

知床ウトロ沿岸における海水密接度の予測と精度検証

Prediction and accuracy evaluation of sea ice concentration along the Utoro coast of the Shiretoko Peninsula

吉田 彩乃¹, 館山 一孝²

Ayano Yoshida¹, Kazutaka Tateyama²

Corresponding author: m3255200340@std.kitami-it.ac.jp (A.Yoshida)

¹北見工業大学大学院 工学研究科, ²北見工業大学 地球環境工学科

¹ Graduate School of Engineering, Kitami Institute of Technology

² School of Earth, Energy and Environmental Engineering, Kitami Institute of Technology

This study aims to develop and validate a prediction model for sea ice concentration along the coast of Utoro, Shiretoko Peninsula, based on meteorological forecast data and satellite observations. As the extent and duration of sea ice in the Sea of Okhotsk have been declining in recent years, local tourism activities such as drift ice walks are significantly affected. By analyzing the correlation between wind components and ice concentration using AMeDAS, MSM, and AMSR2 data, and constructing a Random Forest model, we achieved a prediction accuracy of 78.18% in determining whether sea ice concentration exceeds 80%, which is the threshold for safe tourism operations.

1. はじめに

近年、オホーツク海における流氷の面積および結氷期間の減少が報告されており、地域の自然環境や観光資源への影響が懸念されている。中でも、図2に示す、北海道の知床半島西岸に位置するウトロ地域では、流氷ウォークと呼ばれる冬季観光アクティビティが盛んであり、地域経済において重要な役割を果たしている。流氷ウォークの実施状況は流氷の位置・状態と気象条件に依存している。特に沿岸部では変化が激しく、それに伴い実施可否や場所が変わる。

そこで、本研究では、知床連山とオホーツク海の影響を強く受けるウトロにおいて、流氷ウォー

(気象庁, 2024)

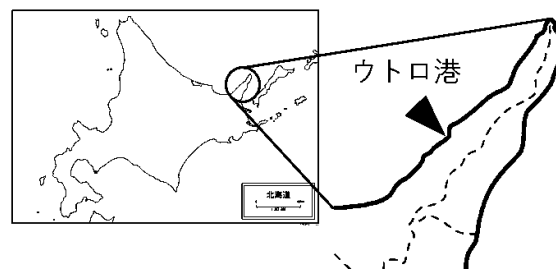


図2 知床半島ウトロの位置

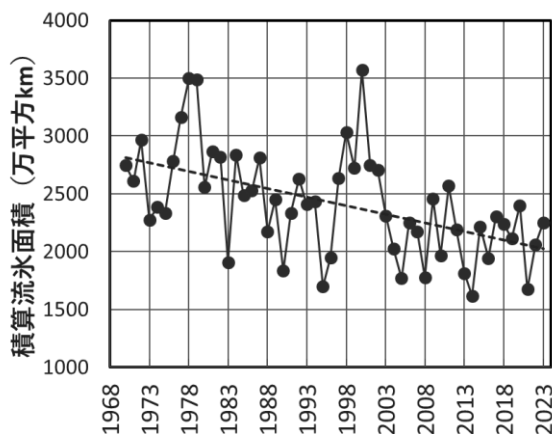


図1 オホーツク海の積算流氷面積の変動

クに適した流氷動態(接岸～定着～離岸)の予測を行うことで観光アクティビティに役立つ情報を提供し、地域貢献を図ることを目的とする。

流氷動態の予測手法を考案するために、流氷に影響を及ぼす気象条件を明らかにし、沿岸部における風と流氷の相関を求める。それらから導かれた条件をもとに、39時間前風予報から沿岸の海水密接度を予測し、精度検証を行う。

2. 使用データ

本研究では、知床半島ウトロ沿岸における海水密接度および気象条件に関する複数の観測・予測データを用いた。解析期間は、現地の氷況データが存在する2022年から2025年の各年1月から3月までと設定した。ウトロ周辺の海水密接度は、

現地で流氷ウォークを実施しているゴジラ岩観光より提供されたカメラ画像を用いて目視判別により求めた。海上保安庁の11段階密接度指標に従ってカメラ画像から海氷密接度の判定を行った。このとき、幌別エリアでは、密接度8以上が流氷ウォーク実施の目安とされている。

