

物理 II

第13回 音

ドップラー効果

教科書 p126-127, p144-146

今日の内容

音のドップラー効果

今日のテーマ

音源および観測者が動くことによって音の振動数が変化することによって、聞こえる音が高くなったり低くなったりする現象。

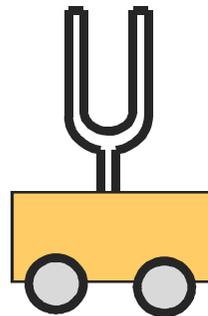
例) 救急車が近づくときと遠ざかるときで、サイレンの音の高さが変化する。



目標：

- ドップラー効果の公式を導出し、観測者が動く場合と音源が動く場合の現象の違いを理解する。
- ドップラー効果の公式を使って音の振動数の変化を計算する。

音源



観測者(音を聞く人)



静止



動く

ドップラー効果の式

音源が運動し観測者が静止しているとき

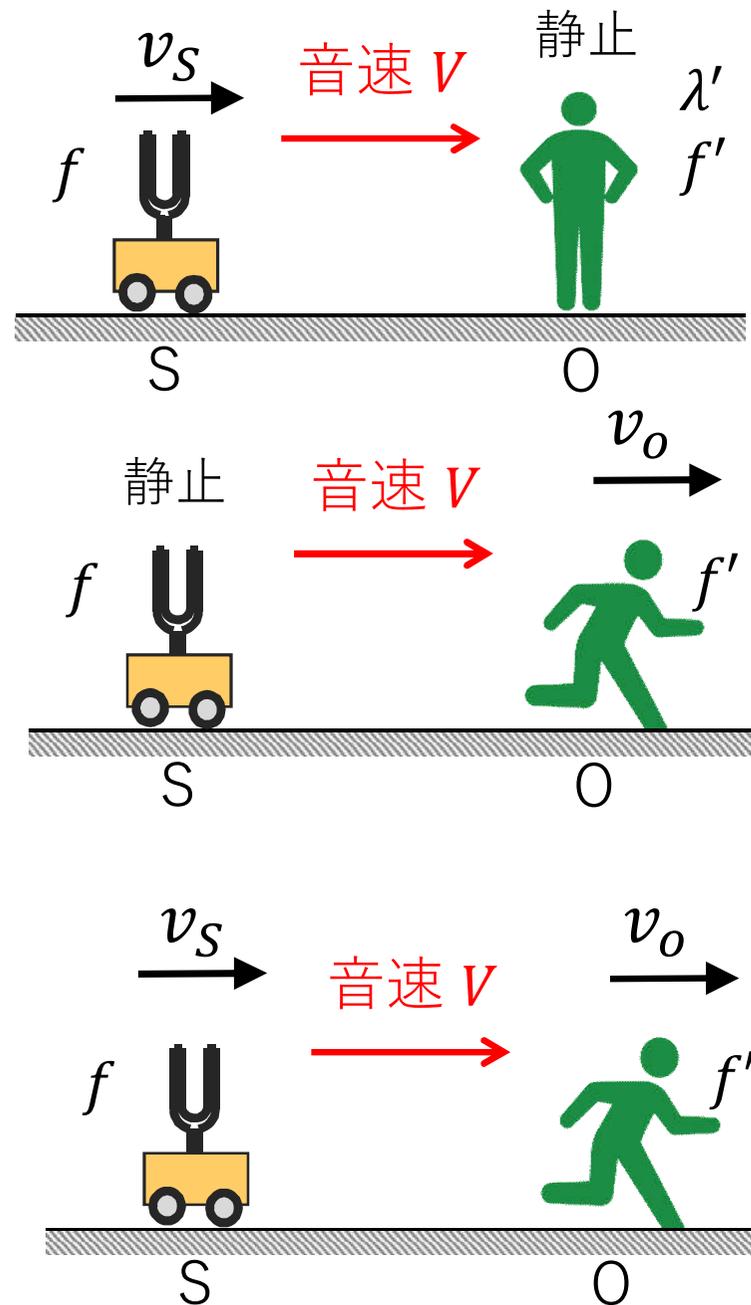
$$\lambda' = \frac{V - v_S}{f} \quad f' = \frac{V}{V - v_S} f$$

