



航空機搭載マイクロ波放射計を用いた海氷情報抽出
アルゴリズムの高精度化の研究(I):
ビデオ画像による観測視野内画像の作成と評価

| | |
|-------|---|
| メタデータ | 言語: Japanese 出版者: 公開日: 2008-05-21 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 中山, 雅茂, 谷川, 朋範, 西尾, 文彦, 酒井, 源樹 メールアドレス: 所属: |
| URL | https://doi.org/10.32150/00005018 |

航空機搭載マイクロ波放射計を用いた海水情報抽出アルゴリズムの高精度化の研究（Ⅰ） —ビデオ画像による観測視野内画像の作成と評価—

中山 雅茂^{1)*}, 谷川 朋範¹⁾, 西尾 文彦¹⁾, 酒井 源樹²⁾

北海道教育大学釧路校

¹⁾地球惑星科学研究室

²⁾物理学研究室

(*1999年4月より 東海大学大学院工学研究科博士後期課程在学)

Algorithm developments on sea ice parameters by airborne microwave radiometer (I)

Masashige Nakayama¹⁾, Tomonori Tanikawa¹⁾, Fumihiko Nishio¹⁾ and Motoki Sakai²⁾

¹⁾Earth and Planetary Science Laboratory

²⁾Physics Laboratory

Kushiro Campus, Hokkaido University of Education

Abstract

It is very important for monitoring the interannual variability of sea ice extents in the Okhotsk Sea because the global warming has firstly appeared around the Okhotsk Sea, locating around the southernmost region of sea ice cover in the Northern Hemisphere. In order to develop the sea ice concentration algorithm by microwave sensors onboard satellite, electromagnetic properties of sea ice in the Okhotsk Sea, therefore, were observed by airborne microwave radiometer (AMR), which has the same frequencies as AMSR (Advanced Microwave Scanning Radiometer), ADEOS-II, launching on November, 2001.

AMR could obtain the fixed projected area data instead of the image data like the scanning sensor because the AMR sensor with 12 channels (6 frequencies, and horizontal and vertical polarization) is pointing at the fixed area under flight course with 55 degrees behind the nadir of aircraft.

On this study, it is discussed how to make the image of AMR-EFOV and the video image with nadir angle under flight at the same time, and superimpose the brightness temperature data by AMR-EFOV on the video mosaiced images. Then, the sea ice concentration, which is calculated from the video image, was compared with the brightness temperatures measured by AMR sensors.

As a result, the correlation coefficients between concentration of sea ice and brightness temperatures are over 0.97.

1. はじめに

地球は人間の急速な経済成長の結果、多くの自然を失ってきた。近年は、直接的な破壊にとどまらず、フロンガス放出によるオゾン層の減少によって引き起こされる地表面への紫外線到達量の増加や、大気汚染による酸性雨の被害などが表れている。また、二酸化炭素やメタン放出の急増に伴う温暖化は地球規模の気候を変え、熱や水の循環のバランスを崩す恐れがある。今後、これらの問題に対処していくためには、被害や影響の表われを全球レベルで把握し、今後の予測を行っていくことが非常に重要である。

本研究では、地球環境問題の中でも温暖化によって海水が受ける影響と、地球上での大気や海洋の水循環と熱循環における海水の役割を評価する手法としてマイクロ波放射計による海水観測に注目した。そして、衛星マイクロ波放射計による新しい観測手法の手がかりを得るために、まず、航空機搭載マイクロ波放射計による観測を行い、基礎的な解析方法の確立を行った。

1. 1. 雪氷圏リモートセンシングの重要性

自然現象の予測を行うには現地調査によって得られたデータと、各種物理量との関連を表す関係式、そして、それぞれの関係式を統合するモデルが必要となる。しかし、前述した環境問題は一部の地域に留まらず地球規模での問題となっている。これらの問題を解決するには、一定の周期で地球全体を観測することができる衛星の利用が有効である。また広い範囲にわたる同質で同時性を有した継続的なモニタリングを行うためにも、衛星によるリモートセンシングは有効である。温暖化による影響の検知を考えた場合、その影響の表われが顕著に現れる対象の一つとして雪氷圏をあげることができる。

雪氷圏では温暖化による影響の現われとして、氷河の後退、氷床の減少、海水分布面積の減少などが指摘されている。雪氷圏のアルベド（反射率）は高く、太陽からの光エネルギーを反射する働きをする。言い換えると、地球の冷源なのである。なかでも海水は季節によって分布が大きく変化し、その多くが雪氷圏の縁辺部にあることから温暖化の進行を検知し評価する指標の一つとなる。また雪氷面のアルベドが0.4以上に対し海洋は約0.04から0.1程度と低いことから、海水が減少することによって太陽からの放射エネルギーは海洋に供給され、温暖化を加速させる正のフィードバック効果をもたらす可能性が考えられる。なかでも極域や海洋では、人間が定常的に直接観測を行うことが困難であり、雪氷圏におけるリモートセンシングは今後さらに重要となり、なかでも海水観測は重要な一つの項目になっている。

1. 2. マイクロ波放射計の利点

マイクロ波を用いる理由として、マイクロ波の雲に対する透過性と太陽光を必要としないという特徴があげられる (Ulaby, et al., 1981)。マイクロ波は水雲の場合でも、周波数が10GHz以下では約90%の透過率がある。さらに、氷晶雲では周波数が高い場合でも減衰はわずかである。また、光学センサの場合には太陽光が必要となるが、マイクロ波は太陽光を必要としないことから昼夜を問わず観測することができ、特に極域での太陽高度が低くなる期間の観測手段として有効である。マイクロ波を用いたセンサには、能動型リモートセンシング (active microwave remote sensing) である合成開口レーダがある。この ERS-2 (European Remote Sensing Satellite-2)、RADARSAT などは分解能が高い反面、同一地点を観測する周期が長く、海水は海域において移動が速いことから、短周期的な観測手段としては不向きである。一方、受動型リモートセンシング (passive microwave remote sensing) であるマイクロ波放射計を現在、搭載し運用中の DMSP (Defense Meteorological Satellite Program)、SSM/I (Special Sensor Microwave Imager) は、ほぼ一日で地球全域を観測することができる。この雲に対する高い透過率と観測頻度の高さ

から、衛星マイクロ波放射計による海水観測は有効である。

2. オホーツク海における航空機搭載マイクロ波放射計による海水観測

オホーツク海における既存のアルゴリズムの評価と新しいアルゴリズム開発のために、オホーツク海とサロマ湖を実験海水フィールドにして航空機観測と地上観測を行った。航空機観測では、衛星搭載のセンサからでは得ることのできない高分解能データを取得することができた。

2. 1. オホーツク海の海水分布

海水は大きく、多年氷 (multi-year ice) と1年氷 (first-year ice) に分けることができる。多年氷は1年以上融解せずに残っている海水で、1年氷は板状軟氷から発達し一冬より長くは経過しない海水である。オホーツク海の海水は、オホーツク海の北西部、アムール河の河口近くで11月はじめに凍結が始まり、シベリア大陸沿岸に沿って北東に発達するとともに東に発達する。12月上旬にはサハリン島北部に達する。そして、1月初旬には北海道オホーツク海岸沿いに発達した海水が流れ南下し、中旬頃には接岸し、3月上旬または中旬に、最もオホーツク海に拡大する。北半球の海洋の中でオホーツク海は面積としては小さな海域であるが、地球温暖化に伴ってこの海域周辺が影響を顕著に受けるものと予測されていることから、海水の分布をモニタリングすることは重要である。また、オホーツク海の海水はユーラシア大陸のアムール川から大量に流入する淡水によって、表層では塩分濃度が低くなっており、海水は成長しやすいと言われている。多年氷は存在せず、全面積約153万km²のうちの平均80%が1年氷で覆われ、1967年には約93%に達した。Fig.1

