

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 13 日現在

機関番号：12501

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26560081

研究課題名（和文）平面 - 立体の可逆変化が可能な立体設計手法による教育教材の開発

研究課題名（英文）Educational tool based on reversible structure changing two-dimensional plane to three-dimensional solid

研究代表者

伊藤 智義 (Ito, Tomoyoshi)

千葉大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：20241862

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,700,000円

研究成果の概要（和文）：安価で収納時に場所を取らない立体教材の開発を目的とし、月の満ち欠けを理解する月相教育の補助教材を試作した。平面と立体を可逆変化する構造体は平面紙から作ることができる。今回は球形をA4用紙4枚から作製した。4枚の展開図に、地球、あるいは、月を印刷しておくことで所望の教材ができあがる。収納時には平面にしてファイルしておくことができる。実際に中学校の授業で使用してもらってアンケート調査を行ったところ、教材として有用であるとの知見を得た。

研究成果の概要（英文）：We have studied three-dimensional educational materials that require little cost and little space. Experimentally, we developed an assistant tool that helps to understand the change of the moon phase. We can make a reversible structure changing two-dimensional plane to three-dimensional solid from plane paper. We manufactured a sphere from four sheets of A4-size paper. We made the desired teaching materials by printing the earth or the moon on four sheets of development. The prototype system was really used in the class of the junior high school. We performed the questionnaire survey about our system and got knowledge that it was useful as the teaching materials.

研究分野：計算機科学

キーワード：教育工学

1. 研究開始当初の背景

教育現場における教示方法は、黒板やプロジェクタなどを用いて行うことが主である。そのため、平面図を用いた説明が中心である。立体を扱う授業においては、受講生（児童・生徒・学生）は平面図から立体を想像する必要があるが生じる。そのことが本質の理解の妨げになることがある。当然ながら、立体の学習は立体の教材を用いることが望ましい。

一方で、図1が示すように、教育現場では理科設備の充足率が低いという状況がある。さらに、立体の教材の場合は保管場所に困り、コストがかかるため、受講生全員分を用意することが困難である。そのため、立体の教材はほとんど普及していない。

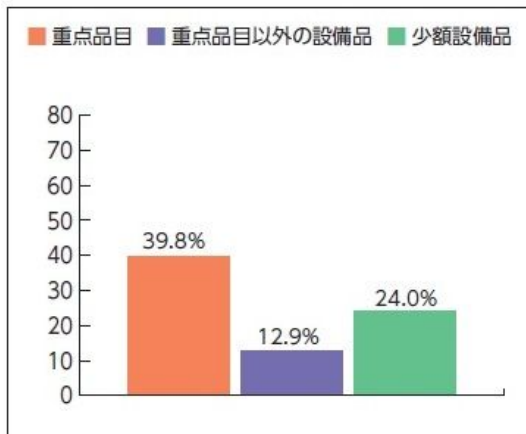


図1. 中学校における理科設備の充足率(「理科観察・実験機器を整備しましょう」, 日本理科教育振興協会, 2014)

2. 研究の目的

私たちの研究グループでは、平面と立体を可逆的に変化する構造を開発した。二つの端点を引っ張ることで強固な立体構造を形成し、逆に、力を緩めることで立体から平面に戻ることができる。利用するときには立体モードにし、保管するときには平面モードにして省スペース化が可能になる。様々な凸型構造体を作ることに成功しており、さらに、一般のペーパークラフトでは作製・保持が困難な強固な球形状を容易に作る可以在という大きな特長を有している。これらの利点は、種々の立体教材として、教育の現場で利用できるものと期待される。構造体はプリントした展開図から組み立てられることから、学習者が自ら作製することも可能である。近年、重要視され始めている体験型学習(Experience-Based Learning: EBL)の教材としても利用可能である。この技術を利用して、普及型の立体教材を開発することを目的とした。

3. 研究の方法

平面と立体を可逆的に変化する球を利用して天体学習教材を試作する。具体的には、地球と月を作製し、月の満ち欠けなどの月相教育を補助する教材を開発する。

4. 研究成果

(1) 図2に、作製した地球の模型を示す。4枚の展開図から地球を作ることができる。展開図を月面に変えることで、同様に月を作ることができる。展開図の素材はコピー用紙であり、通常のプリンタで、安価に大量に作成することが可能である。

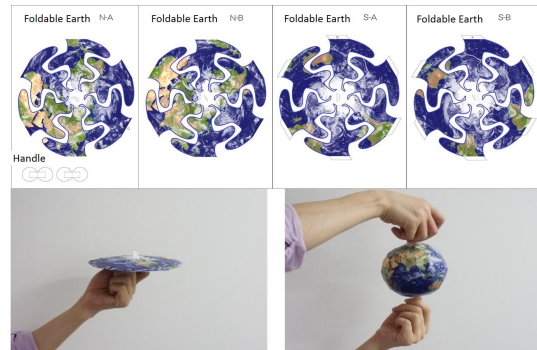


図2. 折りたたみ可能な地球の模型展開図(上)と立体形状(下)

