

CPS セミナー (通常毎週水曜日15:00-16:00)
2012年4月18日井上 毅 (明石市立天文科学館)
"金環日食の限界線観測について"

金環日食限界線観測 プロジェクトについて



○井上毅(明石市立天文科学館)

2012年5月21日 金環日食

日本国内では・・・

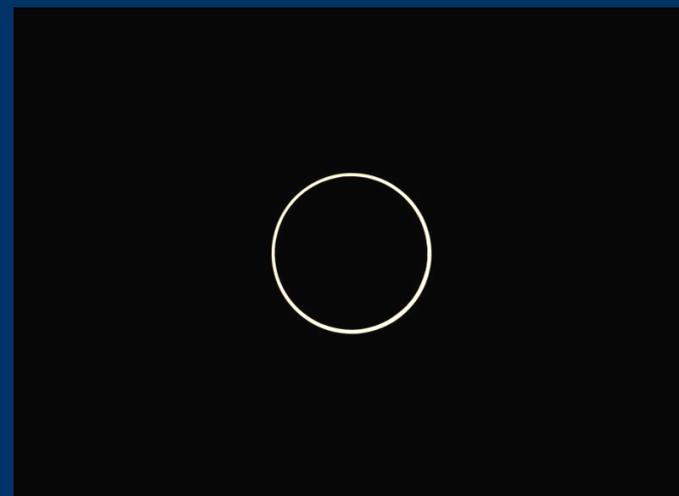
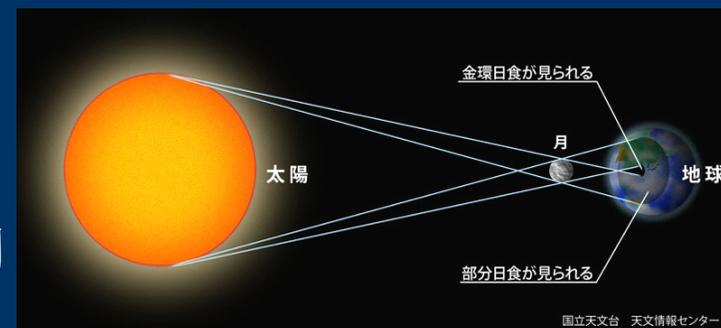
1987年9月23日

沖縄金環日食以来25年ぶり

1958年4月19日

八丈島金環日食の3サロス後

次回は 2030年 北海道



1987年9月23日の金環日食
像提供:千葉清隆氏、撮影地:沖縄
国立天文台のサイトより

金環日食・部分日食

2012年5月21日

日本全国で食分0.9以上

東京・名古屋・大阪
・高知・鹿児島等で金環日食
⇒ 8000万人の生活圏で



主な地点における、日食が始まる時刻・ 最大になる時刻・終わる時刻

2012年5月21日(月)

地名	食の始め	金環日食の 始め	金環日食の 最大の時刻	最大 食分	金環日食の 終り	食の終り
東京	6時19分02秒	7時31分59秒	7時34分30秒	0.969	7時37分00秒	9時02分37秒
静岡	6時17分43秒	7時29分44秒	7時32分13秒	0.969	7時34分42秒	8時59分10秒
京都	6時17分41秒	7時30分00秒	7時30分35秒	0.940	7時31分09秒	8時55分17秒
明石	6時17分05秒	7時28分49秒	7時29分29秒	0.939	7時30分08秒	8時53分33秒
高知	6時15分24秒	7時25分11秒	7時26分46秒	0.946	7時28分21秒	8時49分35秒
鹿児島	6時12分49秒	7時20分05秒	7時22分11秒	0.954	7時24分17秒	8時42分26秒

地名	食の始め	食の最大	最大食分	食の終り
札幌	6時33分07秒	7時49分49秒	0.840	9時17分35秒
仙台	6時23分46秒	7時40分16秒	0.929	9時09分08秒
福岡	6時15分51秒	7時25分26秒	0.913	8時45分43秒
那覇	6時06分21秒	7時13分00秒	0.901	8時29分58秒

国立天文台のサイトより
※明石のデータはNASAより

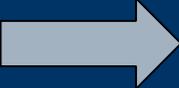
課題もあります・・・

月曜日の早朝 6時～9時 金環日食は7時30分ごろ

出勤時間、登校時間と重なる

一箇所に集まる場合、大規模な会場が必要

(2009年の経験では1000人規模では不足 ⇒ 数千人規模は必要)



観察場所の分散化が望ましい。

学校での観察をぜひ実現したい！

明石の場合・・・金環日食限界線が市内を通過



<http://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEdecade/SEdecade2011.html>

金環日食限界線が明石を通過するということは・・・

明石市内で金環と部分に分かれる

明石駅 西明石駅⇒金環日食

大久保駅 魚住駅 土山駅⇒部分日食



大久保、魚住、土山は残念(涙)！というわけではない！！(重要)

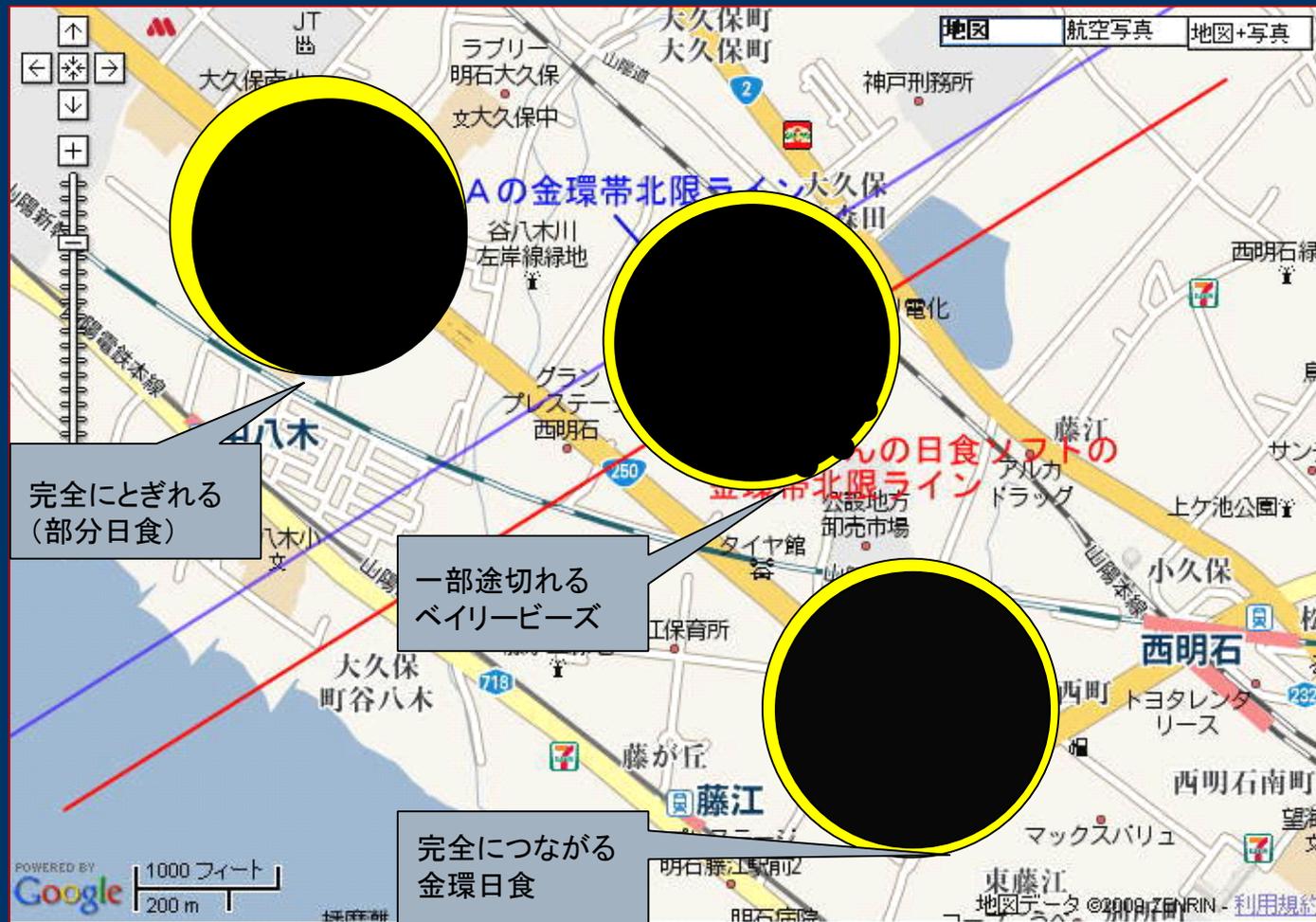


そもそも限界線をちょっと外れた程度でも
非常に大きな食分の日食である。
また、限界線はどれぐらい明瞭なものなのかよくわからない。
計算方法によっても違う。



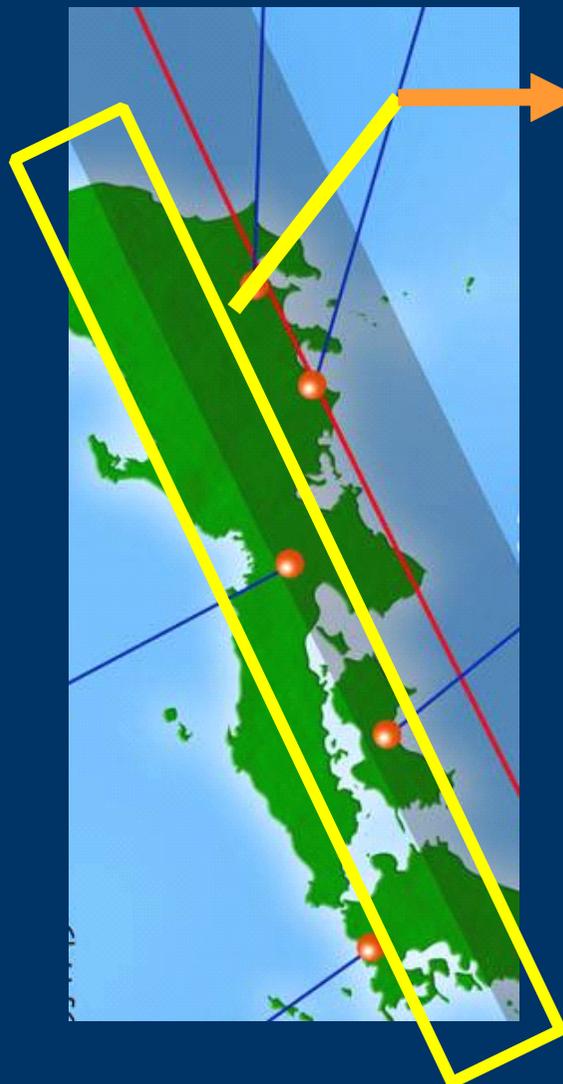
明石市全体で 金環日食限界線観測をしよう！
(観察方法はとても簡単！
リングになったかどうか報告するだけ！)

