

報 告

2015年～2016年に千葉県九十九里浜で観測された上位蜃気楼

大木淳一¹⁾・武田康男²⁾

¹⁾ 千葉県立中央博物館
〒260-8682 千葉市中央区青葉町 955-2

²⁾ 日本気象予報士会
¹⁾ E-mail: ohki@chiba-muse.or.jp

要 旨 2015年～2016年に千葉県九十九里浜で上位蜃気楼を5月の春季、7～8月の夏季、12月の冬季に観測した。夏季と冬季に上位蜃気楼が発生するのは全国的にみても珍しい現象であり、今回の観測は記録上、千葉県内では104年ぶりの事例である可能性が高い。

キーワード：光学現象、上位蜃気楼、下位蜃気楼、九十九里浜

蜃気楼とは、光が空気の温度（密度）の変化する層を通過することで異常に屈折し、遠方の景色が変形して見える光学現象のことで、大きく分けると遠方の景色が上方に変形して見える「上位蜃気楼」と下方に変形して見える「下位蜃気楼」に分類される（日本蜃気楼協議会, 2016）。上位蜃気楼が発生している時、空気の温度は上が暖かく下が冷たい「上暖下冷」の逆転層になっている。上位蜃気楼は比較的にまれに起きる現象で、富山湾で春季に発生することで有名であるが、この他に大阪湾、北海道では石狩湾、斜里、苫小牧等で、内陸では福島県猪苗代湖、滋賀県琵琶湖等で上位蜃気楼が観測されている（日本蜃気楼協議会, 2016；佐藤, 2015；大鐘, 2013；長谷川, 2010；木下・市瀬, 2002；北日本新聞社, 1981等）。

今回、2015年～2016年に千葉県山武郡九十九里町の海岸で、県内でほとんど発見例の無い上位蜃気楼を観測できたので、その出現状況を報告する。

観測地点の概要

上位蜃気楼を観測した千葉県山武郡九十九里町真亀海岸は砂浜である九十九里浜の中央付近に位置し、北東方向の旭市～銚子市方面へは30～50km程度、南方向の太東崎方面へは約20kmの地点である（図1）。

上位蜃気楼の出現状況

真亀海岸から観測した方向を大まかに分けると、①北方の銚子市からその西方の内陸部にあたる旭市にかけての銚子方面、②東方の九十九里沖海上、③南方の太東崎からその西方の白子町にかけての太東崎方面となる（図1）。

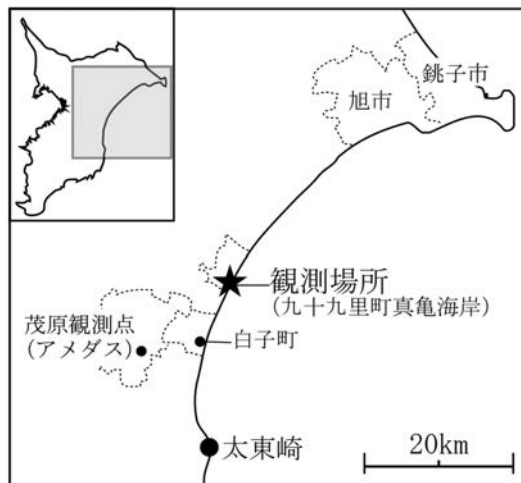


図1. 観測場所

著者の大木は2013年以降、可能な限り毎日、九十九里町の海岸で目視や双眼鏡による直接観察や、デジタルカメラで撮影を行っている。撮影した画像をできるだけ速やかに分析し、下位蜃気楼や上位蜃気楼の出現状況を調査している。そのうち、上位蜃気楼を観測した2015年と2016年の出現状況を表1に示す（茂原観測点のデータは気象庁ホームページより引用）。今回の観測では2015年には上位蜃気楼が6日発生し、2016年には2日発生していたことが明らかとなった。以下に観測日毎の出現状況を記す。

1. 2015年5月2日の上位蜃気楼

15時45分頃に確認した。銚子方面だけ出現し、発生当時、やや霞んで視程があまり良くなかったものの、

表1 2015～2016年において、千葉県九十九里町真亀海岸で観測した上位曇気楼の発生日とその時の気象状況.

観測日	観測時刻	発生方向	気温(°C) (茂原観測点 (アメダス))	風速(平均) (m/s) (茂原観測 点(アメダス))	風向(平均) (茂原観測点 (アメダス))
2015年5月2日	15:45～15:47	銚子方面	23.4	1.9	東
2015年7月21日	18:03	銚子方面	30.2	3.6	南西
2015年7月25日	18:25	海上 太東崎方面	30.8	2.0	南西
2015年8月5日	8:12～9:10	太東崎方面	31.3～32.6	2.2～2.7	南南西～南南東
	7:24～13:52	銚子方面			
2015年8月6日	4:49～4:53 7:44～8:57	海上	29.2～36.9	1.7～3.0	北西～西南西
	7:04～10:36	太東崎方面			
2015年8月7日	9:21～9:43	太東崎方面	32.9～35.0	1.1～2.0	西南西～北北東
2016年12月17日	6:20～8:02	銚子方面	-2.0～1.6	0.6～2.7	北北西～西南西 (一部、 東～南東)
	7:10～8:02	太東崎方面			
2016年12月18日	6:50～7:59	銚子方面	-0.9～-0.5	0.0～0.4	静穏～北北西
	6:28～8:05	太東崎方面			



図2. 2015年5月2日15時45分に銚子方面で確認した上位曇気楼. 画像処理ソフトPhotoshop (以下、Photoshop) で明るさを調整した.

