

宇宙理論研究室ガイダンス

http://www-utap.phys.s.u-tokyo.ac.jp/~suto/mypresentation_2014j.html

2014年4月8日 17:20-18:00

教授：須藤 靖

(観測的宇宙論、太陽系外惑星)

助教：大栗真宗

(観測的宇宙論、重力レンズ)

教授：吉田直紀

(数値宇宙論、第一世代天体形成)

助教：細川隆史

(大質量星、ブラックホール形成)

ビッグバンセンターの横山順一教授のグループと
連携しつつ研究室活動を行っている

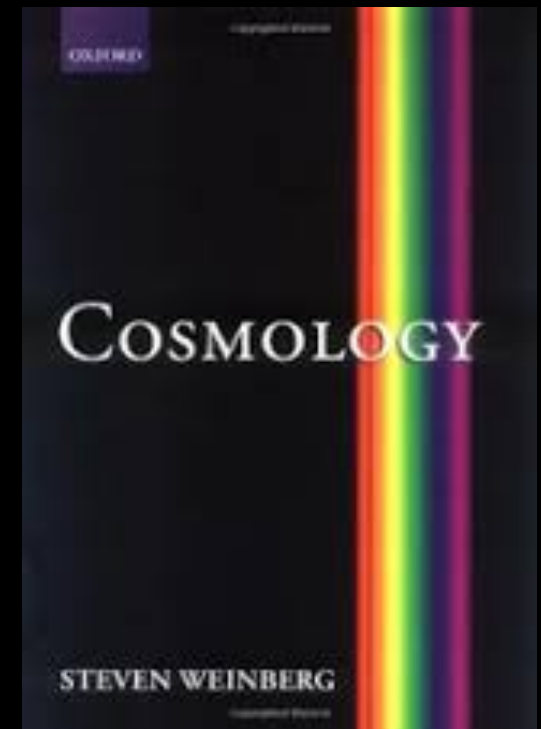
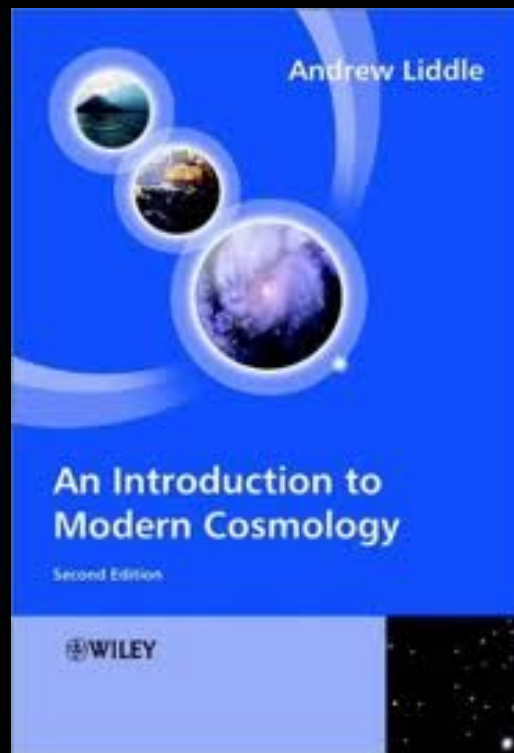
2014年度前期理論演習

- Andrew Liddle “An Introduction to Modern Cosmology” Wiley, 2nd edition

あるいは

- Steven Weinberg “Cosmology” Oxford Univ. Press

- 須藤・吉田研に配属となった人は、初回は4月15日(火)13:30@理学部一号館9階908号室に集合すること



2014年度後期理論演習

- 広義の天文学・宇宙物理学に関する英語の教科書を選び、担当を決めてそれを発表、全員で議論する
- 詳細は第一回目に希望を聞いたうえで決定する(2010年は重力波、2011年は恒星動力学、2012年は星の進化論の教科書を輪講した)

