レオナルド・ダ・ヴィンチの手稿から復元された 木製機構模型を利用した技術教育*

神谷 和 秀^{*1}, 神谷 長 幸^{*2}
野村 俊^{*1}, 田代 発 造^{*3}

Education of technology with Aid of Wooden Models Based on the Codices by Leonardo da Vinci

Kazuhide KAMIYA^{*4}, Nagayuki KAMIYA,
Takashi NOMURA and Hatsuzou TASHIRO

^{*4} Faculty of Engineering, Toyama Prefectural University,
5180 Kurokawa, Imizu-shi, Toyama, 939-0398 Japan

Leonardo da Vinci is not only famous as the artist who painted master pieces such as “The Last Supper” and “Mona Lisa”, he is also a great scientist and engineer. He left records of many original scientific investigations and explorations in books now known as Leonardo’s Codices. These codices include anatomical charts, mechanical equipment, civil engineering concepts, and drawings related to architecture, astronomy, botany, and so on. The contents of these Codices are interesting for beginners who are studying mechanical engineering, although beginners are not used to recognizing a solid from a drawing. Therefore, models were reconstructed from the drawings in these codices, to be used as teaching materials for the study of mechanical engineering. In a lecture as part of a mechanics course, it was possible to generate an interest in mechanical engineering among beginners who studied the mechanics by using the reconstructed models. Similarly, an opportunity to consider the field of mechanical engineering was given to students of primary schools, junior high schools, senior high schools, and their parents, by the reconstructed models presented in the DA VINCI Festival at Toyama Prefectural University.

Key Words: Leonardo da Vinci, Education of Technology, Mechanics

1. 緒 言

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。文部科学省では、科学技術創造立国の実現を目指して、「科学技術・理科大好きプラン」¹⁾が実施され

ている。また、物理実験などを目玉としたイベントやものづくり教室などが盛んに実施されているが、機械の機構に着目した展示・体感イベントは少ない。

そのため、我々は、約 10 年前より、レオナルド・ダ・ヴィンチの手稿^{2) 3)}から動く機構模型の復元を行い、富山県立大学が主催する「ダ・ヴィンチ祭」や各地で開かれる展示会において「からくり博物館」と題して、子供たちが模型に直に触れる機会を作り、科学技術への接点を作る努力を行ってきている。本報告では、復元模型を製作するに至った経緯、教育上の工夫点、その効果などについて述べる。

2. 模型製作の経緯

米国では家庭のガレージに工作室を持つことが特殊ではなく、そのため、本格的な木工を趣味とする人の層が厚い。それ故、木工に関する書籍も多数出版されている。1993 年に機構モデル 17 点の設計図とその作り方が書かれた書籍⁴⁾を著者の一人が米国から入手し、そのうちの 14 点を製作した。この書籍によって、木工模型製作のノウハウの蓄積が始まり、次なる模型の製作意欲も生じはじめていた。このとき製作さ

* 原稿受付 2006 年 4 月 20 日。

^{*1} 正員、富山県立大学工学部 (☎ 939-0398 射水市黒川 5180)。

^{*2} 正員、自宅 (☎ 444-1314 高浜市論地町 1-7-20)。

^{*3} 正員、富山大学工学部 (☎ 930-8555 富山市五福)。

E-mail: kamiya@pu-toyama.ac.jp

れた模型の例を図1に示す。

機構モデルの製作と同時期に、富山県立大学工学部機械システム工学科の新入生に対して開講している「機構学」において、受講する学生が徐々に教科書のスケルトン化されたモデルでは、その動作を理解できないようになってきていることを講義しながら感じるようになり、より具体的な説明のために、手で触れることができる教材の必要性を強く感じはじめた。この必要性和次なる木工模型製作の意欲が結びつき、「機構学」の教科書⁵⁾に掲載された機構の木工模型の製作を開始することとなった。

Fig.1 A model produced from "Making Mechanical Marvels in Wood"

(a) A figure in a textbook

(b) A model produced from a figure in the textbook
Fig.2 An example of a donated model

機構学の講義において、製作された模型による教育効果は予想通りで、OHPだけを利用した講義と比較して、学生の理解度が高まり、機構学への興味を増す結果となった。例えば図2は、ポースリエの機構として有名な、真正直線運動機構であるが、図2(a)の教科書の図からだけでは、なかなかその動きが理解し難い。しかしながら、図2(b)の模型を教室に持ち込み、学生に手渡して動かして見ることで、直線運動が生じることは、一瞬で理解させることが可能となった。そして、動きが理解できることで、理論の理解もそれ以前と比較してスムーズとなり、実際に触れて動かすことのできる模型の優位性が確認できた。機構学の教科書からは、1994年～1995年にかけて30種類の模型を製作したが、それらすべてを富山県立大学に寄贈している。

