

大阪湾における蜃気楼の継続観測4

長谷川 能三*

概要

これまで、大阪湾において蜃気楼が出現することや、大阪南港野鳥園に固定カメラを設置させていただいて継続観測を行なった観測結果について報告してきた。前回、大阪南港野鳥園で約3年間の観測を行なった内、2013年春に撮影された全ての画像の調査から、出現状況について報告した。

今回、2011年・2012年の春に撮影した全画像を調査し、2013年と合わせて3年間の春シーズンについての蜃気楼の出現状況を報告する。

1. はじめに

蜃気楼は、冷たい空気の層の上に暖かい空気の層があり、空気の屈折率の差によって、遠くの景色が伸びて見えたり、一部が上下反転して見える現象である。蜃気楼が見られる場所としては、富山県魚津が有名であるが、滋賀県大津、福島県猪苗代湖、北海道各地などでも、毎年、春を中心に数回～数十回、蜃気楼の出現が観測されている。

大阪湾でも、2007年春には大阪府泉大津市から蜃気楼の一種と考えられる四角く変形した夕陽を撮影、2009年春には大阪市の南港野鳥園や兵庫県神戸市の須磨海岸から蜃気楼を確認した。

そこで、2011年4月から2014年2月まで、大阪南港野鳥園（以下、野鳥園）に継続観測用のカメラを設置させていただき、蜃気楼の出現シーズンである春を中心に、継続観測を行なった。

撮影した画像はインターネットで転送するようしていたが、度々転送が停止していた。そこで、野鳥園に設置していたパソコン内に保存されていた画像を調べた結果、2013年3月～5月の92日間中、蜃気楼の出現が22日も確認され、大阪湾でもかなり高頻度で蜃気楼が出現していることがわかった。特にこの中で8日間については、かなり大きな変形があった。

そこで、2011年～2013年の3月～6月に調査範囲を広げ、パソコン内に保存されていた画像から、蜃気楼の出現状況を調べた。

2. 観測場所と対象物の位置関係

野鳥園からは、ほぼ真西方向で約15km離れたところに神戸空港が、約35km離れたところに明石海峡大橋がある。蜃気楼出現時には、神戸空港の埋め立て

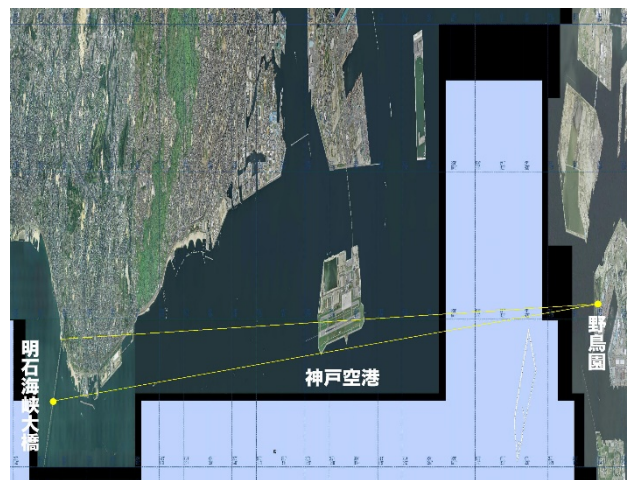
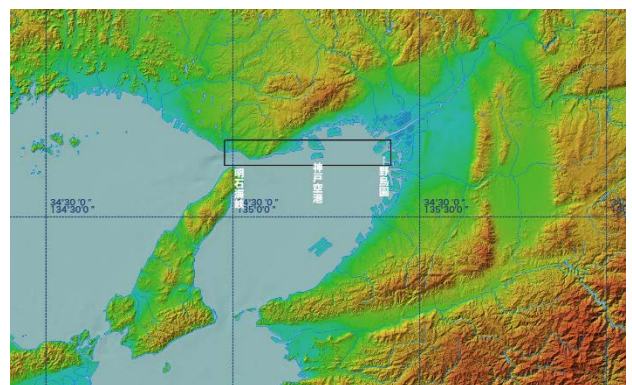


