

water clouds. II : Parameterization schemes, J. Atmos. Sci., 35, 2123-2132.  
 Wielicki, B. A. and L. Parker, 1992 : On the determination of cloud cover from satellite sensors : The effect of sensor spatial resolution, J. Geophys. Res., 97, 12799-12823.

Wu, M.-L., 1985 : Remote sensing of cloud top pressure using reflected solar radiation in the oxygen A-band, J. Clim. Appl. Meteor., 24, 539-546.  
 Young, M., 1967 : Variability in estimating total cloud cover from satellite pictures, J. Appl. Meteor., 6, 573-579.

202 : 5013 (水雲；雲の衛星リモートセンシング)

## 4. 「雲の衛星リモートセンシング」に対するコメント\*

上田 博\*\*

### 1. はじめに

雲に関する衛星リモートセンシングの有効性が確かめられつつある。特に、可視・赤外センサーによる、雲領域、雲頂高度、雲水量等の評価方法における進歩は早坂会員の講演の通りである。しかし、水雲と氷雲の判別及び氷雲の諸量の評価方法については解決しなければならない問題が多い。そこで、レーダーデータと衛星データとを比較した雪雲の解析例2つを紹介し、「衛星リモートセンシングにおいて氷雲をどのように扱うべきか」について早坂会員へ質問し、コメントとしたい。

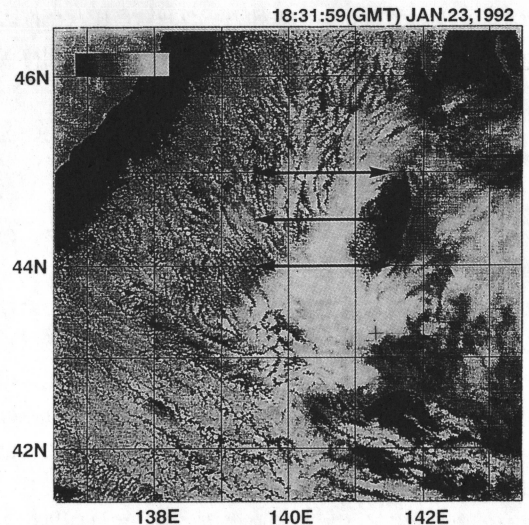
### 2. 北海道西岸の帯状雲

1992年1月に石狩湾で行われた雪雲の集中観測(菊地, 1993)期間中に観測された、北海道西岸の帯状雲の例を第1図に示す。NOAA/AVHRRのチャンネル4 (~11 μs)の輝度温度分布をみると、北北東から南南西にのびる帯状雲が石狩湾付近で南東に走向を変え石狩湾から石狩平野に進入している。この雲の上陸部分には多量の降雪がもたらされた。第1図上に示した3本の線上のチャンネル4の輝度温度( $T_{B4}$ )とチャンネル4と5の輝度温度差( $\Delta T_B$ )を第2図に示す。帯状雲の湾曲部(44.0°N)の輝度温度は西側の245 Kから東側の230 Kと一般風の風下ほど低く、雲頂が高くなっている。 $T_{B4}$ が小さな部分で $\Delta T_B$ が0Kに近

く雲頂付近の光学的厚さが厚くなっていると考えられる。レーダーエコーが見られる部分は帯状雲の中央から東側にみられる。44.5°Nでは、帯状雲の幅は狭くなるがほぼ同じ特徴がみられる。45.0°Nでは輝度温度も高く、筋状雲との差が明瞭でなくなる。以上の特徴が雪雲の何を反映しているのかを確かめる必要がある。

### 3. 西太平洋赤道域の雲

1992年11月から1993年1月にJ-COARE(住他, 1992)の一環として行われた、パプアニューギニア、



第1図 1992年1月23日18時32分のNOAA/AVHRRの $T_{B4}$ 画像。+印石狩湾新港の位置を示す。

\* Comment on "Satellite remote sensing of clouds".

\*\* Hiroshi Uyeda, 北海道大学理学部.