天文学・宇宙物理学研究対象と方法論： とにかく「いろいろ」⇒多様性が魅力

■ 対象別：「XX」の起源と進化

- 「XX」 = 惑星、太陽、恒星、星間物質、超新星、コンパクト天体、銀河系(天の川)、銀河、活動銀河核、銀河団、宇宙、時空、生命・文明

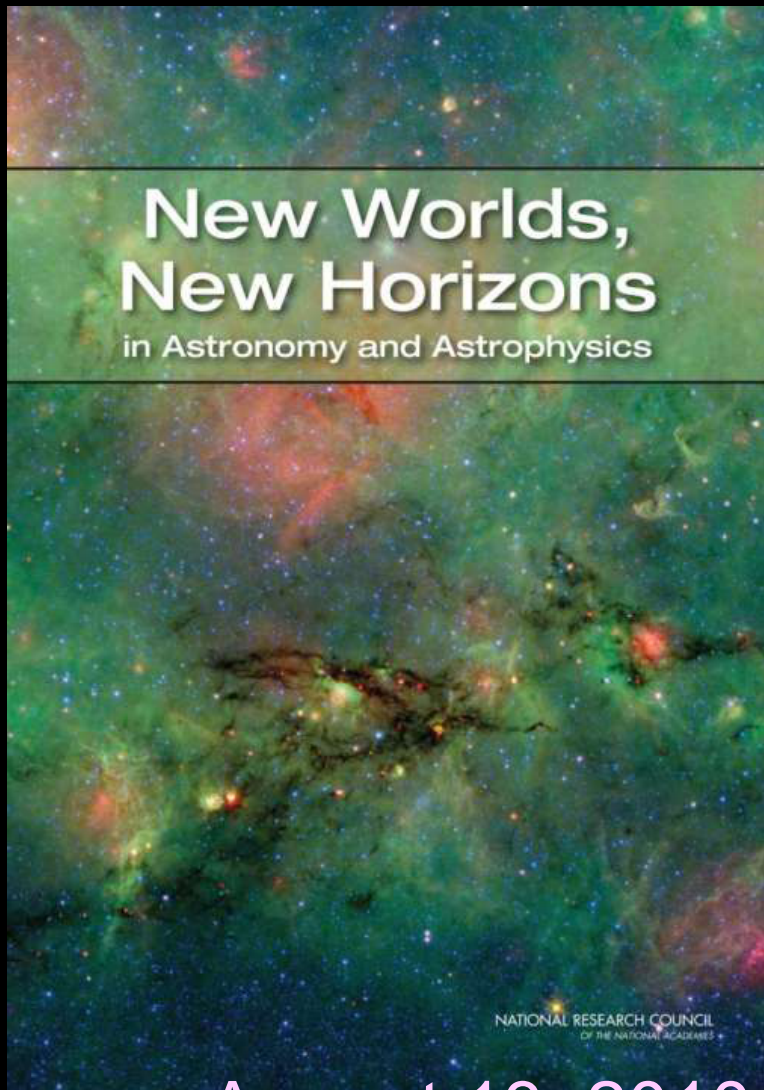
■ 波長別：「YY」天文学

- 「YY」 = 電波、赤外線、可視光、紫外線、X線、ガンマ線、宇宙線、ニュートリノ、重力波

■ 手法別：

- 理論、観測(地上、気球、ロケット、衛星、地下)、実験、数値シミュレーション

Astro2010: decadal survey



■ **Cosmic Dawn**

- 宇宙の夜明け: 第一世代天体・ブラックホールの探索

■ **New Worlds**

- 新世界: 近傍の居住可能惑星の探索

■ **Physics of the Universe**

- 宇宙の物理: 宇宙を支配する科学法則の理解

August 13, 2010

http://sites.nationalacademies.org/bpa/BPA_049810

宇宙もいろいろ・残された謎

- **宇宙の起源**
 - 素粒子物理学・量子重力理論の進展に依存
- **ダークマターの直接検出**
 - 天文学から高エネルギー物理学実験へ
- **ダークエネルギーの性質の解明**
 - 宇宙の加速膨張の起源
- **重力波の直接検出**
 - 一般相対論の検証から新しい天文学の窓へ
- **高エネルギー宇宙線の起源**
 - 粒子加速機構の解明、粒子線天文学の開拓
- **超新星爆発・ガンマ線バーストのメカニズム**
 - 大質量星進化の最終段階の理解
- **第一世代天体の発見・起源・進化**
 - 宇宙の果てを見通す、天体の起源、元素の起源
- **恒星・惑星の起源**
 - 星・惑星・コンパクト天体の形成と進化
- **地球型系外惑星の発見から宇宙生物学へ**
 - 第二の地球、生命・文明の起源、生物の普遍性

