

## 船上ビデオ撮影による南極沿岸域の海水状況

下田 春人<sup>1</sup>・遠藤 辰雄<sup>2</sup>・村本健一郎<sup>3</sup>・小野 延雄<sup>4</sup>・  
滝沢 隆俊<sup>5</sup>・牛尾 収輝<sup>4</sup>・河村 俊行<sup>2</sup>・大島 慶一郎<sup>2</sup>Observations of Sea-Ice Conditions in the Antarctic  
Coastal Region Using Ship-Board Video CamerasHaruhito SHIMODA<sup>1</sup>, Tatsuo ENDOH<sup>2</sup>, Ken'ichiro MURAMOTO<sup>3</sup>,  
Nobuo ONO<sup>4</sup>, Takatoshi TAKIZAWA<sup>5</sup>, Shuki USHIO<sup>4</sup>,  
Toshiyuki KAWAMURA<sup>2</sup> and Kay I. OHSHIMA<sup>2</sup>

**Abstract:** During the 30th, 31st, and 32nd Japanese Antarctic Research Expeditions (JARE-30, JARE-31, and JARE-32), sea-ice conditions were recorded by video camera on board the SHIRASE. Then, the sea-ice images were used to estimate compactness and thickness quantitatively. Analyzed legs are those toward Breid Bay and from Breid Bay to Syowa Station during JARE-30 and JARE-31, and those toward the Prince Olav Coast, from the Prince Olav Coast to Breid Bay, and from Breid Bay to Syowa Station during JARE-32. The results show yearly variations of ice compactness and thickness, latitudinal variations of thickness, and differences in thickness histograms between JARE-30 and JARE-32 in Lützow-Holm Bay. Albedo values were measured simultaneously by a short-wave radiometer. These values are proportional to those of ice compactness. Finally, we examined the relationship between ice compactness and vertical gradient of air temperature above sea ice.

**要旨:** 第 30, 31, 32 次日本南極地域観測隊が「しらせ」艦上で撮影した氷況観測ビデオ映像を用いて、海水の密接度、氷厚を定量化した。解析を行った区間は、30, 31 次ではプライド湾進入時、プライド湾～昭和基地の 2 区間、32 次ではプリンスオラフ海岸沖進入時、プリンスオラフ海岸沖～プライド湾、プライド湾～昭和基地の 3 区間についてである。その結果、各年による「しらせ」航路上の海水状況の違い、緯度による氷厚の変化、30 次と 32 次のリュツォ・ホルム湾内氷厚の年較差を調べることができた。また、同時に計測された短波放射計を用いてアルベドを求め、得られた密接度と比較し比例関係が求められた。さらに、

- 
- <sup>1</sup> 運輸省船舶技術研究所。 Ship Research Institute, Ministry of Transport, 38-1, Shinkawa 6-chome, Mitaka-shi, Tokyo 181.
  - <sup>2</sup> 北海道大学低温科学研究所。 Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, Kita-19, Nishi-8, Kita-ku, Sapporo 060.
  - <sup>3</sup> 金沢大学工学部電気・情報工学科。 Department of Electrical and Computer Engineering, Faculty of Technology, Kanazawa University, 40-20, Kodatsuno 2-chome, Kanazawa 920.
  - <sup>4</sup> 国立極地研究所。 National Institute of Polar Research, 9-10, Kaga 1-chome, Itabashi-ku, Tokyo 173.
  - <sup>5</sup> 海洋科学技術センター。 Japan Marine Science and Technology Center, 2-15, Natsushima-cho, Yokosuka 237.

南極資料, Vol. 41, No. 1, 355-365, 1997

Nankyoku Shiryo (Antarctic Record), Vol. 41, No. 1, 355-365, 1997

海水域接地気層の鉛直温度傾度を求め、密接度と比較した。

## 1. 目的及び経緯

海水域の状況を広域にわたって把握することは、海水域が気候に及ぼす影響を考える上で重要である。海水密接度や氷盤の大きさは、人工衛星からのリモートセンシングにより詳しく観測され、この衛星データをグランドトゥースと対比して調べる研究観測が行われている。また、海水の厚さや積雪量などの情報を得ようという試みもなされている。これら海水密接度、氷盤の大きさ、海水厚などのトゥースデータの取得には困難をとまなうのが現実である。そこで、「しらせ」の氷海域航行中の海水状況を、船上に取付けたビデオカメラで連続撮影することにより、海水密接度、氷盤の大きさを画像処理で定量化計測を行い、さらに海水厚の多点計測を試みた。この観測は第29次日本南極地域観測隊（以下29次隊）で森永（1988）によってハンディビデオカメラで間欠的ではあるが初めて試みられた。その後30次隊から32次隊までタイムラプスビデオカメラで連続的に撮影する方式で継続して実施された。これらは海水域の密接度、氷厚変化や年による違いを知る貴重な資料となった。

## 2. 観測方法

### 2.1. ビデオカメラの配置

図1に4台のビデオカメラの配置を示す。①、③、④はモノクロ CCD カメラで、①は、「しらせ」進行方向、③は、側面方向の海水状況を撮影し、④は、海上の雲など天気の様子を撮影した。なお、31、32次隊では③、④のビデオカメラは上部操舵室に取り付けた。②は、舷側のほぼ中央部（舷門真上の01甲板舷側柱）に設置し、氷厚計測を目的とした。②は、プラン

