



# LED アレイによる影投影を用いた 身体感覚提示に関する検討

Examination of Physical Sensation Presentation Using Shadow Projection by LED Array

中山雄介<sup>1)</sup>, 阿部法寛<sup>1)</sup>, 青木広宙<sup>2)</sup>

Yusuke NAKAYAMA, Hokan ABE, and Hiroki AOKI

1) 公立千歳科学技術大学大学院 理工学研究科 (〒066-8655 北海道千歳市美々758 番地 65, m2220170@photon.chitose.ac.jp)

2) 公立千歳科学技術大学 理工学部 (〒066-8655 北海道千歳市美々758 番地 65, h-aoki@photon.chitose.ac.jp)

**概要:** モーションキャプチャ技術により CG をコントロールすることで身体感覚を提示することは、VR 技術において一般的に行われている。本研究では、CG を使わずに身体感覚提示を行う方法について提案する。具体的には、モーションキャプチャされた身体運動を元に、アレイ状に配列された LED の発光を制御することでオブジェの影を壁面に投影し、影の動きによって身体感覚を提示するシステムを試作した。

**キーワード:** 体性感覚, 力覚, ユーザインタフェース, 疑似力触覚

## 1. はじめに

VR 技術においては、一般的に、モーションキャプチャで対象者の身体運動がトラッキングされる。そして、身体運動を元にディスプレイ画面やヘッドマウントディスプレイに映し出されるコンピュータグラフィックス (CG) を制御することで、身体感覚の提示が行われる。本研究では、新しい運動感覚提示を目的とし、CG を使わずに LED によって壁に映し出された物体の影を操作することで運動感覚提示を行うシステムを試作する。

## 2. 方法

本研究で試作された運動感覚提示システムについて説明する。図 1 に示すよう対象者が両手を広げ、平泳ぎのように上下に大きく振ることにより、手の動きに連動して、LED アレイの中の発光する LED チップが変動する。LED チップの発光の変動により、LED アレイの壁に映る物体の影が上から下へと移動していく。物体の影は泡を模しており、対象者に対し、自身の水泳運動によって空間を進んでいくような感覚を与えることを意図している。

### 2.1 システムの構成

本研究には、対象者の動きをトラッキングするためのモーションキャプチャシステムとして、Microsoft 社製の Kinect V2 (以下、Kinect と呼ぶ) を用いた。Kinect は、PC に USB 接続されている。Kinect による対象者の動きのトラッキングには、Processing-4.0b8 (以下、Processing と呼ぶ) を用いた。Processing は電子アートとビジュアルデザ

インのための統合開発環境である。LED アレイの制御には Arduino DUE (以下、Arduino と呼ぶ) を用いる。PC と Arduino の間でシリアル通信を行うことで、対象者の動きによる LED チップの発光を変動する。

2 本の LED アレイが用意され、それぞれ違う色での発光が行われる。それぞれ違う色で発光させることにより、図 2 のように、物体ひとつにつき 2 体の色の違う影が壁に投影される。

床に対して垂直に設置された棒の表面に、LED アレイを両面テープで固定する。LED チップの光が吊るされた物体を照らし、物体の影が壁に投影される。LED チップの点灯を下方から上方に変化させることで、壁に映る物体の影を上方から下方に移動させることができる。この結果、対象者に空間を上に進んでいるという運動感覚が提示される。

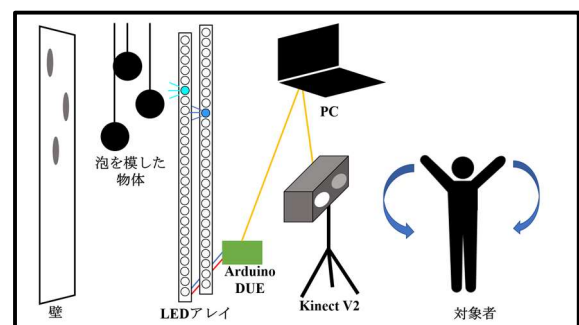


図 1 運動感覚提示システム

## 2.2 対象者のトラッキング

Kinect においては TOF 方式の RGB-D センサであり、骨格トラッキング機能により、図 3 のように 25 ヶ所の関節座標を取得することができる。提案システムにおいては、左右それぞれの掌の座標をトラッキングすることで、水泳動作による掌の上から下への移動量を算出する。掌の座標をフレーム毎に取得し、以下の式(1)より掌の移動量を求める。

$$d_i = \begin{cases} y_i - y_{i-1} & (y_i - y_{i-1} \geq 0) \\ 0 & (y_i - y_{i-1} < 0) \end{cases} \quad (1)$$

