

## 「グローバル地震学における極域研究の現状と 将来展望に関する研究小集会」報告

金尾政紀\*

### Report on Workshop “Present status and future plans of polar studies in global seismology”

Masaki Kanao\*

(2003 年 8 月 12 日受付; 2003 年 12 月 3 日受理)

**Abstract:** A workshop on “Present status and future plans of polar studies in global seismology” was held on 23rd and 24th January 2003, at the National Institute of Polar Research with 38 participants. The purposes of this workshop were to discuss scientific work by several seismological methods for more efficient scientific planning and insights. The presentations were divided into the three sessions 1) regional and local studies to target the polar regions, 2) global studies by use of data from polar regions, and 3) studies in the Arctic, high mountains such as the Himalaya, and in several continental blocks in a past super-continent: Gondwana. From this workshop, we could identify the significance of polar studies for global seismology; in particular, insight into the inner structure and dynamics of the Earth from special windows located at high latitude. We have also conducted several multidisciplinary studies such as amalgamation and breakup of the super-continent, plume tectonics, ice sheet dynamics and crustal movements, and laboratory seismic velocity measurements of the metamorphic rocks. Moreover, we have held fruitful discussions about future plans for data archiving technology, observation systems, and methodology for seismological analyses.

**要旨:** 「グローバル地震学における極域研究の現状と将来展望に関する研究小集会」を 2003 年 1 月 23 日~24 日に国立極地研究所で開催した。参加者は所内外合わせて計 38 名であった。本集会では、地震学的各種手法による 1) 両極域をターゲットとした地域的~局所的な空間スケールでの研究、2) 極域のデータを利用した汎地球スケールでの研究、及び 3) ゴンドワナ超大陸群や北極圏・ヒマラヤ等での研究、等の成果発表と議論を行った。これにより、グローバル地震学研究を補う上で必要な領域の一つである極域の重要性について再認識を行い、今後の研究指針について意見交換を行った。また、ゴンドワナ超大陸の形成・分裂過程、プルームテクトニクスや氷床変動・地殻変動、さらに高温高压による岩石の弾性波速度実験等の様々な学際的検討と、今後のデータアーカイブ・観測技術・研究方法の将来展望についても議論した。

---

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

## 1. はじめに

「グローバル地震学における極域研究の現状と将来展望に関する研究小集会」を2003年1月23日~1月24日に国立極地研究所で開催した（表1）。この数十年のグローバル地震学における研究進展のために、南極大陸の観測点の果たしてきた役割は非常に大きい。国際地球観測年（International Geophysical Year (IGY); 1957-58）を契機に日本の南極観測が開始されたのを受け、昭和基地における地震観測は1959年より開始され、現在まで40年以上に渡る長期間データを取得している。特に1990年にはデジタル広帯域地震計を設置し、それ以降国際デジタル地震観測網（Federation of Digital Seismographic Networks; FDSN）に属する南半球の重要な定常観測点として、良質なデータを国内外の研究者へ提供することが可能となった。そのため、1990年代以降広帯域地震データを用いた研究成果が飛躍的に増加した。例えば、昭和基地を中心とする地域的~局所的な地震活動・地殻構造・テクトニクスの研究、短周期波動解析による散乱減衰の研究、また南極プレート周辺の地震の震源過程について等である。さらに、アナログ記録の時代を含めた30年以上のデータを用いて、地球内核の差分回転の検証等の重要な研究も行われており、長期間のモニタリング観測データが有効に活用されている。本集会では、こうした南極域を中心とした地球上の極域（北極、高山、大陸を含む）をとりまく一連の研究成果について、我が国の関連研究者を一同に交えた発表の場を設けることで、研究の現状を認識するとともに今後の将来展望についての意見交換を行うことを目的とした。

