

気水圏変動のモニタリング

観測の目的

南極域の大気現象は全球規模の気候システムと深く関わっており、同時に、南極大気中の諸現象が、気候システムとその変動において主たる要因となるプロセスを多く含む。従って、南極の大気現象を監視することは、地球温暖化等の地球規模環境変化の診断に極めて重要である。南極域は、人間活動の活発な北半球中・高緯度地域から最も遠く離れており、地球規模大気環境のバックグラウンドの変化を監視する上で最適な場所である。温室効果気体、エアロゾル、雲、オゾン等の大気成分の動態を長期的に昭和基地及び海洋上でモニタリングするとともに、人工衛星や地上リモートセンシング等により、放射収支に関わる雲やエアロゾル等の動態を把握し、地球規模の気候・環境変動の現況評価と今後の変化予測に資する観測を実施する。また、南極大陸氷床は、気候システムにおいては地球の冷源として作用する一方、大陸氷床には気候変動にตอบสนองした変化が現れる。氷床氷縁や氷床表面質量収支の変動を系統的に観測することは、地球温暖化現象など気候変動の理解と評価のうえで必須である。さらに、南極大陸周辺海域に広がる広大な海氷域は顕著な季節変化を通して、南大洋の海洋構造及び循環場の形成に寄与している。また、海水下を含めた海洋循環場は地球規模海洋大循環の駆動源の一つであることから、海洋循環の実態を監視することも重要である。観測項目は以下の通り。

1. 温室効果気体の観測
2. エアロゾル・雲の観測
3. 氷床動態観測
4. 海水・海洋循環変動観測

実績・成果：

1. 温室効果気体の観測： 昭和基地における大気中の温室効果気体及び関連気体（二酸化炭素：CO₂、メタン：CH₄、一酸化炭素：CO）濃度の連続観測は、長期にわたる欠測もなく、計画通り高精度時系列観測データを蓄積した。また、国内外の研究機関の依頼による昭和基地での温室効果気体分析用大気採取も、当初計画通り実施した。昭和基地で観測されたCO₂濃度は1984年の観測開始時には342ppmvであったが、その後の化石燃料消費等により2011年1月には386ppmvに達している。1987年に観測を開始したCH₄濃度は、2000年まで年々大きな濃度上昇が見られたが、2000-2007年は濃度上昇がほとんど停止していた。しかし、2008-2011年にかけて再び濃度の増加が観測されている。将来のCH₄濃度予測精度を向上させる上で、現在起こっているCH₄濃度変動の原因究明は重要な課題である。現在、連続観測データの公開準備を進めている。

2. エアロゾル・雲の観測： 地表エアロゾルの直接測定項目として、光学式粒子カウンタによるエアロゾル粒径分布観測および凝結粒子カウンタによる極微細粒子数濃度観測、エアロゾル・雲のリモートセンシング項目として、スカイラジオメータによるエアロゾル光学的厚さ観測、全天カメラによる雲量観測、マイク

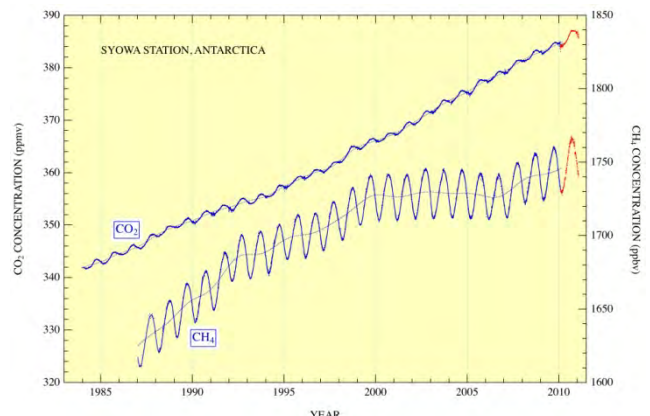


図1 昭和基地で観測された大気中CO₂、CH₄濃度の変動。赤で示したデータは暫定値である。CO₂、CH₄共に明瞭な季節変化と経年変動が捉えられている。

ロパルスライダー(MPL)によるエアロゾル・雲の鉛直構造観測をモニタリング観測として継続的に行うべく観測機器を整備し、観測方法や維持保守、データ処理の手順等を定めた。通年連続観測により、長期間の観測データを蓄積することができた。エアロゾルや雲の諸特性について季節変動や年々変動等が調べられ明らかとなりつつある(図 2)。なお、MPL 観測は NASA が主導する MPLNET の重要な極地サイトとして位置づけられ、過去の観測データはウェブサイト (<http://mplnet.gsfc.nasa.gov>) で公開されている。また、MPL 観測は対流圏の雲のみならず極成層圏雲(PSC)の検出にも貢献した。

3. 氷床動態観測: 昭和基地から大陸への上陸地点であるとつき岬までの海水厚と積雪深観測、とつき岬から氷床氷縁 S16 地点までの雪尺観測は 48 次から 51 次までの越冬中に、S16 から内陸ドームふじ基地までの雪尺観測と雪尺網観測は 48 次、49 次及び 51 次の夏期間に、全て計画通り実施した。これらの観測によって氷床氷縁や氷床表面の質量収支変動を明らかにした。観測結果は JARE Data Report にて公開する予定である。これらの観測結果は、GRACE 衛星による重力変動と氷床の質量収支変動の研究や、東南極氷床全体の空間的かつ時間的な質量収支変動研究に使用された。またドームふじ基地の長期にわたる表面質量収支の観測から 8.6%の確率で欠層となることがわかった。これはドームふじ深層コア研究にとって重要な指摘である。

4. 海水・海洋循環変動観測: しらせ船上の海水厚・ビデオ・目視観測は、50 次を除き概ね計画通りに実施され、42 次以降の年々変化を解明するデータ蓄積が進んだ。48 次では衛星観測データ検証のためにマイクロ波放射計観測を加えた。昭和基地付近の氷厚・積雪深を 48 次夏・越冬期、51 次夏期に観測し、多年氷消長に及ぼす積雪の効果の理解に役立った。この基地観測は沿岸定着氷の国際共同監視網の一翼を担っている。51 次で新船に搭載した船体挙動計測システムによって、氷厚計測と同期して氷状特性が調べられた。海洋観測としては、49 次しらせ復路の東経 110 度付近で投入したプロファイリングフロートが 1500m 深を漂流し、冬季海水で覆われる南極発散域の海洋構造・循環に関するデータを得た。南大洋高緯度のフロート観測は極めて稀で、中低緯度海域と比べて稼働日数は短い貴重な観測データを得た。

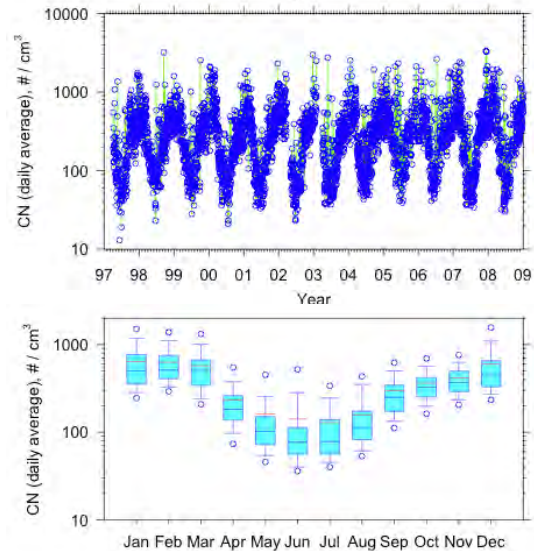


図2 1997年4月～2008年12月の日平均凝結核数濃度変化(上)とその季節変化(下)。下図は、太線:平均値、○:最大値と最小値、ひげ:10%値と90%値、細線:中央値、である(林ほか、2010)。

