

北海道大津海岸におけるジュエリーアイス出現時期の 予測公開までの歩みと他の地域への展開

The History Leading to the Publication of Predictions for Jewellery Ice Appearance Period on Otsu Coast in Hokkaido, and Its Expansion to Other Regions

北見工業大学大学院工学研究科博士前期課程 小穴 一詠
北見工業大学 吉川 泰弘

Graduate School of Engineering, Kitami Institute of Technology, Master's program
Ichiei KOANA
Kitami Institute of Technology Yasuhiro YOSHIKAWA

Abstract

In recent years, the "jewellery ice" seen at Otsu Coast at the mouth of the Tokachi River in Toyokoro Town, Hokkaido, has attracted attention as a tourist resource. Jewellery ice refers to highly transparent ice blocks at Otsu Coast at the mouth of the Tokachi River that shine like gems in sunlight. Previous studies have organized the appearance process into five stages and proposed a method to estimate the timing of its occurrence. These phenomena were formalized into a predictive model, enabling appearance predictions. These predictions are published online. This paper reviews the history leading up to the publication of the predictions and clarifies the challenges involved. Meanwhile, in 2023, highly transparent ice similar to jewellery ice was confirmed at Masuura Coast in Abashiri City, and field surveys confirmed the accumulation of transparent ice. Similar phenomena have begun to be observed in other areas, indicating potential value not only as a natural landscape but also as a tourist resource. However, many points regarding the differences in formation mechanisms and conditions of occurrence between regions remain unclear. This study aims to clarify the appearance of transparent ice at Masuura Coast based on existing research from Toyokoro Town, and to explore its potential as a regional tourist resource.

Keywords: Jewelry Ice, Publication of Predictions, Toyokoro, Hokkaido

1. はじめに

北海道中川郡豊頃町の十勝川河口大津海岸で見られる「ジュエリーアイス⁽¹⁾」は、観光資源として注目を集めている。ジュエリーアイスとは、十勝川河口の大津海岸で見られる、太陽光によって宝石のように多様な色彩に輝く透明度の高い氷塊を指すものである。観光を行う上で、事前にジュエリーアスの出現時期を知ることが求められている。既往研究⁽²⁾では、ジュエリーアスの出現過程を形成、破壊、輸送、堆積、融解の5つの段階に区分し、各過程を数式で表現することにより出現時期を推定する手法

を開発している。さらに、この手法を用いた出現時期の予測を公開し、観光情報を提供している。

一方、他の地域においても、ジュエリーアイスと類似した透明度の高い氷（以下、本研究では「透明な氷」と称する）が打ち上げられている。その一例として、2023年1月30日に網走市藻琴の鱒浦海岸に透明な氷が打ち上げられたとの報道⁽³⁾がある。これまで豊頃町大津海岸に特有の現象として認識されてきたジュエリーアイスが、他の地域においても同様の形態で確認される事例⁽⁴⁾が現れつつある。図1に、これまでにジュエリーアイスおよび透明な氷が

確認されている地点を示す。なお、これら以外の地点においても、出現している可能性は残されている。

本論文は、2012年に透明な氷がジュエリーアイスと命名⁵⁾されてから、ジュエリーアイス出現時期の予測公開までの歩みを整理すると同時に課題を明らかにした。さらに、本予測手法を他の地域で見られる透明な氷へ展開が出来るか検討を実施した。他の地域の透明な氷として、2023年1月に網走市藻琴鱒浦海岸に出現した透明な氷を対象とした。この透明な氷の発生源、輸送過程、堆積状況といった物理的特性を検討した。

本研究は、観光資源として新たに注目される自然現象(透明な氷)を対象に、最新の観測データと定式化に基づく出現予測の検証および精度向上を通じて、観光実務における予測情報の生成・提供の在り方を探究した。不確実性を伴う自然現象の出現予測を公開・運用し、工学と観光を連携させている点に、本研究の独自性がある。本研究の成果は、自然条件の不確実性を内包する観光資源の持続的活用や、来訪者の適切な行動判断を支援する情報提供の高度化に寄与するものであり、地域観光の発展に資する点で社会的意義を有する。

