

# Sparklry: きらめきをデザインするインタラクティブ・ジュエリー

沖 真帆<sup>†1,a)</sup> 塚田 浩二<sup>†1,b)</sup>

概要：近年、服飾品に LED を組み込むことで新しい表現を行う／日常の行動を支援する様々な研究開発が行われているが、既存の服飾品の魅力を拡張するアプローチはほとんど行われてこなかった。本研究では、特に石型のジュエリーパーツに焦点を当て、LED を用いてそのきらめきを拡張するシステム「Sparklry」を提案する。具体的には、(1) 既存のジュエリーパーツ、(2) 遮光素材に施した微細なスリット、(3) LED アレイを組み合わせることによって、LED 光の量や形を制御し、ジュエリーパーツ上で微細なきらめきを生成する。本論文では、ジュエリーパーツとしてスワロフスキーを用いたプロトタイプを作成して予備実験を行った。各要素の組み合わせによるきらめきの表現力を確認した上で、応用例としてイヤリング型デバイスを試作した。

## Sparklry: Designing “Sparkle” of Interactive Jewelry

MAHO OKI<sup>†1,a)</sup> KOJI TSUKADA<sup>†1,b)</sup>

**Abstract:** We propose a presentation technique for interactive jewelry, Augmented Jewelry, which can present “sparkles” on a jewel stone using internal LEDs. These sparkles are designed by integrating (1) a traditional jewel stone, (2) a light shielding sheet with small slits, and (3) a LED array. We developed a prototype and several example jewelries to explore appropriate designs of slits and LED patterns.

### 1. はじめに

現在、衣服や装飾品に複数の LED を埋め込み制御することで、新しい表現を行う／日常の行動を支援する様々なプロジェクトが行われている。たとえば、藤本ら[2]は、体の動きと光表現を組み合わせることでダンスパフォーマンスを拡張させる LED ボディスーツを開発した。Ringly[3]は、スマートフォンの状態を Bluetooth 経由で通信し LED や振動で通知する、製品化された指輪型デバイスである。また、LilyPad Arduino[1]や Sparkle[4]など、ウェアラブル・システムの構築を支援するツールキットも登場している。このようなデバイスやその構築を支援する技術があるが、既存の装飾品の魅力を拡張するようなアプローチはほとんど行われていない。一方、情報技術と異なる領域に目を向けると、装飾品の魅力を高めるための技術開発は古くから研究されてきている。たとえばダイヤモンドをはじめとする宝石をより美しく輝かせるために、光が効果的に反射／分散するようなカットや研磨技法が生み出されてきた[7]。こういった既存の技術とコンピュータ技術を融合させ、服飾品そのものの魅力を拡張するような技術開発は、今後のウェアラブル・コンピューティングの発展や普及において重要になると考えられる。

本研究では、光を反射してキラキラと輝く石型の素材

(e.g., 宝石, スワロフスキー。以下、ジュエリーパーツ)を用いたジュエリーに着目し、そのきらめきを拡張するシステムを提案する。具体的には、ジュエリーパーツ下部に複数の LED を内蔵し、ジュエリーパーツの形状、LED の点灯位置／明滅パターン、ジュエリーパーツと LED の間に挟む遮光素材に施すスリットのサイズ／形／数を組み合わせることによって、ジュエリーパーツ上の光の軌跡を制御する(図 1)。本論文ではその基本構造を紹介し、予備実験での効果例、および応用例として試作したイヤリング型デバイスについて述べる。

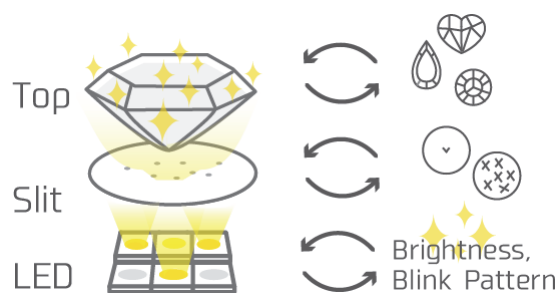


図 1 Sparklry のコンセプト。

Figure 1 Concept of Sparklry.

