

数値計算から考える太陽の変形

大阪市立科学館，中之島科学研究所

長谷川 能三

概要

朝日や夕陽が変形した姿はよく撮影されており、だるま型や四角く変形しているものが多い。だるま型の太陽は各地で撮影されており、その形からも浮島現象と同じ現象であると考えられる。一方、四角く変形した太陽は、主に北海道で撮影される珍しい現象である。しかし、2007年には大阪でも四角く変形した太陽を撮影しており、また中日新聞から問い合わせを受けた太陽も、だるま型の変形ではなかった。

今回はだるま型の太陽について、どのように変形しているのかを計算し、写真との比較を行なった。また撮影した写真をそのまま比較するのではなく、画像を変形することで変形プロフィールを見やすくした。

1. 浮島現象を鏡面反射とした場合

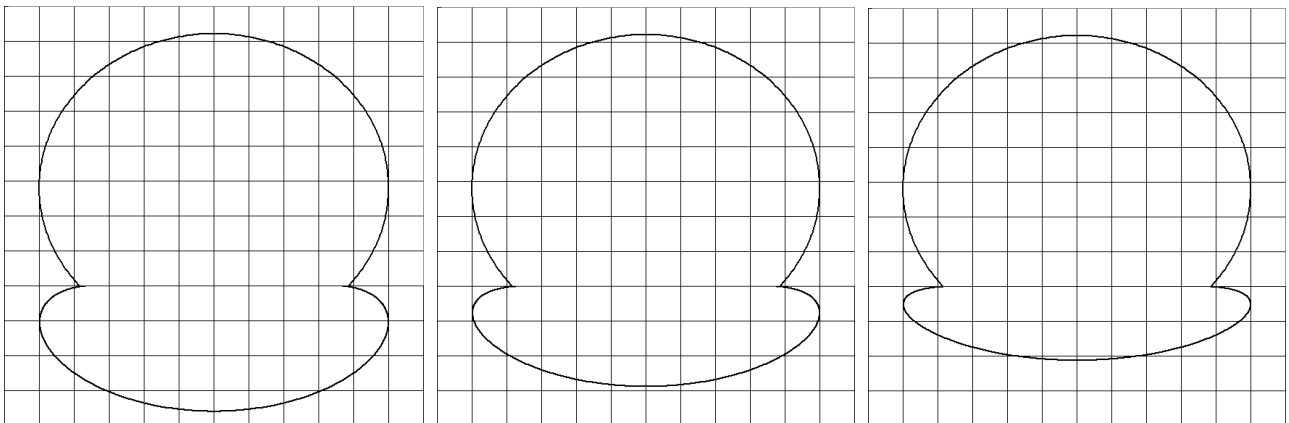
浮島現象の極端な場合として、海の表面に沿ったなめらかな鏡面に太陽が映った場合に、太陽がどのような形に見えるか計算した。この場合、観測地点の海拔によって鏡面に映った太陽の形は異なるが、いずれ



写真1. だるま型に変形した夕陽

も直接見えている太陽と比べると上下につぶれた形になっている。これは、地球が球である、つまり今考えている鏡面が凸面鏡であることを反映している。ただ、凸面鏡に正面からものを映した場合には上下左右とも縮小して映るが、日の出や日の入りの場合鏡面に対して非常に浅い角度での反射を考えるため、上下方向には縮小して見えるが、左右方向にはほとんど縮小しない。このため、太陽が上下につぶれた形に映って見える。

また、観測地点の海拔を変化させるということは、地球の大きさと観測者の位置関係全体を拡大・縮小するのと同じ意味を持つ。このため、海拔を測定した上で、だるま型の下部分の太陽がどの程度上下に縮小しているかを観測的に決定することができれば、ここから地球の大きさを決定することも可能である。ただ、写真1と図1との比較することでこの縮小比を決定することは、簡単ではないことがわかる。



