

# モバイル端末によるリアルタイム音空間デザインシステム

梅田 尚哉<sup>\*1</sup> 山本 知仁<sup>\*1</sup>

## Mobile Spatial Display System for Designing Live Audiovisual Contents

Naoya Umeta<sup>\*1</sup> and Tomohito Yamamoto<sup>\*1</sup>

**Abstract** – Many types of three-dimensional display systems have been developed for providing spatial viewing and listening experiences. However, these types of systems have traditionally required large spaces for specialized equipment. As technology has advanced, the use of smaller mobile devices has become widespread. In this context, we have developed spatial audiovisual display systems using multiple mobile devices so far. At this time, however, the developed systems are limited to playing only pre-designed audiovisual content. If users are given the ability to design or manipulate the audiovisual content in real time, it will be possible to design a new 3D live experience in musical events. In this study, we implement a design system for adjusting 3D audiovisual contents in real time using a mobile-based spatial display.

**Keywords:** Virtual Reality, Spatial audiovisual display, Live Audiovisual Contents, Mobile device

### 1. はじめに

近年、映像や音響などの情報を立体的、空間的に表現することで、高い臨場感を提示できるシステムが開発されてきている<sup>[1-3]</sup>。将来的には 8K スーパーハイビジョン<sup>[4]</sup>や、22.2 マルチチャンネル音響システム<sup>[5]</sup>のような、さらに高い臨場感を提供するシステムが開発され、家庭に導入されることが予想される。しかし、このような高臨場感システムは、大型のスクリーンやマルチチャンネルスピーカ、高性能な PC など特別なデバイスや設備を必要とし、臨場感が向上するのに伴いコストが高くなる傾向がある。このような背景のもと、われわれの研究グループでは一般に広く普及している市販のモバイル端末を用い、ユーザ環境に応じてスケラブルにそのシステム規模や構成を合わせることでできる 3 次元視聴覚ディスプレイシステムを開発してきた<sup>[6-8]</sup>。

一方で、この開発されたシステムではあらかじめデザインされた固定的な視聴覚コンテンツしか再生することができなかった。もし、このディスプレイ上で様々な音源や映像表現をリアルタイムに制御できれば、例えばコンサートやライブイベントのような場において、観客の反応に対応して視聴覚空間をデザインすることが可能となる。このようなシステムの例として、中川らは、映像と音の変化を密接に結びつけることで、新たな視聴覚体験への可能性が開けることを示唆している<sup>[9]</sup>。本研究では、これまで開発してきた空間的な視聴覚ディスプレイシステムを拡張し、リアルタイムで視聴覚空間をデザインできるようにする。このことにより、ディスプレイシステムのさらなる表現力の向上と、様々な表現の場で利用できる拡張性の向上を目指す。

### 2. リアルタイム音空間デザインシステム

#### 2.1 3次元視聴覚ディスプレイシステムの概要

観客に合わせてリアルタイムに音源をコントロールしていくシステムの事例として、ライブイベントで Disk Jockey (DJ) が利用するシステムが挙げられる。例えば、Pioneer 社からは、モバイル端末に入っている音源を Wi-Fi を通じてそのまま利用できる XDJ-R1 というワイヤレス DJ システムが提供されている<sup>[10]</sup>。しかし、これらのシステムの多くは、同時に取り扱える楽曲が 2 つに限られ、また音源を立体的に配置するような表現には対応していない。そこで本研究では、複数の音を 3 次元的に表現できる 3 次元視聴覚ディスプレイシステムをベースとし、既存の DJ システムとは違った体験を可能とするシステムを構築する。概略を図 1 に示す。

