

Xバンドドップラーレーダによる流氷観測（1）

- 設置から観測開始まで -

藤吉康志、中坪俊一、大井正行、福士博樹、藤田和之

1. はじめに

C-バンドの流氷レーダー網によるオホーツク海沿岸の流氷観測に代えて、新たに、X-バンドドップラーレーダーを、紋別市郊外の大山スキー場のTV塔跡地に設置し、2006年1月16日から観測を再開した。図1はレーダーの外観で、図2はアンテナ設置場所から撮影したパノラマ風景である。



図1 紋別市大山スキー場横に設置したレーダーの外観

2. 新システムの特徴

従来の流氷レーダー(C-バンド)は、ファンビームによる仰角一定の水平走査によって、海氷からのレーダ反射強度のみをとらえていた。一方、X-バンド

ドップラーレーダーは、ペンシルビームによる3次元走査を行い、海面から上空までの全てのエコーをとることができる。特に、これまでのレーダーよりも降雪粒子からの散乱が強く、海氷のみではなく、上空の雪雲の3次元構造を同時に観測することが可能である。また、ドップラー機能を有しているため、流氷の動きや、流氷を駆動する上空の風の水平・鉛直分布を観測することができる。通常、強度のみから流氷と雪雲エコーを判別するのは困難であるが、両者の移動速度が大きく異なるため、ドップラー速度画像では明瞭に識別可能である。アンテナの走査モードは、流氷観測用として仰角-1度、-0.5度、0度、+0.5度の4仰角、雪雲観測用に更に高い仰角までの3次元走査を行い、約6分間隔で繰り返している。ただし、海氷は、仰角0度で十分海岸付近から60km遠方まで観測可能である。レーダーは遠隔制御で操作され、観測データの一部はリアルタイムで札幌の北大低温研に送られ、常時最新情報を動画化している。

実は、オホーツク海に発生する雪雲は背が低いいため、気象庁のレーダー観測網ではとらえきれていない。そのため、本レーダーによる観測データは、オホーツク沿岸の気象擾乱を研究する上でも極めて貴重である。



図2 アンテナ設置場所から撮影したパノラマ風景

3. 観測事例の紹介

観測を開始してまだ2ヶ月(3月時点)しか経過していないが、海氷のみではなく気象学的にも実に興味深い現象が数多く観測されている。

3.1 陸風前線の通過と海氷の成長

図3は、陸風が南から北に吹き出た直後のレーダー画像である。陸風が吹き出るまでは、海上には海氷が存在していなかったが(図省略)、陸風とその前面に形成されたバンド状の雪雲が通過した後面の海上には、図に示したような海氷が形成された。この時期の紋別沖は、流氷がまだ接岸していないため、沿岸で海氷が成長と融解を繰り返している。従って、季節風や陸風、寒冷前線などの冷たい空気とそれに伴う降雪によって、海氷が急速に成長する事例が頻繁に観測されている。さらに、発生した海氷の風下には、細いバンド状の雪雲が形成されることが多く、まさに、寒冷海洋圏における大気-海洋-海氷相互作用が起こっている。

