

もうひとつの地球はあるか？



須藤 靖 日本学術会議 第三部会員

科学と社会委員会 科学力増進分科会委員長

日本学術会議・高知市サイエンスカフェ

2013年9月21日 16:00-18:00

自由民権記念館1階アトリウム

はじめに

簡単な自己紹介

- 1958年 高知県安芸市生まれ
 - 安芸市立伊尾木小学校、清水ヶ丘中学校、土佐高校卒業
 - 東京大学理学部物理学科卒業、同大学院理学系研究科物理学専攻博士課程修了
- カリフォルニア大学バークレー校、茨城大学、広島大学、京都大学基礎物理学研究所を経て、東京大学大学院理学系研究科物理学専攻
 - 2009年～2013年 プリンストン大学宇宙科学教室 客員教授併任
 - 2010年～2016年 日本学術会議第三部会員
- 専門：観測的宇宙論、太陽系外惑星

日本学術会議の職務

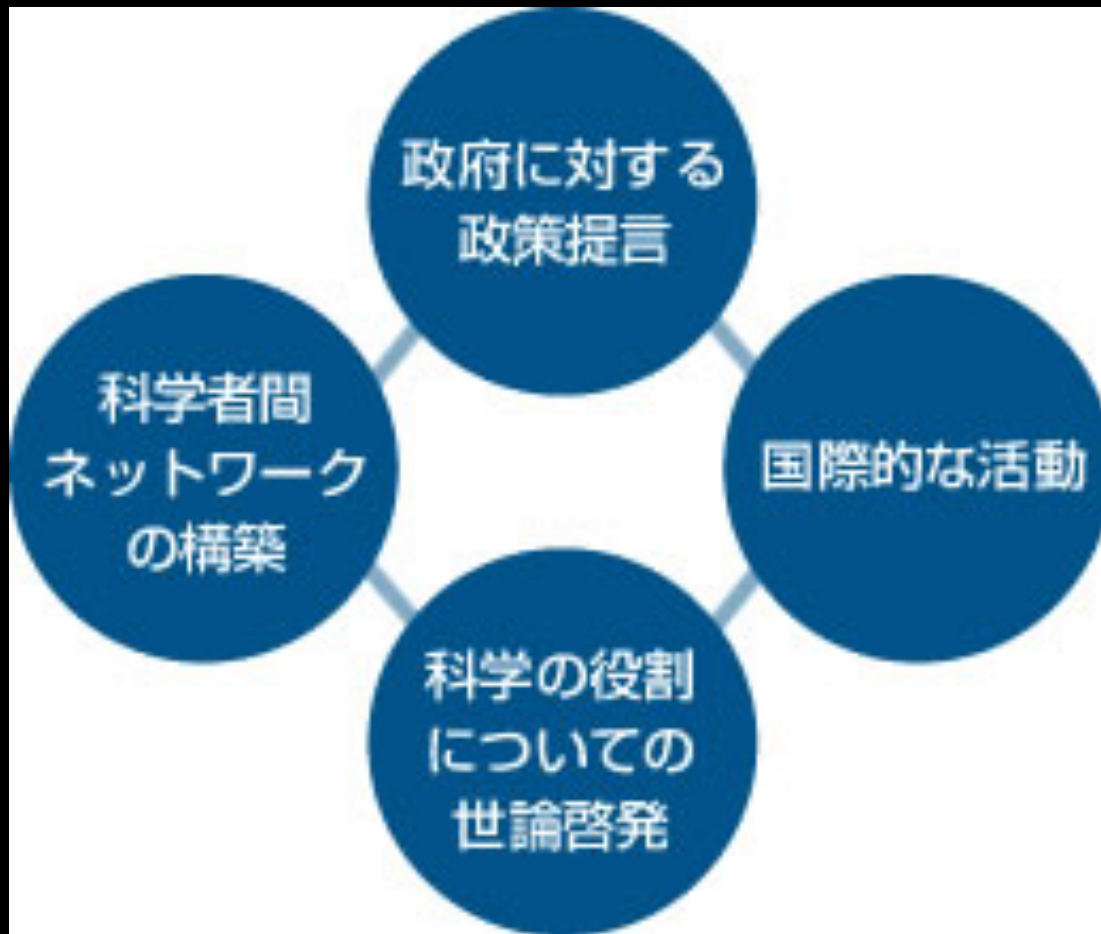
<http://www.scj.go.jp/ja/scj/index.html>

- 科学が文化国家の基礎であるという確信の下、行政、産業及び国民生活に科学を反映、浸透させることを目的として、昭和24年(1949年)1月、内閣総理大臣の所轄の下、政府から独立して職務を行う「特別の機関」として設立。

