

ペンライト群の規則的発光による 音楽イベントの応援行動誘導：VRによる検討

武井秀憲¹ 阿部花南¹ 鈴木颯馬¹ 小林稔²

概要：音楽イベントにて、ペンライトを応援グッズとして使用する場合、経験がなくどのように振ればよいか分からなかったり、経験があっても興奮などで無意識の内にずれたりすることがある。また、ずれないように周りに合わせようとする中で、本来の目的である演者や演出を見逃したり、周りの目が気になってイベントに集中できなくなったりする問題が発生する。本研究はこの問題を解決するために、音楽イベントのペンライトの振る行為を誘導して、ずれを防止することを目的として研究を進めてきた。本稿では、ペンライトの規則的発光を検証するためにバーチャルリアリティでの検証が効果的であると考え、新たに光パターンを提案し、VR シミュレーションシステムにて検討を行った。その結果、新たに提案した光パターンは有効であることが明らかになったが、タイミングと振り方の両方が困難という問題も明らかになった。

Guidance on How to Swing at a Music Event Using the Regular Light Emission of Penlights: VR Study

HIDENORI TAKEI¹ KANAN ABE¹
SOMA SUZUKI¹ MINORU KOBAYASHI²

1. はじめに

音楽ライブやコンサート等の音楽イベントでは、参加者が披露されている楽曲のリズムや演者のあおりに合わせて腕を振ったり、手をたたいたりすることがある。本稿では、この行動を応援行動と呼ぶ。音楽イベントによっては、応援行動の際に参加者が電池式のペン型ライト（以下ペンライト）や化学発光を用いた照明道具を用いることがある。この照明道具を用いた応援行動は、通常の合の手や手拍子と異なり、光を用いることで周囲の参加者の動作を視覚的に認知しやすくなり、より一層一体感を得ることができると考えられる。

この応援行動には、テンプレートが複数存在し、楽曲によってあらかじめ決まっていたり、参加者のその場の雰囲気や自然と使い分けられていたりすることが多い[1]。そのため、応援行動は必ずしも全員の動作が揃うわけではなく、照明道具を用いていることで動作のずれも目立ちやすい。経験が無い参加者はどのように立ち振る舞えばよいか分からず、周囲の参加者より動作が遅れてしまったり、経験があっても興奮などで無意識の内に周りやずれてしまったりすることがある。このずれは誰でも起こり得るのだが、中にはずれを気にしてしまうことで、本来の目的である演

者や演出を見逃してしまったり、周りの目が気になって音楽イベントに集中できなくなったりする人もいる。

本研究では、参加者の応援行動を誘導することでずれを防止・軽減し、この問題を解決できないかと考え、研究を進めてきた[2][3]。これまで、音楽イベント初心者向けに応援行動を誘導する研究[4][5]は行われてきたが、これらの研究は誘導に振動やスクリーン演出を用いている。そのため、参加者がその振動やスクリーン演出に意識を割かなければ誘導されず、意識を割くことで演者や演出を見逃す可能性がある。そのため、本研究では音楽イベントにて参加者の意識を向けさせることなく応援行動を誘導することを目的としている。

そこで、イベント参加者の意識を向けさせることなく誘導可能な手法として、参加者全員の持つペンライト（以下ペンライト群）の規則的な発光パターン（以下光パターン）を用いたアンビエントな視覚刺激提示による応援行動手法を提案した[2][3]。映像を用いた予備実験と、ペンライトを実際の空間に配置して行ったデモンストレーションを交えた研究発表にて得られた意見から、光パターンの見え方における複数の問題が明らかになった。本稿の目的は、この問題を解決することであり、そのためには光パターンを検討することが必要である。そして、バーチャルリアリティ（VR）を用いた光パターンの検討が適していると考え、VR シミュレーションシステムを制作し、検討を行った。本稿では、このシステムと新たに提案した光パターン、その光パターンのVRでの検討結果について記述する。

1 明治大学大学院先端数理科学研究科先端メディアサイエンス専攻
Program in Frontier Media Science, Graduate School of Advanced Mathematical
Sciences, Meiji University

2 明治大学総合数理学部先端メディアサイエンス学科
Department of Frontier Media Science, School of Interdisciplinary Mathematic
Science, Meiji University

2. 関連研究

2.1 応援行動の誘導に関する研究

初心者向けに応援行動を誘導する研究として、岩本らの音楽イベント初心者の応援行動の同期性の向上する無線通信機能搭載型ペンライト[4]がある。この研究は、音楽イベントにて周りの動きについていけずに立ち振る舞いが分からなくなる初心者が、有識者の動きに同期可能なペンライトを提案している。この研究では、有識者が持つ親機と初心者が持つ子機の2種類のペンライトを用いている。親機を振ったタイミングの情報を子機に送信しそのタイミングで子機が振動することで、初心者は振動に合わせて振り有識者と応援行動を同期できるという手法である。また、子機のペンライトの発光色も親機と同期する。