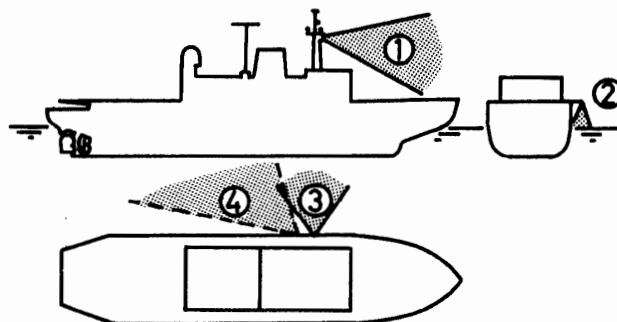


図1 「しらせ」船上における4台のビデオカメラの設置位置 ① 上部操舵室 ② 主甲板左舷舷門上 ③④ 左舷上部甲板。31、32次隊では③④は上部操舵室に取り付けた。

Fig. 1. A schematic diagram showing the arrangement of four video cameras on board the SHIRASE. Cameras ① and ② were mounted at the upper steering house, and at the top of the gangway on the main deck on the port side, respectively. Cameras ③ and ④ were mounted at the upper deck on the port side during JARE-30 and they were mounted at the upper steering house during JARE-31 and JARE-32.

クトンなどで着色した氷や、色合いから積雪状況を観測するために、カラーCCDカメラを配備した。これらの画像は第一観測室に設置されたマルチ画像収録機に集められ一本のテープに時分割録画し、後に4方向のビデオテープに復元して解析に供した。

## 2.2. 海水密接度の画像処理解析

得られた膨大な画像の処理は30次隊のデータについては手作業で下田ら(1990)が解析した。31次隊以降はMURAMOTO *et al.* (1992)によって開発された自動処理方式で効率良く進められるようになった。図1中①のビデオカメラで撮影された「しらせ」進行方向の映像を画像処理装置に取込み、 $256 \times 256$ 画素に分割された映像を適当な濃淡レベルで2値化処理して氷板と海水に分離した。この画像の任意に指定した横方向の1行(256画素)の画像について、船の進行とともに移動する海面の氷の占める割合を連続的に求め、移動平均処理をして海水密接度とした。

## 2.3. 氷厚計測

氷厚計測は、図1中②のビデオカメラで撮影された映像で行った。図2に示すように、氷板の氷厚断面が立った場面を静止画として、モニター画面上で氷厚計測を行った。氷板上の積雪量も氷厚に含めた。断面の向きについては、目視によりなるべく真上を向いたものを測定対象とした。モニター画面上の「基準長さ」として、定着水中で停船中に物差し、木材等で示準値を入れた撮影を行った。

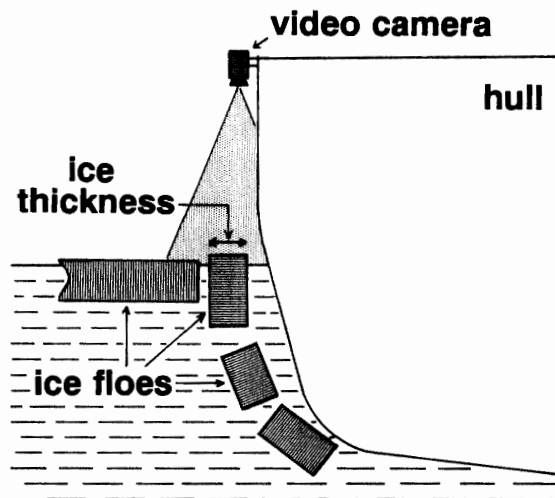


図2 カメラ②による氷厚撮影状況

Fig. 2. A schematic diagram illustrating how to measure ice thickness by video camera ②.

### 3. 観測結果

#### 3.1. 解析を行った30次から32次隊の「しらせ」の航跡

図3に解析を行った「しらせ」の航跡を示す。30, 31次隊では、ブライド湾進入時、ブライド湾～昭和基地の2区間、32次隊ではプリンスオラフ海岸沖進入時、プリンスオラフ海岸沖～ブライド湾、ブライド湾～昭和基地の3区間について解析を行った。「しらせ」はその年の海水状況によって航路を決めるので、3年間、同一航路・時期のデータはなかったが、各年による海水状況の違いを調べることができた。なお、「しらせ」は航行する上で、なるべく開水面を見つけて針路をとるため、海水密度表示では密度度の小さい海域を選択的に選ぶサンプリングをした結果になる可能性がある。

