

**報 告**

## 海水自動解析システムの開発について（第 1 部） 極軌道衛星データを用いた海水自動解析の試行

赤坂 有史<sup>1</sup>・竹内 綾子<sup>1</sup>・岡田 良平<sup>2</sup>・浜田 啓次<sup>1</sup>・  
中川 憲一<sup>3</sup>・小野田 浩克<sup>1</sup>・菅野 能明<sup>1</sup>

**要 旨**

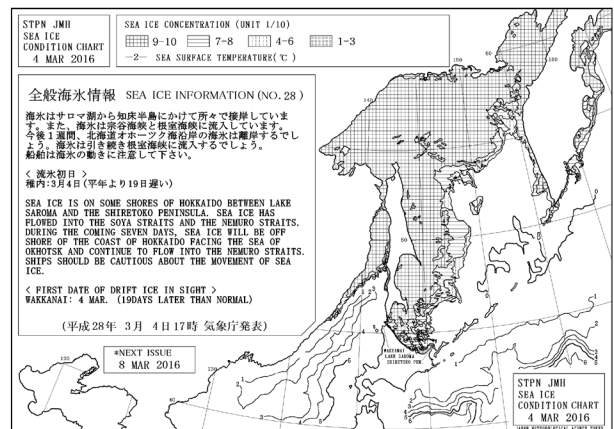
海洋気象情報室では、オホーツク海とその周辺海域を対象に海水解析を行っており、これを基に全般海水情報を発表している。日々の海水解析は、衛星画像等から解析者の主観により行ってきたが、客観的な解析の導入を目指し、2015/2016 海水シーズンより、ひまわり 8 号データを用いた海水自動解析システムの運用を開始した。

第 1 部では、これに先立ち、2014/2015 海水シーズンにおいて実施した、極軌道衛星データを用いた海水自動解析の試行及びこの試行によって判明した海水自動解析の課題について紹介する。

**1. はじめに**

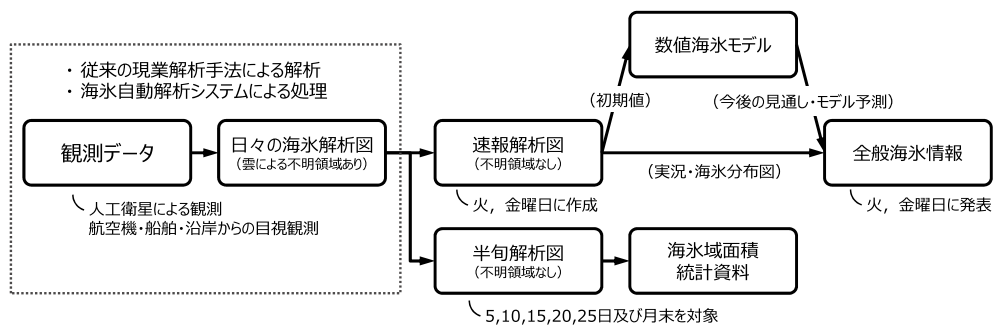
海洋気象情報室では、船舶の安全航行、沿岸防災及び気候変動の監視を目的として、オホーツク海とその周辺海域に海水が存在する期間に、これらの海域を対象とした海水解析を行っており、これを基に海水の実況と今後の見通しを記述した「全般海水情報」（第 1 図）を発表している。全般海水情報の発表は、12 月から 5 月の毎週火、金曜日の週 2 回であるが、冬季のオホーツク海は雲に覆われることが多いため、精度の高い情報の作成には毎日の海水解析が不可欠となっている（第 2 図）。なお、日々の海水解析図は、当日夕刻までに、気象庁 WEB サイトの海洋の健康診断表に掲載<sup>4</sup>している。オホーツク海の海水解析業務の

概略については、金子（2007）を参照されたし。  
2015/2016 海水シーズンの海水自動解析システ



第 1 図 2016 年 3 月 4 日発表の全般海水情報

<sup>1</sup> 地球環境・海洋部海洋気象課海洋気象情報室  
<sup>2</sup> 地球環境・海洋部海洋気象課海洋気象情報室（現福岡管区气象台気象防災部）  
<sup>3</sup> 地球環境・海洋部海洋気象課海洋気象情報室（現仙台管区气象台気象防災部地球環境・海洋課）  
<sup>4</sup> 気象庁 WEB サイト海洋の健康診断表 海氷に関する診断表、データ  
[http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/index\\_seaice.html](http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/index_seaice.html)  
(平成 29 年 3 月 28 日発行)



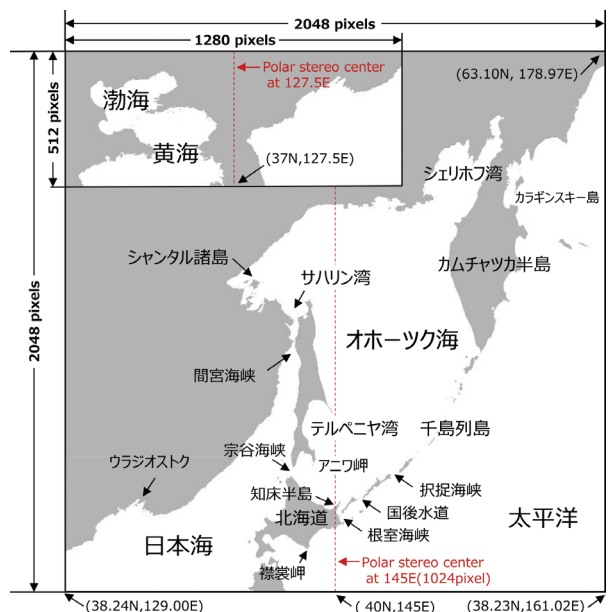
第 2 図 海氷プロダクト作成の流れ

本稿における、海氷自動解析システムの開発では、衛星観測データから「日々の海水解析図」の自動作成を目標とする。なお、速報解析図、半旬解析図は、雲による不明領域をなくした解析図。速報解析図は、実況把握のため前日までの解析結果を用いた速報的な解析図で、当日の不明領域に前日の解析、前日も不明である領域には前々日の解析…の順に合成し、前速報解析図まで遡って補う。半旬解析図は対象日の 2 日後以降に行う再解析図で、統計資料の作成等に用いる。対象日を中心に、当日、翌日、前日、2 日後、2 日前、3 日前、4 日前…の順に、前半旬解析図まで合成して作成する。いずれも合成後、解析者による補完や不整合の修正を施す。

