

中学校の教科書で取り上げられている 音に関する実験についての考察

酒井 徹雄

中学校の教科書で取り上げられている「音の性質」に関する実験のうち、音の伝わる速さの計測について実施し、授業で活用するときの容易さ、活用するにあたっての改善点等について検証したので報告する。

〔キーワード〕 体験的な理解 音の伝わる速さの計測 実感を伴った理解 授業での活用

はじめに

「音の性質」は、中学校第1分野第1学年の、単元「身近な物理現象」の「光と音」で扱われている。学習指導要領においては、「音の性質」について、「音についても実験を行い、音はものが振動することによって生じ空気中などを伝わり、音の振動が空気中などを伝わり、音の大きさは発音体の振動の仕方に関係することを見いだすこと」^{*1)}とされており、指導するねらいは次の3つを見いださせることであると考えることができる。

- ①音は物体の振動によって生じること
- ②音の振動が空気中などを伝わり、音の大きさは発音体の振動の仕方に関係すること
- ③音の振動が空気中などを伝わり、音の大きさは発音体の振動の振幅と振動数に関係すること

音の伝わる速さの計測は②と関係があり、学習指導要領解説¹⁾に「空気中を伝わる音の速さについては、例えば、雷鳴や打ち上げ花火などの体験と関連させて考えさせる。また、スタート合図ピストルの白煙が見えてから音が聞こえるまでの時間のずれを計測したり、ビデオ機器などを用いて煙の発生と音を聞いて人間が反応するまでの時間のずれを測ったりして、おおまかな音の速さを求めることが考えられる。音が空気中を伝わる音の速さについては、室温など一定の温度におけるおよその値を示す。」とあるように、正確な音の速さの値を求めさせることより、簡単な計測を行って音には有限の速さが

あるということを体験的に理解させることに意義があると考えられる。

本研究では、北海道で採択されている教科書に記載された方法について、生徒が音が空気中を有限の速さで伝わることを実感でき、かつ授業で活用しやすいものになっているかを検証した。

1 教科書に記載された音の伝わる速さの計測方法^{*2) 3) 4)}

北海道で採択されている教科書には、以下のような「音の伝わる速さの計測方法」が記載されている。

A社

方法1：号砲の煙が見えてから音が聞こえるまでの時間の差を利用する。

方法2：長いホースの出口で聞こえる音の時間の差を利用する。

B社

方法1：打ち上げ花火のようすをビデオカメラで撮影し、映像を利用する。

方法2：2地点におけるたいこの音が聞こえる時間の差を利用する。

C社

方法1：打ち上げ花火のようすをビデオカメラで撮影し、映像を利用する。

このうち、A社の方法1と方法2について

検証を行った。

2 検証

(1) 号砲の煙が見えてから音が聞こえるまでの時間の差を利用する (A社 方法1)

A社の実験方法1の教科書での記載は次のようになっている。

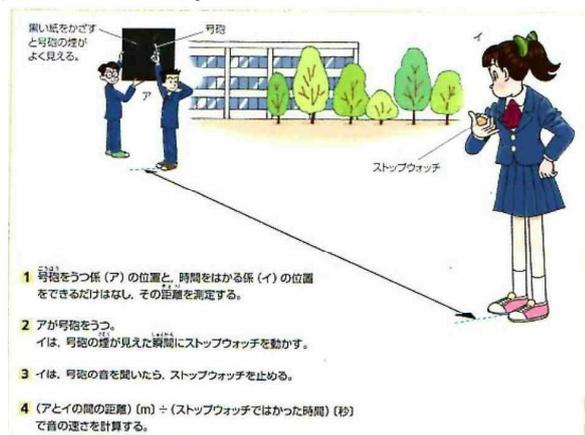


図1 号砲を利用した音の速さの計測 (A社)

- ①号砲をうつ係 (ア) の位置と、時間をはかる係 (イ) の位置をできるだけはなし、その距離を計測する。
- ②アが号砲をうつ。
イは、号砲の煙が見えた瞬間にストップウォッチを動かす。
- ③イは、号砲の音を聞いたら、ストップウォッチを止める。
- ④ (アとイの間の距離) [m] ÷ (ストップウォッチではかった時間) [秒] で音の速さを計算する。