- 2つの職務

- 科学に関する重要事項を審議しその実現を図る
- 科学に関する研究の連絡を図りその能率を向上させる

日本学術会議の主たる役割



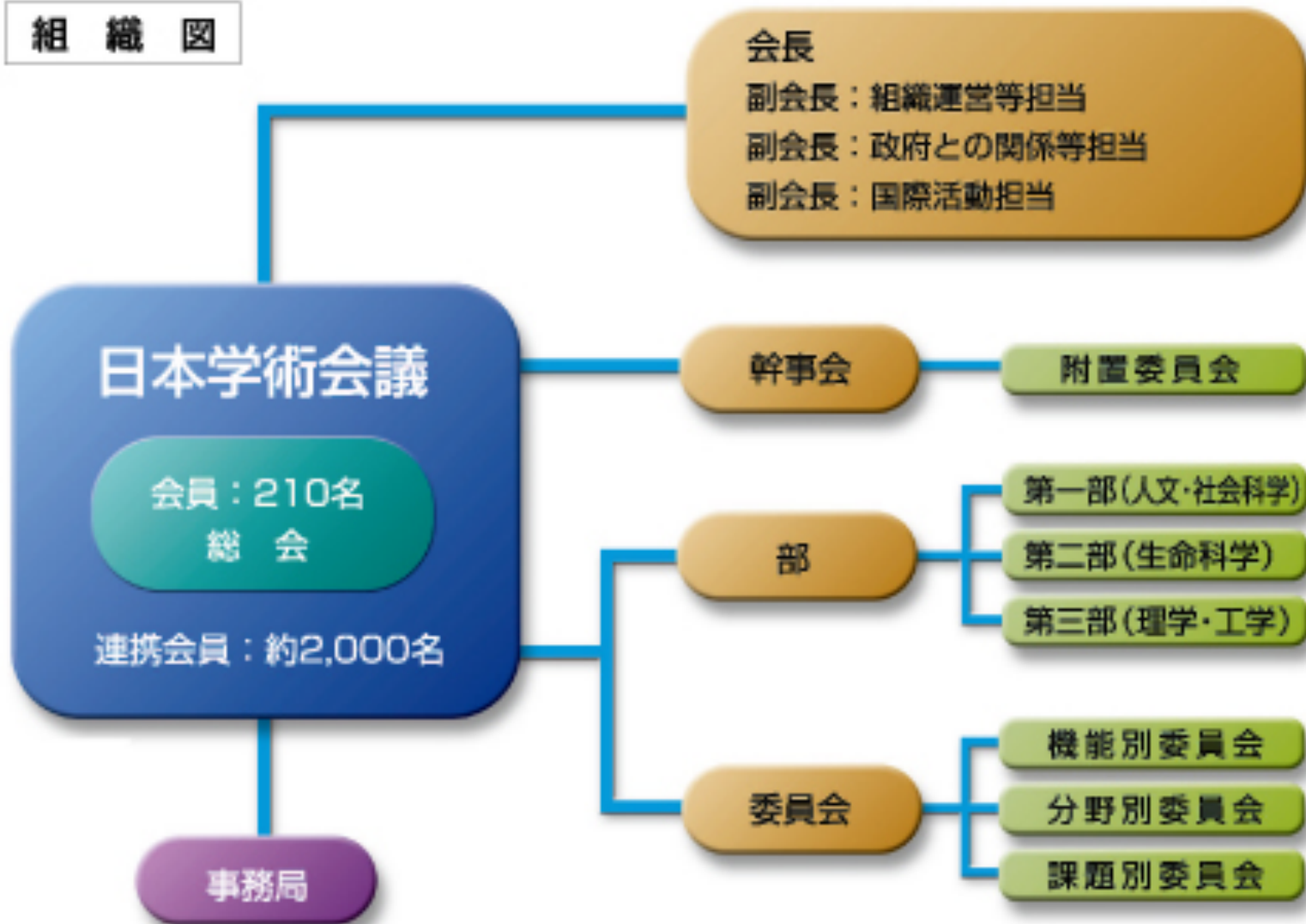
<http://www.scj.go.jp/ja/scj/index.html>

日本学術会議の構成

- 日本には約84万人の科学者がいる
- そのなかから会員210名を選出
 - 第一部： 人文・社会科学（72名）
 - 第二部： 生命科学（67名）
 - 第三部： 理学・工学（71名）
 - 任期は6年間、再選なし（無給！）
- 約2000名の連携会員と協力して活動
- 学者の国会と呼ばれるが権力はなし

日本学術会議の組織図

組織図



日本学会議科学力増進分科会

- 科学の成果を広く一般市民に還元する
- 過去6年間委員長であった毛利衛さんの後任として、2013年から須藤が委員長を務める
- 隔月で東京霞ヶ関の文部科学省のホールでサイエンスカフェを開催
- 今年度から地方へ活動を広げる事を模索
- 今回はその一環として、高村禎二氏のご紹介で高知市の支援を得て実現（関係者の方々に厚く感謝させていただきます）

<http://www-utap.phys.s.u-tokyo.ac.jp/kagakuryoku/>

第2の地球を探す

須藤靖

×

毛利衛

A



b

20年後、私たちは宇宙に生命を見つけているか？
「サイエンス・カフェ」 2005年4月23日 @café ease

Neuhäuser, Guenther, Wuchterl, Mugrauer, Bedalov, Hauschildt

太陽系外惑星の世界

太陽系外惑星の発見

■ 哲学から科学へ

- この宇宙とよく似た宇宙も全く異なる宇宙も無限に存在する
 - エピキュラス（紀元前341年～270年）
- 我々以外の宇宙は存在し得ない
 - アリストテレス（紀元前384年～322年）

