

# いまこそ夜空を眺めよう

東京大学 大学院理学系研究科 物理学専攻  
須藤 靖

2011年4月15日 相馬高校東大研修@経済学部

[http://www-utap.phys.s.u-tokyo.ac.jp/~suto/mypresentation\\_2011j.html](http://www-utap.phys.s.u-tokyo.ac.jp/~suto/mypresentation_2011j.html)



# 福島県立相馬高等学校

校訓 … 「至 誠」

何事にもまごころを尽くしてあたる 誠意を尽くすという意味である。

常に相手の心情を思いやるとともに、礼儀をわきまえ、自分の良心に従って行動する

人間に成長して欲しいという  
願望がこめられている。





# はじめに

- 皆さん自身および周りの方々が、これから一日も早く通常の生活に戻られることを心からお祈りします
- これから日本は長期にわたり大変な時代を迎えることでしょう。しかしそれを乗り越える力を持っているのは、皆さんのような若い世代です
- こういうときだからこそ、新しいことを学びそれをいろいろな形で社会に還元してくれることを期待しています

# 私の人生の目標： アンパンマン オープニングテーマ

- 作詞：やなせたかし

なんのために生まれて  
なにをして生きるのか  
こたえられないなんて  
そんなのは いやだ！



# みんながそれぞれ大切な役割を持っている

- 今までは何も問題なくて当然と思っていたことが、実は無数の人たちの膨大な努力に支えられて初めて実現していたことを再認識させられる
  - 電気、水道、ガス、宅配便、下水、郵便、通信、医療、介護、学校、農業、漁業、工場、、、
- 在日米海兵隊基地外交政策部次長ロバート・エルドリッジさん(朝日新聞4月9日「私の視点」)
  - 私はほぼ毎日仙台空港に通い、みるみる生き返る様を目の当たりにした。キャンプ富士から来たブレアン・ハプケン少尉は「こういうことをしようと海兵隊に入ったんです」と話した。がれきを歩きながらの彼女の言葉に、涙が出た。





電気、水道、ガス  
郵便、通信  
教育、介護、医療  
思いやり、絆、やさしさ

本当のことは心でしか見えないんだ  
大切なことは目には見えないんだよ

「星の王子様」のなか  
のキツネの言葉

# 寺田寅彦の教え



# 寺田寅彦

(1878年11月28日～1935年12月31日)



- 高知県出身
- 東京帝国大学物理学教授
- 物理学者、地球物理学者
- X線回折を用いた物質の結晶中の原子配列の決定(学士院恩賜賞)
- 金平糖の角、割れ目、電車の混雑、などごく身近な現象を物理学の対象に持ち込んだ先駆的研究でも知られる
- 博士論文は、尺八の音響学的研究
- 夏目漱石の弟子で『吾輩は猫である』の水島寒月や『三四郎』の野々宮宗八のモデル
- 文学者としての筆名は吉村冬彦

# 寺田寅彦『断水の日』

(大正十一年一月、東京・大阪朝日新聞)

- 私が断水の日に経験したいろいろな不便や不愉快の原因をだんだん探って行くと、どうしても今の日本における科学の応用の不徹底であり表面的であるという事に帰着して行くような気がする。このような障害の根を絶つためには、一般の世間が平素から科学知識の水準をずっと高めてにせ物と本物とを鑑別する目を肥やしそして本物を尊重しにせ物を排斥するような風習を養うのがいちばん近道で有効ではないかと思ってみた

# 寺田寅彦『天災と国防』

(昭和九年十一月、経済往来)

- 文明が進むほど天災による損害の程度も累進する傾向があるという事実を十分に自覚して、そして平生からそれに対する防御策を講じなければならぬはずであるのに、それがいっこうにできていないのはどういうわけであるか。そのおもなる原因は、畢竟そういう天災がきわめてまれにしか起こらないで、ちょうど人間が前車の顛覆を忘れたところにそろそろ後車を引き出すようになるからであろう
  - 「天災は忘れた頃にやって来る」という言葉に一番近い原典であると考えられている

# 「杞憂」の功罪

- 寺田寅彦：時事雑感（昭和六年一月、中央公論）のなかの「地震国防」
  - 昔シナに妙な苦労性の男がいて、天が落ちて来ると言っていたいそう心配し、とうとう神経衰弱になったとかいう話を聞いた。この話は事によるとちょうど自分のような人間の悪口をいうために作られたかもしれない。この話をして笑う人の真意は、天が落ちないというのではなくて、天は落ちるかもしれないが、しかし「いつ」がわからないからというのであろう
- 「天災は忘れた頃にやってくる」の2つの側面
  - 科学は「天災」を予言したり防いだりできない
  - が、備えをしておけば、科学によって被害を最小限に出来る
  - 一方、心配ばかりしていてもどうしようもない。忘れてしまう（封印する）ことが大切な場合もある



# アンパンマン エンディングテーマ

- 作詞：やなせたかし  
もし自信をなくして  
くじけそうになったら  
いいことだけ  
いいことだけ  
思い出せ



夜空を眺める

# 月明かりの記憶

- 2011年3月16日午後7時から9時まで、私の自宅地域が計画停電となりました
- 家族がみんな布団のなかに入り話をしながら待っていましたが、やがてみんな寝てしまいました。そのときに窓から何十年ぶりに「月明かり」を実感しました



- 街灯もすべて消えた中、月だけでもそれなりに物が見えるものなのだなあと再認識しました。中学生の頃、部活が遅くなったときに、街灯などない道を一生懸命自転車をこいで家に帰りながら月明かりで見ていた懐かしい田舎の田園風景がふとよみがえりました。