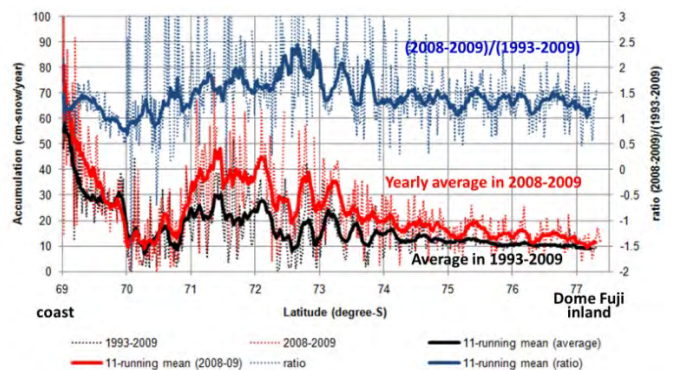


図3 大雪だった2008-2009年の年平均氷床表面質量収支(赤線)と過去17年間の平均値(黒線)との比較。青線で平均値との割合(右軸)を示す。南緯71度以南では1.2-1.5倍の降雪があり、特に南緯72-73度では2倍の大雪であった。

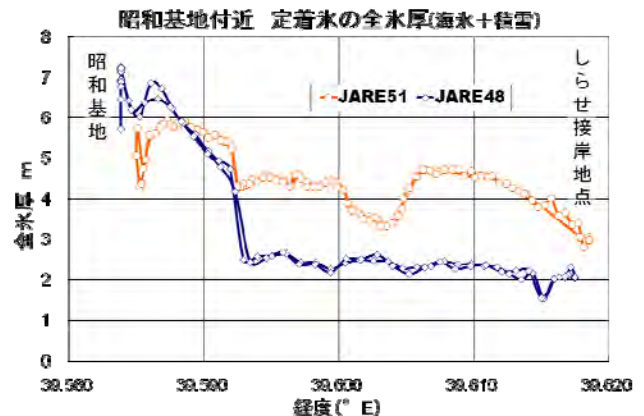


図4 48次(2007年)と51次(2010年)の昭和基地周辺定着氷の氷厚と積雪深の変化。増加が顕著な場所では3年間で2m 増えていることが分かる。

観測の実績・成果が計画に照らしてどの程度得られたか:

- 計画通りの観測の実績・成果を得た。
- ほぼ計画通りで、十分な観測の実績・成果を得た。
- 機器の不良等があったため、観測の実績・成果が不十分であった。
- 天候等不可抗力による理由で、観測の実績・成果が不十分であった。

上記の判断をした理由

一部の観測で、機器の不良等により成果が不十分である項目もあったが、概ね計画通りに観測が実施され、南極域大気・雪氷・海洋圏の長期変動を明らかにする上で貴重なデータが得られたため。

データ公開の状況:

1. 温室効果気体の観測: CO₂濃度データの一部はJAREデータレポートで公開済み。他の連続観測データを含め、webサイトでの公開準備中。
2. エアロゾル・雲の観測: MPL観測データはwebサイト (<http://mplnet.gsfc.nasa.gov>)で公開されている。
3. 氷床動態観測: 氷床表面質量収支の観測データはJAREデータレポートで公開予定。デジタル媒体での要求があるので、対応を準備中。
4. 海氷・海洋循環変動観測: JAREデータレポートで公開予定。他に研究者から要望があれば提供可能。

観測によって得られたデータ等により国際的にどの程度貢献できたのか:

地球大気のバックグラウンド状態の把握・監視に、昭和基地での温室効果気体・エアロゾル観測データが貢献している。CO₂濃度データは、CO₂放出源・吸収源同定のための国際的な逆計算プロジェクトへの提供が続けられている。MPL観測データは、webサイトを通じたデータ公開により、世界中の研究者に使用されている。

南極氷床の質量収支が地球温暖化によってプラスかマイナスかの議論があるが、その地上検証データとして雪尺・雪尺網観測データが貢献している。

また、海洋・海氷循環観測は、観測例の非常に少ない南大洋インド洋区と大陸沿岸における観測データ蓄積に貢献している。

この成果に関係する主要な論文:

森本真司、石戸谷重之、石島健太郎、八代尚、梅澤拓、橋田元、菅原敏、青木周司、中澤高清、山内恭、南北両極域における大気中の温室効果気体と関連気体の変動、南極資料 54、374-409、2010.

昭和基地および北極ニーオルスン基地において、系統的な温室効果気体及び関連気体の観測を維持している。昭和基地で観測された CO₂ 濃度は明瞭な季節変化を伴いながら、化石燃料消費と森林破壊による CO₂ 放出を反映して 1.9ppmv/年の割合で増加している。CH₄ 濃度にも明瞭な季節変化が見られ、1999 年までの濃度増加と 2000 年以降の濃度停滞、そして 2007 年には再び濃度増加が観測された。大気中 O₂ 濃度(O₂/N₂ 比)は、季節変化と化石燃料消費に起因する経年的減少を示した。O₂/N₂ 比と CO₂ 濃度の増加率から見積もられた、陸上生物圏と海洋による CO₂ 吸収量(2001-2009 年平均)はそれぞれ 1.1、2.7GtC/yr であった。昭和基地での CO 濃度連続観測結果と 3 次元大気化学輸送モデルを用いた解析により、2003 年 2-3 月と 2007 年 2 月にオーストラリアで発生した大規模な林野火災によって発生した CO が昭和基地に達していたことが示された。

林政彦、長田和雄、原圭一郎、矢吹正教、小林拓、猪原哲、和田誠、山内恭、橋田元、塩原匡貴、昭和基地における地上エアロゾルモニタリング、南極資料、54、474-486、2010.

昭和基地において1996年2月から0.3 μm以上の大粒子の粒径分布、1997年4月から0.01 μm以上の凝結核濃度の連続観測を開始した。2008年12月までの観測結果より、凝結核濃度は夏に高濃度、大粒子は冬に高濃度となる1年周期の変動を繰り返し、経年的に濃度上昇をしている可能性が示唆された。微小粒子濃度、粗大粒子濃度は夏季に低濃度、冬季に高濃度となることに加え、冬期間中の0.3 μm以上の粒子数濃度が7月の前後で約2倍に急上昇していることが示された。

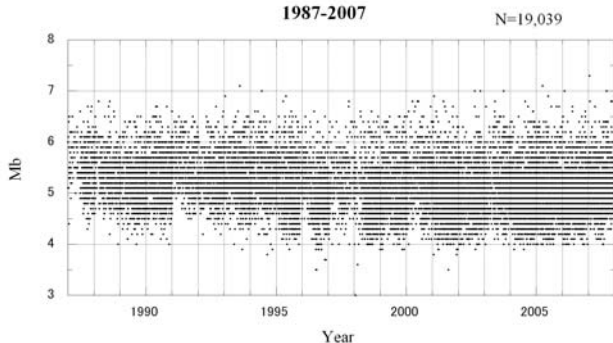
Kameda, T., Motoyama, H., Fujita, S. and Takahashi, S., Temporal and spatial variability of surface mass balance at Dome Fuji, East Antarctica, by the stake method from 1995 to 2006. Journal of Glaciology, 54 (184), 107-116, 2008.

