

# 特集

## みんなで日食マップをつくろう！速報 ～金環日食限界線共同観測プロジェクト～

石坂千春(大阪市立科学館)、井上毅(明石市立天文科学館)、  
時政典孝(佐用町・西はりま天文台公園)、西野藍子(大阪市立科学館)、  
近藤正宏(郡山市ふれあい科学館)、鶴浜義治(つるちゃんのプラネタリウム)、  
福原直人(星が好きな人のための新着情報)、金環日食限界線研究会\*

### 1. どこが限界線？

金環日食1年前の2011年5月21日、著者の一人(井上)は晴天を願った「金柑」の植樹祭に臨んでいた。今思えばあの頃は、のんきなものであった。

同年9月、井上はひそかに悩んでいた。NASAの日食予報[1]では、明石市は東半分が金環日食になるとされていた。だが、日本の月周回衛星「かぐや」の観測によって精密に測定された月縁を考慮した相馬一早水の予報[2][3]では、井上の勤務先である明石市立天文科学館は金環日食と部分日食の境界「限界線」付近のやや南側で、明石市の大部分が部分日食になってしまう。さらに、国立天文台の予報[4]では、「限界線」が、NASAの予報と相馬一早水の予報の中間を走っていた。



図1 金環日食北限界線の位置の予報(明石付近)。西(左斜め上)よりNASA Eclipse Web Siteの予報の限界線、中央が国立天文台暦計算室の予報の限界線。両者は約2.7km離れている。東(右下)は月縁を考慮した相馬一早水の予報の限界線。国土地理院の電子国土Webシステム提供のデータより制作。

なぜ、「限界線」が3本もあるのだ!?

金柑が無事生長し実をつけるかどうかとともに、明石での日食の見え方が本当はどうか…井上は昼も眠れぬ思いであった。そもそも、金環日食の最中に、限界線付近で日食めがねを使って観察した場合、太陽はリング状に見えるのだろうか？それともリングには見えないのだろうか？

月縁は最大数千mもの凸凹がある。ほぼ真円の太陽と月縁が重なると、月の谷間の部分から太陽光が漏れてくる(ベイリー・ビーズ)。ちなみに、NASA予報と相馬一早水予報の最大の違いは、月の谷底のみを考慮するか、個々の山の頂の高低も考慮するか、である。

ベイリー・ビーズが連なった状態を日食めがね(肉眼等倍)で観測した場合、人は「つながった『金環』と認識するのだろうか、それとも「とぎれている」と認識するのだろうか？

- ・「日食めがねによる限界線は、相馬一早水予報限界線よりも中心線寄りになる」
- ・「いや、ベイリー・ビーズの状態をつながったと認識し、外(北)側になる」
- ・「案外、NASA予報線に近いのでは」
- ・「ばらつきがとても大きいのではないか」

このように、関係者の間でも、意見が分かれていた。

日食めがねが普及したのは、2009年以降のことである。今回のように限界線が人口の多い地域を縦断する金環日食は、日食めがねが普及して以来、初めてのことであった。日食

めがねで観測した場合の真の限界線がどこになるのかという研究は前例がなかったのだ。

前例がないなら、観測して調べてみよう！我々は全国に呼びかけ、日食めがねを使って観測した日食が、リングになったかどうかを報告してもらい、その結果から「日食めがねによる限界線」を決めることを計画した。

名づけて「金環日食限界線共同観測プロジェクト～みんなで日食マップをつくろう！」。限界線を決める空前の観測プロジェクトがスタートした。

## 2. OかCか…報告の呼び掛け

「日食めがねによる限界線」を統計的に決めるためには、できるだけ多くの報告を集める必要があった。

そこで我々はプロジェクトの Web ページ [5] を用意し、日食を見た方々にパソコンや携帯電話、スマートフォンから報告してもらうこととした。最近の携帯電話では GPS で位置情報の取得ができることから正確な位置情報の取得も容易である。これは世界天文年 2009 「めざせ 1000 万人！みんなで星をみよう！」 [6] の手法を利用したものである。サイト製作を担当したチーム R (Ring) には、「めざせ 1000 万人」のメンバーも加わっていた。

