

ライブ配信動画に同期して点灯制御が可能な LED 表示装置の実証実験について

柳沢 豊¹ 小野 圭介¹ 上田 健太郎¹ 出田 怜¹ 吉池 俊貴¹ 藤本 実¹

概要: 本稿では、ライブ配信に同期して点灯制御できる LED デバイスを用いて、音楽をメインコンテンツとするライブ配信サービスの観客の満足度を向上させる試みについて述べる。オンラインのライブ配信サービスは、ステージで行なわれるコンサートやライブの参加者の満足度を高める要素のひとつと考えられている「非日常感」が得られにくいという問題がある。これを改善するひとつの方法として、筆者らはライブ映像に同期して明滅する高輝度 LED を使用した小型 LED ステージと、それらを同期制御することができる点灯制御システムの提案を行なう。

キーワード: 音楽ライブ, ライブ配信, LED 同期点灯システム

An Experiment of LED Lighting System in Synchronization with Live-Streaming Video

Abstract: In this paper, we describe a method to improve audience satisfaction by using LED devices that can be controlled to light up in synchronization with live streaming music video. In online live streaming services, it is difficult for the audience to feel the "extraordinary feeling" that is considered as one of the factors that increase the satisfaction of participants in concerts and live performances on stage. In order to solve this problem, we propose a handy LED stage using high-intensity LEDs that flicker in synchronization with live streaming video.

Keywords: Music live event, Live streaming video, Synchronized LED lighting system

1. はじめに

2020 年現在ライブ配信サービスは、コロナ感染症への対策として優れているという点で、ライブの視聴方法のひとつとして注目されている。ぴあ総研の 2020 年の調査によれば、配信を除くライブ、エンタテインメント市場の 2019 年の規模は 6,295 億円で過去最大であった。しかし、2020 年はコロナ感染症の影響でイベントの中止が相次ぎ、市場規模は最終的に 1800 億円程度となると予想されている。一方、一般財団法人デジタルコンテンツ協会 (DCAJ) の 2019 年の調査によれば、オンラインのライブ配信サービスの市場規模は、2012 年から 2018 年の間に 2 倍となっている [1]。2020 年度の市場規模は 2020 億円になると予想されており、予想の通りとなれば本年のオンラインのライブ配信の市場規模は、ライブ、エンタテインメント市場規模を

上回る事となる。日本のコロナ感染症の経済的な影響は 2022 年後半から 2023 年前半まで継続すると予想されており [2], [3]、エンタテインメント業界におけるオンライン配信の比重拡大は、これまで以上に進むと考えられる。

オンラインでのライブ配信サービスは、コロナ感染症の拡大以前から、年々市場を拡大してきていた。もとより、遠方の会場まで行かなくても、自宅で手軽に音楽イベントや演劇等のステージを視聴できるという点で、視聴者には利点があった。開催者側としても、大きな会場を確保するコストがかからないことや、観客数が増減しても対応が非確定容易であること、天候や交通事情等による中止や延期のリスクが少ないといった、複数のメリットがある。しかし、実際のステージで行なわれるライブやコンサートで得られる非日常感、一体感、臨場感といった要素がライブ配信では得られにくく、必ずしも視聴者の満足感を満たせているとは言えない状況にある。

¹ mplusplus 株式会社

具体的に、楽曲の MV を DVD や配信では享受することが難しい、ステージで開催されるライブの魅力として、下記の3つ「要素」があると考えられる [4], [5]。

- 臨場感: その場にいること自体の価値。アーティストと場を共有している、会場の雰囲気を実感に感じられる、等
- 非日常感: 日常とは異なる空間にすることで、日常から解放される、日常では得られない感動が得られる、等
- 一体感: アーティストや他の観客とインタラクションをすることで、アーティストや観客との一体感が得られる、等

これらは互いに独立した要素ではなく、それぞれが複数の要因の組合せによって成り立っていると考えられる。たとえば、日常生活では訪れないような大きなステージに行き、大勢の観客に囲まれ、強い光の演出や大音量の音声を聞くといった、複数の要因の組合せによって、非日常な感覚が得られると考えられる。ライブの魅力については2章で詳しく述べるが、過去に行なわれている調査と、筆者らが行なった web アンケートでほぼ同様の結果が得られている。筆者らは、ライブの魅力のひとつである「非日常感」に着目し、ライブ配信の視聴時に観客の非日常感を高める方法について研究を行ってきた。