2. ジュエリーアイス出現時期の予測公開までの歩み

大津海岸で打ち上げられた透明な氷の塊が、ジュエリーアイスと命名されてから、ジュエリーアスの出現時期の予測を公開するまでの歩みを記す。

2012年：ジュエリーアスの命名と社会的反響

2012年2月7日、豊頃町出身の写真家・浦島久氏が、十勝川河口付近で見られる透明度の高い氷の塊を「ジュエリーアイス」と命名した。この命名を契機として、「ジュエリーアイス」という自然現象は広く一般に知られるようになった。その後、豊頃町役場には、「いつ見ることが出来るのか」といった問い合わせが多数寄せられるようになる。なお、豊頃町役場では、2014年から町のホームページでジュエリーアスの発信⁶⁾を始めている。

2015～2016年：学術的関心と政策的意味

2015年度以降には、北見工業大学を始めとする学術機関にジュエリーアイス出現現象に関する問い合わせが寄せられるようになった。ジュエリーアスは、学術的観点からも注目を集められた。さらに、2016年に策定された第8期北海道総合開発計画⁷⁾においては「食」と「観光」が北海道の戦略的産業

図1. ジュエリーアイスおよび透明な氷が確認された地点



(出所) 出現情報を基に筆者が加工して作成

として位置づけられた。ジュエリーアスは、地域振興を支える新たな観光の一役を担うことが期待された。

2017年：研究の開始と方向性

2017年1月には、The New York Times(電子版)でJewelry iceとして紹介⁸⁾され、日本国内のマスメディアにも頻繁に取り上げられるなど、社会的関心が高まっていった。よりジュエリーアイス出現現象の解明が求められるようになった。社会的関心の高まりを受けて、2017年より、北見工業大学は、河川調査の技術を有している福田水文センターおよび豊頃町と連携を取り、ジュエリーアスの出現現象の解明のための研究を開始した。産学官の連携の体制が整備され研究の推進が本格化した。研究の方向性として、ジュエリーアスの出現現象を「形成」「破壊」「輸送」「堆積」「融解」の5つの過程に分類し、それぞれの過程における支配要因を検討し定式化を試みた。詳細な現地調査により、河川の氷がどの程度の厚さで形成され、いつ破壊されるのか、その後、どのように海域へ運搬されて海岸に打ち上げられるのか、打ち上がった氷は、いつどのくらい解けるのかという、現象の解明を進めた。また、現地調査により、ジュエリーアイス出現現象の物理的条件に関する基礎的知見が蓄積された。なお、北見工業大学では、2017年8月～2018年3月の期間で、ノーステック財団より研究助成を受けている。

2021年：研究体制の強化

2021年には、十勝管内における河川調査の技術を有している北開水工コンサルタントが共同研究に参画した。この研究体制の強化により、詳細な調査データの取得が可能となった。

2022年：学際的展開と社会還元開始

2022年には、帯広畜産大学が本研究体制に参画した。産学連携センターの研究者が加わり、さらに研究体制が強化されたことで、従来にはなかった視点や知見が研究に導入された。また、2022年には、ジュエリーアイスの出現時期推定手法^②が開発され、研究成果の社会還元が本格的に始まった。具体的には、ジュエリーアイスの10日先までの予測を公開するホームページ^⑨を開設した。当初は、出現予測情報に加えて、ジュエリーアイスの打ち上げ状況を確認出来るよう、現地に設置したライブカメラ映像を一般公開していた。この取り組みにより、研究成果が学術的知見の域を超え、観光客や地域住民にとっても直接的に有用な情報として活用されるようになった。

2023年：社会的課題の顕在化と地域との対話

一方で、ジュエリーアイスの予測情報を公開するに伴い、新たな課題も浮上した。2023年5月、観光事業者より「予測情報を公開することで、ジュエリーアイスが見られないと判断した観光客が来訪を控え、予約キャンセルが増える懸念があるため、情報公開を控えてほしい」との要望が寄せられた。この出来事を契機に、本研究チームは「研究成果は地域にとって本当に役立っているのか」「地域の人々はジュエリーアスをどのように捉えているのか」という根源的な問いに直面することとなった。

