

音を大きく伝えるメガホンの条件

3627 藤原克樹 3528 永治弦樹 3634 吉村健

要旨

私たちはメガホンを用いると音が大きくなることに疑問を感じ、その要因を調べるため研究を行った。音が最大になる条件はメガホンの長さで決まると考え、実験を行った。メガホン内の気柱を円錐台気柱と考えて共鳴条件を調べた結果、計算で得られたメガホンの長さの値と実験で計測した音圧レベルが最も大きくなる時のメガホンの長さがほぼ等しくなった。このことからメガホンの音が大きくなる理由は共鳴が起こっているためだと考えられる。

1. 目的

部活動の応援の際に、感染対策をとりながら選手に声援を届けるため、3m先の人により大きな音を伝えるメガホンを作る。

2. 仮説①

メガホンから大きな音を出すためには、メガホンの長さや口径が関係していると考えた。(図1)

メガホンの長さについて、メガホンがない状態だと音は同心円状に広がっていくが、メガホンを使用すると、本来広がるはずだった音がメガホンの内側で反射し、音を集め、音を大きく伝えるのではないかと考えた。(図2)

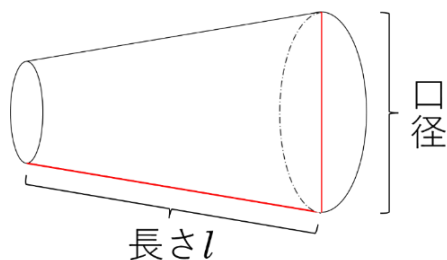


図1 メガホンの長さや口径

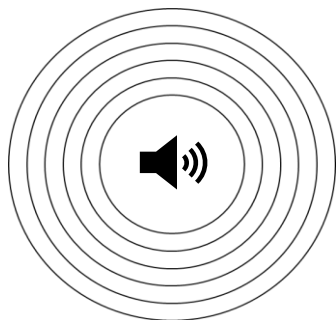


図2 音の広がり方

3. 使用した器具・装置など

- ・画用紙
- ・スピーカー(ACTIVE SPEAKER SYSTEM SRS-M30)
- ・スマートフォン(音源)アプリ:音叉
- ・スマートフォン(測定器)アプリ:騒音測定器

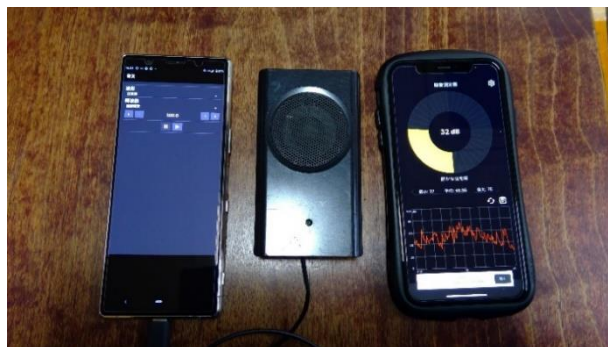


図3 音源、スピーカー、測定器の写真

4. 実験①

スピーカーに、作成したメガホンを取り付け、メガホンを使用しない時と、使用した場合の音圧レベルを測定する。

(1) これまでに分かっていること

《音圧》

音があるときの人の鼓膜や、壁、床などに加わる圧力を音のない状態の圧力と比較したもの。

《音圧レベル: L (dB)》

人が聞くことができる最小の音圧 P_0 [20 μ Pa] を基準値とし、この基準値からの変化を表したもの。

$$L = 20 * \log_{10} \frac{P}{P_0}$$

P (Pa) : 計測時の音圧 P_0 (Pa) : 20μ

音圧レベルはある音圧の人が聞くことができる最小の音圧 P_0 に対する比の対数であるため、平均値を対数平均によって求める必要がある。

$$L_{ave} = 10 \log_{10} \left(\frac{10^{0.1L_1} + 10^{0.1L_2} + \dots + 10^{0.1L_{10}}}{10} \right) [\text{dB}]$$

$L_1, L_2 \dots L_{10}$ (dB) : 1, 2...10 回目の測定値

L_{ave} (dB) : 10 回の測定の平均値

今回の実験ではメガホンを使用した際の音圧レベルの変化を調べたいため、メガホンを使った時の音の大きさからメガホンを使用していない時の音の大きさを引き、結果を補正する必要がある。そのため、以下の式を使用して結果を補正する。

$$L = 10 \log_{10} (10^{0.1L_a} - 10^{0.1L_b}) [\text{dB}]$$

L_a (dB) : 「メガホン使用」の音圧レベル(平均)