(a) 海拔1mの場合

(b) 海拔3mの場合

(c) 海拔10mの場合

図1. 海面に沿った鏡面に反射した太陽の形

2. 太陽の変形プロフィールの決定

撮影した写真そのままの比較では、どの部分がどのような割合で変形しているかを見極めるのは難しい。通常の景色の蜃気楼でも、例えば斜めに一直線に伸びるような対象物があれば、どのように変形しているのかわかりやすいが、なかなかそのような都合の良い対象物はない。

朝日や夕陽の場合、元の対象物は円形という特殊で決まった形状である。円形である太陽の写真は、中央部分を左右に縮小し、左右の縁に近い部分は左右に拡大すると、(45度回転し、頂点が上・下・左・右にある)正方形に変形することができる。だるま型の太陽の変形は上下方向のみと考えてよいから、これと同じように写真を変形することにより、対象物が正方形であった場合にはどのように変形するかを、画像として見る事ができる。



写真2. だるま型に変形した太陽の変形プロフィール

写真2は、写真1のだるま型の夕陽の画像をこのように変形し、左半分を左右鏡像にして左側に付加したものである。強拡大により不鮮明な部分もあるが、太陽の縁の部分などをなぞることにより、どの高度でどのように変形しているかを直感的に見ることができ、変形の割合についても、ある程度決定することが可能であるかと考える。

3. 四角く変形した太陽

同様に、2007年に大阪湾で撮影した四角く変形した夕陽(写真3)についても画像を変形し、変形プロフィールを求めた(写真4)。元の写真が不鮮明であるのでわかりにくいですが、途中で段差がある変形になっているのがわかる。

このような変形についても、モデルをたて、光路計算により変形を比較したいのであるが、どのようなモデルが適切であるかが難しい。だるま型に変形した太陽については、地球の表面全てが鏡になっているモデルでも、現象をある程度再現する結果を得られた。しかし下

冷上暖の場合には、地球全体で高度に対して同じ温度分布であるようなモデルをたてると、観測者からみて境界層で全反射してきた光については、地球外からやってくることはできない。通常の景色の蜃気楼については、この光路が変形に大きく寄与していると考えられるため、このようなモデルが適切であるのかどうか、また、どのようなモデルをたてるのが適切なのか、みなさんの意見も伺い、今後の課題としたい。

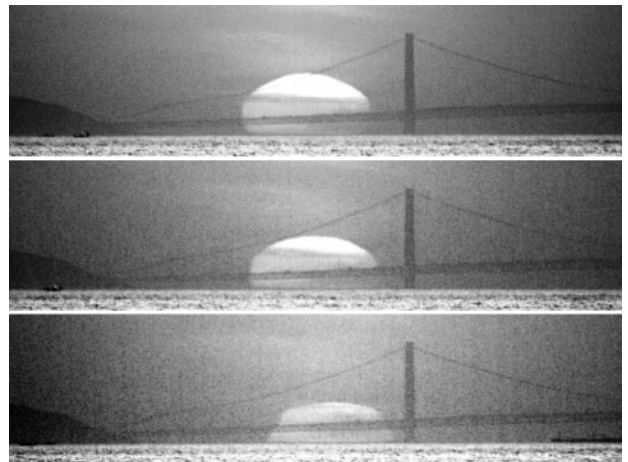


写真3. 大阪で四角く変形した太陽

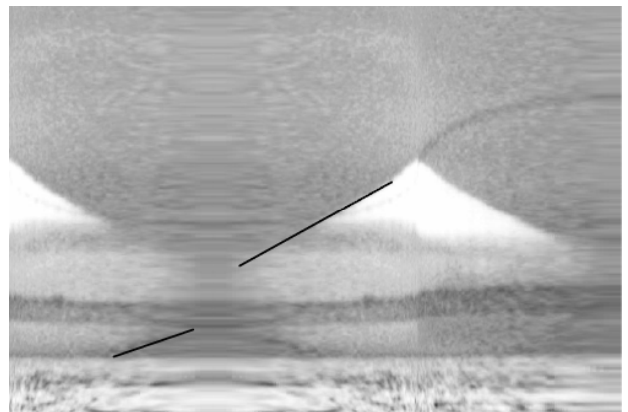


写真4. 四角く変形した太陽の変形プロフィール