



Lighting Choreographer: ウェアラブルLED パフォーマンスシステムの設計と実装

藤本, 実
藤田, 直生
寺田, 努
塚本, 昌彦

(Citation)

日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 16(3):517-525

(Issue Date)

2011-09-30

(Resource Type)

journal article

(Version)

Version of Record

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/90002078>



コンテンツ論文

Lighting Choreographer: ウェアラブルLEDパフォーマンスシステムの設計と実装

藤本 実^{*1} 藤田 直生^{*1} 寺田 努^{*1,*2} 塚本 昌彦^{*1}

Lighting Choreographer: Design and Implementation of a Wearable LED Performance System

Minoru Fujimoto^{*1} Naotaka Fujita^{*1} Tsutomu Terada^{*1,*2} Masahiko Tsukamoto^{*1}

Abstract – There have been various approaches to enhance physical performances by adding visuals and/or audios according to the motions of performers. However, these methods were too simple to explain the performers' will of their body expression. Furthermore, they did not consider to exceed the physical limitation of body expression, such as providing the sense of faster movement of arms by changing colors in costumes dynamically. We propose a new LED performance system to expand the expression capability of human body. We can create new generation performances by combining body expression and lighting effects.

Keywords : wearable computing, body expressions, lighting design, choreograph

1. はじめに

近年、パフォーマンス表現の一つとして、電飾を身体に装着した新しい光のパフォーマンスがアーティストのコンサートなどで利用されるようになってきた[1]。従来のパフォーマンスでは、音楽に合わせた動きを振付けすることでパフォーマンスを行うが、衣装として電飾を利用するパフォーマンスでは、静的であった衣装を光によって変化させることが可能となる。

しかし、従来のパフォーマンスにおける電飾の利用方法は光る衣装を身に付けているだけに過ぎず、「身体が光る」という目新しさを強調するものでしかない。身体の色が変化するという点では、ホタルや夜光虫が発光する能力を備えており、生命活動の一部として発光を利用している。その他にも身の危険を守るために体の色を変化させる生物も存在する。しかし、人間には発光する能力はなく、身体の色を変化させることはできない。そのため、身体に「光」という要素が加わったときに身体表現にどのような変化があるか、ということがわかっていない。身体を動かすという行為の意味は、身体が発光・色という要素をもつことで大きく変わってくる。

そこで本研究では、身体表現に光がどのような効果をもたらすかを調べるため、パフォーマ自身が光と身体に対応を考える仕組みを構築する。具体的には、身体表現と音・光を動的に組み合わせるという表現技法

を可能とするシステムを開発し、パフォーマ自身が振付けを行うように光の制御を行う。提案システムを用いることで、動きに合わせた直観的な光の作成が可能となり、動きと音に対する光の効果を視覚的に確認しながら演出を構成できる。提案システムを用いて4つのパフォーマンスを作成し、アルスエレクトロニカや国立新美術館などで披露した。作品を作る過程や鑑賞後の感想から、光が身体表現に与える影響について考察を行った。

以降、2章では関連研究について述べ、3章では本研究の基盤となるウェアラブルLEDパフォーマンスシステム「Lighting Choreographer」について説明を行う。4章では様々な舞台で行われた実運用について述べ、5章では考察を行う。最後に6章でまとめを行う。

2. 関連研究

ファッションとしてのLEDの衣服への利用は、これまでに様々な研究[2]が行われている。環境音をセンシングすることで光をアクチュエートするHearwear[3]や、物理的なインタラクションの親密性を記憶し、光の模様を表現するMemory Rich Clothing[4]など、光を利用することで身体情報や周りとのインタラクションを表現している。Bloom Accessory[5]では、無線通信によって光り方を操作できるアクセサリを提案している。e-textileのための構築キット[6]やテクノ手芸[7],[8]は、導電性の生地を用いることで、LEDを用いた作品を簡単に制作する支援を行っている。また、細見ら[9]は、ウェアラブルファッションにおけるLEDの明滅パターン作成システム[10]、LEDの明滅による

*1: 神戸大学大学院工学研究科

*2: 科学技術振興機構さきがけ

*1: Graduate School of Engineering, Kobe University

*2: PRESTO, Japan Science and Technology Agency

印象に関する感性評価 [11] などを行っている。これらは、光による情報の提示、光をファッションデザインの新しい要素として利用するなど、様々な角度から衣服に対する光の有効性の検証を行っている。しかし、身体の動作と身体上の光の関係について考察を行っている研究は存在しておらず、光を用いることで身体表現に新しい意味をもたらすまでには至っていない。

筆者らは神戸ルミナリエステージにおいて、2006 年から LED を身体に装着したダンスパフォーマンス [12] を毎年行ってきた。音楽の拍のタイミングで身体上の LED を点灯させる、複数人でのパフォーマンスにおいて順番に身体上の LED を点灯させる、といった単純な制御ではあったが、エンターテインメント性の高いパフォーマンスを行えた。本研究では、LED の光を人間の 1 つの要素として考え、身体に装着した LED を、手足を動かすのと同じように自由に制御するとどのような表現が可能であるかを検証する。大量の LED を制御するシステムとしては、中田らの赤外線 LED とプロジェクタを利用したシステム [13]、Chandler らの Firefly プロジェクト [14]、佐藤らの粒子型ディスプレイシステムを応用した Constellation of Departure [15] がある。これらのように、大量に配置された LED を全体として制御することで、身体に合わせた光の制御が行えるシステムを開発する。

3. システムの設計

提案システムの目的は、ダンスなどのパフォーマンスにおいて、静的であった衣装に「光」という要素を加えることで、新たな表現手法を生み出すことである。従来のパフォーマンスでは、音楽に合わせた動きを振付けし、パフォーマンスを行う。提案システムが目指すパフォーマンスのスタイルは、動き・音楽・光を組み合わせることでパフォーマンスに新しい視覚効果を生み出すものである。