図1. 野鳥園・神戸空港・明石海峡大橋の位置関係
(下は上図の四角の範囲を上下5倍に伸ばしたもの)

国土地理院HP (<http://maps.gsi.go.jp/>) より

*大阪市立科学館 学芸員
中之島科学研究所 研究員
hasegawa@sci-museum.jp

地そのものや誘導灯の構造物などが伸び上がって見える。また、明石海峡大橋は、橋桁が上下に伸びて太く見えたり、メインケーブルが大きく曲がって見えることもある。

3. 観測方法

蜃気楼の継続観測には、1/3インチCMOSカメラに小型望遠鏡(ミニボーグ、焦点距離250mm)を取り付けたもの(35mm版換算で焦点距離約1900mm)を用いて撮影した。約1分間隔で撮影した画像はインターネットを通じて転送したが、度々転送が停止したために、夜中にパソコンおよび無線LANの機器を再起動するように設定した。これにより、転送が停止した場合でも翌日には正常に動作するようになった。ただ、転送していない間も撮影は続いており、撮影した画像はパソコンのHDDに保存はされていた。

しかし、調子の悪いときには2日に1回くらいは転送が停止してしまった。転送が停止する原因はよくわからなかったが、ランダムに起こっているとしても再起動を夜間に行なっていたため、特に午後には転送が停止してしまっていることが多かった。そのため、蜃気楼が出現していそうな日に画像が得られないということも多かった。

継続観測終了に伴い、撮影機材一式を回収することで、これまで転送されていなかったデータについてもチェックすることができるようになった。ただ、1日分の画像だけで1000枚以上もあるため、1時間分の撮影画像ごとに動画化し、これを目視で蜃気楼が出現しているかどうか確認していった。また、視程のあまり良くない日については、画像のコントラストを上げた上で動画化し、蜃気楼の出現をチェックした。

4. 蜃気楼の出現状況

前回は2013年3月～5月について出現状況を報告したが、蜃気楼の出現頻度は気候に左右されるため、年によってかなり増減がある。そこで、今回は調査期間を2011年～2013年に広げた。さらに、これまで6月に入っても蜃気楼の出現が確認されていたことから、各年での調査期間も3月から6月までに広げた。

この期間、暦上では各年122日、計366日であるが、2011年は4月に観測を始めたため観測日数が少ない。また撮影そのものができていなかった日等もあるため、この期間の観測日数は、2011年は72日、2012年は103日、2013年は119日の、計294日であった。尚、この観測日数に数えているのは、夜明けから日暮れまで撮影された日がほとんどであるが、一日の内、一部しか撮影されていなくても、その時間内に蜃気楼が出現していた日を含んでいる。

表1. 2011～2013年の蜃気楼の出現状況

	2011年		2012年		2013年	
	日	規模	日	規模	日	規模
1	4/6	◎	4/12	○	3/12	◎
2	4/10	△	4/15	△	3/15	△
3	4/14	○	4/16	△	3/16	◎
4	4/17	◎	4/17	◎	3/19	○
5	4/21	○	4/18	○	3/22	○
6	4/25	△	4/21	△	3/30	△
7	5/4	○	4/23	◎	4/1	◎
8	5/5	◎	4/27	○	4/2	△
9	5/7	◎	4/28	◎	4/4	○
10	5/8	○	5/1	△	4/15	△
11	5/18	○	5/3	△	4/17	○
12	5/21	△	5/5	○	4/25	◎
13	5/24	△	5/6	△	4/28	△
14	5/31	△	5/7	△	5/4	△
15	6/13	△	5/13	△	5/8	○
16	6/15	◎	5/16	△	5/9	◎
17	6/17	○	5/19	◎	5/12	◎
18	6/28	△	5/24	○	5/17	○
19			6/6	○	5/20	◎
20			6/7	◎	5/24	◎
21			6/11	○	5/27	△
22			6/13	○	5/31	○
23			6/14	○	6/7	○
24			6/17	△	6/11	△
25			6/23	△	6/12	○
26			6/27	○	6/13	◎
27			6/29	○	6/14	◎
28					6/16	◎
29					6/17	△
	全72日中		全103日中		全119日中	
	◎ : 5日		◎ : 5日		◎ : 11日	
	○ : 6日		○ : 11日		○ : 9日	
	△ : 7日		△ : 11日		△ : 9日	

