

21 共振周波数を電氣的に可変とするリニアモータの製作と定在波型熱音響発電機への応用

学籍番号:15301483 氏名:井上陽仁 指導教員:小林泰秀 准教授

研究背景・目的

研究背景

熱音響現象：工場等で生じた排熱を有効的に利用する方法

熱と音波の相互エネルギー変換

管状の細い流路を持つ熱-音波変換デバイスの両端に温度差を与えると自励発振が生じて高温側から音波が進行する現象

熱音響発電：熱音響現象で進行する音波をリニアモータに入力し発電

リニアモータは音波によって引き起こされる共振現象を利用して発電

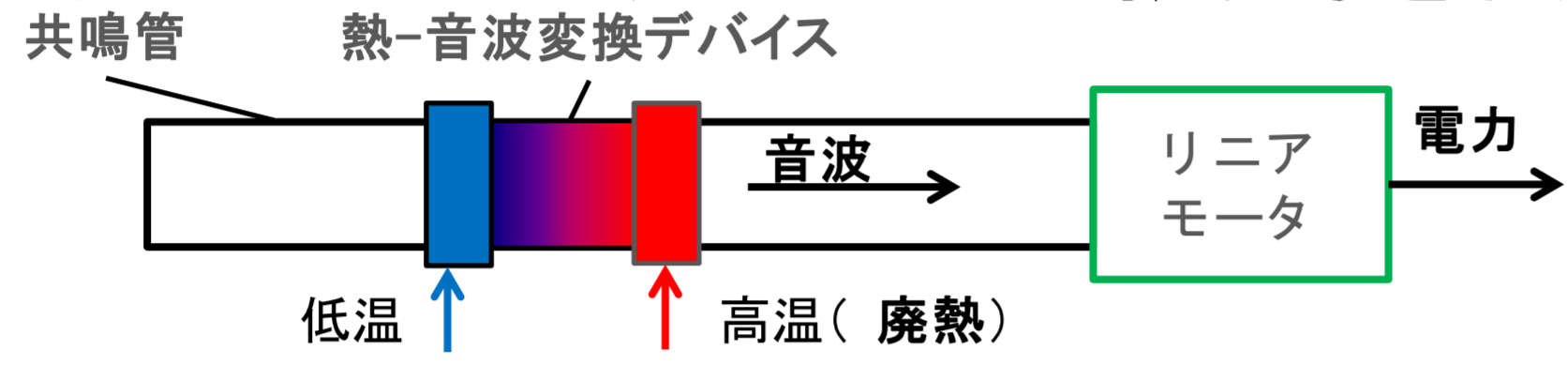


Fig.1 定在波型熱音響発電機

問題点

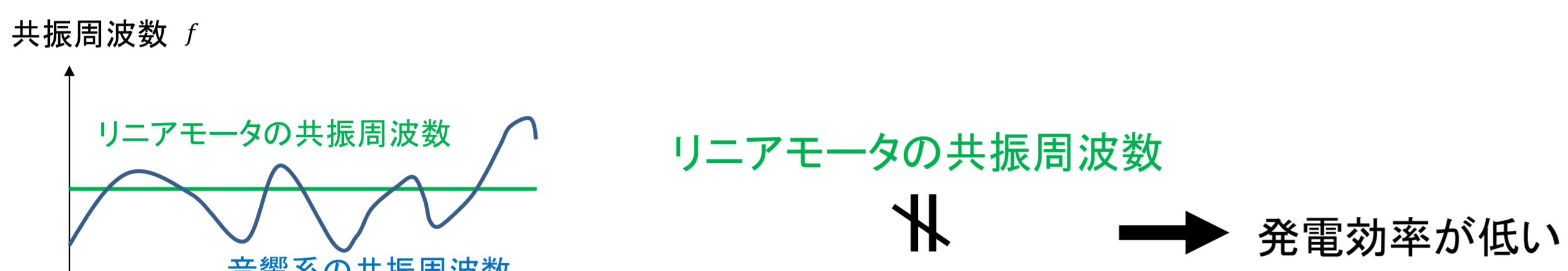


Fig.2. 二つの共振周波数

研究目的

リニアモータの共振周波数可変機構を持つコイルを設計・製作

リニアモータの共振周波数を可変できることを実験的に確認

社会的意義