ム運用開始まで、海氷解析作業における主な手法は、衛星画像を基に解析者が主観により海氷密接度<sup>5</sup>を決定する解析（以下、「従来の現業解析<sup>6</sup>」と記述する）手法であった。この解析は主観的であるがゆえに、ニーズに応じたきめ細かな情報を盛り込むことができる一方で、解析者のスキルや解釈の違いによる差を生みやすく、また、精密な解析を行うには対象領域（第 3 図）は広大で、観測から情報発表までの時間的制約から、均質な解析精度を担保できない、といった課題を抱えており、早期の改善が必要であった。

海洋気象情報室では、以前からこれらの問題の解決を目指し、日々の海水解析図を衛星画像等から自動処理で作成する方法について研究、調査を行ってきた。近年では、平成 21 年度に近澤ら (Chikasawa *et al.*, 2010) によって、米国の極軌道衛星 NOAA-17, 18 のデータ等を利用した自動解析処理のプロトタイプ(以下、平成 21 年度開発版)の作成、評価が行われたが、現業化には至っていない。

そこで、平成 26 年度 (2014 年度) に海氷解析の自動化の試みを再開し、2014/2015 海氷シーズンの現業解析において試行を行っ



第 3 図 オホーツク海周辺の海水解析対象領域（白色域）と主な地名

た。その成果と問題点について報告する。第 2 章では試行した海氷自動解析処理について、先行調査との違いを中心に述べる。第 3 章では、2013/2014 海氷シーズンを対象とした再解析実験結果、第 4 章では 2014/2015 海氷シーズンにおける試行結果を紹介する。

<sup>5</sup> 氷に覆われている海面の占める割合。10 分位法で表す。完全に覆われると 10 になる。密接度とも記述する。

<sup>6</sup> 海洋気象情報室内では、この「従来の現業解析」手法による海氷解析を「マンマシン解析」と呼んでいた。

## 2. 極軌道衛星を利用した海氷自動解析

平成 26 年度に、まず平成 21 年度開発版を基に、入力を後継衛星に切り替え、課室サーバ内に海氷自動解析処理を構築した。衛星データの違いなどは、次節で述べる。解析アルゴリズムは、平成 21 年度開発版をそのまま採用した。すなわち、海氷域抽出処理は中込 (2004) を参考に、海氷密接度算出処理は田口・松本 (2010) アルゴリズムを改良したものである。その上で、海氷自動解析処理の特性を調査し、問題解決に向けた方策を模索することにした。

### 2.1 衛星データの違い

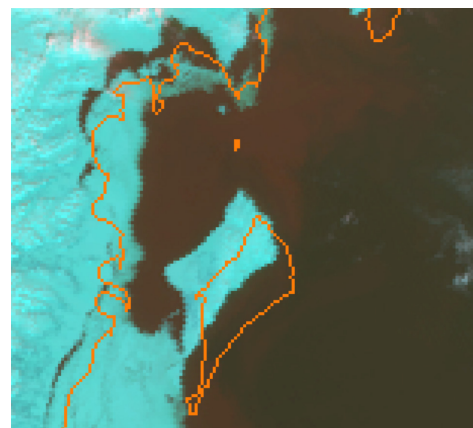
平成 21 年度開発版との大きな違いは、まず、入力として利用する衛星の変更である。

極軌道衛星 NOAA-17, 18 は、後継の NOAA-19 及び同種のセンサーを搭載した欧州の Metop-B による観測データに変更した。気象衛星センターにて受信したデータを切り出し、解析領域 (第 3 図の白色域) であるオホーツク海, 日本海, 黄海・渤海, ベーリング海と太平洋の一部を合成した画像データを入力とした。衛星に搭載されたセンサーは NOAA-17, 18 と同じ改良型超高分解能可視赤外放射計 (AVHRR/3) であるため、海氷判別フローにおけるしきい値は平成 21 年度開発版と同じ値を用いた。

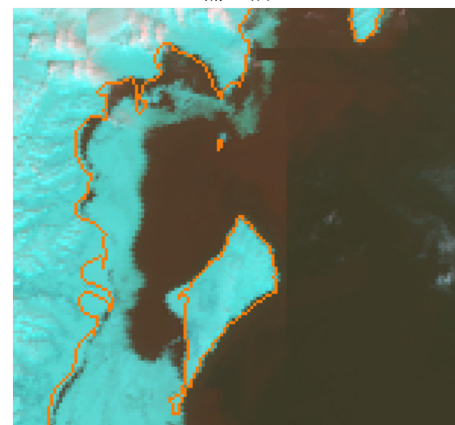
マイクロ波放射計データは、地球観測衛星 Aqua 搭載の改良型高性能マイクロ波放射計 (AMSR-E) から水循環観測衛星 GCOM-W1 搭載の高性能マイクロ波放射計 2 (AMSR2) によるものに変更した。なお、AMSR-E では衛星の輝度温度データから及川 (Oikawa, 2004) アルゴリズム

ムにより海氷密接度を算出していたが、AMSR2 では、宇宙航空研究開発機構 (JAXA) から海氷密接度プロダクト (L2SIC) の提供を受けるようになったため、これを座標変換、内挿して利用している。各衛星データの諸元は第 1 表の通り。

なお、近澤らによる調査においても指摘があるが、極軌道衛星では観測対象の撮影角度の影響により画像に歪みが生じる。気象衛星センターによる処理では、北海道周辺を基準として解析図の海岸線と揃えるようにしているため、高緯度で位置ずれが大きくなり、陸域を海氷として誤認するおそれがある。この陸ノイズを防ぐため、簡易的にデータと海陸分布図の相関から衛星画像を平行移動させる処理を施している (第 4 図)。



