

拡張現実技術を用いた音場・磁場の可視化

Visualization of sound field and magnetic field by using augmented reality

1W172025-2 石塚 愛莉 指導教員 及川 靖広 教授
ISHIZUKA Eri Prof. OIKAWA Yasuhiro

概要：三次元空間における局所的な音場の可視化を目的として、ヘッドマウントディスプレイを用いた三次元音響インテンシティの可視化が取り組まれてきた。音響インテンシティの可視化は音の物理現象の確認に適しているが、人間の聴覚は考慮されていない。本研究では人間が感じている主観的な量の可視化を目的とし、A特性音圧レベルの可視化を提案する。Apple社のiPad Proの拡張現実技術を用いて実空間上にA特性音圧レベルを重畳し、騒音のA特性音圧分布を確認した。また、ガス会社ではガス管内で音響信号に対応する磁場を発生させ、作業員が磁場を音響信号に再変換し、壁越しに聴くことで、ガス管のメンテナンス箇所を特定してきた。この手法を応用し、磁場から再変換された音響信号の二乗平均値を可視化することで、人間の耳に依存しないガス管のメンテナンス箇所の特定に取り組んだ。

キーワード：可視化, 音場, 磁場, 拡張現実, A特性音圧レベル

Keywords: visualization, sound field, magnetic field, augmented reality, A-weighted sound pressure level

1. まえがき

近年、本研究室では、ビデオ透過型ヘッドマウントディスプレイや光学透過型ヘッドマウントディスプレイを用いた三次元音響インテンシティの可視化に取り組み、実空間上で音場の様子を可視化することの有効性を示してきた[1-3]。音響インテンシティは音のエネルギーの大きさと伝搬方向を含んだベクトル量であり、可視化は音の物理現象の理解の助けとなる。一方で、音響インテンシティは物理量であり、人間の聴覚は考慮されていない。そこで、本研究では人間が感じている主観的な量の可視化を目的とし、拡張現実技術(AR技術)を用いてA特性音圧レベルを実空間上に重畳する音場の可視化システムを提案する。A特性音圧レベルは人間の聴覚を考慮して周波数ごとに重み付けされている音圧レベルである。AR技術を実現させるデバイスとして、Apple社のiPad Proを用いた。

また、音は様々な検査に用いられており、ガス管のメンテナンス箇所を確認する検査もその一種である。ガス管の検査では、ガス管内に音響信号に対応した磁場を発生させる装置を走査させ、作業員が壁や床越しにコイルを用いて磁場を音響信号に再変換し、耳で聞き取り、音の発生箇所を推定することでメンテナンス箇所を推定している。この手法は熟練された技術を持った作業員が必要なことに加え、人間の耳の聞こえ方に依っており、より効率的な検査技術が求められている。そこで、磁場から受信した信号を音響信号に変換し、信号の二乗平均値を提案システムを用いて可視化することでガス管内のメンテナンス箇所を推定することを試みる。

2. 提案システム

音場、磁場の可視化システム概要を図-1、図-2に示す。

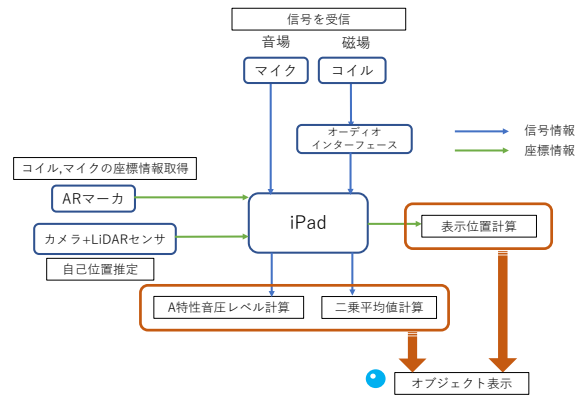


図-1 音場、磁場の可視化プロセス

音場の可視化システムでは、計測がスタートすると、マイクが1秒ごとに音響信号を取得する。取得した信号から8192サンプルを用いて音圧レベルを計算する。マイクから取得した8192サンプルとA特性フィルタのインパルス応答を時間領域で畳み込み、A特性フィルタをかける。得られた信号を用いて計算された音圧レベルがA特性音圧レベルとなる。マイクにはARマーカが取り付けられており、計測点の座標情報と回転情報は、ARマーカの座標情報と回転情報を用いて計算される。こうして求められた計測点に、A特性音圧レベルを表す球状のオブジェクトが表示される。球状のオブジェクトは、(1) ARマーカが認識されている (2) オブジェクトの周囲の一定の範囲内にオブジェクトが存在しない (3) 前回のオブジェクトが表示されてから1秒以上が経過している、の三条件が満たされたとき、表示されるようになっており、複数のオブジェクトが同じ位置に重ならないようになっている。

