

25. メガホンと音の広がりに関する研究

静岡県立科学技術高等学校 自然科学部

2 年 市川智聡・池田将吉・佐藤天馬・佐藤良

1 研究の動機

野球応援など、遠くの人に声を届けさせる為にメガホンをを用いる事は多い。しかしメガホンを使ってもその声援が確実に届くとは限らない。遠くに声を届けることのできるメガホンとはどのような形状なのだろうか。メガホンの形状を変えて、音が届きやすくなる形を見つけ出したいと考えた。

2 研究の目的

声が遠くまでしっかり届き、何を言っているのかが分かるメガホンの形状の特徴を調べる。

3 予想

メガホンは小さいものよりも大きい物の方が、音を遠くまで届ける事が出来ると考えた。また通常の形と違う形でも、よく声が届く形があるに違いないと考えた。

4 実験 1 メガホンの形状と伝達距離の関係（肉声を使った実験）

(1)目的

メガホンの形状により音の伝達距離に違いがあるかその関係を調べる。

(2)実験道具

手作りの紙製メガホン（円錐形 4 種・筒状 3 種 直径を小、中、大とする）

(3)実験方法

実際にメガホンを通した人間の声は何m先まで届くのかを調べるために図 2 のように声を聞く人（観測者）3 人と声を出す人（発声者）1 人に別れて実験を行った。実験場所として実験棟 3 F の長く静かな廊下を使った。



図1 メガホンの図



図2 実験1の模式図

① 観測者は位置を考えず、発声者が 5 m ずつ観測者から遠ざかりながら観測者に向けて単語を発声する。実験は両者の距離が 50m になるまで続ける。

② 発声者はメガホンの種類を変えて、①の測定を繰り返す。

③ 全ての測定が終了したら、観測者の記録が 3 人全員が正しい記録の場合○とし、2 人が正しい時を△、1 人以下正しい場合は×として、表にまとめた。(表 1, 2, 3)

(4)実験結果と考察

表 1 より円錐型では、メガホンの高さは大きい方が音が伝わりやすかった。表 2 より口の直径には適したサイズがあるのではないと思われる。表 3 より筒状メガホンはその形状から音の指向性は高くないが、30m まで聞き取れた。

表1 メガホンの高さで聞きやすさの関係

メガホンの高さ (cm)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
20	○	○	○	○	△	○	○	○	○	×
30	○	○	○	○	○	○	△	△	○	○
40	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

表2 メガホンの口の直径で聞きやすさの関係

メガホンの口の直径 (cm)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
20	○	○	○	△	○	○	○	○	○	×
30	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×

表3 筒状メガホンの高さで聞きやすさの関係

メガホンの高さ (cm)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
小	○	○	△	×	×	×	×	×	×	×
中	○	△	○	○	○	×	×	△	×	×
大	○	○	△	○	×	○	×	×	×	×

5 実験2 メガホンの形状と伝達音の音量の関係

(1) 目的

メガホン用いると音量がどのように変化するかを定量的に測定する。

(2) 実験道具

紙製メガホン5種(図3)、デシベル計
発音ソフト「はつね」、スピーカー

(3) 実験方法

メガホンを通した音がどれ程変化しているのかを定量的に調べるために、パソコンの発音ソフト「はつね」とデシベル計を用いて実験を行った。測定器と音源の距離は3mに固定し(図4)、音量も一定にした。音の周波数は140Hz~1040Hzの範囲で100Hzずつ変えて行った。実験場所として窓を閉め切った静かな教室を使用した(図5)。

② はじめにメガホンを通さずに音を出し、

3mの位置での音量(dB)を測定する。

③ 各種メガホンを付けた状態で音量を測る。音の周波数を変えて②③を繰り返す。

(4) 実験結果と考察

① メガホンの高さによる音量の変化

図6にはメガホンの高さごとに測定した音量の値を音の周波数ごとに示した。グラフからメガホンの高さを変化させても音量の変化はほとんど見られなかった。しかしながら340Hzと1040Hzでは、40cmの高さで音量の増加が見られた。

② メガホンの口の直径による音量の変化

図7にはメガホンの口の直径ごとに測定した音量の値を音の周波数ごとに示した。図をみると、メガホンの口の直径を変化させても音量の変化はほとんど見られない。しかしながら340Hzでは、20cmに比べて30cmで音量の増加が見られた。また、740Hzでは口の直径が大きくなるにつれて音量が減少した。

