オホーツク海北海道沿岸における可搬型マイクロ波放射計 MMRS を用いた船上海氷観測

戸城亮[1]，榎本浩之[1]，舘山一孝[1]，豊田威信[2]，宇都正太郎[3]
[1]北見工業大学，[2]北海道大学低温科学研究所，[3]海上技術安全研究所

1. はじめに

2006年2月中旬にオホーツク海北海道沿岸において、海上保安庁のアイスパトロールの一環として砕氷船「そうや」による海氷観測が行われた。可搬型マイクロ波放射計（MMRS：Microwave/Milliwave Radiometer System）による観測は新しい試みであり、今回は動作確認と基礎データ取得を目的として観測を行った。MMRS で使用した周波数は海氷分布観測に使用されている 36GHz で、この周波数を用いて海氷および海水表面から放射されるマイクロ波を連続観測した。マイクロ波輝度温度は海氷および海水表面からの射出率によって決定されている(Carsey, 1992)。従来は衛星搭載のマイクロ波放射計データと現場の目視観測、EM 観測などのデータと比較が行われていた。今回は、これらと MMRS によるマイクロ波放射の比較が出来るようになった。

2. SIRAS-06 の概要、目的

巡視船「そうや」による海氷観測は、海上保安庁の協力のもとで毎年2月に実施されており、海上保安庁との共同観測が本格的に始まってから、今年で 11 年目を迎えた(館山.,2003:北海道の雪氷,pp7-10)。今年の観測は、リモートセンシングの現場検証データを得るために、海氷に関わる基礎データを採取することを目的とし、航海期間中の 2006 年 2 月 11 日～2 月 15 日までの計 5 日間にわたって実施された。今年は氷況が全体的に比較的緩かったこともあり、ほぼ予定された航路に沿って順調に航行した（図 1）。参考に期間中の 2006 年 2 月 13 日の気象庁 HP に公開されている RADARSAT 画像を図 2 に示す。

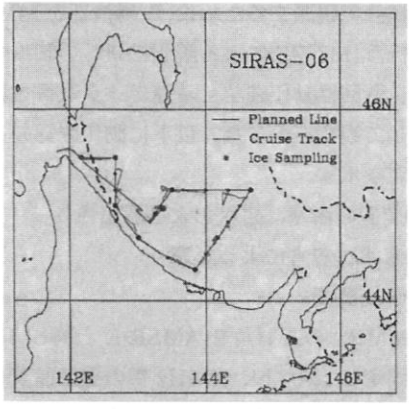

図 1　SIRAS-06 の観測ルート

図 2　観測期間中の RADARSAT 画像
（2006 年 2 月 13 日、 気象庁 HP）

3. MMRS 観測

・観測装置

今回使用した可搬型マイクロ波放射計 MMRS を図 3.a)に、仕様を表 1 に示す。
また、MMRS の架台にビデオカメラ、放射温度計、2 軸傾斜計を取り付け、同時観測を行った。

・観測目的

オホーツク海における海氷のマイクロ波特性の調査を行うことが目的である。本観測は将来的に海氷の厚さや面積、移動を衛星搭載マイクロ波放射計（AMSR-E、SSM/I）から高精度で観測するために、現場検証を MMRS で行う。MMRS による観測は新しい試みであり、今回は動作確認と基礎データ取得を目的として観測を行った。以下に動作確認の主な内容を示す。

(1)装置の耐寒、耐水および耐塩性

(2)着氷、着雪による影響

・観測概要

MMRS の入射角を AMSR-E と同じ 55 度で固定し（図 3.b)、36GHz 帯の垂直偏波を用いて、海氷および海水表面から放射されるマイクロ波を連続観測(1 秒毎)した。

表 1.　MMRS 装置の仕様

外寸	680×540×250(mm)
質量	18kg
周波数帯	36.5GHz±1GHz
偏波	垂直/水平偏波 （今回は垂直偏波のみ使用）
観測温度	3K～340K
温度分解能	0.5K
耐久温度	-5度～40度
耐久湿度	80%以下
空間分解能	2.5m （観測位置までの距離が20mの時）
三菱電機特機システム株式会社製造	

