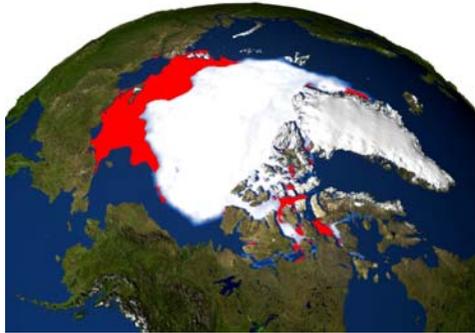


衛星による海氷観測の重要性



海洋と宇宙の連携シンポジウム

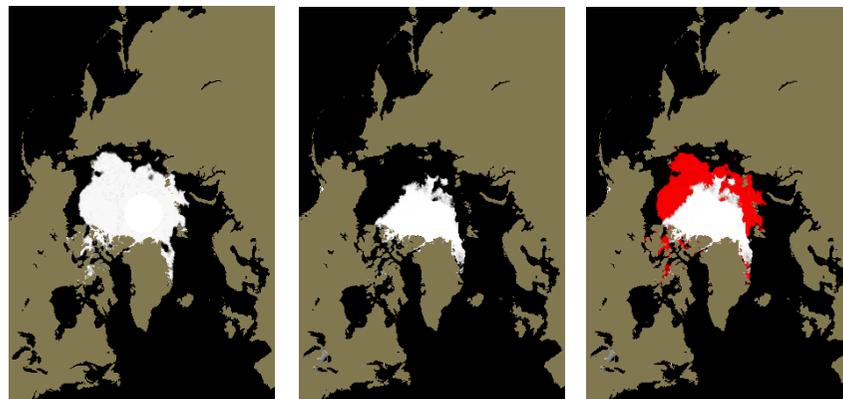
2015年3月5日

長 幸平／東海大学

1. 背景

- 地球が温暖化に向かった場合、その影響は極域に顕著に表れる可能性が高い。
- 海氷の分布変動は温暖化の指標。
- 北極海の海氷面積の減少傾向が指摘
- 温暖化の懸念と北極航路への期待
- 広大な海氷分布の把握には衛星利用が不可欠。

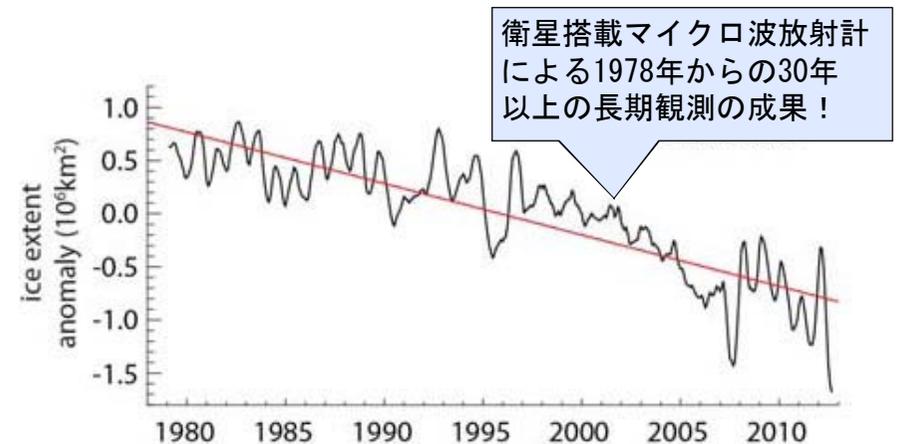
衛星搭載マイクロ波放射計が捉えた北極域の1982年と2012年の夏季の海氷分布比較



(a) 1982年9月9日 (SMMR) (b) 2012年9月16日 (AMSR2) (c) 赤: 両時期の差 (SSMR&AMSR2)

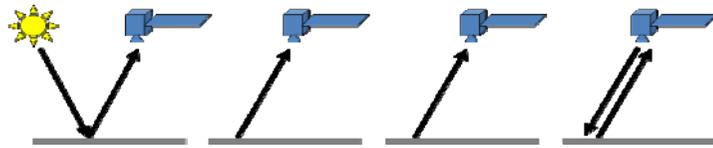
(極点付近のデータ欠損部は白色で表限。)

北極海の海氷の減少傾向



(IPCC第5次報告書で地球温暖化を断定する根拠の1つ)