本システムは、視覚用サーバ端末（以下、サーバ端末）と複数台の視覚用、聴覚用クライアント端末（以下、クライアント端末）から構成される。各モバイル端末は無

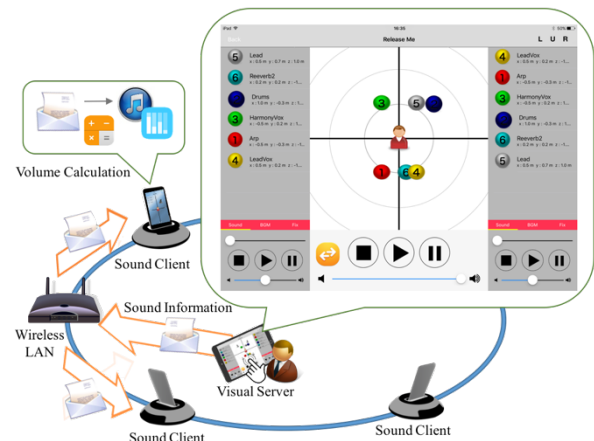


図 1 リアルタイム音空間デザインシステム  
Fig.1 System for designing live audiovisual contents

<sup>\*1</sup>: 金沢工業大学大学院 工学研究科 情報工学専攻

<sup>\*1</sup>: Graduate Program in Information and Computer Engineering, Graduate School of Engineering, Kanazawa Institute of Technology

線 LAN に接続され、ネットワークを通して視聴覚情報の送受信を行う。モバイル端末には、Apple 社の iOS を搭載する iPad や iPod Touch などが使用される。

サーバ端末は、ユーザが任意に構築した音源とクライアント端末から構成される仮想の音空間をシミュレートし、無線 LAN を通じてクライアント端末に情報を送信する。クライアント端末は、取得した音空間に関する位置情報、距離情報から、最適な音量を計算して出力する。そして、それぞれのクライアント端末を 1ch のスピーカとして音源を再生することで、立体音響を実現する。クライアント端末は、取得した音空間に関する位置情報、距離情報から、最適な音量を計算して出力する。そして、それぞれのクライアント端末を 1ch のスピーカとして音源を再生することで、立体音響を実現する。

なお、本システムではネットワークのトラフィックを減少させるために、実際にクライアント上で提示されるオブジェクトモデルや音源は、あらかじめアプリケーション内に保持させている。また、本システムはすべての端末が独立して存在し、通信方式にはコネクションの確立や損失パケットの再送制御を行わない UDP マルチキャストを採用している。この通信方式を用いることで、サーバ・クライアント間の通信に大きな処理時間をかけず、システムを構築する端末の数を自由に変更することができるため、システムの規模を使用環境に合わせてスケラブルに設定することが可能である。

## 2.2 音空間デザイン画面

前節のディスプレイシステムをベースに、本研究ではまずデザインした音空間を視覚的に把握することができ、またそれをリアルタイムで管理することができる新たなサーバ画面を実装した (図 2)。画面は Design Area, List Area, Control Area の 3 つの領域に分かれており、それぞれがリアルタイム音空間デザインに必要な役割を持つ。

画面中央の Design Area はシミュレートする仮想空間を示しており、音空間デザイン機能におけるメインの画面となる。そのため、List Area と Control Area を画面右上のボタンで自由に開閉できるようにし、状況に応じてこの画面を広く使えるようにしている。本システムでは、この Design Area の中心を仮想空間の原点とし、その座標に合わせてアイコンを配置している。それぞれのアイコンは、各音源に対応する Sound Icon, ユーザを示す Listener Icon, クライアント端末を示す Speaker Icon である。この内、Sound Icon のみがドラッグ操作で Design Area 内を自由に動かすことができる。画面において、ユーザが Sound Icon をドラッグ操作すると、サーバは画面上の座標を仮想空間上の座標へと変換し、ネットワークを通じてクライアント端末へと送信する。座標情報を受け取ったクライアント端末は、その情報と自身が持つクライアント端末座標、ユーザ座標から、位置関係に適した音量を再計算する。ここで、クライアント端末からそれぞれの音源

を再生する音量は、先行研究<sup>[6]</sup>に示す計算式を用いる。音源の位置が更新されるたびに上記のプロセスを行うことで、単純な音の左右感や距離感だけでなく、シームレスな音源の移動をも表現することが可能となる。例えば、Sound Icon を Listener Icon から遠ざけていった場合は、徐々に聞こえる音が小さくなる。あるいは、Speaker Icon へ近づけていった場合、その Speaker Icon と対応したクライアント端末から聞こえる音が大きくなるように音量を変化させている。

音源デザイン画面両端の List Area は、コンテンツの全音源の情報を管理する画面である。具体的には、音源のファイル名と Design Area へ表示するアイコン画像、現在の位置座標が表示される。この位置座標は、Design Area で Sound Icon が移動する度に更新されていく。また、List Area 内のセルをタップすると、そのセルに対応した Sound Icon が揺れるアニメーションを実装している。これにより、音源がどの Sound Icon に対応しているか直感的に確認することができる。