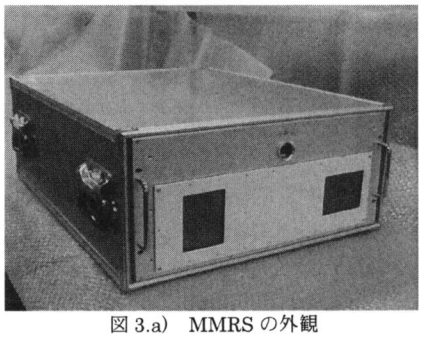

図 3.a)　MMRS の外観

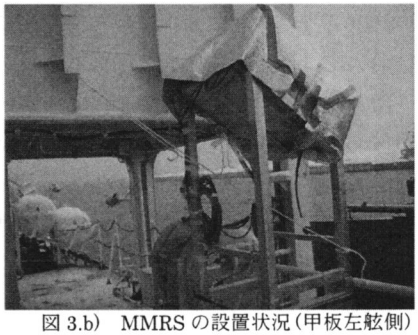

図 3.b)　MMRS の設置状況（甲板左舷側）

4. MMRS 観測結果

4.1 MMRS 観測結果

今回の観測期間内における MMRS での観測結果を図 4 に示す。図 4 は縦軸が輝度温度(K)で横軸が時間である。また、図中の写真は海面状態を示す。観測期間内において 2 月 11 日は 1 日での輝度温度の変動が最も大きく、最大 243K、最小 143K であった。一方、変動が最も小さかったのは 2 月 14 日であり、はじめ数時間の輝度温度の大きな変動を除くと 180～190K の間を推移している。この両日については 4.2 節にて詳しく解説する。
その他 2 月 12、13、15 日は 140～200K の間を推移しており、海面状態は海水面および新生氷であったと推測できる。輝度温度の絶対値は全体的に低いが海面の海氷/海水状態を判別することは可能であると思われる。

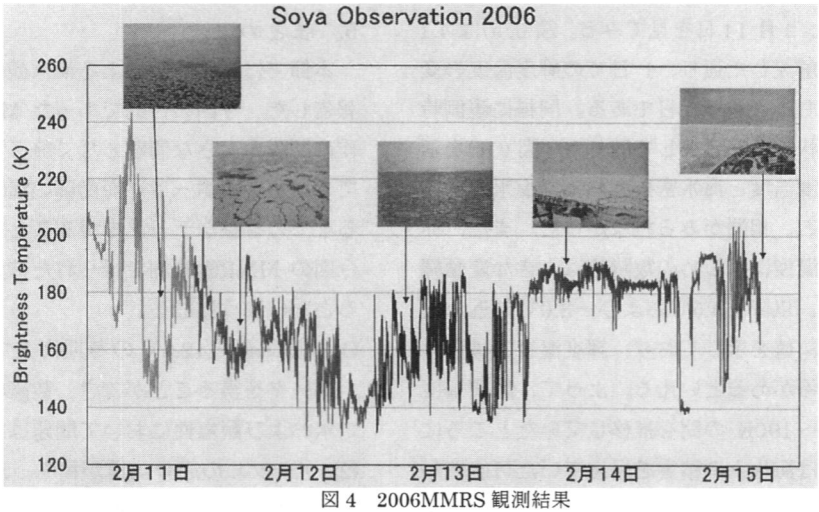

図4　2006MMRS 観測結果

4.2　輝度温度と EM による海氷密接度、海氷厚および赤外放射温度との比較

2 月 11、14 日について詳しく解説する。まず、2 月 11 日をみてみる。図 5.a)は MMRS による輝度温度、図 5.b)は EM による海氷密接度、海氷厚、図 5.c)は赤外放射温度を示す。縦軸は図 5.a)が輝度温度(K)、図 5.b)は海氷密接度(%)および海氷厚(m)、図 5. c)は赤外放射温度(℃)であり、横軸は時間である。図 5. a)は 4.1 節でも解説した通り、1 日での輝度温度の変動が最も大きかった日である。観測時の海氷状態の参考として図 5. b)、図 5. c)を示す。輝度温度と海氷密接度および海氷厚を比較すると、正の相関があることがわかる。また、赤外放射温度は海水面では海氷の結氷温度である－1.8℃付近と高く、海氷面では－6.0～－2.0℃の間で変動しており、輝度温度とは負の相関関係があるといえる。よって、海氷厚が 0.6m 未満の海氷および海水面に対して輝度温度は海面状態を捉えていることがわかる。