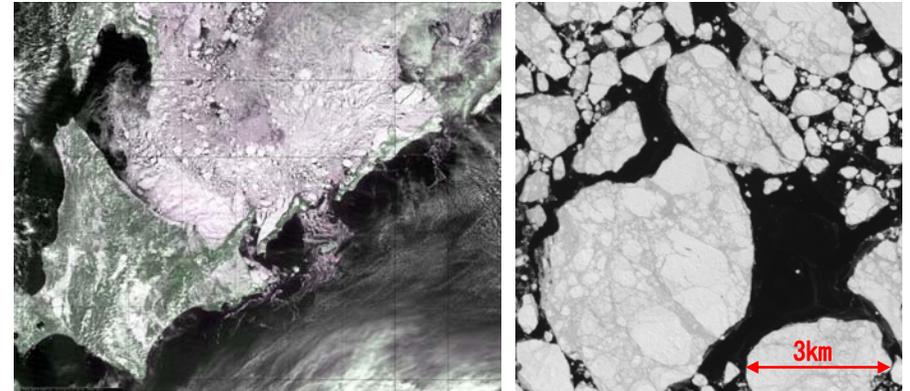
2. 主な衛星搭載センサの特徴



放射源	太陽	対象物	対象物	レーダ
観測波長帯	約0.4-3 μ m	約7-14 μ m	約1mm-10cm	約1cm-1m
観測項目	反射	熱放射	マイクロ波放射	後方散乱係数
分解能	約1m-1km	約100m-1km	約5km-50km	約5m-100m
センサ	光学センサ		マイクロ波放射計	合成開口レーダ SAR

