

# ステージ演出のための暗い場所での AR マーカ手法の検討

平林真実<sup>†1</sup>

音楽ライブや舞台等のような会場空間は、演出上薄暗いことが多くスマートフォン等のカメラによる AR を用いた演出は明るさの点から非常に難しい。本研究では、LED テープによる会場演出と同時に LED を AR 用マーカとして利用する AR マーカ手法について検討する。ステージ演出にとりいれた LED テープによる光パターンを画像として認識するための、画像マーカの手法について検討を行う。

## 1. はじめに

音楽エンタテインメントにおいては新型コロナ禍およびメタバースをはじめとした XR 領域の盛り上がりに合わせて、主としてオンラインでのライブ配信等での演出において様々な試みがなされてきた。特に Augmented Reality(AR)を用いた空間演出は、カメラからの映像のみを配信するオンラインライブでは効果的な演出手法であり、数多くの視聴者/観客に広く AR による演出を体験し親しむ機会となった。さらに、VR 上の空間におけるイベント開催も活発であり、実空間と VR 空間等を融合した会場空間の生成や演出手法に期待が高まっている。

我々が主催する音楽体験を拡張するためのプラットフォームである NxPC.Lab[1]の活動においても、無観客オンラインライブ配信のイベントを多数実施する中で、深度カメラを単数あるいは複数利用した演奏者を空間に取り囲むような AR 的な手法や、それらと照明を連動するような演出や VR 空間との連携などの試みが実施されている。

しかし、実際に AR 等の演出を実施するためには、ライブハウスやクラブのような音楽会場は薄暗いことが多く、現在 AR/MR の実装において用いられているカメラ画像からの位置特定技術の利用が難しい。しかも、音楽会場で観客が容易に利用するためにはスマートフォン単独で可能な仕組みが求められる。このような問題に対し、既存の AR/MR 等のシステムを補助する形で観客が参加可能な暗所での AR 補助システムの開発を試みている。

本稿では、会場演出に頻繁に利用される LED ポールを用いて画像を表示することで簡易的にマーカとして利用するシステムにおいてマーカの手法について検討を行った。

## 2. 目的

これまで我々は、360 度 VR 配信に観客の動きを取り入れる実験[2]において会場内に設置した赤外線カメラを利用したもの、MR を用いた音楽演奏システム[3]などの開発を行い、音楽会場に対して XR 技術の適用を試みてきた。会場内に蛍光テープを設置しブラックライトにより AR マ

ーカとして認識する実験など、真っ暗ではないが薄暗い空間（風営法においては 10 ルクスを基準に扱いが変わるため、その周辺の明るさ）における XR 演出も試みてきた。赤外線やレーザーを用いた LiDAR などを持つ一部のスマートフォンを除く一般的なスマートフォンでは、このような薄暗い空間においては SLAM が有効にしないことが多く、クラブのような空間には演出として適していないことが多い。

クラブやライブハウスでの演出装置として違和感がなく、マーカとして利用可能な装置として LED マトリクスを使ったポール型の照明装置に注目し、VJ による映像演出、照明らと共存可能であり、かつ特別な事前の準備が不要なく観客が容易に参加可能な AR 的な演出効果を実現するシステムの開発をめざしている。さらにはこれらを広くステージ演出に適用していきたいと考えている。

薄暗い空間での AR としては、既にスマートフォンを振るジェスチャーによって LED ポールによって表示される特定の色の発光パターンを一種のマーカとして利用し、機械学習によりパターンを識別し、空間演出に利用するシステムを試作している[4]。今回は、ジェスチャーではなく LED ポールにスマートフォンを向けることによりマーカを認識し簡易的な AR を可能とするために、どのようなマーカが適しているかについて実験を行い、マーカとして利用可能な手法について検討を行う。

## 3. 関連事例

これまでも NxPC.Lab の活動において、音楽会場の 360 度 VR 配信と会場内の照明演出とネットワーク上の観客を連携するもの[2]や 360 度配信に会場の観客の状況を重畳する実験[5]、Neos VR を利用した VR 空間でのライブ配信、MR を用いて会場空間の演出を連携しながら演奏を行うシステム[3]など、音楽エンタテインメントの現場への XR の導入の試みを行ってきている。XR の音楽ライブへの適用としては 2020 年 4 月以降多数の XR を利用した演出が行われている。従来は VTuber 系の人たちが中心であった VR 空間でのライブへの著名なアーティストの進出や、ゲーム