ここで、人間は発光するという機能を備えておらず、光を身体に効果的に利用する方法は筆者らの知る限り存在しない。光を利用することで身体表現を拡張するために、ダンサー自身が動き・音と光の関係を定義する、という方法で表現手法を模索していく。ダンサーが光をどのように身体に利用するかを考えることで、音楽に合わせた従来の動きの振付けでは実現できなかった表現手法が生まれると考える。そのためには、ダンサー自身が簡単に身体の光を制御できる必要がある。

音楽や振付に合わせて光のパターンを作成するために、Apple 社の GarageBand、Ableton 社の Live をはじめとしたループ音源を組み合わせて簡単に音楽を制作することができるソフトウェアの GUI を参考にして、プログラミングの知識がないダンサーでも

主にマウス操作のみで光の振付を行えるシステムを構築する。

3.1 従来システムの問題点

これまでの筆者らのパフォーマンス [12], [16] で生じた様々な問題を挙げ、その問題を解決する方法について述べる。

- ケーブルの断線

ウェアラブルコンピューティングの大きな問題として、身体の動きによってケーブルが断線することが挙げられる。一般的なシステムの場合、モジュール間の接続は半田付けによって行なわれ、断線した場合再度半田付けの必要がある。長期間の舞台やコンサートなどでの利用を考えると、半田付けの手間を減らし、コネクタで簡単に接続する仕様にするのが望まれる。さらに、1 つのモジュールに複数のケーブルを接続することで、1箇所断線が生じても他の接続から電力が供給されるようにして LED が点灯しない問題を軽減する。また、電源用のケーブルが断線するとすべての機能が停止する。これまでのパフォーマンスでも、長期間使用することで電池ボックスの接点が弱くなり電源が断線するという問題が起きていた。ダンスなどの激しい動きの場合、ケーブルの断線を完全に防ぐことは難しく、電源を 2 系統準備し、片方が断線した場合でも電力供給を可能にする、といった対応策が必要である。

- プログラミングの知識がなければ光のパターンを作成できない

筆者らのこれまでのパフォーマンスでは、マイコンに直接光のパターンをプログラミングしていた。しかし、これではパフォーマンス自身が光のパターンを作成できず、簡単に利用できるシステムではなかった。プログラミングの経験がないパフォーマンスでも利用できる直観的な GUI を構築する必要がある。

- 無線の安定性の問題

大量のデバイスを個別制御する場合、リアルタイムに個別の動作を無線で制御するのが困難であるため、あらかじめ動作の内容をマイコンに書きこんでおくのが一般的である。実際のパフォーマンスにおいて、無線通信の送信側が舞台上に置けずに離れている場合が多く、今回のように受信側を衣装に装着している場合は動きや衣装によって理想的な通信の精度を保てない場合が存在する。本システムでも、200 個もの大量の LED の点灯パターンを 1ms 単位でリアルタイムに送信し続けるのは安定性に欠けるため、各 LED に時刻情報だけを送信し、デバイスの同期を行っている。各 LED にはメモリを搭載し、あらかじめ点灯パターンを書きこんでおくことで、無線通信の失敗による点灯ミスを防ぐ。壁に投影さ

藤本他：Lighting Choreographer:ウェアラブル LED パフォーマンスシステムの設計と実装

れた映像を壁から離れた人の動作で操作しているような場合であれば、数10msの誤差は気にならない可能性があるが、人の身体上に直接光の効果を与えている今回のような場合においては観客が注視している部分と同じであるため、点滅タイミングの同期ミスや無線の送信ミスによる未点灯などの問題は致命的である。

- 光のパターンを変更する度にプログラムの書き換えが必要

上記で述べたような理由で、パフォーマンス時においてLEDの制御を無線で行うのは安定性に問題がある。しかし、この方法だけでは光のパターンを変更するたびにマイコンへの書き込みが必要であり、すべてのデバイスの書き込みを行うには時間がかかってしまう。よって、光がどのような見え方をするかを確認するテスト時には、リアルタイムで制御を行う方法を考える。このテスト時には点灯の精度を考慮せず、データ量が多い場合は完全なデータではなく、ある程度点灯パターンがわかることを目的とする。

3.2 システム構成

提案システム「Lighting Choreographer」の構成を図1に示す。システムの利用手順は以下の通りである。

1. 開発したアプリケーションを用いて光のパターンを作成する。
2. 作成した光のパターンを無線通信を用いて即座にLEDモジュールに送信し、光・音楽・振付の組合せを確認する。1, 2の手順を繰り返し、光のパターンを決定する。
3. 各LEDモジュールのメモリに光のパターンのcsvデータを書き込む。
4. 無線通信を用いて音楽と各LEDモジュールの点滅タイミングを同期させながら、パフォーマンスを行う。

提案システムを実現するために、専用のハードウェアとソフトウェアを実装した。

3.3 ハードウェア

開発したLEDモジュールを図2(a)に示す。各LEDモジュールにはマイコンとしてAtmel AVRが搭載されており、各LEDモジュール毎に制御を行うことが可能である。また、8MBのFlash Memoryを搭載しており、現在の仕様では最大35分間のパフォーマンスが行える。図2(b)に示すように、各LEDモジュールをケーブルで繋ぎ、5V電源とZigBee規格無線通信モジュールXBeeを繋げることでPCから無線制御を行う。各LEDモジュールは、最大4箇所まで他のLEDモジュールに接続可能であり、どこか1箇所が外れても、その他のケーブルが繋がっていて電源と無線モジュール

