

Ⅱ 夜空のムコウ



青空しか知らないとこの世界だけが
唯一の存在のように思ってしまう

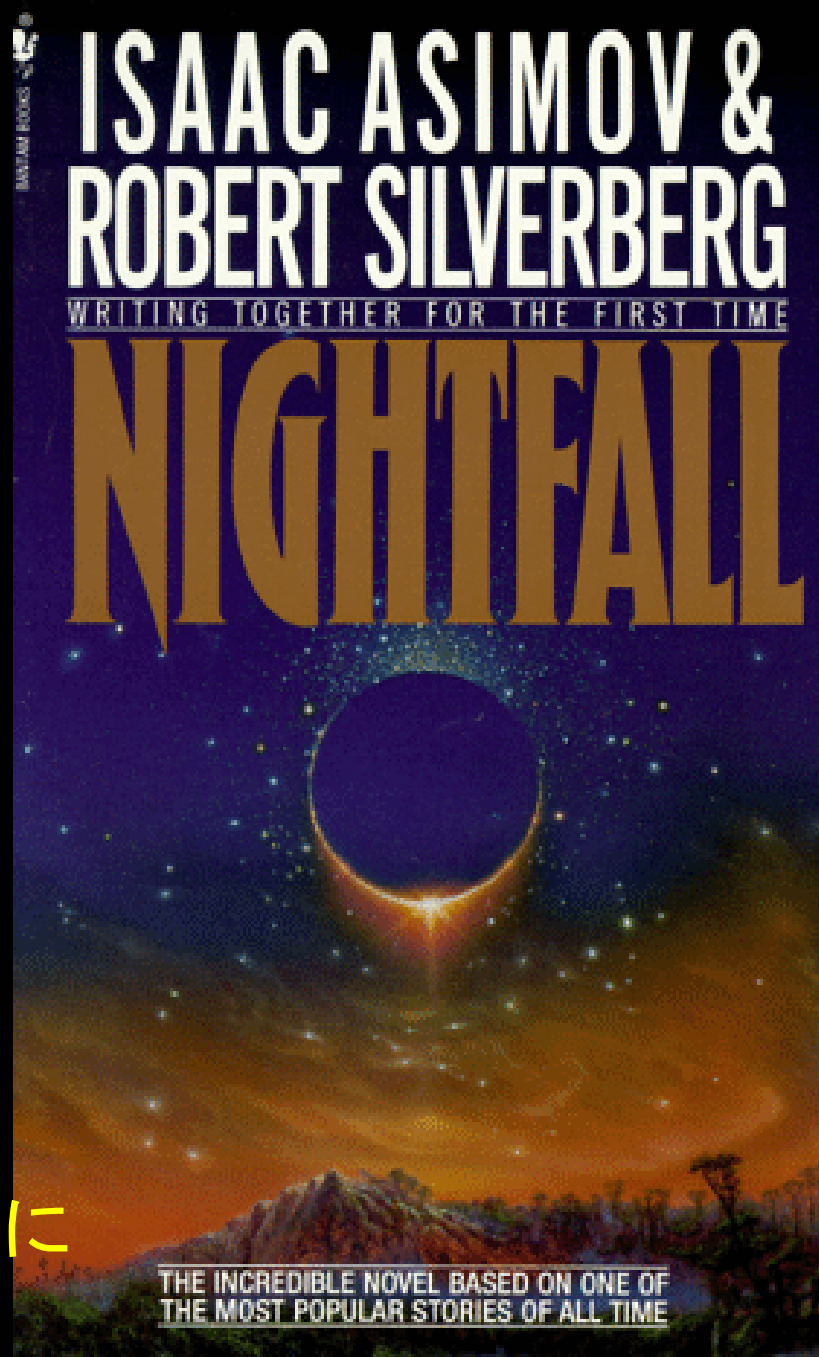


(すばる観測所、田中壱氏撮影)

夜来たる



6つの太陽をもつ惑星ラガッシュに
二千年に一度の夜が訪れる



「我々は何も知らなかった」

満天の星空を見上げれば、

我々以外の世界がないほうが不自然

(すばる観測所、田中壺氏撮影)

見えなくともそこにあるもの

- 夜空が暗いからこそ天体が見える、我々の世界を理解できる (Isaac Asimov: *Nightfall*)
- 星や銀河は輝いているから存在がわかる
- 「暗いところには何も無い」ことを証明できるか？
 - 漆黒の粒子が集積した結果、光を隠しているのでは？ (de Selby in Flann O'Brien: *The Third Policeman*)
 - 真の暗闇を撮影できるか(=ダークエネルギーの観測)
 - 完全な静寂を録音できるか(小林康夫と坂本龍一の対談 UP2008年2月号)
- 宇宙を満たしているものは何か？認識しうるか？