補正前



補正後

第 4 図 極軌道衛星画像の陸ずれ補正処理

2015 年 4 月 4 日の NOAA-19 号昼軌道観測画像 (カムチャツカ半島北東のカラギンスキー島周辺)。橙色線は海岸線, 緑色系は陸域, 海氷域, 白色系は雲域, 暗色系は海域。

第 1 表 入力衛星データ海氷解析用画像諸元

衛星名	Metop-B	NOAA-19	GCOM-W1
種別	極軌道気象衛星		
センサー	改良型超高分解能可視赤外放射計 (AVHRR/3)		高性能マイクロ波放射計 2 (AMSR2)
データ形式	独自形式 (raw) ファイル		HDF5 フォーマット
チャンネル	Ch1, 2, 3, 4		海氷プロダクト
作成領域	オホーツク海, 日本海, 黄海・渤海, ベーリング海と太平洋の一部		全球データから左領域を切り出し, 内挿, 平滑化
投影方式	ポーラステレオ		
格子数	2,048 × 2,048		
階調	256階調		密接度別
提供頻度	1日1回 (昼軌道のみ)		1日1回

## 2.2 合成処理の変更

平成 21 年度開発版における各極軌道衛星データからの解析の合成は、衛星ごとに海氷検出、密接度解析、平滑化処理まで行った後に、それぞれの解析画像を重ね合わせることで行っていた。その際、センサー特性や過去事例から、事前に衛星ごとに優先度を決めておき、優先度の高い衛星の解析図で不明である領域にのみ、次の優先度の衛星による解析を入れていた。具体例として、第 5 図③は、平成 21 年度開発版と同様の重ね合わせをした解析例である。ここでは、優先度の高い Metop-B の不明領域（第 5 図①の白色）にのみ、次の優先度の NOAA-19 の解析が入っている。既に Metop-B で密接度を解析済みである領域は、NOAA-19 の解析結果で変更しない。

この重ね合わせ処理の問題は、Metop-B 画像の解析結果が、NOAA-19 画像の解析結果より、常に全領域において信頼度が高いとしている点である。すなわち、優先度の低い NOAA-19 の解析がより正しいと思われる場合であっても訂正されない。特に、平成 21 年度開発版の海氷密接度解析のアルゴリズムでは、解析対象の周辺格子に不明領域がなく、すべての格子が解析できている場合に、初めて正しい密接度が計算可能となる。不明領域と接する海氷域で、実際には衛星で観測できていない低密接度の海氷縁を解析しやすい傾向（詳細は第 2 部で紹介）があり、この領域の信頼性は高くない。それぞれの衛星の観測時刻の違いから、雲による不明領域は移動するため、信頼性の高くない領域も衛星ごとに異なる。第 5 図③では、観測時刻の違いから、NOAA-19 の解析結果で密接度 9-10 の氷原であると判明した領域に、Metop-B の解析由来の海氷縁が紛れ込んでいる。

このため、衛星ごとの解析図を優先度順に重ね合わせるのではなく、海氷検出の時点で衛星データを合成し、この合成したデータから密接度解析、平滑化処理を一括で行うよう変更した（第 5 図④から⑦）。ただし、不明領域内の海氷は、衛星データに位置ずれがあった場合、密接度が過大に解

析される可能性を有する。

## 2.3 フィルター処理の変更

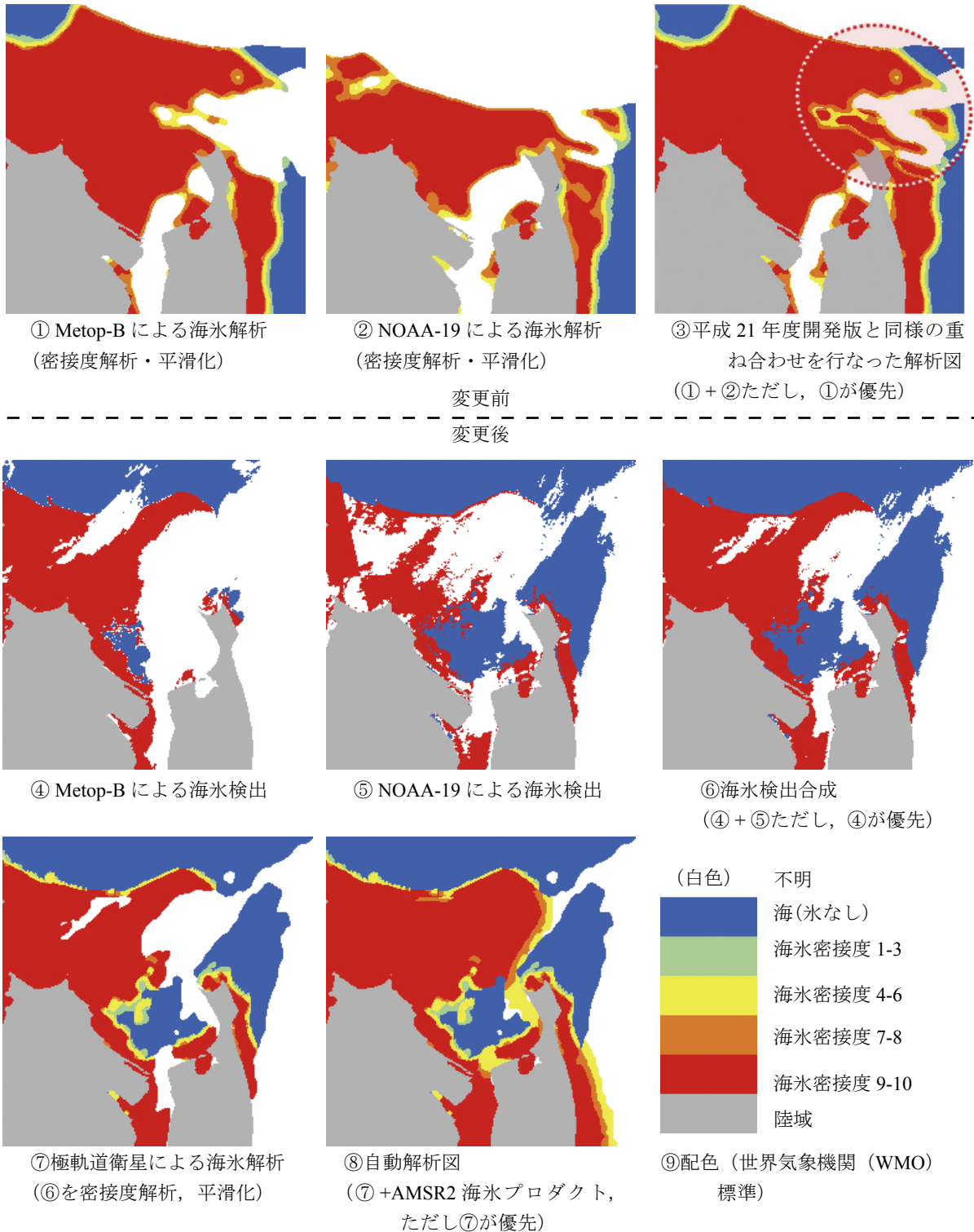
平成 21 年度開発版では、陸ノイズ、気象ノイズ除去のため、25km 格子の全球海面水温解析値 (MGDSST) で海面水温 (SST) が 1°C 以上の領域を氷なし（以下、海と記述）とする処理を行っていた。この効果は主にオホーツク海南部の解析に強く作用し、SST の高い領域は広く海の解析で埋められることになる。しかし、2014 年 4 月には北海道の襟裳岬南東沖 (MGDSST による解析では海水温は 1 ~ 2°C の領域) まで広く海氷が流出<sup>7</sup>したように、比較的 SST の高い海域においても持続的に海氷が存在することはあり得る。特に社会的に情報ニーズの高い北海道沿岸海域における顕著な事例を見逃すおそれがあったため、この処理は廃止とした。

