

「多目的衛星データ受信システム利用」  
「衛星と地上観測比較による極域気水圏解析」  
に関する研究小集会報告

平沢尚彦\*・山内 恭\*・江尻全機\*

Report on Workshop “Use of a Multi-Purpose Satellite Data Receiving System at Syowa Station” and “Study on the Polar Atmosphere and Hydrosphere Using Satellite Data with Surface Validation Observations”

Naohiko HIRASAWA\*, Takashi YAMANOUCI\* and Masaki EJIRI\*

**Abstract:** The purposes of the workshop are 1: to discuss algorithms to derive parameters of the polar atmosphere and hydrosphere using satellite data together with surface observations to be compared, and 2: to select the satellites to be received at Syowa Station through discussion about their sensors and the orbital elements. It was held on January 20, 1994 at the National Institute of Polar Research (NIPR), the number of participants being about 30.

The contents of the workshop are (1) analysis of the character of the ice sheet surface by NOAA or DMSP, (2) detection of sea ice distribution by ERS or JERS, (3) detection of cloud by NOAA multi-channel radiation data and effect of clouds on radiation budget and (4) a modeling about multi-scattering in the snow layer of ice sheet surface in the range of visible to near infrared. Finally, future requirements for the RADARSAT, ERS-2, NOAA, DMSP and SeaStar data at Syowa Station were discussed.

**要旨:** 本研究小集会の目的は1: 衛星データを使って極域気水圏の物理的パラメータを抽出する方法を地上観測データと比較しながら検討すること, 2: 極域における興味深い研究テーマをさらに研究していくために必要となるセンサーや衛星の軌道要素を検討し, 昭和基地で今後受信したい衛星を明らかにすることである。本会は1994年1月20日, 極地研講義室において行われ, 出席者は約30名であった。

NOAA または DMSP のデータを使った大陸氷床の表面状態の解析, ERS, JERS のデータを使った海水の検出, 海水・氷床域において NOAA の多波長放射データを使った雲の検出と放射収支に及ぼす雲の効果, 衛星とレーダー観測の比較, 可視・近赤外領域においての氷床表面付近での多重散乱に関するモデリングなどについて本会で議論された。最後に, 今後, 昭和基地で RADARSAT, ERS-2, NOAA, DMSP, SeaStar のデータ受信について要望があった。

## 1. はじめに

表記の合同研究小集会 (情報科学センター, 気水圏研究グループ主催) が, 国立極地研

---

\* 国立極地研究所, National Institute of Polar Research, 9-10, Kaga 1-chome, Itabashi-ku, Tokyo 173.

研究所の講義室で1994年1月20日に行われた。参加者総数は約30名であった。この合同集会は初めは別々に計画されたものが、それぞれの目的の一部が一致していること、合同で行う方が有意義な議論ができることなどの理由で開催となった。目的、プログラムを以下に示す。

## 目的

現在、昭和基地ではMOS-1, ERS-1, JERS-1データの受信が行われており、さらに、その他のNOAA, Nimbus, DMSP衛星データを含めて極域に関する解析が進められている。ERS-1, JERS-1に搭載されているSAR画像は雲や大気成分の影響をほとんど受けずに、雪氷表面の状態に関する情報を空間的に高い解像度で得ることができる。このデータを使った研究が始められているが、解析結果の解釈に関して残された課題は多い。また、NOAA, MOS-1等のデータによる大気循環場の解析については、雲と雪氷表面の分離が困難であることが依然として大きな問題となっている。

当研究小集会では、いくつかの具体的な現象に関する解析結果を中心に議論し、衛星データの解析手法、衛星データを使った研究の今後の方向性について討論する。それをもとに、今後必要となる衛星、センサを具体的に選定しながら、昭和基地における将来の衛星観測、受信計画を検討する。

## プログラム

開会あいさつ

山内 恭 (極地研)

氷床

座長 石田邦光 (鳥羽商船高専)