青空のムコウには何かがあるのか





# アイザック・アシモフ著 「Nightfall(夜来たる)」



イラスト：羽馬有紗

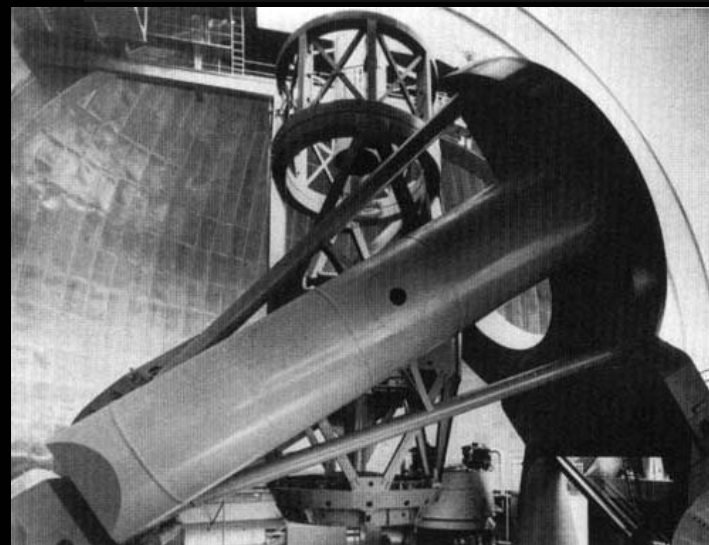
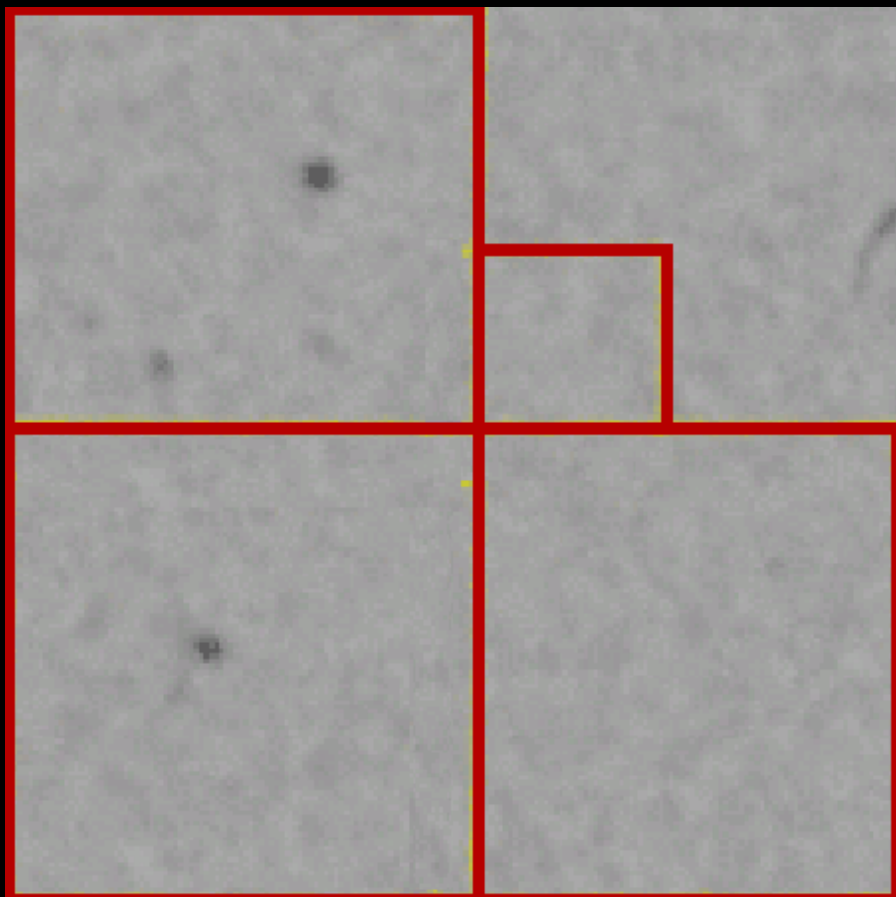
- 2049年に一度しか夜が来ない“地球”の人たち
- 自分たちの“地球”と宇宙との関係は？



「我々は何も知らなかった」  
でもこれですべて？

(すばる観測所、田中壱氏撮影)

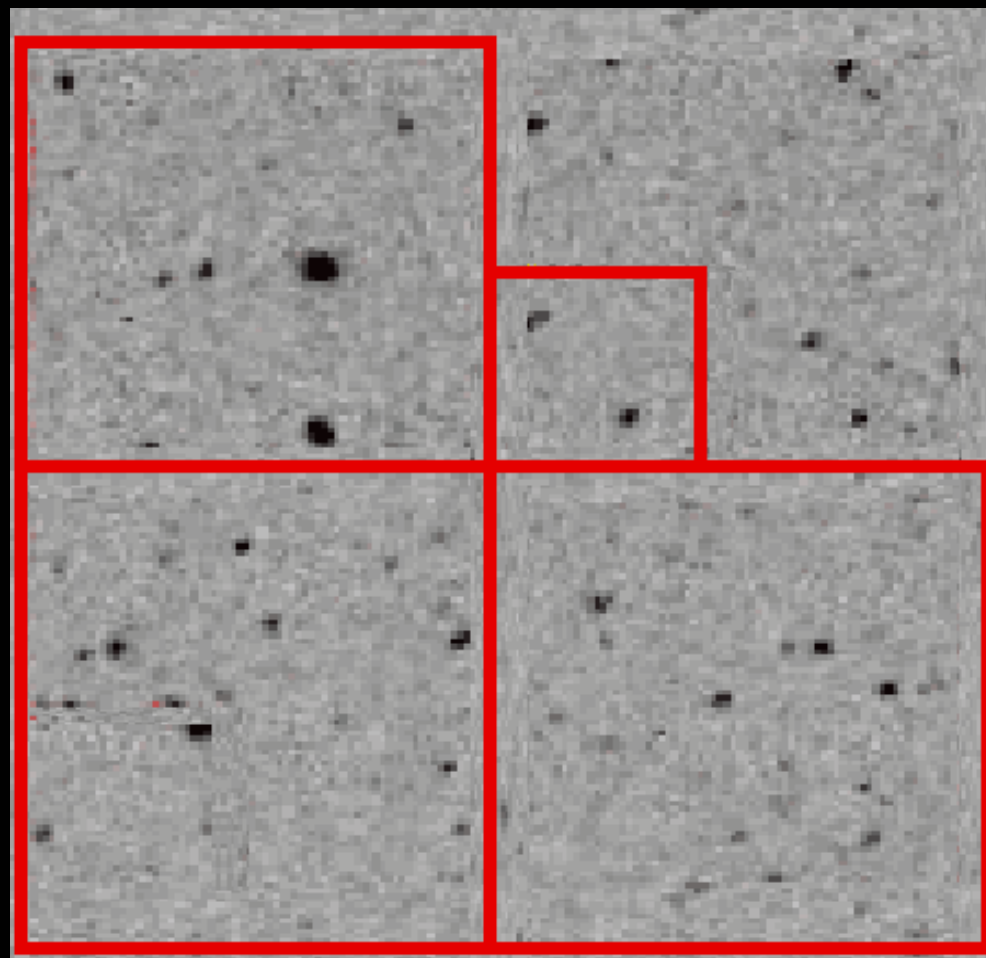
# 宇宙を見る目の進歩 (1)



