

Immersive Online Live System: ライブ配信動画に同期した演出が可能な LED 点灯制御システム

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 Immersive Online Live System と、このシステムを用いて行なったライブ配信の実験の結果について述べる。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である Immersive Online Live System を提案している。

キーワード: 音楽ライブ, ライブ配信, LED 同期点灯システム

Immersive Online Live System: LED Lighting System in Synchronization with Live-Streaming Video

Abstract: In this paper, we describe Immersive Online Live System, which can control the lighting in synchronization with live streaming, and we describe the results of experiments of live streaming using this system. On online live streaming services, it is difficult for participants of concerts and live performances held on stage to get an "extraordinary" feeling. As a result, there is a problem of decreased satisfaction among the participants of live performances. In order to solve this problem we proposed a small LED stage using high-intensity LEDs that flicker in synchronization with live images, and an Immersive Online Live System, a lighting control system that can synchronously control these LEDs.

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

1. はじめに

2020 年から 2021 年にかけて発生した新型コロナウイルス感染症の影響で、会場に観客が集って行うタイプのライブイベントの開催が困難になっている。ぴあ総研の調査によれば、2020 年度のライブエンタテインメント業界の損失は 3300 億円であり、2020 年年度の約 81000 件のイベントが中止または延期となった。一方で、2020 年度の電子チケット制の有料オンラインライブ配信サービスの市場規模は 448 億円となり急拡大している。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 [1], [2]、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。

一方で、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。筆者らは、オンラインのライブ配信における臨場感を高める方法のひとつとして、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 同期システムである Immersive Online Live System の開発、提供を行なっている [3]。

本システムは、ライブ配信を閲覧するスマートフォンを設置する台座の周囲に高輝度 LED を設置した LED 点灯装置と、配信動画の再生に同期して点灯制御信号を送信する配信側システム、および受信した点灯制御制御を LED

¹ mplusplus 株式会社

点灯装置に送信し、LED の点灯タイミングを配信動画と同期させるスマートフォン上のアプリケーションで構成される。ユーザはあらかじめスマートフォンに LED 点灯装置をペアリングしておき、そのスマートフォン上で同期用のアプリケーションを起動することで、アプリケーション上で再生される動画に同期して LED 点灯装置が自動制御される。動画に精密に同期して LED が点灯制御されることで、ユーザはこの LED 点灯装置が小型のイベント用ステージであるかのように感じられ、ディスプレイやスマートフォン単体で閲覧する場合に比べて大きな満足感を得ることができる。

この LED 点灯装置は、筆者らが「空間の充填」と呼ぶ手法を用いて、ユーザの視野を少ない LED の数で効率的に埋めることができる形状に LED を配置している。そのため、小さな画面でライブ映像の視聴を行なった場合でも、あたかもディスプレイが大きくなったかのように感じることができ、ディスプレイ単体でライブ配信を視聴する場合に比べ、より強い非日常感を体験できると考えられる。

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、2021 年 2 月 2 日に行なった。実験では、最大 40 名の実験協力者を一般公募し、視聴用の小型 LED ステージを事前配布した。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て、ライブ配信の観賞を行なった。その後、システムの満足度に関するアンケート調査を行なった。本稿では、本システムと実験の結果について述べる。

以下、2 章では、筆者らが開発を行なっている Immersive Online Live System について述べる。3 章では実験として行なったライブ配信イベントと実験の内容について述べる。本研究の関連研究については、文献 [3] を参照されたい。

2. Immersive Online Live System

本章では、筆者らが開発を行なっているオンラインライブ配信に同期して LED 点灯装置の制御が行なえる Immersive Online Live System について述べる。本システムは、以下の 3 つのサブシステムで構成される。

- LED 点灯装置
- スマートフォン上で動作する動画再生アプリ
- 配信動画との同期信号を送信する制御信号サーバ

システムの全体図を図 1 に示す。図 2 は本システムの実証実験のために開発した LED 点灯装置の外観である。LED 点灯装置のデザインの詳細に関しては、文献 [3] を参照されたい。