音源は静止し、観測者が運動しているとき

$$f' = \frac{V - v_O}{V} f$$

音源と観測者が運動しているとき

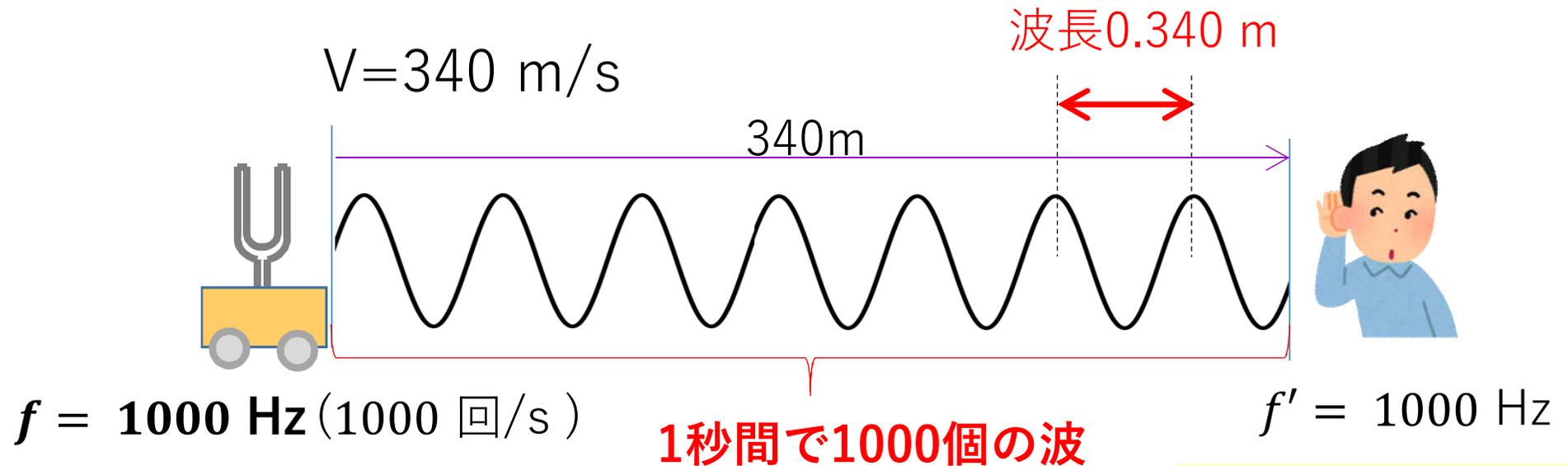
$$f' = \frac{V - v_O}{V - v_S} f$$



音源から観測者に向かう向きを正

1. 観測者の聞く音波の振動数 f' [Hz]は、観測者が1秒間に受け取る音の波の個数 f' [個]

