

研究報告書

# 富山湾の上位蜃気楼における 発生理由の解明

—ライブカメラによる観測—



生地→滑川



滑川→生地



浜黒崎→魚津

2005年5月20日16:00におけるライブカメラ映像

2005年

富山大学人間発達科学部 市瀬 和義

富山県立滑川高等学校 木下 正博

# 富山湾の上位蜃気楼における発生理由の解明

ーライブカメラによる観測ー

市瀬和義（富山大学人間発達科学部）、木下正博（滑川高等学校）

## 1 はじめに

### (1) 冷たい雪解け水説から暖気移流説へ

#### ① 富山湾における蜃気楼

蜃気楼は、空気の密度変化によって光が屈折し、局地的に発生する光学現象である。空気の密度は温度と密接に関係しており、温度が上がれば密度が小さくなり、温度が下がれば密度は大きくなる。

蜃気楼には遠方の像が上にできるか、下にできるかによってそれぞれ上位蜃気楼と下位蜃気楼に大きく分けられる。上位蜃気楼の場合、空気層は上が暖かで下が冷たい、いわゆる上暖下冷の温度勾配を示し、下位蜃気楼はその逆の上冷下暖となる。

上位蜃気楼は条件がそろわなければ見ることができない珍しい現象であり、富山湾の上位蜃気楼は特に有名である。本稿では富山湾における上位蜃気楼（以後、蜃気楼と記す）に焦点を当てる。

#### ② 雪解け水説から暖気移流説へ

富山湾における上位蜃気楼（以後、単に蜃気楼と記す）の発生理由として、いわゆる「雪解け水」説が80年以上も長きにわたって信じられてきた<sup>1)</sup>。しかしながら、蜃気楼発生時の海面水温は比較的暖かく、熱収支の計算からは、海面水温では十分な冷却効果がないことが分かってきた。そこで我々は1999年の蜃気楼発生日とそうでない日に実際に海面上の気温の鉛直分布を観測した<sup>2)</sup>。その結果、蜃気楼発生時には特に冷氣層が海面付近に形成されるわけではなく、暖かい大気海上に流入して発生する現象であることを見出し、1999年に「暖気移流説」<sup>3)</sup>を、2003年には「上位蜃気楼の持続モデル」を発表した<sup>4)</sup>。

### (2) これまでの研究経過

#### ① 暖気移流説の確認

この説を確かめるため、これまでに我々は、以下のような様々な方法で観測や計算を行い、多方面からの検討を重ねてきた。

- a) 海上気温の鉛直分布
- b) 蜃気楼の写真観測
- c) 蜃気楼像と気温の鉛直分布とのシミュレーション
- d) 沿岸での気象観測(風向・風速・気温・海水温)
- e) 熱収支の計算
- f) ライブカメラによる観測

#### ② 2004年の観測

- a) 暖気移流説の検証2004年2月19日より、滑川高校に設置されたライブカメラの画像と、石田フィッシャリーナで観測した気温の鉛直分布を比較検討した。その結果
  - ・暖気が移流して蜃気楼が発生
  - ・暖気移流がなくなると蜃気楼が終息
  - ・蜃気楼は暖気移流の強さ（温度傾度）に応じて変化が大きくなったり小さくなるこ

とが分かった<sup>5)</sup>。

#### b) 蜃気楼の持続モデル

蜃気楼の発生前は石田フィッシャリーナでは、上部、下部ともに陸地を通過しないと考えられる海風を観測。蜃気楼の発生時には下部では陸地を通過しない海風がそのまま吹き、上部では陸地を通過し温められた暖気が吹いていると考えられる。

これらの検証のために生地鼻周辺での上層暖気と下層冷気の風向・風速の違い及び海風の回り込みを詳細に観測する予定であったが、観測機器のトラブル等によりそこまでは到らなかった。

### (3) 2005年の研究視点

以上の理由により、2005年度は以下の2点に絞って研究した。

#### ① 暖気移流説及び持続モデルの更なる検証

##### a) ライブカメラを増やす

これまでの滑川高校3階に加え、黒部市生地武隈鉄工(株)保養施設3階及び、富山市岩瀬の浜黒崎小学校3階に定点観測用ライブカメラを設置して、より詳細な観測を行う。

##### b) 気温の鉛直分布

黒部市石田フィッシャリーナつり棧橋上にポールを設置。上部(海拔13m)と下部(海拔2m)を設置し、気温の鉛直分布を観測。暖気(上層)と冷気(下層)の移流や持続について検討する。