1995年から2006年までのドームふじの年間表面質量収支は、 $27.3 \pm 1.5 \text{ kg m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ であることが推定できた。また、ドームふじでは1年後に雪尺の高さが高くなっている「負の表面質量収支」が $8.6\% \text{ a}^{-1}$ で起こっていることがわかった。南極内陸に位置する他の基地の同様な観測結果と比較することにより、現在の南極氷床ではおおよそ標高 1500~2500m 以下に相当する $190 \text{ kgm}^{-2} \text{ a}^{-1}$ 以上の年間表面質量収支の地域では毎年の積雪が氷床に記録されていることが推定できた。

Uto, S., Shimoda, H., Ushio, S., Characteristics of sea-ice thickness and snow-depth distributions of the summer landfast ice in Lützow-Holm Bay, East Antarctica, Ann. Glaciol., 44, 281-287, 2006.

「しらせ」船上で継続されてきた電磁誘導法による海水厚計測およびビデオ観測で得たデータ解析によって、航路上の氷厚・積雪深の空間分布など海水状態の経年変化の特徴を抽出した。現地観測データと衛星観測データとの比較結果から、積雪の海水成長・融解に及ぼす効果や海水流出との関連を含めて、大陸沿岸の夏季海水特性についての知見を得た。

モニタリング研究観測	M-3	研究代表者: 渋谷 和雄
地殻圏変動のモニタリング		
観測の目的:		
<p>固体地球はマントルダイナミクス及びプレート運動等により、絶えずセンチメートル／年の速度で相対運動したり内部変形したりしている。また、地殻圏は大気、海洋、氷床変動の影響を受けて幅広い時間スケールで変動していることが知られている。地球温暖化の指標である海水位の上昇は、地殻隆起量を精度良く分離・補正して検知されなければならない。これら変動現象は宇宙技術をはじめとする各種の新技术で、検出可能になってきたが、汎地球観測網を用いて包括的に観測する必要がある。南極における数少ない汎地球観測網の観測点である昭和基地において、また、往復航路上にて国際的に標準化された機器により取得されたデータを国際的に流通するデジタルフォーマットにより提供し続けることが何よりも重要である。観測項目は以下の通り。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. FDSN網において実施する短周期及び広帯域地震計による観測 2. GGP網において実施する超伝導重力計による重力連続観測 3. IVS網において実施するVLBI観測 4. IGS網—GPS点の維持、及びIDS網において実施するDORIS観測 5. 船上固体地球物理観測(海上重力・地磁気三成分測定)、及びマルチビーム音響測深器による海底地形調査(後継船以降) 6. 海洋水位変動観測及び海底圧力計観測 		

実績・成果:	
<p>1. FDSN 網において実施する短周期及び広帯域地震計による観測:</p> <p>第VII期では、ノイズシューティング等、機器の維持に工夫が必要だったが、データ収録そのものは順調に経過した。取得データを用いて、南極プレートの地震活動や地球内部の様々な時空間スケールの不均質構造に関する研究が行われ、計画通りの成果が得られた。波形データは国際デジタル観測網(FDSN)に準リアルタイムで、伝送し公開している。世界中の遠地地震や南極周辺の局所地震の到着時刻(走時)と振幅情報を国際センター(ISC、及び USGS/NEIC)へ報告し、JARE Data Report を作成しており、様々なルートで国際観測に寄与している。</p> <p>2. GGP 網において実施する超伝導重力計による重力連続観測:</p> <p>第48次隊-49次隊-50次隊の各隊引き継ぎ期においてCT043容器の冷凍機挿入口が凍りつくトラブルが目立つようになった。ゼロレベル調整、傾斜補正にも難儀した。停電後 SCGDAQ に不具合が発生、8日間のデータ欠測も生じた。このように機器の調整・維持に苦労したが、第51次隊でのOSG058への更新実施後は安定し、高品質のデータが得られている。総じて、順調に観測を継続できたと言える。SG データは1年間の優先使用期間後、ICET, GGP Japan (NAOM), GFZ Potsdamを通じて各国研究者に提供されている。第51次隊夏期間においては、OSG058の感度検定も</p>	 <p>図1 1987-2007に昭和基地で記録され国際地震センター(ISC)に報告された、遠地地震のマグニチュード(Mb)分布の時間推移(Kanao, 2010)</p>

兼ねて、絶対重力計 FG5 を 2 台用いた比較観測も行われ、IGCM の国際的な要請にも応えている。

3. IVS 網において実施する VLBI 観測:

国際 VLBI 観測事業(IVS)観測網の測地キャンペーン観測に参加した。第 48 次隊から 51 次隊にかけて 19 回の 24 時間 OHIG 実験に参加した。2006 年末から 2007 年 1 月中旬にかけて、日本でオーバーホールした水素メーザー 1 号機(1001C)を搬入して立ち上げ、運用している。2010 年 12 月、2 号機(1002C)の不具合が発生し、第 52 次夏隊で持ち帰った。収録 HDD データは、NICT 鹿島の協力を得て、ボン大学の相関局にデータ伝送されているが、相関解析に大きな問題はない。相関データは IVS 解析センターにおいて基線解析が行われ、Syowa-Hobart, Syowa-HartRAO, Syowa-O' Higgins などの 10 年解析結果が、
<http://ivscc.gsfc.nasa.gov/products-data/products.html> で公開されていて、国際協調のもと順調に観測が進んでいる。

4. IGS 網-GPS 点の維持、及び IDS 網において実施する DORIS 観測:

国際 IGS(現在は GNSS)観測網において昭和基地は SYOG と名づけられている。30s サンプルングの受信データはアメリカの CDDIS サーバーに送られていて、そこからダウンロードできる。SYOG 局位置に関しては、いくつかの解析センターが時系列データを公開していてダウンロードできる。(例えば、<http://sopac.ucsd.edu/cgi-bin/refinedJavaTimeSeries.cgi>)。VII 期を通じて大きな問題はない。国際 IDS 観測網において、昭和基地は SYPB と名づけられている。SYPB のビーコンデータはフランス宇宙局(CNES)により集約され、
<http://ids-doris.org/network/ids-station-series.html> から解析時系列結果をダウンロードすることができる。昭和基地では CNES が送ってきた装置一式を第 49 次隊の手で 2008 年 1 月 28 日に交換した。DORIS の保守上の問題は殆どない。

5. 船上固体地球物理観測(海上重力・地磁気三成分測定)、及びマルチビーム音響測深器による海底地形調査(後継船以降):

第 48 次-49 次隊は従来通りのしらせでの観測を実施、第 50 次隊はオーロラ・オーストラリス号のため観測は実施されなかった。第 51 次隊から新しらせに搭載された Micro-g LaCoste Air-Sea Gravimeter を用いて連続データ収録を行った。従来と同じ型の三成分磁力計を新しらせに搭載し、使用した。水深データの取得は、マルチビーム音響測深装置に切り替わり、面的

