

## Section 2.

# 太陽系外惑星

2.1 直接撮像 (写真を撮る)

2.2 ドップラー法 (速度を使う)

2.3 トランジット法 (食を使う)



宇宙に私たちの地球のような惑星は  
他にも存在するのか？

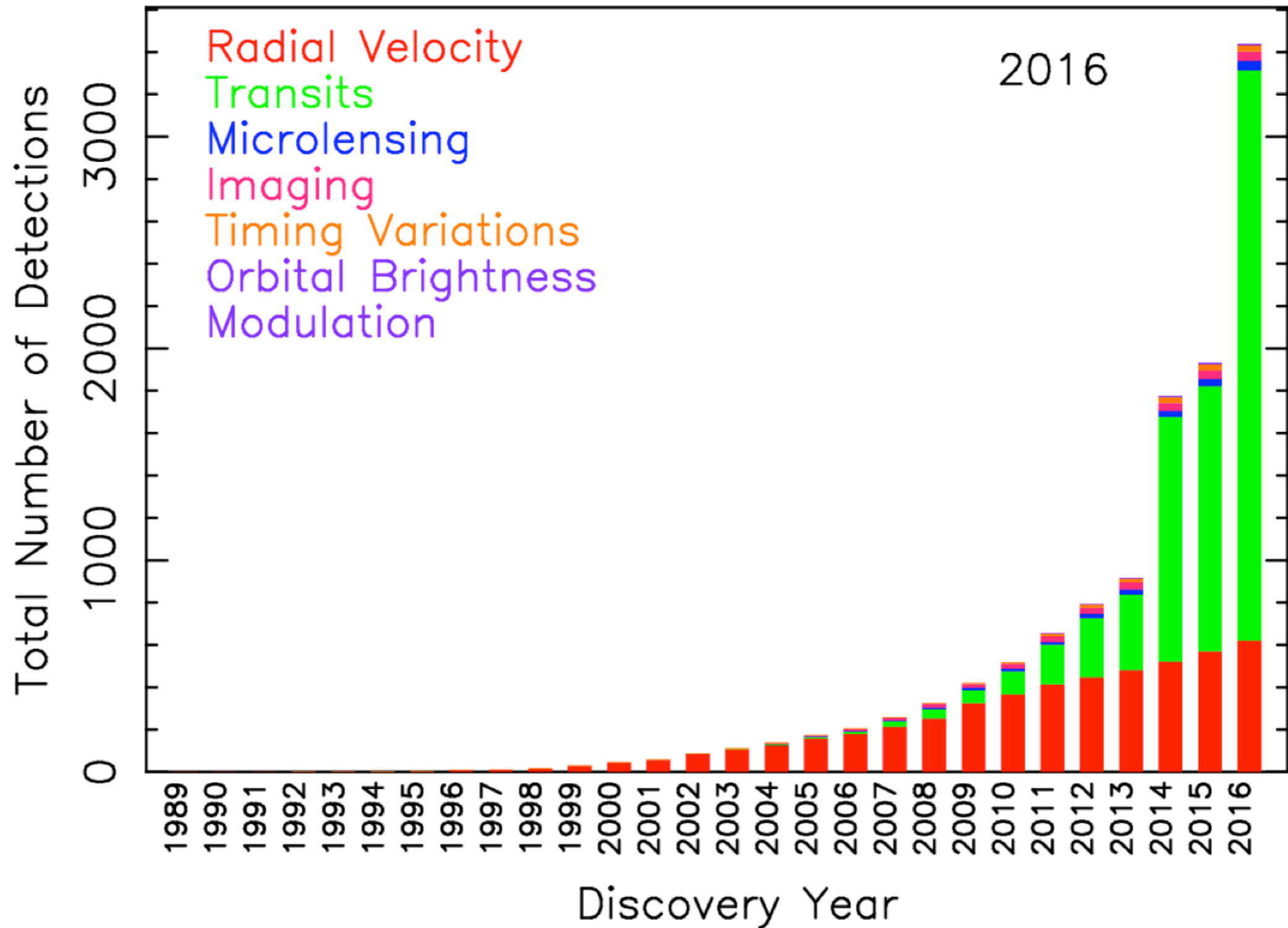


太陽系でない惑星(太陽系外惑星)は  
いくつ見つかっている？



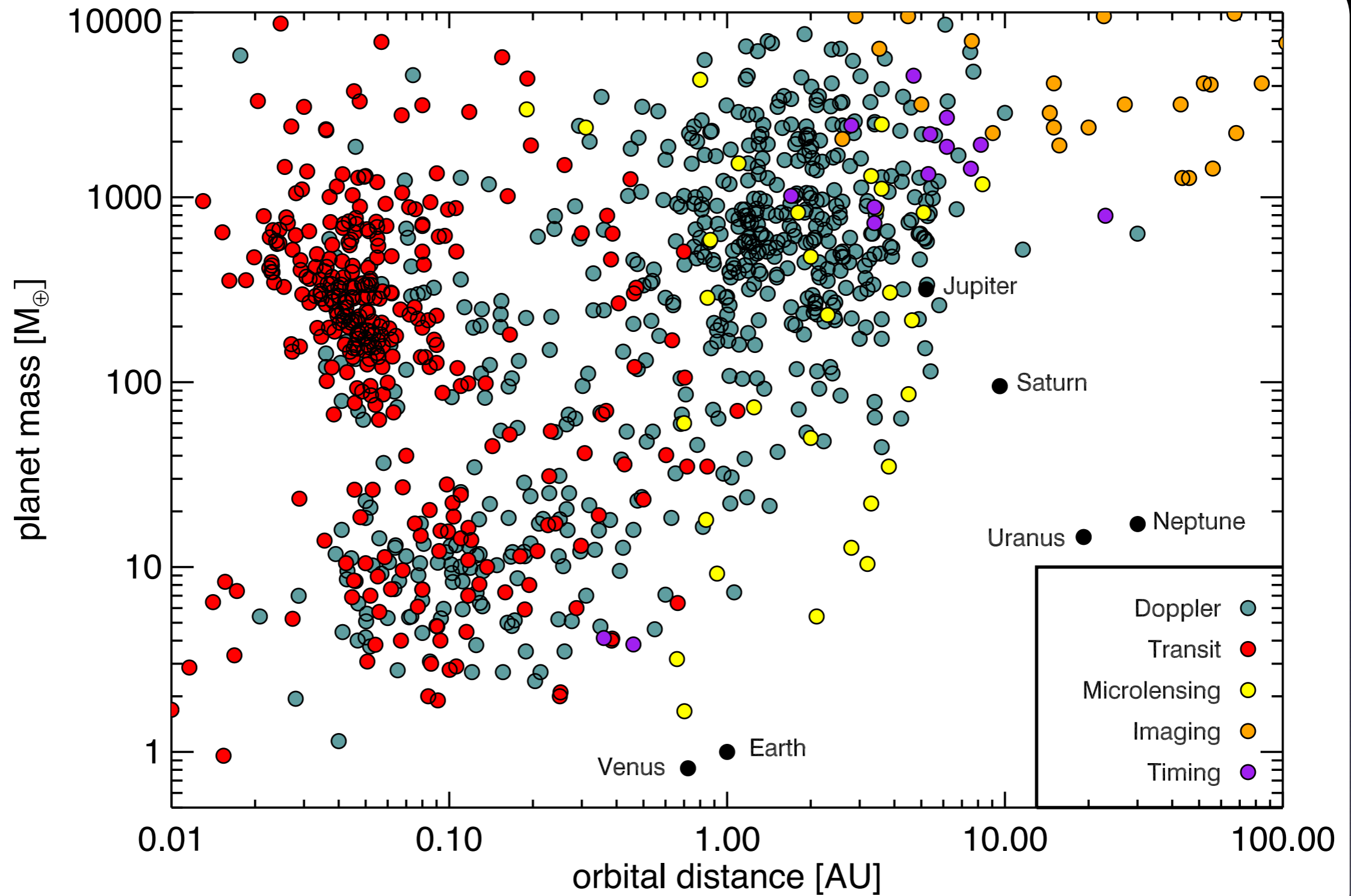


# 系外惑星発見の歴史





# 太陽系外惑星 (2014年時点)





どうやったら発見できるの？  
なんで発見したと言えるの？

