

機関番号：33805

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20500813

研究課題名(和文) ものづくり教育と視覚障害者の支援を目指した教育用2.5次元立体ディスプレイの研究

研究課題名(英文) Development of 2.5Dimension solid Display for the Manufacturing Education and the visually impaired.

研究代表者

高橋 等 (TAKAHASHI HITOSHI)

静岡産業大学・情報学部・准教授

研究者番号：30440605

研究成果の概要(和文)：2.5次元立体ディスプレイを開発した。このディスプレイは、直径5mm長さ20cmの合成樹脂のロッド(棒)を1600本立てた形状で、それぞれのロッドの高さをコンピュータで制御することで、実物に近い立体を造形する。また、この装置は「ものづくり」教育の学習教材であり、ものづくりの初心者に対する設計の考え方を提案した。さらに、視覚障害者の学習支援教材として使用できるように開発を進めた。

研究成果の概要(英文)：We developed 2.5 dimension solid display. This display controls 1600 rods with the computer, and makes the solid figure. Moreover, this device is a learning material of the Manufacturing Education. We proposed the idea of the design to the beginner of the Manufacturing. In addition, we are researching as the learning material for the visually impaired.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合 計
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2009年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
総 計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：教育工学

科研費の分科・細目：教育学・教科教育学

キーワード：ディスプレイ ものづくり ユニバーサルデザイン 視覚障害者 学習支援 計測制御

1. 研究開始当初の背景

「ものづくり」教育において、実物を教材として用いることは極めて学習効果が高いと言える。また、実物を使用できない状況、あるいはモデル化することで実物以上に学習効果が期待できる場合では、図や映像、コンピュータグラフィックスやアニメーションによる教材提示も有効であると言える。

しかし、コンピュータを使用した教材は、2次元の平面ディスプレイ表示であるため、空間認知の不得意な学習者では、画像を立体的に認識することが難しく、視覚障害者にとってはまったく認識できない現状がある。

そこで、できるだけ実物に近い立体を短時間で造形する装置があれば、空間認知が不得意な学習者や視覚障害者が「もの」の構造や機能をより容易に認識することができると考えた。

2. 研究の目的

工業や工芸などの「ものづくり」教育では、「もの」の構造や機能、造形を学習する教材として、コンピュータグラフィックスやシミュレーションソフトを使用する機会が増えている。これらコンピュータを使用した教材は、精細かつ精巧にできており学習課題の理解

に役立っている。しかし、如何に精細かつ精巧であっても、2次元のディスプレイ表示であるため、すべての学習者に「もの」を立体的に認識させるのには限界がある。そこで、できるだけ実物に近い立体を短時間で造形する装置を開発することにより、「もの」の構造や機能の理解を深め「ものづくり」の学習効果を高めることができると考えた。

また、教材が立体の造形であることで、視覚障害者にも「もの」の構造を伝えることができ、様々な学習教材の提示装置として、暗眼者における2次元のディスプレイと同様な役割を果たすことができると考えた。

3. 研究の方法

(1) 概念設計

2.5次元立体ディスプレイの概念を基に、次のように主な仕様を決めた。

①機能

造形時間を短くし、何回でも繰り返し表示するために、平面に敷き詰めた細いロッドを上下に移動することにより、2.5次元の立体を造形するものとした。

②ディスプレイ部の大きさ

視覚障害者の使用を想定して、普段手で触っているカバン、文房具、本、パソコンなど、机上における日用品程度とした。

③解像度

解像度を高くすれば滑らかな造形ができるが、ロッド1本が突き出るような針の形では、手で触れたときに傷つける恐れがある。1ロッドの太さは鉛筆程度とした。

(2) 基本設計

基本設計では、概念設計の構想を実現するために、より具体的な構造や形状を考えていった。

①ディスプレイ部の大きさ

最終目標を縦500mm×横500mm×高さ300mmとした。また、プロトタイプでは縦200mm×横200mm×高さ200mmとした。

②解像度

1ロッドの大きさは縦5mm×横5mm程度、縦100ロッド×横100ロッド程度とした。

③動作速度

造形の手速は速いほど良いが、機械的な動作のため電子的な表示には到底及ばない。また、部品コストやエネルギーも増えてしまう。ここでは、コンピュータの出力装置であるインクジェット形プリンタで用紙に印字する速度を目標とし、1造形あたり60秒程度を目標とした。