一方、上層雲や降水データ、画像ノイズ等をシステムが海氷と誤って判別するケースでは、解析者が意図しない領域や広い範囲にわたって誤った解析が紛れ込む事もあった。その際は、修正作業に多大な労力を要する。この課題を低減する為に解析抑制フィルター（第 6 図）を導入した。解析対象日における平年の海氷出現率が正の領域、直前の火、金曜日に作成した速報解析図における海氷域とその周辺領域、及び、前日の解析図における海氷域とその周辺領域には、海氷が存在し得るとして海氷検出を行う。一方、これらのいずれにも当てはまらない領域では、海氷の検出を無効とする。これにより、意図しない領域に海氷が解析される事態を防ぐことが可能となる。ただし、平年の海氷域から外れた沿岸の新成氷等を検出しなくなる点は注意を要する。

## 3. 2013/2014 海氷シーズンを対象とした再解析実験

第 2 章で述べた変更を施した海氷自動解析処理を再構築し、2013/2014 海氷シーズンの衛星観測データから自動解析処理により海氷解析図（自動

<sup>7</sup> 気象庁 WEB サイト海洋の健康診断表 臨時診断表「2014 年 3 月から 4 月の北海道南東方の低い海面水温および海氷の襟裳岬南東沖への流出について」



第 5 図 解析図重ね合わせ順

①から③は平成 21 年度開発版と同様の重ね合わせをした自動解析結果. 2014 年 4 月 20 日の間宮海峡北のサハリン湾周辺. 衛星ごとに密接度解析, 平滑化処理を行った後に, 解析図を重ね合わせる. 画像破線枠内のように海水縁が氷原に紛れ込む.

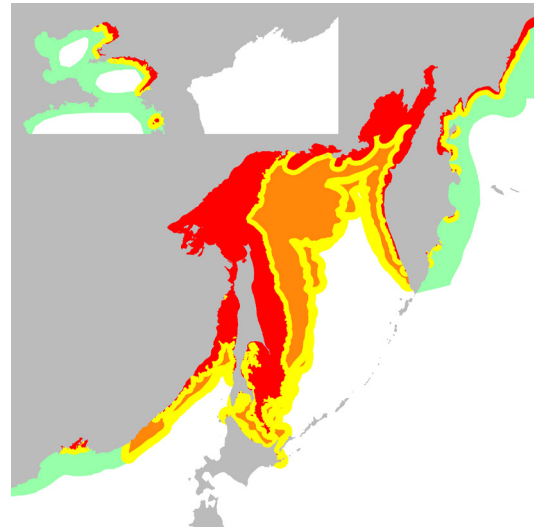
④から⑧は, 変更した合成処理. 2015 年 5 月 9 日の同領域の自動解析結果. 海氷検出の段階で合成し, その後, 密接度解析及び平滑化を行う. 合成時には Metop-B を優先する.

配色は④から⑥のみ, 海水が赤色, 海が青色. それ以外は⑨世界気象機関 (WMO) 標準に準拠.



