

昭和基地で再開された NOAA 衛星受信の
概要と初期的成果平沢尚彦¹・改井洋樹²・山内 恭¹A summary of NOAA receiving resumed at Syowa Station,
and preliminary resultsNaohiko Hirasawa¹, Hiroki Kai² and Takashi Yamanouchi¹

Abstract: NOAA satellite data acquisition was resumed at Syowa Station in March 1997. As a result of replacement of the facility, the capacity of operation for satellite receiving and data processing was improved to permit receiving of all NOAA and DMSP transmission (except for their simultaneous coming), about twenty passes a day. It was limited to one pass a day in a past. The received data are imaged immediately at the station, and set on the web-site which is available in the LAN of only Syowa Station. These data are also positioned as effective information to decide schedule of field works. Data are being archived in the tape library in the Information Science Center of National Institute of Polar Research.

At present data from NOAA-12 and NOAA-14 are received. The time zone between 11 UT and 03 UT is covered. The NOAA data acquired at the highest frequency in our past data set at Syowa Station permit us to understand cyclonic activity and sea ice variation in the east Antarctic region better than in the past. Also, we expect to discuss the daily variation of the planetary boundary layer over Antarctica, which is closely associated with the water budget of the ice sheet. In some cases the conventional cloud detection method cannot be used to determine the cloud area over the inland of Antarctica in winter. It is possible to develop a cloud detection method through better understanding of cloud features in the inland of Antarctica with the NOAA data and atmospheric data sets obtained at Dome Fuji Station in 1997.

要旨: NOAA 衛星受信が 1997 年 3 月に昭和基地で再開された。この設備更新により、かつては 1 日に 1 パス程度の受信が運用の限界であったものが、DMSP 衛星、NOAA 衛星を合わせて 20 パス程度の受信が可能となった。昭和基地では受信データを画像化し基地内 LAN を介しての web 公開を行い、観測隊の活動計画立案の有益な資料として利用している。受信データは年に 1 度持ち帰られ、国立極地研究所情報科学センターのテープライブラリ装置に格納され、共同研究に供されている。

現在行っている受信は 12 号、及び 14 号であり、おおよそ 11 UT から 03 UT の間に対応している。1 日に複数パスが揃う気水圏関連の衛星データセットは昭和基地ではこれまでになく、東南極域の低気圧の活動度や海水分布の変化を

¹国立極地研究所。National Institute of Polar Research, Kaga 1-chome, Itabashi-ku, Tokyo 173-8515.

²財団法人リモートセンシング技術センター。Remote Sensing Technology Center of Japan, Roppongi 1-9-9, Minato-ku, Tokyo 106-0032.

これまでより詳細に理解出来ることに加え、南極氷床の涵養・消耗をつかさどる水収支に密接に関連する夏季の惑星境界層の日変化についての議論が可能となる。また、内陸の雲域には従来の検出方法では検出できない場合があることが分かった。ドームふじ観測拠点での大気観測データを合わせて利用することにより、南極域の雲の知見を広げ、雲検出方法が改良されることが期待される。

1. はじめに

1997年2月からの第38次南極観測隊により昭和基地での NOAA 衛星受信が再開された。NOAA 衛星受信は、1980年から1991年にかけて継続的に運用された設備(田中・芳野, 1980; 高部・山内, 1989)の老朽化により、途絶えていた。1997年に多目的衛星受信設備の一部として新たな設備が付加されたことに伴い DMSP 衛星とともに受信が行えるようになったものである。今回の設備更新により、かつては1日に1パス程度の受信が運用の限界であったものが、DMSP 衛星、NOAA 衛星を合わせて20パス程度の受信が可能となり、新しい研究成果が期待される。

1990年までの約10年間に受信されたデータは、東南極域の雲検出・雲量分布、昭和基地沖の海水分布・海流パターン、オゾン研究等に利用された(例えば、Yamanouchi and Seko, 1992; Seko, 1992; Yamanouchi *et al.*, 1987; Murata and Yamanouchi, 1997; Fukamachi *et al.*, 1997など)。また、南極観測隊への支援資料として「しらせ」航行のための海水状況の把握、越冬期間中の野外観測に関連した天候状況の把握にも大きく貢献した。

地球の気候環境を形成する重要な要素として雲分布があるが、雪面、海水面、雲域が混在する南極域をはじめとした領域で雲域を検出することは、現在でも十分な方法が確立していない。昭和基地での NOAA 衛星受信データを基にした Yamanouchi *et al.* (1987) の方法が基本となっているが、南極内陸域についてのこの方法の検証は今後の課題として残っている。

今回の NOAA 衛星受信の再開は研究分野への利用だけでなく、観測隊の活動への支援資料としての価値も高い。第38次隊で新システムが導入されてから、受信パスの選定、受信データの昭和基地での処理・解析・閲覧システム、国内でのデータアーカイブ等の体制を整えてきた。初期の NOAA 衛星受信システム導入時期に比べ、計算機の能力の大きな進歩により、上記の昭和基地・国内におけるデータ管理体制は大幅に改善された。本稿ではこれらの現状をまとめるとともに、これまでにない大容量データとドームふじ観測拠点における越冬観測により明らかにされた初期的成果を示す。

2. 受信・処理システム

昭和基地に設置されている受信・データ処理設備の概要を図1に示す。本システムは、第30次隊から運用が開始された多目的衛星受信システムの一部として第38次隊から運用が開始された。現在、NOAA 衛星とともに DMSP 衛星の受信も行っている。受信されたデータは図中

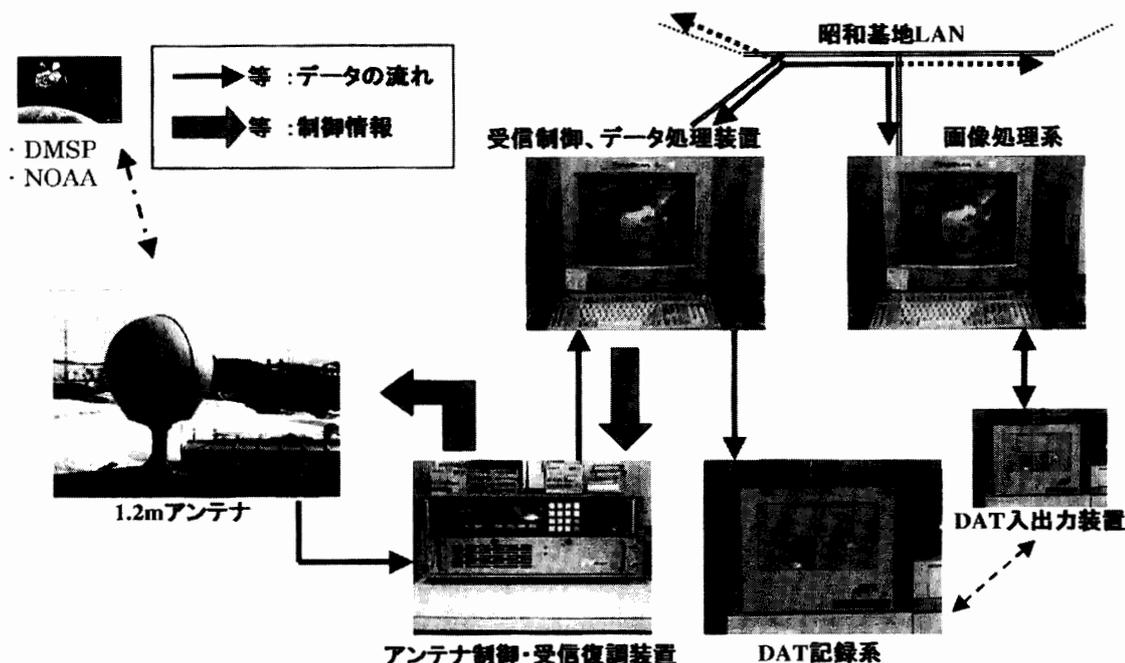


図1 昭和基地の受信・データ処理設備の概要

Fig. 1. Block diagram of data receiving and processing system at Syowa Station.