川本らのコンサートで観客の行動を促す演出と LED デバイス[5]では、音楽イベントのスクリーン演出によって観客に正しい応援行動を提示し、観客が正しい動作を行うとペンライトが光るという手法を用いている。正しい動作をしたときのみペンライトが点灯するため、初心者の振り方が分からないという不安をなくすだけでなく、演出に参加している実感による意欲向上や、意図的に周囲と異なる動きをして一体感を乱す行為を防ぐ効果もある。

2.2 人の行動の誘導に関する研究

音楽イベントの応援行動に限らず、人の行動を誘導する研究は多く行われている。渡邊らの走光型視線誘導システムによる加速挙動時の車頭時間変化要因分析[6]は、走光型視線誘導システムの有意性と発光体の形状の車頭時間への影響について分析している。走光型視線誘導システムの発光体を形状の異なる4種類(小型・大型・矢印・三角)について、ドライビングシミュレータを用いて比較した。走行結果の運転者による個人差が大きく、発光体形状間の効果比較において統計的に有意な差は確認できなかったが、消灯時と比較しシステムが有意であることを明らかにしている。また、運転者個人の発光体の形状に対する印象が車頭時間に大きく影響していることも明らかにしている。

音を利用して行動を誘導する研究として、細谷らの音の長さの変化によりドラム演奏のずれを認識および誘導させるメトロノームシステムの提案[7]がある。バンドの同期演奏でのドラム演奏者のずれに着目している。同期演奏はドラム演奏者がクリック音(メトロノーム)に合わせて演奏することで実現している。この研究では、クリック音の高さや長さを変化させることで正確なテンポに誘導する手法を用いており、ドラム演奏がクリック音より遅くずれている場合は正しいテンポに誘導しやすいことが報告されている。しかし、早くずれている場合は音の長さを変える手法では誘導が困難であるという問題明らかになった。また、小林らの音楽のテンポ変化による歩行速度変化を利用した待ち合わせ到着時刻ナビゲーションシステム[8]では、ユー

ザに音楽のテンポに合わせた歩行を促し、音楽のテンポを歩行状況に応じて変化させることで、複数のユーザ間の目的地までの到着時間差を小さくすることができると明らかにしている。

2.3 無線制御で発光するデバイスに関する研究

音楽イベントにて無線制御を用いた集団同期の研究として、片平らの音楽イベントにおける集団行動の同期科学解析による演出支援デバイスの設計[9]がある。この研究では、観客の持つデバイスを無線制御する音楽イベントのコスト削減と、無線制御することで観客の意思を無視してしまう問題の解決を目的としている。観客の持つペンライト型のデバイスが自律的に近距離で通信を行い、引き込み現象の原理を用いてデバイスの点滅周期が徐々に同期する手法を用いている。

既存の無線制御が可能な発光するデバイスは多くある。RBconcepts社の「Xylobands」[10]は実際の音楽イベントで使われたことのあるリストバンド型のデバイスで、無線により同期し、あらかじめプログラムされたパターンで発光する。動作範囲は非常に広く、2kmまでの範囲をまかなうことが可能である。Sony Music Solutions Inc.の「FreFlow」[11]は、同じく実際の音楽イベントで使用されたことのあるデバイスで、リストバンド型とペンライト型の2種類のデバイスが存在する。無線で大量のペンライトを一斉制御し、舞台演出と組み合わせて音楽イベントの一体感を高めることができる。また、演者本人が操作することも可能である。「Glow With the Show」[12]はDisney California Adventure Parkにて行われたショーの1つで、来園者が装着するIR レシーバ内蔵のイヤークラップがショーに合わせて発光するシステムである。

3. 提案手法・先行研究

本研究は、音楽イベント参加者の意識を向けさせることなく応援行動を誘導することで、ずれを防止・軽減することが目的である。誘導には第2章で先述した通り、音、振動、光などの様々な誘導方法がある。音は音楽が流れる音楽イベントに適さない。そして振動は応援行動のタイミングの誘導は可能でも、振る方向の誘導が困難であると考えた。光の誘導として、スクリーンや観客自身の持つペンライトによるものが考えられるが、どちらもどんな誘導かを意識しなければ、視界に入らないため正しい誘導が行われない。そこで、意識せずとも視界に入る観客全体のペンライト群を用いて応援行動の誘導を行う手法を提案した。

先行研究である音楽イベントの応援行動を誘導するペンライト型デバイスの発光パターンの検討と体験システム[2]にて、ペンライト型デバイスを制作して実際の空間に配置した際にどう見えるのかを確認し、デモンストレーションを交えた研究発表を行った際、以下の問題が明らかとな

