

光のドップラー効果と赤方偏移

相対性理論と光

宇宙の星や銀河を見たとき、もともと星や銀河から出ている光の色とは違う色に見ることがあります。相対性理論によって記述される2つの現象、光のドップラー効果と宇宙論的赤方偏移について解説します。

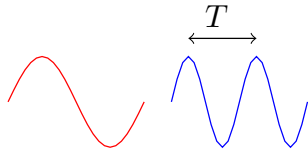


Figure 1. 光の振動数.

光の振動数は

$$\nu = \frac{1}{T} \quad (1)$$

で求められます。

振動数が大きい → 青く見える
振動数が小さい → 赤く見える

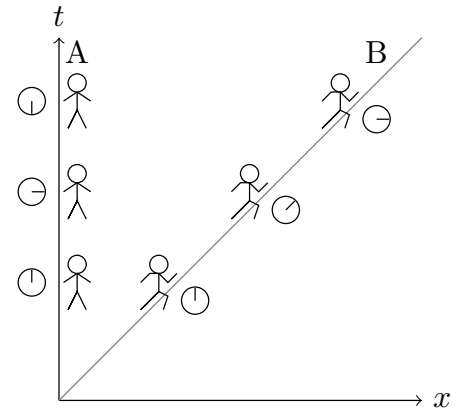


Figure 2. 時空図.

光のドップラー効果

光の代わりに、「Bさんが Δt の間隔で2回手を叩いた」という状況を考えてみます。Aさんにとっては、Bさんは $\gamma\Delta t (> \Delta t)$ の間隔で手を叩いたことになります。

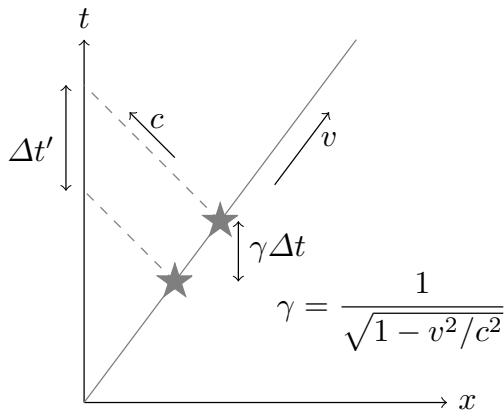


Figure 3. 光のドップラー効果.

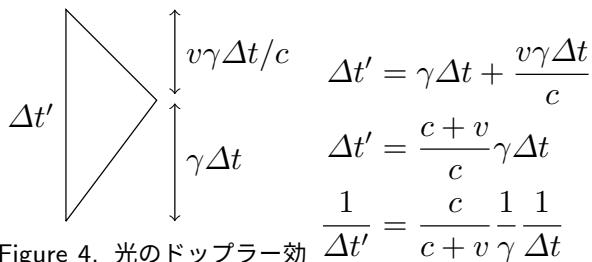


Figure 4. 光のドップラー効果の計算.

よって、振動数の変化は、

$$\nu' = \frac{c}{c+v} \sqrt{1-v^2/c^2} \nu \quad (2)$$

宇宙論的赤方偏移

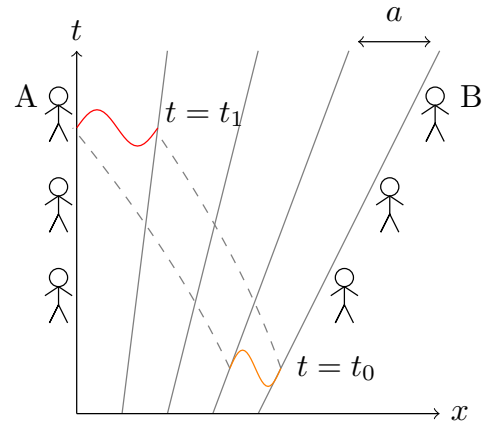


Figure 5. 宇宙論的赤方偏移.

$$\text{振動数の変化は } \nu' = \frac{a(t_1)}{a(t_0)} \nu \quad (3)$$

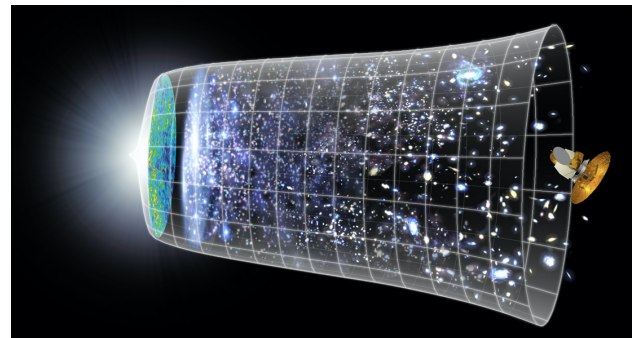


Figure 6. 宇宙膨張. ©NASA/WMAP Science Team

$$\text{赤方偏移の大きさ } 1+z = \frac{\nu'}{\nu} \quad (4)$$

CMB: $z \sim 1100$, 遠くの銀河: $z \sim 10$