④機構

ロッドは一旦最上部に持ち上げられ、そこから下降する。目的の位置に来たときにロッドの動きを停止して固定する。固定する機構は列と行によるマトリックス方式を用いる。

この方式により10,000本のロッドを行列合わせて200の固定機構で制御することができ、工数やコストの面で有利になる。

(3) 詳細設計

詳細設計では、基本設計を基に設計における考慮事項を確認しながら具体的な寸法や材質を決定していった。ここでは、詳細設計に大きく影響した項目を取り上げた。

①ロッドの材質：重量とコスト

本装置のディスプレイ部分はロッドで構成され、表に現れる太い部分とそれを支え固定する細い部分から出来ている。ここで課題となるのが1万本という数に伴う重量とコストである。

例えばロッド1本の重さが1g増加すれば全体は10kg増加、ロッド1本のコストが10円増加するなら10万円の増加になる。

ここでは、寸法精度や強度を満足しつつ重量とコストの条件も満たす素材として、肉厚0.5mmのポリプロピレン樹脂パイプをストロー製造会社に特注することにした。これによりロッド1本あたりの重さは約3gで全体では30kg、金額は合計で約150,000円になる。なお、この全ロッドを昇降する機構には、電動ベッドや医療リハビリ装置に使用されている4000N昇降対応の電動昇降ユニットを用いた。



図1 ロッドの外形

②ロッドガイドの設計：摩擦と遊び

ロッドは図2のように、ロッドガイドにロッド下部のピアノ線を通すことによりマトリックス状に整列する。ここで要求される機能は、ロッドがきれいに整列することと、上下に滑らかに摺動できることである。



図2 アルミ板製のガイド

この設計では軸であるピアノ線が極度にたわんだり、ポリプロピレンが帯電して静電気で吸着することも考えられるので、いくつか試作を試み、結果として、図3のように、ロッドの間隔は5.1mm、ガイドの穴の径が1.0mm、ピアノ線のシャフト径が0.6mmから0.8mmになった。



図3 5.1mm間隔のガイド穴

③ロッド固定材料の選定：摩擦と逃げ

ロッドの固定方法は図4のように、ロッドガイドの中間に入れた固定用シャフトを数ミリずらすことで摩擦を生じさせて行う。さらに摩擦を高めるために、固定用シャフトの穴にはシリコンゴムでできたパイプを埋め込んだ。

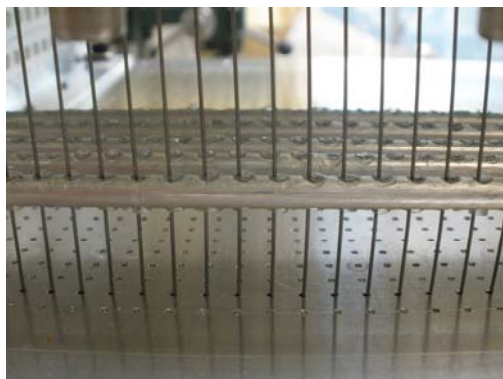


図4 ロッドの固定

シリコンゴムは摩擦係数が高く、摩擦熱や油脂への耐性も良い。固定後のロッドは手で触ることを想定しており、そっと触れる程度の0.1Nから、体重を掛ける6N程度の力が掛かると思われるが、ここでは0.3N程度の保持力になっている。これは、強固に固定した場合、触れた手に傷を負わせる危険性があり、また、ロッドを破壊する危険性もある。想定以上の力が掛かった場合に人体や機構の重要な部分を守る「逃げ」の設計にした。

④ロッドの固定機構の設計：たわみと狂いの吸収

ロッドの固定は前述のようにロッドガイ

ドの中間に入れた固定用シャフトをずらし摩擦を生じさせて行う。この固定用シャフトには一列分のロッドを同時に固定するように穴が空いている。この穴の位置の精度が良い場合は全てのロッドを固定できるが、穴の位置の精度が悪いと図5のように固定されず解放されるロッドがでてしまう。

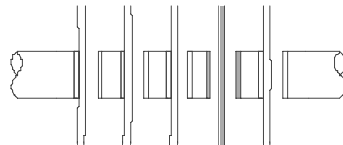


図5 精度不足による欠陥

そこで、この狂いを吸収するためにピアノ線のたわみを利用する。図6のように細くて柔らかいピアノ線を使用すると、固定シャフトの移動でピアノ線が大きくたわむ。すると穴の位置の誤差を吸収し、全てのピアノ線がシリコンパイプと接することができる。