の矢印に沿って処理され、DATに出力され国内に持ち帰られる。

受信制御、データ処理装置の予備機を兼ねて画像処理系が設置されている。このシステムを利用して、現地での研究や新しい受信計画立案に向けたパス選定のためのシミュレーションを行っている。その他、受信後処理として行われる様々な処理については5章に詳しく述べる。

最終的なデータ保存・処理には国立極地研究所に導入されている商用のソフト (TeraScan) を利用しており、研究者も基本的にはこの拘束を受けることになる。しかし、最近、久慈・菊地 (2001) は、unix上で動作する AVHRR の処理ソフトを開発し国立極地研究所において公開している。

3. 昭和基地における受信領域と時刻

ここでは、昭和基地で受信できる NOAA 画像の領域を時刻別に示す。例として、図2には1997年6月のNOAA受信結果を時刻別、衛星別に示す。NOAA 12号、14号を合わせると04 UTCから11 UTCまでの時間帯を除いて受信可能時間となっている。受信可能時間帯にもかかわらず受信がないのはDMSP衛星と重複したためである。

一方、図3には同時期 (1997年6月) に関して、各時刻帯別の受信数を規格化して示した。ここで、6月の30日間で30パスの受信があれば受信頻度を1とした。NOAA 14号は11-13

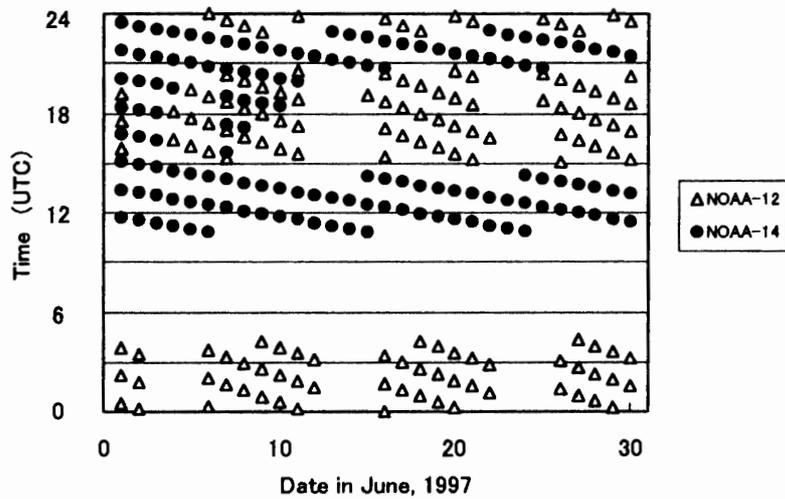


図2 1997年6月のNOAA 12号(△)及び14号(●)の受信時刻
 Fig. 2. Distribution of receiving time in days in June 1997 for NOAA-12 (△) and 14 (●).

UTC, 及び 21-22 UTC の時刻帯に受信数の極大がある。また, NOAA 12号は, 15-19 UTC, 23-03 UTC である。これらの時刻帯は各パスの最大仰角が極大になる時でもあり, 昭和基地を画像の中心として最も広い領域のデータを受信できる。このことは, 図 4, 5 に示す時刻帯別のデータ取得領域からも読み取れる。最も広い領域のデータを効率的に取得するためには NOAA 14号の 12-13 UTC, 21-22 UTC, 及び NOAA 12号の 17-18 UTC, 及び 01-02 UTC 付近のパスを受信することになる。

一方, 雪氷域での雲検出に有効な波長帯のセンサーを搭載している NOAA 15号は 1999年 から, NOAA 16号は 2001年 からそれぞれ運用が開始されている。これまで, センサーや衛星の不具合が発生していたため, 昭和基地で試験的な受信をするに留めている。図 6には,

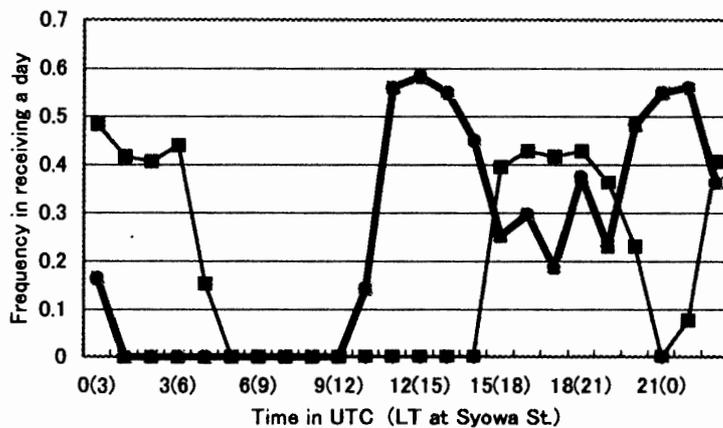


図3 1997年6月の時刻帯別の受信頻度(12号:実線, 14号:太実線)
 Fig. 3. Histograms of the frequency in number of passes received for the hourly zone for NOAA-12 (solid line) and -14 (bold line) for June of 1997.

