遠くの星を見る
~系外惑星~

北海道大学 理学部 地球惑星科学科4年
花田陸斗

自己紹介

- 氏名：花田陸斗
- 所属：北海道大学 理学部 地球惑星科学科4年
  惑星宇宙グループ 倉本/鎌田研究室
- 研究内容：系外惑星大気

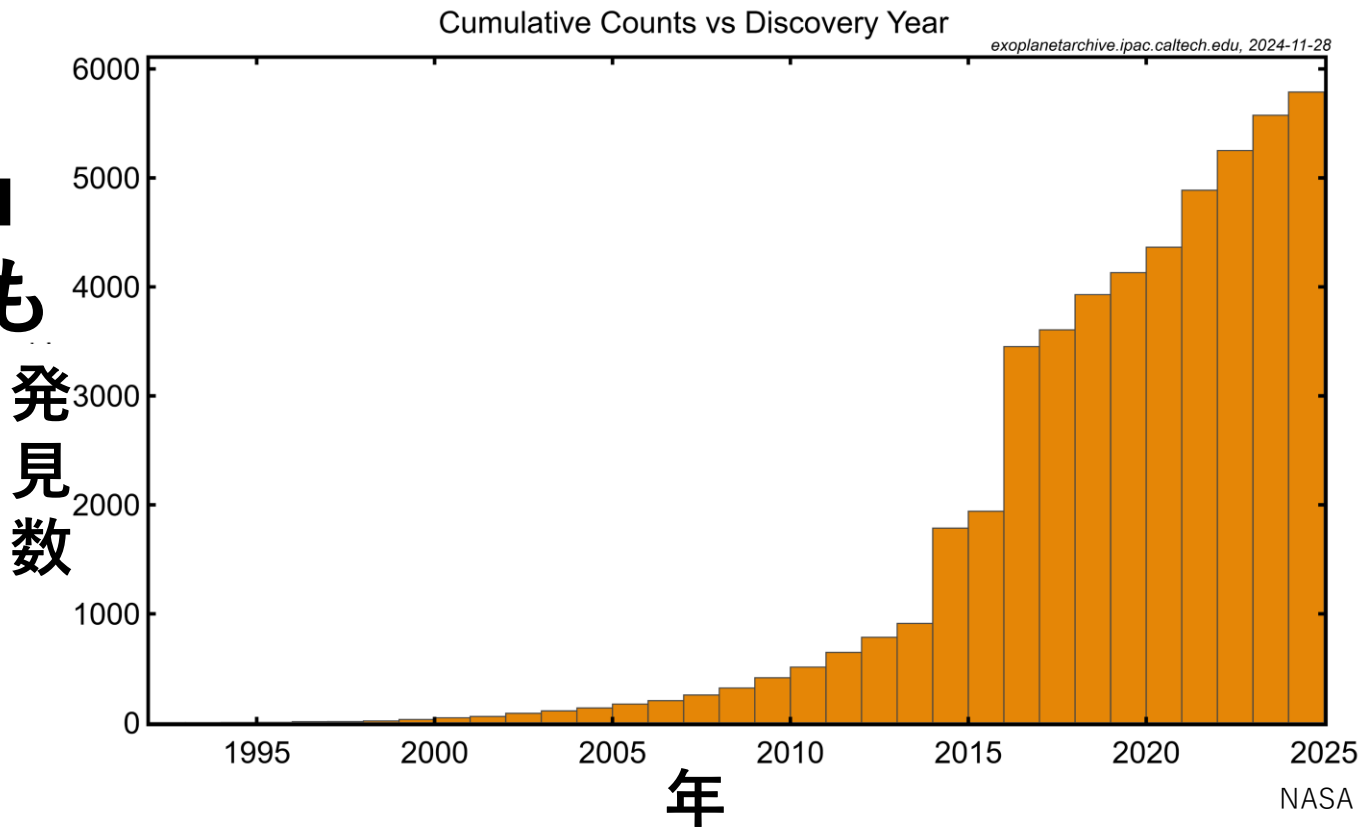
- 出身：埼玉県
- 趣味：ポケポケ

目次

- 系外惑星って何？
- 系外惑星の発見
- 系外惑星の観測方法
- 系外惑星大気の観測

系外惑星とは

- 太陽系の外にある惑星
  ＝太陽以外の恒星を公転する惑星
- 現在までに5788個発見
  - 一番近くて4.2光年先
    ＝9.5兆 km, 27万 au
  - 地球に似たような惑星も



最初の発見

- ペガスス座51番星b
  - 1995年にスイスのマイヨールとケローが発見（ノーベル賞）
  - 巨大ガス惑星
  - 質量は木星の半分ほど，恒星からの距離は約0.05 au
    - 木星は約5 au，水星は約0.4 au
      →太陽系を基準に考えると常識外れ！！
  - ドップラー法により発見