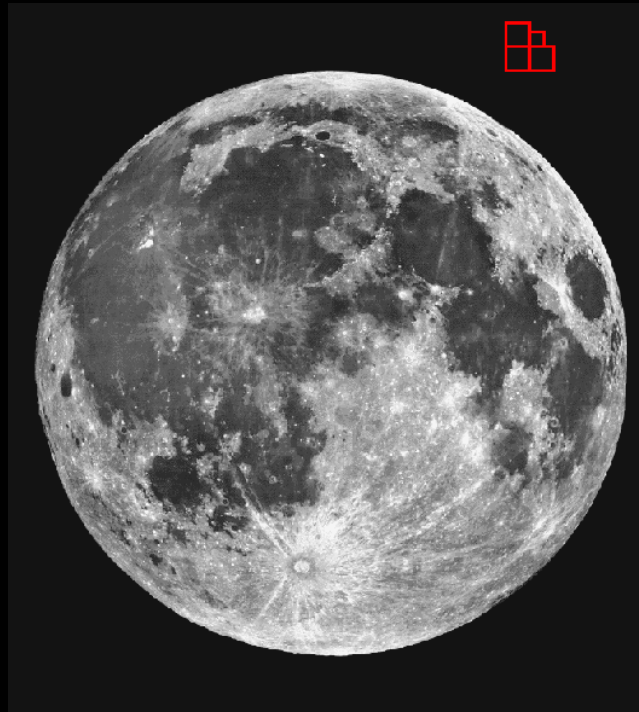
地上5m望遠鏡+写真乾板  
100万×人間の眼



# 宇宙を見る目の進歩 (2)

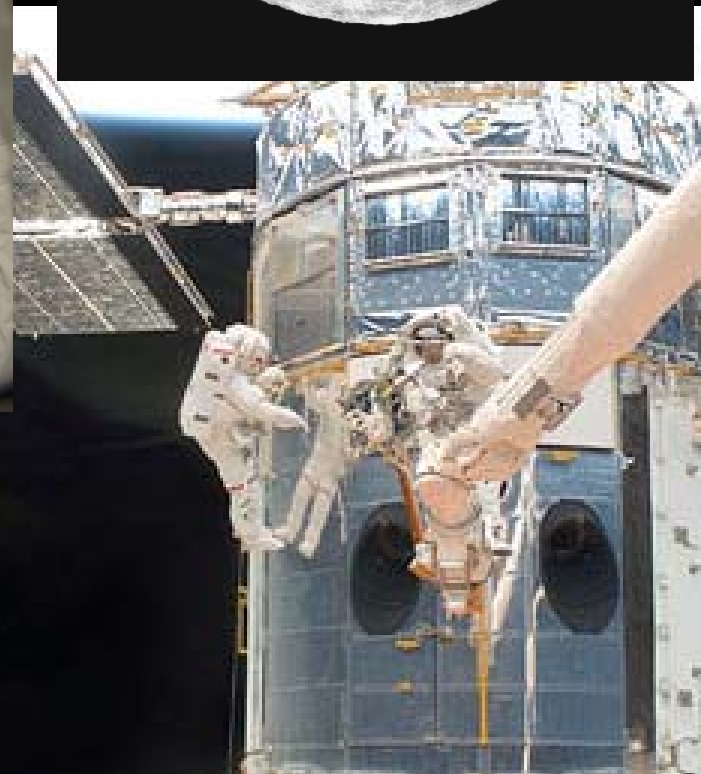


地上4m望遠鏡+CCD:  
100×写真乾板





# 宇宙を見る目の進歩 (3)



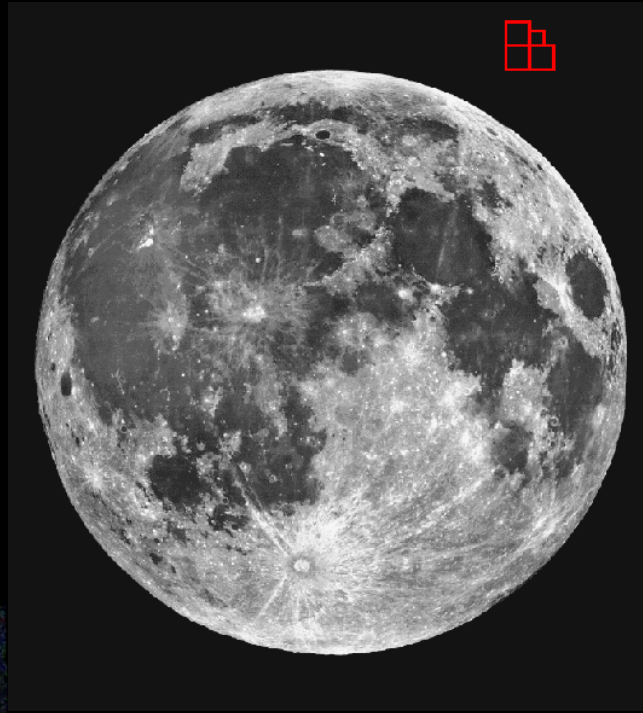
ハッブル宇宙望遠鏡



Hubble Deep Field

CT C-1 (APR) January 15, 1996. © Williams and the HDF Team, ST ScI and NASA

HST WFPC2



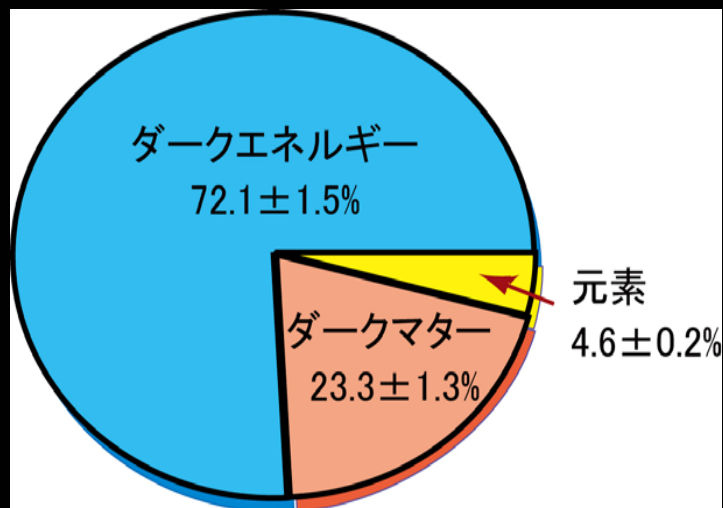
ハッブル宇宙望遠鏡+CCD:  
1000×地上望遠鏡



# 100億光年先の宇宙の蟹気楼



# 20世紀の天文学が眺めた夜空の果て 「宇宙は何からできているか？」



- 我々の体はもちろん、地上のすべての物質は**元素**からできている
- でも宇宙全体を考えると、元素の占める割合は5%以下
- 光は出さず重力だけを及ぼす**ダークマター**が約2割
- 残る7割以上は、宇宙を一様に満たす**ダークエネルギー**

