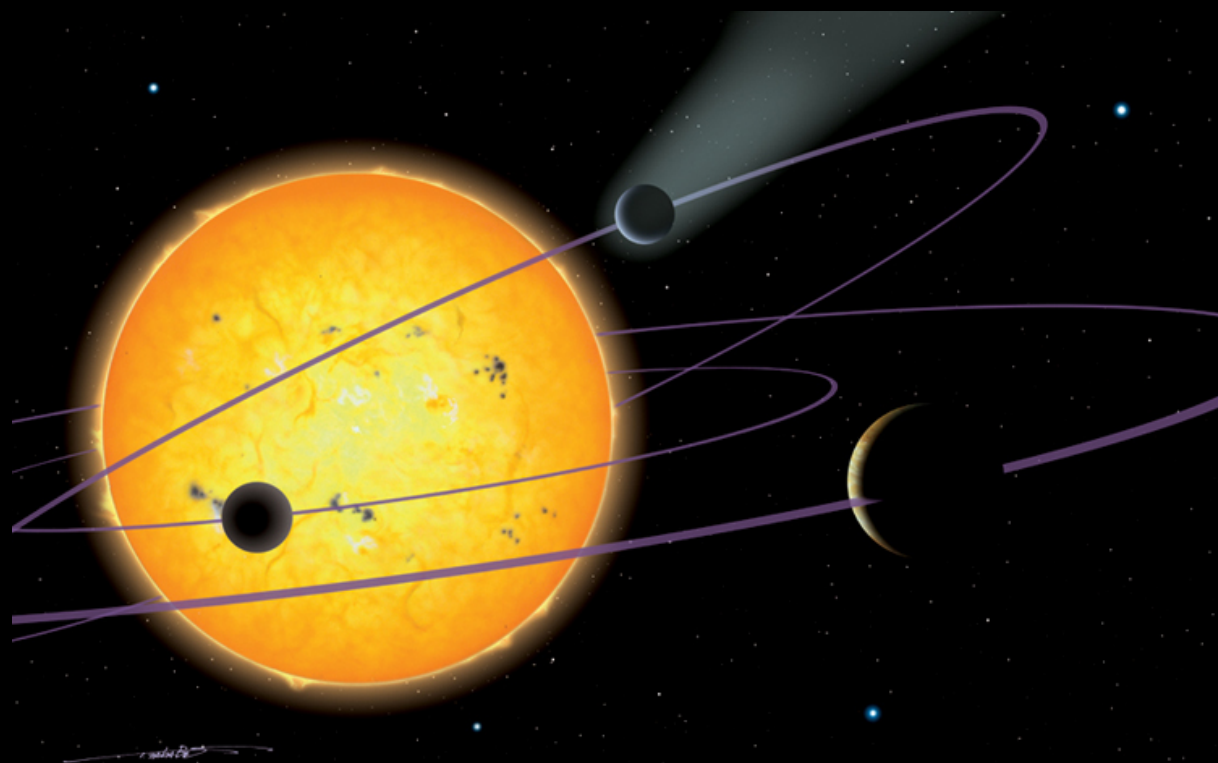


系外惑星～未知の惑星への扉

北海道大学 理学部
地球科学科 惑星宇宙グループ
学部4年
岡澤 直也 / 濱本 昂

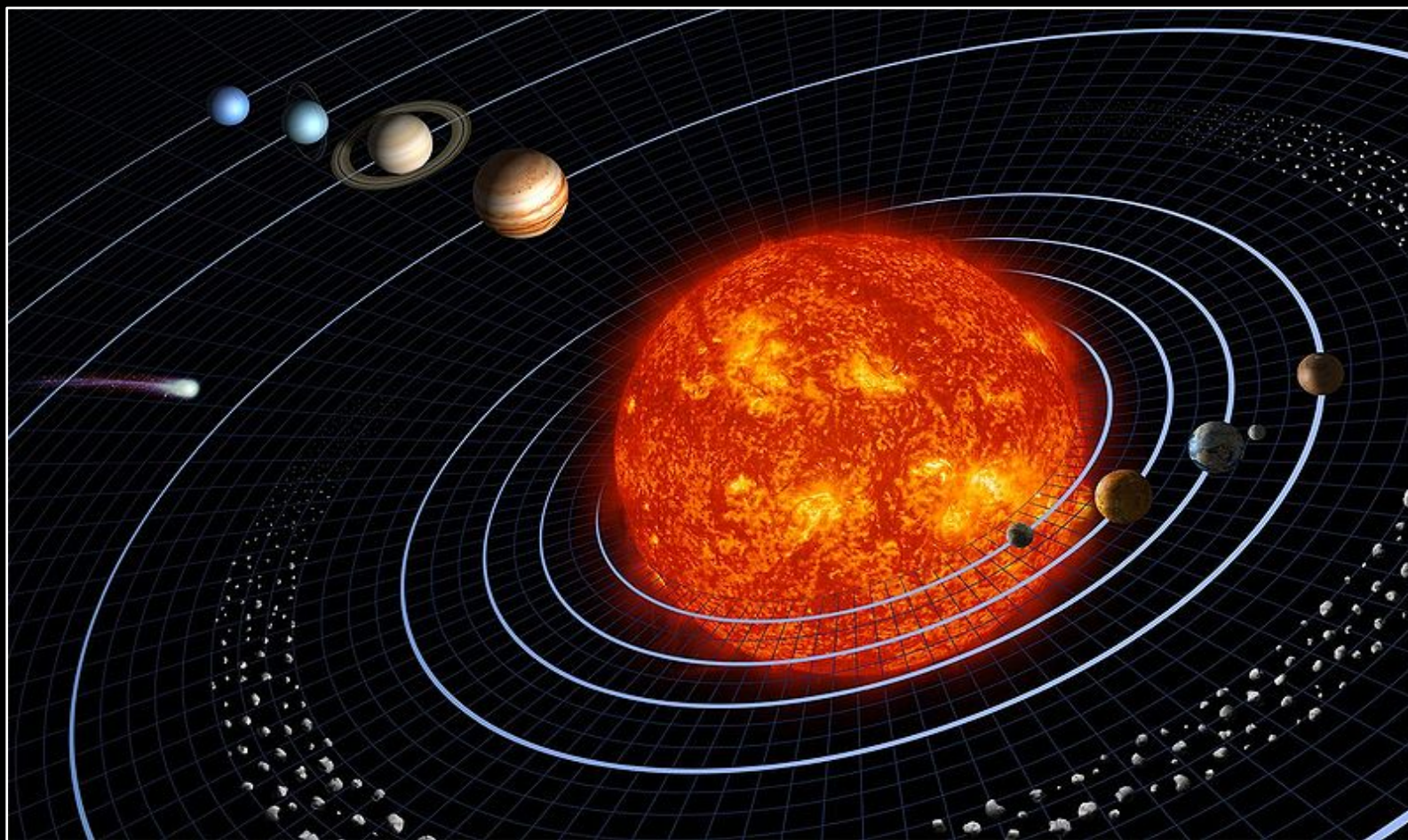
系外惑星とは何か？

太陽以外の恒星の周りを回っている惑星
→系外惑星



系外惑星とは何か？

太陽とその周りにおける惑星→太陽系と呼ぶ



系外惑星とは何か？

太陽を含むたくさんの恒星からなる天の川銀河



http://www.nasa.gov/mission_pages/spitzer/multimedia/20080603a.html

系外惑星とは何か？

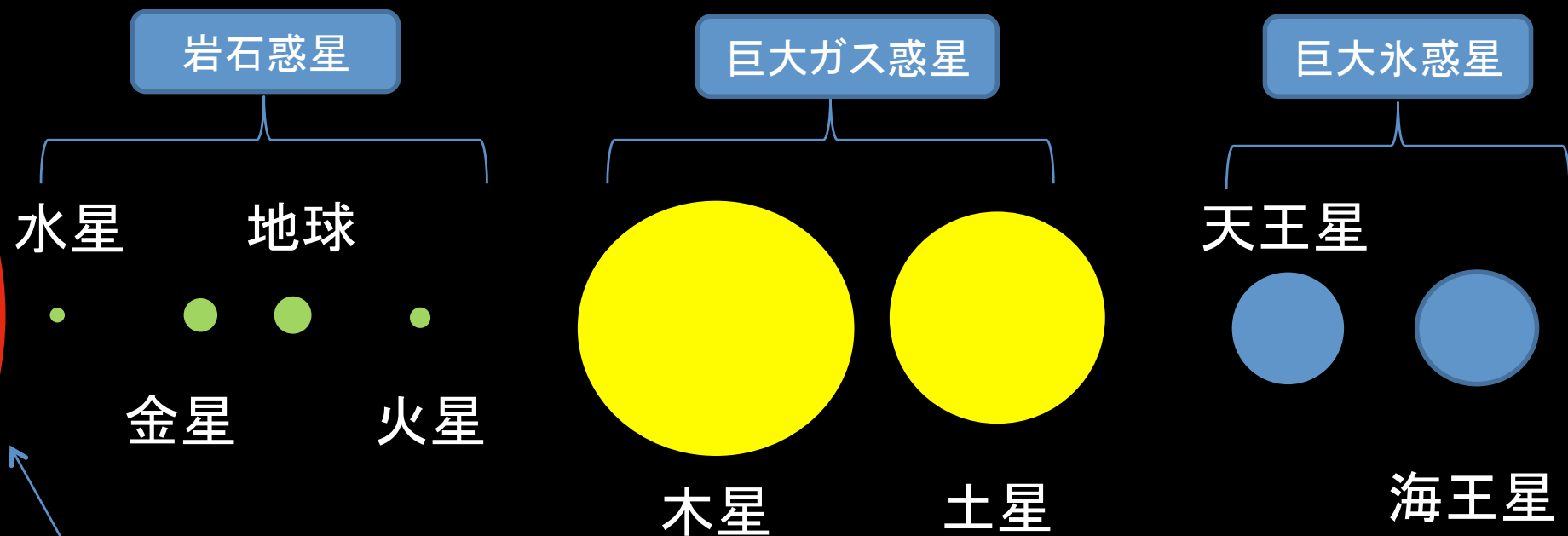
私たちが住んでいる地球



<http://spaceinfo.jaxa.jp/ja/earth.html>

そもそも太陽系惑星とは

- 水・金・地・火・木・土・天・海というふう
に覚えられている。
 - 以前は冥王星も含まれていた。



太陽：太陽系の真ん中にある恒星。

惑星発見の歴史

- 水・金・火・木・土星はいつ発見されたかわからない。
 - それほど昔に存在が知られていた
- 天王星・・・1781年発見
- 海王星・・・1846年発見
- (冥王星)・・・1930年発見
- 系外惑星・・・1995年に初めて発見

惑星発見の歴史

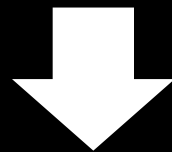
- 系外惑星・・・1995年に初めて発見
- 太陽系惑星に比べてごく最近に見つかり始めたものである
(皆さんにとっては生まれたころかもしれないが・・・)