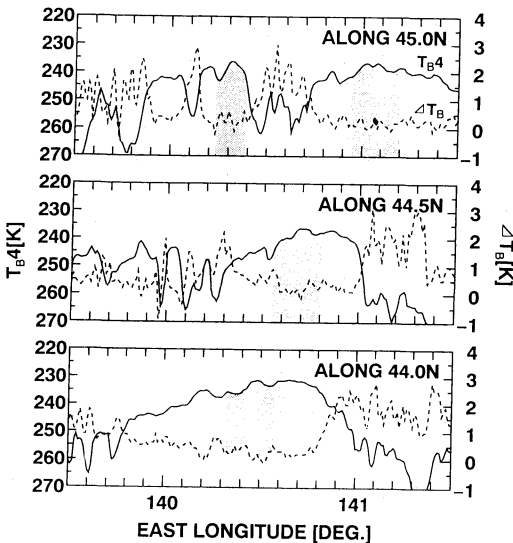
© 1995 日本気象学会

マヌス島でのレーダー観測期間内の11月24日の、GMSの赤外画像からCST法 (Goldenberg *et al.*, 1990) を用いて求めた対流域と層状域の分布とレーダーのボリュームスキャンから求めたエコー頂分布を第3, 4図に示した。レーダー観測範囲内の対流域とエコー頂8 km以上の領域は13時(第3図)にはよく一致しているが、15時(第4図)にはレーダーエコーでは8 kmを超える部分がなく合わない。その理由は、13時には第5図右図に代表されるような背の高い対流性のエコーがありCST法による対流域とよく対応したが、15時には第5図左図に代表されるような全体的に層状になったエコーの下部にのみ比較強いエコーがあり、CST法で求めた背の高い雲の部分とレーダーエコー頂との対応はよくないためであると考えられる。これらの雲が、雲頂10 kmを超え、雲内に雪を含むことから、熱帯においても氷雲の衛星リモートセンシ

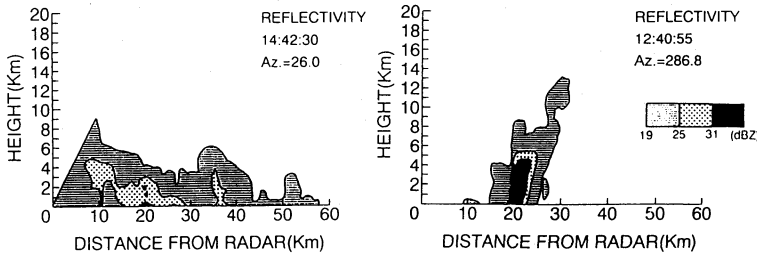
ングが重要であることが確かめられる。

4. おわりに

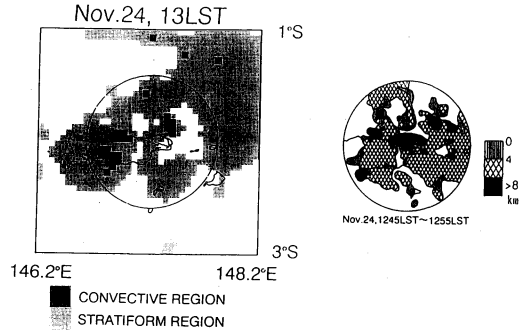
雲の衛星リモートセンシングの発展にとって、今後、人工衛星による雲の観測と同期したレーダーや航空機による雲の観測を各種の雲について行うことが重要であると考えられる。このような研究を推進する上で発



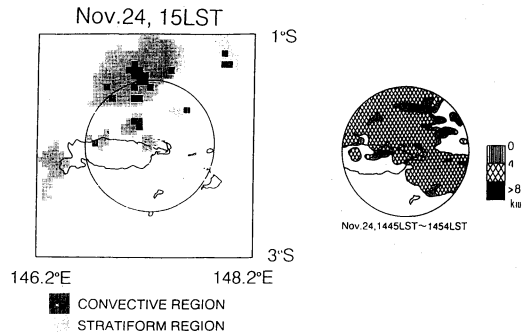
第2図 第1図の3か所での  $T_{B4}$  と  $\Delta T_B$  の変化。影を示した部分は啓風丸のレーダーで観測されたエコーの存在する場所を示す。



