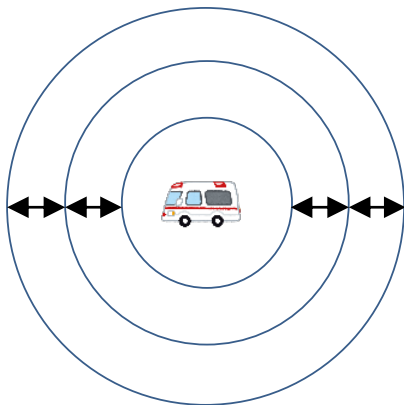


## ドップラー効果

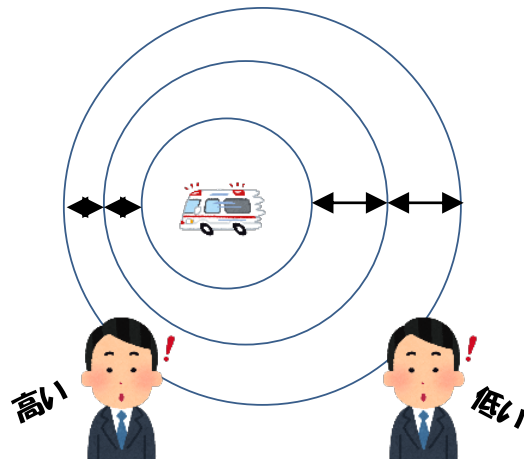
救急車が目の前を通り過ぎるとき、通り過ぎる前と音が変わったと感じることはありませんか？実はこれ、ドップラー効果と呼ばれるもので、波による音の伝わり方に関係します。

音は空気（など）を伝える波を感じたもので、この波の幅が狭いほど高い音となります。音の波は空気中を一定の波の幅で伝えますが、音源が動くことにより波の幅が狭くなります。

止まっていると音の波は  
等間隔で広がっていくが、



動いていると音の波の  
間隔が変わる



ではどのくらい音が変わるのかを計算してみましょう。音源の周波数を  $f$ 、音の速さを  $V$ 、音源が観測者に近づく速度を  $v_s$ 、観測者が音源に近づく速度を  $v_o$  とすると、観測者が聞こえる音の周波数  $f'$  は以下の式で求められます。

$$f' = f \times \frac{V - v_o}{V - v_s}$$

よく基準として用いられる A3 (ラ) の音, 440Hz を出す音源が, 秒速 10m (時速 36km) で目の前を通過 (観測者の速度は 0) するときを考えてみましょう。音速は秒速 340m とします。

まずは近づくとき,  $v_s = +10$ となるので

$$f' = 440 \times \frac{340}{340 - 10} = 453.3(\text{Hz})$$

少し高くなります。これは次の音 A#3 までのちょうど半分くらいの高さですね。

次に遠のくとき,  $v_s = -10$ となるので

$$f' = 440 \times \frac{340}{340 + 10} = 427.4(\text{Hz})$$

少し低くなります。これは次の音 G#3 までのちょうど半分くらいの高さとなります。この速度で通過すると都合半音くらい高さが変わることが分かりますね。

また, この式から  $f$  が  $k$  倍になれば  $f'$  も  $k$  倍になります。すなわち音程の差は変わりません。音色は倍音の構成で決まりますので音色は変わらないということです。

救急車ほどの速度ならばはっきりとわかるのですが, 歩いてすれ違う時でも変わると感じます。どのくらい音程の差があるのか計算してみましょう。

時速 3.6km = 秒速 1m で計算すると

$$f' = 440 \times \frac{340 + 1}{340 - 1} = 442.6(\text{Hz})$$

から

$$f' = 440 \times \frac{340 - 1}{340 + 1} = 437.4(\text{Hz})$$

となります。私は絶対音感など持っていないので近づくだけでは高いなどとは感じませんが, すれ違う (すなわちその前後の音を比べる) と結構その差を感じます。こうやって数値に表すと, 特に音感が優れていなくても感じるということが分かります。

(逸)