

紋別港周辺における冬季海象イベント時の解析手法

An analysis method for winter sea events around Monbetsu Harbour

北海道大学工学部	○学生会員	早川健 (Ken Hayakawa)
北海道大学工学院	学生会員	津田洋輔 (Yosuke Tsuda)
北海道大学工学院	学生会員	杉村一直 (Kazunao Sugimura)
北海道大学工学院	学生会員	石見翔汰 (Shota Ishimi)
北海道大学大学院工学研究院准教授	正会員	渡部靖憲 (Yasunori Watanabe)
北海道大学大学院工学研究院助教授	正会員	猿渡亜由未 (Ayumi Saruwatari)

1. はじめに

日本周辺では毎年11月から3月にかけての冬季に、24時間に24hPa以上の中心気圧の低下に伴い急速に発達する温帯低気圧である爆弾低気圧が頻繁に発生し、通過する。これら爆弾低気圧は2014年12月の根室高潮や、2017年12月の留萌高波イベントなどをはじめ、冬季海象災害をもたらす主要な要因となっている(Saruwatari et al., 2015)¹⁾。爆弾低気圧は一般的にユーラシア大陸上や日本の南海域で発生したのち、発達しながら北上し、アリューシャン列島方面へと向かっていくが、オホーツク海上では低気圧の平均移動速度が遅く、停滞しやすい傾向であることが知られている。前述の二つの爆弾低気圧通過イベントにおいてもオホーツク会場における低気圧の停滞が高波の発達とその影響の長期化、さらには海象被害を拡大させる原因の一つとなった。

これまでに冬季温帯低気圧や台風などによる高波の発達過程や被災機構については既往イベント毎に数多くの研究がなされてきたものの、北日本における冬季海象災害とその特徴を理解するため、オホーツク海海域に特有な停滞型爆弾低気圧による高波の特徴を明らかにしたいというのが本研究を行うモチベーションである。

本研究の目的は、オホーツク海に面する北海道紋別市において冬季爆弾低気圧に起因する海象イベントの現地観測を行い、高波イベント時の海象観測の解析手法を確立することである。2018年10月、並びに2016年11月の強風イベントを解析対象とし、現地観測と波浪数値計算を併用することにより、強風下における白波被覆率、及び波高分布を把握できることを示す。

本研究で報告する現地観測体制により、今冬きたる爆弾低気圧の通過イベントに備える。

2. 現地観測

海上現地観測は北海道紋別市紋別港に位置する紋別オホーツクタワーにおいて行った。高さは海上38.5m、海底7.5mとなっている。風速、風向、海面温度、水温に加え、定点カメラによる海表面画像を現在もなお測定している。海面温度を測定する放射温度計はオホーツクタワーの一階の東側、同じく水温計を西側から吊り下げ、風速計は海上約40mのアンテナ部分に、カメラは屋上東側で設置した。

風速、風向、海面温度は10秒毎、海面画像は1時間毎に5枚測定する。なお水温のデータは水温計を回収するまで得られないので本研究では取り扱わない。



図-1 紋別オホーツクタワーの位置(北緯 44.3366° 東経 143.3814°)



図-2 紋別オホーツクタワー

本研究による現地観測の主な目的は現状では白波被覆率の測定である。したがって本研究で取り扱うデータは風速、海面画像に限定する。また、カメラの都合上、夜間での画像解析はできないので昼間のみでの画像解析を行う。

3. 画像解析

白波被覆率を測定する際には、画像から白波のみを抽出するために閾値を求める必要がある。本研究では、AWE法(Callagan et al.)²⁾を採用し、白波被覆率を測定した。AWE法は可視画像を輝度の強度値 0(黒)から 1(白)までのグレースケールにした画像を用いて解析を行う。従来の方法に比べ、確実性があり、自動的に閾値を算出することができる。しかし、本研究で観測した画像の中には、快晴の時では太陽光の影響で一部が白く映り、被覆率が極端に大きくなってしまいうパターンが散見され、閾値が天気によって左右されやすい。したがって、極端に大きな被覆率が出る画像はあらかじめ除外した。