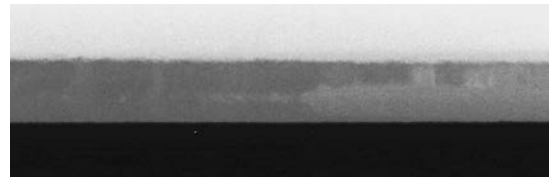


図3. 2015年7月21日18時3分に銚子方面で確認した上位曇気楼. Photoshopで明るさを調整した.

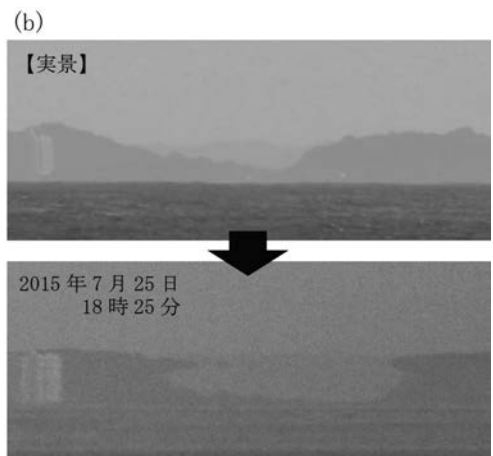
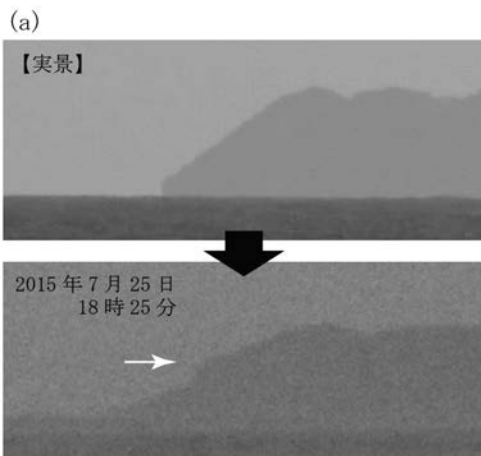


図4. 2015年7月25日18時25分に太東崎方面で確認した上位曇気楼. Photoshopで明るさを調整した.



図5. 2015年8月5日8時23分に太東崎方面で確認した上位蜃気楼.

(a)



(b)



図6. 2015年8月6日 (a)4時49分と (b)4時53分に確認した変形太陽.

丘陵地が櫛歯状に伸び上がったり、風力発電の風車の柱が部分的に伸び上がった様子を確認できた (図2).

2. 2015年7月21日の上位蜃気楼

18時3分に銚子方面で、ワニが口を開けたような形態の反転像が見られたことから、空気の温度の逆転層ができたと思われる (図3). 海上にも温度の逆転層ができたようだが、像の反転などは分からなかった.

3. 2015年7月25日の上位蜃気楼

18時25分に太東崎方面で上位蜃気楼を確認した. 太東崎先端の中腹部がやや伸び上がったり (図4 (a)の白矢印), 太東崎より西方の内陸部の丘陵地が上側へ反転する様子が観察できた (図4 (b)).

海上では空気の温度の逆転層ができたようだが、対象物が海上に無かったため像の変化を確認できなかった.

4. 2015年8月5日の上位蜃気楼

8時12分～9時10分に、南方の太東崎方面の崖が上方に伸びた上位蜃気楼を確認し、その後、蜃気楼は消

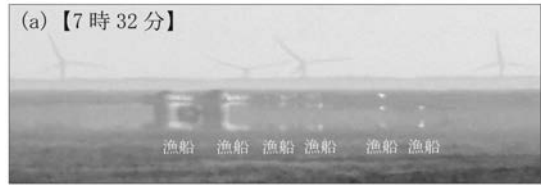


図7. 2015年8月6日に銚子方面で確認した上位蜃気楼. (a)は漁船が上方へ反転し、風力発電の風車がやや偏平に変形している. (b)は建物が上方へ反転している. Photoshopで明るさを調整した.



図8. 2015年8月6日7時45分～9時頃に海上で確認した上位蜃気楼. (a) 漁船が上側で倒立になり、さらにその上は正立に重なって見える. (b) 漁船と海面が上側で倒立になり、海上に橋が架かったように見える.



図9. 2015年8月6日9時31分に太東崎方面で確認した上位蜃気楼. 漁船が上側で倒立になり、さらにその上は倒立で重なって見える.

失した. 8時23分に崖の下部が一番伸び上がった (図5. 実際の景色 (実景) は図10参照).

海上及び北方の銚子方面では上位蜃気楼を確認できなかった.