リングがとぎれるのはどこ？小学生でも観察できる！
場所によって見え方が違う！⇒貴重なデータに。



※上の図は強調している。実際にはこんなに明瞭に違いが出るとは
思えないが肉眼の観察でどこでリングが途切れるかは調べてみないとわからない

金環日食限界線も日本列島を通る



限界線観測は全国で展開可能。
部分日食の場所も重要な観測に。



分散化に貢献

日食を観測し、
リング状に見えたかどうか報告



観測への参加が容易

金環日食の限界線予報における
貴重なデータになることが期待できる

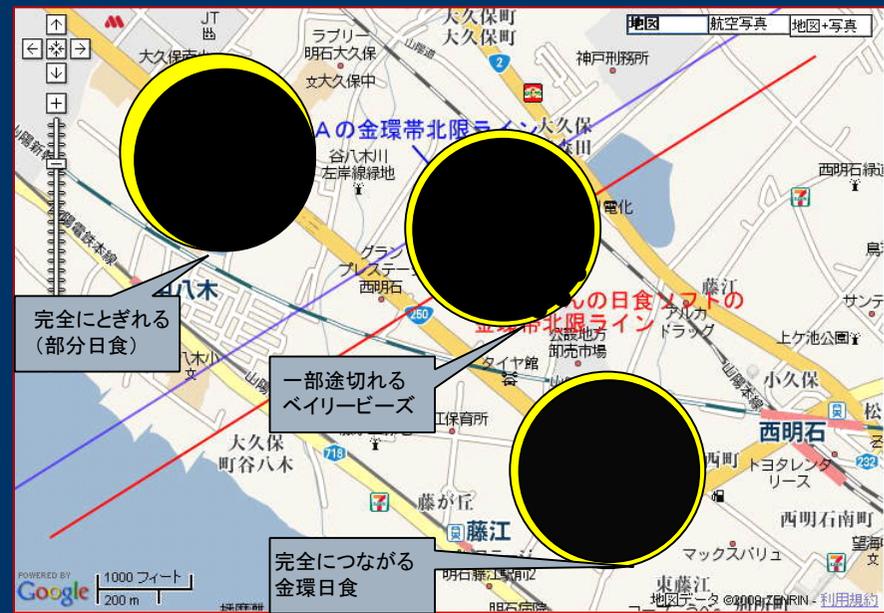
学問的・教育的意義

※全国展開を**2011**年2月より準備開始

金環日食 報告プロジェクト(仮称)

全国日食観測マップ

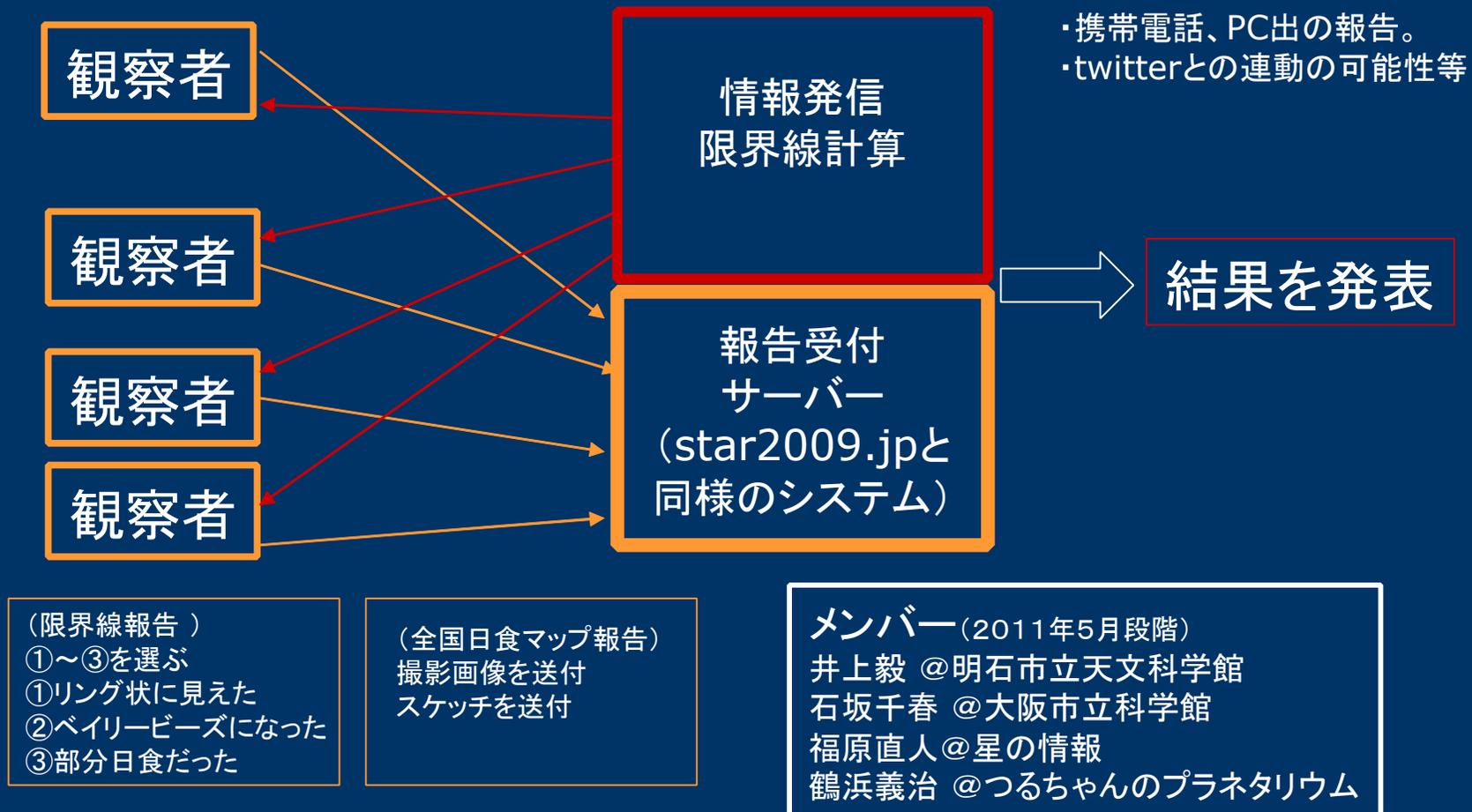
限界線観測

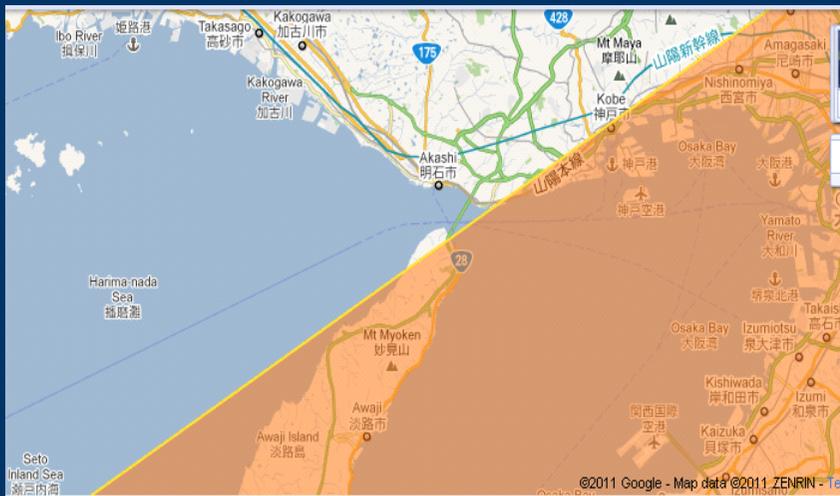


実際観測されデータで
日食図をつくろう！

リングがとぎれるのはどこ？
小学生でも観察できる！

金環日食観測報告プロジェクト(仮称)





calsky.com



nasa eclipse site

限界線がサイトによって違う

2012年5月21日の金環日食の限界線が予報によって異なり
北限界線では4km以上違っている

★NASA GSFC の Espenak 氏

<http://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEgoogle/SEgoogle2001/SE2012May20Agoogle.html>

★国立天文台暦計算室

http://eco.mtk.nao.ac.jp/cgi-bin/koyomi/eclipse_s.cgi

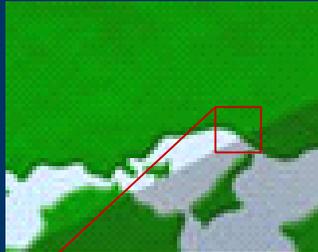
★相馬・早水

相馬(国立天文台)、早水(せんだい宇宙館)による予想

<http://uchukan.satsumasendai.jp/event/news/2012eclipse/2012eclipse-map.htm>

限界線の予報の違い(明石付近の例)