実際にこの方法で計測を行ってみたが、①の号砲をうつ係 (ア) と時間をはかる係 (イ) の距離については、学校の校庭で実験を行うことや、煙を目視で確認することを考慮すると150m程度の距離が限界であった。

この距離で実験を行うと、煙が見えてから音が聞こえるまでおよそ0.3~0.4秒というわずかな時間しかかからないため、上記の手順どおりに煙を確認してストップウォッチを動かし、音が聞こえたらストップウォッチを止めるという

作業を一人で行うことは至難の業であった。

そこで、B社の方法2を参考に時間をはかる係を2名にし、1人は号砲の煙の確認に専念し、もう1人は聞こえてくる号砲の音に専念することとした。

時間をはかる係の2人には1人1個ずつストップウォッチを持ってもらい、同時にストップウォッチを押してスタートさせた。1人は煙が見えた瞬間にストップウォッチを止め、もう1人は音が聞こえた瞬間にストップウォッチを止めて、その時間の差を音が伝わる時間とした。表1にこの計測の結果を示す。

表1 計測の結果

	1	2	3	4	5	6
煙が見えた時刻[s]	9.40	10.26	10.72	7.60	10.80	8.08
音が聞こえた時刻[s]	10.05	10.53	11.12	8.10	11.27	8.56
音が伝わる時間 (時刻の差[s])	0.65	0.27	0.40	0.50	0.47	0.48
音の伝わる速さ[m/s]	201.5	485.2	327.5	262.0	278.7	272.9

この計測で得られた音の伝わる速さは、201.5~485.2m/sとかなりのばらつきがみられた。また、号砲をうつ係 (ア) と時間をはかる係 (イ) の間の距離は150m程度離れているので、メジャーを用いて計測するのはとても大変な作業となり、何らかの工夫が必要であると思われる。

実験後、音が聞こえた瞬間にストップウォッチを止める係は、「号砲の煙を目にすると主観が入りやすく、音が聞こえた瞬間にストップウォッチを止めていないかもしれない。」と述べており、このことが実験結果のばらつきの原因になるようであった。また、「反射神経のテストを受けているようだった。」とも述べており、計測にあたっては強いストレスを感じているように思われた。そこで次のように実験手順を改善した。

- ①号砲をうつ係 (ア) の位置と、時間をはかる係 (イ) の位置をできるだけはなし、その距離を予め「地図で距離計測:google Maps (<http://japonyol.net/editor/distancia.html>)」を利用して計測しておくか、現地でスマートフォンやタブレット端末等を用いて計測する。

- ②同時にスタートボタンを押したストップウォッチを2つ用意し、時間をはかる係（イー1，イー2）がそれぞれ持つ。イー1は号砲の煙が見えた瞬間にストップウォッチを止め、イー2は音が聞こえた瞬間にストップウォッチを止めることを互いに確認する。
 - ③イー2は、号砲に対して後ろを向くなどし、音を聞くことだけに集中する（図2）。
 - ④アが号砲をうつ。
イー1は、号砲の煙が見えた瞬間にストップウォッチを止める。
イー2は、号砲の音が聞こえた瞬間にストップウォッチを止める。
（イー2が計測した時刻）〔s〕－（イー1が計測した時刻）〔s〕で音が伝わる時間を計算する。
 - ⑤（アとイの間の距離）〔m〕÷（音が伝わる時間）〔s〕で音の速さを計算する。
- 表2にこの計測の結果を示す。



図2 改善した音の速さの計測（距離の計測はgoogle Mapsで計測）

表2 改善した実験方法による計測結果

	1	2	3
煙が見えた時刻〔s〕	21.93	58.45	32.6
音が聞こえた時刻〔s〕	22.45	58.85	32.89
音が伝わる時間 (時刻の差〔s〕)	0.52	0.4	0.29
音の伝わる速さ〔m/s〕	251.9	327.5	451.7

考察

- ・号砲の火薬が爆発してから煙が上がるまでのわずかな時間差が、音の伝わる速さの計算値に影響を与えることが考えられる。

- ・計算結果にばらつきはあるが、音が遅れて伝わることは実感できる。また、どうしてばらついた結果になるのか、新たな課題として探究活動に発展できる。
- (2)長い管の入り口と出口で聞こえる時刻の差を利用する。(A社)