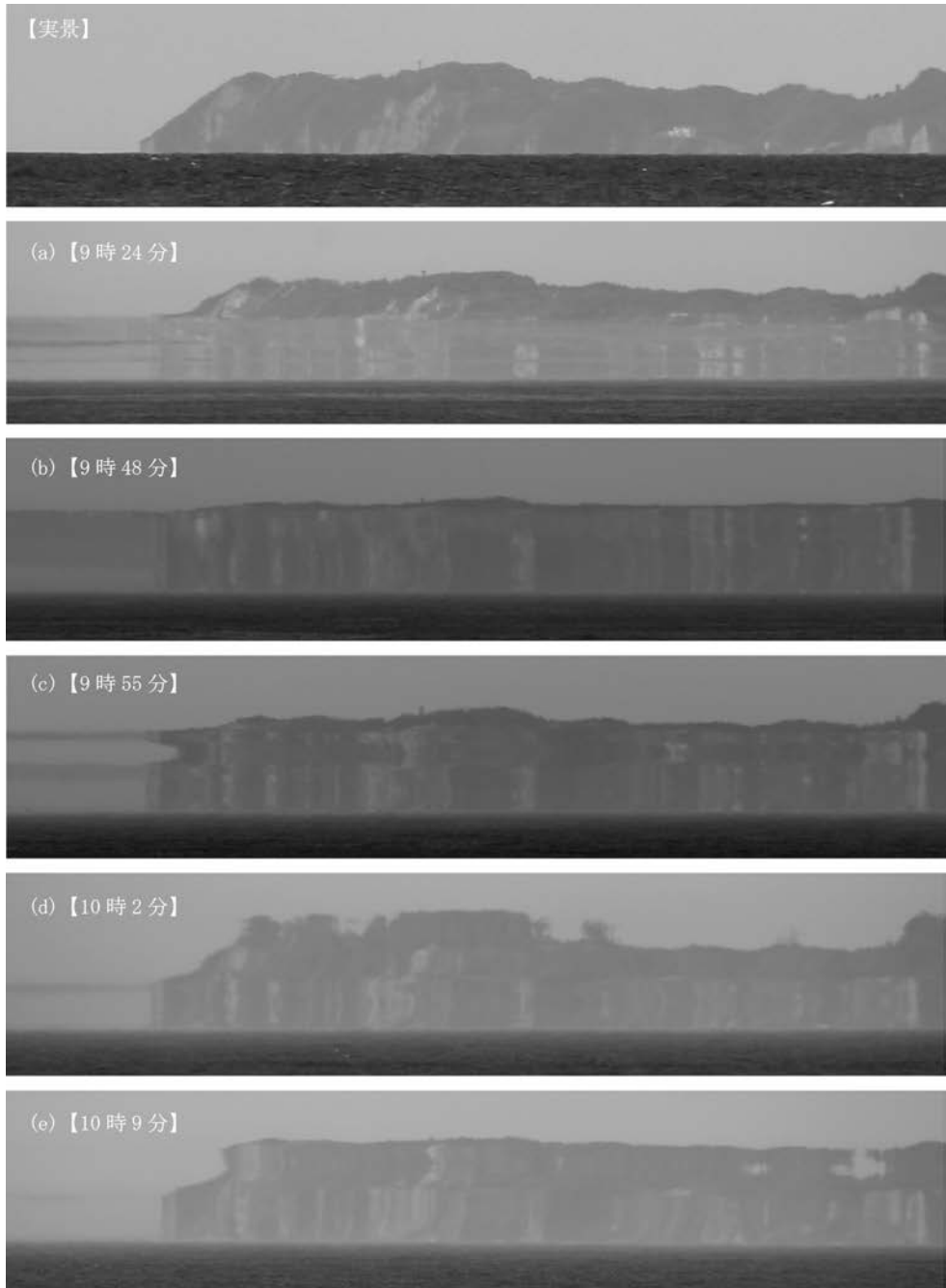


図10. 2015年8月6日7時～10時30分頃、太東崎先端付近で確認した上位蜃気楼. 時間の経過とともに様々な形態に変形した.

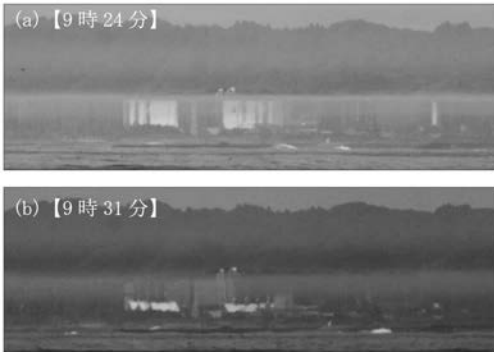


図 11. 2015年8月7日9時20分～40分頃に太東崎方面で確認した上位蜃気楼. (a) の伸び上がった建物が, (b) では元に戻り始めている.