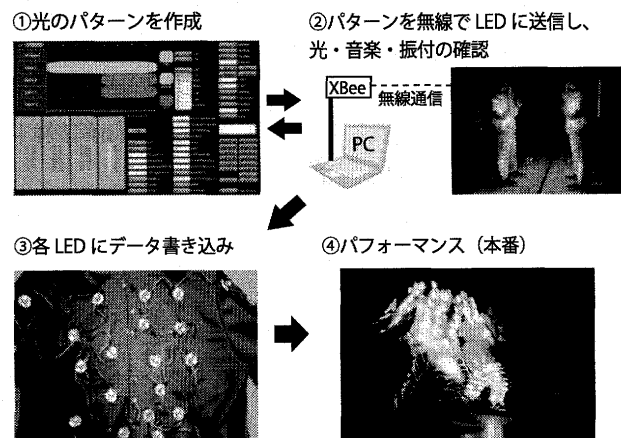


図1 システムの構成
Fig.1 System outline

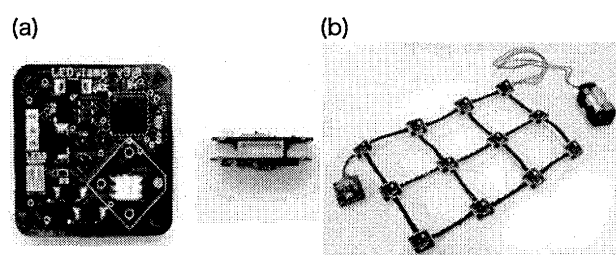


図2 LED モジュール
Fig.2 LED Module

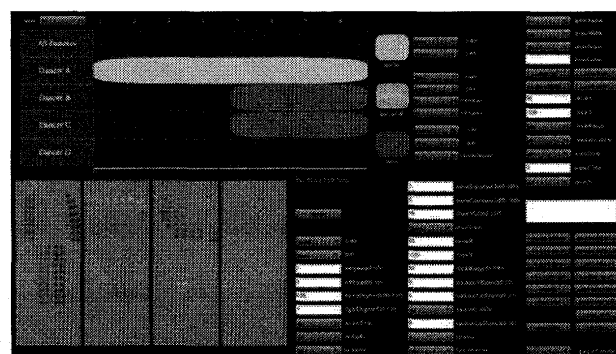


図3 Lighting Choreographer の GUI
Fig.3 GUI for Lighting Choreographer

ルを含めて1つのループを形成していれば電力が供給され、通信が可能である。LEDモジュールの点滅制御方法については、3.5章で説明を行う。

3.4 ソフトウェア

図3は開発したLEDパターン作成ソフトウェアのGUIである。開発にはAdobe Flashを用いた。現在では身体に200個LEDを装着するパフォーマンス用のインタフェースとなっているが、作品の規模によってLEDの個数を指定することで配置をドラッグで簡単に変更できる仕様になっている。

開発内容を機能別に以下に示す。

- (A) パッチを用いた光のパターン編集機能

GUI 上部左側に光のパターンの編集機能を実装

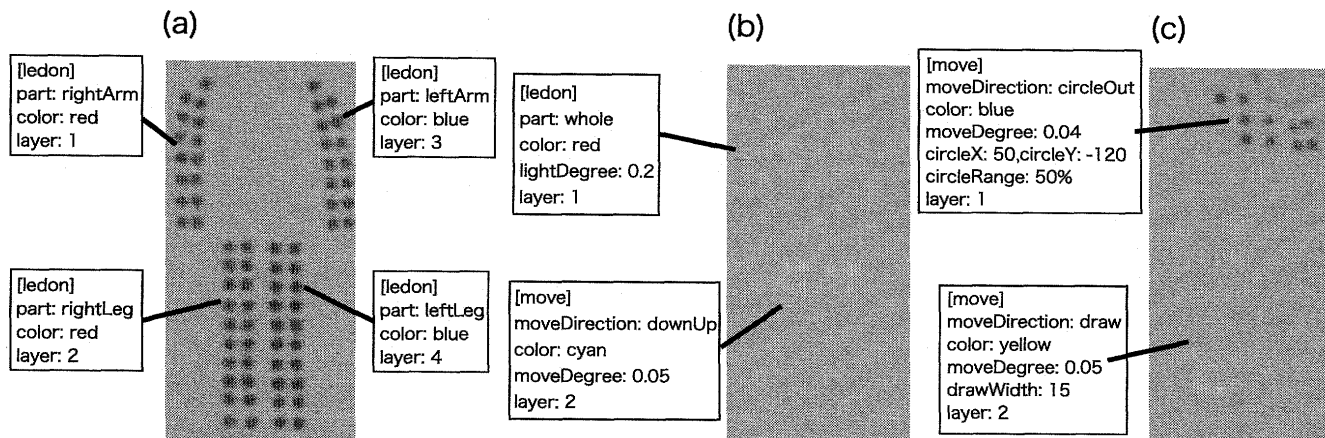


図4 光パターンの例
Fig. 4 Examples of lighting patterns

した。LEDの点灯を制御する ledon パッチ（黄色のパッチ）、LEDの点滅を制御する ledonoff パッチ（水色のパッチ）、LEDの点灯箇所を順に移動させていく move パッチ（紫色のパッチ）の3種類を音楽の拍に合わせて配置することで音楽に合わせた光のパターンを作成する。すべてのダンサーに同じ光のパターンを適応させる場合は、[All Dancers]の部分にパッチを配置する。[Dancer A]などの部分のパッチを配置することで、各ダンサーの衣服毎に光のパターンを制御することができる。[Dancer A]を体の前側、[Dancer B]を体の後ろ側とすることで1人分の全身を制御する。パッチは編集画面上にドラッグすることで配置でき、配置後にはドラッグによって適応させる拍の長さを変更でき、ダブルクリックすることで配置をキャンセルできる。GUI上には8拍分の編集スペースが表示され、図の下側にあるスライダーを動かすことで音楽の開始部分から終了部分まで表示箇所を移動できる。また、図の左上にレイヤーを変更するコンボボックスを実装した。これにより、図4(a)のように同じ拍に様々な光のパターンのパッチを重ねることが可能となる。各パッチの詳細については、「C. 光パターンの詳細編集機能」にて説明を行う。