報告件数の目標は 2009 年 7 月日食の 10 倍に当たる 13,000 件に設定した。

報告の敷居を低くするために、入力してもらう項目はシンプルに、

- (a) 名前 (公開/非公開を選択)
  - (b) 位置情報 (GPS 読み取り/地図指定)
  - (c) 見え方: 金環に見えたか、とぎれたか
  - (d) コメント (天候状況など)
- という基本情報のみとした。

見え方については、最大食時刻に日食めがねで見たものが、[O (オー: つながった)] か、[C (シー: つながらなかった)] か、[? (わからなかった)] か、の三択とした。

報告の受付は 2012 年 5 月 21 日 07:00 に開始し、リアルタイムにホームページ [5] のマップ上に報告マークを掲載する。

マップに表示されるマークは [O] か [C] か [?]。結果は O か C か? か、オーかシーか…? そして、その日を迎えた。

## 3. 感動的な日食マップ

2012 年 5 月 21 日、日本全国どこにも完璧な晴れ間は訪れなかった。しかし、雲間に見えた日食は、日本全国の人々の心を光の環でつないでいった。



図2 みんなでつくった日食マップ

金環日食限界線共同観測プロジェクトの Web サイトのトップページ [5]。最大食時のリングの見え方についての報告「つながった」「つながらなかった」「わからなかった」がそれぞれ、[O][C][?] で表示されている。ぜひご覧いただきたい (<http://www.eclipse2012.jp/>)。

プロジェクトサイトへの報告がどうなっているか気になりつつも、プロジェクトメンバーは、それぞれの観測、イベント対応で、てんでこ舞いであった。自らの観測が悪魔のような天候によって阻まれたところもあった。

そして、月の影が抜け、一息つけた午前9時、メンバーがプロジェクトのホームページをチェックすると、そこには感動的な光景が広がっていた。

日本列島の上に、OとCの花が咲いていた！いや、全国各地からいただいた報告が、見事に“金環の実”を結んでいたのだ！初めて日食マップを目にしたメンバーは、みな一様に、鳥肌が立ったという。

5月21日21:00で一旦締め切った報告総数は、11,647人。うちO(つながった)5,099人、C(つながらなかった)5,356人、[?(わからなかった)]1,192人であった。

目標件数には、わずかに及ばなかったが、ほぼ設定どおりの報告数であった。

#### 4. どこに限界線？

さて、では、日食めがねで観察した場合の限界線は、どこにあったのだろうか？

6月10日現在、詳細な解析をしている最中なので、概要のみ、お伝えすることにする。

事前の考察では、報告は図3のように分布することが予測された。

予測限界線からの距離に対して、その場所での観測者のうちのO(つながった)と報告した人の割合 $[?]/([O]+[C]+[?])$ をグラフにすると、北側では当然、C(つながらなかった)報告がほとんどで、南側(中心線側)に行くとOがほとんどとなる。グラフの傾きが一番大きいところでは、[?(わからなかった)]報告数もピークになる。ここが、日食めがねによる限界線であろう。

実際に、報告データからこのグラフを描くためには、いくつかの処理が必要である。

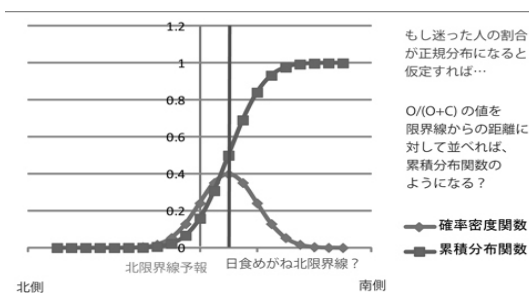


図3 報告の分布(予測グラフ)