本稿では、オンラインのライブ配信の魅力を高めるための、ライブ配信動画に同期して高輝度な LED 装置を点灯制御できる、オンライン LED 同期システムについて述べる。高輝度のフルカラー LED は、強い光量と鮮やかな色彩によって、非日常的な空間を作ることができることから、LED ディスプレイ、電飾装置をはじめとした様々な装置として、実際のステージで頻繁に用いられている。高輝度 LED は PC の周辺機器のゲーミングキーボードやマウスの多くにも搭載されている。これらの機器は、ユーザが光り方を自由にカスタマイズすることができ、ゲームのシーンを盛り上げることができる。このような機器を、ライブ配信の楽曲に同期させて点灯することで、実際のライブで行なわれるような光と音の同期による演出を自宅でも再現することができ、視聴環境を非日常化することが可能であると筆者らは考えている。

LED 装置のデザインに関しては、実際のステージでも用いられる「空間の充填」と呼ばれる方法を用いて、ライブ配信を視聴するディスプレイを拡張することを試みる。これにより、スマートフォンのような小さな画面でライブ映像の視聴を行なった場合でも、ディスプレイが大きくなったかのように感じられ、より強い非日常感を体験できる。

本システムを実際に使用したオンラインライブの実験を、2020年2月上旬に予定している。実験では、最大50名の実験協力者に、作成した LED 点灯システムの試作品を配布する。実験協力者は、オンライン配信動画を視聴しながら LED 点灯システムを点灯させる。そして、点灯システ

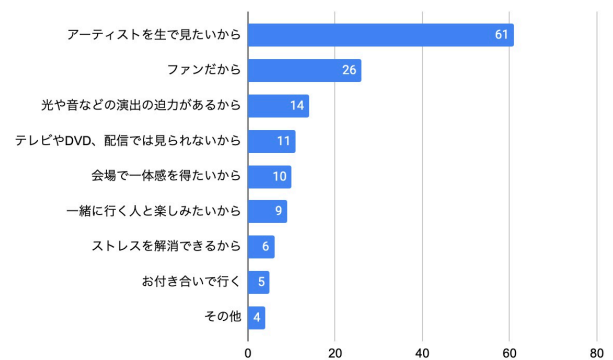


図1 ライブ、コンサート会場に行く一番の理由

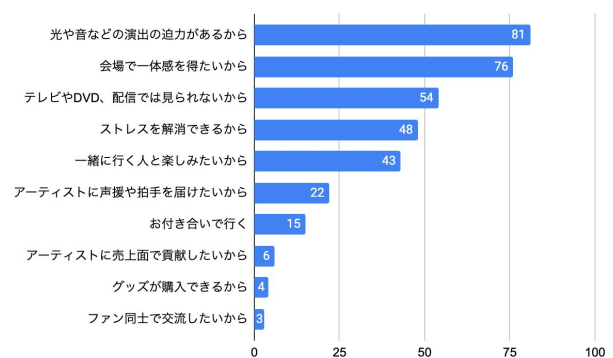
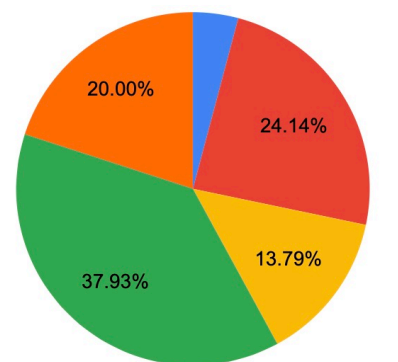


図2 ライブ、コンサート会場に行く理由 (複数選択)



- チケットが同額でも会場に行かずライブ配信を見る
- チケットが半額なら会場に行かずライブ配信を見る
- チケットが8割引なら会場に行かずライブ配信を見る
- 無料なら会場に行かずライブ配信を見る
- 配信が無料でも有料でチケットを買って会場に行く

図3 オンラインのライブ配信の費用に対する意識

ムが同期して点灯する楽曲と、点灯することなく動画のみを視聴する場合で、非日常的な感覚の得られる度合いについて、アンケートを主とした調査を行なう予定である。

以下、2章では、オンラインのライブ配信に関する調査の内容について述べる。3章では、高輝度 LED 点灯装置を使用した、ライブ配信に同期して点灯するオンライン LED 同期システムの概要について述べる。4章では関連研究について述べ、6章で2020年2月に実施予定の実証実験と、今後の予定について述べる。

