

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 14 日現在

機関番号：33903

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25560012

研究課題名(和文) 拡張折紙工学デザイン手法の開発

研究課題名(英文) Origami Engineering Extended with Cuts

研究代表者

宮本 好信 (Yoshinobu, Miyamoto)

愛知工業大学・工学部・教授

研究者番号：70502483

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：一枚の薄板を折れ目と切れ目で立体化する造形手法を開発した。立体造形手法としてスケールの大小を問わず活用できる。切れ目を制限する従来の折紙設計に新たな発想と多様な方向性を示した。本研究では幾何原理を整理して設計ツールをGeoGebraで開発した。デザインへの応用範囲の広さを紙による試作で実証しWeb公開した。樹脂複合版を加工した家具スケールの造形を試作公開した。建築物への応用のため、合板による直径2.1mのドーム形状を試作し、金属緊張材を付加することで安定構造が成立することを実証し、現場平打ち鉄筋コンクリート部材をたちあげるドーム形状の新構法の提案をした。

研究成果の概要(英文)：This study developed a novel technique to make 3D object from a single sheet material by integrated design of creases and cuts. The method showed a new vision and the way of thinking over the conventional origami engineering that hesitated to use cuts. We solved geometrical principles of Rotational Erection System (RES) and then developed software tools in Geogebra. We presented dozens of images of paper models on the Web to demonstrate the wide variety of designs made possible with the method and the tools. We applied the method for furniture scale objects with plastic sandwich panels. AS the preliminary trial for the future development of architectural use, we made two prototypes of 2m diameter plywood dome skeleton which were successfully stabilized with the tension chain ring at the top. This model suggested possibility of the method to be extended to 10m to 30m scale concrete dome skeleton with tilt-up concrete construction.

研究分野：建築設計

キーワード：おりがみ きりがみ フラットパック ポップアップ

1. 研究開始当初の背景

(1) 折紙科学の研究では、切れ目を積極的に用いない手法が主流であり、数学的簡潔性、を尊重する基礎理論として有効ではあるが、実用化においては制約が多い。

(2) 切れ目を活用するポップ・アップ・カード関連の研究では、多くの場合、折り目を中心におき直角に折ることを前提にしており、二面の隅角部での立体化に限定されていた。

2. 研究の目的

(1) 薄板素材面から面外に立ち上がる立体造形を可能にする技法として、筆者が考案した回転建立方式(RES)の幾何学原理を整理し、造形に活用するための設計ツールを開発する。

(2) 軸回転対称の形態の試作から、非軸対称形態、自由形態へと手法を拡張する。

(3) 大型模型を製作して、展示物、建築などの大型構造物への応用の目途をつける。

(4) 折紙の基礎手法である「折り目」に、「切れ目」を加え、さらに「曲げ」を加えた造形手法の試作し、造形論的に考察する。

3. 研究の方法

これまでの経験的な設計手法を定式化して、紙を数値制御カッターで加工した作品で実証する。樹脂多層材や積層合板での大型試作により構造安定性を実証する。

4. 研究成果

(1) 基本幾何原理(図 2)を確立した。皿(Hub)の水平回転角度、腕(Arm)の垂直回転角度、皿の高さ、皿(Hub)半径の関係式を導いた。

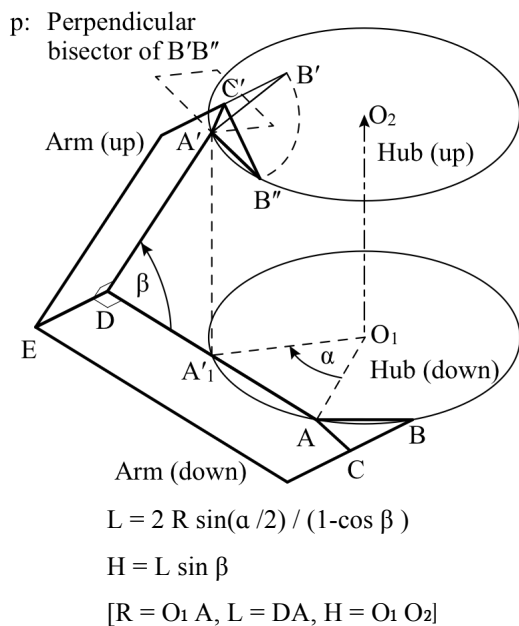


図 1 基本幾何原理と諸元関係式

(2) 数学幾何ソフト GeoGebra による設計ツールを開発して、実証的試作を公開した。(図 2、3、4)