#### ② 暖気・冷気の広がり(動き)の検証

高さや方向の違うライブカメラの解析から暖気・冷気の動き(広がり)について検討する。

## 2 研究方法

### (1) ライブカメラの設置

#### ① 設置地点

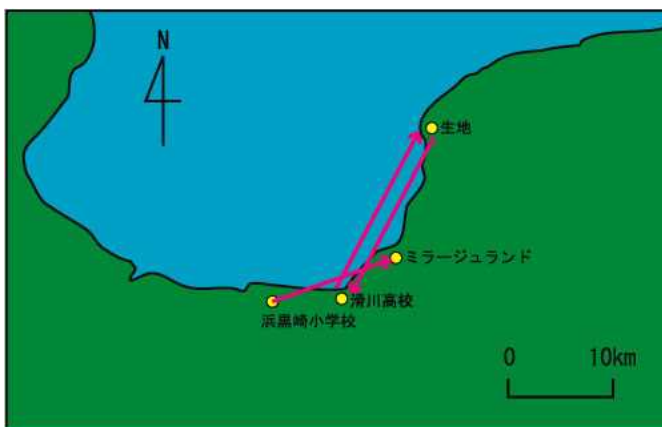


図1 ライブカメラの設置地点

昨年から観測を続けている滑川高校のライブカメラに加え、生地(武隈鉄工)、浜黒崎小学校にもライブカメラを設置し、3ヶ所で観測を行った。図1に設置地点を示す。図から分かるように

滑川→生地と生地→滑川は、双方に見ることで、暖気や冷気の動きが分かることが予想される。

浜黒崎→魚津(ミラージュランド)では、上記の観測に加え、魚津周辺の大気が同時に比較検討できると考えられる。

なお、魚津市の協力によって魚津埋没林博物館には、生地及び富山方面にライブカメラが設置された。しかし、今年は設置の時期がやや遅れ、試行的な観測であったことと、我々の気象データとの対応ができなかったため、本稿では、その解析をしていない。来年以降、解析を進めたい。

#### ② 設置の様子

3 地点共に、同じシステムである。システム概要は 2004 年の報告書に詳しく述べているので参照されたい<sup>5)</sup>。ここでは各地点のカメラ設置状況を示す。

a) 滑川（滑川高等学校）



図 2 に滑川高校のライブカメラの様子を示す。

設置場所 滑川高校 西館 3 階特別教室  
海拔 13.7m  
観測方向 北北東 生地鼻灯台周辺  
観測距離 17.0km (生地鼻灯台まで)  
設置開始 2004 年 2 月 19 日

図 2 滑川高校に設置したライブカメラ



このカメラから撮った実景を図 3 に示す。  
実景の中心に写っている灯台は黒部市生地に  
ある生地鼻灯台（高さ 33m）である。  
武隈鉄工の建物がくっきりと見える。

武隈鉄工

図 3 滑川高校より生地灯台を見た実景

b) 生地（武隈鉄工）



図 4 に武隈鉄工のライブカメラの様子を示す。

設置場所 武隈鉄工（株）  
海拔 15.3m

観測方向 南南西 滑川市街周辺  
観測距離 17.0km (滑川高校まで)  
設置開始 2005 年 5 月 11 日

図 4 武隈鉄工に設置したライブカメラ



図 5 にこのカメラから撮った実景を示す。滑川市街が写っている。左側の塔は滑川市役所である。残念ながら滑川高校自身は写っていないが画面左端が滑川高校と考えてよい。光の加減でやや写りが悪い。

図 5 武隈鉄工より滑川を見た実景

c) 岩瀬（浜黒崎小学校）

図 6 に浜黒崎小学校のライブカメラの様子を示す。

設置場所 浜黒崎小学校 4 階 視聴覚準備室  
海拔 15.8m

観測方向 東北東 ミラージュランド観覧車  
 観測距離 10.5km (ミラージュランドまで)  
 設置期間 2005年5月19日

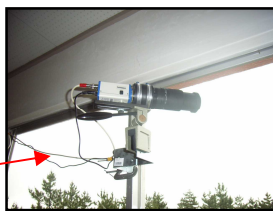


図 6 浜黒崎小学校に設置したライブカメラ



図 7 にこのカメラから撮った実景を示す。  
 実景風景の中心部にある観覧車は魚津市三ヶにあるミラージュランドの観覧車（高さ 66m）である。

図 7 浜黒崎小学校が見た実景

## (2) 気象データ

### ① 設置（収集）地点



図 8 に気象データ収集地点を示す。  
 このうち魚津埋没林博物館<sup>6)</sup>及び吉田科学館<sup>7)</sup>については、ホームページで公開されているデータを用いた。  
 後の箇所は我々が設置した気象観測装置によるデータである。

