

## 衛星の赤外放射データから雲頂高度を 決定する際の射出率の影響\*

阿 部 勝 宏\*\* 山 本 孝 二\*\*\*

### 1. まえがき

雲の射出率は、地球の熱収支、予報モデルに用いられる加熱の割合、気象衛星から得られる放射データの解析などの問題の研究に関して、最近注目されてきた。

雲の射出率は、いろいろな人の調査、観測により、下層雲に対しては1.0、中層雲に対しては平均0.8としても大きな誤りはないが、絹雲タイプの上層雲の場合には著しく変化することが知られている (Fritz・Rao, 1967;

第1表 中層雲の雲頂温度  $T_c=250^\circ\text{K}$  の時の、射出率の誤差に対する雲頂温度誤差。

T <sub>c</sub> =250°K		← Δe →								
T <sub>s</sub>	e	-0.20	-0.15	-0.10	-0.05	0.0	+0.05	+0.10	+0.15	+0.20
300	0.6					0.0	+24.6	+38.6	+48.3	+55.7
	0.7			-38.6	-13.9	0.0	+9.7	+17.2	+23.1	+28.0
	0.8	-55.7	-31.1	-17.2	-7.4	0.0	+5.9	+10.8	+14.9	+18.5
	0.9	-28.0	-18.2	-10.8	-4.9	0.0	+4.1	+7.6		
	1.0	-18.5	-12.5	-7.6	-3.5	0.0				
280	0.5				-23.1	0.0	+12.8	+21.5	+28.0	+33.1
	0.6		-44.6	-21.5	-8.7	0.0	+6.5	+11.6	+15.7	+19.2
	0.7	-33.1	-20.4	-11.6	-5.1	0.0	+4.1	+7.6	+10.5	+12.9
	0.8	-19.2	-12.7	-7.6	-3.4	0.0	+2.9	+5.4	+7.5	+9.4
	0.9	-12.9	-8.8	-5.4	-2.5	0.0	+2.2	+4.1		
	1.0	-9.4	-6.5	-4.1	-1.9					
260	0.4	-51.4	-24.5	-12.4	-5.0	0.0	+3.7	+6.4	+8.6	+10.4
	0.5	-18.8	-11.4	-6.4	-2.8	0.0	+2.2	+4.0	+5.5	+6.7
	0.6	-10.4	-6.8	-4.0	-1.8	0.0	+1.5	+2.7	+3.8	+4.7
	0.7	-6.7	-4.5	-2.7	-1.2	0.0	+1.1	+2.0	+2.8	+3.5
	0.8	-4.7	-3.2	-2.0	-0.9	0.0	+0.8	+1.5	+2.1	+2.7
	0.9	-3.5	-2.4	-1.5	-0.7	0.0	+0.6	+1.2		
	1.0	-2.7	-1.9	-1.2	-0.6	0.0				

\* The Effect of Emissivity on the Determination of Cloud Top Height from Satellite Infrared Radiation Data.

\*\* K. Abe, 気象衛星センター.

\*\*\* K. Yamamoto, 気象衛星センター.

——1975年9月1日受領——

——1977年7月25日受理——

第2表 第1表と同じ。ただし、上層雲の雲頂温度  $T_c=230^\circ\text{K}$  の時。

Tc=230°K		←—— Δe ——→									
Ts	e	-0.20	-0.15	-0.10	-0.05	0.0	+0.05	+0.10	+0.15	+0.20	
300	0.8					-24.4	0.0	+13.8	+23.4	+30.9	+36.9
	0.9		-47.9	-23.4	-9.7	0.0	+7.5	+13.5			
	1.0	-36.9	-23.2	-13.5	-6.0	0.0					
280	0.7					-23.8	0.0	+13.0	+22.0	+28.8	+34.2
	0.8		-45.8	-22.0	-9.0	0.0	+6.8	+12.3	+16.8	+20.5	
	0.9	-34.2	-21.3	-12.3	-5.4	0.0	+4.5	+8.3			
	1.0	-20.5	-13.7	-8.3	-3.8	0.0					
260	0.6						0.0	+7.8	+13.6	+18.2	+22.0
	0.7			-13.6	-5.8		0.0	+4.6	+8.3	+11.4	+14.1
	0.8	-22.0	-14.2	-8.3	-3.7		0.0	+3.1	+5.7	+8.0	+10.0
	0.9	-14.1	-9.5	-5.7	-2.6		0.0	+2.3	+4.3		
	1.0	-10.0	-6.9	-4.3	-2.0		0.0				

Kuhn・Weickmann, 1969; Allen, 1971; Cox, 1971等)。

現在のところ、気象衛星の赤外画像データだけから、直接、射出率を求める方法は開発されていないので、夜間の雲、とりわけ絹雲タイプの雲の射出率を求めるのは非常に困難である。そこで、雲の射出率の推定誤差による雲頂温度の推定誤差の評価を試みてみた。

