

## 19 赤外放射温度計を用いた太陽の温度推定の試み

香川県立丸亀高等学校 森里文哉(高1)、長谷川聡一郎、古川恵理香(高2)、鎌谷裕子、横関幸久、篠原 啓、椎田敦之、東 駿次郎(高1)

### 1. はじめに

私たちは太陽の表面温度の推定方法について研究した。太陽の表面温度は、分光器を用いたスペクトル分析などによって求められている。しかし分光器は操作や分析が複雑であり、手軽に高校生が使用できるものではない。そこで私たちは赤外線放射温度計(以下、放射温度計)を用いて手軽に太陽の表面温度を測定するための理論モデルを構築した。このモデルの場合、必要な数値は放射温度計で測定できるため、分光器を用いる方法よりも手軽に行える。そのため、高校生でも日々の活動として行うことができる。

### 2. 理論モデルについて

太陽の放射温度を求める方法として以下の方法がよく知られている。すなわち、大気圏外で地球が単位時間に単位面積あたりに太陽から受け取るエネルギー、すなわち太陽定数からそれを求める方法である。太陽の表面積と太陽定数は分かっているため、それらを用いて太陽の総放射量を求める方法である。

放射温度計で測定した赤外線放射温度から、地表に届く太陽の放射エネルギー  $i$  を求められる。このとき、地表で測定した太陽方向の赤外線放射温度には、大気の赤外線放射エネルギーも加わっていると思われる。そこで放射温度計の測定値から太陽と同じ高度の大気の赤外線放射温度を引けば地表に届く太陽の放射エネルギーを求めることができる。

シュテファン・ボルツマンの法則より、

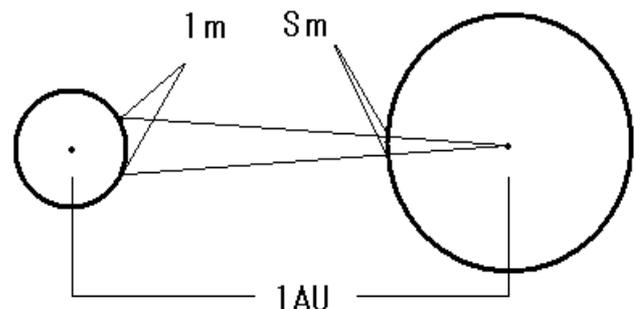
$i = t^4 [W/m^2] \cdots$  ( $\sigma$  はシュテファン・ボルツマン定数、 $t$  = 太陽方向の赤外線放射温度 - 太陽と同じ高度の大気の赤外線放射温度)

この  $i$  は、地球大気圏に入射する太陽のエネルギー  $I$  に大気による赤外線の吸収効果を考慮した値に等しい。地学図表によると、放射温度計の測定域にあたる  $8 \sim 13 \mu m$  の赤外線について、地表に届く大要の放射エネルギーは、大気による赤外線吸収効果により、大気表面に届くエネルギーの約 4 割程度になるので、

$$I = i / 0.4 [W/m^2] \cdots$$

となる。

また、 $I$  とは右の図のように太陽の中心を中心とし、地球の大気表面で弧が 1 m となる



扇形を太陽表面で切ったときにできる弧  $S$  [m]を一辺とする正方形  $S^2$  [m<sup>2</sup>]から単位時間に放射され、途中で弱まることなく地球に届くエネルギーである。

つまり  $S$  と  $1$  mの間には、

$S : 1 = 109R : 1 \text{ AU} - R$  が成り立つので、( $R$  は地球半径、 $\text{AU}$  は天文単位)

$$S = 109R / 1 \text{ AU} - R$$

$$S^2 = (109R)^2 / (1\text{AU} - R)^2 \dots$$

と表され、太陽から放射される全エネルギー  $L$  は  $S$  を使うと、

$$L = I \times 4 (109R)^2 / S^2 \dots$$

と表される。また、太陽の表面温度  $T^4$  は

$$T^4 = L / 4 (109R)^2 / S^2 \quad \text{つまり}$$

$$T^4 = (\text{太陽定数}) / S^2 \dots$$

が得られる。

### 3 . 測定方法と測定結果

丸亀高等学校で 2007 年 1 月 23 日から 2 月 2 日の間、放射温度計を用いて地上で受ける太陽の赤外線放射温度と、天頂からの赤外線放射温度を測定した。

また、仰角 0 度から 90 度にかけての大気の赤外線放射温度を測定した。

### 4 . モデルに基づいた温度推定

測定結果より大気の赤外線放射温度  $x$  は、 $x = a \sin \theta + b$  ( $a$ =天頂方向の赤外線放射温度 - 気温、 $b$  = 気温)と近似できることがわかった。そこで、測定した値のうち最も実測値が信頼できる、太陽高度が高い、かつ太陽・天頂方向ともに快晴の日時のものをモデルに代入すると以下のような結果が得られた。

(2007 年 2 月 2 日 12:20 太陽高度 40° 太陽方向 265 天頂方向 - 48 気温 11 の場合)

$$I = 1.00 \times 10^3 \text{ [W / m}^2 \text{ / s]}$$

$$S = 2.15 \times 10^{-5} \text{ [m}^2 \text{]}$$

$$\text{総放射量 } L = 2.82 \times 10^{26} \text{ [W]}$$

$$\text{表面温度 } T = 5.35 \times 10^3 \text{ [K]}$$

### 5 . 考察

$L$  と  $T$  についてこれらの値は『理科年表』に載せられている総放射量  $3.85 \times 10^{26}$  [W]、有効温度 5780 [K]に近い値が得られる。ここで生じた誤差は  $I$  の値に由来するものであるため、変数  $t$  の精度を上げることで改善できると考えられる。

### 6 . 課題

大気の赤外線放射温度の近似式を改良し、誤差を少なくするよう努めようと思っている。今後は、季節や太陽活動周期による太陽の表面温度の変化がないかどうかを調査するつもりである。