本システムは、動画の配信、再生は既存のライブ配信プラットフォームである YouTube Live を利用し、これに LED の点灯同期に必要な機能を新たに追加した。

LED の点灯同期制御を行なうために、動画に対応した LED の点灯パターンをあらかじめ LED 点灯装置内のメ

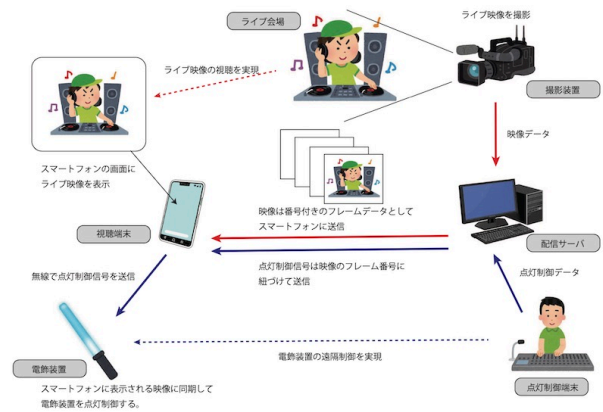


図 1 ライブ配信に同期して LED の点灯を制御するシステム



図 2 LED 点灯装置

モリに記録しておく。この点灯データには、再生される動画や楽曲ごとに ID が付与されている。各点灯パターンには、それぞれの動画の再生開始時刻からの経過時間と、その時間に対応した LED の点灯すべき色情報 (R,G,B) が対の状態記録されている。

LED 点灯装置では、ペアリングされたスマートフォンの再生アプリから、再生を開始しようとしている動画の ID を受け取る。そして、点灯装置はその ID に対応する LED 点灯パターンをメモリから読み出す。次に、ペアリングされたスマートフォンで動画が再生された状態になると、再生アプリは LED 点灯装置に現在再生を行なっているフレームの時刻情報を送信する。スマートフォンと LED 点灯装置の間の通信は Bluetooth を使用している。フレームの時刻情報は、配信された動画にプラットフォームが付与している、そのフレームの「ライブ配信開始からの経過時間」の情報と、制御信号サーバから受信する「オフセット時間情報」から算出する。LED 点灯装置は、受信した時刻情報を用いて点灯すべき色情報を読み出し、その色情報を用いて LED を点灯する。

ユーザがアプリ上で動画の巻き戻しや早送りを行なった場合でも、アプリがそれらの操作が行なわれた後に再生さ



図 3 オンラインのライブ配信のスタジオの様子



図 4 ライブ配信に同期して点灯する LED 相違の様子

れることになったフレームの時刻情報を読み出して LED 装置に送信することで、再生される動画と LED の点灯内容を正確に合わせることができる。同様に、ネットワークのトラブル等によって動画の再生が一時的に中断し、その後再生が再開された場合でも、再開された動画のフレーム情報に付与されている時刻情報を使用して同期することで、LED の点灯制御を動画の内容に同期させることができる。

制御信号サーバは、配信プラットフォームによってされた動画に付与された「ライブ配信開始からの経過時間」と、実際に再生されているフレームの「ライブ配信開始からの真の経過時間」の時間差を算出し、その情報を各アプリケーションに配信する。これは、ライブ配信プラットフォームによって付与される「ライブ配信開始からの経過時間」の情報が、再生アプリケーション側と配信サーバ側でずれが生じることがあり、これを補正するための措置である。制御信号サーバでは、配信プラットフォームに渡す直前の動画のフレームを読みこんで、そのフレームに時刻情報を付与して制御信号サーバ上で記録する。次に、配信プラットフォームを経由して配信された動画を、制御信号サーバ上でも受信する。そして、プラットフォームを介して受信した動画のフレームに付与された「ライブ配信開始からの経過時間」の情報と、制御信号サーバが自らそのフレームに付与した「真の」時刻情報をの差分を計算する。この差分情報を、オフセット時間情報として各アプリに配信し、再生時刻の補正を行なう。