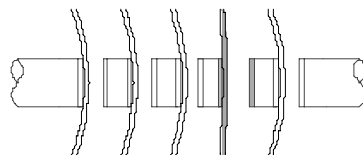


図6 たわみによる精度不足の回避

⑤動力伝達部の設計：力の集中と損失

固定シャフトの駆動は、図7のようにシャフトに付けたカムが管体の側面を押し、固定シャフトを最大で2mm引く機構になっている。

また、このカムはアクチュエータであるサーボモータのホーンとピアノ線で連結して動かす。動力を伝達する機構では、負荷に十分な動力が伝わるように設計することと共に、伝達用部品を支える構造物の設計にも注意をしなければならない。このケースでは、カムの軸とカムの側面に最も大きな力が掛かることが予測でき、さらに全てのカムの力を集中して支えている管体に掛かる力も考慮しなければならない。力が集中しているカム周辺の部品の強度を高めると共に管体のアルミアングルも十分な強度が求められる。この管体には簡易な計算でも側面から10N程度の力が掛かるため、厚さ3mmのCチャネルを使用している。

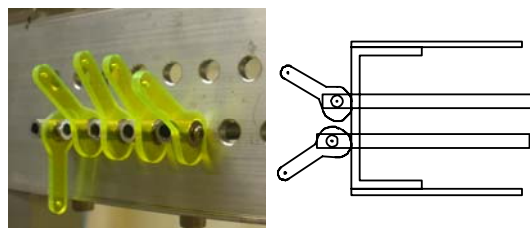


図7 カムの形状と機構

4. 研究成果

(1) 2.5次元立体ディスプレイの開発

プロトタイプとして、縦 200mm×横 200mm×高さ 200mm、ロッド数 1600 本の 2.5 次元立体ディスプレイを製作した。さらに、縦 500mm×横 500mm×高さ 300mm、ロッド数 10000 本の 2.5 次元立体ディスプレイを製作中である。



図 8 全体画像



図 9 造形例

(2) ものづくり初心者のための「設計における考慮事項」リストの作成

「もの」を設計することは、常に意志決定を求められている状態であり、より良い判断をするためには多くの情報が必要である。しかし、「ものづくり」の初心者は「もの」を捉えるときに「かたち」に重点を置き、どうしても目に見える情報だけで判断してしまう傾向がある。

そこで、「設計における考慮事項」をリストとしてまとめた。このリストを参考により、動きとして目に見えない情報、時間が経たないと現れない情報、順番が重要な情報など多方面からの「ものづくり」を捉えさせることができる。

また、コンピュータによる設計や工作を行えば、容易に高精度のものづくりができそう

であるが、さらに高性能な「ものづくり」を目指す場合や、センスの良いものづくりのためには「狂い」「逃げ」「遊び」のような古くから伝わる、数値化しにくい経験による技術が必要であることを提示した。

(3) 今後の展望

視覚障害者の学習支援教材として本装置を導入する準備として、「視覚障害リハビリテーション研究発表会」に参加し、研究者との交流をとおして情報の収集を行った。その結果、視覚障害者の行動特性から、装置の耐久性が重要という助言を受け、更に改良を進めているところである。

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 5 件)

①高橋 等、計測制御教材を使用したプログラミング教育、第 26 回ファジイシステムシンポジウム講演論文集、査読無、2010、993-998

②高橋 等、「ものづくり」初心者の設計に関する一考察～2.5 次元立体ディスプレイの設計から～、静岡産業大学情報学部紀要第 12 号、査読有、2010、315-326

③高橋 等、教材用リニアエンコーダの開発、第 27 回日本産業技術教育学会東海支部大会講演論文集、査読無、2009、65-68

④高橋 等、一斉授業に対応したフィードバック制御に関する学習教材の研究、日本産業技術教育学会第 52 回全国大会講演趣旨集、査読無、2009、90

⑤高橋 等、一斉授業に対応した計測制御教材の研究、第 25 回ファジイシステムシンポジウム講演論文集、査読無、2009、6p

〔学会発表〕(計 4 件)

①高橋 等、計測制御教材を使用したプログラミング教育、第 26 回ファジイシステムシンポジウム、2010.9.15、広島大学

②高橋 等、一斉授業に対応した計測制御教材の研究、第 27 回日本産業技術教育学会東海支部大会、2009.12.12、静岡大学

③高橋 等、一斉授業に対応したフィードバック制御に関する学習教材の研究、日本産業技術教育学会第 52 回全国大会、2009.8.23、新潟大学

④高橋 等、一斉授業に対応した計測制御教材の研究、第 25 回ファジイシステムシンポジウム、2009.7.16、筑波大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高橋 等 (TAKAHASHI HITOSHI)
静岡産業大学・情報学部・准教授
研究者番号：30440605