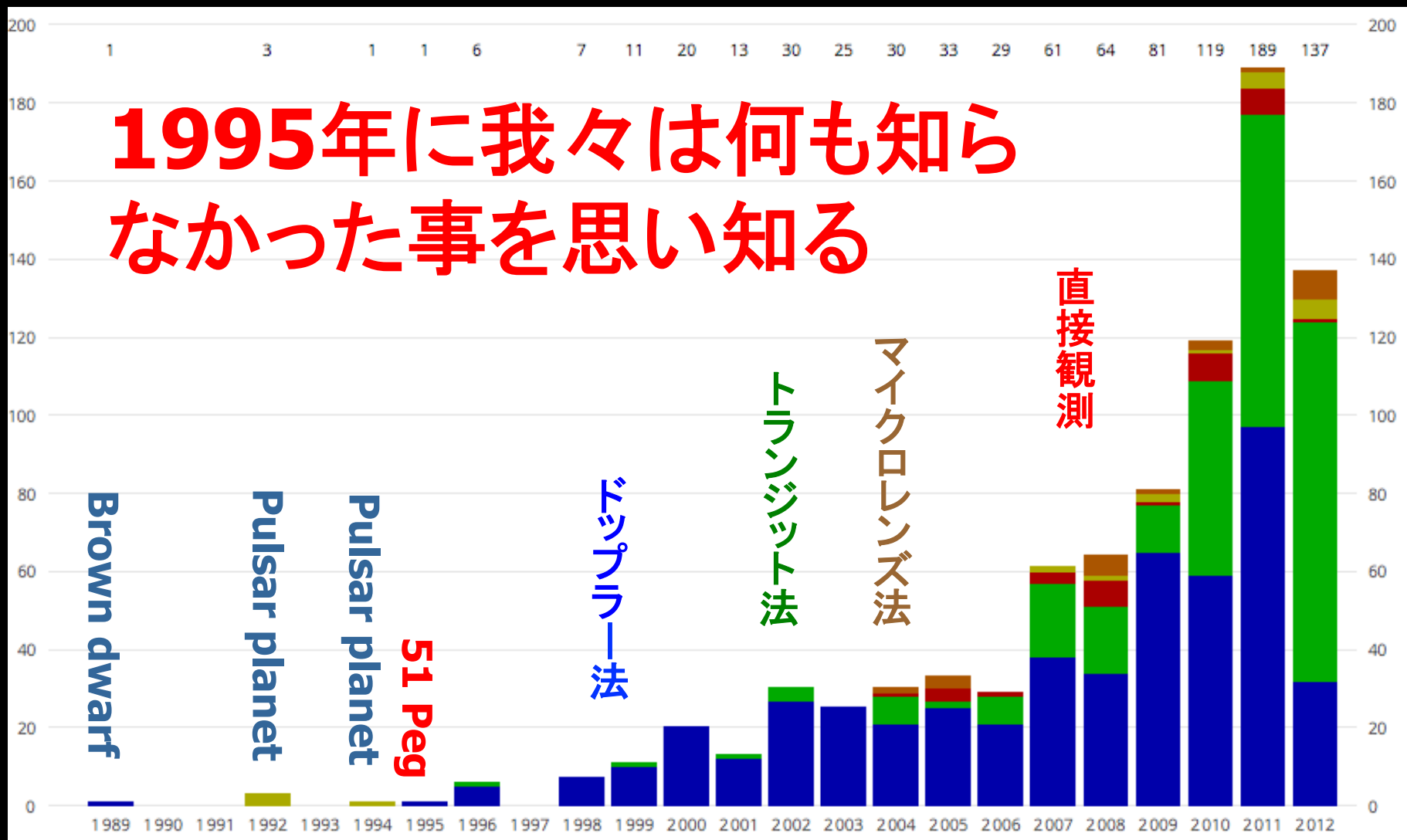
■ わが太陽系の拡大

- 1781年：天王星の発見
- 1846年：海王星の発見
- 1930年：冥王星の発見
- 1995年：初めての太陽系外惑星の発見

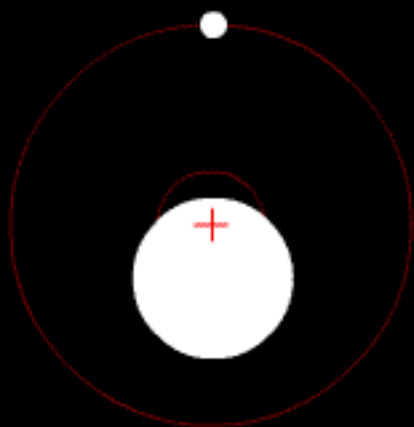
太陽系外惑星発見史

- 1963年 ピーター・バンデキャンプがバーナード星に惑星を発見と報告したが、後に間違いとわかる
- 1995年8月: カナダのゴードン・ウォーカーのグループが12年にもわたる観測の結果、21個の恒星のまわりに巨大惑星は存在しないことを発表
- 1995年10月: スイスのミシェル・メイヨールとその学生デディエ・ケロズが太陽に似た恒星ペガス座51番星を周期4日で公転している巨大惑星を発見
- 2013年8月17日時点で726個の惑星系(940個の惑星)