なぜ「第二の地球」を発見するのは難しいの？





## Section 2.

# 太陽系外惑星

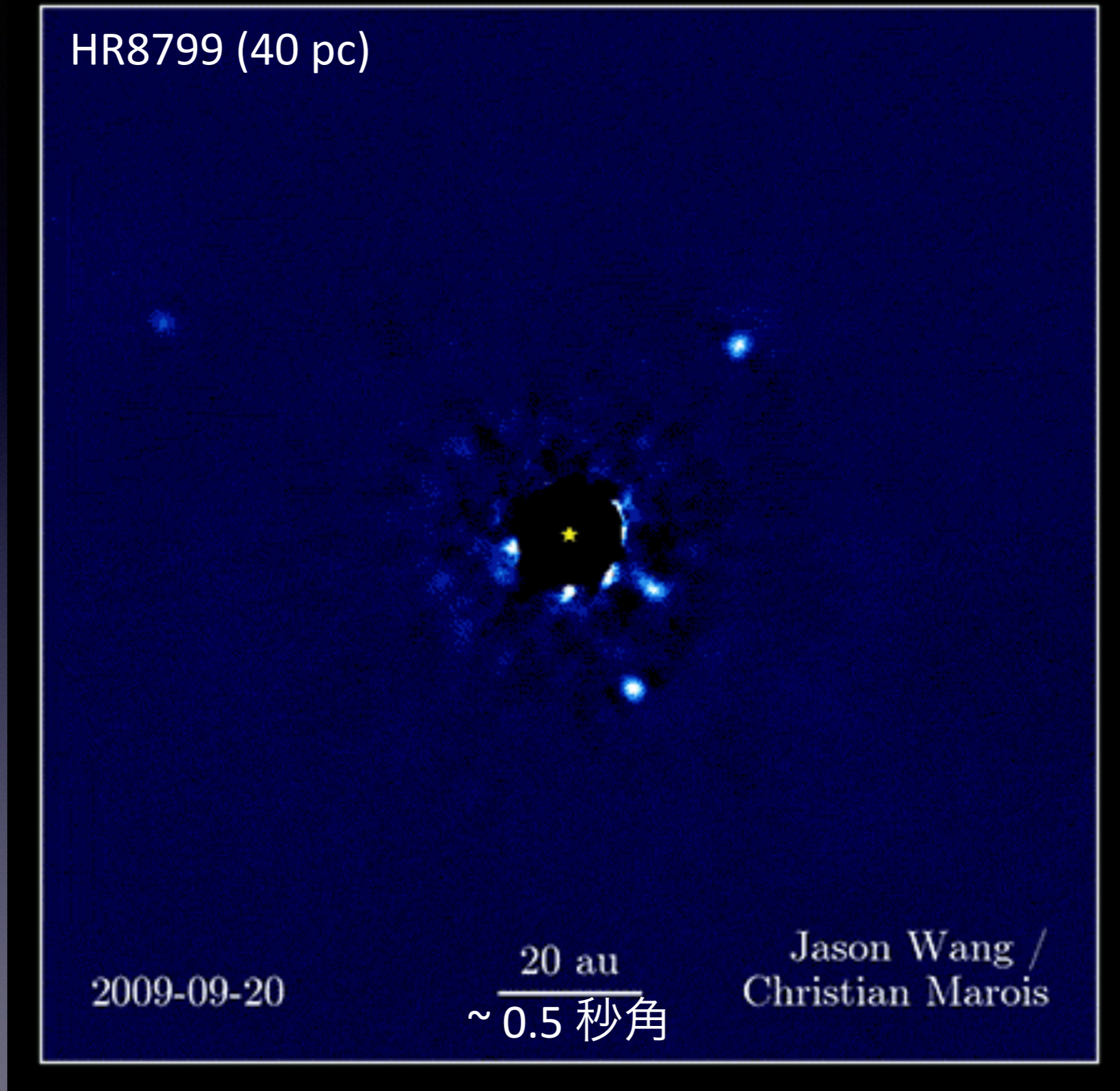
2.1 直接撮像 (写真を撮る)

2.2 ドップラー法 (速度を使う)

2.3 トランジット法 (食を使う)

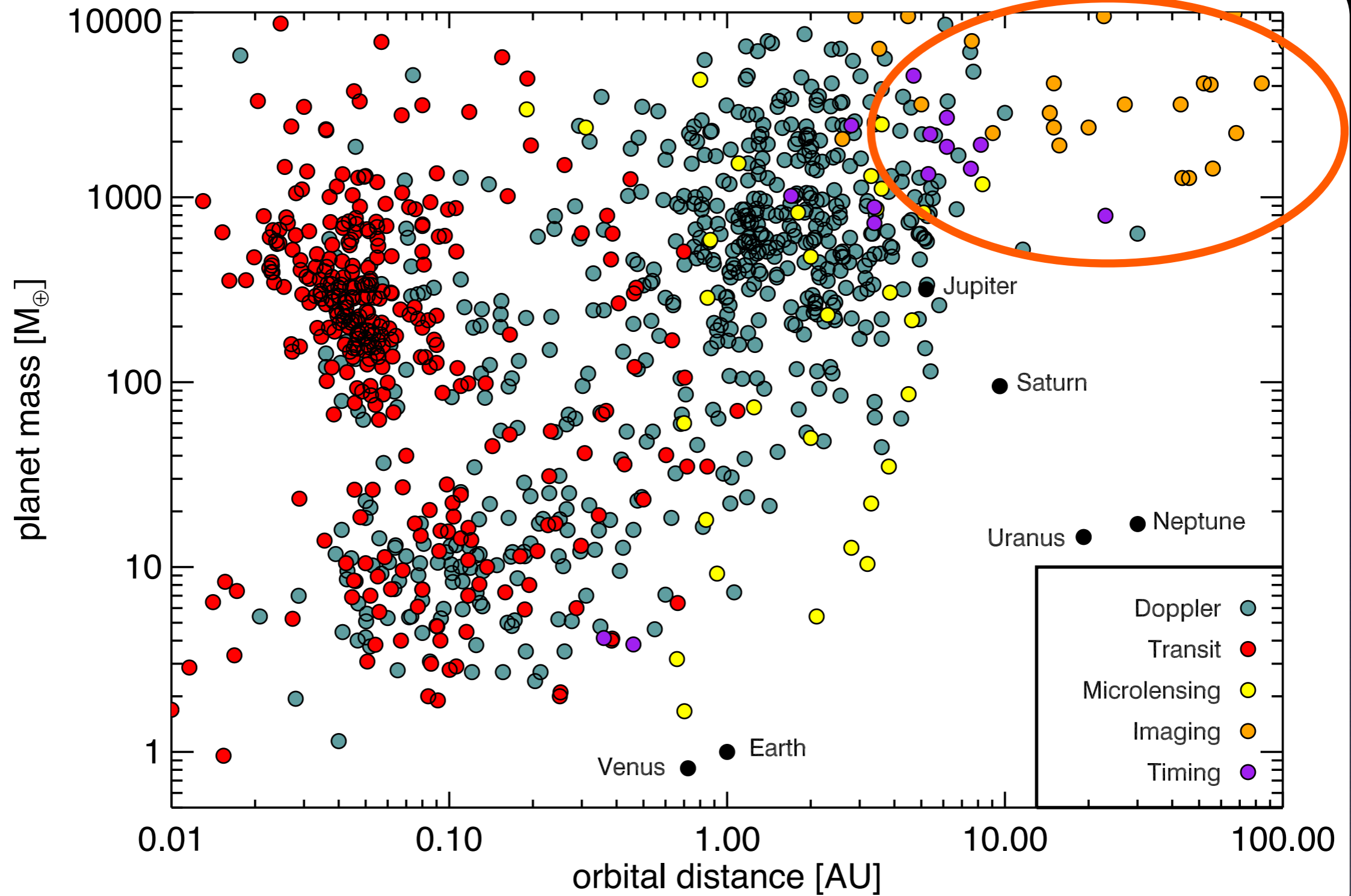


# 直接撮像





# 太陽系外惑星 (2014年時点)





## Section 2.

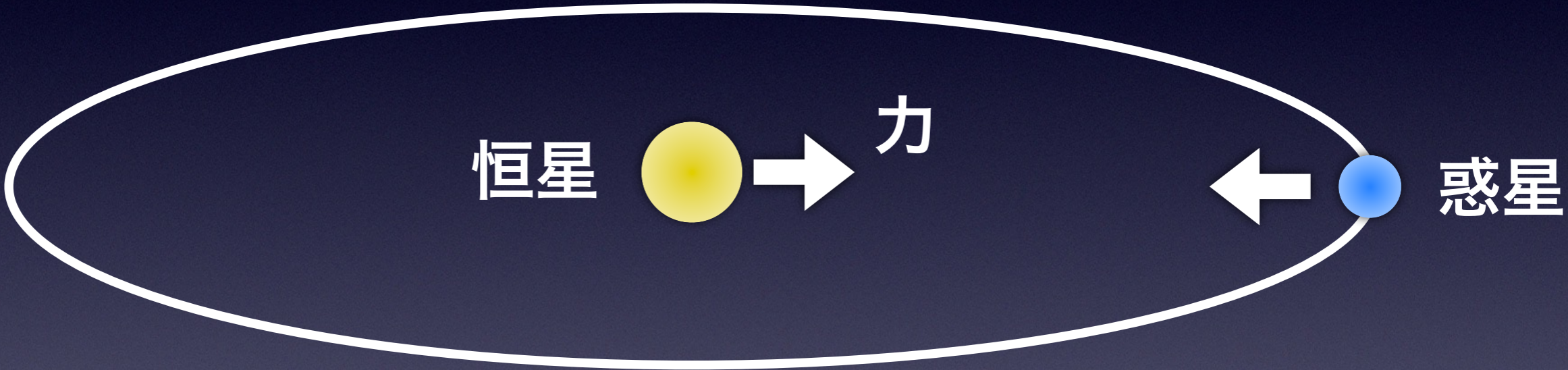
# 太陽系外惑星

2.1 直接撮像 (写真を撮る)