1. SAR画像及び可視近赤外画像を用いた氷河・氷床の研究

高橋 晃 (通総研)

2. SSM/Iによる南極氷床の輝度温度分布

古川晶雄 (極地研)

3. 衛星による比較氷床研究の展望

瀬古勝基 (名大大気水研)

気象

座長 滝沢隆俊 (海技センター)

4. 宗谷海岸の氷床斜面における斜面温暖帯と昭和基地上空の下層ジェットとの関係

中川清隆 (上越教育大)

5. 昭和基地付近のレーダー観測データと衛星データの比較

和田 誠 (極地研)

衛星観測, 放射

座長 伊藤 一 (極地研)

6. 昭和基地における衛星データ受信について

江尻全機 (極地研)

現況……NOAA (山内), MOS-1 (平沢), ERS, JERS (古川)

7. 衛星による極域の雲・放射収支観測とその問題点

山内 恭 (極地研)

8. 大気-積雪系の多重散乱モデルによる可視・近赤外のリモートセンシング  
青木輝夫 (気象研)
- 海氷 座長 平沢尚彦 (極地研)
9. マイクロ波放射計による海氷観測 長 幸平 (東海大)
10. サロマ湖海氷観測から考える将来展望 高橋修平 (北見工大)
- コメント 若林裕之 (宇宙開発事)
- データベース, 衛星観測計画
11. 衛星受信・解析とインターネットによるデータ配布の動向  
菊地時夫 (高知大)
12. ADEOS/ILAS による極域オゾン層観測計画について 神沢 博 (環境研)
- 総合討論 座長 山内 恭 (極地研)
13. 将来計画等  
コメント 大気: 和田 誠 (極地研)  
雪氷: 古川晶雄 (極地研)  
生物: 福地光男 (極地研)  
地学: 渋谷和雄 (極地研)

## 2. 会議の概要

ここでは、会議の内容を「氷床、海氷」、「放射」、「気象」、「データベース、衛星観測計画」、「総合討論」に分けてまとめる。昭和基地の衛星観測の現況については神沢 (1993) を参照されたい。

### 氷床、海氷

海氷上に積雪がある場合、ERS-1 の SAR (マイクロ波の合成開口レーダー) 画像と MOS-1 の MESSR (可視、近赤外) 画像を比較することにより海水域 (氷床域に比較して、SAR では反射が少ないが MESSR では同じ程度) と氷床域の区別ができる可能性が指摘された。この性質を利用して、氷河末端の流動速度の年々変化を調べた結果、海氷が少ないときに流動が速くなることが示唆された。これらのデータを蓄積することによって、氷河の流速変動を記述し、そのメカニズムの考察に供することができる。

氷床域の SSM/I (マイクロ波放射計) の H, V 成分 (水平偏波と垂直偏波) の輝度温度分布を比較することによって、氷床の表層付近の粗度を推定することが出来そうである。この場合、積雪表面上に現れる 30 cm 以下のスケールの粗度をよく反映する。

AVHRR (高分解能放射計、可視~赤外) や SSM/I の空間分布パターンからその高周波成分 (空間的な) を取り出すことにより氷床表面付近の何等かの粗度 (例えば、上記の積雪表面上に現れる 30 cm 以下のスケールの粗度など) の空間的な分布の様子が分かる。

南極氷床域の氷河の沿岸域に近い場所では粗度の大小が空間的に縞模様状に分布することがあるが、これはその領域の氷河の何等かの構造上の特徴を表していると考えられる。同じような特徴がグリーンランドの氷河にも現れていそうであるが、全地球規模で同一の条件で得られる衛星データを使うことによって、この種のパラメータを導入し、異なる領域における氷河の比較研究が行える。

MOS-1/MSR（マイクロ波放射計）からは南極氷床周辺に広がる海水縁を見つけることが出来る。このデータを極域全体で合成し、蓄積することによって海水域の季節的、経年的な変動を記述することが出来、グローバルスケールの大気循環場の変動との相互作用ついで議論に発展できる。しかしながら、現時点では広域をカバーするデータを頻繁に受信することは困難である。また、すでに各方面から提出されている海水面積の季節変化のデータには大気中の水蒸気や海岸の影響で過大評価されている場合がある（例えば、オホーツク海で実際には海水がない夏にごく小さな海水面積のピークが現われる）。