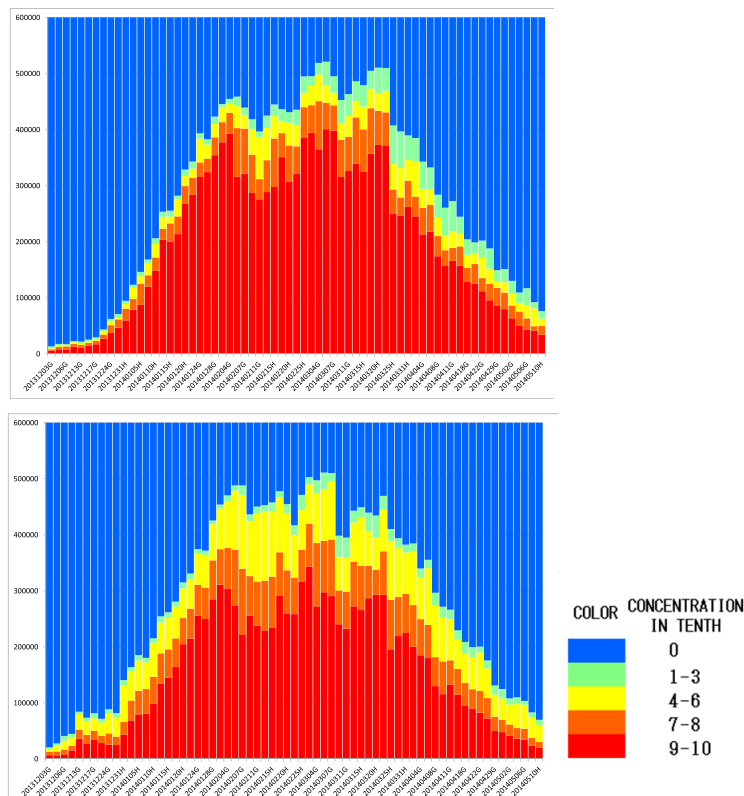
解析図)を作成する再解析実験を行った。ただし、自動解析の性能を直接評価するため、実験では第2.3節の解析抑制フィルターを適用せず、解析者による修正も行っていない。また、不明領域のない速報解析図、半月解析図の作成についても、自動解析図からの合成のみとした。このため、解析者による修正がない今実験は、あきらかな誤解析も、後にその格子点が正しい解析で上書きされるまで速報解析図、半月解析図に残り続けることになる。

第7図に自動解析とシーズン中の現業解析図の海氷密接度別の格子数の時系列を示す。なお、解析できた領域の違いをなくすため、不明領域のない速報解析図と半月解析図を対象とした。期間初めは自動解析がやや過剰に海氷を解析しているものの、海氷格子の総数は期間を通して顕著な傾向の違いはないことがわかる。密接度別では、自動解析では密接度9-10が少なく、密接度4-6、7-8が多く、1-3がかなり少ない。これは、主に、密



第6図 解析抑制フィルターの例

2015年1月7日の解析に適用された解析抑制フィルター。白色領域で海氷解析を行わない。灰色は陸域、橙色は前後の半月日の海氷出現率が正の領域、赤色は直近の日々の解析図や速報解析図の海氷域、黄色はその周辺領域である。なお、平年値がない領域では、経験的に解析を行う領域として、淡緑色の領域を設定した。



第7図 2013/2014 海氷シーズンにおける現業解析（上）と自動解析（下）の時系列比較

解析領域（陸域を除く）における海又は海氷解析（密接度別）格子数の時系列グラフ。比較のため、不明領域のない速報解析図と半月解析図を対象とした。なお、海氷密接度を表す配色は世界気象機関（WMO）標準に準拠（以下同様）。

接度を算出するアルゴリズムの課題である。なお、現業解析図の密接度は主観解析であるため、解析者による解釈の違いを含んでいる。

また、現業解析図を真値と考えた際の自動解析図のスコアは、シーズンを通じて概ね、密接度 9-10 の的中率は高いが、7-8 以下は低かった（資料の掲載は省略）。はずれの多くは密接度の違いで、密接度の違いを考慮しない海水と海の的中率は 9 割を超えている。一方、海と解析した格子に海水がある見逃しは、海解析の格子総数が多いため比率としては小さいものの、実数は少なくない。

#### 4. 2014/2015 海氷シーズンにおける海氷自動解析の試行

##### 4.1 試行の方針

前章までで検証した海氷自動解析処理を用いて現業システムを構築し、2014/2015 海氷シーズンにおいて現業作業の試行を行った。この試行で、自動解析の特性と問題点の抽出及び知見を蓄積し、今後、従来の現業解析処理を置き換えることが可能であるかを検討しつつ、また、その知見を生かしたマニュアルや解析の修正ガイドラインの整備、改訂を目指した。

ただし、この時点で自動解析処理は解析者による修正なしに公開できる精度を有しておらず、情報発表日（火、金曜日）は情報発表までの時間的制限の中で精度の担保を優先し、自動解析は参考資料として扱い、当日の解析図の下地としては利用しないこととした。一方、その他の曜日は自動解析を行った上で、解析者が主観に基づく修正を行い、海氷解析図の作成を行った。なお、自動解析処理の実行状態の把握や、出力した自動解析図と衛星画像を容易に比較できるよう、第 8 図のようなモニターサイトを構築した。

解析者による修正方針としては、擬似海水や観測データのノイズによる誤解析の除去、また、自動解析では解析されない海氷域の補完などを中心に行うこと、その他、解析者の主観で十分に確信がなく、従来の現業解析手法では不明と判断する

ような領域は、自動解析結果を不明に置き換えること、また、密接度や海氷縁の解析が細かすぎる自動解析結果は、解析図が全体的な特徴をとらえたものになるように書き換えることとした。オホーツク海南部については、海氷の到来や海峡への流入、流出をはじめ、その状況の情報ニーズは高く、従来通り、その他の海域に比べて、より精密な解析、修正を行った。これら修正が施された解析図に、協力いただいている海上保安庁第一管区海上保安本部や防衛省（海上自衛隊、陸上自衛隊）からの航空機等による観測情報や RADARSAT<sup>8</sup> による観測等、より優先度の高い解析が得られた際には解析者が手作業で追加し、日々の解析図とした。

なお、自動解析図は、修正を行う解析者が想定していないような領域に海氷を解析している場合がある。特にわずかに数ピクセルの海氷が解析された場合は、チェックを見逃す可能性もある。そのため試行の実施にあたり、解析図の確定処理でマーカーを付け解析者に警告する機能（第 9 図）、併せてファイル形式の異常など、現業作業における手順上の誤りを警告する機能や、異常内容が容易に自動判別できる場合には自動修復する機能を開発し、現業システムに組み込んだ。