った。

- すべてのペンライトを観客が持ち、全員で振ったときにどう見えるかが分からない
 - 現実の音楽イベント会場と規模の差が大きい
 - 体験者の位置によって光パターンの見え方が異なる
- 本稿の目的は、これらの問題の解決と解決のための光パターンを検討することである。

1 つ目の「すべてのペンライトを観客が持ち、全員で振ったときにどう見えるかが分からない」問題については、ペンライトの本数分の人を集め、実際に振る動作を行うことで解決できる。しかし、人を数十人集めることはコストがかかる上、その状態で光パターンを検討するのは非効率である。2 つ目の「現実の音楽イベント会場と規模の差が大きい」問題は、音楽イベントに使用される会場の収容人数と同じ本数のペンライト型デバイスを用意すればよいが、収容人数は約 100~50000 人と幅が大きく平均しても 100 本以上のペンライト型デバイスを用意しなくてはならない。3 つ目の「体験者の位置によって光パターンの見え方が異なる問題」は、図 1 のように正面から見たときと斜め後方などの位置から見たときに光パターンの見え方が変わる問題である。この問題を解決するためには、実際に視点を変更しつつ、光パターンを調整し検討する必要があるため、実空間で行うには非効率と考える。

そこで本稿では、VR を用いたシミュレーションシステムを提案する。VR であれば 1 つ目の問題を、他の観客のペンライトを自動で動作させることで解決でき、コストもかからない。2 つ目の問題も会場の大きさやペンライトの本数を変更して解決できる。加えて、会場の大きさだけでなく形なども変更が可能であるため、光パターンの検討の幅が広がる。3 つ目の問題に関しても、視点変更と光パターンの調整が容易になる。

4. VR を用いた光パターン検証システム

4.1 システム概要

図 2 は正面からステージを見た際の視界である。本システムは Unity を用いて実装した。ヘッドマウントディスプレイ（以下 HMD）には HTC VIVE PRO[13]を用いている。縦 26 行、横 58 列の 1508 本のペンライトを縦 1m 間隔、横を人の肩幅ほどである 0.5m 間隔に並べた状態をデフォルトとした。音楽イベントにペンライト等の応援グッズを複数個持って参加する人もいるため、横の本数を多くした。また、HTC VIVE PRO 付属のコントローラを使用者自身のペンライトとして扱うことができる。変更可能箇所は以下の通りである。

- 光パターン
- ペンライトの本数
- ペンライトの位置（間隔・高さ）

- ペンライトの発光色
- 会場の大きさ・形

このシステムは、第 3 章で挙げたペンライトが動いたときの見え方や、実会場との広さの差異、位置による見え方の 3 つの問題を解決することと、その際の光パターンを検証することを目的としている。そのため、先行研究[3]で用いた、ペンライト内部の LED を明滅させる上下の光パターンを本システムでは使用しない。また、図 3 のように使用者の持つコントローラと同期しているペンライトは周囲のペンライトと同様の色に変化する。

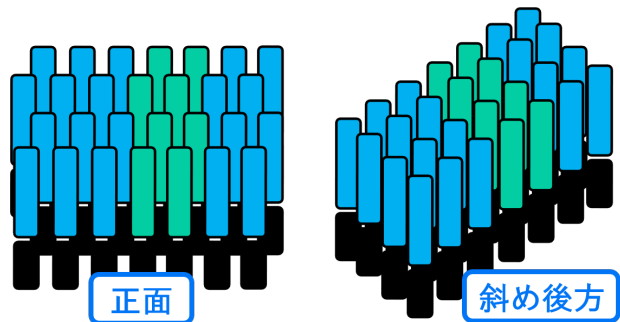


図 1 体験者の位置によって光パターンの見え方が異なる問題

Figure 1 The problem of seeing different light patterns depending on the position of the experimenter

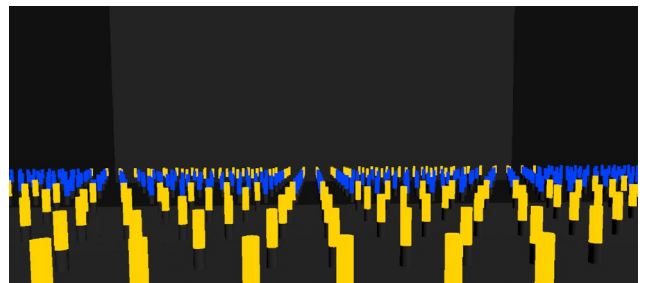


図 2 VR シミュレーションシステム

Figure 2 VR simulation system

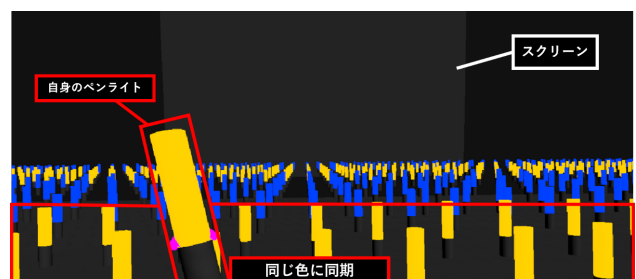


図 3 体験者がコントローラを持った場合周囲のペンライトと同じ色に同期する

Figure 3 When the user holds the controller, the color is synchronized with the surrounding penlight.

