

実験Ⅵ 「超音波を聴いてみよう」

1 実験のねらい

超音波を可聴化して聴かせることにより、音波に関する興味・関心を高めるとともに、波長の長さを利用し、黒板上で干渉の実験を行って振動数を求める等、定量的な実験も行う。

2 準備

- (1) 低周波発振器
- (2) 圧電式超音波スピーカー（2個）
- (3) 超音波受信機（超音波を可聴音に変換するもの）
- (4) 周波数カウンター
- (5) 物差し

3 実験の手順

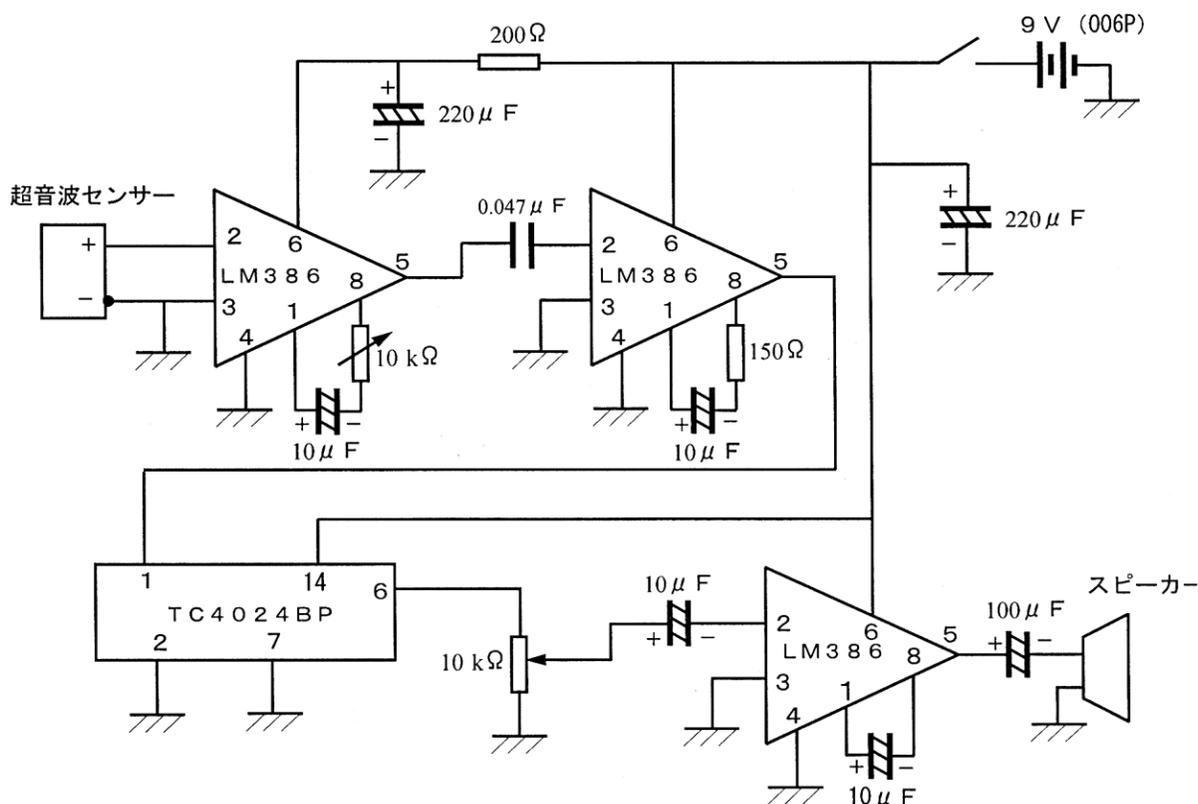
- (1) 超音波受信機を用いて、超音波を可聴帯域の音に変換して聴いてみる。以下は、超音波が観測できる状況の例。
 - ・コウモリが飛んでいるとき
 - ・紙やビニル袋などがこすれ合っているとき
 - ・鍵束等、金属製の物体がぶつかり合っているとき
 - ・水滴が、流しのシンクにぶつかって砕けるとき
- (2) 低周波発振器の出力を、並列に接続した2個の圧電式超音波スピーカーに入力し、超音波を発生させる。低周波発振器の周波数は、超音波スピーカーの共振周波数である40kHz程度に設定する。
- (3) 低周波発振器の出力を受信機が反応するぎりぎりまで下げてから、発振器の周波数を調節し、受信機からの音の大きさが最大になる周波数を捜す。
- (4) 上記(3)の振動数を、周波数カウンターで読む。
- (5) 受信機の位置を様々な場所に移動させ、2つのスピーカーからの超音波が干渉することにより、場所によって強め合ったり弱め合ったりしている様子を調べる。
- (6) 2つのスピーカーからの超音波が弱め合う位置のいくつかについて、経路差を物差し等で測定することにより、超音波の波長を求める。
- (7) 上記(6)で求めた波長 λ_1 が、気温から求めた音速 V 及び超音波の振動数 f を用いて計算した波長 $\lambda_2 = V/f$ と一致することを確認する。