2. ライブ配信に関する調査

本稿で述べるライブ配信に同期して点灯制御できる LED 装置の開発にあたり、ステージで行なわれるライブの魅力、現在のライブ配信に対する観客の意識、およびライブ配信の視聴環境等についてのアンケート調査を行なった。アンケート調査は、ライブやコンサートに足を運んだ経験のある日本人 150 人を対象に、web アンケートを用いて行なった。図 1, 2, 3 に示すアンケートの有効回答数は 145 であった。図 4, 5, 6 に示すアンケートの有効回答数は 112 であった。グラフの横軸は、いずれも人数である。円グラフ内の数値は、全体の人数に対する割合を示している。

2.1 ライブの魅力

図 1 および図 2 は、音楽 DVD や動画の配信があるにもかかわらず、ライブを見に行く理由について尋ねたアンケートである。図 1 は「最も顕著な」理由についての回答である。この図から分かるように、ライブに足を運ぶ最大の理由は「アーティストを生で見たいから」であり、次いで「ファンだから」という理由を選択した回答者が多かった。これらは、1 章で述べた臨場感を構成する要素のひとつである。しかし、単順に画質や音声を改善すれば良いというものではなく、アーティストの存在している特別な場(空間)の中に自分がいるということ自体が、観客にとっての特別な価値となっている側面がある。これは、特別現状のライブ配信サービスでは提供が難しく、さらなる分析が必要な要素であると筆者らは考えている。

次に、図 1 のアンケートから「アーティストを生で見たいから」と「ファンだから」の選択肢を除いた選択肢から最大 3 つまで複数選択可能とした設問を行なった。その設問の回答が図 2 である。この結果「(1) 光や音などの演出の迫力があるから」「(2) 会場で一体感を得たいから」と答えた回答者が多く、次いで「(3) テレビや DVD、配信では見られないから」「(4) ストレスを解消できるから」「(5) 一緒に行く人と楽しみたいから」と答えた回答者が多かった。項目 (1) と (4) は非日常感に関係し、項目 (2) と (5) は一体感に関係している。図 1 および図 2 のアンケートの結果を見る限り、ライブに足を運ぶ観客が求める要件の多くは、1 章で述べた「非日常感」「一体感」「臨場感」に関連があると言えよう。

なお、図 1, 図 2 のアンケート調査は、2015 年に nifty 社が行なった「コンサート・演劇にわざわざ行く理由は？(複数回答可)」という設問で行なったアンケート調査 [6] と、ほぼ同等の設問で行なったものである。筆者らが行なったアンケートの結果と、nifty 社が公表している結果を比較すると、「お付き合いで行く」と答えた人の割合が筆者らのアンケートのほうが少なく、逆に「一緒に行く人と楽しみ

たいから」と答える人の割合が増えている点を除けば、ほぼ同様の結果となった。このことから、2015 年から 5 年経過した 2020 年においても、観客の意識は大きくは変化していないこと、およびアンケート調査の再現性が高いことが確認できた。

ただし、5 年前に比べると他人に付きあつてライブに行くという人が減り、一緒に行く人と楽しみたいと答えている人が増加していることから、主体的な行動を取る人が増えていることが読みとれる。この変化についてはマーケティングの観点からも興味深く、追加調査を行う価値があると考えている。

2.2 チケットの価格に対する意識

図 3 は「行きたいと思っているコンサートや演劇が、オンラインで生中継ライブ配信されることになった場合、会場に行かずにライブ配信を見ようと思いませんか。」という設問に対する回答を円グラフで示したものである。グラフ中の数字は、有効回答数に対する割合(パーセンテージ)である。「無料であれば会場に行かずライブ配信を見る」という回答の割合が多いことは、予想に難くない。一方で、40% 近くの回答者が、チケットの価格によってはライブ配信の視聴を選択するという回答をしている。さらに「配信が無料でも有料でチケットを買ってライブ」に行くに答えた回答者が 2 割程度存在している。この選択肢に関しては、20 歳代の回答者が選択した人数が最も多く(9 人)、次いで 30 歳代が多かった。年齢層が上がるほど、オンライン配信でも良いと考える回答者が多い傾向にあることが分かった。この結果は、ライブ配信のチケット価格や、ライブ配信に付随するサービスの価格を決定する上で、重要となる情報になると筆者らは考えている。

2.3 ライブ配信を視聴する端末

図 4 は、オンラインのライブ配信や、音楽をメインのコンテンツとするオンラインの動画を視聴したことがある日本人 112 人に、オンラインの動画(ライブ配信も含む)を視聴するときに使用する端末について尋ねたものである。回答は複数選択可としたことから、各項目の回答数の合計は回答者の総数より多くなっている。この結果から、視聴には Windows ノート PC を使う人と iPhone を使う人が多いことが分かった。以下、タブレットではない Android のスマートフォン、Mac のノート PC、Windows のデスクトップ PC の順が多い。