音源デザイン画面両端の List Area には、再生するコンテンツの音源のファイル名とアイコン画像、現在の位置座標が表示される。この位置座標は、Design Area で Sound Icon が移動する度に更新されていく。List Area 内のセルをタップすると、そのセルに対応した Sound Icon が揺れるアニメーションを実装している。これにより、音源がどの Sound Icon に対応しているか直感的に確認することができる。

また、List Area 内のセルをロングタップした場合、図 2 の上部に示すアニメーションデザイン画面が表示される。この画面では、Sound Icon の自動アニメーションを設

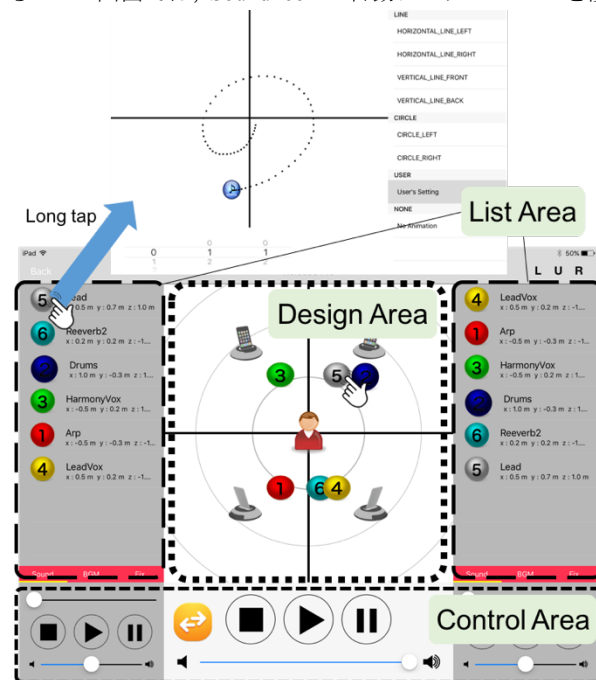


図 2 音空間デザイン画面  
Fig.2 View of designing spatial sound

定することができる。アニメーションの内容は、上下左右の直線移動、左右回転移動、ユーザ任意の軌道の3種類がある。ユーザ任意の軌道を作成する場合、表示されている Sound Icon をドラッグすることで、黒点で軌跡が描かれ、その軌跡を保存することができる。なお、アニメーションで音源が移動する速さは、一つの黒点間あたり 0.05 秒に初期状態で設定されており、画面左下のピッカービューで数値を変更することもできる。

音源デザイン画面下部の Control Area では、各音源の再生や停止、最大音量の変更など、各音源の制御を行うことができる。Control Area の中央部分では、音源全体の再生や停止などができる。停止ボタンの左に配置された矢印ボタンはアニメーションの再生ボタンであり、タップすることで前述のアニメーションデザイン画面で設定したアニメーションが起動する。また、Control Area 両端に配置された部分では、音源一つ一つの制御を行うことができる。制御する音源は List Area で選択する。これにより、最大で2つの音源の制御を同時に行うことができる。また、Control Area で音源の制御を行うと、その結果が Design Area に反映されるようになっている。例えば、ある音源の最大音量を小さくした場合、それに対応する Sound Icon が半透明になっていく。これらの機能により、音空間をより細かくデザインすることができ、かつその結果を視覚的に確認することができる。

上記の機能を観客の反応に合わせて利用することで、3次元的な音空間をリアルタイムで作り上げることが可能となる。

### 3. リアルタイム映像デザインシステム

本研究では、デザインした音空間に合わせた映像をリアルタイムにデザインできる機能についても実現した。現代的な音楽のライブイベントにおいては、音楽をコントロールする DJ だけではなく、映像をリアルタイムにコントロールする Video Jockey (VJ) が演奏曲や観客に合わせて映像を変化させることが日常的に行われている。この