I 宇宙のダークエネルギー

- 摂動論による精密モデル構築、シミュレーション、観測データ解析
- すばる望遠鏡に搭載する撮像、分光装置を用いた観測プロジェクトの立案と実行(SuMIRe)
 - 東大数物連携機構、東大物理相原研、国立天文台、東北大学、名古屋大学、広島大学、弘前大学、プリンストン大学、カリフォルニア工科大学、などの共同研究

Ⅱ 星間・銀河間物質

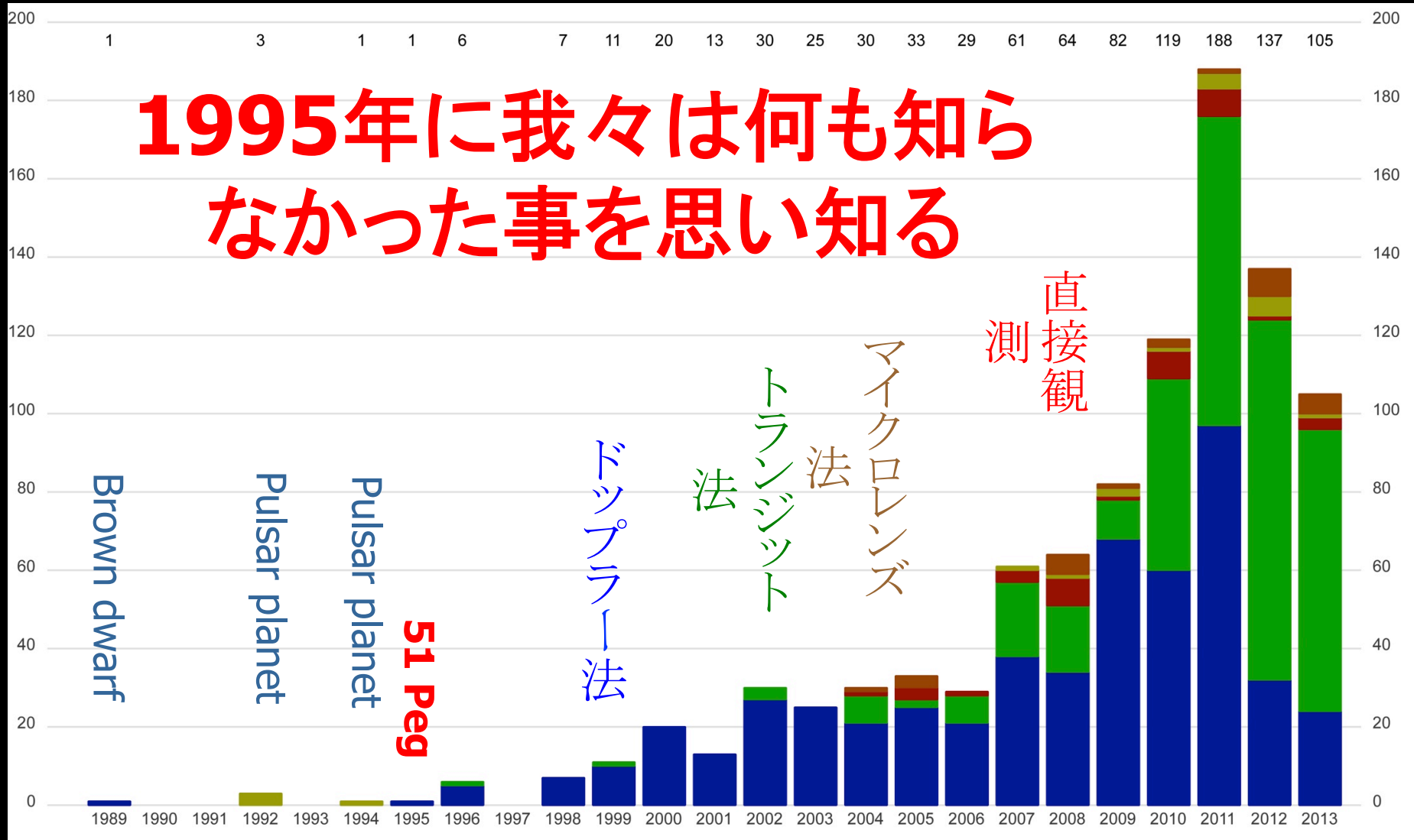
- 銀河系ダスト減光地図と遠方銀河の遠赤外線輻射
- 銀河団の理論モデル構築とX線、電波、重力レンズ観測
- 銀河間に存在する宇宙のダークバリオンのシミュレーション
- ダークバリオン探査専用衛星の提案
 - 首都大学東京、宇宙研、筑波大、金沢大、ローマ大、ボローニャ大、などとの共同研究