ESO/M. Kornmesser/Nick Risinger (skysurvey.org)

系外惑星の代表的な発見方法

- ドップラー法（発見数: 1094）
  - 恒星に近く，重い惑星に適している
  - 2012年ごろまでは主流だった
- トランジット法（発見数: 4310）
  - 恒星に近く，大きい惑星に適している
  - 現在の主流
- 重力マイクロレンズ法（発見数: 230）
  - 重い惑星に適している
- 直接撮像法（発見数: 82）
  - 恒星から遠い惑星に適している

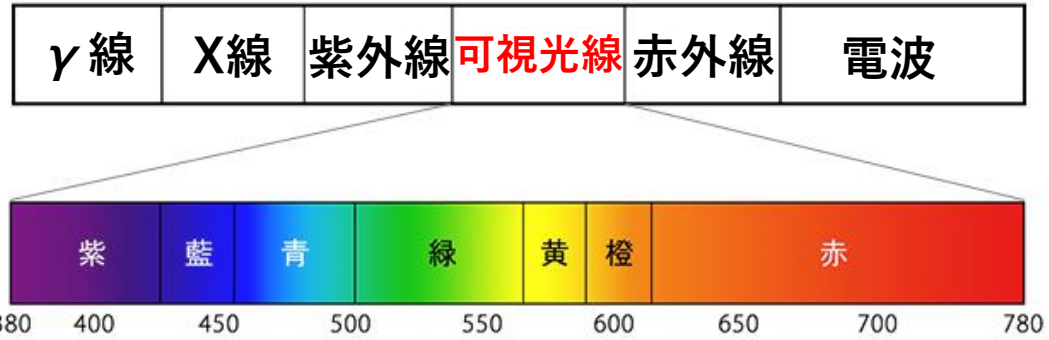
ドップラー効果

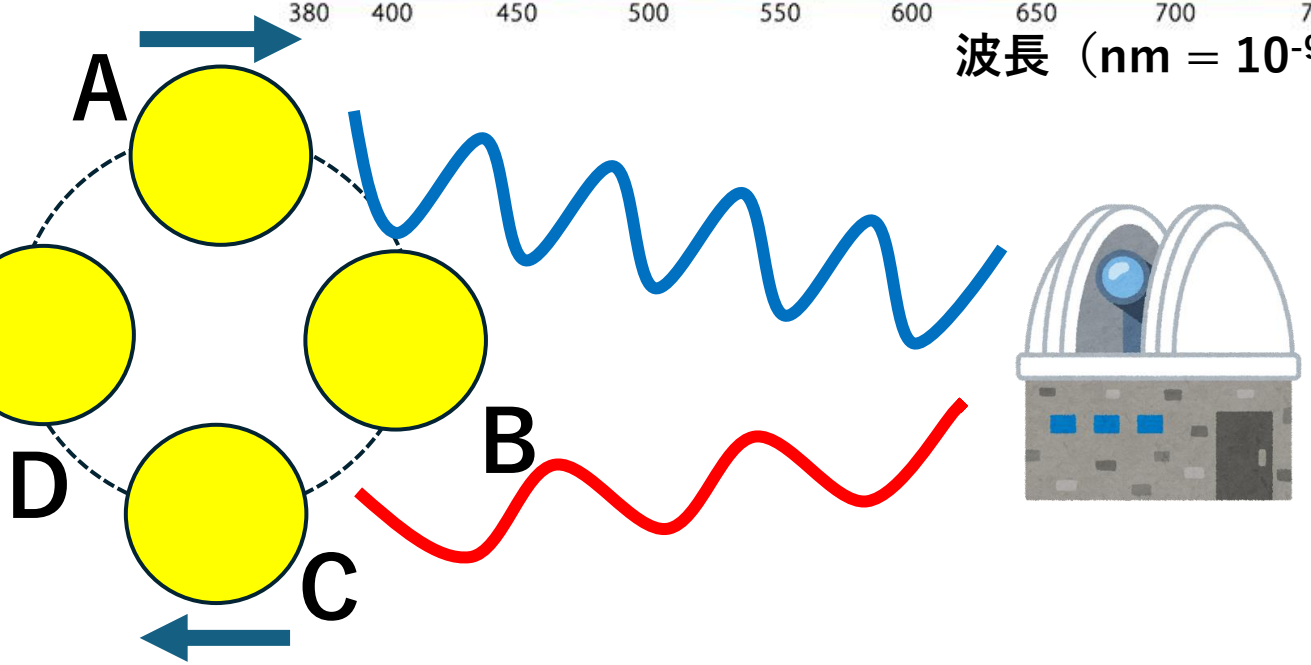
- 近づいてくる物体からの波の波長は短く、
  遠ざかる物体からの波の波長は長く観測される現象
- 例えば救急車...
  - 音は波

