

高可聴域音 ID を利用した音楽会場における照明制御とインタラク ションの可能性

平林 真実^{†1} 渡辺 充哉^{†2}

概要：音楽会場において高可聴域音を用いた音声 ID によるスマートフォンと照明装置を一体とした制御を音楽フェスティバルにおいて実施した。本稿では、ホールなどの大きめの会場における音声 ID の利用についての考察と小さな音楽会場においてアーティストと観客にインタラクショナル照明装置を利用する可能性について報告する。

Possibility of Interaction on Lighting Control on a Music Venue Utilizing Ultrasonic Sound ID

MASAMI HIRABAYASHI^{†1} MITSUYA WATANABE^{†2}

Abstract: We made a system that control stage lightings and smartphones as a whole with utilizing ultrasonic sound ID(USC) at the music festival. We report the considerations at using our system in a medium size music venue, and inquire to possibilities on interaction between artists and audiences at music venues with the lighting control.

1. はじめに

近年、音楽会場における音楽の楽しみ方に対して、徐々にメディア技術が導入されはじめ、会場におけるリアルタイムの反応や参加性を生かした仕組みが注目されてきている。我々は、アートの分野で先行しているインタラクティブな表現形態やメディア技術を音楽会場における体験へ持ち込むことで、新しい音楽の楽しみ方や新しい音楽体験をもたらすことをめざした研究活動を行っている。音楽会場における体験をパフォーマンス/アーティスト、観客、会場空間の相互インタラクショナルととらえ、NxPC.Lab[1] という活動において音楽イベントを実施し実験を行いながら、音楽体験を拡張するための実践的な研究を行っている。

本稿では、岐阜県大垣市で開催された音楽フェスティバル POST において実現した高可聴域音を用いた音声 ID(USC)を利用した観客のスマートフォンのペンライトとしての利用と会場の照明装置を DMX により一元的に制御することで会場の一体感を高めるシステムにおける報告と、これまでに実施している音楽イベントにおける照明の制御から音楽会場における照明制御によるインタラクショナルの可能性について報告する。特に前者においては高可聴域音 ID(USC)の利用については、会場のサイズによる問題や照明制御に用いる場合の問題と解決方法について報告する。

2. 関連事例

音楽会場における一体感を演出するための方法としては、無線制御のペンライト[2]やリストバンド[3]などが大規模

なコンサートなどで利用されるようになってきている。またディープリンングによる DJ を諦観している真鍋と徳井による 2045[4]や BaPA というワークショップ[5]などでテクノロジーを使ったエンタテインメントの試みがなされている。また、スマートフォンをペンライトとして利用する方法[6]も提案されている。我々も NxPC.Lab の活動において、スマートフォンを動かすことで会場内に VJ 映像として共有できる iPhoneVJ[7]や高可聴域音 ID（以下 Ultrasonic Sound Communication (USC) と呼ぶ）を利用して DJ が観客のスマートフォンの映像を制御する Cryptone[8]、USC による参加型音楽作品 Sense of Space[9]、Bluetooth に利用した観客の盛り上がり間の共有システム[10]などの開発/実演を行っている。

高可聴域音を利用した通信としては、ヤマハ株式会社の InfoSound[11]をはじめ、Google の chomecast のペアリングや LINE アプリにおける友達追加などスマートフォンを前提とすることで多くの場所で利用されるようになってきている。本研究で用いている音声 ID である USC(Ultra Sonic Communication)は、高可聴域音を使い DTMF(Dual Tone Multi Frequency)によりコード化したものであり、当初はスマートフォン同士の近距離通信向けに開発したものを、音楽との相性の良さや反応速度の速さや対応できるプラットフォームの広さを生かし音楽会場へのインタラクショナルに応用したものである。

3. 音楽会場における照明制御とインタラク ション

我々は、音楽会場におけるインタラクショナルとして、アーティスト（音楽、映像）、観客、会場との相互の関係を元にさまざまなシステムの開発を行ってきた。Cryptone で

^{†1} 情報科学芸術大学院大学
Institute of Advanced Media Arts and Sciences.
^{†2} 株式会社 GOCCO.
GOCCO, Inc.

