

PS-35 氷海開発のための高精度氷況観測技術の開発

海洋開発系	* 松沢 孝俊、宇都 正太郎
水中工学センター	浦 環
東京大学生産技術研究所	浅田 昭、林 昌奎
北見工業大学	舘山 一孝
北日本港湾コンサルタント	泉山 耕
石油天然ガス・金属鉱物資源機構	浅沼 貴之、大坪 和久

1. はじめに

近年、北極海における資源開発及び航路利用が注目されている。北極海の海水勢力は夏季を中心に減退傾向にあるが、海水及び氷山は海洋石油・ガス開発にとって依然として脅威である。氷に関する工学的知見は、未だに十分とは言い難い。その理由には、氷へのアクセスの困難さ、精度の高い計測方法の欠如がある。

そこでJOGMEC「氷海域の石油・天然ガス開発技術」に関する委託研究（H23～24、H25）において、新しい観測技術により従来は不可能であった氷況パラメータの取得及び工学的利用を目指した研究開発を実施した。本研究で扱う課題と技術要素の概要を図-1に示す。

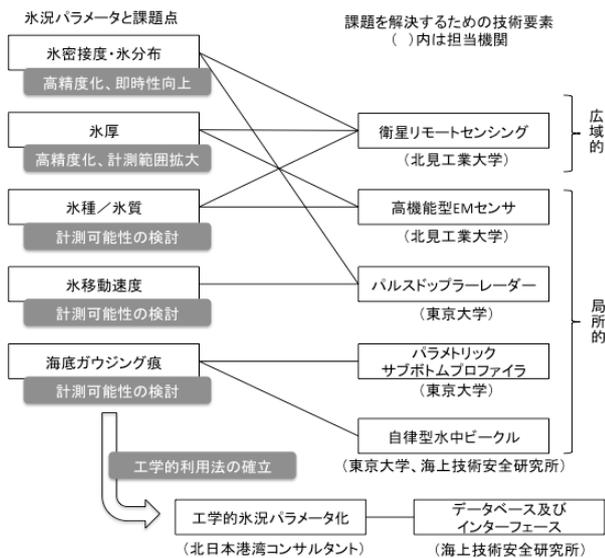


図-1 本研究における課題と技術要素

2. 広域的な高精度氷況観測技術

2.1 マイクロ波放射計

人工衛星搭載センサのうち、マイクロ波センサは雲や日照の有無に関わらず地表面の観測が可能で、広範囲の海水分布を得る際の有力なツールである。

2012年から運用を開始したマイクロ波放射計AMSR2は、走査幅約1,500km、観測頻度は日毎であり、空間分解能は最高で5kmと従来の12.5kmより大幅に向上している。本研究では、AMSR2データから氷密接度と氷厚を算出するアルゴリズムを適用し、氷況

パラメータとして出力した。

2.2 合成開口レーダー

合成開口レーダー（SAR）は、走査幅はおおよそ数10kmで観測頻度も数日毎であるものの、空間分解能は10m以下のものが多く、将来的には非常に高精度な氷況分析に利用できる可能性がある。

本研究では、SARセンサRADARSAT-2のデータを取得し、冬期のサロマ湖での実氷計測結果と併せてポラリメトリック解析等を行った。その結果、SARデータの解析によって氷山、氷厚、変形の強弱、表面の濡れ状態等が把握できることが分かった。例として、エントロピー画像による氷種判別を図-2に示す。

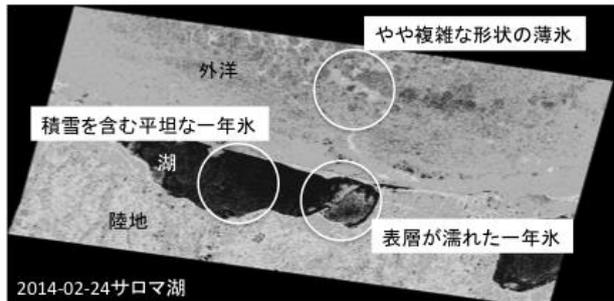


図-2 サロマ湖のSARエントロピー画像

3. 局所的な高精度氷況観測技術

3.1 高機能型EM-BIRD

上述の衛星センサによる観測は広域の氷況把握に有用であるが、その場・その時点の高精度な氷分布及び氷厚等を把握することも運用上必要不可欠である。

EM-BIRDはヘリコプター懸架式の電磁誘導センサで、高度数10mから氷厚を計測する手法として現在最も高精度のツールである。ヘリコプターで移動できる範囲の任意の場所を観測できることが特長で、また、氷による危険を予測するために重要な氷厚を準リアルタイムで得られることも大きな利点である。

本研究では、図-3に示すEM-BIRDを製作して試験運用し、基本的な精度検証及びマニュアル整備を行った後、将来高機能化するためのセンサ選定及び基本設計を実施した。また、特に法規制について調査し、日本国内での運用に必要な技術的な解決策を明確化した。

