

## 2019年11月11日の水星太陽面通過のひのでの観測報告

矢治健太郎(自然科学研究機構・核融合科学研究所)

### 要旨

太陽観測衛星が観測した水星太陽面通過のデータを使って、太陽・地球間の距離（1天文単位）を求める方法が、これまでいくつか提案されている。2016年度の天体画像教育利用ワークショップでは、2016年5月9日に起こった水星太陽面通過の太陽観測衛星「ひので」の観測データを用いて1天文単位を求める実習を行った。2019年11月11日の水星太陽面通過でも、ひのではX線望遠鏡などで水星太陽面通過を観測している。今回の観測状況と、実習教材を検討する

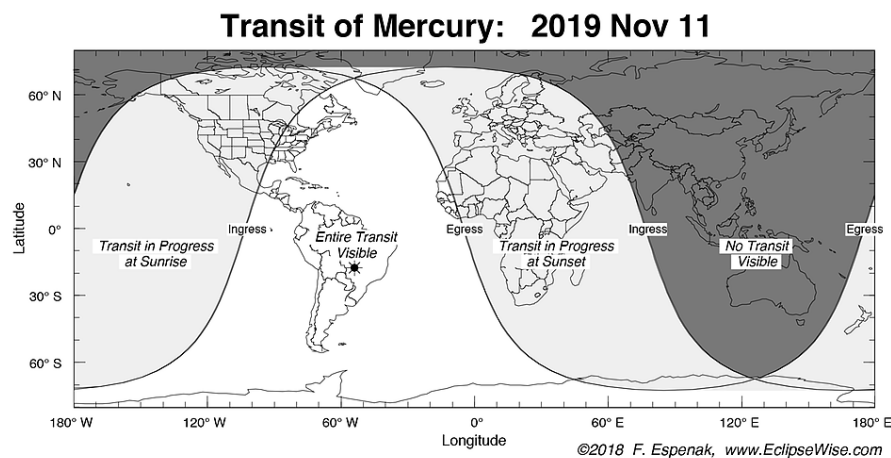
### 1. ひのでが観測した水星太陽面通過

ひのででも、3つの各観測装置で水星太陽面通過を観測している。ひのでは打ち上げ後の2006年11月にも水星太陽面通過を観測している。2012年6月9日には金星太陽面通過も観測した。この金星太陽面通過のときには、ひのでが観測した太陽全面画像が少ない、との声があった。

2016年の水星太陽面通過では、X線望遠鏡で、できるだけ全面像をたくさん撮ってもらえるように観測リクエストを出した。その結果、約25-30分ごとに1セット（7種類）、計20回、全面像の観測(2048x20148pix)を行った。この間、5回ポインティングを変更して、視野中心を変更している。全面画像の観測の合間には部分画像の観測を行っている(768x384pix)。

ひので衛星は極軌道を取っているため、地球を周回するごとに、水星が太陽面を波打って動いてるように見える。これが視差であり、1天文単位を求めることができる。

2019年の観測では部分画像を1周期分を取れるようにリクエストした。



2019年11月11日12時34分39秒-18時04分45秒(世界時)

2019年11月11日21時34分39秒-27時04分45秒(日本時)