天文学・宇宙物理学共通の目標：

夜空のムコウの世界を探る

■ 我々の世界はどうなっているかを解き明かす

古代エジプトの宇宙像



古代中国の宇宙像



古代インドの宇宙像



<http://www.isas.ac.jp/kids/firstlook/index.html>

■ 直接役に立つわけではなくとも人生を豊かにしてくれる本質的な疑問に挑戦する

- 宇宙は何からできているか？（宇宙論）
- もう一つの地球はあるか？（太陽系外惑星研究）
- 生命はいかにして誕生したのか？（宇宙生物学）

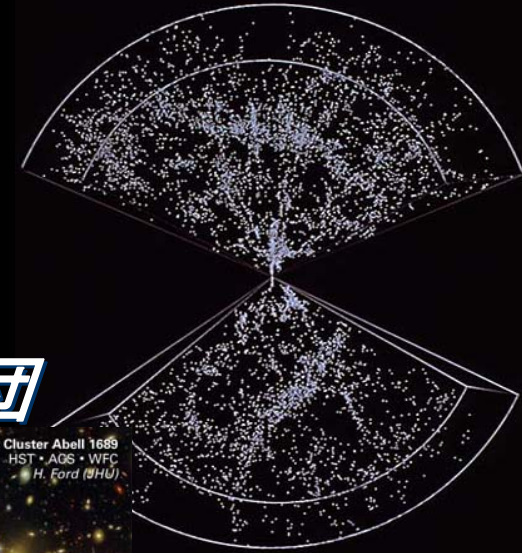
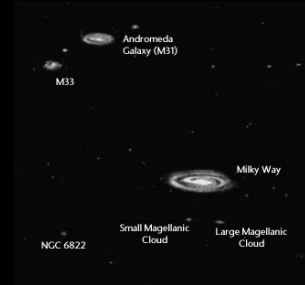
宇宙を構成しているもの