これまで研究者らは、予測精度の向上と情報公開によって観光客の利便性を高め、地域振興に貢献していると考えてきた。しかし実際には、予測情報の公開が必ずしもすべての関係者にとって一様に望ましい結果をもたらしているわけではなく、観光事業者、地域住民、観光客などの間で受け止め方や期待が異なる可能性が示唆された。このことから、科学的成果の社会実装と地域社会との関係性の在り方を再考する必要があると認識した。この課題に対応するため、2023年11月22日に豊頃町において「カフェミーティング」を開催し、地域住民、観光客、観光事業者、商業関係者、豊頃町役場職員など、多様な立場の参加者と意見交換を行った。カフェミーティングでは、ジュエリーアイスに対する評価、観光客の受け入れに伴う影響、予測情報および情報公開の在り方について、立場ごとの認識や課題が共有された。

地元住民からは、ジュエリーアスを地域の観光資源として前向きに捉える意見が示された。「多くの人に大津を訪れてほしい」「自然現象として美しいジュエリーアスを多くの人に見てもらいたい」といった声があり、観光を通じた地域の認知度向上への期待が伺えた。一方で、「大津が人気になること自体は問題ないが、ここまで注目されるとは思っていなかった」といった意見もあり、急激な注目度の高まりに対する戸惑いが示された。

また、ジュエリーアイスに対して必ずしも強い関心を持たない住民も存在し、「観光客が増えても、地元直接的な恩恵やメリットを感じにくい」といった声が聞かれた。さらに、人気が先行する一方で受け入れ態勢が十分に整っていないことへの不満や懸念が示され、ゴミの投棄や立入マナーの悪化、早朝の騒音など、観光客増加が日常生活に与える影響が指摘された。「観光資源であるため、朝早くから騒がしくても苦情を言いにくい」という意見もあり、住民側が不満を抱えつつも表面化しにくい状況が明らかとなった。

観光客の視点については、主に観光関係者や地元住民を通じて意見が共有された。ジュエリーアイスの予測情報や定点カメラを事前に確認して来訪する観光客は、実際に氷を目に出来る可能性が高く、満足度も高い傾向にあると評価された。一方で、事前情報を持たずに訪れた観光客は、ジュエリーアイスを見られずに失望するケースが多いことが指摘された。また、「定点カメラが設置されていない時期の方が観光客は多かった」との意見もあり、カメラに映っていない場所にジュエリーアイスが存在する可能性があることや、予測情報の公開によって「空振り覚悟」で訪れる観光客が減少している可能性が示唆された。これらの意見から、情報提供は観光客の満足度向上に寄与する一方で、来訪行動そのものを変化させる側面を持つことが明らかとなった。

観光事業者からは、ジュエリーアイス観光を取り巻く運営上の厳しさが共有された。ツアーは1回あたり6～7時間（早朝4時から11時）に及び、少人数での実施が多いため、採算性の確保が難しい状況にある。また、大津海岸でジュエリーアイスが確認出来ない場合には、他の海岸まで移動する必要がある。除雪が行われていない道路状況や安全管理の負担が大きいことが指摘された。

さらに、ホワイトアウトや高波といった自然条件によるリスクが高く、安全対策を最優先するとツアー運営そのものが難しくなるという認識が示された。

「ジュエリーアイスは忘れられつつある」「人気に陰りが見え、ツアーから外され始めている」といった意見もあり、将来に対する危機感が共有された。

商業関係者からは、ジュエリーアイス観光による経済効果が必ずしも十分に地域へ波及していない実態が示された。ジュエリーアイス観光の利用者数は約2万人とされるものの、来訪者の多くが朝日とジュエリーアイスの撮影を目的としており、早朝から営業しなければ消費行動につながりにくいという課題が指摘された。また、大津区の世帯数が100戸を下回る現状を踏まえ、「新たな産業が育たなければ若者の定着は難しい」といった意見も示され、ジュエリーアイス観光を一過性のブームに終わらせず、地域経済の持続性につなげる必要性が共有された。