熱音響発電機で排熱を有効利用しエネルギー問題の解決に貢献

熱音響発電機に用いるリニアモータ

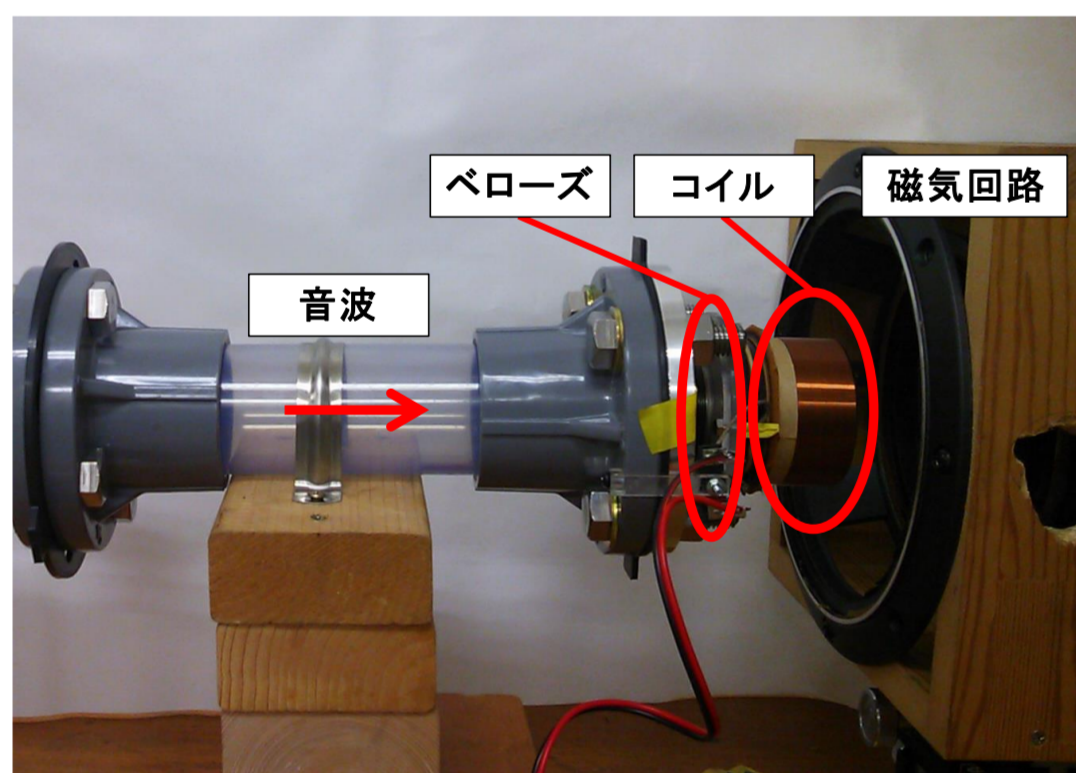


Fig.3 発電に用いるリニアモータ

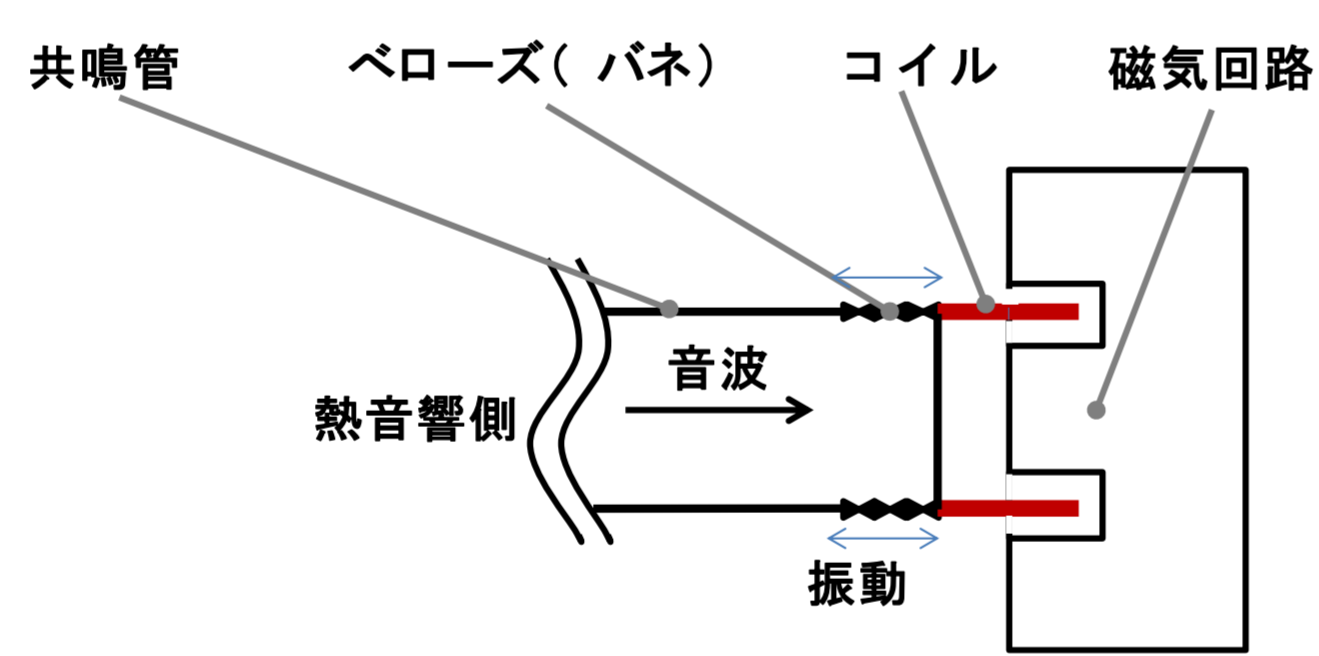


Fig.4 リニアモータの発電原理

[リニアモータの共振周波数]

$$f_r = \sqrt{\frac{k}{m}} \text{ [Hz]} \quad (1) \quad \begin{matrix} k: \text{ペローズのバネ定数 [N/m]} \\ m: \text{コイルとペローズを含む可動部の質量 [kg]} \end{matrix}$$

[音響系の共振周波数]

$$f_s = \frac{c_0}{2L} \text{ [Hz]} \quad (2) \quad \begin{matrix} c_0: \text{音速 [m/s]} \\ L: \text{共振管の長さ [m]} \end{matrix}$$