NASA、国立天文台暦計算室、相馬・早水予想でこれだけ違う

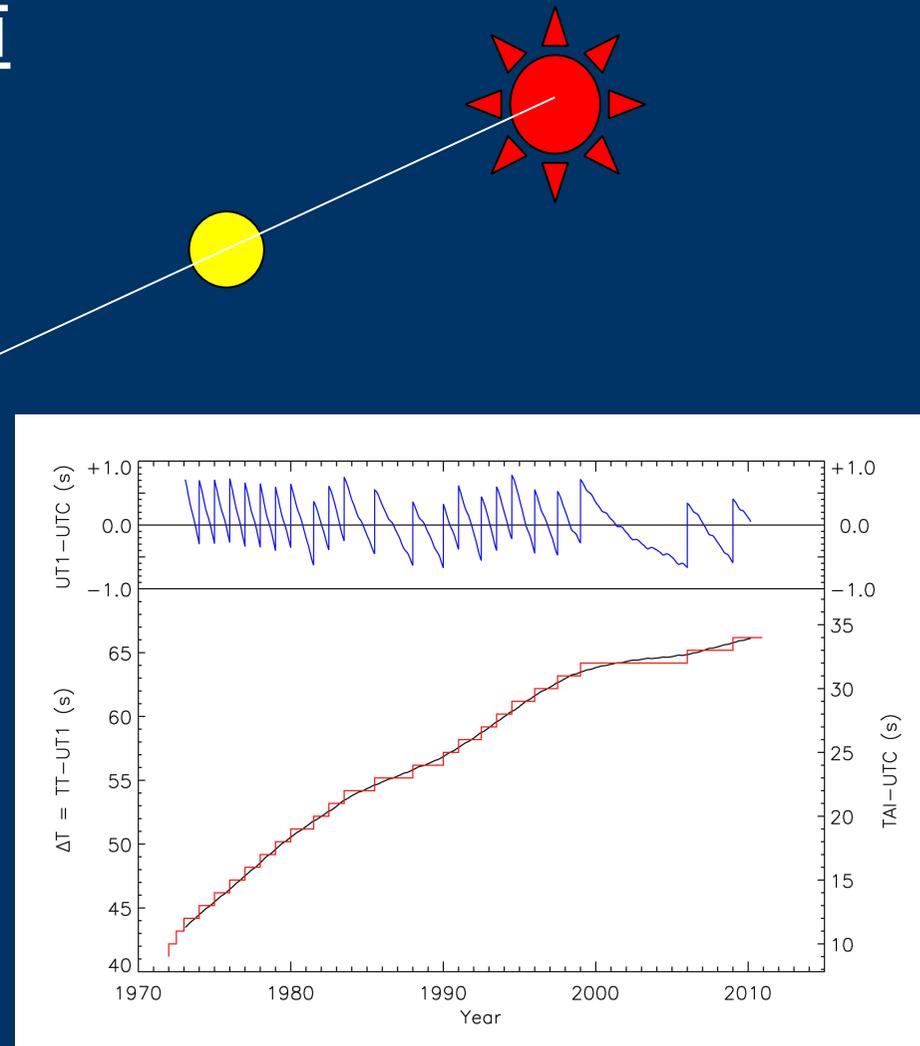
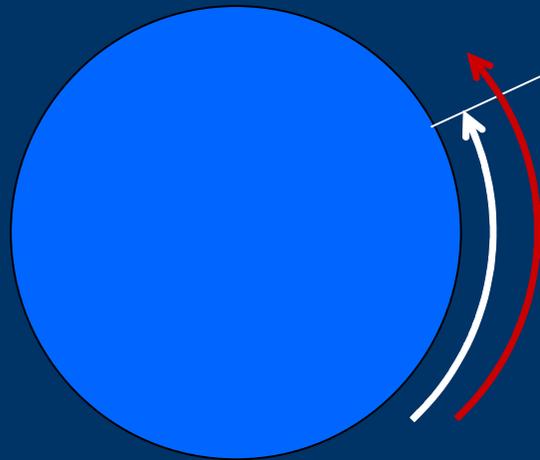


早水勉(せんだい宇宙館)作成の図をもとに作図

なぜ予報が違うのか？その1

1. $\Delta T = TT - UT1$ の値

地球の自転の
進みや遅れの見積もりの違い



なぜ予報が違うのか？その1

1. $\Delta T = TT - UT1$ の値

国立天文台では $\Delta T = 67$ 秒 NASAでは $\Delta T = 67.7$ 秒を使って計算.
相馬・早水は来年の日食時には $UT1 - UTC = -0.52$ と予想。

一般に日食等の計算には

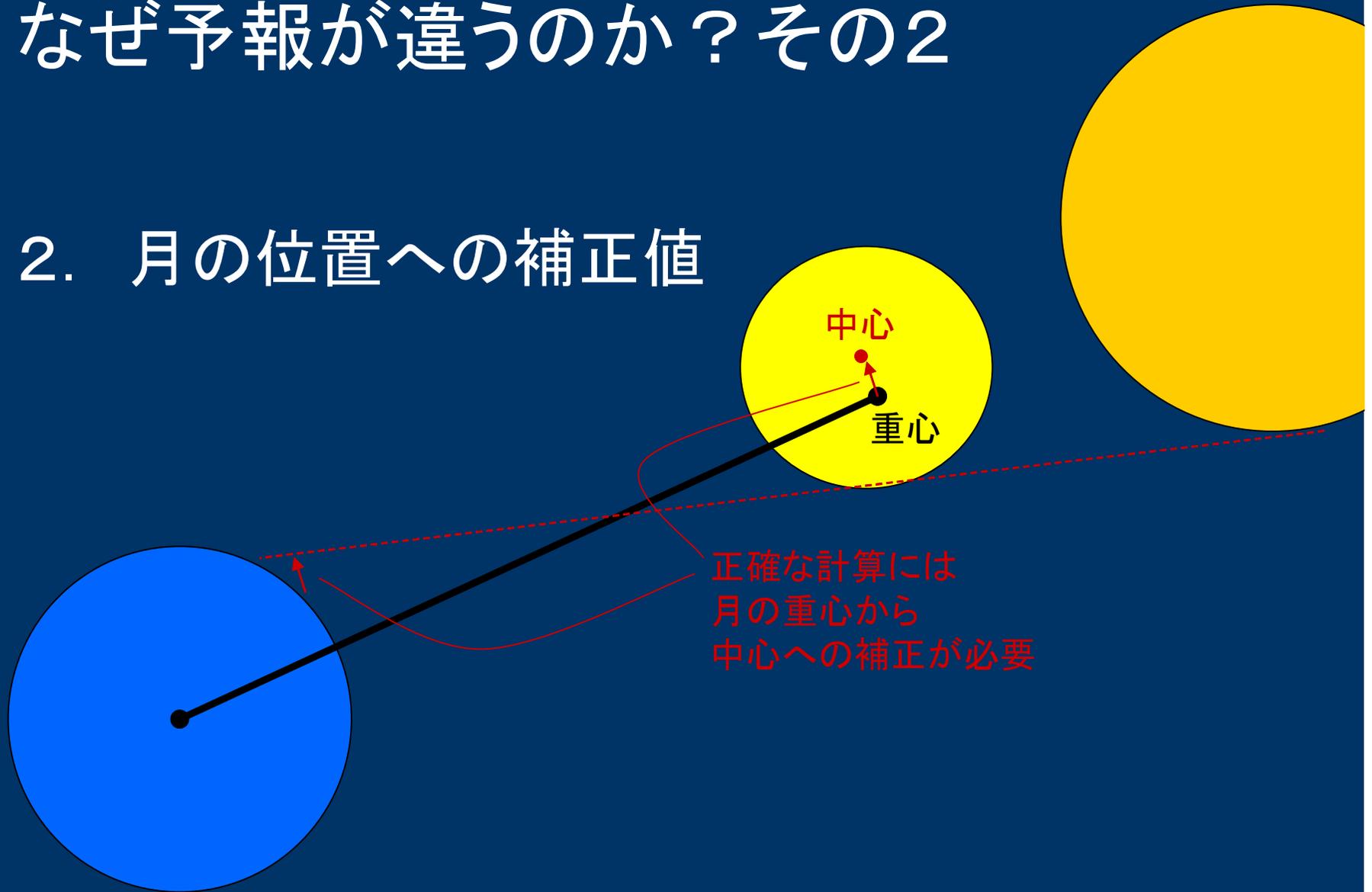
$TT - UTC$ と $UT1 - UTC$ の両方の値が必要だが

地図上の限界線の位置を問題にする(時刻は問わない)のであれば
時刻換算の情報は $TT - UT1$ だけでよい.

これが1秒増えると日本付近での限界線の位置は東に約400mずれる.

なぜ予報が違うのか？その2

2. 月の位置への補正值



なぜ予報が違うのか？その2

2. 月の位置への補正值

月は重心と見かけの中心の位置が異なっている。

天体暦の日月食計算では月の重心の黄経と黄緯にそれぞれ $\Delta \lambda = +0.5''$ と $\Delta \beta = -0.25''$ を加えて中心の位置にしている。国立天文台ではこの補正を算入しているがNASAはしていない。

この補正による限界線のずれは状況によって変わるが、大雑把に言って1kmあまり

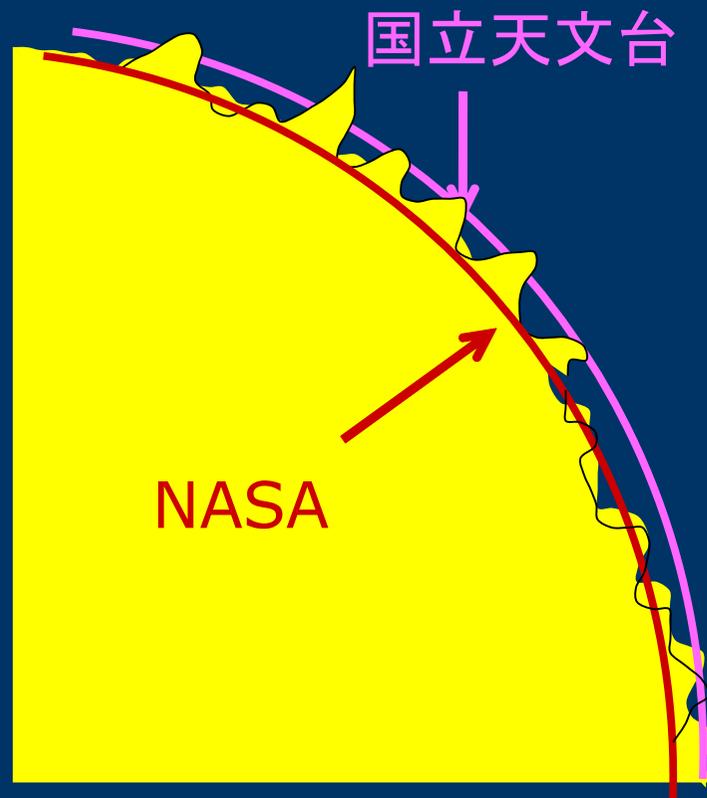
相馬・早水予想ではかぐやの月面地形データを使って月縁補正を行うのでこの補正を入れない。