## 2. 水星太陽面通過の観測提案(HOP)

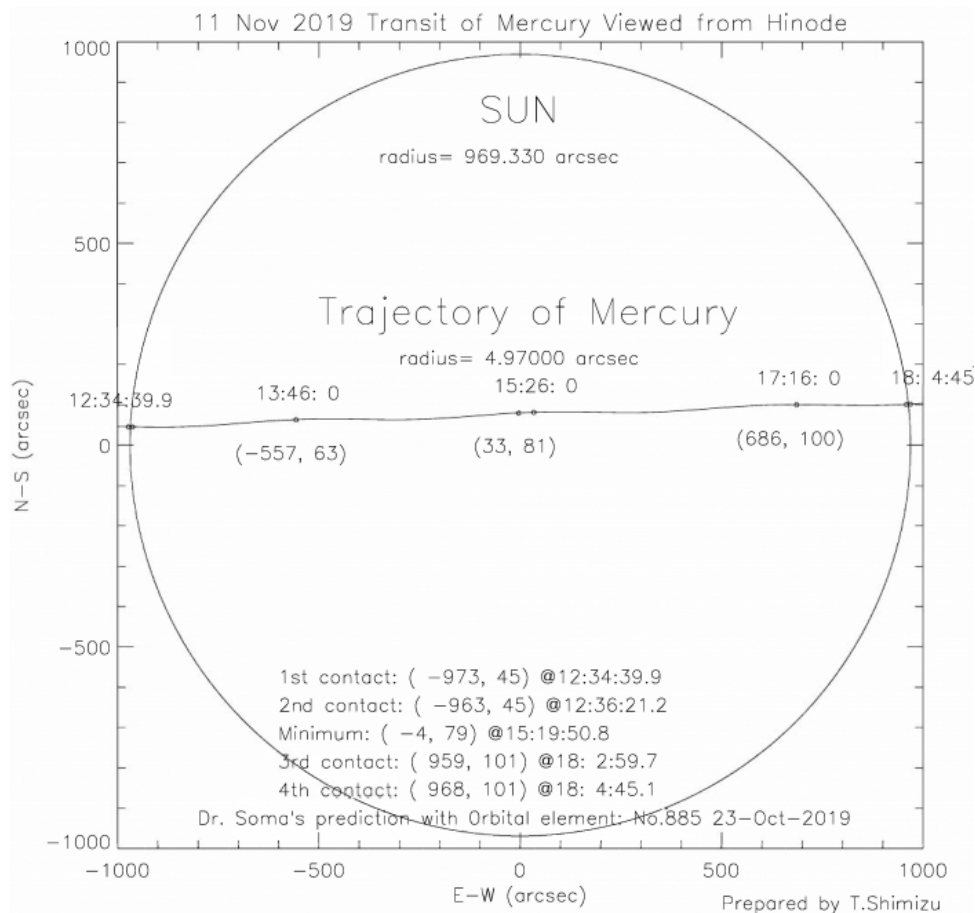
今回の水星太陽面通過では、ひのけでは、以下の2つの観測提案、HOP0388、HOP0389があった。(HOP: Hinode Operation Plan)

### HOP 0388 : Transit of Mercury (ToM) 2019 Nov 11

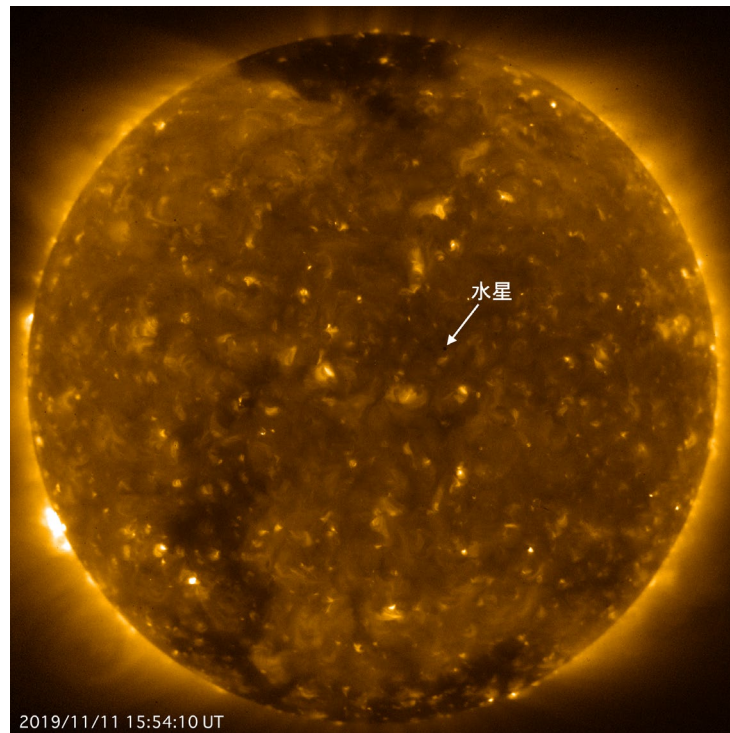
アメリカの Jay. M. Pasachoff さんが提案したもの。Pasachoff さんは、日食を用いた天文教育普及活動で以前からよく知られている太陽物理の研究者である。この観測提案では、ブラックドロップ現象の検証を主たる目的としている。そのため、第3接触・第4接触のときに時間分解能を高く観測するよう、リクエストしている。