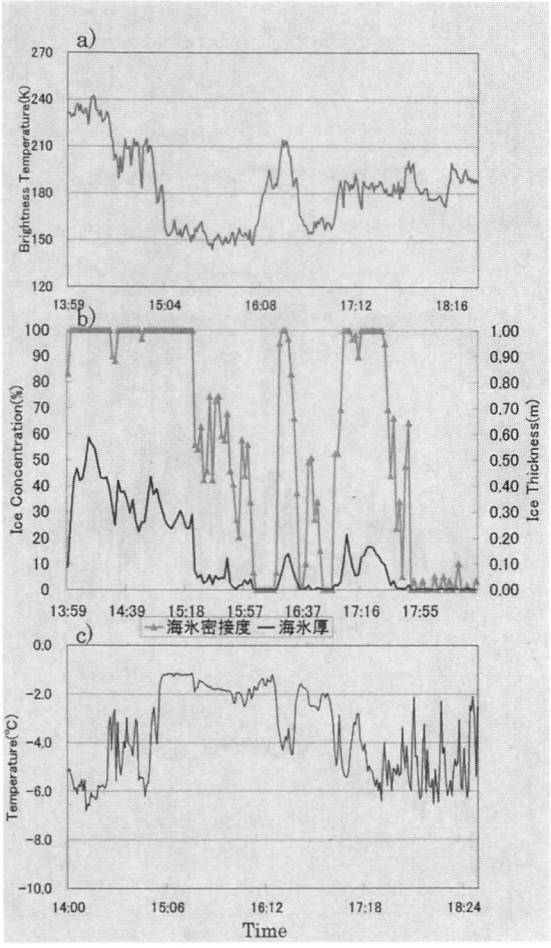

図5　2006 年 2 月 11 日
a)MMRS による輝度温度
b)EM 法による海氷密接度、氷厚
c)赤外放射温度

次に、2月14日を見てみる。図6. a)は4.1節でも解説した通り、1日での輝度温度の変動が最も小さかった日である。同様に観測時の海氷状態の参考として図6. b)、図6. c)を示す。輝度温度と海氷密接度および海氷厚を比較すると、相関がみられなかった。また、赤外放射温度ははじめの数時間は大きな変動輝度あり、以降－4.5℃および－3.0℃付近と安定した数値を示しており、輝度温度とは負の相関関係があるといえる。よって、輝度温度が180～190Kの間を推移していたところにおいては海氷上の積雪を捉えていた可能性が高い。

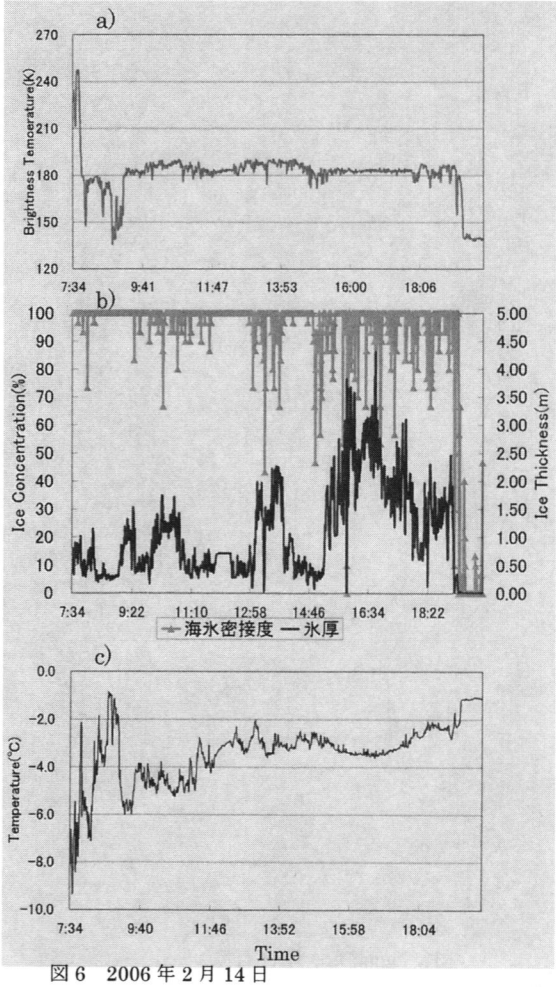

図6　2006年2月14日

a)MMRSによる輝度温度

b)EM法による海氷密接度、氷厚

c)赤外放射温度

5. まとめ

本節ではMMRSによる海氷観測について報告した。今回の目的であったMMRSの動作確認等を大きな問題もなく終了することができ、かつオホーツク海南部の海氷分布を知る上での有益なデータを得ることができた。今回のMMRS観測で得られた結果をまとめると次のようになる。

(1)最低気温－12.1℃の冬期海上で連続してデータを得ることができ、装置の耐寒、耐水および耐塩性において問題はなかった。

(2) ケーブルの周りに雪が積もったとき、接触不良が生じたときがあった。今後、接続部の改良が必要である。

(3) 海氷厚が0.6m未満の海氷および海水面に対して輝度温度は海面状態を捉えていた。

(4) 海氷上に積雪がある場合、輝度温度は海氷上の積雪を捉えていた可能性が高い。

今回のMMRS観測では1点校正であったためデータノイズが20K程度あったが、現在は2点校正であり、データノイズは1K以内に収まっている。

今後は、衛星データの検証のためにAqua搭載のAMSR-Eデータなどとの比較検証を行う。

謝辞

本観測でのMMRS設置の際に、多大なご協力をして頂きました第一管区海上保安部、海洋情報部ならびに三菱電機特機システム株式会社の方々に心から感謝いたします。

参考文献

Carsey .Frank D .,1992: Microwave Remote Sensing of Sea Ice, pp50