3. 衛星データ利用の現状と課題

(1) 光学センサ



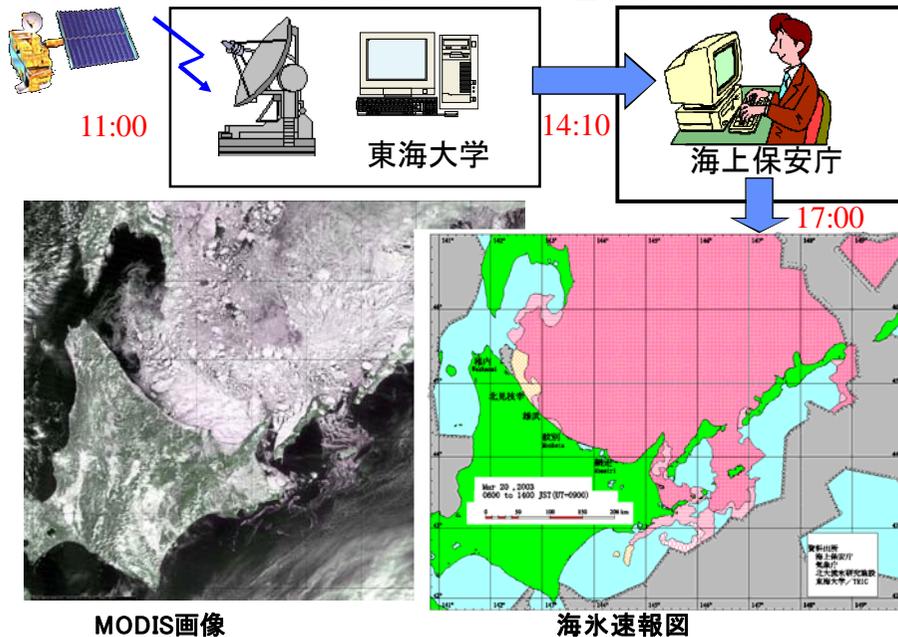
MODIS画像

AVNIR2画像

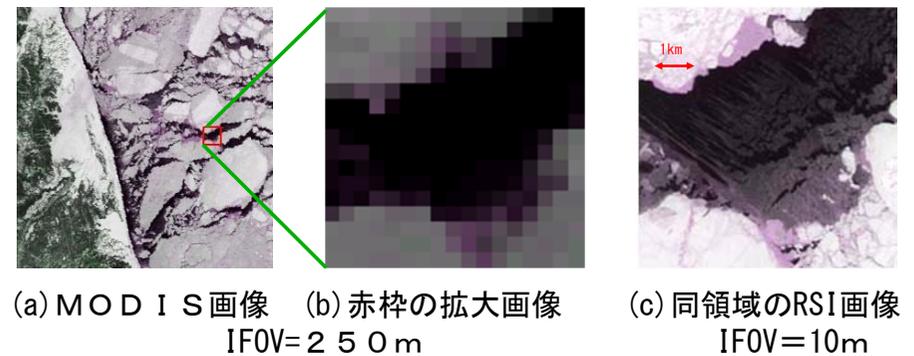
長所：晴天時には、詳細な海氷の分布状況を把握可能。

短所：曇天時・極夜には使えない。

MODIS画像を用いた海水速報図作成フロー



分解能による識別限界の把握



© NSPO

低分解能画像では解放水面に見える領域も、高分解能画像で見ると薄氷が分布する場合が少なくない。

(2) マイクロ波放射計



光学センサMODIS
分解能は高いが
雲と海氷の見分けがつきにくい



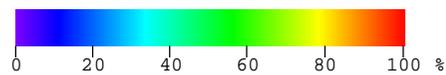
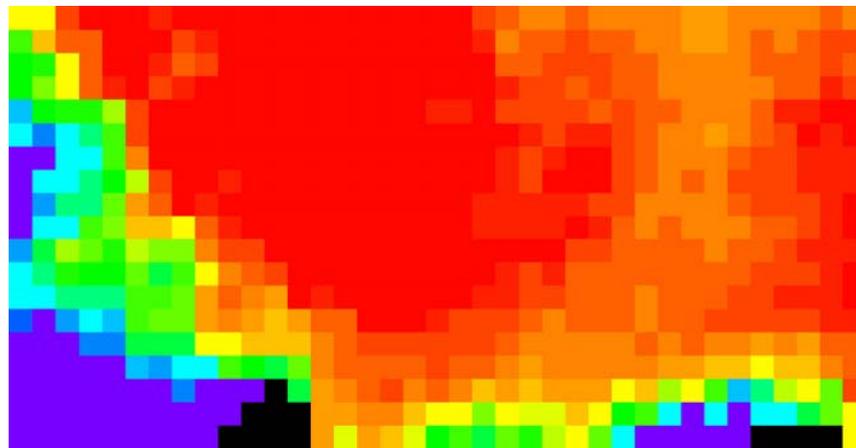
マイクロ波放射計AMSR2
分効能は低い
天候によらず海氷識別可

MODIS画像



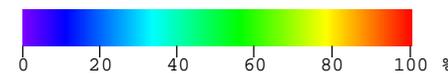
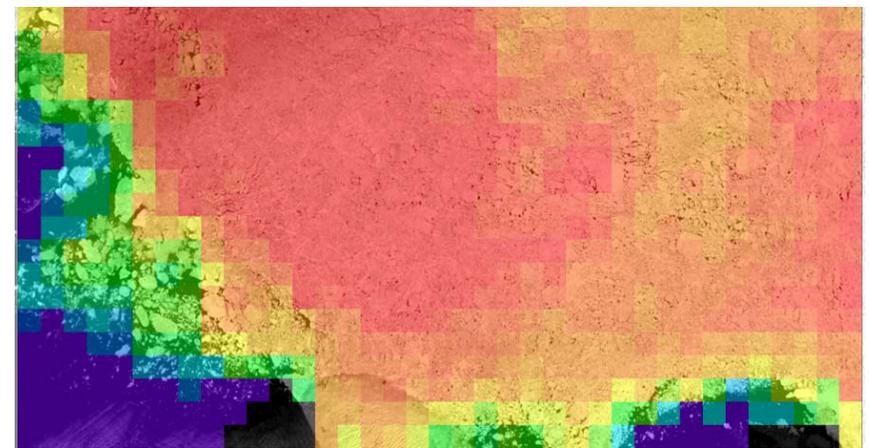
July 28, 2012
Archipelago
Islands