(B) 光パターンの確認機能

GUI下部左側に光のパターンの確認機能を実装した。音楽をスタートすることで、「A. パッチを用いた光のパターン編集機能」にて配置したパッチが実際に身体上でどのように点滅するかを音楽に合わせて確認することが可能となる。LEDの個数と配置はパフォーマンスの規模で異なるので変更できる設計にしており、LEDの配置はドラッグすることで変更可能である。

(C) 光パターンの詳細編集機能

GUI下部右側に光パターンの詳細編集機能を実装

した。「A. パッチを用いた光のパターン編集機能」にて配置したパッチの情報をこの機能により変更することができる。各パッチに全身、右腕などの部位を指定することで部位毎の制御が可能となる。身体部位を用いた制御箇所の指定だけでなく、座標と円の大きさを指定することで円の内部を指定する circle、マウスで描いた軌跡の範囲を制御する draw、の2つを使って制御範囲を指定することができる。

表1から表3に実装したパラメータを示す。すべてのパッチに共通のパラメータとしては、色を指定する color、制御する部位を指定する part、光量を決定する lightDegree、音量と光量の同期を設定する soundSync などがある。ledonoff パッチには、color・part パラメータなどの他に点滅速度を指定する IntervalOn・IntervalOff が対応している。move パッチでは、図4(b)のように、moveDirection によって全身の下側から上側へ光を移動させる、右腕の先から肩側へ光を移動させるといった制御が可能である。部位として circle を選択することで、設定した座標の中心から光が拡がるように移動する、外側から座標の中心に光が集まる制御が可能となる。このパターンを利用することで、図4(c)のように、肩口に雨のしずくが落ちてきたような見せ方が表現できる。また、部位として draw を選択することで、マウスで指定した動きの通りに光を移動させるといった光の制御が可能となる。図4(c)のように、draw を利用することで振付に合わせた自由な光の動きを作成することができ、例えば、「足が地面に着くタイミングに何か光で変化をつけたい」という場合に、右足と左足で交互に光が跳ねるように移動する、といったことが可能となる。

上記のようなGUIを用いることで、プログラミングの知識なしにダンサーが光のパターンを作成することが可能となる。次章で説明を行う4つのパフォーマンス

藤本他：Lighting Choreographer:ウェアラブル LED パフォーマンスシステムの設計と実装

表 1 全パッチ共通パラメータ

Table 1 Parameters of all patches

パラメータ	説明
color	LED の色を指定 (e.g. red, cyan, random)
part	制御箇所を指定 (e.g. body, right arm, draw)
lightDegree	光量を設定 (0 - 1.00)
soundSync	音量と光量の同期を設定 (on, off)
gradual	徐々に光量を変化させる設定
multiple	レイヤの重なりを指定 (上書き, 加算)

表 2 LedOnOff 専用パラメータ

Table 2 Parameter for LedOnOff patch

パラメータ	説明
IntervalOn, Off	点滅時の点灯時間, 消灯時間の指定 [ms]

表 3 Move 専用パラメータ

Table 3 Parameters for Move patch

パラメータ	説明
moveDirection	光が移動する方向の指定 (e.g. 上から下)
moveDegree	光が移動する際の光量の遷移レベルの指定
moveInterval	光の移動時の点灯時間, 消灯時間の指定 [ms]
drawWidth	draw コマンドの幅を指定
drawReverse	draw コマンドの方向を指定 (順方向, 逆方向)
circle X, Y	circle コマンドの座標を指定
circleRange	circle コマンドの円の幅を指定 [%]
reverseMove	点灯している状態から順に消える設定 (on, off)

スでは, 本ソフトウェアによってすべての光のパターンを作成した。身体の部位を指定した単純な制御だけでなく, マウスで詳細な部位の設定を行うことが可能であり, 光の移動する速度や光が遷移していく度合いをパフォーマンス自身が調整することで表現豊かな光の作成が行えた。このソフトウェアで作成した光のパターンは csv データとして保存され, LED モジュールに書き込むことで LED を制御する。

3.5 LED モジュール制御システム

各 LED モジュールのマイコンに対して光を制御するファームウェアを書き込み, 個々の LED モジュールを個別に制御可能とした。開発したソフトウェアによって作成した csv データを各 LED モジュールのメモリにシリアル通信を用いて書き込むことで LED の点滅を制御する。表 4 に csv データの例を示す。表 4 に示すように, 各 LED モジュールに ID を割り当て, 時間情報と RGB の光量を書き込むことで LED の点滅タイミングを決定する。現在の仕様では時間指定の最小単位は 1ms で, 光量は RGB 各色 255 段階制御可能である。本番で数百個の LED の点滅情報を 1ms 単位で無線で送信するのは安定性に欠けるため, メモリに保存された点滅情報を再生し, 音楽の再生に合わせて時刻情報を LED モジュールに無線シリアル通信によって送信することでパフォーマンス中の LED の点滅タイミングを調整するシステム設計にしている。