音速 c_0 は排熱温度の変動に依存

⇒ 音速の変化に合わせて共振周波数を可変できるリニアモータを検討

共振周波数の可変機構

共振周波数可変機構

従来のコイル(系統1)にコイル(系統2)を追加

コイル(系統2)に接続した共振回路のコイルのインダクタンスとコンデンサの静電容量を変更

⇒ リニアモータの共振周波数を電氣的に可変

各コイルの役割

コイル(系統1)：従来の共振周波数で発電

コイル(系統2)：共振回路で変化した共振周波数で発電

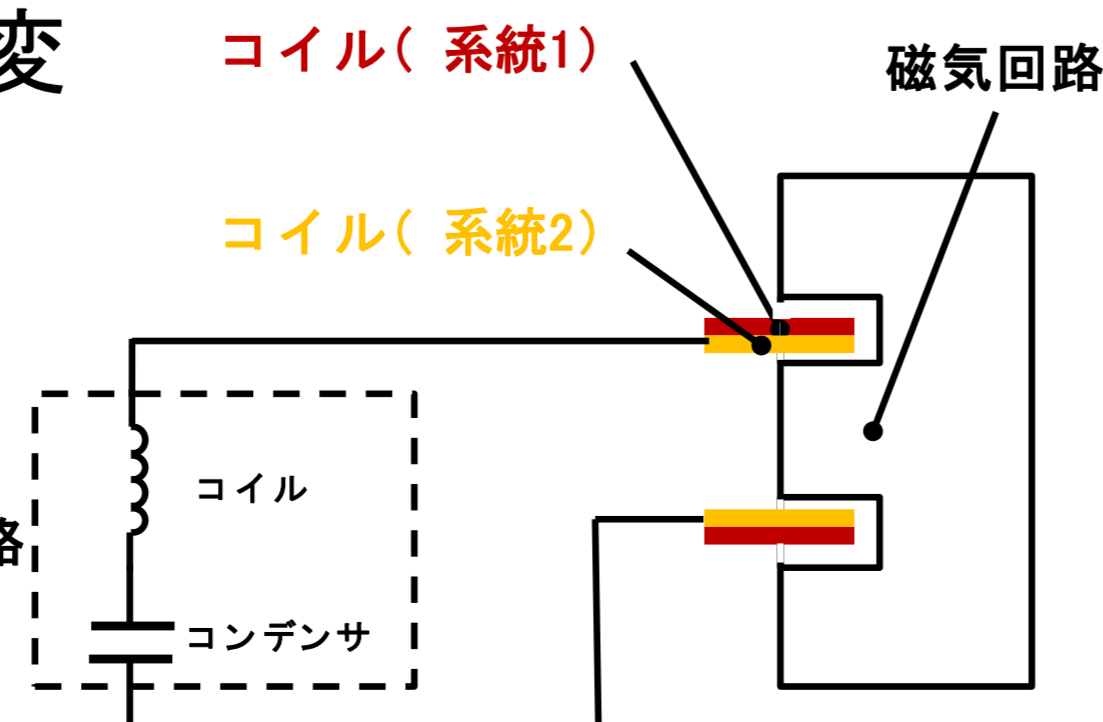


Fig.5 共振周波数を可変とするリニアモータの断面図

共振周波数可変実験

共振周波数可変機構の性能確認