### 2. コンセプト

本研究では、(1)既存のジュエリーパーツ、(2)遮光素材に施す微細なスリット、(3)LED アレイを組み合わせ、ジュエリーパーツのきらめきを拡張することを目指す(図 1)。

†1 公立はこだて未来大学  
Future University Hakodate  
a) oki@fun.ac.jp  
b) tsuka@fun.ac.jp

まず、一般に販売されている既存のジュエリーパーツを使用する。特に、光を反射させるためのカットが上下面に施され、表面が研磨された石(e.g., 宝石, スワロフスキー)を対象とする。次に、(1)と LED の間に微小のスリットを複数施した遮光紙を挟む。これにより、LED の光の量や形を制御して光の軌跡を生み出すことを狙う。最後に、光源として高輝度の LED アレイを用い、光の位置や明滅パターンを制御する。

以上の要素を組み合わせると、LED からの光がスリットを介して微小な複数の光線になり、ジュエリーパーツ上で反射することによって、繊細なきらめきを生み出す。



図 2 下部に LED を配置した透明なジュエリーパーツ (図左), スリット無しで LED を点灯 (図右上), スリットを介して LED を点灯 (図右下)。

Figure 2 Examples of a same jewelry with/without our system.



図 3 予備実験に使用した機器／素材. 左から LED アレイ, スリット入り遮光紙 (銀紙), スワロフスキーと石座.

Figure 3 Sparklry prototype. 1: a LED matrix, 2: light shielding sheets with small slits, 3: Swarovski jewel stones.

本研究が対象とするジュエリーパーツは、一般に環境光に応じて輝き方が変化し、明るい照明の近くでは強くきらめくが、照明から離れた場所や弱い面光源の下ではうまく光を反射しない。本システムでは、ジュエリーパーツ下部に LED アレイを配置し発光させることで、環境光に依存しないきらめきを生成する。また、市販のジュエリーパーツを使用することで装飾品としての美観を保ちつつ、LED の光を微小なスリットを介して制御することにより自然な輝きに近づける (図 2)。

### 3. 予備実験

まず、本提案手法の基礎的な効果を検証するために、簡易プロトタイプを作成し予備実験を行った。プロトタイプの構成および効果例を紹介する。

#### 3.1 実験用プロトタイプ

まず、ジュエリーパーツは、品質と値段を考慮しスワロフスキーエレメント (以下、スワロフスキー) を用いた。スワロフスキーは宝石よりも安価だが一定の品質は保たれており、市販の装飾品にも多く使用されていることから、実験や装着型プロトタイプへの利用に適すると考えた。スワロフスキーは市販の専用石座を用いて LED の上に固定した。次に、遮光素材は入手／加工のしやすさを考慮し、市販の銀紙を用いた (以下、遮光紙)。遮光紙には、カッティングマシン (Silhouette-CAMEO) を用いて 0.2mm 程度の微小な線型スリットを 10~20 個程度施し、スワロフスキーの輪郭に切り抜いた。LED アレイは、表面実装型 LED (UW1143B, 400mcd, 2.7x3.5mm) を 3x3 個配置する自作基板を作成し、Arduino Uno を経由して明るさや明滅パターンを制御した。

実験用プロトタイプと使用した各素材を図 3 に示す。スワロフスキーは形状や色の異なる、4706 番クリスタル (12mm), 4706 番クリスタル AB (12mm), 4120 番エメラルド (14x10mm), 4320 番クリスタルムーンライト (14x10mm) の 4 種を用意し、事前にパーツ背面の銀膜を取り除いた。LED アレイの上に遮光紙を乗せ、その上に石座に収めたスワロフスキーを置き、LED を PWM 制御にて明滅させ、輝き方を観察した。

#### 3.2 効果例

効果例を真上から撮影した写真を図 2, 4 に示す。

図 2 は、透明なスワロフスキー下部に LED を配置し、その間にスリット入り遮光紙が無い状態 (図 2 右上) とある状態 (図 2 右下) で LED を点灯させた例である。スリット無しの場合では、スワロフスキー全体がライトのように発光した。一方、スリットがある場合では、全体の光量は減り、スリットの形に減光した光がカット面で反射し、自然なきらめきのような細かな光の軌跡に近づいた。

他の形状／色のスワロフスキーを用いてスリットを介して LED を点灯した効果例を図 4 に示す。どの種類において

もスリットを介し微細な光が生成された。特に、図4最上段のクリスタル AB というスワロフスキーは、カット面にオーロラ色の半透明膜を施しており内部からの反射光がほぼ発生しない種類だったが、本システムを利用することで内部からの光を付加させることができた。

以上のように、今回使用した素材／構成によるプロトタイプを用いて、LEDの発光とは見え方が異なる一定のきらめきを生成することができた。そこで、本構成にてイヤリング型プロトタイプを作成した。詳細を次の章で述べる。

