Section 2.
太陽系外惑星

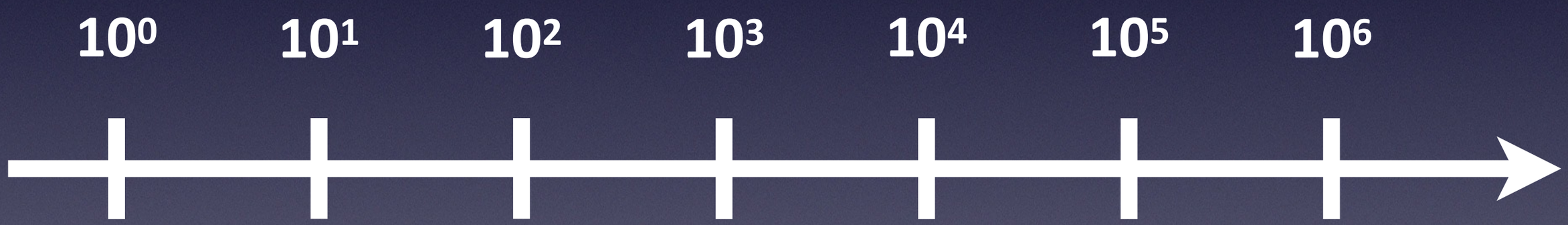
2.1 直接撮像 (写真を撮る)

2.2 ドップラー法 (速度を使う)

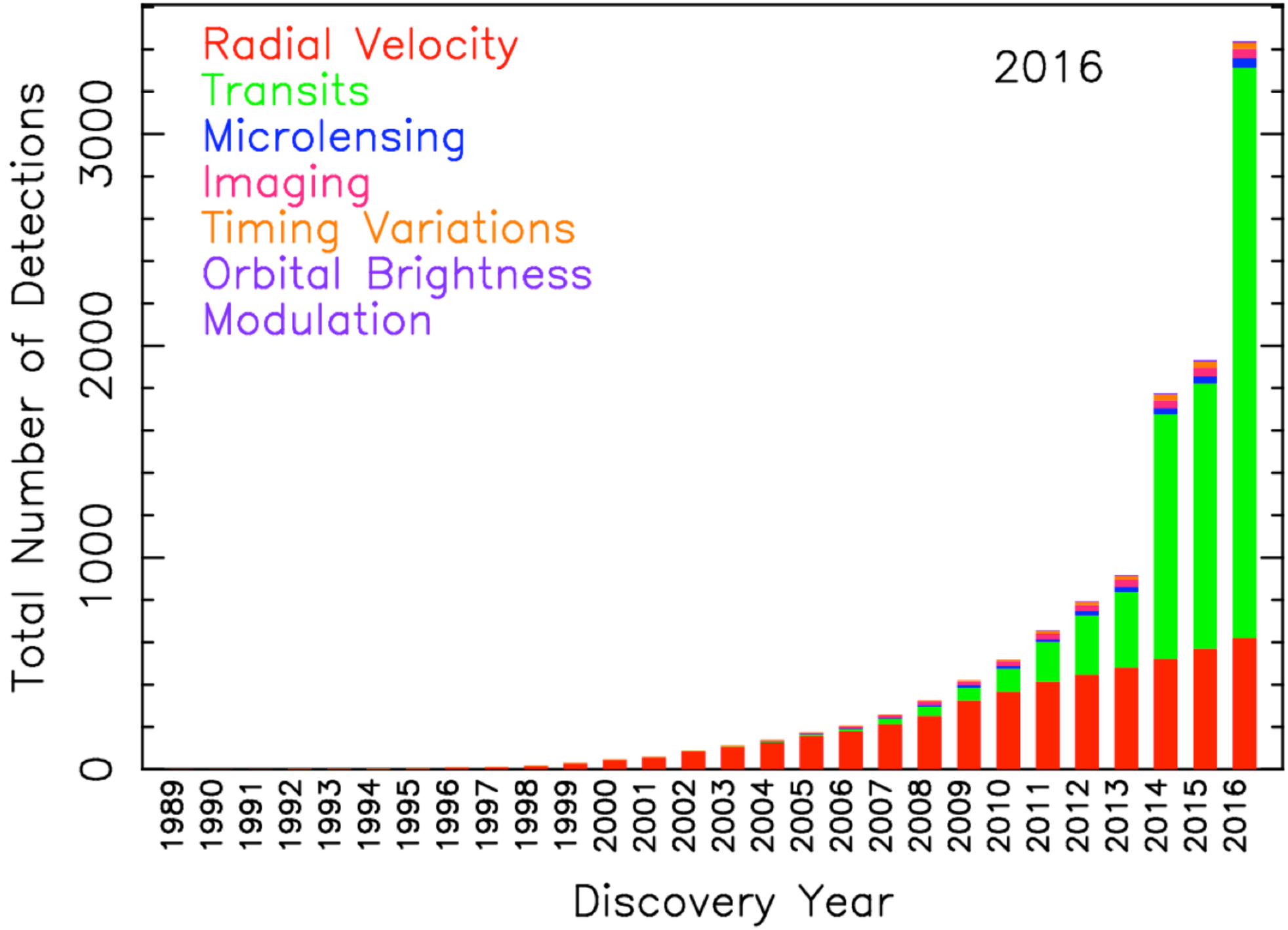
2.3 トランジット法 (食を使う)

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？

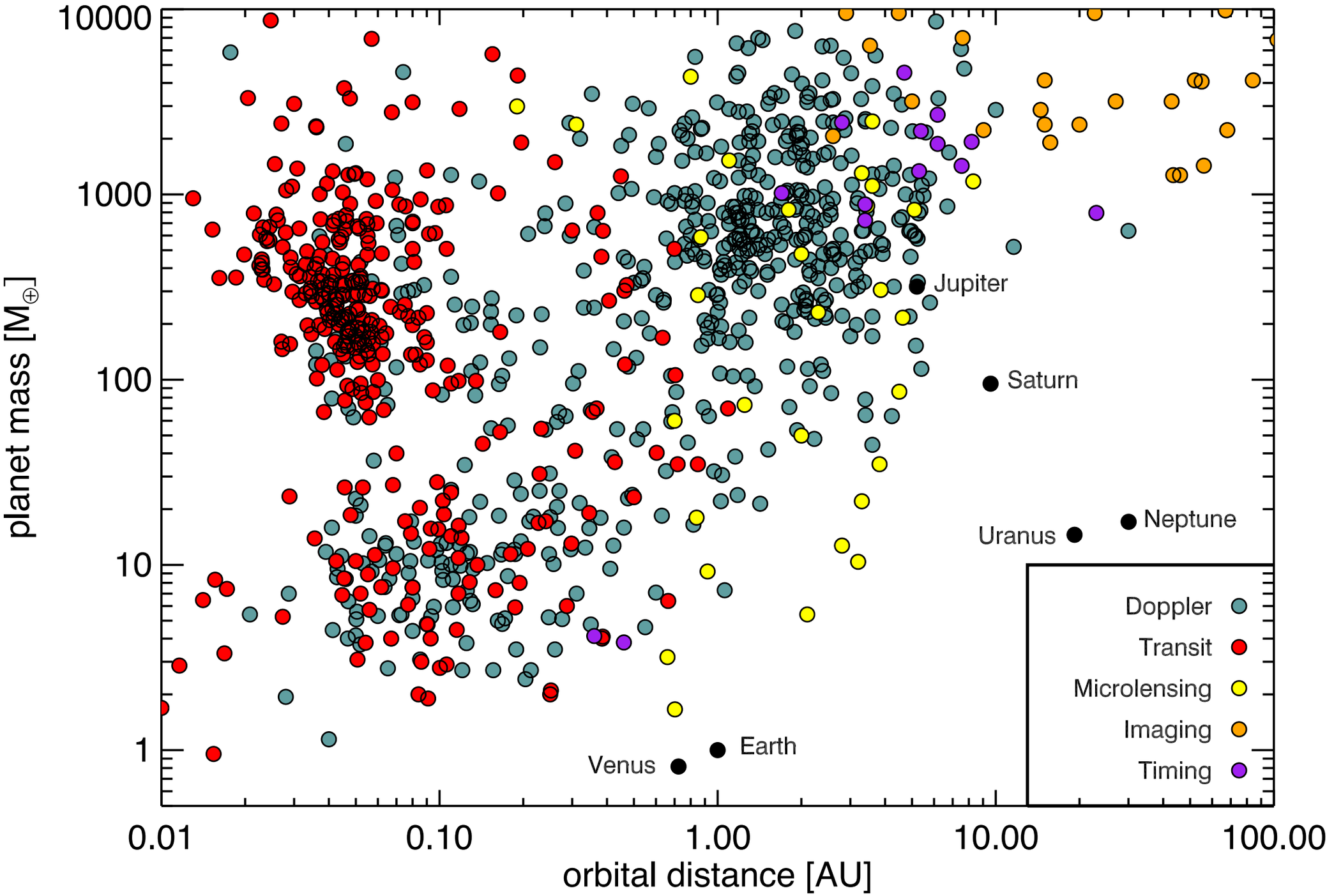


系外惑星発見の歴史



https://exoplanets.nasa.gov/exep/newsletters/issue17/archiveupdate/

太陽系外惑星 (2014年時点)