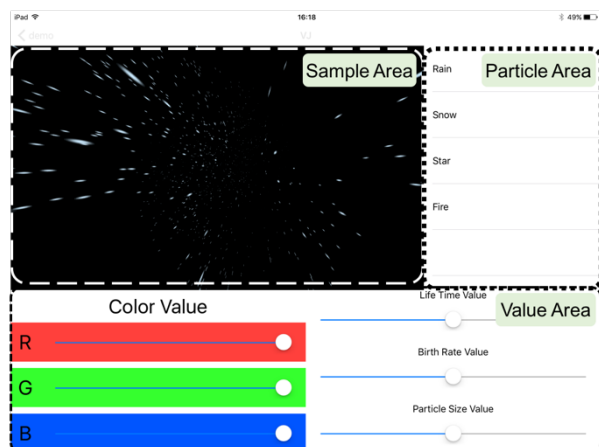


図3 映像デザイン画面  
Fig.3 View of designing visual effect

ような VJ が使用するような機能を音声に加えて実装した。本研究では、表現の自由度が高く、かつリアルタイムに映像を変更できるよう、パーティクルを用いた映像作成手法をまずは実現した。上記を行なうための新たなサーバ端末画面を図3に示す。操作画面は、Sample Area, Value Area, Particle Area の3つの領域からなる。

Particle Area では、作成する映像の基本となるパーティクルを選択することができる。基本パーティクルの種類は、Rain, Snow, Star, Fire の四種類あり、種類は随時追加が可能である。セルをタップすると、後述する Sample Area にそのパーティクルの情報が追加される。ユーザは、あらかじめシステムから提供されたこれらの種類のパーティクルを用いて、音空間に合った映像を作り出すことができる。

Sample Area には、Particle Area で選択したパーティクルが表示される。図では、Rain パーティクルが表示されている。これにより、ユーザは自分が作成したパーティクルを確認しながら映像をデザインすることができる。また、Sample Area で表示される映像は、クライアント端末の画面にも全画面で表示されるようになっている。これにより、ユーザから離れた場所にいる視聴者も、同様の視覚体験を提供できるようになっている。

Value Area では、追加したパーティクルの各パラメータをユーザが任意に調整することができる。Color Value では、発生するパーティクルの RGB 値を変更することで、粒子の色を任意のものにすることができる。Life Time Value では、発生した粒子が画面上から消えるまでの時間を設定できる。Birth Rate Value では、一度に表示される粒子の量を変更することができる。Particle Size Value では、発生した粒子の直径を変更することができる。

これら機能を利用することで、音空間に合わせた多様な映像をデザインすることが可能となっている。例えば、雨が降る音空間を作成した場合は、Rain パーティクルを選択し、雨音の強さに応じて Birth Rate Value を大きくし、雨粒の量を調整するといったデザインの仕方が考えられる。また、今回はパーティクルを用いた映像デザイン機能を構築したが、それ以外の手法で映像を表現していくことも検討している。例えば、静止画や動画、3D モデルなどを組み合わせることで、より表現力の高い映像デザインシステムに発展させていくことを考えている。

### 4. 画面拡張機能

音空間デザインと映像デザインは、どちらも全てサーバ端末の全画面を使用するものであり、現状では両方の機能を同時に利用することができない。また、画面の見易さや操作性の観点から、一つの画面に多くの機能を搭載するのが困難という問題が存在する。そこで、クライアント端末を用いて画面を拡張する機能を実装した。概

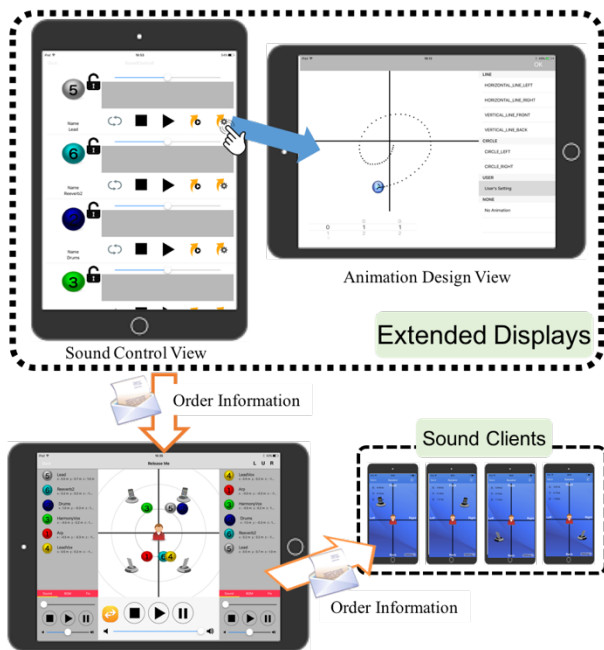


図4 画面拡張機能  
Fig.4 Expansion of a multi-display

略を図4に示す。

具体的な実装の手法として、サーバ端末の画面を拡張用クライアント端末にも表示し、そこでもサーバ端末と同様の操作が行えるようにした。この時、拡張用の端末からクライアント端末へ情報を直接送信するのではなく、サーバ端末を経由するようにした。これは、同じ操作について複数の端末から異なった情報を送信した時、クライアント側が誤動作を起こしてしまう可能性を考慮したためである。また、より細かな音の制御を可能とするため、音空間デザイン機能における List Area と Control Area の機能を合わせた新しい画面を作成した (図4 上部)。