ここで、◎○△は出現した蜃気楼の規模(主に変形の大きさ)を表わしている。

調査の結果、全294日中、かなり規模の大きな変形があった蜃気楼の出現(◎印)が21日もあり、観測日数の約7%、小規模な変形まで含めると、蜃気楼の出現は74日(観測日数の約25%)にも及んだ。

前回の2013年3月～5月についてのみの調査結果では、かなり規模の大きな変形が92日中8日(約9%)、小規模な変形まで含めると22日(約24%)であったが、これが特に蜃気楼が出現しやすい年であったというこ

とではなく、概ね毎年この程度、蜃気楼が出現していることが推測される。

ちなみに、かなり規模の大きな変形があった蜃気楼の出現は、2011年は全72日中5日で約7%、2012年は全103日中5日で約5%、2013年は全119日中11日で約9%である。また、小規模な変形まで含めると、2011年は18日で25%、27日で約26%、2013年は29日で約24%である。

また、時期による出現状況を旬間で見ると、図2のとおりとなる。各旬間の観測日数が最大でも30日程度、特に3月についてはさらに観測日数が少ないため、まだこれではあまり傾向は見えてこない。

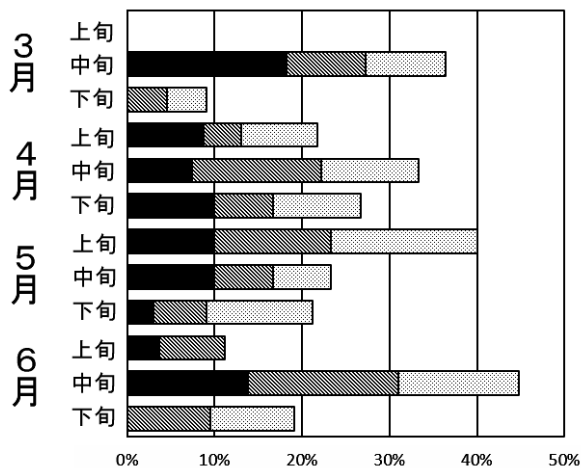


図2. 時期別の蜃気楼出現状況
(黒が◎の日の割合、そこから右へ○と△の割合)

5. 蜃気楼の出現時の気象状況

今回調査した全294日について、神戸アメダスの最低気温と最高気温のデータを、横軸を最低気温、縦軸を最高気温として描いたのが図3である。最低気温よりも最高気温の方が高いため、各点は必ずグラフの左上半分にプロットされる。