沖合の海氷密接度は、JAXAが提供するGCOM-W衛星に搭載されたマイクロ波放射計AMSR2による空間分解能10kmの海氷密接度と、空間分解能2.5kmの高解像度海氷密接度を用いた。高解像度海氷密接度は、高解像度輝度温度データからASIアルゴリズム(The ARTIST Sea Ice Algorithm)²⁾を適用して算出した。対象範囲は緯度44.0~44.3°N、経度144.5~145.5°Eに設定した。

気象データは、実測風および予報風の2種類を使用した。実測風は、気象庁が提供するアメダス宇登呂地点(緯度44.0617°N、経度144.9694°E)における地上風の日平均および日最大風速・風向データを用いた。予報風には、京都大学生存圏研究所が提供する数値予報モデルMSM-S(メソスケールモデル)に基づく地上風の39時間前予報値を使用した。このMSM風データは5km格子で提供され、流氷に作用する代表的な西風成分を抽出するため、風速と風向の合成から西風寄りの成分を求めた。

また、流氷への影響が大きい日の気象条件を把握するため、気象庁より公開されている天気図³⁾を用いて比較を行った。

流氷の接岸・離岸が頻繁に起こる1月から3月の期間を解析することで、沿岸および沖合における密接度の変動と風との関係を定量的に把握し、予測モデル構築のための学習データとした。なお、沿岸目視判別用の画像は日単位で収集され、AMSR2およびMSMデータと時系列的に整合をとって解析を行った。

3. 解析手法と結果

3.1 海氷密接度と風の相関分析

本研究では、ウトロ沿岸における海氷密接度と気象条件の関係を把握するため、2022年2月の期間において、目視で判定された沿岸海氷密接度とアメダス宇登呂地点で観測された地上風との相関を分析した。分析にあたっては、日平均風速・風向から西風成分(270°に向かう成分)を抽出し、相関係数を計算した。その結果、図3より、西風成分と沿岸の海氷密接度の間に正の相関($R=$

0.70)が確認された。

西風成分・北西風成分・北風成分と海氷密接度の相関を比較した際には、沿岸の海氷密接度と最も高い正の相関を示したのは西風成分ということが確認された。

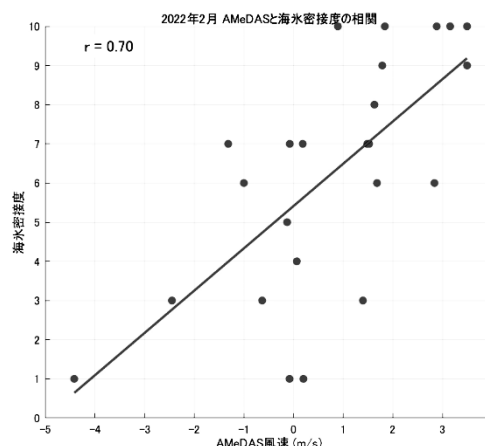


図3 アメダス宇登呂地点で観測された地上風の西風成分と海氷密接度の相関図

また、流氷動態の変化が大きかった期間を天気図と比較した結果は、2022年2月の複数の期間において、沖合では東風による離岸傾向と西風による接岸傾向を確認した。東風による離岸傾向があるときは日本海において低気圧の停滞がみられ、西風による接岸傾向があるときは冬型の気圧配置がみられた。

よって、強い西風成分が寄与することで知床半島が流氷をせき止める役割を果たし、ウトロ側では接岸傾向を示すと考えられ、風予報の西風成分から概ね流氷動態の予測が可能であることが分かった。

3.2 アメダス・MSM・海氷密接度の関係

入手した期間におけるアメダス・MSM・沿岸の海氷密接度の推移のデータ比較・検討を行った。

アメダスのデータとして、日平均風速と日最大風向から算出した西風成分と、日最大風速と日最大風向から算出した西風成分のどちらがより適切か比較した結果、日最大風速と日最大風向から算出した西風成分の方が海氷密接度とグラフの山と谷が一致していることから、より適切だと分かった。

