

物理Ⅱ

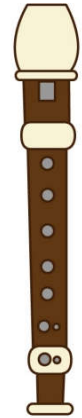
第11回 気柱の固有振動

教科書 p140-143

今日の内容

気柱の固有振動

振動する物体には、それぞれ最も振動しやすい**固有振動数**がある。弦の振動で音が出る弦楽器に対し、管楽器の音は、管の中の空気が振動して**定常波**ができることで一定の高さの音が鳴ります。管の中の空気を気柱といい、弦と同じように、気柱にも固有振動がある。気柱の固有振動を理解し、固有振動数を決めるのは何か考える。



フルート



クラリネット



両者の違いは？

気柱の振動

気柱とは管の中に閉じ込められた空気

開管

両端が閉じられていない管

空気の振動を
送り込む穴

開いている



気柱 (内部の空気)



閉管

一端が閉じられていない管

空気の振動を
送り込む穴

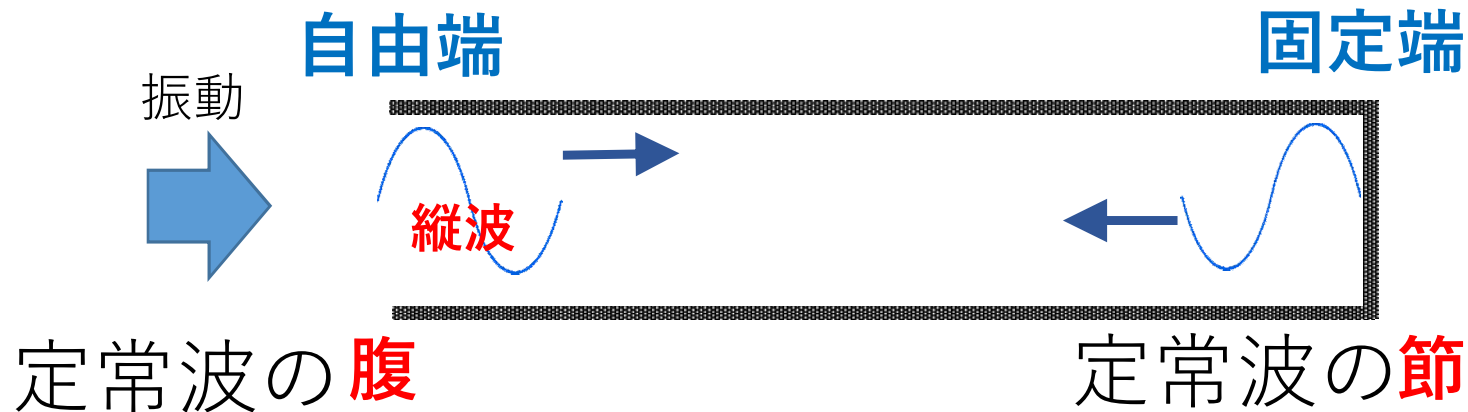
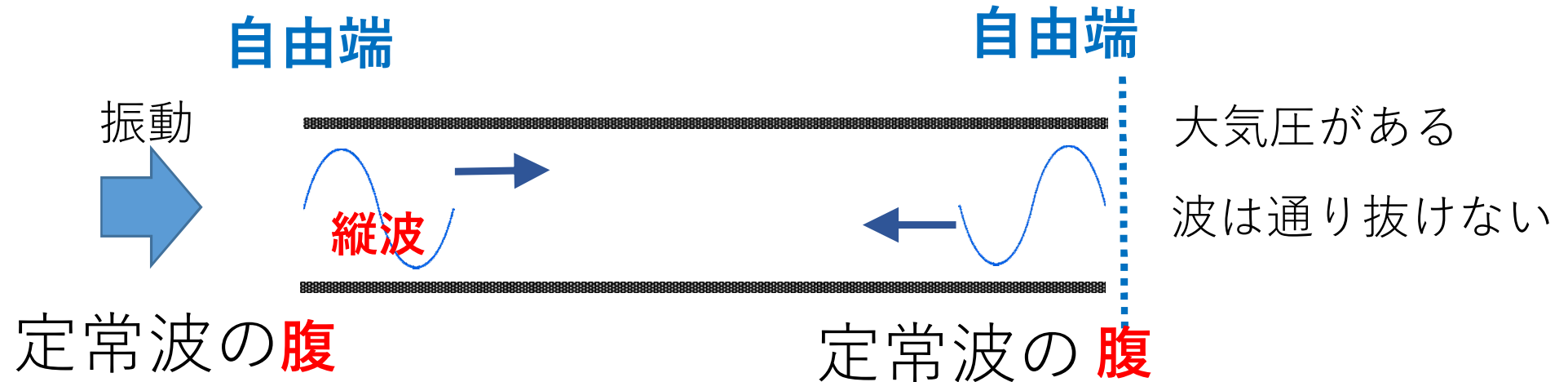
閉じている