図 8 気象観測装置の設置地点

### ② 設置点の状況

#### a) 魚津埋没林博物館

設置場所 魚津埋没林博物館屋上 海拔 25m

#### b) 吉田科学館

設置場所 吉田科学館前庭 海拔 15m

#### \*c) 五十里

設置場所 国土交通省監視カメラ柱 海拔 14m

#### \*d) 生地

設置場所 北陸電力（株）電柱 海拔 13m

c)及び d)の設置は岡本電気有限会社代表取締役の岡本勇人氏にお世話になった。

ここに感謝申し上げます。

e) 石田フィッシャリーナ

設置場所 石田フィッシャリーナ 桟橋・自作支柱 海拔 上部：13m、下部：2m

※ 設置の様子は③に示す。

f) 滑川高校

設置場所 滑川高校屋上 海拔 23.6m

③ 石田フィッシャリーナに設置した観測装置の様子を図9に示す。

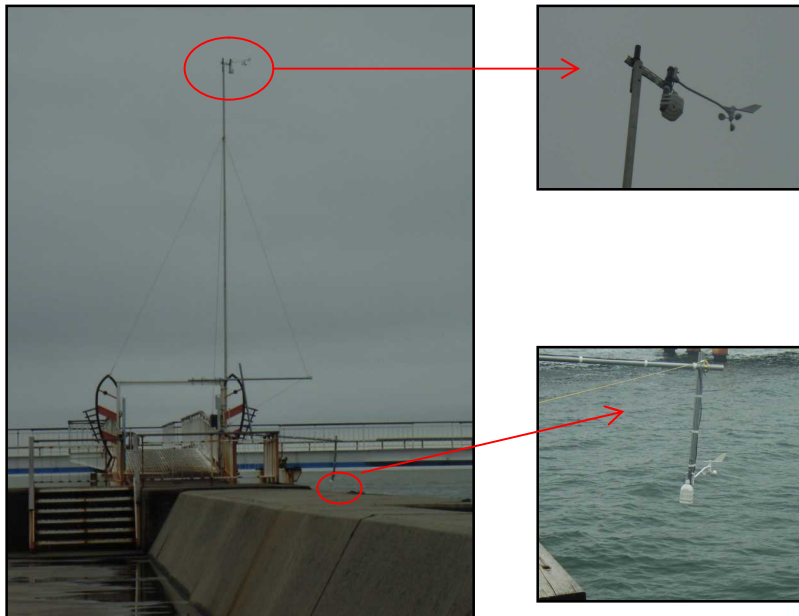


図9 石田フィッシャリーナに設置した観測装置

### 3 研究結果と考察

#### (1) 2005年の蜃気楼

2005年には魚津埋没林博物館の発表では10回の上位蜃気楼が観測された。3月中には一度も観測されなかったが、蜃気楼シーズンとは異なる7月、8月に1回ずつ蜃気楼が観測された。8月以降に蜃気楼が観測されたのは1999年以来であり、6年ぶりである。また5月20日にはAランクの蜃気楼が観測された。Aランクの蜃気楼は2004年の5月26日以来であった。表1に2005年の観測結果を示す<sup>6)</sup>。

表1 2005年の蜃気楼

|    | 月日    | 発生時間              | ランク | 天候   |
|----|-------|-------------------|-----|------|
| 1  | 4月10日 | 8:30~8:50         | D   | 晴    |
| 2  | 4月25日 | 13:30~14:15       | D   | 晴~薄曇 |
| 3  | 4月27日 | 10:00~15:00       | C   | 晴~薄曇 |
| 4  | 5月17日 | 13:00~14:50       | D   | 晴    |
| 5  | 5月20日 | 14:15~19:35       | A   | 晴    |
| 6  | 5月26日 | 13:30~17:30 (打切り) | C   | 晴    |
| 7  | 6月1日  | 12:30~18:10 (打切り) | B   | 晴    |
| 8  | 6月19日 | 13:30~16:00       | E   | 曇    |
| 9  | 7月9日  | 10:00~11:00       | E   | 曇    |
| 10 | 8月2日  | 10:15~14:10       | D   | 晴    |

以上の表中に示されているランクとは以下の基準に従って、魚津埋没林博物館が

判定したものである。表 2 にその基準を示す。

表 2 蜃気楼のランクの基準

| ランク | 変化の大きさ      | 観測時間 | 観測方向    |
|-----|-------------|------|---------|
| A   | 肉眼ではっきり識別可能 | 長時間  | 複数方向    |
| B   | 肉眼ではっきり識別可能 | 長時間  | 限定される方向 |
| C   | 肉眼で識別可能     | 長時間  | —       |
|     | 双眼鏡で識別可能    | 短時間  | —       |
| D   | 双眼鏡で識別可能    | 短時間  | —       |
| E   | 双眼鏡でも経験が必要  | —    | —       |