ここで、 $d_i$  は  $i$  番目のフレームにおける掌の移動量、 $y_i$  は  $i$  番目のフレームにおける掌の垂直方向の座標、 $y_{i-1}$  は  $i-1$  番目のフレームにおける掌の垂直方向の座標を示す。

フレーム毎に  $d_i$  を計算し、正の値のときに、掌を上から下に動かしていることになる。このとき、 $d_i$  の値を Arduino に送信する。

## 2.3 LED アレイの制御

Arduino においては PC から受信した数値の分 LED チップの発光位置を上方に移動させる。例として、Arduino に 3 という数値が送られてきたとき、現在発光している LED チップから、3 つ分、上方に向かって LED チップを順次発光させる。LED チップの発光の移動により泡を模した物体の影が下方に移動していくことになる。

## 3. 実験

本研究では、20 代男性 6 人を対象とし、実験を行った。

対象者には、運動感覚提示システムの前に立ち、図 4 のように平泳ぎのような動きをするように伝える。対象者には、システムを 30 秒ほど体験してもらい「水泳運動によって上に進んでいるような感覚（運動感覚）を得ることができたか」というアンケートに回答してもらった。アンケートの結果、6 人中 3 人が「運動感覚を得ることができた」と回答した。

運動感覚を得ることができなかったと回答した対象者からは、「目の前のポールが気になってしまう」や「LED の動きに目が行ってしまう」といったコメントを得た。また、本システムの改善点として、「水面に近づいていると感じられるように、水泳運動を続けると、LED チップの発光を明るくしたほうが良い」、「システムの装置を視界に入らない配置に変えたほうが良い」、「泡の影だけではなく、魚やクラゲの影も増やしたほうが良い」、「ゲーム性を出す」といった提案があった。

## 4. 考察

対象者の質問に対する回答から、本システムにより、半数の対象者に運動感覚を提示することができた。しかし、システム体験中の対象者がシステムに集中できていないため、運動感覚を得ることができないというコメントもあった。

センサやポールが視界に入ってしまうことが問題点の

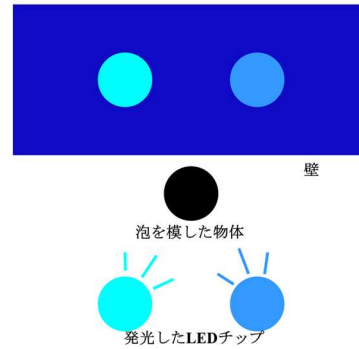


図 2 2 色の影が投影される原理

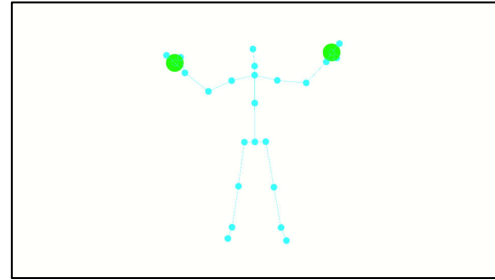


図 3 Kinect により取得した関節座標



図 4 システムの前で水泳運動をする対象者

ひとつとして考えられるが、システムを小型化し、足元に配置することで、対象者の視界に入らないような装置構成に変更することで解決できるものと考えられる。また、タスクにゲーム性・ストーリー性を追加し、影を投影するための物体の種類を追加することで、本システムへの没入感を高め、対象者が実験に集中できるように改良することが今後の課題であるものと考えられる。

## 5. おわりに

本研究では、新しい運動感覚提示を目的とし、CG を使わずに LED によって壁に映し出された物体の影を操作することで運動感覚提示を行うシステムを試作した。運動感覚提示システムを試作し、実験を行った結果、対象者の半数が運動感覚を得られたと回答した。しかし、装置が目の前にあるために実験に集中できず、運動感覚を得ることができない対象者もいた。今後、システムの小型化、ゲーム性の追加を行い、対象者が実験に没入できるように改良する必要があるものと考えられる。