ではどのようにして系外惑星が見つかったのだろうか？

系外惑星の観測

系外惑星を見つけるには

- 惑星は恒星のように光っていない
- 惑星は恒星に比べて暗く見えづらい
- 直接惑星を見つけることは難しい



間接的に系外惑星を見つける

間接的な見つけ方

ドップラー法

- 重心
- スペクトル
- ドップラー効果

トランジット法

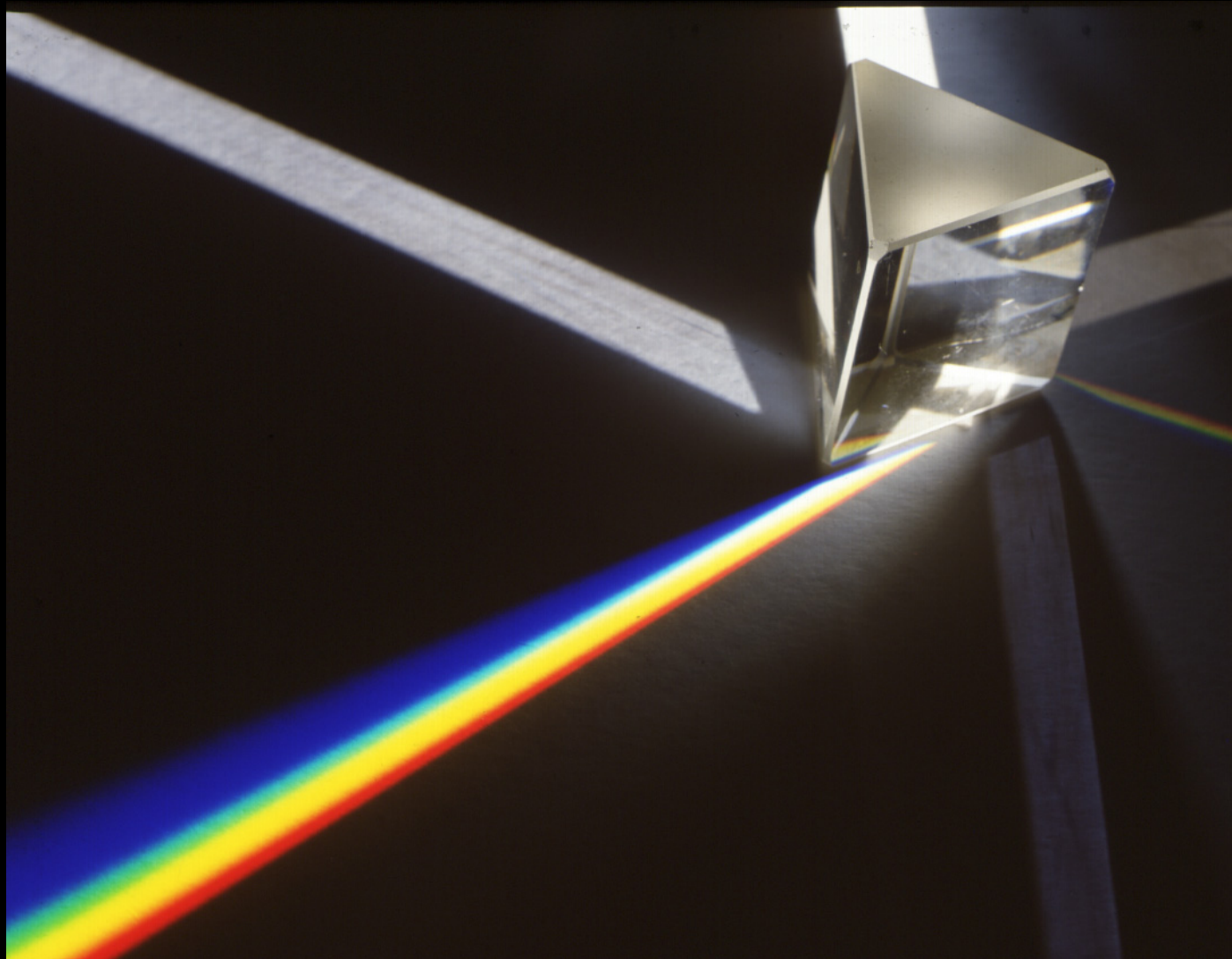
- transit: 通過・横断

重心



http://www.youtube.com/watch?v=L3pb5j91_uM

スペクトル



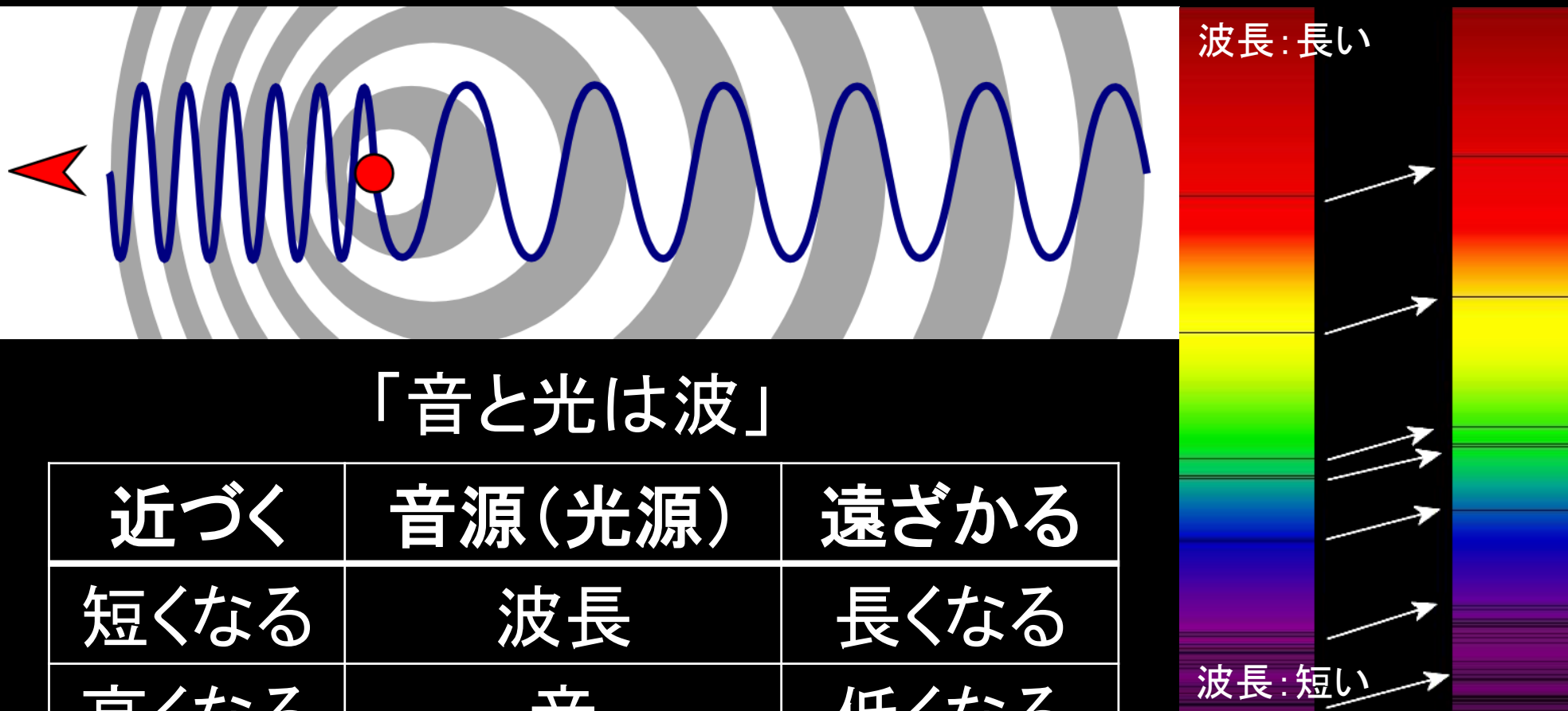
The Department of Physics and Astronomy, The University of Iowa よ

ドップラー効果



<http://www.youtube.com/watch?v=a3RfULw7aAY>

光のドップラー効果



「音と光は波」

近づく	音源(光源)	遠ざかる
短くなる	波長	長くなる
高くなる	音	低くなる
青くなる	光	赤くなる

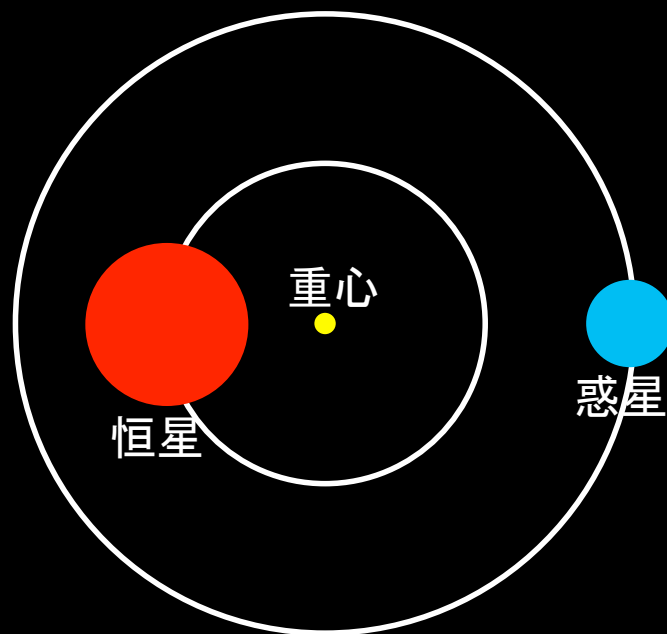
スペクトルの
赤方偏移

画像左 http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f7/Doppler_effect_diagrammatic.png