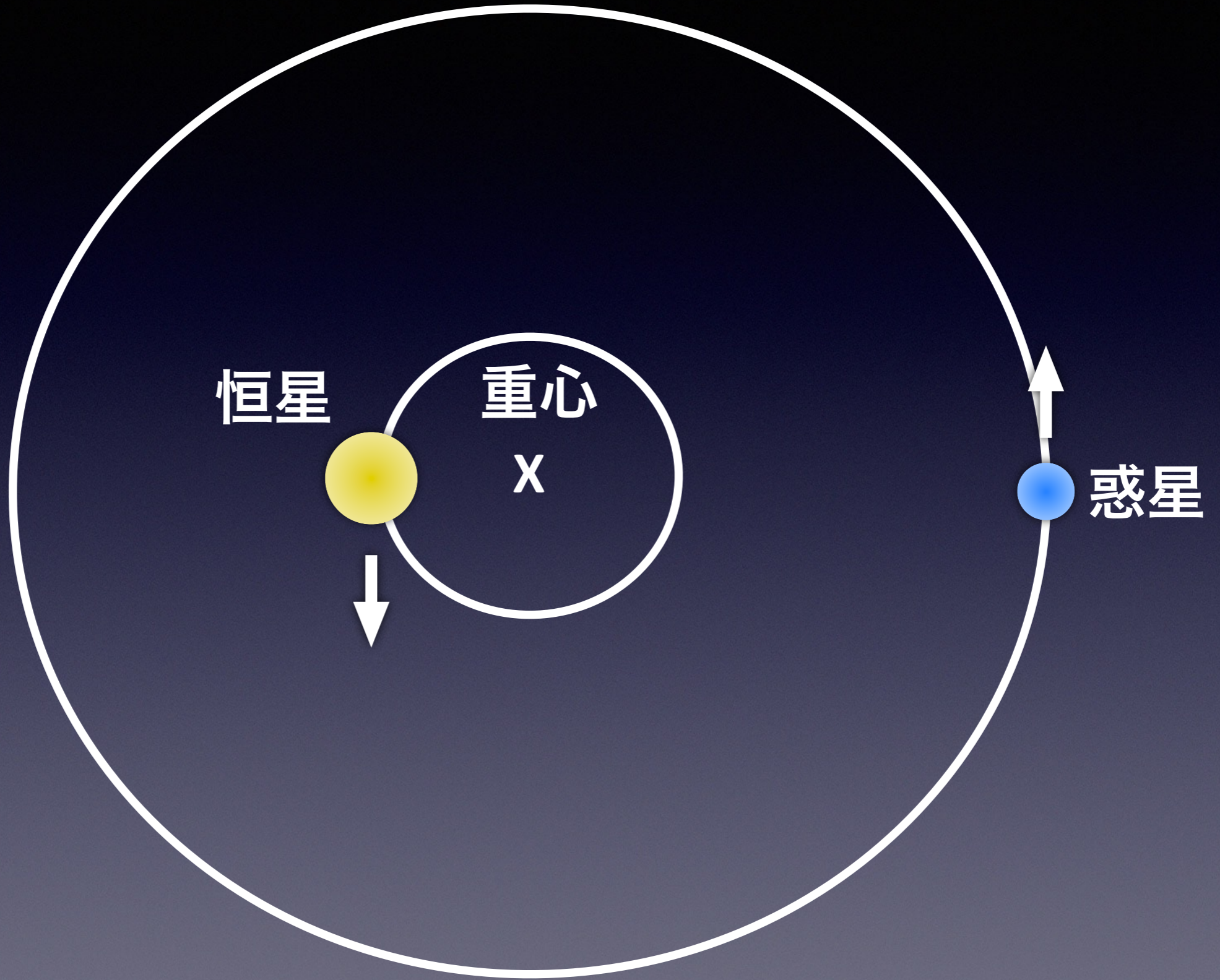
2.2 ドップラー法 (速度を使う)

2.3 トランジット法 (食を使う)











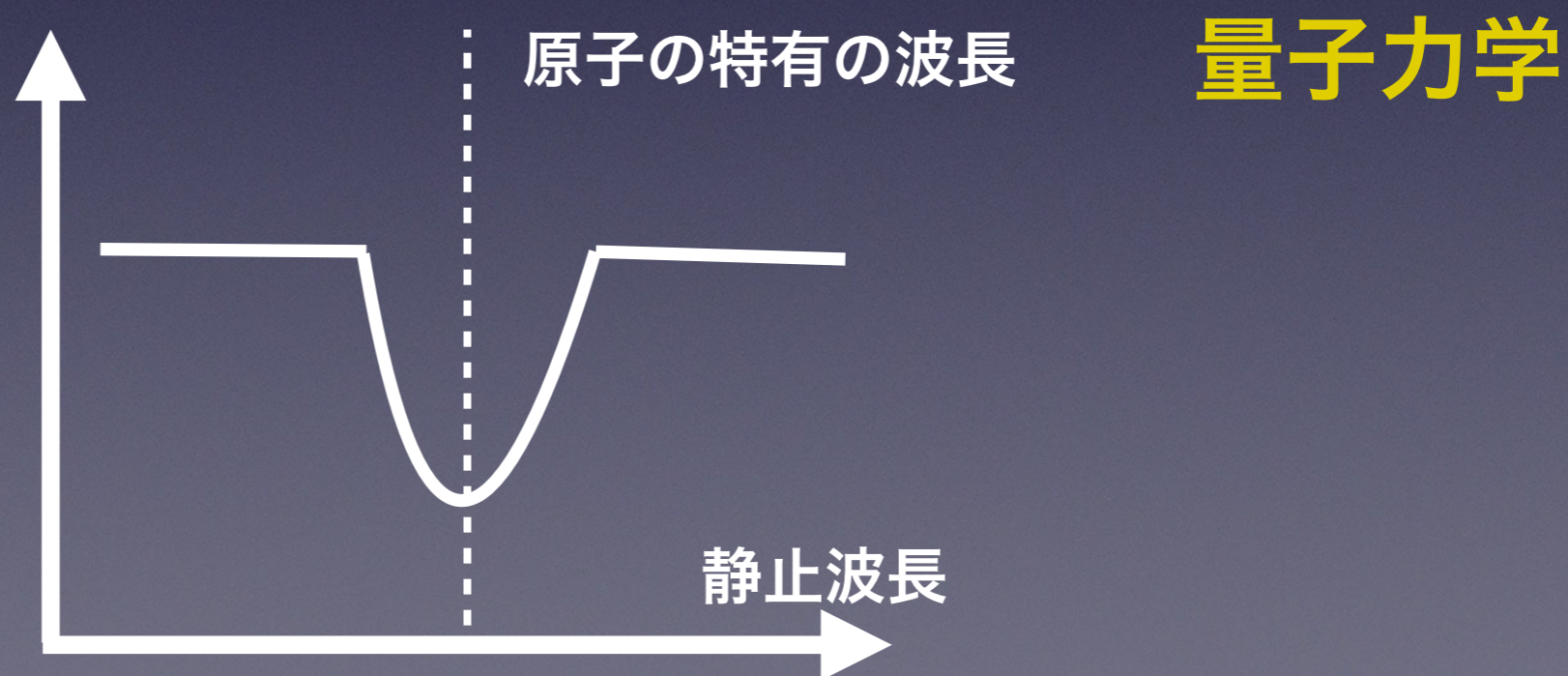
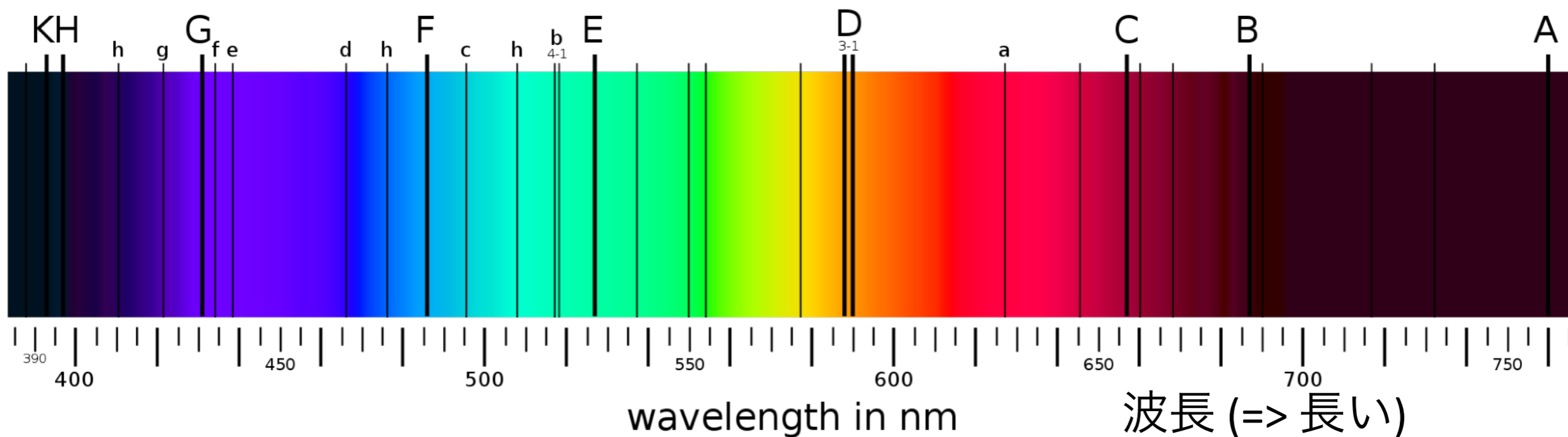