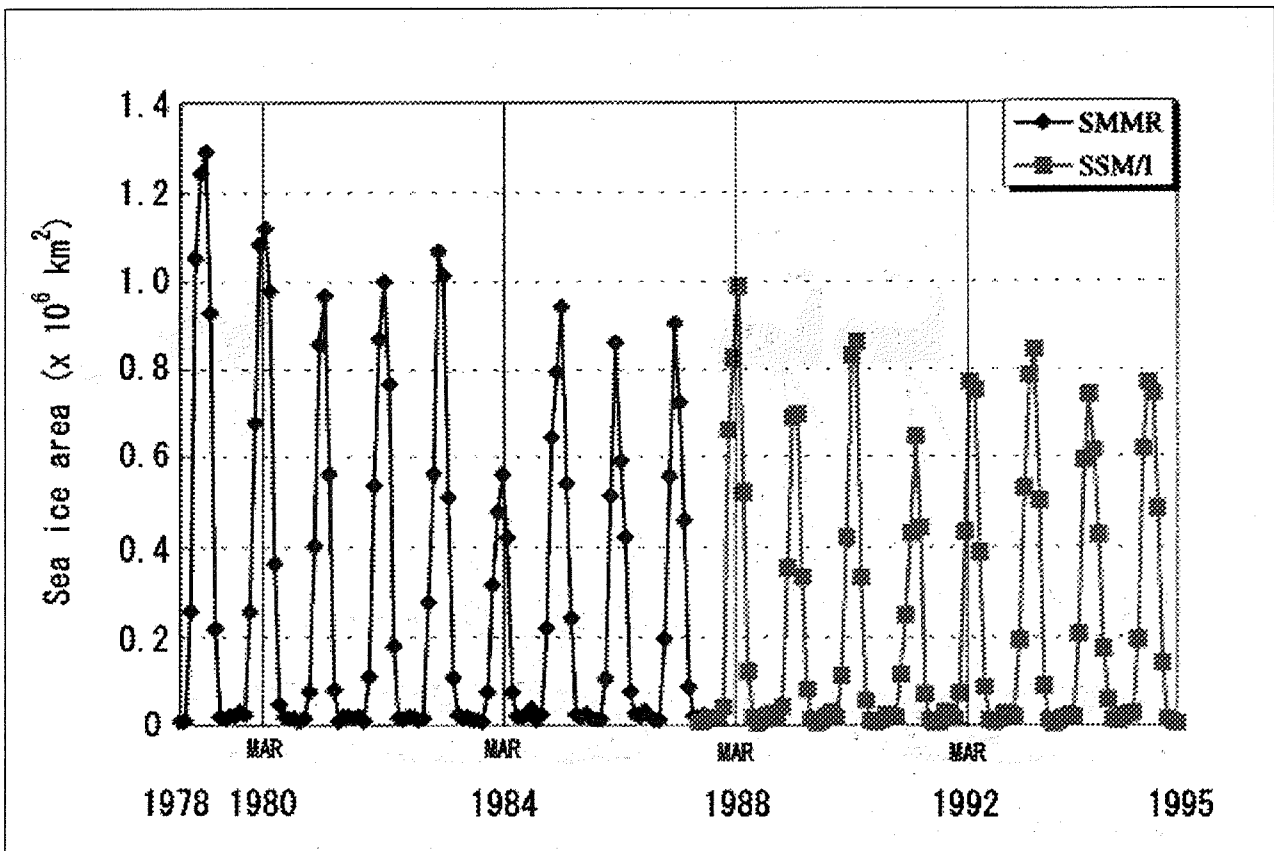


Fig.1. Interannual sea ice extent by SMMR and SSM/I in the Okhotsk Sea (after Cho, et al., 1996)

は、長ら (1996) が衛星マイクロ波放射計 SMMR, SSM/I のデータを用いて求めたオホーツク海の海水面積の変動である。近年、最大海水面積が減少する傾向にあることがわかる。

2. 2. 航空機搭載マイクロ波放射計

航空機搭載マイクロ波放射計 (AMR : Airborne Microwave Radiometer) は、宇宙開発事業団によって2001年に打ち上げが予定されている ADEOS-II に搭載の高性能マイクロ波放射計 (AMSR : Advanced Microwave Scanning Radiometer) の準備プログラムとして開発された航空機搭載用地球観測センサである。このセンサは、海水面や海面、または地表面などから放射される微弱なマイクロ波を多周波、多偏波で受信し、様々な物理量を推定することのできるセンサとして期待されている。解析に使用したデータは、中日本航空株式会社所有のビーチクラフト200スーパーキングエアに AMR を搭載し観測したものである。センサの視野は航空機の進行方向に対し後方 55° に傾いて固定され、航空機の進行に伴って観測対象範囲が移動する。

観測周波数は6周波あり、それぞれ水平・垂直偏波があり合計12チャンネルとなる。両偏波は積分時間1.33秒で交互に観測することから、両偏波の有効視野 (EFOV : Effective Field Of View) は一致しない。そして、ホーン型のアンテナによって観測された電磁波はアンテナ輝度温度に変換され記録される。また、観測と同時に撮影したビデオの視野は航空機の直下に向けられ、観測高度600m、AMR のアンテナ入射角 55° の場合には、AMR の観測視野の中心よりも約860m前方を撮影していることになる。これらの条件にもとづき、ビデオモザイク画像より海水密接度を推定し、AMR によって観測されたアンテナ輝度温度と比較した。しかし、航空機の旋回中は AMR の観測位置とビデオ画像との対応付けが困難であり、アンテナ入射角が変化することから、解析を行ったのは飛行の姿勢が安定した区間のみとした。

AMR 観測概念図を Fig.2 に、主な諸元については Table 1 にまとめた。Table 1 中のビーム幅は水平偏波の場合を示しており、垂直偏波では Elevation (El.) と Azimuth (Az.) が逆となる。