配信プラットフォームを経由して配信された動画に付与される「経過時間」の情報は、受信側のいずれのアプリ (スマートフォン) においても、同じフレームには同じ経過時間の情報が付与されている。そのため、配信後の動画のフレームに付与されている経過時間の情報を制御信号サーバ自身が受信することで、補正することが可能になっている。本システムでは以上のようにして、動画の再生フレームと LED の点灯の同期制御を実現している。

YouTube 以外の動画配信プラットフォームにおいても、API が公開されておりブラウザやサードパーティのアプリにプレイヤーが埋めこめるタイプのものは、配信動画ユーザのアプリ上で再生されている動画のフレームに動画再生時からの経過時間情報が付与されていることが多い。これは、アプリ上で動作の再生制御を行なうためには経過時刻情報が不可欠であるためである。そのため、本システムは YouTube 以外の配信プラットフォームにおいても API が公開されているプラットフォームについては、容易に対応が可能であると考えている。

3. ライブ配信実験

前章で述べた Immersive Online Live System を、実際のライブ配信イベントで使用し、システムが実際のサービスでの利用に耐え得るかについての検証と、ユーザの満足度やサービスの適正な価格に関するアンケート調査を行なった。

3.1 実験概要

前章で述べたシステムを用いて、2020年2月2日に配信プラットフォームとして Youtube Live を用いて実際のオンラインのライブ配信実験を行なった。ライブは2月2日の20時から1時間程度、10曲程度の配信を行なった。ライブ出演のアーティストとしては Xiangyu 氏に協力いただいた。配信の閲覧は、Youtube にアクセスできる人であれば、誰でも無料で行なうことができるようにした。

LED 点灯装置は、事前にインターネット上で実験協力者の一般募集を行ない、応募があった中から抽選にて40名の日本国内在住の20歳代～60歳代の方に協力頂いた。協力者にはライブ配信を行なう前に、予め閲覧用のスマートフォンと LED 点灯装置を送付した。協力者は各自でスマートフォンをネットワーク接続し、LED 点灯装置とスマートフォンとのペアリングを行なった後に、これらを使用してライブ配信の観賞を行なった。そして、オンラインライブの鑑賞後に、オンラインのアンケート調査を行なった。