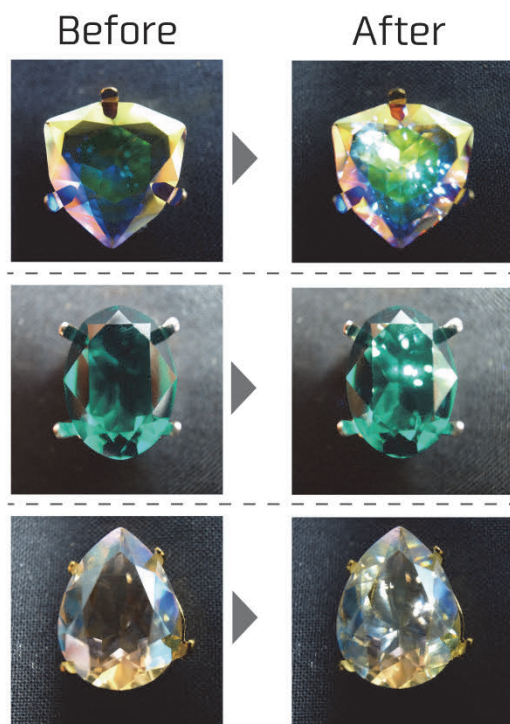


図4 本システムによる効果例。LED消灯時(図左), LED点灯時(図右)。

Figure 4 Examples of jewelry augmented by our system.

#### 4. 応用例

Sparklryの応用例として、イヤリング型デバイスを作成した(図5, 6)。実装については、制御部とLED部を分割し、それぞれを細いワイヤーで配線することで、装着時にジュエリーパーツ周辺に基板や配線が見えないよう工夫した。制御部は、マイコン(ATMega328P-AU, Atmel), 加速度センサ(KXR94-2050), 小型のリチウムイオン電池(SparkFun)を備える。LED部はスワロフスキー(4706番クリスタル, 12mm)1個と、その下部にLED(NFSW036CT, 9.2cd, 3.5x3.5mm)を3つ(スワロフスキーのサイズに収まる最大数)を配置する基板を取り付け、基板裏にイヤリング金具を接着した。この時、基板が十分に隠れるよう、スワロフスキーの周囲を囲むように、小型のスワロフスキー(4228番 8x4mm)を8個配置した(図5)。なお、LED

は予備実験と同等のサイズでより輝度の高いものを選定した。制御部を収納しながら耳付近に固定するために、イヤーフック型の筐体を3DCADで設計し3Dプリンタで出力した。遮光紙は、予備実験と同様にカッティングマシンを用いて0.2mmのスリットを20個程度施した。イヤーフックを耳にかけ、LED部は裏に取り付けたイヤリング金具にて耳たぶに固定する。装着者が動くとき加速度センサで検知しLEDが一定時間ランダムに明滅する動作例を試作した。



図5 イヤリング型デバイスの構成。

Figure 5 System Architecture of earrings prototype.



図6 イヤリング型デバイスの外観。上段：装飾部のLED消灯時(図左)と点灯時(図右), 下段：デバイスを身に着けた状態でのLED消灯時(図左)と点灯時(図右)。

Figure 6 Earrings prototype of Sparklry.

#### 5. 議論

##### 5.1 LEDと明滅パターン

予備実験／応用例では、試作の行いやすさを重視しサイズの大きい表面実装用LEDを用いた。そのため、単調な明滅パターンの場合に、光源の位置が特定でき、機械的な光り方となった。この問題を改善するために、より小型なLEDを敷き詰めて制御可能な光の解像度を上げた上で、LEDアレイの各明滅パターンを不規則にする／複数個を並列して明滅させることを検討している。

##### 5.2 スリット

予備実験では、スリットの数が少ない場合(LED一つに

対し 1~2 個程度) にはスワロフスキー上にほとんど光が反射されず, スリットの数が多い場合 (LED 一つに対し 15~30 個程度) は光が過多となる傾向があった. 今回の試作ではスリットの形状について詳しく調査しなかったが, 形状に応じてスワロフスキーへ入射する光の量に変化することが予想される. また, スリットの位置によってスワロフスキー上で光が反射され易い/難い場合があった. そこで, 今後はスワロフスキーのカット面とスリットの数/形状/位置の关系到焦点を当て, 効果的にきらめきが発生するパラメータの調査を行う

### 5.3 応用例におけるインタラクション

宝石やスワロフスキーなどの従来のジュエリーパーツの輝きは環境光に依存していたが, 本システムを用いることでジュエリーパーツがきらめくタイミング/きらめき方をデザインすることが可能になる. ここで, 「いつ」「どのように」きらめくかについて検討する必要がある. たとえば, 既存のジュエリーのように装着者が動くとそれに合わせてきらめく, 笑うとジュエリーがきらめくなど, 装着者の動作に合わせたインタラクション例が考えられる. 一方, ユーザの TPO を重視し, たとえばパーティに参加している際には強くきらめくが, 夜道では光らないという例も考えられる. 今後, ユーザ評価やワークショップを通じて応用例/インタラクション方法の調査/実装を行いたい.