太陽系外惑星発見の歴史年表



どうやって見つけたのか？



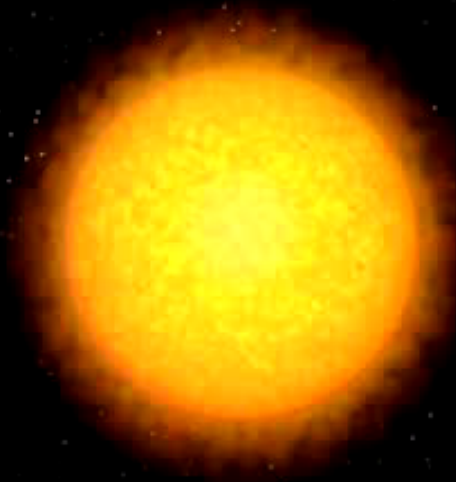
■ ドップラー法

- 中心星の速度が毎秒数十メートル程度、周期的変動

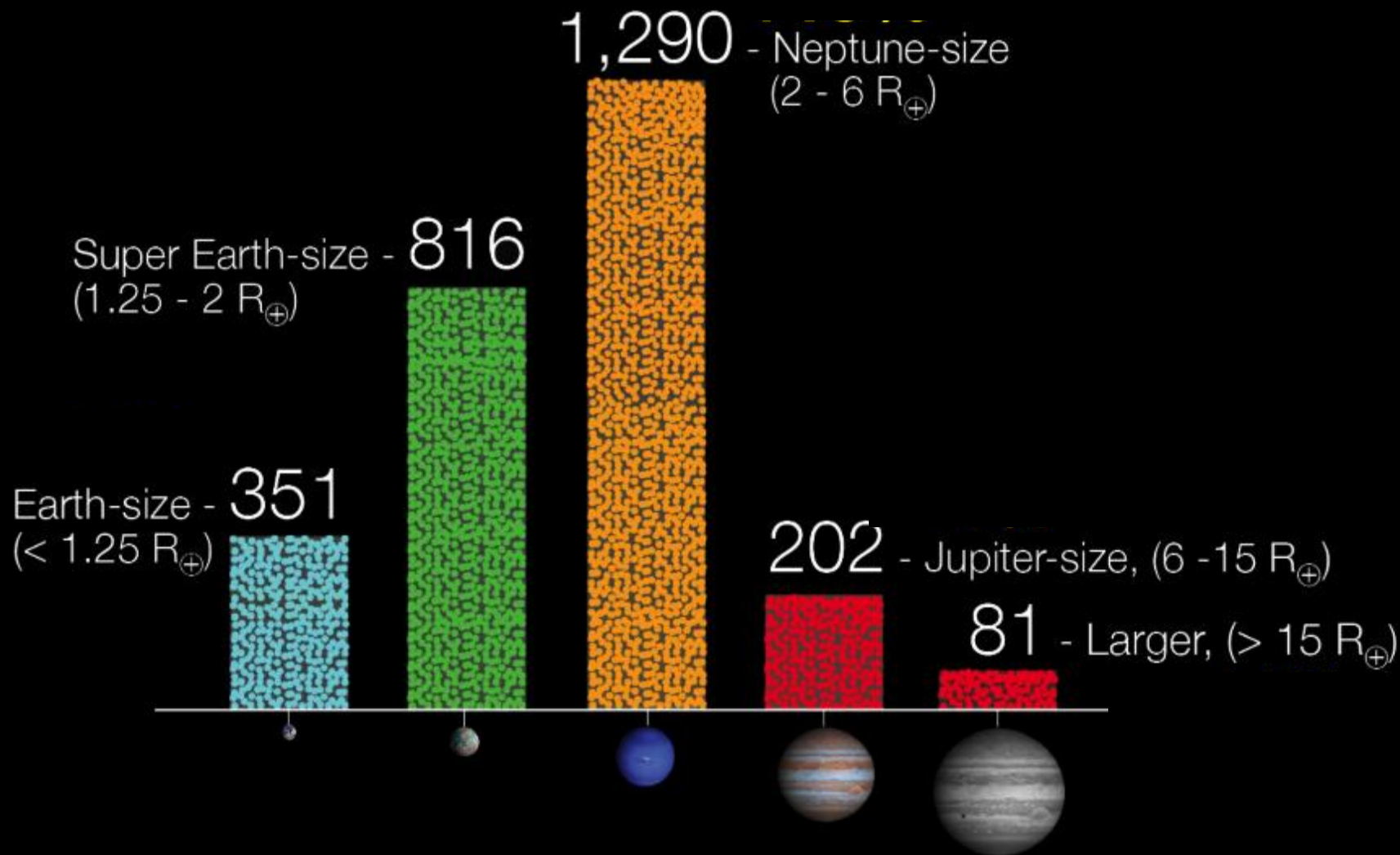
■ トランジット法

- (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

■ 重力レンズ、直接撮像