以上の結果よりメガホンにはその形状によって音が伝わりやすくなる周波数があるのではないと思われる。一方で、今回の実験では音量の変化が期待したほどでなかったことから、スピーカーから周囲への広がり方に何か変化があるのではないかと考え、正面以外の場所ではどのような変化が見られるのかを確かめたいと考えた。

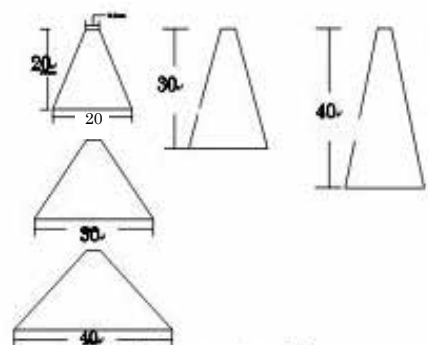


図3 5種類のメガホン

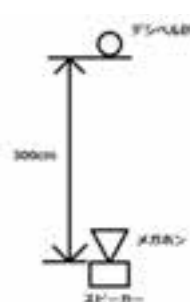


図4 メガホンを通した音の測定



図5 測定の様子

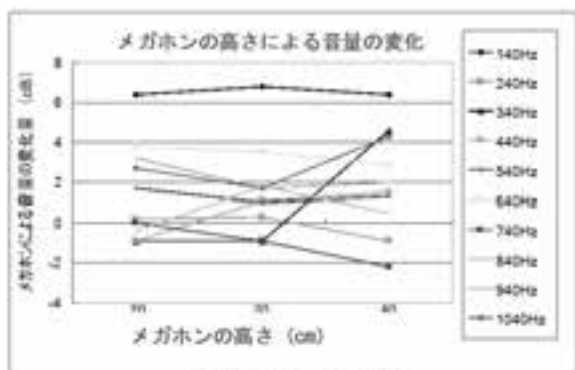


図6 メガホンの高さで音量

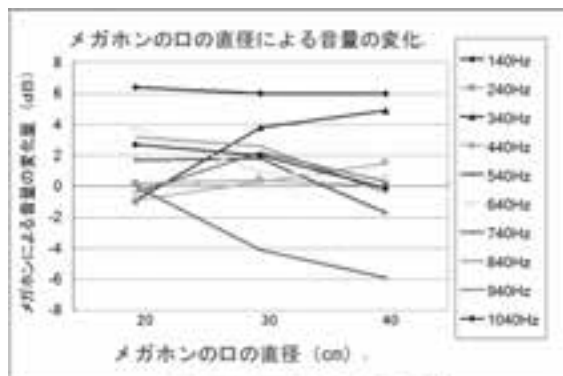


図7 メガホンの口の直径で音量

6 実験3 音の広がり方の観察

(1) 目的

実験2でメガホンの正面3mでの計測はしたが、メガホンでの音の集約効果は正面のみではなく空間的な効果があるのではないかと考えた。そこで測定範囲を広げ空間的な音量の特徴を調べる。

(2) 実験道具 実験2と同様

(3) 実験方法 実験場所は静かな教室を使用した。

① 室内に音を測定する地点を示す基準点を設ける。基準点として、横方向に2mまで、正面方向に3mまでの区域内に点と点の間隔を50cmにして印をつけた。

② 音源から正面方向に50cm離れた点の上をデシベル計で測定しながら移動する。

③ その列での計測が終わったら、音源との距離を50cm広げて、次の列で計測をする。

(4) 実験結果と考察

教室の中で音の強弱が不規則に表れる干渉のような現象が認められた。測定に音の干渉が影響を及ぼす可能性があり、干渉を調べる必要があると考えた。

7 実験4 教室における音の干渉の測定

(1) 目的

実験3で音量が不規則に変化した。そこで、教室内で音の干渉が起きていると考え、音の干渉が起きている様子を確認し、その原因について考える。

(2) 実験道具 実験2と同様

(3) 実験方法

① 基本的な測定方法は実験3と同じ方法で行った。

② 横方向に基準線の上を歩きながら音量を測定し、その列でのデシベルの平均値を出す。

③ 平均値よりも5dB以上音量に変化のある点を、音の大きくなった点と小さくなった点として音量を測定し、記録する。

④干渉が壁からの反射音であるかどうかを調べるために窓の開放度を変えた。開放度は、窓、ドアを全て閉めた状態（全閉）、ドアとグラウンド側の中段の窓を開けた状態（中開け）、すべての窓（廊下側上段の窓、グラウンド側の中・上段の窓）、ドアを開けた状態（全開）の3段階とした。