4.2 光パターン検討

第3章で述べた問題の3つ目の「体験者の位置によって光パターンの見え方が異なる」問題に着目し、新たな光パターンについて検討した。予備実験や体験システムでは、ペンライト群の光の規則的な変化によって、光の線を1本作り移動させることで誘導を試みた。この光パターンの見え方の問題点は、位置によって光の線が自分自身の位置に到達するタイミングが異なるということである。この問題を、光の線を増やすことで解決できないかと考えた(図4)。

前後の光パターンと左右の光パターンについても同様に、位置に関する問題がある。まず、前後のパターンは予備実験と体験システムで横方向の光の直線を移動させる光パターンを用いて誘導を試みたが、音楽イベントの参加者の多くはそれぞれがステージを見ているため、視線の角度が変わり光の直線の見え方も異なってしまう。そこで、新たな前後の光パターンとして、音楽イベント参加者の視線の先のステージを中心とする円の、同心円状の曲線を用いる(図5)。参加者の視線と光の線の移動方向が参加者の位置に関わらず同一方向のため、見え方を揃えることができると考えた。

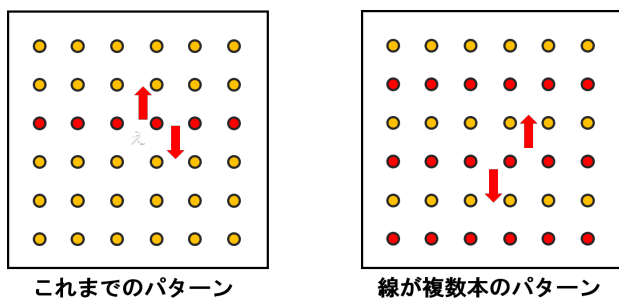


図4 これまでの光パターンと新たに提案した線が複数本の光パターン

Figure 4 Previous light pattern and new light pattern with multiple lines

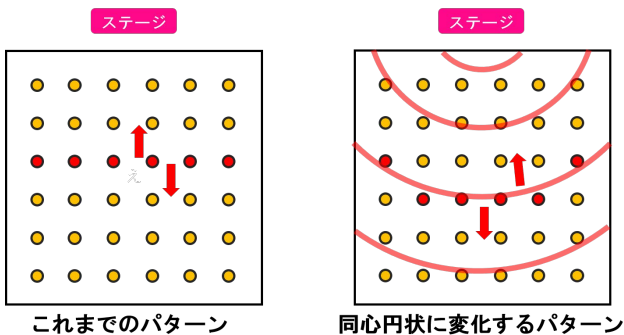


図5 これまでの前後の光パターンと新たに提案した同心円状に変化する光パターン

Figure 5 Previous back and forth light pattern and a new light pattern that changes in concentric circles.

次に、左右の光パターンについて述べる。左右のパターンは予備実験と体験システムで縦方向の光の直線を移動させる光パターンを用いて誘導を試みたが、前後のパターンと同じ理由で参加者間での光パターンの見え方が異なる。そこで、新たな左右の光パターンとして、参加者の視線と同一方向の直線を用い、時計の針が動くように変化させる(図6)。参加者の視線と、光の線の移動方向が参加者の位置に関わらず直角に交わるため、見え方を揃えることができると考えた。

4.3 ペンライトの動作

本システムの光パターンは、「体験者の位置によって光パターンの見え方が異なる」問題に着目し、前後と左右の動作に焦点を当てたため、ペンライトの動作も同じ前後の動作の1つである「裏打ち」と呼ばれる動作と、左右の動作である「左右」をベースにした。本研究における「裏打ち」と「左右」の動作を図7に示す。また、すべてのペンライトが一律に規則的に動作すると、機械的な印象を与え、体験者が違和感を覚える可能性があるため、光パターンや本来の動作に影響を及ぼさない程度の不規則性を持たせている。

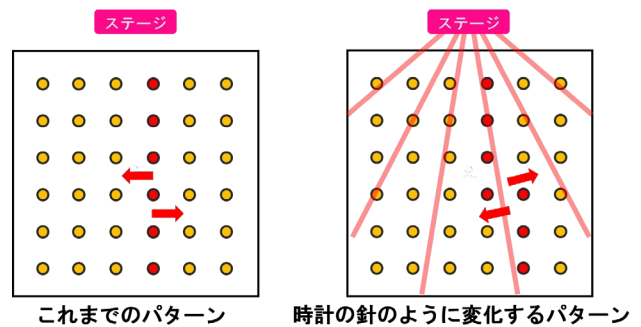


図6 これまでの左右の光パターンと新たに提案した時計の針のように変化する光パターン

Figure 6 Previous left and right light patterns and A new light pattern that changes like the hands of a clock