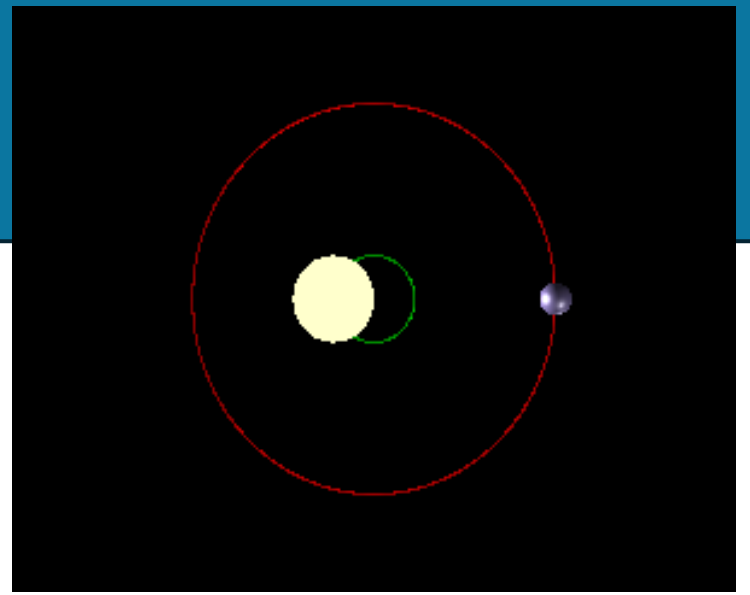
ドップラー法

- ドップラー効果を利用した観測方法
  - 光も波！！

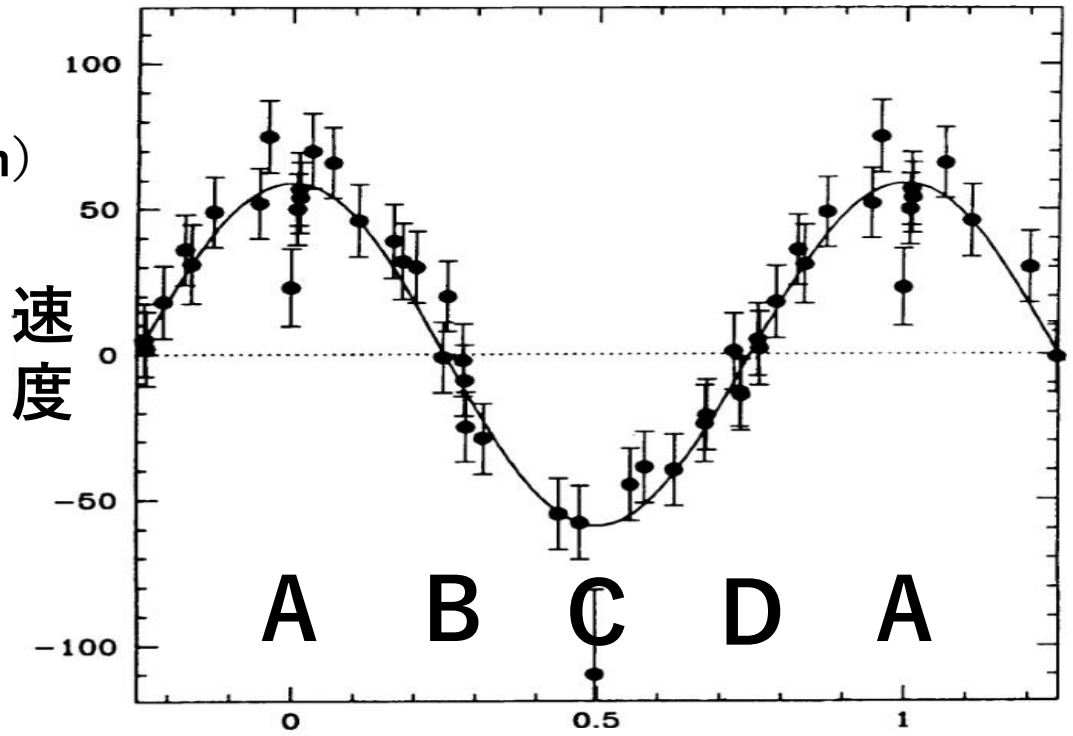
https://www.my-craft.jp/html/aboutled/led_hachou.html