1996年になると、機構学の教科書に掲載された機構の製作のために入手した各種加工機、および、さまざまなノウハウが蓄積されたことによって、さらに難しいものを作ってみたいというチャレンジ精神が芽生えた。たまたま、著者の一人が、レオナルド・ダ・ヴィ

(a) An Example in Madrid Codices

(b) A reconstructed model

Fig.3 A model reconstructed from a Codex written by Leonardo da Vinci

ンチが「モナリザ」や「最後の晚餐」などの絵画以外に、科学技術に関するメモ⁶⁾を残していることに注目していたこともあり、資料となる書籍^{7) 8)}から機構模型の復元を開始し、同年、5点の復元模型の製作を行った。復元した模型の一例を図3に示す。その後、2年間は復元を行うための手稿を入手することができず、復元模型の製作は足踏み状態であったが、1999年に日本機械学会主催のメカライフ展に協力したことがきっかけで、クロスランドおやべ(富山県小矢部市)の岩堀館長とめぐり合い、手稿の提供を受けることになった。また、学術利用の範囲で手稿の展示利用も許可していただくことができ、復元活動を再開することが可能となった。その後、現在まで地道な復元活動を行った結果、現時点で復元した模型の総数は106点となっている。レオナルド・ダ・ヴィンチの手稿から復元した模型の総数の推移を図4に示す。

3. 講義での利用例

3.1 機構学

富山県立大学工学部機械システム工学科では、新入生である1年生に対して機構学の講義を開講している。機構学では、機械の「からくり」として、瞬間中心・機構における速度および加速度・摩擦伝動・歯車・カム・リンク・巻掛け伝動などの項目を講義している。

一方、機構学を受講するほとんどの学生は、大学入学以前に機械工学に関する講義を受講したことがない。そのため、教科書の図面を見て、そこに描かれている立体を正しく認識する力が著しく低い。例えば、内燃機関(スライダクランク連鎖)を表した図から、その動きを想像できる学生がクラス(50名)の半数程度である。このような学生に対して、事前に図面の読み方を教えることは、もちろん重要であるが、時間の余裕がない。そのため、手にとって動かせる模型を示すことで、主たる目的である機械の「からくり」の理解に

多くの時間を割いている。この「手にとって動かせる模型」として、レオナルド・ダ・ヴィンチの手稿から復元した木製模型を利用している。

具体的には、講義で説明をする機構を含むような復元模型を教室に持ち込み、教員が模型を動かしながら、動きのポイントを説明する。また、講義中に模型を回覧することもある。

復元模型を利用することで、講義時間において、機構の動きをほぼ100%理解させることが可能となった。講義時間以外では、復元模型は大学内の展示スペース「ダ・ヴィンチコーナー」にて常設展示しており、希望者には教員の立会いが必要であるが、いつでも触れることができる環境を整えている。模型に触れ、動いている機構を見ることで、学生からしばしば発せられる「あ、そうなんだ!」という言葉は、教科書だけでは理解できなかった部分が氷解する瞬間を良く表している。

3.2 専門ゼミ

富山県立大学工学部機械システム工学科では、3年前期に専門ゼミが必修科目として開講されている。専門ゼミでは、機械システム工学に関する専門分野の概要を学び、専門における研究や技術の紹介とその内容に関する討論を経て、機械システム工学科の専門に関する知識を深めることを目的としている。また、少人数教育を実践するため、教員1名が5名程度の学生を分担して教育を行っている。以下に述べる実践は、著者らが担当した11名の学生に対して行ったものである。

著者らが担当した専門ゼミでは、レオナルド・ダ・ヴィンチの残したスケッチを題材とし、3次元CADでモデリングさせ、バーチャルな「もの作り」を学生に体験させ、その課程で、「からくり」について、学生に深く考える機会を与えた。

具体的には、レオナルド・ダ・ヴィンチの手稿を学生に与え、その構造を考えさせた。その後、3次元CADを使って部品をモデリングさせ、アセンブリすることで、コンピュータの中で動く模型を復元させた。3次元CADにはSolidWorksを利用した。

学生はこの講義ではじめて3次元CADに触れるため、最初に付属のチュートリアルを90分間行うことで、ソフトウェアの使い方を学ばせた。また、手稿から模型の復元を行うためのガイドとして、著者らの行ってきた方法を座学で講義した。また、本実践では、復元模型を学生が手稿から復元を行うためのサンプルとして、自由に手にとらせ、復元もとの手稿と比較させた。レオナルド・ダ・ヴィンチの手稿には、類似した構造を持