- 目に見えない ≠ 存在しない
- 宇宙の主成分は目に見えない未知の存在



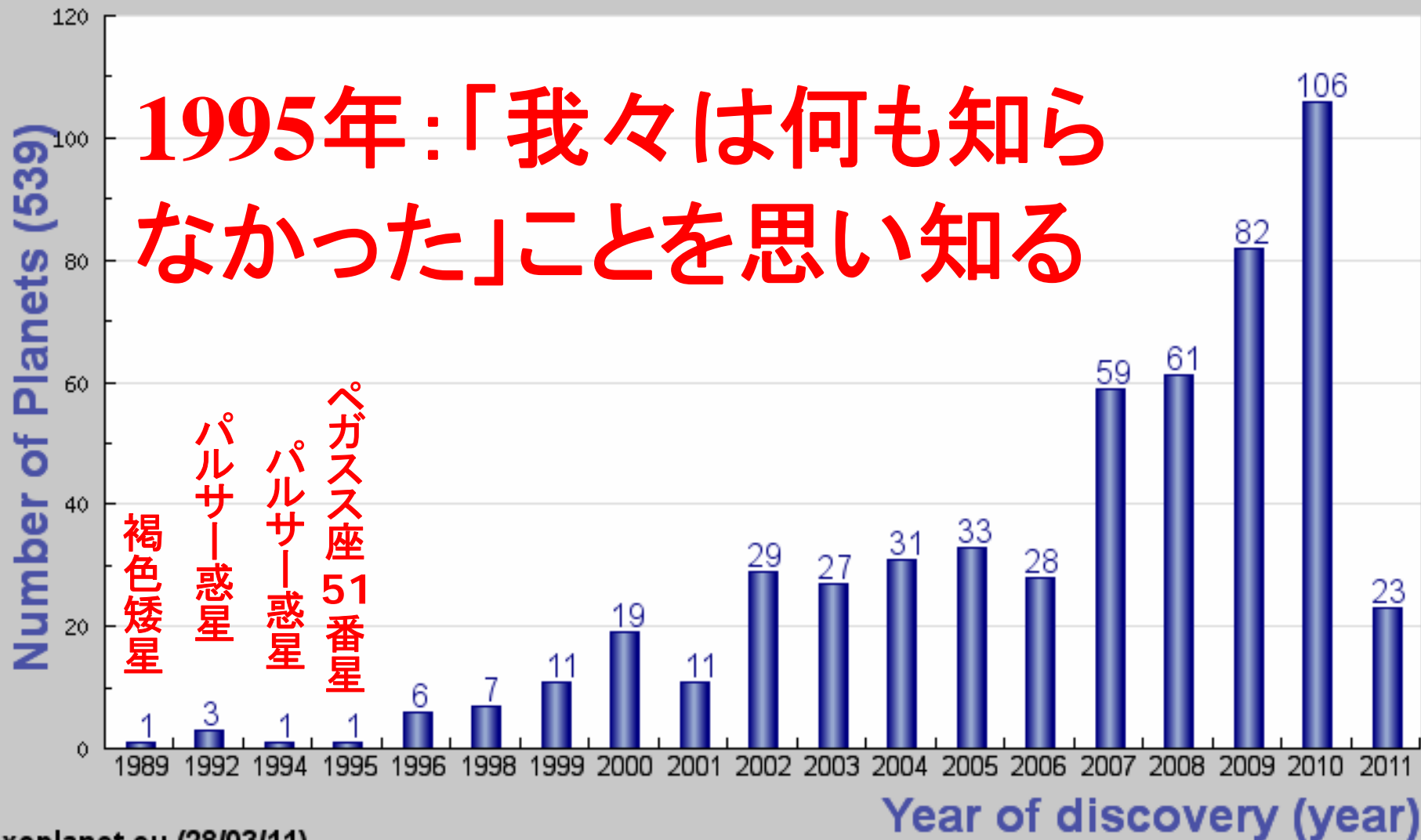
# 我々以外の世界はあるのか？ 太陽系外惑星



想像図

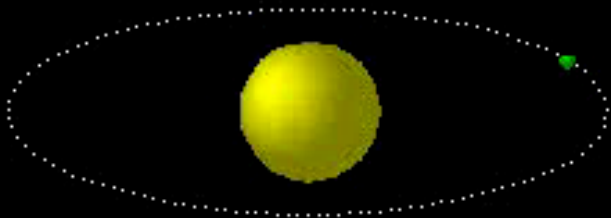
# 太陽系外惑星（候補）の発見年表

Number of planets by year of discovery



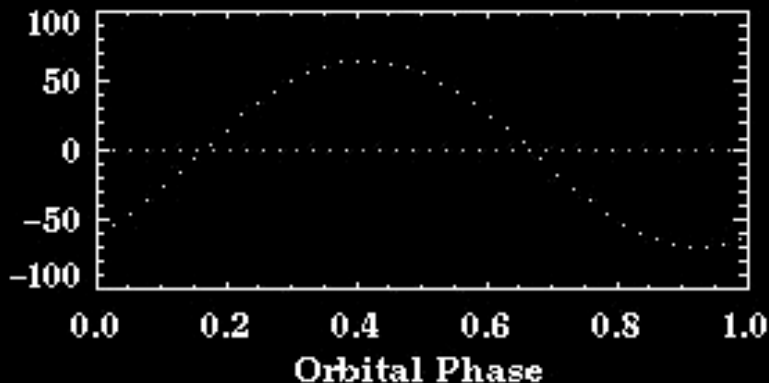
# どうやって見つけたのか？

Circular Orbit: rho CrB



$$K = 67.4 \text{ m/s} \quad e = 0.03$$
$$\omega = 210.0 \text{ deg.} \quad \sin(i) = 0.3 \text{ (*)}$$

Radial Velocity Curve  
of the Star [m/s]