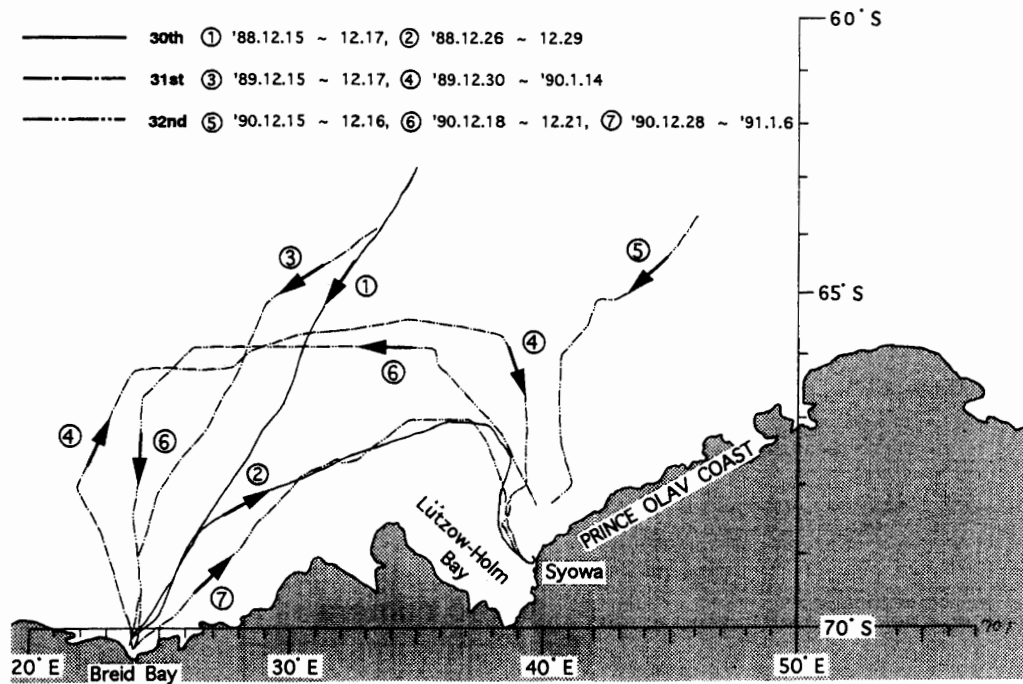


図3 リュツォ・ホルム湾とブライド湾の沿岸海域における「しらせ」の航跡実線、1点鎖線、2点鎖線はそれぞれ30次、31次、32次隊の航跡で期間は図示の番号の通り。

Fig. 3. Cruise tracks of the SHIRASE during JARE-30, JARE-31 and JARE-32 near Lützow-Holm Bay and Breid Bay. Solid lines are for JARE-30, dash-dotted lines are for JARE-31, dash-two dotted lines are for JARE-32.

#### 3.2. 「しらせ」航路上の海水密度度と氷厚

図4に30-32次隊の解析した「しらせ」航路上の海水密度と氷厚計測結果を示す。テープ交換等により欠測した部分があるが、全体の傾向を見るのに特に支障はない。

図4a(上)に示す30次隊のブライド湾進入時は、ビデオによる氷厚計測が困難であったので、密度度解析のみを行った。この区間では密度度が0%から100%を頻繁に変化しており、ビ

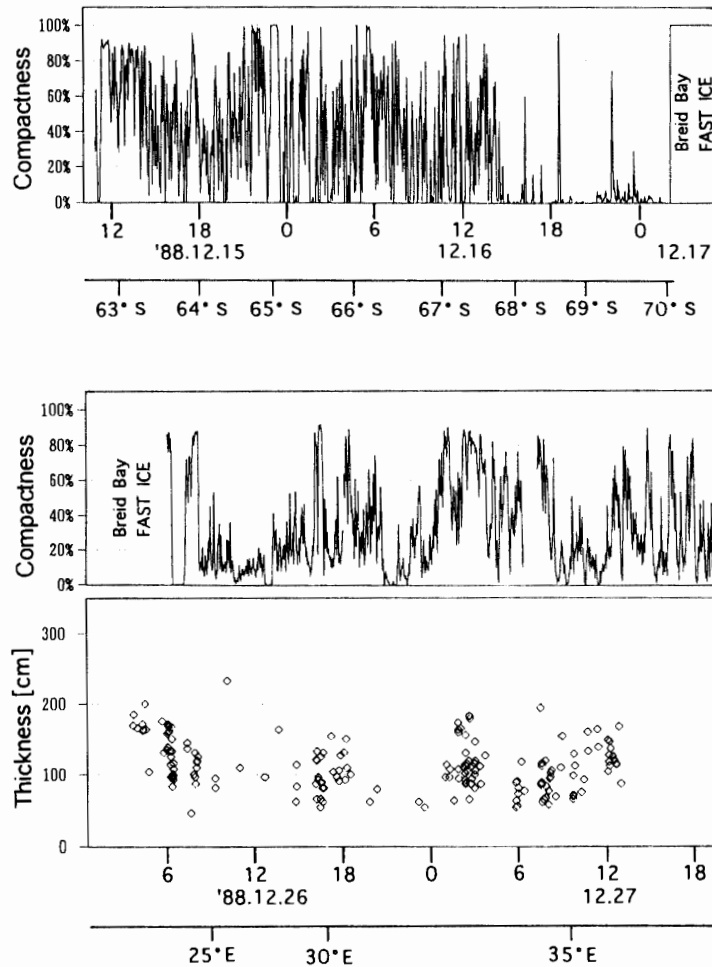


図 4a 30 次隊①の航跡に沿った海水密接度の変化 (上) 同次②の航跡に沿った密接度と氷厚の変化 (下) 横軸は時間 (LST) を示す。

Fig. 4a. (Top) Time series of ice compactness along track ① during JARE-30. (Bottom) Time series of ice compactness and thickness along track ② during JARE-30.