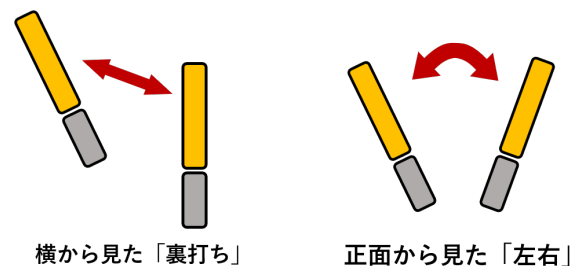


図7 ペンライトの動作「裏打ち」と「左右」

Figure 7 Penlight movement “Urauchi” and “left and right”

4.4 VRによる光パターンの検討

本システムを用いて、第3章のすべてのペンライトを観客が持ち、全員で振ったときにどう見えるかが分からない問題と、体験者の位置によって光パターンの見え方が異なる問題についての確認を行った。ステージに対して正面の位置①と、ステージに近い左端の位置②から、新たに提案した光パターンの見え方の確認を行う。図8はシステムのVR空間を真上から撮影したものである。

まず、前後の光パターンについて確認を行った。図9、図10、図11、図12は前後の光パターンについて、これまで

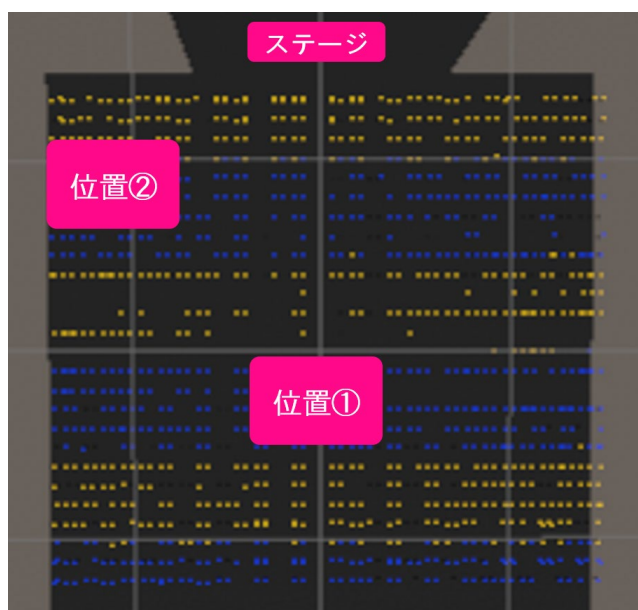


図8 体験者の位置

正面から見た位置①とステージに近い左端の位置②から光パターンの検討を行った

Figure 8 Position of the experiencer

The light pattern was examined from the front position (1) and the leftmost position (2) near the stage.

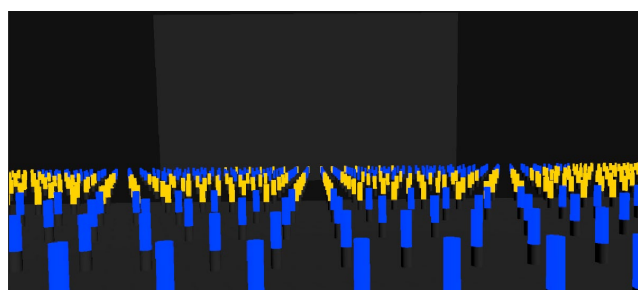


図9 これまでの前後の光パターンの位置①での見え方

Figure 9 How the back and forth light pattern looks in position (1)

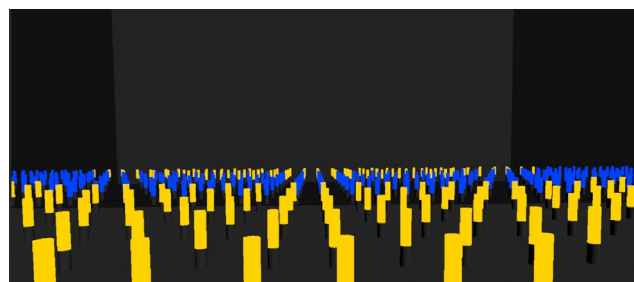


図10 同心円状に変化する

新たな前後の光パターンの位置①での見え方

Figure 10 How the new back and forth pattern that changes in concentric circles looks in position (1)