L_b (dB) : 「メガホン無し」の音圧レベル

L (dB) : 「メガホン無し」の値を補正した音圧レベル

上式の L_a, L_b に測定値を代入し、結果として使用する。

(2) メガホンの作成

正方形の画用紙の1つの角から上下10cm開け、そこから、 $l=20 \text{ cm}, 25 \text{ cm}, 30 \text{ cm}, 35 \text{ cm}$ と変化させ、メガホンを作成する(図4, 図5)。

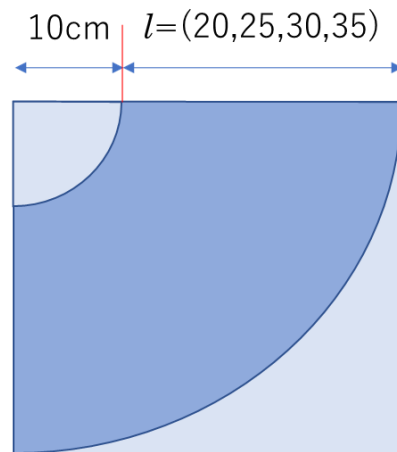


図4 メガホンの展開図



図5 作成したメガホン

(3) 実験の手順

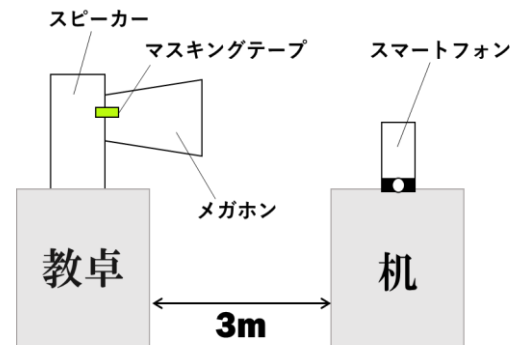


図6 実験のセットアップ

- ① スピーカーから一定の音量で500 Hzの音を15秒間出し、3m先の測定用スマートフォンで音の大きさを測定する。(「メガホン無し」の値)
- ② 測定器に表示される音の大きさをその点での音圧レベルとして記録する。
- ③ スピーカーにメガホンを取り付け、①と②の操作を行う。(「メガホン使用」の値)
- ④ 1つのメガホンにつき③の測定を10回行い、平均を出す。

5. 結果①

表1 メガホンの長さ l (cm) と測定された音圧レベル L (dB)

	20cm	25cm	30cm	35cm
1回目	57.90	59.00	57.86	56.07
2回目	58.43	58.97	57.03	56.00
3回目	58.90	59.47	56.77	56.25
4回目	59.10	59.06	56.84	56.00
5回目	58.79	59.23	58.00	55.39
6回目	58.19	59.07	57.20	54.92
7回目	57.97	59.00	56.58	55.13
8回目	58.54	59.07	57.49	55.97
9回目	58.42	59.00	57.71	56.64
10回目	58.21	59.01	57.42	57.32
メガホン無し	46.13	45.16	45.74	47.34

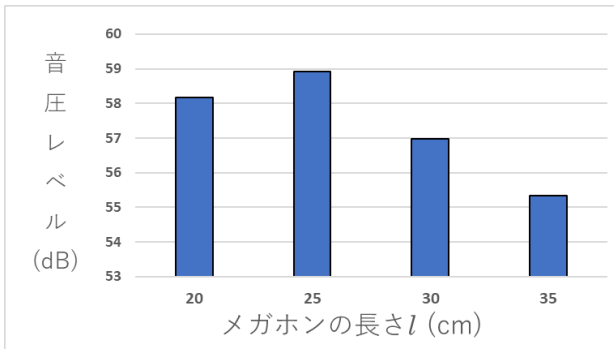


図7 メガホンの長さ l (cm) と測定された音圧レベル L (dB)

実験結果より、20～30cm の間にピークがあるようなグラフになった。

6. 仮説②

このように音が変わったのは共鳴が関係しているからであると考えられる。メガホンを閉管としてみたとき、固有振動数が 500Hz である形状に近づくことで音が大きくなり、その形状から遠ざかることで音が小さくなったと考えた。よって今回の条件である 500Hz の音源をより大きく伝えるメガホンを作るには固有振動数が 500Hz であるメガホンの形状を考えればよい。

7. 実験②

実験①と同様の手順でメガホンの長さを $l=20$ cm, 22 cm, 24 cm, 26 cm, 28 cm, 30 cm と変化させて実験を行う。

8. 結果②

表2 メガホンの長さ l (cm) と測定された音圧レベル L (dB)