デオ画面から見ると、海水縁から連続した平坦氷と氷盤が割れ水路状の開水面が交互に続いていた。南緯 68 度付近からは急激に密接度が低くなり開水面が大きく広がっていた。同図 (下) に示すブライド湾から昭和基地への回航の区間では全体に密接度は低くなり周期性を持つのがわかる。ビデオ画面から見ると、連続した平坦氷はなかった。この区間の平均氷厚は 108 cm であった。

31 次隊は、30 次隊と同時期にブライド湾に進入しているが、図 4b に示すように海水状況は一変している。海水縁付近の海水密接度は低いが、南緯 65 度付近からは密接度が 90% 以上の高密接度海水域が続いていた。それでも 30 次と同様、ブライド湾に近くなると、密接度が低くなり開水面も見られた。氷厚計測では約 51 時間の撮影で 3209 点の計測に成功し、平均氷厚は 94 cm であった。昭和基地への回航時の海水状況も図 4c に見られるように 30 次とは大きく変わり、航路も南緯 66 度まで北上してから昭和基地へ向かっている。密接度は 90% 以上だが

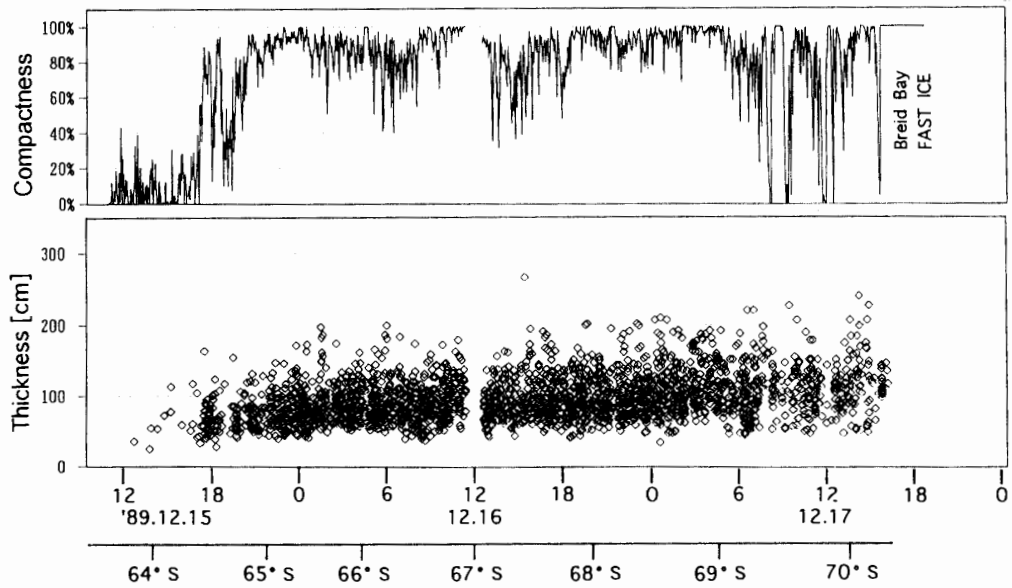


図 4b 31 次隊 ③ の航跡に沿った密接度と氷厚の変化

Fig. 4b. Time series of ice compactness and thickness along track ③ during JARE-31.

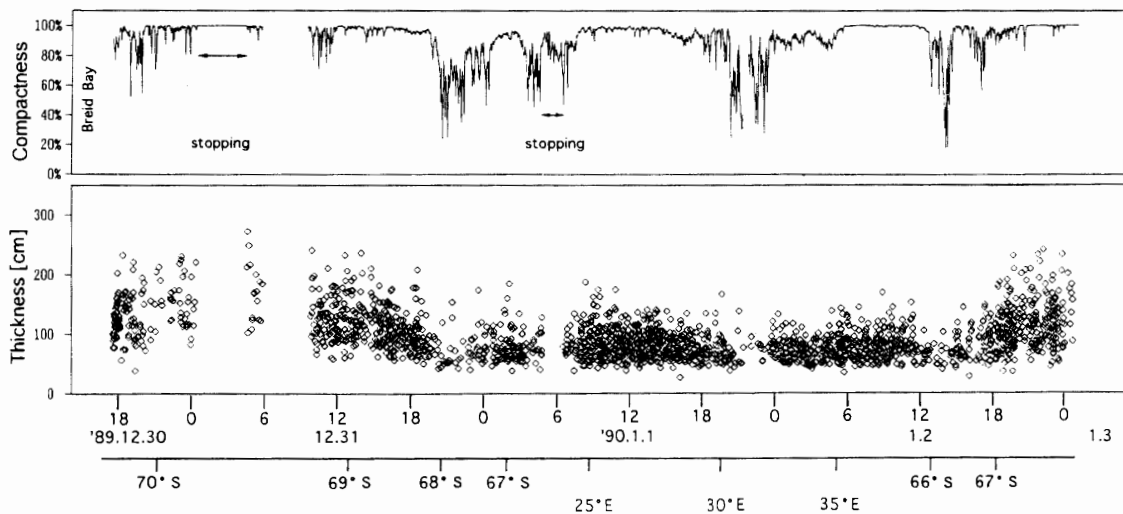


図 4c 31 次隊 ④ の航跡に沿った密接度と氷厚の変化

Fig. 4c. Same as Fig. 4b but for track ④.

