

## センター試験「物理I」問題 第3問B

問5 波の屈折と関係ない現象はどれか。次の①～⑤のうちから1つ選べ。

- ①砂浜に打ち寄せる波の波面は海岸線に平行になる。
- ②凸レンズで光を集めることができる。
- ③湯を入れると浴槽の底が浅く見える。
- ④音源の風下の方が風上より音がよく聞こえる。
- ⑤冬の晴れた夜、遠くの音がよく聞こえることがある。

正解は④としている。

これは「屈折と関係がない」現象か？

- ⑤ 夜中に遠くの音がよく聞こえるという現象 <温度効果>による屈折

夜間 上空ほど温度が高く、音速が速くなる。下向きに屈折する。

昼間、上向き(空中)に屈折して届かなかった音も、夜間には下向きに屈折(障害物をうまく迂回)して届くようになる。

昼夜の気温の変化がおよそ10K程度とすると、音速の変化はせいぜい6m/s程度

- 風速が地表より上空が6m/s 程度速くなる風速の変化は十分ありうる。  
温度変化の時と同様な現象が起きる。 <風速効果>による屈折

参考 『物理学総論(上)』 堀健夫, 大野陽朗 学術図書出版 p280

『ハテなぜだろうの物理学 I』 J.ウォーカー 培風館 p101

『音と音波』小橋 豊 裳華房 p125

- 原因が何であれ、音速が変化すれば屈折が起きる。④と⑤に本質的  
違いがない。
- 聞こえないはずの音が伝わるので、大きなエネルギーが届く。

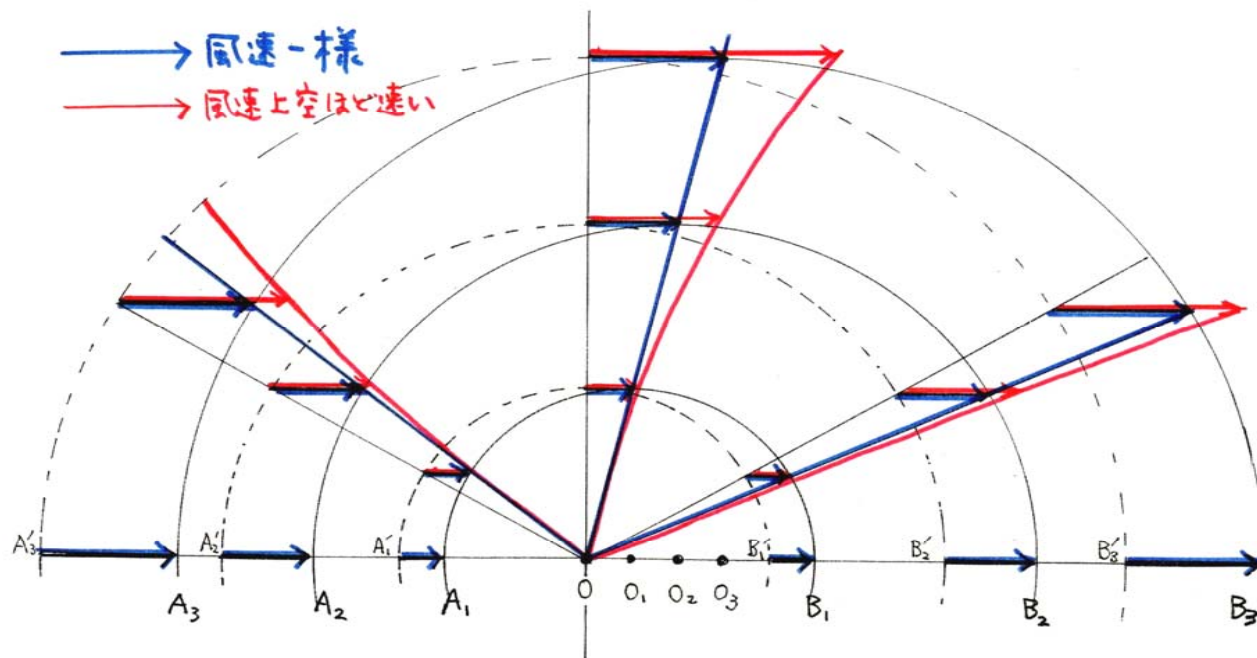
# ＜新たに生じた疑問＞

## 屈折なし(一様な風速)でも 風下で音はよく聞こえるのではないか？

波面の広がりと波の進む向き

青い線 風速一様 屈折なしの場合

赤い線 上空ほど風速が速い時 屈折ありの場合



## 観測者の受け取る音のエネルギー(次の図参照)

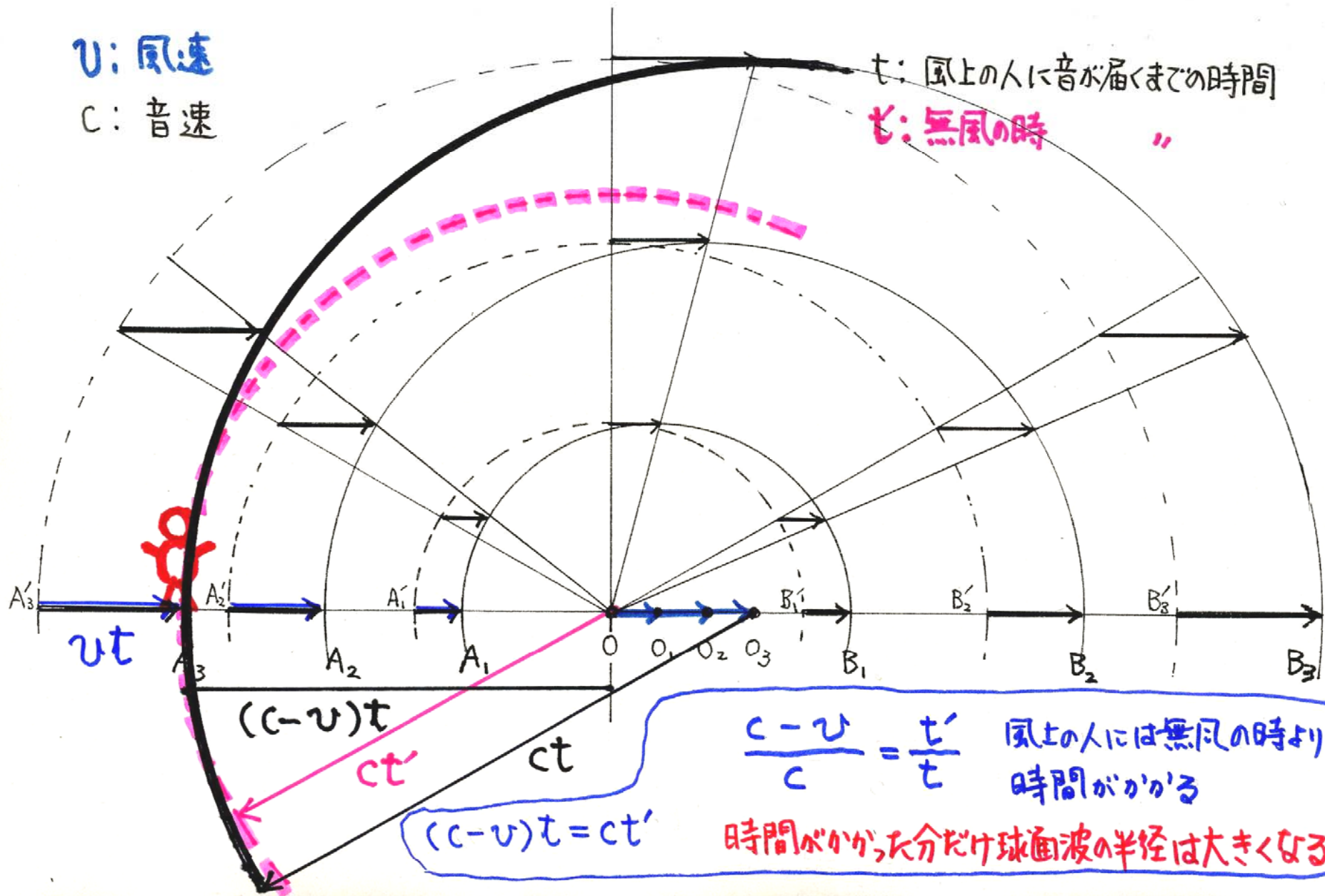