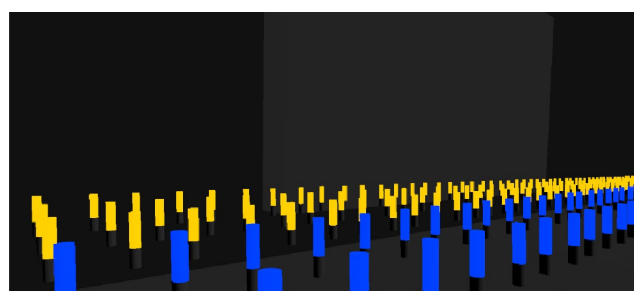


図11 これまでの前後の光パターンの位置②での見え方

Figure 11 How the back and forth light pattern looks in position (2)

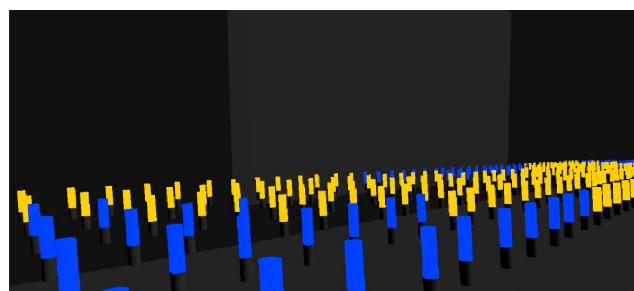


図12 同心円状に変化する

新たな前後の光パターンの位置②での見え方

Figure 12 How the new back and forth pattern that changes in concentric circles looks in position (2)

次に左右の光パターンについて確認を行った。左右の光パターンについて図 9, 図 10, 図 11, 図 12 と同様に 4 通りに分類したものが図 13, 図 14, 図 15, 図 16 である。HMD を装着して確認を行った結果, 図 13, 図 14, 図 16 は「左右」を誘導するための左右に変化する光パターンが確認できたが, 図 15 のこれまでの左右の光パターンと位置②の組み合わせは, 左右の変化ではなく斜めに変化する光パターンのような見え方をすることが確認できた。このことから, 図 5 の新たに提案した光パターンは位置の問題を解決できることがわかる。

また, これらの図 9-16 のすべてのパターンはペンライト群が動いていても問題なく光パターンを確認することができた。実際にペンライトを配置した体験システムでは 40 本のペンライト, 本稿の VR システムでは 1508 本と使用者の持つ 2 本の計 1510 本のペンライトを用いて検証したが, 規模の差による光パターンへの影響は小さかった。しかし, VR システムにてペンライトの間隔を変化させると, 間隔

がより広いほど光パターンが分かりにくくなることが確認できた。今回, 図 4 の新たに提案した線が複数本の光パターンを用いて検討を行ったが, 線が複数本になることでどのタイミングで振ればよいか分かりにくくなることも確認できた。

4.5 考察

前後の光パターンが, 今までの光パターンと新たに提案した同心円状に変化する光パターンのどちらでも確認できたのは, ペンライト群の見え方が影響していると考えられる。真上から見ると, 今までの光パターンと同心円状に変化するパターンの差異が明らかだが, 実際に体験者から見えるペンライト群は横方向に広がり, 縦方向は縮んでいるため, 今までの光パターンを用いても角度の影響が少なかったことが分かる。位置② (図 8) の体験者の視線は正面から見たときと比べて約 45 度異なるが, ステージを真横から見るような場合には角度の影響が大きくなり, 新たな光パターンが有意になると考える。

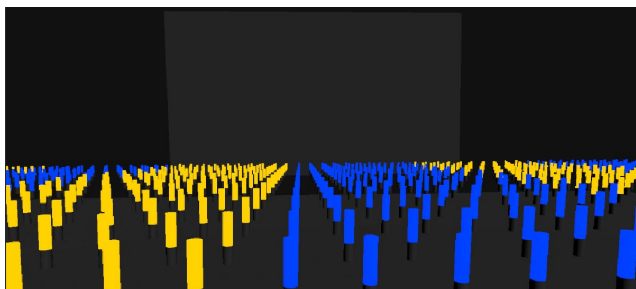


図 13 これまでの左右の光パターンの位置①での見え方

Figure 13 How the left and right light pattern looks in position (1)

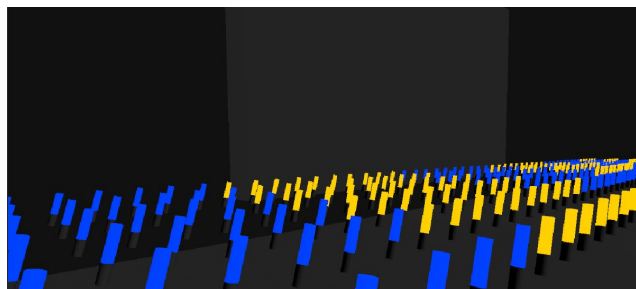


図 15 これまでの左右の光パターンの位置②での見え方

Figure 15 How the left and right light pattern looks in position (2)