具体的には、地震学的な各種の研究手法による、1) 両極域をターゲットとした地域的~局所的な空間スケールでの研究、2) 極域のデータを利用した汎地球スケールでの研究、及び3) ゴンドワナ超大陸群や北極圏・ヒマラヤ等での研究、のセッション区分で進行了。多数の参加者の研究発表により、内核~表層までの地球内部構造およびそのダイナミクス、超大陸の形成・分裂過程と構造との関連、プルームテクトニクスや氷床変動・地殻変動、さらに高温高压による岩石の弾性波速度実験等も含めて、様々な学際的検討が行われた。また、研究を支える我が国のグローバル・データセンターや国立極地研究所におけるデータ伝送やアーカイブ状況、今後の観測技術の将来展望についても議論した。2日目には特別講演として、ロシア科学アカデミー・シベリア支部のVladimir D. Suvorov教授により、シベリア・クラトンの構造研究の発表があり、今後の北極域研究を推進する上での一つの指針となった。

以下、集会の経過と内容について報告する。

## 2. 経 過

### 2.1. 広帯域データによる極域リソスフェアと地球深部構造の研究

初日（1月23日）の前半は、主に広帯域地震計データを用いた研究成果について講演があった。内核~下部マントルの地球深部域における解析では、極域（高緯度）という地理的

**表 1** 「グローバル地震学における極域研究の現状と将来展望に関する研究小集会」プログラム  
*Table 1. Program of Workshop “Present status and future plans of polar studies in global seismology”.*

---

1月23日(木) 13:00-18:20

1) 広帯域データによる極域リソスフェアと地球深部構造の研究

内核~下部マントル:

- ・田中 聡(東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター)  
     内核の半球的構造に関する研究の推移レビュー
- ・大滝壽樹(産業技術総合研究所)  
     南極下の内核境界付近の地震波速度構造
- ・臼井佑介(金沢大学大学院自然科学研究科)  
     昭和基地の広帯域地震計データを用いた最下部マントルのS波速度異方性
- ・一瀬建日(固体地球統合フロンティア研究システム)  
     内核の異方性と差分回転

上部マントル~地殻:

- ・小林励司(愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター)  
     南極地域のレイリー波群速度分布
- ・田中俊行(東濃地震科学研究所)  
     大陸リソスフェア研究に対する南極の役割
- ・金尾政紀(国立極地研究所)  
     レーザー関数解析による南極大陸の地殻構造
- ・名和一成(産業技術総合研究所)  
     地球自由振動帯域における潮位変動の影響

2) 広帯域地震データの伝送管理とテレサイエンス

- ・根岸弘明・井上公(防災科学技術研究所)  
     旧全地球ダイナミクス観測網の現状について
- ・竹内 希(東京大学地震研究所海半球センター)  
     海半球ネットワークのセンターシステムとリアルタイム収集
- ・坪井誠司(固体地球統合フロンティア研究システム)  
     IFREE データセンターシステムと地球シミュレータ
- ・岡田雅樹(国立極地研究所情報科学センター)  
     極域ライブラリースystemと昭和基地データ通信
- ・金尾政紀(国立極地研究所地学研究部門)  
     南極大陸の地震観測の現状とテレサイエンス
- ・澁谷和雄(国立極地研究所南極環境モニタリング研究センター)  
     南極の地学観測の現状と近未来について

1月24日(金) 09:00-15:10

3) 人工地震探査による南極リソスフェア構造の研究

- ・宮町宏樹(鹿児島大学理学部地球環境科学)  
     東南極みずほ高原下の地殻構造—JARE43—
- ・山下幹也(総合研究大学院大学極域科学専攻)  
     反射法解析から得られた地殻深部構造 JARE-43
- ・戸田 茂(愛知教育大学教育学部)  
     東南極みずほ高原下の地殻密度構造—JARE41, 43—
- ・V.D. Suvorov, E.A. Melnik and B.P. Mishenkin (Russian Academy of Science: Shiberian Branch)  
     Deep seismic soundings in Yakutian kimberlite province, Russia

4) 地球進化スケールからみた極域研究の重要性

- ・白石和行(国立極地研究所)  
     南極からみた Gondwana
  - ・北村圭吾(総合研究大学院大学極域科学専攻)  
     リュツォ・ホルム岩体の変成岩高圧実験による S 波異方性
-

