

「極域気水圏リモートセンシングデータ利用」 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 “Study of the Polar Atmosphere and Cryosphere Using Remote-Sensing Data”

Naohiko HIRASAWA*, Takashi YAMANOUCI* and Masaki EJIRI*

Abstract: The main purpose of the workshop is to discuss recent results of polar atmosphere/cryosphere research using remote-sensing data and their algorithms. It was held on January 25, 1995 at the National Institute of Polar Research (NIPR), the number of participants being about 30. The contents of the workshop are as follows.

Analyses of sea ice distribution: (1) To reduce the frequency of error in the sea ice area measurement over the Okhotsk Sea by the customary algorithm used by NASA, a new algorithm based on DMSP SSM/I data was discussed. (2) The velocity field of pack ice migration in the vicinity of Syowa Station was estimated using NOAA AVHRR data. (3) The interannual variation of seasonal variation in sea ice thickness around Syowa Station was preliminarily reported. (4) On the difference in sea ice detection between ERS-1 and JERS-1 SAR data, the effect of incidence angle was discussed.

Analyses of the Antarctic ice sheet and glaciers: (5) On the variation in albedo in a glacier and a part of the ice sheet, using NOAA AVHRR data, some effects of the radius of snow particles in the accumulated snow layer, dust contamination and propagation of ice algae were discussed. (6) Some features of the surface and near surface structure of the Antarctic ice sheet were discussed using MOS-1b MESSR data, ERS-1 and JERS-1 SAR data, and JERS-1 SAR interferometer data.

Analyses of the atmospheric field: (7) An algorithm for detection of cloud, sea ice and ice sheet around Syowa Station using NOAA AVHRR data was discussed. (8) The relationship between hemispheric-scale atmospheric circulation in the southern hemisphere and the distribution pattern of OLR (Outgoing Longwave Radiation, calculated by NOAA AVHRR data) over the Antarctic continent was discussed.

(9) Numerical modeling which takes into account multi-scattering in the snow/ice layer, influence on the albedo at the snow/ice surface for some parameters of ice particle size, and the number of accumulated snow layers was discussed.

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

要旨：本研究小集会の目的はリモートセンシングデータを使った極域大気・雪氷圏に関する最近の研究成果，及びそのアルゴリズムについて議論することである。本会は1995年1月25日，国立極地研究所講堂において行われ，出席者は約30名であった。

海水関連として，DMSPのマイクロ波データを使ったオホーツク海，昭和基地周辺の海水分布，海水面域と海水面域の識別に関するJERS/SARとERS/SARの違いが検討された。氷床分野では，可視域，マイクロ波域の多数チャンネルを組み合わせた氷床表面の特徴の検討，SARインターフェロメトリデータを使った氷床流動の研究の可能性について議論された。また，多重散乱を考慮した数値モデルにより，積雪（氷床）の層構造や層中の氷（雪）粒子の粒径などの違いが氷床表面のアルベドに及ぼす影響について議論した。大気関連では，客観的手法による雲域，氷床域等の分離やNOAA/AVHRRデータを使った南半球対流圏の大規模大気循環場の季節内変動に関する議論がなされた。総合討論を通して，今後のデータの多量化，複雑化に対応できるような研究者間の体制・役割分担を研究課題単位で作ることが提案された。

1. はじめに

表記の合同研究小集会（情報科学センター主催）が，国立極地研究所の講堂で1995年1月25日に行われた。参加者総数は約30名であった。目的，プログラムを以下に示す。

目的

極域は地上における定常観測が困難であり，特に広領域を対象とする分野での衛星データの利用が今後も重要であると考えられる。昭和基地ではMOS-1, E-ERS-1, J-ERS-1データの受信が行われて来ており，極地研究所ではこれまでのNOAA, MOS, Nimbus, DMSPのデータだけでなく，SARデータの蓄積量も増えてきている。本研究会は，雲と雪氷表面が混在する極域におけるリモートセンシングデータ（衛星，航空機，レーダーなど）の解析，アルゴリズムの構築，モデリング，データベース構築等の最近の研究結果を持ち寄って議論することを目的とする。

総合討論では，昭和基地で受信されてきているMOS-1/1b, ERS-1, JERS-1や将来新たに受信される衛星データ利用のための管理について，今後の極地研究所の役割として望まれることに関して討論する。昭和基地での受信の継続／中止，衛星データのカタログ整備・データベース化の必要性，現在のデータ配付の問題点／改善策等を議論し，今後の各研究者の利用効率の向上を目指す。