例 静止した音源（音速 $V=340$ m/s、振動数 $f = 1000$ Hz）の音を、静止した観測者が聞く場合

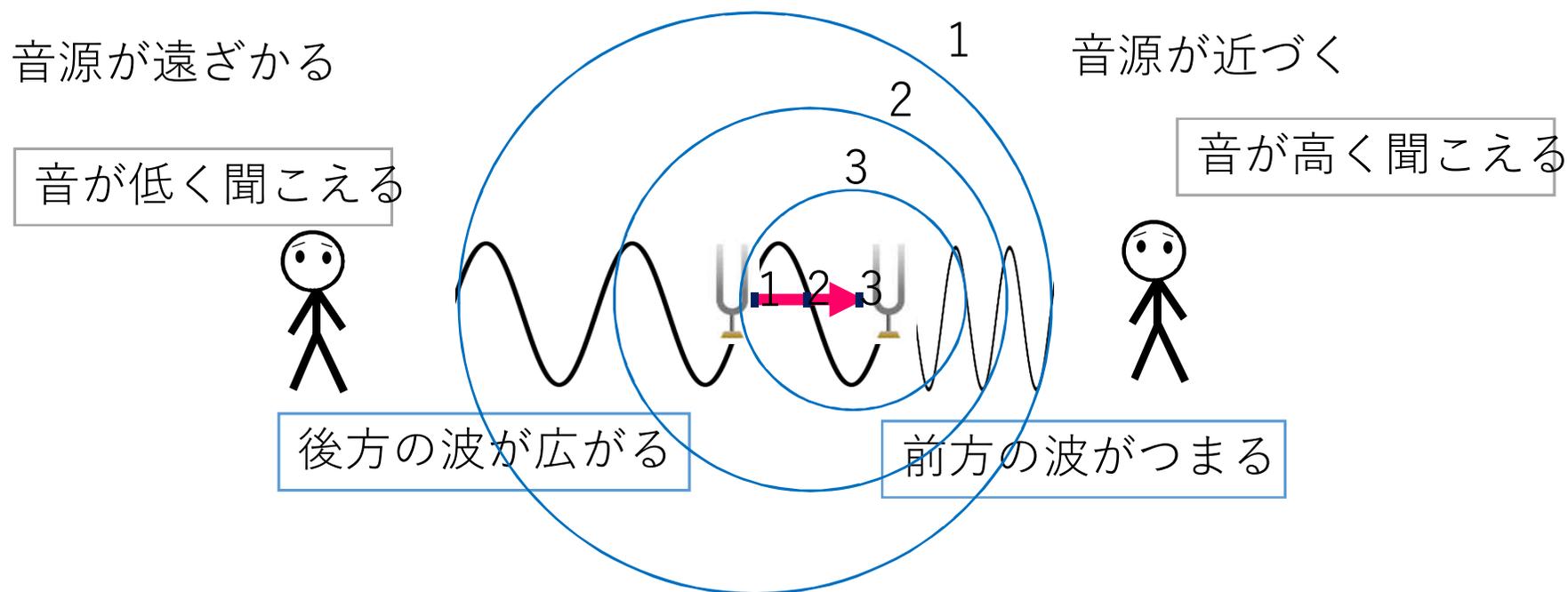


音源は1秒間に1000個の波を出す

観測者は1秒間に1000個の波を受け取る

2. 音源が動くと音波の波長が変化する

音源が動くとき、音源の前方で波長が小さく、後方で波長は大きくなる。
ドップラー効果を考えるときは、下図の波面の様子をイメージしよう。



$$f = \frac{V}{\lambda}$$