SAR 画像からは海面と海水面との区別が一般に可能であるが、この点について、サロマ湖周辺における航空機からの可視、近赤外放射観測結果と比較しながら検討した。ERS-1 の SAR 画像ではサロマ湖に広がる湖水面は湖水面、海水面（オホーツク海）、陸の積雪面から区別できるもののオホーツク海上に広がる海水域と北海道の陸上の積雪面との区別が出来ない。一方、JERS-1 の SAR 画像ではオホーツク海上の海水は陸上の積雪面、湖水面等から区別できるもののサロマ湖上の湖水面と海水面の区別が出来ない。このように、両衛星のセンサには一長一短があって、SAR 画像を使った海水に関する解析では注意を要すとともに、この違いを利用することによって研究を進展させることも可能である。

## 放射

衛星で観測される放射強度の時間的、空間的な変化が何を反映しているのかということはいつでも問題にされることである。この点に関して、可視、近赤外領域の光については、多重散乱を表現した数値モデルと観測結果を比較することによって議論した。この波長帯の光は大気、雲、および雪氷面のごく表層中で散乱される。積雪表面では、可視域の反射は大きい（ $0.5\ \mu\text{m}$  の波長でピークで 90%以上）が、近赤外域（ $1.5\ \mu\text{m}$  付近で急減）では小さい。積雪層中の雪粒の直径が小さいほど反射は大きい。積雪層を 2 層とした場合、1 層とするのに比べ可視域での反射の落ち込みが大きくなる一方、近赤外域での落ち込みは比較的少ない。また、雲や雪面を含む場合において、波長帯間での入射角への依存度の違いなどが示され、衛星データの解釈への応用の可能性が示唆された。

## 気象

風の比較的弱い日には、昭和基地付近の氷床斜面の中腹に高温の領域が観測される。昭

和基地における気象ゾンデや地上観測データの解析から、強い接地逆転層が発達した結果、境界層上端の高温層が雪氷面を暖めることが示唆された（盆地で発達する冷気湖と同じ原理）。

レーダーエコーが観測されたときについて、レーダー観測とゾンデ観測から推定されるエコー頂の温度に対して、衛星観測によって得られる  $T_{BB}$ （等価黒体放射温度、雲があれば雲頂温度を反映）を比較した。約1年間（3～12月）について集計してみると、多くの場合エコー頂の温度が  $T_{BB}$  よりも 10 K 程度高い。これは、エコー強度で定義したエコー頂（降水粒子の高密度域の頂）よりも高い位置まで雲があることを反映していると解釈できる。また、エコー頂の高さと  $T_{BB}$  を比較すると、冬期にはエコー頂が高い程  $T_{BB}$  が低い関係が見いだされるのに対して、夏期にはこの関係が明瞭ではない。冬期のエコー頂と  $T_{BB}$  との関係をもたらしめている原因、夏期と冬期の違いをもたらしめている原因については今後調べていく。

地表が雪氷面であり、雲表面と雪氷面との温度差が小さい極域での雲の判別は難しいが、雲がある場合、NOAA/AVHRR で観測された2種類の波長帯（CH3, 近赤外；4, 赤外；5, 赤外）の赤外放射に差が出ることを利用して雲域を推定することができる。しかし、この方法もすべての雲に適用できるわけではない。この方法によって推定した月平均雲量を ISCCP（国際衛星雲気候計画）のデータと比較すると、海面上ではどちらも 70% 程度であるのに対し、南極大陸上では前者が 20～30%、後者が 0～10% と評価され、雲量の違いが大きい。この違いは冬と夏に共通である。いずれにしても、雲域の判別に関しては今後も検討していく必要がある。また、地球のエネルギー収支の観点から、極域の雲量変動の影響を検討したが、氷床上、大陸上では大気上端での外向き長波放射量の変動が小さく、雲量変動との関連はほとんど有意ではない。すなわち、雲量の多少によっては、南極大陸上、大気外の放射収支は影響を受けない結果となっている。ただし、外向き放射量の見積りに関しては、観測方法、観測データの処理方法の改善をする必要があり、それによっては結果が大きく異なる（雲量変動の影響が多きいという結果が出る）可能性がある。