(2) 図3(上)は、平面モードのまま、地球の周りに月を配置した様子である。横から太陽光を入射すると、月が地球を周回するたびに日食と月食が起こるように見える。実際には、地球から見た太陽の軌道(黄道)と月の軌道(白道)は約5°傾いているため、日食や月食は滅多に起こらない。また、月の位置で見え方が変わる様子を示すことも困難である。



図3. 作製した月相教育補助教材平面モード(上)と立体モード(下)

図 3(下)は、立体モードにして並べた様子である。実際に太陽光を窓から取り入れて照射している。月の動きに応じて見え方が変わる様子が実感できる。

(3) 中学校の協力を得て、実際に教材作製を含む授業を行ってもらった。4人一組で作製を行ってもらったところ、50分程度を要したアンケートの結果から、本教材を通して天体教育に親しみを感じた割合が60%に達し、否定的な意見は10%だった。このことから、本システムが教材として有用であるとの見解を得た。一方で、作製については80%が難しいとしており、課題として残った。現システムは、できあがった状態で教材とすることも十分であるが、さらに平面図から作製するというアクティブラーニング型の教材にも発展できると考えている。そのためには、作製の容易化を検討する必要があるとの知見を得た。

(4) 応用として、2つの展開を行った。一つはプロジェクションマッピング技術の導入である。図4は、白色の球体を作製し、そこに映像投影して地球と月を表した様子である。ここにデプスカメラ(マイクロソフト社製キネクト)を用意して、人の動きを検知するシステムを加えた。人が手を振ると、それにに応じて映像が更新されるシステムを開発した。

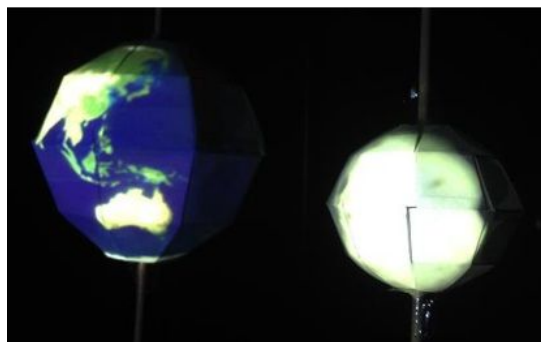


図 4. プロジェクションマッピングを導入した地球儀の試作

(5) もう一つは手術用スパーサーへの応用である。教材とは異なる分野であるが、医工学の研究者から関心を呼び、図5に示すような試作を行った。

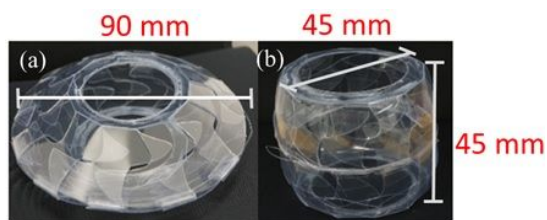


図 5. 手術用スパーサーへの展開

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3件)

大島哲平, 白木厚司, 関谷信吾, 佐野麻理恵, 中山弘敬, 角江崇, 下馬場朋禄, 伊藤智義, 平面と立体を可逆的に変化する構造を利用した省スペース体験型学習向け立体教材の開発, 映像情報メディア学会誌, 査読有, 70, J262-J264, 2016, 10.3169/itej.70.J262

佐野麻理恵, 鈴木啓介, 角江崇, 石井琢郎, 五十嵐辰男, 土井俊祐, 藤田伸輔, 中山弘敬, 下馬場朋禄, 伊藤智義, 平面と立体を可逆的に変化する構造を利用した水中腹腔鏡手術用スパーサーの試作, 生体医工学, 査読有, 54, 76-80, 2016, 10.11239/jsmbe.54.76

伊藤智義, 平面から立体へ可逆変化する構造設計手法とその応用, ケミカルエンジニアリング, 査読無, 59, 42-48, 2014

〔学会発表〕(計16件)

関谷信吾, 白木厚司, 大島哲平, 佐野麻理恵, 中山弘敬, 角江崇, 下馬場朋禄, 伊藤智義, ICTを用いた理科教材の開発, 情報処理学会第79回全国大会, 名古屋大学, 名古屋市, 2017.3.16-18

関谷信吾, 白木厚司, 大島哲平, 佐野麻理恵, 中山弘敬, 角江崇, 下馬場朋禄, 伊藤智義, 天体学習のための立体的な教材開発, 第15回情報科学技術フォーラム(FIT2016), 富山大学, 富山市, 2016.9.7-9