図4の左上の Sound Control View では、List Area と Control Area の機能に加え、音源のリピート再生機能と、アニメーションを作成・再生する機能を追加した。セル内の一番左のボタンをタップすると、そのセルに対応する音源をリピート再生するかどうかを設定でき、一番右のボタンをタップすると、前述したアニメーション設定画面を開くことができるようになっている。

以上のように、画面拡張機能を実装したことで、サーバ端末一台だけでは実現できない機能をシステムに組み込むことが可能となった。また、今後システムをさらに拡張していく場合、この機能を利用することで比較的容易に機能の追加を行うことも可能とした。

## 5. おわりに

本研究では、リアルタイムな音源の移動と、それに合わせた映像空間の提示を可能にすることで、より高い臨場感を提供できるディスプレイシステムの開発を行なった。これにより、コンサートやライブイベントなどにお

いて、観客の反応を考慮して視聴空間をデザインすることが可能になった。

今後は、本システムの応用性の拡張と、表現力の向上を目指していく。前者については、コンサートやライブイベントだけでなく、プライベートな空間での活用を考えている。例えば、自室の音空間をリラックスできるようなものにすることで、メンタルケアに役立てることができないかを検討している。後者については、システムのインタラクティブ性の向上に着目していく。具体的には、視聴覚空間のデザインをユーザー一人で行なうのではなく、視聴者も参加できるようにすることを考えている。また、システムに AR 機能を追加し、実空間の物体の移動に合わせた音源移動を取り入れることで、新しい視聴覚体験の可能性を追求していきたいと考えている。

## 参考文献

- [1] Jones, B., Sodhi, R., et al.: RoomAlive: Magical experiences enabled by scalable, adaptive projector-camera units; Proceedings of the 27th annual ACM symposium on User interface software and technology, pp.637-644 (2014)
- [2] Dorta, T., Kinayoglu, G., Hoffmann, M.: Hyve-3D: A New Embodied Interface for Immersive Collaborative 3D Sketching; Proceeding of ACM SIGGRAPH 2014, Studio, p.37 (2014)
- [3] 高島,圓崎,矢野,岩田: 大規模没入ディスプレイ LargeSpace の開発; 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.21, No.3, pp493-502 (2016)
- [4] Shishikui, Y., Fujita, Y., Kubota, K.: Super Hi-Vision – the star of the show!; EBU Technical Review, pp.4-16 (2009)
- [5] Hamasaki, K., Nishiguchi, T., et al.: A 22.2 Multichannel Sound System for Ultrahigh-Definition TV (UHD TV); SMPTE Motion Imaging Journal, Vol.117, No.3, pp.40-49 (2008)
- [6] Takahashi, K., Yamamoto, T.: 3D Audio-Visual Display Using Mobile Devices; Proceeding of ACM SIGGRAPH 2010 Posters, p.5 (2010)
- [7] Wataru, M., Mami, Y., Tomohito, Y.: Mobile-based Streaming System of Spatial Audiovisual Contents and Web-based Design System; Proceedings of ACM International Conference on Interactive Experiences for Television and Online Video, WP-106 (2014)
- [8] Hironishi, M., Motomura, W., Yamamoto, T.: Mobile-based Streaming System for Omnidirectional Contents; Proceeding of ACM SIGGRAPH Asia 2015, Symposium on Mobile Graphics and Interactive Applications, p.35 (2015)
- [9] 中川,松本,古川: 空間楽器: 全身没入型ワイヤレス VR 環境におけるインタラクティブ・オーディオ・ビジュアル・システムの試作; IPSJ Interaction 2016, p1100-1103(2016)
- [10] <https://www.pioneerdj.com/ja-jp/product/all-in-one-system/xdj-r1/black/overview/>