宇宙の大構造

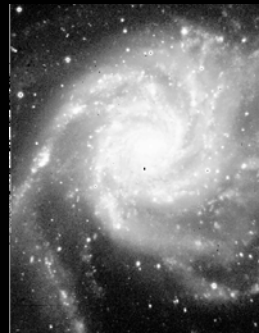
銀河群

矮小銀河

太陽系



銀河



銀河団

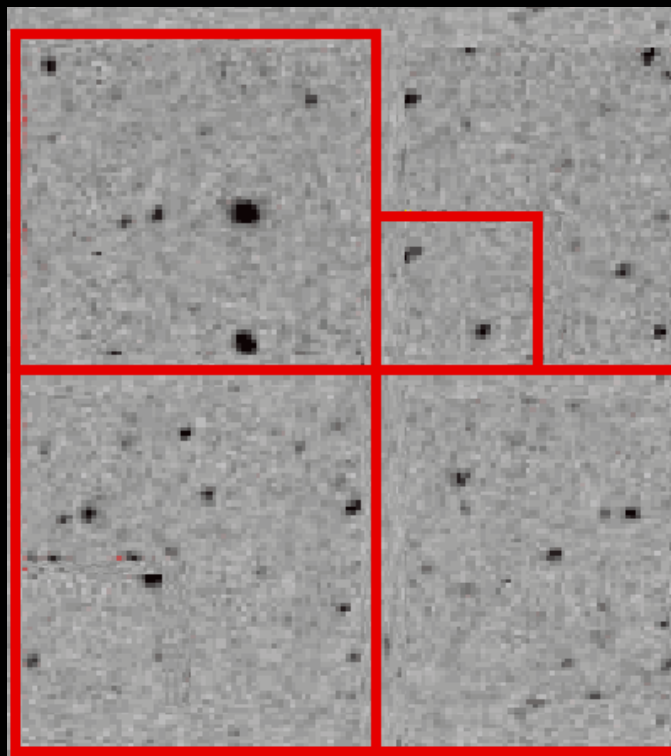


星団

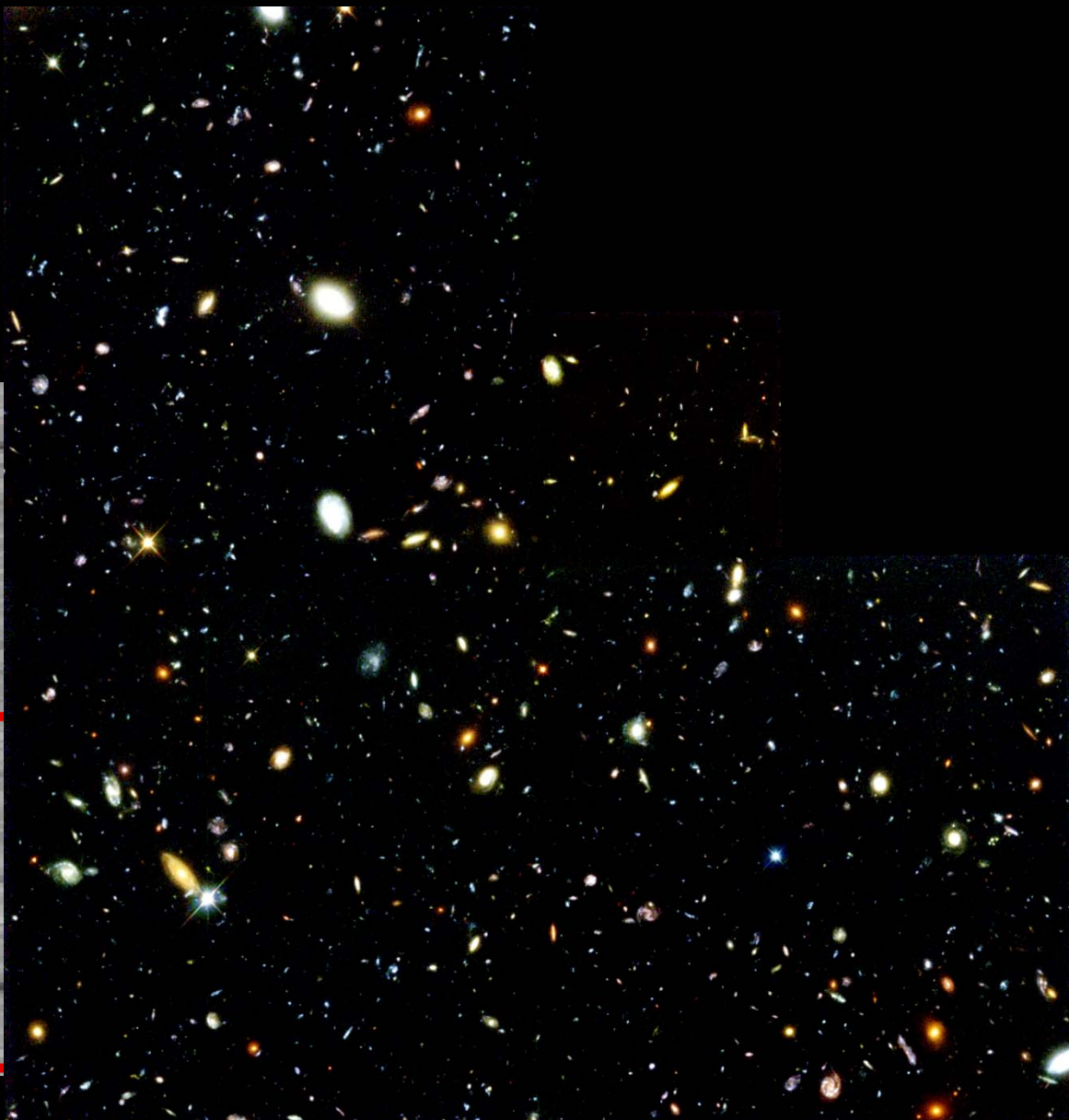


天体諸階層の典型的大きさ [光年]

宇宙を見る目 の進歩



地上4m望遠鏡+CCD
100×写真乾板



Hubble Deep Field
ST ScI OPO January 15, 1996 R. 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