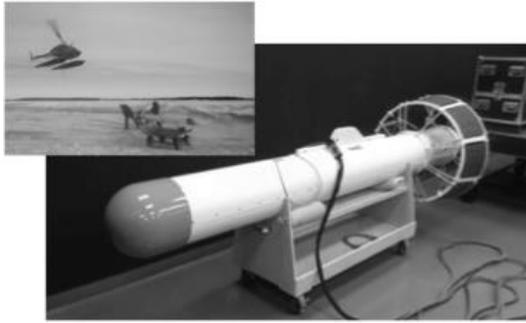


図-3 JOGMEC 所有の EM-BIRD

3. 2 オンボード海氷レーダー

氷海で運用中の船舶あるいは構造物において最も重要な情報のひとつは、自身の周囲 10km 程度のリアルタイムな氷の動きである。目視では夜間や霧の場合に対応できず、従来の船舶レーダーでは海と氷の判別精度が低い。

本研究では、元来波浪レーダーとして開発された X バンドパルスドップラーレーダーを用い、周囲の氷の分布・速度を精度良く把握する技術に応用した。また、この技術によるレーダーのプロトタイプを製作し、冬期の北海道紋別市沿岸に設置して受信信号を解析し、氷分布及び氷速度について良好な検知性能を確認した。図-4 に信号解析結果の例を示す。

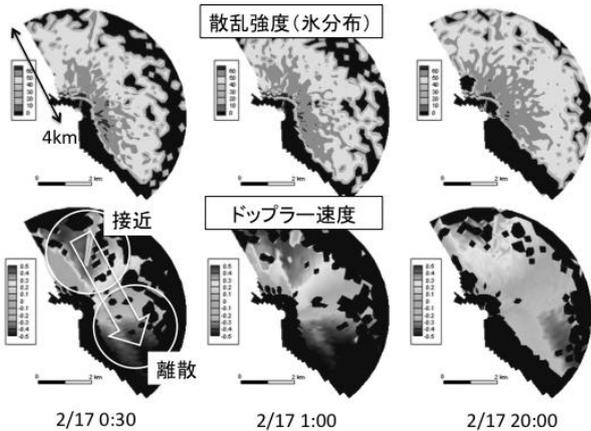


図-4 2014年2月紋別沿岸のレーダー信号解析例

4. 海底下ガウジング痕計測技術及び AUV 技術

氷海開発用の海底設置施設を設計する際には、冰山キール部等による海底面の削り取り（ガウジング）の深さや履歴は重要な情報である。一方で、観測機会が限られるため氷海域のデータは極めて限定的である、また、堆積砂に覆われる等して正確なガウジング深さの計測が困難であるという問題がある。

サブボトムプロファイラ（SBP）は海底下の地層を検知できるセンサである。本研究では、まず市販 SBP でガウジング痕に類似した海底地層データを取得し、SBP の適用可能性を把握した上で、今後より高精度なガウジング痕計測に特化した SBP の開発に資することを目指すこととした。

図-5 に仙台新港で市販 SBP の SES2000 により計測された海底下地層断面図を示す。市販品でも堆積砂に覆われた地形が把握でき、より高精度な SBP を用いれば目的の計測が可能になることが分かった。

SBP を氷海域で運用するためには、自律型水中ビークル（AUV）に搭載することが有効である。本研究では既存機を改良して北海道紋別沖で運用試験を行うとともに、氷海用機体の基本設計を行った。氷海域での AUV 運用には独特の困難があり、特に水平方向通信については、その限界性能を把握する必要がある。そこで本研究では、水中音響通信機器及び測位機器の遠距離到達性能を確認する実海域試験を別途実施した。

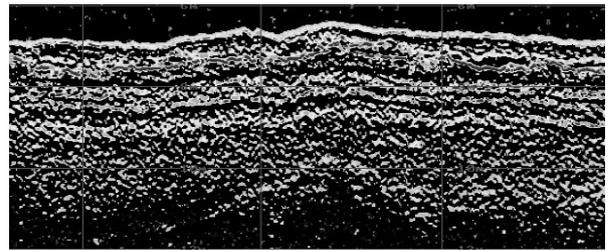
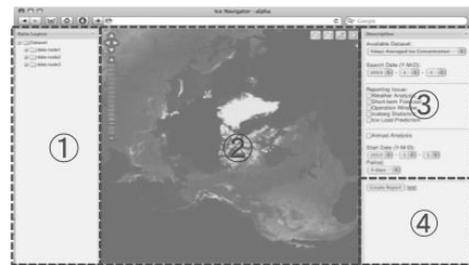


図-5 仙台新港で SBP により計測された堆積層

5. 氷況データベース技術

各観測で得られたデータは、そのままではエンジニアリング用途に適さないものもあり、適宜工学的なデータへ変換した後、データは全てデータベース（DB）に蓄積され、インターフェース（I/F）を通じて利用することになる。

本研究では、氷密接度のデータ変換手法を検討するとともに、ウェブブラウザで動作する DB 及びインターフェースのプロトタイプをオープンソースライブラリにより構築した。図-6 にプロトタイプの概観を示す。



①データツリー部 ②インタラクティブマップ部
③データ検索部 ④レポート作成機能

図-6 開発した DB I/F の概観

6. 終わりに

本稿では、JOGMEC の平成 23 年度及び 25 年度「氷海域の石油・天然ガス開発技術」に関する委託研究（研究課題「氷況観測・予測技術等に関する研究」）で実施した、今後の氷海開発に必要不可欠である氷況観測技術の開発及び氷況データの工学的利用を目的とした研究の概要を報告した。