

# JewelryCircuit: 汎用パーツを用いた インタラクティブ・アクセサリ

福地 あゆみ<sup>1,a)</sup> 塚田 浩二<sup>2,3,b)</sup> 椎尾 一郎<sup>1,c)</sup>

**概要:** 近年、電子工作と手芸を融合させたものづくりを支援する多くの研究／製品が登場しつつある。しかし、裁縫以外の手芸分野についてはまだ事例が少ない。我々は手芸の中でもアクセサリ作りに着目し、一般的なアクセサリパーツそのものを電子部品として活用することで外観を阻害せずにインタラクティブに動作するアクセサリを構築できる手法「JewelryCircuit」を提案する。本論文では、特に一般的なアクセサリチェーンに着目し、その電気的な特性を調査して、導線や張力センサ、ねじりセンサとしての性能を確認した。さらに、応用例として2種類のインタラクティブ・アクセサリを試作した。

## JewelryCircuit: Interactive accessories using common accessory parts

AYUMI FUKUCHI<sup>1,a)</sup> KOJI TSUKADA<sup>2,3,b)</sup> ITIRO SHIO<sup>1,c)</sup>

**Abstract:** Recently, many hardware toolkits for integrating crafts with electronic circuits have rapidly become popular. However, most of these toolkits focused on only sewing crafts. We propose a novel technique for integrating accessories with electronic circuits, JewelryCircuits, which can treat common accessory parts as electronic components like sensors. In this paper, we focused on common silver chains and explored their electronic characteristics through experiments. Finally, we have developed 2 prototypes of interactive accessories using our technique.

### 1. 背景

初心者向けの電子工作ツールキットの普及により、電子工作と異分野の工作を組み合わせることが容易になりつつある。近年では、電子工作と手芸を融合させたものづくりを支援する多くの研究／製品が開発されてきた。

例えば、Handcrafting textile interfaces from a kit-of-no-parts[1]では導電性の布や糸、ビーズ／スナップボタン等を用いて主にソーイング／ニット／ペイントによって導線／センサ／アクチュエータを作成する研究である。また、子供や電子回路初学者向けのツールキットである

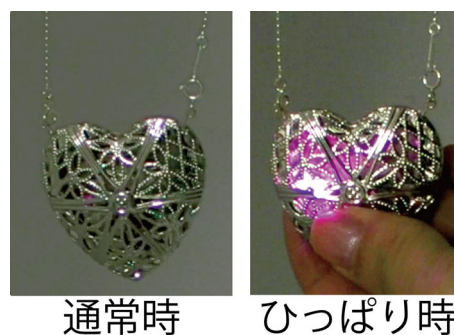


図 1 JewelryCircuit の例: シルバーチェーン自体をセンサとして扱い、ペンダントを引くと内蔵 LED の点灯状態が変化する。  
Fig. 1 JewelryCircuit example: Interactive accessory that treats a common silver chain as a tension sensor.

<sup>1</sup> お茶の水女子大学  
Ochanomizu University

<sup>2</sup> 公立はこだて未来大学  
Future University Hakodate

<sup>3</sup> 科学技術振興機構 さきがけ  
PRESTO, Japan Science and Technology Agency

a) kawakami.ayumi@is.ocha.ac.jp

b) tsuka@acm.org

c) siiio@acm.org

i\*CATch[2]では多種多様な基板や導電性リボンのスナップボタンで接続することで、ウェアブルシステムを構成できる。

製品としては LilyPad[3] や sparkle[4] といったマイコン

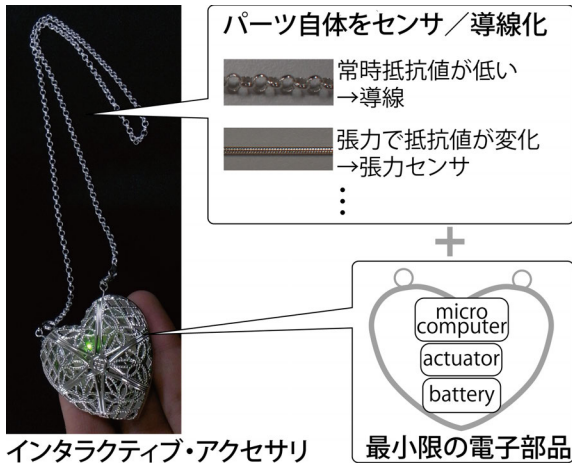


図2 JewelryCircuitのコンセプト。通常のアクセサリパーツをセンサ／導線として利用することで、最低限の電子部品のみを用いて自然な外観のインタラクティブ・アクセサリを構築する。

Fig. 2 Concept of JewelryCircuit.