音速 $V = 340 \text{ m/s}$

風が吹かないとき音速は変化なし

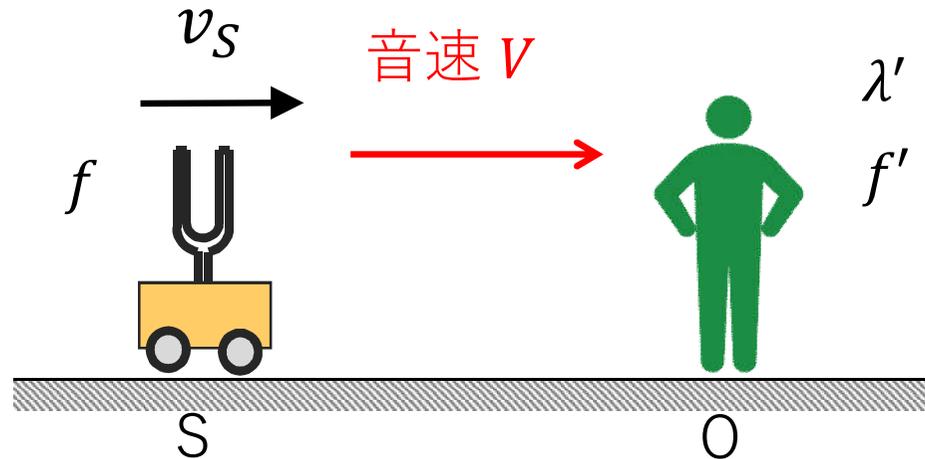
波長変化 → 振動数変化

アニメーション

ドップラー効果の式① 音源が動くとき

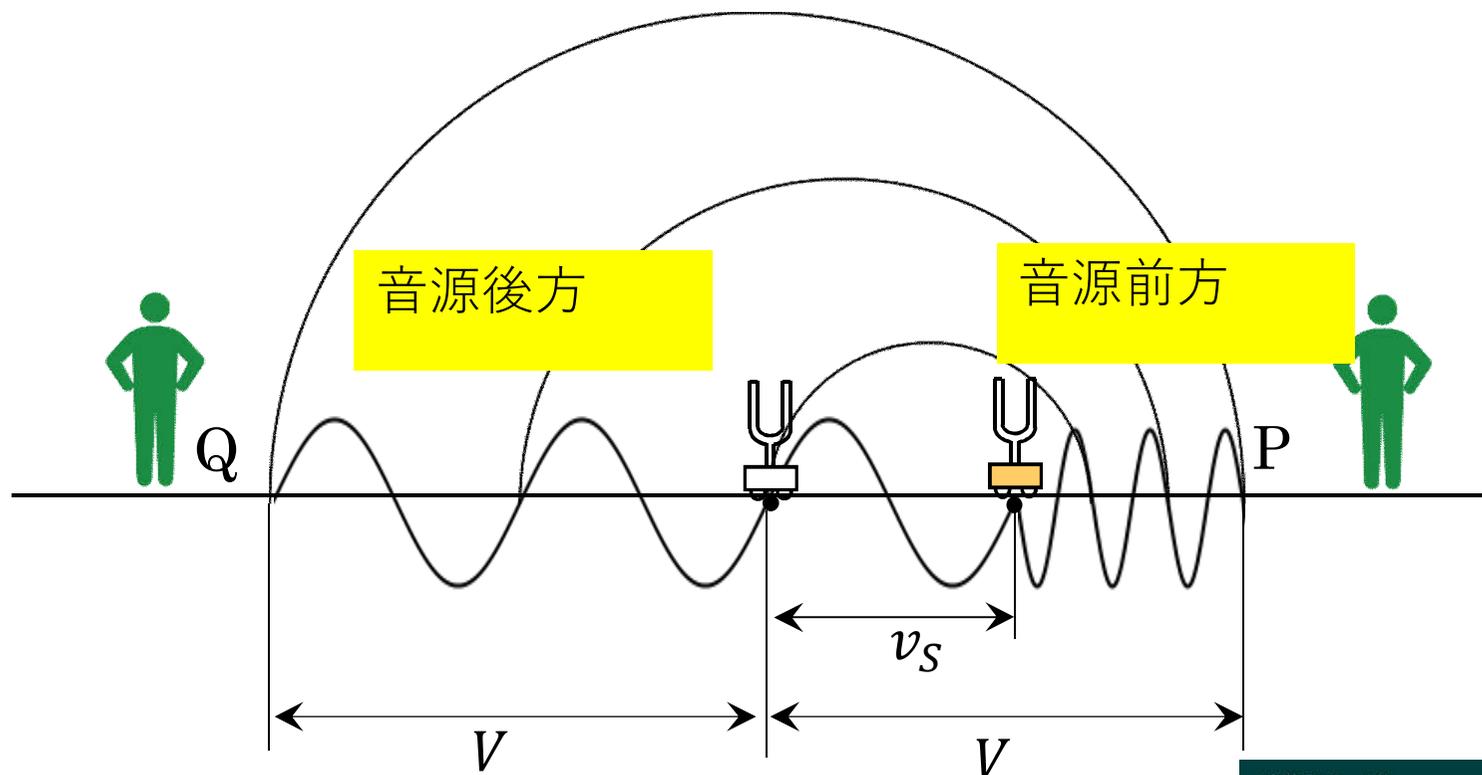
音源から観測者に向かう向きを速度の正の向きとして、音速が V で、振動数 f の音を出す音源の速度が v_s のとき、静止している観測者が受ける音波の振動数 f' と波長 λ' は、次の式で与えられる。