しかし, このシステムだけではメモリにデータを書き込まないと実際の光を確認することができない。そ

表 4 CSV 形式での LED 制御例

Table 4 Examples of LED control

csv の形式「ID, 時間 [ms], RGB(R=0,G=1,B=2), 光量 (0-1)」	
csv データ	時間毎の LED の状況
0,0,0,1,0	赤が点灯 (光量は 100%)
0,1000,0,0	赤が消灯, 緑が点灯
0,1000,1,1,0	同上
0,2000,1,0	緑が消灯
0,3000,0,0,5	赤+青が点灯 (光量は共に 50%)
0,3000,2,0,5	同上
0,4000,0,0	赤+青が消灯
0,4000,2,0	同上

こで, 光のパターン作成時には, 作成したデータをリアルタイムで無線シリアル通信によって LED モジュールに送信するシステムを構築した。作成した csv データを無線シリアル通信に変換し, 即座に光のパターンを確認可能であるが, LED の個数, 一度に送信するデータ量によってデータの送信ミスも発生し, 本番で利用できる精度ではない。これより, 本番ではメモリに保存したデータを再生することで点滅ミスを防ぎ, 光の振付を行う段階ではリアルタイムで簡単に光のパターンを確認できる仕様とした。

4. 実運用

4.1 Ars Electronica 2010

2010 年 9 月 2 日から 7 日にかけてオーストリアのリンツで行なわれたアルスエレクトロニカフェスティバルにてパフォーマンスを行った。ダンスの種類によって光の使い方は異なると考え, コンテンポラリーダンスとストリートダンスの 2 種類のパフォーマンスを披露することで光の効果を実験した。コンテンポラリーダンスはプロダンサーの関典子氏に振付を依頼し, ストリートダンスは様々なダンスコンテストにて受賞経験のある第一著者のダンスチームが行った。また, このパフォーマンスとシステムのコンセプトは第 16 回学生 CG コンテストのインタラクティブ部門にてエンターテインメント賞, アジアデジタルアートアワード 2010 のインタラクティブアート部門にて大賞と総務大臣特別賞を受賞した。審査員の講評として, 「人間でしかできないこと (ダンス・パフォーマンス) と, 人間ではできないこと (ライティング・アニメーション) の効果的な組み合わせを可能にするシステムの構築により, かつてない迫力あるパフォーマンスを実現した」という意見をいただいた。

通常のパフォーマンスでは実現できない表現手法の確立を目指し, 実験した表現手法を以下に示す。

「コンテンポラリーダンス」

- 手足のみを光らせることで部位に意識を集中させる表現手法

図 5(a) のように, 足の動きを強調したい場合, 足

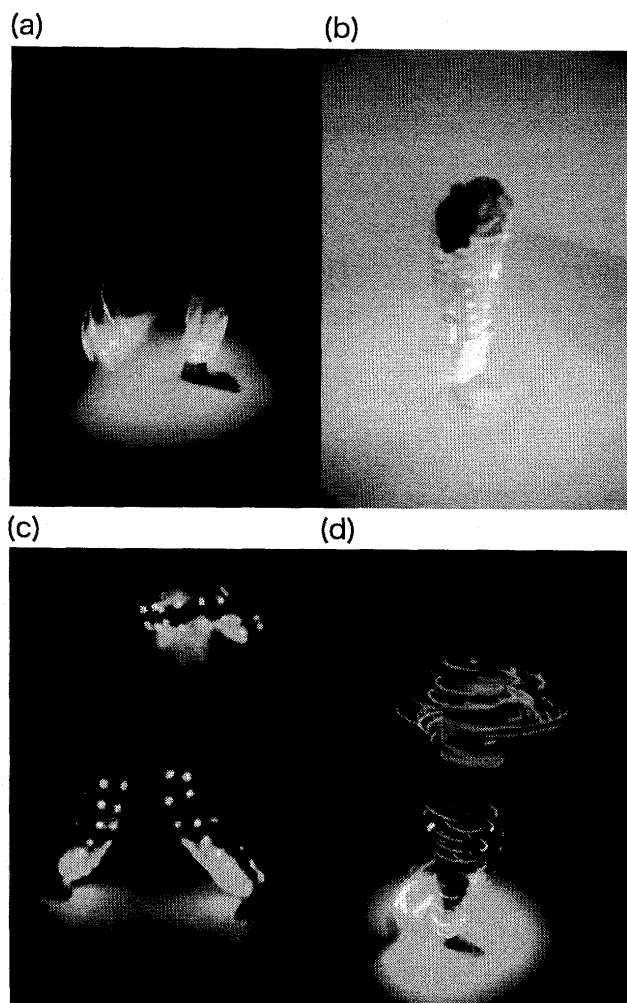


図5 アルスエレクトロニカ 2010 での様子 1
Fig.5 Snapshots on Ars Electronica2010 - 1

のみを点灯させることで観客の視線を足に集中させることができる。

- 青色を使うことで、雨が体に染みこんでいくような表現手法 (図 5(b))

雨が体に当たって体が濡れる様子を青色を使って表現した。雨音や水の音を青色を使って表現することで、音と振付の関係がより直観的に表現された。

- 点灯する部分を増加させることで展開をつける手法 (図 5(c))

手足の先のみを点灯させ、音楽の盛り上がりに合わせて点灯範囲を大きくしていく光の振付を行った。同じ動きの流れを繰り返して行い、徐々に点灯させる範囲を大きくした。手足の見える範囲が変化することで同じ振付でも見え方が異なり、展開をつけることができた。

- 回転系の動きを強調するために、光をらせん状に体の表面に走らせる手法 (図 5(d))