- 
- ・新開英介（横浜国立大学大学院環境情報学府）  
グラニュライト相変成岩類の P 波 S 波速度測定: リュツォホルム岩体の地殻進化モデル
  - ・石川正弘（横浜国立大学大学院環境情報研究院）  
パンアフリカン造山帯の下にはリソスフェアはあるのか？
  - ・久保篤規（防災科学技術研究所）  
レビュー: 力学的異方性と大陸の衝突と分裂
  - ・沢田順弘（島根大学総合理工学部）  
ケニア・リフトにおける後期新生代の構造運動と火山活動
  - ・小笠原 宏（立命館大学理工学部）・南アフリカ金鉱山における半制御地震発生実験国際共同グループ  
南アフリカ太古代クラトン地下 2-3 km の世界  
—金鉱山での半制御地震発生実験と断層ドリリング—
  - ・根岸弘明（防災科学技術研究所）・Sushil Kumar（インド国立ワディアヒマラヤ地質学研究所）  
インド・ヒマチャール地域での広帯域地震観測計画
  - ・井川 猛（地球科学総合研究所）  
大陸縁辺部での深部構造探査の手法について
  - ・金尾政紀（国立極地研究所）  
学際的深部探査による東ゴンドワナ・リソスフェア進化研究計画: LEGENDS
- 

条件を生かして長期間のデータを利用した、様々な新しい知見が近年得られてきた。

まず、内核浅部の半球的構造に関する 1990 年代以降の研究のレビューが行われた。南極大陸上の FDSN データを用いて、地球の回転軸と平行な方向に伝わる波線（Polar Path）で PKP (BC)-PKP (DF) 等の地震波走時残差を解析し、内核の異方性に半球的な地域変化を見いだした（Tanaka and Hamaguchi, 1997）。また、内核の成長に伴う異方性の半球構造の形成過程を説明するための、差分回転（Super rotation）（Song and Richards, 1996 ほか）の概念の是非について説明がなされた（田中講演）。次に、インドネシアに展開した広帯域地震観測網（JISNET）で捉えた南米の地震について、南極大陸下の内核を通る波（主に PKP (BC) と PKP (DF)）の振幅比と走時差を用いて、内核の速度構造の地球標準モデル（PREM）からのずれが調べられた。その結果、内核・外核境界での速度不連続量が PREM より 0.05 km/s 程度小さく、内核最上部での速度勾配が PREM の 1.5 倍あるモデルが観測をよく説明することが示された（大滝講演）。

また最下部マントルの構造に関しては、昭和基地の 11 年間の広帯域地震計（STS-1）で記録された 3 地域（南アメリカ、インドネシア、及びバプア・ニュー・ギニア）の深発地震に対して、SV-SH 波の走時差解析と波形モデリング計算により、南半球における D'' 層（外核から数 100 km の最下部マントルの一部で、地震波速度異常域）の異方性が調べられた。南アメリカの深発地震に対する結果は、他の 2 地域よりも異方性が大きく 0.5-1.2% と求められた。しかしこれまでに得られている北半球の結果（アラスカ、カリブ海、ハワイ周辺域、等）と比較すると、南半球では全体的に異方性が小さいことが示された（臼井講演）。最後に、昭和基地の 27 年間のアナログ記録を用いた、上記と同様な PKP 波群の走時残差解析から、オーストラリア下方域の内核内部には自転軸からわずかにずれた方向（地球中心と 80°N, 103°E

とを結ぶ直線に平行な方向)に  $P$  波速度異方性の対称軸があり, その大きさが 3% であること, またこの異方性の経年変化は, 内核とマンツルの差分回転を  $0.2^\circ/\text{年}$  とすると説明できることが示された (Isse and Nakanishi, 2001) (一瀬講演).

討論では, 今後こうした研究を進める上での南極大陸上での観測点配置のあり方について, 意見交換を行った. 現在, 南極点基地 (SPA) 周辺での大アレイ観測網がアメリカの地震研究機関 (The Incorporated Research Institutions for Seismology; IRIS) を中心に開始されており (詳細は金尾ら (2004) を参照), 内核の研究に大きく貢献するという見込みが示された.

