

# 海面温度の隔測における大気放射の影響\*

松井 松長・高木 亨\*\*

## 1. まえがき

放射温度計(以下 IRT と略記)を用いて水面温度を測定した場合、IRT の方向を鉛直下方から水平方向に変えていくと、温度計の指示値が減少していく。これは主として水面の放射率が変化するためである。ところで航空機搭載の走査式放射計による海面放射の観測結果によれば、冬季は走査角の増加につれて放射計の出力信号(すなわち指示温度)が減少するが、夏季にはほぼ一定値を示すことが報告されている(増谷, 1974)。このような現象は、海面の温度分布の遠隔測定における誤差、あるいは海上漂流物のリモートセンシングにおける誤認の要因にもなる。

筆者らは、数種の気象モデルを設定して、観測点直下から水平線方向までの海面の放射輝度分布を検討し、IRT による海面温度の遠隔測定における走査角依存性の原因を明確にした。

## 2. 海面の放射輝度

上空より走査式 IRT を用いて、ある方向の海面の温度を測定したとすれば、IRT に入射する放射は、海面からの自己放射、海面と IRT 間に介在する大気からの放射、海面で反射された天空放射などの和である。したがって、観測点から角度  $\theta$  の方向(海面に対しては  $90^\circ - \theta$ ) の海面の放射輝度  $J_w$  は

$$J_w(\theta) = \tau_a(\theta) \{ \epsilon_w(\theta) \cdot J_b(T_w) + \rho_w(Z) \cdot J_s(Z) \} + J_a(\theta) \quad (1)$$

で表わされる(松井, 宮武, 高木, 1974)。ただし、 $\tau_a$  と  $J_a$  はそれぞれ海面と IRT 間の大気の透過率および放射輝度、 $\epsilon_w$  と  $\rho_w$  はそれぞれ水面の放射率および反射率(中間赤外域においては  $\epsilon_w \approx 1 - \rho_w$ )、 $J_b$  は水面温度  $T_w(^{\circ}K)$  と等温度の黒体の放射輝度、 $J_s$  は天空の放

射輝度、 $Z(=\theta)$  は天頂角である。

中間赤外域における晴天天空放射は、いわゆる大気放射であって、 $10 \sim 13 \mu m$  の波長域では散乱太陽光の影響は極めて小さい。これまでの観測結果(Bell *et al.* 1960: 松井, 他, 1967)によれば、海面レベルでの晴天時の天空放射輝度は天頂方向において最小値になり、水平線方向において最大値、すなわち観測点近傍の気温  $T_a$  と同一温度の黒体の放射輝度とほぼ等しくなることが知られている。

晴天時の天頂放射輝度は、その方向の全大気層、すなわち 1 air mass の大気の放射輝度であるから、これと等しい放射輝度を与えるような温度  $T_a^{\circ}K$  の均質大気層(等価大気層)を仮定すれば、前述の観測結果から海面付近における  $Z$  方向の晴天天空放射輝度  $J_s$  は、次のような実験式で表わされる。

$$J_s(Z) \approx J_b(T_a) \{ 1 - \exp(-\alpha_a \sec^{1/2} Z) \} \quad (2)$$

ここで、 $T_a$  は海面付近の気温、 $\alpha_a$  は等価大気層の減衰係数である。

## 3. 気象モデルによる検討

第1表の気象モデル(潮岬付近を想定)から、式(1)および(2)を用いて、4段階(100, 500, 1,000 および 3,000m)の観測高度における海面の放射輝度を算定した。ただし、IRT の動作波長域は  $10 \sim 13 \mu m$  とし、大気の透過率の計算には、Passman らの表(たとえば Hudson, 1969)を用いた。第1図および第2図に高度 500 m における計算結果を示す。第1図は海面温度  $T_w$  が下層大気温度  $T_a$  よりも低い夏型の例であり、第2図は  $T_w > T_a$  の冬型の例である。