画像右 <http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%95%E3%82%A1%E3%82%A4%E3%83%AB:Redshift.png>

ドップラー法

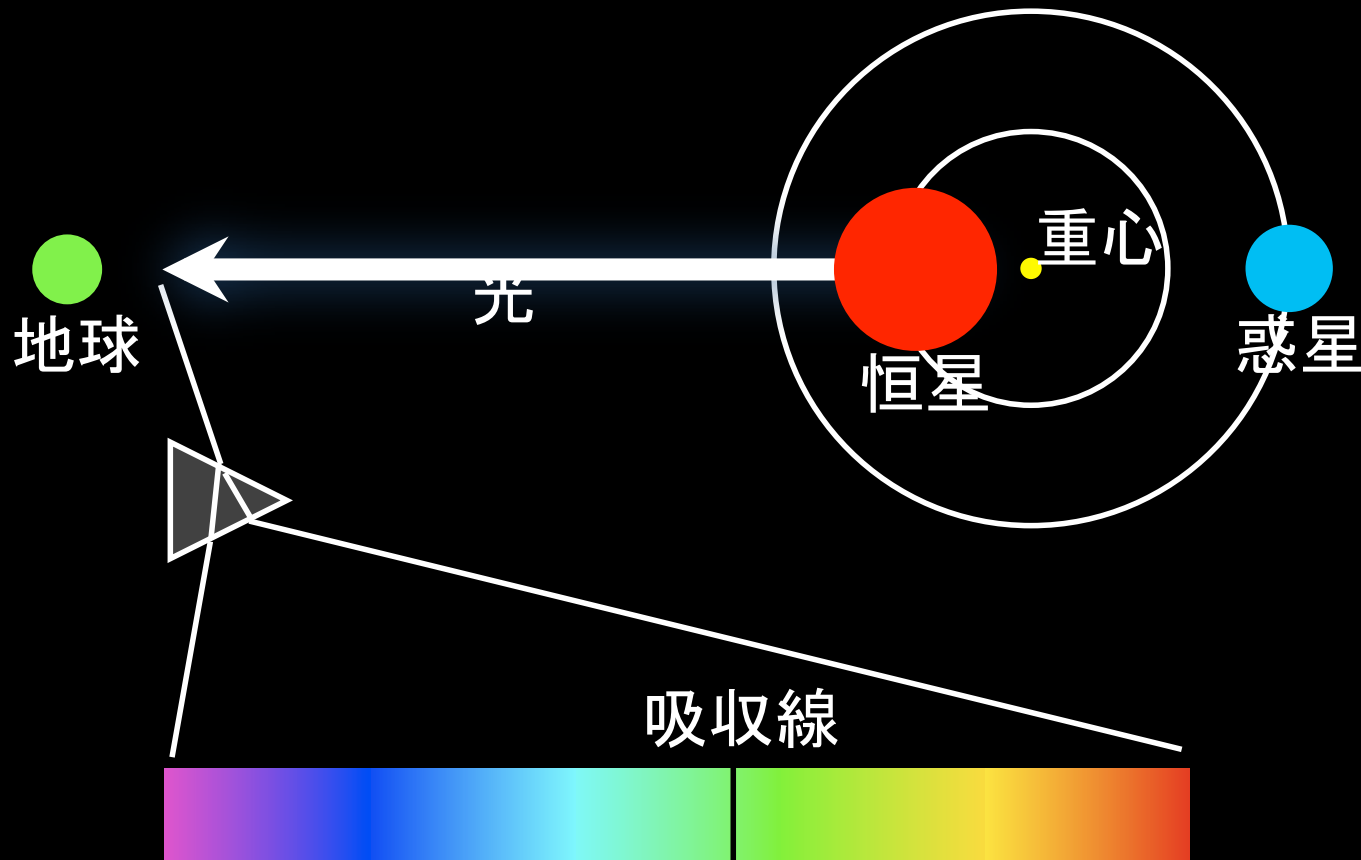
恒星は惑星との重心の周りを回っている



恒星の「ふらつき」 → 「系外惑星の存在」

ドップラー法

恒星のふらつきによる**恒星のスペクトル**
の変化 (ドップラー効果) を測る



(紫外)波長:短い ← 恒星のスペクトル → 波長:長い(赤外)

ドップラー法

得られる情報

- 公転周期、スペクトル変動幅
- 惑星質量(最小値)

最高精度: **1m/s**以下

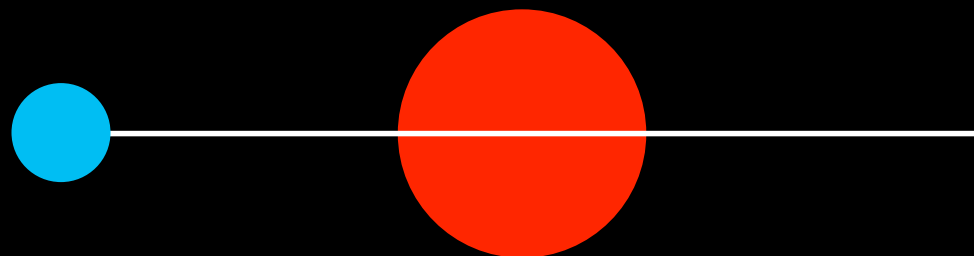
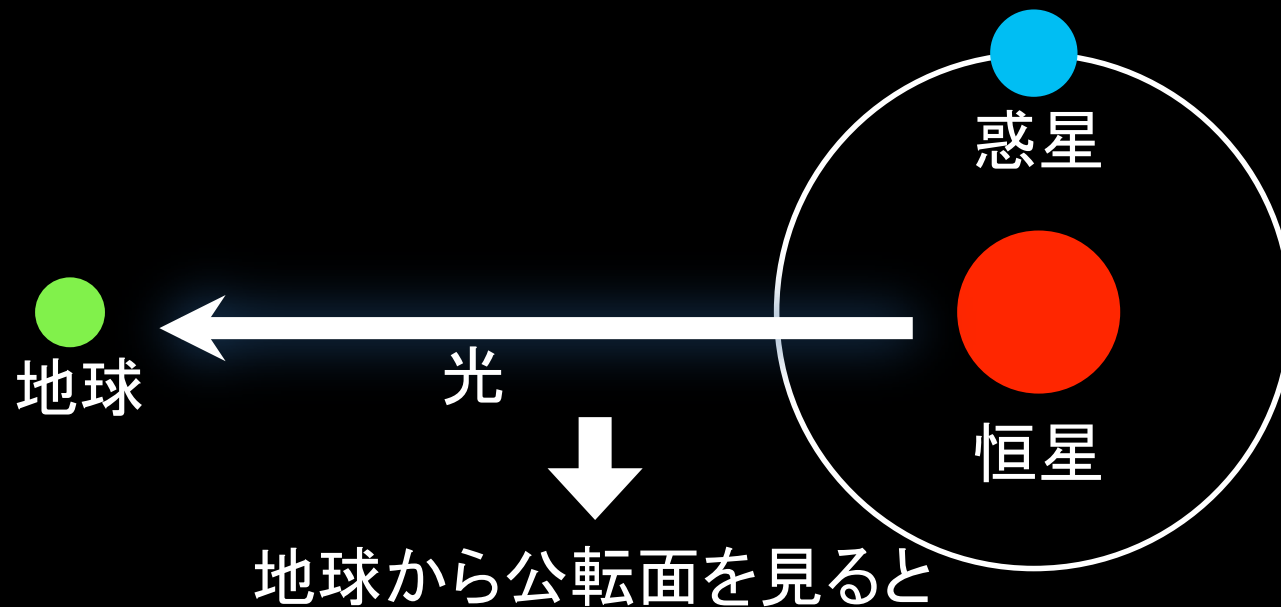
- 木星による太陽のふらつき: **約13m/s**
- 地球による太陽のふらつき: **約0.01m/s**

