第３回　講義内容　　2026/10/5

本日の配布物

- 03_Cosmology_contents.pdf　　このファイル　　Google classroom, web
- 03_Cosmology2026_Viewgraph.pdf スライド　　Google classroom, web
  スライドファイルは当日朝に配布します.
- 03_Cosmology_report1.pdf　　講義中に配布　　Google classroom, web
  レポート課題の締め切りは 10 月 31 日 (土) 23:59 とします.

本日の講義内容（予定）

- §1.3 銀河系および銀河系以上のスケール
  アンドロメダ銀河が私たちの銀河に衝突?
  `https://www.youtube.com/watch?v=qnYCpQyRp-4`
  映画「コンタクト」予告編
  `https://www.youtube.com/watch?v=SRoj3jK37Vc`
- §A.3.2 ドップラー効果
  `https://www.youtube.com/watch?v=Kg9F5pN5tlI`
- §2.1 コペルニクス以前の宇宙観
- §2.2 ティコ・ブラーエ

本日の復習課題例

こんなことを観たり，調べたり，考えてもらったら面白いかな，という程度のおまけ.

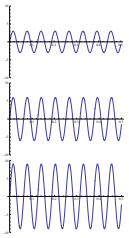
- 今年のノーベル物理学賞受賞者（10 月 7 日発表）の業績

次回の予習項目

こんなことを調べてもらったら面白いかな，という程度の課題.

- ガリレオ・ガリレイの業績，カリレオ裁判の結末
- アイザック・ニュートンの業績

【身近な技術】 音の3要素 (1)大きさ (2) 高低 (3) 音色



大きさ＝振幅



http://www.widexjp.co.jp/hearing/various_sounds/

73

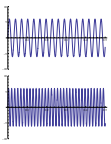
【身近な技術】 音の3要素 (1)大きさ (2) 高低 (3) 音色



高低＝振動数

人間が聞く事ができる音は 20Hz から 20,000Hz

人間が聞くことが出来る音より
遅い振動は低周波音
速い振動は超音波

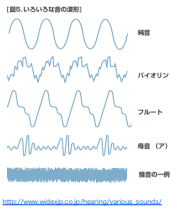


http://www.tajima-dj.jp/music/basic/01.html

74

【身近な技術】 音の3要素 (1)大きさ (2) 高低 (3) 音色

音色＝波形







http://www.widexjp.co.jp/hearing/various_sounds/

75

【物理】 ドップラー効果 教科書 p209

救急車が近づくときや遠ざかるときに、聞こえる振動数が変化する。また、電車に乗っていると踏み切りの音が近づくときと遠ざかるときで変化する。このように、音源や観測者が移動することによって、本来伝わる音が高くなったり、低くなったりする現象（振動数・周波数が変化する現象）をドップラー効果という。



ドップラー効果

- 音速を V [m/s]，音源の移動速度を V_S [m/s]，観測者の移動速度を V_O [m/s] とする．音源の音の振動数を f_0 [Hz]，観測者の受け取る音の振動数を f' [Hz] の間には，

$$f' = \frac{V + V_O}{V - V_S} f_0 \qquad \text{(A.23)}$$

が成り立つ．V_O と V_S の前の符号 $(+, -)$ は，互いに近づくときの符号である．互いに離れるときは符号を逆にすればよい．

- 互いに近づくとき，音の周波数は大きくなり（すなわち音は高くなり），遠ざかるときは音は低い音に変化する．
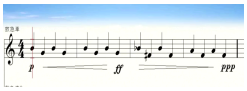


76

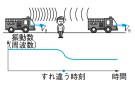
【物理】 ドップラー効果



近づくとき
高い音
大きい音に

遠ざかるとき
低い音
小さい音に





78

【物理】 ドップラー効果 教科書 p209

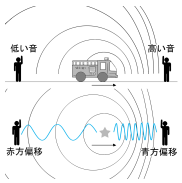
ドップラー効果

- 音速を V [m/s]，音源の移動速度を V_S [m/s]，観測者の移動速度を V_O [m/s] とする．音源の音の振動数を f_0 [Hz]，観測者の受け取る音の振動数を f' [Hz] の間には，

$$f' = \frac{V + V_O}{V - V_S} f_0 \qquad \text{(A.23)}$$

が成り立つ．V_O と V_S の前の符号 $(+, -)$ は，互いに近づくときの符号である．互いに離れるときは符号を逆にすればよい．

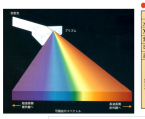
- 互いに近づくとき，音の周波数は大きくなり（すなわち音は高くなり），遠ざかるときは音は低い音に変化する．



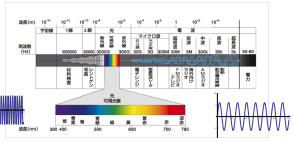
音源と観測者が相対的に近づく
＝音が高くなる
音源と観測者が相対的に遠ざかる
＝音が低くなる

79

【物理】 光の色＝振動数 教科書 p210







80

本日のテーマ 宇宙が膨張していることはどうしてわかったのか？ 教科書 p157

1929年 宇宙膨張の発見

「ハッブル＝ルメートルの法則」と呼ぶことに、2019年、国際天文学連合(IAU)が議決しました。

ハッブルの宇宙膨張の法則（1929 年）

$$v = H_0 d \qquad (5.9)$$

銀河の後退速度 ＝ ハッブル定数 H_0 × 銀河までの距離



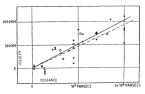


図 5.7 ハッブルが 1929 年に発表した図．横軸は距離，縦軸は銀河の後退速度．このグラフの傾きがほぼ一定になることが，ハッブルの法則である．ハッブルが報告した値は，$H_0 = 530\,\mathrm{km/s/Mpc}$ だった．現在値は $H_0 = 68\,\mathrm{km/s/Mpc}$.

光の「ドップラー効果（赤方偏移）」から

83