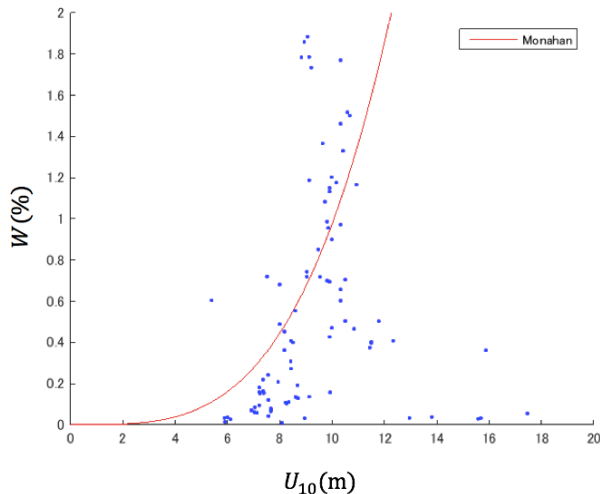


図-3 対象期間中の白波被覆率 W と海上 10m 風速との関係

これまで、海洋観測による白波被覆率の調査は数多く行われており、風速をパラメータとした Monahan & O'Muircheartaigh³⁾ のモデル、 $W_M = 2.95 \times 10^{-4} U_{10}^{3.52}$ などがある。図-3 は本観測結果で得られた白波被覆率 W と U_{10} との関係について既存モデルと比較したものである。なお、観測では海上 40m での風速が得られるので、あらかじめプロットする前に U_{10} に換算した。まだサンプル数が少ないので、さらなるデータの確保が必要であるが、既存モデルとの多少の相関を確認することができた。

これまでの調査の多くは船舶によって陸から大きく離れた海面、つまりフェッチが安定して長い状態の海面で行われるが、本研究では岸からわずか 800m ほど離れた海面での調査のため、従来の研究とは異なる白波の発生仕方が確認できた。図 4 はこれをよく表していて、通常、ある程度発達した波の先端部分が風を受け白波が発生するが（上図）、観測地点のように、吸送距離が短い海面では波が発達しなくても強い風が吹き、白波が発生することがある（下図）。したがって、海岸から近い海域での白波被覆率の分布は従来のものとは異なってくることが予想される。

4. 紋別港におけるレーダー観測と波浪推算モデル SWAN の比較

SWAN はデルフト工科大学で開発された波浪推算モデルであり、周波数、方向、空間座標の 4 独立変数の関数である、

波作用量の平衡式を解くことにより、流れの影響も考慮した波浪変化を計算できる(Holthuijsen et al., 2000)。このモデルにはあらかじめ風速、風向のデータ



図-4 上図は典型的な白波砕破、下図は短い吸送距離での白波砕破

を与える必要があり、今回は数値予報 GPV を使用した。なお、地形データは GEBCO2014 を使用した。ただし、現時点では海流を入力条件として入れていない。計算領域は北側を北緯 46.5 度、南側を北緯 43.5 度、東側を東経 145 度、西側を東経 142 度、グリッド数は縦横 90×90 に設定し計算を行った。

紋別市は、北海道大学低温化学研究所が行っていた X バンドドップラーレーダーによる流氷と気象の観測を引き継ぎを、2017 年 1 月から行なっている。⁴⁾ 本研究では、2016 年 11 月 4 日に発生し、勢力を強めながらオホーツク海を通り過ぎた低気圧による波高推算とモデルとレーダー観測の比較を行った。