<sup>†1</sup> 情報科学芸術大学院大学  
Institute of Advanced Media Arts and Sciences

的なVR空間でのライブなども実現されている。AR的なシステムとしてはBackspacetokyoのCHAUSIE[5]をはじめ、著名なアーティストのライブにおいてARを用いた演出がなされている。暗所におけるARシステムとしては、赤外線を用いたもの[6,7,8]が多く研究されている。また、SLAM以外の屋内向けの位置情報取得手法としてWiFiやビーコンを利用したものや音響を利用したもの[9]などがあり、これらは音楽会場も応用可能性があると考えられる。スキャンライン的な効果を持つものとしては、一般的なLED POVディスプレイの逆のものとも考えられる。音楽会場等の一般的な薄暗い空間を前提として考えると、赤外線等を用いたシステムは特別なハードウェアが必要であり、観客が参加することが難しいことが多い。映像上で観客をXR空間内に取り込むことも必要であるが、本研究では実会場の観客に対してXR的体験を提供し、実空間・映像空間に参加することをめざしている。クラブのような音楽空間において特定のWiFiに接続するような面倒な事前の準備は困難であり、スマートフォンのアプリケーションだけで完結するようなシステムを実現しようとしている。

## 4. システム概要

### 4.1 システム構成

本システムは、高速なフルカラーテープLEDであるAdafruit DotStar(最大データレート32MHz)によって製作されたLEDポールとそれを制御するM5Stack FIRE, iOSを搭載したスマートフォンによって構成される。概要を図1に示す。

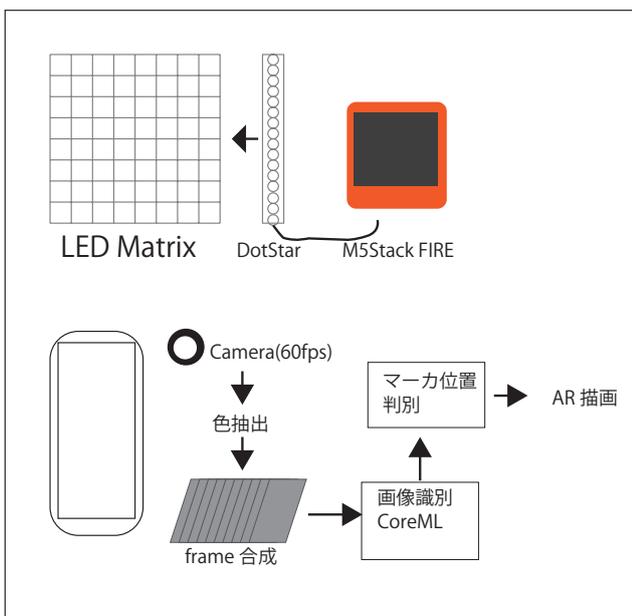


図1 システム図

LEDポールでは、64x64のマトリクス状に描画した画像マーカをスキャンライン方式によって描画する。一例ごと

に表示していくことで、画素をずらしながら合成することで一つの画像として構成することができる。DotStarはM5StackのM5Stack FIREを用いてarduinoで書かれたプログラムによって動作している。

iOSでは、OpenCV4.5およびAppleのARKitおよびCoreMLフレームワークを利用してswiftによって記述されたプログラムにより、60fpsまたは30fpsで取得したカメラからの映像から特定の色(今回の例では黄緑に近い色)を抽出し、15-30フレーム分(処理の負荷に依存)の画素をずらしながら合成を行い画像マーカとして構成する。この画像をマーカとして利用する。今回は、マーカ手法の実験のため省略しているが、ステージでの演出において、LEDポールをステージの左右に配置し、各々別のマーカを表示することで、誤認識を低減するとともに、左右のLEDポールの距離からステージからの距離を推測することになっている。

### 4.2 マーカ構成

マーカの認識には、iOSのCoreML機械学習フレームワークを利用し画像を識別している。今回は2種類のマーカについて実験を行った。一つは、前回も使用したMNIST手書き文字認識、もう一つは、ランダムに生成した図形から選択したマーカをAppleの機械学習モデル作成環境であるCreateMLを利用して学習したものを利用した。

#### 4.2.1 MNIST モデル

手書き数字識別モデルであるMNISTを利用し、数字をマーカとして利用し、数字をLEDによって描画する。例として利用した数字の例を図2に示す。



図2 手書き数字の例

#### 4.2.2 ランダム生成図形

ランダムに生成した16x16の図形をマーカとして利用する。マーカとして利用した図形の例を図3に示す。この3つの図形をCreateMLによる学習し識別モデルを作成している。なお、LEDの描画の際には、64x64ドットに変換しLEDにて表示している。