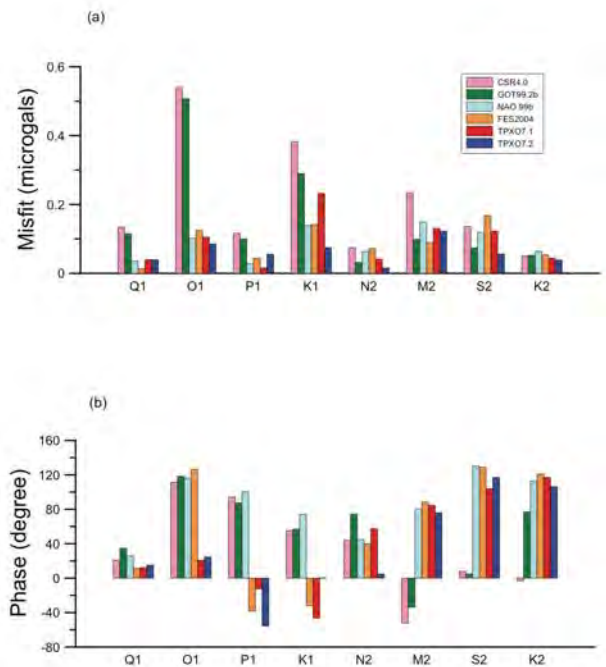


図 2 超伝導重力計(SG)データはグローバル海洋潮汐モデルの検証に用いられる。図に示される6つのうち、TPX07.2 が昭和基地を含む南大洋氷海域では最適である。(Kim et al., 2011 参照)

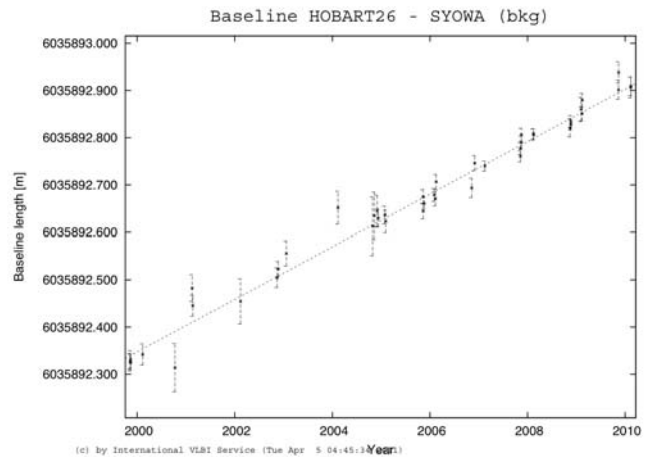


図 3 VLBI 実験による Hobart - Syowa 間の基線長はプレート相対運動により約 60 mm/yr で拡大している。(ivscc url による BKG の解析結果)

な海底地形データが取得できるようになった。重力、地磁気、水深などの船上固体地球物理観測データは、折に触れ、国際的なデータ集約機関である NOAA NGDC (National Geophysical Data Center) に送られる。そこで、各国の観測データがマージされ、標準フォーマット化される。ユーザーはそこから、安価なアクセス料でダウンロードする形になる。第 VII 期データも同様である。

6. 海洋水位変動観測及び海底圧力計観測:

海洋情報部の設置した水圧式験潮器 2 台の保守・維持を行っている。昭和基地・潮位データ (30 s sampling) は海洋情報部傘下の日本海洋データセンター (JODC) の HP (<http://www.jodc.go.jp>) から 1987 年以降の 1 時間値がモニター及びダウンロード可能である。第 VII 期期間中 (2007 年 2 月—2011 年 1 月)、いくつか不具合が生じたが、概ね、順調に経過したと言える。

海底圧力計 (OBP) 観測は、沿岸域での潮位連続観測と、深海底での比較を行うパイロット観測と位置付けられる。各隊での往路で投入、帰路で回収という形で継続し、第 VII 期終了時点で 6 年分の連続観測データが得られている。現在は潮位、水位の年周変動について研究している段階であるが、いずれ、常設のモニタリング観測に発展できる。

DORIS weekly solutions - IGN/JPL Analysis Center

ign09wd01 SYPB

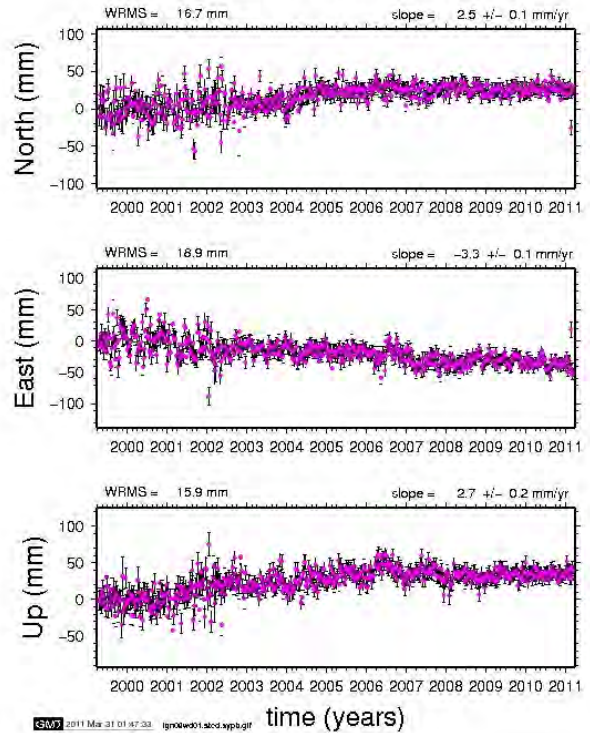


図 4 DORIS は図 2 の TPX07.2 モデル作成のもとになる Topex/Poseidon 衛星の精密軌道決定に用いられるほか、昭和基地局位置 (SYPB) の年々移動を与える。(IDS center url)

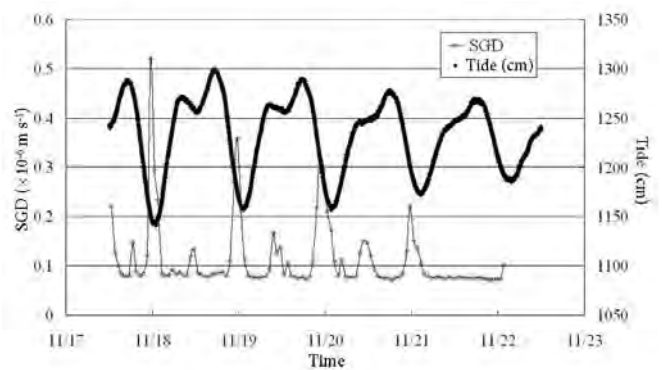


図 5 湧出量計による測定結果 (Uemura et al., 2011 参照)

観測の実績・成果が計画に照らしてどの程度得られたか:
<input type="checkbox"/> 計画通りの観測の実績・成果を得た。 <input checked="" type="checkbox"/> ほぼ計画通りで、十分な観測の実績・成果を得た。 <input type="checkbox"/> 機器の不良等があったため、観測の実績・成果が不十分であった。 <input type="checkbox"/> 天候等不可抗力による理由で、観測の実績・成果が不十分であった。
上記の判断をした理由
停電時や隊の引き継ぎ期に若干のデータ欠測が生じたが、大きな問題はなく、各観測項目のデータ取得は正常に継続できた。