Winn & Fabrycky 2014

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？

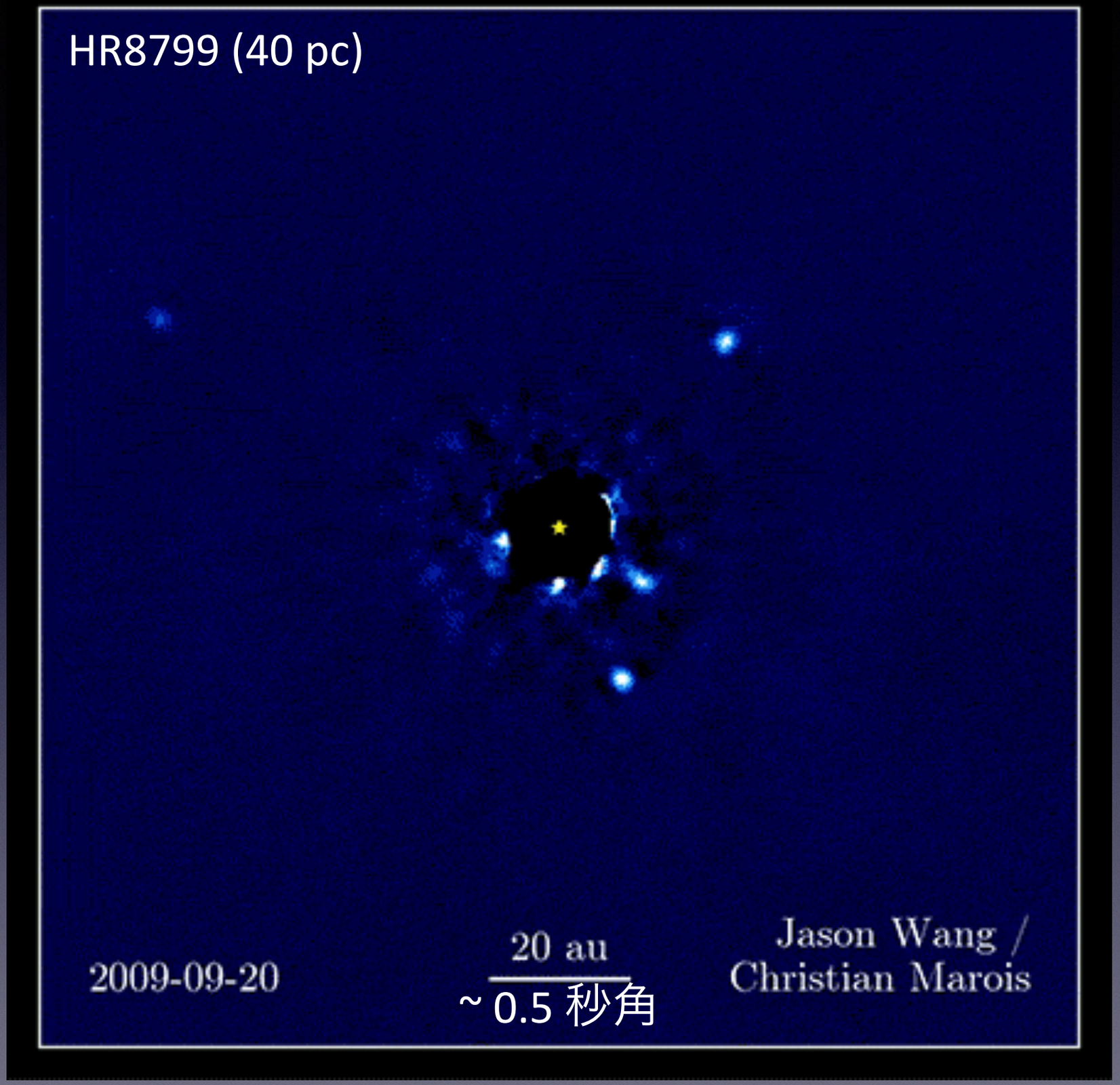
Section 2.
太陽系外惑星

2.1 直接撮像 (写真を撮る)

2.2 ドップラー法 (速度を使う)

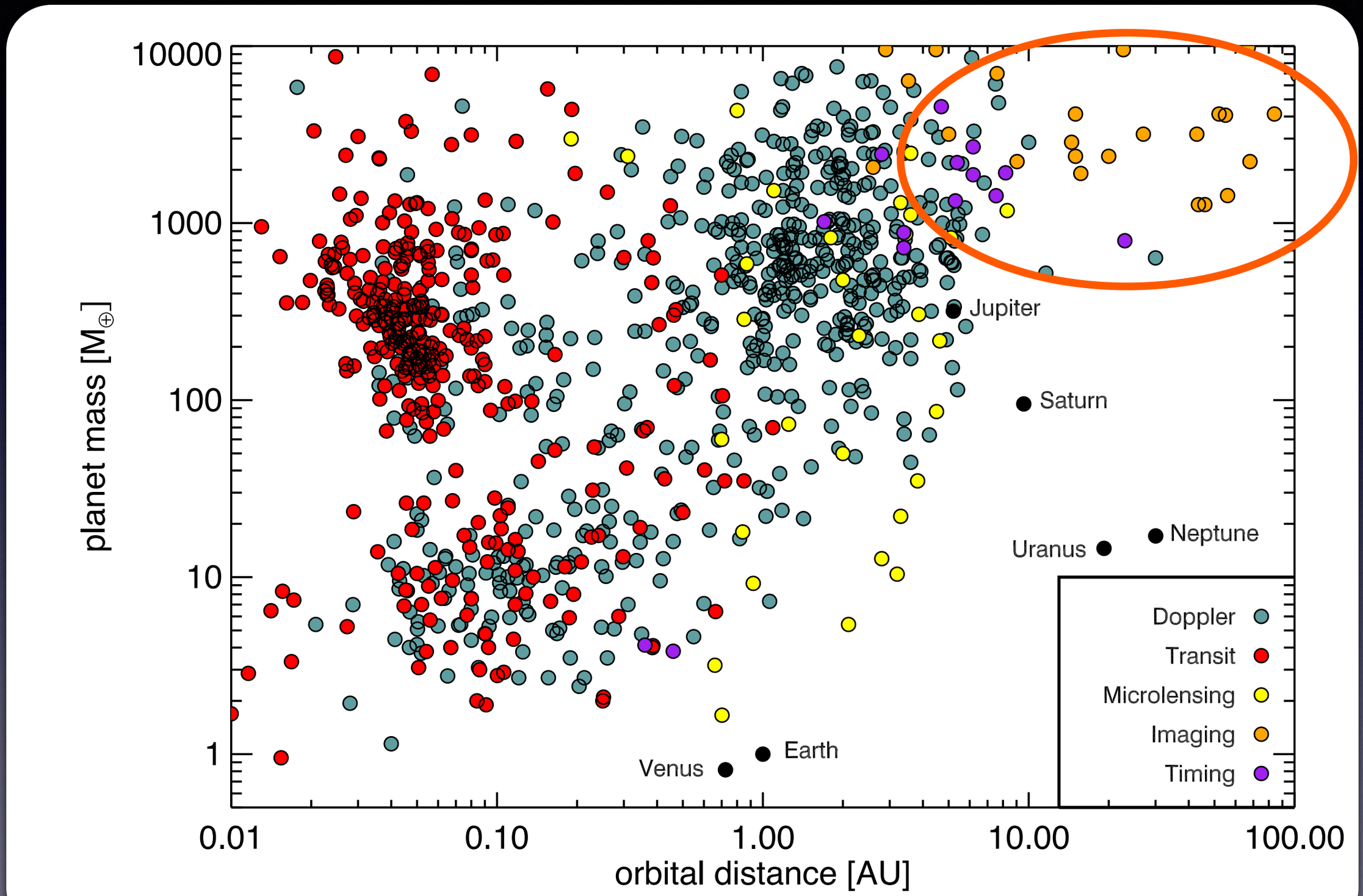
2.3 トランジット法 (食を使う)

直接撮像



https://exoplanets.nasa.gov/news/1404/a-four-planet-system-in-orbit-directly-imaged-and-remarkable/

太陽系外惑星 (2014年時点)