リコーダーは片側から息を吹き込んで気柱の空気を振動させる。
フルートは開管で、クラリネットは閉管

気柱に生じる定常波と固有振動

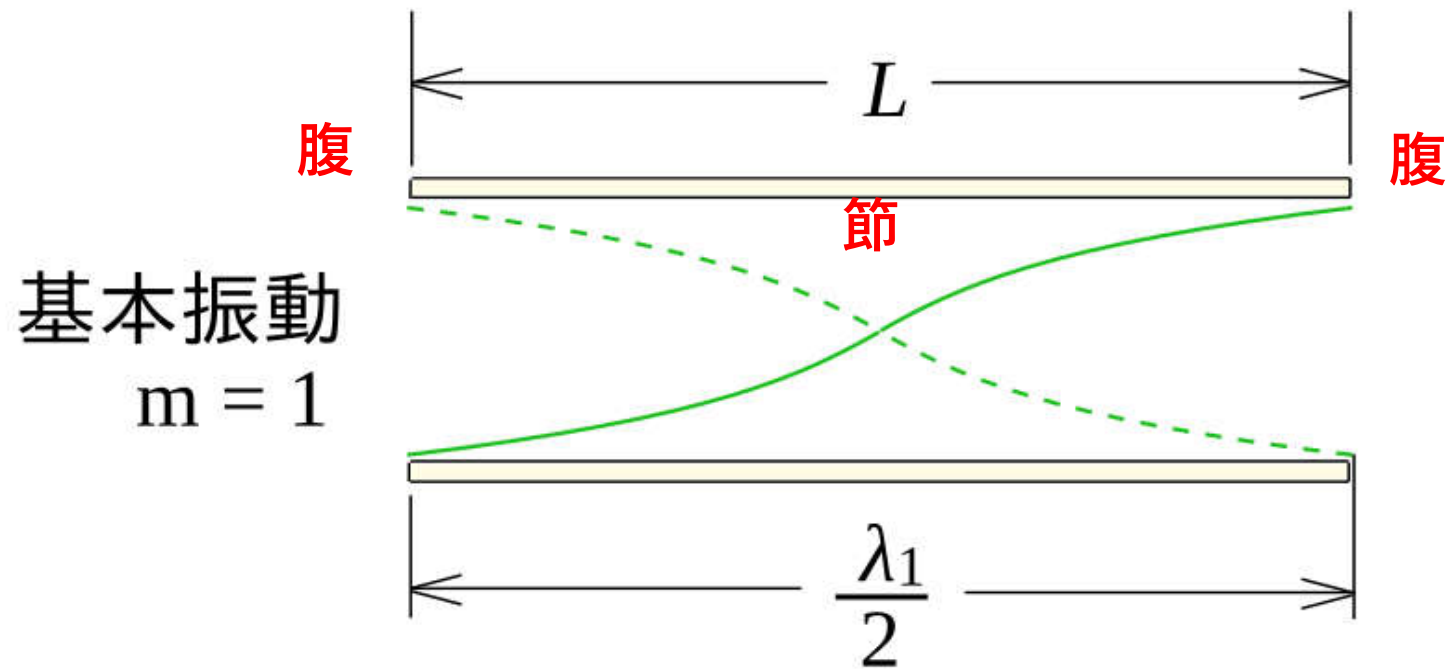
気柱の固有振動はどのようにして決まっているか？



長く存在する波：定常波の発生

1. 開管内の気柱に生じる固有振動

基本振動 両端が腹で一番波長の長い定常波



$$\lambda_1 = 2L$$

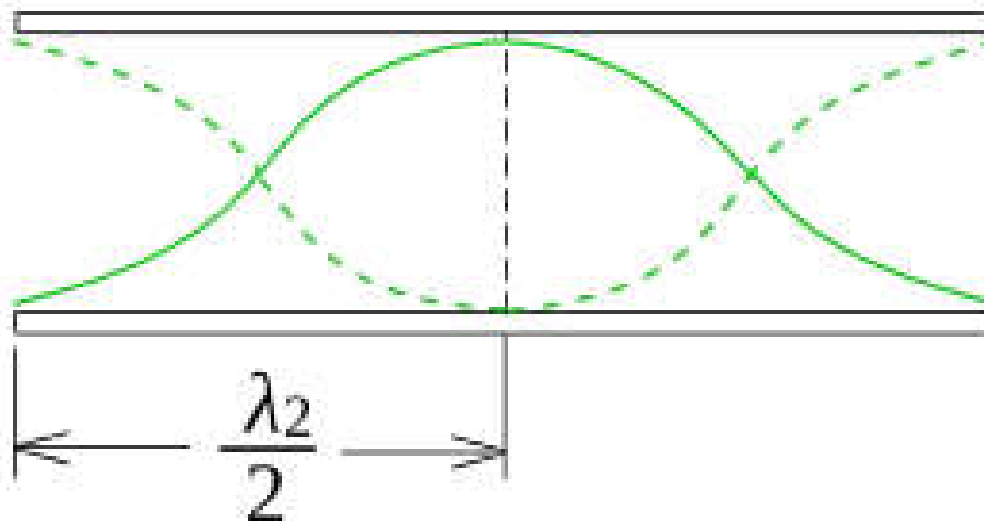
$$f_1 = \frac{V}{\lambda_1} = \frac{V}{2L}$$

基本振動数

気柱を伝わる縦波の速さは音速 音速 $V = 331.5 + 0.6t [\text{m/s}]$

2倍振動 両端が腹で次に波長の長い定常波

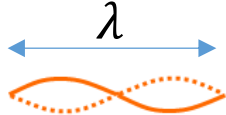
2倍振動
 $m = 2$



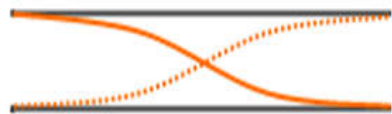
$$\lambda_2 = L$$

$$f_2 = \frac{V}{\lambda_2} = \frac{V}{L} = 2f_1$$

開管の長さ、波長、振動数の関係（音速 V とする）

固有振動	波長 (正弦波)		波長 λ_n	振動数 f_n	聞こえる音
------	-------------	--	----------------	-----------	-------