### HOP 0389: Bring out One Astronomical Unit from the Mercury Transit on November 11, 2019 for Teaching Materials

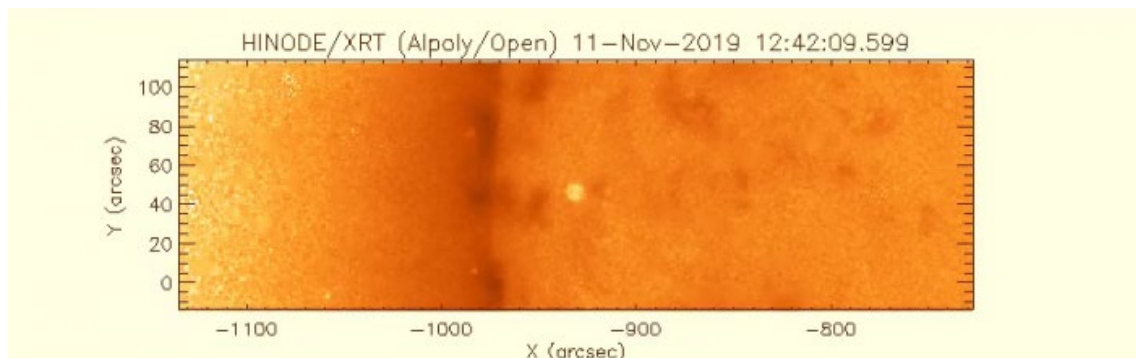
矢治が提案したものである。1天文単位を求める教材作成のための観測提案である。2016年のときの観測の結果、全体像の取得にこだわる必要がないことがわかったので、X線望遠鏡で、部分画像を30秒もしくは60秒ごとに観測するように、また南北方向の振幅が捕らえられるよう、(図1)に示すように1周期分を連続観測するようにリクエストした。



(図1) ひのけ衛星から見た太陽面上の水星の予報位置  
計算：相馬充(国立天文台)



(図2) ひので、X線望遠鏡による水星太陽面通過(矢印)  
© JAXA/国立天文台/モンタナ州立大学/SAO



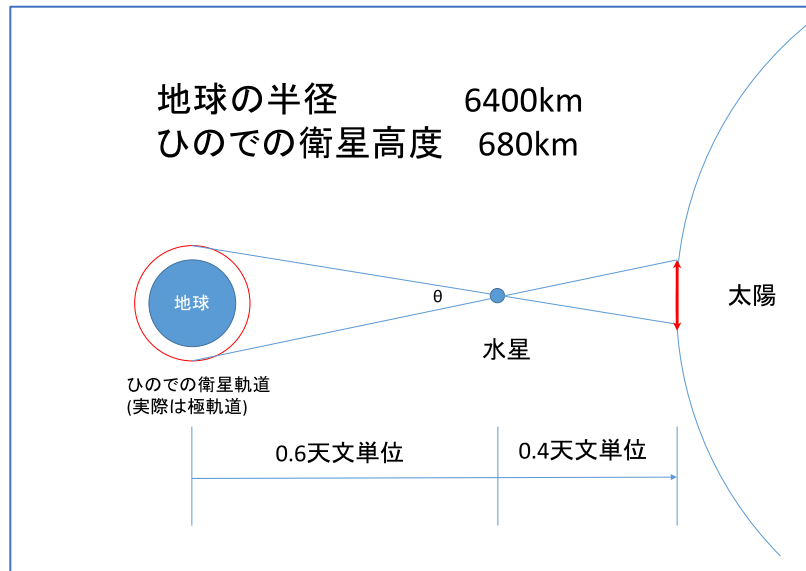
(図3) ひので、X線望遠鏡による水星太陽面通過((画像中央部付に水星))  
© JAXA/国立天文台/モンタナ州立大学/SAO

### 3. 水星太陽面通過から1天文単位を求める

ここでは、(図4)に示す原理で、以下のようにして1天文単位を具体的に求めた。2016年5月9日の観測データから、ひのでの軌道上からの水星の視差が32.21秒角と求めた(図4)。最終的に1天文単位が、 $1.51 \times 10^8 \text{ km}$ と、まあいい値が求まっている。

- 地球-水星までの距離: Rem
- 地球-太陽までの距離: Res
- 地球の半径 : 6400km
- ひのでの衛星高度 : 680km
- ひのでの軌道上からの視差:  $\theta$  32.21 秒角 =  $1.56 \times 10^{-4} \text{ rad}$

- $R_{em} \cdot \theta/2 = 6400+680$
- $R_{em} = 9.07 \times 10^7 \text{ km}$
- 地球-水星間の距離：水星-太陽間の距離=3:2 より
- $R_{es} = 5/3 * R_{em}$   
 $= 1.51 \times 10^8 \text{ km}$  まあいい値