佐野麻理恵, 角江崇, 石井琢郎, 五十嵐辰男, 土井俊祐, 藤田伸輔, 中山弘敬, 白木厚司, 下馬場朋禄, 伊藤智義, 平面と立体を可逆的に変化する構造を利用した腹腔鏡手術用スパーサーの試作, 第17回情報フォトンクス研究グループ研究会, プラムイン城陽, 京都市, 2016.9.5-7

Daisuke Hiyama, Atsushi Shirakiy, Tomoya Omaez, Hiroataka Nakayama, Takashi Kakue, Tomoyoshi Shimobaba, Tomoyoshi Ito, Projection mapping by the portability type screen using a papercraft, The 14th ACM International Conference on Virtual Reality Continuum and Its Applications in Industry (VRCAI 2015), Kobe, Japan, 2015.11.30-12.1

大島哲平, 白木厚司, 関谷信吾, 佐野麻理恵, 中山弘敬, 角江崇, 下馬場朋禄, 伊藤智義, 省スペース化を目指した教材開発, 電子情報通信学会教育工学研究会(ET), 木更津高専, 木更津市, 2015.11.20

佐野麻理恵, 鈴木啓介, 角江崇, 石井琢郎, 五十嵐辰男, 土井俊祐, 藤田伸輔,

中山弘敬, 下馬場朋禄, 伊藤智義, 平面と立体を可逆的に変化する構造を利用した腹腔鏡手術用スペーサの試作, 生体医工学シンポジウム2015, 岡山国際交流センター, 岡山市, 2015.09.25-26

大島哲平, 白木厚司, 関谷信吾, 佐野麻理恵, 中山弘敬, 角江崇, 下馬場朋禄, 伊藤智義, 平面から立体へ可逆変化する構造を用いた教材開発, 第14回情報科学技術フォーラム(FIT2015), 愛媛大学, 松山市, 2015.9.15-17

白木厚司, 大前友哉, 中山弘敬, 檜山大輔, 角江崇, 下馬場朋禄, 伊藤智義, ペーパークラフトを用いた可搬型スクリーンによるプロジェクションマッピング, 第14回情報科学技術フォーラム(FIT2015), 愛媛大学, 松山市, 2015.9.15-17

Marie Sano, Keisuke Suzuki, Hirotaka Nakayama, Takashi Kakue, Takuro Ishii, Tatsuo Igarashi, Shunsuke Doi, Shinsuke Fujita, Tomoyoshi Shimobaba, Tomoyoshi Ito, Spacer for Laparoscopic Surgery Based on Structure Altering between Two- and Three-Dimensional Shapes Reversibly, 3D systems and Applications (3DSA2015), Taipei, Taiwan, 2015.8.25-28

Teppei Oshima, Atsushi Shiraki, Shingo Sekiya, Marie Sano, Hirotaka Nakayama, Takashi Kakue, Tomoyoshi Shimobaba, Tomoyoshi Ito, Educational Application by Variable Structure Changing Two-Dimensional Plane to Three-Dimensional Solid, 3D systems and Applications (3DSA2015), Taipei, Taiwan, 2015.8.25-28

(招待講演) Hirotaka Nakayama, Atsushi Shiraki, Takashi Kakue, Tomoyoshi Shimobaba, Tomoyoshi Ito, Variable structure changing two-dimensional plane to three-dimensional solid and its applications, 2015 Collaborative Conference on 3D and Materials Research (CC3DMR), Busan, Korea, 2015.6.15-19

(招待講演) 伊藤智義, 3次元構成手法の開発と応用技術への展開, 可視化情報学会 第20回ビジュアリゼーションカンファレンス, タイム24ビル, 江東区, 2014.11.7

鈴木啓介, 角江崇, 中山弘敬, 石井琢郎, 五十嵐辰男, 土井俊祐, 藤田伸輔, 下馬朋禄, 伊藤智義, 折りたたみ可能な立体構造物のスペーサー手術器具への応用, 生体医工学シンポジウム2014, 東京農工大学, 小金井市, 2014.9.26-27

中山弘敬, 伊藤智義, 平面-立体の可逆変化が可能な立体設計手法による教育教材の開発, 第13回情報科学技術フォー

ラム (FIT2014), 筑波大学, つくば市, 2014.9.3-5

(優秀論文賞) 伊藤智義, 中山弘敬, 平面と立体が瞬時に変わる構造のアルゴリズムとその応用, 3次元画像コンファレンス 2014, 東京大学, 文京区, 2014.7.10-11

伊藤智義, 中山弘敬, 平面と立体を可逆的に変化させる構造の開発と腹腔鏡手術のスペーサーとしての応用, 第53回日本生体医工学会大会, 仙台国際センター, 仙台市, 2014.6.24-26

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.te.chiba-u.jp/~brains/jp/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊藤 智義 (ITO, Tomoyoshi)

千葉大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号: 20241862