$$\lambda' = \frac{V - v_s}{f} \quad f' = \frac{V}{V - v_s} f$$



音源から観測者に向かう向きを正とする
近づけば $v_s > 0$ 、遠ざかれば $v_s < 0$

音源の前方で波長は短く、後方で波長は長くなる。その結果、観測者が受け取る1秒間あたりの波の個数が変化し、音源の前方で振動数は高くなり、後方で振動数は低くなる。



This is an interactive simulation interface. At the top, it displays "音速 V [m/s]" and " f_0 [Hz]". The main area shows two scenarios: the top one shows a stationary ambulance (source) and a stationary observer, with a green wave of constant wavelength; the bottom one shows the ambulance moving towards the observer, with a compressed green wave. At the bottom, there are several control buttons: "音源が移動" (Source moves), "近づく" (Approach), "遠ざかる" (Move away), "(短い波)" (Short waves), "観測者が移動" (Observer moves), "近づく" (Approach), "遠ざかる" (Move away), "(短い波)" (Short waves), "波の数について" (About the number of waves), "停止/再開" (Stop/Resume), "描画" (Draw), "描画" (Draw), and "戻る" (Back).

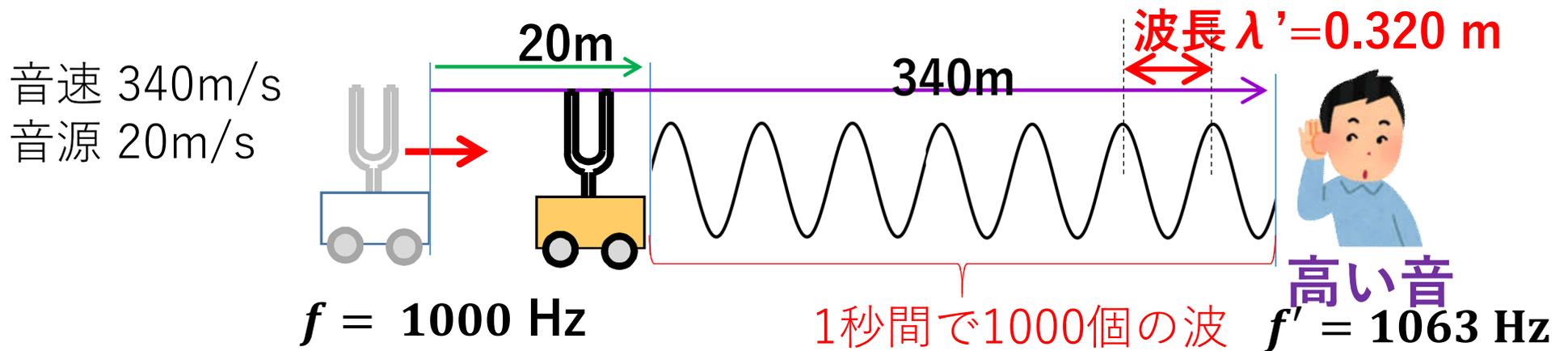
例題 1

例題 1 を解きましょう

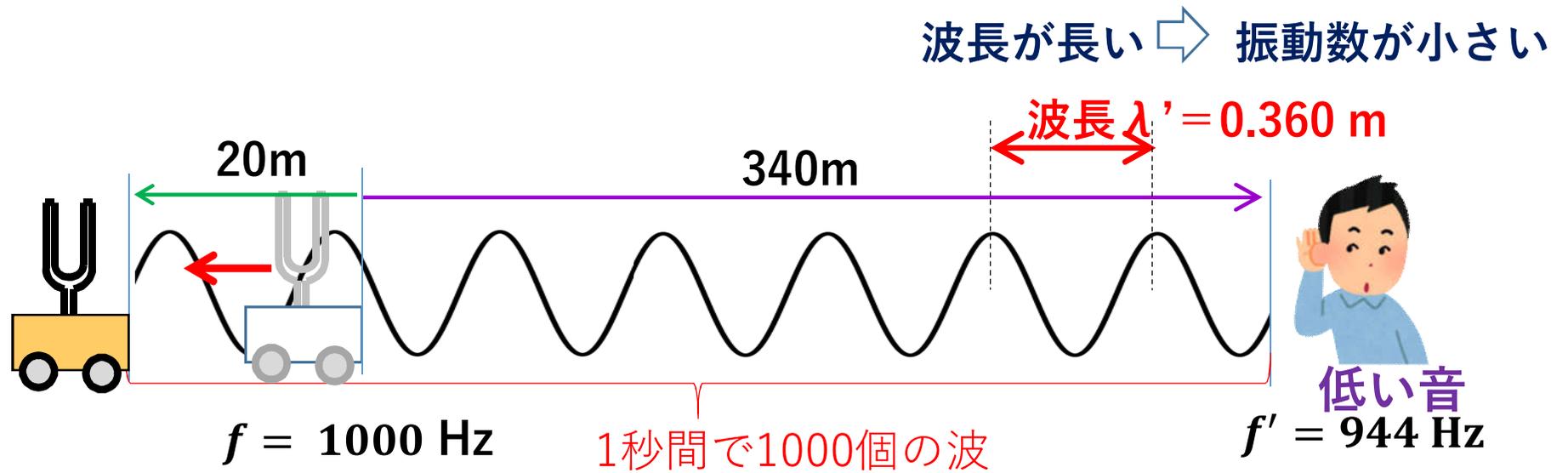
風のない日、振動数1000Hz音源が速度20m/sで運動している。音速340m/sとする。音源が観測者に近づく場合と遠ざかる場合について、下図を見て、観測者が聞く音の波長と振動数を求めよう。

1. 音源が近づく場合

波長が短い ⇨ 振動数が大きい



2. 音源が遠ざかる場合

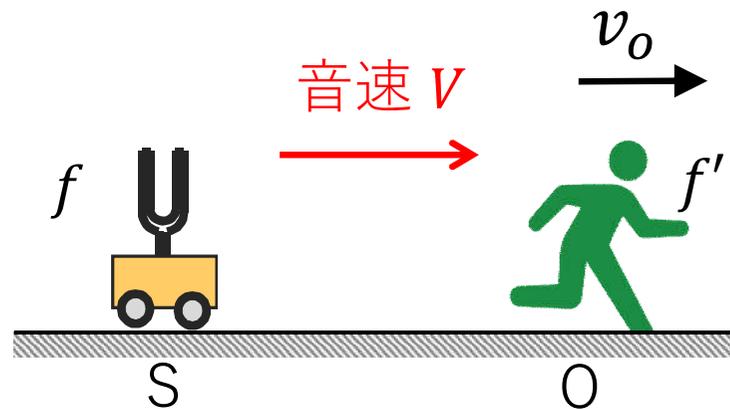


ドップラー効果の式② 観測者が動くとき

音源から観測者に向かう向きを速度の正の向きとして、音速が V 、静止している音源の出す振動数が f 、観測者が速度 v_0 で移動しているとき、観測者が受ける音波の振動数 f' は、次の式で与えられる。

