

インフィニティミラージュを用いた複数カメラによる蜃気楼の研究と観光活用

黒部市美術館・魚津埋没林博物館 《infinity~mirage》実行委員会 副会長 石須 秀知

スタッフ 佐藤 真樹

1. 複数カメラによる蜃気楼研究

1.1. 蜃気楼とは

富山県魚津市は、「蜃気楼の見える街」をキャッチコピーとし蜃気楼を観光活用してきた。蜃気楼は、大気光学現象の一つで、空気の密度の異常な分布により、普段の景色が変化して見える現象である。蜃気楼の中でも、景色が上に伸びたり反転して見える上位蜃気楼が春の風物詩となってきた。

1992年から埋没林博物館では、主に春に見られる上位蜃気楼の観測をおこなってきた。この上位蜃気楼に関しては、北陸地域づくり協会さまより令和2年度にも本助成を活用し、富山大学と共同でドローンを用いた観測を行い、上位蜃気楼が見えるかどうかについて観測結果をもとにしたライブ情報を観光施設やWEBページで発信できるようになるなど成果を上げ、継続中である。

一方で、年間を通して約8割の日に見られるが、これまであまり注目されてこなかったのが下位蜃気楼である。

下位蜃気楼は、景色が下に反転して見える現象で、浮島現象とも呼ばれる。図1右端では魚津市の蜃気楼をモチーフにしたキャラクター「ミラたん」が下位蜃気楼で反転する様子を図化している。

魚津市
海沿い

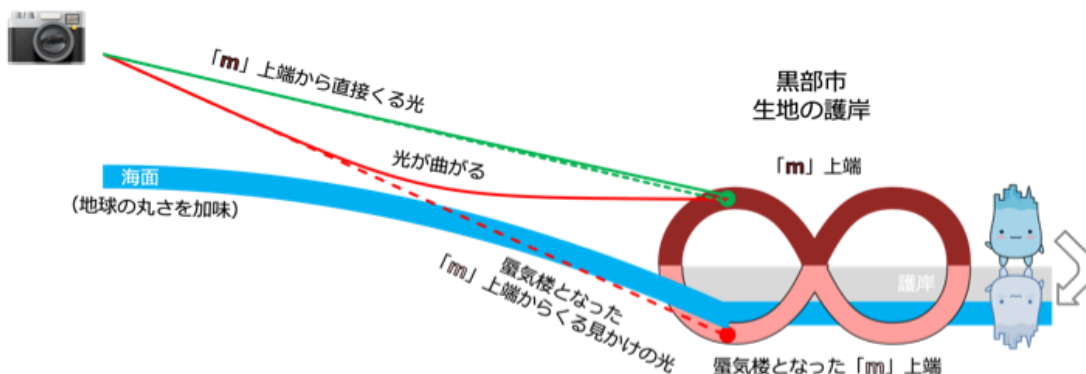


図1 「m」型の看板の下位蜃気楼の光学的な概略図

1.2. インフィニティミラージュと研究目的

黒部市美術館では、2021年9月から12月に山下麻衣+小林直人《infinity~mirage》を展示した(写真1)。この作品は、魚津市から対岸にあたる黒部市に「m」型看板を設置し、魚津市からカメラで撮影し、蜃気楼により下に反転した「w」と合わせて「∞」の形を見せるものであった(図1)。

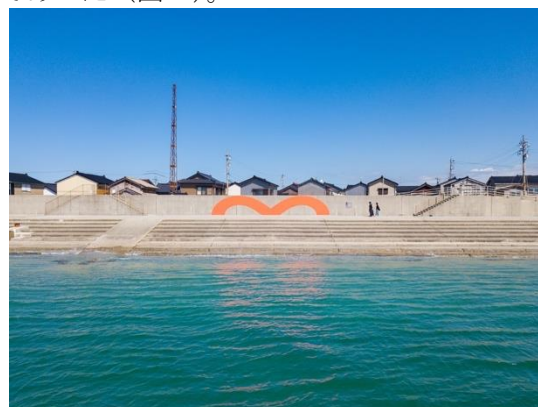


写真1 看板設置風景

条件が整えば、「m」もミラたんと同様に下にひっくり返ると「∞」に見えるはずである(図1、図6参照)。一方で、条件から外れると、蜃気楼になる部分や、程度が変わることで、写真3-6のように様々な形に見える。