は、音楽のパフォーマーである DJ による観客とのインタラク션을会場映像を介して実現し、Sense of Space では介入することが難しい音楽演奏への観客の参加可能性を探る作品などを作ってきた。

これらのシステムや作品において対話性を実現するためにはアーティストとの協力/共作はもちろんとして観客の積極的な参加が必要であり、特にこれを促す環境作りが重要となる。音楽と比較すると映像による参加性を持ち込みやすいが、強い参加性を持ち込むことはそのシステム自体を楽しむことを強制し音楽イベントの中心である音楽体験との齟齬を生みかねない危険を伴っている。アイドルイベント等にみられる一種の作法が決まっているイベントにおいては効果が期待できるが、我々が本来対象としているクラブやライブイベントにおいては参加性のバランスを取った導入が求められる。

これらの経験から我々はアーティストと観客の間を会場システムを介して”緩い”インタラクションによる繋ぐ方法として照明装置に注目し、音楽イベントにおける照明制御を積極的に行ってきた。大規模なコンサートと違いクラブはライブハウスでは照明は PA スタッフらが同時に操作していることが多く、組み込まれたパターンを切り替える等が一般的である。それにも拘わらず音楽会場における雰囲気作りには照明は必須の要素となっている。我々も、樽見鉄道クラブトレインにおける iPad の利用[12]、長良川鉄道ソウルトレイン[13]など狭い空間での照明による演出効果の高さとそれを動的に制御することの可能性を実感している。

そこで本稿では、音楽会場に親和性の高い高可聴域音 IS である USC を音楽会場においては一種の観客側の照明としても機能するペンライトをスマートフォンアプリとして制御し、同時に会場の照明システムを同期するシステムを試みた。さらに、DMX 照明装置をも USC による制御するシステムも構築した。

4. 音楽フェスティバル POST におけるシステム

4.1 音楽フェスティバル POST

POST は「テクノロジーと音楽で未来と届ける」をテーマにシンポジウム、テクノロジーフェア、音楽フェスティバルを融合したイベントである。2015 年 10 月 11 日に岐阜県大垣市にあるソピアホールにて実施された[a]。

本システムはこの中の音楽フェスティバルにおいて、一部のアーティストを除いて基本システムとして常時稼働し、iPhone および android アプリとして各ストアを介して配布された POST オリジナルアプリを観客が利用することで参加できるようにした。会場は 949m²の広さであり、フェスティバルでは立ち見となるための 1000 人以上の収容が可

能である。

4.2 システム概要

システム概要を図 1 に示す。

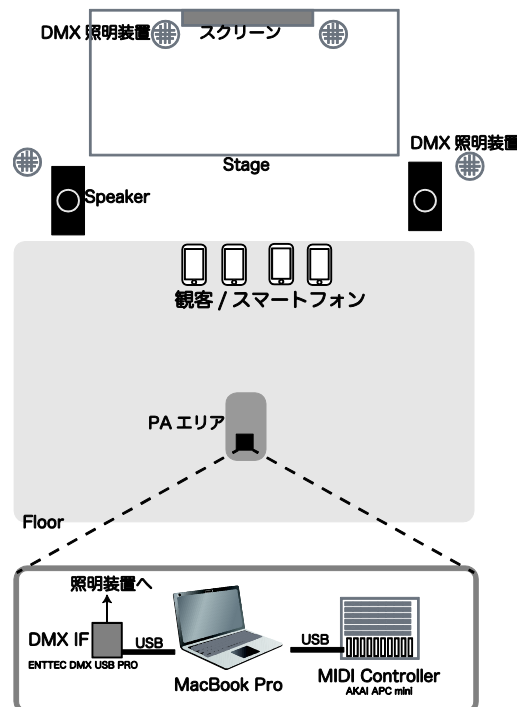


図 1 システム概要

Figure 1 System Overview

USC および DMX 照明装置は、PA エリア後方の一角に配置されている。アーティストの演奏中は、ここで演奏に合わせて手で USC および DMX の制御を行う。なお、ステージの転換時には観客が MIDI コントローラを操作して体験できるようにもなっている。