SDSS (スローンデジタルスカイサーベイ) 米国ニューメキシコ州アパッチポイント天文台



NHK教育TV “サイエンスゼロ” 2003年6月11日放映



史上最大の銀河の3次元地図作り： 国際共同スローンデジタルスカイサーベイ

8千万個の銀河を観測、そのなかの80万個の銀河の3次元地図作り

<http://www.sdss.org/dr1/>



文部科学省

Ministry of Education, Culture,
Sports, Science and Technology

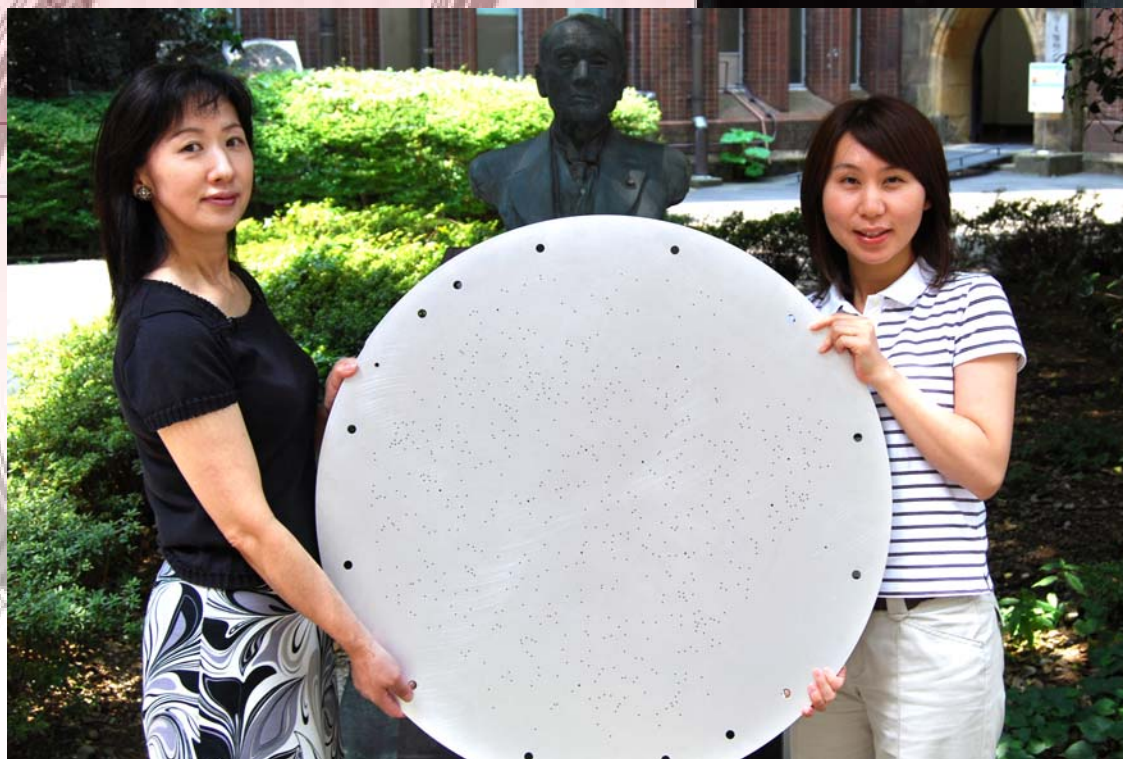
NHK教育 サイエンスZERO 2003年6月11日 0:00 放映

東京大学理学系研究科・理学部ニュース

2008年9月号 40巻3号

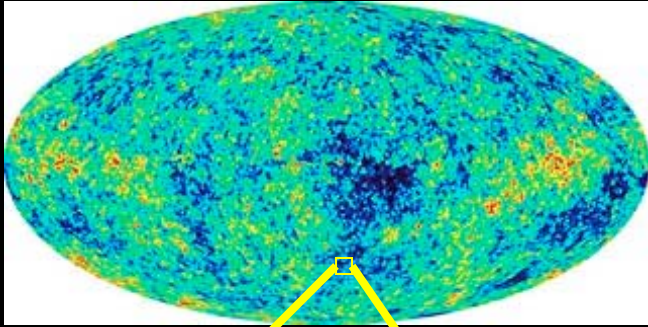
<http://www.s.u-tokyo.ac.jp/>

穴あきアルミ板から夜空のムコウをみる

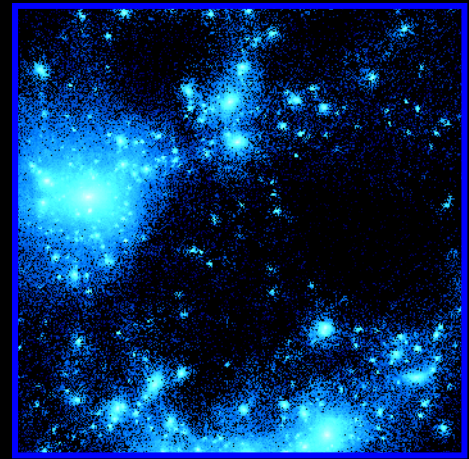
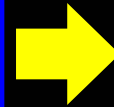
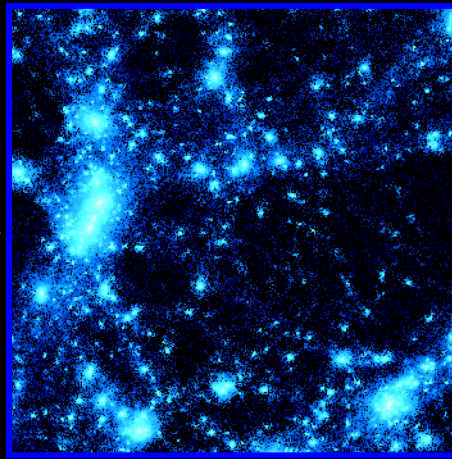
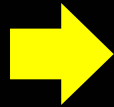
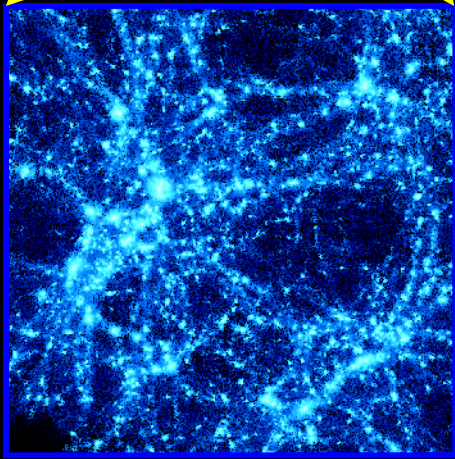