AMSR2海氷密接度画像



July 28, 2012
Archipelago
Islands

MODISとAMSR2の海氷密接度画像の比較



July 28, 2012
Archipelago
Islands

衛星搭載マイクロ波放射計による継続観測

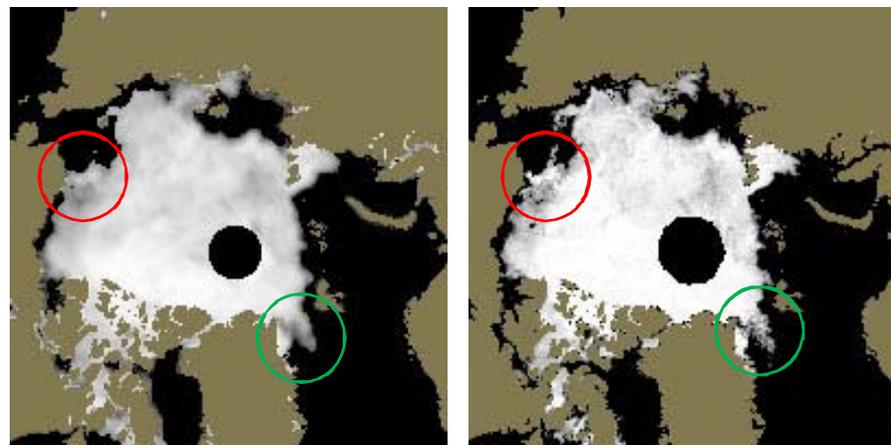
運用時期	衛星	センサ
1978年10月～1989年8月	Nimbus7	SMMR
1987年7月～現在	DMSF	SSM/I
2002年12月～2003年10月	ADEOS II	AMSR
2002年5月～2011年11月	Aqua	AMSR-E
2012年5月～現在	GCOM-W1	AMSR2



GCOM-W1/AMSR2

世界最高性能！

衛星搭載マイクロ波放射計の空間分解能比較 SSM/I対AMSR2

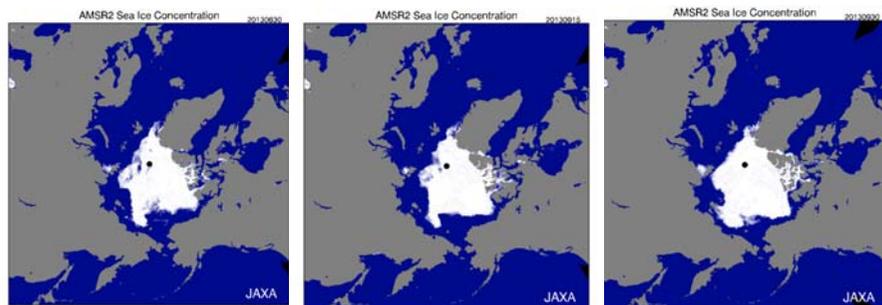


(a) SSM/I

(b) AMSR2

北極域の海水密接度画像 (27, July. 2013)

AMSR2で見た夏季の北極海の海水分布



2013年8月30日

2013年9月15日

2013年9月30日

1か月近く、航行可能

北極海航路の可能性

A Shortcut Across The Top of the World

The Northeast Passage, across the Arctic Ocean, provides a shorter alternative for cargo vessels travelling between Europe and Asia than using the Suez Canal. It is shorter than the Panama Canal route for some voyages between the North American west coast and Europe.

LENGTH OF A VOYAGE TO ROTTERDAM FROM:

YOKOHAMA, JAPAN
12,894 miles via Suez Canal,
8,452 miles via Northeast Passage

SHANGHAI, CHINA
12,107 miles via Suez Canal,
9,297 miles via Northeast Passage

VANCOUVER, CANADA
10,262 miles via Panama Canal,
8,038 miles via Northeast Passage



Source: The Russian Ministry of Transport

THE NEW YORK TIMES

横浜からロッテルダムまでの距離

(2009年9月11日)

南ルート : 12,894マイル

北極ルート : 8,452マイル (65%) : 燃費低減・短期輸送

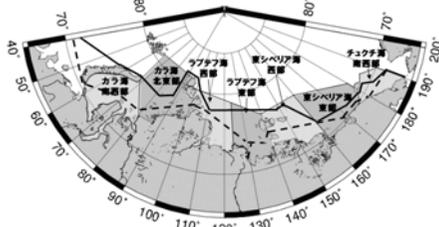
<マイクロ波放射計を用いた航路上の氷況把握>

1979年～2012年：SMMR、SSM/I、AMSR-Eの海水氷接度画像から航行可能期間を海域別に調査（館山ら、北見工業大学）

(a) 北西航路の区域(カナダ)



(b) 北東航路の区域(ロシア)