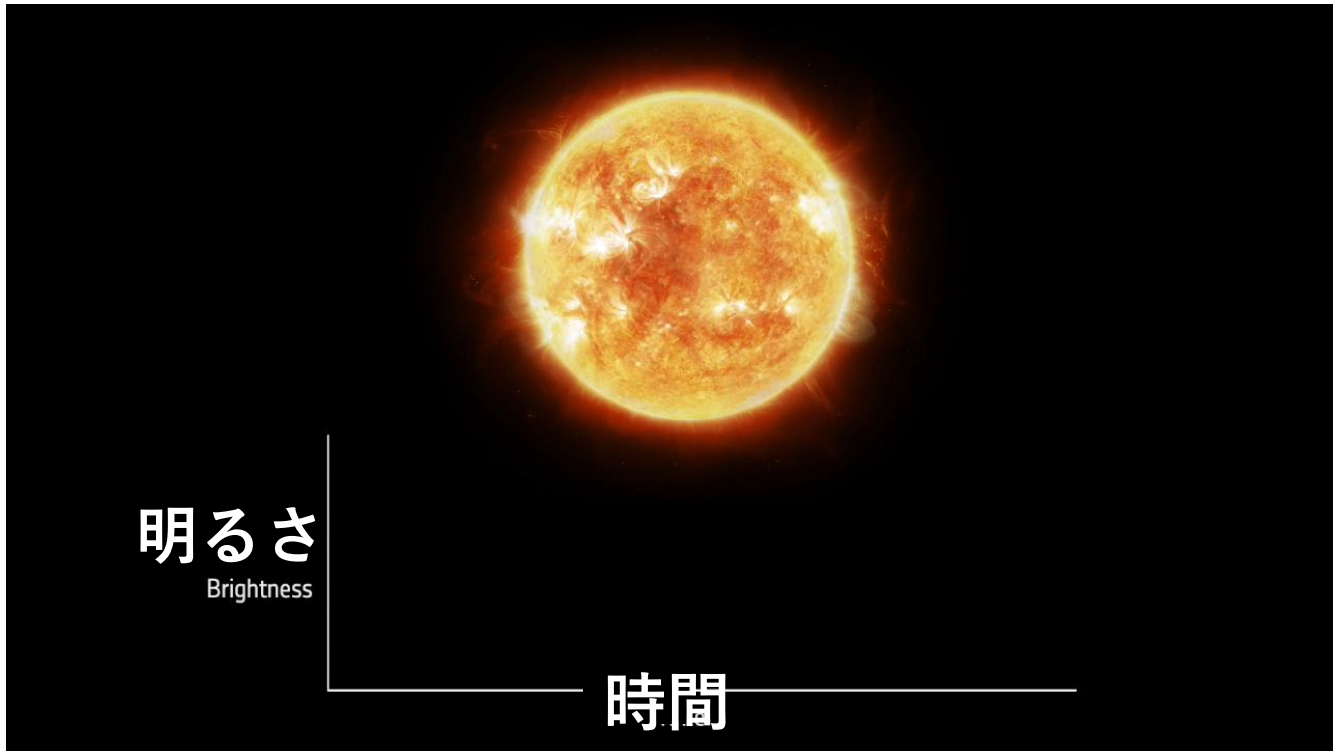
Wikipedia



Mayor & Queloz (1995)

