

# CONCERT VIEWING HEADPHONES: 音と映像によるコンサート鑑賞インタフェース

宮下 佐和子<sup>†</sup> 厚田 和也<sup>†</sup> 宇佐美 敦志<sup>†</sup>

浜中 雅俊<sup>†</sup> 李 昇姫<sup>‡</sup>

本稿では、プロジェクタ、方位センサ、仰角センサ、距離センサを搭載したヘッドフォン CONCERT VIEWING HEADPHONES について述べる。従来のライブ映像は、カメラの撮影範囲が狭く、ライブの一部分のみしか見ることができず、自分が見たいときに特定の奏者の演奏を見ることができなかった。これに対し CONCERT VIEWING HEADPHONES ではユーザが左右に頭を動かしたり、耳に手をかざす動作に応じて、プロジェクタから出力される映像とヘッドフォンから出力される音を変化させることを可能にする。

## CONCERT VIEWING HEADPHONES: An Audiovisual Interface for Concert Viewing

SAWAKO MIYASHITA<sup>†</sup> KAZUYA ATSUTA<sup>‡</sup> ATSUSHI USAMI<sup>†</sup>

MASATOSHI HAMANAKA<sup>†</sup> SEUNGHEE LEE<sup>††</sup>

In this paper, we describe a headphone called *CONCERT VIEWING HEADPHONES* which equipped with a projector, a compass sensor, an elevation sensor, and the distance sensor. Usually, music live video image is taken within the narrow range, and the range where the image can be seen is a part of a music live stage. Therefore a user was not able to see the performance of the specific player when the user wants to see. The *CONCERT VIEWING HEADPHONES* detects operation that the user moves his head toward right and left, and prick up his ears by the user cups his hands beside ears, and the system switches the sound and the image output from headphone and projector.

### 1. はじめに

本稿では、プロジェクタを搭載したヘッドフォン CONCERT VIEWING HEADPHONES について述べる。CONCERT VIEWING HEADPHONES は広い画角で撮影された映像および様々な位置で録音した音源から、人間が音を聴くときの直感的な動きにより、映像や音源を選択的に再生することを可能とする。具体的には、ヘッドフォンに搭載された方位センサと傾斜センサにより頭の向きを検出し、向いている方向に応じてヘッドフォンに搭載したプロジェクタから出力される映像を切り替えることができる。また距離センサにより、耳に手をかざし音を注聴するポーズをとると、手と耳との距離に応じて現在見ている映像を拡大して表示す

ることができる。映像と同様に音源も、頭の向きや手と耳との距離に応じて、ミキシング（複数音源の混合比）を変更する。したがって、コンサートの映像を使用した場合、頭を左右上下に動かしたり、手を耳に近づけたりすることで、自分が見たい演奏者を探しながら楽しむことが可能である。

従来の DVD など市販されているライブ映像は、画角の狭い通常のカメラで撮影されていたため、ステージの一部しか撮影されていなかった。本研究ではステージ全体を撮影するために、広い画角の映像が得られる円周魚眼レンズを用いて撮影する。円周魚眼レンズとは、180° の画角の映像を円形に投影することのできるカメラレンズで、中心の画像は歪みが少ないが周辺部の画像は歪みが大きいという特徴がある。

従来、魚眼レンズ等を用いて球面パノラマを生成して、その一部を平面ディスプレイに表示して見渡すことのできるシステムとして、CubicVR<sup>1)</sup> という技術があったが、CubicVR はマウス操作でディスプレイ上の映像を回転する必要があり、長時間使用すると疲労

<sup>†</sup> 筑波大学 大学院 システム情報工学研究科  
University of Tsukuba, Graduate School of Systems and Information Engineering