Ⅲ 太陽系外惑星

- 太陽系外惑星の観測・理論的研究
 - 系外惑星の角運動量の決定とその起源
 - 系外惑星系軌道進化の天体力学シミュレーション
 - 系外惑星の大気組成の決定
 - 系外惑星のリングと衛星の探索
 - 地球型惑星の反射光の時間変化と表面地図
 - 地球型惑星のバイオマーカー同定
 - 東大天文・地球惑星、東工大、プリンストン大学、マサチューセッツ工科大学、との共同研究

太陽系外惑星発見の歴史年表

1995年に我々は何も知らなかった事を思い知る



系外惑星研究の現在・過去・未来

- 巨大ガス惑星発見の時代 (1995)
 - 惑星大気の実見 (2001)
 - 惑星赤外線輻射の検出 (2005)
 - 惑星可視域反射光の検出 (2009)
-

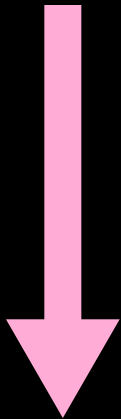
■ **地球型居住可能惑星の実見**

■ **系外惑星リング、衛星の実見**

■ **地球型惑星の直接検出(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**



惑星大気成分の 初検出 (2001年)

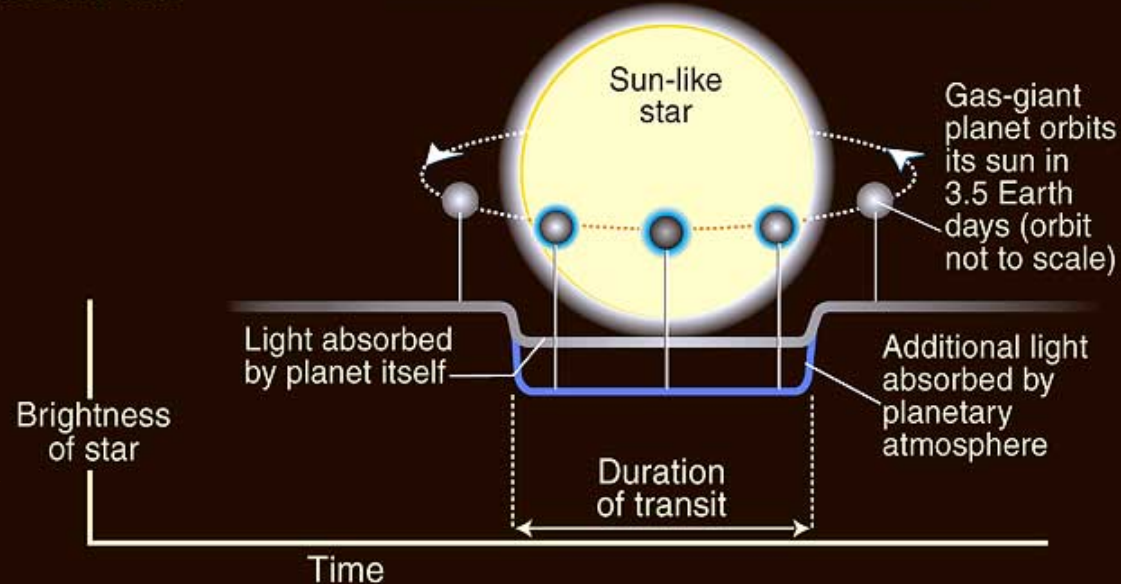
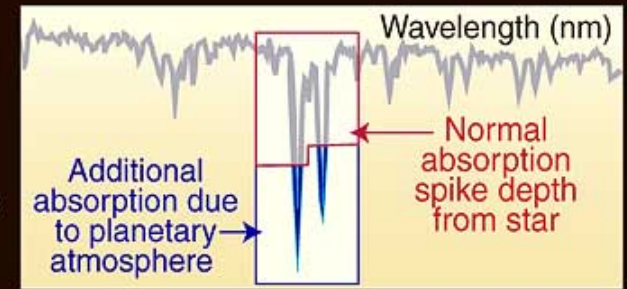
トランジット惑星

