

## インフィニティミラージュ-芸術と科学-

黒部市美術館で開催の展覧会 山下麻衣+小林直人「蜃気楼か。」の作品の一つ《infinity~mirage》2021 年は、黒部市生地の護岸に設置された、「m」型看板(以下、「m」)が基軸となる作品である。この「m」(2.3m×14.1m、写真1)を下位蜃気楼によって下に反転させ、魚津に設置した展覧会ライブカメラで撮影し「∞」を見せるものである。

この作品について、科学の視点から光路を計算し、「m」を観察し、沿岸での温度観測を行った。また、展覧会の会期は2021年12月19日までのため、現在までの経過とこの先の予想を検討した。



写真1. 黒部市生地に設置された「m」型看板

### 1. 魚津から見える下位蜃気楼の頻度

冬の日本付近が、2mの気温と海面温度の差が最も大きくなる地域で、世界で最も下位蜃気楼が見えやすい地域であろうとされた\*1。下位蜃気楼は全国で見える\*2が、そのまとまった観測記録が無いことも指摘された\*1。

魚津で、2019年の下位蜃気楼を3つの博物館ライブカメラで観測した。結果、年間の85%にあたる312日間見えた。特に注目したいのは、夏の間も月の半分以上の日の下位蜃気楼が見えていることが確認できた(図1)。

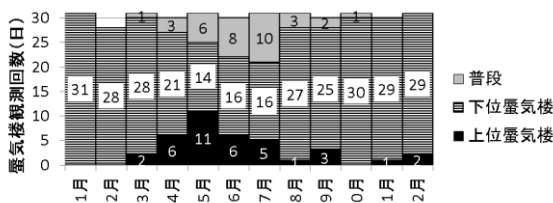


図1. 蜃気楼の観測回数(上位蜃気楼と下位蜃気楼が見えた日は上位蜃気楼として図中では計数)

## 富山大学/魚津埋没林博物館 佐藤真樹

さらに、展示期間と同じ時期(2020年9月から12月(78日間))、博物館ライブカメラで、生地の護岸に下位蜃気楼が日中(9時から17時の間)見えるか観察した。その結果、86%にあたる67日間、下位蜃気楼が見えた。つまり、生地の護岸は著しく気温の高い日、著しく見通しが悪い日などを除くと下位蜃気楼になっていた。

一方で、下位蜃気楼となった生地の護岸の見え方は日によって大きく異なっていた。特に、「∞」となって見える、下位蜃気楼による大きな反転の変化が見られた日数は上述の期間中で10月6日間、11月4日間、12月7日間であった。

### 2. 「m」が「∞」となって見えるときの光路計算

「m」がある黒部市生地護岸から、展覧会ライブカメラがある海の駅蜃気楼までは7985m離れている。また、このカメラは高さ4.1302mに設置された。「m」の上端は、海の駅の高さを基準とすると高さ-0.75mとなる(図2)。

以上の環境条件で、下位蜃気楼の光路計算を松井一幸氏による方法\*3を用いて計算した。水平には一様な温度の大気、鉛直には海面から高さ0.5m付近を中心とした温度変化があると仮定し、水平分解能1m、鉛直分解能0.01mで積分し光路を求めた。

図2の「m」上端(O)からの光は黒線のように空气中で曲がり、黒破線の先に「m」上端(●)があるように見える。この反転した「m」と、直接見える「m」と合わさって「∞」が見えると考えられる。

光路計算により「∞」となって見えるときは、海面温度と地上4mでの気温との温度差は1.9°Cと求められた。

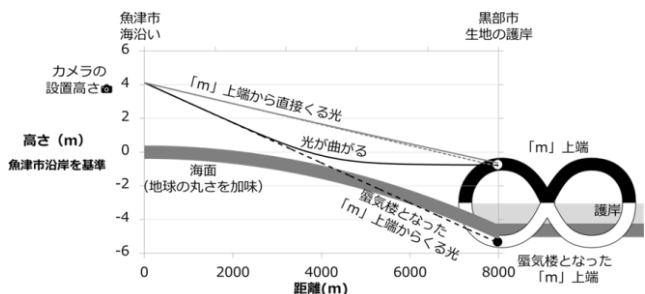


図2. 「m」の下位蜃気楼の光学的な計算

### 3. 蜃気楼と気温の観測

#### 3.1 ライブカメラで「∞」が見えた日数

「m」が蜃気楼となって見える様子を博物館ライブカメラ(黒部市方面)で観測した。期間は、2021年9月20日(「m」設置日)から2021年11月20日までの49日間(データ出力日)とした。

この期間中、94%に当たる46日間に下位蜃気楼を観測した。「m」の虚像の見え方ごとの日数を表1に示す。昨年の蜃気楼からの想定よりも「∞」となって見える日が多いペースである。これは、目標物となるオレンジの「m」があることで、微小な虚像の変化も着実に確認できたと考えられる。

