」

展示された模型を見たり、触れたりすることは、それだけでも教育的な効果が高いが、さらに、子供たちの手で模型を組み立てる機会を与えることができれば、体験的な理解度は、さらに高まることが期待できる。

キット化する場合は、どの程度まで部品を加工しておくかが、重要な検討課題となる。部品としての完成度が高まれば高まるほど、子供たちにとっては、簡単な組立のみの作業となり、面白みが減少する。理論的な面からどの程度の完成度にすれば良いかを議論することは難しいので、本研究では、部品の完成度が高いものから、低いものまで、たくさんのバリエーションのキットを製作し、ものづくりの工程を子供たちに実際に体験してもらい、観察法を用いて定量的な評価を行うことで、キットの構成を決定することを計画している。また、組立説明書をどのような形で提供するかも、重要な検討課題となる。部品の製作同様に、組立手順の説明をいくつかのパターンで与え、観察法によって定量的な評価を行いながら、詳細を詰めていく手法をとる予定である。

キット化の体系が完成した後は、同様な手順によって、モデルの追加を順次行っていく。完成したキットについては、外注業者を利用して複製を行い、複数の学校に協力を得て、完成したキットを利用した授業の実施を行う。また、富山県立大学が主催する科学の祭典「ダ・ヴィンチ祭」のなかで実施している「ものづくり企画」として、キットの製作体験講座を設ける。両者の参加者には、実施後、アンケート調査を行い、キットの効果を確認し、さらなる改善のための情報収集を行う。

(4) 「モノづくりのための工作機械の紹介」

模型の復元で利用している工作機械にスポットライトを当てて、どのような機械でどのような仕事ができるのかを解説するビデオや Web ページの製作を行う。また、教材は「模型のキットの開発」で試作した模型の製

作過程とリンクした形で製作する。素材となる映像などは、研究協力者の神谷長幸氏の工房（愛知県）にて、撮影を行う。

4. 研究成果

まず、「模型を子供たちにわかりやすく紹介する方法」に関するテーマでは、コンピュータを利用したインタラクティブな展示模型の説明システムの開発を目標に研究を行った。その結果、これまでに製作した模型の基本的な機能説明を文字情報としてデータベース化することができた。また、模型の動きを複数の角度から撮影した静止画と動画を準備することができた。さらに、模型を動かすスピードや方法などが適切でない場合を想定し、子供たちにメッセージを与える方法としてどのような方法が有効であるかを、ハンドル部にロータリーエンコーダを取り付けた装置を用いた実験によって確認した。その結果、文字情報などでは子供達を効果的に誘導することが難しいことが分った。また、例えば、スピード調節の場合、アナログメータの指針を中央に合わせるといった表示は、誘導効果が高いことが分った。

つぎに、「模型が壊れにくい展示に関する方法」では、復元模型が持つイメージを崩さないような配慮を行いつつ、子供たちに動かし方を直感的に訴える方法の研究を行った。その結果、「どこを持つべきか・どちらに回すべきか」などを適切に表示する方法を検討し、透明なアクリル板で模型を部分的にカバーして、その表面に矢印などのマークを表記することが良いと考えるに至り、装置の試作を行った。しかしながら、研究期間内には、試作した装置を用いた十分な評価実験を行うことができなかつたため、継続して研究を行う予定である。

また、「キットの製作」に関するテーマでは、まず、これまでに開発した 100 点を越える模型の中から、どの模型をキットのベースとすべきかを検討した。対象者を小・中学校の生徒とし、富山県立大学が主催するダ・ヴィンチ祭で製作教室を開催することから、構造が複雑ではないものを対象とし、身の回りの機械に興味を持たせたいとの思いから、動く機械には必ず組み込まれている軸受けに着目して、ピボットベアリングをキット化した。加えて、イベントで円滑な運営が行える

ことも考慮し、キットは木製の組み立て式とし、部品の追加加工、及び、組み立てのための特別な工具が不要となるようにした。また、キットの製作時に利用する組立説明書についても検討を行い、講師が説明しながら実施する場合と、子供だけで組み立てる場合の2種類の仕様で製作した。キットを用いた試行（製作教室）では、製作中の様子をビデオ撮影し、心理学で基本的な研究方法の一つである観察法によって解析し、また、製作後にアンケート調査を行った。その結果、良好な結果を得ることができたため、その結果をフィードバックして効果的な教材となるようにキットと説明書の改良を行い、製作教室を繰り返し行った。

最後に、「モノづくりのための工作機械の紹介」については、模型の復元で利用している工作機械にスポットライトを当てて、どのような機械でどのような仕事ができるのかを解説する映像資料を製作した。単なる機械の説明だけでは、子供たちの興味を引くことが難しいと考え、研究期間に新たに復元した模型の製作過程をビデオで記録し、復元模型の説明との関係性を持たせた工作機械の説明を行った。今後、製作した映像資料は、製作教室や展示会での活用を行い、子供たちの反応をフィードバックさせて継続的に改良を行っていく予定である。

5. 研究組織

(1) 研究代表者

神谷和秀 (KAZUhide KAMIYA)
富山県立大学・工学部・
知能デザイン工学科・准教授
研究者番号：00244509

(2) 研究分担者

野村俊 (TAKASHI NOMURA)
富山県立大学・工学部・
知能デザイン工学科・教授
研究者番号：00104977