



## 折り紙構造や切り紙構造を用いた伸縮電子デバイス

機械力学、ロボティクス  
およびその関連分野

研究者所属・職名 :  
理工学術院 基幹理工学研究科・教授

ふりがな いわせ えいじ

氏名 : 岩瀬 英治

主な採択課題 :

- [基盤研究\(S\)「切り紙構造が誘起する折り紙構造の学理創出とデバイス実証」\(2022-2026\)](#)
- [基盤研究\(A\)「折り紙エレクトロニクス」\(2018-2020\)](#)

分野 : 知能機械システム、メカトロニクス

キーワード : 折り紙、切り紙、Kiri-origami、伸縮電子デバイス、機械的メタマテリアル

## 課題

### ●なぜこの研究をおこなったのか？(研究の背景・目的)

折り紙は、大面積に展開する宇宙構造体や折りによる薄板の強度向上など、「折紙工学」として学術分野がすでに開拓されているが、近年、構造で機械的性質を設計する「機械的メタマテリアル」として折り紙構造や切り紙構造が注目されている。図1の学術論文数の推移からも判るように“Origami”、“Kirigami”は、学術用語として国際的に用いられるようになっており、かつ研究が盛んになっている分野である。

我々は、折り紙構造や切り紙構造を、図2に示すように「局所的な曲げ変形による全体の伸縮変形」と捉えることで、金属のように素材自体に伸縮性能がない材料を用いながら、高性能な伸縮電子デバイスの実現を目的とした。

### ●研究するにあたっての苦労や工夫(研究の手法)

折り紙構造は平面から狙った構造に折り上げることが困難な場合が多い。そこで我々は、折り紙構造、切り紙構造だけでなく、切り線と折り線を有し構造全体を引っ張ることで折りを誘起する“Kiri-origami構造”と命名した構造に関しても研究対象とすることとした。

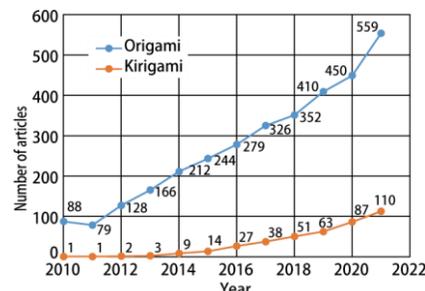


図1 論文データベース(Scopus)における“Origami”、“Kirigami”をタイトルに含む学術論文数の推移

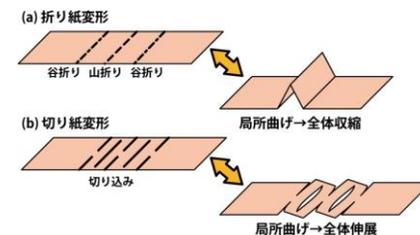


図2 切り紙構造や折り紙構造における局所的な曲げ変形による全体の伸縮変形



## 折り紙構造や切り紙構造を用いた伸縮電子デバイス

機械力学、ロボティクス  
およびその関連分野

### 研究成果

#### ●どんな成果がでたか？どんな発見があったか？

- 図3に示すように、折り紙構造・切り紙構造・Kiri-origami構造の変形しない平板部に硬い電子素子を実装するとともに、応力（引張や圧縮）がかからない中立面の位置に金属配線を配置する。その結果、電子素子の剥離や金属配線の断線が生じることなく、伸縮変形や曲げ変形が可能な電子デバイスを実現した。
- 折り紙構造に関しては、熱収縮ポリマーを用いることで折りを自動で折り上げる自己折り畳みの検討を行った。その結果、電気配線に使われるような数十 $\mu\text{m}$ と比較的厚い銅層を折り上げる手法を確立した。
- 切り紙構造に関しては、単純な切り紙構造では伸長した際に全体構造に歪みが生じるが、端部構造の工夫をすることで歪みのなく均一な変形を実現した。（図3(b)）
- Kiri-origami構造に関しては、構造全体の引張変形により、折りを誘起する構造を実現すると共に、折り紙構造では困難な多数の折りを有する構造の一括での折り上げを実現した。（図3(c)）
- さらに、折り紙構造や切り紙構造を利用した応用デバイスとして、図4に示すように硬く熱電発電特性の良い熱電発電材料を用いながらも、曲面熱源に貼付可能な延伸性を有する熱電発電デバイスを実現した。これは、これまででは屈曲性や伸縮性のない熱電発電デバイスが一般的であったのに対し、熱配管やヒトの皮膚など曲面を有する熱源への利用を可能とするものである。

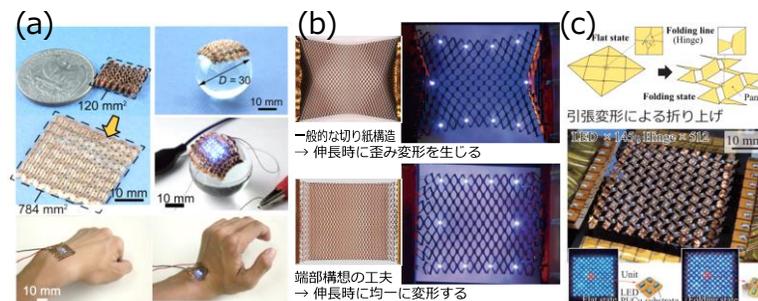


図3 折り紙・切り紙・Kiri-origami構造を用いた伸縮電子デバイス

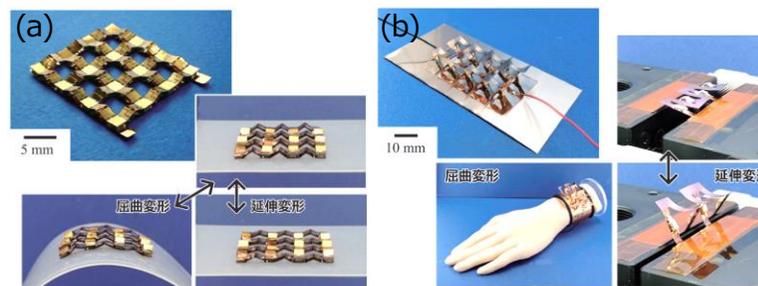


図4 折り紙・切り紙構造を用いた曲面熱源に貼付可能な熱電発電デバイス

### 今後の展望

#### ●今後の展望・期待される効果

球面などの自由な曲面形状にして利用する電子デバイスや、ヒトの皮膚や車のタイヤなど変形する場所で利用する電子デバイスなど、これまで想定されていなかったような場所や用途での電子デバイスの活用が可能となる。