図 5 から分かるように、6 日の早朝から低気圧が発達している。図-6 は縦 3 つの左側が 2016 年 11 月 6 日 6:00、右側が同日 18:00 に得られたものである。上から順に、波高 $H(m)$ 、レーダー観測でのドップラー速度を示す。6:00 の時点で、低気圧の中心はオホーツク海の北東側へ到達している。紋別港の座標は北緯 44.35 度、東経 143.36 度である。北海道オホーツク海沿岸では恒常的に宗谷暖流が流れているのに加え、SWAN による平均波向き計算結果から南東向き沿岸流が形成されていると考えられ、レーダーによる観測結果と矛盾していないことがわかる。ただし、本研究の SWAN 計算はグリッド数が少ないので、さらに上げていく必要がある。

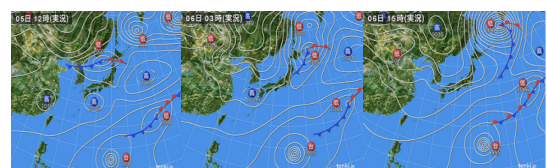


図 5 低気圧発生時の気象図(Tenki.jp)

[155.html](#) “大山ドップラーレーダによる流氷と気象の観測” (2018年12月6日閲覧)

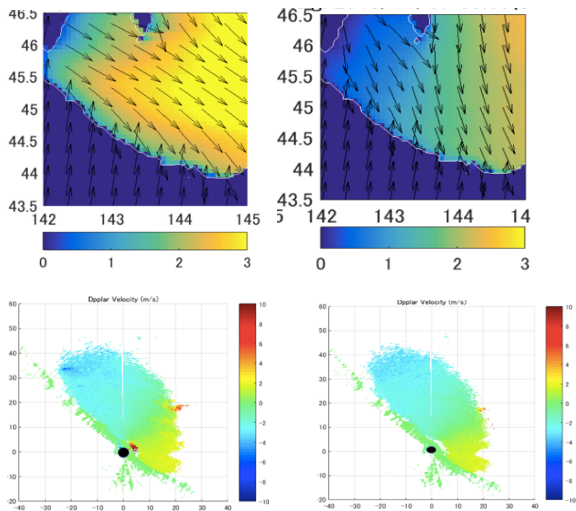


図-6 上から順に波高 $H(m)$ (矢印は平均の波向き), ドップラー速度(m/s) (黒丸は観測地点, 縦横軸は距離(km))
左側は 2018 年 12 月 6 日 6:00, 右側は 2018 年 12 月 6 日 18:00

5. まとめ

本研究では北海道紋別市紋別オホーツクタワーで行った現地観測をもとに白波被覆率を算定し, モデルとの相関性を検討した. この観測地点では白波が立つのはあまり少ないが, 今後本格的な冬季になり, さらなるデータの確保が期待できる. 本研究では風速のみをパラメータとしたが, 大気安定度をパラメータとした検討も必要であろう. 被覆率の測定の正確性は現状では不十分であり, 今後は降雪によって被覆率の算定がさらに難しくなることが予想されるため, 十分な対策が必要である.

本研究での SWAN の計算は紋別市のレーダー観測と比較し, 正しく計算が行われているかを確認するためのものでしかなく, 波高と白波被覆率との関連性を, 今後来るであろう冬季海象イベント時に見出していく必要がある.

謝辞: 本研究で現地観測の器具の設置にあたり, 紋別オホーツクタワーのスタッフの方々に多大なご協力をいただいた.

参考文献

- 1) Ayumi Saruwatari, Adriano Coutinho de Lima, Masaya Kato, Osamu Nikawa and Yasunori Watanabe, 2014: Winter Cyclone Storm Surge in Nemuro, Japan
- 2) Adrian H. Callaghan and Martin White, 2008: Automated Processing of Sea Surface Images for the Determination of Whitecap Coverage: *Journal Of Atmospheric And Oceanic Technology*, 383-394
- 3) Monahan, E. C. and O'Muircheartaigh, I.: Optimal power-law description of oceanic whitecap coverage dependence on wind speed, *J. Phys. Oceanogr.*,
- 4) <https://mombetsu.jp/soshiki/kankou/news/2017-0206-1624->