データ公開の状況:
すべての観測が国際観測網の一環として行われ、記載した URL 等において結果が準リアルタイムで公開されている。

観測によって得られたデータ等により国際的にどの程度貢献できたのか:
FDSN 網による地震観測は特に南半球で起きた地震の震源決定及び震源過程の決定に寄与している。IVS, IGS, IDS の測地宇宙技術はプレート運動、地球回転、衛星高度計の検証に寄与している。SG は地球自由振動など地球内部構造の精密決定、海洋潮汐モデルの精度向上に寄与している。基地及び深海底での OBP 観測は PMSL 網における海面変動モニターに寄与している。船上固体地球物理観測は周南極海底地殻構造の解明に寄与している。これらはすべて国際協力のもとでしか実現しない。

観測によって得られたデータ等が他の研究にどの程度影響を与えたのか:
上記すべての観測は地球物理学的な標準モデル(地球弾性体モデル、地震波速度構造モデル、海洋潮汐モデル、プレート運動モデルなど)の改訂・精密化に寄与している。標準モデルが精密になれば、地域特性の違いをさらに精密に議論することができる。測地宇宙技術は電離圏、大気圏のモデル改良にも寄与している。

この成果に関係する主要な論文:
Uemura, T., Taniguchi, M., Shibuya, K., 2011. Submarine groundwater discharge in Lützow-Holm Bay, Antarctica. Geophys. Res. Lett., 38, L08402, doi:10.29/2010GL046394. リュツォ・ホルム湾において海底湧出量(SGD)測定を行った。南極域では初めての観測例である。得られた値は 10 ⁻⁸ から 10 ⁻⁶ ms ⁻¹ で、中緯度での同程度の水深での値に比べ、1桁から2桁大きいことが判った。この大きな値は、南極大陸縁辺部での氷床下部の融解水が基盤地形に刻まれたチャンネル等を伝って湾に流出したことで説明できる。
Kim, T.-H., Shibuya, K., Doi, K., Aoyama, K., Hayakawa, H., 2010. Validation of global ocean tide models using the superconducting gravimeter data at Syowa Station, Antarctica, and in-situ tide gauge and bottom pressure observations. Polar Sci., 5, 21-39. 南極昭和基地での超伝導重力計(SG)観測データの海洋潮汐補正を行い、主要8分潮の root-mean-square (RMS) misfit が小さいことを条件に最適海洋潮汐モデルを検証した。主な6つのグローバルモデルにおいて TPX07.2 が 0.194 μGal という最小の misfit を与えることが判った。さらに、昭和基地・西の浦の験潮データ、リュツォ・ホルム湾沖の海底圧力計データを組み込むと、5%の misfit 改善が得られることが判った。
Kanao, M., 2010. Detection capability of teleseismic events recorded at Syowa Station, Antarctica - 1987~2007-. Nankyoku Shiryo (Antarct. Rec.), 54(1), 11-31. 昭和基地で検知した 1987-2007 年の遠地地震 19136 個について、空間分布・時間推移・マグニチュードや震源の深さ依存性、等を求めた。マグニチュード依存性を示すパラメータ b 値は 300 km 以深の地震グループが他の深さグループより有意に小さく、深発地震の検知特性の違いによると思われる。また、検知率に年周変化が確認され、海水の消長に伴う南大洋の波浪変動による影響が考えられる。

Hobiger, T., Kondo, T., Koyama, Y., Takashima, K., Schuh, H., 2007. Using VLBI fringe-phase information from geodetic experiments for short-period ionospheric studies. *J. Geod.*, 81, 389–401, DOI 10.1007/s00190-007-0142-4.
昭和基地–ホバート間の測地 VLBI 実験データなどを基に、電離圏短期(数分)変動(シンチレーション)の検出を試みた。そして、このような分散の影響を如何に遅延測定から分離・除去する方法について、関数及び確率過程モデルを提案し、GPS による観測結果と比較した。

生態系変動のモニタリング

観測の目的:

極域における生態系変動を把握するため、昭和基地への往復航路にて表面海中のプランクトン群集に関するデータを連続的に観測する。また、連続プランクトン採集器等を曳航し、プランクトン群集の標本を連続的に収集する。南極生態系の高次に位置する鳥類、哺乳類等の大型動物の個体数変動は、環境変動を捕らえるシグナルと考えられることから、昭和基地周辺のこれら大型動物の個体数等を監視する。一方、昭和基地周辺の定点やラングホブデの雪鳥沢の南極特別保護区(ASPА)における植生や環境についても監視を継続する。観測項目は以下の通り。

1. 植物プランクトン及び海洋環境パラメーターの観測
2. 動物プランクトンの観測
3. アデリーペンギン等の個体数観測
4. 陸上植生(湖沼を含む)の観測

実績・成果:

1. 植物プランクトン及び海洋環境パラメーターの観測および

2. 動物プランクトンの観測

第 48 次、第 49 次観測は旧「しらせ」、第 50 次観測は「オーロラ・オーストラリス」、第 51 次観測は新「しらせ」によって、ほぼ計画通り実施され、観測結果は JARE DATA REPORTS で公表した。また、これまでに蓄積されたデータ等を活用する取り組みとして日豪共同研究「東南極海システムにおける気候変動の影響評価に向けた基盤整備」が実施され、国際協力体制が確立した。この観測で得られた基礎的データは、第Ⅷ期重点研究観測サブテーマ2の立ち上げに貢献した。

3. アデリーペンギン等の個体数観測

第 48 次～第 51 次観測まで、各隊次の越冬隊により、リュツォ・ホルム湾内 10 箇所のアデリーペンギン繁殖地での個体数観測が計画通り実施された。観測結果の一部は CCAMLR に提出され、南極域全域での高次捕食動物の個体数変動解析に活用されている。また、この観測で得られたデータは、現在進行中の日豪国際共同研究、第Ⅷ期中の一般研究観測においても活用されている。

4. 陸上植生(湖沼を含む)の観測

「しらせ」が使えず、夏期沿岸観測がほとんど実行不可能であった 50 次隊をのぞき、昭和基地周辺及び沿岸露岩域でのモニタリング観測を予定通り実施した。観測結果の一部はウェブ公開に向けて準備が進められている。

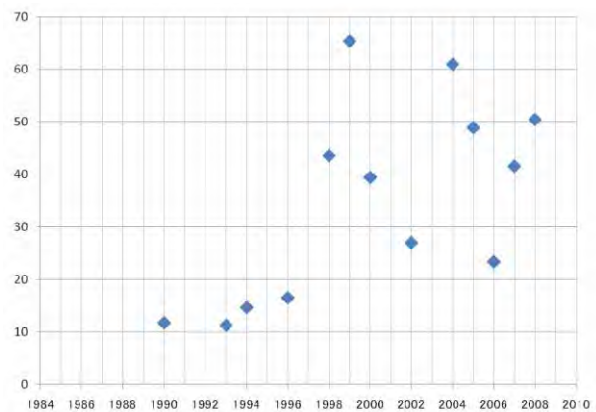


図1. 東経 110 度、南緯 60 度におけるクロロフィル a 濃度の 0m から水深 200m までの積算値の経年変化(mg Chl a/m²).