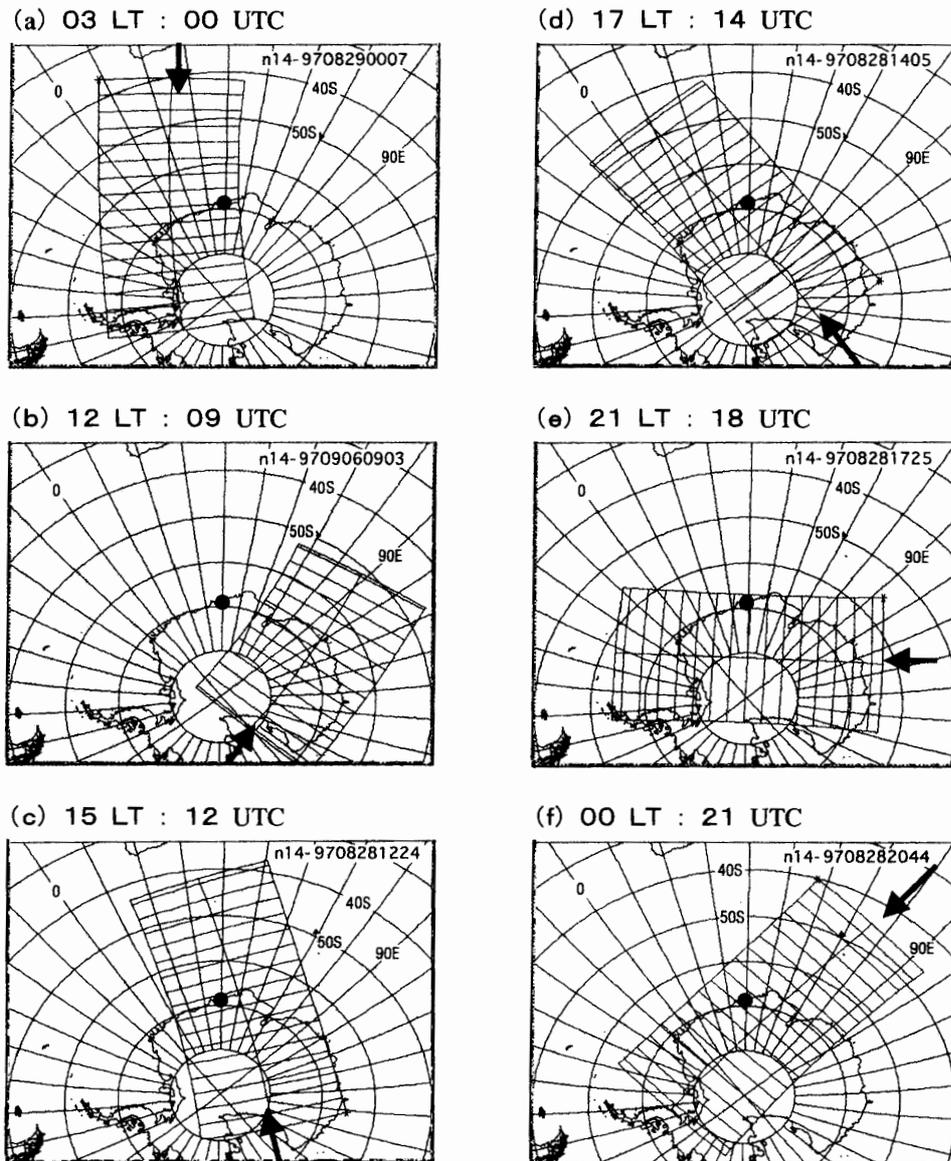


図4 14号の軌道とデータ領域の日変化の例

Fig. 4. Daily variations of the orbit and data area of NOAA-14.

NOAA 15号の仰角の日変化を示す。15号、16号で期待できるもう一つの点は、例えば15号では03 UTCに極大を持つことから、NOAA 12号、14号でカバーできない04-11 UTC間の一部のデータを取得することにもある。

4. これまでの受信結果

各隊次の月別の受信数の時系列を図7に示す。38次及び39次隊の運用体制にあたる1997年3月から1999年1月の期間には1日におおよそ10パス程度の受信を行った。40次隊からはオーロラ観測を目的としたDMSP衛星受信を優先し、冬期間のNOAA衛星受信は1日に3

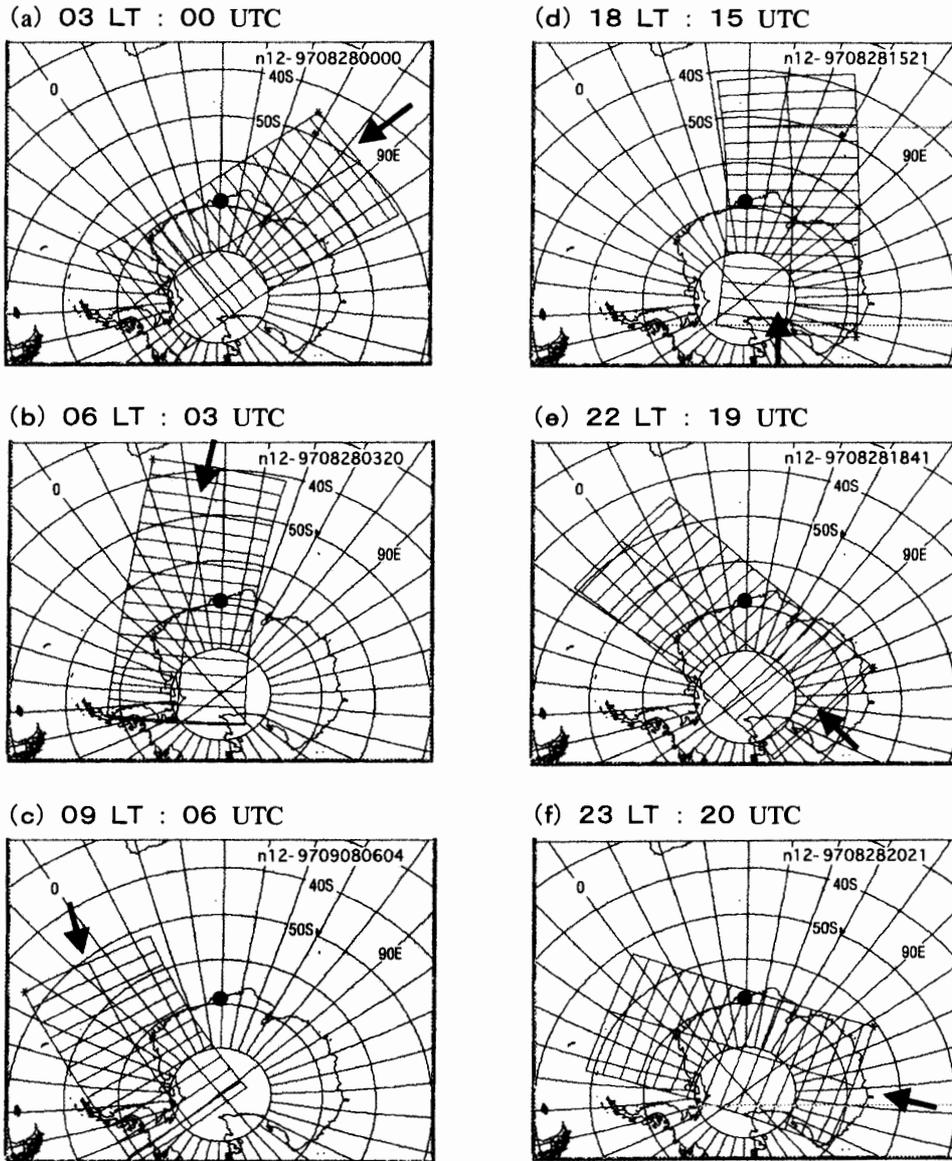


図5 12号の軌道とデータ領域の日変化の例
 Fig. 5. Daily variations of the orbit and data area of NOAA-12.