2021年の展示では、どのような温度状況で「m」が「∞」になって見えるかを事前にシミュレートし（佐藤（2021a）、佐藤（2021b））し、実際には26日間観測できた他、視点の高さで下位蜃気楼の見え方が変わることを観測した（佐藤（2022））。さらに、観察の中で、場所よる蜃気楼の像の見え方の違いが明確になったが定量的な調査は行われなかった。

蜃気楼の形を決定する海上の温度構造の説明が必要だが、下位蜃気楼は海面にごく近いところで光が曲がるため（図1）、支柱やドローン等での温度観測が困難である。

本研究では、高さや場所の異なる地点からのライブカメラを用いた連続的な蜃気楼の観察を行い比較するとともに、見えた像から温度構造を逆算することを検討した。

1.3. ライブカメラによる長期観察

黒部市の「m」から約8km離れた、魚津市の海の駅蜃気楼（図6）の海拔約4mに設置した焦点距離3000mmのカメラを用いて2023年8月から2024年2月（213日間）まで観測を行なった。

下位蜃気楼を、像の変化の大きいものから小さいものへ、「下位A」から「下位D」と4つに分類し10分毎に観測した。



写真2 ふだん



写真3 高い位置で反転し丸二つに見えるか、mが蜃気楼により見えなくなる「下位A」

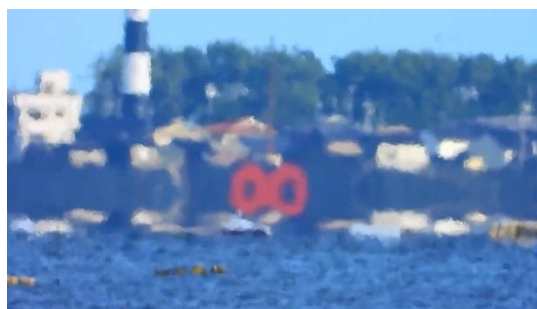


写真4 ∞に見える「下位B」

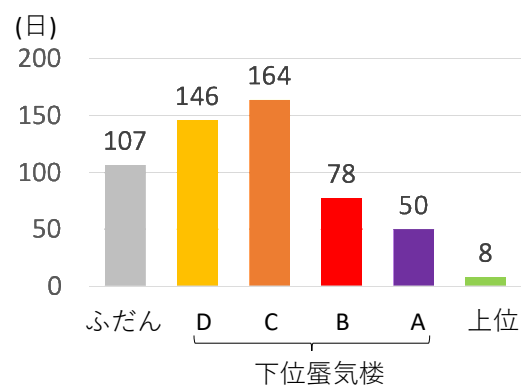


写真5 低い位置で反転しmとwが離れた像が見える「下位C」



写真6 より低い位置で反転し、mは変化しないが、護岸の低い部分が下位蜃気楼「下位D」作家が期待した「∞、下位B」が見えた日は78日間であった（図2）。

図2 ライブカメラ(4m)による観察結果



さらに、「m」の反転増が離れて見える「下位C」の日は、観測期間の77%で、下位蜃気楼が多くの日に見えることが再認さ

れるとともに、「m」があることで下位蜃気楼による変化を分類することができることがわかった。

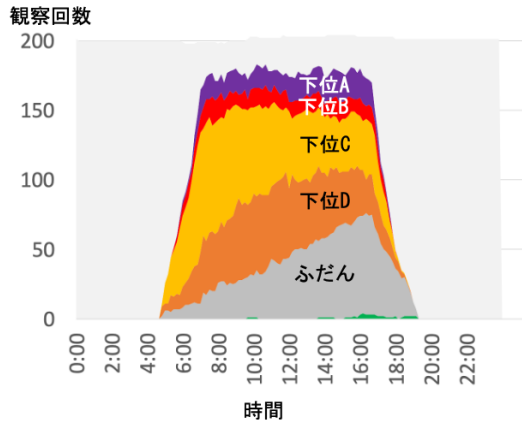


図4 下位蜃気楼のタイプと見える時間