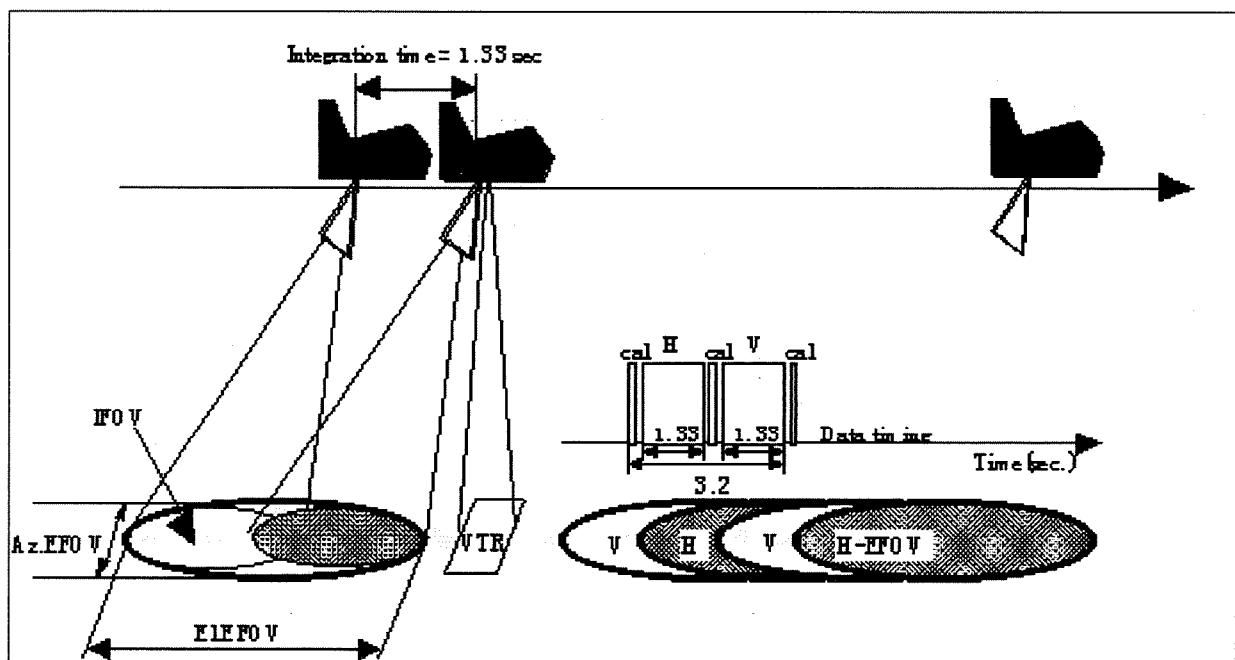


Fig.2. Projection of airborne AMR IFOV and VTR image on sea ice surface.

Table 1. Specification of Airborne Microwave Radiometer (AMR)

The parameter specifications of AMR are described and AMR is borned on a Beach-200 aircraft.

| | | | | | | |
|---------------------------------|---------|-------|------|------|------|------|
| 観測中心周波数 (GHz) | 6.925 | 10.65 | 18.7 | 23.8 | 36.5 | 89.0 |
| 観測帯域幅 (MHz) | 350 | 100 | 200 | 400 | 1000 | 3000 |
| 積分時間 (sec) | 1.33 | | | | | |
| 温度分解能 (K) | <0.1 | <0.2 | <0.1 | | | |
| 偏波 | H and V | | | | | |
| ビーム幅(deg) Az. (3dB deg.) El. | 10.8 | 9.0 | 6.6 | 5.5 | 6.3 | 6.0 |
| | 12.3 | 10.0 | 7.9 | 6.3 | 7.2 | 6.9 |
| 主ビーム効率 (%) | >90 | | | | | |
| 交差偏波発生率 (%) | <3 | | | | | |
| サンプリング周期 (s) | 3.2 | | | | | |
| ダイナミックレンジ (K) | 30~340 | | | | | |
| 絶対精度 (K) | <1 | | | | | |

3. 1996年2月17日観測データ (AMRとSPOT画像) による解析

マイクロ波放射計を用いた観測はアンテナ入射角によって観測輝度温度が変化する。そこで、解析に用いたデータは海水域観測データのうち、航空機の旋回中や上昇・下降中を除いたものを使用した。

3. 1. SPOT画像による観測海水域の特定

航空機観測と同じ日にサロマ湖を含む、オホーツク海沿岸のSPOT画像が取得された。そこで、後述するビデオモザイク画像をSPOT画像と対応させ、AMRによって観測された海水域を特定した。SPOT画像と各観測コースの軌跡、対応づけたビデオモザイク画像をFig.3に示す。SPOT画像は3シーン (PATH_LOW : 334_260, 334_261, 334_262) のLevel 2の画像をモザイク後、画像下に写っているサロマ湖とその周辺の道路や港を基準とし地図投影したものである。Fig.3の赤色のラインで示された各観測コースの軌跡は、航空機に備え付けられた飛行情報システムFDS-200によって得られた位置情報(緯度, 経度)によって得た。そして、ビデオモザイク画像はSPOT画像内で対応が確認できたものだけを、SPOT画像の縮尺に合わせ縮小し対応地点に重ね合せた。Course1の赤色で示した軌跡と、SPOT画像に対応したビデオモザイク画像が海岸に近くなるほど離れていることがわかる。これは、SPOT画像が航空機の観測よりも約2時間前にとられていることから、海岸線近くでは海水が西から東に向かって流れていることがわかる。また、海水域をAとBの2つに分けたが、海水域Aは海水がまだ発達しておらず、表面に積雪がないと考えられ、砕け氷などの集まりであると推測される。もしくは、氷盤サイズがSPOTの地上分解能20mに満たないために、1画素中の視野内が海水と開水面の混合したものと考えられる。

3. 2. Course 1の偏波, 周波数間の輝度温度の関係

今回のビデオモザイク画像を用い解析に使用したCourse1の各周波数における垂直・水平偏波の輝度温度の散布図をFig.4に示した。右斜め上半分が垂直偏波間, 左斜め下半分が水平偏波間の各周波数ごとの特徴空間である(以後, 垂直をV, 水平をHと表記する)。まず, 周波数が上がるにつれ輝度温度の変化幅が小さくなり, 輝度温度の最低値が6.925GHz-Vと89.0GHz-Vでは, 89.0GHz-Vの方が100K以上高くなって

いることがわかる。また、同じ周波数の組み合わせによる特徴空間を見た場合、水平偏波間よりも垂直偏波間のほうが分散が小さく、隣り合った周波数では一本の直線上に分布が集中し、周波数が離れるごとに2つの分布に分かれていくことがわかる。

3. 3. 考察 (Course 1-A, Course 1-B, Course 3-A, Course 3-B)

Fig.5 は36.5GHz-Vと89.0GHz-Vの散布図である。Course 1とCourse 3をそれぞれ海水状態によってAとBに分けてある。ここでの海水状態とは、ビデオモザイク画像から視覚的に海水の表面状態、氷盤の大きさの違いによって海水を分類したものである。海水状態A, BはFig.3のSPOT画像を用いた海水状態の分類に対応しており、Aが生成初期からまだ氷板としては未発達な砕け氷の海水であり、Bは表面のアルベドが高く、海水の表面が積雪、もしくは雪氷の構造になっている板氷と推測した。Course 3の海水状態はSPOT画像では雲によって確認できないので、観測と同時に撮影したビデオ画像を基準に判断した。次章で説明するビデオモザイク画像を、各コース、各海水域ごとにその一部分をFig.6に示した。

Fig.5の特徴空間においてCourse 1-A (×)とCourse 3-A (●)は、同一の直線上に位置する。これは、Fig.6のビデオモザイク画像からも明らかのように、同じ海水タイプを意味している。次に、Course 1-B (△)とCourse 3-B (■)では、輝度温度が高くなるにつれ同上の直線上から離散して空間的な広がりが大きくなる。これは密接度が高いが、AMRの有効視野内を構成する海水の種類が1つではなく、その混合比によって変化しているものと考えられる。