磁場の可視化システムにおけるプロセスでは、コイルから受信した信号をオーディオインターフェースに送信

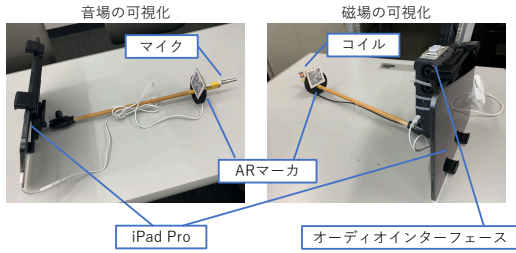


図-2 音場, 磁場の可視化システム概要

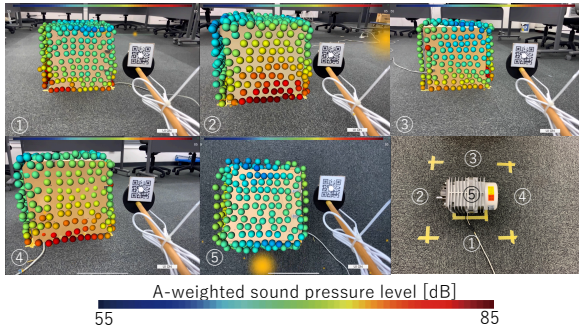


図-3 コンプレッサ騒音の A 特性音圧レベル分布

する。これは、コイルが受信した信号を音響信号に変換する際に、オーディオインターフェースを介した方が、容易となるからである。また、オブジェクトが表しているものは、A 特性音圧レベルではなく、取得した信号の二乗平均値である。求められた信号の二乗平均値をオブジェクトの色で表し、磁場の発生箇所の推定を行う。

3. 音場の可視化計測実験

提案システムを用いて音場の可視化計測実験を行った。コンプレッサを騒音源として木製の箱で覆い、箱の周辺の五面において、提案システムを用いて音場の可視化を行った。コンプレッサは日東工器株式会社 AC 型コンプレッサ AC0910 を用い、早稲田大学 59 号館 415 教室で計測を行った。仮想オブジェクト間隔は 0.015m に設定し、計測環境における暗騒音の A 特性音圧レベルは 45.5dB だった。

計測結果を図-3 に示す。コンプレッサが空気を送出している部分がある面②と、面②と向かい合う面④における A 特性音圧レベル分布は約 73~85dB となっており、五面の中で特に強い騒音源になっていることがわかる。面①,③は約 64~79dB になっており、面②,④と比較すると A 特性音圧レベルが小さくなっている。面⑤は約 63~67dB の A 特性音圧分布になっており、コンプレッサから放出された音は、上面には放射されにくいことがわかる。面①~④はいずれも床との接触部に近づくほど A 特性音圧レベルが大きくなっており、床との接触部から音が漏れている様子を確認することができる。

4. 磁場の可視化計測実験

提案システムを用いて、磁場の可視化計測実験を行っ

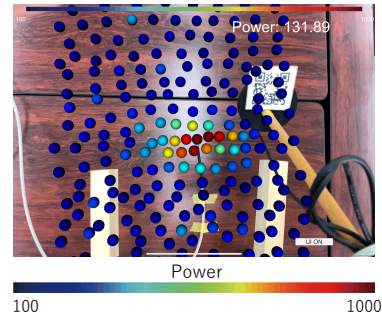


図-4 磁場の可視化計測実験の計測結果

た。磁場の発生装置として、ピンポンサーチを用いた。ピンポンサーチとは、ガス管内のメンテナンス箇所を推定するためのシステムである。ガス管の入口からメンテナンス箇所までの距離は判明しており、まず第一に、ガス管のメンテナンス箇所の距離までコイルを挿入する。コイルの先端には発信アンテナがあり、発信機に音響信号を入力することで、発信アンテナから音響信号に対応した磁場が発生する。発信アンテナから発生した磁場を、作業員が所持しているコイルが受け取ると、再び音響信号に変換され、音として聴くことができる。作業員は受け取った音から、発信アンテナの位置を推定することで、ガス管のメンテナンス箇所を推定している。ホワイトノイズを用いて磁場を発生させ、壁を模した木製の板の下にピンポンサーチのアンテナ部を隠し、提案システムを用いて磁場を可視化することによってアンテナ部の位置特定を試みた。早稲田大学 59 号館表現工学科会議室にて計測を行い、仮想オブジェクト間隔は 0.01m に設定した。計測結果を図-4 に示す。図-4 より、ピンポンサーチのアンテナ部の位置に、信号の二乗平均値のピークが出現している様子を確認することができる。信号の二乗平均値を実空間上に重畳することによって、ガス管のメンテナンス箇所を壁越しに推定することができた。

5. むすび

本研究では拡張現実技術を用いて三次元空間における局所的な音場、磁場の可視化に取り組み、実際に計測実験を行った。提案システムを用いることで、騒音対策やガス管のメンテナンス箇所の推定に活用することができると考えられる。今後はマルチチャンネルへの拡張や、可視化結果の保存・再現について検討していく。

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, 25001, Dec. 2016.
- [2] A. Inoue, Y. Ikeda, K. Yatabe and Y. Oikawa, "Visualization system for sound field using see-through head mounted display," Acoust. Sci. & Tech., vol. 40, pp.1-11, Jan. 2019.
- [3] Y. Kataoka, W. Teraoka, Y. Oikawa and Y. Ikeda, "Real-time Measurement and Display System of 3D Sound Intensity Map using Optical See-Through Head Mounted Display," SIGGRAPH Asia, Posters, No. 71, Dec. 2018.