本研究では設置したライブカメラの 3ヶ所全ての画像が揃っている、5月 20 日、5月 26 日、6月 1 日の 3つの蜃気楼について解析した。このうち本稿では、比較的視界のよかった 5/20 のデータについて報告する。

## (2) 5/20 の蜃気楼

### ① 魚津埋没林博物館による公式記録

魚津埋没林博物館のホームページで公開されている公式記録によるとこの日に発生した蜃気楼の発生時刻、ランク、蜃気楼の状態は以下のものであった<sup>6)</sup>。

a) 発生時刻 14:15～19:35

b) ランク A

c) 蜃気楼の状態

- ・14:00 過ぎ頃から、富山市四方～新湊市富山新港の間の遠方の山並が伸び上がり、一様な高さとなる。
- ・14:30 頃から、能登半島の山並が変形し、その後 19:30 頃まで矩形波状、長方形、きのこ形など形を変えながら続き、一時はブリッジ状に連なった形となる。
- ・15:30 頃から、富山市中心地周辺市街地のビル群が伸び上がる。
- ・16:00 頃から、富山市水橋～新湊市、高岡市、氷見市、能登半島など一様に伸び上がり、反転など鮮明な蜃気楼となり、19:00 頃まで途切れなく続く。一時黒部市生地も弱く変化。
- ・18:00 頃から、大型船が、伸び・反転など変化しながら水平線付近を通過。
- ・19:15 頃から、黒部市生地の堤防等が伸び上がり、一時二重になる。また、八尾町付近の高台の光点が縦に伸びる。
- ・19:35 頃、変化はほぼ見られなくなり、観測打ち切り。