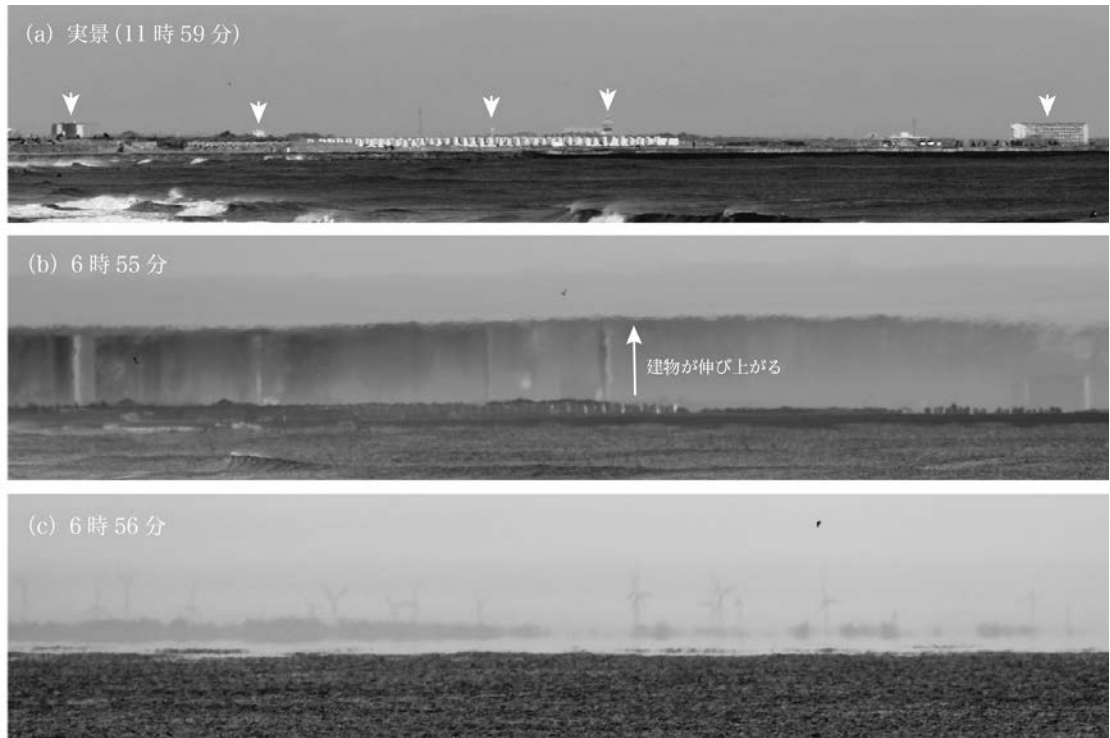


図 12. 2016年12月17日6時20分から8時頃に銚子方面で確認した蜃気楼. (a) 銚子方面の内陸側の実景. 手前に見える防波堤は片貝漁港で, その向こう側に僅かに見える建物(白矢印)が変形する. (b) (a) の白矢印の僅かに見える建物等が伸び上がる上位蜃気楼が発生し, 平坦な丘陵地のように見える. (c) 銚子方面東方は下位蜃気楼が発生し, 浮島現象が確認できる.

5. 2015年8月6日の上位蜃気楼

4時49分頃の海上の日の出ではお椀を伏せたような形で太陽が現れ(図6(a)), その後, 下方で一部分が分かれた歪な形の太陽が確認できた(図6(b)).

6時頃, 海岸が朝霧に覆われて視界が不良になったが, 7時頃, 霧が晴れると上位蜃気楼が南方の太東崎方面だけでなく, 九十九里沖や北方の銚子方面にかけても出現した. 以下に各方向別に詳細を記す.

・銚子方面

7時～14時頃まで長時間連続して発生した. 銚子方面の漁船が上方へ反転し, 風力発電の羽根がやや扁平になる様子が観察でき(図7(a)), 建物なども上方に反転した様子を確認した(図7(b)).

・海上

7時45分から9時過ぎ, 海上で船と海面の一部が上方に反転し, 更に上方へ反転した上位蜃気楼を確認した(図8(a)). また, 海面が浮き上がった状態のように見え, 漁船が上方へ反転することで橋脚のように見え