照明装置はフルカラーLED 照明であり、ステージ上の 2 か所とフロアの方の 2 か所に置かれ USC と連携して DMX 制御される。必要に応じて MIDI コントローラによる手動制御も可能になっている。正面に配置されたスクリーンにはプロジェクタによる映像が投影されているが、VJ による映像と PA エリアに置かれた iPad mini2 を介してスマートフォンアプリの映像とが投影されるため、観客のスマートフォンと同じ映像がメインスクリーンにも映ることとなる。USC による音声 ID はメイン PA システムに繋がれ、音楽と共に会場に流れる。

会場の様子を図 2 に示す。左は会場全景 (転換中)、右は観客の体験用に置かれている MIDI コントローラである。MIDI コントローラはアーティストの演奏中は、筆者が操作している。

4.1 Ultra Sonic Communication

我々は、高可聴域音による DTMF (Dual Tone Multi Frequency) を使った音声 ID として Ultra Sonic Communication (USC) を 2011 年に開発し、スマートフォンを使った近距離通信や音楽会場におけるインタラクション

a) <http://www.postfes.jp/>

を実現する手段として利用している。USC は、17000Hzー20000Hz の高可聴域音（いわゆるモスキート音）を使い、電話の発信音のトーン音に使われている 2 つの周波数の音声を重畳することで音声 ID を構成する DTMF という手法による極めて単純な音声 ID である。

USC の特徴は、以下の通りである。

- ・16000Hz 以上の音声は 20 歳を超えると聞き取りにくくなり、成人にはあまり聞こえないため、音楽と同時に流しても楽曲に与える影響が小さい
 - ・音楽会場においては常設されている PA システムだけで、会場全体に音声 ID を伝播することでき、音楽会場との親和性が高い
 - ・マイクとスピーカがあればよいので、スマートフォンなら単体で完結でき、また、WiFi などのように特別な設定をする必要がない
 - ・DTMF の解読は高速フーリエ変換による周波数解析のみで可能であり、ID の生成は 2 つの周波数の音を発生させるのみであるため、スマートフォンをはじめ幅広いプラットフォームに対応できる
 - ・エンコード/デコードが簡単であるため、ID に対する応答速度が速く、楽曲との同期が取りやすい
- ただし、以下のような欠点もある。
- ・ホワイトノイズのような全周波音に対して脆弱であり、誤動作をすることがある
 - ・ID が単純であるため秘匿性が低く、ID を解読されてしまわれやすい

主なプラットフォームとして利用している iOS デバイスについては、iPhone3GS 以降のすべての iOS デバイスで 20000Hz までの認識と再生できることを確認している。今回 Android 版も作成したが、android で機種による違いにより認識率が異なるが我々がテストした端末(Nexus5,Xperia Z1 等)では動作確認ができた。

表 1 に DTMF の構成をしめす。数字は ID 番号である。

表 1 DTMF 対応表

Table 1 DTMF Frequency Mapping

	19000Hz	19250Hz	19500Hz	19750Hz
18000Hz	1	2	3	4
18250Hz	5	6	7	8
18500Hz	9	10	11	12
18750Hz	13	14	15	16