(図 4)水星太陽面通過から 1 天文単位を求める原理

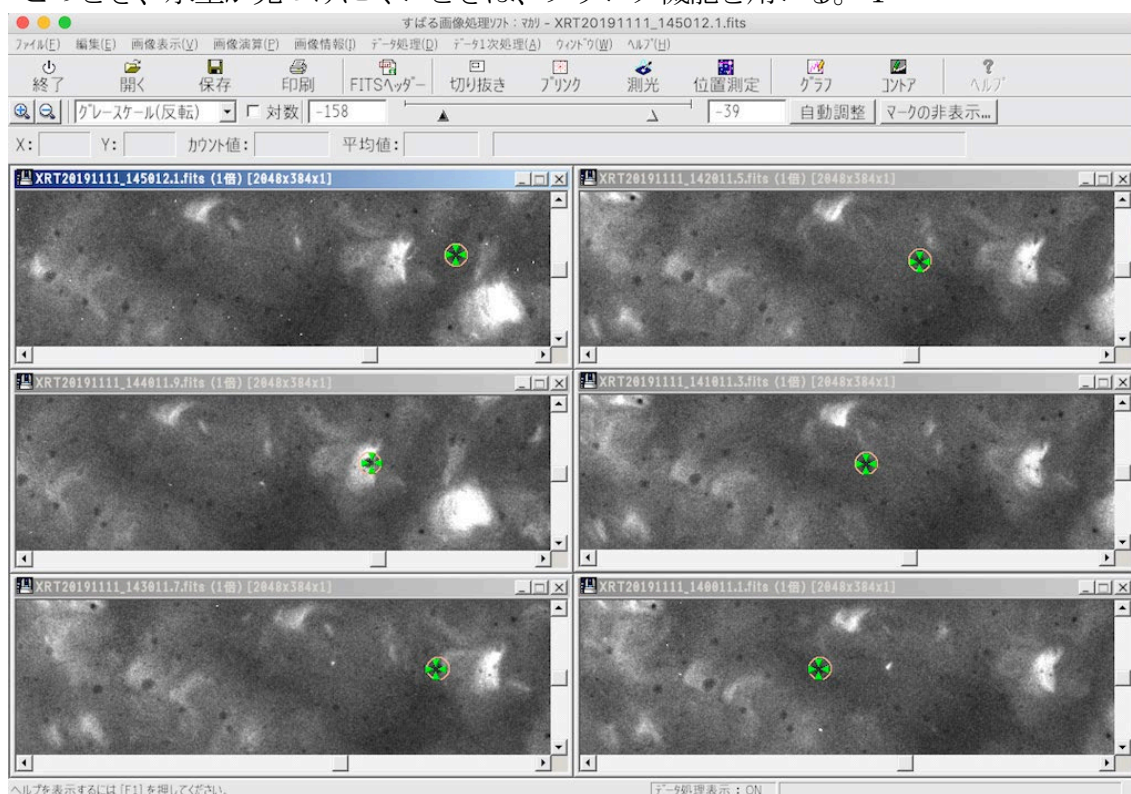
4. 観測データ概要(画像の取得枚数示す)

観測時間(UT)	全面画像	部分画像	視野中心
	2048x2048	2048x384 / 2048x512(※)	
10時から11時	2	2	(-613.0, 63.0)
11時から12時	2	60	(-613.0, 63.0)
12時から13時	0	180	(-613.0, 63.0)
13時から14時	0	180	(-613.0, 63.0)
14時から15時	0	180	(-613.0, 63.0)
15時から16時	2	116	(-613.0, 63.0)
		12(※)	(0.0, 0.0)
16時から17時	0	120(※)	(0.0, 0.0)
17時から18時	2	29(※)	(0.0, 0.0)
		46	(947.0, 104.0)
18時から19時	2	140	(947.0, 104.0)
19時	2	25	(947.0, 104.0)

## 5. マカリで表示したひので X 線画像

以下の手順で、X 線画像上の水星を探した。ただし、今回は 1 天文単位を求めるまで、データ解析が進まなかった。

- (1) ひので X 線全面画像 (FITS) をマカリで開く。
- (2) マカリの基本機能を試してみる
- (3) ヘッダー情報を確認する。観測時間、露出時間、フィルターの種類などがわかる。
- (4) グラフ機能を使って、X 線画像の特徴を捉える
- (5) 水星を探す。対数表示にすると探しやすい。露出時間 4 秒の画像が見つけやすい。
- (6) グラフ機能を使って、水星の直径(ピクセル)を測定する [       ]
- (7) 画像演算で全体に  $-1$  を掛ける
- (8) 位置測定機能を使って、水星の位置(x, y)を測定する
- (9) このとき、水星が見つけにくいときは、ブリンク機能を用いる。☞



(図 5) Makali'i に表示したひのでの X 線画像。マーカーのところに水星がある。

## 6 まとめ

2019 年 11 月 11 日の水星太陽面観測で、太陽観測衛星ひのでで 1 天文単位を求める実習課題が行えるように、観測リクエストを行った。データは多いときで 1 時間に 180 枚のデータを取得した。ただし、コンタミネーションがひどいので、水星の検出には、目視で h がなく、ブリンク機能の活用が必要。また、1 天文単位を求めるまでデータチェックが完了していない。今後は、問題点を改善して、実習課題の開発・実践を行っていきたい。授業実践などで活用してみたいところは、連絡してほしい。