3カ所ほど急に低くなる所が見られた。緯度による氷厚変化が見られるがこの区間の平均氷厚は 93 cm であった。

32 次隊では航路が変わり、30 次、31 次隊でブライド湾へ進入していた時期に「しらせ」はプリンスオラフ海岸沖へ向かった。この区間では図 4d に示すように高密度域と低密度域が繰り返して存在し、プリンスオラフ海岸定着氷沖合には開水面が広がっていた。氷厚は高密度域で多く計測され、平均氷厚は 105 cm であった。ここから「しらせ」は 31 次隊の昭和基地への回航時とほぼ同じ航跡を逆にたどりブライド湾へ向かった。時期的には 31 次隊より 10

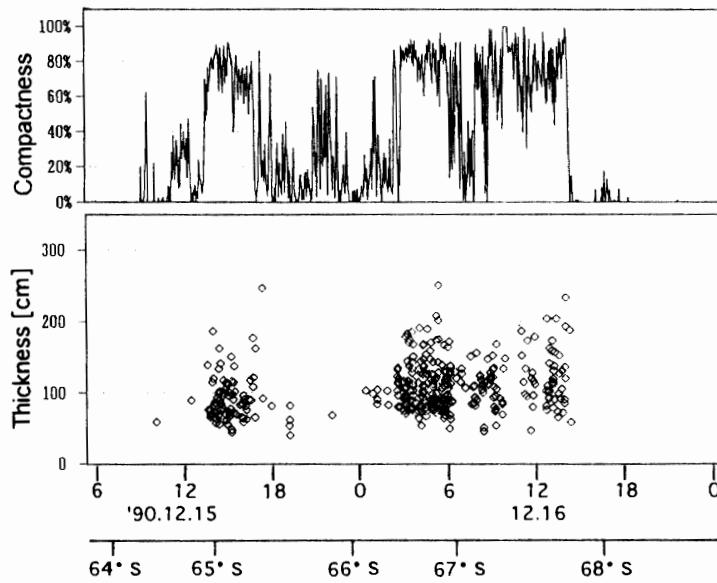


図 4d 32 次隊 ⑤ の航跡に沿った密接度と氷厚の変化  
 Fig. 4d. Same as Fig 4b but for track ⑤ during JARE-32.

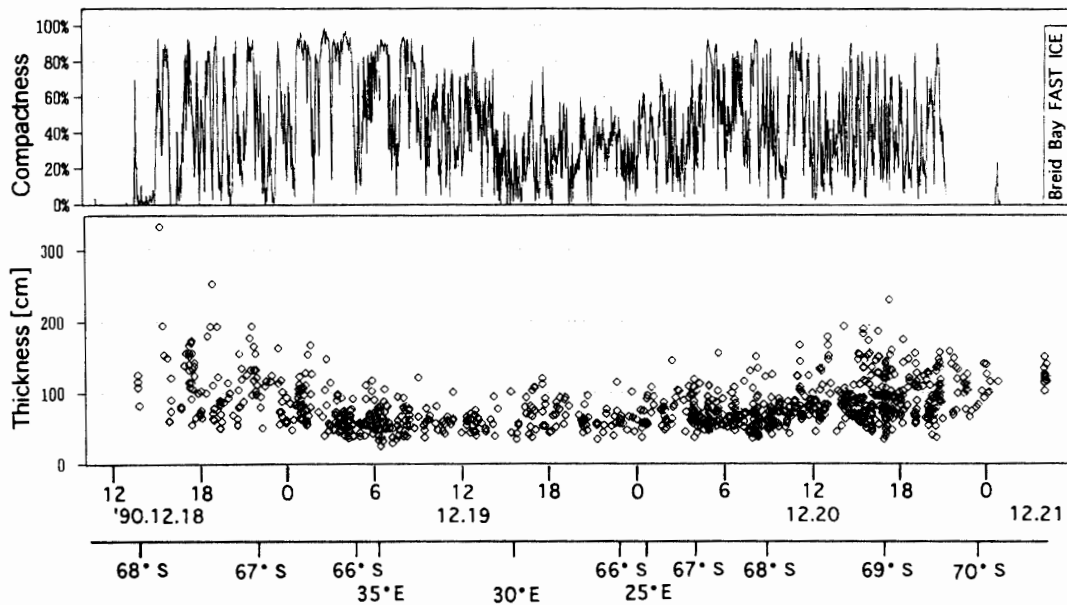


図 4e 32 次隊 ⑥ の航跡に沿った密接度と氷厚の変化  
 Fig. 4e. Same as Fig. 4d but for track ⑥.

日ほど早いですが、図 4e に示すように密接度は全般的に低く、開水面が多く存在し、密接度変化が激しい区間であった。平均氷厚は 82 cm であった。さらに「しらせ」は昭和基地へと回航し、この航跡は 30 次隊とほぼ同じで、時期は 30 次隊より 2 日ほど遅い。この区間でも図 4f に示すように密接度変化が激しいが、高密接度と低密接度の大きな周期が見られる。平均氷厚は 104 cm であった。