3.2 システムの動作

ライブ配信時のリアルタイム同時接続数は200前後であった。ライブ配信中は、配信の遅延や切断等のトラブル

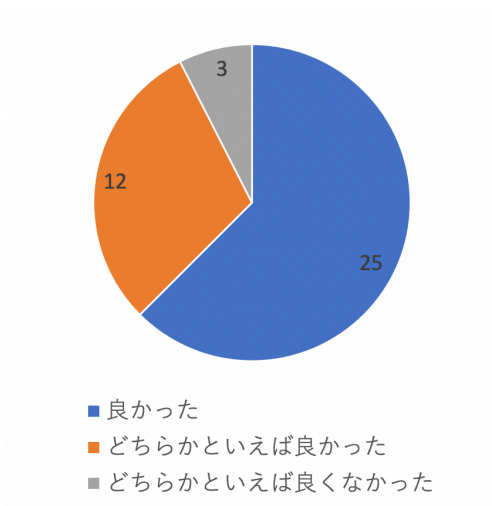


図 5 本実験ライブの全般的な印象に関するアンケートの結果

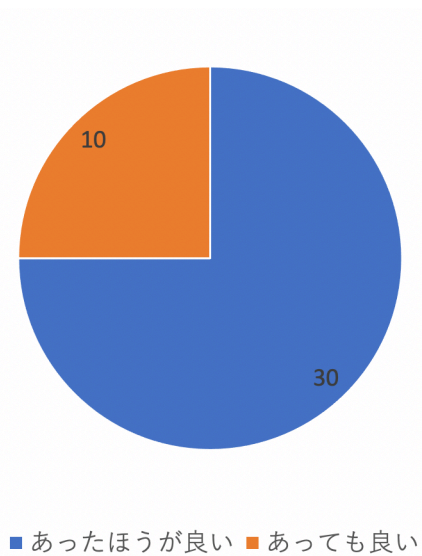


図 7 本実験のライブの視聴時に LED 装置があったほうが良いかというアンケートの結果

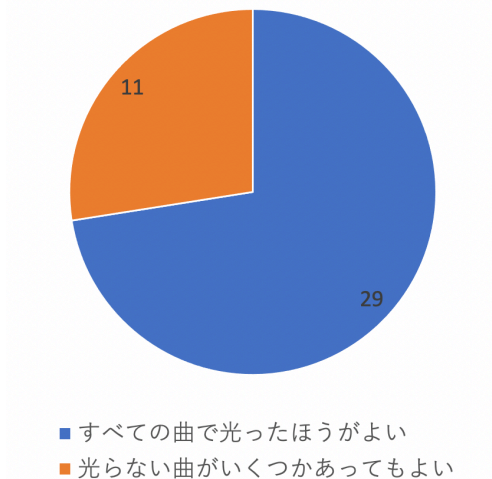


図 6 本実験のライブで LED が同期して光る曲の割合に関するアンケートの結果

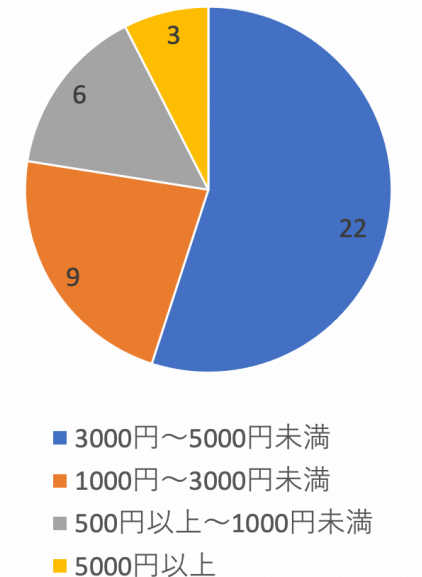


図 8 本実験のライブが LED 装置込みで有料であった場合の適正価格に関するアンケートの結果

は生じなかった。また、実験協力者を含め 50 台のスマートフォンと LED 点灯装置を同時稼働させたが、サーバや伝送路に通信障害や伝送遅延等の問題は発生しなかった。遅延等の問題が生じなかった理由としては、同時接続数が 200 とやや少ないこともあるが、本システムで LED の同期制御のために制御サーバが各ユーザの端末に送信するデータ量を極めて少なく抑えていることにより、サーバや伝送路にほとんど負荷がかからなかったことが大きな要因であると考えている。

実験協力者に配布したデバイスについて、スマートフォンと LED 点灯装置のペアリングやネットワーク接続に関しても問題は生じず、すべての実験協力者がライブ配信と同時に LED 点灯装置を同期させて使用することができた。これらは、実験協力者には接続に必要なマニュアルを送付し、事前に接続テストが可能なページを用意したことにより、視聴する前の時点でトラブルの解決を図れたためであ

ると考えられる。

なお、ライブのアーカイブ映像の総再生数は 2021 年 5 月 10 日時点で、2700 回程度である。LED 点灯装置は、アーカイブされた配信動画を再生した場合でも、同期して点灯制御させることができる。

3.3 ユーザのアンケート結果

LED 点灯装置を使用しながらライブ配信の観賞を行なった実験協力者 40 名を対象に、下記のアンケート調査を行なった。回答は Web ページ上で行えるようにした。回答率は 100% であった。