次に、海水域A (×, ●)と海水域B (△, ■)を比較してみる。この二つの海水域の直線的な空間分布の交点である、36.5GHz-Vの約200K, 89.0GHz-Vの約237K付近が海水面を表し、それぞれ海水密接度が増加するにつれ輝度温度も増加する。しかしながら、海水域Bは36.5GHz-Vの輝度温度増加に対し、約245Kあたりから89.0GHz-Vの輝度温度が増加しなくなるものがある。89.0GHzは波長にして0.34cmとなり、海水板の上に積雪が存在する場合、海水からの放射は積雪によって吸収されるものと考えられる。そのため、36.5GHz-Vの輝度温度増加にもかかわらず、89.0GHz-Vの輝度温度の増加がおさえられているものと推測できる。

4. ビデオ画像による航空機搭載マイクロ波放射計の有効視野画像作成

既存のアルゴリズム評価と新しいアルゴリズム開発のためには、航空機観測による高分解能データの取得が不可欠となった。しかしながら、航空機搭載マイクロ波放射計の地表面分解能は数百m (Table 2参照)とSPOT, TMなどの光学センサよりも低い。そのために、マイクロ波放射計の有効視野 (EFOV) の情報を、他の方法で得る必要がある。そこで、航空機搭載マイクロ波放射計を用いた観測と同時に、航空機の直下を撮影したビデオ画像からマイクロ波放射計の有効視野内画像を得る手法を新しく開発した。この章では、実際に作成した有効視野切り出しを行うのに必要な事項について、順を追って説明する。実際には本研究で用いた航空機搭載マイクロ波放射計の視野は楕円であるが、ここではそれを含む長方形の画像を切り出す手法について説明する。

4. 1. ビデオモザイク画像の作成

AMR観測と同時に航空機直下の海水分布状態を撮影したビデオ画像をA/D変換し、1シーン240×180または320×240ピクセル、フレームレイト (fps) を飛行高度によって変更し動画画像として保存した。そしてこの動画画像を各フレームごとに分割し、A/D変換の際に生じる画像周辺のノイズと画面下部に撮影

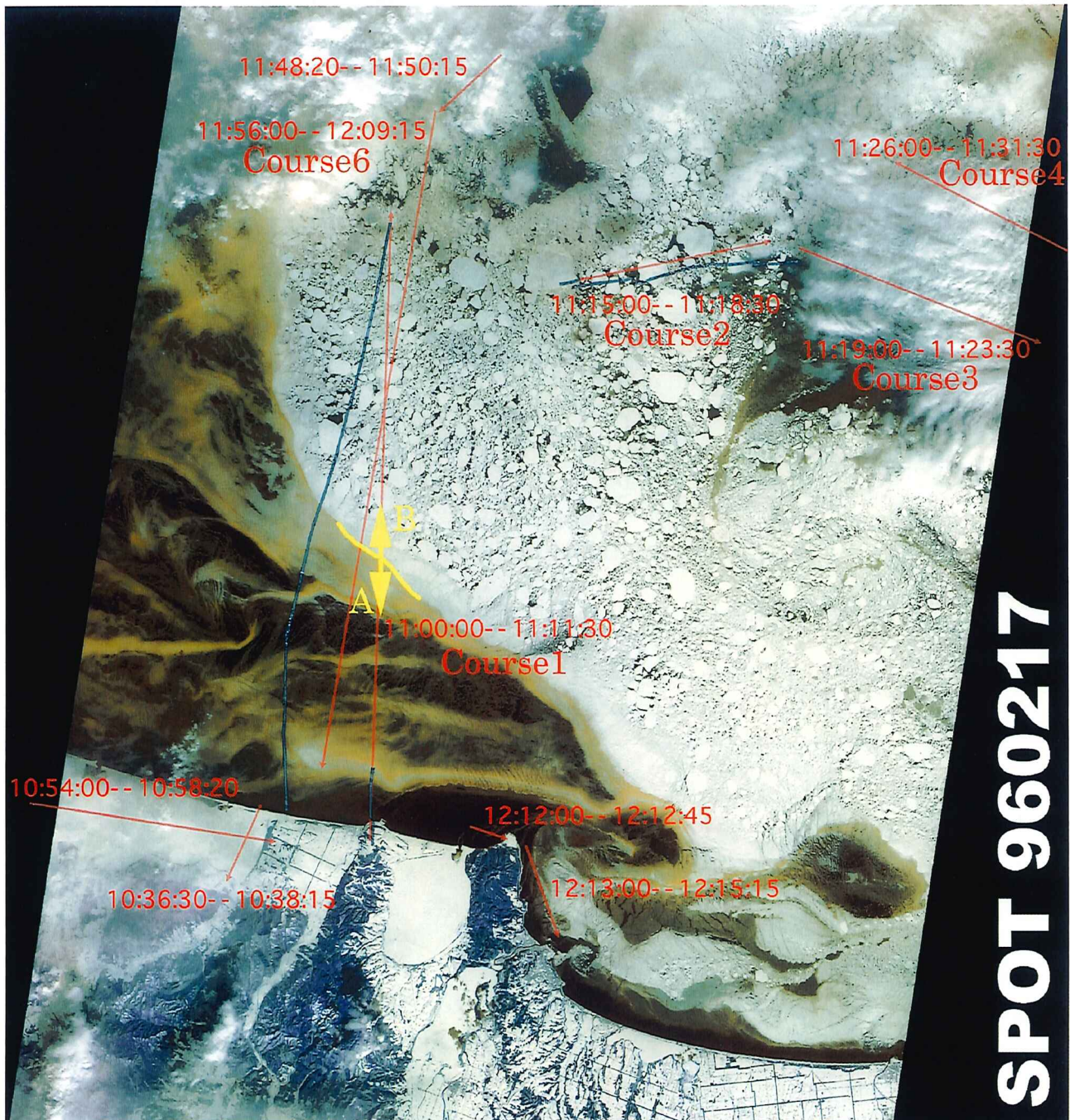


Fig.3. SPOT image of sea ice floes in the Okhotsk Sea (February 17, 1996).

