

## 平成 18 年度 課題 I

“ 空気中を音波が伝わる速さ(音速)を、できるだけ正確に測定する方法を工夫してみよう。”

実験に使えるのは高校の物理実験室や身近にある品物、理科クラブなどで工夫して製作できる装置です。さらに、その方法で求めた音波の伝わる速さと真の値の差は何 m/s 程度になりそうか、精度を考えて下さい。実験をおこなうのは、屋外でも室内でもかまいません。また、必要ならば説明に図や数式を用いて下さい。精度を上げる工夫・方法のある答案を期待します。

---

### 出題意図

音速の測定の原理は高校物理の教科書に記述されていますが、実際の測定を計画してみると、単純では無いことが分かります。受験生には測定装置の詳しい知識を期待しておらず、どのような方法があるか？各自が考えた方法にどのような測定誤差が入るか？その誤差を減少させるには、何を工夫するのか？等の思考能力を見ることを目的としております。

---

**解答例** いろいろの方法がありますが、以下の方法が考えられます。

#### パルス法

- 1) 音波パルスを用いたエコー到達時間の直接測定。

#### 連続波法

- 2) 定常波の位相測定、又は定在波の波長からの音速測定。

#### ドップラー効果

- 3) 音波のドップラー効果による周波数変化からの音速測定。パルス法の音速測定にドップラー効果を加えた例もあります。

以下に具体的な例を幾つか示します。

(1 - 1) 屋外にカセットテープとラジオを持ち出してたとえば落雷現象(極めて短時間に電波と音波の発生する現象なら良い)を録音する。ラジオの放電雑音(イベント)の入力時刻から実際に音が聞こえる時間を測定する。条件が良ければ、落雷地点の距離測定 3 ~ 5 km の距離を誤差 1 ~ 2 m の範囲で時間に関して 0.1 ~ 0.2S の程度で測定可能。条件が良いと高精度の測定が可能である。ただし、落雷点をきちんと探せる事が条件で、音の進行経路中に温度分布があ

ると誤差が増加する。

( 1 - 2 ) 室内の廊下を使用して、短い音波パルスが発生してエコーを測定する。

廊下の長さ 5 0 m を使用し 0.5 秒程度の音声を出しストップウォッチを片手に時間計測する。ほとんど音速は計測不可能である。

精度を上げるために、パルス幅の減少を図る。

廊下の長さ 5 0 m を使用し 1mS 秒程度の音波パルスをマイクとデジタルオシロ等を用い計測する。

測定周波数の増加による高精度化を図る

1 0  $\mu$ S ~ 1 0 0  $\mu$ S の幅の超音波 ( 0 . 5 MHz 程度の振動数 ) パルスを用い音速測定を行う。人間の聴覚で捉えられる範囲は 3 0 Hz ~ 20KHz だが、電気的な計測ならば更に高い周波数の音波も使用できる。音はマイクロフォンで拾いデジタルオシロスコープ等で計測。超音波を用いると波長が短いために、音波をビーム状にしたり、短いパルスを作ったりする事が容易になる。更に周波数を上げて ( 10 ~ 100MHz ) 短パルス ( 10 ~ 1 0 0 nS ) の測定で高精度化をおこなう事も可能である。

( 2 - 1 ) 連続した定常音波を使用した音速測定。音速 = 波長  $\times$  振動数の関係を使う。

正確な周波数発振器とアンプ、スピーカーを組み合わせ、たとえばアクリルパイプの中で生じた定在波の長さを測定する。定在波の存在は“おがくず”等で記録する。精度は 4 0 cm 前後の中の節の数を数え、その長さの測定誤差は 0 . 2cm 程度に収まる。簡単な割に高精度である。開放端の補正や、定在波の節を精度良く計る工夫をした解答がありました。