夏季は絶対湿度が高いために、大気の透過率  $\tau_a$  が低くなり、放射率が高くなって、大気の放射輝度  $J_a$  が増加する。これが  $\tau_a(\theta) \cdot \epsilon_w(\theta)$  による海面の自己放射輝度  $\tau_a \epsilon_w J_b(T_w)$  の減少分と同程度となるために、 $\theta < 75^\circ$  の範囲においては海面の(見かけの)放射輝度  $J_w$  はほぼ一定値になる。しかし、水平線付近においては  $\tau_a \approx 0$  になり、 $J_w \approx J_b(T_a)$  となる。

冬季は絶対湿度が低いために、 $45^\circ < \theta < 85^\circ$  では海面

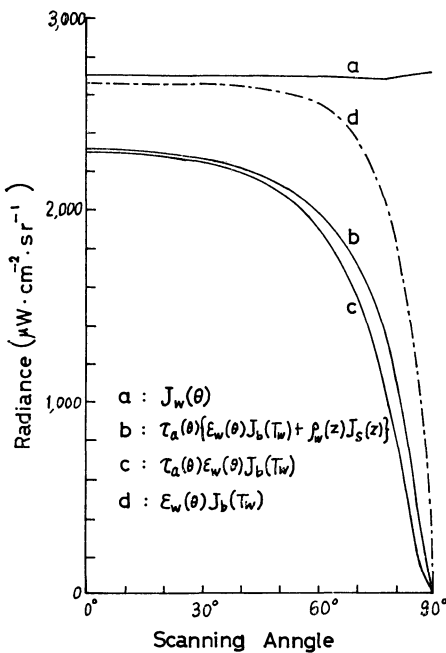
\* The Influence of Atmospheric Radiation on Airborne Measurements of the Sea Surface Temperature.

\*\* M. Matsui and T. Takagi, 京都工芸繊維大学 電子工学教室

—1975年3月18日受理—

第1表 計算に用いた気象モデル

		夏	冬	備考
海面	温度	25.0°C	14.0°C	
海面 レベル	気温	28.0°C	10.0°C	
	湿度	85.0%	60.0%	
	晴天天頂放射輝度	1,550 $\mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	615 $\mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	波長域 10~13 $\mu\text{m}$
高度 500m	気温	25.0°C	7.0°C	
	湿度	80.5%	56.0%	
高度 3,000m	気温	11.0°C	-9.0°C	
	湿度	63.0%	42.0%	

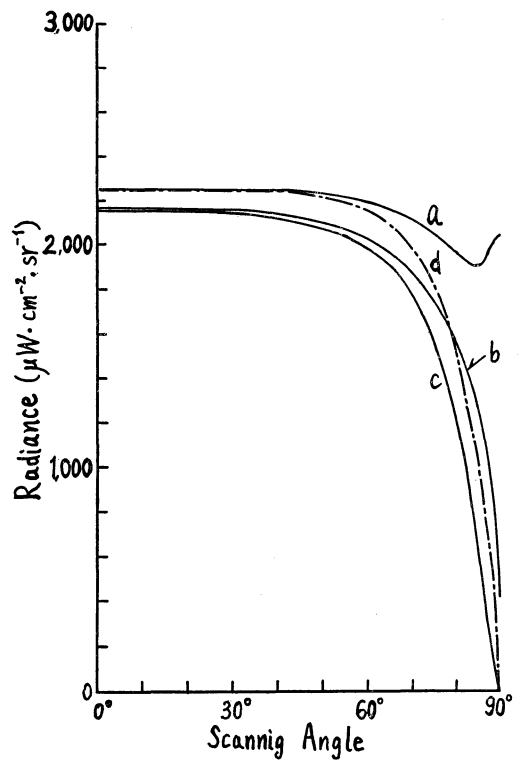


第1図 海面放射輝度の走査角依存性 (夏季晴天, 高度 500m)

の自己放射特性  $\epsilon_w(\theta) \cdot \tau_a(\theta)$  の影響が顕著になって、 $J_w$  が減少する。  $\theta > 85^\circ$  では夏季と同様に  $J_a$  が大きくなって、 $J_w$  はほぼ  $J_b(T_a)$  まで増加する。

以上の結果より中高度 (500~1,000m) の場合、観測点直下より両側方に向けての1走査による IRT の出力信号波形は、大略次のようになる。

- $T_w < T_a$  (夏型) —
- $T_w > T_a$  (冬型) ~



第2図 海面放射輝度の走査角依存性 (冬季晴天, 高度 500m)