表1. 「m」が蜃気楼となって見えた日(49日中)

蜃気楼としての変化	日数(%)
①「m」と反転「m」が離れて見える	31日間(63%)
②「∞」が見える	19日間(39%)
③「〇〇」が見える	4日間(8%)



写真2. 「m」の変化

なお、上の検証に用いた博物館ライブカメラは、展覧会ライブカメラより約0.6m高い場所に設置している。このため、同時に見ると蜃気楼による虚像の様子が異なって見えることがあり、視線の高さと見え方の違いについての検討を進める。

#### 3.2 温度差と「∞」の関係

光路計算によると、海面温度と視線の高さ(約4m)と約1.9°Cの温度差があると「∞」となって見えると考えられた。このことを検証するため、沿岸で気温観測に行った。

おんどどりJr(TR-51A)を使用し、展覧会ライブカメラと同じ高さ約4mに設置し、10分間隔で気温を計測した。温度差(海面温度\*4-気温)を図3に示す(Q1-1.5IQR-Q1-Med-Q3-Q3+1.5IQR)。

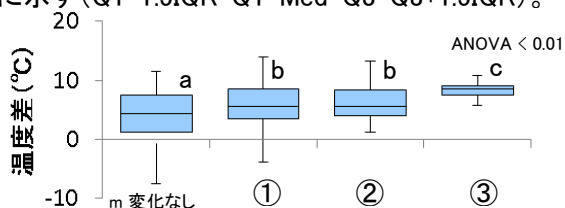


図3. 温度差と蜃気楼の見え方(写真1参照)の変化

実況として「∞」が見る日(②)の温度差は、平均6.4°Cもあった。この点から、光路計算時には温度変化の高さの仮定を見直す必要がある。一方で、①となるか②には有意差はなく、温度差だけでは「∞」となるかどうかの判断に困難があった。

#### 4. 経過と今後の予想

海沿いの予想気温を得ることは困難である。そこで、アメダス魚津の最低気温と海面温度\*4 との差に注目し、「∞」となる日を予想する目安を検討した。

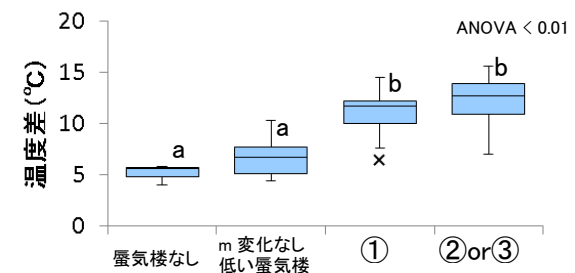


図5. 日最低気温と海面水温の差と蜃気楼

日統計値の温度差でも離れた「m」になるか、「∞」か「〇〇」になるかには有意な差が無かった(図5)。一方、表①~③のように「m」が蜃気楼となるか、「m」が蜃気楼にならないかには、有意な差があり、海面温度より最低気温が12°C前後低い時にはmの虚像が見られる可能性が大きい。

実況としても、気温が急激に下がった後(図6黒実線)、2021年10月29日以降の確認した全ての日で「m」の変化が見えている。

平年値の温度差(破線の間隔)は12月下旬に最大の13.8度となる(図6)。この先は、朝夕を中心に「〇〇」(③)となることも多くなると考えられる。最低気温を参考に、日変化も楽しみながら蜃気楼のアートに触れてみてはいかがでしょうか。

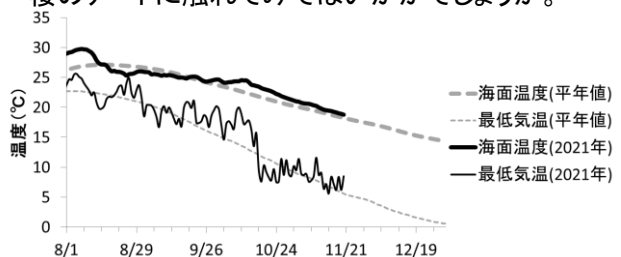


図6. 海面温度、最低気温の変化

#### 引用文献

- \*1 川合秀明ら, 2020, 下位蜃気楼の光路計算—マダガスカルで見た蜃気楼—天気, 67, [https://www.metsoc.jp/tenki/pdf/2020/2020\\_02\\_0043.pdf](https://www.metsoc.jp/tenki/pdf/2020/2020_02_0043.pdf)
- \*2 日本蜃気楼協議会, 2016, 蜃気楼のすべて! 草思社, p108
- \*3 松井一幸, 2015, 上位蜃気楼変化から見る境界層の動的振舞いの理論的考察, 日本蜃気楼協議会研究発表会要旨集
- \*4 <https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/db/kaikyo/series/engan/engan318.html>