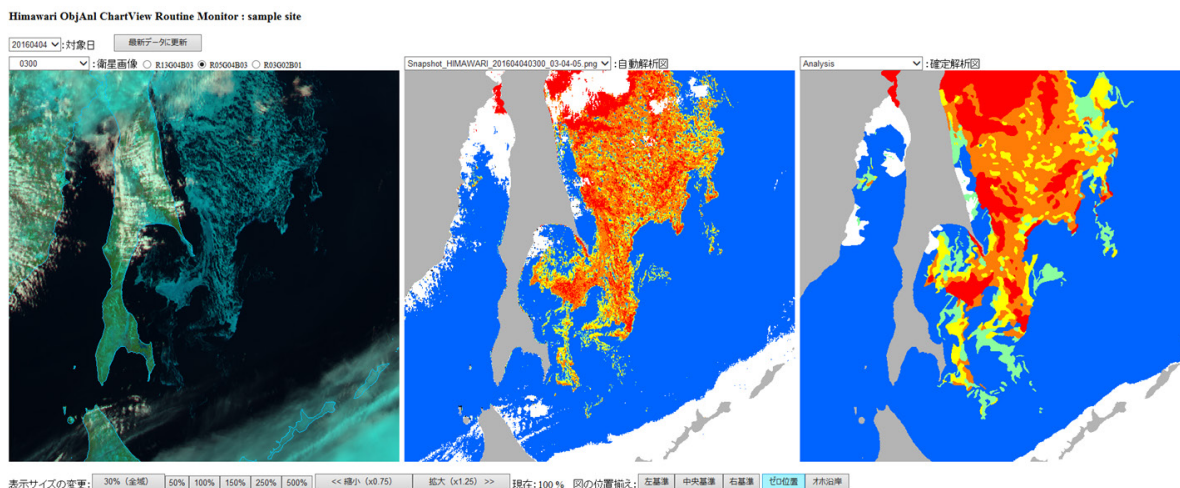
##### 4.2 修正事例とその特性

2014/2015 海氷シーズンの海氷自動解析の試行における、特徴的な修正事例を紹介する。

第 10 図はノイズによる誤解析を除去した事例で、雲の濃淡や擬似海氷域を不明に置き換えた。第 11 図は自動解析では検出できなかった海水を解析者による修正で補完している。第 12 図は密接度の修正、薄氷域の追加が必要となった事例、第 13 図は北海道オホーツク海沿岸海域の修正事例で、解析者による精密な解析で置き換えたものである。各事例における修正の詳細は図のキャプションを参照のこと。

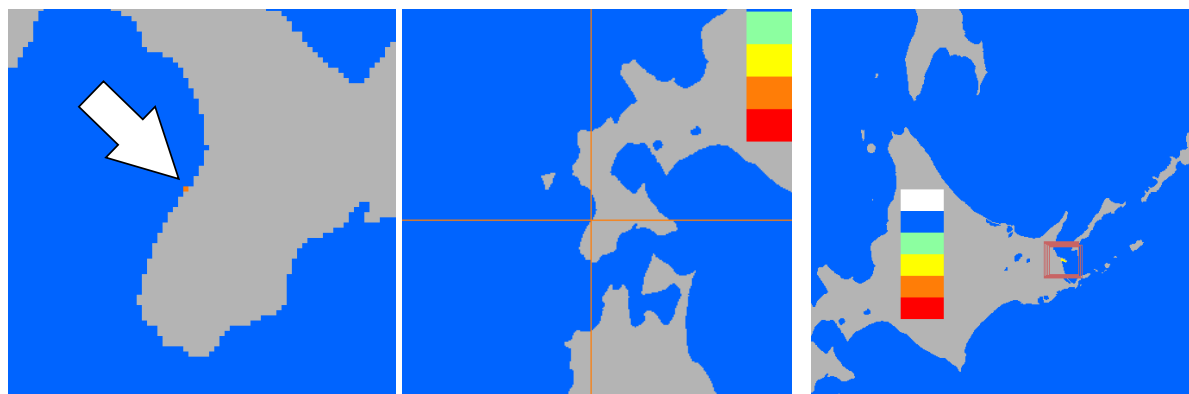
これらを始め 2014/2015 海氷シーズンにおける試行事例から、自動解析には以下の特性があるこ

<sup>8</sup> カナダ宇宙局の運用する地球観測衛星。搭載したマイクロ波多偏波合成開口レーダーにより、昼夜・天候を問わない観測が可能。



第 8 図 衛星画像と自動解析図の比較モニターサイト

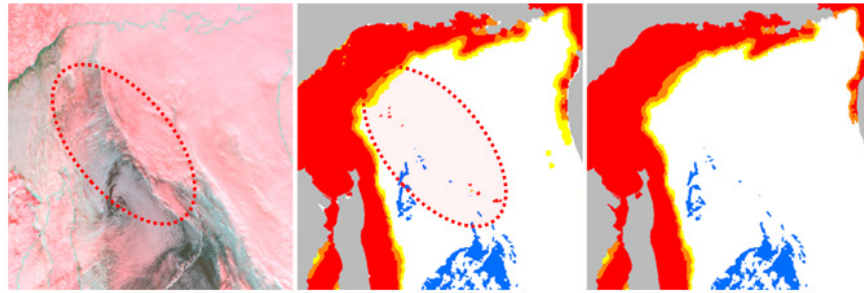
左から衛星画像，自動解析図，自動解析を用いず，従来の現業解析手法で解析した解析図（又は解析者によって修正された自動解析図）の順．画像の切り替え，拡大縮小等が可能．なお，画像はひまわり 8 号用に再構成した 2016 年 4 月 4 日のもの．