基本振動



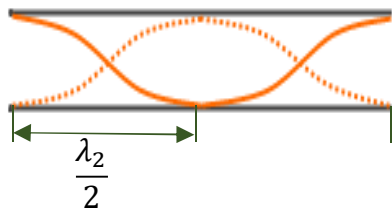
L の中に
が1個

$$\lambda_1 = 2L$$

$$f_1 = \frac{V}{\lambda_1} = \frac{V}{2L}$$

基本音

2倍振動



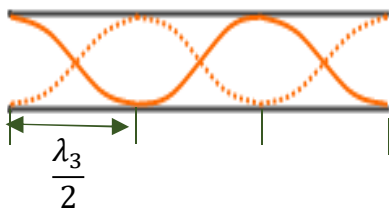
L の中に
が2個

$$\lambda_2 = L$$

$$f_2 = \frac{V}{\lambda_2} = \frac{V}{L} = 2f_1$$

2倍音

3倍振動



L の中に
が3個

$$\lambda_3 = \frac{2L}{3}$$

$$f_3 = \frac{V}{\lambda_3} = \frac{3V}{2L} = 3f_1$$

3倍音

n 倍振動

⋮

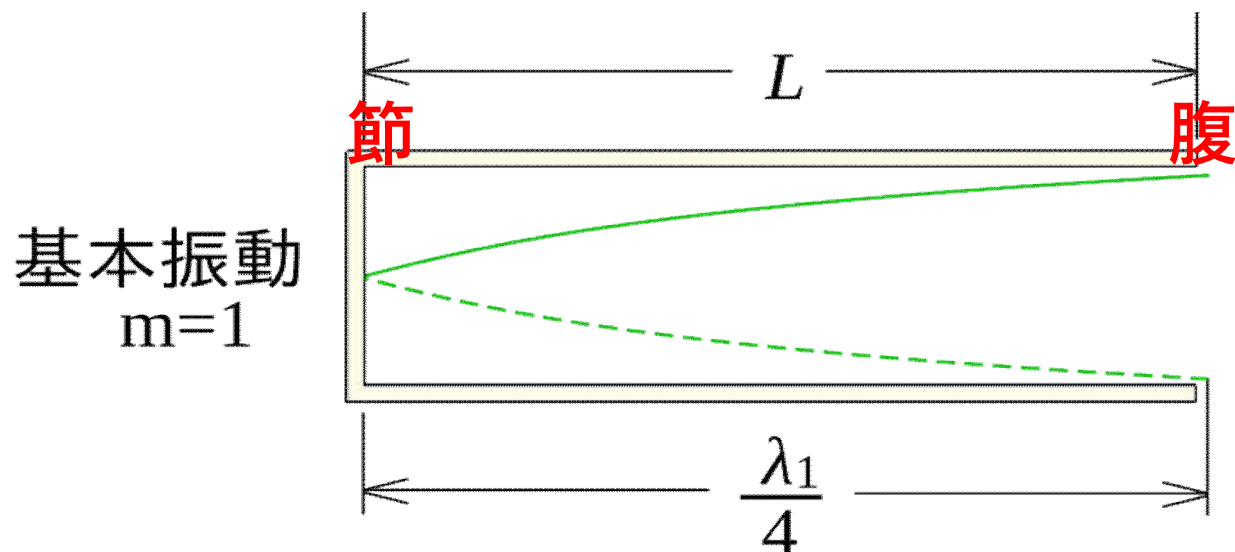
倍振動による音を
「倍音」という

例題1 をやりましょう。

2. 閉管内の気柱に生じる固有振動

基本振動

口が開いている方が腹、閉じている方が節の定常波で、一番波長の長い定常波



L の中に  が1個

$$L = \frac{\lambda_1}{4} \cdot 1 \quad \text{より} \quad \lambda_1 = 4L$$

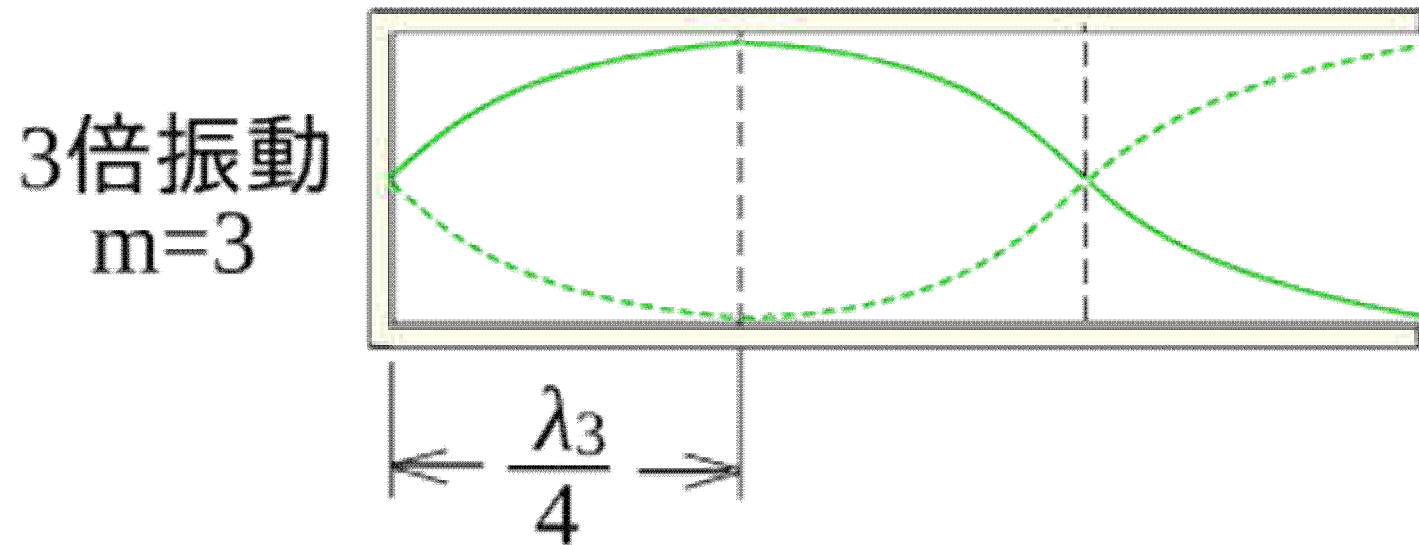
$$f_1 = \frac{V}{\lambda_1} = \frac{V}{4L}$$