次に、アメダス・MSM・沿岸の海氷密接度・沖合の海氷密接度の推移の比較を行った。その結果を図4に示す。1月や3月末のウトロ近海の沖合に

海水が無い時期に、西風が作用しても接岸しないことから、その期間のデータによって風と海水密接度の相関の低下を招いていることが判明し、対策として、閾値を設ける必要があることが分かった。

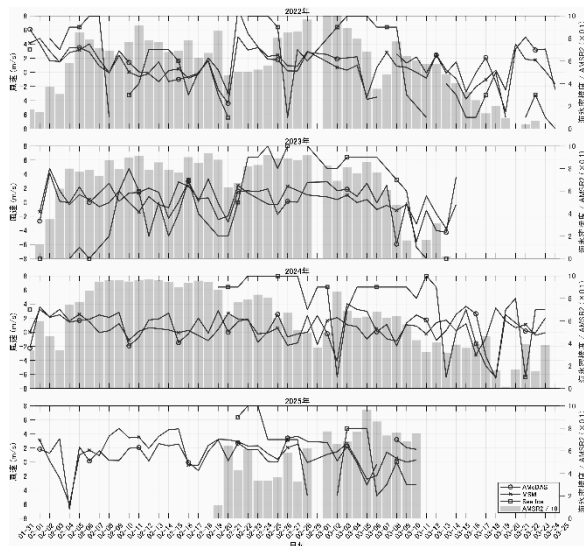


図4 アメダス実測風とMSM予測風、沿岸のAMS2高解像度海水密接度、沖合の目視海水密接度の推移

閾値の設定による効果を確認するために、データ選別のための閾値を2種類設定した。まず、海水密接度が7以上の日が2日以上連続した場合、2日目以降のデータを除外することで、流氷がすでに接岸した状態に依存する観測値の影響を抑えたケースを閾値A、沖合の海水密接度が10%未満である日は除外することで、接岸の可能性がそもそも低い日を排除したケースを閾値Bと設定した。閾値を設けたデータで送還を求めたところ、海水密接度とアメダス地上風の西風成分の相関係数はさらに上昇し、予測精度の基礎となるデータが整備された。

3.3 閾値探索と機械学習モデルの構築

AMS2（沖合密接度）およびMSM（予報風）の2変数に対し、それぞれ10段階の閾値を設定し、合計で2057通りの閾値組み合わせをランダムに生成した。それぞれの組み合わせについて、「沿岸密接度8以上か否か」の判別正答率を計算し、正答率60%以上を達成した組み合わせのうち、上位30件を抽出して、機械学習モデルの学習用データとした。

予測モデルの構築にはランダムフォレスト(Random Forest)を用いた。教師データとしては、AMS2 閾値、MSM 西風成分、日付情報を用い、目的変数として密接度 8 以上か否かを二値分類させた。モデルの評価にはトレーニングとテストを7:3に分割して使用し、テストデータにおける最終的な正答率は78.18%を示した。

4. まとめと今後の課題

本研究で構築したモデルは、比較的シンプルな構造でありながら、沿岸流氷の接岸有無を78%以上の精度で予測することができた。これは、観光事業者が流氷ウォーク実施判断を行う上での有効な補助情報となる可能性があることを示した。

一方、実際の観光現場で活用されるには、以下のような改良が必要である。まず、入力データに気温・潮流・波浪などを加えることで、より正確な予測が可能となる。

また、地上風や海水密接度の時間的変化を扱える時系列モデルの導入も今後の検討課題である。深層学習を用いることで、非線形な時間変化や遅延応答にも対応できる可能性がある。

【参考文献】

- 1) 気象庁 (2024): 海洋の健康診断表 海氷域面積の長期変化傾向 (オホーツク海), https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/a_1/series_okhotsk/series_okhotsk.html [閲覧: 2024年8月16日]
- 2) G. Spreen, L. Kaleschke, and G. Heygster. (2008): Sea ice remote sensing using AMSR-E 89GHz channels. *Journal of Geophysical Research*, **113**:C02S03, 2008.
- 3) 気象庁 (2022): 天気図【全号まとめ】 - 国立国会図書館デジタルコレクション 天気図令和4年2月 日本域地上天気図, <https://dl.ndl.go.jp/pid/12899809>