太陽はどれぐらい「振られる」の？  
観測できるの？



# 恒星のスペクトル

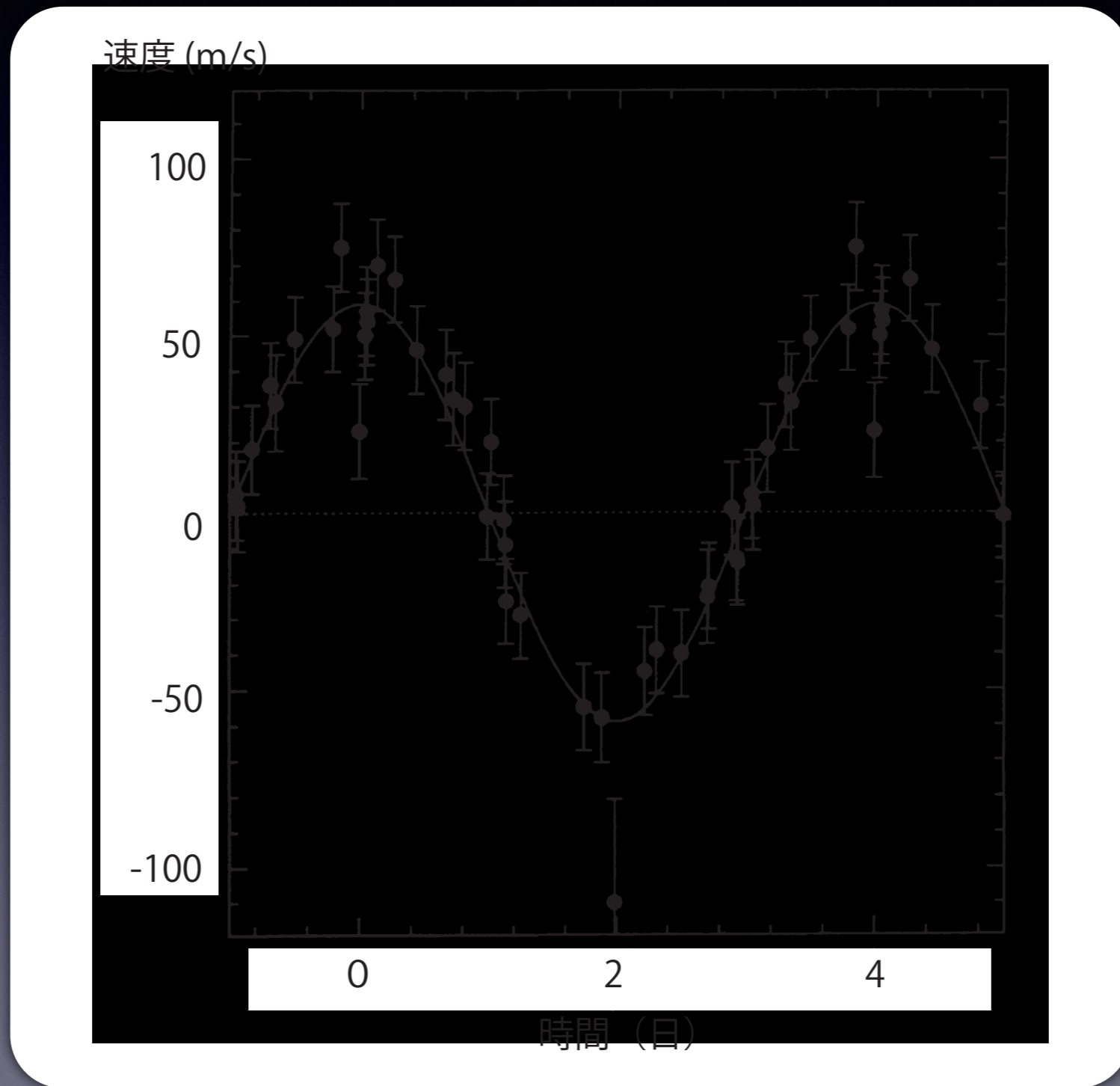
[https://en.wikipedia.org/wiki/Fraunhofer\\_lines](https://en.wikipedia.org/wiki/Fraunhofer_lines)





# ドップラー法：実際の分光データ

51 Pegasi: 初めて系外惑星が見つかった例 (1995年)



Mayor & Queloz 1995



# 2019年ノーベル物理学賞

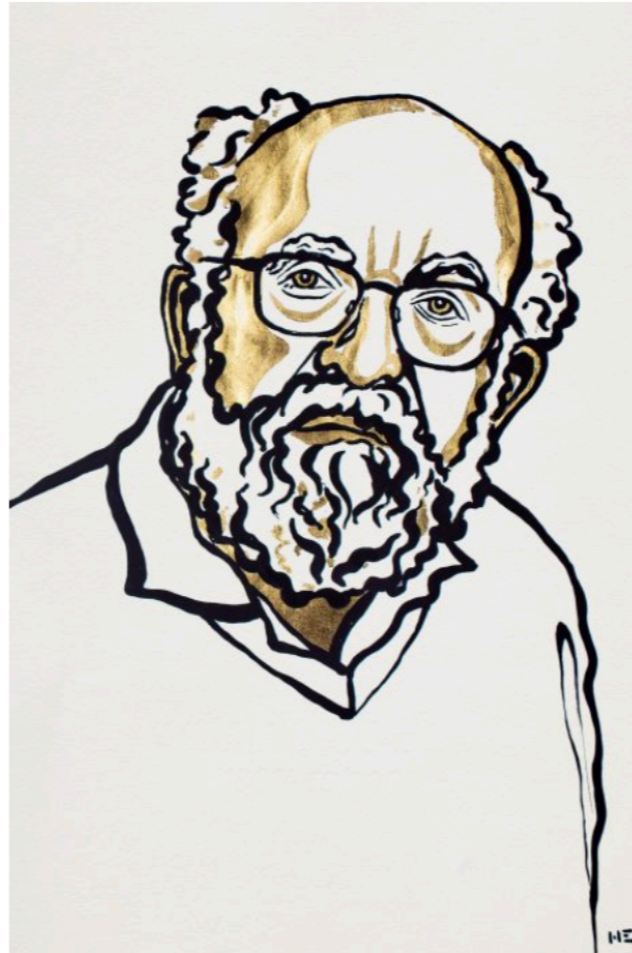
## The Nobel Prize in Physics 2019



Ill. Niklas Elmehed. © Nobel Media.

**James Peebles**

Prize share: 1/2



Ill. Niklas Elmehed. © Nobel Media.