80%以上の系外惑星はこの方法で発見

- **重い惑星、恒星に近い惑星**が発見されやすい

トランジット法

惑星が地球と恒星の間を横切ることによる
恒星の明るさ(地球から見た)の変化を測る

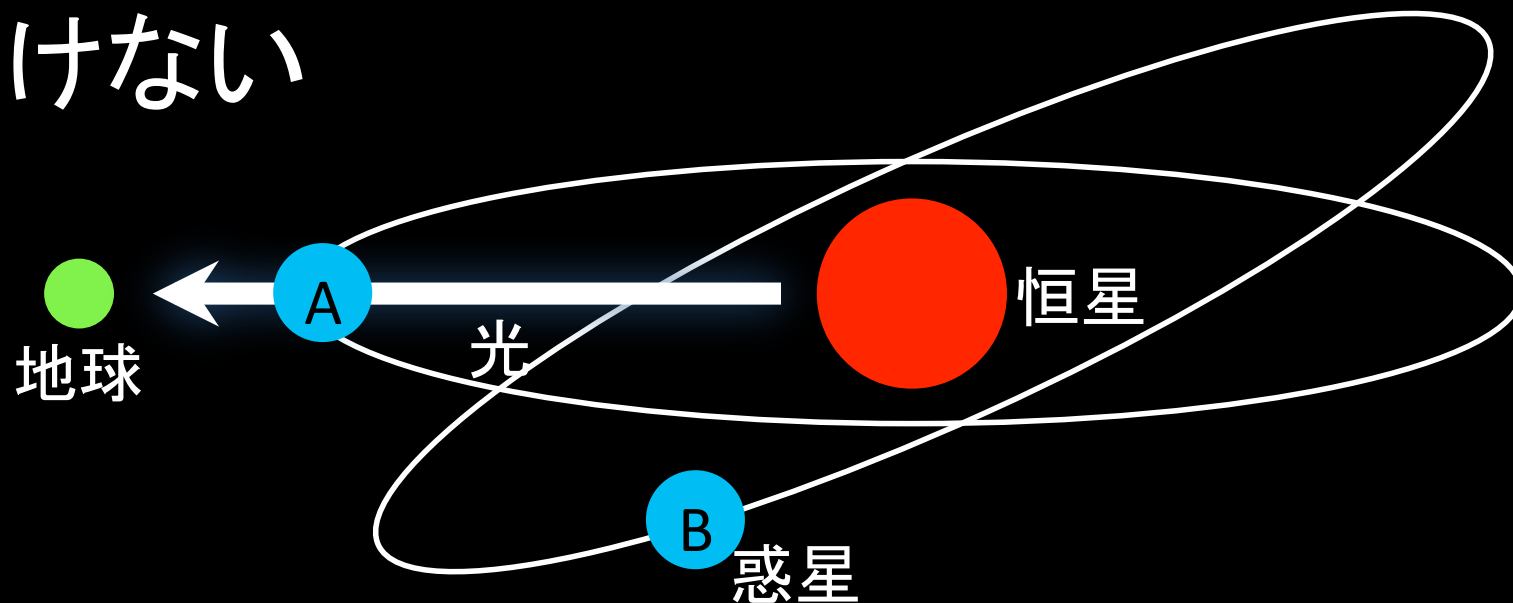


トランジット法

得られる情報

- 惑星半径、軌道傾斜角
- 惑星質量、密度(←ドップラー法と合わせて)