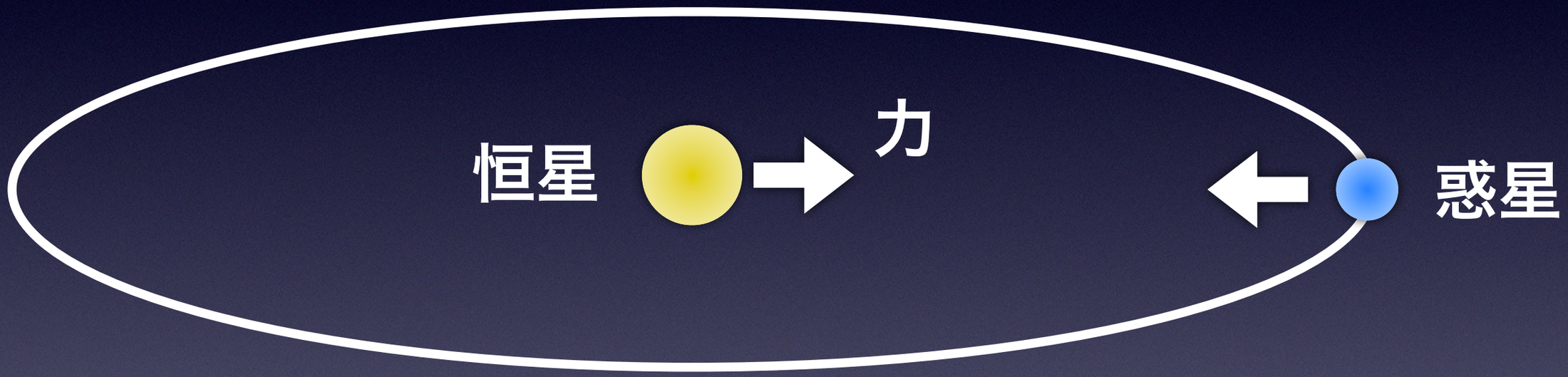
Winn & Fabrycky 2014

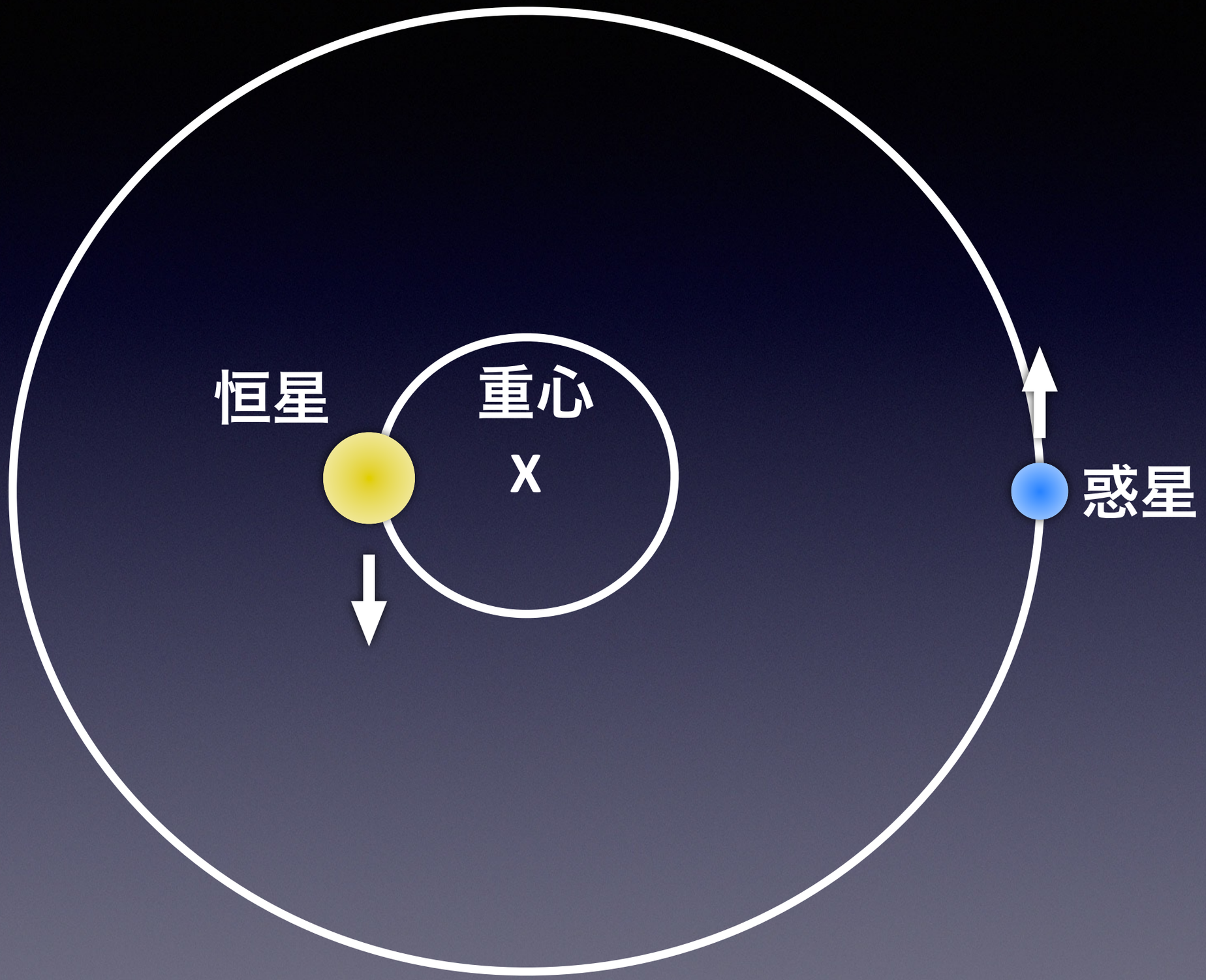
Section 2.
太陽系外惑星

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)

