

# 金星の太陽面通過（2012年）を 理科教育教材に

北海道教育大学札幌校物理 岡崎隆, 齋藤陽樹, 熊越ゆき

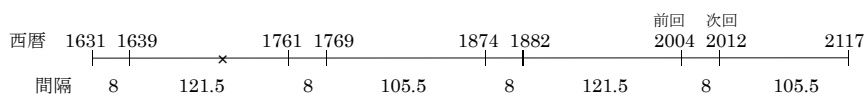


2004. 6. 8東京, 原田泰典

2004年6月8日 14時11分－20時20分  
2012年6月6日 7時10分－13時40分

物理教育研究大会 2011.8.9 広島  
物理教育研究会 2011.12.10 北大理

## 金星の太陽面通過周期 8年、113.5±8年



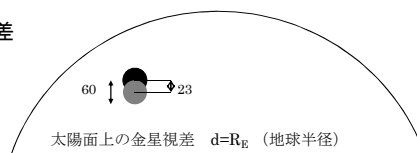
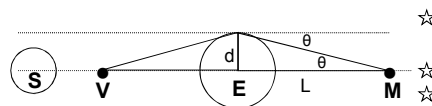
- 1631、1639年12月 ケプラー、ホロックス(英)
- 1761、1769年 6月 インド(仏)、タヒチ(クック・英)、スウェーデン(露)
- 1874年12月(明治7) 長崎(仏、米)、横浜(メキシコ)

ハレーの提案(視差による距離測定  $L=d/\theta$ )

“A New Method of Determining the Parallax of the Sun,  
or His Distance from the Earth” (1716)

金星の太陽面通過時間の測定から太陽(金星)の視差  
(太陽－地球間距離)を求める。

惑星軌道の相対的大きさ  $r_V/r_E = 0.72 \rightarrow r_E = ? \text{ km}$



太陽面上の金星視差  $d=R_E$  (地球半径)  
 $\theta_D = 31.7'' - 8.8'' = 23'' \Leftrightarrow$  金星視半径  $30''$   
太陽視差  $\theta_S = (r_E/r_V - 1)\theta_D$

金星の太陽面通過=地球-金星-太陽

金星、地球の軌道交差角=3.4度

公転軌道上の2箇所(昇降点)

最接近するため視差測定可能

金星の公転周期  $T_V=0.6152\text{年}\approx 8/13\text{年}$

地球、金星の会合:8年間に5回

会合周期  $T\approx 8/5\text{年}$ 、 $5T=8\text{年}-2.4\text{日}$

$\pi/5\rightarrow 36^\circ / 2.4^\circ = 15\rightarrow \times 8=120\text{年}$

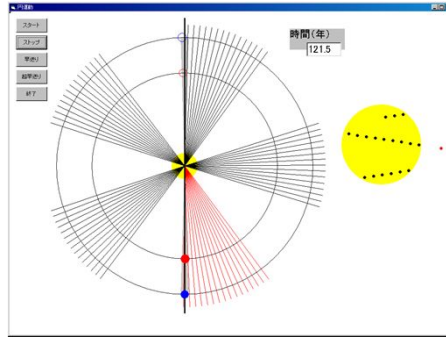
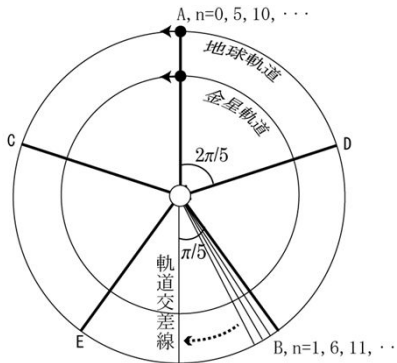


図1. 会合位置(系列)

長周期113.5±8年の±8年は金星、地球の楕円運動

-426から+424は121.5年周期が継続(NASA,Six Millennium Catalog)

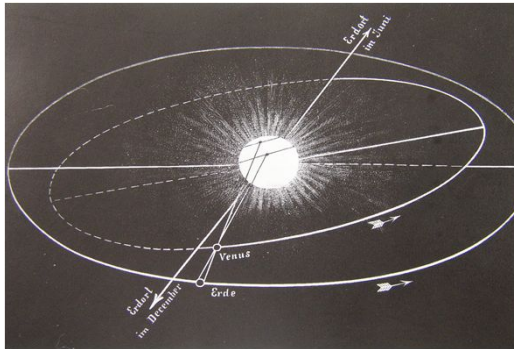


図2. 金星の太陽面通過鳥瞰図  
Illustrirte Zeitung(1881)