回転系の動きを強調するため、光を上下に移動、上下にらせん状に移動させる、という表現を行った。「ストリートダンス」

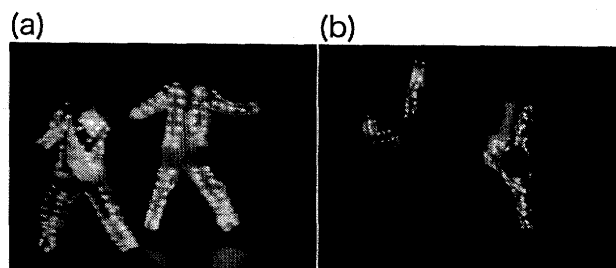


図6 アルスエレクトロニカ 2010 での様子 2
Fig.6 Snapshots on Ars Electronica2010 - 2

- 前後左右の移動を色で表現する手法

図 6(a) のように、左右に移動する振付において、左側を赤色、右側を青色と設定し、左側に移動することで青色から赤色に徐々に変化する表現を行った。左右の位置を色で表現することで、直観的な移動の強調を目指した。

- 二人のダンサーの点灯箇所を分けることで人が分離したかのように見える手法

図 6(b) のように、右側のダンサーは上半身のみ点灯、左側のダンサーは下半身のみ点灯させることで、観客からは1人の人間が分離したように見える表現を行った。左側のダンサーの下半身の光を消すと同時に、右側のダンサーの下半身を点灯させることで、分離した人間が元に戻る、という振付を行った。この他にも、左腕のみが消灯している状態で左腕の片側から手先にかけて光を順に点灯させることで、腕が生えたかのような見せ方が可能となった。

- 拍に合わせて光を跳ねるように動かすことによる、動いている部位の強調

つま先を蹴り出すような振付の場合に、足先から体の中心に光が移動することによって、足を蹴ることによって光が発生したかのように見せることができる。音楽の拍のタイミングに動きを合わせる振付はストリートダンスにおいてよく使われるが、動きと音楽のリンクを光が移動することによって直観的に示すことができる。

4.2 Lighting Choreographer -Shadow-

2011 年 2 月 5 日に東京の国立新美術館にて第一著者のダンスチームのパフォーマンス「Lighting Choreographer -Shadow-」を行った。また、同じパフォーマンスを改良して NHK 教育テレビのデジスタ・ティーンズの企画「ダンスムービー選手権」にも出演し、優勝を収めた。また、優勝の副賞として、1 日約 200 万人が歩行する渋谷の街頭ビジョン 8 基で 1 週間の間 1 日 11 回作品が放送された。審査員の講評として、「光によって照らされた体の輪郭から人間を感じた、光があることによって体・動きを増幅させている、光という負荷をかけることで新たな表現が生まれるきっかけ

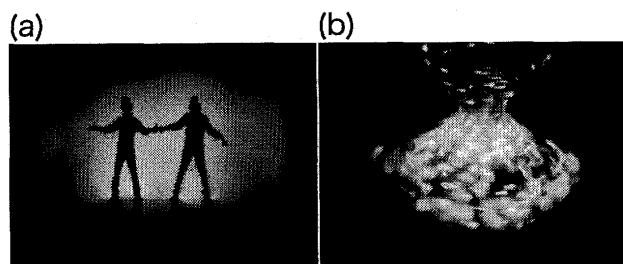


図7 NHK デジスタ・ティーンズと Gear でのパフォーマンスの様子
Fig.7 Snapshots on NHK Digista Teens and Gear

を生み出している」という意見をいただいた。

この作品では、上に白い衣装を着用せず黒い衣装のまま踊ることで、光ることによって見せる部分と見せない部分をより強調した(図7(a))。発光することでしかできない表現を模索するため、様々な表現手法を実験した。

- 身体ではなく周囲を照らすことで表現する手法

観客からは見えない壁側の身体に装着したLEDのみを点灯させ、壁を照らすことで人間の輪郭を間接的に見せる手法を実験した。壁との距離によって光が壁で反射する量に変化し、見せ方に変化を付けることができる。壁や床など、表現における周囲の環境の利用方法として新しい手法を提案した。

- 一定のリズムで同じ光を繰り返す表現手法

腕の肩口から手先、足の付け根から足先の方角に1秒おきに光を流すことで、1秒の映像を繰り返し再生しているかのように見せることができた。実際には動きは連続しているのだが、光が1秒おきに同じ流れを繰り返すことで映像のリピート再生をしているような錯覚を引き起こす。連続している動きに対して一定間隔で見た目の印象を変化させる、という効果を出したい場合に利用できる手法だと考える。

- 複数人を1つの物体として表現する手法

パフォーマンスにおいて、手をつなぐ・パートナーを抱き抱えるといったコンビネーションを利用した表現が存在するが、光を利用することで複数人を1つのキャンバスと想定して構成を考えることが可能になる。1人の右腕の手先から出発した光が左腕の手先まで移動し、手を繋いでいる部分を経由して相手の右腕に移動する、といったような構成が可能であり、相手との関係性を新しい方法で提示できる。

4.3 Gear -大阪発ノンバーバルパフォーマンス-

2011年2月10日から3月22日にかけて全40回の公演を行い2650人の観客を動員した、ノンバーバルパフォーマンス「Gear」のヒロイン役のダンスパートとして本システムを利用した。ドレスにLEDを装着しなければいけなかったため(図7(b))、下半身を

利用した光の振付はできなかったが、回転すると三角錐の形に大きく広がるドレスへのLEDの利用は効果的であった。この舞台では、これまでに実験した表現手法から効果的であったものを利用した。音楽に合わせて右手の先から左手の先まで光が跳ねるように動かす、ヒロインの回転に合わせて光をらせん状や上下に移動させる、腕の動きを強調するために動いている腕のみ色を変更する、といった表現を利用し、観客からたくさんの好評をいただいた。しかし、目が痛くて見れなかった、という意見も得られ、課題も残した結果となった。