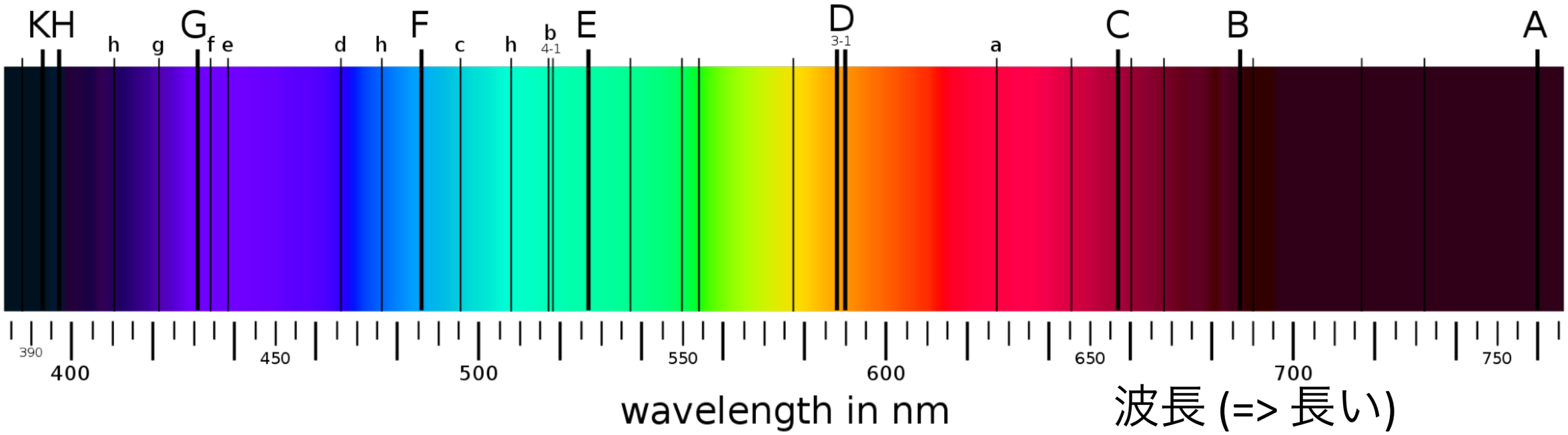

恒星
力
惑星

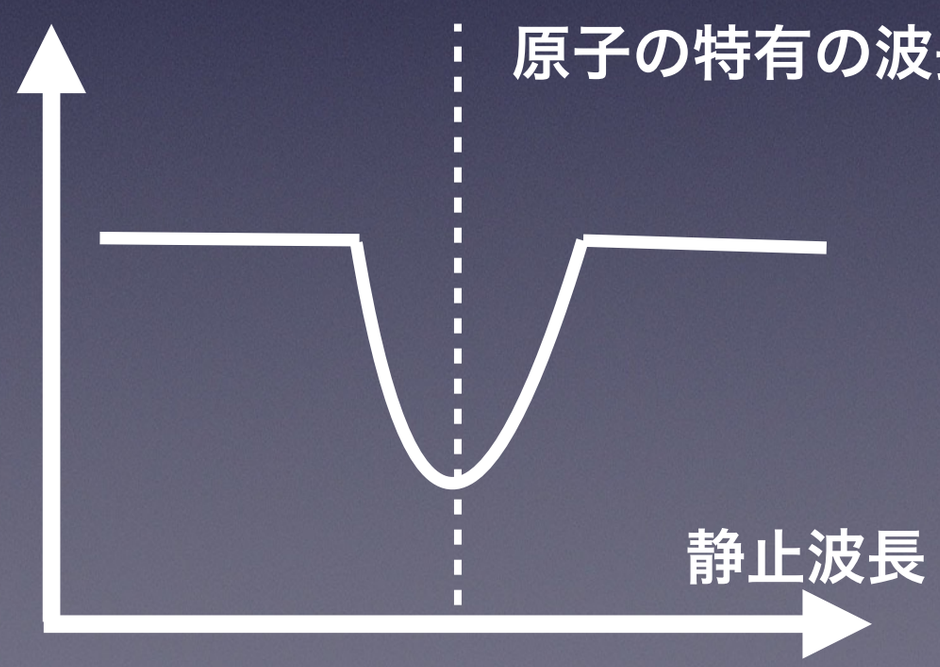

恒星
重心
X
惑星

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

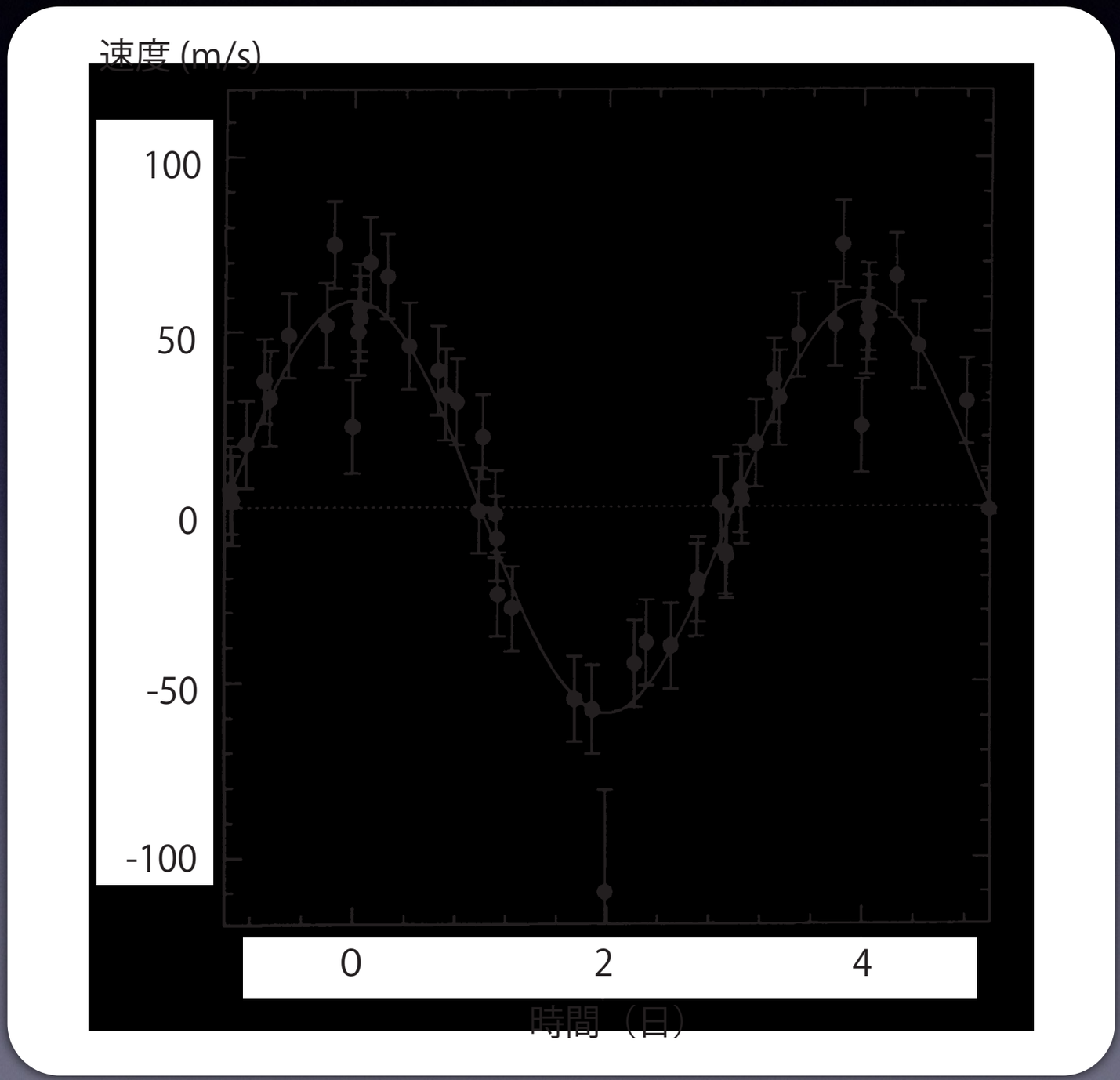




量子力学

ドップラー法：実際の分光データ

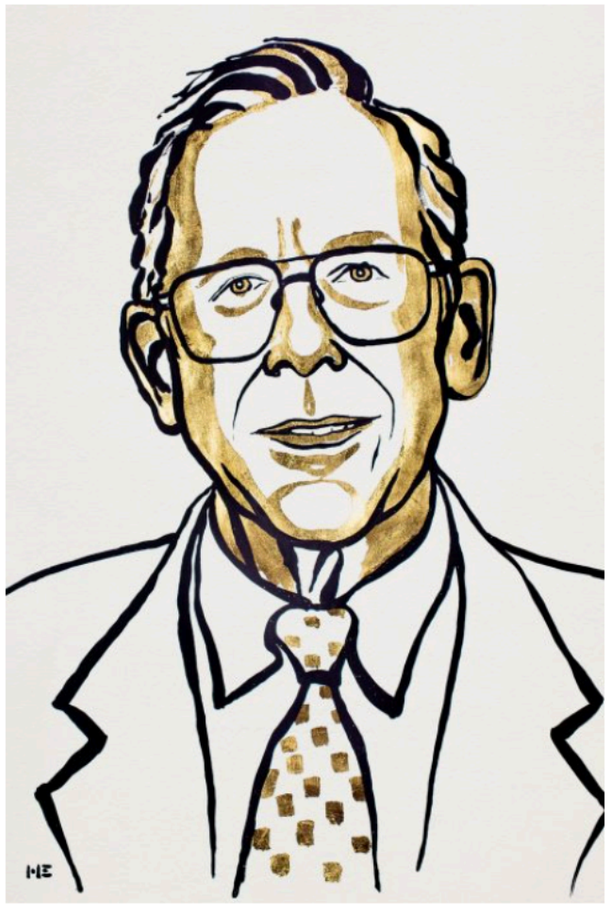
51 Pegasi: 初めて系外惑星が見つかった例 (1995年)



Mayor & Queloz 1995

2019年ノーベル物理学賞

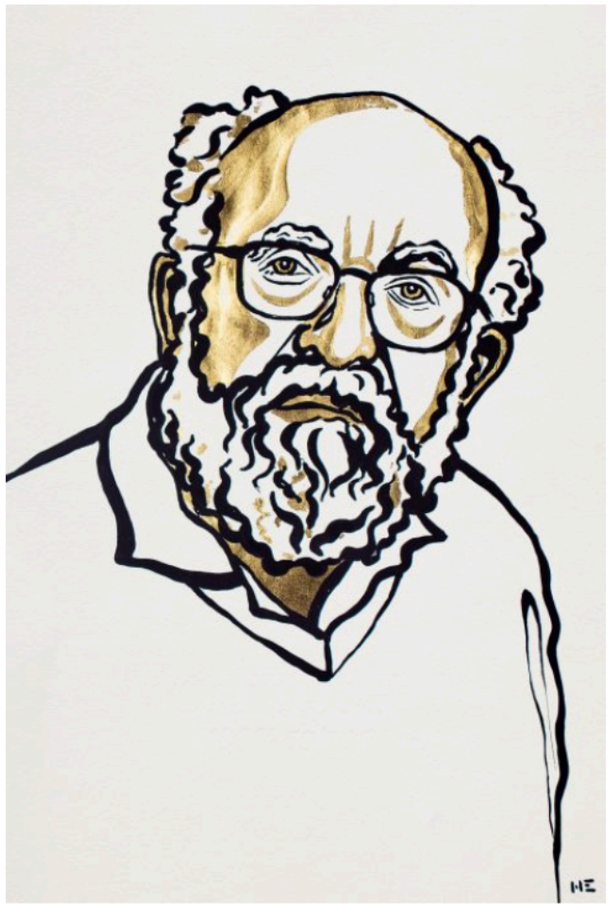
The Nobel Prize in Physics 2019



Ill. Niklas Elmehed. © Nobel Media.