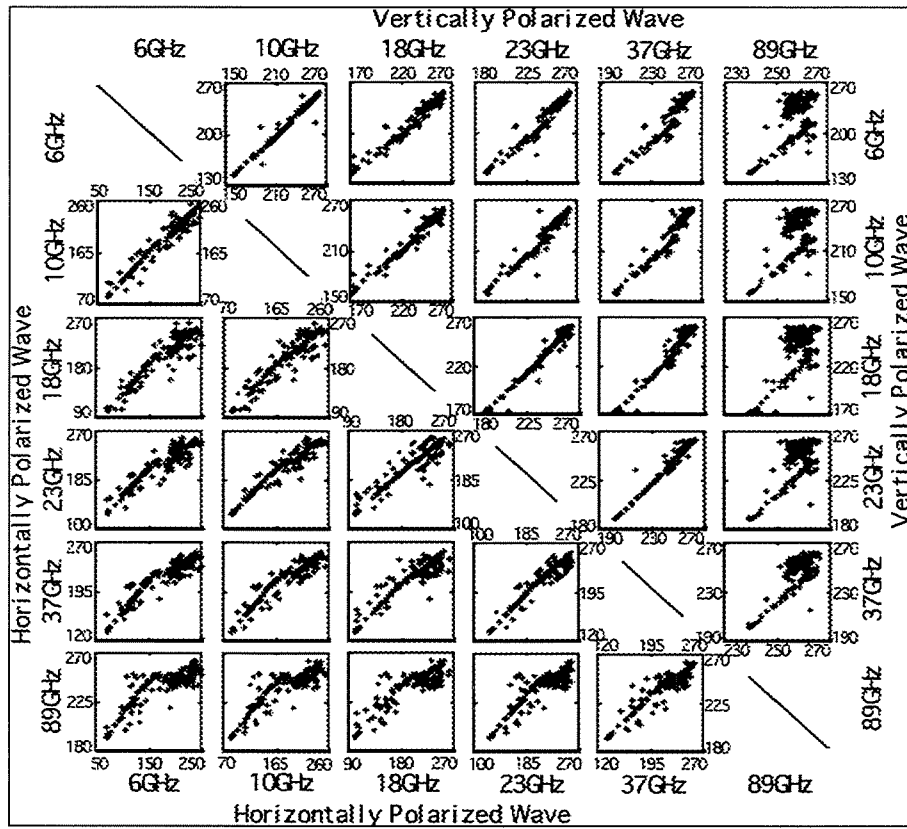


Fig.4. Scatter plots among the same polarization on Course1.

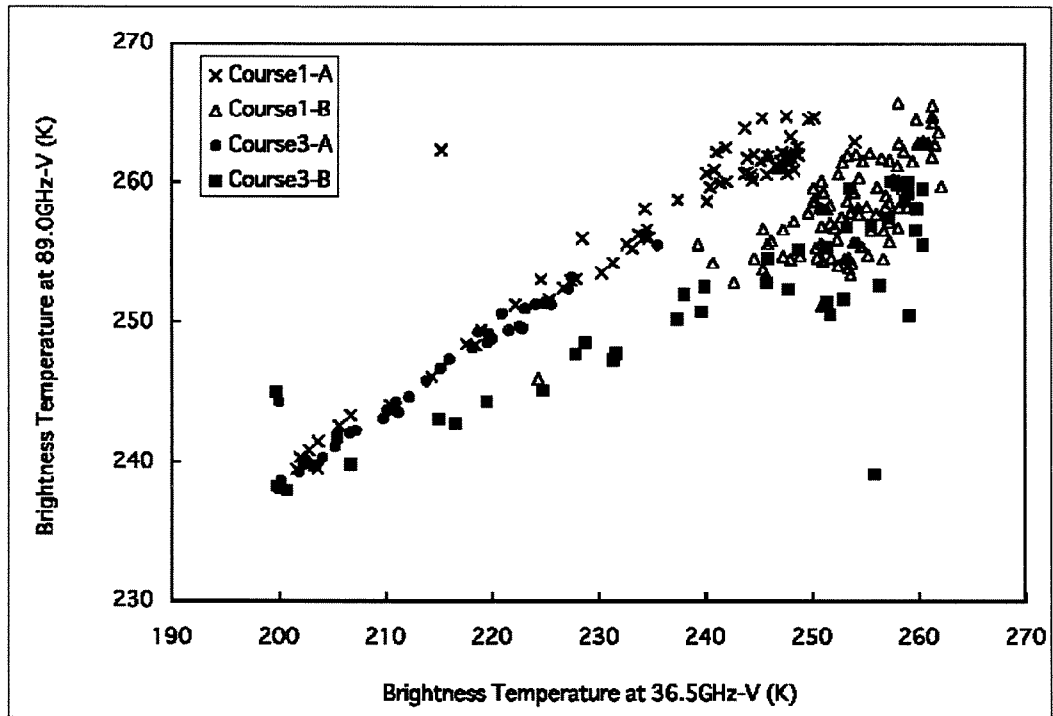


Fig.5. Scatter plots of 36.5GHz-V versus 89.0GHz-V on Course 1-A, Course 1-B, Course 3-A and Course 3-B.

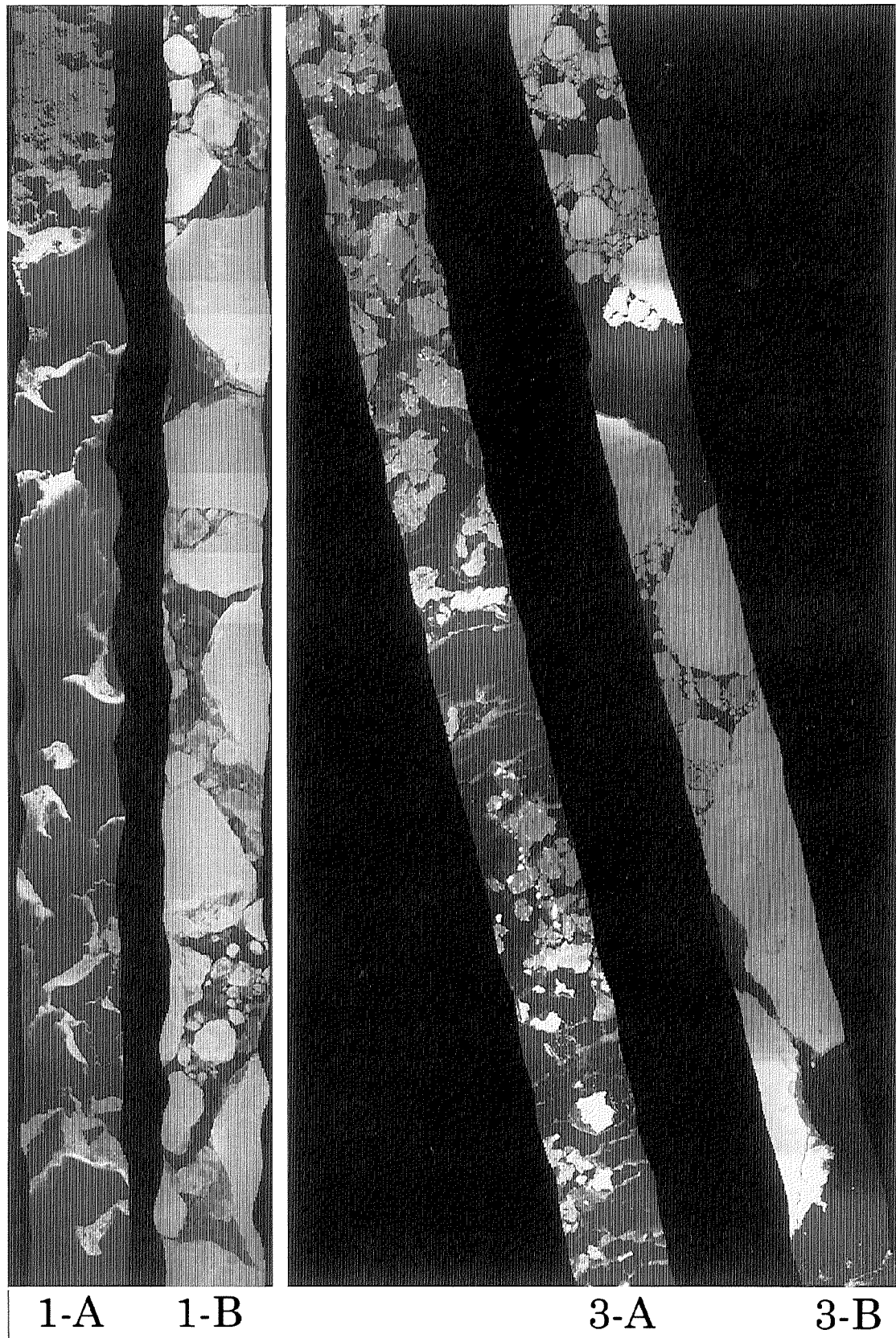


Fig.6. Mosaiced VTR images on Course 1-A、1-B、3-A、3-B.

