

大規模スピーカアレイシステム を用いて可能となる映像音響表現

Audiovisual expression enabled

by a large-scale speaker array system

1w173132-8 山寺 雄大 指導教員 及川 靖広 教授
Yuta YAMADERA Prof. OIKAWA Yasuhiro

概要：現在，多チャンネル化によるサウンドシステムの発展により，様々な音響表現が可能になっている．しかし，多チャンネルサウンドシステムは，大規模，かつ，コストがかかる．このような背景があるため，規模がそれほど大きくない，かつ様々な音響表現が可能なサウンドシステムが重要であると将来，予想される．そこで，新たなサウンドシステムとして，360度規模の小さなスピーカが張り巡らせたマルチチャンネルスピーカアレイシステムが提案されている．今回は，このようなシステムが用意出来ないので，本庄キャンパスに設置されている，平面上に多くのスピーカを設置したスピーカアレイシステムを用いる．このシステムで，可能となる映像音響表現を呈示，環境を構築するとともに，それを用いた作品を制作する．

キーワード：スピーカアレイシステム，立体音響，サウンドシステム，音場再現

Keywords: Speaker array system, stereophonic sound, sound system, sound field reproduction

1. ま え が き

現在，映像メディアにおける音は，サウンドシステムの発展により，リアリティのある表現が可能になっている．人間は音の微細な変化を知覚することにより，音源の方向や距離感を判断しており，そのような立体音響効果が得られるサラウンドシステムは，表現力のあるメディアを作る上で重要である．また，次世代の映像音響メディアに向けて，新たなマルチチャンネル音響の提案も盛んに行われている．高精度の音場再現や，柔軟で自由に再現できるサウンドシステムが注目されている．

2. 作品の概要

2.1 作品の環境

本研究では，スピーカが並んだ大規模なスピーカアレイとそれを駆動するシステムが必要となる．しかし，一般的なスピーカシステムでは，スピーカ数の増加に伴い多数のD/Aコンバータやアンプが必要となり，1000ch以上のような大規模スピーカアレイシステムの実現は困難である．そこで，高速1ビット信号を用いると非常に単純な回路で高品質の録音再生システムが提案されている [1][2]．このシステムを構築して，映像作品に活用する．

2.2 作品の概要

作品を制作する上で，2段階の作業を必要とする．まず，音の特徴量を用いて，映像を生成します．今回は，映像として，モーショングラフィックスを採用して，幾何学的なオブジェクトを用いる．つぎに，その映像を大規模スピーカアレイシステムを用いて，映像中のオブジェクトを音源とするような，音波制御を行う．これらの2つの制作を経て，作品を作る．

3. 大規模スピーカアレイ映像同期システム

3.1 大規模スピーカアレイシステム

システム全体の概要は図-1に示す．システムはマスター，ハブの2種類のユニットから構成される．マスターユニットは，記憶装置からの1bit信号読み出しとクロック生成，各ハブユニットへの1bit信号とクロックの送信など，システム全体の信号の流れを統括する．基盤となるシステムには，FPGA-ARM Soc搭載ボード (AVNETUltraZed-EG) を用いた．ARM上では，OSとしてDebianGNU/Linuxが動作し，記憶媒体やセンサーユニットとの通信，再生信号の変更などを行う．FPGA上では，クロックの生成などクロック同期が必要な処理を実装する．SSDからCPUへの転送レートは，約900Mbps，CPUからFPGAへの転送レートは約1.2Gbpsあったため，サンプリングレート4MHz1bit信号を約225ch分の再生が可能となる．また，転送速度の変動を吸収する目的で，各店総部に2つずつのバッファを用いて実装する．各ハブユニットは大規模スピーカアレイシステム近傍に設置され，高速1bit直接駆動の原理を用いて32チャンネルのスピーカを独立駆動する．

3.2 映像投影システム

音源はパソコンに，バイナリデータとしてSSDに格納する．ホストPCからマスタFPGA内のCPUに指示を送ることで，SSDとシステムの通信が開始される．通信が開始されたことをトリガーに，映像を表示することで，映像と音のデータを同期させて，プロジェクターで投影するという構造である．

