

スピーカのユニットの構造と音の関係

システム科学技術学部 情報工学科

1 年 荒関 丈司

指導教員 システム科学技術学部 情報工学科

准教授 渡邊 貫治

助教 安倍 幸治

1. はじめに

私は将来オーディオ製品の開発職を目指しており、高く評価される製品を作りたいと思っている。この学生自主研究では、音を出力する基本的な機器であるスピーカの構造、そしてその構造と音の関係を、スピーカの製作・音の測定を通して学ぶ。

本学の自主研究ではスピーカの自主製作というと、既製品のスピーカユニットに自分で用意したエンクロージャー、すなわち外箱を用意する事を対象として行われてきた。しかし、本研究ではユニット部分に着目し、ユニットの製作から取り組むこととする。製作したユニットの周波数特性を測定し、ユニットの構造と音の関係を考察する。

2. スピーカの製作

2.1. 音が鳴る仕組み

スピーカユニットには様々な種類があるが、より広く使われているホーン型を採用する。スピーカユニットは主に、磁石、ボイスコイル、コーンの3つに分けることが出来る[1]。さらに細かい部分では、エッジやセンターキャップ等がある。コイルに電流が流れることでフレミングの法則の通り、磁石から磁力の影響を受け、ボイスコイルが振動する。その振動がコーンに伝わり、その円錐形によってより大きな振動として空気中に伝搬する。

2.2. ユニット、及びエンクロージャーの製作

本研究ではユニットを複数製作する。一方、エンクロージャーは共通の物を使用し、ユニットの付け替えが可能なものを製作する。図1はユニット及びエンクロージャーの製作工程を示している。まず、紙を円形に切り、円の中心を抜きとった後、扇形にする[図1a]。次に扇形にした和紙を円錐形にしてコーンが完成する。続いて、内円を円錐の底面に合わせた幅1cmの円環を和紙で作し、エッジにする。エッジの内側をのりしろにして円錐形の底面を貼り付ける。図1aで抜き取った中心部も円錐形にし、センターキャップを作る[図1b左上]。次に、厚紙を長方形に切り、丸めて筒を作る[図1c]。この筒に銅線を巻き付けてボイスコイルが完成する[図1d]。厚紙を正方形に切り、エッジの外側より5mm短い半径の円で切り抜く[図1e]。ボイスコイルにコーンとセンターキャップをボンドで接着した後、エッジを厚紙と接着してユニットが完成する[図1f]。厚紙で立方体を作り、一面の中心に円形の穴をあけてエンクロージャーとする[図1g]。なお、ユニットを固定する治具を穴の下に厚紙で取り付けてある。ユニットを装着

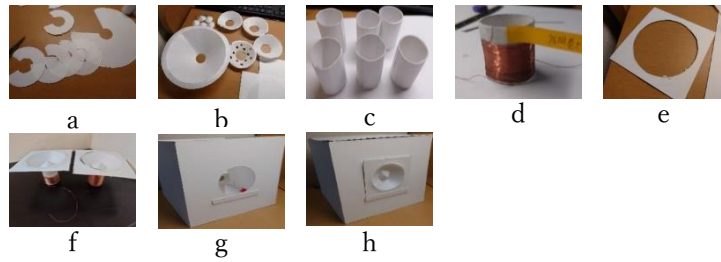


図1 スピーカの製作工程

してスピーカが完成する[図 1h].

3. 周波数特性の測定実験

本研究では、コイルの巻き数やコーンのサイズ等条件の異なるユニットを製作した．具体的な条件を表1の“実験項目”に数値とともに示す．また，製作したユニットを図2に示す．各ユニットの周波数特性を測定し，その違いを調べる．

測定は，PCの周波数特性測定プログラムを用いて，無響室にて行う．実験系と実験の様子を図3,4に示す．PCから出力された信号はアンプを通して増幅し，ユニットから音として出力する．出力された音はマイクロホンで收音し，PCに保存する．

各ユニットは測定時にエンクロージャーに装着し，測定し終わったらエンクロージャーから外す．各ユニットの測定はそれぞれ3回ずつ行う．

表1 実験で使用するユニット（赤字は着目する条件）

	実験項目		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9
コイル	銅線	巻き数	50	100	45	45	20	20	45	20	45
		太さ	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.45	0.3	0.3	0.3
	コーンとの距離		4	4	4	4	4	4	4	2	4
	磁石	表面磁束	強	強	強	強	強	強	強	強	弱
コーン		直径	4	4	4	16	4	4	4	4	4
		穴	無	無	無	無	無	無	有	無	無