なお、配信動画の視聴環境について行なわれた他調査 [7] において視聴時に使用する端末としてはスマートフォンが最も多いという結果が得られているものがある。本アンケートは PC でアクセスすることの多い web アンケートのサイトを利用して実施したことから、回答者の PC の保有比率が一般の観客と比べて高いと考えられる。これが要

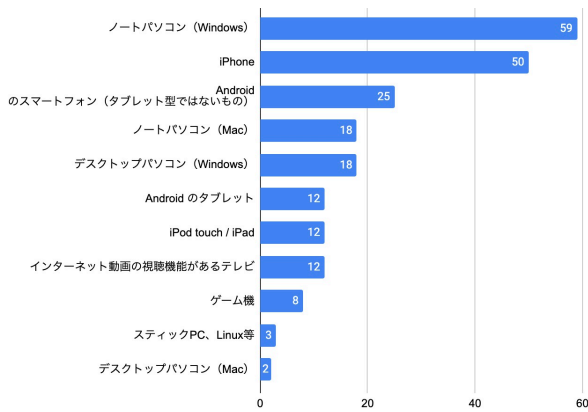


図 4 オンライン動画を視聴する時に使用する端末 (複数選択)

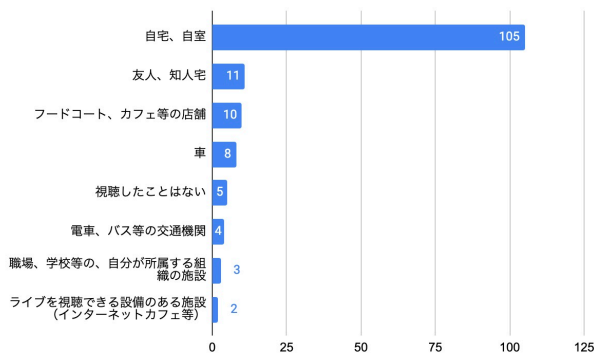


図 5 ライブ配信を視聴したことがある場所 (複数選択)

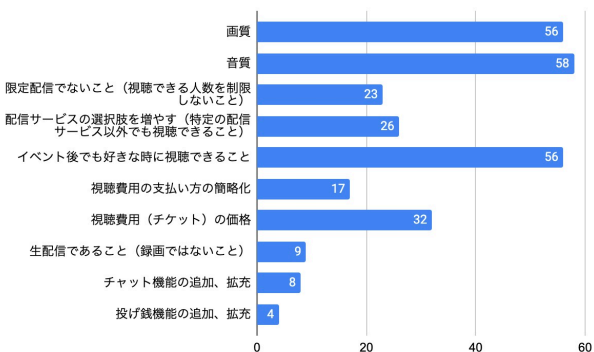


図 6 ライブ配信で改善してほしいこと (複数選択)

因となり、他調査と一部異なる結果が得られている可能性はある。

2.4 ライブ配信を視聴する場所

図5は、オンラインのライブ配信や、音楽をメインのコンテンツとするオンラインの動画をよく視聴する場所についての問いの回答結果である。回答は複数選択可としたことから、各項目の回答数の合計は回答者の総数より多くなっている。図5に示す通り、視聴する場所としては「自宅」が最も多かった。友人宅、店舗等の公共スペースと答える回答者も一定数存在するが、視聴する主な場所は自宅(自室)であると見てよい。

2.5 ライブ配信サービスの改善点

図6は、現在のオンラインのライブ配信サービスに対して、改善してほしいと思う点に関する設問への回答結果である。この設問についても、他の設問同様に複数選択可能としている。改善項目として最も回答が多かったのは「画質」「音質」であり、次いで「好きな時に視聴できること」「視聴費用(チケット)の価格」を選んだ回答者が多かった。「画質」「音質」についての改善については、他調査でも視聴者からの要望の多い項目として挙げられており[8]、ライブ配信サービスの重要な改善点であると考えられる。これらは、基本的にはネットワークのインフラの改善によって改善される可能性がある。「好きな時に視聴できること」と答える回答者が一定数いる一方で、「生配信であること」と答える回答者は少数であることから、視聴者は生中継への拘りは必ずしも大きくないことも分かった。