## ■ ドップラー法

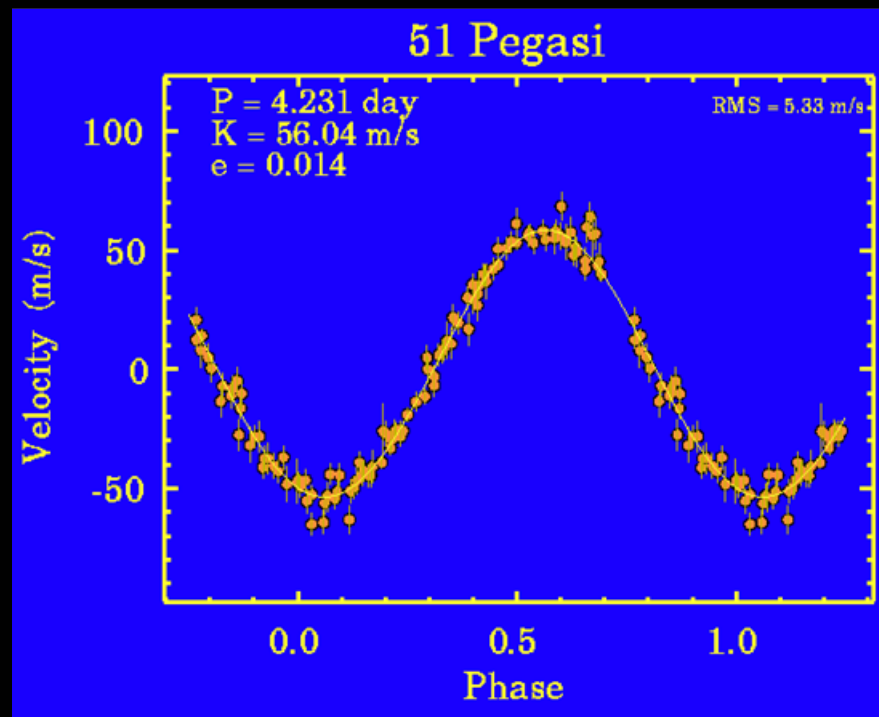
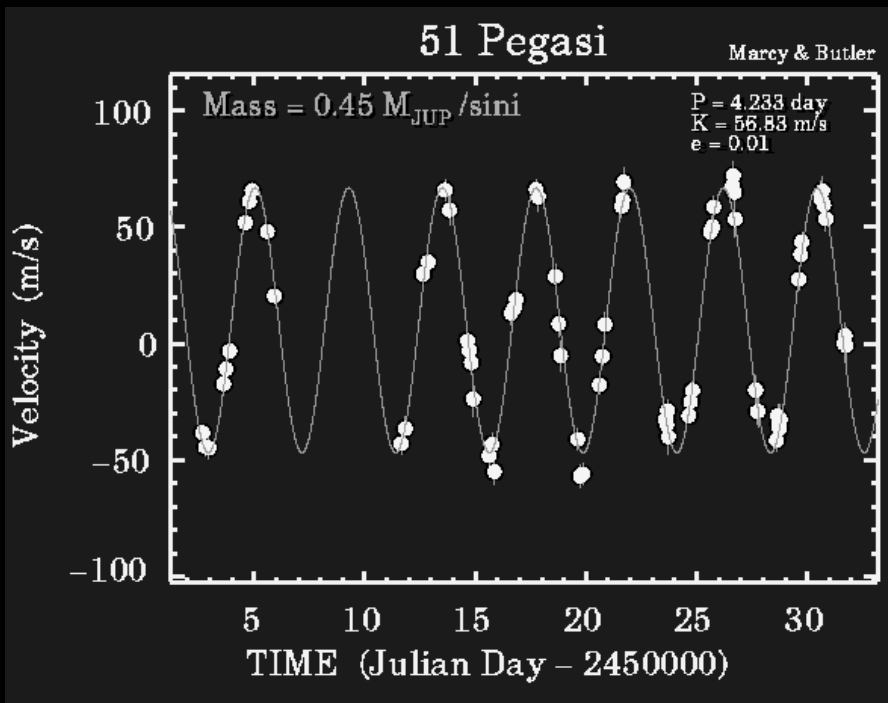
- 中心星の速度が毎秒数十メートル程度、周期的に変動

## ■ トランジット法

- (運がよければ) 中心星の正面を惑星が横切ることによって星の明るさが1パーセント程度周期的に暗くなる

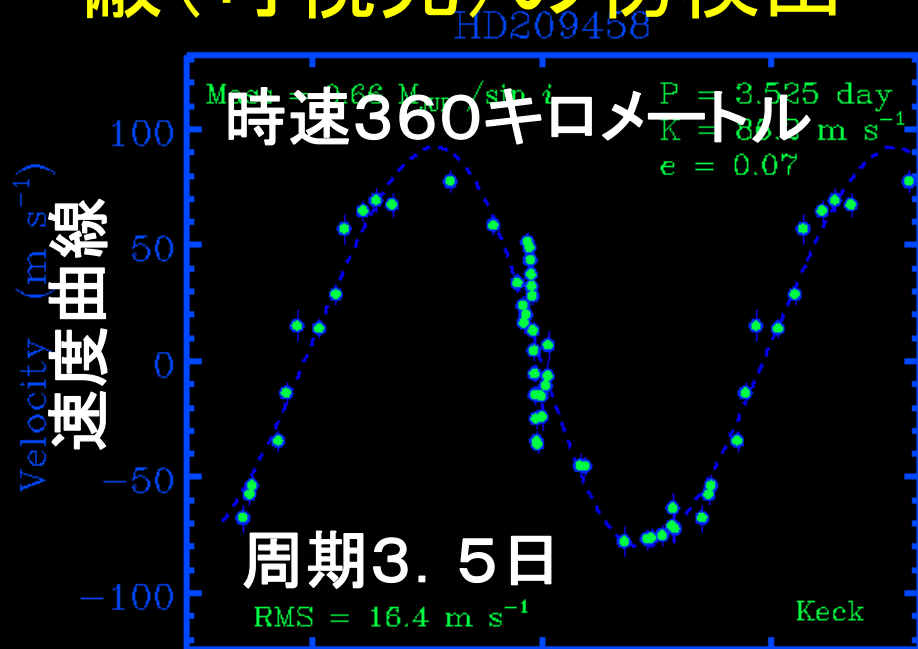
# ペガサス座51番星： 初めての太陽系外惑星 (1995年発表)

わずか4.2日で一周！



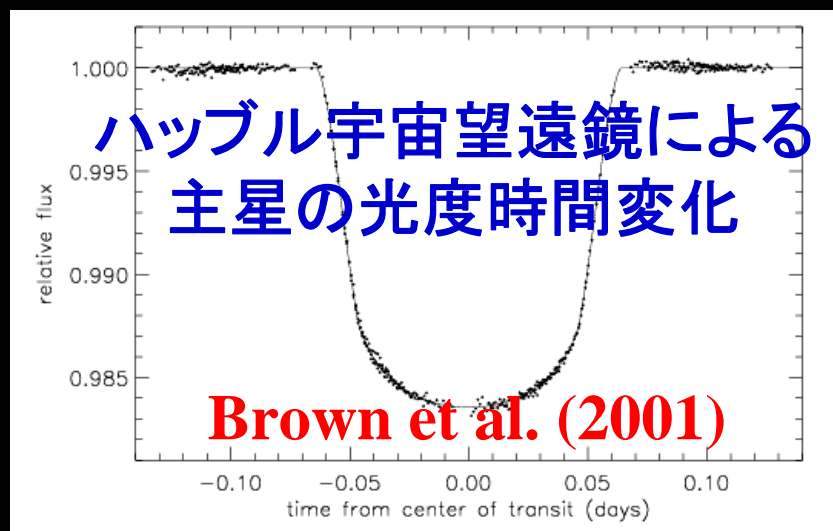
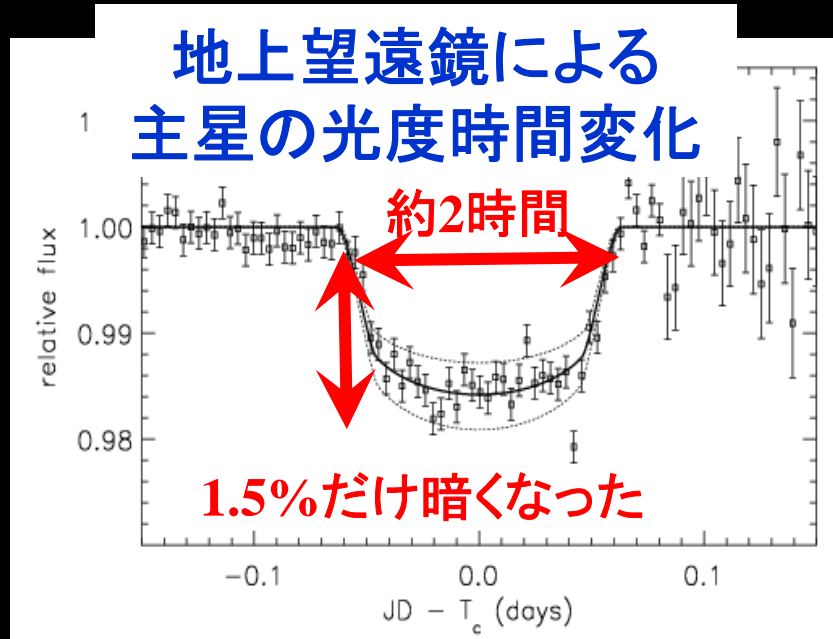
# 初めてのトランジット惑星HD209458b