また、「下位b (∞)」に見えた時期は、9月末以降であった。さらに「下位b (∞)」に見える時間帯に特徴はみられなかった(図4)。なお、16時頃をピークに「ふだん」の風景が見えることは、夏の期間に多かった。

1.2. 異なる高さからの観察

これまでの観察で用いた魚津市の海の駅蜃気楼の海拔約4mのカメラ(以下、4mカメラ)の近くに、海拔約7mに同じ仕様のカメラ(7mカメラ)を追加し観測を行なった。

真夏の同時刻(2023年8月12日5時40分)に4mカメラでは「下位C」に見えるが、7mカメラでは「下位D」の蜃気楼になっていることが確認できた。



写真7 7mカメラ「下位D」



写真8 写真7と同時刻の4mカメラ「下位C」

同様に、2024年8月7日から8月18日までを観察した結果は次のとおりである。

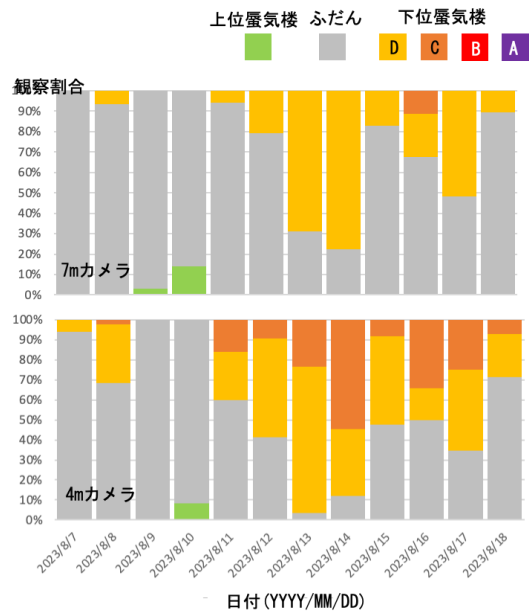


図5 カメラの高さと蜃気楼の像の違い

下位蜃気楼が見えるかどうかには大きな差はないが、7mカメラに比べ4mカメラで、変化の大きい蜃気楼である「下位C」が多くみられた(図5)。

「下位D」が高いところから見えている日は、視点を低くすることで、肉眼でも見つけやすい、「下位C」以上の蜃気楼になっていることがわかった。

さらに、下位蜃気楼は冬季に多いとされてきたが、年間で最も気温の高い時期でも多くの日に下位蜃気楼が観察された。なお、期間内の2023年8月10日は、アメダス魚津で36.6度と年間の最高気温を観測した日で、この日には、海が伸び風景が縮む上位蜃気楼が不明瞭ではあるが確認された(写真9)。



写真9 上位蜃気楼による「m」の縮み

1.3. 異なる場所からの観察

黒部市の「m」から約8km離れた海の駅カメラに加え、約11km離れたミラージュランドにカメラを設営した。カメラの設置高さは、ミラージュランド沿いの護岸の高さを考慮しできる限り低い高さとした。

海の駅屋気楼で用いたものと同じカメラを用いるため、屋外で使えるように防水かつ設置向きを微調整できるカメラボックス（写真10）を北見工業大学の館山研究室の協力により制作いただいた。また、ライブ映像の保存および研究活用のためのサーバーとして国立研究開発法人海洋研究開発機構のDIASを利用させていただいた。また、設営に関して海の駅屋気楼、ミラージュランドの協力を受けた。