※かぐやのデータが月の重心を基準にしているというのは、接食の観測結果の解析から確認できている。

<http://optik2.mtk.nao.ac.jp/~somamt/grazes-kaguya.html>

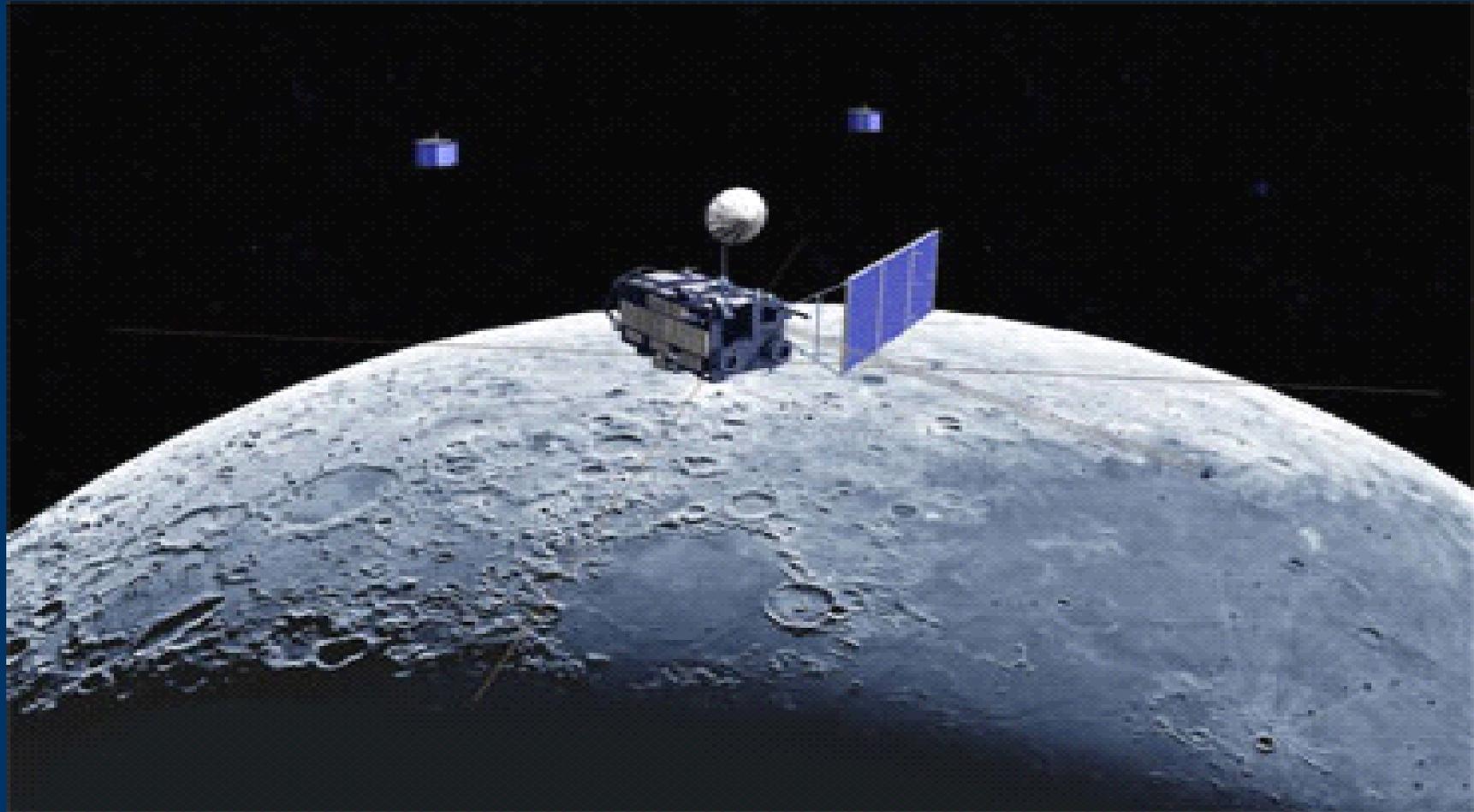
なぜ予報が違うのか？その3

3. 月の半径

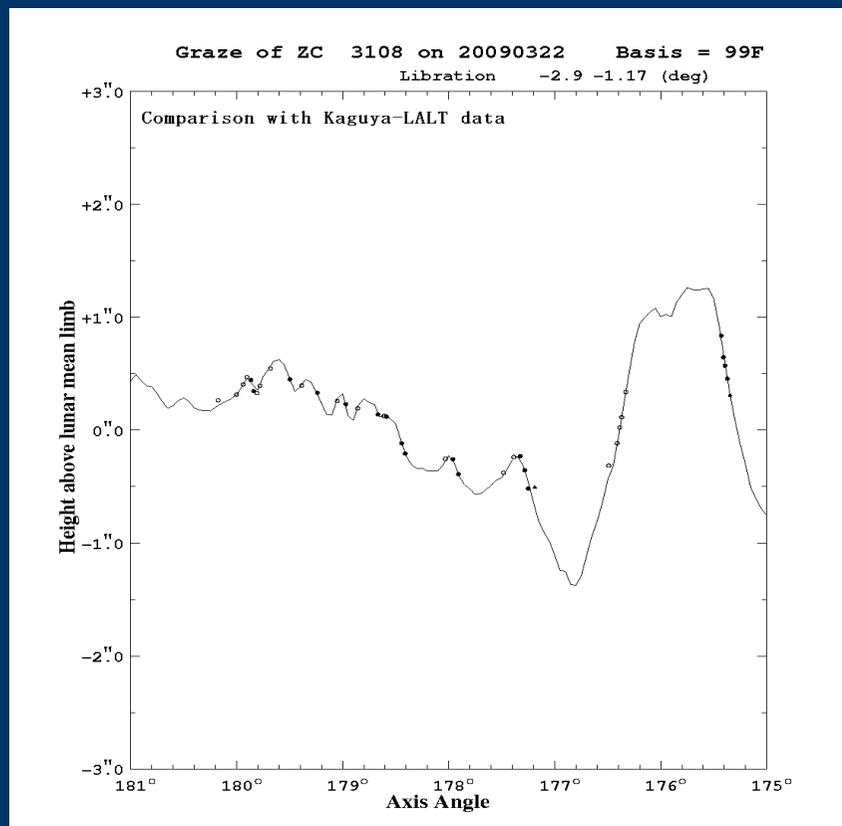


NASAのサイトでは
皆既日食予報のために
月の谷間の平均を
月の半径として計算している

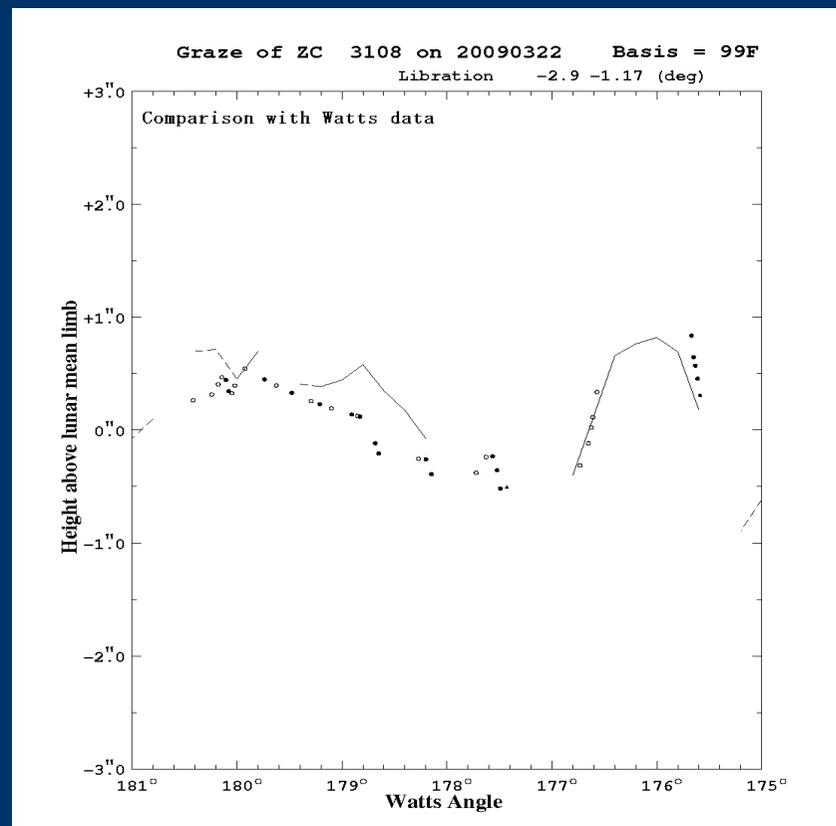
月探査機 かぐや



掩蔽観測と月縁データ比較



かぐや



WATTS

ZC 3108 Graze on 2009 Mar 22

なぜ予報が違うのか？その3

3. 月の半径

地球の半径を単位にしたときの月の半径を k で表すと

今の天体暦では $k = 0.2725076$ を採用して日月食を計算している。

国立天文台もこれを用いている。しかし、これは月の平均的な半径である

。これでは皆既日食を計算すると、実際には月の谷間から太陽の光が漏れているのに皆既日食だということになって皆既日食の実際の観測からずれてしまう。

NASAでは以前に天体暦で皆既日食に使っていた谷間の平均的な半径 $k = 0.272281$ を皆既日食と金環日食の両方に使用。