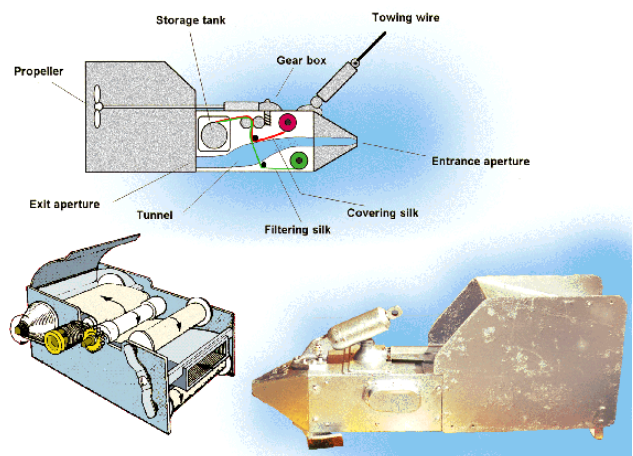


図2. 動物プランクトンの観測に用いた CPR (Continuous Plankton Recorder).

観測の実績・成果が計画に照らしてどの程度得られたか：
<input type="checkbox"/> 計画通りの観測の実績・成果を得た。 <input checked="" type="checkbox"/> ほぼ計画通りで、十分な観測の実績・成果を得た。 <input type="checkbox"/> 機器の不良等があったため、観測の実績・成果が不十分であった。 <input type="checkbox"/> 天候等不可抗力による理由で、観測の実績・成果が不十分であった。
上記の判断をした理由
<p>観測船が使えなかった第50次観測では、「オーロラ・オーストラリス」を活用し欠測することなく海洋環境データを蓄積することが出来た。アデリーペンギンの個体数観測についても越冬隊により着実に行われた。陸上生態系については第50次隊では野外観測支援が出来ないため当初より観測計画がなかったが、この時期を除き着実に観測が実施できたため。</p>

データ公開の状況：
<p>適宜、JARE DATA REPORTSで公表したり、GCAMLRへの報告を行った。陸上生態系のデータはウェブ公開に向けて準備が進められている。</p>

観測によって得られたデータ等により国際的にどの程度貢献できたのか：
<p>これまでに蓄積されたデータ等を活用する取り組みとして日豪共同研究「東南極海システムにおける気候変動の影響評価に向けた基盤整備」が実施され、国際協力体制が確立した。</p>

観測によって得られたデータ等が他の研究にどの程度影響を与えたのか：
<p>第Ⅷ期重点研究観測サブテーマ2、一般研究観測を立案する上での基礎的データとして活用されている。</p>

この成果に関係する主要な論文：
<p>McLeod DJ, Hosie GW, Kitchener JA, Takahashi KT, Hunt BPV (2010) Zooplankton atlas of the Southern Ocean: The SCAR SO-CPR survey (1991-2008). Polar Science, 4, 353-385. 「南極海における表層動物プランクトンの分布アトラス」</p> <p>南極海における連続プランクトン採集器観測(SO-CPR Survey)は、動物プランクトンの種組成、群集構造、そして分布パターンといった基礎データを供給するモニタリング観測として実施されている。SO-CPRチームでは初めて南極海の表層動物プランクトンの分布アトラスを作成した。このアトラスは1991-2008年の期間にオーストラリア、日本、ドイツ、ニュージーランド、アメリカ、ロシアが採集した22,553サンプルを基に作成されている。これまでに分類された200を超える分類群の中から、出現数の多い50分類群の分布および現存量を示した。このアトラスは今後の南極海動物プランクトンの分布調査において貴重な参考資料となるだろう。</p>

モニタリング研究観測	M-5	研究代表者: 宮岡 宏(渋谷和雄から交代)
------------	-----	-----------------------

地球観測衛星データによる環境変動のモニタリング

観測の目的:

本モニタリング研究観測では、近赤外・可視域で大気や地表面を観測する NOAA、DMSP、TERRA、AQUA 衛星および合成開口レーダー(SAR)のデータを用いて、南極域における雲、海氷、氷縁、氷床、オーロラなどの長期モニタリングを行うことを目的とする。具体的には下記の通りである。

- ・NOAA データ受信では、地球温暖化など地球気候システムの変動を研究するために、南極域の雲分布、地球表面温度分布・太陽光反射率分布の観測を継続して行う。また、地上検証観測も併せて実施する。
- ・DMSP データ受信では、南極域におけるオーロラ粒子エネルギー流入分布を観測する。
- ・TERRA・AQUA 衛星データ受信では、南極域の気象、雲・氷床・氷河・海氷の分布とその物理特性を研究するための基本データを取得する。
- ・SARデータを用いた研究では、干渉SAR手法を用いて氷床流動やグランディングライン位置の決定を行うとともに、強度画像の解析から氷縁位置の変化を調べ、南極の氷床量変化の推定に必要なデータを蓄積する。

実績・成果:

第七期では、昭和基地におけるNOAA・DMSP衛星の受信継続、ALOS衛星の合成開口レーダー(SAR)データの収集、51次に整備したXバンド受信設備によるTERRA/AQUA衛星データの受信を新たに開始するなど、JARE活動域を中心とする南極域の地球観測衛星データを総合的に受信、収集した。

具体的には以下の観測項目を実施した。

1. NOAA/DMSP/TERRA/AQUA衛星データの受信
2. SAR(ALOS/ENVISAT衛星)データの取得
3. ALOS/PALSAR用コーナーリフレクターの設置
4. ICESATレーザー高度計検証用の雪尺測定、海氷上でのGPS潮汐測定
5. 衛星データ検証のための氷床上無人気象装置の設置観測

1. NOAA/DMSP/TERRA/AQUA衛星データの受信

Ⅶ期の4年間でNOAA衛星を計14,764パス、DMSP衛星を25,402パス受信した。受信後に生成されるサマリー画像は、準リアルタイムに極地研データベースに転送・登録される。また、NOAA衛星のTOVSデータは、気象庁およびWMOを通じて世界の気象機関に提供されている。

51次ではMODIS(中分解能撮像分光放射計)データ取得のため、TERRA衛星を3,501パス、AQUA衛星を3,494パス受信した。これらの可視・赤外衛星画像は、南極域の広域オーロラ動態、気象、雲・氷床・氷河・海氷の分布とその物理特性を研究するための基本データとして活用された。

隊次	NOAA 衛星	DMSP 衛星	TERRA 衛星	AQUA 衛星
48 次	3506	5879	-	-
49 次	3814	6121	-	-
50 次	4177	5822	-	-
51 次	3267	7580	3,501	3,494
合計	14,764	25,402	3,501	3,494

表1 第七期中に昭和基地で受信した地球観測衛星の年間パス数。TERRA・AQUA 衛星を受信する X バンド受信システムは 51 次から運用を開始した。



図1 昭和基地の地球観測衛星データ受信設備 (SeaSpace 社 Terasacn システム)。L/S バンドアンテナの更新と X バンドアンテナ及び受信装置の増設を 51 次で実施した。両系とも全自動受信システムで担当隊員の負荷軽減に貢献している。

2. SARデータ取得

ALOS衛星搭載のLバンドSARセンサー(PALSAR)のデータを中心に、ENVISAT衛星のCバンドSARセンサーも含めて計873シーンの画像データを収集した。このうち143シーンは国内外の共同研究者に配布した。これらのデータを用いた研究から南極氷床ならびに氷河の流動推定に関して新たな知見が得られた。