基本振動数

音速 $V = 331.5 + 0.6t[\text{m/s}]$

気柱を伝わる縦波の速さは音速

3倍振動 2番目に波長の長い定常波



L の中に  が 3 個

$$\lambda_3 = \frac{4L}{3}$$

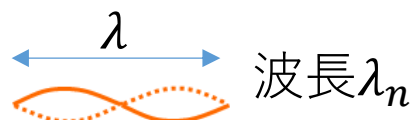
$$f_3 = \frac{V}{\lambda_3} = \frac{3V}{4L} = 3f_1$$

閉管の長さ、波長、振動数の関係（音速 V とする）

閉管には偶数倍振動がない！

固有振動

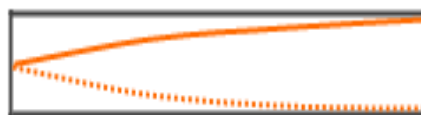
波長
(正弦波)



振動数 f_n

聞こえる音

基本振動



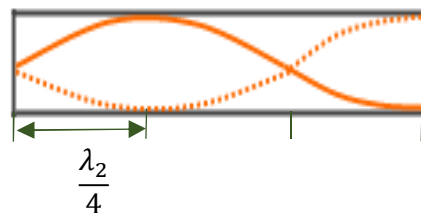
L の中に
が1個

$$\lambda_1 = 4L$$

$$f_1 = \frac{V}{\lambda_1} = \frac{V}{4L}$$

基本音

3倍振動



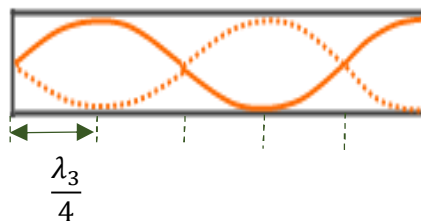
L の中に
が3個

$$\lambda_3 = \frac{4L}{3}$$

$$f_3 = \frac{3V}{4L} = 3f_1$$

3倍音

5倍振動



L の中に
が5個

$$\lambda_5 = \frac{4L}{5}$$

$$f_5 = \frac{5V}{4L} = 5f_1$$

5倍音

n倍振動

⋮

例題2 をやりましょう。