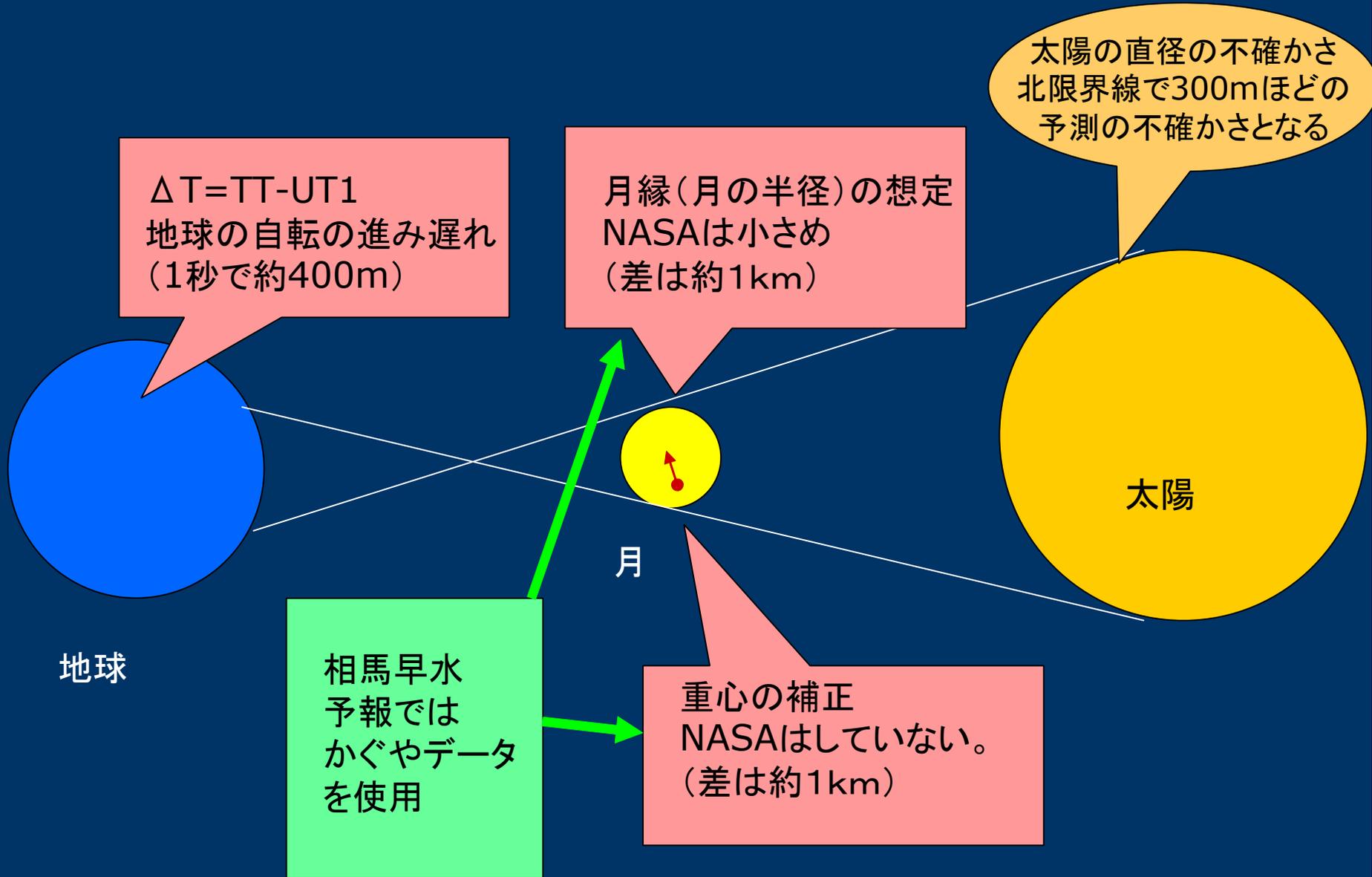
つまりNASAの予報では、太陽の全周が完全には見えてない

ビーズ状態を金環日食に分類していることになる。

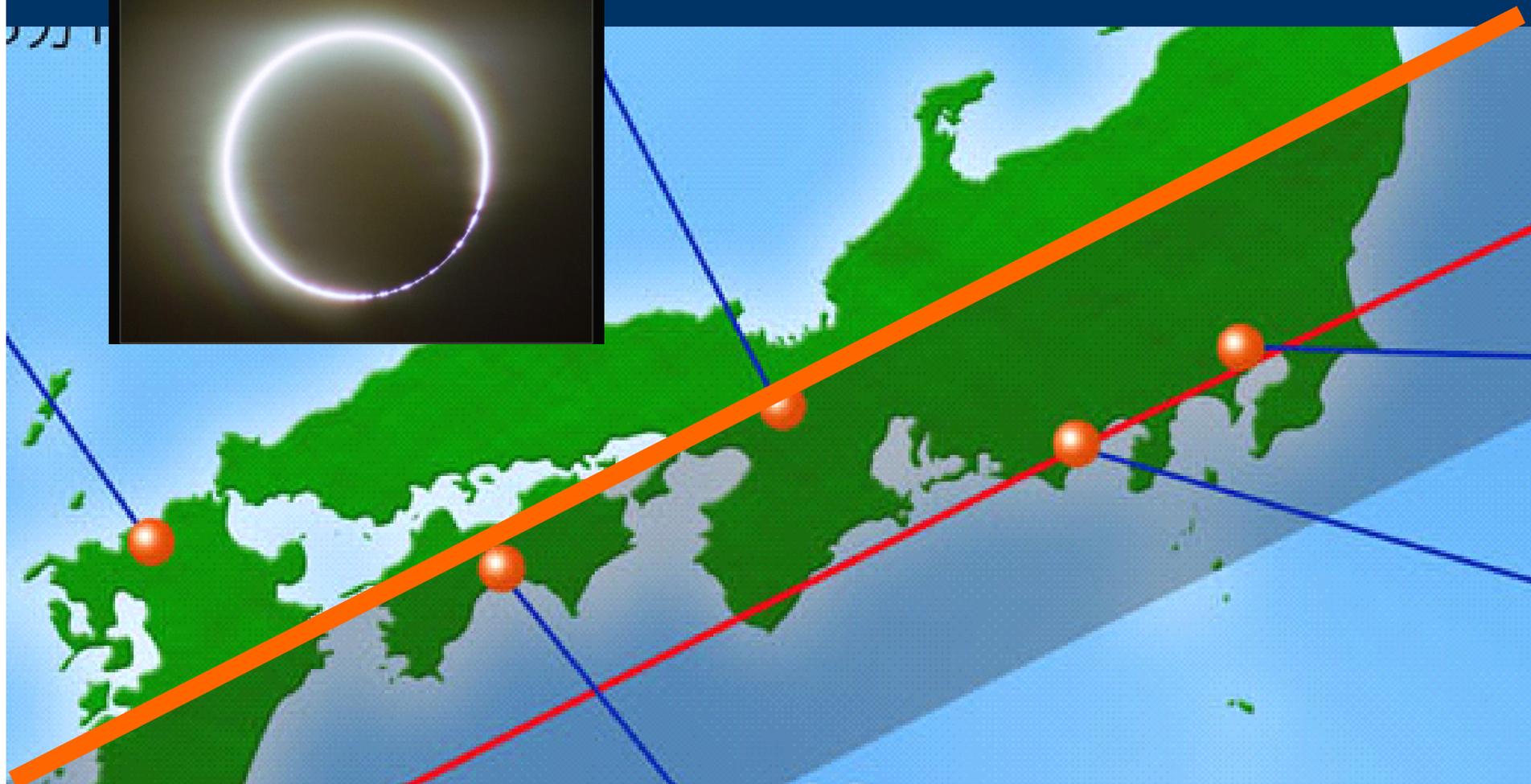
この差による限界線のずれも状況によって変わるが、

大雑把に言って1kmあまりになる。

なぜ予報が違うのか？



金環日食北限界線は日本各地を通過



金環日食限界線研究会

金環日食の限界線を研究するため結成された有志の会

目的 観測から金環日食の限界線を求めること

観測から得られる成果を集約すること

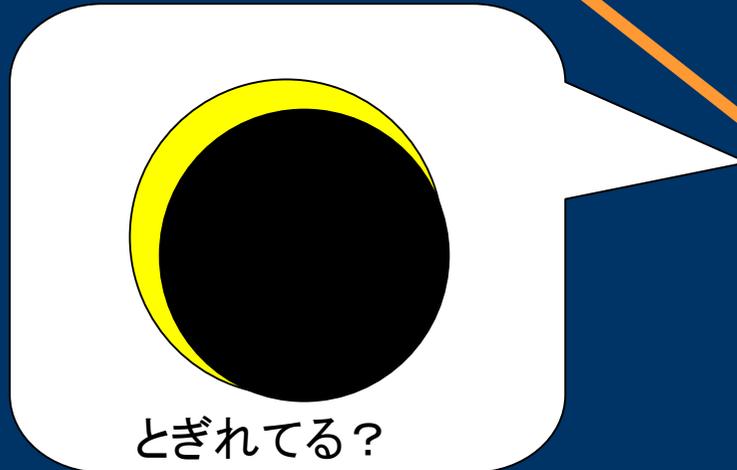
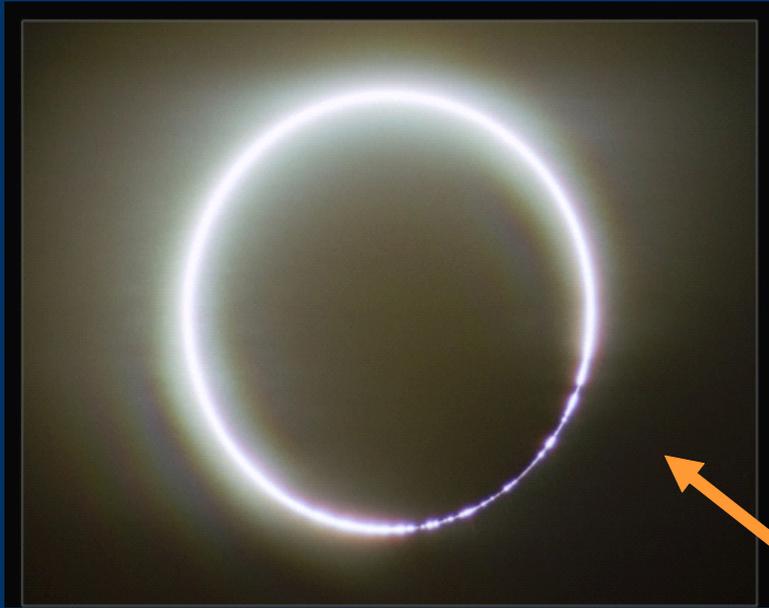
チームR

チームB

チームM

地域グループ

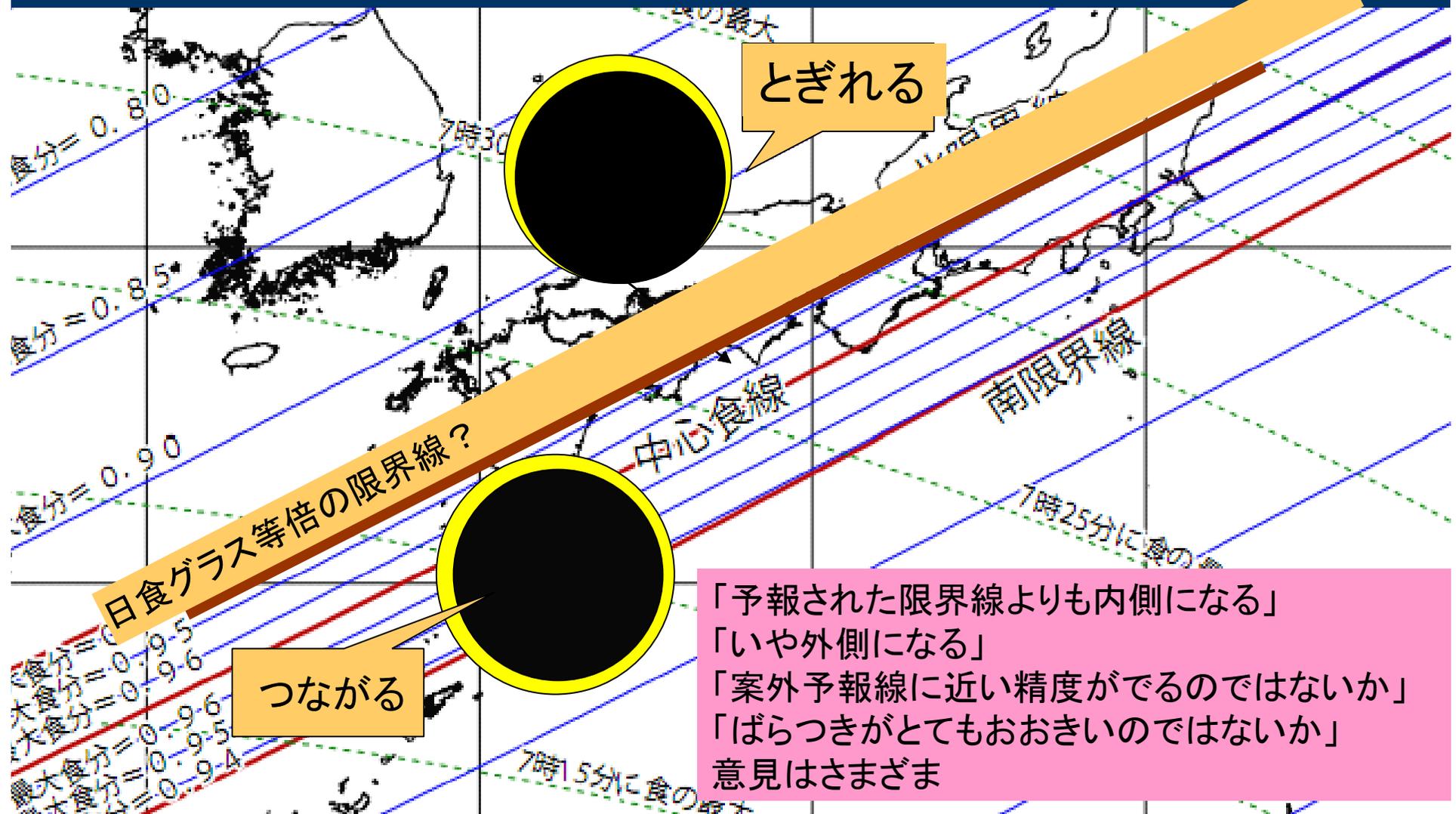
日食メガネによる限界線(チームR)



金環日食限界線付近で日食メガネを使って観察した場合、太陽はリング状に見えるか？リングにはならないのか？実はよくわかっていない。

日食メガネによる限界線(チームR)

日食メガネによる限界線がどのようなになるか？
研究の前例がなく、実際に観測しないとわからない



とぎれる

日食グラス等倍の限界線?