$$f' = \frac{V - v_0}{V} f$$

波長は変化しない

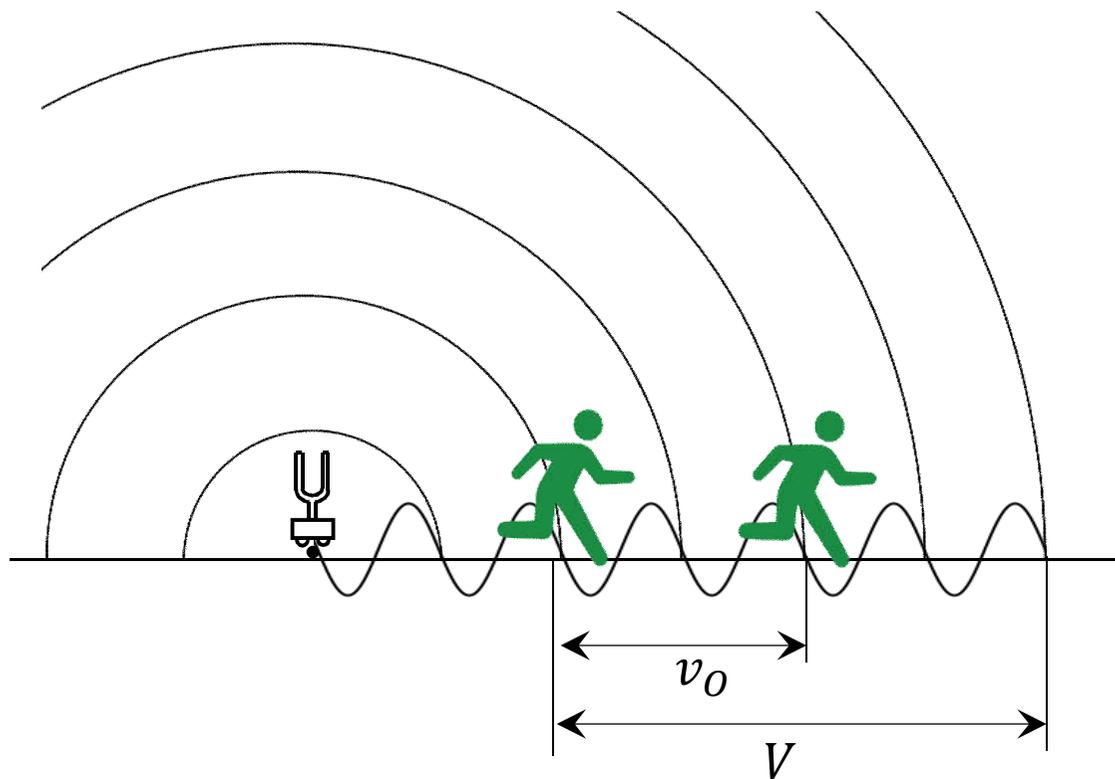


音源から観測者に向かう向きを正

近づけば $v_0 < 0$ 、遠ざかれば $v_0 > 0$

例題2 を解きましょう

観測者が音源から遠ざかるとき、波長は変化しないが、観測者の受け取る1秒間あたりの波の個数が減るため振動数が低くなる。

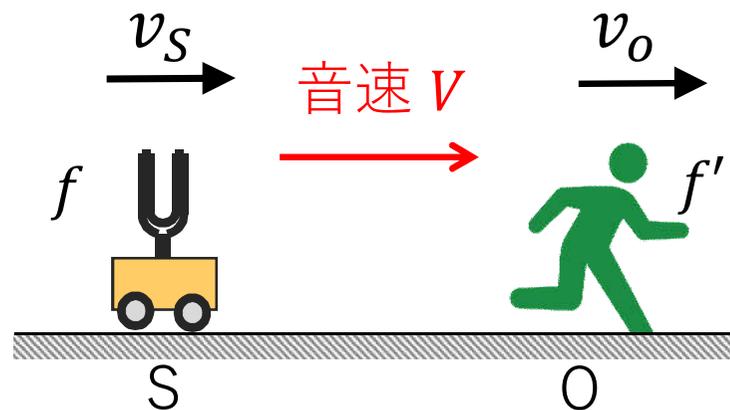


ドップラー効果の式③ 音源と観測者が動くとき

音源から観測者に向かう向きを速度の正の向きとして、音速が V 、振動数 f の音を出す音源の速度が v_s 、観測者が速度 v_o で移動しているとき、観測者が受ける音波の振動数 f' は、次の式で与えられる。

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

ドップラー効果の式①と②を組み合わせると、③が得られる。



音源から観測者に向かう向きを正

例題3を解きましょう