⑤測定に使用した音の周波数には、実験2で変化の仕方が他の音と違った340Hzとその倍音である680Hz及び人間の声の平均的な周波数とされる450Hzを採用した。

(4) 実験結果と考察

実験結果を周波数ごと教室の開放度ごとに図8～図16に示す。図のx軸左側は教室の廊下側、右側はグラウンド側である。図中の○印は音が周囲に比べて大きくなった点であり、◆印は小さくなった点である。各図の左端にはそれぞれの測定ラインの平均音量(dB)を示した。

各周波数の音と、教室の開閉度との関係をまとめると次のようになる。

(A) 窓を全て閉めた教室における干渉の測定では（図8, 11, 14）、どの周波数でも干渉の様子はほぼ左右対称で音の大きくなる点は中心から中心より少し離れたところに集まっていた。

(B) 窓の中段を開けた教室における干渉の測定では（図9, 12, 15）、点の分布は、(A)のような規則性は見られず、各周波数によって異なる特徴が見られた。

(C) 窓を全部開けた教室における測定では（図10, 13, 16）、音の小さくなる点は、どの周波数でも主に廊下側に分布している。音量は全体的に下がっていた。

全体を通して、教室の開放度が変化するにつれて音が大きくなる点と小さくなる点のばらつきが大きくなっていく。また同じ開放度でも、周波数によって音が大きくなる点と小さくなる点の位置ががずれている。