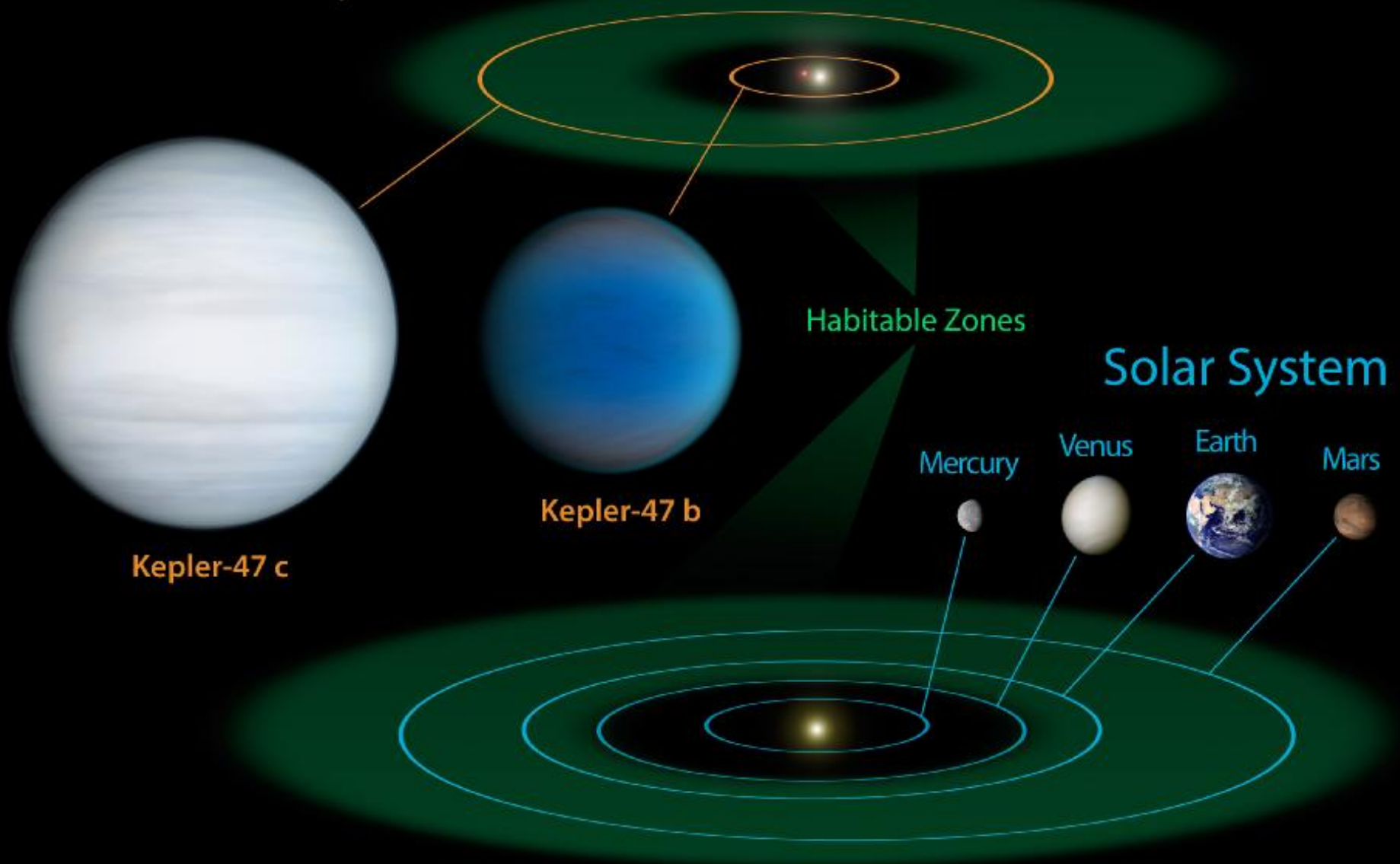
惑星候補の半径



居住可能な地球型岩石惑星の発見？

Kepler-47 System

第二の地球？ 生命の存在？

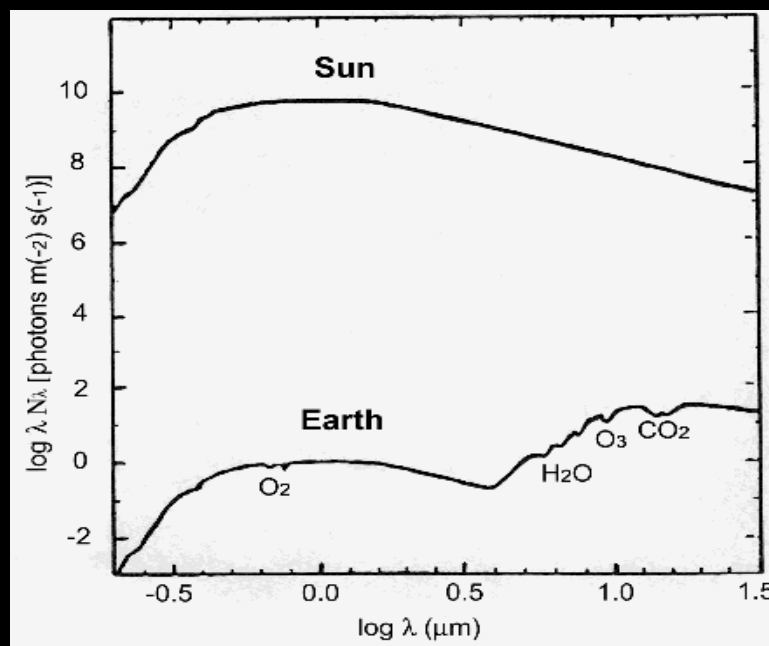
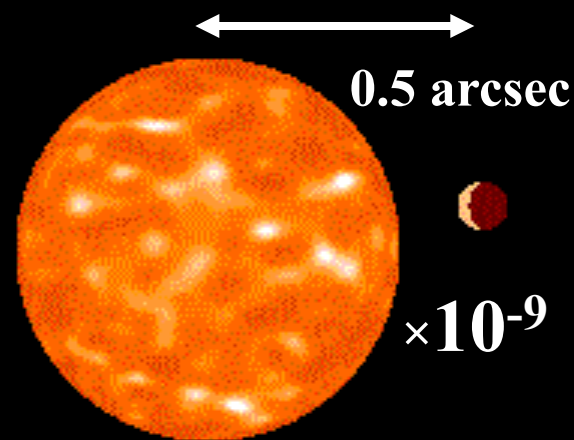


惑星は直接見えるか？

10pcから観測した木星

明るさ: 27等級 (可視域)