- 設問 1: 今回の LED 装置を使ったライブ配信の印象について、下記から最も近いものをひとつ選んでください

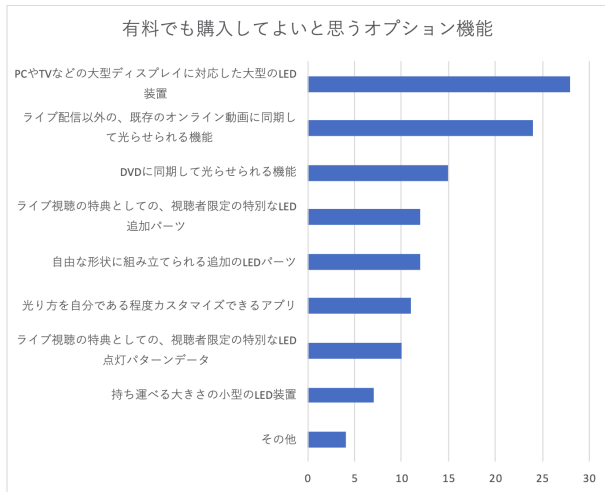


図 9 有料で購入してもよいと思うオプションサービスに関するアンケートの結果

い(図5)。

- 良かった
- どちらかと言えば良かった
- どちらかと言えば良くなかった
- 良くなかった
- 設問2: ライブ配信では全ての曲でLED装置が光りましたが、光る曲の割合についての印象で、最も近いものをひとつ選んでください(図6)。
 - すべての曲で光ったほうがよい
 - どちらかと言えば良かった
 - どちらかと言えば良くなかった
 - 良くなかった
- 設問3: ライブ配信に同期して光るLED装置の印象について、下記から一番近いものをひとつ選んでください(図7)。
 - あったほうが良い
 - あっても良い
 - なくても良い
 - ないほうが良い
- 設問4: 今回のライブ配信のチケットが有料であった場合、妥当と思う値段帯について下記からひとつ選んでください。チケット価格にはLED装置の価格も含むとします(図8)。
 - すべての曲で光ったほうがよい
 - どちらかと言えば良かった
 - どちらかと言えば良くなかった
 - 良くなかった
- 設問5: LED装置に、下記の有料のオプションあった場合、購入してもよいと思うオプションについて選んでください(複数選択可能)(図9)。
 - ライブ視聴の特典としての、視聴者限定の特別なLED点灯パターンデータ

- ライブ視聴の特典としての、視聴者限定の特別なLED追加パーツ
- ライブ配信以外の、既存のオンライン動画に同期して光らせられる機能
- DVDに同期して光らせられる機能
- PCやTVなどの大型ディスプレイに対応した大型のLED装置
- 光り方を自分である程度カスタマイズできるアプリ
- 自由な形状に組み立てられる追加のLEDパーツ
- 持ち運べる大きさの小型のLED装置
- その他(自由記述)

アンケートの結果では、ライブの印象は40人中25人が「良かった」と回答している。LED装置については全ての回答者が「あったほうが良い」と「あっても良い」のいずれかであると回答している。また、LEDが光る曲についても、光る曲がないほうが良いという回答を行なった回答者はいなかった。これらの結果から、LED装置を用いた観賞方法が視聴者に好評であったと言える。

LED装置込みのライブチケットの価格については、3000円から5000円という回答が最も多かった。また、有料で購入してもよいと考えるオプションとしては、大型のディスプレイに対応した装置と、ライブ配信以外の既存の動画への同期機能を選択する回答者が多かった。自由記述の回答でも、スマートフォンの画面では小さすぎて周囲の光量で画面が見えなくなるという回答もあった。これらのことから、実際に商用化を図る場合には大型のディスプレイ用の装置の開発も検討する価値があるものと考えている。

4. まとめ

本稿では、ライブ配信の非日常感、臨場感を高めることができる Immersive Online Live System と、その実証実験について述べた。2020年5月時点でシステムに対する問合せが複数あり、今後は実用化の検討を行なう予定である。

謝辞 本研究は、JST、CREST、JPMJCR18A3の支援を受けたものである。ここに記して謝辞を示す。

参考文献

- [1] 村瀬拓人: 2020~2021年度改訂見通し—今年度は▲5.4%、コロナ前に戻るのには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>.
- [2] 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), Weelky エコノミーレター 2020-10-13. https://www.nli-research.co.jp/files/topics/65721_ext_18_0.pdf.
- [3] 柳沢豊, 小野圭介, 上田健太郎, 出田怜, 吉池俊貴, 藤本実: 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, 情報処理学会研究報告. [デジタルコンテンツクリエイション], Vol. 2021-DCC-27, No. 19, pp. 1-9 (2021).