

パラメトリックスピーカー

北海道札幌啓成高等学校 理数科（2020 年入学）3 班

二俣 弥人、村上 戒慧、笠原 瑠依、中出 大智

Parametric Speaker can make the sound fly in a straight line using ultrasonic waves
The sound from the speaker can reach far and narrower than general speaker. So we
made a hypothesis which is “realize a range, where the speaker’s sound is not heard.
First, we have experimented, the relationship between distance and sound. Second, we
have experimented the relationship between angle and sound. But it’s difficult to
experiment in a narrow room because of echo. In the end we didn’t get results of
excellence. We have to experiment these in narrower room and bigger Parametric Speaker
than before.

1. はじめに

1.1 パラメトリックスピーカー

パラメトリックスピーカー（指向性スピーカー）とは、超音波の「まっすぐ進む」という性質を利用してスピーカーから伝えたい音を「まっすぐに飛ばす」ものである。波長、または振幅の異なる 2 本の超音波を出し、それらが合成されることで発生する「うなり」を聞くのである。（うなりは周波数が小さくなる）そのようにすることで、超音波の性質を維持しつつ、好きな音を飛ばすことができる。また、このスピーカーは、一般的なスピーカーよりも遠くに音を飛ばすことができる性質も兼ね備えている。

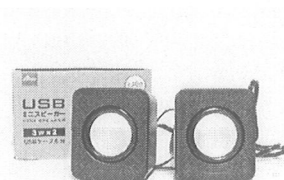
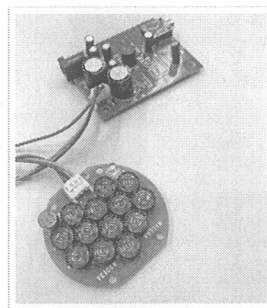
1.2 本研究の目的

パラメトリックスピーカーを実際に使用してみたところ、強い指向性があり、スピーカーの正面から外れると、聞こえる音がかなり小さくなることが分かった。これらのことから私たちは、「室内でスピーカーの音が聞こえない範囲をつくり、授業などで活用できるのではないか」と考えた。しかし、指向性スピーカーを用いると、どの範囲が聞こえて、どの範囲が聞こえないという情報は見つけられなかったため、わからなかった。そこで、本研究は、パラメトリックスピーカーと、一般的なスピーカーの距離や角度を伴う性能の違いについて比較することを目的とした。それらを実験から得ることにした。

2. 実験準備

まず私たちは実験を行うために以下のものを用意した。

- ・パラメトリックスピーカー
- ・一般的なスピーカー



- | | |
|---------|-----------|
| パラメトリック | 一般的なスピーカー |
| ・騒音測定器 | |
| ・PC | |

3. 実験 1

3.1 目的

音圧と距離の関係についてパラメトリックスピーカーと一般的なスピーカーを比較した。パラメトリックスピーカーの特徴から、一般的なスピーカーよりも遠い地点での音圧が大きくなると仮説を立てた。

3.2 方法

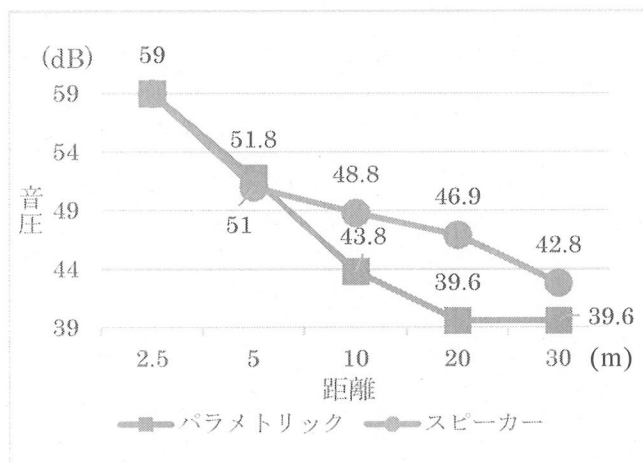
パラメトリックスピーカーと一般的なスピーカーを PC に接続し、Youtube 上の音源（600Hz, 300Hz）を流した。スピーカーから 2.5m, 5.0m, 10.0m, 20.0m, 30.0m の地点で、パラメトリックスピーカーと一般的なスピーカーそれぞれで騒音測定器を用いて音圧を