<sup>‡</sup> 筑波大学 大学院 人間総合科学研究科  
University of Tsukuba, Graduate School of CHS

するという問題があった。そこで我々は、方位センサと傾斜センサを搭載したヘッドフォンを用い、頭部の方向に応じて映像を切り替えることで直感的な操作を可能にした。

CONCERT VIEWING HEADPHONES では映像にあわせて音源のミキシングも変更する。従来の DVD などのライブ映像の音量バランスは、予めミックスダウンされていたため、自分の聴きたい演奏者の音を選択的に聴くことはできなかった。一方、頭部の方向に応じてミキシングを変更する Sound Scope Headphones<sup>2)</sup> というシステムが提案されていたが、Sound Scope Headphones では映像については扱っていなかった。本研究では魚眼カメラでの撮影とともに、ステージの様々な箇所にマイクを設置することで、表示されている映像の中の複数箇所で録音した音源を用意する。このとき、マイクは映像上のあらゆる点に用意するのが理想であるが、それは現実的には困難で、マイクの無い位置の映像が表示されたときに、どのようにミキシングするのが問題となる。本研究では、各演奏者の位置に仮想のマイクがあると考え、その仮想マイクの画面上の位置と画面の中心との距離に基づき、ミキシングすることで映像に対応した音を出力できるようにした。

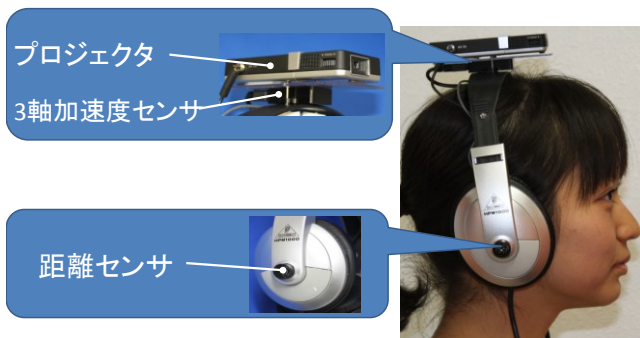


図1 CONCERT VIEWING HEADPHONES

魚眼カメラおよび 37 台のマイクを用いてコンサートを記録し、システムを動作させた結果、ユーザは自分の聴きたい演奏者を探しながらコンサートの映像および音を楽しむことができた。

## 2. CONCERT VIEWING HEADPHONES

方位センサと傾斜センサ、距離センサを搭載した CONCERT VIEWING HEADPHONES は、映像処理機能と音源処理機能の二つから構成される。方位センサと傾斜センサによりユーザの頭部の仰角と方位角を検出する。そして魚眼カメラの映像から、その仰角、方

位角に対応した映像を切り取り、プロジェクタに出力する。また、切り取った映像にあわせて、その映像中にある仮想マイクの音をミキシングして出力する。

### 2.1 映像処理機能

映像処理機能は、ユーザの頭部の変化により映像を変化させる視野画像切り出し部、プロジェクタ用の映像に変形する台形補正部、プロジェクタによって壁に投影する出力部からなる。

