

3Dプリンタで創る音の触感 —身近なものでフェーズドアレイ—

1. 背景

昨今、感染症予防及びメタバースの普及によって非接触の需要は非常に高まっている。視覚・聴覚情報の提示には情報提示装置との物理的接触の必要はないが触覚情報の提示には物理的接触が必要となる。この問題を解決する既存の手法として超音波フェーズドアレイの音響放射圧を用いて非接触で触覚提示を実現するものが存在する。しかし、超音波のフェーズドアレイには多数の振動子の位相を同時に制御する必要があることから実現には FPGA といった膨大な並列計算機資源が必要である。そのため、既存の製品は個人が導入・検証を行うには非常に高額であり、自作するには学習・作成コスト共に高いため、普及には大きな問題が存在する。

2. 目的

本プロジェクトでは簡便かつ安価でありながら高い汎用性を持った新たなフェーズドアレイ手法を考案・実装することで、個人でも手軽に超音波フェーズドアレイを実現できることを示し、非接触型触覚提示技術の研究開発と普及を促進させることを目的とした。

3. 開発の内容

本プロジェクトでは超音波フェーズドアレイを簡便に実現するための手法の提案および装置の開発を行った。

3.1. 手法

振動子の位置制御による新たなフェーズドアレイ手法及び、凹凸形状を持った板（以下、位相記録板）と上下に可動な振動子アレイによって物理的に行うことで簡便に実現する手法を考案した（図 1）。

同時に位相記録板の薄型化手法についても発案し、板表面の導電面配置によるフェーズドアレイ手法を考案した（図 2）。

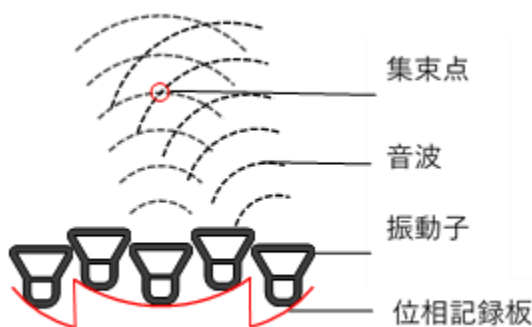


図 1: 凹凸形状で音の集束をしているイメージ

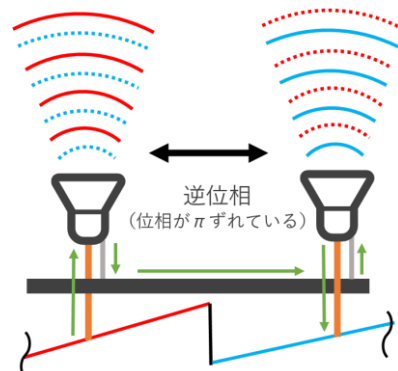


図 2: 位相記録板の薄型化

3.2. 振動子アレイ

上記手法を実現する振動子アレイを試作機 3 つと実用可能なもの 3 つを作成した。

- ・ 一号機
振動子 85 個を利用し、3D プリンタの造形物と身近な材料を用いて作成した(図 3)。
- ・ 二号機
振動子 154 個を利用し、独自設計の PCB によって個々の振動子の取り外しを可能とすることでメンテナンス性と組み立ての簡便性を確保した。また、はんだ付けを行わずに作成することもできた(図 4)。
- ・ 三号機
振動子 342 個を利用し、独自設計の PCB によって大型の振動子アレイを作成した(図 5)。