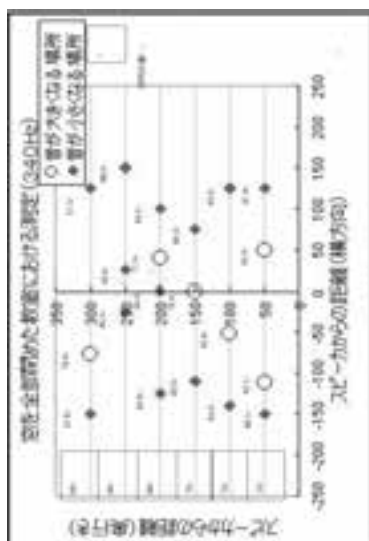


図 8 全閉 340Hz の実験

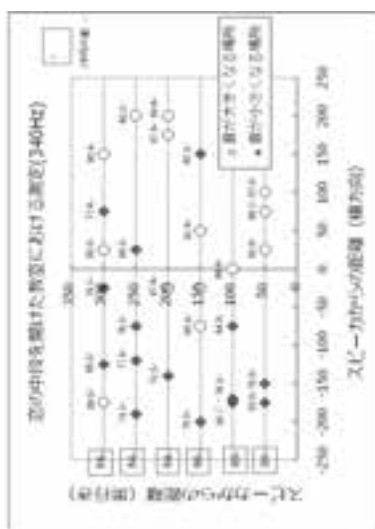


図 9 中開け 340Hz の実験

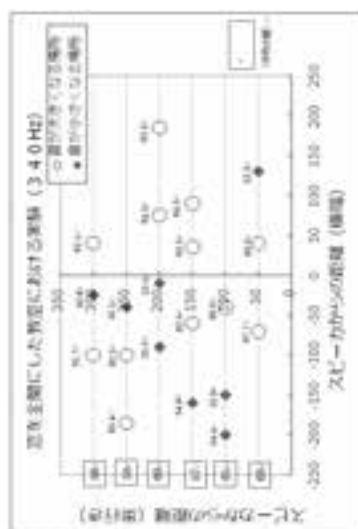


図 10 全開 340Hz の実験

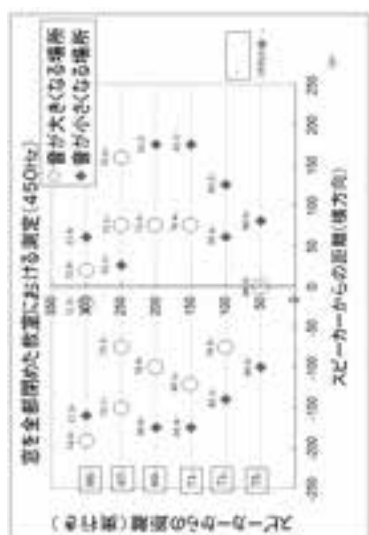


図 11 全閉 450Hz の実験

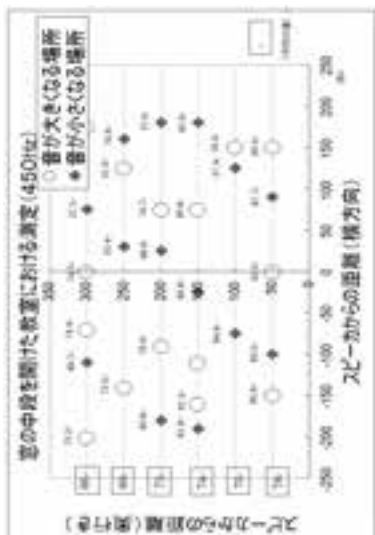


図 12 中開け 450Hz の実験

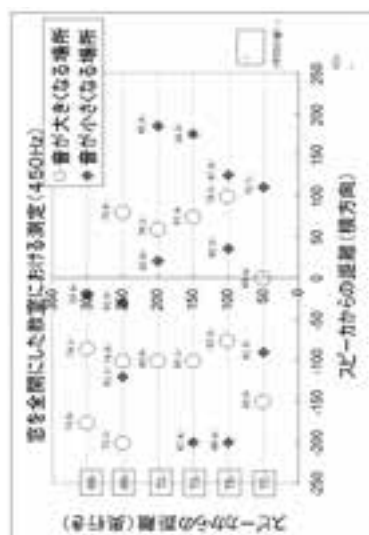


図 13 全開 450Hz の実験

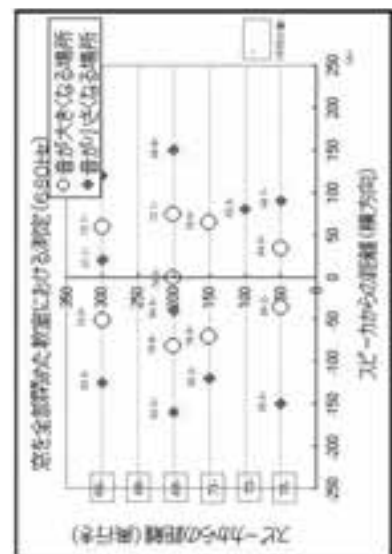


図 14 全閉 680Hz の実験

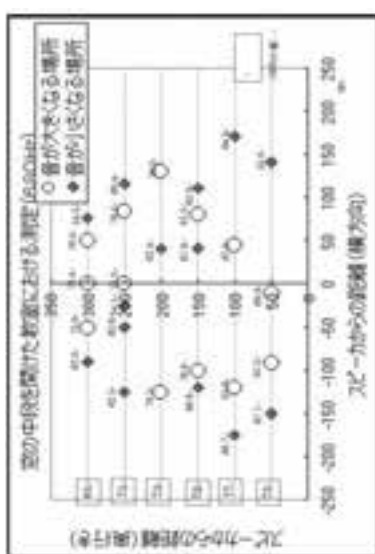


図 15 中開け 680Hz の実験

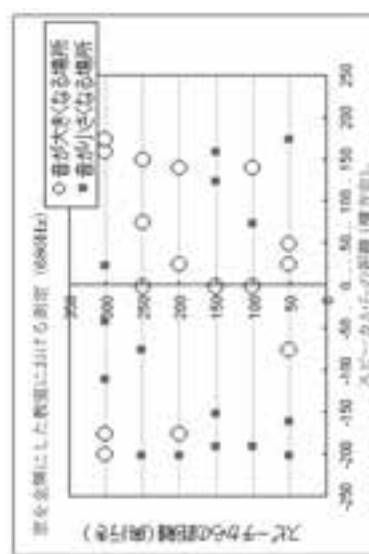


図 16 全開 680Hz の実験

教室を理想的な箱だと考えて、反射波を作図し、音の干渉のモデル図を作った。周波数 340Hz 音速を 340m/s として計算すると波長 1.0m の音波となる。図 17 は両側の壁から音が固定端反射してくる条件で作図したモデル図である。そこから実験における測定範囲を切り抜いたものが図 18 である。実際の 340Hz における測定結果と比べるために図 19 を並べて比較した。