測定した。場所は第一体育館で行い、無音状態の 2.5m 地点での値が 59db (600Hz) 58db (300Hz) となるように、PC の音量を調節した。これを基準の値とする。実験回数はそれぞれ一回ずつである。

3.3 結果

600Hz・300Hz とともに、距離が長くなると一般的なスピーカーのほうが、音圧が大きくなり、パラメトリックスピーカーの指向性はあまり感じられない結果となった。また 300Hz の 30m 地点で数値が急激に大きくなっていることから、体育館の壁に反射したものではないかと考えた。

6 0 0 Hz



3 0 0 Hz

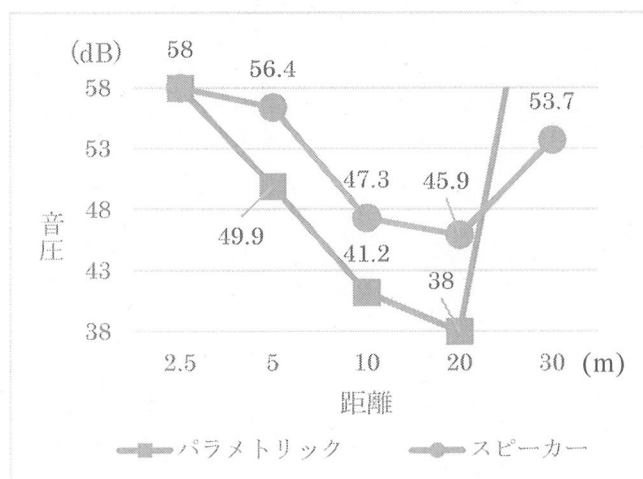


図 1. 距離と音圧の変化

4. 実験 2

4.1 目的

次に音圧と角度の関係についてパラメトリックスピーカーと一般的なスピーカーを

比較した。パラメトリックスピーカーの特徴から、一般的なスピーカーよりも角度の大きい地点での音圧が小さくなると予想した。

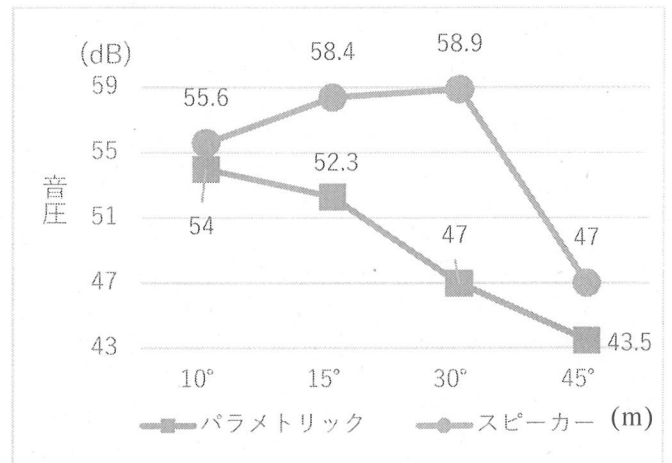
4.1 実験方法

同じようにパラメトリックスピーカーと一般的なスピーカーを PC に接続し、Youtube 上の音源 (600Hz) を使った。スピーカーの真正面の直線状を 0° としてスピーカーを軸とし、 10° , 15° , 30° , 45° の角度を開いて測った。場所は同じく体育館で行った。