パスを目安に運用することにした。効果的なデータ取得を目指して、3章の結果をもとに最大仰角が最も大きくなるパス（最も広い領域のデータ取得が可能）を選択的に受信することとした。一方、41次隊の後半からは日変化を観測することに対応して、夏期（11月～1月）の受信数を増やしている。

5. 現在の受信体制

ここでは昭和基地における現在の受信作業の内容をまとめる。

Temporal variation in el.-angle of NOAA-15

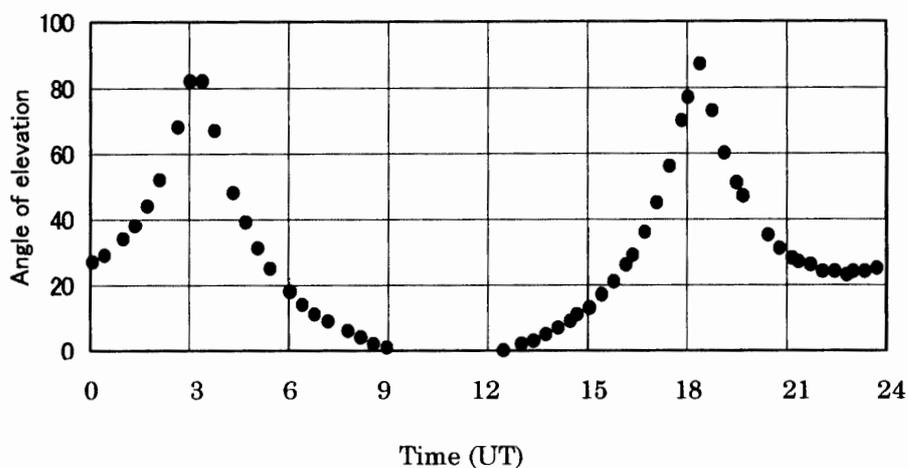


図6 NOAA 15号の最大仰角高度の時刻依存性

Fig. 6. An example of time-dependence in the maximum elevation-angle in each pass of NOAA-15.

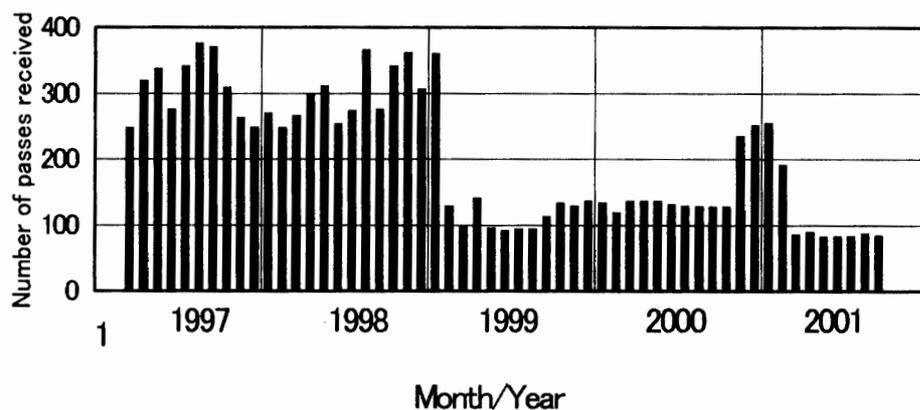


図7 1997年3月から2001年9月のNOAA衛星の月別受信数

Fig. 7. Number of passes received in each month from March 1997 to September 2001.

5.1. システムの維持管理

まず、毎日行う主な作業項目は以下の通りである。

- (1) 内部時計の確認 (NTS との差が ± 2 秒以内か)
- (2) GPS 動作状態の確認 (緯経度の表示が正しいか)
- (3) 受信状態の確認 (受信パスは予定通りか)
- (4) 受信スケジュールの確認 (受信予定パスは登録通りか)
- (5) ディスク空き容量の確認 (十分な空きがあるか)
- (6) DAT Drive 動作状態の確認 (正常か)
- (7) DAT Stacker 動作状態の確認 (正常か)

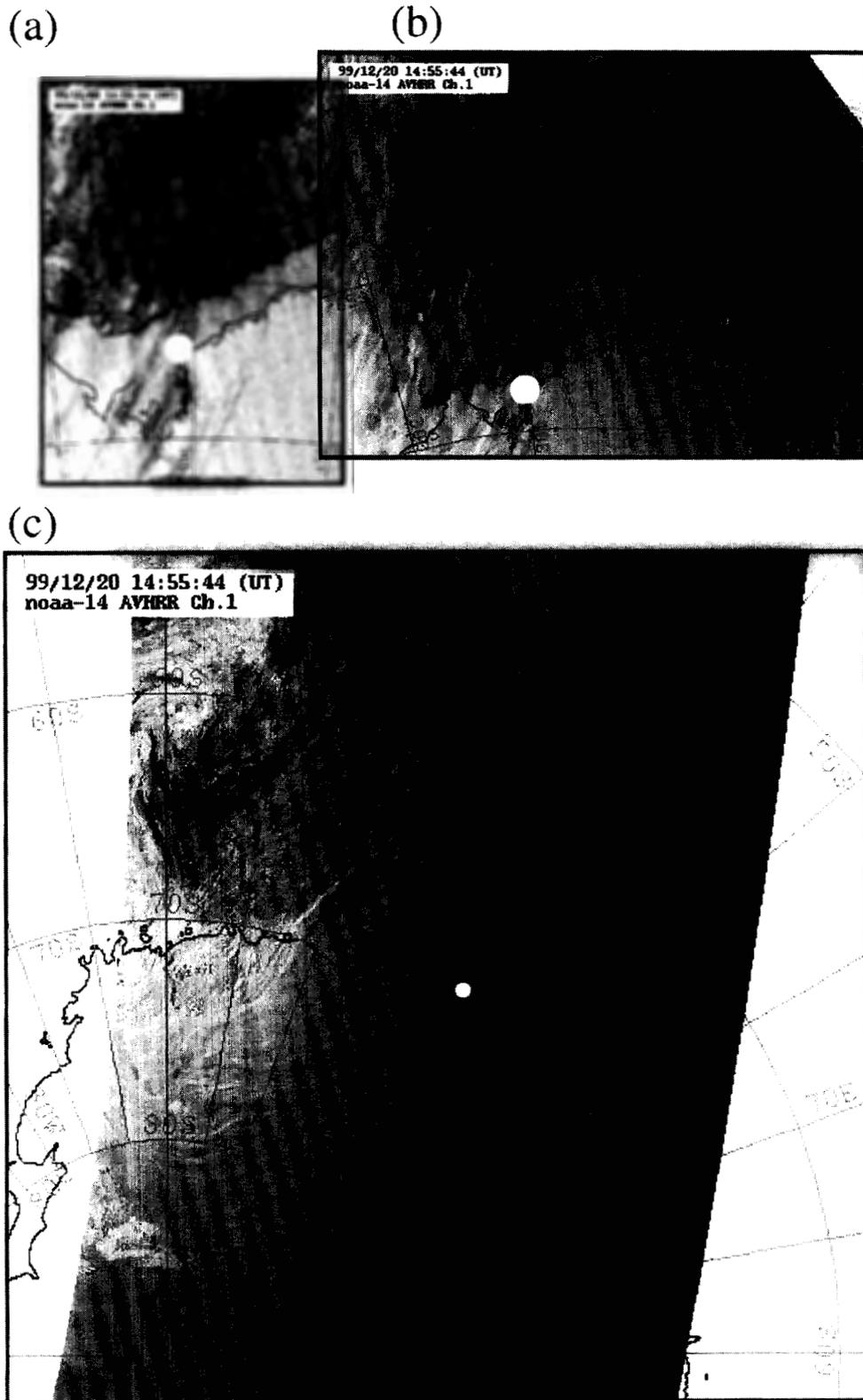


図8 昭和基地 Web で公開されている 3つの領域の画像の例。○は昭和基地付近を示す。
Fig. 8. Sample images of three areas on the "NOAA Web" published only at Syowa Station.