3. 配信視聴時の満足感を高めるシステム

本章では、本稿で提案する小型 LED ステージの設計方針と、非日常感の演出効果を高めるための空間充填法、および、ステージの形状パターンの決定方法について述べる。

3.1 設計方針

前章で述べた調査結果を踏まえ、以下の方針に基づいてライブ配信の満足度を高めるシステムを構築した。

- (1) リアルタイムのライブ配信とリアルタイムではない視聴の双方を想定する
- (2) 「自宅」で「スマートフォン」を用いて視聴する環境を想定する
- (3) 強い光と楽曲との同期制御で非日常感を演出する
- (4) 光の演出方法としては、高輝度 LED 装置を用いる
- (5) ステージでの演出でも用いられる「空間充填」の技法を用いて視聴者の視野を充填することで、非日常的な演出を実現する。

ライブの視聴環境としては、自宅でスマートフォンを用いて視聴することを想定している。これは、観客の視聴環境に関する調査(図4および図5)によるものである。視聴端末については Windows ノート PC という回答も多かった。しかし、画面サイズの小さいスマートフォンで視聴する観客のほうが、画面サイズの大きな PC で視聴する場合よりも満足度が低下すると考えられる。このため、スマートフォンでの視聴時の満足度を向上させるシステムを優先的に構築する。

次に、満足度の向上の方法として、視聴時に非日常な感覚を視聴者が得られるようにする方法を用いる。前章の調査の結果が示すように、「光や音の演出がすごい」というのはライブの魅力の一つであり、非日常感を構成する要素のひとつでもある。音量に関しては、スピーカーを使用することである程度の解決は可能である。しかし、光につ

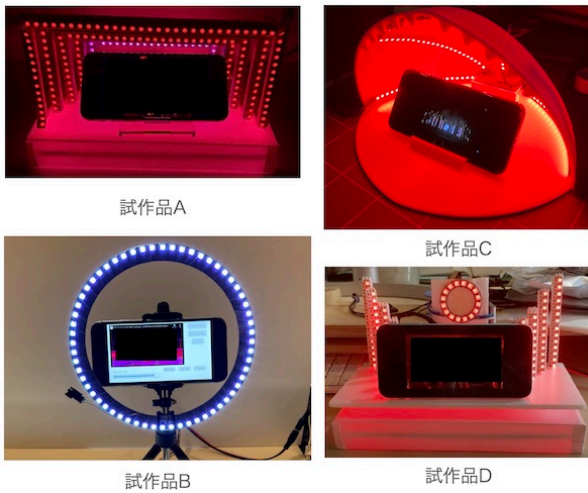


図 7 試作した小型 LED ステージ (4 種類)

いては基本的に使用するディスプレイの光量に依存することから、視聴者側で対応することは困難である。これを補う方法として、本研究では高輝度フルカラー LED をライブ配信映像に同期して点灯制御できる、小型の LED ステージを提案する。高輝度 LED は、通常のスマートフォンのディスプレイに比べ、同面積で 10 倍以上の輝度があることから、これを用いることで強い光を用いた演出を行なうことができる。この高輝度 LED がライブ映像が表示されるスマートフォンの周囲に自然に配置されるように、スマートフォンのスタンドとして使用可能な形状となるよう、デザインを行なった。実際に試作した小型 LED スタンド (試作品 A,B,C,D) を図 7 に示す。

3.2 空間の充填

スタンドの LED の設置パターン設計にあたっては、ステージでの演出でも用いられる「空間の充填」と筆者らが呼ぶ手法を用いている。古くから、ある程度の広さのあるステージにおいて、中央で演技や歌唱を行なっている出演者の周囲に動く物体や光源などを配置することで、観客の視野を「埋める」という演出がなされてきた。こうした「視野を埋める」という方法を用いることで、観客の演技に対する没入感を高めることや、舞台上での演出の効果を高められることが、古来より演劇、ステージ業界では広く知られている。

近年のドームやアリーナ等の大型会場においては、ある程度の観客が後方の席からの観劇となる。後方の観客にとっては、ステージ上の演出だけを行なうのでは視野のごく一部しか埋まらず、演出の迫力が十分に伝わらないという問題がある。この問題を解決する方法として、レーザーや照明器具を用いたり、会場の何もない場所に LED 装置をはじめとした光源を配置したり、旗を振ったり踊ったりするパフォーマーを配置するなどの手法がよく用いられる。