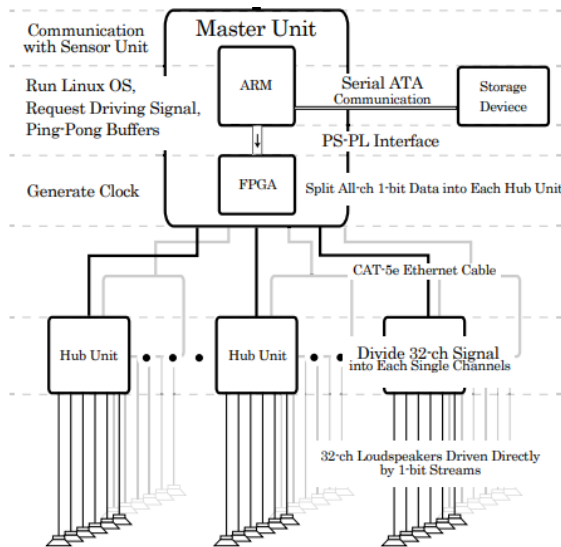


図-1 大規模スピーカアレイシステム全体の概要図 [2]

4. 大規模スピーカアレイシステムを利用した映像表現について

大規模スピーカアレイシステムで、映像に同期した音響表現では、画面上の任意の位置での映像と音像の方向が一致してほしい。そのため、図-3 のようにスピーカの担当するエリアをきめて、一つのエリアで映像のどの要素によって、音の制御を行うか検証する。図-3 のようにエリアを設定すると、大規模スピーカアレイシステムを縦に 16 分割、横に 16 分割することができ、合計 256 個のエリアができる。エリア一つ当たりの大きさは、縦 17 cm、横 15 cm である。



図-2 エリア

5. 作品の例

i 列目 j 行目のエリアのスピーカを a_{ij} として、 i 列目 j 行目のエリアのスピーカで出す音の大きさを $L(a_{ij})$ と定義する。

5.1 音から映像を生成

まず、周波数帯域ごとに 500 グループをつくる。分けたグループごとに円のオブジェクトを用意する。そのグループの最も小さい周波数の値を hsb カラーマップにマッピングして、オブジェクトの色を決める。オブジェクトの動きは、以下の式のように、フレームが変わるたびに更新する。 n フレーム目の位置 $(X(n), Y(n))$ に対して、音の大きさ $L(n)$ が大きいほど、半径が大きく、角度が大きい弧を描いて回転移動する。(関数 F, Q は定数)

$$X(n+1) = X(n) + F(L(n)) \cos(Q(L(n))) \quad (1)$$

$$Y(n+1) = Y(n) + F(L(n)) \sin(Q(L(n))) \quad (2)$$

また、音が大きいほど、オブジェクトの円の半径も大きくなる。

5.2 音から映像を生成

a_{ij} のエリアに対応する画面上のエリアの中にオブジェクトが入った時にスピーカが作動して、 a_{ij} エリアの中にあるオブジェクトの個数が増えると、 $L(a_{ij})$ が大きくなるようにする。実際にどのようにスピーカが作動しているか、図-3 で示す。黒い枠で囲まれた部分でスピーカを作動されることで、オブジェクトを音源とするような映像を作る。

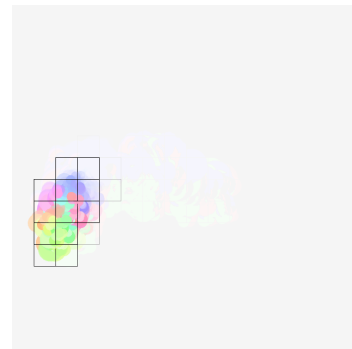


図-3 映像に対する作動スピーカの位置

6. むすび

現在、システムが構成中であり、今後、制作、考察と評価を加える。最終的な作品として、音楽の楽器ごとにオブジェクトを制御したい。また、音からオブジェクトの動きを生成する部分も、人間の心理的な影響を含めて制作していきたい。

参考文献

- [1] Yamanaka Yusei, Oikawa Yasuhiro, "Large-scale Loudspeaker Array System for Sound Field Creation using High Speed 1 bit Signal Processing, "
- [2] 黒川 翔瑠, 津國 和泉, 池田 雄介, 及川 靖広, "多角形スピーカアレイを用いた局所音場合成における音像定位評価", 日本音響学会講演論文集, pp. 671 - 672, Sep. 2019.
- [3] 黒川 翔瑠, 津國 和泉, 池田 雄介, 小坂 直敏, 及川 靖広, "多チャンネル高速 1 bit 信号を用いた没入型 3 次元音場再生システム" 日本音響学会講演論文集, pp. 431 - 432, Sep. 2018.
- [4] 桑原 圭裕, "映像と音の同期—「動画先行の原則」の根拠と応用"