(8) UPS 動作状態の確認 (背面 LED が消灯し異常がないか)

この他に、週ごとに行う作業として、電子メールで届く軌道情報の設定、月ごとに行う作業として、国立極地研究所への月間受信パスの報告がある。また、定期的な作業ではないが、記録用 DAT ドライブやアンテナなどハードの状態確認に注意を払うことにしている。

5.2. 受信データの処理

受信後のデータは、連続的にデータ処理スクリプトに受け渡される仕組みになっており、記録用 DAT への保存、画像作成、日本へのメール送信を自動で行う (オペレータは不要)。作成される画像は、おおよそパス全体をカバーする領域、エンダービーランドとその沿岸部、リュツォ・ホルム湾の3種類があって、すべては昭和基地内で公開されているホームページ「NOAA Web」にリンクされる。それぞれの画像の例を図8に示す。

このうちのエンダービーランドとその沿岸部の画像を、週2回 (毎週日曜日及び水曜日の昭和地方時で午後の NOAA 14 号) の頻度で国立極地研究所の関係者にメールの添付ファイルで送信している。太陽高度が10度以上の場合はチャンネル1、10度未満の場合はチャンネル4の画像が自動的に選択されて送られる。

6. NOAA 衛星データを利用した将来に向けた研究成果

再開された NOAA 衛星データの解析成果が学会や学会誌等で公表され始めている (Yamanouchi and Hirasawa, 2000; Kuji *et al.*, 2001)。ここでは、大気分野を中心として、再開された NOAA 衛星データの解析から分かってきたことを示し、将来に向けた研究の方向について議論する。

期待する成果の一つは冬期間の大陸氷床、及び海氷上の雲検出である。冬期間には AVHRR の Channel-4 と 5 に割り当てられている赤外センサーを利用することになるが、Yamanouchi *et al.* (1987) にまとめられているように、赤外域の放射量は地球表面を観測するセンサー角度に依存している。Channel-4 と 5 の微妙な差を利用する雲検出法にとって、この依存性は無視できない場合がある。こうした観測角度依存性をはじめ、幾つかのデータ自身の特性についての調査が始まっている (門崎ら, 2000, 2001)。

Yamanouchi *et al.* (1987) の方法 (以後、Y-法) による Channel-4 と 5 の差 (以後、 ΔTBB で表す) と Channel-4 の輝度温度との散布図の例を図9に示す。図9aはこの方法で検出可能な雲が対象領域 (昭和基地付近) に出現した時であり、明瞭なアーチ構造が現れている。しかしながら、山内・平沢 (2000) や Yamanouchi and Hirasawa (2000) によると、大陸内陸域では地上観測で雲が確認されている場合でも必ずしもアーチ構造が明瞭に見られる時ばかりではない。惑星境界層中にある気温逆転層 (20度程度) のため、上側に凸のアーチ構造だけでなく、下側に凸のアーチ構造が同時に現れることも解析を難しくしている。図9bはドームふじ

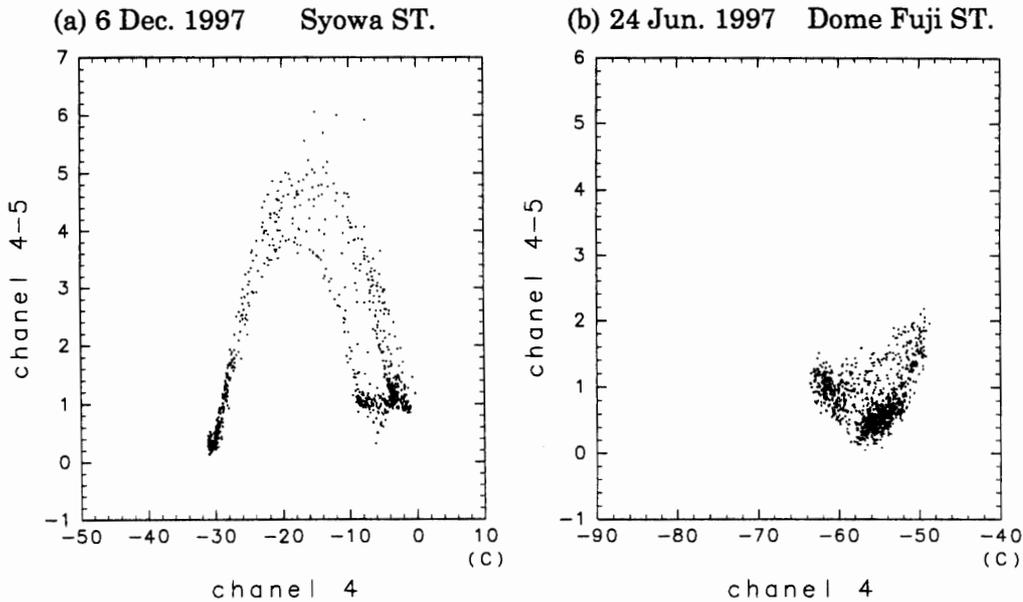


図9 Channel-4と5の差とChannel-4の輝度温度との間の散布図。(a) 昭和基地付近の領域の解析から、散布図上に“アーチ構造”が現れた1997年12月6日のケース。(b) ドームふじ観測拠点付近の領域の解析から、散布図上に下側に凸の“アーチ構造”が現れた1997年6月24日のケース。

Fig. 9. Scatter diagrams between ΔTBB (difference in brightness temperature; Channel-4 minus Channel-5) and brightness temperature of Channel-4. (a) A diagram made of the data in the vicinity of Syowa Station on 6 December 1997, on which an arch-structure appeared. (b) A diagram made of the data in the vicinity of Dome Fuji Station on 24 June 1997, on which an arch-structure with the convex at the bottom appeared.