James Peebles

Prize share: 1/2



Ill. Niklas Elmehed. © Nobel Media.

Michel Mayor

Prize share: 1/4



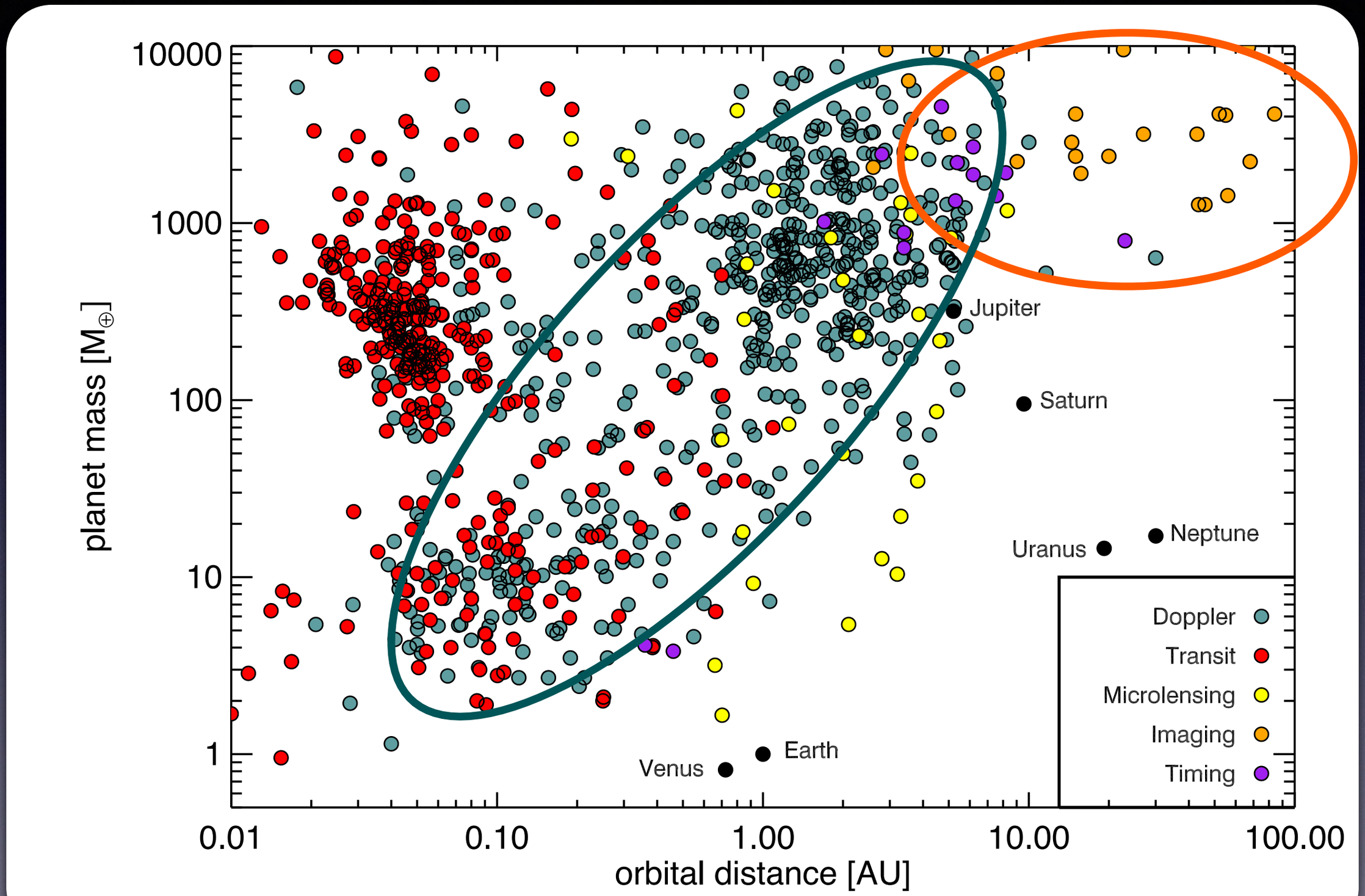
Ill. Niklas Elmehed. © Nobel Media.

Didier Queloz

Prize share: 1/4

https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2019/summary/

太陽系外惑星 (2014年時点)