※惑星が地球と恒星を結ぶ直線上にないといけない



系外惑星の直接撮像

直接系外惑星を撮像するメリット

- 恒星から遠い惑星を見つけられる
- 惑星のスペクトル(=惑星大気の情報)が得られる

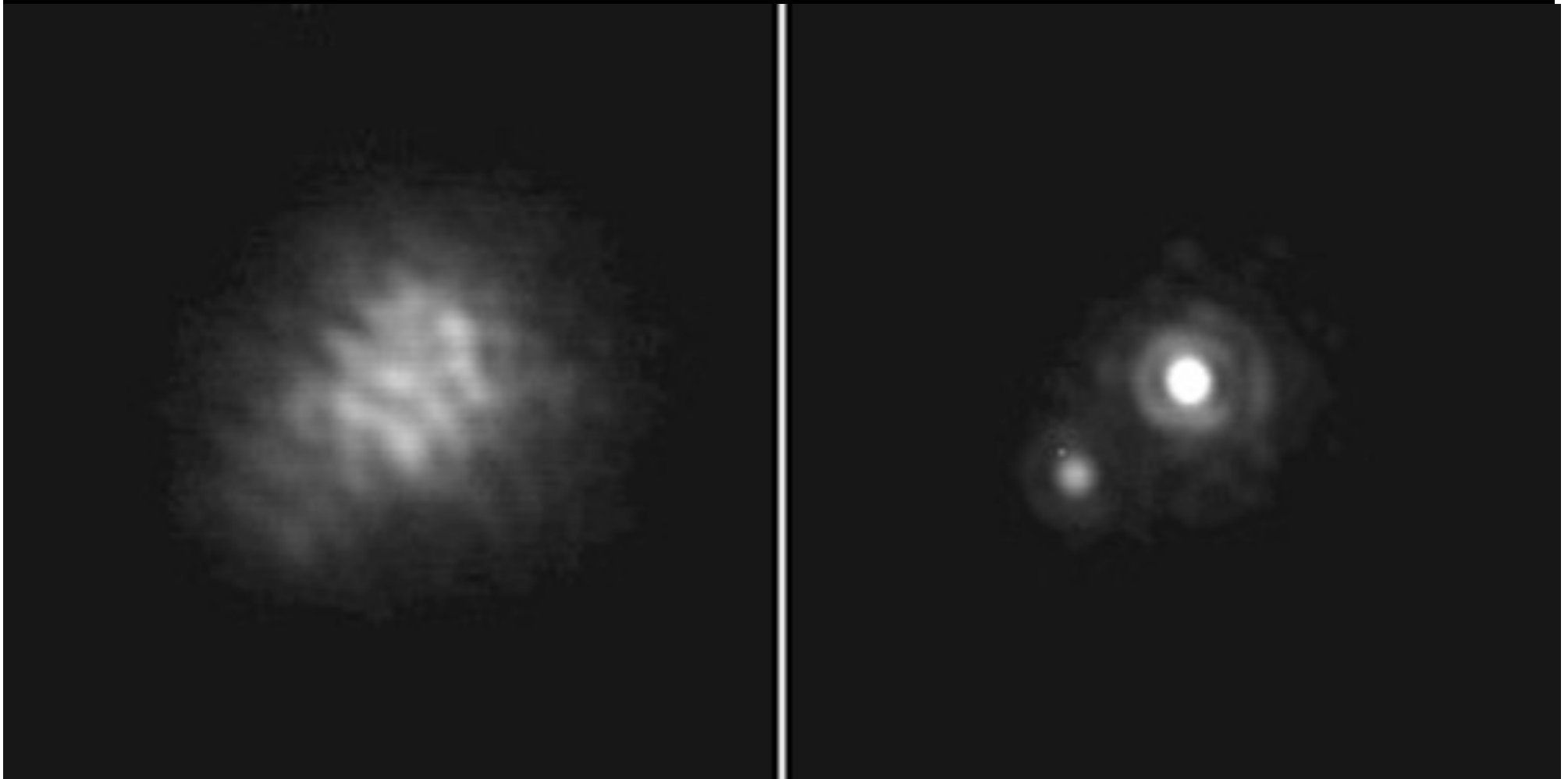
直接撮像の難しさ

- 恒星の光で惑星が見えなくなる
 - 恒星に近い惑星を見つけづらい

補償光学(Adaptive Optics)