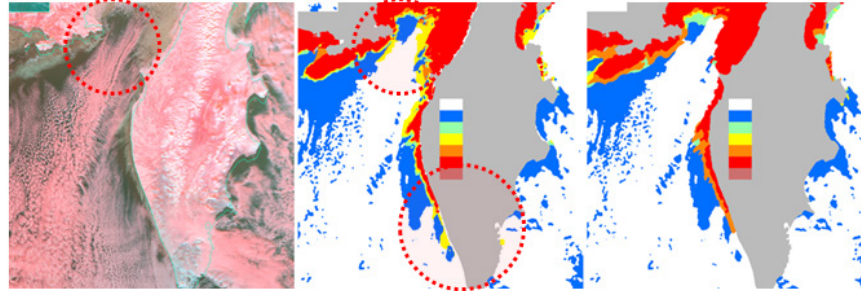
第 9 図 チェックプログラムによる警告例

（左）渡島半島周辺に意図しない 1 ピクセルの海氷が存在．図は周辺領域を拡大したもの．解析図は 2048x2048 ピクセルのため，目視での確認は困難．（中央）チェックプログラムによる左図の警告．マーカーを解析者が確認することで見逃しを防ぐ．（右）チェックプログラムが野付湾の数ピクセルの海氷域を警告．この解析は意図したものであるため，このまま変更せず解析図を確定した．





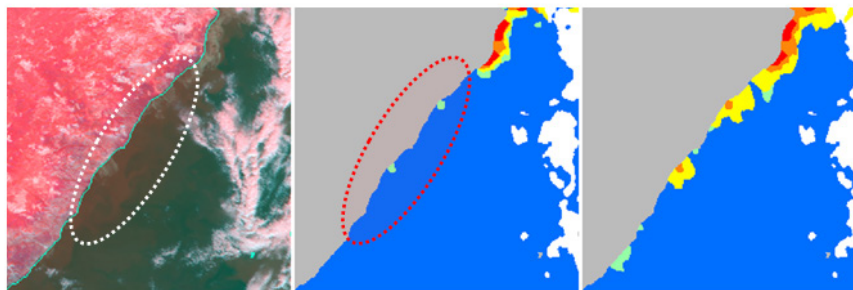
2015/01/28 衛星画像 自動解析図(修正前) 解析図(自動解析の修正)  
衛星画像の雲の濃淡を海氷と誤解析しており,解析者が不明に変更.



2015/01/19 衛星画像 自動解析図(修正前) 解析図(自動解析の修正)

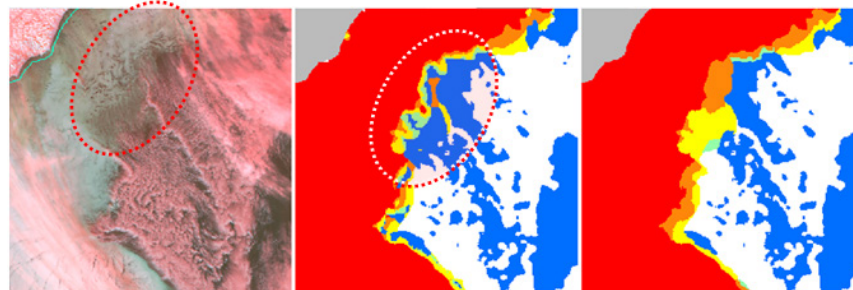
極軌道衛星 AVHRR 画像と AMSR2 の解析の違いが大きい事例. シェリホフ湾内(衛星画像赤枠)は, AVHRR 画像の解析では不明のため, AMSR2 の解析による海氷域が合成される(中央・修正前). しかし, AMSR2 解析は AVHRR 解析が海としている周辺領域においても広く海氷域を検出していたことから, この AMSR2 解析はノイズによる過剰検出の可能性があると判断, これを不明に変更した. また, カムチャツカ半島先端の海氷についてもノイズによる擬似海氷と判断し, 除去した.

第 10 図 修正事例 1: ノイズによる誤解析



2015/01/15 衛星画像 自動解析図(修正前) 解析図(自動解析の修正)

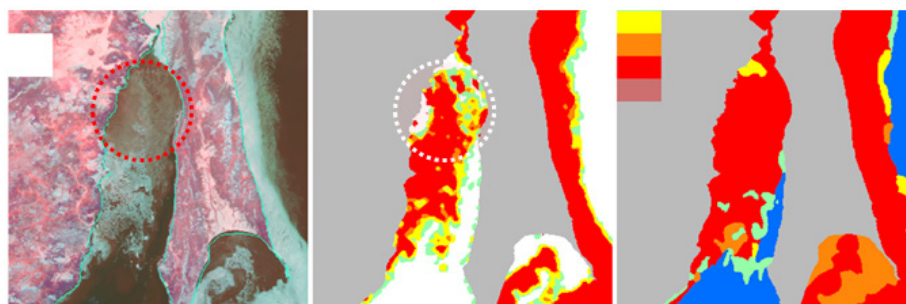
沿海州沿岸海域の低密度度の海氷域の画像輝度が低く,海と解析されていた. 解析者が手解析で海氷域を追加した.



2015/01/19 衛星画像 自動解析図(修正前) 解析図(自動解析の修正)

雲と接する部分,筋状の雲域下にある海氷の密度度が低く解析されている. これは,薄い雲の下にある海氷は画像輝度が低く,中間ファイルで大部分を海と過剰検出したことに因る.

第 11 図 修正事例 2: 低輝度の海氷

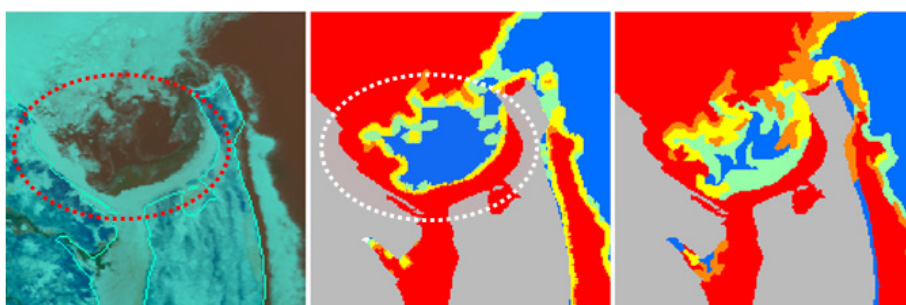


2015/01/20 衛星画像

自動解析図(修正前)

解析図(自動解析の修正)