HD209458b

+ハッブル望遠鏡

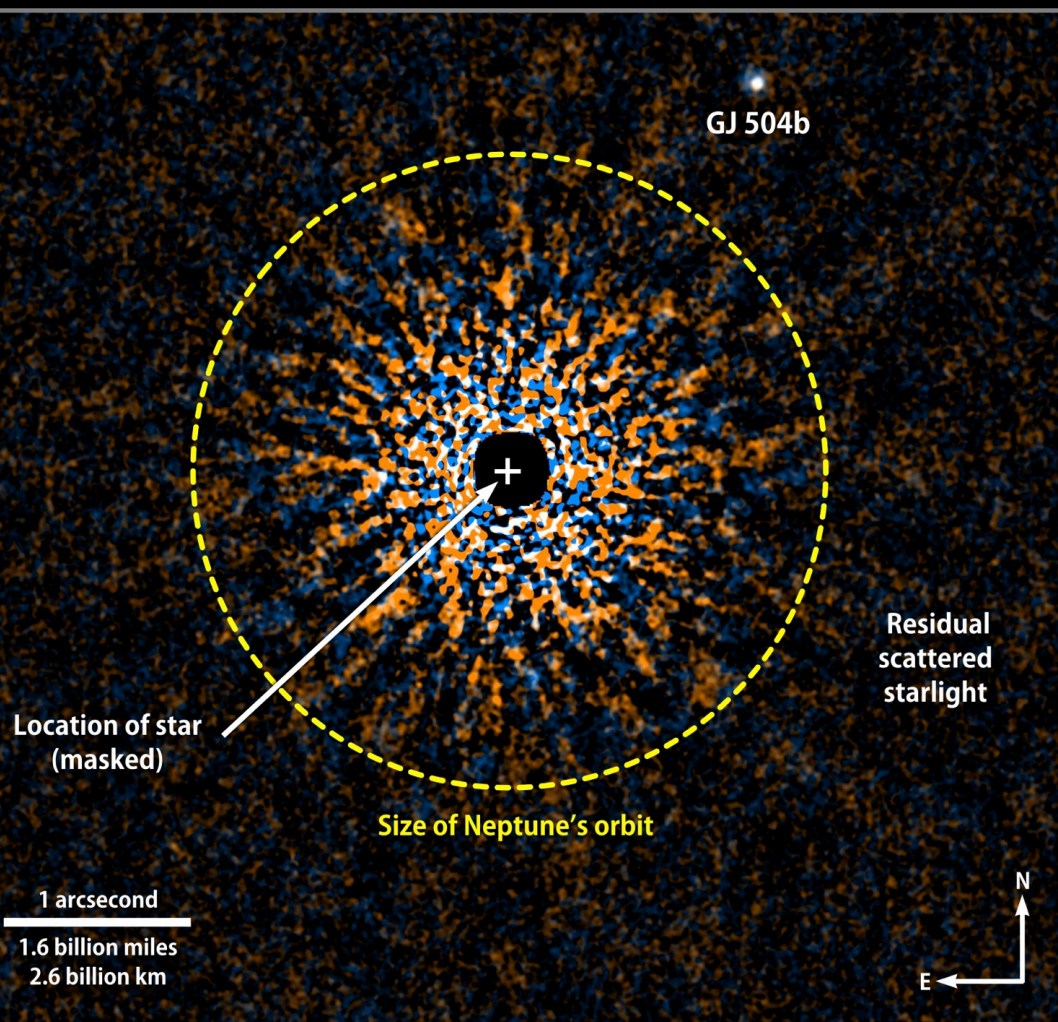
[http://hubblesite.org/
newscenter/archive/2001/38/](http://hubblesite.org/newscenter/archive/2001/38/)

HST detects additional sodium absorption due to light passing through planetary atmosphere as planet transits across star



- 2000年 系外惑星HD209458bのトランジットを検出
 - 惑星の大きさがわかる
 - 質量の観測データとあわせて密度を0.4g/ccと推定
 - 巨大ガス惑星であることの確認
- 2001年11月 この惑星大気中にナトリウムを発見 (Charbonneau et al. 2001)