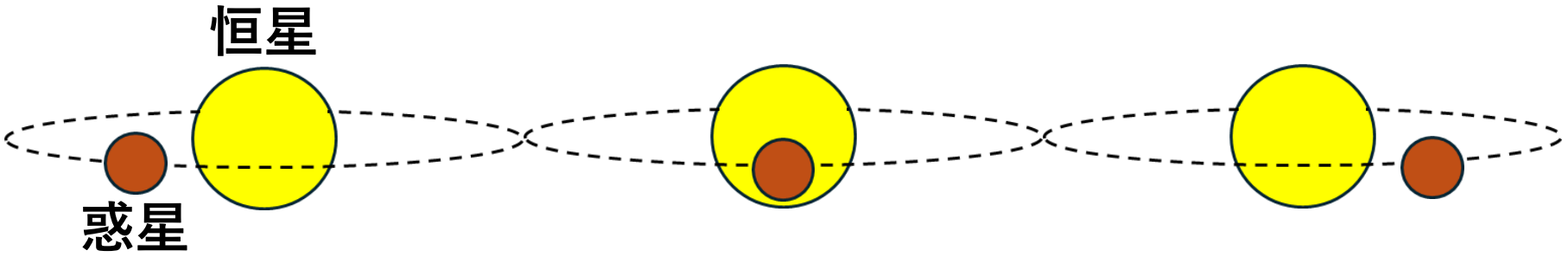
トランジット法

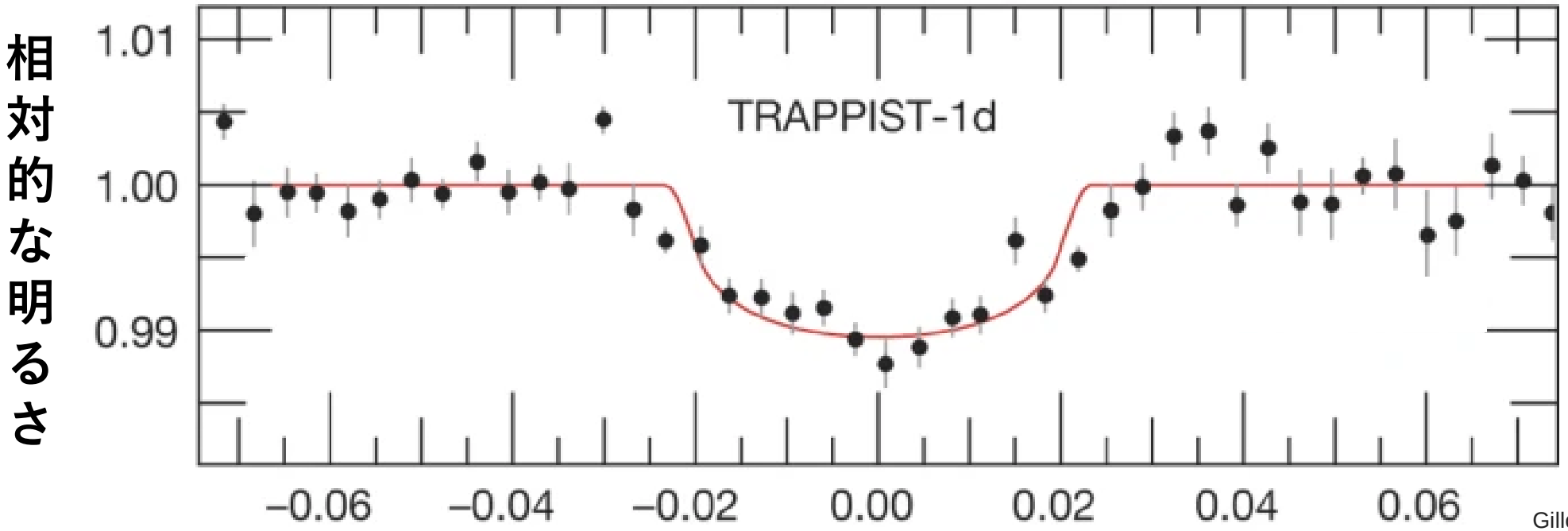
- 恒星を見ている時に惑星が恒星を横切ると，恒星が暗くなったように見える
  →このことを利用して惑星を発見する



ESA

トランジット法





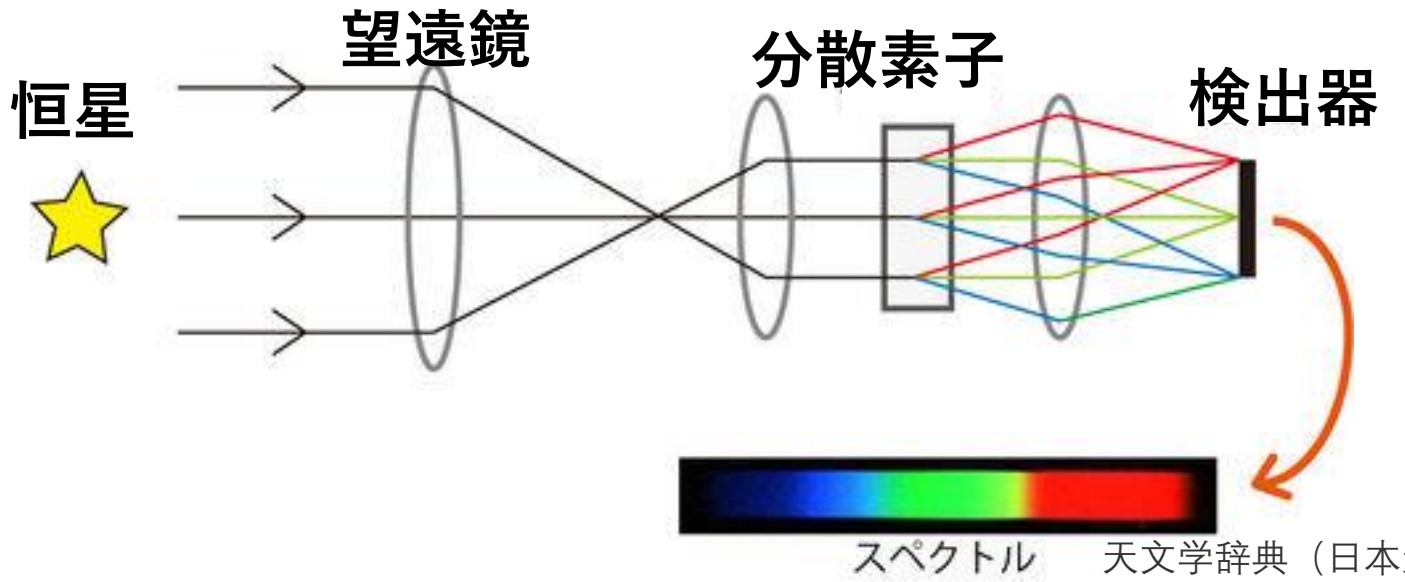
Gillon, Michaël, et al. (2016)