### ② 天気図

図 10 には気象専門 web マガジン「気象人」<sup>8)</sup>で公開されている 5月 20 日午前 9時の天気図を示す。



18日には富山付近にいた低気圧が北海道の北東へ抜け、富山は穏やかな天気となる。

図 10 5月 20 日 9:00 の天気図

### (3) 気象観測データ

図 11 に 2005 年 5 月 20 日の各地の気温・風速・風向のデータを示す。

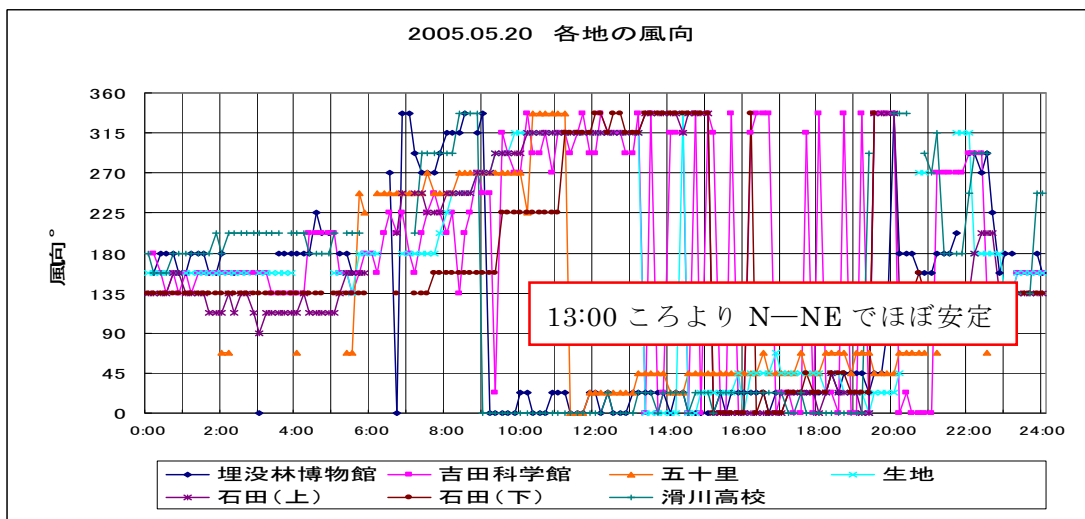
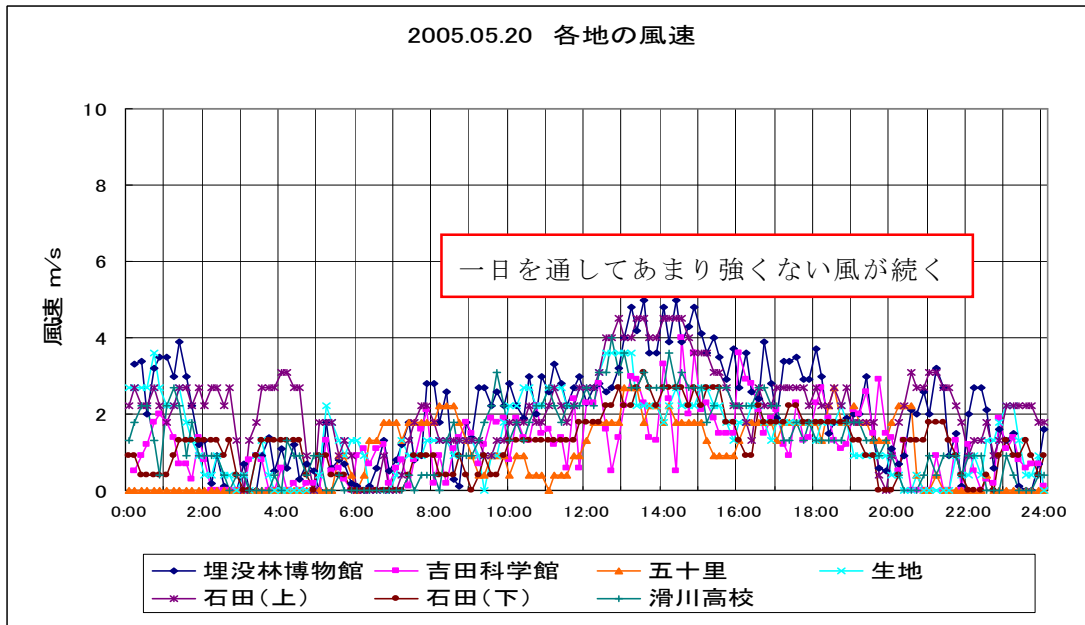
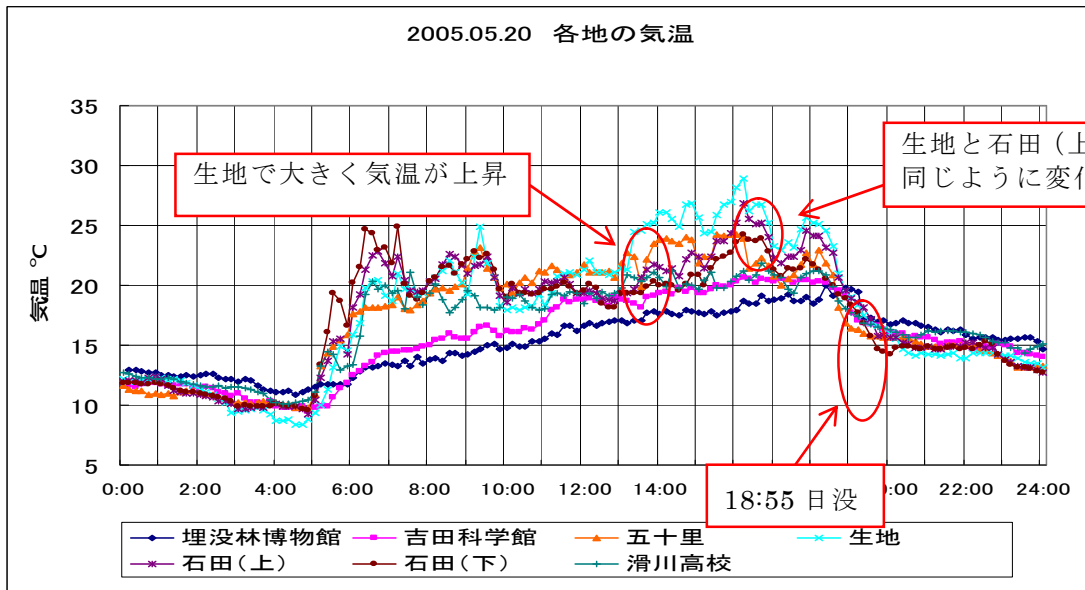


図 11



① 気温

曇気楼開始前は生地で気温が大きく上昇する。発生中は生地と石田フィッシャリーナの上の気温は同じように推移する。このことから上部には暖気が移流してきたと考えられる。しかし、下部については、明確な違いは観測されなかった。

② 風向・風速

曇気楼発生時、風速は2～4 m/s で N-NE の安定した風が吹いている。これはこれまでの結果と同じである。

③ 暖気移流

他地点からの比較からは、曇気楼の発生日のほぼ全日において、日本海から吹く比較的低い気温の海風が生地周辺の陸地で暖められ、暖気になることが確認できた。これらの結果は、これまでと同じく暖気移流を検証するものであった。