Winn & Fabrycky 2014

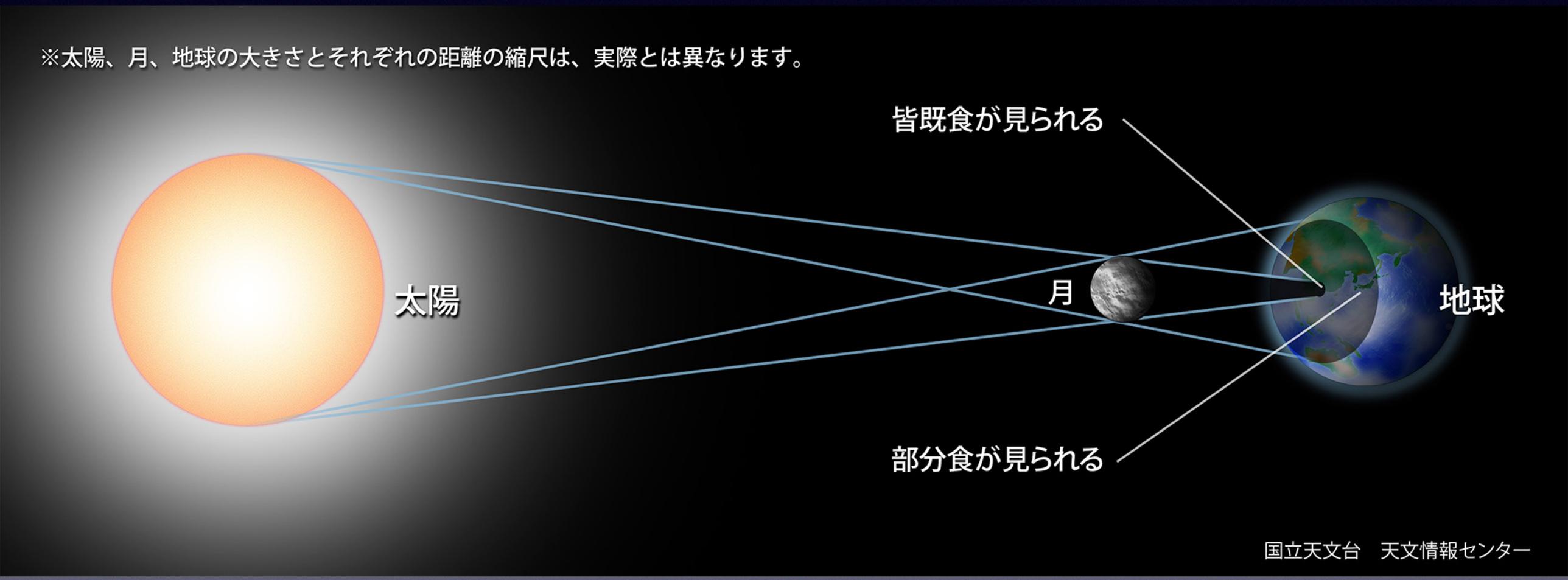
Section 2.
太陽系外惑星

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）

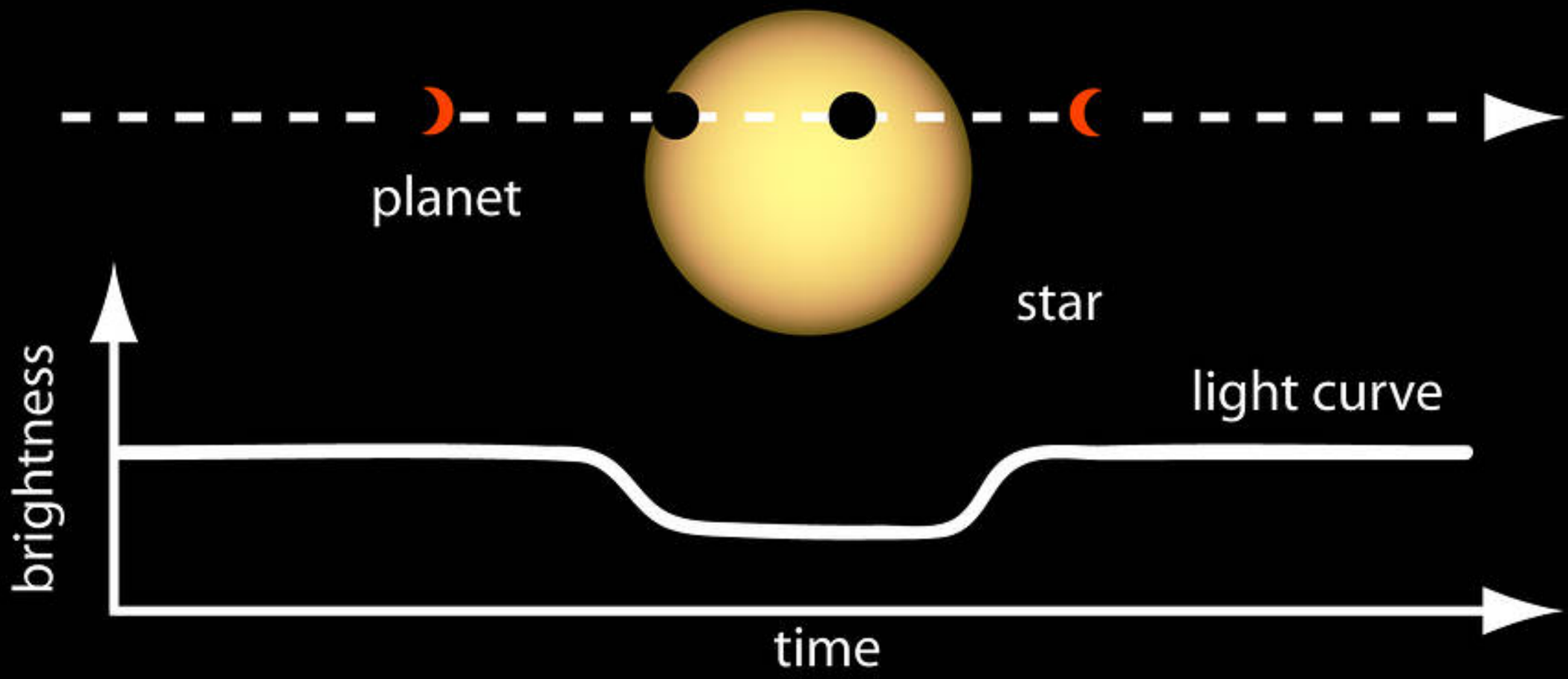


https://www.nao.ac.jp/astro/basic/solar-eclipse.html



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

明るさfの主星がΔfだけ暗くなる

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

NASA ケプラー衛星

https://www.nasa.gov/mission_pages/kepler/main/index.html

Kepler and K2

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

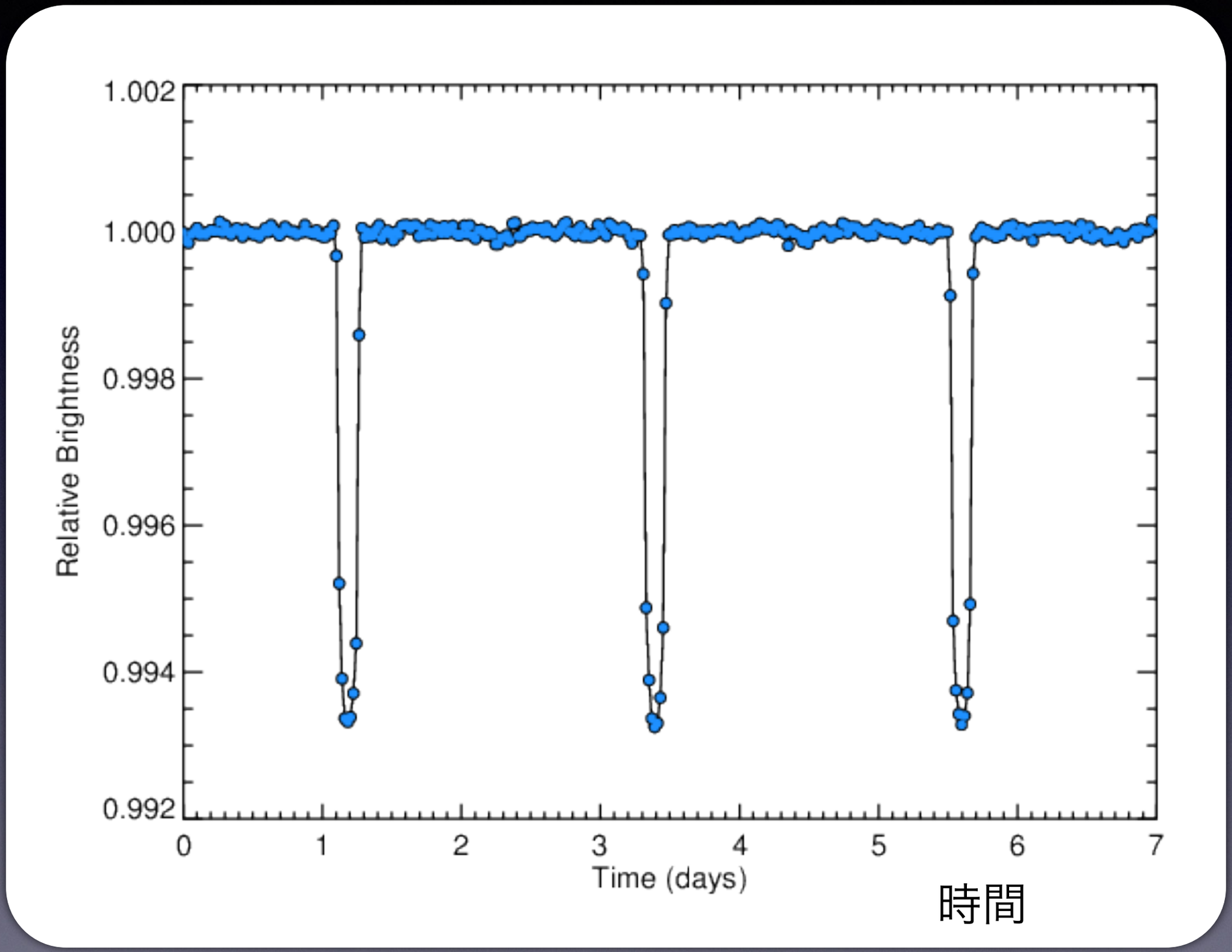
NASA Kepler and K2 Retweeted

NASA @NASA

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.