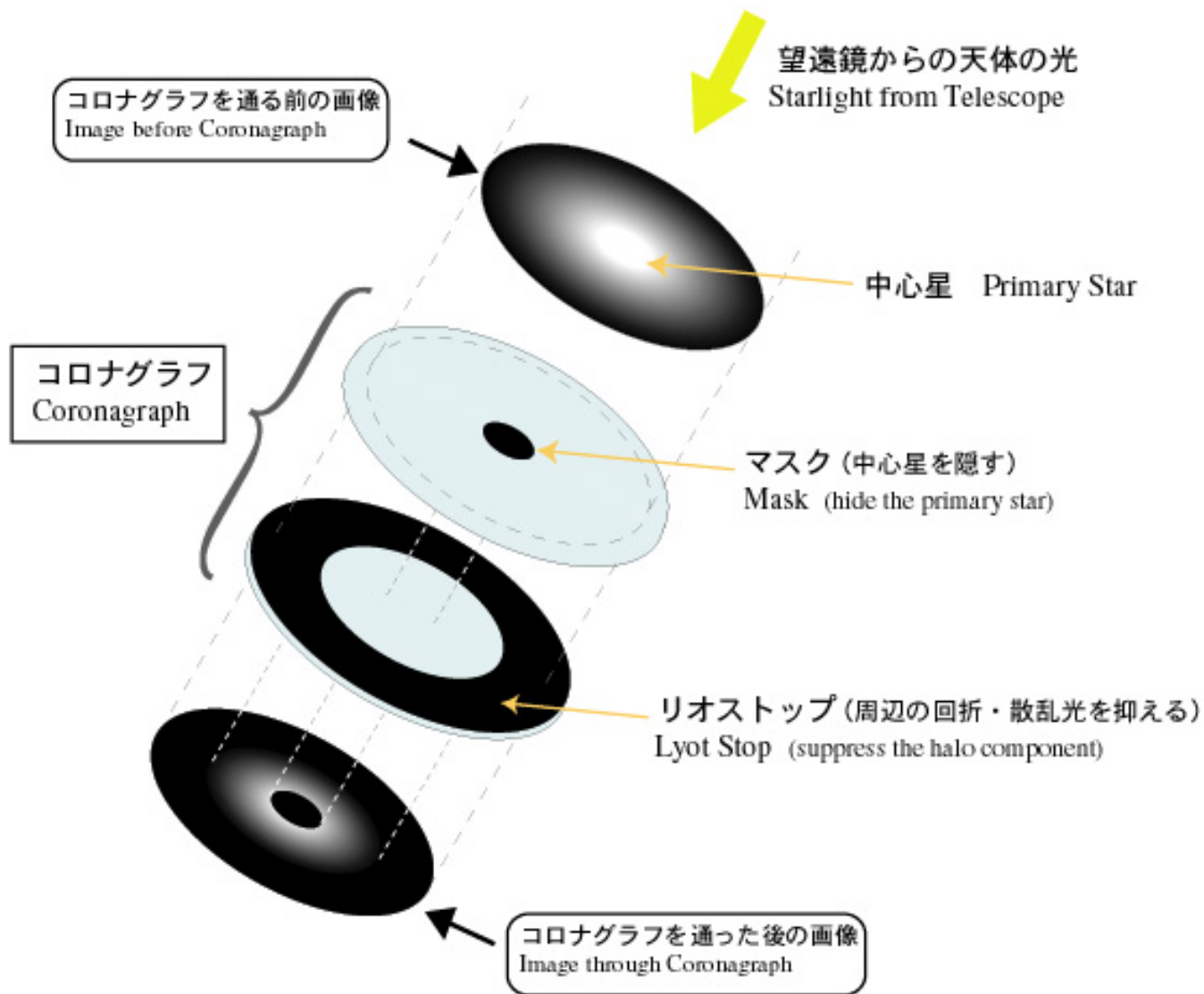
AOなし

AOあり

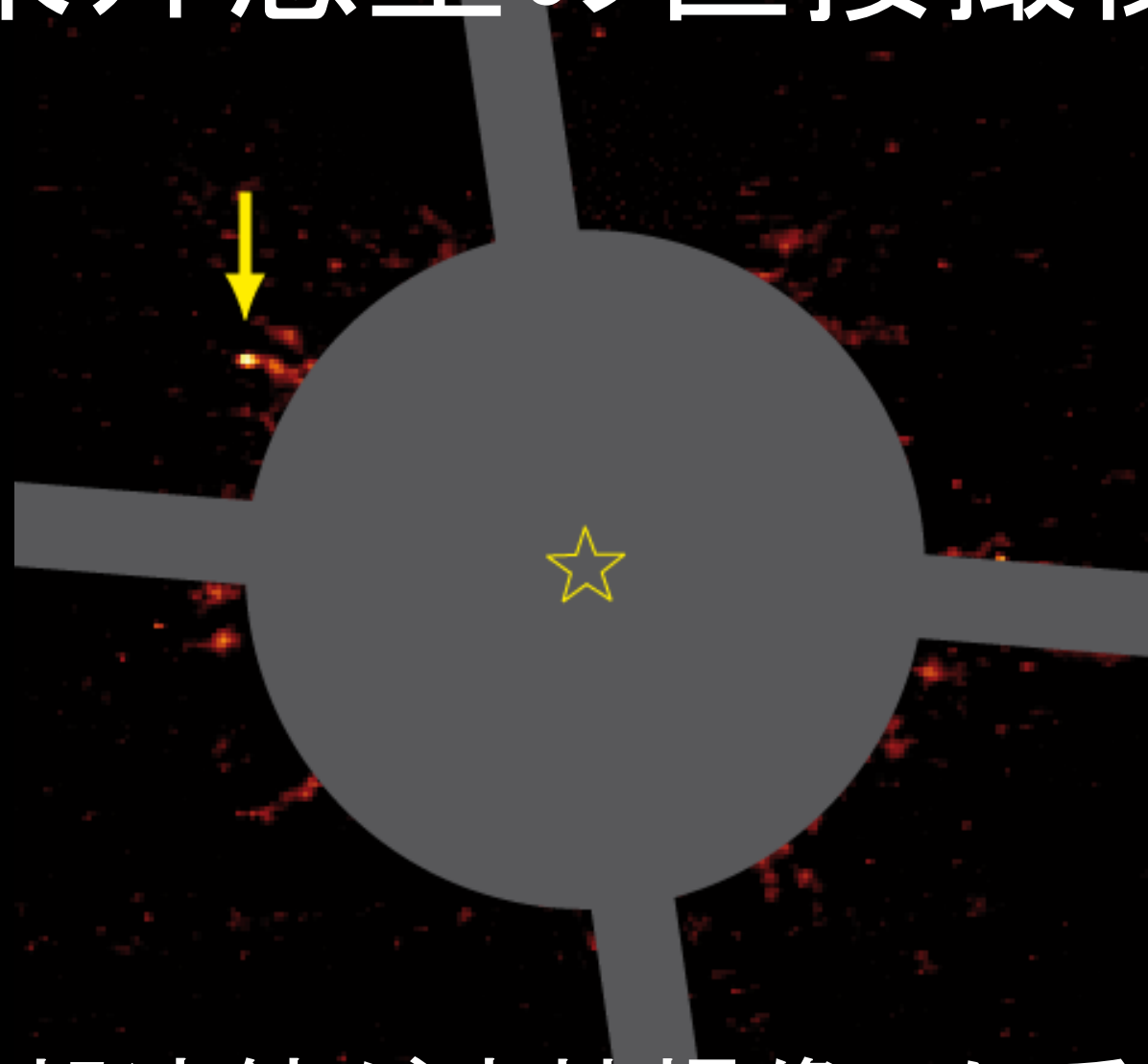


コロナグラフ

コロナグラフ機能 Coronagraph



系外惑星の直接撮像



すばる望遠鏡が直接撮像した系外惑星

国立天文台 提供

系外惑星の 意外な特徴

こんな系外惑星が見つかった

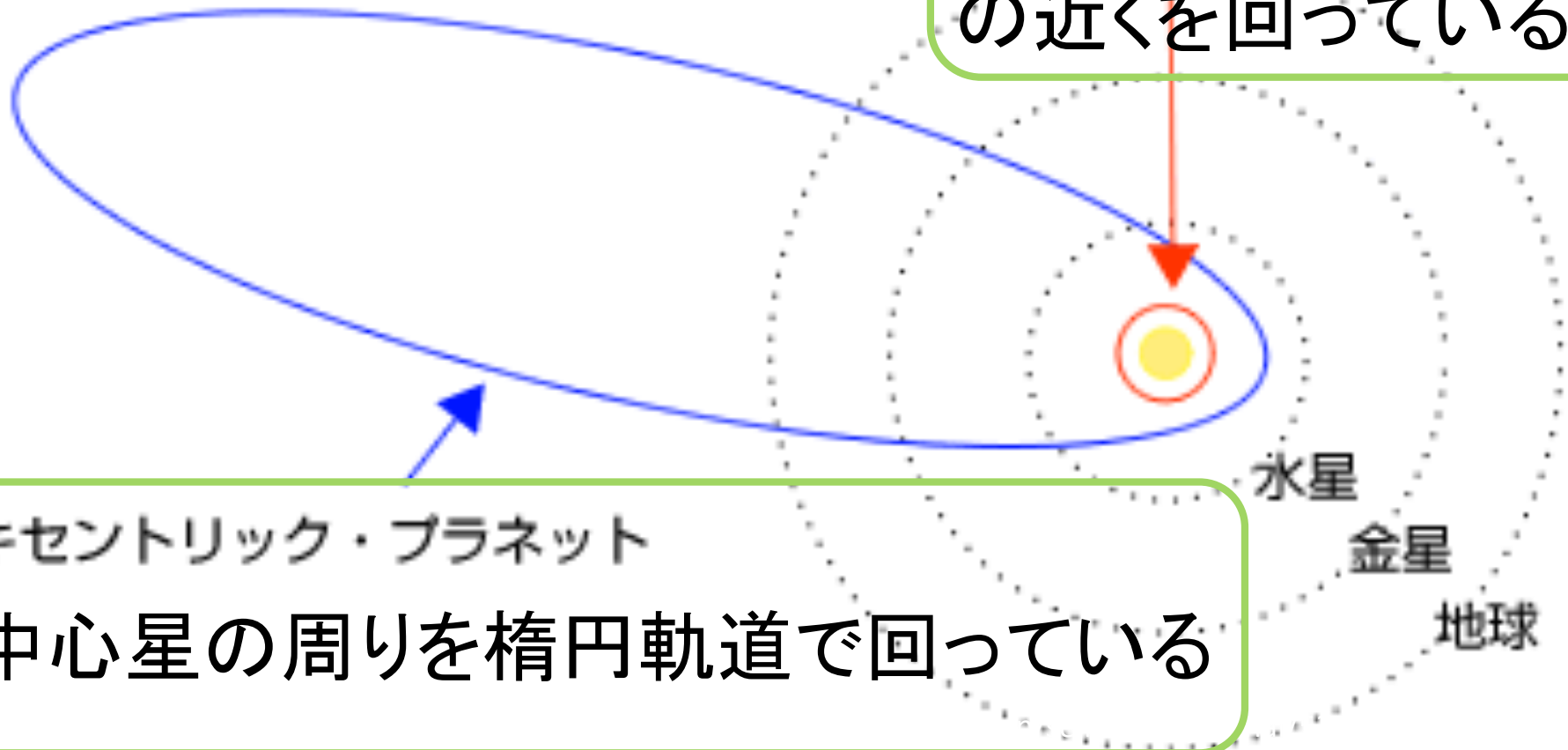
スーパーアース
地球より少し大きい

ホット・ジュピター

大きな惑星が中心星
の近くを回っている

エキセントリック・プラネット

中心星の周りを楕円軌道で回っている



エキセントリックプラネット

- 名前の由来

- Planet : 「惑星」

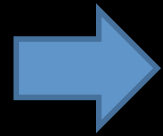
- Eccentric : 「楕円軌道の」

- 「常軌を逸した、奇妙な」

エキセントリックプラネット

- 恒星の周りを楕円軌道で回っている

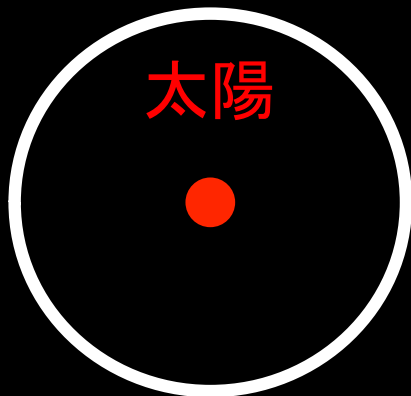
– 楕円の程度を表す指標: **離心率 e**



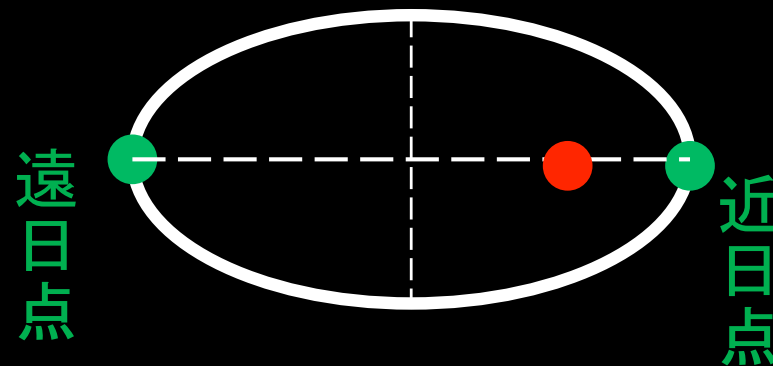
e が大きければ季節の差が大きくなる

- エキシセントリックプラネットでは
 e が0.5を超えるものも見つかっている。
(地球: $e=0.017$)

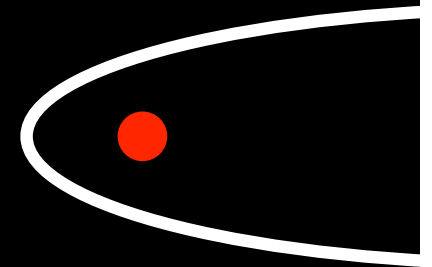
$e = 0$



$0 < e < 1$



$e = 1$



エキセントリックプラネット

- 非常に“ゆがんだ”楕円軌道で回っている。
- 夏（恒星に近いとき）と冬（恒星から遠いとき）の差がとても大きい。
 - 夏と冬の温度差が 270°C にもなると思われる惑星も見つかっている。
- このような環境の惑星では生命が生き続けるのは困難である。

ホットジュピター

- 名前の由来

- Jupiter : 「木星」

- ・・・木星と同じくらいの大きさ

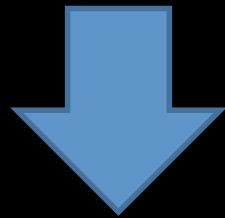
- Hot : 「熱い」