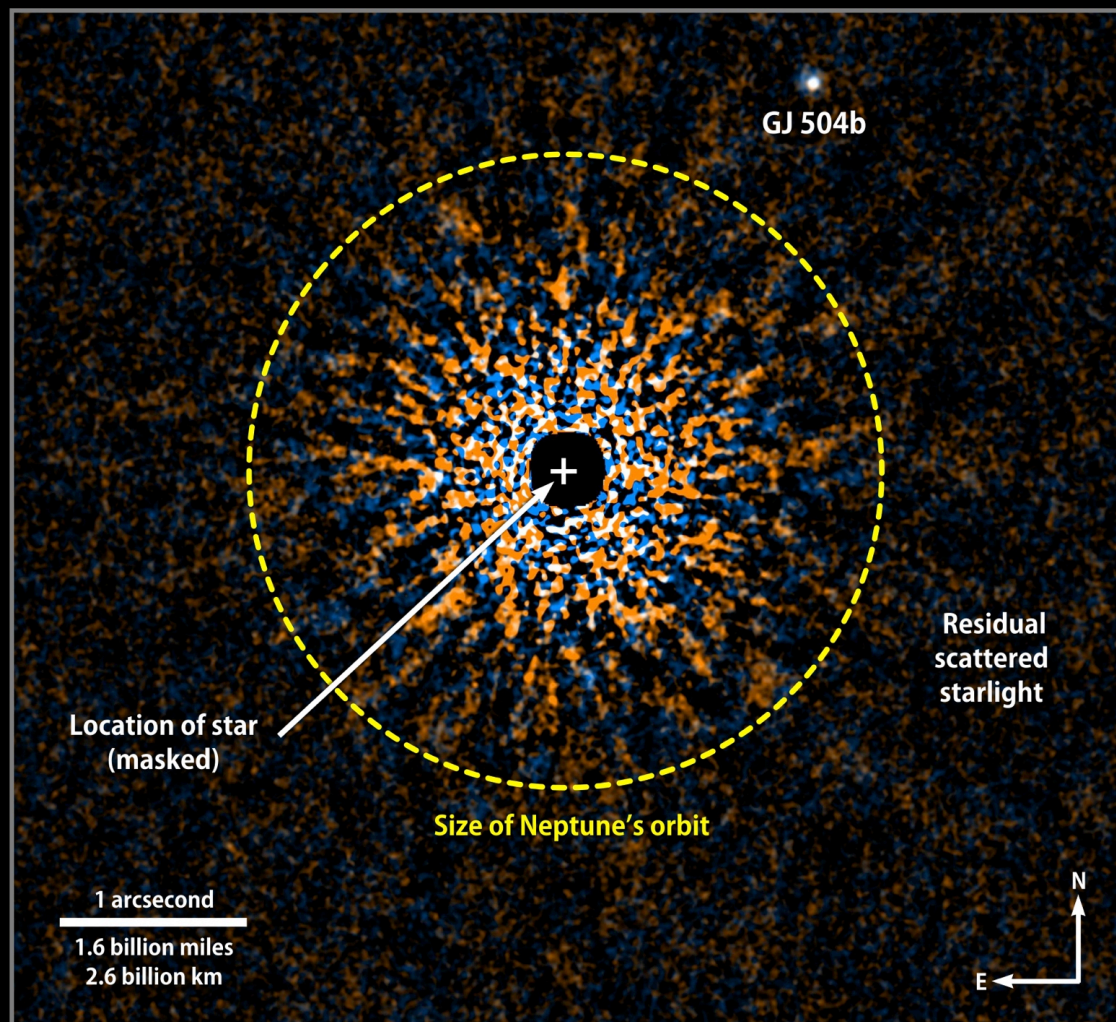
主星との角距離: 0.5秒角



地上観測の典型的な角度分解能の大きさ内で、9桁程度も明るい主星のすぐ隣にある27等級の暗い天体を観測する

⇒ 極めて困難
でもどうしても見たい！

すばる望遠鏡によるガス惑星 GJ504bの直接撮像



- 57光年先にある4木星質量の惑星の初直接撮像
- Kuzuhara et al. ApJ 774(10213)11
- すばる望遠鏡 SEEDSサーベイの成果
- 地球型惑星直接撮像への第一歩

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(ホットジュピター)が大量に存在(太陽系の木星の周期は約10年)
 - かなりゆがんだ楕円軌道を運動する惑星も多い
 - 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?**