モデル図の特徴は次の通りである。

- ①左右対称である
- ②中央部分に強めあう点と弱い点が交互にあらわれる。
- ③左右に弱めあう領域が翼状に現れる。
- ④特に大きくなる点が、後方に左右に一点ずつ現れる。

実際の測定結果の特徴は次の通りである。

- ① 左右対称に近い形である。
- ② 中央部分に強めあう点と弱めあう点が存在する。
- ③ 左右に弱めあう領域が“く”の字状に現れる。

以上の比較より、モデル図と実際の測定結果が似ていることがわかる。そのため、教室内において壁面からの反射音による音の干渉が起きていたと考えられる。

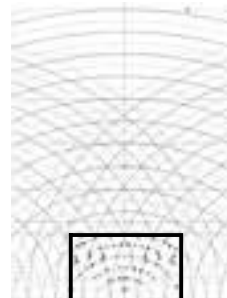


図 17 反射波のモデル図

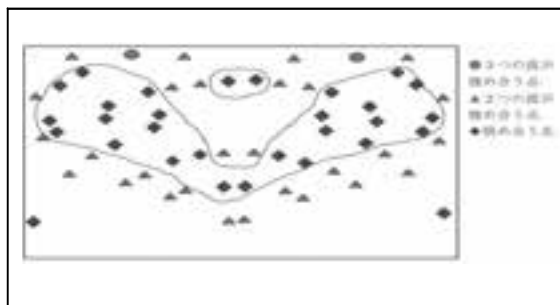


図 18 干渉モデル(図 17 の四角の中)

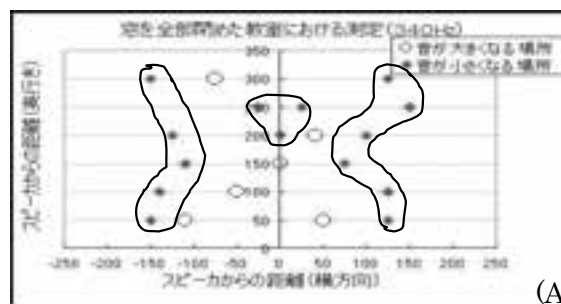


図 19 実際の測定の様子

ある周波数で音が大きくなった点が、別の周波数では音が小さくなる場合があることから、周波数によっても干渉の状況が異なると考えられる。このことから、教室内での干渉が実験 2 の結果にも影響を及ぼしていたと考えられ、音量の測定結果がそのままメガホンの効果を表してはいない可能性が高いと言える。周波数が干渉の様子に影響を与えることから、実験に使う周波数は一定にしたほうが良いと考えられ、また今回の結果から、メガホンの形状と音量の関係を見るためには、音の干渉の少ない実験場を探す必要がある。

8.まとめと今後の課題

実験 1 からメガホンの高さを大きくし口の直径を最適な大きさにすることでメガホンの効果は高くなると考えたが、実験 2 で行った定量的実験では形状と音量の関係を見ることができなかった。このことは実験 4 より、教室内における壁面からの反射音のために起こる干渉現象によると考えられる。教室での測定においては、単純に距離が離れれば音が小さくなる訳ではないということが分かった。さらに、ある周波数で音の大きくなった点が、別の周波数では音が小さくなる場合があることも確認された。これらのことから、メガホンの効果を確認するためには干渉の少ない新しい実験場を探す必要がある。その条件には①電源の確保が出来る②音の干渉の影響が少ない③騒音が少ないの 3 点が挙げられる。しかし、この 3 点が揃った場所を探すのは難しく、音の反射しない無音室を作るか、メガホンの効果を確認出来る別の実験方法を探すしかない。今回、理想的なメガホンの条件を明らかにすることは出来なかったが、メガホンの実験をするにあたって、教室が思いの外干渉の影響の大きい場所であることに気付かされた。今後は干渉の影響の出ない実験を検討したい。

9.参考文献 東京書籍 「物理」