

# ライブ会場や家庭におけるリアルタイムの同期を支援する 高周波音声信号を用いたライトデバイスの提案

大津大知<sup>†1</sup> 岩井将行<sup>†1</sup>

**概要:** 本研究はライブ会場や家庭におけるリアルタイムの同期を支援する手持ちのライトデバイスを提案する。持っている本人が操作せずとも音楽ライブやパレードの進行や演出に合わせて光り方が変化する、無線で制御をするペンライトは NHK 紅白歌合戦などでも採用されている。しかし、既存の無線制御型ライトデバイスは DMX 信号などを用いた制御が多く、ライブ会場以外では使用できないという問題があった。そこで、高周波数帯域に予め挿入した音声信号を用いて制御することで、ライブ会場のみならず家庭内においても演出に応じて光り方が変化するデバイスのシステムの提案を行った。プロトタイプを設計し、制御信号を標準的な距離感で受け取り、インタラクティブにデバイスに反映することができた。また、ライブストリーミング配信などでの使用によって離れた観客のリアルタイムの一体感を促進することも目的としたものである。

## 1. はじめに

近年、音楽ライブ会場において、観客の一体感を高める照明器具として様々なものが存在する。化学発光による照明器具としては安価なケミカルライトがあり、アーティストの全国ツアーなどにおいて、ファンが各々手に持つアイテムとして使用されることが多い。近年では LED などを発光体に用いて電子的に制御をする手持ちデバイスがある。前述のケミカルライトと違い、音楽ライブの運営側によって「会場全体を同じ色で埋め尽くす」など、舞台演出に合わせて制御が可能となっている。これらの多くは、近距離無線のために割り当てられた 920MHz 帯の電波を使い、照明業界で標準的に使われるプロトコル「DMX」で信号を届ける仕組みを採用している。既存の研究では Jhansen らのバッテリー駆動のワイヤレス DMX LED 照明システム[1]や、谷川、斉藤らの大量のペンライトを無線通信によりリモート制御するシステム及び点灯制御法の提案[2]がある。

近年は COVID-19 の感染症流行等の理由で、リアルタイムのライブは激減し、自宅など家庭でインターネット回線を用いて視聴する前提のストリーミングサービスでのライブ配信が増加している。しかし、観客が手持ちライトデバイスを家庭で使用すると、各家庭の観客が持つデバイスに DMX 信号を届ける必要があるため、家庭環境においては実現困難であると考えられる。そこで本研究では、高音域に制御用の音声を付加することで機能するデバイスのプロトタイプを作成し、音声制御型のライトデバイスシステムを提案する。

## 2. 目的

本研究では、主に音楽ライブなどにおいて観客のリアル

タイムでの一体感を高めるアイテムとして、ライブ会場と自宅において対応できるようなライトデバイスの作成を目的としている。観客はライブ会場及び各家庭にて、スピーカーの前で使用することを想定している。舞台上で演奏される、あるいはインターネットを介して配信される音楽に対して 17,000Hz~17,500Hz の高周波数帯域に制御用の音声信号を載せることにより、ライブ会場だけでなくストリーミングサービスでのライブ配信、更にはブルーレイディスクなどの記録媒体においても、音楽ライブの運営側の設定した演出に合わせてリアルタイムで遠隔で制御できるシステムを提案し、既存の DMX 信号で制御するデバイスよりも拡張性を高めることを目的としている。

## 3. 方法

初めに、演奏される任意の音楽に、制御する音声信号として 17500Hz のサイン波（以下、制御信号）を任意のタイミングで挿入した音声データを作成する。

次にプロトタイプとなるシステムについて述べる。高音域の音声を受信するデバイスとして Raspberry Pi 4 と USB マイクを用いる。GPIO を介して LED の点灯に反映させるまでを同システムとする。

音声の取得から LED への反映までの流れについて述べる。Python のオーディオ関連ライブラリである pyaudio を用いて市販の USB マイクからの音声取得を行う。サンプリング周波数は 44,100Hz とする。取得できる音声の帯域は USB マイクの周波数特性に準ずる。取得した音声は Python の技術計算用ライブラリである SciPy の FIR (Finite Impulse Response) フィルタを通し、信号の波形を整形する。挿入した制御信号のみを取得するため、17,000~17,500Hz を通過周波数とするバンドパス・フィルタを設計する。