5. 考察

コンテンポラリーダンスの振付を行ってもらった関典子氏に考察をお願いした結果を以下に示す。

- 光と音を際立たせるために、動きは最小限に留め、ほとんどマネキンのような状態に置いて見せるシーン、全身ではなく身体の一部のみを光らせ、光と音楽の関係を見せるシーンなど、終始踊っていないくとも、光そのものを踊らせることで充分見応えのあるものになりうることは、新たな発見であった。
- 光・音・動きが同等の密度をもって展開するシーンでは、身体のみでの表現とは異なるエネルギーな効果が発揮されていたように思う。
- 「身体の一部を光らせる(腕や足など)」「エネルギーが充満していく様子を、光る面の増加で見せる」「スパイラル系・回転系の動きを拡張させるために、らせん状の光を走らせる」などの振付が効果的であったように思う。
- 現段階では、やはり「身体そのものが発光している」というよりも「光る衣装を身につけている」という印象が否めない。それが面白い効果を発揮している側面もあるが、当初から望んでいたとおり、光を「粒」ではなく「面」としてぼかすことができれば、より神秘的かつ繊細な効果が狙えるように思う。

現段階では、衣装による制約が無視できない状況であることがわかった。各LEDがケーブルで繋がれていることによる動きの制約の解消、光を点ではなく面として表現する方法を模索する必要がある。体のラインがきれいに見えるようにLEDを薄い布で拡散させる方法はウェアラブルコンピューティングにおける光の表現の大きな問題であるといえる。

実運用で述べたように、光を用いることで様々な表現手法を実験した。光を強調するために繊細な動きが見えなくなるなどのマイナス要素も存在するが、新しい表現手法として可能になったことも多い。全身が見えている前提で考えられていたこれまでの振付とは違

い、見せる部分を自分で決定することで生まれる表現があることがわかった。例えば、歩くという動作において光を用いることで、前に進んでいる足とは逆の足だけの光を点灯しておくことで、前には進んでいるが動いている部分は見せない、といったことが可能となる。また、歩いている場合の腕は左右で交互に前後しているが、後ろ側に動く腕だけを点灯させることで、全体として前に進んでいるが見えている腕は常に後ろに移動しているように見える、という見せ方ができる。動きに合わせて光が身体上を移動する表現も動きの速度と光の移動の速度の違いによって見え方に変化があった。今後の課題として、身体の動きの情報を考慮したシステムを実現していきたい。

また、2ヶ月にわたる舞台でのシステム利用にて多くの問題が発生した。長期にわたる舞台であったので、技術者ではないスタッフにシステムを任せることとなり、導線が被覆の内部で断線していることに気付かずしばらく原因が解明できない、電池の容量が切れかけていることに気付かない、といった問題が発生した。LED 同士の接続は半田付けの工程が必要ないように設計していたが、コネクタの端子が折れていることに気付かなかった、という問題もあり、ウェアラブルコンピューティングを誰でも利用可能にする際のシステムのリファレンス作りの重要性も感じた。身体に装着している関係上、メンテナンスが必要ない仕様にするのは難しく、半田付けではなくコネクタ接続によって LED 同士を接続する方法は有効であったと考える。日常生活におけるライフログなどとしてのウェアラブルコンピューティングの利用とは異なり、安定性が重要であるパフォーマンスにおいては無線通信・ハードウェアの信頼性が鍵となってくる。本システムでも、電源を2系統準備する、ケーブルは力がかかると抜けるようになっていて耐久性を保ちつつ、1箇所が断線しても他の部分が接続されているので電力は供給される、各 LED モジュールがメモリを搭載することで無線通信の失敗によるミスを防ぐ、といったような設計をとった。筆者らはウェアラブルコンピューティングを利用したパフォーマンスをこれまでも多数行ってきた。その過程で生じた問題を解決した本研究の知見はこれからのウェアラブルコンピューティングの利用に大きく貢献すると考える。

6. まとめ

本研究では、身体の動きと音楽に合わせて身体に装着した LED の点滅パターンを作成し、動きと音楽と光を組み合わせたパフォーマンスが可能なシステムを提案した。提案システムを用いた実運用を行うことで、身体の動きに合わせた光の有効性を確認した。動いて

いる手足の表面を光が動くことで新しい表現が可能になると考えているが、その有効性を定義することは難しい。光という要素が増えることで表現の自由度が高くなり、振付が複雑になる。ダンサー自身が振付を行いながら光と身体の間を模索する過程は重要であるといえる。提案システムの利用によって身体表現への光の利用方法を定義していくことで、新しい身体表現のジャンルとして普及させたい。

今後の課題として、身体自身が光っているように見えるようにハードウェアの衣服への装着方法を検討する。身体の動きと光の動きが分離して見えないように光を制御するにはさらなる実験が必要であると考え、アーティストとの提案システムの実運用を重ね、身体への光の利用方法を模索することで、これまでにない表現方法を確立していきたい。

謝辞

実運用において共に作品制作を行った平田真氏、作品制作に協力いただいた神戸大学 関典子講師、IPA 未踏担当プロジェクトマネージャとしてご指導いただいた大阪大学 石黒浩教授に感謝の意を表す。本研究のために開発したデバイスは、文部科学省科学研究費補助金基盤研究 (A)(20240007)、基盤研究 (A)(23240010) による助成を受けた。また、本研究の光パターン編集システムは、独立行政法人情報処理推進機構の 2009 年度下期未踏 IT 人材発掘・育成事業「身体表現を拡張するウェアラブル大量フルカラー LED モジュール制御システムの開発」による支援を受けて行われた。