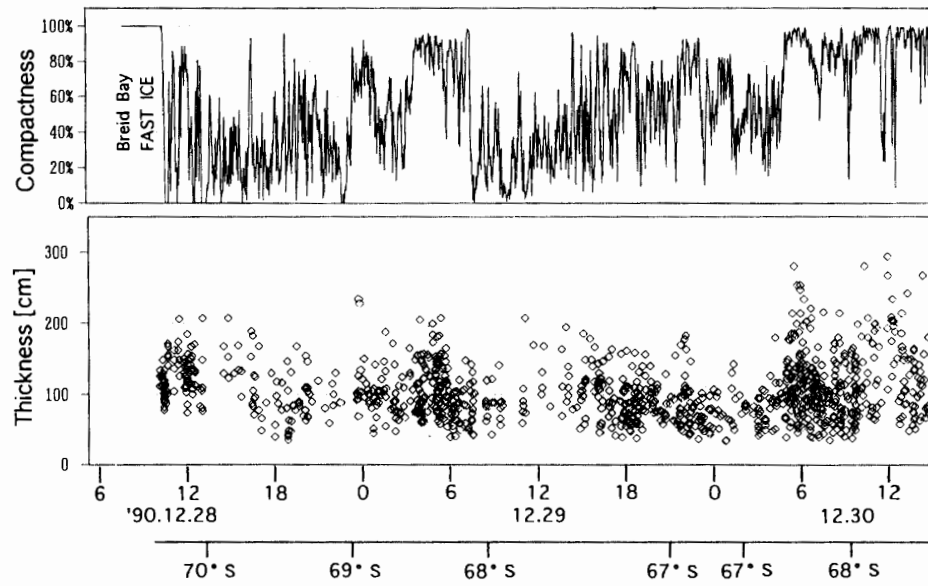


図 4f 32 次隊 ⑦ の航跡に沿った密接度と氷厚の変化  
 Fig. 4f. Same as Fig. 4d but for track ⑦.

### 3.3. 緯度による海水厚の変化

31 次隊のブライド湾進入時の氷厚変化を緯度で調べたものが図 5 である。これを直線回帰分析してみると、海水縁で氷厚は 70 cm で、ブライド湾沿岸で 113 cm になり緯度が 1 度上がると 6.8 cm 増加するという計測結果がでた。32 次隊でも同様に緯度変化で調べて見ると、8-11 cm となった。

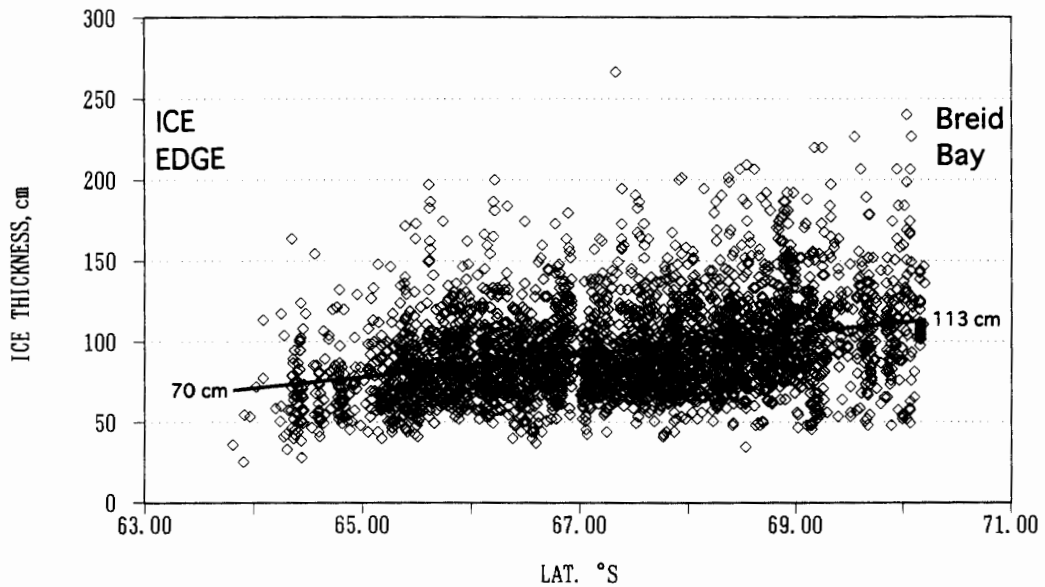


図 5 31 次隊のブライド湾進入時の氷厚の緯度に対する変化  
 Fig. 5. Latitudinal variations of ice thickness along track ③ during JARE-31.



### 3.4. 30次と32次隊のリュツォ・ホルム湾「しらせ」航路上の定着氷厚

リュツォ・ホルム湾定着氷の「しらせ」航路上の氷厚を30次と32次隊とで比較した結果を図6に示す。残念ながら31次隊では定着氷域でのビデオ観測はなされなかった。定着氷は両次隊とも南緯68度25分付近から始まっていた。計測点数は30次隊で535点、32次隊で458点計測できた。撮影時間が長いにもかかわらず、「しらせ」チャージング中はあまり氷盤が立たないため、32次隊の方が計測点数が少なくなった。平均氷厚は30次隊で116 cm、32次隊で158 cmで、その差は42 cmであった。ビデオによる氷厚計測では積雪量と海水厚を分けて計測するのはむずかしいので、この42 cmの差が海水厚の増加、あるいは積雪量の違いによるものかはわからない。しかし、船上目視観測から32次隊では1 m近い積雪が観測されており、冠雪の影響が大きいと思われる。氷厚分布を見ると、30次隊では氷厚が100 cm-120 cmに集中しているが、32次隊では幅広く分布しているのがわかる。