9月のみ開通

1981, 1983, 1984, 1985, 1988, 1991, 1993, 1995, 1996, 2001, 2002, 2005, 2009

8月、9月開通

1989, 1994, 1998, 1999, 2007, 2008, 2011, 2012

8月9月10月開通

2006

2001年以降、月単位での航行可能な年が急激に増加

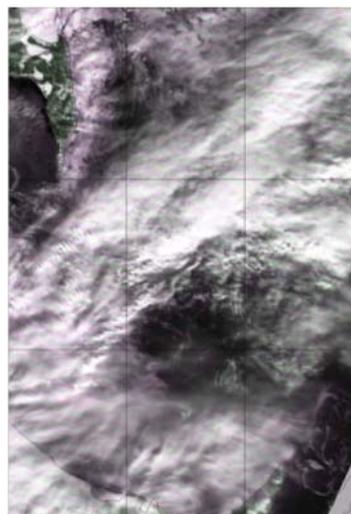
8月のみ開通

2002, 2008

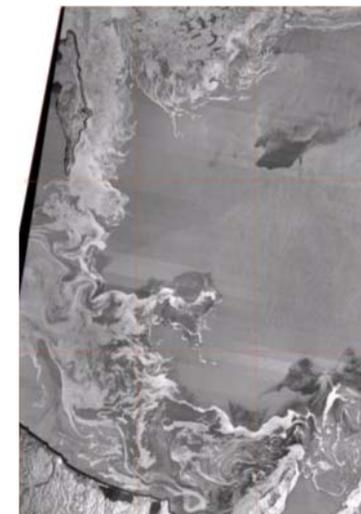
8月、9月開通

2005, 2009, 2011, 2012

(3) 合成開口レーダ



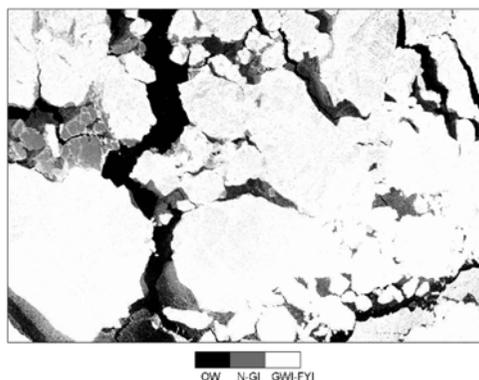
光学センサMODIS
曇天時には観測不能



PALSAR/SCANSAR
天候によらず海水の詳細な分布状況の把握が可能

<海水タイプ分類>

- OW：開放水面
- N：ニラス氷
- GI：薄い板状軟氷
- GWI：厚い板状軟氷
- FYI：1年氷

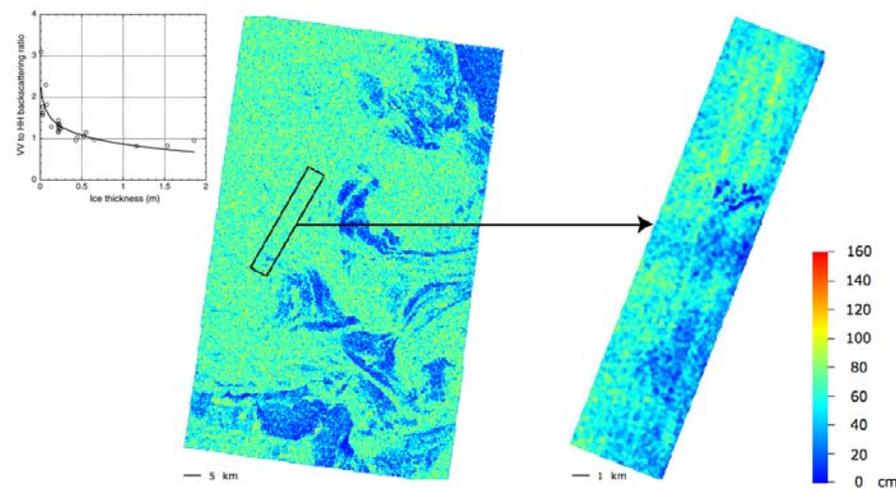


2偏波2周波データを用いた氷種分類

- ・XバンドVV偏波がある程度小：OW
- ・Xバンド、LバンドHH偏波がある程度大：GWIとFYI
- ・HH偏波が小さくXバンドのHH偏波とVV偏波の差が大：NとGI
- ・その差が小さければ：GWIとFYI