16 個の ID によりアプリケーションでは 16 パターンの映像を表示する。

4.3 アプリケーション

アプリケーションのスクリーンショットを図 3 に示す。

アプリケーションは、フェスティバルの情報や参加ア

ティストの情報のページがあり、「ライブに参加」というボタンを押すことで本システムが起動する。



図 3 アプリ画面例

Figure 3 Screenshots of the App

ペンライトを模したシステムとなっているため、ID に応じて色が変わり同時に背景のグラフィックも反応するようになっている。一部の ID では、矩形が動いたり色がグラデーションで変化するような動的なものもあり、これらの変化も照明と連動する。なお、iPhone 版の実装では SpriteKit, android 版では libGDX による実装されている。

5. USC による照明制御

POST フェスティバルでの実演を踏まえ、DMX 照明装置も USC により一元的に制御するためのシステムも開発した。構成を図 4 に示す。

Raspberry Pi 2 (OS:Jessie)上の openframeworks による USC の解析, Open Lighting Architecture[b] サーバによる DMX 照明制御, fadecandy[c]による Open Pixel Control サーバらによってフルカラーLED 制御を行うことができる。

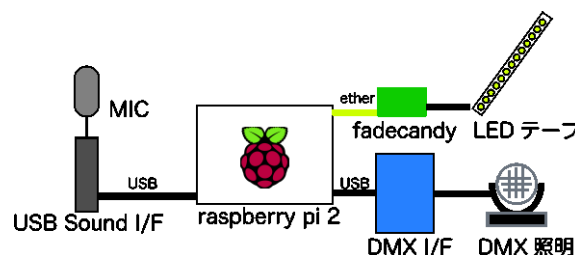


図 4 USC DMX 制御実装

Figure 4 System overview of the USC DMX Control

6. 結果および考察

過去の実演ではクラブや地下駐車場といったスペースが多く、今回のように 1000 人規模の会場では初めての实演であり事前実験およびリハーサルにおいて実験を行っている。広い会場ではあるが通常の PA システムによる再生で会場全体エリアにて ID が受信可能であることが確認できた。音声 ID であるため会場の場所によって ID の受信時間に差がでるのは利点でもあり欠点でもあるが、USC では音

b) Open Lighting Architecture, <https://www.openlighting.org/ola/>
 c) FadeCandy - Dithering USB-Controlled Driver for NeoPixels, <https://www.adafruit.com/products/1689>

楽とスマートフォンの音の同期性を特徴として生かしている点でもあるため許容できている。しかしながら照明装置との同期を考えると、スピーカーから遠いエリアではスマートフォンと照明では音速に応じた明らかな差が視認できた。USCによる照明制御を導入することで照明制御を分散化させることができれば改善が可能なので、次回以降の実演において試行していきたい。

もう1点問題となったのは、照明制御のためUSCを単独で再生したときにスピーカーからDMTFの2つの周波数の差分に由来する可聴域の音声が発生してしまい、これが気になることであった。これまで同様の状態は起きていたが音楽と同時に再生していたため音楽に紛れて気になることはなかった。しかし単独で再生することで問題となった。その後の実験で周波数イコライザー等の利用により症状を軽減できることはわかったが、USCのIDの再検討や2つのスピーカー利用による単一周波数毎の再生などより効果的な方法を検討したい。実際のフェスティバルに運用では、楽曲のタイミングと合わせてUSCを再生することで、あまり際立って聞こえないようにすることはできた。ステージ転換時のデモ体験では明らかに聞こえていたにも拘わらず、以外にも気にしない観客も多かったが、耳障りだった観客もいたと考えられる。

また予想された問題ではあったが、USCは生音特にドラム類の打撃音には弱く、ドラムを含む生演奏では著しく信頼性が低くなった。この点に関してはUSCの仕組みの根本的な変更が必要となるため、FFT解析のみで実現可能な簡易さを生かしながらどのような仕組みが可能かを検討して必要がある。

USCについてAndroidスマートフォンでの実装は初めてあるがUSC自体の実装は容易であったが、スマートフォンの機種に違いによるIDの認識にはかなりの違いがあった。同じ距離でも認識できる機種とできない機種が存在し、これらをすべて許容できるシステムの構築は難しいと感じた。