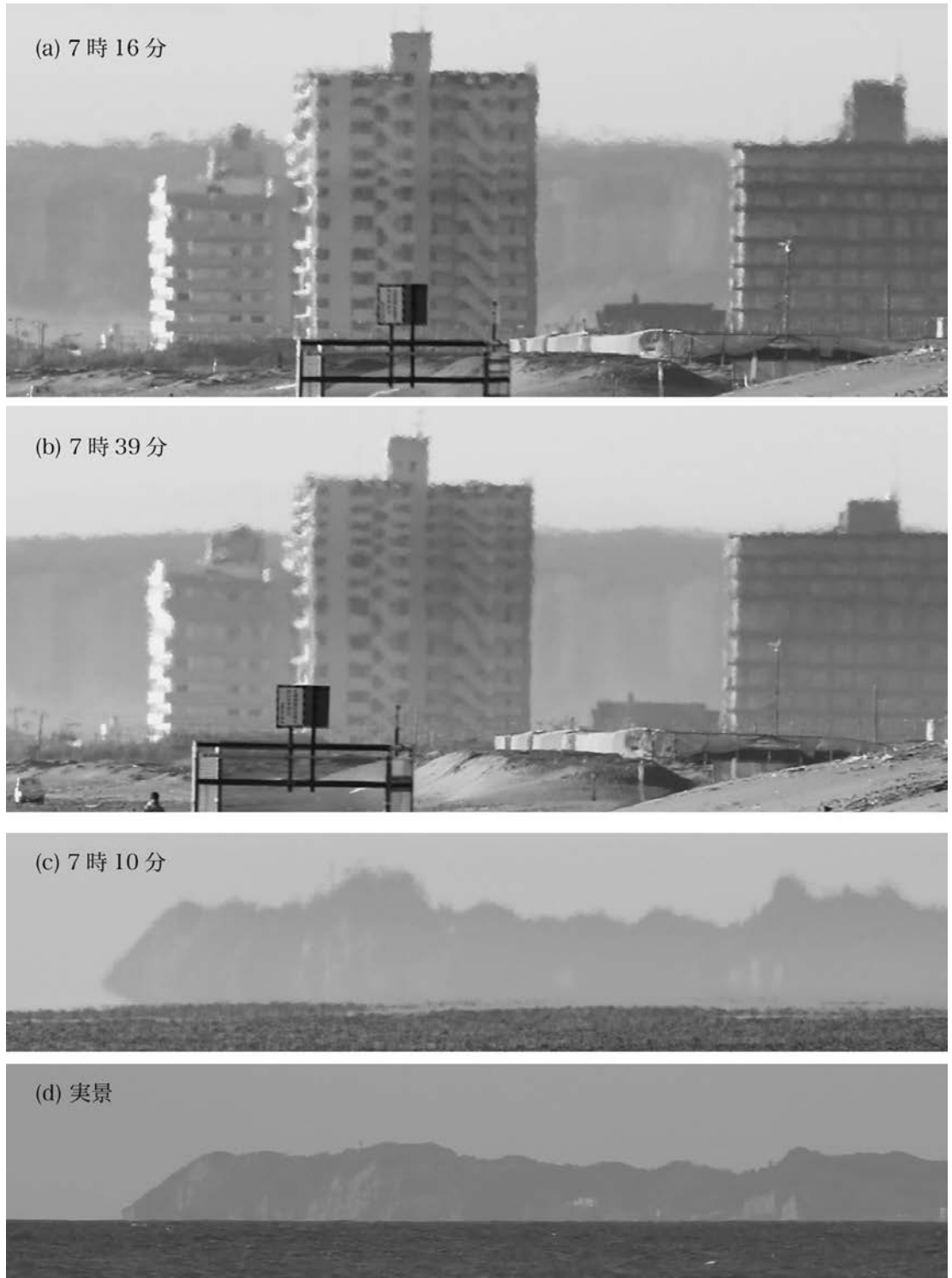


図13. 2016年12月17日7時10分から8時頃に太東崎方面で確認した曇気楼. (a) (b) 白子町にあるマンションの変化. 階によって激しい伸び縮みの変化を確認した. (c) 太東崎先端部は海面付近に下位曇気楼が発生し、稜線部は伸び上がり上位曇気楼が発生している. (d) 太東崎先端部の実景.



図 14. 2016年12月18日6時50分から8時頃に銚子方面で確認した上位蜃気楼. (a) クレーン船の伸び上がりが明瞭に確認できる. (b) クレーン船は実景だが、奥側は上位蜃気楼が観察できる.



図 15. 白子町のマンションの階による変化が2日連続確認できた (2016年12月18日6時28分).

ることで、沖合に橋が架かったように見える場所もあった (図8 (b)).

・太東崎方面

7時～10時30分頃、太東崎の西側に見える浜辺付近で漁船が上方に反転したり、建物が上方に反転する様子を確認した (図9).

また、太東崎周辺の形も①崖の下部が上方へ反転を繰り返すように伸び上がり (図10 (a)), ②岬周辺の稜線まで伸び上がり稜線が平坦に見えるテーブルマウンテン状に変形し (図10 (b)), ③崖の下方が伸び上がりは維持しつつ、中腹より上部で斜面が逆転しながらひさし状に突出し (図10 (c)), ④稜線部分の凹凸が顕著に変形し (図10 (d)), ⑤崖の下部と上部の一部だけが伸び上がったり、稜線が平坦化や一部に凹凸が生じる (図10 (e)) 等、複雑な変形が観察できた.

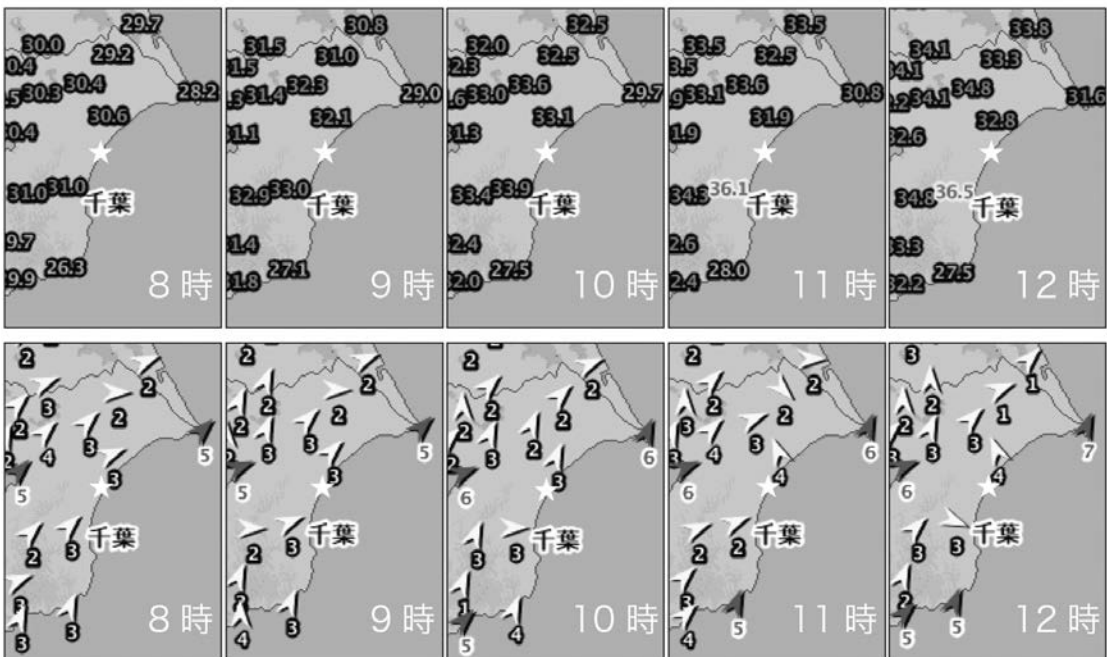
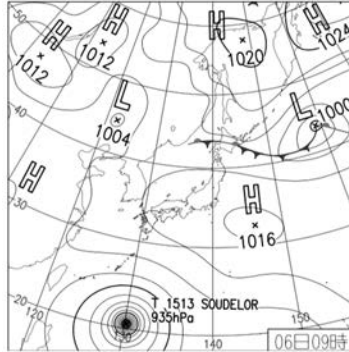