写真10 ミラージュランドカメラ

なお、撮影範囲を海の駅屋気楼のカメラと合わせるため、焦点距離3000mmから電子ズームで1.2倍にして用いた。

2024年2月12日11時00分に各カメラで同時に観察した下位屋気楼とその変化の程度を示す（写真11-13）。



写真11 海の駅7mカメラ「下位D」



写真12 海の駅4mカメラ「下位C」



写真13 ミラージュランドカメラ「下位A」

これらを見比べると、1.2.で検証した高さが低い方が屋気楼の変化が大きくなるということが再認された（写真11-12）。

ミラージュランドから見た像は、丸が2つ並んだように見える（写真13）。これは下位屋気楼、mの上の丸い部分だけが下に折りかえして見える状況である。距離が遠いミラージュランドから見る方が、下位屋気楼による景色の変化が大きいがわかる。

2024年2月7日から18日の期間を比較したのが図7である。「下位B」つまり「∞」になって見える日は、海の駅の4m

カメラで1日間しかないので、ミラージュランドでは10日間観測された。一方で、2024年2月16日は海の駅4mカメラでは「下位B、∞」が見えるが、離れたミラージュランドでは変化が大きくなりすぎて「下位A」となった。距離が離れると、下位層気楼による象の変化が大きくなることが確認された。

なお、「下位B、∞」を見たいとすると、常に離れてみると良いわけではない。観察した地点で見える像によって、距離を変え、高さを変えながら楽しむことができる作品である。