近年においては、巨大な LED ディスプレイを中央に配

置した上でその周囲に LED のラインを配置したり、巨大な LED ディスプレイをあえて分割して空間を開けて配置するなどの方法も用いられる。巨大 LED ディスプレイは空間を埋める方法としては極めて効果的ではあるが、運用コストも格段に高いことから、多数の巨大 LED ディスプレイを配置することは費用対コストの観点から難しいことが多い。そのため、限られた資源を有効に活用する方法として、あえてディスプレイを分割して広い範囲に配置したり、ディスプレイの周囲に比較的安価なライン状の LED を設置することで、擬似的に観客の「視野を埋める」という手法がよく用いられる。

このような、会場の空いている空間に「目立つ」物体を配置することで、演出の効果を増す手法のことを、筆者らは「空間の充填」と呼ぶ*1。

3.3 ステージの形状の決定

視聴者がスマートフォンで視聴する場合、画面のサイズが極めて小さいことから、スマートフォンの画面では視聴者の視野のごく一部しか埋まらない。そのため、映像だけでは演出の迫力が視聴者に伝わりにくい。これが、ライブ配信において非日常的な感覚を得にくい原因のひとつとなっていると考えられる。そこで、LED をスマートフォンの周囲に効果的に配置することで、画面があたかも拡大したかのように視聴者に感じさせ、演出の効果を高めるというアプローチをとった。この手法は、前述した「空間の充填」の手法を応用したものである。

筆者らのステージでの LED フラッグ、LED 衣装等を用いた演出の経験から、図 8 に示す 6 つの LED の配置パターンを候補とした。図の 6 つの配置パターンは、中央にスマートフォンの画面が配置されており、その周囲にライン状の LED が配置されている様子を示している。配置される LED のラインの長さ (LED の個数) は、いずれの配置においても同程度の長さとなるようにした。いずれも、実際のステージにおいても使用される LED ラインの配置パターンである。

これらの LED の配置パターンについて、もっとも好ましい配置パターンと、最も好ましくない配置パターンを選択する web アンケートを、日本人 100 人を対象に行なった。回答者は、図 8 のような静止画ではなく、20 秒程度の動画を閲覧して回答を行なった。

このアンケート調査の結果を図 9, 10 に示す。図の縦軸は % である。最も好ましいと答えたパターンは、E の放射状に LED を配置するパターンであった。次いで A のディスプレイ横に縦に LED を配置するパターンと、ディスプレイの周囲に縦横に広く LED を配置するパターンが

*1 視野を埋める演出の手法自体は古来から使用されているものであり、あくまで本稿中での説明を容易にするために、筆者らが用語を定義したにすぎないことに留意されたい。