**Michel Mayor**

Prize share: 1/4



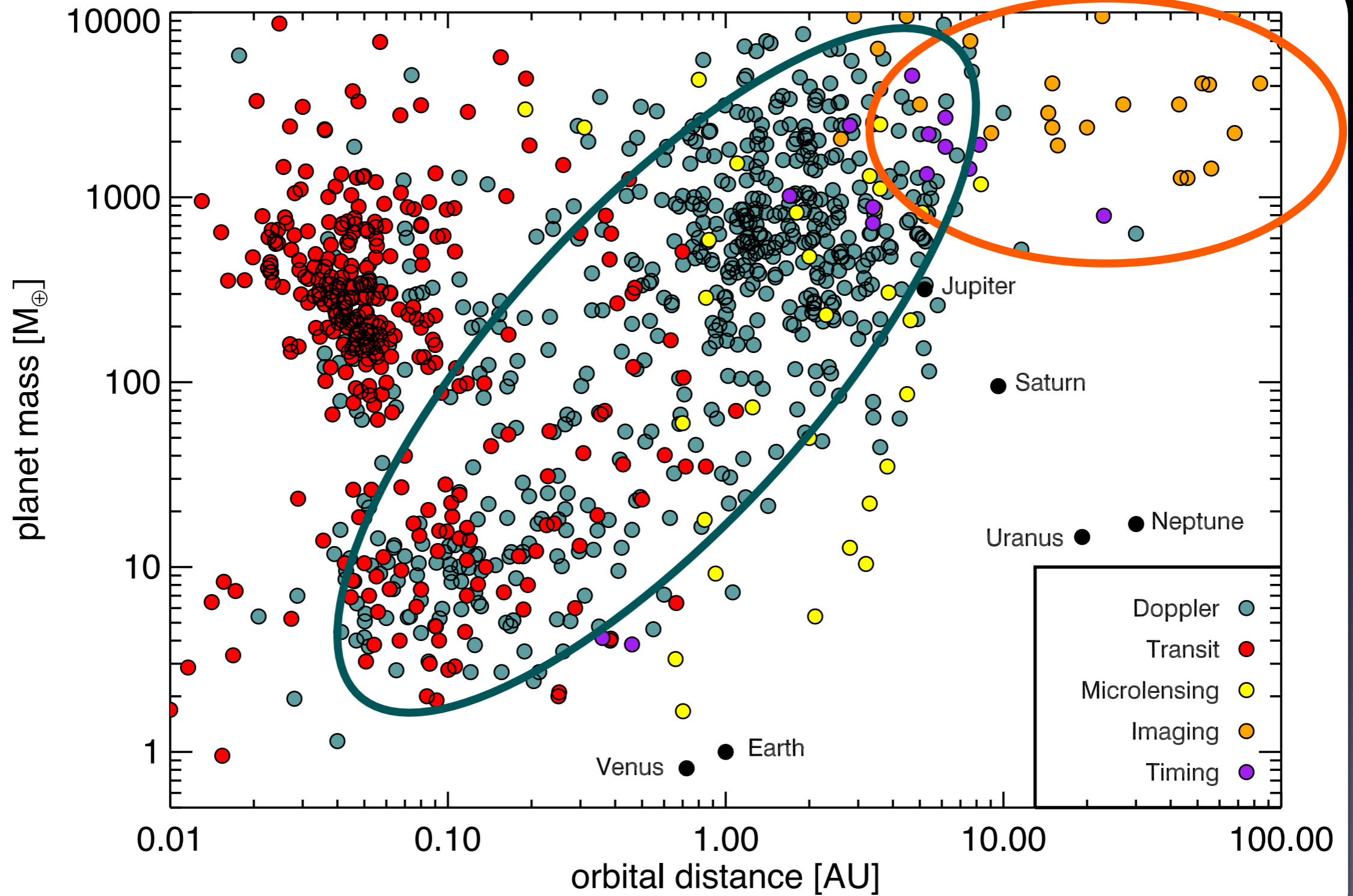
Ill. Niklas Elmehed. © Nobel Media.

**Didier Queloz**

Prize share: 1/4



# 太陽系外惑星 (2014年時点)





## Section 2.

# 太陽系外惑星

2.1 直接撮像 (写真を撮る)

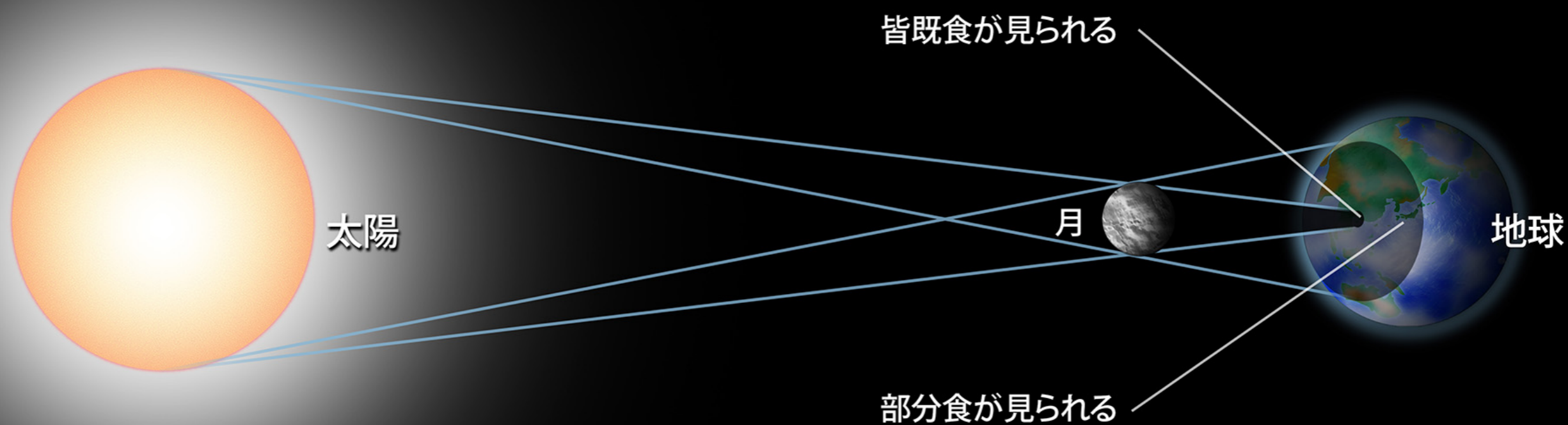
2.2 ドップラー法 (速度を使う)

2.3 トランジット法 (食を使う)



# 日食（地球から見て、月が太陽を隠す）

※太陽、月、地球の大きさそれぞれの距離の縮尺は、実際とは異なります。



国立天文台 天文情報センター

<https://www.nao.ac.jp/astro/basic/solar-eclipse.html>



部分食



皆既食



金環食

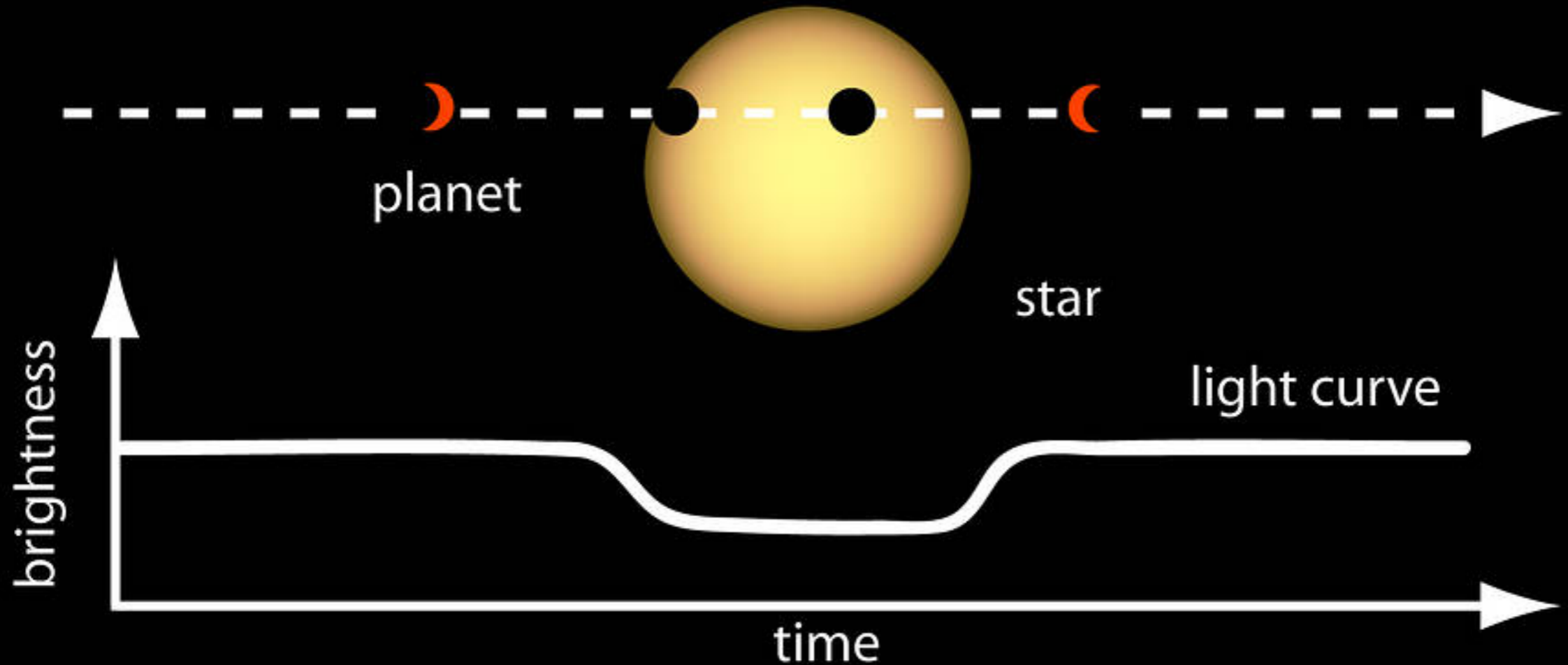


国立天文台 天文情報センター

<https://www.nao.ac.jp/astro/basic/solar-eclipse.html>



# 地球から見て、系外惑星が恒星を隠す



[https://www.nasa.gov/mission\\_pages/kepler/multimedia/images/transit-light-curve.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/kepler/multimedia/images/transit-light-curve.html)