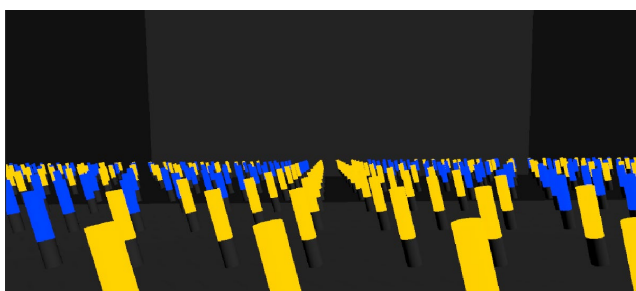


図 14 時計の針が動くように変化する新たな左右の光パターンの位置①での見え方

Figure 14 How the new left and right pattern that changes like the hands of a clock looks in position (1)

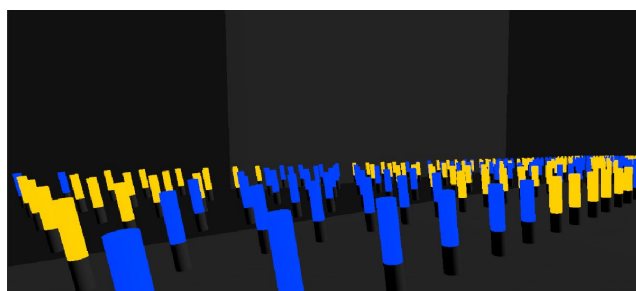


図 16 時計の針が動くように変化する新たな左右の光パターンの位置②での見え方

Figure 16 How the new left and right pattern that changes like the hands of a clock looks in position (2)

位置②において新たに提案した時計の針のように変化する光パターンでのみ左右の光パターンが確認できたのは、前後の光パターンと同じく、ペンライト群が横に広がって縦に縮んでいるように見えることが影響していると考えられる。図 17-18 は図 15-16 の見え方をペンライトの色ごとに囲み、光パターンとその進行方向を明確にした図である。図 17 から、ペンライトが横に広がっていることで、今までの左右の光パターンを位置②から見たときに、右奥から手前に向かって光パターンが斜めに進行しているように見えることが分かる。また、図 18 から、新たな光パターンは右奥から手前、左奥と進行しているように見えるため、左右の光パターンが確認できることが分かる。

また、今回線が複数本の新たな光パターン（図 4）を使用した際に、どのタイミングで振ればよいか分かりにくくなることが確認できた。今までの光パターンは腕を振るタイミングで線が 1 本しか通らないため、タイミングの誘導がおのずと行われていたが、今回の検討では位置による見え方の問題を解決するために線を複数本用いたため、線が体験者の周囲を常に通り、どの線が通るときに振ればよいか分からなくなったと考えることができる。このことから、今回の光パターンでは位置による見え方の差異の問題の解決と、腕を振る動作のタイミングの誘導を両立は難し

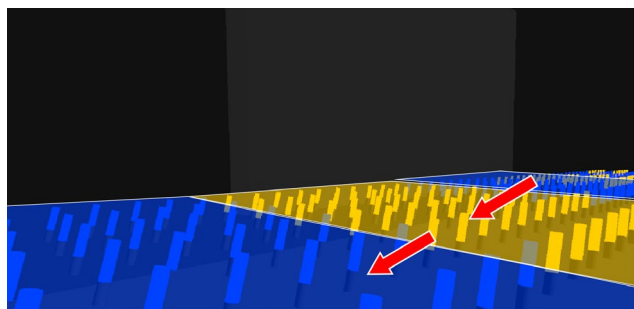


図 17 図 15 をペンライトの色ごとに囲んだ図
矢印は光パターンの進行方向を表している

Figure 17 Figure 15 surrounded by each color of the penlight.
Arrows indicate the direction of the light pattern.

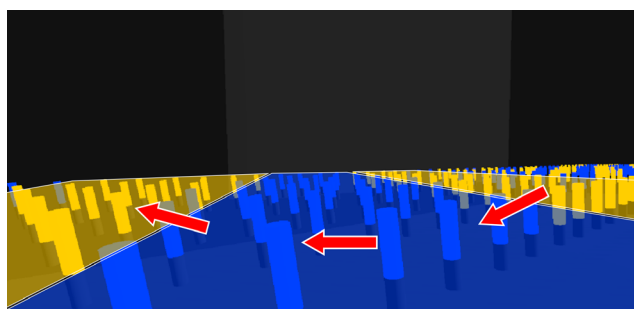


図 18 図 16 をペンライトの色ごとに囲んだ図
矢印は光パターンの進行方向を表している

Figure 18 Figure 16 surrounded by each color of the penlight.
Arrows indicate the direction of the light pattern.