Fig.4 A total number of reconstructed models

つものも多数存在するため、復元された模型を体感することで、多くのことを学び取っているようだった。

本実践での指導のポイントとしては、「からくり」教育であるため、モデリングの最中に、復元模型の構造上の質問が生じても、教員からの回答は極力行わず、参考図書を示す程度に留め、学生自身に考えさせることとした。それに対して、3次元CADは学習の道具であるため、その利用方法については、質問が出るたびに指導し、さらに習熟度にあわせて便利な小技、および、高度な利用方法を説明した。

学生は最初、経験のない3次元CADを使わなければならないことなど、様々な要因から緊張気味であったが、実践が進むに従い、緊張もほぐれ、楽しそうに、なおかつ、熱心に取り組んでくれた。その結果、パッチャルとはいえ、実際に部品を作製し、組み立てていく能動的な過程を経験することで、一層の理解が深まったようである。

講義終了時のアンケートで、「興味を持って取り組んでいますか。」の問いに対して、講義開始時では、約半数の学生が「興味がない」あるいは「どちらでもない」を回答していたが、講義終了時には、8割を超える学生が「興味を持って取り組めた」と回答するに至った。また、「後輩にこの講義を受講することを薦めますか」の問いには、9割を

超える学生がYesと答え、講義の有効性が明らかとなった。

4. 展示活動

レオナルド・ダ・ヴィンチの復元模型の製作と時を同じくして、富山県立大学では、1996年から「ダ・ヴィンチ祭」という名称で、子供たちに科学の楽しさに親しんでもらうためのイベントを開始した。このイベントにおいて著者らは、からくりの楽しさを体感してもらうことを目的として、これまでに製作を行ったレオナルド・ダ・ヴィンチの復元模型(5点)と機構模型(30点)、それに加えて、小さな子供のために木工玩具の製作も行い、大学内だけであった模型の利用から、一般に向けた展示活動を開始した。ダ・ヴィンチ祭における「からくり博物館」の様子を図5に示す。

展示活動では、最初から「触って動かせる展示」というコンセプトで活動を行っており、これは、著者らが博物館などでの展示で、興味がわくと触ってみたいと思うけれど、大人であっても触れることは御法度というルールのため、歯がゆい思いをした経験と、「からくり」は、触って動かすことにより、その原理が一瞬のうちにわかる、いわゆる、「アハ効果」により、理解度が高まることを狙った仕掛けである。一方、展示会を運営する上で、模型に触れてもらうということによって、いかにして模型の故障を防ぐかという点の工夫も必要となった。その対策の基本は、模型に対して十分な人数の説明員を配置し、まったく知識のない一般の参加者に対して、十分な説明を行い、模型の破損を未然に防ぐように努めることで行った。また、不運にも模型が破損した場合には、その理由を分析し、復元模型の構造の再検討を行うなどして、模型の改良も行った。しかしながら、構造の改善を行いつぎと、レオナルド・ダ・ヴィンチの手稿のイメージからかけ離れてしまうため、構造の再検討には限界がある。結局、触らせるからには、模型を壊されることを覚悟し、展示中に壊れた模型は、可能な限りその場で修理を行

Fig.5 A photograph of “KARAKURI museum” in Da Vinci Festival

Fig.6 a scene of repair in exhibition

Fig.7 A change of a number of applications for exhibition

Fig.8 A photograph of exhibition in U.S.A.

Fig.9 A photograph of exhibition in Korea

うこととした。そして、発想の転換を行い、「修理も展示の一部」と考え、積極的に見せる演出を行った。図6に修理の様子を示す。模型の修理は、普段、ものづくりを見慣れていない影響かもしれないが、子供たちに思いのほか好評であった。様々な工夫の結果、「からくり博物館」は、子供たち、および、その保護者らに認められ、どこの展示会においても大好評であった。同様の展示活動は、現在も継続的に行っており、年間展示回数の推移は図7のようになっている。

2004年には、米国オーランドで開催された、米国精密工学会(American Society for Precision Engineering)の年会でレオナルド・ダ・ヴィンチの復元模型を製作していることを発表⁹⁾し、数点の復元模型を持参して、図8に示すように会場に展示したところ、研究者・技術者の間でも好評であった。この発表がきっかけとなり、2005年6月に大韓民国の光州科学技術院でも展示を行うこととなった。光州科学技術院では、小中高校生が見学に来ていたが、日本の子供たちよりも素朴で模型に対する興味は日本以上に高いことがわかった。