これらの議論を踏まえ、研究チームは予測情報の公開方法について見直しを行い、2023年度は予測情報の公開期間を観光事業者に考慮し、従来の10日間から2日間に短縮する運用方針を採用した。一方で、現地の状況を視覚的に把握出来るライブカメラ映像については、観光客の利便性への配慮から、前年度と同様に公開を継続した。運用方針変更後の効果検証として、ホームページの閲覧者数を分析した結果、予測情報の公開期間の短縮によるアクセス数の減少は2022年度と比較して約1%に止まった。

加えて、2023年からアンケート調査を開始し、予測情報に対する利用者の評価を把握した。2023年度のアンケート結果を図2に示す。回答者の72%が「予測情報は役立っている」と回答した。また、「行くかどうか判断するのに参考になっている」と評価する一方、「予測期間を1週間に延長してもらえれば旅程が組みやすくなる」など予測期間の延長を求める意見も確認され、観光客側には引き続き高い情報需要が存在することが示された。

2024年：運用方針の見直しと持続可能な発信体制へ

2024年には、2023年度のアンケート結果を踏まえ、予測情報の公開期間を1週間に延長した。ただし、トップページには2日間予測を表示し、1週間予測はページ内のボタンを押下することで表示するように変更した。

現地のライブカメラ映像については、1台のカメラで撮影出来る範囲は限定的で、ジュエリーアイスが堆積する約2kmの範囲の大津海岸の現地状況を網羅することが困難である。この不一致が観光客に誤

図2. 2023年度アンケート結果
※回答者数74名

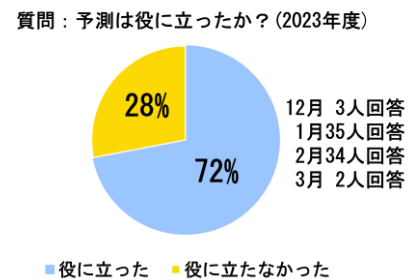
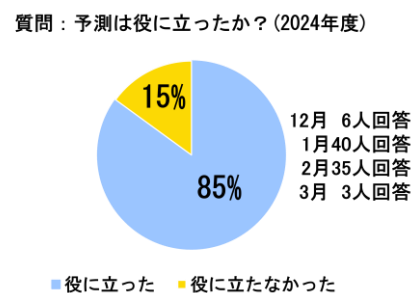


図3. 2024年度アンケート結果
※回答者数84名



解を与えることが、アンケート結果から示唆された。このため、ライブカメラ映像の配信は停止した。

2024年度にもアンケート調査を実施した結果、85%の回答者が「予測が役立っている」と回答し、2023年度と比較して、予測に対する利用者の評価は高くなった。2024年度のアンケート結果を図3に示す。

現在の課題としては、最新の研究成果に基づく出現現象の5つの推定式を出現時期推定手法に組み込み、予測精度を一層向上させることが挙げられる。また、予測情報を発信する公式ホームページについても、将来的には豊頃町が独自に運用・管理出来る体制を構築し、持続可能な情報発信システムの確立が今後の重要な課題である。

3. 他の地域での透明な氷の出現

本予測手法について、他の地域で見られる透明な氷へ展開出来るか検討を行った。他の地域の透明な氷として、2023年1月30日に網走市藻琴の鱒浦海岸に出現したジュエリーアイスと類似した透明な氷を対象とした。透明な氷は、報道³⁾によると多量に確認されたとのことである。この報道を受けて、同年2月1日に勇仁川河口から東方約1,000m区間にわたり現地調査を実施した。この結果、多量の透明な

図4. 現地調査区間



(出所) Google earth を基に筆者が加工して作成

図5. 2023年2月1日に勇仁川河口
右岸側に打ち上げられていた
透明な氷



氷が海岸線に沿って堆積していることを確認した。報道および調査の対象範囲を図4に示す。また、現地で観測された透明な氷の状況を図5に示す。

本事例は、従来の十勝川大津海岸以外に、同様の透明な氷が出現していることを客観的に示すものであり、既存の知見や本予測手法が他の地域へ展開しうるかを検証する上での契機となった。