4 超音波受信機の製作

(1) 材料

- | | |
|---|--|
| <p>① IC</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ナショナルセミコンダクター LM386N 3個 ・ 東芝 TC4024BP 1個 <p>② ICソケット</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 8ピン用 3個 ・ 14ピン用 1個 <p>③ コンデンサー・10μF (電解)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 10μF (電解) 3個 ・ 100μF (電解) 1個 ・ 220μF (電解) 2個 ・ 0.047μF (マイラ) 1個 | <p>④ 超音波センサ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ R-40 (日本セラミック社) <p>⑤ スピーカー</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 1～4W程度 1個 <p>⑥ 抵抗</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 200Ω 1個 ・ 150Ω 1個 ・ 半固定10kΩ×2個 <p>⑦ 基板</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 50×72mm (穴のピッチ2.54mm) 1枚 <p>⑧ 電池</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 006P型 (9V) 1個 |
|---|--|

(2) 回路図



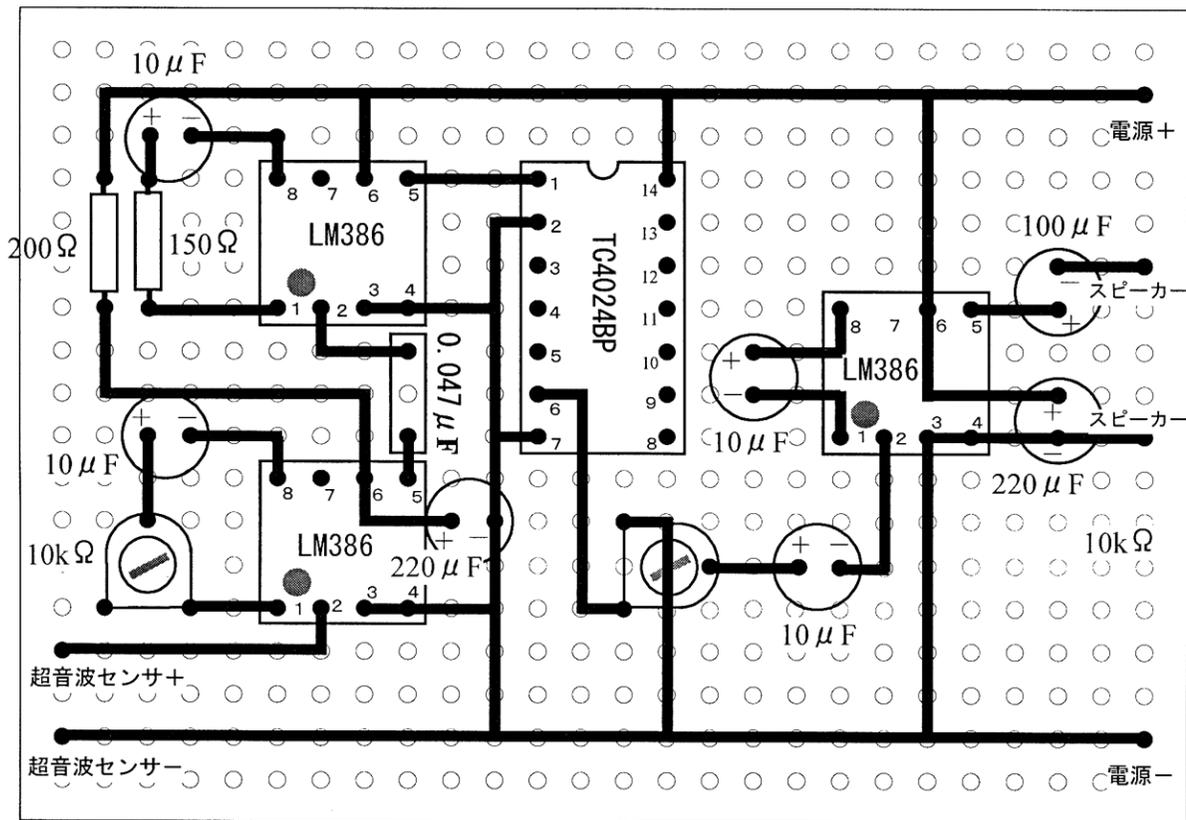
(3) 動作原理

- ① 超音波センサから取り込んだ40kHz付近の超音波信号を2個のオーディオアンプIC(LM386)によって増幅する。
- ② その信号を、周波数を分周するIC(TC4024BP)に入力し、周波数を1/6に落とすことにより、可聴領域の音声信号とする。
- ③ その信号をさらにもう一度オーディオアンプIC(LM386)で増幅し、スピーカーから出力する。