ここで、●は大規模な変形の蜃気楼が出現した日、■は中規模、▲は小規模な変形の蜃気楼が出現した日で、●は蜃気楼の出現が確認できなかった日である。

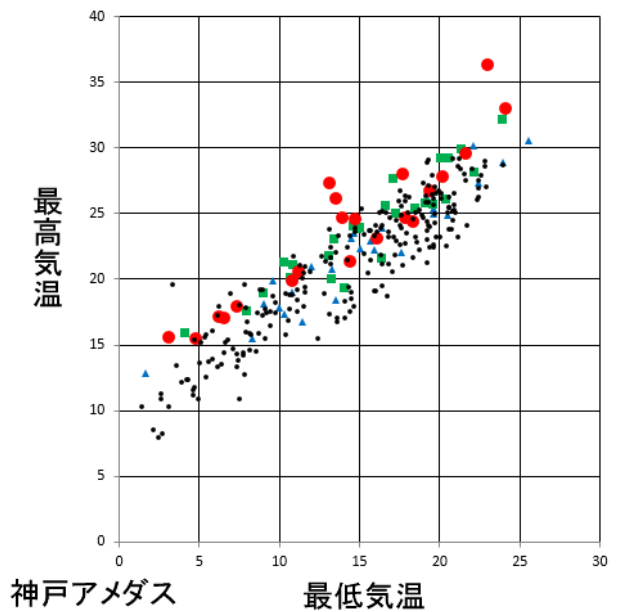


図3. 神戸アメダスの最低気温と最高気温

図3を見ると、大規模な変形が見られた21日については、この寒暖差が6度～15度程度となっており、全体的に寒暖差の大きい日に蜃気楼が出現しやすい傾向がうかがえる。また、最高気温が低いと蜃気楼はあまり出現せず、概ね最高気温は15度以上となっている。

また、これまでの経験上、よく晴れて、穏やかな風が西ないし南西から吹く日に蜃気楼が出現しやすい傾向がある。

そこで、2011年4月～6月の各日について、神戸アメダスの以下のデータと蜃気楼の出現状況を表2にまとめた。

- ・ 最高気温
 - ・ 最高気温と最低気温の差(気温差)
 - ・ 10分間毎のデータにおいて、風向が南西～西で風速5m/sec以下、かつ日照が6分間以上の回数
- ここで、最高気温が15度以上、気温差が6度以上、風・日照の条件を6回以上満たしている場合に網掛けをし、さらにこの3つの条件を満たした日には日付に、蜃気楼の出現にも網掛けをしている。

表2. 2011年4月～6月の気象条件と蜃気楼の出現

2011年4月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
最高気温	17.9	20.1	11.8	14.5	16	17.9	19.6	17	17.1	17.8	19.8	14.4	19.2	21.1	19.9	18.9	17.2	20.5	14.5	14.6	17.6	16.8	15.8	17.5	17.4	21	21.4	17.9	17.5	21.2
気温差	10.2	12.7	5.8	9.5	10.6	10.6	7.5	2.7	3.5	7.8	11.8	7.9	10.4	10.2	3.7	10.3	11	9	6	6.5	9.6	3.2	5.4	8.9	7.1	9.4	8.5	6.4	7.8	8
風・日照	34	15	0	2	20	14	11	1	0	13	23	25	36	14	9	8	15	0	4	5	17	0	0	6	25	25	0	4	43	22
蜃気楼	-	-	-	-	◎	-	-	×	△	-	-	×	○	-	-	◎	×	×	×	○	×	×	×	△	×	×	×	×	×	×

2011年5月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
最高気温	19.5	21.5	19.4	21.8	21.4	22	24.7	25	24.7	23.2	22.2	23	22.6	23.7	23.6	23.2	23.6	24.5	24.7	25.4	21.9	17.6	23.1	23.9	23.9	20.6	21.1	23.2	21.9	22.2	
気温差	3.1	7.3	5.1	8.7	7	6.7	6.9	7.7	7.8	3.2	3.5	3.8	5.1	8	8.9	6.1	6.8	8.9	7.2	5.7	5.8	4.7	3.2	8.6	7.6	6.3	3.6	3.4	6.4	5.6	6.3
風・日照	0	14	0	8	16	5	8	41	8	0	0	0	10	15	34	17	16	26	14	35	5	0	0	1	18	0	0	0	0	0	
蜃気楼	×	×	×	○	◎	×	◎	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	×	×	×	△	×	×	△	×	×	×	×	×	△

2011年6月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
最高気温	21.2	22.7	25.1	25.5	24	26.4	25.1	26.3	25.7	24.5	23.8	23.2	26.1	25.2	26.7	21.7	25.4	23.8	25.2	24.9	27.1	28.7	28.6	29	30.6	31.1	28.9	30.6	34	33.6
気温差	4.4	4.9	6.6	4.9	4.6	8.6	4.1	8.2	4.8	3.7	3.1	3.4	6.8	4.4	7.3	3.4	6.9	3.2	4.4	3.5	5.3	5.2	4.8	4.3	5.3	5.5	2.8	5.1	8.5	7.3
風・日照	0	6	7	24	4	28	0	15	6	0	0	0	11	7	0	0	0	0	0	0	33	9	8	1	33	3	8	23	38	27
蜃気楼	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	△	×	◎	×	○	×	×	-	-	-	-	-	-	-	-	△	-	-