本検討では、ジュエリーアイス研究で蓄積した知見と予測手法を活かし、鱒浦海岸に打ち上げられた透明な氷の出現現象を解明するため、勇仁川・藻琴川・網走湖において現地調査を実施した。

3. 1 現地調査

(1) 勇仁川

2023年2月1日に、勇仁川河口から東側へ約1,000mの区間において現地調査を実施した。調査では、氷の長径・短径、厚さ、氷温の測定に加え、氷の個数を記録した。氷を大・中・小の三つのサイズに目測で分類した。河口を0m地点とし、右岸側へ700mまでは約50m間隔で、700m以降は約30m間隔で測定を実施した。700m以降の区間では、各地点の幅5m

図6. 氷の大きさ「大」の調査結果
(0~970m)

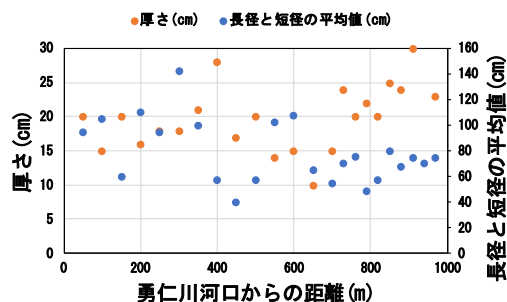


図7. 氷の大きさ「大」の個数
(0~970m)

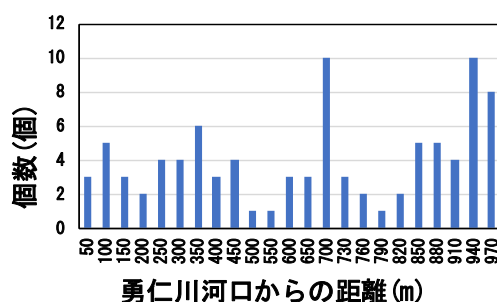


図8. 氷の大きさ「中」の調査結果
(730~970m)

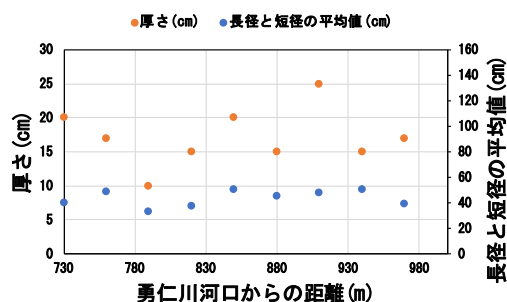


図9. 氷の大きさ「小」の調査結果
(730~970m)

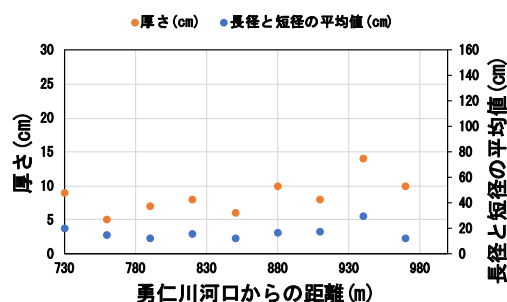


表1. 2023年2月4日に藻琴川河口にあった透明な氷の記録

	長径(cm)	短径(cm)	厚さ(cm)
No.1	21	4	6
No.2	17	11	5
No.3	17	12	10
No.4	15	11	10
No.5	32	21	15
No.6	17	19	14

の調査帯内に存在する「大」サイズの氷のみを目視で個数として記録した。まず、大きさ「大」の調査結果を図6に示す。図6より、勇仁川河口からの距離が遠ざかるにつれて、氷厚が増大していることが確認出来る。

また、図7に示す「大」サイズの個数分布から、河口から遠ざかるほど個数が増えている。現地では、藻琴川に近づく区間で透明度の高い氷が多く出現していた。

次に、「中」および「小」の測定結果をそれぞれ図8および図9に示す。図6、8、9に基づき各サイズの平均値を比較したところ、「大」では平均径79cm、厚さ33cm、「中」では平均径43cm、厚さ17cm、「小」では平均径17cm、厚さ9cmであった。サイズ区分と氷厚・氷径には比例関係が確認された。氷温については、「大」では -3.0°C 、「中」および「小」ではともに -3.6°C であった。