- 速度変動のデータに合わせた惑星による主星の掩蔽(可視光)の初検出



地上望遠鏡による  
主星の速度時間変化

Henry et al. (1999), Charbonneau et al (2000)





# ケプラー探査機 (2009年3月6日打ち上げ)

トランジット惑星の測光サーベイ:  
地球型ハビタブル惑星の発見をめざす

## ■ Borucki et al. NASA press release (2011年2月1日)

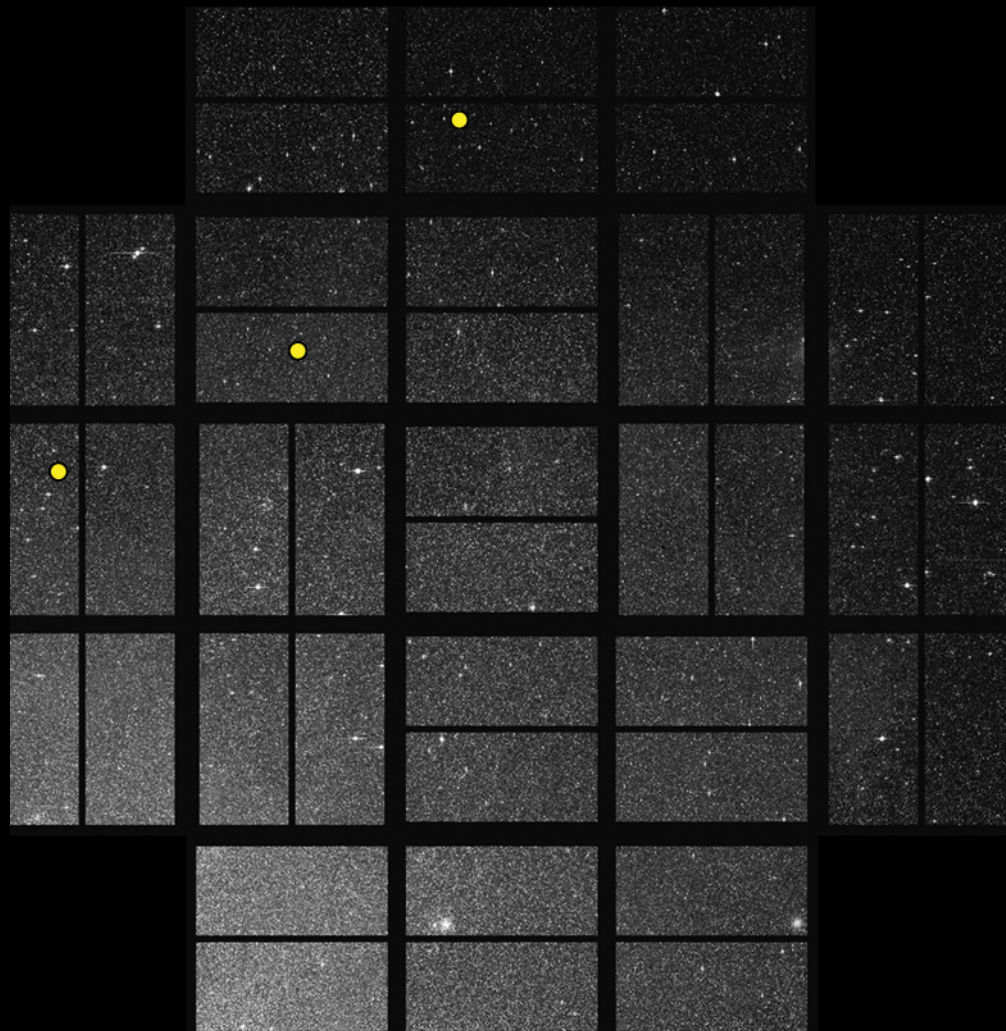
- 1235 のトランジット惑星候補
- 54 個がハビタブルゾーン?
- うち5個が2倍の地球半径以下
- 2重、3重、4重、5重、6重惑星系はそれぞれ、115 45, 8, 1, 1個
- 太陽と似た恒星の約34%が惑星を持ち、17%は多重惑星を持つ