もうひとつの地球探しにむけて

さらに将来へ:系外惑星から宇宙生物学へ

- 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)
-

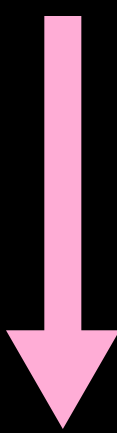
■ 系外惑星リング、衛星の実見

■ 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



第二の地球はあるか？

- 生命が誕生するには
 - 適度な温度
 - 大気存在
 - 液体の水
 - + 偶然？



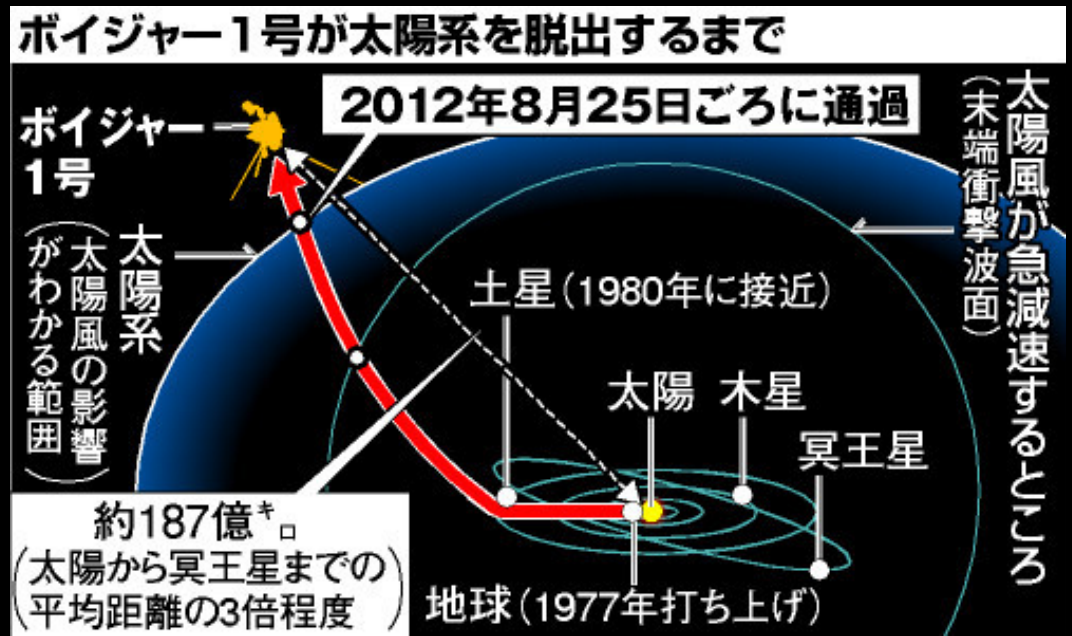
Terra衛星のMODIS検出器のデータ

<http://modarch.gsfc.nasa.gov/>

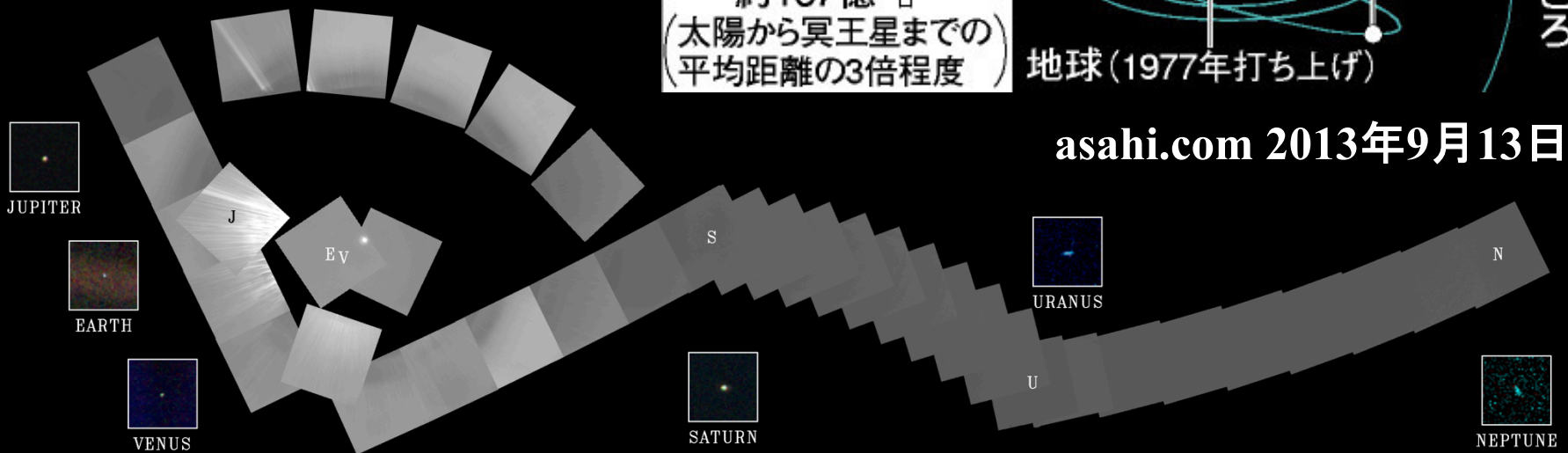
<http://www.nasa.gov/home/index.html>

ボイジャー1号による太陽系内惑星撮像

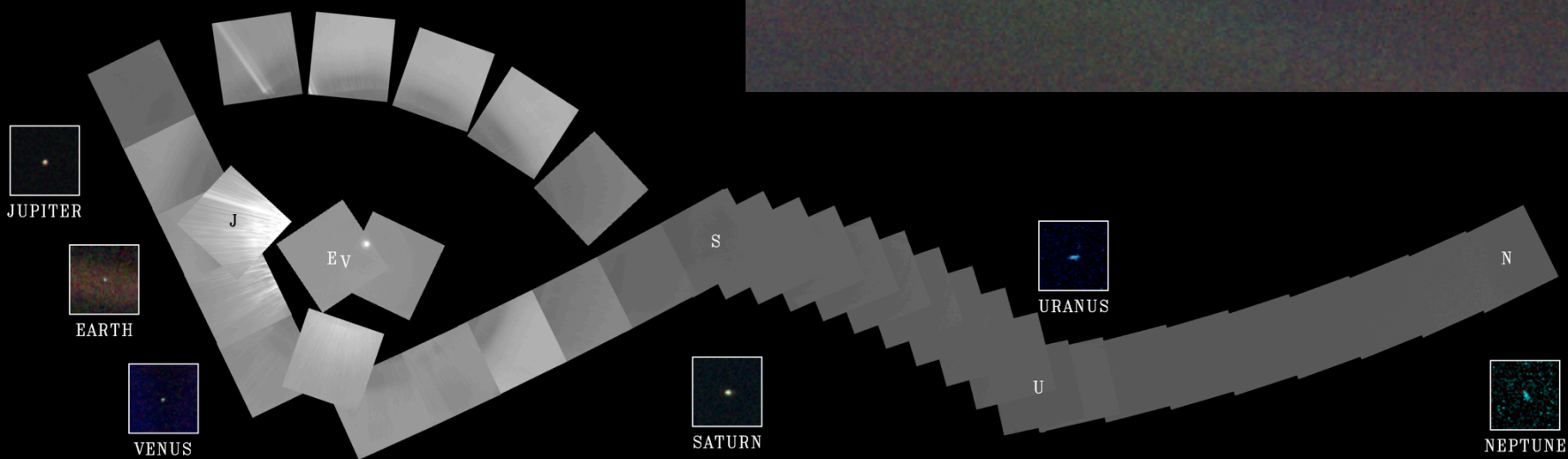
- 1990年2月14日 @40AU
 - カールセーガンが地球の画像を **Pale Blue Dot** と命名



asahi.com 2013年9月13日



ペイル・ブルー・ドット



土星越しに 見る地球



- 土星探査機カッシーニが撮影した地球と月
 - 2013年7月20日(日本時間): 2万人がこちらに手を振っている

View from Saturn (Cassini)
900 million miles away

地球外知的生命はいるか？：ドレイクの式

$$N = (N_s / L_s) \times f_p \times n_e \times f_L \times f_I \times f_C \times L$$