参考文献

- [1] enlightened designs, inc., <http://enlightened.com/>.
- [2] Gauri N., Adrian C., V. Michael B., Moneta H., and Han H.: bYOB [Build Your Own Bag]: a computationally-enhanced modular textile system, *Proc. of the 3rd international conference on Mobile and ubiquitous multimedia (MUM' 04)*, pp. 1-4, 2004.
- [3] Milena I., and Younghui K.: Hearwear: The Fashion of Environmental Noise Display, *Proc. of the ACM Int'l Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques (SIGGRAPH2004)*, 2004.
- [4] Joanna B.: Memory rich clothing: second skins that communication physical memory, *Proc. of the 5th Conf. on Creativity & Cognition (C&C' 05)*, pp. 32-40, 2005.
- [5] Kishino, Y., Fujiwara, H., Tanaka, T., Shimosuka, A., Yoshihisa, T., Tsukamoto, M., Itao, T., Oe, M. and Nishio, S.: Bloom Accessory: Accessories Using LEDs with Remote Control; *Proc. of IEEE Int'l Symposium on Wearable Computers (ISWC 2004)*, pp. 180-181, 2004.
- [6] Leah B.: A Construction Kit for Electronic Textile, *Proc. of IEEE Int'l Symposium on Wearable Computers (ISWC 2006)*, pp. 83-90, 2006.
- [7] T. Yoshida, K. Kasuya and S. Kodama: Techno-

(2011 年 5 月 6 日)

Shugei Club: Electronic-Fabric Crafts Based on the Concept of Device Arts, *Proc. of IEEE Int'l Symposium on Wearable Computers (ISWC 2009)*, 2009.

- [8] テクノ手芸部, <http://techno-shugei.com/>.
- [9] 細見心一, 塚本昌彦, 西尾章治郎: ユビキタス環境における LED 明滅プログラミング方式, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J90-D, No. 6, pp. 1367-1374, 2007.
- [10] 細見心一, 山本真史, 塚本昌彦, 西尾章治郎: ウェアラブルファッションにおける LED 明滅パターン作成・再生のための制御システム, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 9, No. 3, pp. 335-342, 2007.
- [11] 細見心一, 内田直子, 塚本昌彦, 西尾章治郎: ウェアラブルファッションのための明滅型光源の感性評価, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 9, No. 3, pp. 297-304, 2007.
- [12] 牧成一, 藤本実, 花岡邦俊, 沖野将司, 池田朋大, 岡田量太, 細見心一, 中田眞城子, 塚本昌彦: 神戸イルミネプロジェクト: LED を使ったブレイクダンスパフォーマンス, 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム (DICOMO 2007) 論文集, Vol. 2007, pp. 1207-1214, 2007.
- [13] 中田眞深, 児玉賢治, 藤田直生, 竹川佳成, 寺田努, 塚本昌彦: プロジェクトによる一斉制御が可能なユビキタス光デバイスの設計と実装, 情報処理学会論文誌, Vol. 50, No. 12, pp. 2871-2880, 2009.
- [14] A. Chandler, J. Finney, C. Lewis and A. Dix: Toward emergent technology for blended public displays, *Proc. of the 11th International Conference on Ubiquitous Computing (Ubicomp'09)*, pp. 101-104, 2009.
- [15] 佐藤宗彦 他: "出発の星座": 空港出発ロビーにおける航空機離陸の空気感提示, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 15, No. 3, pp. 325-334, 2010.
- [16] 藤本実, 藤田直生, 竹川佳成, 寺田努, 塚本昌彦: ウェアラブルダンシング演奏システムの設計と実装, 情報処理学会論文誌, Vol. 50, No. 12, pp. 2900-2909, 2009.

[著者紹介]

藤本 実 (学生会員)



2007 年神戸大学工学部電気電子工学科卒業。2009 年同大学院工学研究科電気電子工学専攻修士課程修了。現在同大学院工学研究科電気電子工学専攻博士後期課程に在籍。2009 年度下期情報処理推進機構未踏 IT 人材発掘・育成事業スーパークリエイター認定。ウェアラブル・エンターテインメントコンピューティングに興味を持つ。

藤田 直生



奈良工業高等専門学校卒業, 同専攻科修了。大阪大学大学院工学研究科博士前期課程修了, 同経済学研究科博士前期課程修了, 神戸大学大学院工学研究科博士後期課程を退学。現在は神戸大学にて学術推進研究員。ユビキタス・ウェアラブルコンピュータに興味を持つ。

寺田 努



1997 年大阪大学工学部情報システム工学科卒業。1999 年同大学院工学研究科博士前期課程修了。2000 年同大学院工学研究科博士後期課程退学。同年より大阪大学サイバーメディアセンター助手。2005 年より同講師。2007 年神戸大学大学院工学研究科准教授。現在に至る。2004 年より特定非営利活動法人ウェアラブルコンピュータ研究開発機構理事, 2005 年には同機構事務局長を兼務。工学博士。アクティブデータベース, ウェアラブルコンピューティング, ユビキタスコンピューティングの研究に従事。IEEE, 電子情報通信学会, 日本データベース学会, ヒューマンインタフェース学会の各会員。

塚本 昌彦 (正会員)



1987 年京都大学工学部数理工学科卒業。1989 年同大学院工学研究科修士課程修了。同年シャープ(株)入社。1995 年大阪大学大学院工学研究科情報システム工学専攻講師, 1996 年同専攻助教授, 2002 年同大学院情報科学研究科マルチメディア工学専攻助教授, 2004 年神戸大学電気電子工学科教授となり, 現在に至る。2004 年より特定非営利活動法人ウェアラブルコンピュータ研究開発機構理事長を兼務。工学博士。ウェアラブルコンピューティングとユビキタスコンピューティングの研究に従事。ACM, IEEE 等, 8 学会の会員。