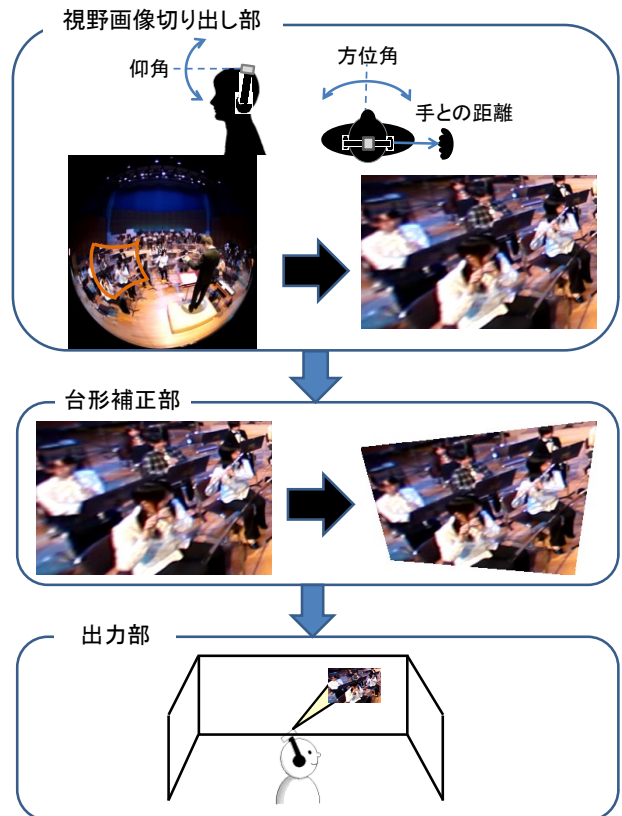


図2 映像処理機能の全体の流れ

**視野画像切り出し部**：方位センサと傾斜センサからユーザの頭部の仰角と方位角を検出し、それに対応したステージ上の箇所の周辺を中心に、魚眼レンズの映像の歪みを補正し、標準レンズ映像に変換した画像を切り取る。また、距離センサに手をかざし、耳をすます動作をとることによって、切り取られた映像がズームされ、さらに詳細な範囲の映像が表示される。ズームの倍率は、手と距離センサとの距離に比例する。

**台形補正部**：ユーザが左右を向きステージの端を写す場合、プロジェクタを傾けて壁に投影することになる。このようにして投影された映像は、正面で投影したときよりも拡大・縮小され、台形になるため、台形歪みと呼ばれる。本研究ではプロジェクタを傾けて投影した場合も映像が変形しないように、仰角・方位角に応

じて映像の処理を行う．具体的には，台形歪みと逆方向に歪みを加える処理を行う．このとき，方位センサと傾斜センサの情報から投影距離を算出し，正面での投影距離と比較することによって映像の拡大・縮小率を決定する．

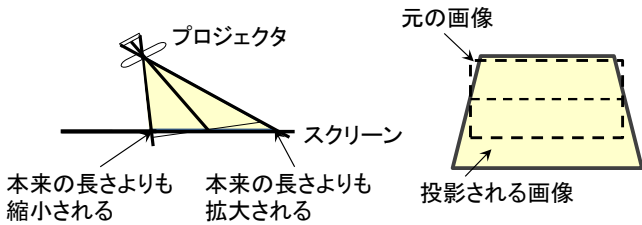


図3 プロジェクタを傾けたときの投影

出力部：映像をプロジェクタに出力する．平面のスクリーンに 180° にわたる画像をすべて表示すると，視覚的に不自然となるため，屋内で使用することを前提として，正面だけではなく左右の壁を利用して映像を投影する．

左右の壁に映す場合，角を超えて映像を撮影すると台形補正が各壁に対応した変形に切り替わる．

CONCERT VIEWING HEADPHONES では，使用前に左右の角に向けてスイッチを押し，角までの角度をキャリブレーションする．例えば，左の角を超えた場合，プロジェクタを右端に向けたときの台形補正に切り替わる．

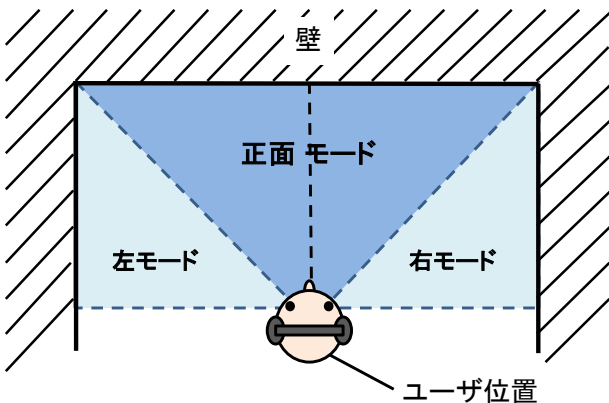


図4 角度情報による壁のモード切り替え

## 2.2 音源ミックス機能

音源ミックス機能は，マイクを取り付けなかった演奏者に対して行う仮想マイク生成部，ユーザ視野中心から各演奏者の距離を求める距離算出部，ヘッドフォンから出力する音を決する音源ミックス部からなる．