観測拠点付近で下側に凸のアーチ構造が現れた例を示す。

ドームふじ観測拠点では、ブロッキング現象 (Hirasawa *et al.*, 2000) 等の総観規模の大気擾乱の影響を受けない限り、月や星の光を遮るような厚い雲はほとんど出現しない。南極内陸で厚い雲が少ないことは、南極点の観測に基づいた Stone (1993) も指摘している。薄い雲の典型例として1997年7月6日の事例を次に示す。図10はChannel-4の広域分布 (a) とドームふじ観測拠点付近を拡大した分布 (b) を示す。図10bで黒色の領域は -80 度以下、白色の領域は -60 度台の領域である。ドームふじ観測拠点を取り巻いて50 km四方程度の狭い高温域が見られる。高温域の縞状の空間パターンは雲域である可能性を強く示唆している。図11はドームふじ観測拠点の目視雲量と地上での長波放射観測の時系列を示す。7月6日に目視観測では18時(現地時間)に雲量1が確認されているのが最大で、他の時間帯には0または 0^+ (雲量1に満たない非常に狭い雲域が存在する)である。一方、この日は下向き長波放射が上向き長波放射に匹敵するまでに増加しており(雲のない通常は 15 W/m^2 程度の差があるところ、数 W/m^2 程度の差)、薄い雲が現れたと考えれば整合的である。図12は ΔTBB とChannel-4の輝度温度との散布図である。図にはY-法において雲検出の基準となるアーチ構造は現れていない。ま

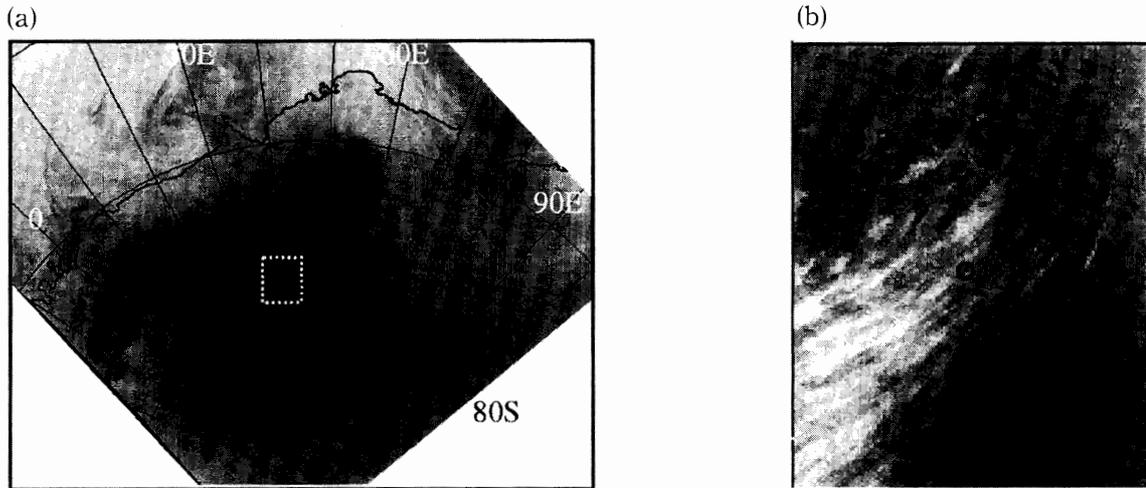


図 10 ドームふじ観測拠点付近に薄い雲域が NOAA 衛星から観測された 1997 年 7 月 6 日 1645 LT の輝度温度 (Channel-4) の (a) 広域分布と (b) ドームふじ観測拠点 (推定位置を○で示す) 付近の分布。黒色から白色にかけて -90 度から -60 度のスケールで示す。

Fig. 10. Distribution of brightness temperature on 1645 LT 6 July 1997 when a thin cloud area appeared in the vicinity of Dome Fuji Station (○ in panel (b)). (a) Wide area distribution and (b) high resolution distribution near Dome Fuji Station. The gray-scale varies from -90°C black to -60°C white.

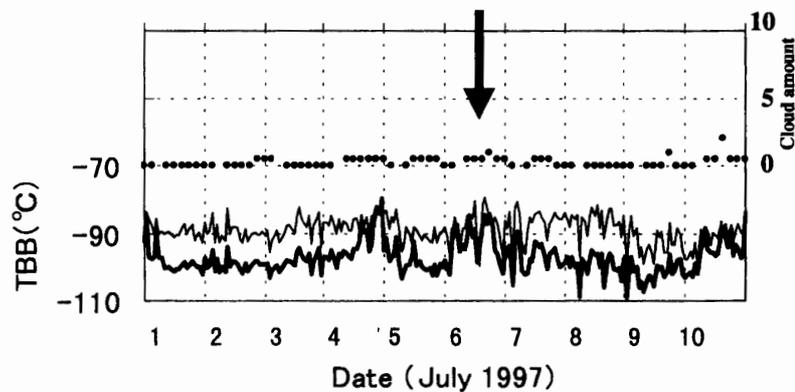


図 11 1997 年 7 月 1 日から 10 日のドームふじ観測拠点の目視雲量 (●) と地上での長波放射観測 (上向き: 太線, 下向き: 細線) の時系列。7 月 6 日を矢印で示す。

Fig. 11. Time series of cloud amount (dots) and upwelling (bold line) and downwelling (solid line) long wave radiation at the surface at Dome Fuji Station from 1 to 10 July 1997. July 6 is marked by an arrow.

た、 -80°C 付近では Channel-4 の輝度温度そのものの誤差が 0.5°C 程度あることを考え合わせると、この散布図から雲の存在を確認することは困難である。しかし、輝度温度の範囲は 30°C 程度の幅で広がっており、雲の存在を示唆している。冬期の南極内陸での雲の現れ方の特徴を注意深く調べることにより、こうした場合の雲の検出も将来的には可能であろう。

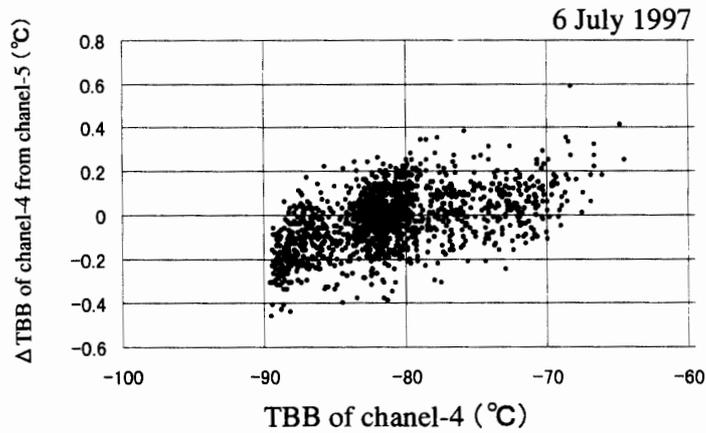


図 12 1997 年 7 月 6 日のドームふじ観測拠点付近 (図 10b 領域) の Channel-4 と 5 の差と Channel-4 の輝度温度との散布図

Fig. 12. Scatter diagrams between ΔTBB and brightness temperature of Channel-4, which made of the data in the vicinity of Dome Fuji Station (the area corresponds to that of Fig. 10b) on 6 July 1997.