プログラム

開会あいさつ

山内 恭（極地研）

座長 石田邦光（鳥羽商船高専）

1. ADEOS II による氷床マッピング計画案

瀬古勝基（名大大気水研）

2. 可視・近赤外域における積雪のリモートセンシング

青木輝夫（気象研）

3. マイクロ波放射計による海水観測 長 幸平 (東海大)
4. マイクロ波データにみるドーム域の特異シグナル 榎本浩之 (北見工大)
5. インターフェロメトリー SAR による海水・氷床表層の研究と問題点
西尾文彦 (北海道教育大)
6. JERS-1/ERS-1 SAR によるオホーツク海流水の観測 浦塚清峰 (通総研),
岡本謙一 (通総研)
座長 兒玉裕二 (北大低温研)
7. 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)
8. 高分解能アイスレーダを用いた氷床の観測 前野英生 (通総研),
浦塚清峰 (通総研),
水津 武 (通総研)
9. NOAA/AVHRR による海水と沿岸ポリニヤの動態 大島慶一郎 (北大低温研)
座長 中川清隆 (上越教育大)
10. NOAA 画像データの画像特徴量による領域分割 村本健一郎 (金沢大)
11. NOAA /赤外チャンネルを用いた冬期の南極域大気循環場の研究
平沢尚彦 (極地研)
12. 極地研における衛星データを使ったこれまでの研究と今後の課題
山内 恭 (極地研)
13. 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)
座長 山内 恭 (極地研)
14. 南極観測隊の衛星データ受信 (昭和基地) と処理 (日本) の現況
平沢尚彦 (極地研)
15. 総合討論

2. 会議の概要

筆者らの理解の及ぶ範囲で会議の内容を以下にまとめる。内容は「海水」, 「氷床」, 「その他」, 「総合討論関連」に分けた。「その他」には可視・近赤外アルベドのモデリング (プログラム No. 2), 衛星データの客観的画像解析 (同 No. 10), 気象 (同 No. 11) が含まれ, プログラム No. 12, 13 は「総合討論関連」とした。

海水

長 (No. 3) はオホーツク海の夏に擬似的に評価されてしまう海水域の改善について発表した。一般にマイクロ波データでは海水面積と海水面積の区別ができるが、この波長帯は同時に大気中の水蒸気の影響を受けるため、オホーツク海等の中緯度での海水面積の評価の誤差が大きいことを指摘した。現在 NASA で用いられているアルゴリズムを使うと、冬期の真の海水面積の半分程度にも及ぶ疑似的なピークが8月を中心として現れる。NASA のアルゴリズムには水蒸気の影響を除去するために、37 GHz と 19 GHz を組み合わせたフィルターがすでに入っているが、より効果的な水蒸気の吸収帯である 22 GHz と 19 GHz を組み合わせたフィルターに替えて評価することにより、疑似的な海水面積を大幅に削減することが出来た。ただし、新しいフィルターのしきい値を上げ過ぎると真の海水面積を見落とすことになり、その設定は経験的である。領域毎に適切なフィルターを作っていくことが、問題解決の方向の一つである。

JERS/SAR では海水面積と海水面積の区別が付き易いが、ERS/SAR ではそれが難しいことが従来より指摘されている。浦塚、岡本 (No. 6) は JERS/SAR と ERS/SAR の海水面積と海水面積の区別のし易さの違いについてセンサーのスペックの違いから検討した。発表ではマイクロ波の周波数、偏波特性、入射角の違いを挙げた。この研究では、航空機にセンサーを搭載して入射角を0度から80度まで変えて観測した結果を比較していた。その結果、ERSと同じ23度よりもJERSと同じ38度にしたときに区別がし易いということが分かり、海水面積と海水面積の区別のし易さの違いは Incidence angle の違いが大きく効いていることが示唆された。

大島 (No. 9) は NOAA/AVHRR データを使い昭和基地周辺の海水の移動とそれに伴う沿岸ポリニアの形成について発表した。衛星画像の時系列からいくつかの氷板や割れ目を同定・追跡し、速度ベクトルを得ることによって沿岸域の海表面の流れの場を明らかにした。その結果、昭和基地の北西域に北に向かう 10 km/day 以上の強い流れがあることが分かった。

榎本 (No. 4) はマイクロ波 (SSM/I) データから昭和基地周辺の海水面積、海水の厚さの季節変化を数年分調べ、観測船「しらせ」が昭和基地に接岸する時期に海水の厚かった年にはその前年の夏から秋にかけての海水の発達が早い傾向があることを指摘した。