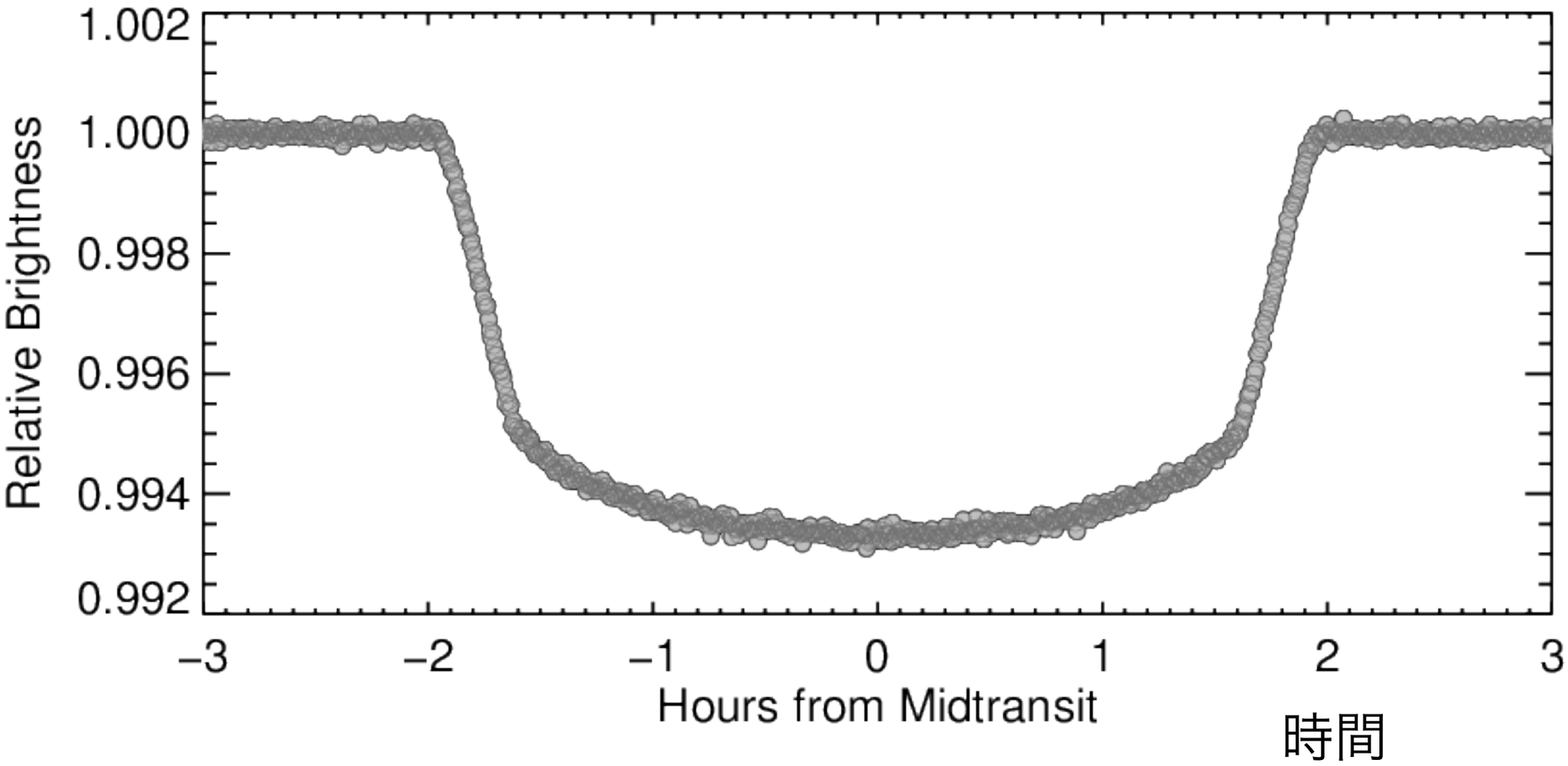
Embed View on Twitter

トランジット法：実際の観測データ



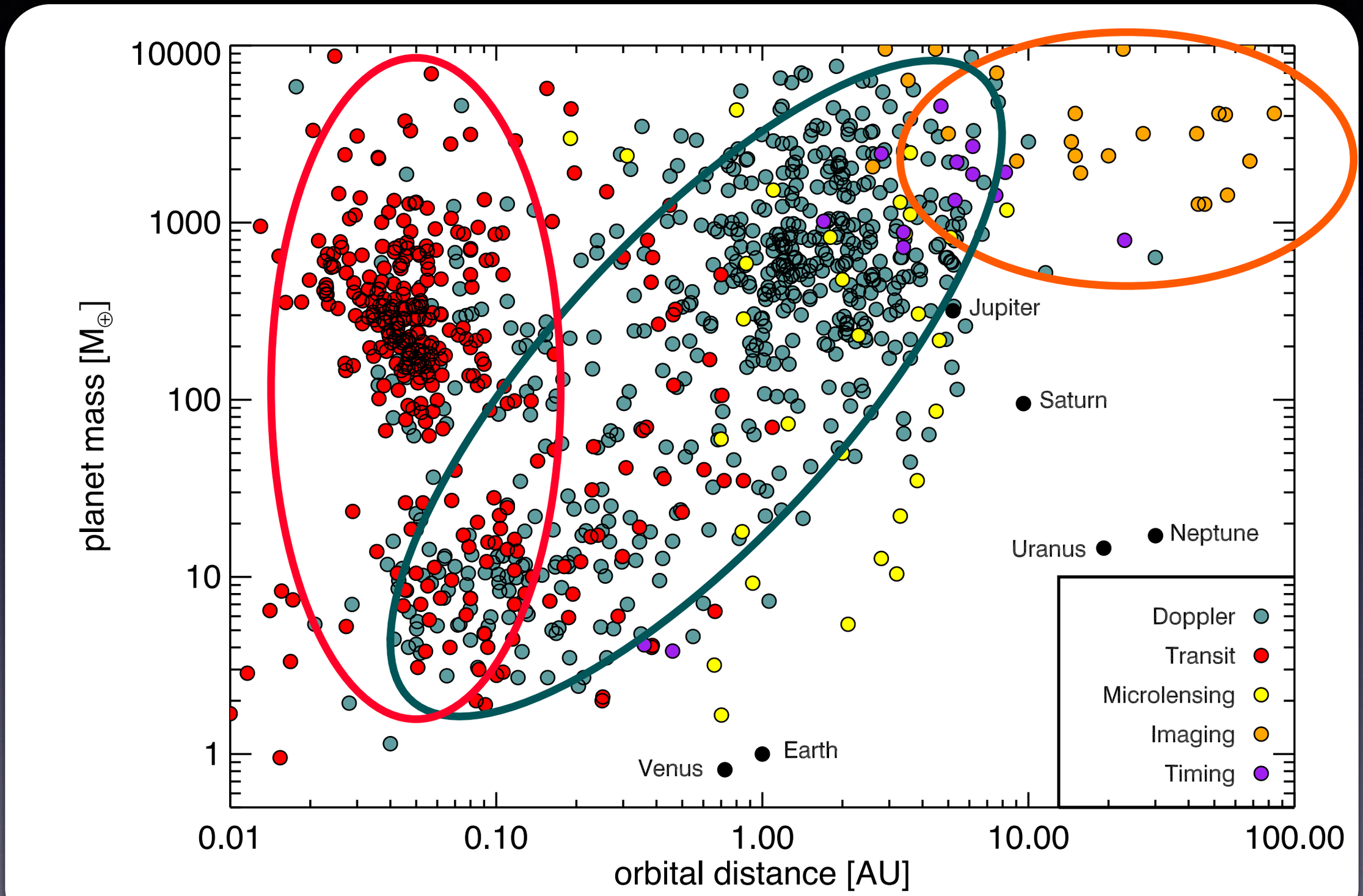
https://www.cfa.harvard.edu/~avanderb/tutorial/tutorial2.html

トランジット法：実際の観測データ



https://www.cfa.harvard.edu/~avanderb/tutorial/tutorial2.html

太陽系外惑星 (2014年時点)