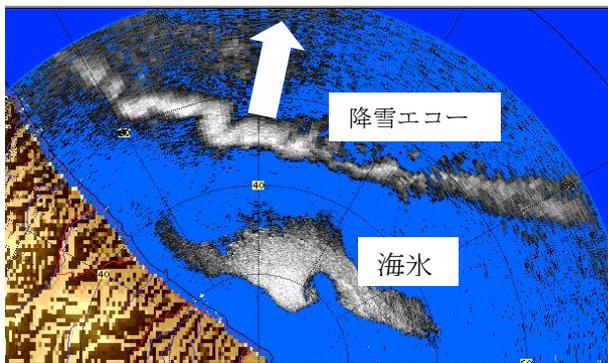
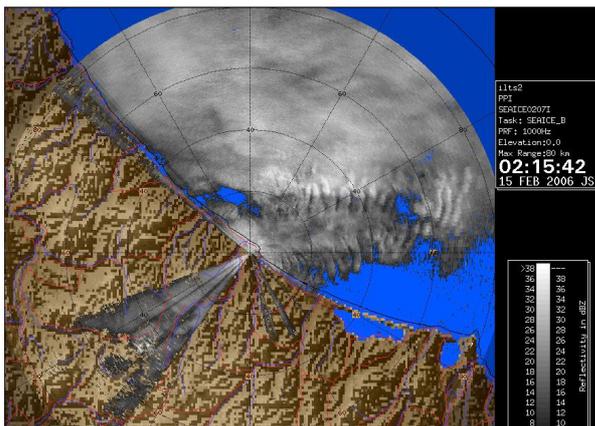


図3 陸風前線の通過後に形成された海氷



3.2 紋別付近に頻繁に出現する大気波動

予想外の大気現象として、頻繁に波動が観測された。波源は、少なくとも3箇所ありそうで、ほぼ同じ場所に出現する。通常は、ドップラー速度の変化として探知されることが多いが、図4は、エコー強度にも明瞭に波状構造が見られた事例である。

我々のレーダーは3次元走査を行っているため、波の3次元構造を示すことができる。成因としては、山岳波が有力であるが、必ずしも定在波では無い。このような波状構造を3次元的にかつ短い時間間隔で観測したという報告は無く、興味深い事実が見つかる可能性がある。

4. 展望

今後は、流氷域を、雪雲やシークラッターのエコーと区別するアルゴリズムを開発することが急務である。そのために、オホーツク海上での船上観測、高解像の衛星、地上からの監視カメラ、航空機からの撮影データなどの現場データとの比較が必要である。また、流氷の移動ベクトルを、従来の面相関法とは独立に、ドップラー速度データから作成する予定である。次年度以降は、もう1台のXバンドドップラーレーダーを、雄武に設置する予定で、それによって、海上の風と流氷の動きを仮定無しに計測することができる。また、海洋レーダーのデータとも組み合わせることで、海氷の成長・融解も考慮した、流氷域の短時間予測を実現させたいと考えている。

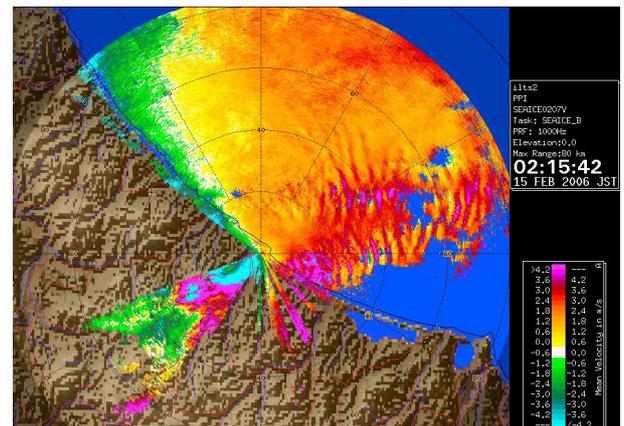


図4 雪雲内に見出された、波状構造。反射強度(左)とドップラー速度(右)の水平分布

5. 技術部の貢献

今回、レーダーを紋別(大山)に設置する計画から実際に動き出し、設置するまでの約3ヶ月という短時間で設置できたのは、現地測量と設計そして工事関係者との打ち合わせなど、レーダーの特徴を知り尽くした技術職員と、金属加工の知識を有した技術職員の力が発揮された結果である。特に今回は、大型観測機材の設置に技術部として初めて3次元CADを使い、工事業者との打ち合わせの基となる図面を作成し、その存在の優位性が発揮された。これまでも装置開発・観測機材の設計に3次元CADを用い、作業の効率化と同時に製作を依頼する研究者・大学院生との間の誤解や間違いを無くしてきたが、今回の設置工事は設計・工事の間違いが、クレーンでレーダーを設置する輸送業者へ与える影響も大きく、計画そのものが進まなくなるため、より慎重に業者との連絡を密にし、誤解の無いような設計と設置方法を採用した。