仮想マイク生成部：本システムではステージ上の各演奏者の演奏音を，ユーザが個別に操作できるようにする．このとき，全演奏者にマイクを取り付けることが

理想的であるが，数十人から百人近くまで及ぶオーケストラ等においては全員に取り付けることは現実的ではなく，音源データも膨大になる．そこで，楽曲のパート数分のマイクにより録音することにする．つまり，同じパートを複数の演奏者が演奏する場合には，そのうち1名にマイクを取り付ける．マイクを取り付けなかった演奏者に関しては，その演奏者から距離の近いマイクの音源を距離に応じてミックスしたものを仮想マイクとし，各演奏者のミキシング比率をコントロールするのに用いることにする．

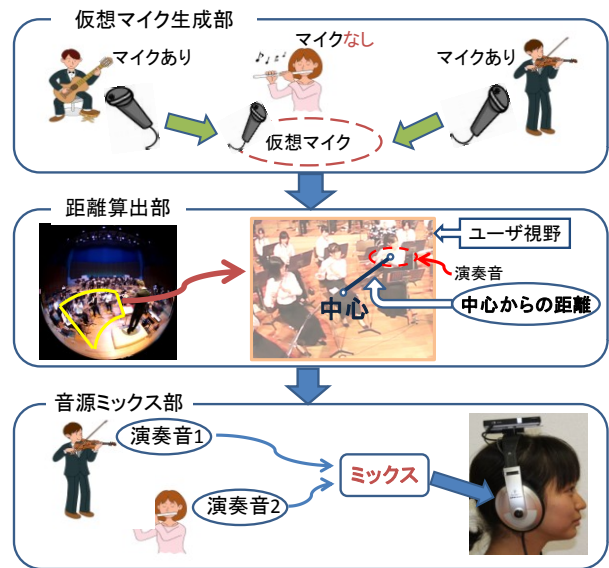


図5 音源ミックス機能の全体の流れ

距離算出部：魚眼カメラで撮影した映像を切り出したユーザ視野の中心から演奏者までの距離をもとに演奏者毎のミキシング比率を求める．距離の算出方法は魚眼カメラで撮影した映像の座標系における現在のユーザ視野および各演奏者の位置から算出する．

音源ミックス部：距離算出部で求めた位置情報より現在のユーザ視野内に各演奏者がいるかどうか判定する．視野外の演奏者については演奏音に対するミキシング比率を0としてミュートにする．視野内の奏者については視野中心に近い演奏者の音ほど強調されるように，距離算出部で求めた距離が小さいほどミキシング比率が大きくなるような関数を設定してその比率を求める．そして各演奏音に求めた比率を掛け，それらを足し合わせたものを最終的なヘッドフォンからの出力とする．

ミキシング比率算出の関数は図6に示す5種類を用意し，3節の評価実験でそれらと比較・評価した．図中の画面中央との距離は画面の縦幅を1としており，各関数は画面中央との距離が0のときミキシング比率が1

に、0.5 のとき 0.1 になるように調整してある。

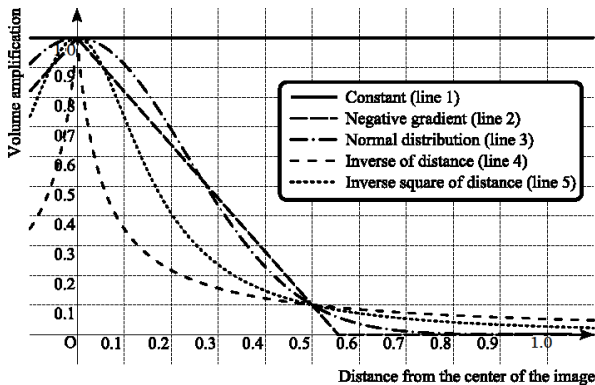


図6 ミキシングに用いる関数

ユーザの頭の動きによってユーザ視野が変化するためミキシングも変化する。耳に手を近づけて映像のズームを行った場合には、画面周辺にいた演奏者は画面の外に出てしまったり、中心から遠ざかるため、中心付近にいる演奏者の音が、さらに強調される。