Winn & Fabrycky 2014

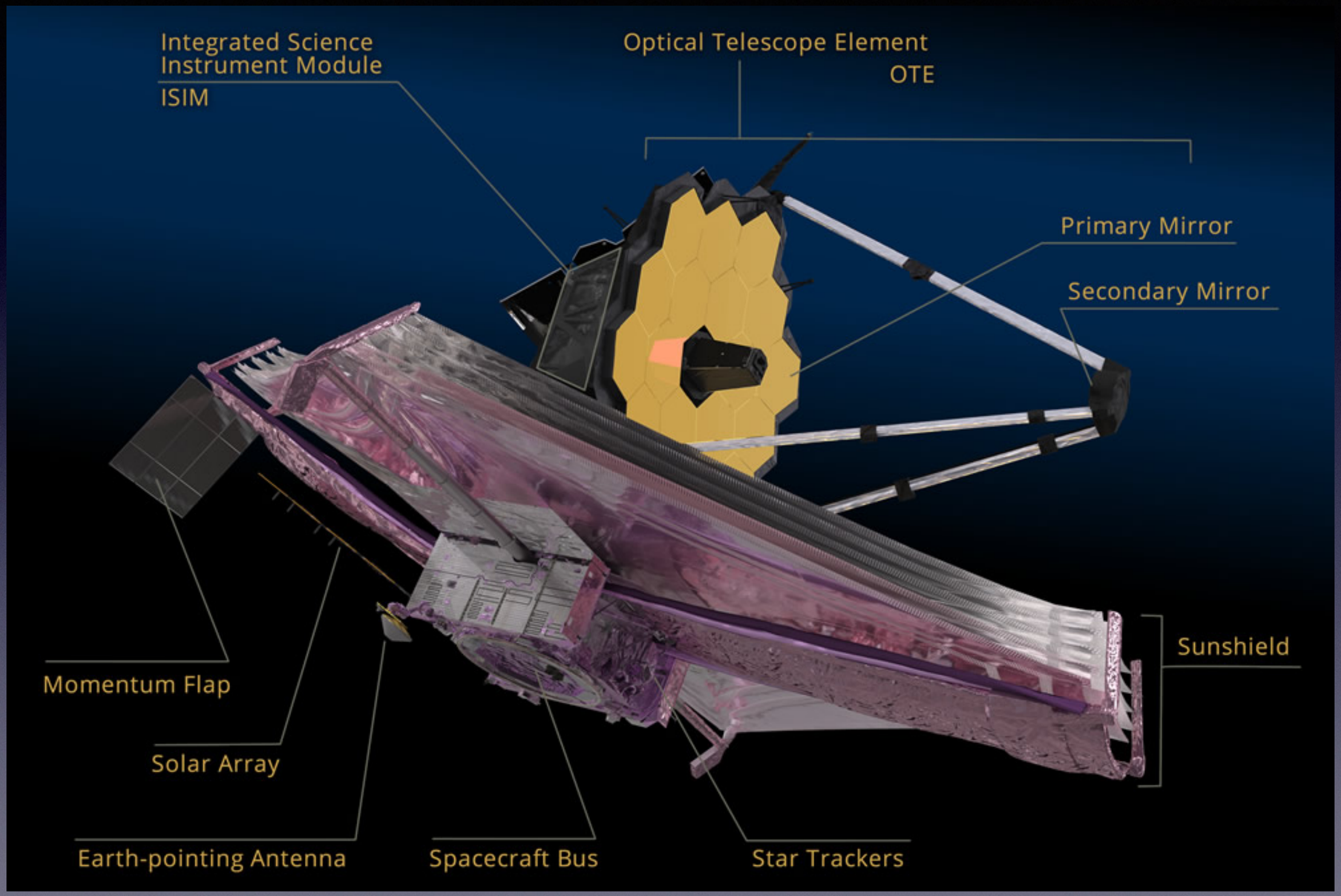
脱線：最新の研究

系外惑星の大気を調べる

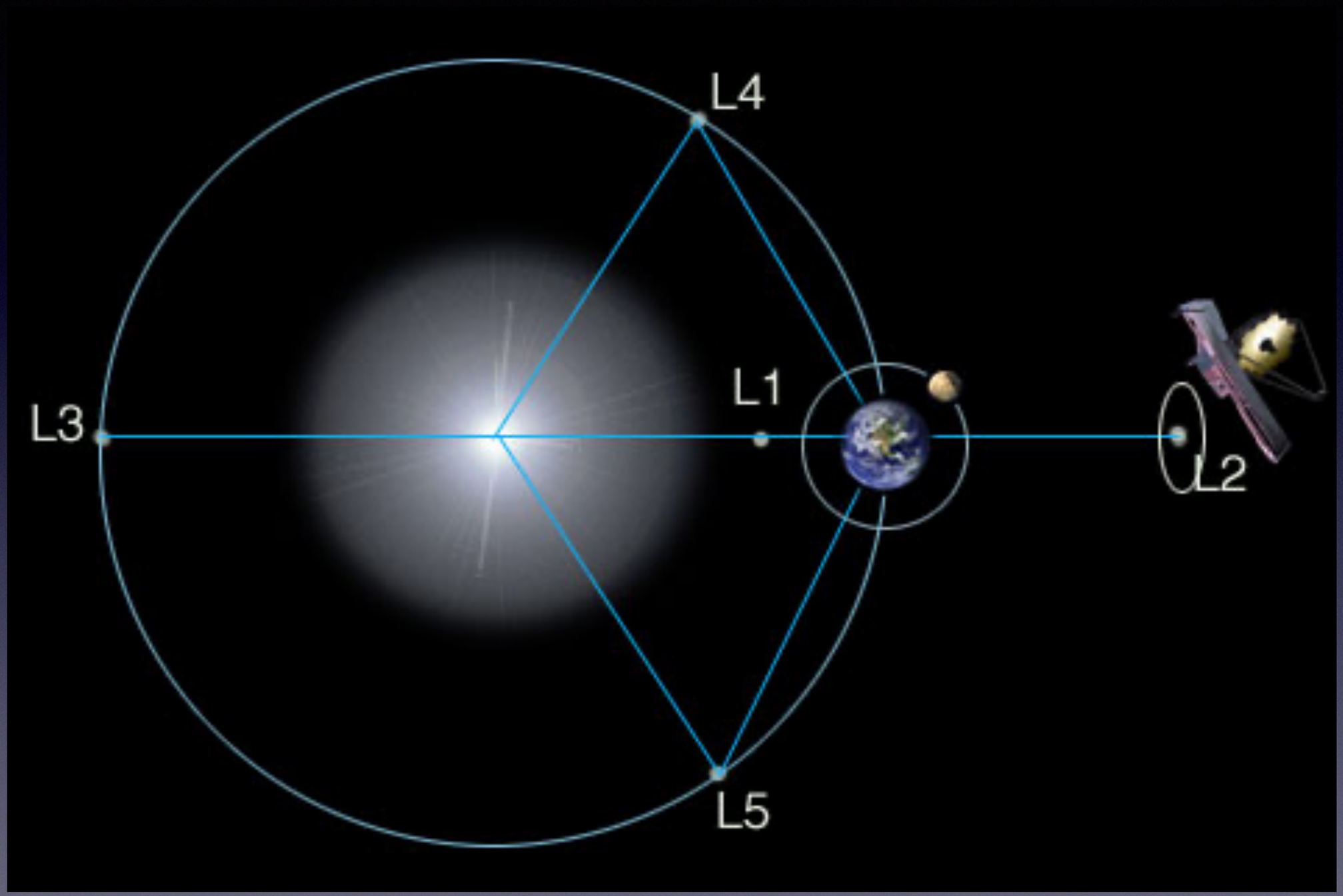


恒星からの光が惑星の大気を通ってくる

James Webb Space Telescope (JWST)



https://webb.nasa.gov/content/about/index.html



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

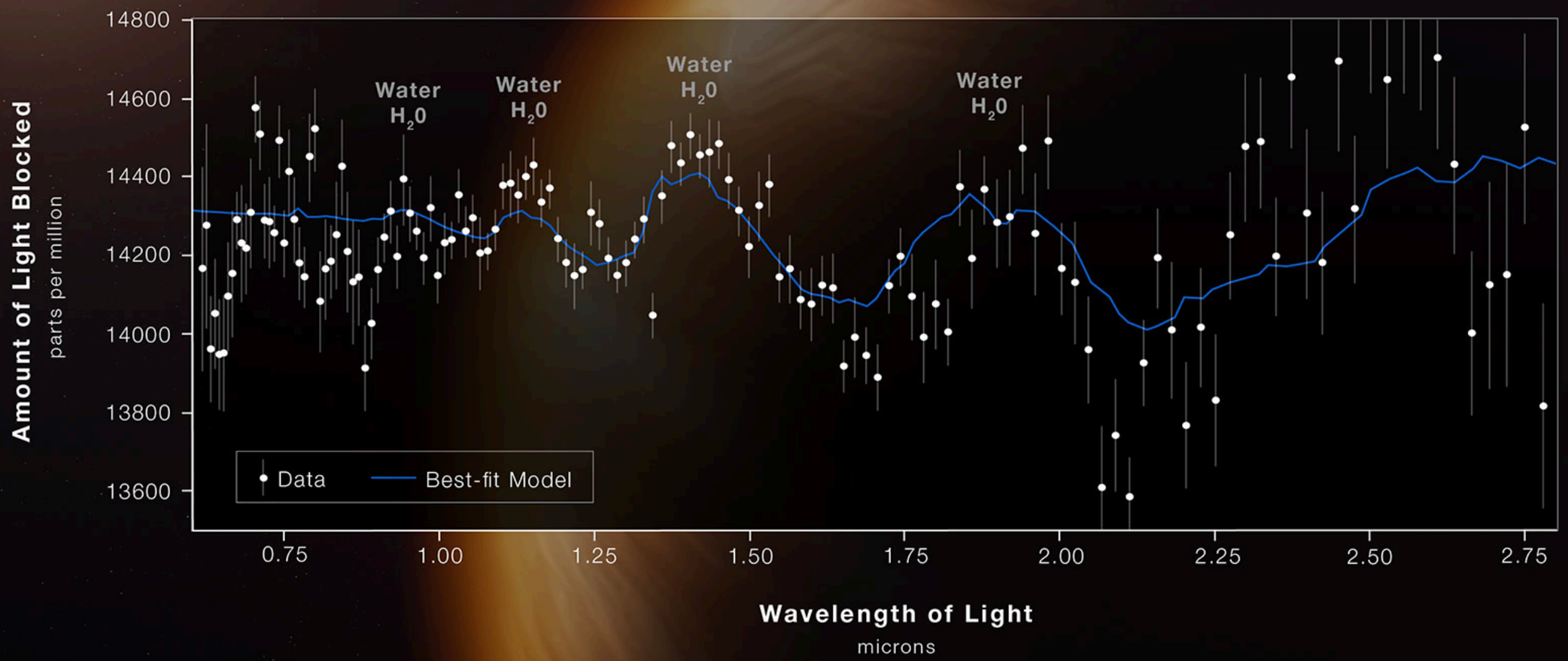


https://www.bbc.com/japanese/62119226

HOT GAS GIANT EXOPLANET WASP-96 b

ATMOSPHERE COMPOSITION

NIRISS | Single-Object Slitless Spectroscopy



WEBB
SPACE TELESCOPE

https://www.nasa.gov/image-feature/goddard/2022/nasa-s-webb-reveals-steamy-atmosphere-of-distant-planet-in-detail

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