<http://kepler.nasa.gov/>

# ケプラー探査機の観測領域

- 白鳥座・琴座付近の100平方度
  - 全天の400分の1
- 以前から知られていた惑星は3個（黄色の点）
- 4年間繰り返しモニター

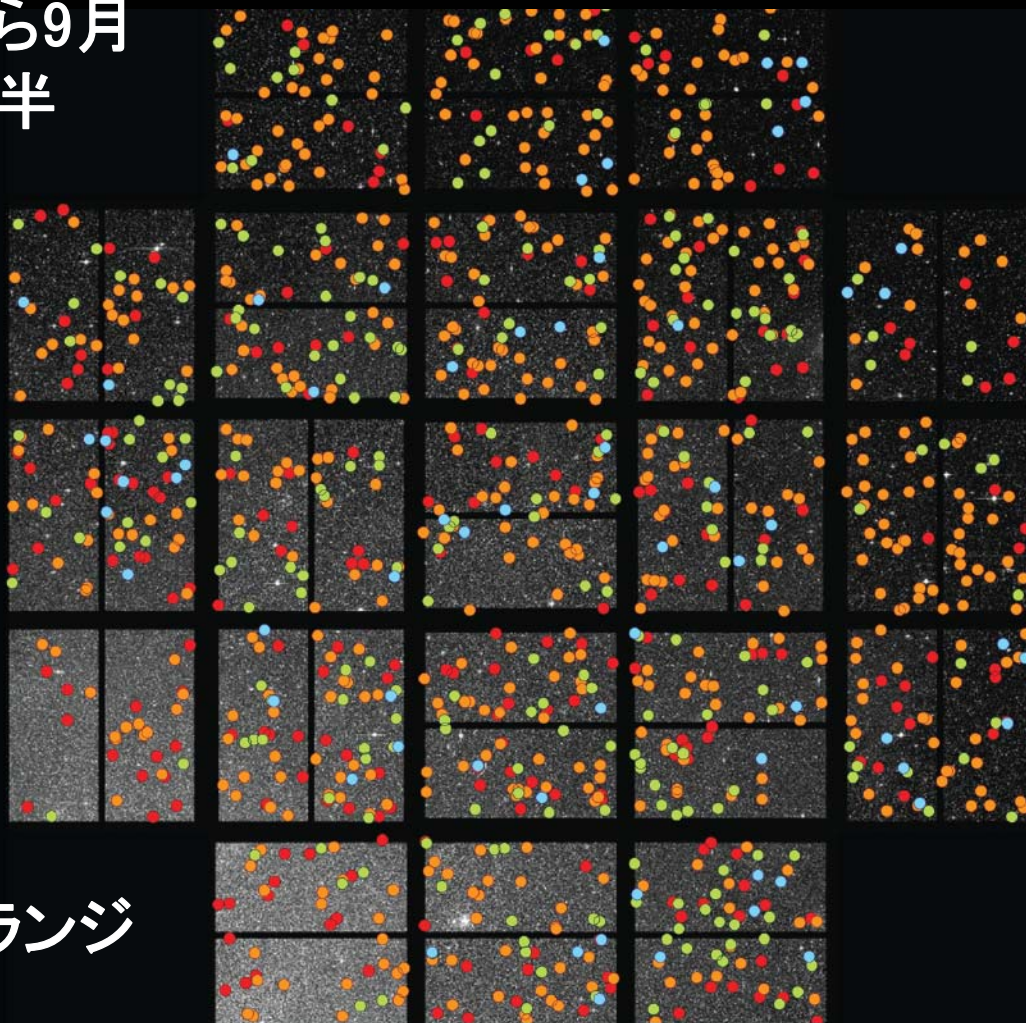


# 新たに発見された惑星候補

- 2009年5月2日から9月16日までの4ヶ月半

- Earth-size
- Super-Earth size  
1.25 - 2.0 Earth-size
- Neptune-size  
2.0 - 6.0 Earth-size
- Giant-planet size  
6.0 - 22 Earth-size

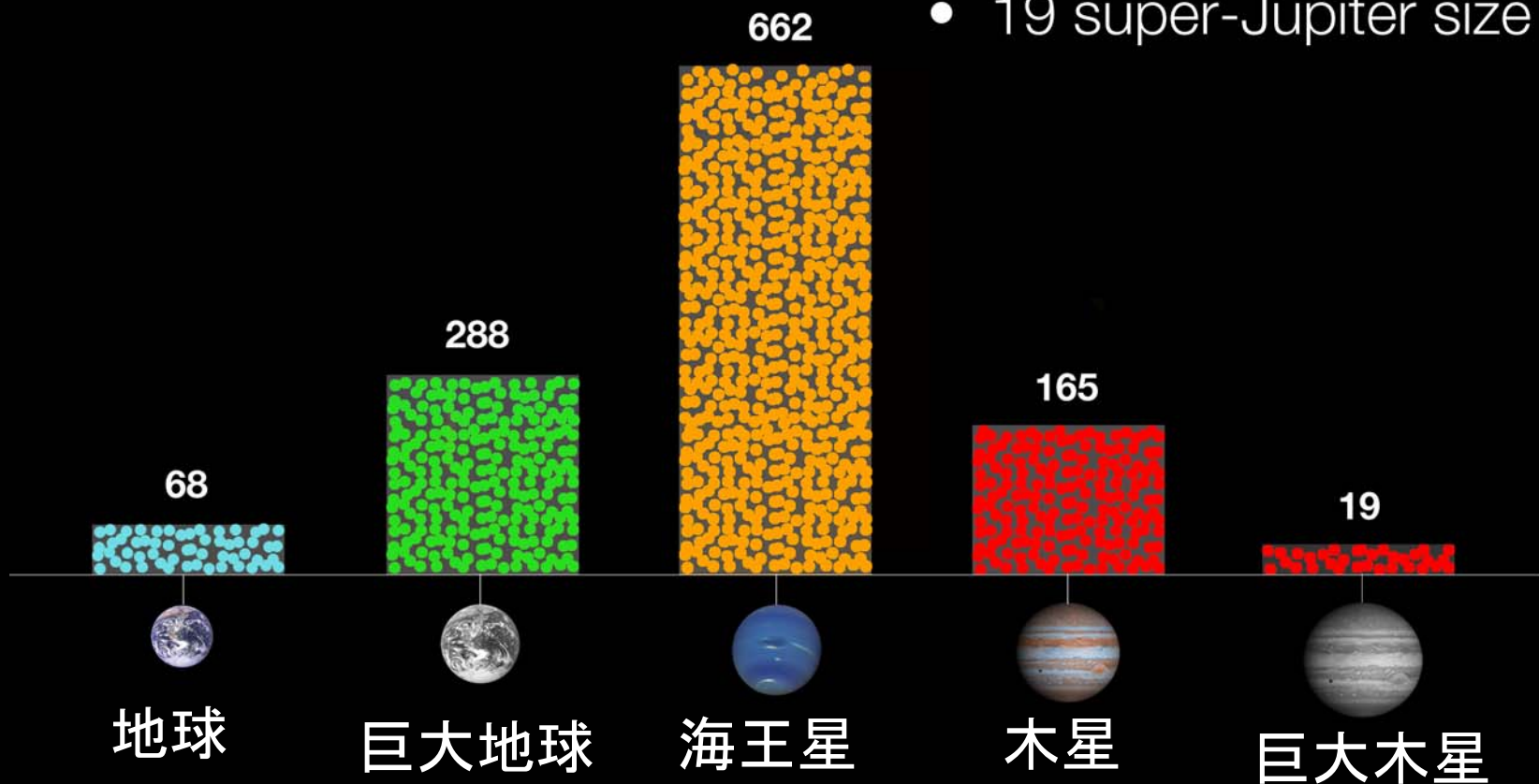
- 1200個以上のトランジット惑星候補





# ケプラー探査機が発見した惑星候補

- 68 Earth-size
- 288 super-Earth size
- 662 Neptune size
- 165 Jupiter size
- 19 super-Jupiter size