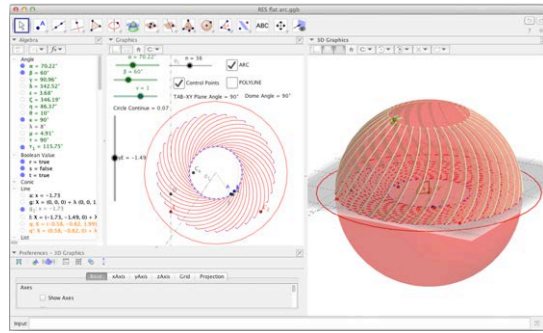


図 2 軸回転対称形態 設計ツール

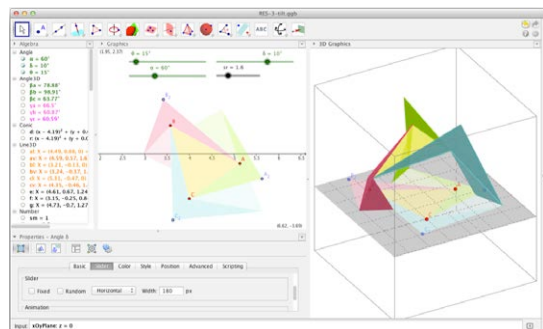


図 3 試作：半球構成



図 4 試作：自由曲線

(3) 非軸回転対称形態の設計ツールを開発し実証的試作を公開した。(図 4)



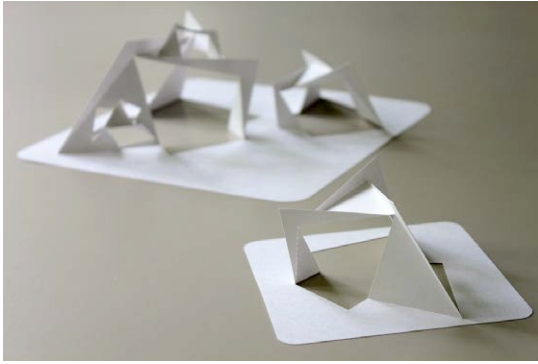


図5 非軸対称形態：ツール、試作

(4) 弾性曲面をいかした形態 (図6)、折り目の剛性制御をいかしたデザインを試作公開した。(図7)



図6 弾性曲面活用



図7 折目剛性制御 意匠展開

(5) L型断面を生成する手法を確立し、樹脂積層板で展示物を試作した。(図8)



図8 展示物：1.2 x 1.2 x 1.2m

(6) 直径 2m のドーム形態を合板で試作し頂部を金属鎖のテンション・リングで保持して安定性、耐荷重性能を確認した。(図9)



図9 8角形ドーム、合板製 D=2.1m, H=1.1m

(7) 現場平打ちコンクリート部材を組立てる工法に応用して直径30mのドームの新工法を提案した。(図10, 11)

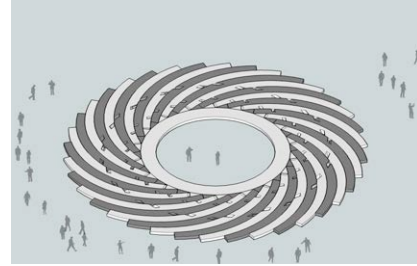
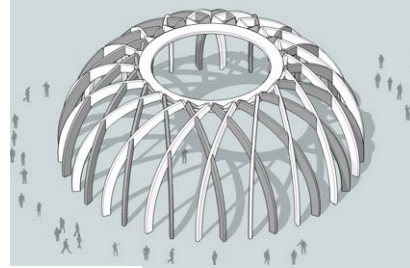


