

大気放射の基礎

–Liou 著 藤枝・深堀訳 (2014) の講読–

北海道大学理学部 人見祥磨

令和 2 年 1 月 27 日

線の広がり

大気の熱赤外放射伝達

線の広がり

単色の射出は現実には観測されない。

原子や分子への外部からの影響と、射出の際のエネルギー損失のため、エネルギー遷移する間にエネルギー準位が僅かに変化する。

その結果、非単色の放射となり、有限の幅を持つスペクトル線が観測される。

ローレンツ線形

ローレンツ線形：圧力による広がり。衝突によって広げられたスペクトル線の線形。

$$k_{\nu} = \frac{S}{\pi} \frac{\alpha}{(\nu - \nu_0)^2 + \alpha^2} = Sf[\nu - \nu_0]$$

k_{ν} ：吸収係数； ν_0 ：理想的な単色の吸収線の波数；

α ：吸収線の半値半幅：（圧力と温度の関数）；

f ：形状因子 (shape factor)； $S = \int_{-\infty}^{\infty} k_{\nu} d\nu$ ：線強度

ローレンツ線形

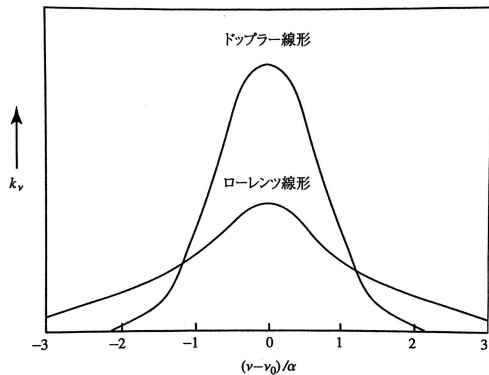


図 1.11 同じ吸収線強度と吸収線の幅を持ったローレンツ線形とドップラー線形.

大気の熱赤外放射伝達

大気の熱赤外放射伝達

アルベド: \bar{r} ; 地球半径: a_e ;

太陽定数: $S = 1366 \text{ W m}^{-2}$; 地球大気系の平衡温度: T_e

放射に関するのバランス方程式
ステファン・ボルツマンの法則から

$$S \cdot \pi a_e^2 (1 - \bar{r}) = \sigma T_e^4 \cdot 4\pi a_e^2$$

係数 4: 吸収と射出の面積の違い

バランス方程式より、

$$T_e = \sqrt[4]{S \frac{1 - \bar{r}}{4\sigma}} \sim 255 \text{ K}$$

放射伝達のための一般的な方程式

放射束の放射強度: I_ν ; 吸収係数: k_ν ;

吸収気体の密度: ρ_a ; 光路長: s ; 放射源関数: J_ν

$$-\frac{1}{k_\nu \rho_a} \frac{dI_\nu}{ds} = I_\nu - J_\nu$$

放射強度 時間に依存しないと考えて良い

平行平面大気 放射強度と大気パラメーターは鉛直方向にのみ変化

放射強度は天頂角と鉛直位置のみの関数

$B_v[z] = B_v[T[z]]$ はプランク放射強度

$$-\mu \frac{dI_v[z, \mu]}{k_v \rho_a dz} = I_v[z, \mu] - B_v[z]$$

光学的深さを導入 ($p = \rho_a / \rho$ は気体の混合比)

$$\tau = \int_z^{\text{TOA}} k_v[z] \rho_a[z] dz = \int_0^p k_v[p] q[p] \frac{dp}{g}$$
$$d\tau = -k_v[z] \rho_a[z] dz = k_v[p] q[p] dp/g$$

放射伝達方程式を τ 座標に変換

$$\mu \frac{dI_v[\tau, \mu]}{d\tau} = I_v[\tau, \mu] - B_v[\tau]$$