つながる

「予報された限界線よりも内側になる」
「いや外側になる」
「案外予報線に近い精度がでるのではないか」
「ばらつきがとてもおおきいのではないか」
意見はさまざま

日食メガネによる限界線(チームR)

日食メガネによる観測では
人間の目の分解能や認識能力による部分が多い
過去のデータがない現時点では、
どこが限界線になるかわからない。
わからないならみんなで見つけて調べよう！

次の2つのプロセスで限界線を調べる

(1) みんなで日食マップをつくろう

(2) 各地域で限界線を決定する

(共同観測キャンペーン) L計画

日食メガネによる限界線(チームR)

(1) みんなで日食マップをつくろう

「日食メガネによる限界線」を決めるためにはできるだけ多くの報告を集めることが必要。

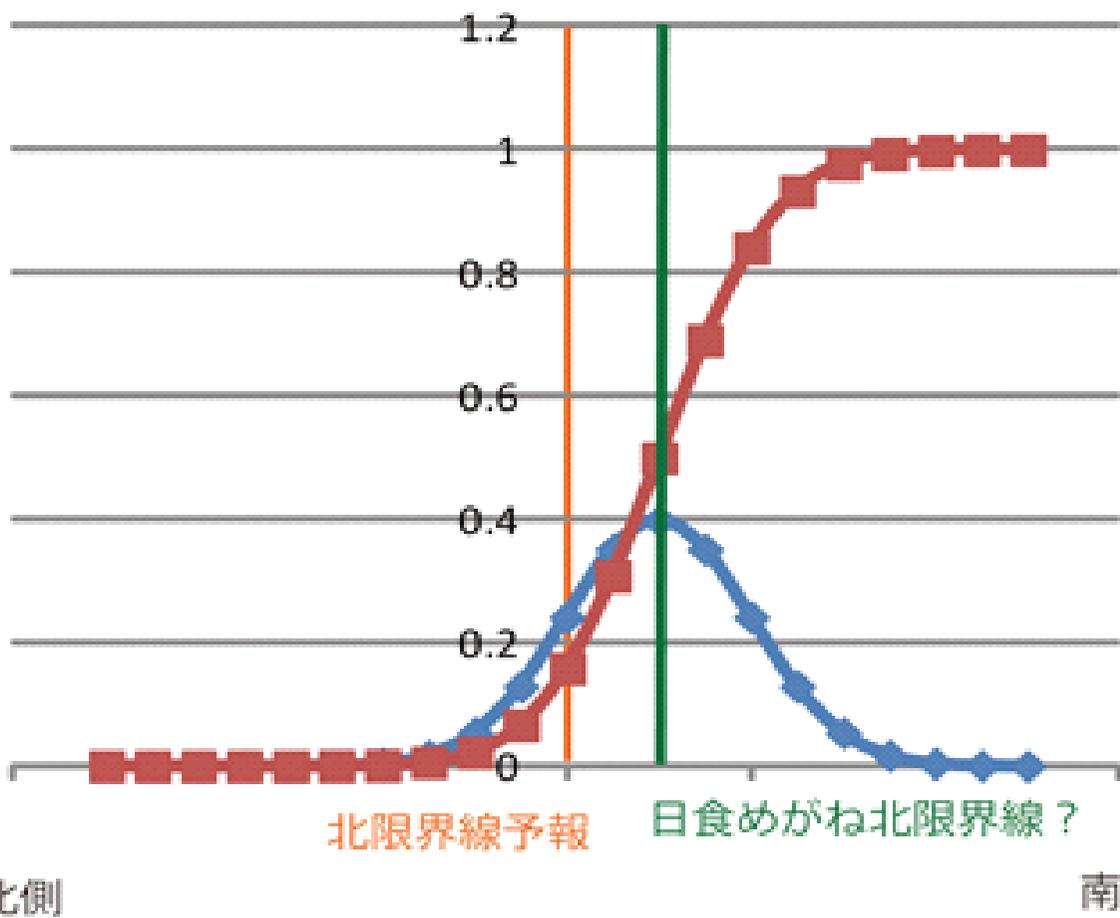
日食を見た方々にインターネットや携帯電話で報告をしてもらう。

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

世界天文年**2009**プロジェクト「めざせ**1000**万人！みんなで見よう！」の手法を利用

詳細な観測や解析を行うのが地域グループの役割。





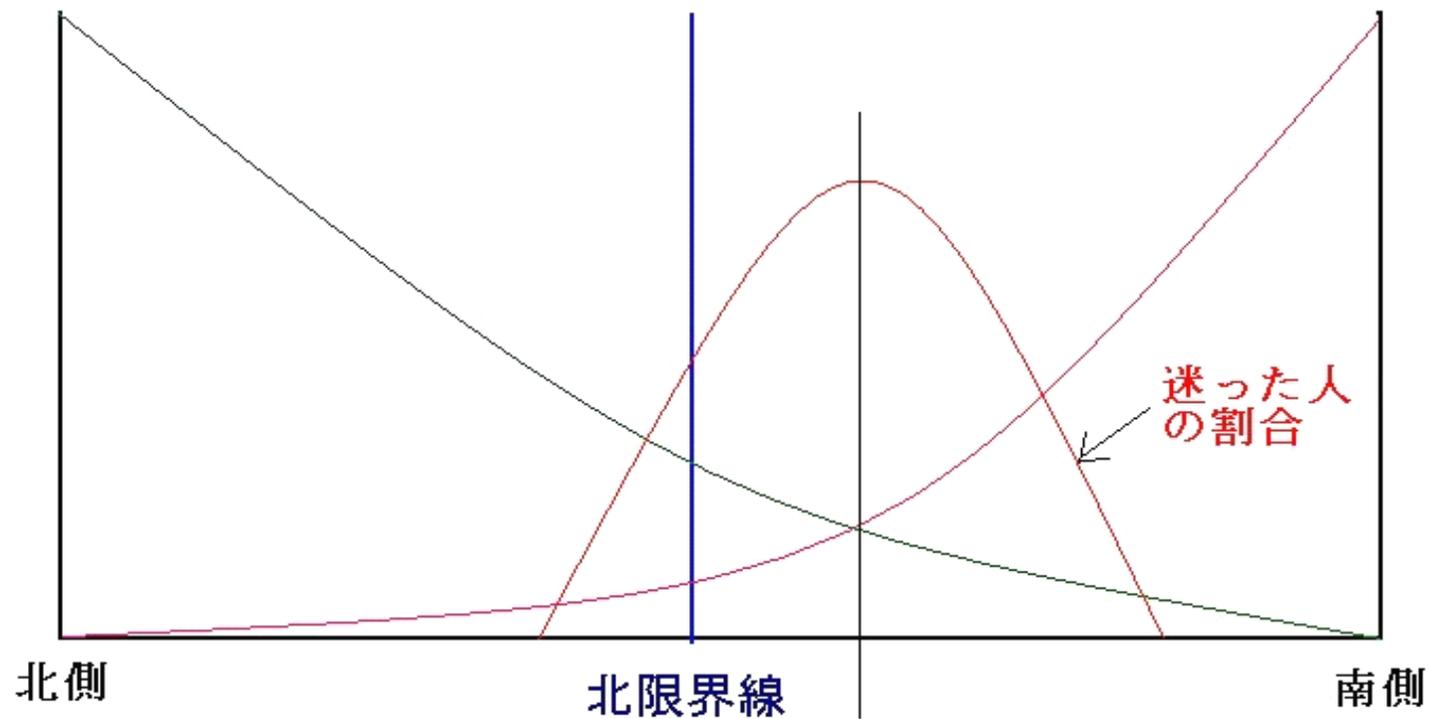
もし迷った人の割合が正規分布になると仮定すれば…

$O/(O+C)$ の値を限界線からの距離に対して並べれば、累積分布関数のようになる？

- ◆ 確率密度関数
- 累積分布関数

「C」の割合

「0」の割合



日食めがね限界線？

日食メガネによる限界線

(2) 各地域で限界線を決定する (共同観測キャンペーン) L計画

日食マップへの報告はリングになったorならなかったというシンプルなもの。実際には日食メガネの種類、当日の天候、観測者の年齢構成等、様々な要因によって同じ状況下でも違った報告が予想される。

地域グループは、日食マップで得られた情報に詳細な分析を加えるために、各地域で日食を観測し、その結果を元に自分たちで限界線を求める。

日食メガネによる限界線を決めるのは各地域グループ

金環日食限界線研究会では、最終的に各地の結果と照らし合わせて総合的な結論としたい。

地域グループについて

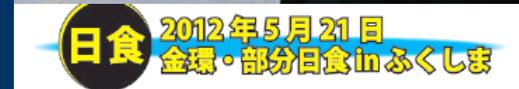
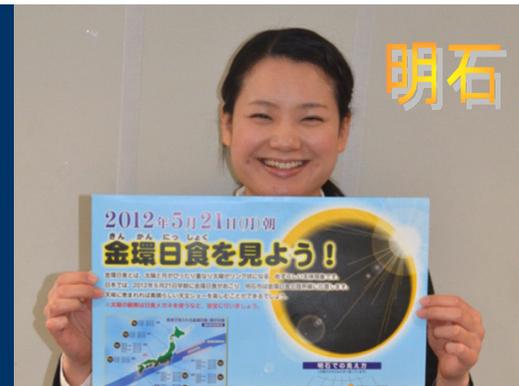
金環日食北限界線付近に位置

兵庫県 明石金環日食観測隊(明石市立天文科学館)
 県立須磨東高校／近隣の高校
 県立三田祥雲館高校

大阪府 花山星空ネットワーク
 京都府 滋賀県金環日食共同観測実行委員会
 滋賀県 郡山市立ふれあい科学館 etc...