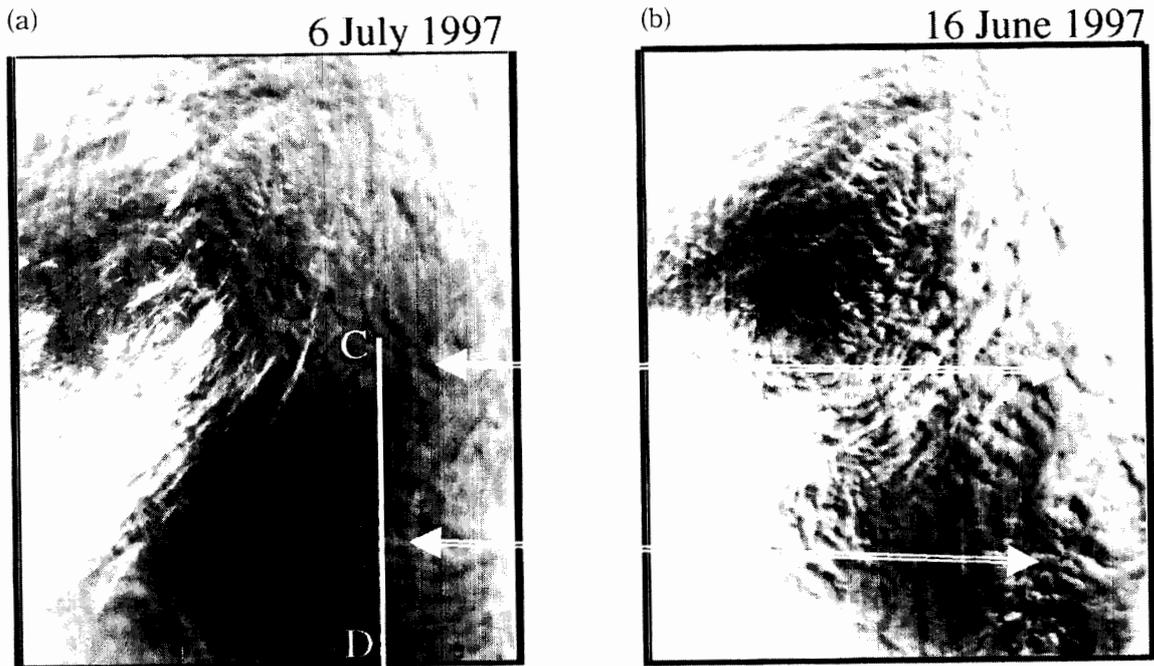


図 13 ドームふじ観測拠点付近の Channel-4 の輝度温度分布 (1997 年 7 月 6 日と 1997 年 6 月 16 日)

Fig. 13. Brightness temperature distributions of Channel-4 in the vicinity of Dome Fuji Station (6 July and 16 June 2000).

1997 年に行われた第 38 次南極地域観測隊では、内陸ドームふじ観測拠点で地上気象だけでなく高層ゾンデ観測やライダー観測等の大気観測が行われており、NOAA 衛星データからの雲検出と大気鉛直構造の比較を行うためには有効なデータセットが作られている。こうした

議論を通して、冬期の南極域の雲検出法の改良のみならず、内陸の雲の放射、気候、雲物理に関する知見がいつそう広がることが期待される。

図 13 はドームふじ観測拠点付近の同じ領域についてドームふじ観測拠点で雲が観測されなかった異なる日の Channel-4 の輝度温度分布を示す。どちらの図にも 20-30 km 程度の縞状の周期的な輝度温度パターンが現れている。全く同じパターン (図中に両端矢印で示す) が見られる領域は、雪面の凹凸等の物理的な構造に関連した特徴を捉えていると考えられる。一方、図 14 には図 13a 中に示した C-D 間 (約 300 km) の Channel-4 の輝度温度と ΔTBB を示す。輝度温度が高い時には輝度温度差が大きくなる相関関係が明瞭に見られる。大雑把に、輝度温度が 1°C 高いと ΔTBB は 0.1°C 大きい。門崎ら (2000) では、温度レンジを広げるような複数のパスを解析して、輝度温度と ΔTBB との間にやはり同様の傾向の相関関係を見出している。ただし、彼らの結果では輝度温度が 10°C 高いと ΔTBB は 0.1°C 大きくなっており、図 14 に見出される関係はそれより約 10 倍大きな ΔTBB の変化である。彼らは、主に衛星観測データのキャリブレーション精度の観点から検討を進めている。

輝度温度そのものの縞状構造は、瀬古 (1997) らにより気象学、雪氷学的な解釈が試みられているが、図 13、図 14 に見られる ΔTBB の分布についても氷床表面の特徴に関連した自然現象の空間分布の違いを捉えている可能性が有力と考えられ、今後の課題としたい。

NOAA 衛星受信に伴いもっとも改善されたことの一つは、受信パス数の増加である。これにより、これまで行われて来なかった日変化に関する研究を昭和基地受信の NOAA 衛星データを利用して行うことができる。日変化に関する研究は、特定の観測点に関するものがほとんどであるが、我々のデータセットを利用することで、東南極の西部に関しては 2-3 時間程度の頻度で広域データを利用することができる。図 15 に示したドームふじ観測拠点で観測された夏の時期の地上気温の変化には、 10°C 程度の振幅の明瞭な日変化が見られる。気温や雪面温度の

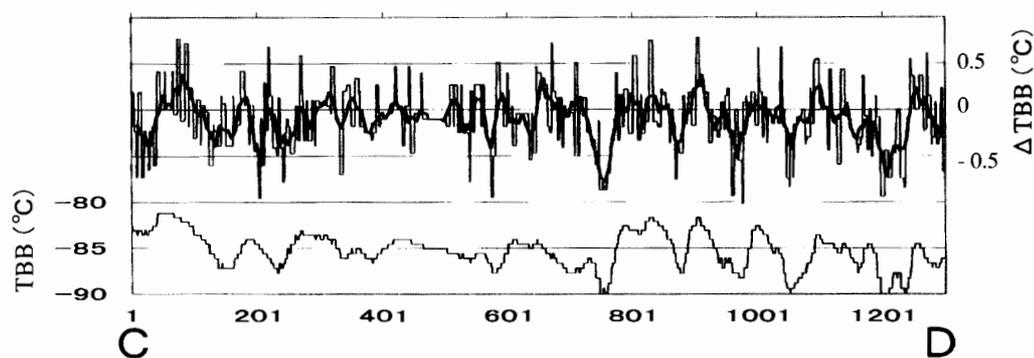


図 14 図 13a 中の C-D に沿う Channel-4 の輝度温度 (30 ピクセルずつの移動平均) と ΔTBB (生データと 30 ピクセルずつの移動平均)

Fig. 14. Brightness temperature of Channel-4 (running average of every 30 pixels) and ΔTBB (raw data and running average of every 30 pixels) along the line between C and D in Fig. 13.

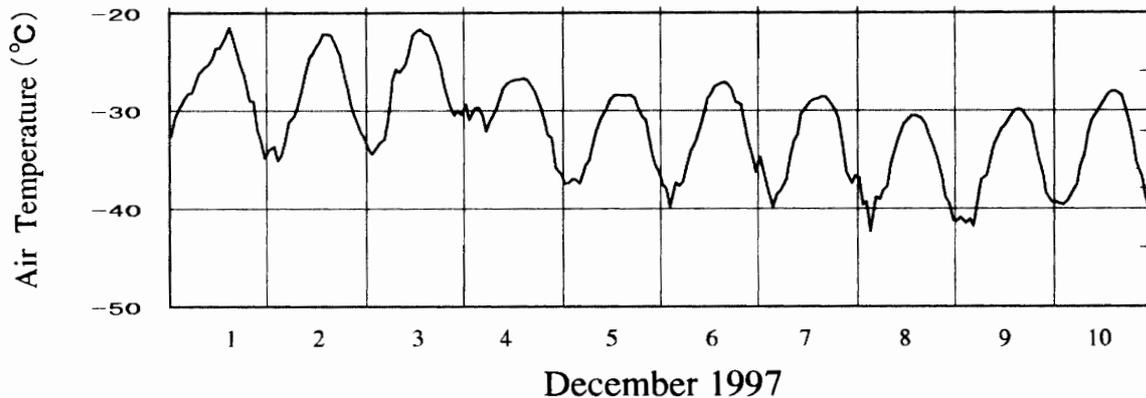


図 15 ドームふじ観測拠点で観測された夏の時期の地上気温の変化の例

Fig. 15. A sample of time series of surface air temperature observed at Dome Fuji Station.