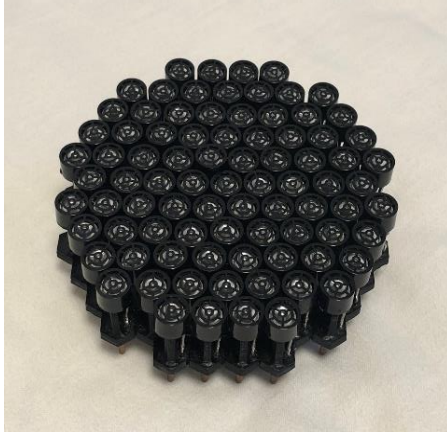


図 3: 一号機



図 4: 二号機



図 5: 三号機

3.3. 位相記録板

- ・ 3D プリンタでの実装例
位相記録板を 3D プリンタで作成した(図 6)。凹凸形状はパラメータ入力のみで形状を生成することができる CAD のアドオンを作成し、導電面の加工は市販されているアルミホイルや DIY 用の銅箔テープを用いる事ができるため、知識がなくとも簡便に作成することができる。

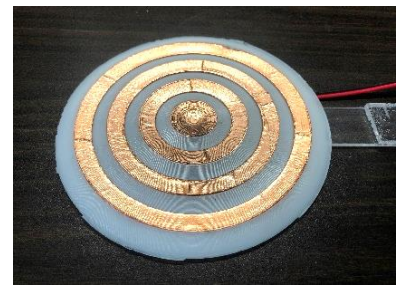


図 6: 3D プリンタで作成した位相記録板

- ・ 身近な材料を用いた実装例
本プロジェクトでは任意の形状によって任意のフェーズアレイを実現することができるため、紙粘土や紙といった身近なものを用いても位相記録板を作成し、フェーズアレイを実現することができる(図 7、図 8)。



図 7: 紙粘土で作成した位相記録板 図 8: 紙で作成している様子

3.4. 評価

- ・ 測定
本プロジェクトで考案・実装を行った手法でフェーズドアレイが行えているかを検証するため、音を直線上に集める位相記録板を利用して音圧分布を測定し、理論通りにフェーズドアレイが行えていることを確認した。
- ・ ユーザテスト
手軽かつ簡便に使えることを検証するため、中高生向けの研究発表の場であるサイエンスキャッスル 2021 関東大会の場を借りて様々な人に使用してもらった(図 9)。また、友人を招いてワークショップを行った。どちらも動作原理が単純であるため、使用者自ら応用手法を模索するといったことが見られた(図 10)。



図 9: サイエンスキャッスルにて

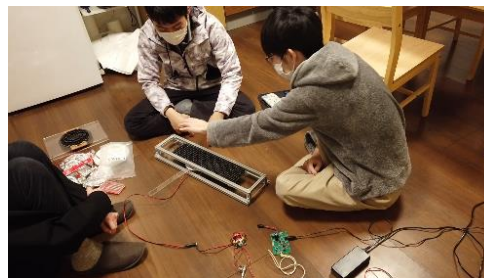


図 10: 友人とのワークショップ

4. 従来の技術(または機能)との相違

既存のフェーズドアレイ技術では位相を制御するために FPGA などの計算資源を利用する必要があったが、本プロジェクトでは新たに振動子の位置制御による非常に単純な動作原理を考案した。原理だけでなく、デバイス自体も紙粘土といった身近なものを用いて凹凸形状を作ることによってフェーズドアレイを実現することができるのに加えて、既存の指向性スピーカに利用されている発振回路や、Arduino といったマイコンなどを利用することも可能である柔軟性を兼ね備えている。

5. 期待される効果

非接触の需要が入による多様なフェーズドアレイ技術の応用例の拡大・普及が期待される。また、フェーズドアレイ手法の簡便・単純化により、フェーズドアレイと他の波形制御技術の組み合わせを容易に行うことができるようになったことなどから研究開発の促進が期待される。

6. 普及(または活用)の見通し

本プロジェクトで考案した手法や作成したデバイスの公開と振動子アレイの販売を予定している。従来の手法・デバイスと同様の応用ができる他に、本プロジェクトで作成したデバイスにより今後技術・知識がなくともフェーズドアレイを利用できることから他分野に活用したり、直感的にフェーズドアレイを行うことができるという特徴から教育に用いたりといった従来手法では実現できなかったフェーズドアレイの活用分野の拡張を実現したい。

7. クリエータ名(所属)

望月 草馬(筑波大学 情報学群 情報メディア創成学類)