いことが分かった。今後、新たな光パターンを検討するとともに、位置による見え方の差異の問題解決とタイミングの誘導の両立が困難であることも考慮し、光以外の刺激を用いてタイミングを誘導することも検討する予定である。

5. まとめ

本稿では、音楽イベントの応援行動を誘導するペンライト型デバイスの発光パターンの検討と体験システムの問題を解決することを目的に、VR の光パターンシミュレーションシステムを制作し、光パターンを検討した。今までの光パターンと問題を基に新たに提案した光パターンの 2 つを VR 空間上で動くペンライトに適用し、ステージから見て正面と前方の左端の 2 通りの位置から光パターンの見え方について確認を行った。これらの光パターンの内、「裏打ち」の誘導を目的とした、今までの直線の光パターンと新たに提案した同心円状に変化する前後の光パターンは、光パターンが前後に変化する様子が確認できた。「左右」の誘導を目的とした今までの光パターンは、光パターンが斜めに変化するように見えてしまい、誘導が困難であると考えられる。しかし、新たに提案した左右に時計の針のように変化する左右の光パターンは、光パターンが左右に変化する様子が確認でき、今までのパターンと比べて有意であると考えられる。しかし、線が複数本の光パターンは、タイミングの誘導が困難になってしまうことが判明し、今までの線が 1 本の光パターンは腕を振る動作のタイミングの誘導に適していたことが分かった。今後の問題として、線が複数本の光パターンを用いた際に解決できなかった位置による見え方の差異と、タイミングの誘導の両方の問題を解決できる光パターンの検討と、光以外の刺激を用いたタイミングの誘導について検討を行う。また、高低差のある会場や円形の会場を想定した光パターンについても検討予定である。

謝辞 本研究は引き続き、JSPS 科研費 18K11410 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] “コンサートのペンライトアクションにおける群集の追従シミュレーションに関する研究”. https://gamescience.jp/2009/Paper/Sasaki_2009.pdf, (参照 2021-05-01).
- [2] 武井秀憲, 越後宏紀, 菅野真功, 小林稔. ペンライト型デバイスを用いた音楽イベントの応援行動誘導のための視覚刺激の検討. グループウェアとネットワークサービスワークショップ. 2019, pp. 79-84.
- [3] 武井秀憲, 山田篤志, 越後宏紀, 菅野真功, 小林稔. 音楽イベントの応援行動を誘導するペンライト型デバイスの発光パターンの検討と体験システム. 情報処理学会インタラクション. 2020, pp. 421-424.
- [4] 岩本祐磨, 岩井将行. 音楽イベント初心者の応援行動の同期性の向上する無線通信機能搭載型ペンライト. エンターテイ

- メントコンピューティングシンポジウム (EC). 2016, pp. 311-312.
- [5] 川本留輝, 串山久美子. コンサートで観客の行動を促す演出と LED デバイス. 情報処理学会インタラクシオン. 2018, pp. 753-755.
- [6] 渡邊秀, 柳原正実, 小根山裕之. 走光型視線誘導システムによる加速挙動時の車頭時間変化要因分析. 土木学会論文集(土木計画学), 2018, vol. 74, no. 5, p. 1_1219-1_1227.
- [7] 細谷美月, 佐々木美香子, 小松孝徳, 中村聡史. 音の長さの変化によりドラム演奏のずれを認識および誘導させるメトロノームシステムの提案. 情報処理学会 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクシオン (HCI), vol. 2020-HCI-187, no. 14, pp. 1-8.
- [8] 小林亮介, 杉本麻樹. 音楽のテンポ変化による歩行速度変化を利用した待ち合わせ到着時刻ナビゲーションシステム. エンターテイメントコンピューティングシンポジウム (EC), vol. 2015-EC-38, no. 2, pp. 1-4.
- [9] 片平菜緒, 谷森一貴, 池田亘, 斉藤裕樹. 音楽イベントにおける集団行動の同期科学解析による演出支援デバイスの設計. マルチメディア 分散協調とモバイルシンポジウム 2018 論文集, vol. 2018, pp. 1833-1836.
- [10] “Xylobands™”. <http://www.vainqueur-corp.com/xylobands/>, (参照 2021-05-07).
- [11] “FreFlow (フリフラ)”. <https://www.sonymusicsolutions.co.jp/sms/diary/detail/654?ima=0000&link=ROBO004>, (参照 2021-05-07).
- [12] “‘Glow With The Show’ Ear Hats Illuminate Magic Kingdom Park Walt Disney World”. <https://www.youtube.com/watch?v=Mr8LgU8-QA4>, (参照 2021-05-07).
- [13] “HTC VIVE PRO”. <https://www.vive.com/jp/product/#pro%20series>, (参照 2021-05-07).