図 16. 2015年8月6日の九十九里浜周辺の気温と風向の変化. 白星は観測地点. 気象庁アメダスより抜粋.

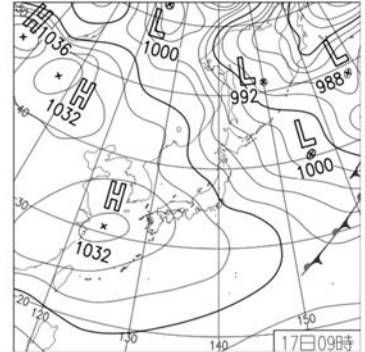
表2 茂原観測点（アメダス）の最高気温（気象庁ホームページから引用）

茂原	最高気温 (°C)
2015年8月1日	35.5
8月2日	36.7
8月3日	35.3
8月4日	35.5
8月5日	35.6
8月6日	37.8
8月7日	36.9



6日(木)北海道各地で大雨
西～東日本、東北の193地点で猛暑日となり午後は雷雨。湿った空気も流れ込み三重県紀伊長島55mm/1h。北海道は前線の影響で大雨となり日高で62.5mm/1hの観測史上1位。

図17. 2015年8月6日9時の気圧配置（気象庁ホームページから抜粋）。



17日(土)寒さ続く
全国2/3以上の632地点で冬日。西～東日本の太平洋側を中心に冷え込み、鹿児島・宮崎・高知・広島など初氷、宮崎・東京など初霜。雪雲は太平洋側にも流入。福島県南郷で日降雪量37cm。

図18. 2016年12月17日9時の気圧配置（気象庁ホームページから抜粋）。

6. 2015年8月7日の上位曇気楼

9時20分～40分頃、短時間であったが、南方の太東崎方面の建物が上方へ伸び、その後元に戻り始める様子が観察できた（図11）。

7. 2016年12月17日の上位曇気楼

2015年の冬季には発生は見られず、また2016年夏季にも発生は見られなかった。しかしながら、2016年12月17日は夜明け前の6時20分頃から8時頃まで、銚子方面と太東崎方面で上位曇気楼を確認することができた。

・銚子方面

図12 (a) の実景では片貝漁港の奥側にわずかに建物が見えるが、それらや林などが図12 (b) のように伸び上がり、平坦な丘陵地のように見えた。一方、より東側の銚子半島の先端の方は、図12 (c) のような下位曇気楼が発生し、崖や空の一部が下方へ反転した浮島現象を観察した。

・太東崎方面

太東崎方面の内陸側の白子町に位置するマンションの各階の高さが時間とともに伸び縮みする変化を観察した（図13 (a)(b)）。さらに図13 (c) の太東崎の先端部では、稜線が図13 (d) の実景と比較すると伸び上がって凹凸が顕著となる一方、崖の下部が下方へ反転した下位曇気楼が同時に観察できた。

8. 2016年12月18日の上位曇気楼

12月17日に続いて夜明け前から8時頃まで上位曇気楼が発生した。

・銚子方面

図12 (b) と同様な上位曇気楼であったが、片貝漁港周辺も上位曇気楼が発生し、図14(a)のようにクレーン船の一部が伸び上がる様子が観察できた。その後、7時30分頃、元の姿に戻ったが（図14 (b)）、漁港の奥側である北方には上位曇気楼が発生していた。

また、東方の銚子半島先端方面では下位曇気楼が12月17日同様に観察できた。

・太東崎方面

12月17日と同様、太東崎方面の内陸側の白子町に位置するマンションの各階の高さが時間とともに伸び縮みする変化を観察した（図15）。太東崎先端部は下位曇気楼だけを観察した。