内蔵のツールキットが挙げられる。これらは導電性の糸でマイコンボードやセンサボード、バッテリーボード等を縫いつなぎ、電子回路を構成する。

しかし、これら先行研究の多くは電子工作と裁縫（布／糸／針等）の融合に着目しており、裁縫以外の手芸分野については研究／製品が少なかった。我々は手芸の中でも金属パーツを中心としたアクセサリ作りと電子工作の融合に着目した。アクセサリは一般に小型であり、目立つ場所に装着することが多いため、外観を保ちつつ様々な電子部品を取り付けたインタラクティブ・アクセサリを製作することは難しい。

そこで、我々はアクセサリ作りに用いる一般的なパーツそのものを電子部品（例えばセンサや導線等）として活用することで、アクセサリの外観を保ちつつ、電子工作との融合を支援する手法を提案する。

## 2. JewelryCircuit

JewelryCircuitのコンセプトは既存のアクセサリパーツを、そのまま電子工作の部品として活用することで、ケーブルやセンサが露出しない自然な見た目のインタラクティブ・アクセサリを作ることである。アクセサリは一般に多くのパーツから構成されるが、本論文ではまずチェーンに着目した。チェーンはアクセサリパーツのなかでも素材や物理的な構造が多様で、多くのアクセサリに利用されている。我々はまず、チェーンの電気的な特性を調査しセンサや導線といった電子部品としての適正を検証した。また、その結果に基づき、チェーンを用いたアクセサリ型デバイスを試作した。

## 3. アクセサリチェーンの特性調査

まず我々は、アクセサリチェーンの物理的な構造（金属

表1 アクセサリに利用される主な合金の構成

Table 1 Configuration of major materials of accessories.

合金	構成
スターリングシルバー	銀 92.5 % + 銅 7.5 %
K18 イエローゴールド	金 75 % + 銀 15 % + 銅 10 %
K18 ピンクゴールド	金 75 % + 銀 10 % + 銅 15 %
K18 ホワイトゴールド	金 75 % + 銅・亜鉛・パラジウム等 25 %
Pt850 プラチナ	プラチナ 85 % + 銅・パラジウム等 15 %

表2 合金の構成金属の電気抵抗率

Table 2 Resistance rate of metals.

金属	電気抵抗率（摂氏 20 度）
金	24.4 nΩm
銀	15.9 nΩm
銅	16.8 nΩm
プラチナ	106 nΩm

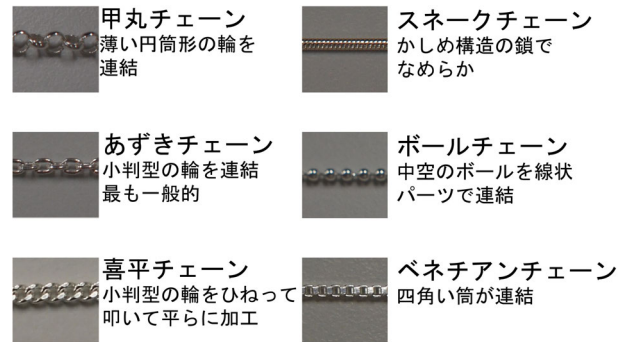


図3 一般的なシルバーチェーンの外観

Fig. 3 Appearance of common silver chains.