- 風上の観測者で考える。 音速  $c$  風速  $v$
- 球面波の半径  $c/(c-v)$  倍に広がる
- 球面波のエネルギーは距離の逆2乗に反比例する  $\{(c-v)/c\}^2$  倍
- 受け止めるエネルギーはそのときの速度に比例する  $(c-v)/c$  倍
- 観測者が受け取るエネルギーは  $\{(c-v)/c\}^3 \doteq 1-3(v/c)$  倍
- 音速を**340 m/s**、風速**10 m/s**とする  
受け取るエネルギーは  $1-3\cdot(10/340)=0.91$  倍に減少
- 風下の観測者では  
受け取るエネルギーは  $1+3\cdot(10/340)=1.09$  倍に増加
- 屈折なしでも、風上に対して風下では  
受け取るエネルギーは**1.2** 倍に増加。これを対数で表すと約 **0.8** デシベル。
- 感覚で感じる限界が**3**デシベルという。  
**この程度のエネルギーの増加は感覚では感じないもの。**

$v$ : 風速

$c$ : 音速

$t$ : 風上の人に音が届くまでの時間

$t'$ : 無風の時



$$\frac{c-v}{c} = \frac{t'}{t}$$

風上の人には無風の時より  
時間がかかる

$$(c-v)t = ct'$$

時間がかかると、たぶんだけ球面波の半径は大きくなる

## まとめ

### <問5に対する評価>

- ★温度効果による屈折⑤と風速効果による屈折④の本質的違いはない。
- ★理論的には、屈折がなくても下手で受け取る音のエネルギーは上手より大きくなるが、この風速では人間の耳で聞き分けられない程度の違い。
- ★問5は屈折と関係ないものを選べという問だから、**屈折が起きる以上、正解はない**。仮に屈折なしで、大きさを聞き分けられたとしても、問の趣旨から考えると正解は存在しない。