図2 製作したユニット

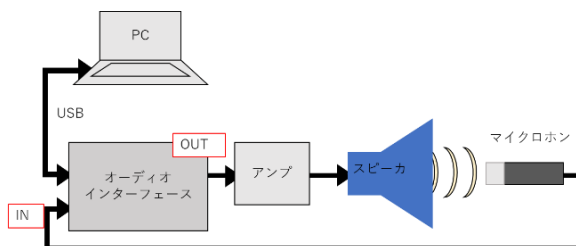


図3 実験系

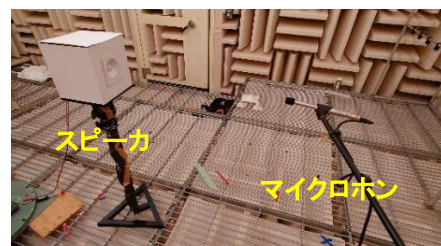


図4 測定の様子

4. 実験結果および考察

測定結果の分析はフリーソフトの John Mulcahy が開発した Room EQ Wizard(REW)を用いて行う。図 5 は、各ユニットの測定結果 3 回分の平均値である。

図 5a は、コイルの巻き数を変えたものを比較した結果である。なお、45 回巻きのユニットは、他と大きく異なる結果となっているため、考察から除く。図から、20 回巻きのユニットが 4000Hz 周辺で低くなっていることがわかる。しかし、50 回巻きと 100 回巻きの結果からは大きな違いが見受けられなかった。

図 5b はコーンの直径を変えたものを比較した結果である。図から、16cm のユニットの方が 2000Hz 周辺で大きくなっていることが分かる。2000Hz の波長はおよそ 17cm であるため、その大きさに近い直径であるユニットでは音圧が大きくなったのではないかと考えられる。

図 5c は磁石の磁束密度を変えたものを比較した結果である。磁束密度の小さいものが高域以外では小さくなっている。これはフレミングの法則からも磁束密度が小さいとき、銅線にかかる力も弱くなる[2]ことが原因と考えられる。

図 5d は銅線の太さを変えたものを比較した結果である。0.45mm の銅線を用いたユニットでは高域以外が小さくなった。ただし、本測定ではボイスコイルの質量には着目しておらず、太さ 0.45mm の銅線では質量が 0.3mm のものよりも大きかった。コイルの太さそのものよりも質量による違いの可能性もある。

図 5e は穴の有無を比較した結果である。図より、穴がある方が高域を除いて小さくなっていた。コーンの振動が空気に伝搬するとき、その振動を伝えるための面積が小さくなっていることが要因だと考えられる。

図 5f はコイルとコーンの距離を変えたものを比較した結果である。周波数によって条件に対する周波数特性の大小関係が異なっている。ユニットの構造を考えると、コイルの振動が円筒に伝搬してボイスコイルが振動し、コーンにも伝搬していくので、コイルとコーンの振動は時間的にズレていると思われる。したがって、コイルとコーンの距離によって、コーンの振動が異なったことが要因であると考えている。

全体を通して、測定で得られた結果と測定時の聴感が合っているものや、異なっているものがあった。図 5b の測定では、16cm のユニットの方が、音が大きく感じられた。その理由として、人間の聴覚は 300-4000Hz で感度が良い[3]が、このユニットはちょうど 2000Hz 周辺が大きくなっているためだと考えられる。また、図 5d の測定では、高域がよく聴こえた。高域以外が小さいという結果と、聴感が合っていた。図 5e の測定では、比較した両者の違いに聴感では気づくことが出来なかった。