④ 直接日本海から

ただし、ここにデータを示していないが5/26には、日本海から直接暖気が移流してきている可能性も見られ、今後の検討課題となった。







(4) ライブカメラから観測された映像と解析結果<sup>9)</sup>



















① ライブカメラ観測結果のまとめ

表3に5月20日に滑川高校、生地、浜黒崎小学校のそれぞれの箇所に設置したライブカメラからの観測結果をまとめたものを示す。比較のため、左端の欄には魚津埋没林博物館発表の公式記録を示している。時間軸を縦軸にしてまとめており、表中の2桁の数字は各時間内の分数を表している。また、日没の時間は気象庁の発表を参考に記載した。変化については実景と比較して変化が多少であっても確認できれば変化しているものとした。表中で「確認可能」と示しているのは視界が良くなり像を捉えられるようになったことを示している。













解析をする際に使用した画像データは、1時間毎に抜き出して並べてある。時間は例えば8時のところはちょうど8:00 ジャストのライブカメラ映像である。時間については小さくて見にくい。画像中の右下に記されている。

表3 2005年5月20日 ライブカメラよりの解析

| 時 | 公式記録 | 生地→滑川   | 滑川→生地  | 岩瀬→魚津   |
|---|------|---|--|---|
|   |      | ぼんやりと見える程度  | 手前の建物などのみ確認可能  | 観覧車手前の森は確認可能。白くぼやけている   |
| 8 |      |  |  |  |
|   |      |   |  | 20 奥がかすかに確認可能。反射する屋根のみ。   |
| 9 |      |  |  |  |

|    |                     |   |  |   |
|----|---------------------|---|--|---|
| 10 |                     |    |    |    |
| 11 |                     |    |    |    |
|    |                     |   | 30 奥の景色がかすかに確認可能   |   |
| 12 |                     |   |   |   |
|    |                     |   |  | 50 奥の景色観覧車上部が変化   |
| 13 |                     |  |  |  |
|    |                     |   | 20 奥の気色の変化<br>40 鉄塔が変化   |   |
| 14 | 15 四方～新湊<br>30 能登半島 |  |  |  |
|    |                     | 00 灯台が変化  | 00 奥の気色の輪郭確認<br>10 森が変化  | 20 観覧車中央部変化   |
| 15 | 30 富山市中心市街地         |  |  |  |
|    |                     | 30 森が変化   | 50 護岸亭が変化  | 45 森が変化   |



|    |       |   |  |   |
|----|-------|---|--|---|
| 16 |       |    |    |    |
|    |       | 05 護岸亭が変化<br>30 海面が変化   | 00 海面が変化<br>40 奥の建物が確認可能   | 20 護岸亭、海面が変化  |
| 17 |       |    |    |    |
|    |       |   | 20 護岸亭より上部は収束  |   |
| 18 |       |   |   |   |
|    |       | 55 日没   | 55 日没  | 55 日没   |
| 19 | 35 終了 |  |  |  |
|    |       | 00 海面下降   | 30 光が大きく下降   |   |

## ② 5月20日の解析

### a) 視界

この日はほかの2日間（5/26、6/1）に比べ、非常に視界がよかった。

### b) 変化の始まり

蜃気楼の開始について、滑川高校のカメラであれば生地の灯台、生地のカメラであれば鉄塔、浜黒崎小学校のカメラでは観覧車の上部などといった高い位置の変化がまず見られた。

### c) その後

少しずつ下の景色も変化していき、滑川高校のカメラでは16:00頃に変化が最大になっている。17:00以降には海面だけが上昇して、生地の灯台などの景色は上につぶれたように見える。他の観測日でも見られるが、このような変化をしている時には境界層が観測者よりも下に来ていると考えられる。

### d) 時間による視界

生地カメラでは昼過ぎに、浜黒崎小学校のカメラでは朝方に視界が悪くなることが

多い。これは前者が南南西、後者が東北東の方向にカメラが向けられているので、それぞれの時間に太陽の光が逆光になってしまっているためだと思われる。またこのため、生地のカメラでは、この時間帯はほとんど景色の色が確認できないことがあった。

## 4 まとめ

### (1) 公式記録との比較

公式記録と比較して、蜃気楼の開始時間よりも早い時間帯から変化があることが確認できた。早い時間の変化はいずれの変化も目測では判断することが難しいような小さな変化であること、また、ライブカメラが海拔 10m 以上と高い位置に設置されていること、この 2 点が早くから観測される原因として考えられる。