変化は氷床表面からの昇華、着霜などの変化を引き起こすことで、氷床表面での水収支に深く関わっている。衛星で観測される広域の日変化を捉えたデータセットは、大陸氷床の涵養・消耗過程を明らかにする上で有効である。

7. ま と め

本稿では、1997年3月に昭和基地で再開された NOAA 衛星受信の運用概要と国内でのデータ保存をまとめ、特に南極域の大気科学研究の将来に向けた初期的成果を述べ、受信計画への参考とした。

この設備更新では、NOAA 衛星だけでなく DMSP 衛星への対応が可能となった。最近の計算機の進歩がもたらした演算性能の向上、データ保存領域の拡大、及びデータ受信・解析ソフトの改良により、かつては1日に1パス程度の受信が運用の限界であったものが、DMSP 衛星、NOAA 衛星を合わせて20パス程度の受信が可能となった。昭和基地では受信データを即座に画像化し基地内 LAN を介しての web 公開を行い、観測隊の活動計画立案の有益な資料としても利用されている。また、昭和基地近海を航海中の「しらせ」への資料としても役立っている。

受信データは年に1度「しらせ」の航海により持ち帰られ、国立極地研究所情報科学センターのテープライブラリ装置に格納され、共同研究に供されている。大容量のデータであるため、データ格納処理を集中的に行っても早くて一カ月を要する。将来、インテルサットの導入などにより衛星回線が高速化し、データ格納が定期的に行われるようになれば、リアルタイムのデータが研究者に届くことになり、研究活動をより活発化させることであろう。

現在行っている主な受信は12号、及び14号である。12号と14号によるデータはおおよそ11 UT から03 UT の間に対応している。15号、16号は多少の不安定性を抱えており、現在は受信を中止しているが、問題点が改善されれば現在の受信不可能時間帯である04-11 UT の一

部を解決できる可能性がある。いずれにしても、日変化をある程度解析できるほどの、これまでにない高頻度のデータセットが作られていることから、大陸氷床の涵養・消耗に直接関わる惑星境界層と氷床表面間の水収支過程の研究にも応用できるであろう。

また、ドームふじ観測拠点で大気の強化観測が行われた 1997 年のデータセットを用いて、これまで提案されてきた雲量検出方法の改良、及び内陸における雲の特性について新しい知見が得られることも期待される。

謝 辞

第 38 次, 39 次, 40 次, 41 次, 42 次南極地域観測隊の衛星受信運用を支えていただいた方々, 特に深津徹氏, 菅原仁氏, 柏原一律氏, 橋田元博士, 芝治也博士, 小林拓博士に深く感謝いたします。また, 設備導入の努力に対して国立極地研究所情報科学センターの宮岡宏博士, 国内でのデータ処理・収録作業に対して岡田雅樹博士をはじめ同センターのスタッフの皆様に感謝いたします。昭和基地及び国立極地研究所の受信・解析システムの安定した運用には (株) 日本船用の大坂栄治氏, 秋吉孝紀氏, 宝槻孝行氏の継続的な協力が欠かせませんでした。

文 献

- Fukamachi, Y., Ohshima, K.I. and Ishikawa, T. (1998): Mesoscale ice features in the summer marginal ice zone off East Queen Maud Land observed in NOAA AVHRR imagery, in Antarctic sea ice: physical processes, interactions and variability. *Antarct. Res. Ser.*, **74**, 317-323.
- Hirasawa, N. and Yamanouchi, T. (2000): Data of project on Atmospheric Circulation and Material Cycle in the Antarctic, Part 2: NOAA AVHRR Images received at Syowa Station, Antarctica in 1997. *JARE Data Rep.*, **248** (Meteorology 33), 216 p.
- Hirasawa, N., Nakamura, H. and Yamanouchi, T. (2000): Abrupt changes in meteorological conditions observed at an inland Antarctic station in association with wintertime blocking formation. *Geophys. Res. Lett.*, **27**, 1911-1914.
- Kuji, M., Kikuchi, N., Hirasawa, N. and Yamanouchi, T. (2001): A method of cloud field detection over Antarctica during the polar night using AVHRR data. *Polar Meteorol. Glaciol.*, **15**, 114-123.
- 久慈 誠・菊地信行 (2001): 昭和基地受信 HRPT データの読み出しツールの開発. *南極資料*, **45**, 355-363.
- Murata, A. and Yamanouchi, T. (1997): Distribution characteristics of clouds over East Antarctica in 1987 obtained from AVHRR. *J. Meteorol. Soc. Jpn.*, **75**, 81-93.
- 門崎 学・山内 恭・平沢尚彦 (2000): NOAA-AVHRR データの見込み角・温度依存性に関する検証. *日本気象学会秋季大会予稿集*, **78**, Po.-171.
- 門崎 学・山内 恭・平沢尚彦 (2001): 南極における晴天時 NOAA 赤外 2 チャンネル間の輝度温度差の要因に関する考察. *日本気象学会秋季大会予稿集*, **80**, Po.-135.
- Seko, K. (1992): Preliminary study of katabatic wind by using NOAA AVHRR data. *Proc. NIPR Symp. Polar Meteorol. Glaciol.*, **5**, 167-173.
- 瀬古勝基 (1997): 南極域の衛星観測. *南極資料*, **41**, 415-432.
- Stone, R.S. (1993): Properties of austral winter clouds derived from radiometric profiles at the South Pole. *J. Geophys. Res.*, **98**, 12961-12971.
- 高部広昭・山内 恭 (1989): 気象衛星 NOAA データ処理装置. *南極資料*, **33**, 73-87.
- 田中信也・芳野起男 (1980): 昭和基地における気象衛星データ受信方法. *南極資料*, **69**, 195-199.
- 山内 恭・平沢尚彦 (2000): 南極氷床上の雲と放射収支. *月刊海洋*, **32**, 327-332.

- Yamanouchi, T. and Hirasawa, N. (2000): Evaluation of AVHRR cloud detection at Dome Fuji Station, Antarctica. *Polar Meteorol. Glaciol.*, **14**, 110-116.
- Yamanouchi, T. and Seko, K. (1992): Antarctica from NOAA satellites—clouds, ice and snow—(products of Antarctic Climate Research Program). Tokyo, Natl Inst. Polar Res., 91 p.
- Yamanouchi, T., Suzuki, K. and Kawaguchi, S. (1987): Detection of clouds in Antarctica from infrared multispectral data of AVHRR. *J. Meteorol. Soc. Jpn.*, **65**, 949-962.

(2001年11月6日受付; 2001年11月30日改訂稿受理)