# ケプラー11: 6重トランジット惑星系

Kepler-11b Kepler-11c Kepler-11d Kepler-11e Kepler-11f Kepler-11g



1.97  $R_E$



3.15  $R_E$



3.43  $R_E$



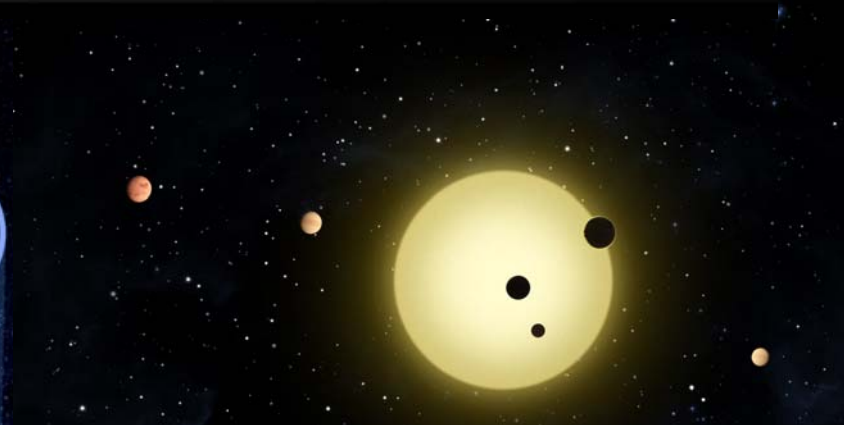
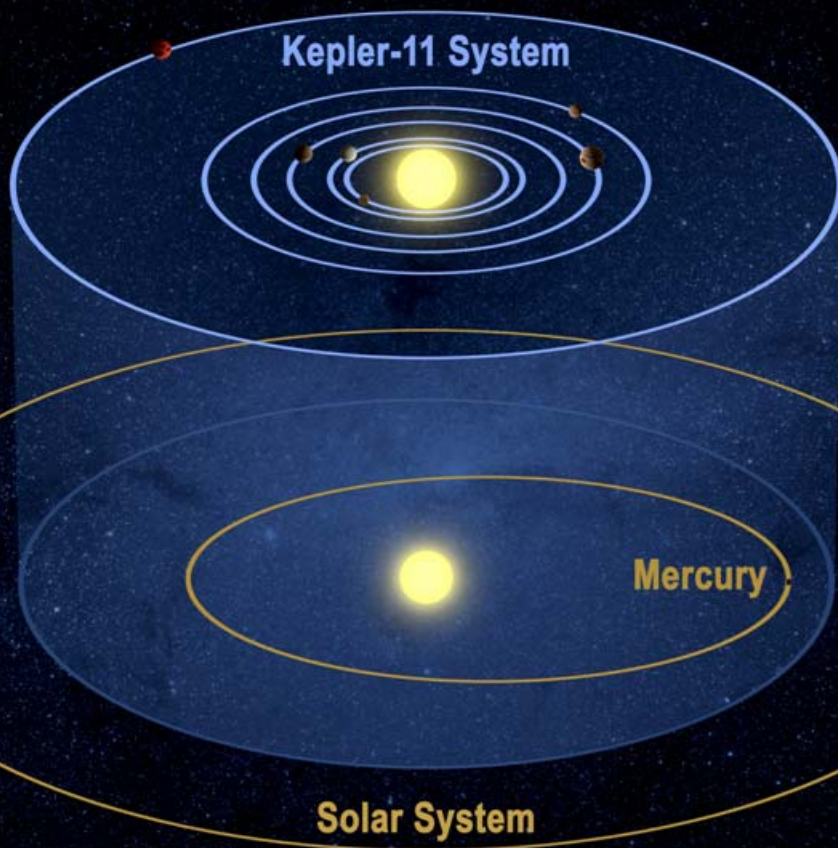
4.52  $R_E$



2.61  $R_E$



3.66  $R_E$



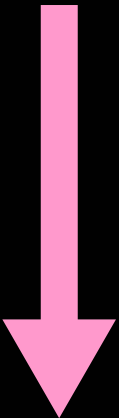
# すでに学んだこと: 惑星いろいろ

- **惑星(系)は稀なものではなく普遍的**
  - 太陽と似た恒星の34%(以上)が惑星を持ち、17%(以上)は複数の惑星を持つ
- **太陽系と良く似た系もかけ離れた系も存在**
  - 太陽の周りを数日で公転する木星型惑星が大量に存在(太陽系の木星の周期は約10年)
  - 太陽系とは違い円軌道というよりもかなりゆがんだ楕円軌道の惑星も多い
  - 地球の2倍程度の質量の惑星候補も複数報告
  - 水が液体として存在する摂氏0度から100度の温度の惑星(ハビタブル惑星)候補も報告
  - 我々の地球以外に生命が存在するか?



# さらにもっと将来の展望

- 巨大ガス惑星発見の時代 (1995)
  - 惑星大気の実見 (2002)
  - 惑星赤外線輻射の検出 (2005)
  - 惑星可視域反射光の検出 (2009)
- 
- 系外惑星リング、衛星の実見
  - 地球型惑星、居住可能惑星の実見
  - 惑星の直接検出(測光&分光)
- 
- バイオマーカー(生物存在の証拠)の同定
  - 地球外生命の実見





まとめ



# 試験の成績と本当の能力とは違う

- 高校や大学での試験での評価基準
  - 正解が存在することがわかっている問題を
  - 決められた時間内に
  - 一人だけで何も見ず
  - すべての科目を万遍なく
- これらは実際の社会とは「矛盾する」制約
  - 試験での秀才が必ずしも優れた社会人とはなっていない
- 人間の才能は1次元の数値(全教科の総合得点)ではなく、多次元空間で表現すべきもの
  - 必ずしも(とびぬけて)優秀である必要はない
  - 何でも良いから余人をもって代えがたい度合いが重要
- 自分が打ち込めることを見つけることが最も大切

# 科学を学ぶ意味

- 試験のために勉強することが目的ではない
- 合理的なものの考え方(≠知識)を身につける
- 世の中の不思議さを認識する
- 当たり前とされていることでも一度は疑ってみる
  - みんなが言っているからではなく自分で納得する
- 正しいことと間違っていることを見極める
  - 変な人(詐欺師、政治家、官僚、教員)に騙されない
  - 真実を合理的に理解し納得するし、善悪を区別する
- 科学の考え方をより広く人生に役立てる

この青空のムコウには  
無数の星々  
がきらめいている

実はこの星空のムコウにも  
ダークマター  
ダークエネルギー  
が満ちている



いまこそ夜空を眺めよう





こと座 (ベガ)

わし座 (アルタイル)

# 「星の王子様」より



夜空を埋め尽くす無数の星々のどれかに咲く

たった一つの花が好きになれたなら

夜空を見上げるだけで

とっても幸せな気持ちになれる

「僕の花がこの夜空のどこかにあるんだ」

と信じられるだけで



# 夜空のムコウ 作詞：スガシカオ

あれから僕たちは何かを信じてこれたかなあ  
夜空の向こうには明日がもう待っている

悲しみっていつかは 消えてしまうものなのかなあ  
タメ息は少しだけ 白く残ってすぐ消えた

あの頃の未来に 僕らは立っているのかなあ  
すべてが思うほど うまくはいかないみたいだ

このまま どこまでも 日々は続いていくのかなあ  
雲のない星空が マドの向こうに続いている

あれから僕たちは 何かを信じて来れたかな  
夜空の向こうには もう明日が待っている