### (2) 各観測地点での比較

滑川高校と生地のカメラでは変化は時間的にほぼ一致する。変化開始の時間については生地の方が早いことがあるが、これは捉えている風景の違いによって起こるものだと考えられる。生地から見た景色の場合は内陸部の景色も見ることができる。一方、滑川高校のカメラでは生地の灯台およびその周辺の景色しか見ることはできない。そのため、非常に高い高度に境界層がある場合には、生地のカメラでは奥に景色があるため変化が確認できるが、滑川高校からのカメラの場合は空しか見えないため、確認できないということが考えられる。

### (3) 蜃気楼の時間変化

5 月 20 日と 5 月 26 日の蜃気楼において、いずれのライブカメラでの画像においても、変化の初めのうちは高くに見られる位置での変化が見られた。時間を経ると変化する位置が低くなり、やがて海面が上昇するという変化が見られた。このことから境界層の位置が時間とともに低くなるという変化をしているのではないかと考えられる。なお、6 月 1 日の場合は視界が良くなったときにはすでに変化があったので、このことについては確認できなかった。

### (4) 境界層の高度

滑川高校に設置しているライブカメラと生地に設置しているライブカメラでは同じ倍率の望遠レンズを使用しているため、互いの画像の倍率は等しい。その為、互いの海岸線の高さを揃えれば、画像の変化から滑川－生地間の空気層の様子を推測することができる。

ライブカメラを設置する際に遠方の景色を確認できなければならないので、今回設置したいずれのライブカメラも海拔 10m 以上の高さに設置した。観測者よりも低い高さに境界層がある場合には海面が上昇して見られるため、蜃気楼として認識されない可能性がある。

以上のようなことを踏まえた上で、画像の解析を行うと、5 月 20 日の 5 時以降の画像を滑川高校からのライブカメラでは海面が上昇したように観測されるのに対して、生地からのライブカメラでは護岸堤が変化しているように観測される。このことから、滑川付近での生地付近での境界層の高さが同一の高さで広がっておらず、生地付近では低く、滑川付近では高くなっていることが予想される。このことはバルーンで気温を観測したことから考えられたモデル(暖気の広がり)と合致する。

## (5) ライブカメラによる観測の利点

### ① 場所や時間に制約されることなく観測することができる。

これはこれまでも言われてきたことであり、当然のことではあるが、重要なことである。蜃気楼の中には数分で消えてしまうものもある。蜃気楼が発生しているという連絡があってから観測を行っても消えているということが往々にして起こることである。そのような点からライブカメラを常設して観測するということは意義のあることである。画像を保存していれば、後日であっても振り返って観察することも可能であり、研究をする上で非常に重要である。

また、本研究では取り組んでいないことであるが、蜃気楼が発生していないときの様子についても観測できるという点も重要なことである。これまでは蜃気楼が発生している、発生していないという区分しかできなかつたが、常に観測していることによって、蜃気楼が発生していないとされていても、変化しているという可能性もある。また発生していないにしても、変化が見られないのか、もしくは視界がないのか、という点は研究を行う上で非常に重要である。

### ② 小さな伸びや反転などの変化であっても捉えられる。

蜃気楼とは実際の風景が光の屈折によって、変化が観測される現象である。その為、実際の風景を認識していなければ、その変化した像である蜃気楼を認識することはできない。実際に海岸などで観測する場合には、実際の風景を記憶していなければならないので、小さな変化が起こっている蜃気楼を認識するためには経験が必要である。一方、ライブカメラの場合では画像として観察するので、実景を並べて比較することが容易であり、小さな変化であっても確認できる。

### ③ 時間ごと、場所ごとの比較ができる。

ライブカメラでは定点観測で常に同じ方向の景色を同じ倍率で観察しているので、同じライブカメラから観測される画像は時間や月日が違っていても、容易に比較することができる。それらと比較することによって、蜃気楼の時間変化の様子を観察することや蜃気楼の様子の違いを観察できる。またライブカメラのスケールが等しい画像同士であれば、海岸の高さを揃えることで比較することができる。これによってこれまで不可能だった、同じ時間に異なる地点での観測を行うことが可能になった。

### ④ 動画として観測することで、時間変化の観察を行いやすい。

本来、蜃気楼の時間変化はゆったりとしたものであり、目測ではなかなか確認できない。静止画の場合であれば、スライドショーなどのソフトを用いて、動画として観察することで、また動画である場合は早送りなどの機能を用いることで時間変化の観察が容易になる。