<氷厚推定>

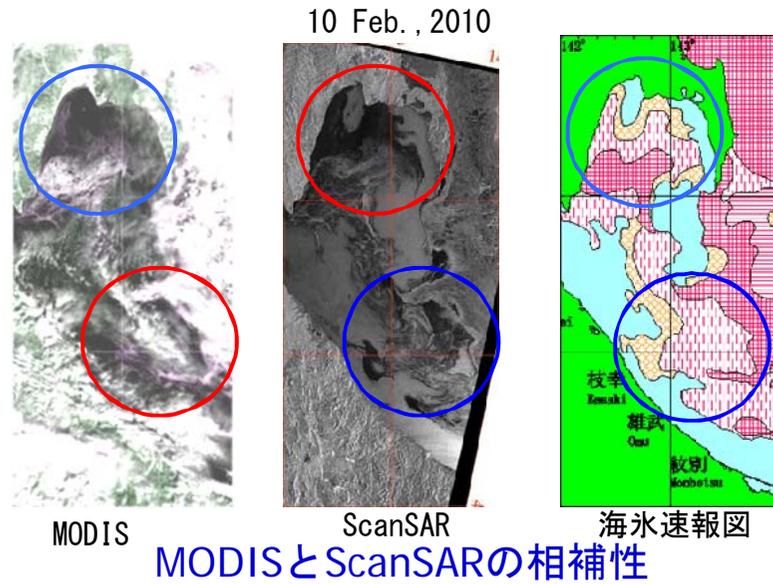
表面散乱モデルを用いる後方散乱偏波比による氷厚推定



ENVISAT (Cバンド)

航空機SAR (Lバンド)

MODIS画像とALOS/ ScanSAR画像の比較



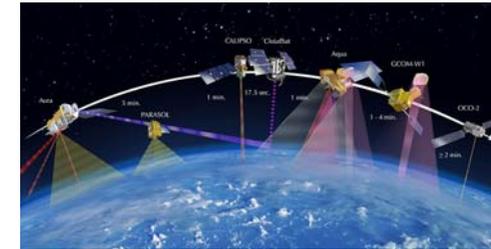
4. 衛星情報システムの全体像

(1) 観測項目

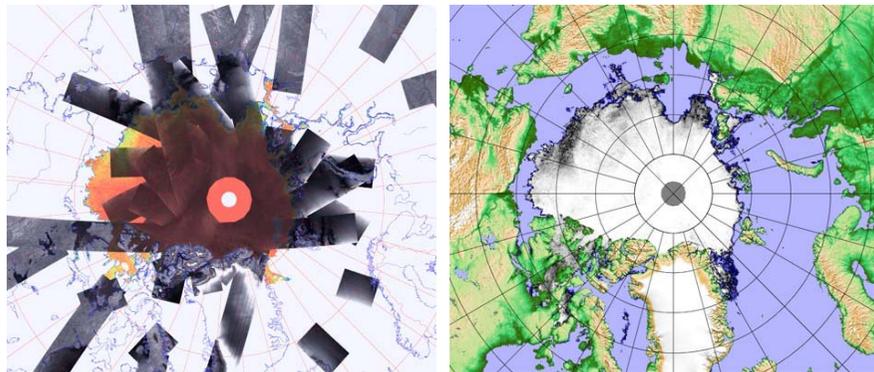
- 海水分布 (マイクロ波放射計、光学センサ、SAR)
- 海水厚 (高度計、SAR、マイクロ波放射計)
- 海水タイプ (マイクロ波放射計、SAR)

(2) 衛星観測システム

- GCOM-W1
 - ALOS-2
 - 衛星コンステレーション
- 継続観測が重要！！



(3) SARとマイクロ波放射計の相補性



(a) ENVISAT/ASARのモザイク (提供ESA)

(b) Terra/AMSRの海水密度画像 (処理: プレーメン大学)