今後参加大歓迎

花山星空ネットワーク
 鴨川の堤防遊歩道
 北大路～京産大グランド
 各予報線上に観測点を置く等
 さまざまな取り組み



金環日食限界線とベイリービーズ観測による 太陽直径測定(チームB)

限界線については、当研究会のメンバーでもある国立天文台の相馬充とせんだい宇宙館の早水勉によって発表された相馬・早水の予報は、最新の月縁データに基づいた予想で、現状では最も精密な予報

予報線には**300m**ほどの不確かさ

⇒太陽直径の不確かさによるもの

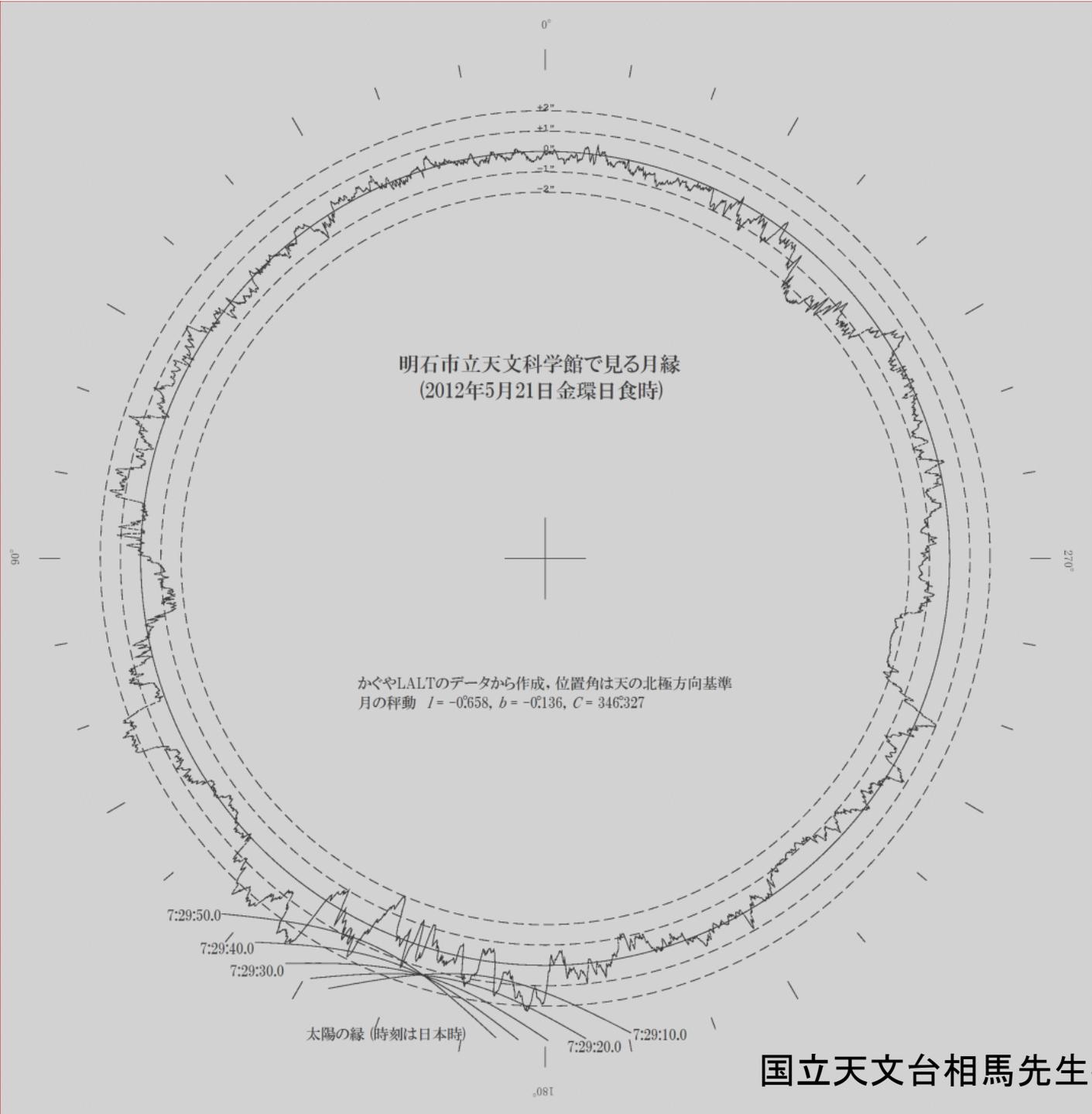
限界線を観測で確定できれば

太陽の直径が正確に求められる⇒学術的価値。

(詳細は相馬Y29a 2012年5月21日の金環日食北限界線参照)

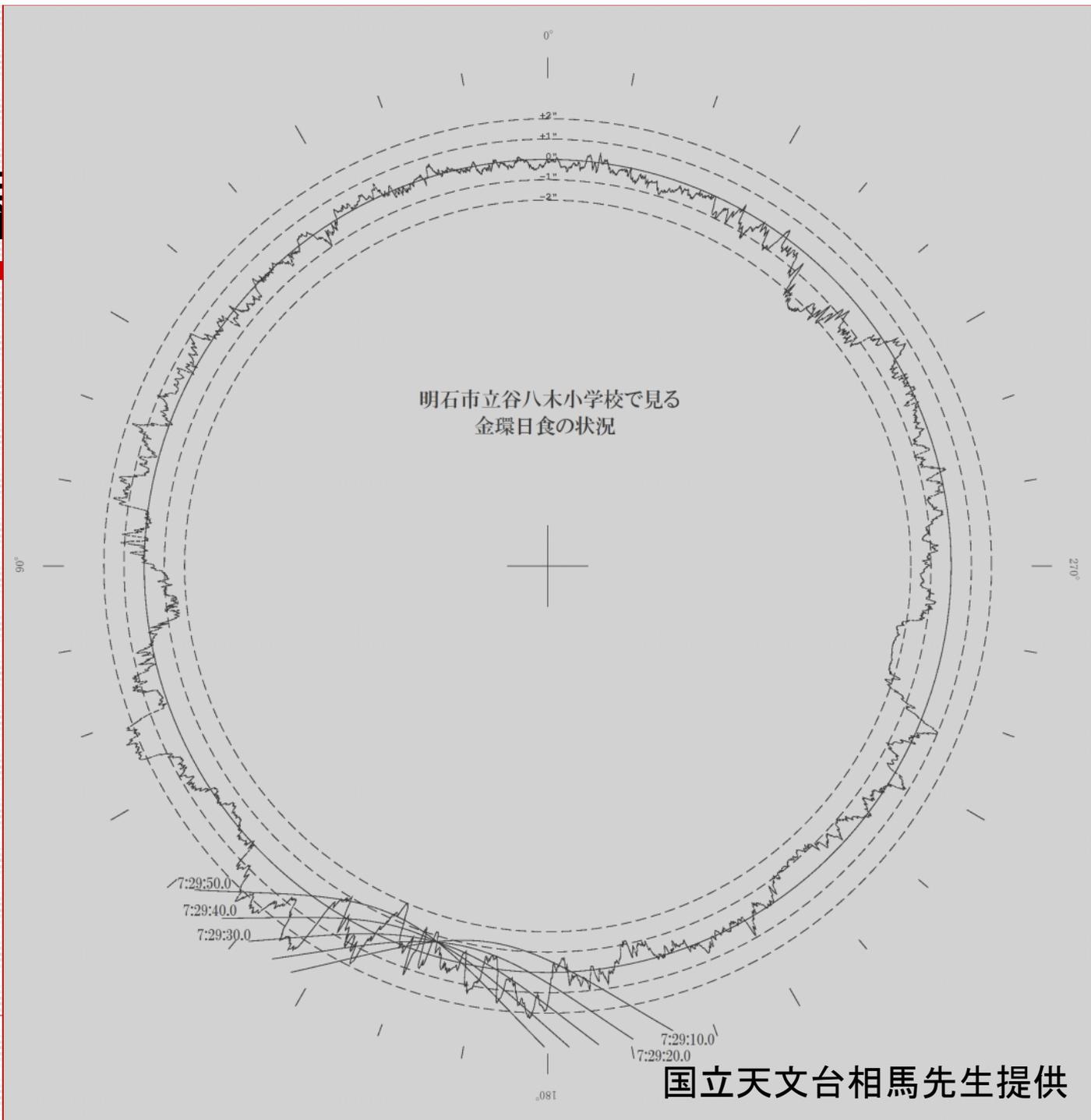
金環日食の限界線の位置が観測から求められると、太陽の大きさを求めるための貴重なデータになる。太陽の半径の値は国際天文学連合（IAU）で696,000kmが採用されているが、これは1891年に求められた値である。最近の測定でも695,500kmから696,200kmまでばらつきがあり、真の値がいくつなのか、はっきりしていないし、それが変化しているのかも定かでない。

以前の日食の観測で太陽の大きさが正確に求められなかった大きな理由に、月縁の凹凸が正確に分かっていなかったことがあげられる。精密な月の地形は2007年から2009年にかけて、日本の月周回衛星「かぐや」に搭載されたレーザ高度計による観測で得られた。



国立天文台相馬先生提供

限界

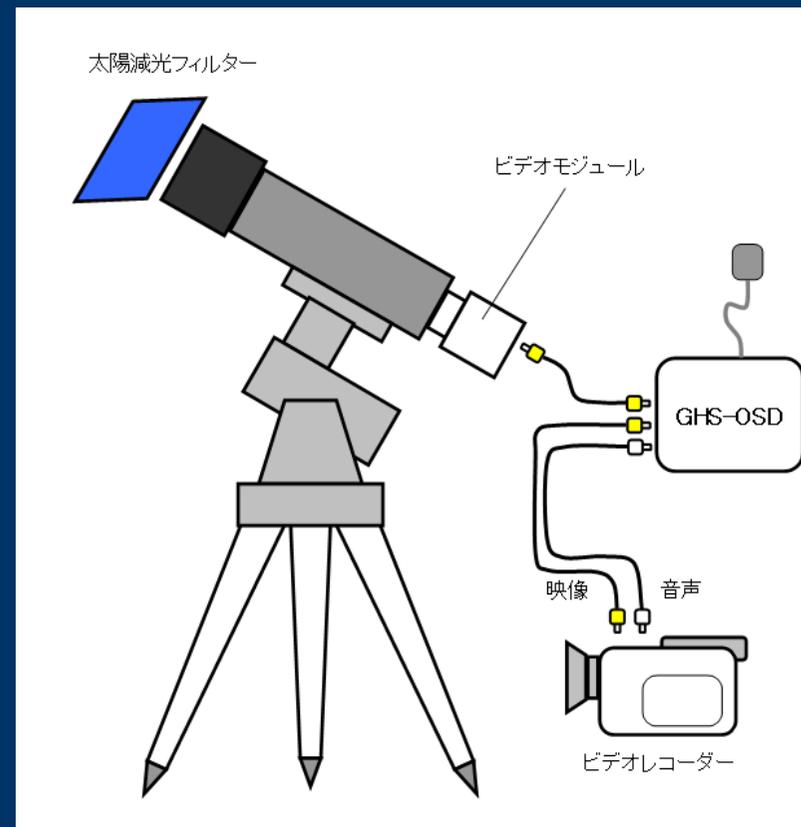


金環日食限界線とベイリービーズ観測による 太陽直径測定(チームB)