Table 2. Effective field of view size at 55 degrees of incident angle.

| | | | | | | | |
|---------------|-----|-------|-------|------|------|------|------|
| 中心周波数(GHz) | | 6.925 | 10.65 | 18.7 | 23.8 | 36.5 | 89.0 |
| 飛行高度(m) | | 3000 | | | | | |
| 定常飛行速度(m/sec) | | 90 | | | | | |
| 有効視野(km) | El. | 2.13 | 1.74 | 1.39 | 1.13 | 1.28 | 1.28 |
| | Az. | 0.98 | 0.79 | 0.59 | 0.49 | 0.57 | 0.57 |
| 飛行高度(m) | | 500 | | | | | |
| 定常飛行速度(m/sec) | | 80 | | | | | |
| 有効視野 (km) | El. | 0.44 | 0.38 | 0.32 | 0.27 | 0.3 | 0.3 |
| | Az. | 0.16 | 0.13 | 0.1 | 0.08 | 0.09 | 0.09 |

時刻があるため、トリミング処理を施した。そして各画像を別途開発された自動モザイク画像作成ソフトウェア(織田他, 1998)によりモザイク画像を作成した。処理の流れをFig.7, 作成したビデオモザイク画像をFig.8に示した。なお、自動モザイク画像作成ソフトウェアは、各フレーム間の画像内の移動量を非線形最適化を行うことにより自動的に計算し、接合するものである。

4. 2. ビデオモザイク画像上におけるAMR有効視野の位置合わせ

ビデオモザイク画像上にAMRの有効視野の位置を特定するために、航空機のGPSデータを用いない次のような方法を用いた。ここで、GPSデータを用いなかったのは航空機の移動速度が速いために、GPSのデータ出力値に誤差が含まれ正確な位置合わせができなかったためである。

ビデオ画像のモザイクはあるフレームレイト(x)の動画画像を使用している場合、ある時刻(T)の次のフレームの撮影時刻 T' は

$$T' = T + 1/x \quad (1)$$

と表せられる。このようにして、元のビデオ画像の先頭フレームの撮影時刻を T_s と決めることで、モザイク後の画像上において撮影時刻による座標を与えることができる(Fig.9)。ここではそれを観測時刻座標と呼ぶ。

次に、 n フレーム目の中心座標の時刻は

$$T_n = T_s + n/x \quad (2)$$

となる。1フレーム目から n フレーム目の間に進む距離 D_n は、その間の平均飛行速度を v とすると、

$$D_n = v(T_n - T_s) \quad (3)$$

と表すことができる。両辺を v で割ると

$$D_n/v = T_n - T_s \quad (4)$$

となる。これは1フレーム目から n フレーム目の間に航空機が進んだ距離を観測時刻座標によって表している。そこで、同様に、飛行高度 h 、入射角 α の時のビデオ視野の中心とAMR有効視野の中心までの距離である $h \cdot \tan \alpha$ をその間の平均飛行速度 v_n で割ることによって、有効視野の中心位置を撮影時刻 T_n' で表すと

$$T_n' = T_n - h \cdot \tan \alpha / v_n \quad (5)$$

となる(Fig.10)。

このようにしてAMRの有効視野の中心をVTRモザイク画像上に対応づけた。また、有効視野の進行方

向両端の座標は次のように表すことができ、切り出された観測周波数毎の有効視野の画像を Fig.11に示す。

$$EFOV(s)_n = T_n + \left\{ \frac{1.33}{2} - \frac{h \cdot \tan\left(\alpha - \frac{\theta}{2}\right)}{v_n} \right\} \quad (6)$$

$$EFOV(e)_n = T_n - \left\{ \frac{1.33}{2} + \frac{h \cdot \tan\left(\alpha + \frac{\theta}{2}\right)}{v_n} \right\} \quad (7)$$

ここで、添字 (s) ≡ 進行方向前方, (e) ≡ 進行方向後方, 入射角を α , ビーム幅を θ とする。

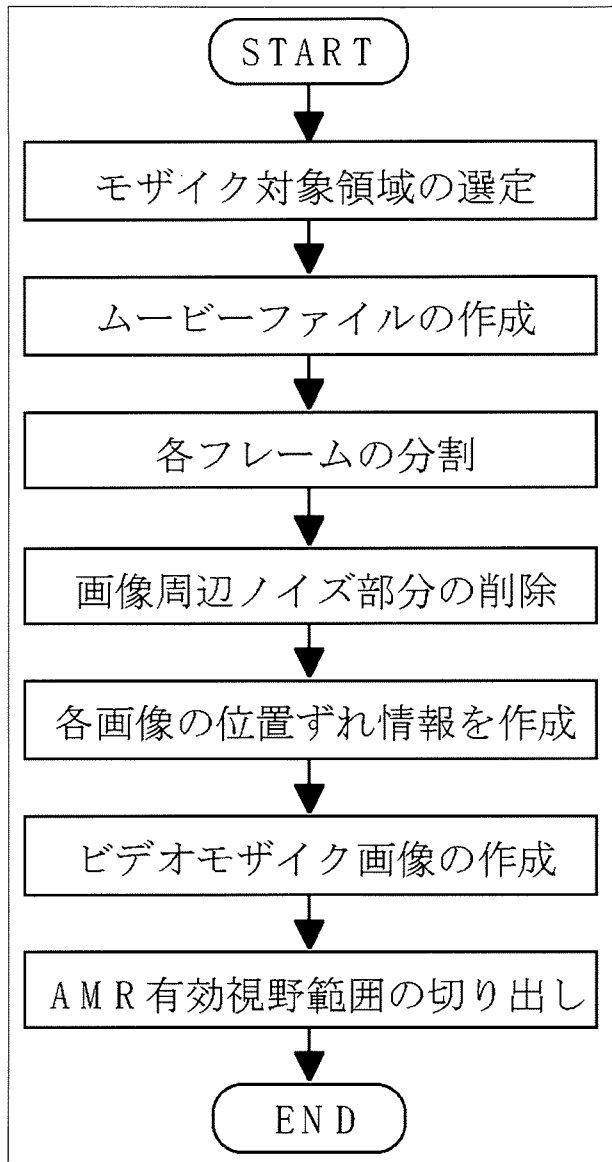


Fig.7. Flow chart of producing VTR mosaiced image.



Fig.8. Mosaiced VTR images.

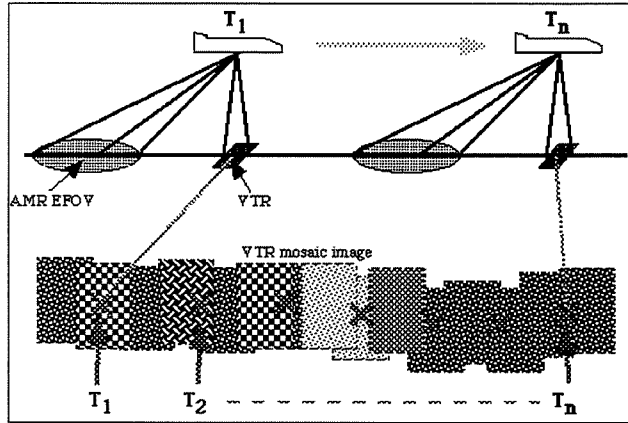


Fig.9. Coordinates of observation time.