後半は, 上部マンツル~地殻にかけての地球浅部域における研究について講演があった. 表面波を用いた上部マンツルの研究として, 1990 年代に入って FDSN データを用いたトモグラフィー解析が始められた (最近では Ritzwoller *et al.*, 2001 ほか). 昭和基地のデータや IRIS による臨時観測点のデータを含めた研究として, 南極地域のレイリー波群速度分布のトモグラフィー結果が示された. 周期 20–150 秒の高解像度の群速度分布から判断すると, 東南極では長周期 (100–150 秒) で高速度域になり, 典型的な盾状地の特徴を示している. それに対して西南極では, むしろ低速度域が現れておりリフト系の存在が大きく関与していると思われる (小林講演).

続いて重力異常と地形の関係から, リソスフェア (地殻及び最上部マンツルのいわゆる岩石圏) の「弾性的厚さ (elastic thickness)」を推定する試みが紹介された. 南極においては氷床後退による地殻の隆起 (リバウンド) や, ゴンドワナ大陸分裂過程等を論じる上でも, 「弾性的厚さ」は重要な情報である. これまでにも, 昭和基地周辺で発生した M4 クラスの局所地震についてメカニズム解が求められ (Negishi *et al.*, 1998), また 1998 年にバレー諸島周辺で発生した南極プレート内での過去最大規模の地震 ( $M_w=8.2$ ) についても, 遠地観測点で記録された広帯域地震波形の実体波インバージョンにより, 詳細な震源パラメータが求められた (Tsuboi *et al.*, 2000). 最終氷期極大期から南極氷床が退氷する期間を 1 万 2 千年~5 千年前と仮定し, 氷床の厚さ変化に伴う地殻変動を粘性変形を考慮して見積もると, この地震の震央付近では北東方向に約  $1 \text{ mm/yr}$  の水平方向の地殻変動が予想されている (James and Ivins, 1998). この地殻変動の方向は断層メカニズムの  $P$  軸の方向と一致しており, 変形量も 5 千年間で約 5 m となり平均くいちがい量と一致する. これは地震メカニズムが, 南極氷床による地殻のリバウンドで説明できる可能性があることを示している. このようにレオロジー研究は, 第四紀以降の氷床・地殻変動現象の理解に対して重要である (田中講演).

さらに遠地地震の実体波を用い, 南極大陸縁辺部に位置する FDSN 観測点直下のリソスフェアの  $S$  波速度構造を, 広帯域地震波形のレスーバ関数 (地殻の応答) 法より求めた研究が紹介された. 得られた不均質構造やモホ面の深さ分布は, 各観測点付近の大陸成長過程や地域テクトニクスと関連づけられた. また, 昭和基地周辺露岩域での臨時観測点のデータから, 宗谷海岸に沿う方向にモホ面の深さ変化が得られ, パン・アフリカン変動ならびにゴン

ドワナ超大陸の分裂と関連づけられることが示された (Kanao *et al.*, 2002 ほか) (金尾講演). 最後に, 地球自由振動帯域における潮位変動の影響について, 昭和基地の広帯域地震計と超伝導重力計データからの考察例があった. 基地周辺の氷上で観測された GPS と潮位データの同時解析により, 自由振動帯域には周辺海域の潮位変動の影響が含まれていること, さらに, その影響を補正すればバックグラウンドノイズの低減が可能であることが指摘されていたが, その潮位補正を地震データへ適用することについて主に述べられた (名和講演).

討論では, 上記の成果を踏まえて昭和基地でのモニタリング観測の重要性が指摘され, 実際の観測保守方法についても意見交換が行われた.

## 2.2. 広帯域地震データの伝送管理とテレサイエンス

初日の後半は, 前半で発表された種々の研究テーマを支える基盤である, 南極域を含めた我が国のグローバル地震観測網の保守体制, 並びにデータ伝送・公開体制について, 関連する機関の研究者より発表がなされた. この種の情報交換は, グローバル観測網を維持する上で重要である.