3. ALOS/PALSAR用コーナーリフレクターの設置

コーナーリフレクター(CR)は、衛星に搭載したSARから照射されたレーダー波を散乱断面積が既知のCRで反射させて記録することにより、SARセンサーの絶対利得や観測位置精度などを校正するために利用される。昭和基地内2か所に設置したALOS/PALSAR用CRからの反射波は、十分な強度でPALSAR画像内に記録されており、校正データとして資源環境観測解析センターなどにフィードバックされ、正確なPALSARプロダクトの生成に貢献した。

4. ICESATレーザー高度計検証用の雪尺測定及び海氷上GPS潮汐測定

S16付近とオングル諸島近傍の海氷上でGPSを用いた表面高度変化の観測を実施した。海氷上でのGPS潮汐測定では5cm以下、氷床上では2~3cmの精度で表面高度を決定できており、いずれもレーザー高度計データを検証するために十分な精度をもつデータが得られた。

5. 衛星データ検証のための氷床上無人気象装置の設置・観測

48次で実施した日独共同航空機観測の際、S17地点において地上気象ステーションの運用を行い、2007年1月の連続データを取得した。これは航空機観測および衛星観測データを検証する上で有効に活用された。

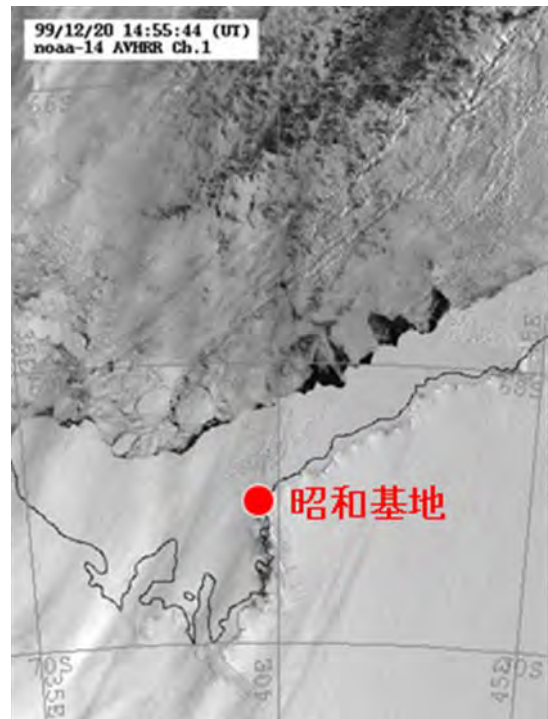


図2 NOAA衛星AVHRRセンサー画像。受信後すぐにこうしたサムリープロットが作成され、基地内の共有情報システムに配信されるとともに、極地研のPOLARISデータベースへ転送される。

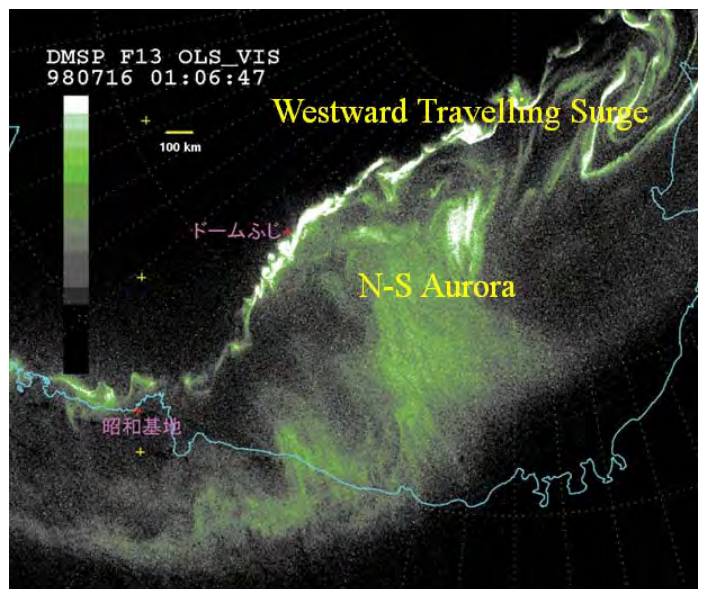


図3 DMSP衛星OLSセンサー画像。広域の可視オーロラを高い空間分解能(夜間2.7km)で撮像することができる。

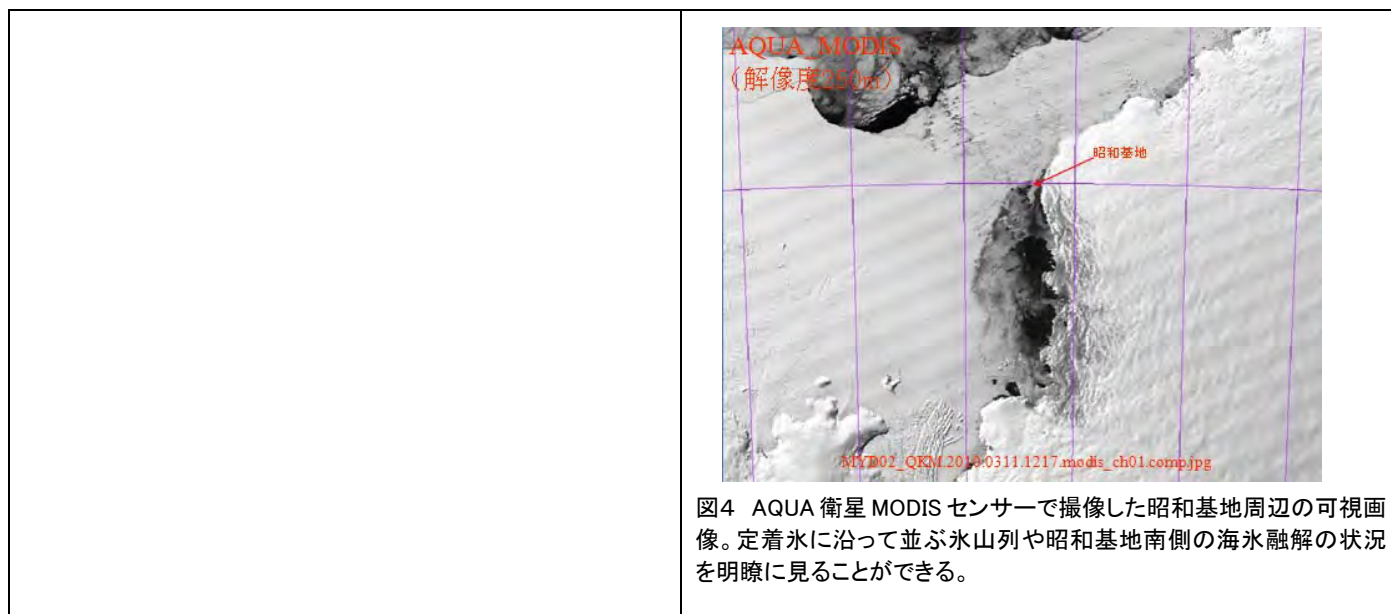


図4 AQUA 衛星 MODIS センサーで撮像した昭和基地周辺の可視画像。定着氷に沿って並ぶ氷山列や昭和基地南側の海水融解の状況を明瞭に見ることができる。

<p>観測の実績・成果が計画に照らしてどの程度得られたか：</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> 計画通りの観測の実績・成果を得た。 <input type="checkbox"/> ほぼ計画通りで、十分な観測の実績・成果を得た。 <input type="checkbox"/> 機器の不良等があったため、観測の実績・成果が不十分であった。 <input type="checkbox"/> 天候等不可抗力による理由で、観測の実績・成果が不十分であった。
<p>上記の判断をした理由</p> <ul style="list-style-type: none"> ・最も重要な現地受信に関し、4年間中断することなく、NOAA衛星は1日平均10パス以上、DMSP衛星は17パス以上、TERRA/AQUA衛星も51次より1日平均約10パスの受信とデータ保存、処理を継続して実施することができた。 ・新たに導入したXバンド系受信システムも順調に運用されており、高精細のMODIS画像が蓄積されつつある。 ・ALOS/ENVISAT衛星のSARデータ収集も順調に進み、計873シーンの画像データを集め、このうち143シーンは国内外の共同研究者に配布した。 ・コーナーリフレクターの設置、地上検証用の雪尺及び海氷上GPS潮汐測定、氷床上の無人気象観測などの支援観測も計画通り実施された。

