

## 音速

地震波は P 波と S 波で速度の違いがあることをお話ししました。これは地中(個体中)を伝わる場合の話です。通常の空気中を伝わる音の速度は 1 種類になります。(音の話(10)で個体、液体、気体中の音の伝わり方の違いを説明しています。)

少し話がそれますが、音速をマッハということがあります。空気中での音の速さは 1 秒間に 340m ですので時速に直すと(340m × 3600 秒となり)マッハ 1 は時速 1224km になります。

マッハを超える乗り物は、戦闘機などがありますが旧ソ連の MiG25 はマッハ 2.8 を超えたそうです。空気中を進む飛行機は空気の抵抗がありマッハ 1 を超える時に「ソニックブーム」と呼ばれる衝撃波が発生しますし、空気抵抗があり限界がありますが、空気の無い宇宙を飛ぶロケットの場合空気抵抗の制約が無いのでより高速になります。月に行ったアポロの最高速度は時速 40,425km = マッハ 33 まで出たそうです。

音速を実験で測定するのではなく、理論的に初めて計算したのはニュートンです。彼は「速度は、流体の弾性力がその圧縮され方に比例すると仮定するかぎりにおいて、(流体の)弾性力の比の平方根と(流体の)密度の逆比の平方根との積の比にある。」としています。式で表すと以下のようにになります。

$$V = \sqrt{\frac{k}{\rho}} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} V &= \text{速度} \\ k &= \text{体積弾性率} \\ \rho &= \text{密度} \end{aligned}$$

彼はこの式を元にして、音速を約 280m/秒としました。これは当時の測定値に近い値ではありませんでしたが、その後、正確な音速の測定値が出ると、理論値との差が大きいことがわかりました。これを修正したのはラプラスです。ニュートンは音が伝わることによって、空気が圧縮されると温度があがり、膨張すると温度が下がることを考慮していなかったので、「等温変化」としてとらえていました。

ラプラスは空気の圧縮膨張による熱を考慮した「断熱変化」としてとらえ、ニュートンの式を以下のように変更しました。

$$V = \sqrt{\frac{c_p}{c_v} \times \frac{P}{\rho}} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} V &= \text{速度} & C_V &= \text{定積モル比熱} \\ P &= \text{圧力} & C_P &= \text{定圧モル比熱} \\ \rho &= \text{密度} \end{aligned}$$

これにより音速を正しく求める式が完成しました。