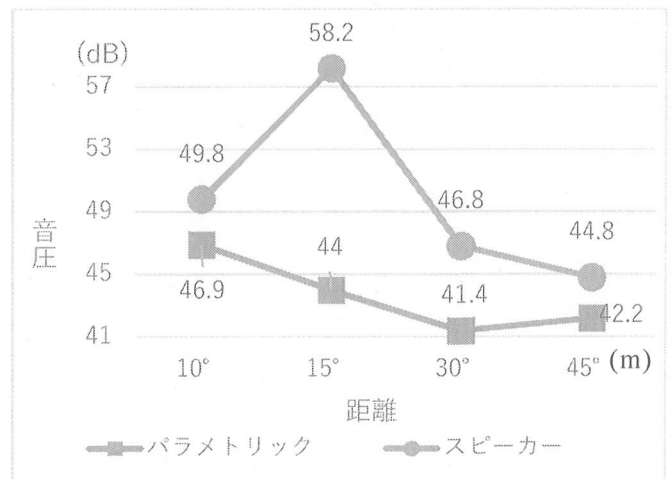
4.2 実験結果

図 2. 角度による音圧の変化

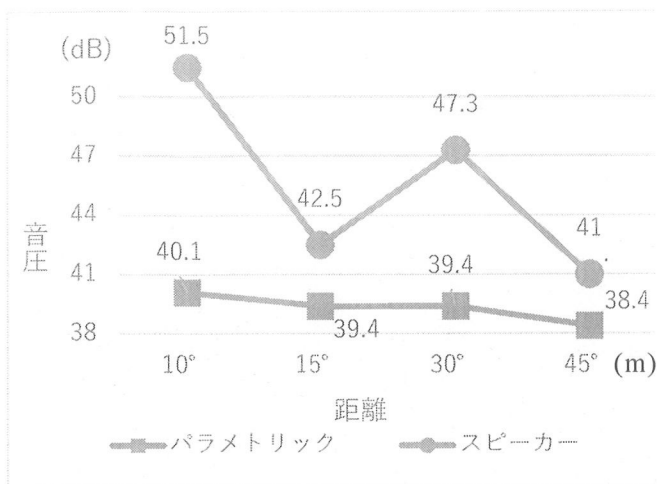
2.5 m



5 m

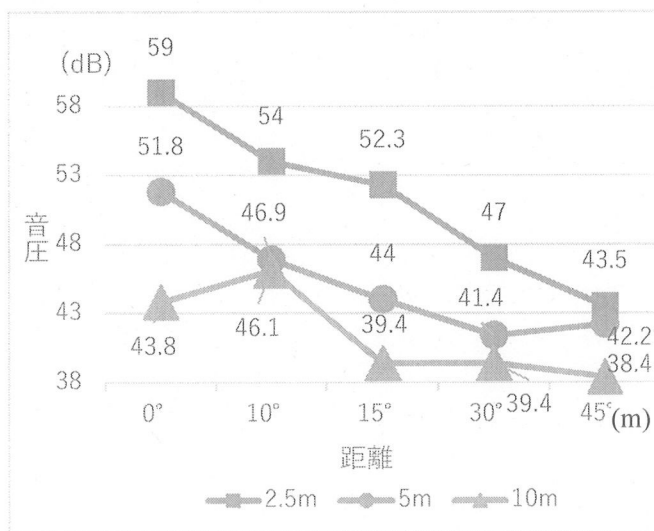


10m



一般的なスピーカーには規則性が見られず、パラメトリックスピーカーは角度が広がるにつれて音圧が徐々に小さくなっていった。また、平均的に一般的なスピーカーのほうがパラメトリックスピーカーよりも音圧が大きかった。

図3. 距離と角度 (パラメトリック)



2.5m と 5m の場合は音圧が徐々に下がっていった。10m の場合は 15° 以上になると音圧は無音状態に近かった。

5. まとめ・考察

まず始めに、仮説として「室内でスピーカーの音が聞こえない範囲を作れるのでは」と考えたが、実験1と実験2の結果より、パラメトリックスピーカーを用いれば、角度15度以上かつ距離10m以上の位置にいれば、

普通の会話ほどの音を出してもほとんど聞こえなくなるようになった。また、室内であれば壁に音が反射して反響してしまい、周波数によっては測定に大きな影響を及ぼすほどの音圧の変化があった。以上の実験と結果を通して、私たちは2つの考察に達した。

1つ目は、音が壁に反射してしまい、反響する狭い室内（およそ10m×10m以下とする）では「音の聞こえない範囲」はパラメトリックスピーカーを用いても作ることが難しいということ。また特定の周波数のとき反射のためか音圧が大きく上昇したため、音の聞こえない範囲を作るとはさらに難しいと考えた。

2つ目は、スピーカーの性能によって結果が左右されるということ。前提としてパラメトリックスピーカーは小型の超音波スピーカーを集合させることによって指向性が増すという研究があり、今回私たちが用いた物は、小型超音波スピーカーが13個しか取り付けられていなかったため一部、角度による音圧の変化に不自然な結果が出てしまったと考えた。そのため、スピーカーの音の指向性を高めれば、また、結果が変わってくるのではないかと考えた。

6. 参考文献

・山名友也 2017「超指向性スピーカー放射角制御と2種類のマイクを用いた講演と特定聴衆へのパーソナル発話切替」P.1~3, P.5~9

情報処理学会研究報告より

・石野ら、2014「空間指向性を含む音楽構成の検討」P.1~6

情報処理学会報告より