明るさ  $f$  の主星が  $\Delta f$  だけ暗くなる

$$\frac{\Delta f}{f} = \left( \frac{R_{\text{planet}}}{R_{\text{star}}} \right)^2$$



# NASA ケプラー衛星

[https://www.nasa.gov/mission\\_pages/kepler/main/index.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/kepler/main/index.html)



Topics

Missions

Galleries

NASA TV

Follow NASA

Downloads

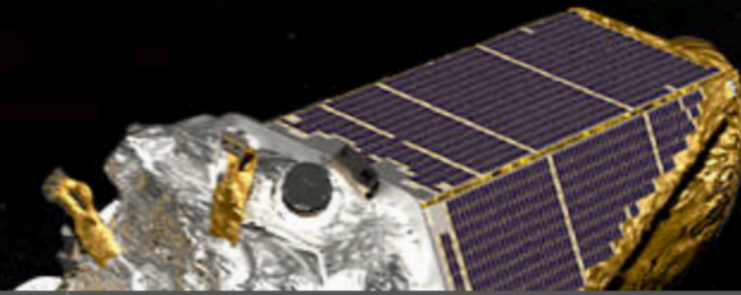
About

NASA Audiences

Search



## Kepler and K2



Kepler and K2

Overview

Images

Videos

Media Resources

Follow



YouTube: Kepler and K2 Missions

Learn More

Discoveries

Education



### Kepler Legacy Press Kit

Oct. 30, 2018:

After nine years collecting data that revealed our night sky to be filled with more planets even than stars, NASA is ending the Kepler space telescope's science operations.

[More information](#)

### Tweets by @NASAKepl

NASA Kepler and K2 Retweeted



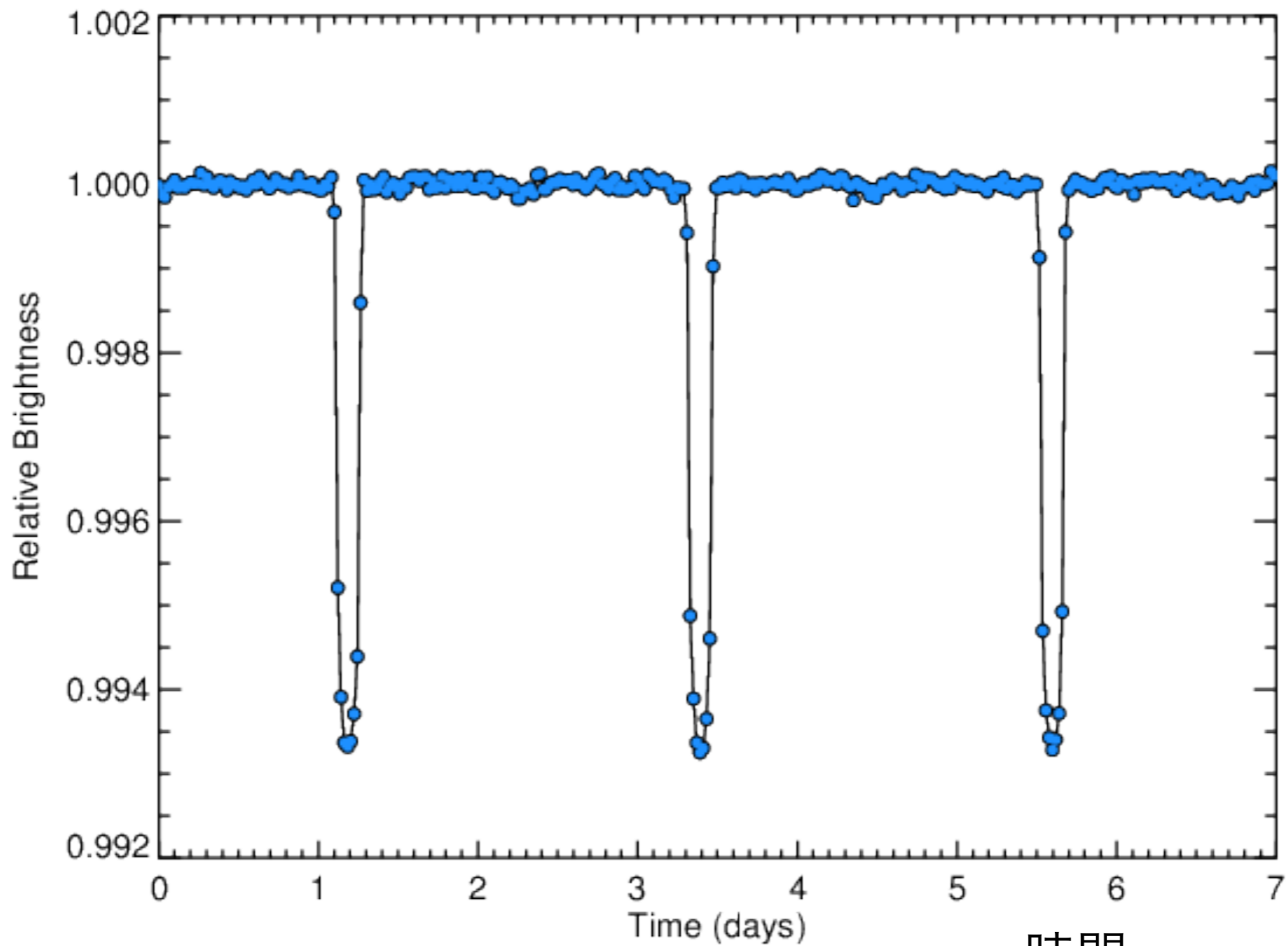
A planetary first! Researchers detected signs of water vapor in the atmosphere of a faraway planet in the "habitable zone," where liquid water could potentially pool.

[Embed](#)

[View on Twitter](#)