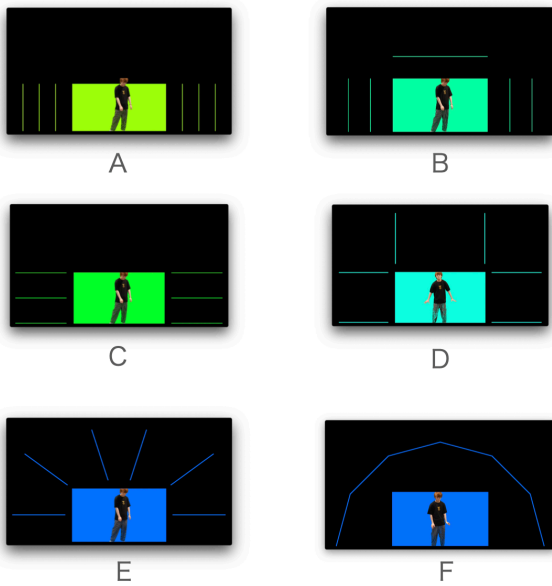


図 8 画面周囲の LED の配置パターン

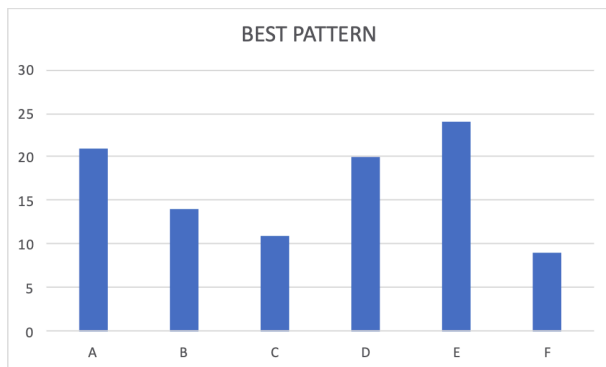


図 9 最も好ましい配置パターンのアンケート結果



図 10 最も好ましくない配置パターンのアンケート結果

好ましいという回答を得た。最も好ましくないパターンは、ディスプレイの周囲を半円状に囲う配置パターンであった。

以上の考察および調査の結果、小型 LED ステージの LED の配置パターンは E 放射状の配置とした。これは図 7 の試作品 C に相当する。

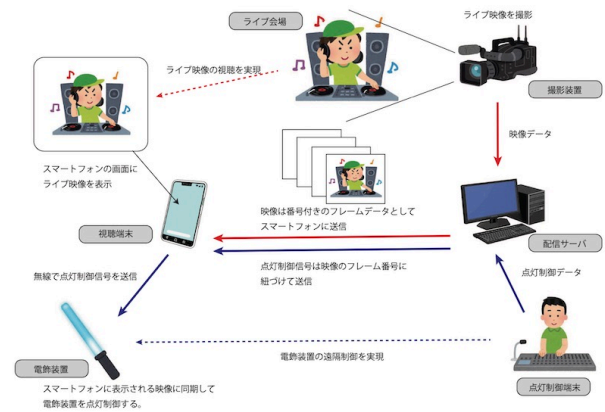


図 11 ライブ配信に同期して LED の点灯を制御するシステム

3.4 LED 同期制御システム

前節で述べた小型 LED ステージを、ライブ映像と同期するシステムの構成を図 11 に示す。視聴者は、小型 LED ステージと bluetooth で通信する専用アプリケーションを、スマートフォンにインストールする。LED の同期制御は、この専用のアプリケーションを用いて行なう。

本システムでは、動画の配信自体は既存のサービス (Youtube Live, Twitch 等) を使用する。一般的に、ライブ配信サービスでは、配信側と視聴側で映像の時間的なずれ (遅延) が生じる。たとえば、配信側が配信を開始したと同時に、視聴者側の LED ステージを点灯させたとしても、視聴者側では配信の受信が始まっておらず、画面が表示されない状態で LED が光るといったことが起こりえる。そのため、本システムでは LED を点灯させるコマンドを、視聴中の動画のフレーム番号に紐付ける方法を用いる。視聴者が使用する小型 LED ステージは、視聴中の動画と同期して点灯すれば問題はないので、時刻ではなくフレーム番号を用いた同期手法が有効である。視聴中の動画の再生が特定のフレーム番号に到達した時点で、LED の点灯を行ったり、色を変化させるなどの操作をすることで、LED の点灯が画面に同期しているかのように見せることができる。既存の配信サービスの多くでは、視聴中の動画のフレーム番号を取りだす API が用意されており、多くのサービスでこの手法を用いることができる。

ただし、配信サイトにアップロードされている動画を視聴する場合とは異なり、ライブ配信においては再生の「開始時刻」が必ずしもフレーム番号 0 とはならないことがある。映像の撮影機材がクラウド上にある配信サーバと接続するまでに要する時間が不定であり、ネットワークの状況によって、撮影装置のフレーム番号と配信サーバから視聴者に送られる動画のフレーム番号に 200-500ms 程度のずれが生じることがあることが分かっている。本システムでは、配信側で視聴者に送信される動画も受信し、配信されている動画のフレーム番号と撮影機材のフレーム番号のずれを検出して修正する機能を実装し、解決している。

4. 関連研究

リアルライブで使える観客向けの同期点灯システムは、古くから存在している。実際ライブで最も古くから用いられている製品として FreFlow がある [9]。FreFlow は無線を用いたペンライト型の同期点灯システムであり、ライブ会場の数万人の観客が手に持っている状態で、楽曲に合わせて点灯状態を無線で制御することができる。同様のシステムは、Ruifan japan 社の RAVE、Lumica 社の lumi-link 等があり、いずれも広く使用されている。これらの製品は、ライブ会場で使用することが前提のシステムであり、オンラインライブ配信においては使用することはできない。しかしながら、これらの製品が多くのライブ会場で用いられ、ある程度の評価を得てきたことにより、オンラインライブでも同様に音楽に同期して点灯制御できるシステムをサービス化するという、本研究を含めた業界内の試みにつながっている。

一方で、モバイル端末で、オンラインの音楽をメインコンテンツとする動画に同期して、映像を表示したり周辺機器を制御できるシステムについては、Songle Sync[10] を始めとしていくつか提案されている。Songle Sync については、楽曲と同時してさまざまな機器を制御することが可能な仕組みであり、極めて使い勝手の良いシステムである。筆者も本システムの構築を検討する段階において使用することを検討し、Songle Sync API を用いて実際に LED 機器を同期制御するプロトタイプシステムを構築した。しかし、Songle Sync はすでにデータとして web 上に存在している楽曲に対してのみ機器の同期制御ができる仕組みであり、リアルタイムに演奏、歌唱される楽曲に対しては使用することが難しい。このため、本システムの構築においては Songle Sync は用いていない。今後のサービス化の過程において、既存の楽曲データに対して同期制御を行う場合は、Songle Sync を使用することも検討している。