#### データベース、衛星観測計画

最近では、科学情報（データ）のデータベース化、ネットワーク利用化等が世界的に進められてきている。ネットワーク上で画像データのやり取りが手軽にできるソフトの開発も進んでいる。その例として、Gopher, xmosaic/WWW により取得できる GMS の日本付近の赤外画像、NOAA, DMSP の南極域の赤外画像などが示された。

極域のオゾンの鉛直分布を明らかにするために計画された ADEOS/ILAS（改良型大気周縁赤外分光計）の観測概要が紹介された。

## 総合討論

今回の発表者はおもに気水圏分野の研究者で構成されたので、解析結果に関する具体的な議論は雪氷、気象、放射分野に限られた。しかし、将来の衛星観測データ受信要求に関して議論した総合討論では、生物、地学分野からのコメントを得た。

今後の衛星データの要求としては、雪氷分野ではマイクロ波放射データ、SAR 画像 (ERS-2, RADARSAT などに搭載)、気象分野としては全極域にわたる可視、近赤外、赤外領域、マイクロ波領域の放射データ (NOAA, ADEOS などに搭載) や高分解能画像データ (ADEOS/AVNIR など) が挙げられた。各分野が将来に要求する衛星/センサについてまとめる。

雪氷分野：ERS-2/SAR; RADARSAT/SAR

大気分野：NOAA\*/AVHRR3, TOVS; ADEOS/AVNIR, ILAS

生物分野：SeaStar\*/SeaWiFS; ADEOS/OCTS

地学分野：ERS-2/SAR; RADARSAT/SAR

ここで\*はLバンド衛星(2m級のアンテナで受信)を表す。この他に、将来の世界の地球観測衛星計画に挙がっていないが、極軌道衛星搭載のセンサとして希望のあったものに、MOS-1/MESSR, TRMM/PR, 雲レーダー, アイスレーダーがある。

今回は各分野の研究上有用なセンサのリストアップまでを行えたが、データの受信・処理の実行にとって必要となる条件「空間領域、空間的・時間的解像度、受信データの1次処理の程度などデータの質」に関する情報を今後まとめる必要がある。

最後にデータ管理面で若干議論されたことを記す。データの使用方法については南極観測隊の現地での行動の意志決定のためのモニタリング用と研究用とに大別される。前者は現地でリアルタイムに処理する場合と日本でリアルタイムに処理する場合があり、ディスプレイ、データ伝送に関するシステムの構築を改めて考える必要が生じる可能性がある。後者はデータ量の多少に関連して記録媒体、保管、輸送面での問題が生じる。

## 3. おわりに

本集会は、1993年3月16日に行われた「衛星と地上・無人観測比較による極域大気・雪氷圏解析に関する研究小集会」(神沢, 1993)の後を受けて開催された。衛星データ解析のアルゴリズムの確立、解析結果の解釈の妥当性は長い時間をかけて徐々に作り上げられていくものなので、本集会で掲げた目的を継いで、今後も集会を続けていくことは有意義であろう。なお、本集会の発表者の使用したOHPのコピー集が作られている。

**謝 辞**

この研究小集会は国立極地研究所の共同研究のプログラムの1つとして行われた。発表者および本研究小集会の参加者の議論により本報告はまとめられた。

**文 献**

神沢 博 (1993): 衛星と地上・無人観測比較による極域大気・雪氷圏解析に関する研究小集会報告。南極資料, **37**, 196-204.

(1994年8月2日受理)