間宮海峡における海氷域で、低輝度の海氷が解析されず、密接度分布が疎らになっている。解析者による修正で高い密接度に修正。



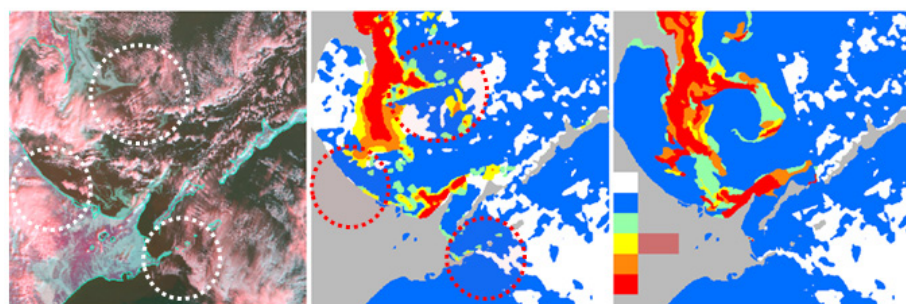
2015/05/11 衛星画像

自動解析図(修正前)

解析図(自動解析の修正)

間宮海峡北のサハリン湾における薄氷域が解析されていない。解析者が手解析で追加。

第 12 図 修正事例 3：密接度の修正，薄氷域の追加

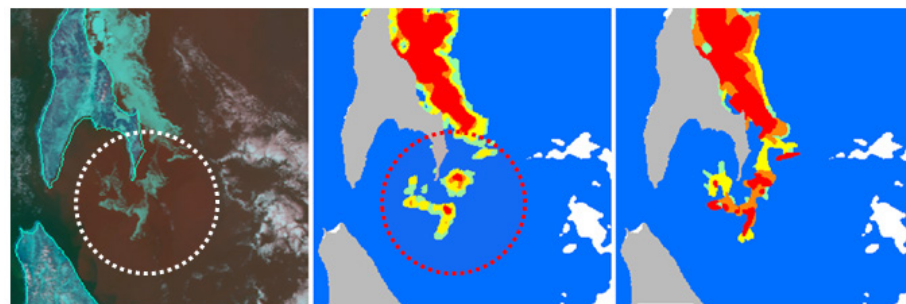


2015/01/28 衛星画像

自動解析図(修正前)

解析図(自動解析の修正)

北海道沿岸（紋別周辺，根室半島周辺）では、画像の位置ずれにより陸を海氷と誤認，またアニワ岬東方から東に延びる海氷域（上丸印）は自動解析で海を過剰検出。当日は RADARSAT 観測データを用いて修正した。



2015/04/01 衛星画像

自動解析図(修正前)

解析図(自動解析の修正)

低密接度の海氷が解析されておらず，衛星画像と自動解析図では海氷分布が異なる。北海道オホーツク海沿岸海域は情報のニーズから全面的に手解析で行った。

第 13 図 修正事例 4：北海道オホーツク海沿岸海域

とがわかった。

1. 低密接度域が解析されないことがある。
2. 新成氷域の密接度が過小に解析されやすい。
3. AVHRR 解析では雲域と接する部分や筋状の雲域下にある海水の密接度が低く解析されやすい。
4. AVHRR 解析では雲の陰影部分が低密接度域や開放水面と誤認されることがある。
5. 高緯度で AMSR2 低密接度が過大に解析される事例が見受けられる。

なお、2014/2015 海氷シーズンは海氷域面積がシーズンを通して記録的に小さかった。海氷域面積が小さい時や融解期、あるいは誤解析により解析者による修正が広範囲に及ぶ場合は、自動解析画像からの修正が従来の現業解析を行うより作業負荷が高くなる懸念は残ったが、2014/2015 海氷シーズンには、そこまで至る事態は発生しなかった。

## 5. まとめと今後

2014/2015 海氷シーズンにおいて、極軌道衛星 NOAA-19 及び Metop-B の AVHRR 画像並びに GCOM-W1 の AMSR2 海氷密接度プロダクトを利用した海氷自動解析の試行を行った。結果は概ね良好で、海氷現業システムを再構築し、自動解析結果をプロダクトに利用する見通しを立てることができた。

しかしながら、海氷情報・海氷予報の精度の維持には、試行事例で明らかになったような自動解析の特性に対し、解析者の手作業による修正を要した。また、より精度の高い情報ニーズのある北海道周辺海域等に対しては、更に緻密な解析が必要である。そのため当時の試行に際しては、修正

作業にも多くの時間を要したため、自動解析を現業に導入するには至らなかった。

2015 年に正式運用が開始されたひまわり 8 号は、極軌道衛星 NOAA-19 や Metop-B で利用していたバンド帯を含む多くの観測バンドを備えており、また、10 分間隔の高頻度の観測が可能となった。この膨大な観測データを活用することで、ノイズを抑制し、誤解析を低減させることが期待できる。平成 27 年度 (2015 年度) に行った、ひまわり 8 号の観測データを活用した海氷自動解析システムの開発については第 2 部で報告する。

## 参 考 文 献

- 金子秀毅 (2007) : オホーツク海の気象 — 大気と海洋の双方向作用 — 第 8 章海氷域の解析とその変動の特徴. 気象研究ノート, **214**, 75-92.
- Chikasawa, M. *et al.* (2010) : A New Method of Sea Ice Analysis in the Sea of Okhotsk. Proceeding of 25th Intern. Symp. on Okhotsk Sea and Sea Ice, 125-129.
- 中込暢彦 (2004) : 衛星リモートセンシングを用いた海氷観測における海氷分類法と雲判別法の研究. 東京大学応用流体工学研究室, <http://fluidlab.1.k.u-tokyo.ac.jp/heritage/2004nakagome/nakagome.pdf>, 2016.9.16. 閲覧
- 田口晴夫・松本隆則 (2000) : 気象衛星 NOAA のデータを用いた海氷域の抽出. 測候時報, **67** 特別号, S17-S25.
- Oikawa, Y. (2004) : An objective analysis method of sea ice concentration in the Sea of Okhotsk, using satellite microwave observations in combination with numerical sea ice prediction. Proceeding of the 19th Intern. Symp. on Okhotsk Sea and Sea Ice, 23-30.