この気象条件と最下段の蜃気楼の出現状況を比較してみると、3つの条件を満たした28日の内、蜃気楼が出現したのが確認できたのは12日であった。この12日の内訳は、大規模な蜃気楼が出現した5日の内の4日、中規模の蜃気楼が出現した6日の内の5日、小規模な蜃気楼が出現した7日の内3日である。このことから、この気象条件は蜃気楼出現の必要条件にかなり近いと考えられる。

しかし、小規模な蜃気楼は除外して考えるとしても、6月15日(大規模な蜃気楼が出現)と6月17日(中規模の蜃気楼が出現)については、風・日照の条件を満たした回数が0回となっている。この2日について調べたところ、風向・風速については条件を満たしていても、日照がほとんど記録されていなかった。このアメダスのデータだけでは断定できないが、薄曇りの場合に、晴れ(日照あり)ではなく、曇り(日照なし)と区分されたのではないかと思われる。このような状況をどう判断するのか、今後の課題である。

また、3つの条件を満たした日が28日もあり、その内蜃気楼の出現が確認できたのは12日(約43%)であるので、まだまだ条件を絞り込む必要がある。

【参考】

- 長谷川能三「大阪湾における蜃気楼の発見—四角い太陽—」大阪市立科学館研究報告18号, p41(2008)
- 長谷川能三「大阪湾における四角い太陽」第5回日本蜃気楼協議会研究発表会講演要旨(2008)
- 長谷川能三「大阪湾における蜃気楼の出現報告」第6回日本蜃気楼協議会研究発表会講演要旨(2009)
- 長谷川能三「大阪湾における蜃気楼の出現」大阪市立科学館研究報告20号, p53(2010)
- 長谷川能三「大阪湾における蜃気楼の出現報告2」第7回日本蜃気楼協議会研究発表会講演要旨(2010)
- 長谷川能三「大阪湾における蜃気楼の定常観測」第8回日本蜃気楼協議会研究発表会講演要旨(2011)
- 長谷川能三「大阪湾における蜃気楼の継続観測」大阪市立科学館研究報告22号, p19(2012)
- 長谷川能三「大阪湾における蜃気楼の継続観測2」大阪市立科学館研究報告23号, p31(2013)
- 長谷川能三「2012~2013年の大阪湾での蜃気楼出現状況」
第10回日本蜃気楼協議会研究発表会講演要旨(2013)
- 長谷川能三「大阪湾の蜃気楼の固定カメラ撮影結果(2013年)」
第12回日本蜃気楼協議会研究発表会講演要旨(2015)
- 長谷川能三「大阪湾における蜃気楼の継続観測3」大阪市立科学館研究報告26号, p25(2016)
- 長谷川能三「大阪湾の蜃気楼の固定カメラ撮影結果(2011~2013年)」
第13回日本蜃気楼協議会研究発表会講演要旨(2016)

6. まとめ

今回、3シーズンにわたる蜃気楼の出現状況を調べたことで、大阪湾では定常的に高頻度で蜃気楼が出現していることが確認できた。また、蜃気楼の出現する気象条件についても、ある程度絞り込みをすることができた。

しかし、今回使用したデータは観測されて事後に発表されたアメダスのデータである。今後、さらに蜃気楼の出現する気象条件を絞り込んでいくだけでなく、事前に発表された天気予報のデータとの関係も調べていきたい。

また、固定カメラによる撮影は蜃気楼出現状況を調査するのに非常に役立つことから、現在、新たに設置させていただける場所を探しており、継続観測を続けていきたい。

謝辞

蜃気楼継続観測カメラを設置させていただいた大阪南港野鳥園のスタッフや関係者のみなさまに、紙面を借りてお礼申し上げます。