(2) 藻琴川

2023年2月4日に藻琴川の現地調査を行った。藻琴川河口左岸に、少量の小さな透明な氷が打ち上げられていた。図10に打ち上げられていた氷を集めた画像を示す。表1に、図10に示した氷の長径、短径、厚さを示す。長径の平均は約20cm、短径の平均は約13cm、厚さの平均は約10cmであった。目測であるが、勇仁川河口で見られた氷よりも透明度は高かった。聞き取り調査では、藻琴川上流の藻琴湖の氷の厚さは厚いところで約20cm~30cmとのことである。なお、現地調査を実施した2月4日時点では藻琴湖の出口の氷は割れていた。

(3) 網走湖

2023年2月1日に、網走川河口上流の網走湖の現地調査を実施した。網走湖を図11に示す。網走湖下流の結氷状況を確認したところ、湖出口の氷は割れていなかった。下流の網走川は結氷しておらず、

図10. 2023年2月4日に藻琴川左岸側に打ち上げられていた透明な氷



図11. 2023年2月1日の網走湖(左側が上流)



網走川から透明な氷が発生した可能性は低いと推察した。

3. 2 出現現象に関する考察

勇仁川河口右岸に打ち上げられた透明な氷の出現現象について、出現時期と出現場所の観点から、現地調査と既往研究から開発された出現時期推定手法を用いて考察した。

(1) 出現時期

気象庁が公開している2023年1月20日~1月31日の網走における風速・風向データ⁽¹⁰⁾を図12に、同年1月1日~1月31日の潮位データ⁽¹¹⁾を図13に示す。現地観測実施後、2023年1月27日に鱒浦海岸で透明な氷が打ち上げられている様子が確認されたとの報道⁽³⁾が得られている。網走における2023年1月の平均瞬間最大風速は12.6m/sであるが、図12より1月25日および26日には低気圧の影響により強風が観測された。また、図13より同日は潮位も高かった。これらの状況から、1月25日~26日に結氷していた藻琴湖の湖口部の氷が強風によって破壊され、藻琴川を通じてオホーツク海へ流出した可能性が示唆される。

既往研究⁽²⁾に基づき開発されたジュエリーアイス出現時期推定手法を用いて、鱒浦海岸に打ち上げら

れた透明な氷の出現時期を推定した結果を図14に示す。その結果、1月25日～26日には透明な氷があまり打ち上げられないと推定され、現地観測結果とは一致しなかった。

この不一致の要因を考察する。鱒浦海岸に打ち上げられた透明な氷は藻琴川由来と仮定しているが、他河川由来の場合、観測結果と推定結果は一致しない。破壊現象に着目すると、本推定では藻琴川の条件（水位等）を与えたが、透明な氷が藻琴湖の湖口部で破壊された場合、湖口付近の風による水位上昇等の条件を与える必要がある。輸送現象に着目すると、1月25日および26日は氷が破壊されやすい強風条件であった一方、卓越風は西風（西→東）であり、藻琴川から鱒浦海岸へ氷を吹き寄せる東風（東→西）ではなかった。本推定手法の輸送現象は、風向・風速のみに基づく単純化されたモデルであり、海浜流や地形の影響を考慮していない。地形については鱒浦海岸西側には山地が存在し（図15）、局所的に風が弱められた場合、実際の輸送状況を再現出来なかった可能性がある。

(2) 出現場所

勇仁川河口の右岸側に打ち上げられていた透明な氷の発生場所は、藻琴湖であると仮定した。理由は二つある。まず、勇仁川の水深が浅いことである。打ち上げられた透明な氷の中には厚さ30cm程度の氷があった。勇仁川の河口の水深を目視で確認したところ、水深は浅く、厚さ30cm程度の氷が形成されないと推測した。次に、藻琴川に接続している藻琴湖の湖口の氷が割れていたことである。藻琴湖で割れた氷が藻琴川の流れによってオホーツク海に流され、流された氷が海浜流により勇仁川右岸側に打ち上げられたと推測した。