従来のリニアモータのコイル(系統1)に

コンデンサを付加

⇒ コイル(系統2)のみのリニアモータを構成

リニアモータの共振周波数を可変できるか

実験を行い確認

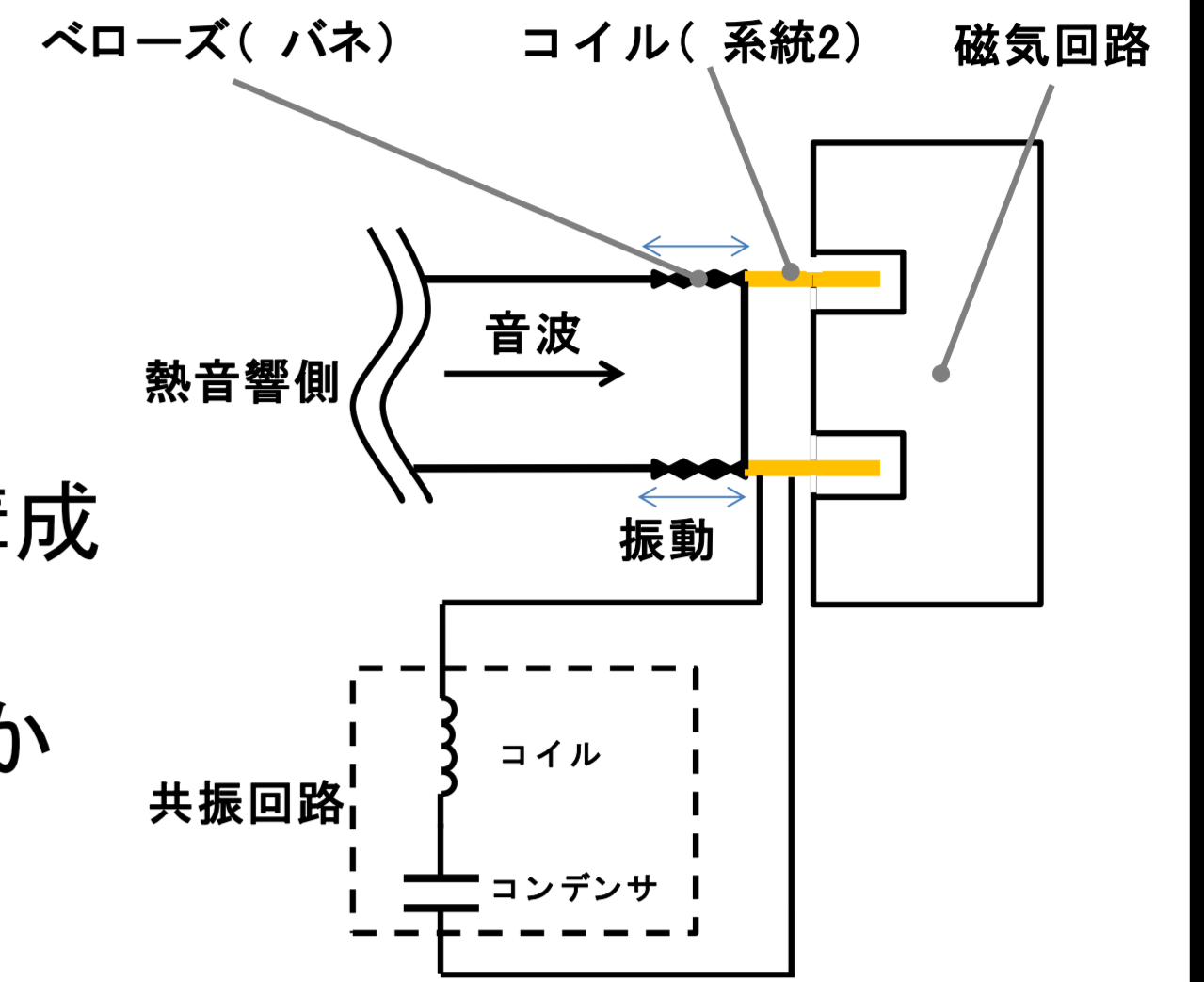


Fig.6 実験で用いたリニアモータ

リニアモータの共振周波数の確認方法（周波数応答実験）

熱音響現象による発電を再現するためスピーカーから音波を入力

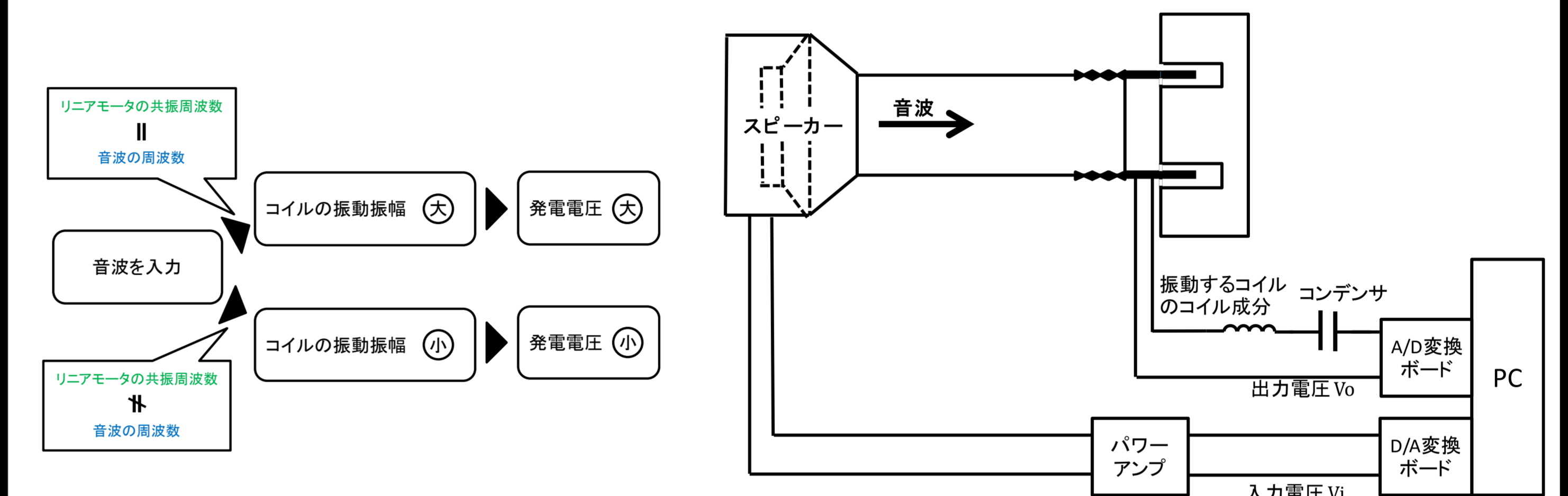


Fig.7 リニアモータの共振周波数の確認

Fig.8 周波数応答実験装置図

入力した音波の周波数からリニアモータの共振周波数を読み取る