世界科学史百科図鑑3. 原書房

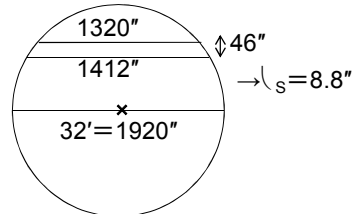
…ごく簡単な幾何学を使って太陽までの絶対距離を算出することができた。

齊田博:「天文の計算教室」、地人書館

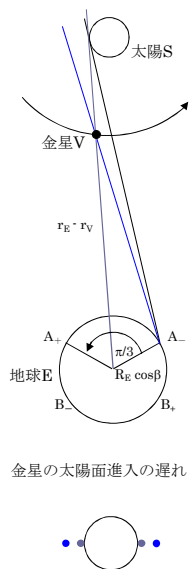
1769年	通過時間t	径路角 $\omega t$
バルダ (ノルウェー)	5h53m14s	1412"
タヒチ	5h30m04s	1320"

$2R_E$

金星のみかけの角速度 $\omega=4''/\text{分}$



E.Halley: Philosophical Transactions XXIX(1716)  
<http://eclipse.gsfc.nasa.gov/transit/HalleyParallax.html>



1761年の観測提案

A<sub>±</sub>) ガンジス河口付近 (N23° E90° )  
 太陽南中前後4時間の太陽面進入・離脱観測

B<sub>±</sub>) ハドソン湾ネルソン港 (N56° W92° )  
 日没時の金星の太陽面進入、  
 翌日、日の出時の金星の太陽面離脱を観測 ← ×

$\theta_S = 12.5'' \rightarrow$  A 自転による通過時間の短縮 -11分  
 B 自転による通過時間の延伸 +6分

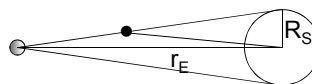
A, Bで観測される通過時間の相違 17分

金星の内接時刻測定  $\Delta t = 2s \rightarrow \Delta \theta_S = 0.025''$ 、  
 $\Delta r_E / r_E = 0.2\%$

金星の太陽面通過周期 8年、 $113.5 \pm 8$ 年

金星の公転周期  $T_V = 0.6152$ 年 = 8/13 年 - 1.6時間

通過条件 + 等速円運動 = 8, 113.5年、楕円運動により  $\pm 8$ 年



金星の太陽面通過時間差  $\rightarrow$  太陽(金星)視差、太陽-地球間距離の決定

金星の太陽面進入、離脱時の内接時刻測定

ブラック・ドロップ現象(金星像の歪み)による不確定



金星太陽面通過観測の歴史

1631、1639年12月 ケプラー(予報)、ホロックス(英)

1761、1769年 6月 インド(仏)、タヒチ(クック・英)、スウェーデン(露)

1874年12月(明治7) 長崎(仏、米)、横浜(メキシコ)

クック:「太平洋探検(一)」、岩波文庫、齊藤国治:「星の古記録」、岩波新書(1982)



Punch (London) 68 (1875)  
L.P・ウィリアムズ編：  
マクミラン世界科学史百科図鑑 - 3. 19世紀、  
原書房(1993)



### 金星の太陽面通過



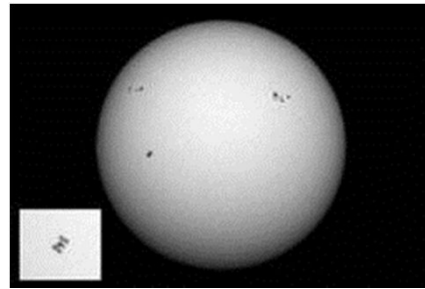
2004. 6. 8東京, 原田泰典

### 金環日食



2005. 10. 3 マドリッド、藤井龍二

### ISS(国際宇宙ステーション)



2011. 3. 5 香川県三木町, 三島和久

金星  $r_E - r_V = 4 \times 10^{10} \text{m}$

月  $r_m = 38 \text{万km} = 3.8 \times 10^8 \text{m}$

ISS 高度400km =  $4 \times 10^5 \text{m}$