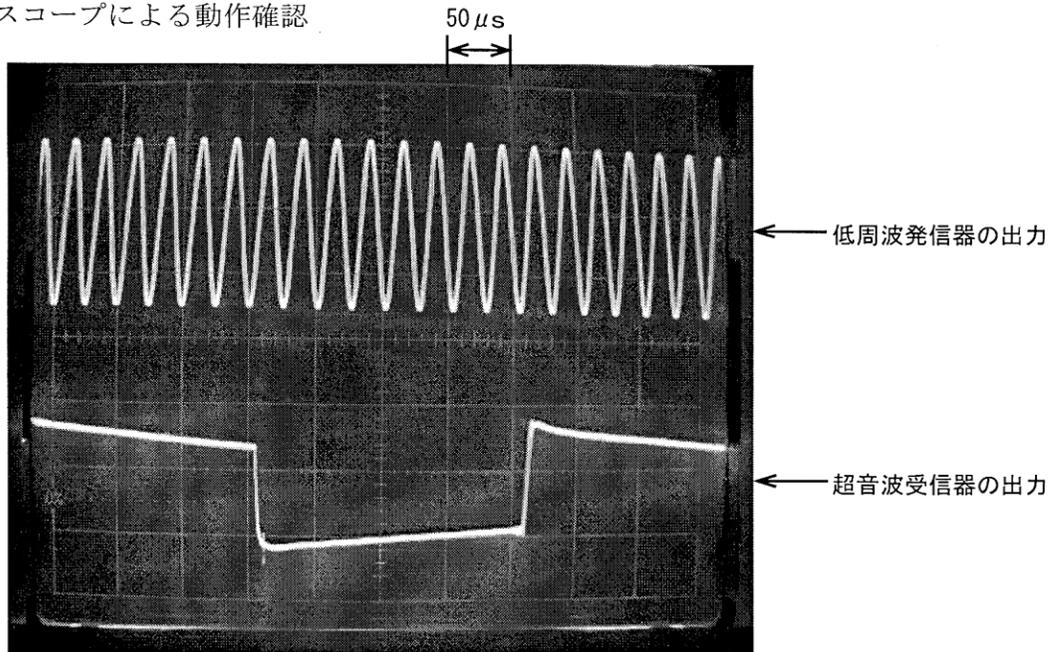
(4) 回路設計の際、参考にしたホームページ

- ① コウモリ の 声 を 聞 い て み よ う ! <http://www.geocities.co.jp/AnimalPark-Pochi/4516/>
- ② Build a Simple Bat Detector <http://pwl.netcom.com/~t-rex/BatDetector.html>

(5) 実体配線図 (基板の表側から見た図)



(6) オシロスコープによる動作確認

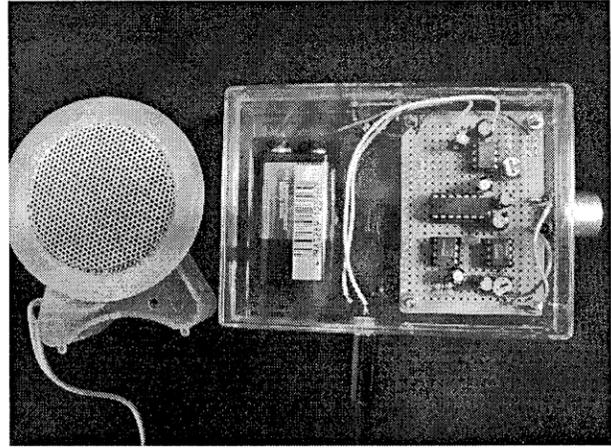


写真は、低周波発振器による正弦波信号 (40kHz) を超音波スピーカに入力し、発生した超音波を超音波受信器で可聴音に変換しているときの、低周波発振器の出力 (上) と、超音波受信器の出力 (下) をオシロスコープで観察したものである。上下の信号を比較すると、超音波受信器が、周期 $25\mu\text{s}$ 程度の信号を周期 $400\mu\text{s}$ 程度の信号に変換し、振動数を16分の1に落としていることが分かる。ただし、分周にデジタルICを用いているため波形、強弱の情報は失われ、超音波受信器の出力波形は、受け取る超音波の波形によらず常に矩形波状になってしまう。

