

質 疑 応 答

質問は、東京都千代田区大手町 1-3-4, 気象庁内

日本気象学会天気編集委員会宛、どうぞ

問：気象衛星には可視および赤外の放射計を積んでいますが、その利用方法を教えてください。また、そのほかにどんな放射計が利用されていますか。（気象大学校の会員）

答：人工衛星を利用する地球表面の諸現象の観測は、いわゆるリモート・センシング技術の発達とあわせて長足の進歩を遂げています。気象衛星では可視領域（地球による太陽光線の反射光を観測、波長 $0.3\sim 3\mu$ 程度）から、地球の表面、雲頂、大気の出す長波長放射（波長 $4\mu\sim 35\mu$ 程度）が、現業および研究的に行われており、また最近ではマイクロ波領域の観測実験も計画されています。

この中でも可視領域と、いわゆる大気窓領域（赤外領域の $3.5\sim 4.1\mu$ 帯、または $8\sim 12\mu$ 帯）を利用した観測が実用化され、気象現象解析の有力な手段の一つとして用いられています。観測機器は初期の頃はテレビ方式を利用していましたが、現在では走査型が主力であり、現業用気象衛星 NOAA や我が国で計画している静止衛星 (GMS) も走査型の放射計であります。

気象衛星による可視領域の観測は、太陽光の反射光線を利用するため、観測時間は昼間に限られますが、空間分解能は赤外領域の観測より良いため気象現象の詳細な解析に利用されています。気象衛星の可視画像データでは雲などの反射率が高いものは明るく、海面等の反射率の低いものは暗く描写されるので雲分布の判定が容易に行え、台風の例をとると、台風の中心に向うスパイラル状の雲バンドや台風に伴う雨雲の拡りを明確にとらえることが出来ます。

一方、大気窓領域を利用する赤外画像データは物体の表面から、その温度と放射率に対応して放射される赤外エネルギーの測定を行うので昼夜の連続観測が可能となります。しかし、赤外検知器および光学系の特性から現在のところ空間分解能は可視領域の観測より劣っています。気象衛星で赤外領域のうち地球表面や雲等の観測をするのに大気窓領域を利用するのは、大気中に存在する水蒸気、炭酸ガスおよびオゾン等の吸収物質の影響を出来るだけ最小にするためです。赤外画像データは可視画像データと同じく、エネルギーレベル（温度分布）に応じた濃淡を持った画像として再現出来るので雲分布の判定は容易に行えます。すなわち、一般的には海面のように温度が高い所は暗く、雲などのように温度が低い

所は明るく描写されます。赤外画像は雲分布などのパターンの識別の利用のほか、温度分布の情報としても利用出来ます。例えば、雲頂高度の決定がその一例であります。対象とする雲頂の観測輝度温度（観測エネルギー）に雲の射出率等の補正を行って実際の雲頂の温度を推定し、鉛直気温分布から、その高度を求めるわけです。そのほか海面水温を全球的に求めることも可能であります。

可視画像データと赤外画像データの両方を用いた気象解析の研究も最近行われています。異なる波長帯の放射観測データを組み合わせた解析をマルチスペクトル解析といい、パターン認識の技法と組み合わせた研究が米国で進められています。例えば、可視および赤外画像データ上で明るい輝度を持つものは、可視データでは反射率が高く厚い雲と分類され、赤外データでは雲頂高度が高い雲と分類出来るので、積乱雲のような鉛直方向に発達した雲と判定出来るわけです。また可視データで明るい輝度を持ち、赤外データで輝度の低いものは反射率が高く層状の雲で、その雲頂は低いと分類出来、例えば霧または層雲と判定するのです。このようにマルチスペクトル解析は対象物の種類、状態の識別を行うため、対象物をいくつかの波長帯で観測し、解析方程式の数をふやし、パターン認識や判別関数の技法を用いて識別を行うもので、資源衛星 ERTS のデータ解析で研究が進められています。気象衛星では可視および赤外データのほか、 6.7μ 帯の水蒸気吸収バンドを利用した雲の種類判定の研究が行われており、解析的な雲種類の判定が電子計算機を用いて行われております。