系外惑星大気の観測

- なぜ大気？
  - 惑星の形成・進化過程の解明
    - 太陽系にはたった8個の惑星しかない
    - 太陽系だけでなく，多くの惑星系を比較
  - 将来的には，生命の存在可能性を検証
    - そもそも大気がないと生命はいないかも
      - 生命の材料となる物質が合成されやすい環境
    - 生命活動で排出される大気成分が検出できるかも
      例）地球の酸素とメタン

トランジット分光観測による大気組成推定

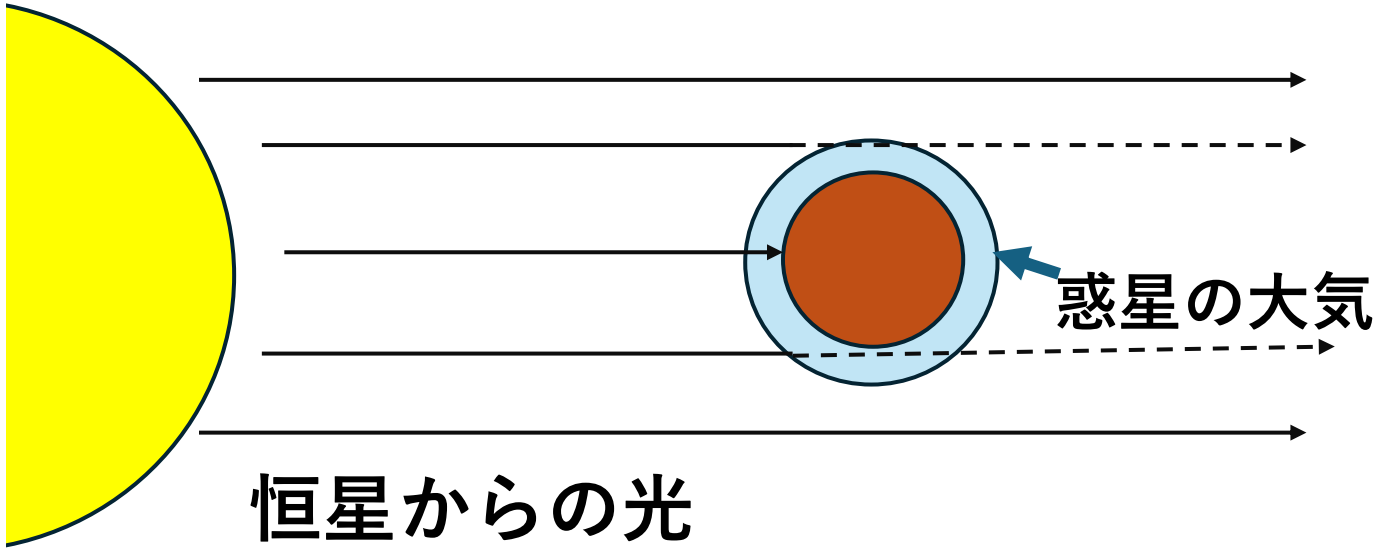
- 分光観測って？
  - 光を波長ごとに分けて観測すること
  - 分光器を用いて光を分け，
    それぞれの波長ごとの明るさを観測