2. 射出率の推定誤差による雲頂温度の推定誤差

地表面（海洋表面）、もしくは、黒体とみなされる下層雲の上方に、射出率が  $e$  の等温層とみられる雲が赤外放射計の瞬時視野内を満たしている時、測定される窓領域の放射量  $N(T_{BB})$  は近似的に(1)式で表わされる (Shenk・Curran, 1973)。

$$N(T_{BB}) = (1-e)N(T_s) + eN(T_c) \quad (1)$$

ここで、 $N(T_s)$  および  $N(T_c)$  は、地表面（下層表面）温度  $T_s$  および雲頂温度  $T_c$  に対応する Planck の関数である。この式で、窓領域における大気吸収効果、散乱反射の影響は小さいので無視している。

射出率の推定誤差  $\Delta e$  による雲頂温度  $T_c$  の推定誤差は、 $N(T_c) \propto T_c^\alpha$  ( $\alpha$  は波長に関係した指数) とすると、次式のように与えられる (Shenk・Curran, 1973)。

$$\Delta T_c = \left( \frac{\partial T_c}{\partial e} \right)_{T_s} \Delta e = \frac{T_c}{\alpha e} \frac{[N(T_s) - N(T_c)]}{N(T_c)} \Delta e \quad (2)$$

センサのフィルタ特性として、Santa Barbara Research Center の Thermal Channel 1 の Relative Spectral Response を用い、温度-放射量変換の200~350°K のデータより計算した結果、 $\alpha$  は4.7であった。

(2)式に基づいて、射出率の推定誤差による雲頂高度の推定誤差を考えてみる。温度の鉛直分布を用いて、仮に雲頂高度の精度を1km程度で求めるとすると、標準大気気温減率は約0.65°K/100mであるので、 $\Delta T_c \approx \pm 7^\circ\text{K}$  以内でなければならないことになる。

(1) 地表面（海洋表面）上方に下層雲がある場合

下層雲の射出率は1.0に近く、下方の地表面温度と温度差が小さいので、仮に射出率を低く判定した場合でも雲頂温度、したがって、雲頂高度は十分良い精度で求められる。

(2) 地表面（海洋表面）または下層雲の上方に中層雲がある場合

中層雲の雲頂温度の範囲は、石丸の統計(1952)および標準大気温度鉛直分布から、平均250~260°Kとみ

なすことができる。下層表面（地表面または下層雲）温度が、それぞれ  $T_s=300^{\circ}\text{K}$ ,  $280^{\circ}\text{K}$  および  $260^{\circ}\text{K}$  で、中層雲の雲頂温度  $T_c=250^{\circ}\text{K}$  とした時の、射出率の誤差  $\Delta e$  に対する雲頂温度の誤差  $\Delta T_c$  を(2)式によって計算した値が第1表である。

(3) 地表面（海洋表面）または下層雲もしくは厚い中層雲の上方に上層雲がある場合

絹雲タイプの雲頂温度の出現範囲は、石丸の統計および標準大気温度鉛直分布から、平均  $220\sim 240^{\circ}\text{K}$  とみなすことができる。(2)と同様に、平均の絹雲タイプの雲頂温度  $T_c=230^{\circ}\text{K}$  とした時の、射出率の誤差  $\Delta e$  に対する  $\Delta T_c$  を示したのが第2表である。

この表から分かるように、現業的に絹雲タイプの雲頂高度を求める場合には、射出率の誤差の許容範囲を考えると、可視画像でかなり明るい雲だけが対象となると考えられる。しかし、夜間の場合には、絹雲タイプの雲の光学的厚さを求めることは困難であるので、処理の対象から除外すべきであろう。

## 文 献

- Allen, J.R., 1971: Measurements of cloud emissivity in the 8-13  $\mu$  waveband, *J. Appl. Met.*, 10, 260-265.
- Cox, S.K., 1971: Cirrus clouds and climate, *J. Atmos. Sci.*, 28, 1513-1515.
- Fritz, S., and P.K. Rao, 1967: On the infrared transmission through cirrus clouds and the estimation of relative humidity, *J. Appl. Met.*, 6, 1088-1096.
- Fujita, T., and H. Grandoso, 1967: A proposed method of estimating cloud top temperature, cloud covers, emissivity, and cloudness from short and long-wave radiation data obtained by medium resolution scanning radiometers, SMRP Research Paper, No. 48, 48pp.
- Hansen, J.E., 1971: Multiple scattering of polarized light in planetary atmospheres, Part I, The doubling method, *J. Atmos. Sci.*, 28, 120-125.
- Hansen, J.E., 1971: Multiple scattering of polarized light in planetary atmospheres, Part II, Sunlight reflected by terrestrial water clouds, *J. Atmos. Sci.*, 28, 1400-1426.
- 石丸雄吉, 1952: 雲の気象学, 培風館, 181pp.
- Kuhn, P.M., and H.K. Weickmann, 1969: High altitude radiometric measurements of Cirrus, *J. Appl. Met.*, 8, 147-154.
- Mosher, F.R., 1974: SMS cloud heights, Space Science and Engineering Center, Univ. of Wisconsin., 37pp.
- Shenk, W.E., and R.J. Curran, 1973: A multi-spectral method for estimating Cirrus cloud top heights, *J. Appl. Met.*, 12, 1213-1216.