上位曇気楼発生メカニズムの考察

上位曇気楼の発生メカニズムに関しては、詳細な気象学的な検討を行う必要があるものの、2015年8月6日を例に挙げると、早朝の海上に霧が見られたことから海上に比較的冷たい空気の層があったと考えられ、その上に房総丘陵で暖められた空気が南風や西風によって九十九里海上に入ることによって急激に温度が変化する境界層ができ、上位曇気楼が現れた可能性が高いと考えられる（図16）。この日は夏型の太平洋高気圧が安定して張り出し（図17）、観察地に近い千葉県茂原市の気象庁アメダスデータでは、8月1日～7日が連続猛暑日であった影響もかなりあるだろう（表2）。

一方、2016年12月17日に上位曇気楼が発生した日は西高東低の冬型の気圧配置で、全国2/3以上の632地点

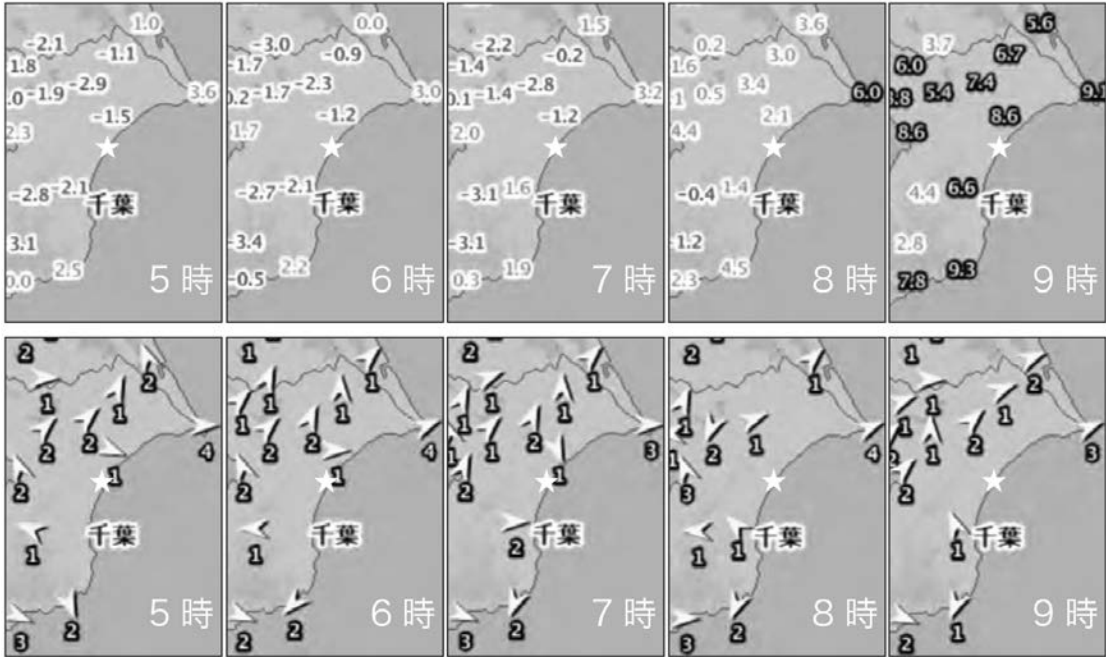


図19. 2016年12月17日の九十九里浜周辺の気温と風向の変化。白星は観測地点。5時から7時に観測地点の北方と南方で西寄りの風が吹いている。気象庁アメダスより抜粋。

で冬日を記録する程の冷え込みだった（気象庁ホームページ。図18）。九十九里浜の内陸側では放射冷却に伴い空気が冷やされ、西寄りの風によって冷氣移流が九十九里沿岸で起こり、急激に温度が変化する境界層が生じて上位曇気楼が発生した可能性がある（図19）。銚子方面では内陸側にだけ上位曇気楼が発生し、東側の海上に突出した銚子半島方面では下位曇気楼であったことから、局所的に内陸からの冷氣移流が起こった状況であり、気温が上昇し始めた8時過ぎに上位曇気楼が消失したことからも上記の可能性が高いと考える。

過去の出現記録

過去に千葉県内で発生した上位曇気楼を、文書による記載だけでなく映像やスケッチ等、信頼できる記録により残された文献を調べたところ、富山県伏木測候所編（1919）の『富山湾の曇気楼』に、寺田寅彦博士が1911年に九十九里浜沖の船からスケッチした上位曇気楼の模写が掲載されていた。関連部分の引用は次のとおり。

『明治四十四年六月二十一日午後五時頃九十九里沖に於て寺田理学博士が丹波丸船上より陸岸の方に見たる曇気楼現象は第十八図に示すが如し。此図に見るに此現象は富山湾または城津等におけるものと略同様な現象にして伸長もあり倒像もあり、正倒像が伸長を伴



図20. 寺田寅彦博士が1911年にスケッチした上位曇気楼の模写。富山県伏木測候所（1919）（国立国会図書館蔵）より転載。

ひて幕状をなせるもあり、第二次の正像もあるを見るなり、該図は同博士日記中にある見取図にして同博士の好意よりて茲に掲出するを得たり、只模写拙劣にして稍原図の情を失へるあり、謹で謝す。

説明は余等の富山湾の蜃気楼の説明図を逆にして海上より陸上を見たる場合なり。この場合にも海上に在る目に集る光が包絡線を持ち得ることは容易に想像し得可し、即以前説明したると略同種類の光景を現し得る筈なり。』