氷床

瀬古 (No. 1) は南極、グリーンランド、チベットのどの地域の氷河も同じ氷河の中で場所によってアルベドの違いがあることを指摘した。地上観測データ等と比較した結果、アルベドの違いは氷河の涵養域、消耗域等に関連した氷粒の粒径の違いや鉱物、微生物(クラミドモナス等の緑藻類)、塵の混入によるいわゆる「汚れ」に関連していることが示

唆された。アルベドに関して、これら原因物質はそれぞれ波長に対しての固有のスペクトル分布特性を持っているため、ADEOS II に搭載される GLI のように可視域に多くのチャンネルを持つセンサーを使い詳細なスペクトル分布特性を解析することが主原因物質の特定に有効である。

榎本 (No. 4) は 37 GHz の H 偏波、V 偏波及び 19 GHz の V 偏波の季節変化について、稜線上と沿岸域とで比較している。37 GHz の H 偏波の季節変化は南極大陸内陸稜線上 (ドームふじ観測拠点域が中心) と沿岸域 (中継拠点が中心) とでほとんど変わらないが、37 GHz の V 偏波の季節変化の振幅は沿岸域より稜線上の方が大きい。V 偏波から H 偏波の差を見ると、稜線上では夏に H 偏波の値から大きくはなれ (差が大)、冬には H 偏波の値に近づく (差が小)。沿岸部では夏に差が小さく冬に差が大きくなる。V 偏波の季節変化の振幅の大きさの違いと H 偏波との差の季節変化の違いについて、氷床表面温度、氷床表面の粗度、粒径、内部層の数等の点から検討中である。また、37 GHz の V 偏波と 19 GHz の V 偏波との差をみると、稜線上では常に 19 GHz の方が大きな値を示すのに対して、沿岸域では冬には 19 GHz の方が、夏には 37 GHz の方がそれぞれ大きな値を示す。この原因として、氷床の表面の密度の違い、表面温度の違いが考えられる。

西尾 (No. 5) は SAR データによる雪氷表層の構造と形態の研究の可能性について議論した。その中で、氷河の質量収支を見積る技術として JERS/SAR によるインターフェロメトリの例を紹介した。現在のところ、干渉縞は得られているが、精度や意味づけに関してこれから検討していく必要がある。

高橋 (No. 7) は昭和基地で受信された ERS/SAR, JERS/SAR の画像の中から興味深いものをいくつか紹介した。沿岸部に沿って強い反射があること、内陸域に反射の強弱が作り出す数キロから数十キロ程度のスケールの縞模様や斑模様が見えること、スカーレン・テレーン氷河をはじめ氷河上流部に強い反射域のあることなどが紹介された。この原因解明にはいずれも今後の現地観測を含む研究を待たねばならず、氷床表層のさまざまな情報を反映する SAR データの利用の難しさについても言及した。

前野、浦塚、水津 (No. 8) は L バンド (1.25 GHz) の電波のアイスレーダーによるカナダの Penny Ice Cap の観測結果を紹介した。深度 400 m ~ 200 m の範囲で変化する基盤地形の反射や氷床内部の最大 30 m 程の厚さの反射の大きな層が確認されるなど内部構造をよく測定できており、JERS-1/SAR の検証用に本アイスレーダーが使用できるとのことであった。なお、使用したアイスレーダーの減衰係数は 0.05 dB/m であった。

その他

青木 (No. 2) は多重散乱を考慮した数値モデルにより、太陽光の入射角、雪粒の粒径 (有効半径)、積雪の層構造 (層の数、厚さ)、雲などがアルベドに及ぼす影響について議

論した。アルベドは光の波長が $0.5 \mu\text{m}$ をピーク（有効半径 $1000 \mu\text{m}$ 以下ならば、90%以上）として波長が長くなるに従い、粒径の大きなものほど早く小さくなる。波長 $1.0 \mu\text{m}$ のとき、有効半径が $10 \mu\text{m}$ でアルベドは約 90%、有効半径が $1000 \mu\text{m}$ で約 30% である。光の入射角に対する依存性は、入射光の天頂角が小さい（鉛直光に近い）ほどアルベドは小さくなるが、その程度は粒径が大きいほど効果的である。波長 $1.0 \mu\text{m}$ の光に対して、天頂角が 80 度のとき、有効半径 $10 \mu\text{m}$ でアルベドは 95% 以上、 $1000 \mu\text{m}$ で約 80% であるが、天頂角が 10 度になると、 $10 \mu\text{m}$ で約 90% という大きなアルベドを維持しているが、 $1000 \mu\text{m}$ では 25% 程度に落ち込んでしまう。