	20cm	22cm	24cm	26cm	28cm	30cm
1回目	45.14	49.96	49.04	57.03	56.27	52.31
2回目	45.00	49.22	48.57	57.14	57.00	52.97
3回目	45.07	48.10	48.35	57.04	57.03	52.75
4回目	45.73	49.64	48.27	57.20	57.05	52.67
5回目	45.73	49.09	47.94	57.00	56.97	52.84
6回目	46.07	49.48	47.47	57.03	57.03	52.55
7回目	46.40	49.05	46.92	57.04	57.02	52.66
8回目	44.72	49.05	47.44	57.27	56.40	52.95
9回目	44.08	49.49	47.49	57.00	56.73	52.81
10回目	44.07	48.81	47.03	57.13	56.64	52.97
メガホン無し	44.89	43.97	42.37	42.47	45.15	44.70

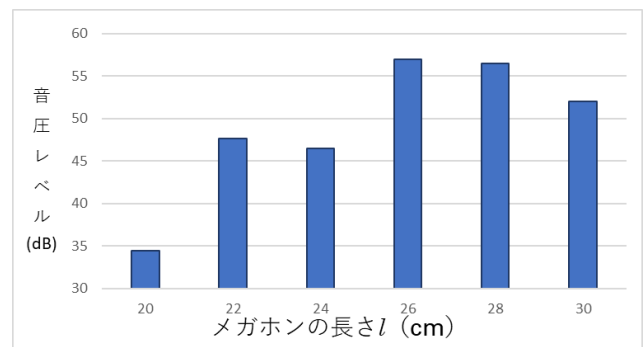


図8 メガホンの長さ l (cm) と測定された音圧レベル L (dB)

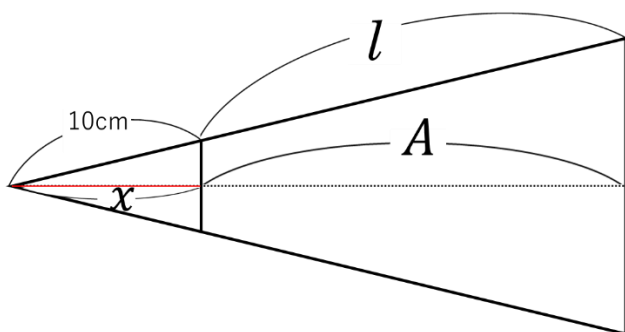
実験結果より、24～30 cm の間にピークがあるようなグラフになった。

9. 考察

閉管の場合、スピーカーの振動によって管内の気柱が共鳴し、気柱には音波の定常波ができる。それと同じことがメガホン内でも起こっていると考えられる。そこで、気柱の形状を円錐形に拡張した場合の共鳴の式を用いる。式(1)で n の値が整数値になるときの A の値から求めた l の値がメガホンの固有振動数に対応したメガホンの長さとなる。

$$2\pi\lambda A = n\pi - \tan^{-1} 2\pi\lambda x$$

・・・式(1)



$$f=500\text{Hz} \quad t=22.0^\circ\text{C}$$

$$v=f\lambda$$

$$\text{速度 } v=331.5+0.6t(\text{m/s})$$

$$\text{波長 } \lambda=1.45\text{m}$$

三角関数を用いて x の値を導き、 A を l の式で表して計算した結果、 $n=14$ で $l=28.0(\text{cm})$ となった。ここで実験結果を見ると、 26cm 、 28cm で音圧レベルが最大となっている。 26cm が最大となっているのは温度の変化があったからだと考える。したがって、メガホンの長さの最適値は 28cm 程である。

10. 今後の展望

上式が $n=15$ のとき $l=62.5(\text{cm})$ となる。このことから、次の共鳴はメガホンの長さが 62.5cm になったときであると考えられる。今後は実際にその長さで実験を行い、円柱の共鳴と同様にメガホンの円錐台気柱でも規則性があるのか確かめていく。

11. 謝辞

実験に際してご協力してくださった先生方ありがとうございました。

12. 参考文献, 引用文献

『曲線の事典 性質・歴史・作図法』
磯田正美 共立出版

『図解雑学 音のしくみ』
中村健太郎 ナツメ出版企画

『音のなんでも小辞典』
日本音響学会 講談社

『dB (デシベル) とは』
株式会社 小野測器
https://www.onosokki.co.jp/HP-WK/c_support/newreport/decibel/dB.pdf

2キロ先まで声が届く!? 最強メガホン
<https://www.kogakuin.ac.jp/mado/megaphone.html>

https://www.city.yokohama.lg.jp/kurashi/mac hizukuri-kankyo/kan kyohozen/kansoku/kanshi_center/yogo/soon/powerave.html

Rossing, Thomas D., and Fletcher, Neville H.,
Principles of Vibration and Sound. New York,
Springer-Verlag, 1995.