予測限界線からの距離に応じて、北側では「O(つながった)」という報告は少なく、南側では「O」報告が多くなる。その場所での観測者のうちの「O(つながった)」の割合 $[O]/([O]+[C]+[?])$ をグラフにした時、傾きが一番大きい場所は、「[?(迷った人)]」の割合がピークになる場所でもあり、そこが、日食めがねによる限界線となるだろう。

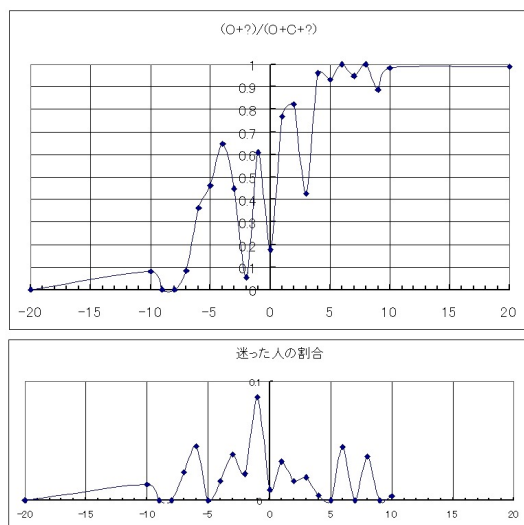


図4 限界線付近6535件の報告の分布

相馬一早水限界線からの距離(横軸: km)に対する $[O(つながった)]+[?(?)]$ の割合 $([O]+[?])/([O]+[C]+[?])$ 分布(上)と、 $[?(?)]$ の割合(下)。横軸-(負方向)は限界線の北側、横軸+(正方向)は南側(中心線方向)である。凸凹があるが、大雑把な傾向としては図3に沿っている。

まず、観測者の緯度経度を、観測地の標高（ジオイド高）と最大食時刻での太陽の高度・方位に応じて、標高0 mに補正した。

続いて相馬－早水限界線[2][3]に対する距離を求めた。今回の解析で必要なのは、予測限界線から南北10kmほどの範囲の報告だけなので、直線距離で十分であると考えた。

予測限界線の位置を原点(0km)として、北側を負に、南側(中心線側)を正にとり、限界線に平行な1km幅の帯に区切って、そこでの[O]+[?]の割合をプロットした(図4)；気象条件により最大食時に観測できなかった可能性もあったため、[?]を加えている。

かなりでこぼこしているが、大雑把な傾向としては図3に沿っているように見える。NASA限界線に対しても同様の解析を行なったが、日食めがねによる限界線は、相馬－早水限界線に近いようである。

図4のグラフがでこぼこしている原因は、いくつか考えられる。

(1) グループによる報告の多寡

グループによる“大口”報告において、[O]と[C]の人数が正確に報告されていないと、数値が大きく変わってしまう。

(2) 天候条件の良悪

このプロジェクトでは最大食時刻での観測を想定していたが、最大食時に天候不順により観測できなかった地点も少なくない。最大食でない時刻に観測し、[C]と報告したものが多いと、[O]の割合を下げることになる。また雲越しでは見え方も変わるだろう。

(3) 観測地情報の誤差

観測地の緯度経度を入力する際にミスがあると、当然、限界線からの距離が変わってしまう(図5)。

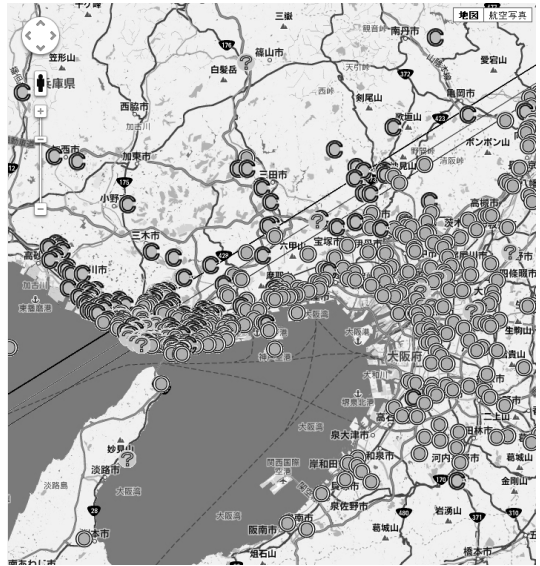


図5 明石～大阪付近の報告マップ(拡大)