銀河系内にある
交信可能な
知的文明の数

銀河系内の（生命に適した）恒星の数

その恒星の寿命

その恒星が惑星を伴っている確率

その惑星の中で、生物が存在可能な
環境にある地球型惑星の期待値

その惑星に生物が発生する確率

その生物が知的生命に進化する確率

その知的生命が他の文明と交信を行う確率

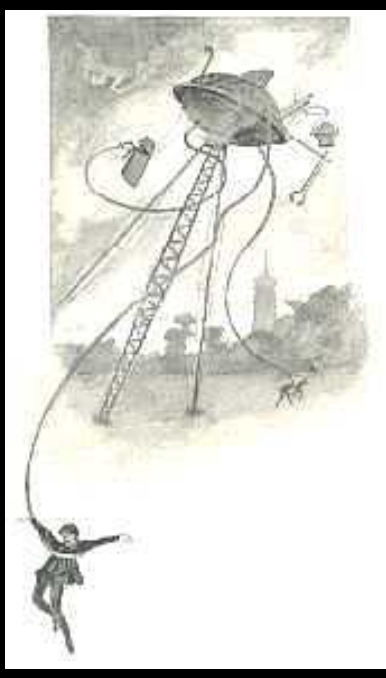
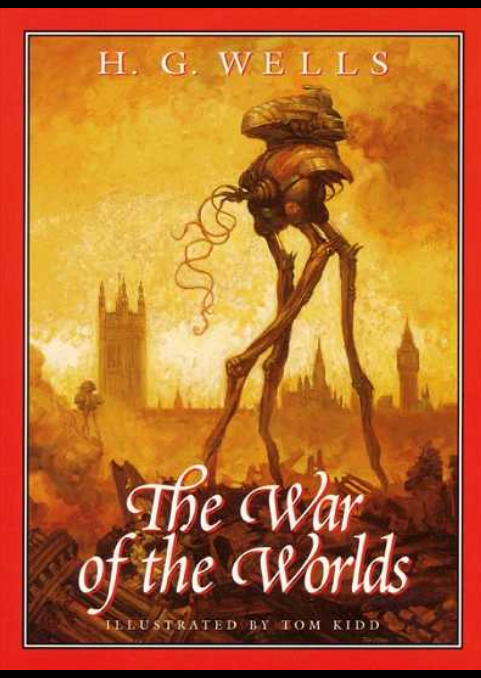
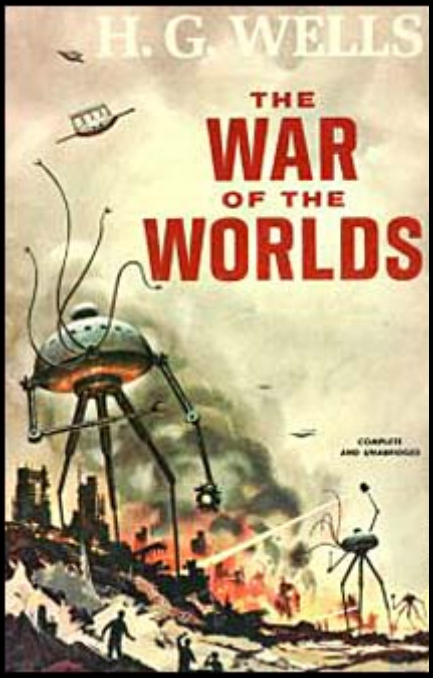
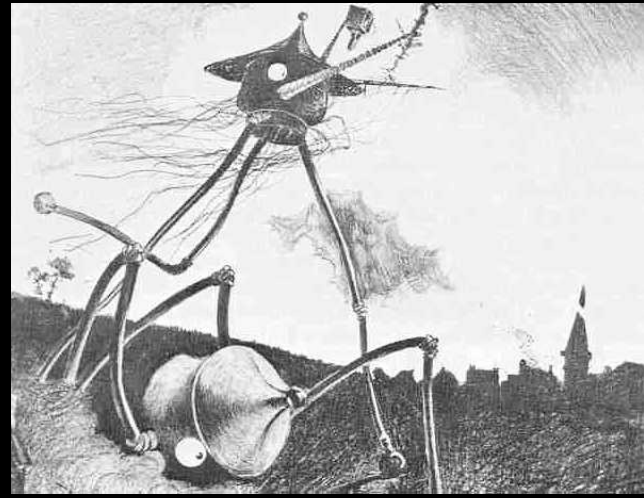
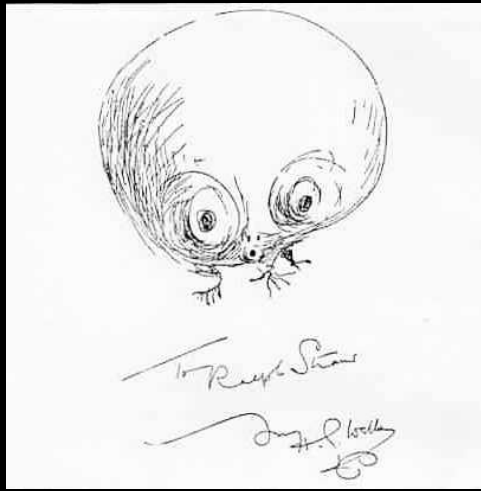
その文明の継続時間



Frank Drake博士

Nの値は、0.003個（つまり、我々の地球以外には存在し得ない！）と推定する研究者から200万個と推定する研究者までいる。ドレイク博士自身は1万個程度であると考えた。

宇宙人の姿を予想する？



太陽系外惑星の世界

- 1995年に天文学が「世界観」を大きく広げた
 - 今や惑星系は固有名詞ではなく、普通名詞
- 惑星系の存在は普遍的だが、性質は多種多様
 - 太陽に似た恒星の30パーセント以上は惑星を持つ
 - 太陽系と似た系もかけ離れた系も存在する
- 宇宙における生命の起源とその普遍性という究極の問いに、科学的立場から答えられる日が来る可能性もある
 - 「第二の地球」の発見をめざして、数多くの観測が実行中・計画中

予想もできない展開が待っているはず

■ 最初にかかるのはどれだろう

- 地球外生物の痕跡の天文学的検出
- 実験室での人工生物の誕生
- 地球外文明からの交信の検出
- 地球文明の破滅（いったん発達した文明は、疫病、核戦争、資源の枯渇などの要因で不安定）

■ 交信できるレベルまで安定に持続した地球外文明の有無を知ることは、我々の未来を知ることと等しい