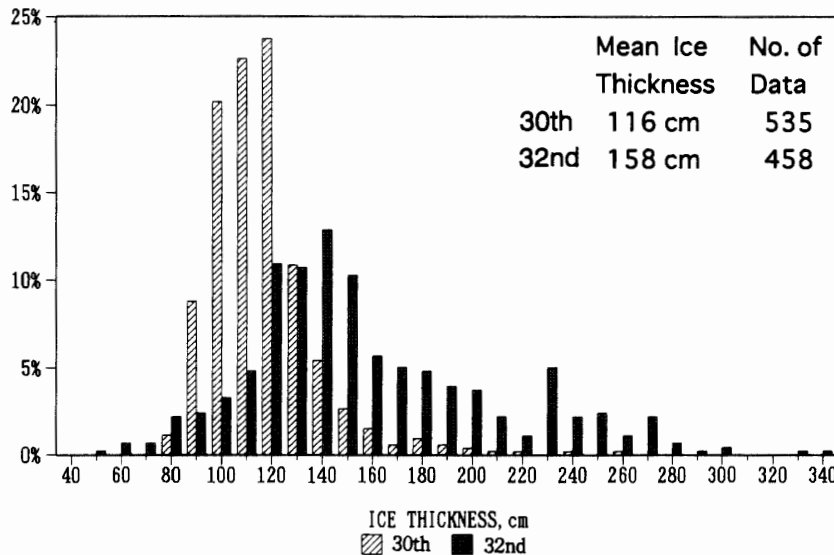


図6 リュツォ・ホルム湾内の氷厚の相対頻度分布の30次と32次隊の年較差

Fig. 6. A comparison of ice-thickness histograms between JARE-30 and JARE-32 in Lützow-Holm Bay.

## 4. おわりに

当初の目的に従って、MOS-1のグランドトゥースに供すべきサーベイを行ってみたところ、MOS-1の軌道と「しらせ」の航跡が交差する頻度は極めて低く、6時間以内の差で前後を通過したシーンは全期間をとおして4回であった。最も接近したケースはリュツォ・ホルム湾へ入るところで1時間の差であったが、残念ながらこの時のMOS-1の画像から判断して、薄い下層雲が海水野全体を覆い、わずかながら筋状になっているのが認められた。海水分布は雲に比べて持続性が高いのでこの仮定の下で、今後他の晴れ間のシーンと対比する予定である。

一方、海水密度と他の観測要素との比較が遠藤ら(1990)、遠藤・下田(1991)によってな

された。遠藤ら (1990) は、舷側から突き出したアームに、下4分の1立体角を遮蔽した短波放射計を下向きに取り付け、得られた値を2倍して上向き放射とし、アルベドを求めた。それを海水密接度と比べたところ、アルベドの変動が激しく図7に示すように9個の移動平均をかけて、相関係数0.73の比例関係が求められた。また遠藤ら (1991) は艦首及びブリッジ上に取り付けた温度センサーとの値と海水温度から、海水域接地気層の鉛直温度傾度を求め密接度と