宇宙の構造形成標準理論

宇宙初期の空間ゆらぎ



- 小さなスケールの構造ほど初期に形成される
- いったんできた構造が重力的に合体あるいは集団化することで、より大きなスケールの構造へと進化する



万有引力(重力)によってでこぼこ度合いがどんどん成長する

宇宙構造進化シミュレーションの例



吉川 耕司、
樽家 篤史、
景 益鵬、
須藤 靖
(2001)

- ダークマター分布の進化
- ⇒ X線で見える現在の高温ガス分布
- ⇒ 可視光で見える現在の宇宙の銀河分布

もうひとつの宇宙の果て： 銀河系のどこかに生命を宿した惑星はあるのか？

■ 宇宙の果てと太陽系外惑星

■ 大望遠鏡は「暗い」天体を観測できる

- 本当は明るいのだが遠く
にあり暗く見える天体

⇒ 宇宙の果てにある銀河

- すぐ近くにあるのだが本
当に暗い天体

⇒ 銀河内にある系外惑星



太陽系外惑星発見の歴史

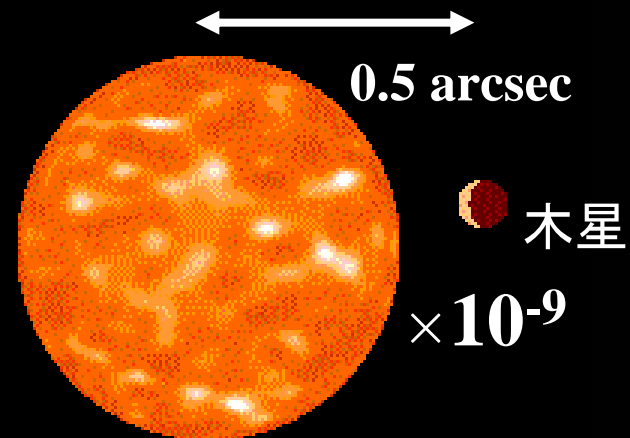
- 1995年：初めての太陽系外惑星
- 1999年：トランジット惑星（影；可視光）
- 2001年：惑星大気初の検出（ナトリウム）
- 2005年：トランジット惑星（光：赤外線）
- 2005年：惑星公転軸の傾きの発見
- 2008年10月7日時点で312個の系外惑星
（複数の惑星を持つ系が30個）

惑星は直接見えるか？

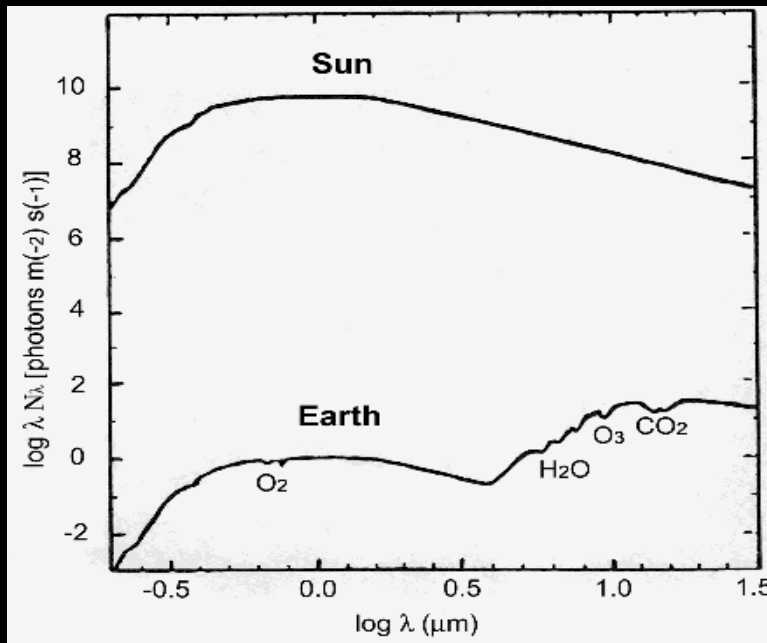
30光年先から観測した木星

明るさ: 27等級 (可視域)