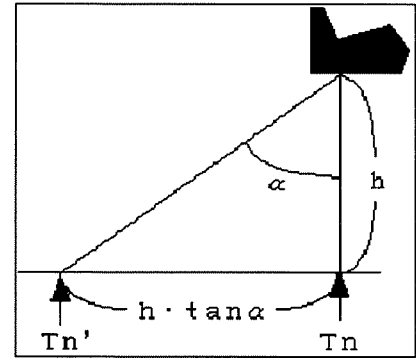


Fig.10. Configuration between VTR and AMR/EFOV center position.

4. 3. 海水密接度

各有効視野内の海水密接度を求める方法を説明する。ここで海水密接度とは単位面積あたりに占める海水域の面積の割合で、次のようにして求めた。

- 1) 海水と開水面を分離するためには近赤外の波長帯が有効であることから、ビデオ画像の RGB のうち赤 (Red) のチャンネルのみを取り出し、単バンドイメージに変換する。
- 2) 画像中のピクセル値に対するヒストグラムを求める。
- 3) 海水域と開水面を分離するための閾値を決定し、2階調化された画像を作成。
- 4) ピクセル値 0 (黒) を開水面、255 (白) を海水とし密接度を計算。

したがって、次式の2値化画像による海水密接度を定義した。

$$\text{海水密接度 (\%)} = \frac{255(\text{海水})\text{のピクセル数}}{\text{画像中の全ピクセル数}} \times 100 \quad (8)$$

以上のようにして求めた海水密接度と AMR の放射輝度温度との対応を調べた。

4. 4. 有効視野画像の切り出し位置の評価

ビデオモザイク画像から切り出された AMR の EFOV (Fig.11) の位置合せの精度を評価するために、先に求めた海水密接度と輝度温度の関係を調べた。また、AMR の有効視野は瞬時視野を 1.33 秒積算しているから、画像の中心になるほど積算時間が長い。そこで、密接度に対し積算時間の重み付けを行った。さらに、マイクロ波放射計の視野は実際には楕円であることから、Fig.11 のように切り出された EFOV を含む四辺形に切り出した領域に、楕円のトリミング処理を施し実際の EFOV 内の密接度の値と比較を行った。ここでは、地上分解能のもっとも高い 36.5 GHz-V 偏波のみを使用し、3-3 節で説明した海水状態の違う Course 1-A, Course 1-B に分けて密接度と比較を行った。Fig.12 の (×) サンプルは Course 1-A, (○) サンプルは Course 1-B の画像から求めた密接度である。また a)~d) のグラフは次のようになっている。

- a) 有効視野範囲を含む四辺形に切り出した画像

- b) a) に積算時間を考慮した重み付け
- c) 有効視野範囲の画像 (楕円)
- d) c) に積算時間を考慮した重み付け

以上のように求めたそれぞれの密接度と、輝度温度との相関係数を Table 3 に示す。

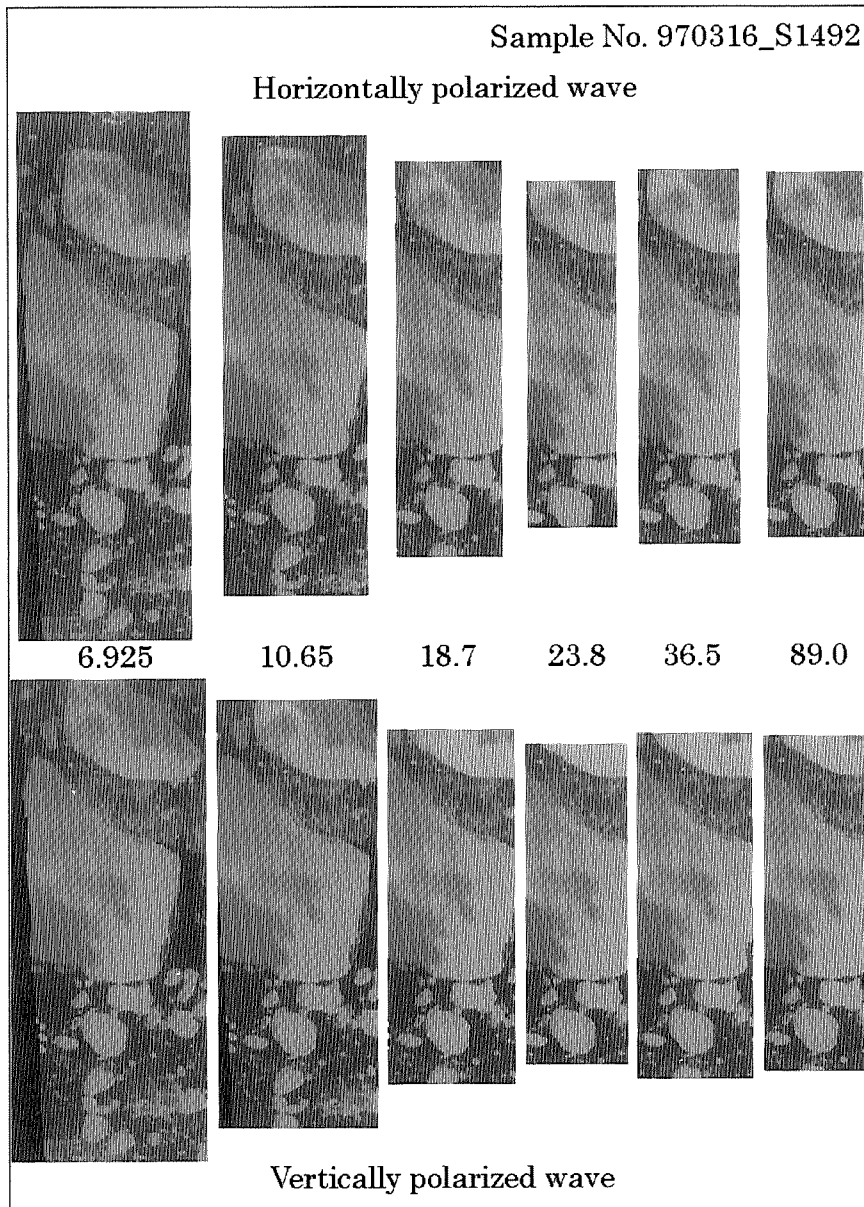


Fig.11. Sample image of AMR/EFOV area.