上に述べた可視および赤外の放射観測を含めて、気象衛星に利用されている放射計を波長帯別に分類すると以下ようになります。

(1) 波長 $0.3\sim 3\mu$ （可視領域）；地球による太陽光線の反射エネルギーを測定し、雲分布等の解析に利用します。

(2) 波長 $8\sim 12\mu$ および $3.5\sim 4\mu$ （赤外窓領域）；地球の長波長放射エネルギーを測定し、昼夜間の雲分布の解析、雲頂温度それに海面温度の抽出など、温度情報としても利用します。

(3) 波長 $7\sim 35\mu$ ；地球の放射エネルギーの測定を行い、地球の熱収支の推定に利用します。

(196頁に続く)

これらの効果について、現在、定量的な測定を進めつつある。

9. 結語

地球流体力学的なアプローチの特色は厳密性ということなのであるが、この論文の内容は、厳密性とはほぼ遠いものであった。それは、研究が現在進行中であって、まだ実験が十分に進んでいないためである。しかし、証明は不完全ながら主要な結果は上述の内容につきると思うので、中間報告の積りでまとめて見た。

謝辞

この研究は、文部省科学研究費（特定研究「自然環境」）の援助の下に行われております。研究を進めるに当って、東大海洋研究所の浅井富雄教授、東大地球物理教室の松野太郎教授から励ましと有益なコメントを頂きましたので感謝いたします。また、未発表の数値実験の結果を引用させていただいた東大地球物理教室の松田氏に感謝いたします。論文の浄書は吉田佳代子さんの手をわずらわせたことを感謝をこめて付記いたします。

文 献

Bhumralkar, C.M., 1973: An observational and theoretical study of atmospheric flow over a heated island: Part 1 and Part 2, *Mon. Wea. Rev.*, 101, 719-745.
 Bornstein, R.D., 1968: Observations of the urban heat island effect in New York City, *J. Appl. Meteor.*, 7, 575-582.
 Clarke, J.F., 1969: Nocturnal urban boundary layer over Cincinnati, Ohio, *Mon. Wea. Rev.*, 97, 582-589.
 Delage, Y. and P.A. Taylor, 1970: Numerical

studies of heat island circulations, *Boundary-Layer Meteor.*, 1, 201-226.
 Estoque, M.A. and C.M. Bhumralkar, 1969: Flow over a localized heat source, *Mon. Wea. Rev.*, 97, 850-859.
 河村 武, 1968: 都市気候——とくに heat island に関する研究を中心として——, *気象研究ノート* 第98号, 468-483.
 Lyons, W.A., 1972: The climatology and prediction of the Chicago lake breeze, *J. Appl. Meteor.*, 11, 1259-1270.
 Malkus, J.S. and M.E. Stern, 1953: The flow of a stable atmosphere over a heated island Part 1, *J. Meteor.*, 10, 30-41.
 松野太郎, 松田佳久, 1974: 安定層を局所加熱したときの対流の数値実験, *気象学会, 1974年度春季大会予稿集*, 25, 143.
 Olfe, D.B. and R.L. Lee, 1971: Linearized calculations of urban heat island convection effects, *J. Atmos. Sci.*, 28, 1374-1388.
 Pooler, F. Jr., 1963: Airflow over a city in terrain of moderate relief, *J. Appl. Meteor.*, 2, 446-456.
 Smith, R.C., 1955: Theory of air flow over a heated land mass, *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 81, 382-395.
 Smith, R.C., 1957: Air motion over a heated land mass Part 2, *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 83, 248-256.
 Stern, M.E. and J.S. Malkus, 1953: The flow of a stable atmosphere over a heated island Part 2, *J. Meteor.*, 10, 105-120.
 Stommel, H. and G. Veronis, 1957: Steady convective motion in a horizontal layer of fluid heated uniformly from above and cooled non-uniformly from below, *Tellus*, 9, 401-407.

(質疑応答 197頁の続き)

- (4) 波長 6~6.5 μ ; 長波長放射の水蒸気の吸収帯を利用して、大気中の水蒸気量の推定に利用します。
 (5) 波長 13.3~14.9 および 18.8~35.7 μ ; 長波長放

射の炭酸ガス(前者)および水蒸気(後者)の吸収帯を利用して、大気気温の鉛直分布の推定に利用します。
 (気象衛星課 山本孝二)