主星との角距離: 0.5秒角



太陽

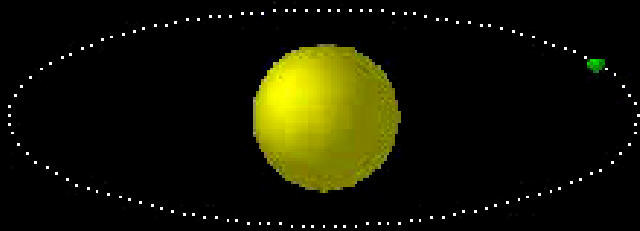


地上から観測できる分解能の大きさ内で、9桁も明るい主星の隣にある27等級の暗い天体を検出する

⇒ ほとんど不可能！

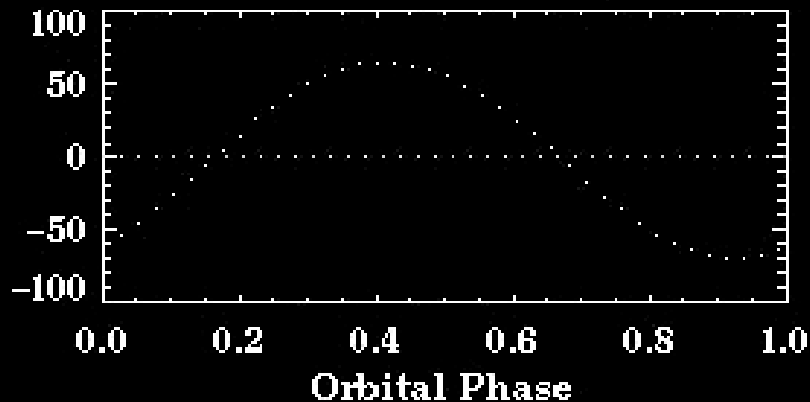
どうやって見つけたのか？

Circular Orbit: rho CrB



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

Radial Velocity Curve
of the Star [m/s]



S.G. Korzennik (CfA, © 1997)

■ ドップラー法

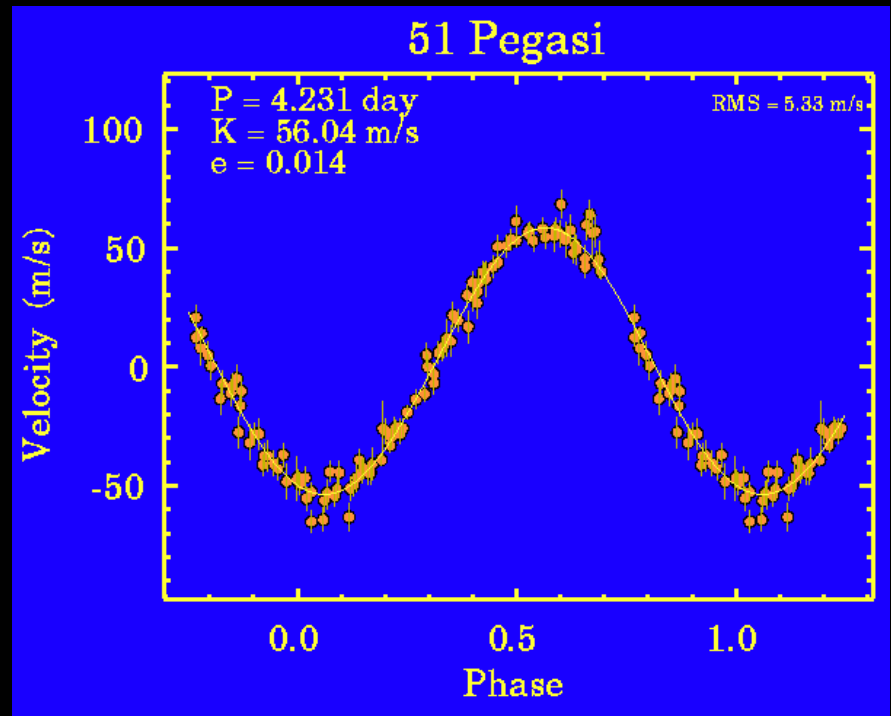
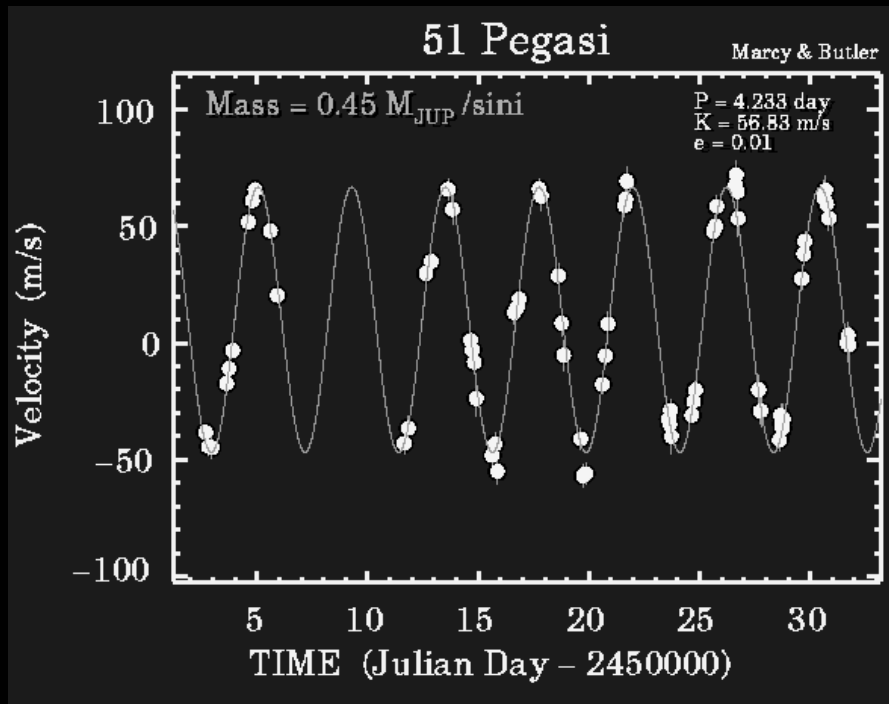
- 中心星の速度が毎秒数十メートル周期的に変動