パーツの組み合わせ方）が異なることに着目し、チェーンの種類によって、電気的な特性も異なるのではないかと考えた。本章では、こうしたチェーンの特性について詳しく検証する。

一般的なアクセサリは、表1に示すような合金で作られる。これらの合金を構成する金／銀／銅といった素材は、表2に示すように導電率が非常に高いため、電気的な特性に優れることが期待できる。

表1に挙げた各合金の中でも、スターリングシルバーは最も導電性が高い上に、比較的安価であり、アクセサリチェーンとして最もポピュラーでバリエーションが多いというメリットがある。よって、本論文ではスターリングシルバー素材のチェーン（以下、シルバーチェーン）を用いることに決定し、図3に示すような6種類のチェーンを用意した。各チェーンの長さは40cmである。

まず、予備的な検証として、これらのシルバーチェーンの抵抗値を様々な状態で計測した。その結果、チェーンを引っ張ったり、ねじったりした際に抵抗値が変化する場合があることが分かった。よって、ここでは、図3の6種類のチェーンに対して、張力とねじる力を段階的に加え、

電気的な特性の変化を確認する。なお、スターリングシルバーは表面が硫化して黒ずむことがあり、この場合導電性に影響が出るため、実験前に各チェーンが硫化状態にないことを確認した。

まず、張力の変化にともなう抵抗値の変化の検証方法を図4(左)に示す。テスターのプロブに金属製のフックを取り付け、フックにチェーンの端の留め金をかけた上で、チェーンに錘を取り付ける。ここで、錘の重量を変化させることで、チェーンの張力を変化させ、各状態で値の変化を計測した。錘は、9.8g・18.3g・34.8g・42.6g・49.6gの5種類を用意した\*1。

測定結果を図5に示す。全体的な傾向としては、自重のみではほとんどのチェーンは絶縁状態だが、約0.1Nの張力で通電しはじめ、チェーンの張力が高いほど抵抗値は低くなった。ベネチアンチェーンとボールチェーンは特にこの傾向が顕著であり、自重のみでは絶縁状態だが、張力が約0.1N~0.5Nまで変化するに伴い、前者は120Ω~10Ω程度、後者は68Ω~3Ω程度まで段階的に抵抗値が変化した。喜平チェーンも同様の傾向を持つが変化幅は小さく、21Ω~7Ωであった。一方、甲丸チェーンとあずきチェーンは全体的に抵抗値が低く、特に前者は唯一自重のみでも通電状態(約3Ω)にあり、約0.1N時には1Ω以下であった。なお、スネークチェーンは、約0.5N時でも通電しなかったため、グラフから省いた。こうした結果から、ベネチアンチェーン/ボールチェーンは張力センサとしての利用に適しており、甲丸チェーンは導線としての利用に適すると考える。

次に、ねじる力の変化にともなう抵抗値の変化の検証方法を図4(右)に示す。一定距離で固定したプロブ間にチェーンを張り、チェーンのねじり回数を0~22回まで変化させて、抵抗値の変化を検証した。

測定結果を、図6に示す。ねじる力によって抵抗値が低下したチェーンは、スネーク・ベネチアン・あずきの3つだった。特に、スネークチェーンは比較的少ない回数で反応し、3回以下は絶縁状態だが、4回~8回で22Ω~0Ωまで抵抗値が低下した。一方、ベネチアンチェーン/あずきチェーンは15回ねじった時に初めて抵抗値が低下し、各23Ω/8Ωとなった。なお、22回ねじっても通電しない喜平チェーン、初期状態で抵抗値が低くほとんど変化のない甲丸チェーン、構造上ねじれないボールチェーンはグラフから省いた。こうした結果から、スネークチェーンが最もねじりセンサとして適しており、連続的にねじりが発生するような状況下では、ベネチアン/あずきチェーンも利用できる可能性がある。

最後に、各チェーンの特性について、「張力センサ」「ね

\*1 錘については市販の金属チップを小袋に入れたものを用いたため、重量の間隔にややばらつきがある。それぞれの錘の重量は電子はかりで0.1gまで測定し、グラフに反映した。