これらを  $\theta < 60^\circ$  の増谷 (1974) の観測結果と比較すれば、定性的に一致している。

天空放射の影響は、反射率  $\rho_w$  を仲介としているために、 $\rho_w$  が大きく、かつ  $\tau_a$  が極端に小さくならない  $50^\circ < \theta < 87^\circ$  の範囲において比較的大きい。なお、曇天

時には雲底温度に応じて  $J_w$  は若干増加する。

低高度の場合は、夏季でも  $\tau_a$  が高く、 $J_a$  が小さいために、 $J_w$  は冬型に近い分布型となる。高高度の場合は、 $\tau_a$  が低下し、 $J_a$  は増加するが、IRT 周辺の気温および湿度がともに低いために  $J_w$  は夏・冬ともへ型の分布型になる。

海面温度の走査角依存性について、気象モデルを用いて検討し、夏季と冬季の温度分布の相異が主として海面と IRT との間の大気放射と吸収に起因することを確認した。また水平線付近においては、IRT 近傍の気温に近い値を示すことを指摘した。

## 文 献

Bell, E.E., L. Eisner, J. Young and R.A. Oetjen,

1960: Spectral Radiance of Sky and Terrain at Wavelengths between 1 and 20 Microns, J. Opt. Soc. Am., 50, 1313-1318.

Hudson, R.D., 1969: Infrared System Engineering, Wiley, 142-156.

増谷光正, 1974: Remote Sensing, キャノン, 256-257; ほか.

松井松長, 宮武将浩, 高木 亨, 1974: 油汚染水面の見かけの放射温度について, 天気, 21, 307-310.

高木 亨, 松井松長, 1967: 中間赤外域における背景放射の分光分布, 分光研究, 16, 112-118.



岡田安彦訳著

## 寒極シベリア — 極限の記録—

世紀社, B 6 版, 273頁, 1,800円

地球上で観測された最低気温の記録は、久しくベルホヤンスクが保持してきた、今日では南極のポストーク基地の  $-88.3^{\circ}\text{C}$  に王座を譲ったとは言え、寒極という言葉から多くの人々に連想されるのはシベリアのベルホヤンスクであろう。

しかしその低温の記録が  $-67^{\circ}\text{C}$  という数字は知っていても、白雪に蔽われた原野を想像する域を出ない、わが国ではこれまでその寒さの実態も、この低温記録の観測の経緯も紹介されていないからである。

本書の内容は二つに分れる、前半は毎日新聞の記者である著者が、1966年1月にベルホヤンスクを訪れ、 $-62^{\circ}\text{C}$  という寒さを身をもって体験したルポルタージュ“寒極その極寒に生きる”で、100頁ほどの紙面の中  $-50^{\circ}\text{C}$ 、以下の寒さと、そこに住む人々の生活を、読

者があたかも自分自身の眼で見、体験しているような錯覚に陥るほど巧みに紹介されている。後半はレニングラードの水理気象出版所から刊行された、ニコライ・ヤコブレッチ・フィリポビッチ著 寒極——ヴェルホヤンスク測候所とその歴史——の全訳である。

わが国の気象庁は今年が創立百年になるが、シベリアのさいはての地ベルホヤンスクでは、流刑囚であったイヴァン・アレクサンドロウィッチ・フジャコフによってはじめて気象観測が行なわれてから、1969年が100年目にあたる。(測候所が設けられたのは1883年で以後連続して定常観測が続けられている。)政治犯としてシベリアに送られ、極寒の地で14箇月にわたって気象観測を行ない後年測候所開設の基礎を作ったフジャコフの観測、その後の気象観測の変遷、その当時のシベリアの状況、天気俚諺など興味深い事実が数多く書かれているが、気象学ないしは気候学的にみても、1885年1月15日に  $-67.8^{\circ}\text{C}$  という低温記録が作られた点について(従来わが国では同年2月5日とされていた。)の記述や、ベルホヤンスクやオイミヤコンの気候誌など貴重な記述が多い。

内容は読物として面白いだけでなく、学問的にも気象庁倉嶋厚博士が監修されていて価値が高い。

(河村 武)