### 3. 実験結果

本システムで用いる映像・音源は、コンサートホール (Nova ホール) で行われた筑波大学吹奏楽団の演奏会において収録した。

マイクとカメラの位置については図7に示す。マイクを取り付けた演奏者は黄色で示す。今回はパート数が37パートであったため37台のコンデンサマイクによる多チャンネル録音を行った。カメラは図中下部の設置場所の高さ 2.5m の位置から魚眼カメラにより、

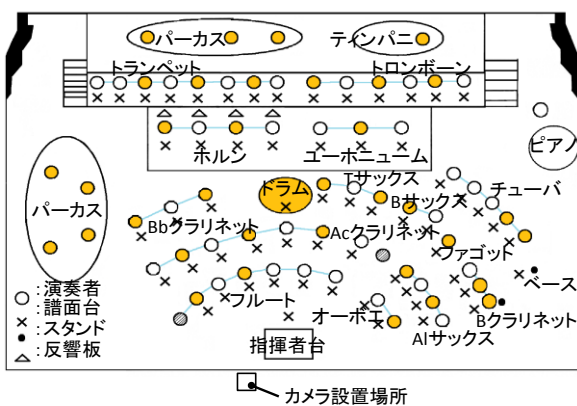


図7 マイクの取り付け配置図

奏者の全員が映るよう撮影した。

2.2 節の音源ミックス部で述べた 5 種の関数のうち、いずれを用いると映像の変化とミキシングの変化の対応関係が自然となるのか実験を行った。具体的には映像上の 1 点に 440Hz の正弦波を置き、聴覚のみでその音を探すタスクを行い、より早く探せる関数を求め

た。音の位置はランダムで 5 回の試行を行った。被験者は 10 人でその平均を求めた。

表1 正弦波を見つけるまでの時間

関数	ズームなし[s]	ズームあり[s]
一定	112.5	56.2
傾き負の直線	29.2	24.0
正規分布	32.6	17.8
距離の逆数	30.9	20.8
逆数の 2 乗	23.8	16.9

この結果より逆数の 2 乗の関数が最も早く探せることがわかった。また、ズーム機能を用いると、さらに早く探せることがわかった。また実験直後に、各関数について特徴や違いについてアンケートした結果、逆数の 2 乗に対して「音の違いがよくわかった」「様々な楽器音を最も聴き分けられた」という意見が多かった。

### 4. おわりに

本論文では、方位センサと傾斜センサ、距離センサを搭載した CONCERT VIEWING HEADPHONES を開発し、その処理機能について映像・音源に分けて述べた。実験の結果、仮想マイクを用いた 37 台の音源のミキシングは自然に切り替わることがわかった。また、聴きたい音を探すために、映像の音源のズーム機能は有用であることがわかった。

今後、映像に関しても評価実験を行い、映像の切り替えやズームなどが自然であるかを検討していきたい。

**謝辞** 本研究の演奏映像を提供して下さった筑波大学 吹奏楽団の皆様へ感謝いたします。

### 参考文献

- 1) Apple, QuickTime Tutorials, <http://www.apple.com/quicktime/tutorials/>.
- 2) 浜中雅俊, 李昇姫: サウンドスコープヘッドフォン, 日本バーチャリアリティ学会論文誌, Vol.12, No.3, pp.295-304 (2007).