演出効果としてみたときには、音楽フェスティバルであるためアイドルからバンドまで多様なアーティストが出演したが、照明としてはどのシーンにも違和感なく融合でき、スマートフォンアプリに関しては観客各自の判断で利用しながら会場を構成することができたと考えられる。さらにステージ正面のスクリーンとも同期しているためステージ、会場、観客といった会場全体を照明により同期することができた。しかしながら照明制御におけるパフォーマンス/演出においては、プロのイベント関係者からみて経験不足からの物足りなさは反省点となった。このようなシステムは大規模なコンサートにおける無線制御のペンライトなどにおいても同様に実現している演出ではあるが、USCを用いることで特殊な装置を用いることなく、限られた設営時間において容易に設置できるとどのような音楽会場においても実現可能なシステムとなっている。

映像と違い、色と明るさおよびそれらの変化を中心とした照明装置は、音楽や映像と容易に共存できる邪魔にならない範囲での観客の反応を反映できる”ゆるい”インタラクシオンに向いていると考えられ、今後は観客の反応を取得する仕組みを導入し実証を進めたい。

7. まとめ

高可聴域音IDであるUSCを利用したスマートフォンのペンライトとしての利用と会場の照明装置の連携を行った音楽フェスティバルにおける実演と、USCによるDMX照明装置の制御システムについて報告し、照明制御によるアーティスト、観客、音楽会場における“緩い”インタラクシオンシステムについて提案を行った。今後は観客からの操作手法を検討し、音楽会場における照明装置によるインタラクシオンに検討を行い、各種イベントによる実証する予定である。

謝辞 スマートフォンアプリPOSTのデザインを担当して頂いた長野めぐみ氏および本アプリの開発およびフェスティバルへの参加の機会を頂けた株式会社GOCCOの森誠之氏に感謝いたします。本研究はJSPS 科研費 15K00691の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) NxPC.Lab: 新次元多層メディアのクラブ体験研究室, <http://nxpclab.info>
- 2) Sony Music Communications Inc. FreFlow(フリフラ)®, https://www.youtube.com/watch?v=mZTrVz0_d0o
- 3) Ripple Light, <http://www.ripple-light.com/>
- 4) 2045, <https://www.facebook.com/events/860725814007294/>
- 5) BaPA2015, <http://bapa.ac/>
- 6) ホーゾン ルーク, 吉井 貴映, 新田 英雅, 浅野 剛司, 田辺 晃弘, 平山 貴之, 木田 純平, 松下 宗一郎: 音楽ライブ会場におけるリズム教示インタフェースの提案, インタラクシオン 2014, インタラクティブ発表, 2014
- 7) 白井大地, 白鳥啓, 岡村綾子, 平林真実: iPhoneによる観客とVJのセッションシステム, インタラクシオン 2011, インタラクティブ発表, 2011
- 8) Masami Hirabayashi, Motoi Shimizu: Cryptone: Interaction between Performers and Audiences With Inaudible DTMF Sounds, SIGGRAPH ASIA 2012 Emerging Technology, Article No.5, 2012
- 9) Masami Hirabayashi, Kazuomi Eshima: Sense of Space: The Audience Participate Music Performance with High-Frequency Sound ID, New Interfaces for Musical Expression(NIME)2015, 2015
- 10) 平林真実: 身体活動量情報を用いた音楽イベントにおける盛り上り感の共有, インタラクシオン 2015, インタラクティブ発表, 2015
- 11) ヤマハ株式会社: 音を使った新しい情報発信 INFOSOUND <http://research.yamaha.com/network/infosound/>
- 12) 青木聖也, 平林真実, 城一裕, 金山智子: 鉄道などの狭い移動体空間を利用したVJ・デコレーション表現の提案, エンタテイメントコンピューティング 2014, 2014
- 13) NxPC.Lab: 長良川鉄道ソウルトレイン, https://www.youtube.com/watch?v=JnpT-hD_Ewo