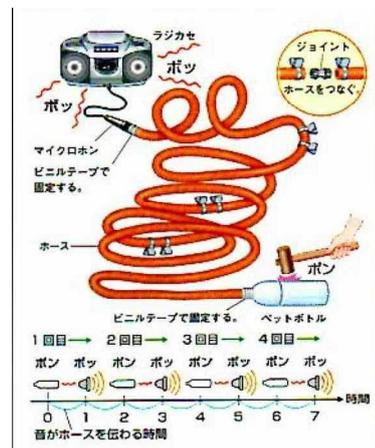


図3 長い管を用いた音の速さの計測方法 (A社)

- ①ホース（電線を入れるプラスチック製の管がよい）をジョイントでつなぎ、全長を100mとする。
- ②ホースの一端にペットボトルを固定し、他端にマイクロホンを固定する。マイクロホンはラジカセなどにつなぐ。
- ③ペットボトルを木づちで「ポン」とたたくと、少し遅れて「ポツ」という音がラジカセから聞こえる。
- ④ペットボトルをたたく「ポン」とラジカセからの「ポツ」が「ポン」「ポツ」「ポン」「ポツ」・・・というように、等間隔で連続して出るように練習する。
- ⑤④のようにして4回たたき、最初の「ポン」から最後の「ポツ」までの時間を計測する。
- ③音がホースを伝わる時間は、(⑤で計測した時間) ÷ 7で求められる。
したがって100m ÷ (求められた値)で音の伝わる速さがわかる。

ペットボトルを木づちでたたいたが、スピーカから「ポッ」という音を聞き取ることはできなかった。



図4 長い管を用いて100m先の自分の声を聞く

図45のように、ホースの一端から大きな声を出すと、少し遅れてスピーカーから声ではなく、「ヒュー」という風のような音が出力された。ホースの一端から低くて小さな声で「オー」と出し、もう一端を耳にあてると、声を発してからやや遅れて「オー」と聞こえる。ホースの一端から高くて小さな声で「オー」と出し、もう一端に耳をあてると、声も風も伝わらない。

考察

- ・プラスチック製の管は軽いので持ち運びは楽だが、表面積が大きいために、音が減衰してしまい、「アー」というような声を出しても、「ヒュー」という空気がホースを通過して他端から出てくるので、音が伝わったという実感がわからない。

参考

- ・プラスチック製の管ではなく、ゴム製のホースを用いると、音の減衰が生じにくく、「アー」というような声を出すと、「アー」という音が他端から出てくる。
- ・この実験を考案した木下正博氏（富山県総合教育センター科学情報部研究主事）によると、プラスチック製のものではなくビニール製の

ものを用いることにより200mのホースを用いても計測できる^{※5)6)}。

- ・音の伝わる速さを計測することは困難であるが、その場にながら、自分の声が100m先でどのくらい遅れて伝わるのかを実感することができる。

おわりに

本研究は教科書で取り上げられている「音の伝わる速さの計測」の実験の学校現場での活用のしやすさに着目し、検証を試みたものである。今回実際に行ってみたところでは、A社の方法1、方法2のいずれも扱いやすいものではなかった。方法1は教科書に書かれているようなやり方ではとても短い時間内にストップウォッチを動かして止めなければならないため、計測の方法を工夫する必要があった。方法2は、記載のとおりの実験装置をつくり、実験を行っても教科書に書いてあるようにはならなかった。実験装置の心臓部ともいえるプラスチック製の管に原因があり、ゴムホースを用いれば実験は可能であることがわかった。しかし生徒が音が空气中を有限の速さで伝わることを実感でき、かつ授業で活用しやすいものになっているかの観点で考えれば、実感はできるが、活用するには難しいと考えられる。教師が授業でこの実験を活用することを考えたとき、思うように実験ができず生徒は混乱するものと考えられる。教科書の実験手順は概要だけでなく、実験を実施するときのヒントやコツを記載し、教師が活用しやすいものにすべきであると考えられる。

参考文献

- 1) 文部科学省 中学校学習指導解説 理科編
- 2) 教育出版 自然の探究 中学校理科1
- 3) 啓林館 未来へひろがるサイエンス1
- 4) 東京書籍 新しい科学1年
- 5) 木下正博 ビニールホースを用いた音速の測定 日本理化学協会・全国理科教育大会 1997
- 6) 授業で使える物理実験100 富山県総合教育センター

(さかい てつお 物理研究班)