SARは詳細な海水分布状況の把握が可能。

しかし、SARでは、1日に全北極域をカバーできない。
 全球観測には、衛星搭載マイクロ波放射計が不可欠。

(4) マルチステージリモートセンシング

様々な高度からの多センサによる観測

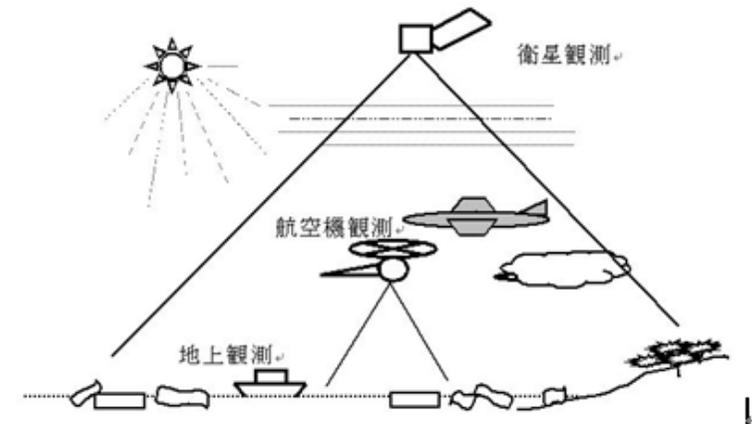


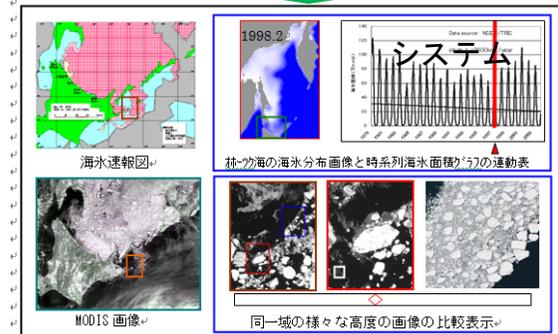
図5.2.2 マルチステージリモートセンシングの概念

近未来の複合画像情報システムへ



(a) 現在の画像処理システムの構成例

現在のシステム：
1～2衛星の画像の判読



近未来のシステム：
複数衛星・センサ画像の
時系列解析

(b) 近未来の複合画像情報システムの画面上の構成例
図 5.2.3 海氷観測における複合画像情報システムの検討例
(海水速報図：海上保安庁提供)

25

まとめ

- 北極海の海氷分布の減少が顕著
- 温暖化監視や北極海航路の開拓には、衛星による海氷観測が不可欠
- 精度良い観測には様々なセンサの複合利用が必要
- 日本の衛星搭載マイクロ波放射計技術は世界最高
- 継続的な観測には、次世代衛星GCOM-W2の開発着手が急務
- なお、今回紹介した内容は、日本リモートセンシング学会が2013年度にJAXAから受託した以下の調査の内容がベースになっています。

JAXAからの受託調査の概要

- 題目：「北極海航路開拓につながる衛星データの利用可能性調査」
- 受託期間：2013年7月24日～10月30日
- 受託者：日本リモートセンシング学会
- 調査内容：
 - (1) 北極海航路の開拓に関係する内外の動向調査
 - (2) 北極海航路の開拓に必要な情報システム
 - (3) 衛星データの貢献する可能性・課題の洗い出し
 - (4) 問題解決のためにJAXAがとり得る施策
 - (5) JAXAとカナダ宇宙庁で実施する共同研究の提案
- 実施方法：雪氷RS研究会メンバーおよび外部専門家による原稿執筆

実施者

- (1) 実施責任者
長 幸平 東海大学 教授 日本RS学会雪氷RS研究会 会長
- (2) 共同執筆者(アイウエオ順)

岩本勉之	国立極地研究所 北極観測センター 特任研究員
浮田甚郎	新潟大学 自然科学系 理学部 教授
榎本直人	MSS鎌倉事業部 宇宙第三技術部長
榎本浩之	国立極地研究所教授、北極観測センター長
大島慶一郎	北海道大学 低温科学研究所 教授
大塚夏彦	北日本港湾コンサルタント(株)
菊地 隆	海洋研究開発機構 北極総合研究チームリーダー
木村詞明	国立極地研究所 特任研究員
島田浩二	東京海洋大学 海洋科学部 准教授
舘山一孝	北見工業大学 工学部 准教授

実施者

(2) 共同執筆者(アイウエオ順)

田村岳史	国立極地研究所 気水圏研究グループ 助教
中村和樹	日本大学 工学部 准教授
中山雅茂	北海道教育大学 釧路校 講師
西尾文彦	千葉大学 CReS 名誉教授
二橋創平	苫小牧工業高等専門学校 准教授
平沢尚彦	国立極地研究所 助教
本田明治	新潟大学 自然科学系 理学部 准教授
山之口勤	RESTEC 主任研究員
若林裕之	日本大学 工学部 教授
渡辺忠一	日本リモートセンシング学会 産官学連携委員長

目次

第1章	はじめに
第2章	内外の動向調査
第3章	衛星データ利用の現状と課題
第4章	衛星情報システムの全体像
第5章	課題解決への施策提案
第6章	カナダとの共同研究に関する提案
第7章	まとめ