(7) 製作・使用上の注意

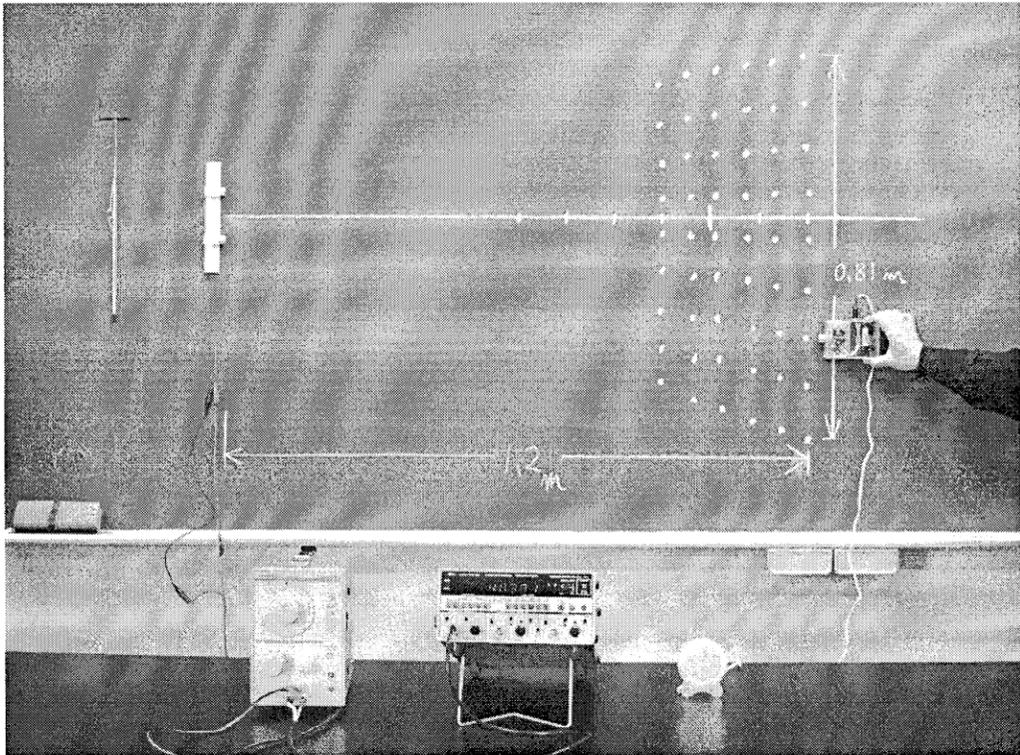
- ①スピーカーと超音波センサーを1つのケースに取めると、発振が起ってしまうので、別にしておく。
- ②2つの半固定抵抗を回転させると、増幅率が変化する。これらを交互に少しずつ調整することにより、発振が起こらない範囲で、適切な増幅率となるようにする。
- ③TC4024BPは、静電気で破損してしまうことがあるので、ICを帯電体に近づけたり、体が帯電しているときICに触れたりしないよう注意する。

【ケースに収めた装置とスピーカー】



5 実験結果の例

(1) 得られたデータ



- ①写真のように、並列接続された2個の超音波スピーカーを0.10 [m] 間隔で黑板にはり付け、低周波発振器による40.4kHz (周波数カウンターで測定) の正弦波信号を印加した。
 - ②黑板上で、2個のスピーカーからの超音波が干渉して弱めあう位置を超音波受信器で探し、チョークで印をつけていったところ、9本の節線が確認できた。
 - ③超音波スピーカーから1.2 [m] 離れた場所の節線の間隔は、0.81 / 8 [m] であった。
 - ④このときの気温22℃を用いて音速を求めると、 $331.5 + 0.6 \times 22 = 345$ [m/s] となった。
- (2) 波長の計算

2個の超音波スピーカーの間隔、及び1.2 [m] 離れた場所の節線の間隔を用いて超音波の波長 λ_1 を求めると、 $\lambda_1 = \frac{0.10}{1.2} \times \frac{0.81}{8} = 8.4 \times 10^{-3}$ [m] であった。

一方、周波数カウンターで測定した振動数と、気温から計算した音速を用いて超音波の波長 λ_2 を求めると、 $\lambda_2 = \frac{345}{40.4 \times 10^3} = 8.54 \times 10^{-3}$ [m]

となり、 λ_2 に対する λ_1 の誤差は1.1%であった。この値は、2個の超音波スピーカーの間隔を約1mmだけ読み誤ったときの誤差に相当する。

高等学校における教科指導の充実
理 科 《 物理領域 》
学ぶ手応えを実感できる授業を目指して
[音 波]

発 行 平成21年3月
栃木県総合教育センター 研究調査部
〒320-0002 栃木県宇都宮市瓦谷町1070
TEL 028-665-7204 FAX 028-665-7303
URL <http://www.tochigi-edu.ed.jp/center/>