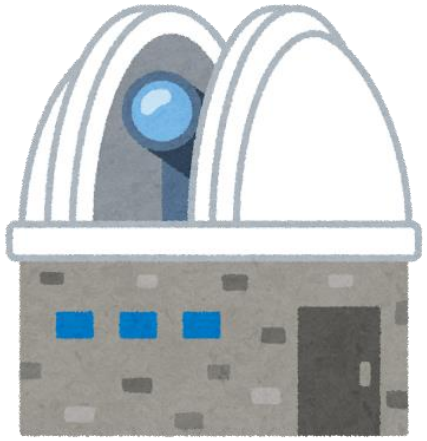


天文学辞典（日本天文学会）
https://astro-dic.jp/spectroscopy-3/

トランジット分光観測による大気組成推定

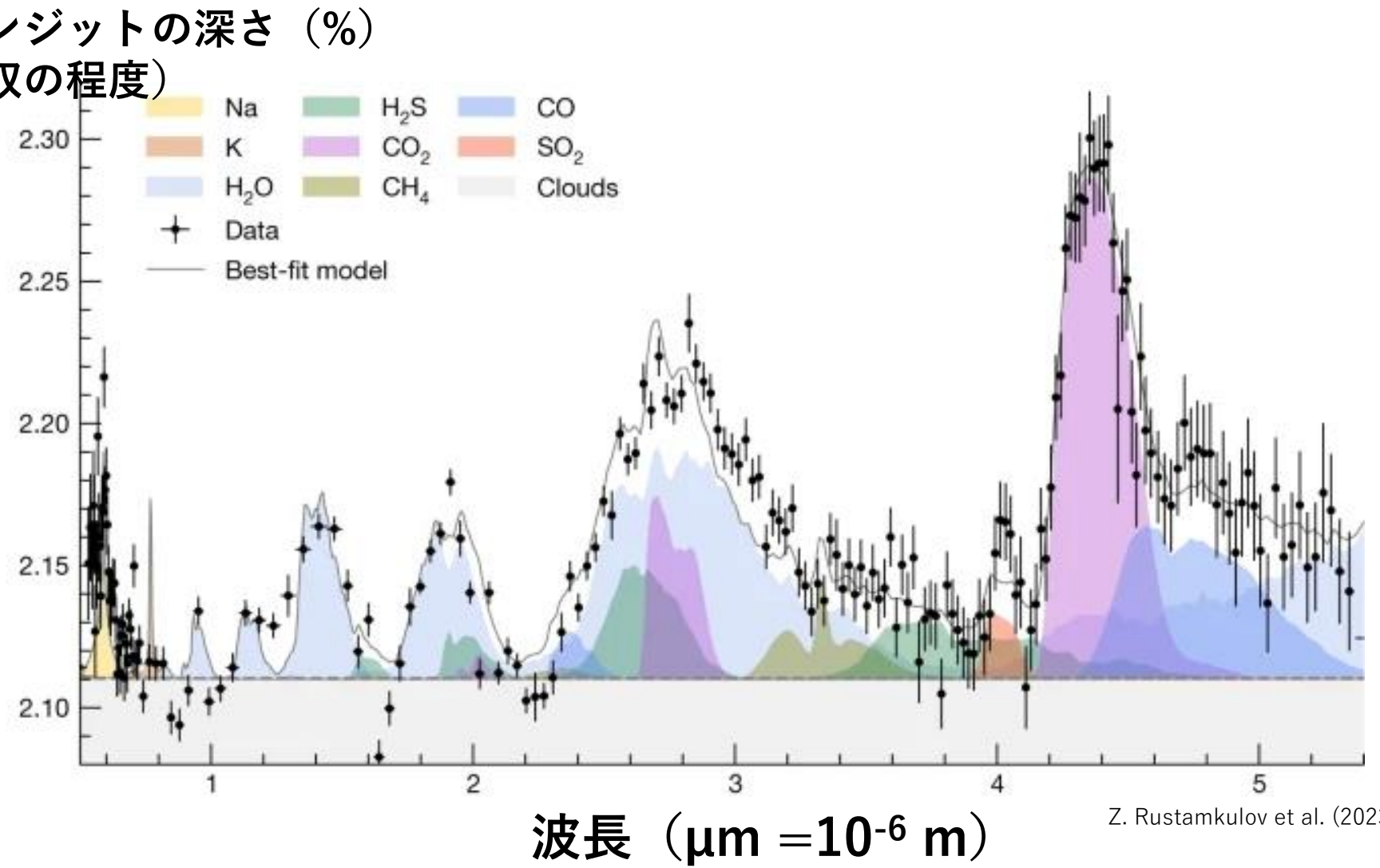
- 波長ごとに分けて何を見るのか
  - 大気中の分子はその種類ごとに特有の長さの波長の光を吸収する
  - 惑星の大気中の分子がそれぞれの波長で恒星からの光を吸収→その波長の光だけ暗くなる
  - 大気中の分子の存在が分かる！