図10 平打ちコンクリート・ドーム  
直径30m、アーム交差構法

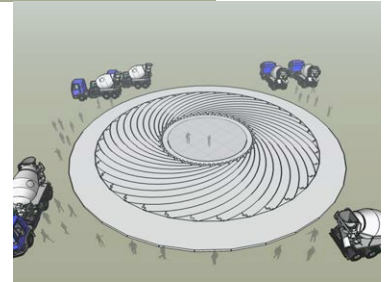
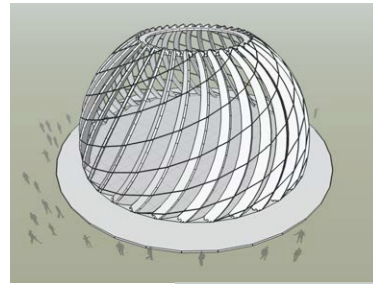


図11 平打ちコンクリート・ドーム  
直径30m、ケーブル構法

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1件)

- ① 宮本 好信、RES/回転建立方式 一切れ目でひろがる折り紙- Rotational Erection System (RES): Expanding Origami with Cuts、折紙探偵団マガジン、執筆依頼、156号、2016、折紙学会

〔学会発表〕(計 7件)

- ① 宮本 好信、Rotational Erection System (RES): Origami Extended with Cuts、第6回国際折紙科学数学教育会議(6OSME、東京大学)、2015/08/10-13
- ② 宮本 好信、回転建立工法 折図自動生成、第13回折り紙の科学・数学・教育研究集会、2013/06/22
- ③ 宮本 好信、拡張折紙工学 折切曲、折紙工学ワークショップ、明治大学 中野、2014/03/28
- ④ 宮本 好信、海外プロジェクト: 大型展示と量産DM、第17回折り紙の科学・数学・教育研究集会、2014/12/14
- ⑤ 宮本 好信、RES と LEMS Rotational Erection System (RES) & Laminar Emergent Mechanisms (LEMS)、第18回折り紙の科学・数学・教育研究集会、2015/06/20
- ⑥ 宮本 好信、深見祐士、回転建立方式 (RES: Rotational Erection System): 遷移特性、非対称形、曲面部材、建築化試案、第19回折り紙の科学・数学・教育研究集会、2015/11/07
- ⑦ 宮本 好信、折紙思考のデザイン/折紙のデザイン思考、文部科学省 現象数理学共同研究協働拠点研究集会 「文理融合を目指した折紙科学研究」、明治大学 中野、2015 11/12-13

〔図書〕(計 2件)

- ① Yoshinobu Miyamoto、Rotational Erection System (RES): Origami Extended with Cuts、Origami6 II: Technology Art, Education, Miura K (ed.), AMS 米国数学会、2015、537-544
- ② UN NOUVEL DU ART DU PLI 「折りの新技法」 Jean-Charles Trebbi, Chloé Genevaux, Guillaume Bounoure 編著、Gallimard 社、フランス、p48、p126-127 (作品、同解説)

〔産業財産権〕

- 出願状況 (計 0件)
- 取得状況 (計 0件)

〔その他〕

〔招待出展〕(計 2件)

- ① PaperWorks: The Art and Science of

an Extraordinary Material、パークシヤイアー美術館(Berkshire Museum, Pittsfield, MA, USA)、2013 6/13-10/26

- ② CARTE BLANCHE Paper works inspired by la Table Hermès、メゾン・エルメス、パリ(17 rue de Sèvres, Paris)、2014 01/25-03/25

ホームページ等

[https://www.flickr.com/photos/yoshinobu\\_miyamoto/albums](https://www.flickr.com/photos/yoshinobu_miyamoto/albums)

[https://www.flickr.com/photos/yoshinobu\\_miyamoto/albums/72157626010136184](https://www.flickr.com/photos/yoshinobu_miyamoto/albums/72157626010136184)

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

宮本 好信 (MIYAMOTO, Yoshinobu)  
愛知工業大学 工学部 教授  
研究者番号: 70502483

(2) 研究分担者

斉藤 一哉 (SAITO, Kazuya)  
東京大学・生産研究所 助教  
研究者番号: 40628723