5. 実証実験

前章で述べたシステムを用いて、2020 年 2 月上旬に実際のオンラインのライブ配信を行ない、実験協力者に配布した小型 LED ステージを同期点灯制御する実験を行なう予定である。実験協力者は、ライブ配信を行う予定のアーティストのファンなどから、映像の受信に必要なネットワーク環境を自ら用意できることを条件に、最大 50 名程度を選ぶ。実験協力者は、スマートフォンと小型 LED ステージを使用してライブ配信を観賞する。ライブの配信に時間は 40-60 分程度、10 曲程度の配信を予定している。10 曲程度の楽曲のうち、小型 LED ステージが同期点灯する楽曲が半数程度、同期点灯しない楽曲を半数程度用意し、点灯する場合としない場合で、視聴者に非日常的な感覚が異なるかをアンケートにより評価してもらう予定である。

なお、ライブ配信は無料で公開し、誰でも閲覧できる状態にする予定である。配信の URL 等については、2020 年 1 月下旬までに筆者らのホームページ (<http://www.mplpl.com/news>) にて告知を行なう。

6. まとめ

本稿では、ライブ配信の非日常感を高めるための、高輝度 LED を使用した小型 LED ステージとライブの動画に同期して点灯制御ができる制御システムについて述べた。実験の結果については、後日の研究会もしくは論文誌にて発表予定である。

謝辞 本研究は、JST、CREST、JPMJCR18A3 の支援を受けたものである。また、白須祐次氏には本稿で提示した画像の撮影に協力いただいた。ここに記して謝辞を示す。

参考文献

- [1] 一般財団法人デジタルコンテンツ協会: 動画配信市場調査レポート 2020, SPI インフォメーション (2020).
- [2] 村瀬 拓人: 2020~2021 年度改訂見通し—今年度は▲ 5.4 %、コロナ前に戻るのは 2022 年以降—, リサーチ・アイ no.2020-034, 日本総研. <https://www.jri.co.jp/page.jsp?id=37194>.
- [3] 経済研究部ニッセイ基礎研究所: 中期経済見通し (2020~2030 年度), Weekly エコノミーレター 2020-10-13. https://www.nli-research.co.jp/files/topics/65721_ext_18_0.pdf.
- [4] 山口徹也, 南憲一, 佐藤孝子, 小野正人, 外村喜秀, 難波功次, 菊地由実, 星出高秀, 森住俊美, 小野朗: 高臨場感ライブビューイングサービスのためのサウンド映像合成・同期伝送システム, 映像情報メディア学会誌, Vol. 74, No. 2, pp. 402-411 (オンライン), 入手先 (<https://ci.nii.ac.jp/naid/130007802519/>) (2020).
- [5] Marc, A. P., 小林香絵, 土屋雅人: 音楽コンサートにおける双方向コミュニケーション支援システムの研究, 日本デザイン学会研究発表大会概要集, Vol. 62, p. 36 (オンライン), 入手先 (<https://ci.nii.ac.jp/naid/130005485507/>) (2015).
- [6] nifty 何でも調査団: コンサート・演劇についてのアンケート・ランキング (2015). https://chosa.nifty.com/hobby/chosa_report_A20150710/7/.
- [7] MarkeZine 編集部: 動画配信サービスの利用、約半数が外出自粛前と比べ増加と回答/視聴デバイスの多様化が加速【AJA 調査】 (2020). <https://markezine.jp/article/detail/33323>.
- [8] 株式会社クロス・マーケティング: オンライン配信に関する調査. <https://www.cross-m.co.jp/news/release/20200618/>.
- [9] SonyMusicSolution: FreFlow. <https://www.sonymusicolutions.co.jp/s/sms/diary/-detail/654>.
- [10] 後藤真孝, 吉井和佳, 中野倫靖: Songle: Web 上の楽曲の中身を音楽理解技術で推定する能動的音楽鑑賞サービス, 情報処理学会研究報告. [音楽情報科学], Vol. 2013, No. 16, pp. 1-9 (オンライン), 入手先 (<https://ci.nii.ac.jp/naid/110009599045/>) (2013).