

透過型ヘッドマウントディスプレイを用いた三次元音場情報可視化システム

Visualization system for sound field using see-through head-mounted display

5116E002-1 井上 敦登 指導教員 及川 靖広 教授

INOUE Atsuto

Prof. OIKAWA Yasuhiro

概要: 本研究では、透過型ヘッドマウントディスプレイ (HMD) によって三次元音場情報を視覚情報に拡張するシステムを提案する。平面ディスプレイ上での可視化と比べて、両眼立体視と自由な視点移動が可能なることから、立体的な音の伝搬を直感的に理解できる。音エネルギーの流れを表す三次元音響インテンシティマップを可視化対象とし、異なる透過型 HMD を用いた二種類の可視化システムと、その一方と併用できる計測システムを作成した。可視化実験より、二つの作成可視化システムの比較を行うとともに、音場の可視化における透過型 HMD の有効性を確認した。

キーワード: 音響インテンシティ計測, マーカ画像認識, 自己位置推定, 周囲環境マップ, 拡張現実, 複合現実

Keywords: Sound intensity, marker detection, simultaneous localization and mapping (SLAM), augmented reality (AR), mixed reality (MR)

1. ま え が き

音場の可視化は音の発生源や伝搬の理解を手助けする。特にカメラ映像に音場情報を重畳する可視化手法は、空間と音場情報の関連を効率的に把握できる。しかし、三次元音場情報の可視化において、単一カメラ映像と平面ディスプレイでは奥行き情報の表現が困難である。

一方、視覚情報に三次元コンピュータグラフィクス (3DCG) を重畳できる透過型ヘッドマウントディスプレイ (HMD) が近年注目されている。目に見えない物理現象を 3DCG で表現し、センサが取得した空間情報に合わせて重畳すると、奥行き感のある拡張現実 (AR) または複合現実 (MR) で可視化することができる。

そこで本研究では、透過型 HMD により三次元音場情報を視覚情報に拡張するシステムを提案する。音エネルギーの流れを表す三次元音響インテンシティマップを可視化対象とし、異なる透過型 HMD と AR/MR 技術を用いた可視化システムを二つ作成した [1, 2]。さらに、一方の可視化システムと併用し、可視化しながら音響インテンシティを計測できるシステムを作成した。可視化実験を行い、二つの可視化システムの比較と、音場の可視化における透過型 HMD の有効性を検証する。

2. システム

二種類の可視化システムは、異なる形式の透過型 HMD と、AR/MR を実現するための観測位置を取得するセンシング技術を用いた。概要を表-1 に表す。

表-1: 作成システムで用いた透過型 HMD と AR/MR 技術の概要

Section	Types of ST-HMD	AR/MR technology
2.1	Video ST-HMD	Marker detection
2.2	Optical ST-HMD	SLAM

2.1 ビデオ透過型システム

図-1 にビデオ透過型 HMD とマーカ画像認識による可視化システムの使用例を表す。初めに、可視化対象付近にマーカ画像 (以下、空間マーカ) を任意の枚数設置し、これらの相対位置関係をカメラを走査して登録する。その後、空間マーカ群と可視化対象の位置関係も登録する。ステレオカメラ映像内で空間マーカが認識されると、観測者と可視化対象の位置関係が取得できる。この情報から、ビデオ透過型 HMD が接続された PC 内で、ステレオ映像内の可視化対象上に音場情報 3DCG を重畳する。三次元音響インテンシティ計測を行う場合は、四点マイクロホンに取り付けられたマーカ画像と空間マーカをステレオカメラ映像内で同時に認識させる。この時、認識されたマーカから四点マイクロホンと可視化対象の位置関係を取得すると同時に、四つの音圧信号を保存する。これらの情報から、一点の三次元音響インテンシティを可視化できる [1]。既に計測した地点から設定した距離離れた時、新しい地点の計測および可視化を自動で行う。

2.2 光学透過型システム

図-2 に光学透過型 HMD と自己位置推定および環境マッピング (SLAM) センサによる可視化システムの使用例を表す。SLAM センサは周囲の空間形状とその形状に対する観測者の位置情報を常に取得する。システム起動後、一枚のマーカ画像を認識または手動設定により、音場情報 3DCG を表示する位置を設定する。SLAM センサの情報を用いると、常に設定した位置に音場情報 3DCG があるように表示させることができる [2]。

映像上に CG を重ねるビデオ透過型 HMD に比べて、実空間に直接 CG を重ねる光学透過型 HMD は人にとってより自然な可視化を実現する。また、SLAM センサがマーカ画像認識よりも広範囲からの観測を可能にした。

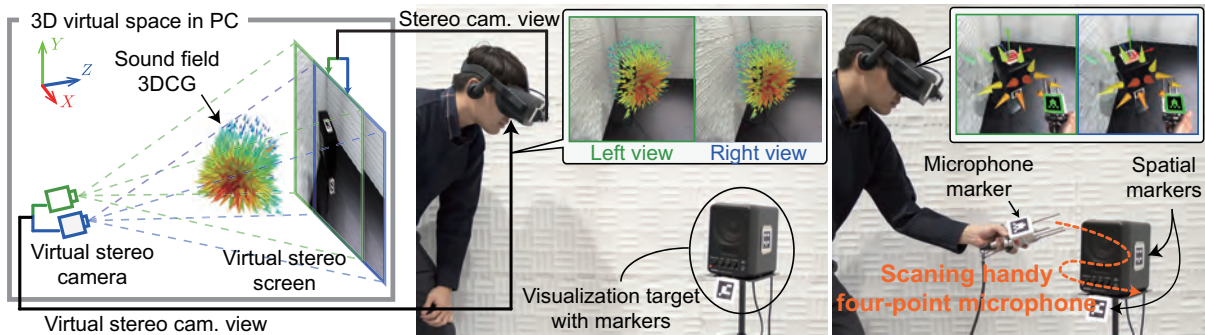


図-1: ビデオ透過型システムを用いてスピーカ周囲の三次元音響インテンシティマップを計測・可視化する様子。円錐型 3DCG の先端方向が音響インテンシティの方向成分, 色と高さが音響インテンシティレベルを表す。