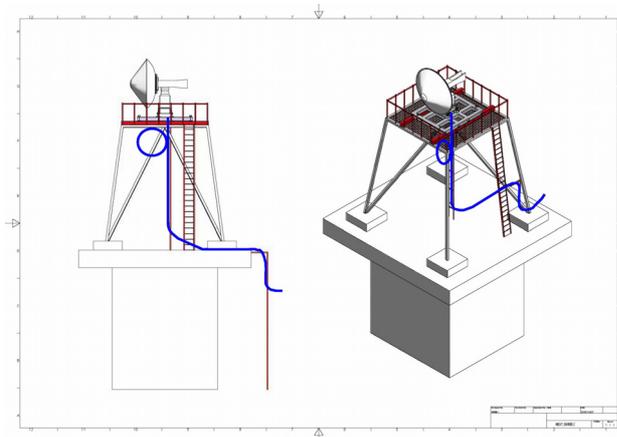


図5 最初の設計図

図5は、設計担当の中坪が行く前の段階の資料等をもとに作成した図面である。設置計画の初期段階では、この図面をもとに現地の業者と工事に関する打ち合わせを進め、詳細部分の工事は現地業者に任せるはずであった。しかし、レーダーやシールドといった大型設備の設置から、レクトガイド

導波管や信号ケーブルなどの取り付けまでに対応した工事すべてを工事関係者に任せるには、この図面では誤解が生じかねないため、中坪が実際に現地に行った後に詳細図面を書きその図面をもとに工事をするということとなった。図6は詳細測量のもとに書いた3次元の図面である。

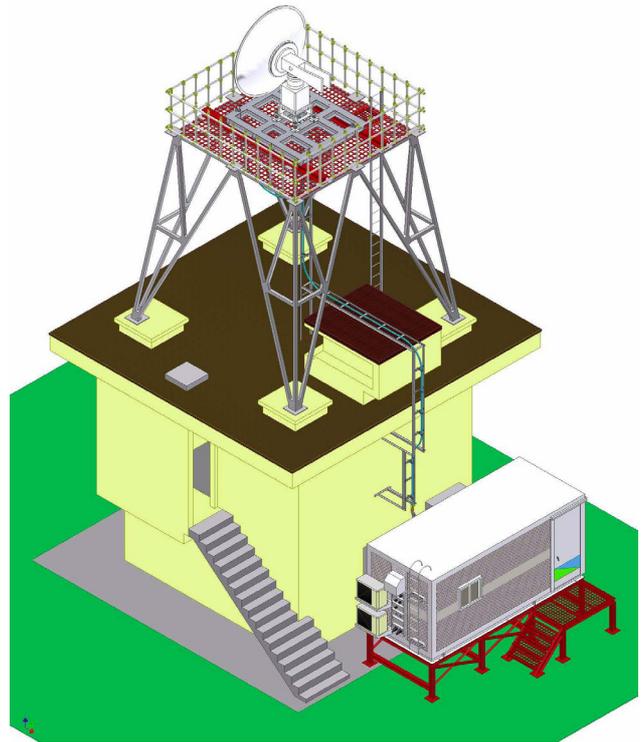


図6 測量後の3次元図面

印刷物では、3次元CADの効果は図5と図6を対比しても、この程度の違いにしか見えないが、実際にコンピューター上で拡大・縮小・ターンや視点を変えるなど、実際に設置するときと同じ状況が作り出せ、現地の打ち合わせはもちろんのこと、技術職員内の打ち合わせでも誤解なくスムーズに作業を準備することができた。

今後も、設計のみならず、設置から運用段階までの一連の技術的サポートができればと考えている。