第5図 1992年11月24日の、14時42分(0442Z)(左図)と12時40分(0240Z)(右図)のレーダー反射強度の鉛直断面(RHI)。



第3図 パパニューギニア、マヌス島周辺における、1992年11月24日13時(03Z)の、GMS赤外画像からCST法により求めた対流域と層状域の分布(左図)とレーダーの反射強度(>19dBZ)から求めたエコー頂分布。円はレーダー観測範囲を示す。



第4図 1992年11月24日15時(05Z)の、第3図と同様の図。

達した雲の上部は氷雲になっていることを考えると、衛星データによる氷雲の評価方法を確立することが重要であると考えられる。その意味で、人工衛星による氷雲の評価方法開発の現状と見通しについて早坂会員に質問して、コメントに替えさせていただきたい。

#### 参考文献

Goldenberg, S. B., R. A. Houze, Jr. and D. D. Churchill, 1990: Convective and stratiform components

of a winter monsoon cloud cluster determined from geosynchronous infrared satellite data, *J. Meteor. Soc. Japan*, **68**, 37-63.

菊地勝弘, 1993: 都市の豪雪災害の予測と軽減・防除に関する研究, 文部省科学研究費重点領域研究「自然災害の予測と防災力」研究成果, 609 pp.

住 明正, 竹内謙介, 藤谷徳之介, 上田 博, 高橋 劭, 中沢哲夫, 1993: TOGA-COARE 計画について, *天気*, **40**, 791-809.

5013 (衛星観測; レーダ)

## 5. 雨の衛星リモートセンシング\*

中 村 健 治\*\*

### 1. はじめに

近年, 地球規模の気候変動が人間社会へ与える影響が増大し, また人類が気候変動を引き起こしている可能性があることが世界的に認識されてきた。この気候変動のメカニズムを明らかにするためには, 気候変動に影響を及ぼす大気・海洋の諸物理量を地球規模で把握する必要があり, そのための最適な手段として衛星搭載リモートセンサの重要性が高まっている。大気・海洋の諸物理量のうち, 降雨はその空間的・時間的変動が大きいため特に測定が困難なものであり, これまで可視・赤外及びマイクロ波放射計を用いた split window 法等, 種々の方法が提案・試験されているものの未だ不十分である。例えば, split window 法では低い積雲に対して誤差が大きい。

降雨センサとしては雲を通し, 直接雨を見ることのできるマイクロ波センサが原理的に可視・赤外センサよりもすぐれている。マイクロ波放射計は米国で ESMR, SMMR そして現在の多周波の SSM/I と進歩してきている。マイクロ波放射計は, 低い周波数(通常は10 GHz から35 GHz 程度)では降雨からの熱放射温度から降雨強度を推定する。この場合には背景が冷たい必要があるため, 海上降雨では使えるが, 陸上で

は適用できない。80 GHz の高い周波数では散乱が強くなるので, 強大な積雲では雲頂部が冷たい宇宙を反射することから冷たく観測される。この場合には陸上でも適用可能であるが, 雲頂付近の散乱を使うため誤差が大きい。この放射計も多周波の利点を生かし(というよりも多周波でなければ他の物理量の影響を除くことができない), 海面水温, 海上風, 雲水量等の推定にも用いられる。

同じマイクロ波センサでも降雨レーダは降雨の3次元分布を背景(陸地, 海洋)とは無関係に測定できる特長があり, 衛星からの定量的降雨観測の実現に重要な役割を担うものとしてその開発が期待されている。以下では衛星搭載の降雨レーダについて述べる。

### 2. 熱帯降雨観測衛星 (TRMM: Tropical Rainfall Measuring Mission)

本衛星は世界で初となる予定の衛星搭載降雨レーダを搭載した衛星であり, 降雨を軌道傾斜角35度で熱帯域を中心に観測し, 5度×5度の領域の1か月毎の総降雨量を測定することを第一の目的としている。また, 降雨の日周変化による誤差を避けるため太陽非同期となっている。この衛星計画は日米対等の計画として進められており, 平成9年度の打ち上げを目指している。

衛星搭載のマイクロ波レーダは合成開口レーダ, マイクロ波散乱計, マイクロ波高度計等すでにいくつもあるが, 降雨レーダは未だに無い。これは, 降雨から

\* Rain measurement from space.

\*\* Kenji Nakamura, 名古屋大学大気水圏科学研究所.

© 1995 日本気象学会