■ 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で星の明るさが1パーセント程度周期的に暗くなる

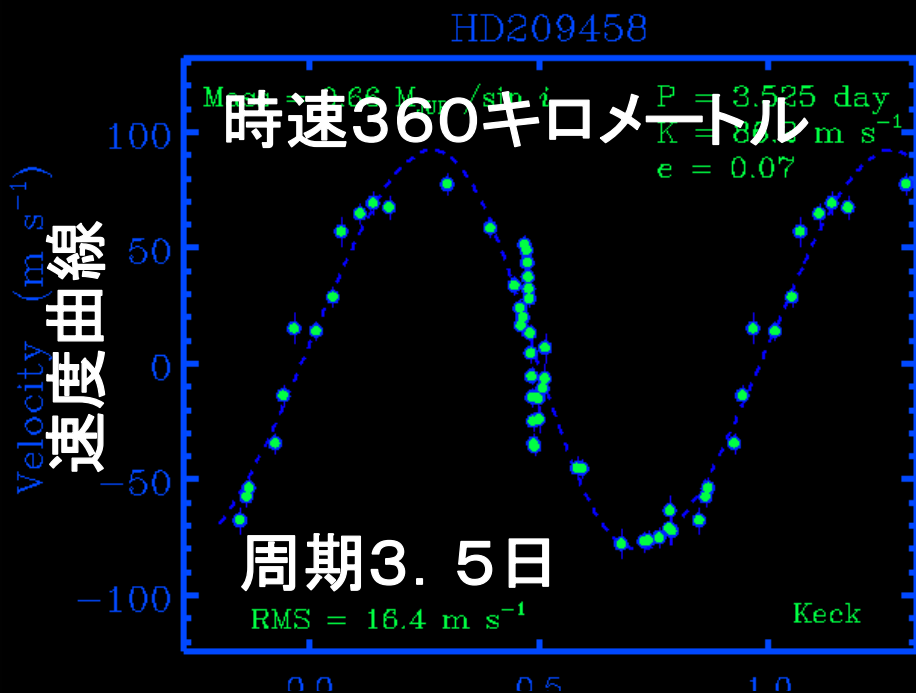
ペガサス座51番星： 初めての太陽系外惑星 (1995年発表)

わずか4.2日で一周！

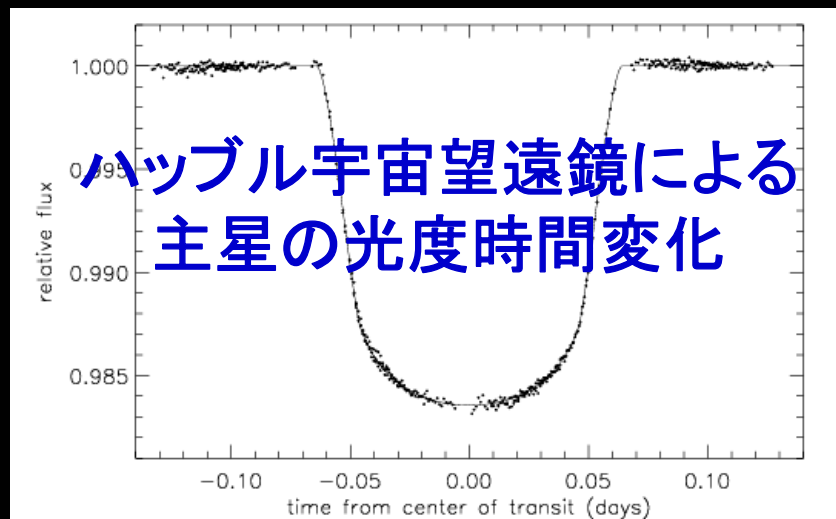
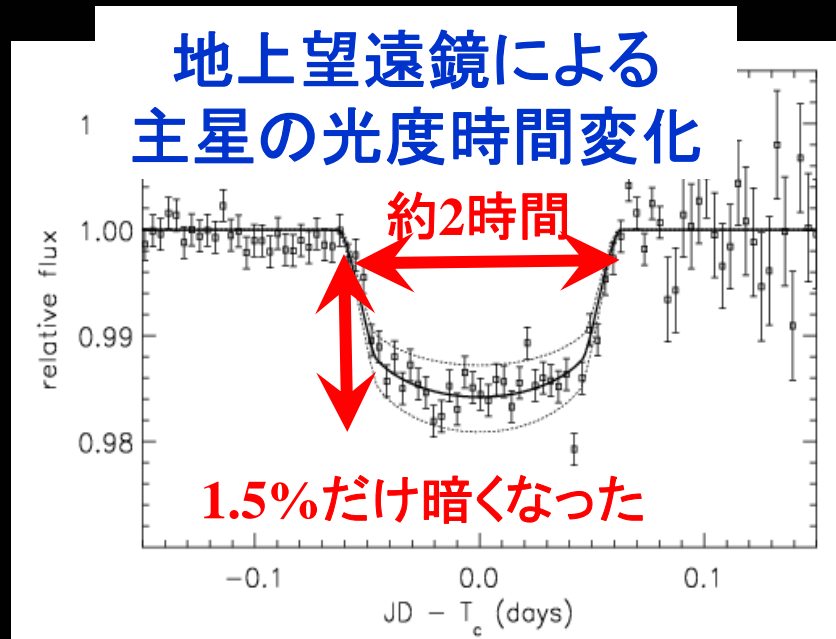