限界線付近では、[O(つながった)]という報告と[C(つながらなかった)]という報告が混在している。また、完全に金環帯であるはずなのに[C]と報告しているものもある。

今後、報告データのより詳細な解析を進めるとともに、各地で独自に導出された限界線(L計画)との比較を行い、人類史上初の、日食めがねによる限界線を日本列島の上に引く予定である。

願わくは金柑が大樹となる頃、ふたたび日本全国に日食の環が繋がらんことを・・・

文献

[1] NASA、エクリプスWEBサイト  
<http://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEgoogle/SEgoogle2001/SE2012May20AGoogle.html>  
 [2] 相馬充、「かぐやによる月縁を考慮した2012年金環日食予報」、<http://optik2.mtk.nao.ac.jp/~somamt/se2012.html>  
 [3] せんだい宇宙館2012年5月21日金環日食  
<http://sendaiuchukan.jp/event/news/2012eclipse/2012eclipse-J.html>

- 
- 
- [4] 国立天文台、2012年5月21日金環日食  
<http://naojcamp.mtk.nao.ac.jp/phenomena/20120521/>
- [5] 金環日食限界線共同観測プロジェクト  
<http://www.eclipse2012.jp/>
- [6] 世界天文年2009「めざせ1000万人！みんなで見よう」、天文教育 2010年7月号、p.50、<http://star2009.jp>
- \* 金環日食限界線研究会（順不同）**
- 井上毅(明石市立天文科学館)  
 時政典孝(西はりま天文台公園)  
 大西浩次(長野工業高等専門学校)  
 相馬充(国立天文台)  
 早水勉(薩摩川内市せんだい宇宙館)  
 安藤亨平(郡山市ふれあい科学館)  
 石坂千春(大阪市立科学館)  
 鶴浜義治(つるちゃんのプラネタリウム)  
 福原直人(星が好きな人のための新着情報)  
 岸本浩(兵庫県立須磨東高校)  
 半田利弘(鹿児島大学)  
 有本淳一(京都市立塔南高校)  
 近藤正宏(郡山市ふれあい科学館)  
 谷川智康(三田祥雲館高校)  
 洞口俊博(国立科学博物館)  
 梶浩二(岡山商科大学附属高等学校)  
 西野藍子(大阪市立科学館)  
 高橋進(ダイニックアストロパーク)  
 井上和俊(元大阪府立箕面高校)  
 山村秀人(滋賀県立長浜北星高校)  
 艶島憲昭(熊本県民天文台)  
 松井聡(長野県上田市)  
 鈴木康史(明石市立天文科学館)
- 比嘉義裕(ひが企画)  
 佐藤信(仙台天文同好会)  
 薄謙一(福島県郡山市)  
 山内誠(宮崎大学)  
 渡部勇人(三重県いなべ市)  
 高村裕三朗(愛知県立一宮高校)  
 小和田稔(静岡県浜松市)  
 高島英雄(千葉県柏市)  
 富岡啓行(茨城県日立市)  
 河野健太(宮崎県小林西高校)  
 斉藤泉(栃木県子ども総合科学館)  
 船越浩海(岐阜県ハートピア安八)  
 是恒邦通(明治大学天文部OB)  
 安藤和真(せんだい宇宙館)  
 塩田和生(日食情報センター)  
 百瀬雅彦(塩尻星の会)  
 武島佑季(帝京大学)  
 野澤恵(茨城大学)  
 福本晃造(神戸市立工業高等専門学校)  
 福士碧沙(ワオコーポレーション)  
 竹内彰継(米子高等専門学校)  
 渡辺文雄(上田創造館)  
 渡辺裕之(岐阜県不破郡垂井町)  
 宮下和久(塩尻市立丘中学校)  
 壺井宏泰(兵庫県立北須磨高等学校)
- 石坂千春