防災科学技術研究所 (NIED) ならびに東京大学地震研究所海半球センター (OHP) からは, それぞれインドネシア・南太平洋, 及び西太平洋域の観測網 (通称 PACIFIC21; 旧 POSEIDON) についての現状が紹介された. 実際 1990 年代から現在まで, 昭和基地の地震データは, 海半球センター (旧 POSEIDON センター) へも公開用データとして供給が継続されている. また, 海洋科学技術センターの固体地球統合フロンティア研究システム (IFREE) からは, データセンターと地球シミュレータの紹介がなされた. IFREE データセンターは, 上述の NIED 及び OHP と連携を取りつつ, グローバル・ネットワークの維持・管理及び解析を目的とする (根岸・井上, 竹内, 坪井講演).

国立極地研究所からは, 極域ライブラリー・システム (POLARIS) と昭和基地データ通信の現状について紹介がなされた. 日本南極地域観測隊 (Japanese Antarctic Research Expedition; JARE) の第 45 次隊 (JARE-45) で導入される, インテルサット衛星回線についても詳細な経過説明がなされた (岡田講演). 次に, 昭和基地を中心とした南極大陸の地震観測の現状とテレサイエンス技術の現況について説明がなされた. 昭和基地における地震観測の今後の方向性としては, インテルサット衛星通信を積極的に活用して, 収録データを準リアルタイムで極地研へ伝送 (現在はインマル回線の UUCP 接続) し, これまでの現地でのアナログ記録による検震作業を所内での伝送デジタルデータによるワークステーション上での作業へ移行する. また観測データの伝送, 並びにアーカイブ・公開作業に関しては, これまでの地学系ネットワーク・データサーバによる管理・公開から, POLARIS へ完全移行を行い, 公開体制の充実を行うことが示された (金尾講演). 最後に, JARE における地学系諸観測の現状について紹介があった. 地震観測以外にも, 超伝導重力計や絶対重力計, 各種衛星観測等



の測地学的モニタリング、また航空機を利用したポテンシャル・フィールドデータの面的な取得計画等、近未来の予定について説明がなされた（澁谷講演）。

討論では、大型アンテナ建設やモニタリング観測の維持に関連して、昭和基地の電力事情について質疑応答があった。

### 2.3. 人工地震探査による南極リソスフェア構造の研究

2日目（1月24日）の前半は、主に人工震源を利用したリソスフェアの構造研究に関連した講演があった。JARE-41、-43では、昭和基地付近の大陸水床みずは高原にて大規模な人工地震探査が行われており、それに関連した発表が主である。

JARE-43のデータ解析結果について、地震波の屈折・広角反射解析による地殻の速度モデリング、及び垂直反射解析による地殻の反射断面が示された。屈折・広角反射解析による最上部地殻の構造については、沿岸露岩で確認されている変成層の変化（角閃岩層～グラニュライト層）に対応した、探査測線方向の速度変化（5.9–6.2 km/s）が確認された（宮町ら、2003）（宮町講演）。また反射法解析からは、地殻・マントル境界（モホ面）と考えられる往復走時12–13秒の反射面が確認された。さらに、往復走時で9–10秒にも連続性のよい反射面が見られ、中部地殻と下部地殻の境界と考えられている。また、S波の反射波にも着目して反射断面を作成した結果、往復走時で約27秒にかけてモホ面と思われる反射面が得られた。今後は、解析を詳細に行い地殻構造モデルを修正していく必要がある（山下講演）。次に、探査測線上でのGPSと重力測定の結果から、基盤地形と標高、並びにフリーエア重力異常、ブーゲ重力異常が報告された。また、アイスレーダ解析と地震波走時解析の各々から得られた基盤深度に、場所によっては300m程度の矛盾があり、誤差要因についてさらに検討する必要があることが確認された（戸田講演）。

討論では、それぞれの手法による解析から求められる速度・物質境界の深さの差（矛盾点）について、誤差の要因を再度検討し、さらに統一したモデルの構築を目指すことが確認された。