ベイリービーズの明滅を観測。月の形状を基準として
過去最高の精度で太陽直径を決定する。



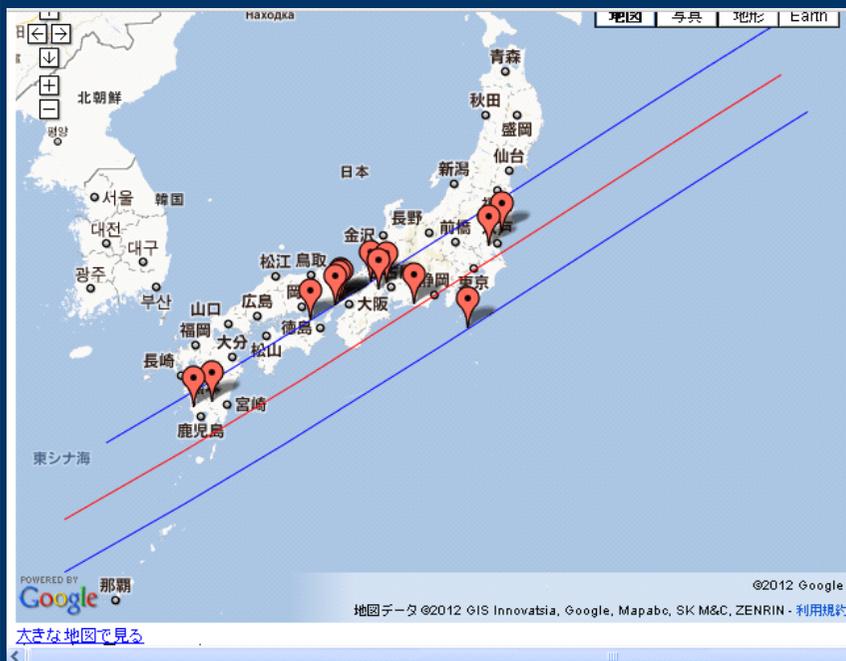
写真: 秋田勲
(城陽天文台)



金環日食限界線とベイリービーズ観測による 太陽直径測定(チームB)

星食観測のための十分な機材(特に時計装置)を所有し
確実なスキルのあるメンバーで編成。

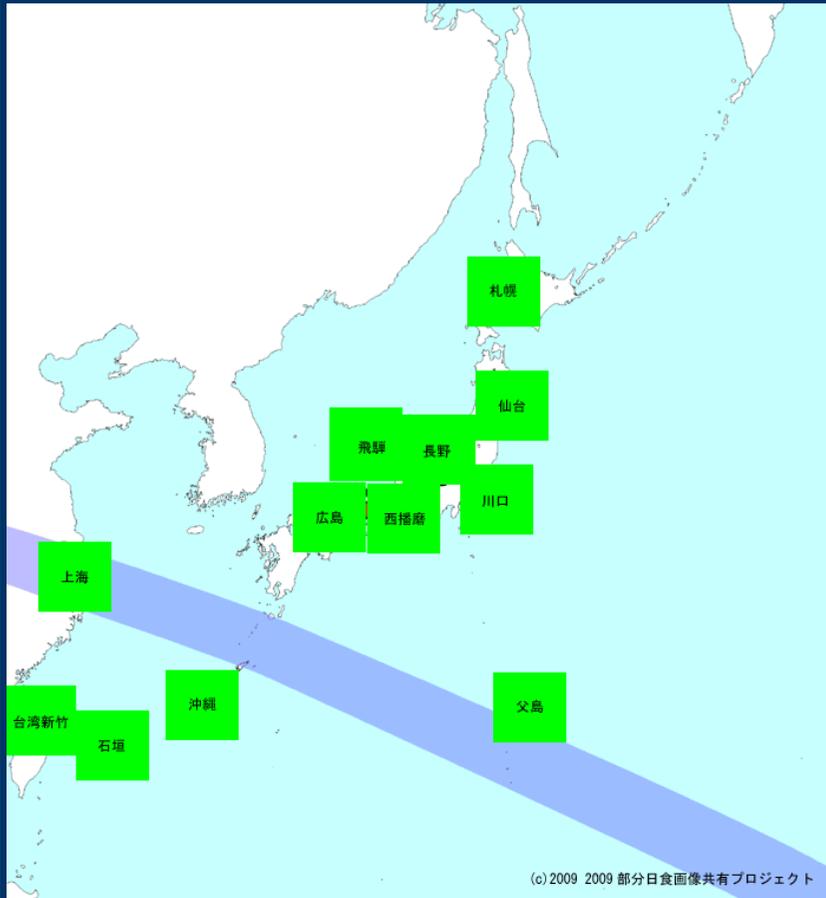
布陣は、限界線付近に偏らない金環帯に配置。



17観測班

せんだい宇宙館、小林西高等学校天文同好会、宮崎大学、岡山商大附属高等学校、明石市立天文科学館、兵庫県立須磨東高等学校、三田祥雲館高等学校、滋賀県立長浜北星高等学校、渡部勇人、一宮高校地学部、小和田稔、長野工業高等専門学校、明治大学天文部、高島英雄、国立科学博物館、富岡啓行、郡山市ふれあい科学館

全国多地点同時観測による 「2012金環日食画像共有プロジェクト」 (チームM)



共同観測キャンペーンのなかで
写真撮影については画像を集め
全国での食の進行の様子を同時
に見ることができる教育的動画像
を作成。鹿児島大学半田利弘が
呼びかけ、**現在協力者募集中。**

2009年の日食による画像

金環日食限界線観測プロジェクト

金環日食限界線研究会

チームR

日食メガネによる限界線観測

チームB

ベイリービーズ観測による太陽直径決定
限界線の詳細位置決定

チームM

多地点日食画像撮影と教育画像作成

地域グループ

各地で金環日食限界線の観測と
限界線の決定(L計画)

金環日食限界線観測プロジェクト

本プロジェクトは、

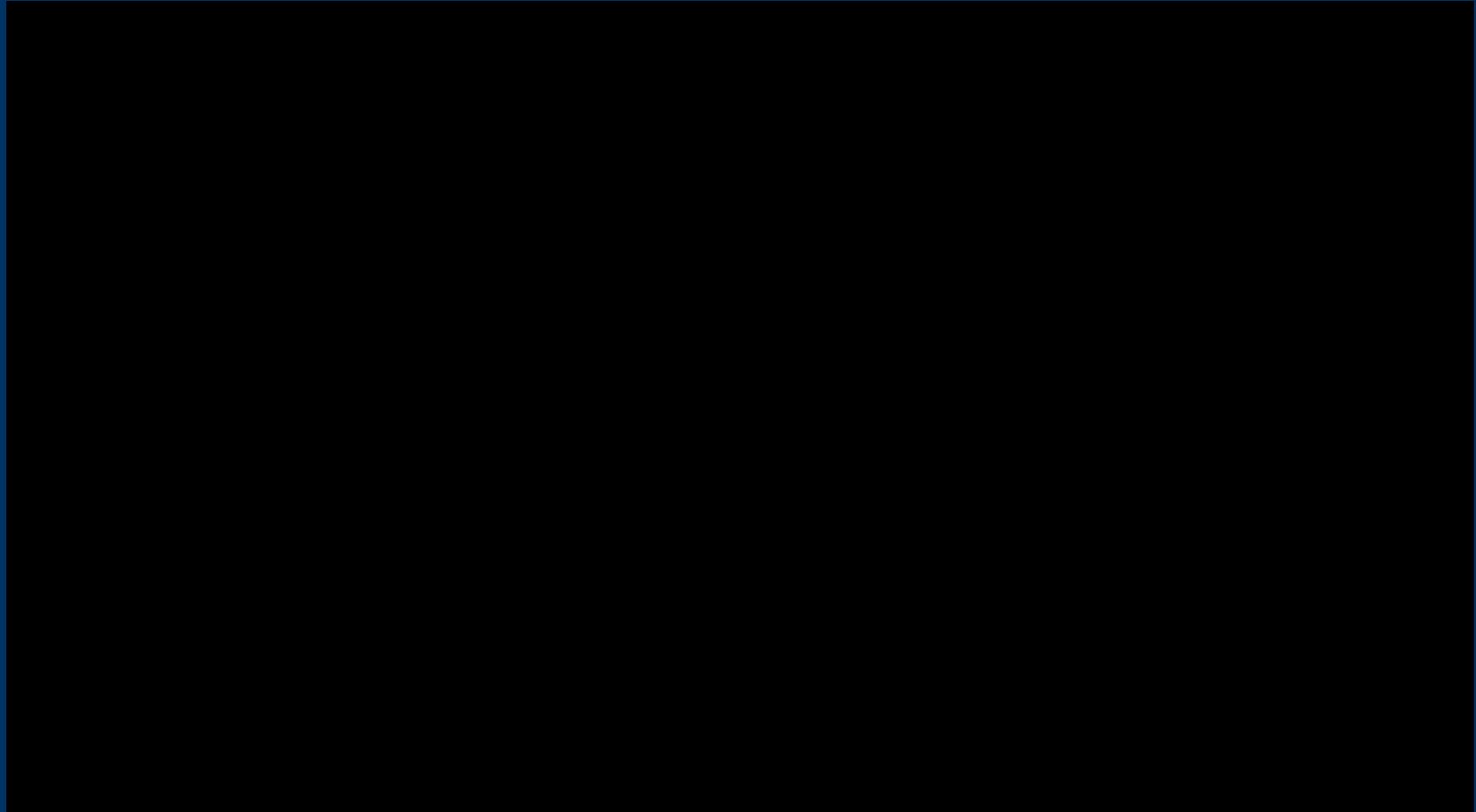
- (1) 多くの人々が参加可能
- (2) 学術的に価値の高い観測
- (3) 後に残る教育画像作成

といった、非常に幅広い取り組みである。

金環日食限界線について大規模な共同観測が行われることはおそらく史上初めて
今後の金環日食観測にも新しい視点を提示

<http://www.eclipse2012.jp/>

提供 名古屋市科学館



<http://www.youtube.com/watch?v=soiBE6qporo&feature=relmfu>