コンデンサの静電容量を増加させた時にリニアモータの共振周波数が変化するか確認

実験結果

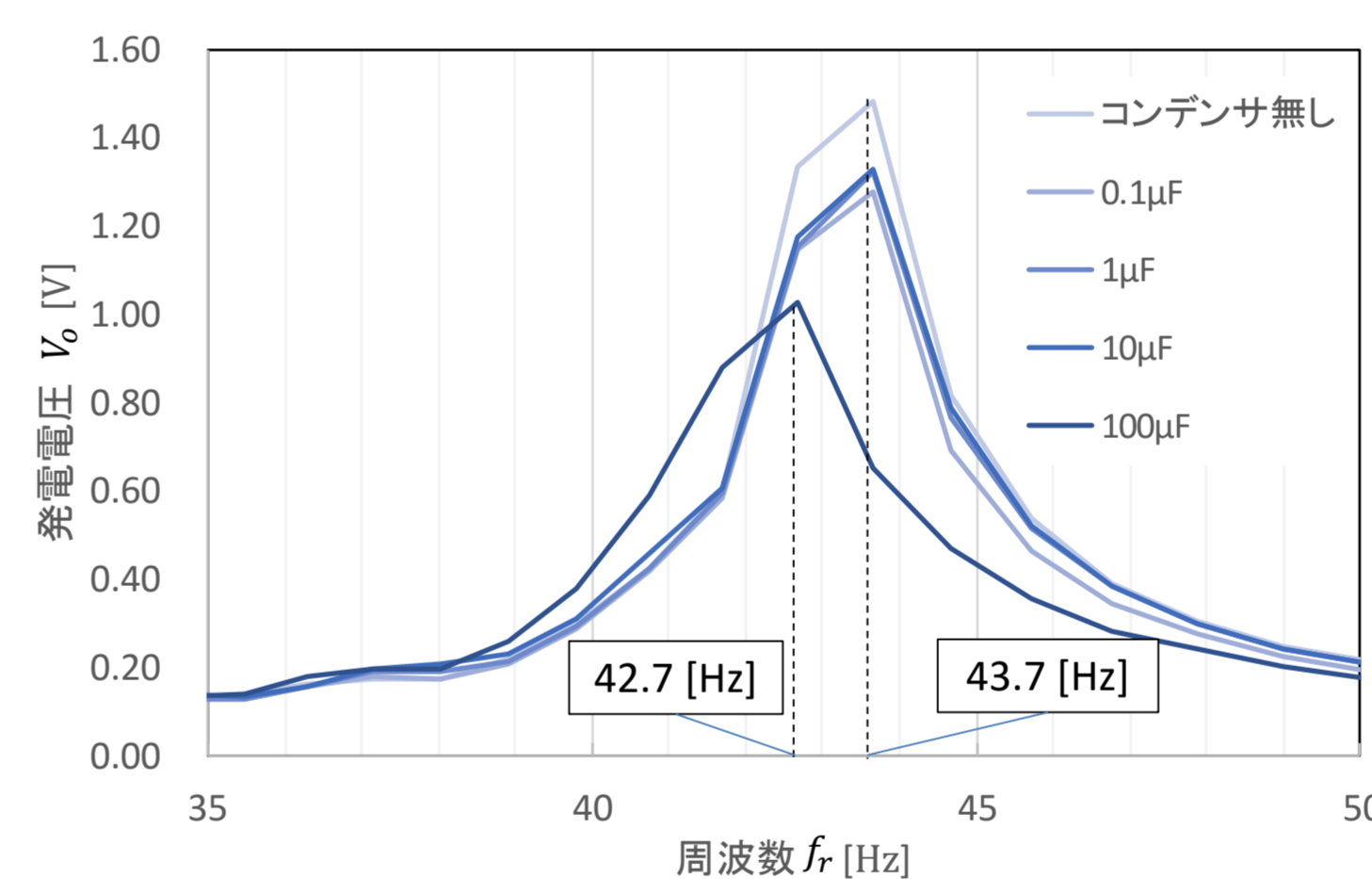


Fig.9 リニアモータの周波数応答実験結果

発電電圧の最大となる周波数からリニアモータの共振周波数を読み取った

Table 1 リニアモータの共振周波数

	理論値	実験値				
コンデンサ容量 C [μF]	0	0	0.1	1	10	100
共振周波数 fr [Hz]	41.3	43.7	43.7	43.7	43.7	42.7

共振周波数の理論値を式(1)から算出

$$f_r = \frac{\sqrt{k}}{2\pi} = \frac{\sqrt{7.13}}{2\pi} = \sqrt{\frac{7.13}{0.106 \times 10^{-3}}} = 41.3 \text{ [Hz]}$$

1 [Hz] 下降

コイルに接続するコンデンサ容量を増加させると共振周波数が1 [Hz] 下降
⇒ 共振回路のコンデンサ成分により、リニアモータの共振周波数が変わる

まとめ及び今後の予定

まとめ

・共振回路のコンデンサ成分を可変することで、リニアモータの共振周波数を電氣的に可変できることを確認した

今後の予定

・共振回路のコイルのインダクタンスの可変による

リニアモータの共振周波数の可変性能の確認

・コイル(系統1)、コイル(系統2)併用時の共振周波数可変性能の確認