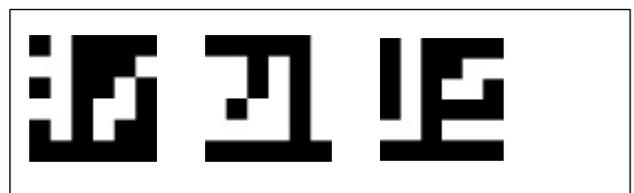


図3 マーカのパターン

## 5. 実験と考察

実験では、DotStar LED テープを縦型に配置し、LED の後ろに無反射植毛布を置くことで、LED の光が周囲に反射してノイズとなる光の発生を抑えている。また、今回の実験では 64 ドット分の LED のみを利用しているため、それに応じた距離にて実験を行っている。

実験で得られた画像の例を図 4 に示す。過去の例と同様に MNIST を利用したマーカは、縦方向に連続した画像が”1”や”7”などと認識されることが多く、これらは認識結果からは除いているが、それ以外の例では、特定の数字に関しては認識するが、数字を複数識別するには厳しい結果であった。ランダム生成のマーカについては、図 3 の例以外にも複数の図形を試してみたが、認識しやすいものとはできないものがあつたが、その差を視覚的に判断することはできていない。認識しやすい図形についてマーカとして識別可能ではあるが、元の画像と LED によって表示される図形の差があるため、十分に学習ができず識別器として十分に機能していないと考えられる。

改善の手法として、元になる図形を実際に LED で表示したものをデータソースとして蓄積し、それらを元に識別器を作成し、精度を高めていきたい。同時に画像処理により注目する領域を効果的に選択する手法についても実験しておく予定である。スマートフォンの AR フレームワークを利用するためカメラの露出調整が行えないなど、画像処理における制約もあるため、様々な状況における画像を学習することで対応していく必要があると考えられる。

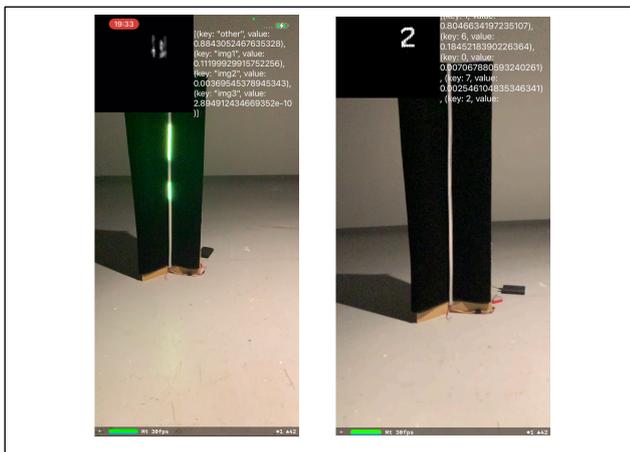


図 4 認識実験の様子

## 6. まとめ

LED テープを用いた画像マーカの認識を元にした薄暗い場所での会場演出と一体化した AR 表現のための手法について実験を行った。現状では単純なトリガーとしては利用可能であるが複数の演出を行うなどのために必要な画像の識別には至っていない。今後、画像識別の学習方法の改

善と画像処理による注目点の抽出について検討していきたい。さらに会場演出に使われる会場デコレーションやレーザー等の照明装置と組み合わせた方法についても、並行して試みていくことで、ステージ演出に実用可能にしていくたい。

## 参考文献

- 1) NxPC.Lab: <https://nxpclab.info>
- 2) 平林真実, 伏田昌弘: 360 度 VR 中継における AR を用いた観客との音楽会場空間共有の試み, 情報処理学会エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2019 論文集 pp.466 - 468(2019).
- 3) 伏田昌弘, 平林真実: Avatar Jockey における表現システムの拡張, 情報処理学会インタラクシオン 2021, pp.427-431(2021).
- 4) 平林真実, 音楽会場等の薄暗い空間での AR 表現に向けたシステムの試作, 情報処理学会エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2021, pp.391-393(2021).
- 5) CHAUSIE: [https://backspace.tokyo/news/20200709-chausie\\_release](https://backspace.tokyo/news/20200709-chausie_release)
- 6) 前田真希, 小川剛史, 清川清, 竹村治雄: 赤外線を用いたビジョンベーストラッキングによるウェアラブル AR ナビゲーションシステム, 電子情報通信学会 PRMU2003-196, pp.61-62(2004).
- 7) 1) 中里祐介: ウェアラブル拡張現実感のための不可視マーカと赤外線カメラを用いた位置・姿勢推定, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌 Vol.10, No.3, pp.295-304(2005).
- 8) 2) Tianren Wang; Yue Liu; Yongtian Wang: Infrared Marker Based Augmented Reality System for Equipment Maintenance, IEEE International Conference on Computer Science and Software Engineering 2008, pp. 816-819(2008).
- 9) 村上弘晃, 中村将成, 橋爪宏達, 杉本雅則: 鏡像スピーカを用いたスマートフォン高精度 3 次元測位手法, 情報処理学会論文誌 vol.60, No.12, pp.2314-2324(2019).