<sup>†1</sup> 東京電機大学未来科学部 情報メディア学科

matplotlib において可視化したバンドパス・フィルタを Figure 1 に示す。

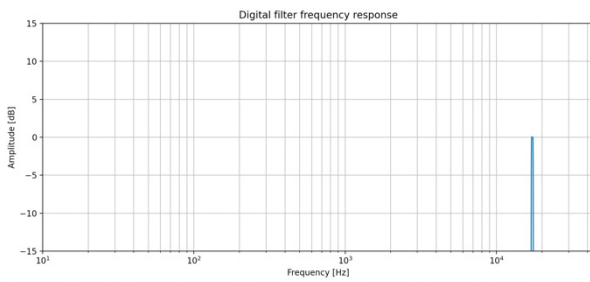


Figure 1 通過周波数を 17500[Hz]としたバンドパス・フィルタ

関数 `scipy.signal.lfilter(b, a, x, axis=-1, zi=None)`によりバンドパス・フィルタを設計し信号に適用する。この関数では、フィルタが以下の式で表されているものとする。

$$H(z) = \frac{\sum_{k=0}^M b_k z^{-k}}{\sum_{k=0}^N a_k z^{-k}}$$

引数 **b** が右辺の分子の係数, 引数 **a** が右辺の分母の係数に対応する。今回, FIR フィルタを扱うので, 分母の **a** を 1 とおく。

PyAudio の callback 関数により, 音量が数値として Numpy の配列に格納される。配列の中で最も大きい値が設定した閾値を超えると, Raspberry Pi の GPIO を通じて LED が点灯する。実験装置の全体像を Figure 2 に示す。

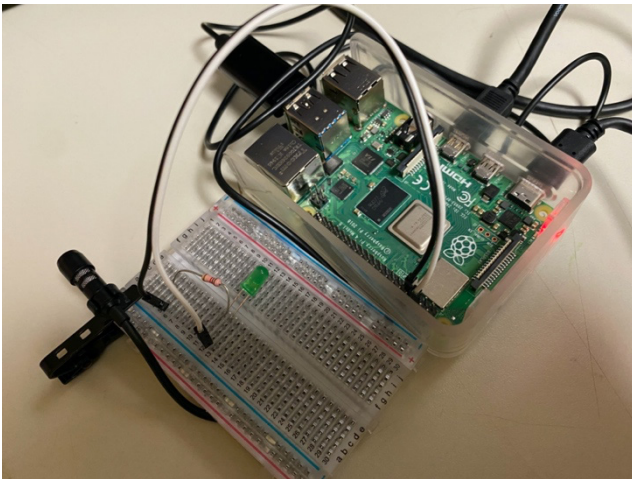


Figure 2, 実験装置の全体図

以上のシステムをスピーカーの前に置き, 挿入した制御信号が入った音楽データを流す。スピーカーとの距離感を含めた実験システム全体を Figure 3 に示す。



Figure 3, システム全体図の距離感

以上のシステム構成により, 演奏される音楽に合わせて, 予め設定したタイミングで制御信号が鳴っている間, システムは制御信号を検知する。LED の点灯としてこれが反映されれば, 音楽に合わせて演出するライトデバイスのプロトタイプとしての機能が果たされると考える。また制御信号は高音域であるため, 観客はライブ体験を阻害されないと考えられる。

#### 4. 結果と考察

本システムによって, 家庭のスピーカーから発せられる音声から有意に制御信号を検知し, LED の点灯に反映させる事を可能とした。制御信号であるサイン波は聴き取り辛いものであり, 観客の体験の妨げになることも少ないと考えられる。

また今後の展開として, 現状のプロトタイプシステムでは単に制御信号のオンオフによる単一の LED のみの制御であるが, これを数ビットのパターンとして挿入し, パターンごとに色や光の強弱などを割り当てることで, DMX 信号で制御する先行デバイスのようなライティングパターンの複雑な変化を実現できるような拡張性も考えられる。

#### 5. おわりに

提案するシステムによって, ライブ会場のみならず各家庭でも観客はストリーミング放送やブルーレイディスクなどを介して設定した信号を受け取れることで, 一体感の体験を有意に得られると考えられる。

また, 今回は USB 接続の市販のマイクを使用したが, 検知できる距離はマイクの特性によってある程度変化しうると考えられるため, 今後の課題となる。

さらに現状ではあくまでプロトタイプとしてのシステム的设计であるため, 実用に当たってはさらなる軽量化と, バッテリーなどを含めた手持ちできるデバイスの外装の制作が求められる。

## 参考文献

- 1 Jhansen Reinoso, Reinoso Leilani, “Battery powered wireless DMX led lighting system”, 2013
- 2 谷川昂, 齊藤冬樹, 芝田善紀, 難波耕佑, 森茂樹, 四方博之, “無線通信を用いた大量ペンライト群のリモート制御”, 電子情報通信学会総合大会, 通信講演論文集 2, 2012.