初めてのトランジット惑星HD209458b (2000年発表)

- 速度変動のデータに合わせた惑星食の初検出

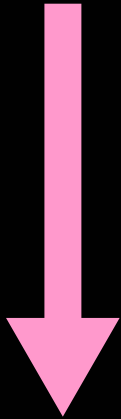


地上望遠鏡による
主星の速度時間変化

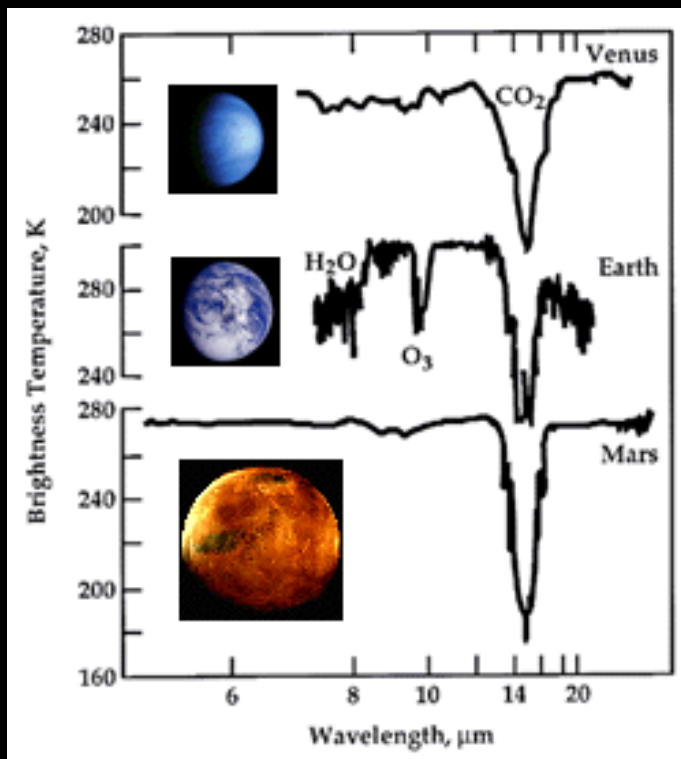


今後の展望

- 巨大ガス惑星発見の時代 (1995~)
 - 惑星大気の実見 (2002)
 - 惑星大気の高精密分光観測による組成決定
 - 惑星赤外線輻射の実見 (2005)
-
- 惑星可視域反射光の実見
 - 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**
-
- **惑星の直接実見(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**



太陽系外惑星： そのさきにあるもの “天文学から宇宙生物学へ”



- 地球型惑星の発見
- 居住可能(ハビタブル)惑星の発見
 - 水が液体として存在する地球型惑星
- バイオマーカーの提案と検出
 - 酸素、水、オゾン、核爆発、、
- 超精密分光観測の成否が鍵！
 - 惑星の放射・反射・吸収スペクトルを
中心星から分離する

直接見てくることができない距離にある惑星に
生物が存在するかどうかを天文観測だけで説得
できるか？ Biomarker を特定できるか？

予想もできない展開が待っている

■ 最初に起こるのはどれだろう

- 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に等しい

「夜空のムコウ」の意味 ～見えなくともそこにあるもの～

■ 宇宙の果てを観測する

■ 宇宙論

■ 宇宙を満たしている物質を探る

■ 素粒子論

■ 第二の地球を探す

■ 惑星形成論、宇宙生物学

■ 地球外文明はあるか

■ 人間原理、宇宙社会学、宇宙比較文化論

*L'essentiel est invisible
pour les yeux*

大切なものは目にはみえない



*Le Petit Prince:
Antoine de Saint Exupéry*