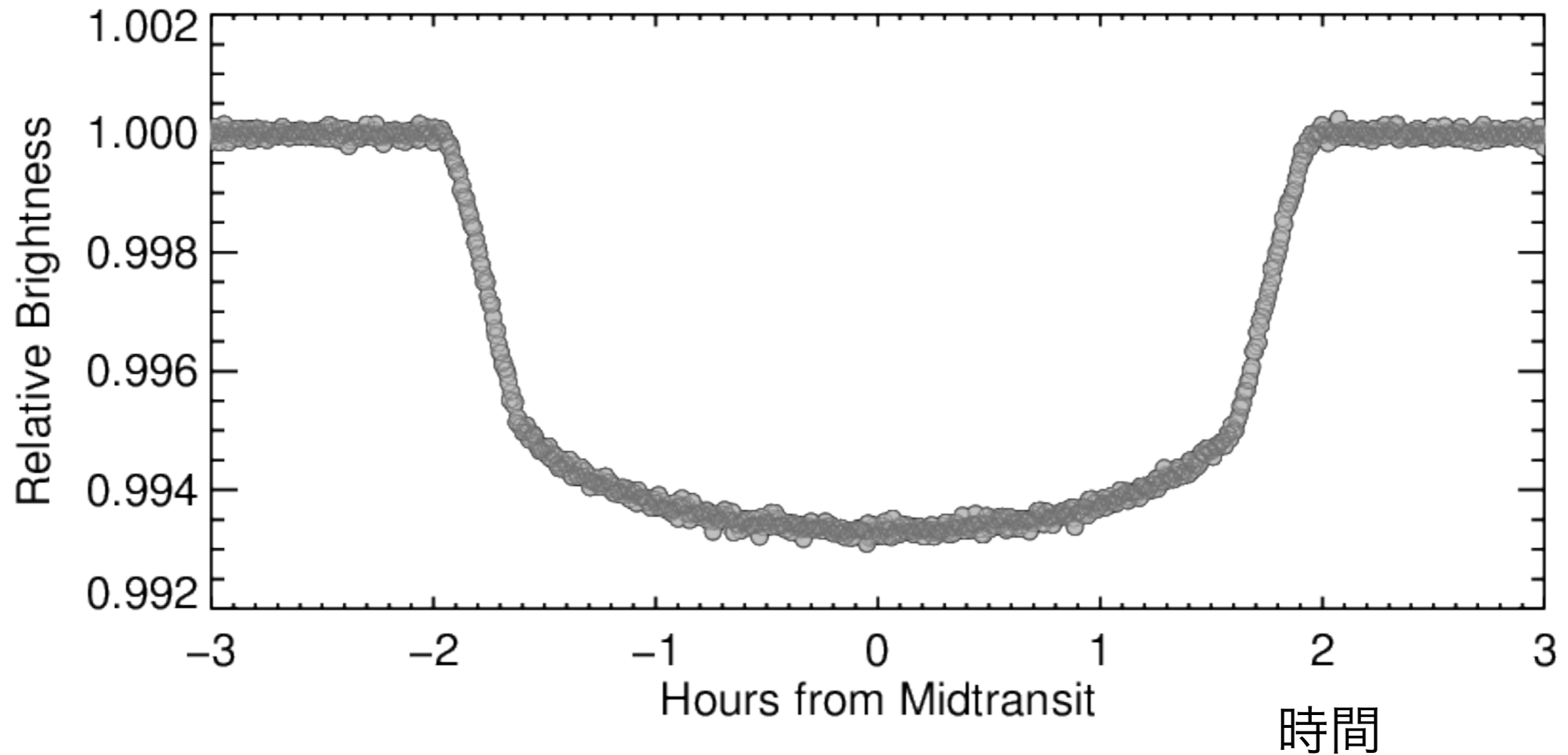
# トランジット法：実際の観測データ



時間

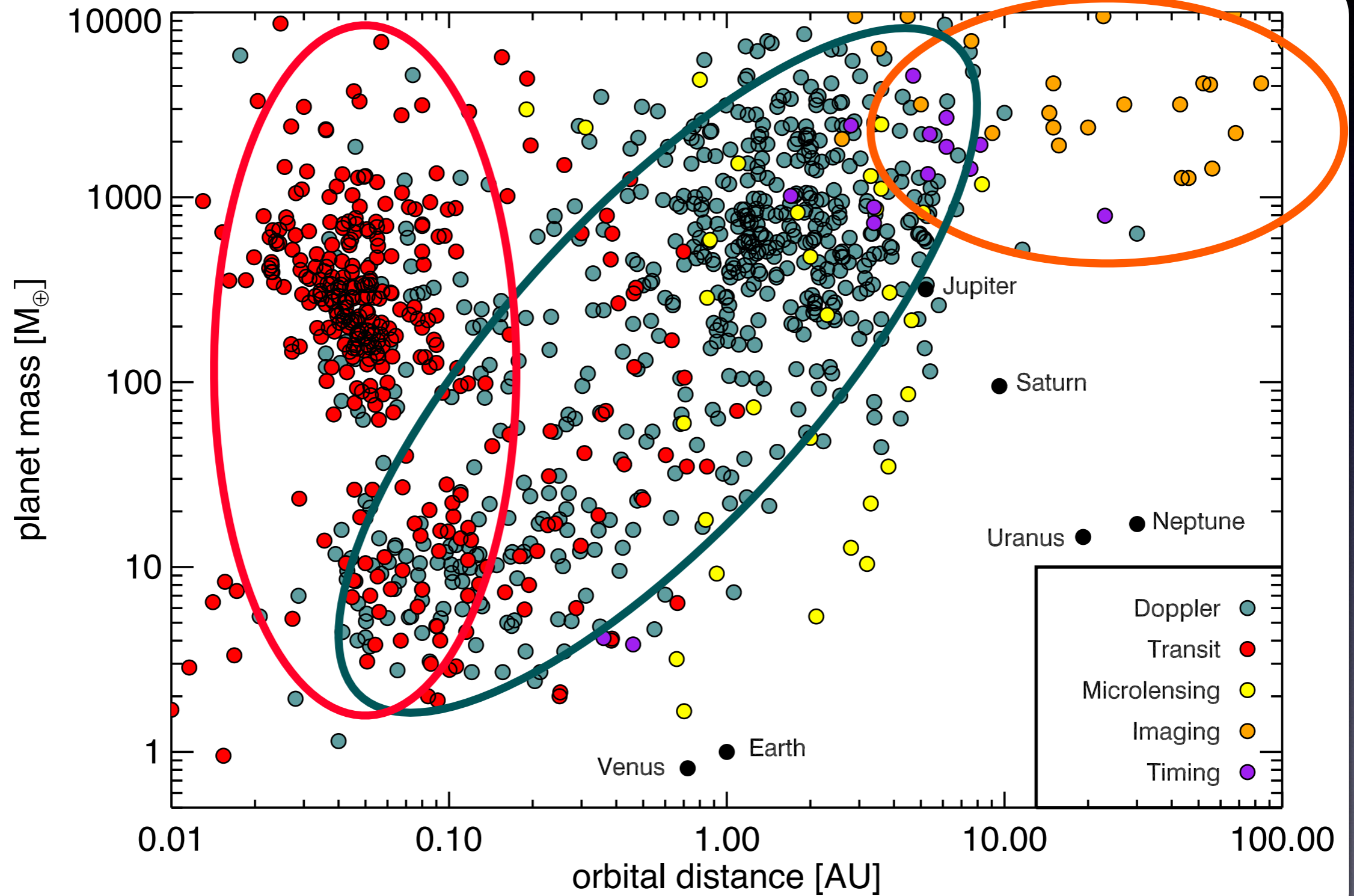


# トランジット法：実際の観測データ





# 太陽系外惑星 (2014年時点)





脱線：最新の研究



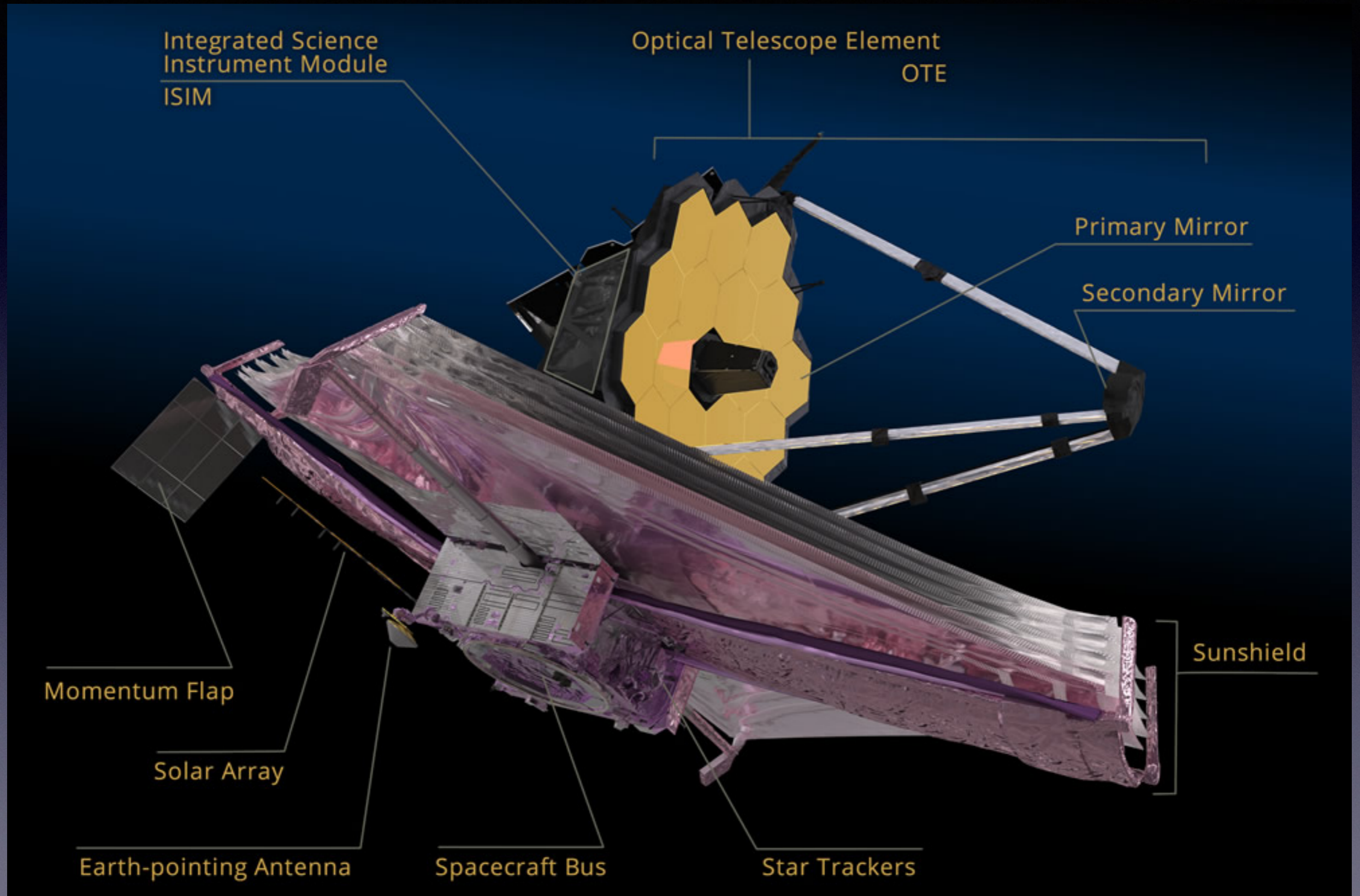
# 系外惑星の大気を調べる



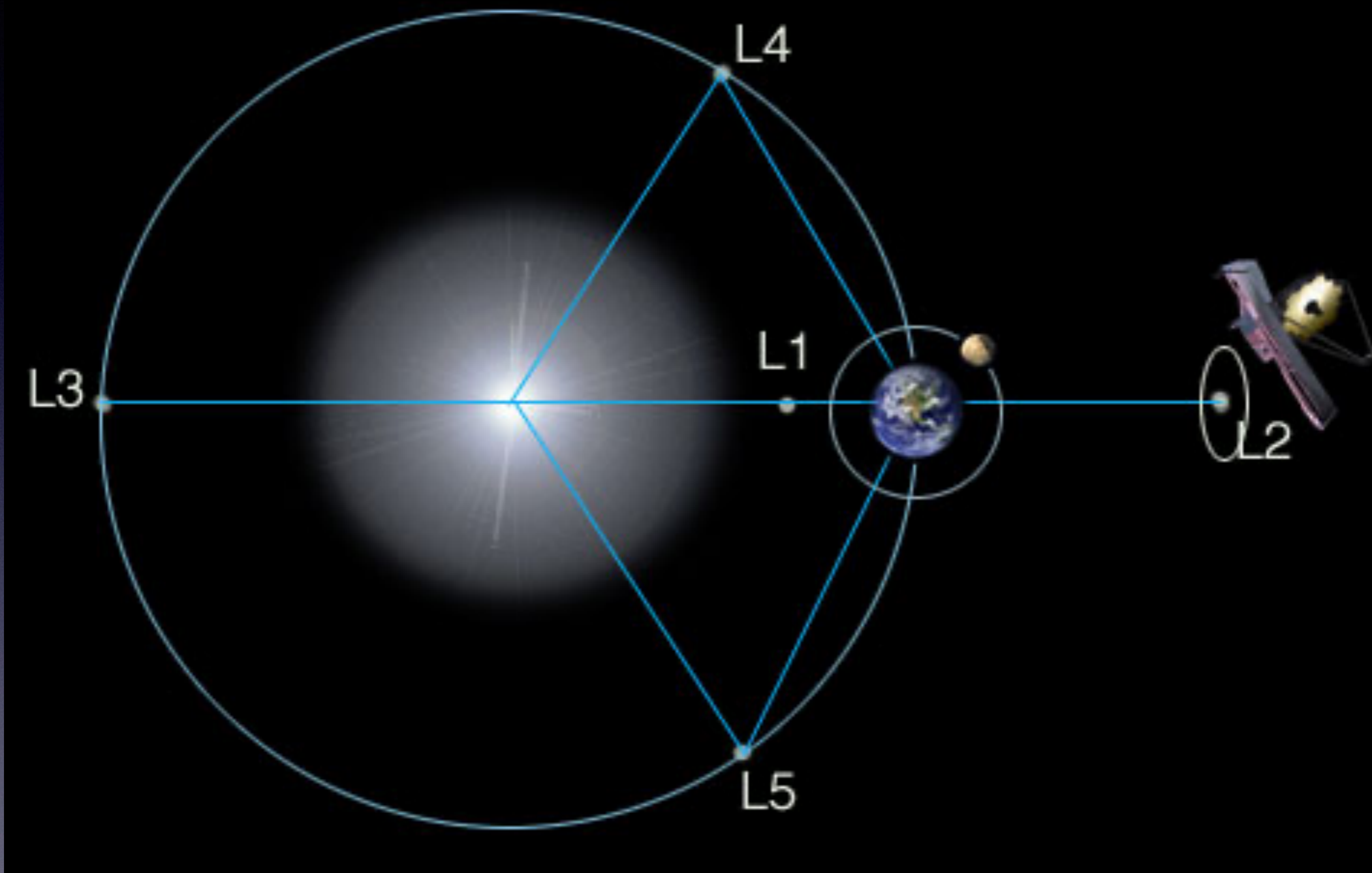
恒星からの光が惑星の大気を通ってくる



# James Webb Space Telescope (JWST)







<https://webb.nasa.gov/content/about/orbit.html>