本文による『第十八図』を図20に示す。寺田博士がスケッチした模写では、海上に温度差を伴う逆転層の様子が明らかに描かれている。

また、北日本新聞社(1981)の『蜃気楼有情』には『真夏の幻(九十九里浜)』として、上述の寺田博士の出現記録以外に記述がある。明治43年の『気象集誌』1月号の一宮町東方海上の蜃気楼及び、主に7月末から8月半ばにかけて一宮町から九十九里町片貝方面の防潮林の変化の様子が記されている。しかし前者はスケッチなどの明確な上位蜃気楼の証拠がなく、後者は『逃げ水現象』の下位蜃気楼の可能性を論じているため、両者とも上位蜃気楼と断定することはできないと考える。

したがって現段階において、九十九里浜で発生した上位蜃気楼の記録は富山県伏木測候所編(1919)だけである。寺田博士が記録したのが1911年で、本報告で上位蜃気楼を記録したのが2015年以降となるため、千葉県では実に104年ぶりに観測した事例の可能性がある。

九十九里浜で上位蜃気楼を発見した意義

日本全国の出現状況は日本蜃気楼協議会(2016)によると、上位蜃気楼が発生する主な時期は、大阪湾では春先、富山県魚津市は3月下旬～6月上旬、滋賀県琵琶湖では3～6月(まれに1月や2月)、福島県猪苗代湖では3～6月、北海道小樽では4～7月、斜里ではほぼ1年中、苫小牧では5月とされている。

富山湾東部海岸地域で毎年4～6月にかけて10数回程度、上位蜃気楼が発生している原因は、従来は海に流出した雪解けによる冷水が海面上の空気を冷やし上暖下冷の気層を形成するためと言われていた。しかし木下・市瀬(2002)が観測及びシミュレーションの結果から冷水原因ではなく暖気移流が原因とわかったが、暖気の移流元など詳細は分かっていない。また、北海道小樽の石狩湾で発生する上位蜃気楼は、石狩湾への南風による暖気移流と、海陸風循環としての石狩湾沖合からの冷気の流入によって上暖下冷の気層構造が形成されることで生じることがわかってきた(大鐘, 2012; 日本蜃気楼協議会, 2016)。

全国的には上暖下冷の気層構造が生じやすい春季が

上位蜃気楼を観察できるシーズンであるといえるが、九十九里浜では5月の春季だけでなく、7～8月の夏季、12月の冬季に上位蜃気楼を発見した。北海道斜里周辺域を除き、全国的には夏季と冬季に上位蜃気楼が発生するのは珍しい現象であり、その発生メカニズムを解明する上で重要な発見である。

九十九里浜においても木下・市瀬(2002)のような同様の調査アプローチを今後検討していく中で、通年で上位蜃気楼が発生する北海道斜里地域が参考になりそうである。

今回の上位蜃気楼の発見は、現段階では104年ぶりの観測記録だが、写真愛好家が日の出や風景写真として撮影している可能性があるため、今回の発見を周知する中で今後も情報を収集していきたい。同時に、詳細な上位蜃気楼の発生メカニズムを解明するべく、年間を通じた上位蜃気楼の発生状況を把握するとともに、九十九里沿岸の大気の鉛直温度構造などを解明する必要がある。

謝 辞

本稿をまとめるにあたり、調査協力員の伊藤丈司氏、大木明子氏には現地での観測にご協力いただいた。また、気象庁の宮内誠司氏には本稿を投稿する際に、有益なご意見をいただいた。ここに深甚の謝意を表す。

引用文献

- 長谷川能三. 2010. 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: 53-57.
- 北日本新聞社. 1981. 蜃気楼有情. 176 pp. 北日本新聞出版部, 富山県.
- 木下正博・市瀬和義. 2002. 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—. 天気 49: 57-66.
- 日本蜃気楼協議会. 2016. 蜃気楼のすべて! . 108 pp. 草思社, 東京.
- 大鐘卓哉. 2012. 奨励賞を受賞して—蜃気楼の調査研究と啓発普及活動—. 天気 59 (1): 67-69.
- 大鐘卓哉. 2013. 2011年と2012年の石狩湾における上位蜃気楼「高島おぼけ」の観測. 小樽市総合博物館紀要 26: 1-6.
- 佐藤トモ子. 2015. 斜里町における上位蜃気楼の記録. 知床博物館研究報告 37: 43-52.
- 富山県伏木測候所編. 1919. 富山湾の蜃気楼. 153pp. 伏木測候所, 富山県.

Observation of Superior Mirages from 2015 to 2016 from Kujukuri Beach, Chiba prefecture, Japan

Jun'ichi Ohki¹⁾ and Yasuo Takeda²⁾

1) Natural History Museum and Institute, Chiba
955-2 Aoba-cho, Chuo-ku, Chiba 260-8682, Japan

2) Certified and Accredited Meteorologists of Japan

E-mail: ohki@chiba-muse.or.jp

The superior mirages were observed in spring (May), summer (July-August) and winter (December) from 2015 to 2016 from Kujukuri Beach, Chiba prefecture, Japan. Observation of superior mirages in both summer and winter seasons are rare phenomena even in Japan. These observations were record for the first time in 104 years in Chiba prefecture.