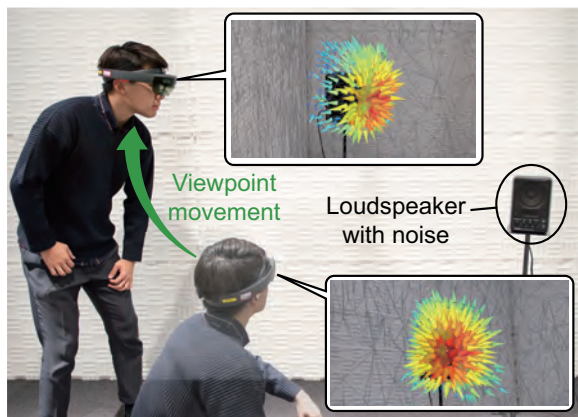


図-2: 光学透過型システムを用いてスピーカ周囲の三次元音響インテンシティマップを可視化する様子。ワイヤースケルトンは認識した空間形状を表している。

3. 車エンジン音の可視化

音響インテンシティマップの可視化事例として, 定期的な音を発する製品の音響設計が挙げられる。本実験では, カーフードを開けた車のエンジン周囲の三次元音響インテンシティマップを可視化した。エンジンの回転数は 2000 rpm で, 計測は 15 分で 1374 点行った。

同様の計測データを 2 つの周波数帯域 (中心周波数 250, 630 Hz 1/3 オクターブ帯域) で可視化したときの単一視点画像を図-3 に表す。250Hz 周辺の周波数の音は車体下から, 630Hz 周辺の周波数の音はエンジン部から出力される様子が確認できた。また, 横方向からの観測より, エンジン周囲から出力された音がカーフード下で反射している様子が確認できた。

立体的な観測ができる透過型 HMD を用いると, 3DCG が密集するエンジン周辺の音伝搬がより直感的に観測できた。また, 横方向からの観測において二つの可視化システムを比較すると, ビデオ透過型システムでは全ての 3DCG が映像上に拡張されるのに対して, 光学透過型システムは車体形状を SLAM センサが認識していることから, 観測者から見て車の裏側の音響インテンシティ 3DCG をワイヤースケルトンに隠すことができた。

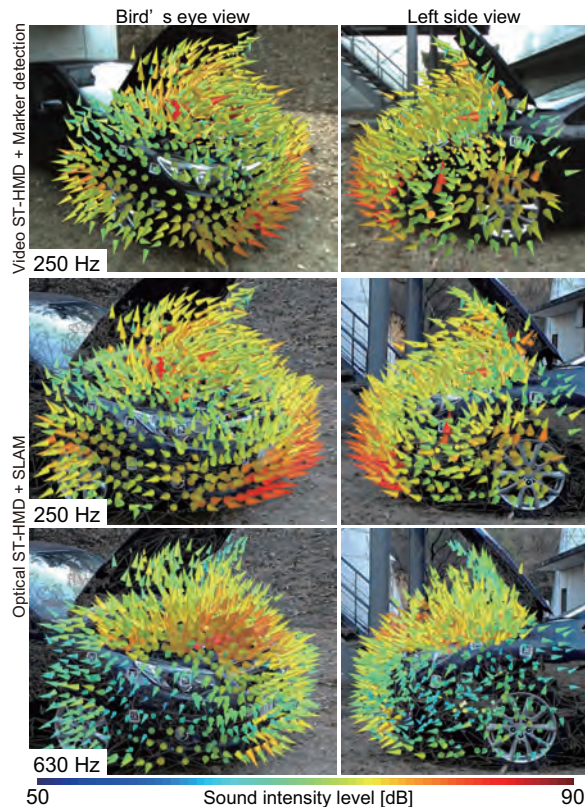


図-3: 車のエンジン周囲の三次元音響インテンシティマップ可視化

4. むすび

透過型 HMD により三次元音場情報を視覚情報に重畳するシステムを作成し, 三次元音響インテンシティマップの可視化を行った。両眼立体視と視点移動により, 立体的な音の伝搬情報をより直感的に把握できた。今後は光学透過型システムと併用が可能な計測システムを作成することで, より広範囲な音場の可視化を目指す。

参考文献

- [1] A. Inoue, Y. Ikeda, K. Yatabe and Y. Oikawa, "Three-dimensional sound-field visualization system using head mounted display and stereo camera," Proc. Mtgs. Acoust., vol.29, no.1, pp.25001, Dec. 2016.
- [2] A. Inoue, K. Yatabe, Y. Oikawa and Y. Ikeda, "Visualization of 3D sound field using see-through head mounted display," SIGGRAPH '17 Posters, July 2017.