### ⑤ 画像編集ソフトなどによって分かりやすく整理できる。

ライブカメラから観測される画像は一般的にデジタルカメラなどで撮られた写真と同様にパソコンの画像編集ソフトなどを用いることで整理することができる。実際に観測を行う上で、視界が悪いときや日没後など目測では風景を確認しにくい状況であっても、そのようなソフトを使い画像を収集、整理することによって確認しやすくなる。

## 5 今後の課題

### (1) さらなるデータの収集

2004年から滑川高校でライブカメラによる観測を開始したが、今年度は初めて3箇所で行うことができた。しかし、本研究において解析した3回の蜃気楼だけでは

データの量として充分とはいいがたい。来年度以降もライブカメラによる観測を継続的に行っていく必要がある。

とりわけ、今年度は、魚津市の協力を得て、魚津埋没林博物館敷地（富山方面）と道の駅（生地方面）にライブカメラが設置され試験的に観測が開始された。これについての解析は今回行っていない。次年度以降、このビデオの解析も重要な課題となる。

## (2) 公式記録との比較

今回、ライブカメラでは変化が観測されたものの、公式記録には数えられていない蜃気楼についても言及していかなければならないことが分かった。

また、常に魚津埋没林博物館による目視に頼るのでは、限界がある。せっかくライブカメラが設置されたのだから、日本蜃気楼協議会などで基準を決め、目視の負担を軽減したい。また、誰が見ても明らかなようにしたい。

## (3) 持続モデルの検証

暖気移流については、ほぼ検証されてきた。しかし、蜃気楼の持続モデルについては、機器のトラブルなどにより、石田フィッシャリーナ上部と下部での風向などに明確な違いが見られなかった。今後の追究課題としたい。

## (4) 富山方面

5/20の蜃気楼では近頃にはない富山方面の大きな蜃気楼が見られた。これまでの観測が岩瀬、滑川、魚津、生地だったため、今後は富山方面の大気の動きにも着目したい。

## (5) 地域連携

魚津の蜃気楼を海上から見るために船を出すことや、大学が主体となって、富山の自然現象をリアルタイムで見せる動きがある。蜃気楼の発生原因や蜃気楼研究の最前線の紹介など、自治体や市民、学校と協力して、蜃気楼研究をさらに進めたい。

## 6 謝辞

まず、黒部市とくろべ漁業協同組合には、石田フィッシャリーナつり棧橋に気象観測装置を設置させていただき深く感謝します。

また、国土交通省北陸地方整備局の黒部工事事務所には観測柱として五十里の監視カメラ柱の使用を快諾下さり、さらには北陸電力(株)魚津支社のご好意によって生地の電柱を使用させていただき、ここにお礼申し上げます五十里と生地の柱への機器設置には岡本電気(有)さんにお世話になりました。

ライブカメラの設置に際しましては、黒部市生地の武隈鉄工(株)保養施設の3階と、富山市岩瀬の浜黒崎小学校3階をお借りしました。おかげさまで大きな成果を得ることができ、ここに感謝します。

本研究は、富山大学教育学部4年の西東孝信君が卒業論文<sup>9)</sup>として取り組みました。ライブカメラの詳細な解析は彼の力によるものが多く、本稿も彼の卒論をもとにまとめています。常に前向きにとりくんだ姿勢を評価したいと思います。

総じて本研究は、ほんとうにたくさんの方々にお世話になりました。ここに重ねてお礼申し上げます。

## 参考文献

- (1) 大森虎之助、藤原咲平、田口克敏、富山湾の蜃気楼、富山県伏木測候所、(1919) 1-153.
- (2) 木下正博、富山湾における蜃気楼とその教材化、平成 12 年度富山大学大学院教育学研究科修士論文、(2001) 104-107.
- (3) 木下正博、市瀬和義、富山湾における上位蜃気楼の発生理由－気温の鉛直分布が示す新たな事実－、日本気象学会誌「天気」Vol. 49、No. 1、(2002) 57-66.
- (4) 市瀬和義、木下正博、富山湾の蜃気楼における発生理由の解明、研究報告書 (2003) 1-8.
- (5) 木下正博、市瀬和義、富山湾の上位蜃気楼における発生理由の解明、研究報告書 (2004) 1-12.
- (6) 魚津埋没林博物館 HP <http://www.city.uzu.toyama.jp/nekkolnd/>
- (7) 黒部市吉田科学館 HP <http://www.kysm.or.jp/>
- (8) 気象人 <http://www.weathermap.co.jp/kishojin/>
- (9) 西東孝信、富山湾における蜃気楼－ライブカメラによる観測－、平成 17 年度富山大学教育学部卒業論文、(2006) 1-59.