## 6. 関連研究

近年, 服飾品を拡張した様々なウェアラブル・デバイスが多く登場している. 岸野ら[6]らは, ペンダントに LED を組み込んだ遠隔制御可能なアクセサリを提案した. 藤本ら[2]はボディスーツに多数の LED を取りつけ, 体の動きに合わせて光表現を行うことで新しいダンスパフォーマンスシステムを開発した. Ringly[3]は, スマートフォンの状態を Bluetooth 経由で通信して LED の光や振動により通知する製品化された指輪型デバイスである. このようなウェアラブル・デバイスの開発を支援するツールキットも登場しており, LilyPads Arduino[1] および Sparkle[4]は, 服などの衣類に導電性の糸を用いて縫い付けて取り付けるよう設計されている. 特に Sparkle は LED の制御に特化し, プログラムを書かずに LED 明滅パターンを変更する手法が用意されており, 容易に試作することができる. このように, 服飾品にコンピュータ機器を組み込んだデバイスやその作成を支援するツールキットが提案/開発されているのに対し, 既存の装飾品の魅力を拡張するようなアプローチはほとんど行われていない. そこで本研究では, 装飾品に多く使用される石型のジュエリーパーツに焦点を当て, そのきらめきを拡張するシステムを目指した. ジュエリーパーツ/遮光素材に施したスリット/LED アレイの組み合わせにより, ジュエリーパーツ上に任意の微細なきらめき生成させる手法を提案した.

著者らは本研究の前段階として[5], 自作レジンパーツ, 3x3mm のスリット, LED 一個による構成で試作したところ, 課題が見つかった. まず, スリットが大きくレジンパーツの下面が平らだったため, LED 消灯時にレジンパーツ越しにスリットの形が見え外観を損ねていた. 加えて, LED 点灯時にスリットを介した光量が多く, 細かな輝きに見えにくかった. さらに, 自作レジンパーツの質感が悪いため玩具のように見え, 装飾品として身に着ける完成度に至らなかった. これらを改善するため, 本研究では下部にも細かなカットが施され品質が高い市販のスワロフスキーを使用し, スリットを 0.2mm 程度に変更することで, 美観を向上させた. 次に, 前試作時は光源の位置が固定のため人工的で単調な光になり, きらめきには見えにくかった. そこで, LED アレイに変更することで, 光源の位置を自由に制御可能になり, より多くの光表現ができるようになった.

## 7. まとめと今後の展望

本研究では, 石型のジュエリーパーツに焦点を当て, LED を用いてきらめきを拡張するシステム「Sparklry」を提案した. その手法としては, (1) 既存のジュエリーパーツ, (2) 遮光素材に施した微細なスリット, (3) LED アレイを組み合わせることにより光の量や形状を制御し, ジュエリーパーツ上に微細なきらめきを生成する. 本論文では, スワロフスキーを用いたプロトタイプにて予備実験を行い, 各要素の組み合わせによるきらめきの表現力を確認した上で, 応用例としてイヤリング型デバイスを作成した. 今後は, より多様なきらめきを生成するために LED/スリットのパラメータを詳しく調査したい. また, Sparklry の応用例およびインタラクション方法についても, ユーザ評価やワークショップを通じて調査/実装していきたい.

**謝辞** 本研究は JSPS 科研費 25700019 の支援を受けた.

## 参考文献

- 1) Leah Buechley, Mike Eisenberg, Jaime Catchen, and Ali Crockett. The LilyPad Arduino: using computational textiles to investigate engagement, In Proceedings of CHI '08, 423- 432(2008).
- 2) Minoru Fujimoto, Fujita Naotaka, Tsutomu Terada, and Masahiko Tsukamoto. Lighting choreographer: an LED control system for dance performances. In Adjunct Proceedings of UbiComp '11, 613-614(2011).
- 3) Ringly. <https://ringly.com/> (2014).
- 4) Sparkle. <http://www.animagic.com/store/sparkle.php>
- 5) 沖 真帆, 塚田 浩二, 「きらめき」をデザインするインタラクティブ・アクセサリ, エンタテインメントコンピューティング 2013 (EC2013), 一般公開デモ発表 (5P-11), p232\_K1-11, (Oct,2013)
- 6) 岸野泰恵, 藤原礼征 他: 遠隔制御可能な LED を用いたアクセサリの実現, 情報処理学会研究会報告 (2004-MBL-29), Vol. 2004, No. 44, pp. 65-70 (May, 2004)
- 7) 矢野晴也: 円型ブリリアント・カットのハート, アローマークパターン, 宝石学会誌 vol. 18, No.1, pp. 22-30 (1993).