4. おわりに

本論文では、十勝川河口大津海岸におけるジュエリーアイスを対象として、出現時期予測が公開されるまでの経緯を整理し、その運用を通じて顕在化した課題を明らかにした。あわせて、本研究で開発された出現時期推定手法について、網走市藻琴鱒浦海岸で観測された透明な氷を事例として、限定的ではあるが他地域への適用可能性を検討した。

ジュエリーアイス研究を通じて明らかになった最も重要な点は、出現時期予測が単なる科学的情報ではなく、観光客の来訪判断や観光事業者の運営、さらには地域住民の生活環境にも影響を及ぼす「観光マネジメント上の情報」として機能していることで

図12. 2023年1月20日～1月31日までの網走での瞬間最大風速

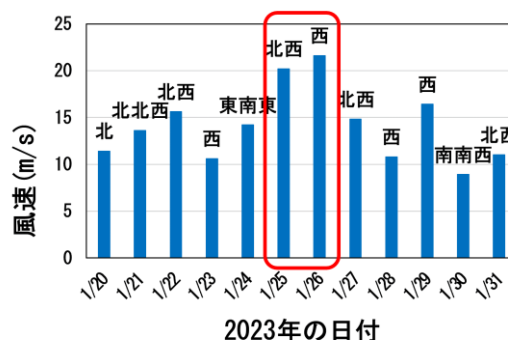


図13. 2023年1月1日～1月31日までの網走の潮位データ

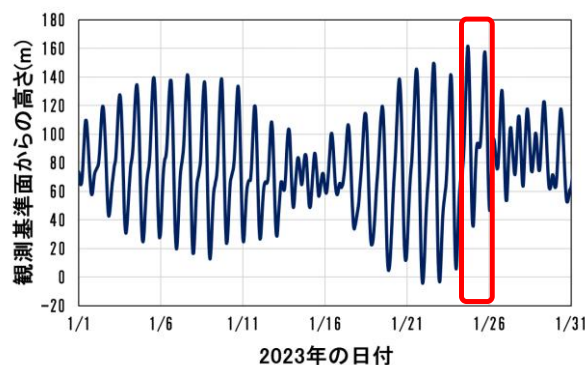


図14. 出現時期推定手法による氷板出現量

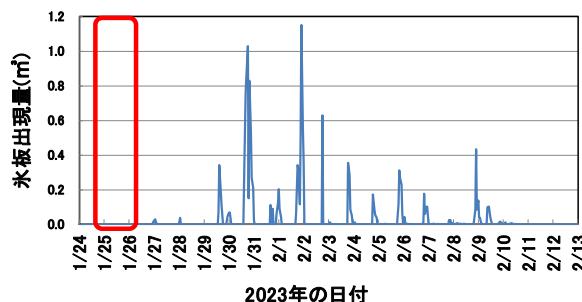
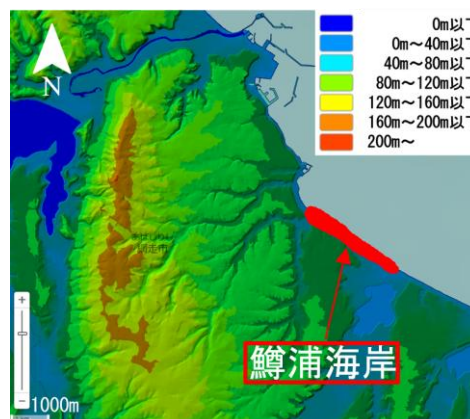


図15. 鱒浦海岸西側の地形と山地の様子



(出所) 国土地理院「標高タイル(数値標高モデル)」を基に筆者が標高区別に着色して作成

ある。予測精度の向上は重要である一方、情報の公開方法やタイミングによっては、観光需要の変動や地域内の受け止め方に差異を生じさせる可能性があることが示された。

一方、他の地域における透明な氷への適用については、本研究では一事例に基づく検討に止まったが、出現時期推定手法をそのまま適用した場合には現地観測結果と一致しないことが確認された。この結果は、予測手法の精度以前に、地域ごとの自然条件や地形特性を十分に考慮する必要があることを示しており、他地域展開を行う際には、地域特性を踏まえた段階的な検証が不可欠である。

