

赤外線放射温度計による雲底温度測定 ～快晴時モデルによる水蒸気補正～

* 伊藤文 酒井敏 (京大人環) 大塚成徳 (京大理)

1 はじめに

2001 年度秋季大会 (P142 内藤他) において赤外線放射温度計を用いて雲底温度を測定し雲底高度が見積もれることが示された。しかし、これは大気中の水蒸気が測定に与える影響を考慮しておらず、夏場や降水直前・直後といった高湿度時のデータの信頼性は低かった。

そこで、本研究では、大気中の水蒸気が赤外線放射温度計による測定にどの程度影響を及ぼしているかを快晴時の空で調べ、それを定量化することを試みた。

2 方法

赤外線放射温度計の測定では対象物との距離が長くなると水蒸気の影響が増し、その距離を変化させることで水蒸気の影響を見積もれると考えた。快晴時、大気は水平方向に一樣であるとし、赤外線放射温度計を空に向けその仰角を変えることで水蒸気の影響を見積もる。赤外線放射温度計が観測可能な大気上端の放射輝度を I_h 、地上に到達する放射輝度を I_0 、地上の温度計との距離を s 、質量消散係数を k 、気層の密度を ρ 、放射源関数を $B(T)$ とおく。大気が比較的透明で k が小さく、また大気上端の放射輝度 I_h が非常に小さいと仮定するとシュバルツシルトの放射伝達方程式は式 (1) のように近似され、 I_0 は式 (3) で表される。(図 1)

$$dI = B(T)k\rho ds \quad (1)$$

$$ds = \frac{dz}{\sin\theta} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} I_0 &= I_h + \int dI \\ &= I_h + \frac{1}{\sin\theta} \int B(T)k\rho dz \end{aligned} \quad (3)$$

温度計自身が放射する放射輝度を I_g 、水蒸気の影響を足し合わせたものを β とおく。観測値は赤外線放射温度計自身との差 ΔI であるから次式 (5) を仮定する。

$$\beta = \int B(T)k\rho dz \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \Delta I &= I_g - I_0 \\ &= I_g - I_h - \frac{\beta}{\sin\theta} \end{aligned} \quad (5)$$

一回の測定で赤外線放射温度計の傾きを変え 10 点の角度 θ とその時の ΔI の値を測定し、式 (5) にフィッティングさせ β を求める (図 2)。また、同時に地上気温、地上湿度も測定し地上水蒸気量を求める。

3 解析結果

ほぼ、一年に亘ってデータを得ることができた。地上付近に集約している大気中の水蒸気を地上水蒸気量で代表させ、これと β の相関を考える。一年間のデータを季節ごと (1,2 月、3,4,5 月、9,10,11 月) にわけ、各々での相関を考えた (図 3)。

β は、季節ごとに地上水蒸気量の線形の関係にあり、その近似直線の傾きは季節によらずほぼ等しい。一方、切片は季節により変動しており、赤外線放射温度計の測定には地上水蒸気量では表せない影響の存在を示す。

4 まとめ

大気中の水蒸気が赤外線放射温度計による測定に与える影響は、地上水蒸気量を用いておおむね定量化できた。この結果を用いて補正を行うことにより、赤外線放射温度計による雲底高度測定をさらに正確に行うことができる。

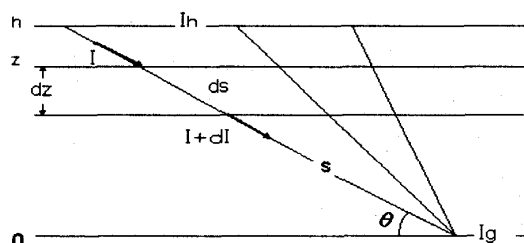


図 1: モデル図

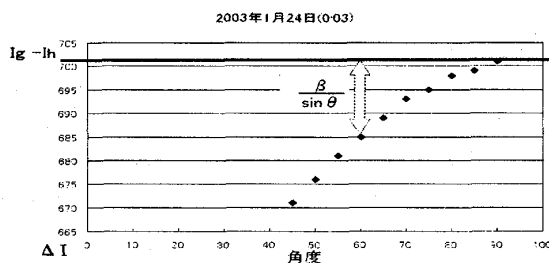


図 2: 測定例

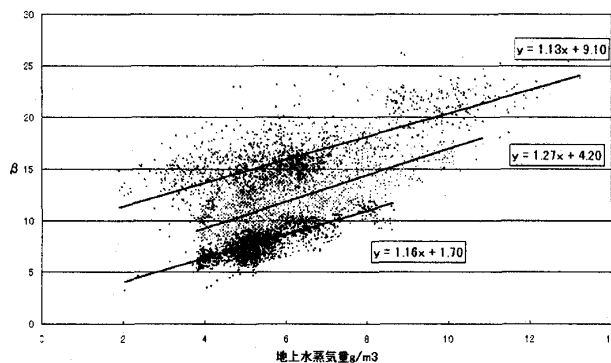


図 3: β と地上水蒸気量の相関。下から順に 1,2 月、3,4,5 月、9,10,11 月のデータ。