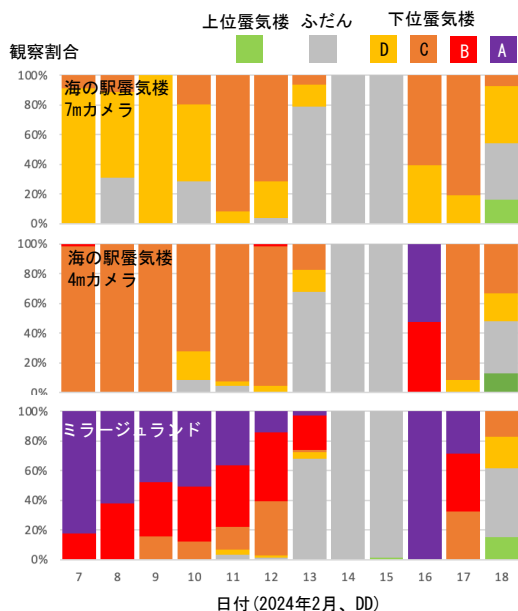


図6 カメラの高さ・位置と蜃気楼の像の違い
1.4. 異なる高さから撮影された蜃気楼から温度構造を推定

同時に撮影された異なる2つの画像（下位D・C）をイラスト化し検討した。

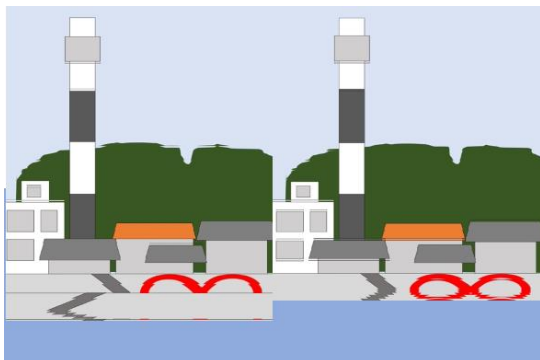


図7 シミュレーションに用いた想定画像
これらの像になる温度分布を松井

(2014)の方法を改善した佐藤(2023)の手法で計算した。温度構造(未発表のため図略)は海面から2m未満の低い箇所著しく急激になっていることが想定された。

2. 観光活用

2.1. 情報発信

気象データを元に蜃気楼を予想し観光活用する「データ駆動型観光」が北海道の上位蜃気楼に対して検討が進められている(館山ら(2020))。この手法を習い、これまでの下位蜃気楼の観測をもとに、下位蜃気楼が見えるかどうかを表示するWEBページをつくり情報発信を行なった。この情報は、海の駅蜃気楼や地域の車販売店等でも活用いただいている。下位蜃気楼が見えるかどうかの判別は、アメダス魚津の気温、富山湾の海面水温、アメダス伏木の視程を用いた。これからも、精度検証を続けよりよい情報発信を目指す。



図7 WEBページ

2.2. 展示およびイベント開催について

下位蜃気楼を用いた作品である「インフィニティ〜ミラージュ」の普及活動のため、チラシ(約4万枚)を魚津市、黒部市の全戸に配布するほか、美術館や博物館等へ広く配布した。



写真14 チラシ

また、チラシはスタンプラリーの台紙を兼ねていて、黒部市と魚津市の8箇所を巡る「∞謎解きスタンプラリー」を開催した。スタンプラリーの景品としてオリジナルのペーパー双眼鏡、ストラップを用意した。

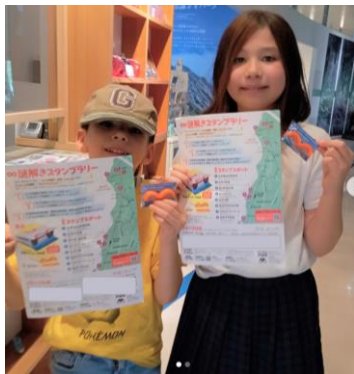


写真 15 スタンプラリー台紙と景品

インフィニティミラージュのライブ配信を、黒部市美術館、魚津埋没林博物館、吉田科学館で展示し、約3万9千人の方に観察・鑑賞いただいた。また、埋没林博物館では、インフィニティミラージュを詳しく説明する展示コーナーを設けた。



写真 16 黒部市美術館でのライブ映像展示



写真 17 埋没林博物館での展示

さらに、貸出用の双眼鏡を整備し、博物館から海沿いに、インフィニティミラージュを観察に行くツアーや小学生との見学会

を実施し100名以上をガイドングした。



写真 18 観察の様子 1



写真 19 観察の様子 2

そのほか、「科学の祭典」へのブース展示、講演会イベント、Eバイクを用いた観察イベントを行い地域の方々に普及を進めた。なお、この作品のライブカメラの再生回数は2023年4月から2024年2月中旬までで13,000回を超えた。国内外から鑑賞いただいた。

3. 今後の展望

インフィニティミラージュは、作家と魚津市、黒部市の地域により成り立つ作品で、2024年度も継続する。

今後も美術館による鑑賞、博物館による観察と、富山湾ならではのインフィニティミラージュによる学びの機会を、オンライン・現地ともに広げる活動を継続する。

引用文献

松井一幸, 2014, ホイヘンスの原理に基づく新しい蜃気楼理論, 日本蜃気楼協議会研究発表要旨
 佐藤真樹, 2021a, インフィニティミラージュ-芸術と科学-, 日本蜃気楼協議会研究発表要旨
 佐藤真樹, 2021b, 展覧会図録 山下麻衣+小林直人「蜃気楼か。」, 黒部市美術館
 佐藤真樹, 2022, インフィニティミラージュ-視点の高さと下位蜃気楼-, 日本蜃気楼協議会研究発表要旨
 佐藤真樹, 2023, 「魚津の自然シリーズ 蜃気楼」, 魚津埋没林博物館
 館山一孝, 佐藤トモ子, 佐藤和敏, 道木泰成, 小林一人, 鈴木一志, 2020, データ駆動型観光を目指したオホーツク地域の上位蜃気楼発生予測・公開システムの開発, 北海道の雪氷, 39