本研究を通じて得られた知見を、以下に整理した。

- ① 柔軟な情報提供体制（外向き）：予測精度の向上と並行し、観光客と事業者の双方の視点に立った、柔軟な情報提供の仕組みを構築。
- ② 地域連携の強化（内向き）：住民・事業者・行政・研究者の対話を通じて、予測情報を地域全体で利活用するための体制を整備。
- ③ 情報発信の価値転換（将来像）：「見られるか否か」という結果のみならず、自然の不確実性そのものを体験の豊かさとして提示し、持続可能な観光のあり方を追求。

本研究の新規性は、ジュエリーアイスを単なる自然現象として対象化するに止まらず、予測情報の生成・公開・運用を含む一連の取り組みを、観光に関わる資源の体系的運用として位置づけた点にある。科学的根拠に基づく予測情報を社会実装し、地域社会との対話やアンケート調査を通じて、その影響を多角的に検証したプロセスは、工学と観光を横断的に結合する実践的な試みである。すなわち、自然現象の予測手法を観光実務へと接続する新たな枠組みを提示した点に、本研究の主要な意義が見出される。また、本手法を他の地域（鱒浦海岸）へ適用し、その有効性を確認したことは、提案モデルの汎用性と将来的な拡張性を示す重要な知見となる。今後は、予測技術の高度化と地域社会との協働体制を深化させることで、自然条件の不確実性を内包する観光資源の持続的活用にも寄与することが期待される。

謝辞

本研究は、株式会社福田水文センター芳賀聖一氏、甲斐達也氏、梶木信行氏、株式会社北開水工コンサルタント井上和哉氏、松川優一氏、菊地正彦氏、秋田智広氏に、観測データ等のご協力を頂いた。帯広畜産大学の東陽介先生、北見工業大学の三枝昌弘先生には、有益な指摘を頂いた。本研究はJSPS 科研費

JP23K25102, JP24K00984 の助成、北海道建設技術センターより研究助成を受けた。記して謝意を表す。

注

- (1) 独立行政法人工業所有権情報・研修館。商標検索。特権情報プラットフォーム。出願番号6097937。
- (2) 岸本真志, 吉川泰弘, 芳賀聖一, 甲斐達也: 北海道大津海岸におけるジュエリーアイス出現時期推定手法の一検討, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol. 78, No. 2, pp. I_1063-I_1068, 2022.
- (3) 氷塊, 煌めいて 2023年02月10日の記事 = 株式会社伝書鳩 | 経済の伝書鳩 | 北見・網走・オホーツクのフリーペーパー <https://denshobato.com/>(参照2023年12月3日)
- (4) 北海道新聞「浜にキラリ 氷のアート 「ドラゴンアイス北見で見頃」」2025年1月22日朝刊。
- (5) 浦島久: 浦島久の玉手箱, 2012年2月7日, <https://www.joyworld.com/blog/2012/02/post-2545.php> (参照2025年12月8日)
- (6) 池田敏行: 海岸で輝く「ジュエリーアイス」北海道の絶景が話題に, 朝日新聞DIGITAL, 2017年3月21日, <https://www.asahi.com/articles/ASK3P3JXDK3PPIHB00K.html> (参照2017年4月20日)
- (7) 北海道総合開発計画 <https://www.mlit.go.jp/common/001128021.pdf>
- (8) Ice That Sparkles Like Diamonds Washes Onto Japanese Shores, The New York Times, 2017年1月30日 <https://www.nytimes.com/2017/01/30/science/jewel-ice-tokachi-river-hokkaido-japan.html> (参照2017年4月20日)
- (9) ジュエリーアイスプロジェクト <https://jewelryice-project.com/jewelryice/> (参照2025年12月8日)
- (10) 気象庁 | 過去の気象データ検索 <https://www.data.jma.go.jp/>(参照2025年12月8日)
- (11) 気象庁 | 潮汐・海面水位のデータ 潮汐観測資料 <https://www.data.jma.go.jp/>(参照2025年12月8日)