約10年にわたる展示会において感じることは、模型に触れる子供たちの輝く目は、今も昔も大きな違いがなく、子供たちに内在する、科学技術への関心の芽は、育たないまま眠り続けており、適切なきっかけさえ与

(a) The Codex

(b) The reconstructed model

Fig.10 A selected model for teaching material

えることができれば、スクスクと育ち、大きな木になる可能性が十分あるということである。

5. ビデオ教材

復元模型の展示を行っていて、ものづくりの方法について、子供たちにわかり易い形で伝えたいと考え、模型の製作過程を工程ごとにビデオで撮影し、「復元模型ができるまで」というビデオを制作した。対象とした模型とその手稿を図10に示す。制作したビデオ教材の内容は、「ジグソーによる材料の切り出し」、「ボール盤による穴あけ」、「旋盤による外周加工」、「フライス盤による溝加工」、「丸鋸盤による切断加工」、「割り出し盤による分割作業」、「ルーターによる面取り」、「鉋やマイクログラインダやベルトサンダーによる仕上げ加工など」と「組立作業」を紹介している。制作当初は、単なる映像の切り貼りであったため、展示会場で上映しても説明者がいないと、なかなか最後まで見てもらうことは出来なかった。そこで、映像を説明するためのテロップを入れたところ、説明者がいない場合でも、視聴率が向上した。図11に制作したビデオ画像の例を示す。また、このビデオを富山県内の小学6年生の生徒54名に見てもらった機会にも恵まれ、そのとき

子供たちは、ビデオの上映が始まると、雑談はまったくなく、ビデオに釘付けになっていた。

6. 展示の成果と教育関係者のネットワーク

復元した模型の展示会を行うことで、科学技術離れが問題視されていた若者たちに体験的に知識を与えることができ、科学技術分野に引き込むための興味を持たせることが可能となった。また、自らの手で模型を動かさせることで、科学技術に興味を持っていないと思われていた学生たちの潜在的な興味を引き出すことが可能となった。

さらに、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。

7. まとめ

本報告では、レオナルド・ダ・ヴィンチの復元模型の製作に至った過程と製作した模型を利用した講義、展示活動による教育上の工夫、および、その効果について述べた。以上をまとめると以下の通りである。

- ・ 現在までにレオナルド・ダ・ヴィンチの手稿から 106 点の模型の復元を行った。
- ・ 機構学の講義で利用することで、機構の動きをほぼ 100% 理解させることができた。
- ・ 手稿を題材としたバーチャルもの作りを実施し、9 割以上の学生から、後輩に対して受講すべき講義との評価を得た。
- ・ 「触って動かせる」をコンセプトにした展示会を約 10 年にわたって実施した経験から、子供たちに内在する科学技術への関心は、今も昔も違いがないことがわかった。
- ・ 模型の存在が直感的な理解を促進し、教育効果が高いことが確認できた。

謝 辞

本研究を遂行する上で、必要不可欠なレオナルド・ダ・ヴィンチの手稿の提供を頂きましたクロスランドおやべ 岩堀恭一館長、長岡技術科学大学図書館、日本大学工学部図書館に感謝いたします。また、展示活

(a) Title

(b) An image of VTR

Fig.11 A teaching material with a video

動では、富山県および愛知県の教育委員会、科学技術館、富山県人づくり財団にご協力頂きましたことを感謝いたします。また、本研究の一部は、富山県立大学戦略的教育研究課題推進プロジェクト「教員の優れた（特色ある）教育実践課題」の補助によって実施しました。

文 献

- (1) Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, http://www.mext.go.jp/a_menu/kagaku/daisuki/
- (2) Reti Ladislao, Codices Madrid / Leonardo da Vinci, (1975), Iwanami shoten.
- (3) Barbera Johnson, Codices Atlantico / Leonardo da Vinci, (1975), Giunti-Barbèra.
- (4) Raymond Levy, Making Mechanical Marvels in Wood, (1991), Sterling Publishing Co., Inc., New York
- (5) Inagaki, S., Morita, H., Kinematics of Machinery in Japanese, (1966), Ohmsha.
- (6) Leonardo da Vinci, Note of Leonardo da Vinci in Japanese, (2004), Iwanami shoten.
- (7) Aoki, K., The Leonardo da Vinci Museum, (1979), Kodansha.
- (8) Reti Ladislao, Unknown Leonardo, (1975), Iwanami shoten.
- (9) Kamiya, K., et al., Making wooden reconstruction models from the Codex written by Leonardo da Vinci, *Proceedings from ASPE 2004 Annual Meeting*, Vol.37, (2004), pp. 341-344.