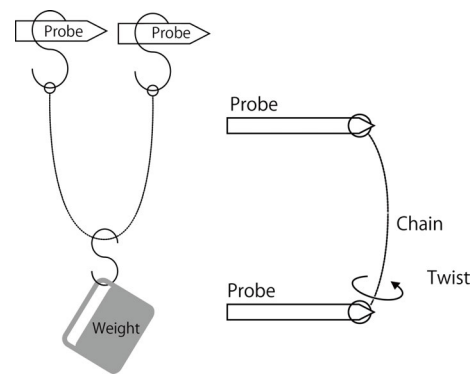


図4 外力による抵抗値の変化測定(左:張力による変化,右:ねじる力による変化)

Fig. 4 Resistance measurement on changing tension and twisting.

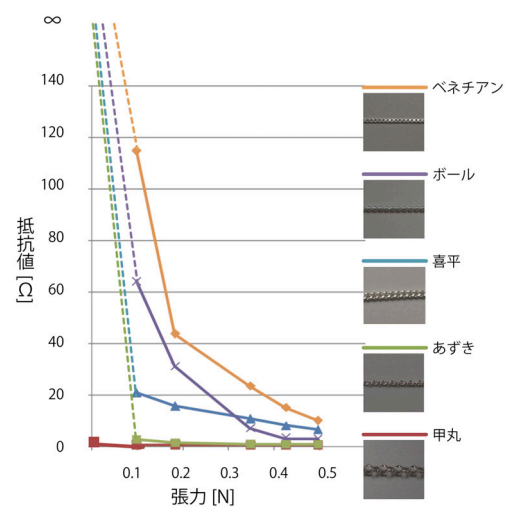


図5 張力に対する抵抗値の変化の結果

Fig. 5 Result of resistance values changed by the tension.

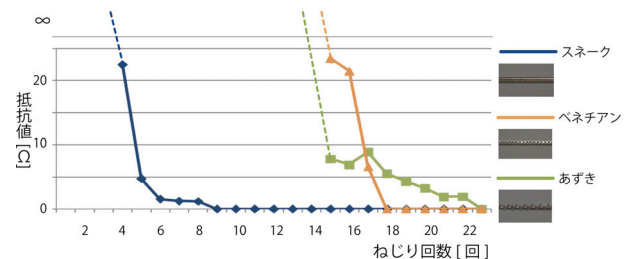


図6 ねじる力に対する抵抗値の変化の結果

Fig. 6 Result of resistance values changed by the twist.

じりセンサ」「導線」としての適性の観点から、図7にまとめる。

#### 4. 応用例

我々は JewelryCircuit の応用例として、2種類のインタラクティブ・アクセサリの試作を行った。

まず、図1に示したチェーンの種類/状態によって光り方が変化するインタラクティブ・ペンダントについて述べる。デバイスはバッテリー/マイコン/LEDを内蔵した



種類	張力センサ	ねじりセンサ	導線
ベネチアン	○	△	×
ボール	○	—	×
喜平	△	×	×
あずき	×	△	△
甲丸	×	×	○
スネーク	×	○	×

図 7 シルバーチェーンの種類による電気的特性のまとめ

Fig. 7 Summary of electrical characteristics of silver chains.

トップと、交換可能なチェーンから構成される。トップ内部の小型基板とチェーン固定金具が一体化しており、前章で紹介したような様々なチェーンを付け替えるだけで、機能を変化させることができる。例えば、張力に応じて抵抗値が変化するボールチェーンをつければ強く引いたときだけ光るペンダントになり、抵抗値が低い甲丸チェーンをつければ、常に光るペンダントにできる。

次に手首の曲げのばしに応じて、LEDの色等が変化するインタラクティブ・ブレスレットについて述べる。我々は手首に装着するアクセサリのなかでも、指輪とブレスレットが一体化したリングブレスレットと呼ばれるアクセサリに着目した。リングブレスレットは指に装着するリング部分と腕に装着するブレスレット部分をチェーンや複数のパーツで繋いだアクセサリである。ここで、我々は手首を曲げた際にはチェーンが張られ手首をのばした際にはチェーンがゆるむことに着目し、接続部のチェーンをセンサとして用いることで、手首の曲げのばしを検出できると考えた。そこで、前章で述べたボールチェーンを接続部分に配し、張力センサとして利用し、手首の曲げのばしを検出するリングブレスレットを実装した。図8に示すように、センサ部が露出していながらも、アクセサリの外観を保つことができる。なお、マイコン/バッテリー/表示用のフルカラーLEDは、手首部の石の下に内蔵した。