<p>データ公開の状況：</p> <p>○ データベースによる公開 1997年以降現在までに昭和基地で受信したDMSP衛星及びNOAA衛星の可視・赤外サマリー画像を下記の簡易データベースにて公開している。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 昭和基地で受信したDMSP衛星OLS画像データベース http://polaris.nipr.ac.jp/~dbase/100/100_09_DMSP_at_Syowa_j.htm 2. 昭和基地で受信したNOAA衛星AVHRR画像データベース http://www.nipr.ac.jp/center/SATELLITE/noaa_data_j.html <p>○ その他のデータ利用</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. NOAA衛星TOVSデータは、気象庁を通じてWMOに全球数値予報モデルの初期値データとして提供。 2. NOAA衛星AVHRR画像データは、基地内情報共有システムに提供し、観測隊オペレーションにも活用。

3. 平成 20 年度第2回 PALSAR データ利用委員会報告
(資料番号20-2-3) 平成21年2月5日(木)
4. 平成 21 年度第2回 PALSAR データ利用委員会報告
(資料番号21-2-4) 平成22年2月12日(金)

観測によって得られたデータ等により国際的にどの程度貢献できたのか:

- ・地球観測衛星データの利用促進は、第3回地球観測サミット(平成17年2月)において承認された「GEOSS10年実施計画」において中核となるプロジェクトであり、日本隊の活動域である東南極の衛星データの取得と公開は、日本に期待されている国際的な責務に応えるものである。
- ・受信したNOAA衛星TOVSデータは、すべて気象庁を通じてWMOに全球数値予報モデル(GCM)の初期値データとして提供しており、日々の天気予報や全球気候モデルの精度向上に貢献している。

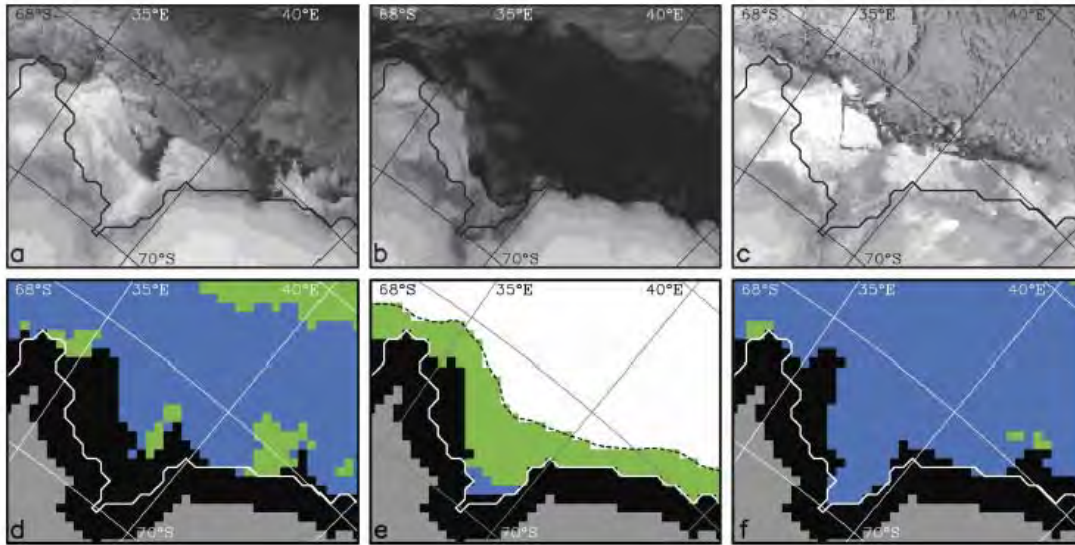
観測によって得られたデータ等が他の研究にどの程度影響を与えたのか:

- ・NOAA衛星AVHRR画像のデータベースは、大気循環および海洋循環のどちらにおいてもその駆動源となっている南極海ポリニア(開水面)を検出するアルゴリズムの構築に大きく貢献した。
- ・本吉弘岐:「衛星リモートセンシングによる東南極氷床域の積雪粒径の分布に関する研究」(総合研究大学院大学学位論文、2007年)や井上早穂:「南極氷床末端部における夏のカタバ風の研究」(日本大学文理学部卒業論文、2011年)などの論文作成に一部貢献した。

この成果に関する主要な論文:

1. Tamura, T., Ohshima, K. I., Markus, T., Cavalieri, D. J., Nishashi, S. and Hirasawa, N., Estimation of thin ice thickness and detection of fast ice from SSM/I data in the Antarctic Ocean. J. Atmos. Ocean. Tech., Vol.24, 1757-1772, 2007.

(概要)南極海岸域にできるポリニア(開水面)では海氷が盛んに生産され、同時に塩分の濃い高密度水が作られる領域である。すなわち、そこでは大気と海洋の熱・水交換が活発であり、大気循環、海洋循環どちらにおいてもその駆動源の一つとなっている。ポリニアやそこでの作られたばかりの薄い氷の分布を知ることは、大気と海洋の熱・水交換の実態を理解する上で必要となる。この研究では、衛星データからこれらの分布を検出するアルゴリズムを構築し検証した。さらにそれを用いて南極域のポリニアの分布を求めた。



図の説明: 昭和基地付近の衛星画像; 左側の上下2枚: 1997年6月22日, 中央の2枚: 1998年2月13日, 右側の2枚: 1998年6月22日。(a),(b),(c)は NOAA/AVHRR の赤外画像、(d),(e),(f)は DMSP/SSMI データをもとに本研究で導出した海氷のタイプ別分布; 黒色域: 定着氷、青色域: 1年氷、緑色域: 氷厚 0.2m 以下の薄い海氷域。

2. Nakamura, K., K. Doi and K. Shibuya, Estimation for seasonal change of Shirase Glacier flow by using JERS-1/SAR image correlation. Polar Science, Vol. 1 (2), 73-83, 2007.

(概要) 日本の衛星 JERS-1 と ALOS の合成開口レーダー (SAR) によって観測された南極・白瀬氷河域のデータに対し、画像相関法により画素の移動量を求め、1996-1998年 (JERS-1) での氷河流速と約 11 年後の 2007-2008年 (ALOS) の流速を比較した。その結果、白瀬氷河の接地線の下流側では顕著な変化は検出されなかったものの、18km 上流側で $0.54\text{km}/\text{年}$ の増速が認められた。