次に特別講演として、ロシア科学アカデミーシベリア支部のVladimir D. Suvorov教授による、シベリア・クラトン～バイカル・リフト帯での構造探査について発表があった。1970年代以降の人工震源による屈折法探査の結果によると、太古代クラトン中心部の下部地殻が異常に厚く、また、その北縁辺部に中期古生代及び中期中生代のキンバーライトが産出するなど、他の盾状地とは非常に異なる特徴を持つ（Suvorov *et al.*, 1999 ほか）。この形成原因として、超大陸分裂時のマントルからのアンダープレートの影響が考えられている。またシベリア・クラトン南東縁部とバイカル横断褶曲帯との境界に位置するバイカル・リフト帯の構造は、近年、ロシア科学アカデミー、コペンハーゲン大学およびポーランド科学アカデミーの共同研究により地震探査が行われている（Suvorov *et al.*, 2002）。その結果によると、

他のリフト帯でみられる地殻の薄化は認められず、逆にバイカル湖直下はモホ面が周辺地域に比べても異常に深い値（50 km 深以上）を示すことが分かった。この原因として、バイカル・リフト帯直下においても、マントル物質のアンダープレATINGの存在が示唆された。

#### 2.4. 地球進化スケールからみた極域研究の重要性

2 日目の後半は、46 億年という地球進化の時間スケールからみた極域研究の重要性についての発表と意見交換を行った。地球史における大陸形成の核として存在する、東南極盾状地に代表される先カンブリア地塊のクラトン及びその周辺部の現在の地殻構造を詳細に求めることは、大陸成長と地球表層部のダイナミクスを考える上で重要である。

まず、南極大陸全域の地殻構造の発達史について、 Gondwana 超大陸の形成テクトニクスとの関連から、地質学的・年代学的レビューがなされた（白石講演）。次に、東南極の初期古生代リュツォ・ホルム岩体、及び太古代ナピア岩体の高度変成岩を用いた、高圧下の弾性波速度測定実験結果と鉱物の Lattice Preferred Orientation (LPO) の関係について発表があった。リュツォ・ホルム岩体の塩基性高度変成岩を用いた測定結果からは、主に斜長石と角閃石、斜方輝石で構成される塩基性変成岩の  $P$  波速度異方性が、その岩石を構成する鉱物の LPO パターンとモード比、並びにそれぞれの鉱物の単結晶の  $P$  波速度に依存することが確認された（北村講演）。さらにナピア岩体のグラニュライト・片麻岩の弾性波速度測定結果によれば、リュツォ・ホルム岩体の深部地殻（20–35 km 深）における岩相ラミネーション（厚さ 0.5–1.0 km の互層で  $S$  波速度（3.6–3.9 km/s））の存在を十分に説明できることから、パン・アフリカン変動により現在のリュツォ・ホルム岩体の下にナピア岩体が存在する可能性も示唆された（新開講演）。最後にレオロジー的な観点から、造山帯下のリソスフェア強度に関する考察があった。パン・アフリカン帯に属する東アフリカ造山帯は、東 Gondwana 大陸と西 Gondwana 大陸の間に形成された幅 2000 km に及ぶ縫合帯であり、現在のアジア大陸と同様に横ずれ断層系による広域的なプレート内変形を起こしたことが特徴であると示された。これらの地域での広域的プレート内変形は、東アフリカ造山帯やアジア大陸が剛体プレートとして振舞っておらず、最上部マントルがウェットなカンラン岩で構成されているため、マントルリソスフェアが存在せずプレート強度が極度に小さいことを反映していると考えられた（石川講演）。

午後は主に地震学的な観測・研究からの成果発表があった。大陸リソスフェアの力学的特性が、主に SKS スプリティングで観測される上部マントルの地震波速度異方性に対応する可能性について、Tommasi and Vauchez (2001) の研究の流れに従って紹介された（久保講演）。次に Gondwana に関連して、現在もっとも活発な活動を続けている地球上の第一級のリフト帯である、東アフリカ大地溝帯の火山活動、構造運動、リフト底掘削についてレビュー



講演がなされた（沢田講演）．次に、南アフリカ金鉱山での半制御地震発生実験による地震発生機構の解明と太古代クラトン下の地震断層ドリリングについての国際共同研究の紹介があった（小笠原講演）．