- ・・・温度が高いという意味と、

- ・・・注目のニュース「hot news」のhotの意味

1 AU とは？

- 地球と太陽の距離 : 1 AU
- 1 AU = 約 1億5000万 km



地球4000周くらい!!

ホットジュピター

- 木星との比較

- 恒星からの距離

- 木星 : 5AU程度

- ホットジュピター : 0.1AU程度かそれ以下

- 温度

- 木星 : -150°C

- ホットジュピター : 1000°C 程度かそれ以上

木星程度の大きさの惑星が恒星のとても近くを回っている

ホットジュピター

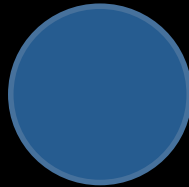
- 温度が 1000°C 以上になる。
- とにかく熱い！！
- この惑星でも生命が生き続けるのは困難である。

スーパーアース

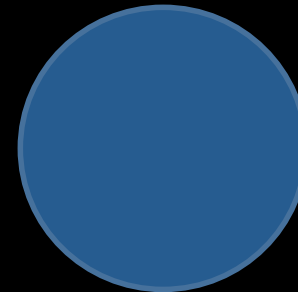
- 名前の由来

- Super : 「超」

- earth : 「地球」



地球の2倍質量



地球の7倍質量

- 地球の数倍程度の質量の系外惑星

スーパーアース

- ガス惑星ではなく固体惑星である。
- これまで見てきた系外惑星はほとんどが大きなガス惑星である。

(観測編で見たように大きくて重い惑星の方が見つけやすいから。)

➡ 観測技術の発展で小さな惑星も見つけられるようになってきた。

➡ 地球に似た環境の惑星や、地球外生命体の存在する惑星を探せるかもしれない。

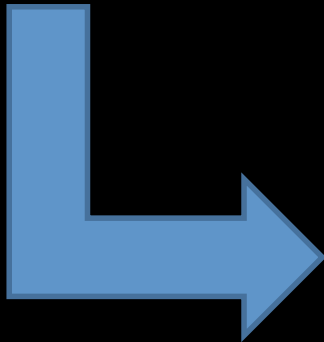
まとめ

- 観測法
 - ドップラー法
 - トランジット法
 - 直接撮像
- 太陽系の外には不思議な惑星がたくさん見つかってきている。
 - 季節変化の激しいエキセントリックプラネット
 - 恒星のすぐそばにあるホットジュピター
 - 地球より大きな固体惑星のスーパーアース

まとめ

疑問

- どのようにして形成されたのか?
- 第二の地球は見つかるのか?
- 地球外生命体は存在するのか? など



研究はまだまだ続く

参考文献

国立天文台 すばる望遠鏡

http://www.naoj.org/j_index.html

井田茂, 「異形の惑星」, NHKブックス,
2003