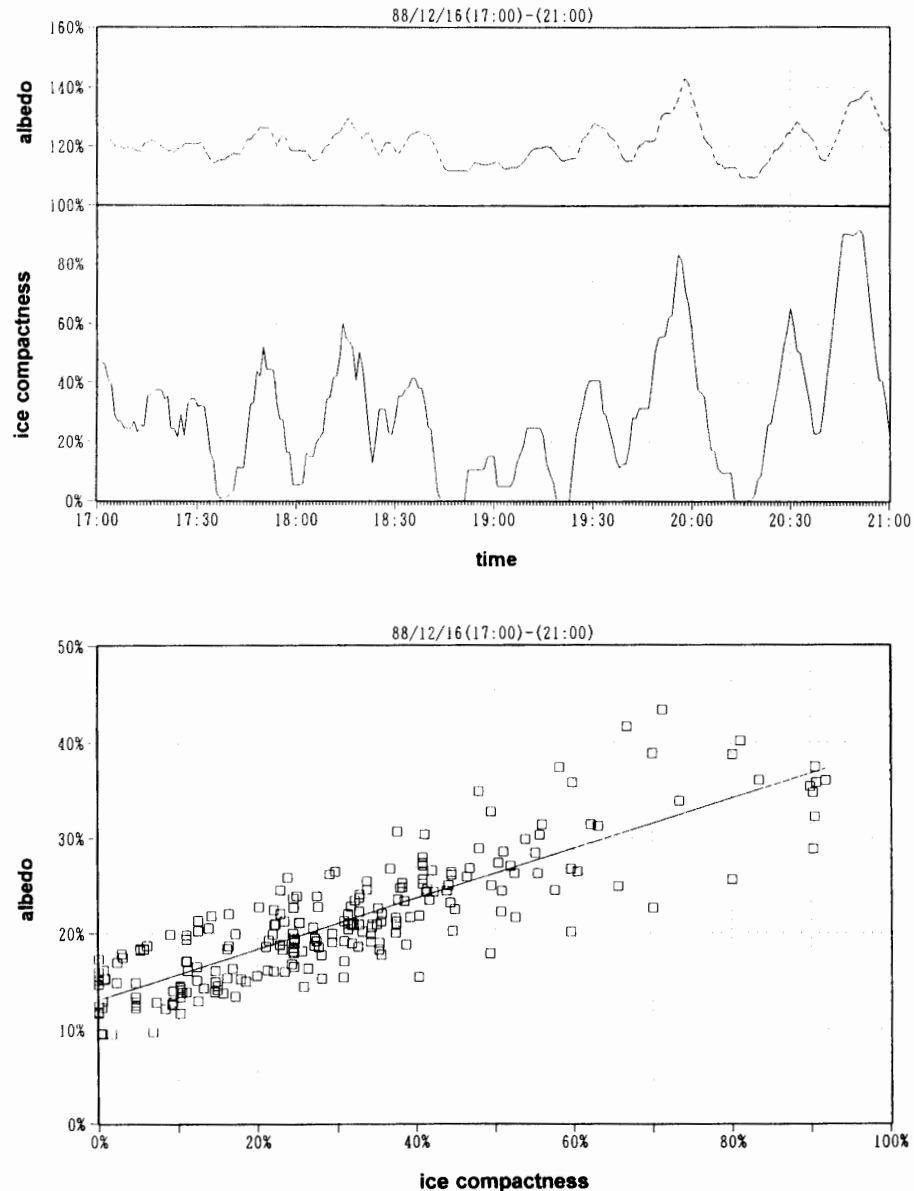


図7 海水域のアルベドと密接度の関係

上: 双方の時間変化 (縦軸でアルベドは100%加算してある)

下: 双方の相関関係 (密接度を9個移動平均して相関係数0.73)

Fig. 7. The relation between ice compactness and albedo during JARE-30. (Top) Time series of ice compactness and albedo. (Bottom) Correlation between ice compactness and albedo.

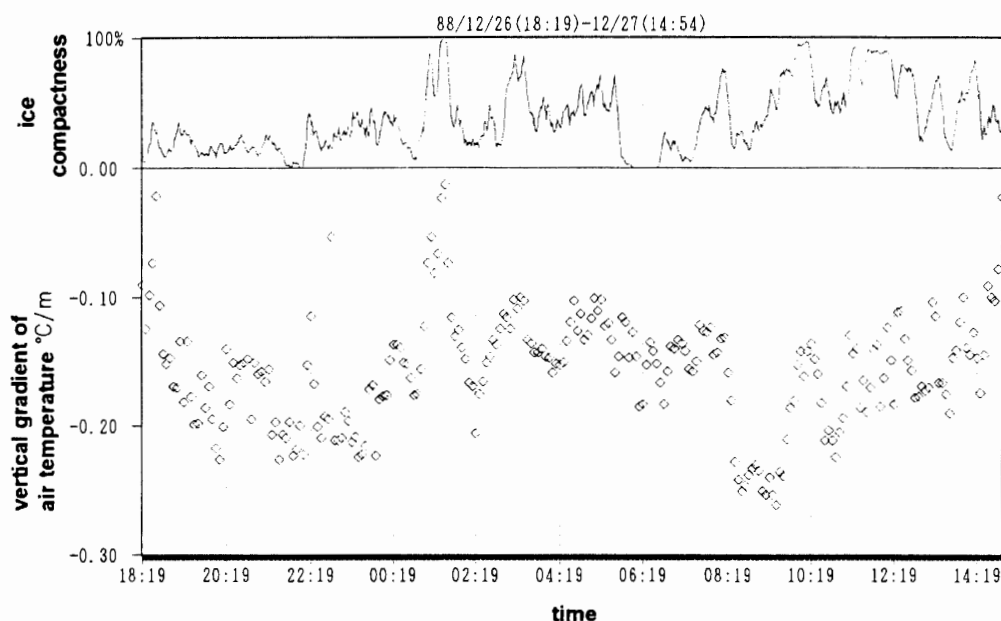


図8 艦首の気温と海水温度から得た気温鉛直傾度と密接度の関係

Fig. 8. Time series of ice compactness and vertical gradient of air temperature above sea ice.

比較した。図8に示すように、密接度が高く100%に近づくとつれて（図の時間軸左から3分の1付近に相当）、気温傾度がゼロに近づき、その前後の開水域では例外なく気温傾度が負で上ほど気温が低い結果であった。このことは開水域では、適当に海氷が散在分布することによって、より効果的に顕熱とさらに潜熱がおびただしく上方へ輸送されていることを示唆するものと考えられる。

これらのようにこのデータが他の要素と比較検討され、理学・工学的に大いに活用されるようにデータベース化する必要がある。

## 文 献

- 遠藤辰雄・下田春人 (1991): 南極海水域の表面気温傾度の観測。第14回極域気水圏シンポジウム講演要旨。東京, 国立極地研究所, 30-31.
- 遠藤辰雄・下田春人・森永由紀・小野延雄 (1990): 海水域におけるアルベードの船上観測。第13回極域気水圏シンポジウム講演要旨。東京, 国立極地研究所, 50-51.
- 下田春人・遠藤辰雄・小野延雄 (1990): 船上ビデオ撮影による海水状況観測 (JARE30)。第13回極域気水圏シンポジウム講演要旨。東京, 国立極地研究所, 5-6.
- 森永由紀 (1988): 南極域の海水の密接度と接地気象。第11回極域気水圏シンポジウム講演要旨。東京, 国立極地研究所, 64.
- MURAMOTO, K., MATSUURA, K., ENDOH, T., SHIMODA, H. and ONO, N. (1992): Analysis of sea ice compactness by image processing. Proc. NIPR Symp. Polar Meteorol. Glaciol., 6, 126-131.

(1996年9月1日受付; 1996年10月30日受理)