Table 3. Correlation coefficients of sea ice concentration and brightness temperature.

| | a) | b) | c) | d) |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| ○ (氷板) | 0.811 | 0.835 | 0.813 | 0.832 |
| × (砕け氷) | 0.979 | 0.974 | 0.977 | 0.973 |

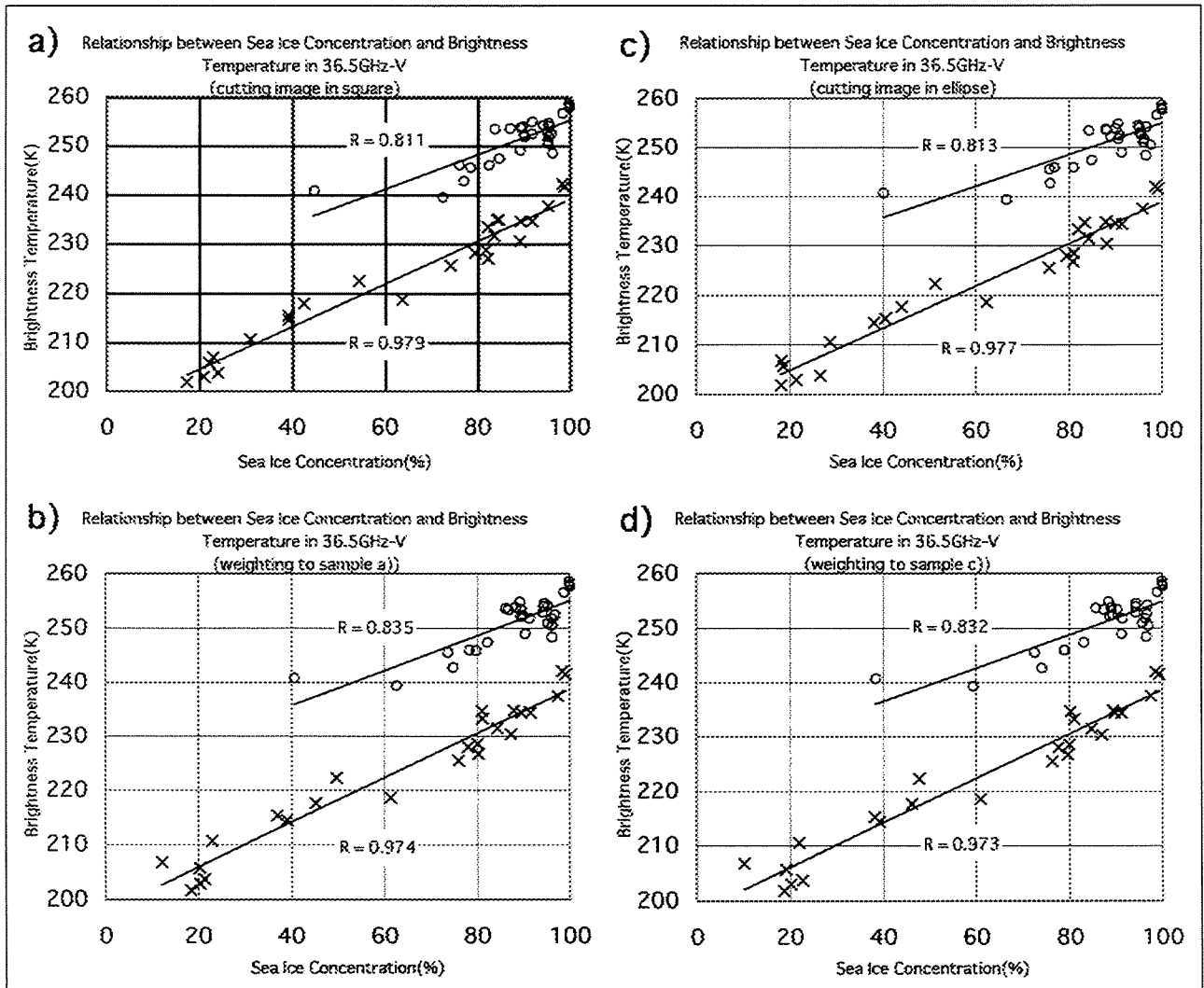


Fig.12. Relationship between sea ice concentrations and brightness temperatures in 36.5GHz-V.

a) cutting image in square

b) weighting to sample a)

c) cutting image in ellipse

d) weighting to sample c)

4. 5. 考 察

Table 3から分かるように、板氷 (○) は b) と d) の両方の場合で相関がよくなっている。これは個々の氷板が認識可能なサイズのため、海水と海水面の境界がはっきりし、重み付けの効果が現れたものと考えられる。しかしながら、砕け氷 (×) では a) の四辺形に切り抜いた場合がもっとも相関がよく、他の場合は下がっている。この原因はいくつか考えられるが、相関係数0.973から0.979は有効視野の位置が正しいことを表すのに十分な値である。また、板氷 (○) の相関係数が砕け氷 (×) より低くなった要因は、分布する氷板の種類がいくつか混ざり合っていることから、そこから放射されるマイクロ波帯のエネルギー量に違いが生じたためと考えられる。

5. ま と め

本研究で用いた航空機搭載マイクロ波放射計はポイントセンサのため、観測対象である海氷面を画像として得ることはできない。しかし、同時撮影されたビデオ画像から観測対象領域のモザイク画像を作成することに

より、そこからマイクロ波放射計の観測視野内の画像を得る手法を新しく開発した。この手法はさらに小型のセーナなどによる、他のセンサを用いた観測に応用できる可能性がある。また、GPSによる緯度・経度情報を必要としないことから、簡便な手法でありながら本研究で明らかになったように精度は高い。今後は本研究で確立した手法を用いて、海氷のマイクロ波帯における放射プロセスを明らかにし、衛星観測における基盤を確立していきたい。

6. 謝 辞

本研究は宇宙開発事業団との共同研究である「AMSRによるオホーツク海における海水密接度および分類アルゴリズムの開発」によって行われたものである。ここに記して、感謝する次第である。

参 考 文 献

- Ulaby, F. T., R. K. Moore and A. K. Fung (1981): Microwave remote sensing -active and passive-. Volume 1(Microwave remote sensing, Fundamentals and Radiometry). ARTECH HOUSE, 456p.
- 長 幸平, 佐々木信夫, 下田陽久, 坂田俊文, 西尾文彦 (1996) : オホーツク海におけるSSM/Iデータを用いた海水密接度推定アルゴリズムの評価と改良, 日本リモートセンシング学会誌, Vol.16, No.2, 47-58.
- 佐々木信夫, 長 幸平, 下田陽久, 坂田俊文, 西尾文彦 : SSM/Iデータによるオホーツク海の海水分布の時系列変化の把握 (1994), 日本リモートセンシング学会平成6年度春季学術講演会論文集, 133-134.
- Comiso, J. C., D. J. Cavalieri, C. L. Parkinson and P. Gloersen (1997) : Passive microwave algorithms for sea ice concentration: A comparison of two techniques. Remote Sensing Environment, 60, 357-384.
- Eppler, D. T., L. D. Farmer, A. W. Lohanick, M. R. Anderson, D. J. Cavalieri, J. C. Comiso, P. Gloersen, C. Garrity, T. C. Grenfell, M. Hallikainen, J. A. Maslanik, C. Matzler, R. A. Melloh, I. Rubinstein, and C. T. Swift (1992) : Passive microwave signatures of sea ice, ed, by Frank D. Carsey, AGU, Geophy, Monograph, 68, 47-71.
- Gloersen, P. and D. J. Cavalieri (1986) : Reduction of weather effects in the calculation of sea ice concentration from microwave radiances. J. Geophys. Res., 91(C3), 3913-3919.
- 織田和夫, 近藤 剛, 尾幡昌芳, 土居原健 (1998) : LM法による画像の自動モザイク, 写真測量とリモートセンシング, Vol. 37, No.3, 42-51.
- 増沢譲太郎 (1977), 海洋科学基礎講座4 - 海洋物理IV : , 東海大学出版会.