雲がある場合、地表面には雲によって散乱された光がいろいろな方向から来ることになるので、雲のない場合と地表面アルベドは一般に変わる。太陽高度が天頂に近いときには地表面に水平な光の成分が増えることになり、アルベドは雲のない場合より大きくなる。逆に、太陽高度が水平に近い場合には地表面に垂直な光の成分が増えてアルベドは小さくなる。

次に、粒径の違う積雪層を 2 枚設定して、その厚さに対するアルベドの依存性を調べている。上の層の厚さが厚いほど、アルベドは上の層が 1 枚だけあった場合の値に近い。上の層が厚いほど上の層だけの散乱によって反射光がでてくることになるからであろう（下の層には届かずに）。また、光の波長が約 $1.3 \mu\text{m}$ を境に、それより短い場合には下の層が 1 枚だけあった場合のアルベドに近く、それより長い場合には上の層が 1 枚だけあった場合のアルベドに近い。このことは、短い波長の方が雪層の内部にまで侵入できることに関係していると思われる。発表では、上の層の有効半径が $10 \mu\text{m}$ の場合には層厚は 1.0 mm, 0.5 mm, 0.25 mm を考え、上の層の有効半径が $500 \mu\text{m}$ の場合には層厚は 10.0 mm, 5.0 mm, 2.5 mm を考えている。

村本 (No. 10) は昭和基地周辺を観測した NOAA/AVHRR データを使い雲域、陸域、氷床域、海水域の客観的な分類を試みている。分類のための特徴量は、輝度温度の平均、輝度温度の標準偏差、フラクタル次元、局所フラクタル、均一性、コントラストを定義して用いている。対象としたのは 1989 年 11 月 10 日の 1 シーンであるが、上記 4 領域の分類は可能であった。今後、処理数を増やすことで、初めての画像に対して各特徴量のしきい値を決定する客観的な根拠を作れるかを検討していた。

NOAA/AVHRR の $10 \sim 12 \mu\text{m}$ の波長帯（長波域）の放射量（強度）を基に見積った地球から宇宙に向かう放射量全体を OLR (Outgoing Longwave Radiation) と呼んでいる。平沢 (No. 11) は冬期の南極域の OLR 分布が、南半球対流圏の大規模大気循環場の季節内変動によく対応して変動することを指摘した。低 OLR 期には、東南極氷床の稜線に沿って最小 OLR 域が現れるが、高 OLR 期には南極大陸の内部の OLR の値は海岸部を除いてほぼ一様に分布する。低 OLR 期には 500 mb の偏西風ジェットが 60°S に沿って現

れ、極渦が深まり、高 OLR 期には 500 mb の偏西風ジェットは 45°S に沿って現れ、極渦は弱く、東南極の稜線域上空には極冠高気圧が形成される。また、みずほ基地で観測されるカタバ風は低 OLR 期に比較的弱く、高 OLR 期に特に強くなる。

総合討論関連

総合討論は、衛星データをとりにくく最近の環境を念頭において、今後極地研の果たす役割、期待などを中心に進められた。山内 (No. 12) は衛星データに対する各分野の期待として、大気・気象分野は大気微量物質、温度・水蒸気プロファイル、雲分布、放射量・放射収支分布、海水分野はその分布・状態、雪水分野は氷河・氷床縁、表面状態を挙げ、それぞれの目的に対応する現在及び将来のセンサーを整理した。また、GLOCHANT、WCRP/ACSYS 等の国際プロジェクトに対応した研究をはじめ、多くの課題・広い要望への対応についての問題提起を行った。

菊地 (No. 13) はインターネットを使ったデータ配布の動向を整理した。「テキストベースの情報交換」としてメーリングリスト、ネットニュース、「テキスト+画像」として Anonymous FTP, Gopher, WWW/Mosaic を、大量の衛星データに対応した外部媒体として 8 mm, 4 mmDAT, CDROM をそれぞれ挙げた。

総合討論を通して、衛星データ配布のスピードアップ化、データ、センサに関する情報網の整備（電子掲示板の導入の検討）が要望され、今後のデータの多量化、複雑化に対応できるような研究者間の体制・役割分担を研究課題単位で作ることが提案された。

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）、及び 1994 年 1 月 20 日に行われた「多目的衛星データ受信システム利用」と「衛星と地上観測比較による極域気水圏解析」に関する合同研究小集会（平沢ら, 1994）に引き続き開催された。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。

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.
平沢尚彦・山内 恭・江尻全機 (1994): 「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, 南極資料, **38**, 322-328.

(1995 年 4 月 6 日受付; 1995 年 4 月 25 日改訂稿受理)