さらにインド北部のヒマチャール地域では、防災科学技術研究所により広帯域地震観測が開始された報告があった．インド・ユーラシア両プレートの衝突帯であるヒマラヤ地域は、プレートテクトニクスの研究に重要な地域であると共に、しばしば人的被害を伴う大地震が発生する場所でもある．観測されるデータは、地球物理学的にも防災研究にも貴重なデータとなることが期待される（根岸講演）．次に地球科学総合研究所より、大陸における反射法地震探査を実施する上での技術的な問題について紹介があった（井川講演）．最後に、インド・東アフリカ・マダガスカル・東南極にまたがる、東 Gondwana 域での学際的深部探査計画（LEGENDS）（Brown *et al.*, 2001）の現況について簡単な紹介がなされた（金尾講演）．

### 3. おわりに

本集会の開催により、グローバル地震学研究を補う上で必要な領域の一つである極地の重要性について再認識を行い、今後の研究指針について十分有意義な意見交換を行うことができた．地球中心核～表層までのグローバル～ローカルスケールでの内部構造を調べるためには、高緯度という特殊な位置にある南北両極域からの観測が重要であることが再認識された．地球の表層部分（リソスフェア）では、地球史を探る上での大きな「鍵」となる超大陸の形成・分裂過程の解明、また地球表層下のマントル構造やダイナミクスとも関連して、プルームテクトニクスにまつわる諸現象の研究が発表された．高温高压下での変成岩類の弾性波速度実験の結果と南極現地での構造探査結果との比較により、地殻の深部構造と物性に関する学際的な検討ができた．さらに、両極に特徴的な氷床の存在による地球環境変化に伴う氷床変動と地殻変動・地震活動・リソスフェアのレオロジー的考察との関連が幾つか発表された．現状のグローバル・データセンターのアーカイブ状況や今後の観測技術の将来展望についても議論した．さらに、ロシア科学アカデミーの Vladimir D. Suvorov 教授による発表は、北極域での研究を推進する上での貴重な指針となった．

今後期待される研究の方向性としては、以下が挙げられる．上部マントルの構造に関しては、実体波の走時・振幅を用いた面的な解析が望まれる．同時に表面波解析や走時トモグラフィ結果との対比により、南極大陸下のマントル・プルームの形状が明らかになると期待される．また高緯度という地理的優位性を生かして、地球深部（下部マントル～核）の構造・ダイナミクスについても、内核の差分回転や地球自由振動による共鳴現象等の有意義な研究成果がさらに期待できる．こうした地球内部を通過してきた様々な波長（周波数）の地震波形・走時データを利用して、極域を中心とした観測点と震源の組み合わせにより総合的に地球内部構造の解析を進めることで、地球中心核～表層部に到るまでの様々な空間スケールの

地震学的な不均質・異方性が検知できるはずである。

さらに、静的な地球内部構造のみならず、発震メカニズムの解明やプレートの内部変形、氷床後退に伴う地殻の隆起、及び地震波異方性の走向をプレート運動の方向やプレート内部変形と比較することで、現在のダイナミックな地球表層変動が理解できるであろう。極域に特徴的な破壊に伴う波動現象（氷震、氷河の流動、氷崖の崩壊）の物理的性質（減衰・散乱・発震機構）を調べることも、雪氷学的な見知から重要である。こうした地震学の各種研究を、測地学、地質・岩石学、地球電磁気学等、雪氷学、第四紀学と相補的に進めることで、地球内部およびそのダイナミクスについての学際的な理解がさらに得られると期待される。

本集会での研究発表のために、以下に示した多数の参加者（敬称略）のご協力を頂き、無事成功裏に終えることができた。ここに記して感謝致します。また本集会の開催に当り、ご協力を頂いた所内外の関係者の皆様に、重ねてお礼を申し上げます。また、本稿の内容改訂にあたり貴重なご助言を頂いた国立極地研究所の澁谷和雄教授、野木義史助教授並びに菊池雅行助手に記してお礼申し上げます。

参加者一覧（順不同）:

古本宗充，平松良浩，臼井佑介（金沢大），田中 聡，伊藤喜宏（東北大），大滝壽樹，名和一成（産総研），田中俊行（東濃研），坪井誠司，一瀬建日（固体地球フロンティア），小林励司（愛媛大），根岸弘明，久保篤規，山品国火（防災科研），竹内 希，奥野淳一（東大地震研），渡邊篤志（九州大），宮町宏樹（鹿児島大），戸田 茂（愛知教育大），V.D. Suvorov（ロシア科学アカデミー），宮澤理稔（京大理），石川正弘，新開英介（横浜国大），沢田順弘（島根大），小笠原 宏（立命館大），井川 猛（地科研），神沼克伊（元極地研），四ノ宮 浩（(株)NET），名出智彦（(株)IHI エアロスペース），白石和行，澁谷和雄，本吉洋一，野木義史，土井浩一郎，岡田雅樹，金尾政紀（極地研），北村圭吾，山下幹也（総研大），計 38 名。

## 文 献

- Brown, L.D., Kroner, A., Powell, C., Windley, B. and Kanao, M. (2001): Deep Seismic Exploration of East Gondwana: the LEGENDS Initiative. *Gondwana Res.*, **4**, 846–850.
- Isse, T. and Nakanishi, I. (2001): Inner-core anisotropy beneath Australia and differential rotation. *Geophys. J. Int.*, **151**, 255–263.
- James, T.S. and Ivins, E.R. (1998): Predictions of Antarctic crustal motions driven by present-day ice sheet evolution and by isostatic memory of the Last Glacial Maximum. *J. Geophys. Res.*, **103**, 4993–5017.
- Kanao, M., Kubo, A., Shibutani, T., Negishi, H. and Tono, Y. (2002): Crustal structure around the Antarctic margin by teleseismic receiver function analyses. *Antarctica at the Close of a Millennium*, ed. by J.A. Gamble *et al.* Wellington, The Royal Society of New Zealand, 485–491 (*R. Soc. N.Z. Bull.*, **35**).
- 金尾政紀・澁谷和雄・小林励司 (2004): 「南極プレートの構造と進化に関する国際ワークショップ (SEAP2003)」報告. 南極資料, **48**, 77–89.
- 宮町宏樹・戸田 茂・松島 健・高田真秀・高橋康博・神谷大輔・渡邊篤志・山下幹也・柳沢盛雄 (2003): 東南極みずほ高原における屈折法および広角反射法地震探査—観測概要 (第 43 次夏隊報

- 告)一. 南極資料, **47**, 32–71.
- Negishi, H., Nogi, Y. and Kaminuma, K. (1998): An intraplate earthquake that occurred near Syowa Station, East Antarctica. *Polar Geosci.*, **11**, 32–41.
- Ritzwoller, M.H., Shapino, N.M., Levshin, A.L. and Leahy, G.M. (2001): Crustal and upper mantle structure beneath Antarctica and surrounding oceans. *J. Geophys. Res.*, **106**, 30645–30670.
- Song, X. and Richards, P.G. (1996): Seismological evidence for differential rotation of the Earth's inner core. *Nature*, **382**, 221–224.
- Suvorov, V.D., Parasotka, B.S. and Chernyi, S.D. (1999): Deep seismic sounding studies in Yakutia. *Phys. Solid Earth*, **35**, 612–629.
- Suvorov, V.D., Mishenkina, Z.M., Petrick, G.V., Sheludko, I.F., Seleznev, V.S. and Solovyov, V.M. (2002): Structure of the crust in the Baikal rift zone and adjacent areas from Deep Seismic Sounding data. *Tectonophysics*, **351**, 61–74.
- Tanaka, S. and Hamaguchi, H. (1997): Degree one heterogeneity and hemispherical variation of anisotropy in the inner core from PKP(BC)-PKP(DF) time. *J. Geophys. Res.*, **102**, 2925–2938.
- Tommasi, A. and Vauchez, A. (2001): Continental rifting parallel to ancient collisional belts: An effect of the mechanical anisotropy of the lithospheric mantle. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **185**, 199–210.
- Tsuboi, S., Kikuchi, M., Yamanaka, Y. and Kanao, M. (2000): The March 25, 1998 Antarctic Earthquake: Great earthquake caused by postglacial rebound. *Earth Planets Space*, **52**, 133–136.