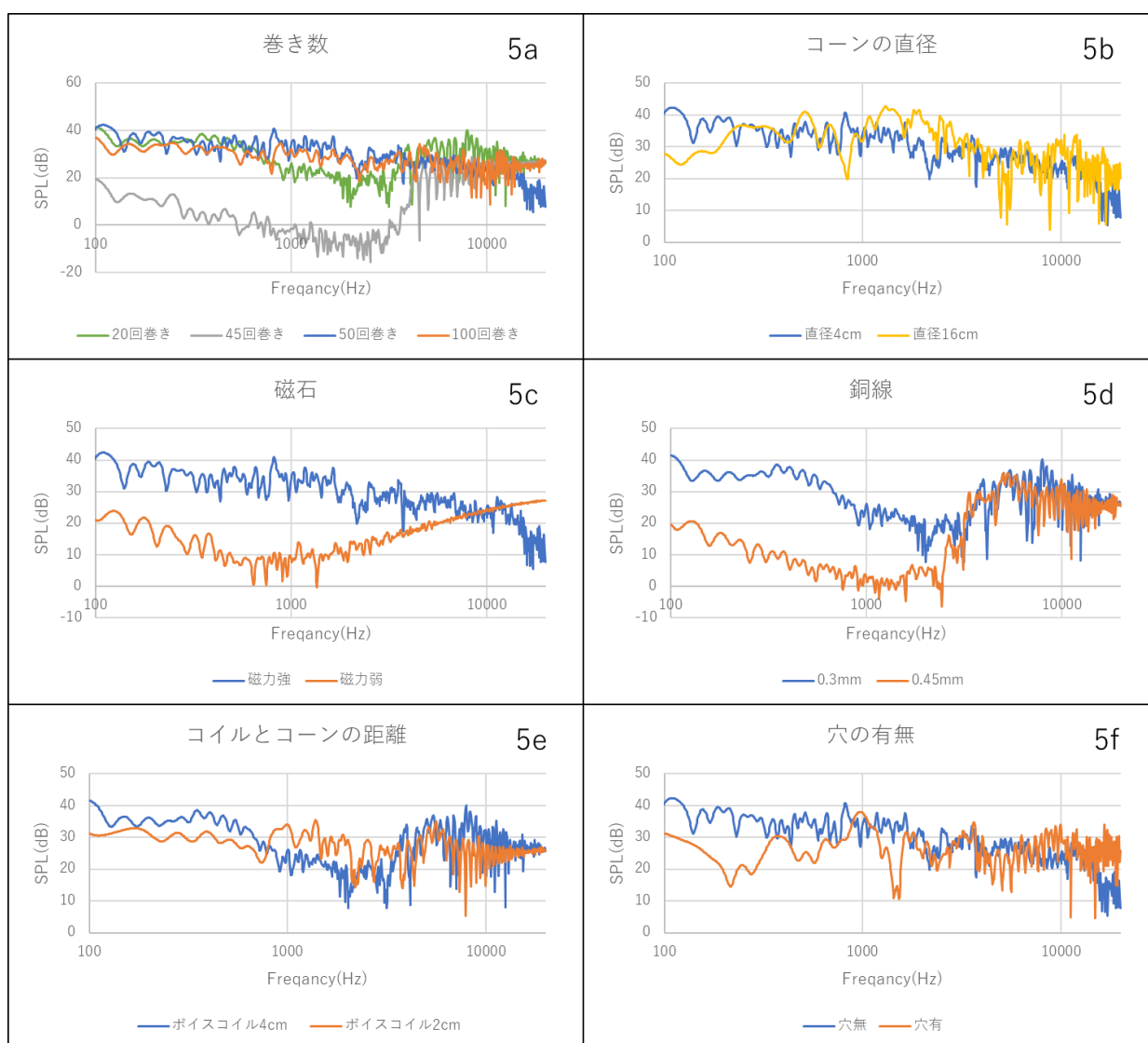


図 5 測定結果

5. まとめ

本研究では、ユニットの構造と音の関係について調査した。異なる構造で比較するとそれぞれで違いが見受けられた。特に磁石の違いや、銅線の太さの違いでは周波数特性に大きな差が見られた。

本研究での測定では、ユニットから音を出力する際に音量を上げることに苦勞し、音量が小さい状態での測定となった。ユニットとアンプの間に抵抗素子を入れることで改善できると考える。

参考資料

- [1] DENON Official Blog 超初心者のための「スピーカーって何？」 <https://www.denon.jp/ja-ip/blog/3652/index.html> (2022/3/29)
- [2] 小出昭一郎 物理学 裳華房出版
- [3] 岩宮眞一郎 音と音楽の科学 技術評論社