<https://www.nasa.gov/image-feature/goddard/2022/nasa-s-webb-delivers-deepest-infrared-image-of-universe-yet>



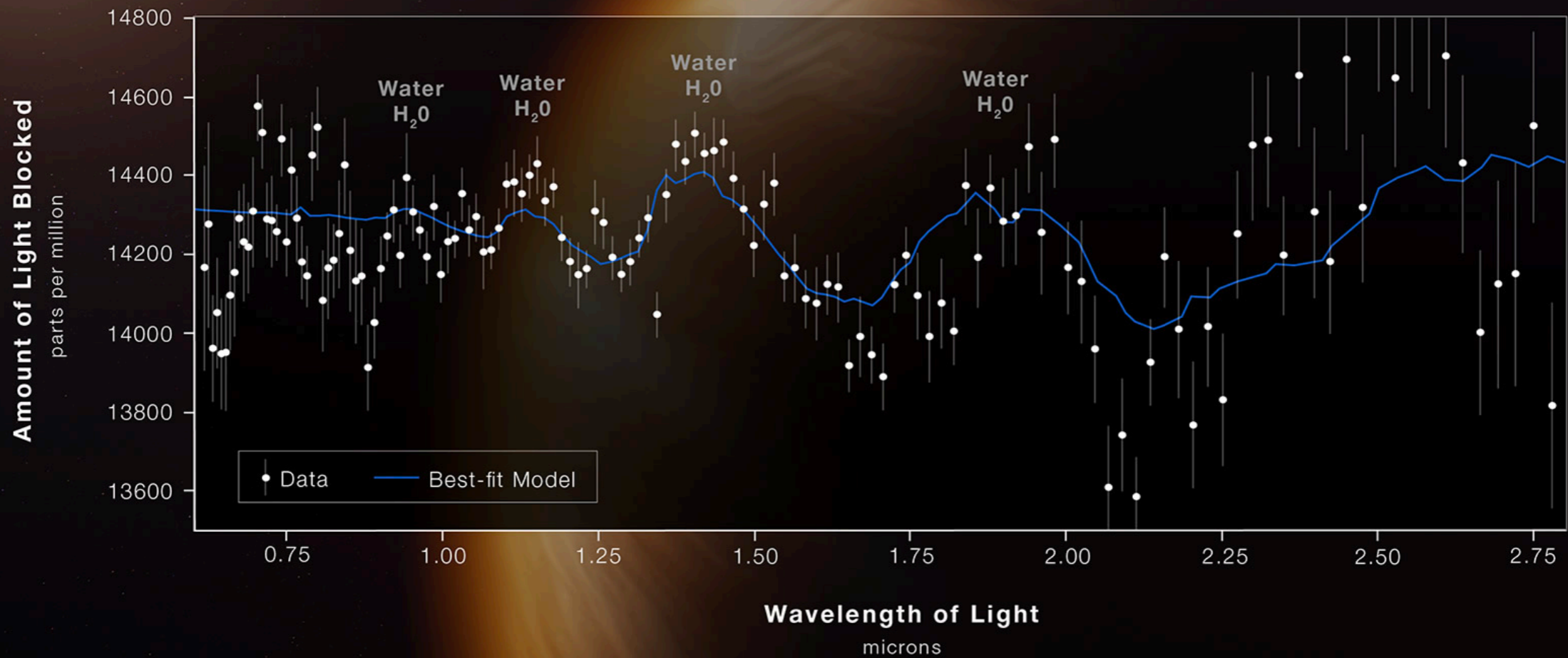




HOT GAS GIANT EXOPLANET WASP-96 b

# ATMOSPHERE COMPOSITION

NIRISS | Single-Object Slitless Spectroscopy



**WEBB**  
SPACE TELESCOPE



# まとめ

- 太陽系の外の惑星は近年大量に見つかっている
- 観測の手法
  - 原理は理解できる（幾何学、力学）
  - それぞれの方法で強みが異なる
- 最近の研究
  - 地球に近い天体も見つかってきている
  - 太陽系外惑星の大気を調べる研究もできるように