## 5. まとめと今後の展望

我々は既存のアクセサリパーツを、そのまま電子工作の部品として活用することで、自然な見た目のインタラクティブ・アクセサリの構築を支援するシステム、JewelryCircuitを提案した。今回は特にアクセサリチェーンの種類によ

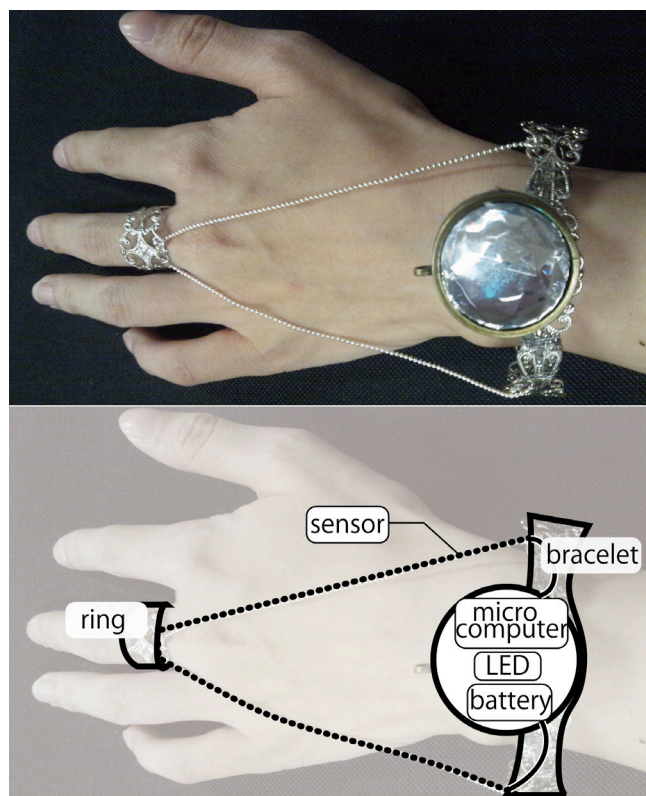


図 8 手首の曲げのばしを検出するインタラクティブ・ブレスレット  
Fig. 8 Prototype of JewelryCircuit to detect wrist bending.

て構造が異なることに着目し、6種類のチェーンの電気的な特性を検証した。その結果、導線/張力センサ/ねじりセンサとして利用可能なチェーンが存在することを確認した。さらに、その応用例として二つのシンプルなインタラクティブ・アクセサリを試作した。

今後は更なる応用例を試作すると共に、チェーン以外の汎用的なアクセサリパーツや、指輪等のアクセサリ自体の構造/電気的特性を活用した新しいインタラクティブ・アクセサリの作り方を提案していきたい。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 25700019 の助成を受けた。

## 参考文献

- [1] Perner-Wilson, H., Buechley, L. and Satomi, M.: Hand-crafting Textile Interfaces from a Kit-of-no-parts, *Proceedings of TEI '11*, pp. 61-68 (2011).
- [2] Ngai, G., Chan, S. C., Ng, V. T., Cheung, J. C., Choy, S. S., Lau, W. W. and Tse, J. T.: I\*CATch: A Scalable Plug-n-play Wearable Computing Framework for Novices and Children, *Proceedings of CHI '10*, pp. 443-452 (2010).
- [3] Buechley, L., Eisenberg, M., Catchen, J. and Crockett, A.: The LilyPad Arduino: Using Computational Textiles to Investigate Engagement, Aesthetics, and Diversity in Computer Science Education, *Proceedings of CHI '08*, pp. 423-432 (2008).
- [4] Elumeze, N.: Sparkl, <http://www.aniomagic.com> (2011).