WASP-39bの観測結果

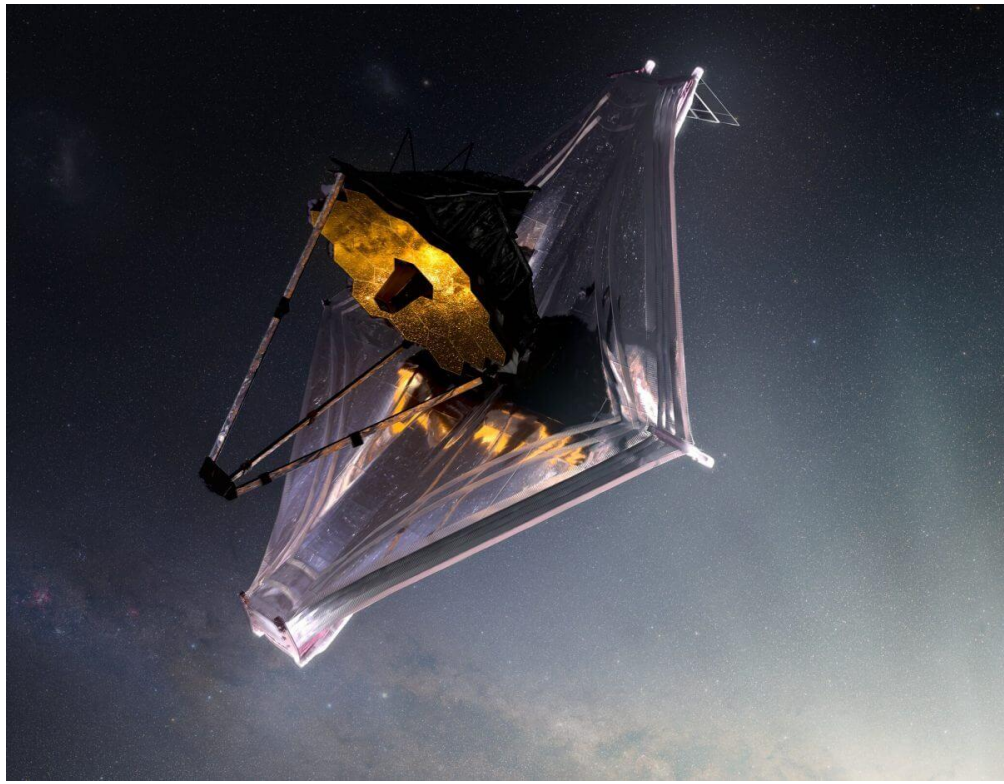
- WASP-39b
  - 巨大ガス惑星
  - 約0.05 au
- 大気中に多くの CO_2, H_2O
  - 系外惑星で初のCO_2



Z. Rustamkulov et al. (2023)

ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡

- 2021年に打ち上げられた宇宙望遠鏡
  - 地球から見て太陽の反対側に
    150万 km離れたところで漂う
  - 鏡の大きさは6.5 m
- 宇宙望遠鏡のメリット
  - 地球の影響を受けない
    天気や大気など



NASA

- ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡により，今後，系外惑星の観測は大きく進歩
  - 生命存在可能性の検証はまだまだ

後半のまとめ

- 太陽系の外には5000個以上の惑星が存在
- 地球に似た惑星もあれば，太陽系の常識から外れた惑星もある
- 様々な発見方法
  - 近年はトランジット法が主流
- トランジット分光法により大気を観測
- 生命存在可能性の検証は，将来の課題

全体のまとめ

- 遠くの星を見るといっても，その遠さによって観測方法や観測できることには大きな違いがある

  - 冥王星
    - 探査機を飛ばして，実際に近くまで行って観測できる
    - 詳細な地形が分かっており，その内部構造を考察できる
  - 系外惑星
    - 恒星からの光を利用して，間接的に観測する
    - 分光観測により，その大気組成を推測できる

参考文献

- NASA EXOPLANET ARCHIVE (https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/cgi-bin/TblView/nph-tblView?app=ExoTbls&config=PS)
- Mayor, Michel, and Didier Queloz. "A Jupiter-mass companion to a solar-type star." *nature* 378.6555 (1995): 355-359.
- NASA Exoplanet Catalog (https://science.nasa.gov/exoplanets/exoplanet-catalog/?pageno=1&planet_type=Gas+Giant&content_list=true)
- https://molecularscience.jp/lecture/Nanobio2023_2.pdf
- Gillon, Michaël, et al. "Temperate Earth-sized planets transiting a nearby ultracool dwarf star." *Nature* 533.7602 (2016): 221-224.
- Rustamkulov, Zafar, et al. "Early Release Science of the exoplanet WASP-39b with JWST NIRSpec PRISM." *Nature* 614.7949 (2023): 659-663.
- NASA (https://science.nasa.gov/mission/webb/)