すばる望遠鏡によるガス惑星GJ504bの 直接撮像：コロナグラフ技術の進歩

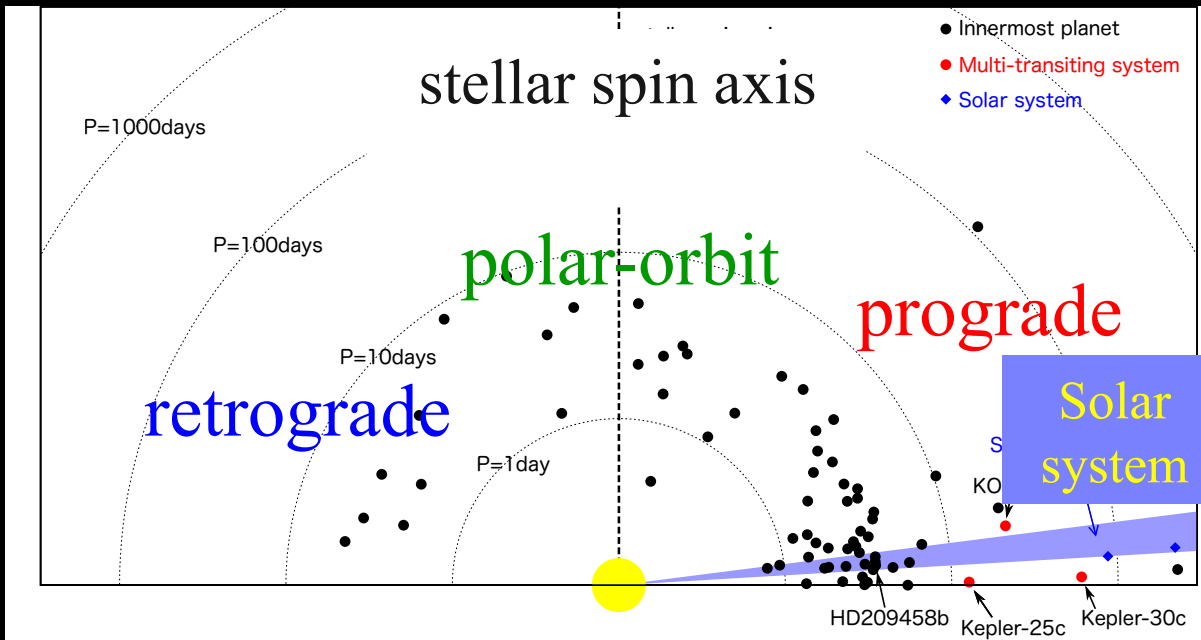
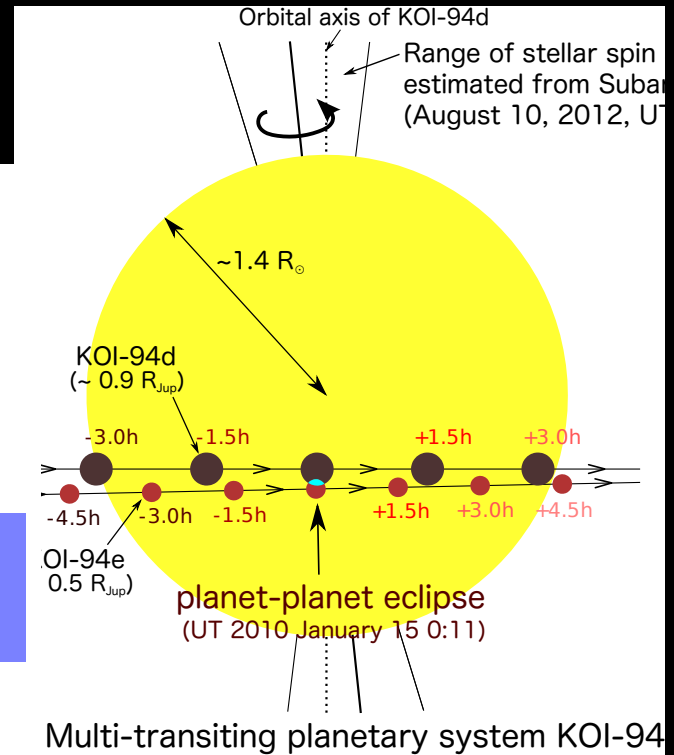
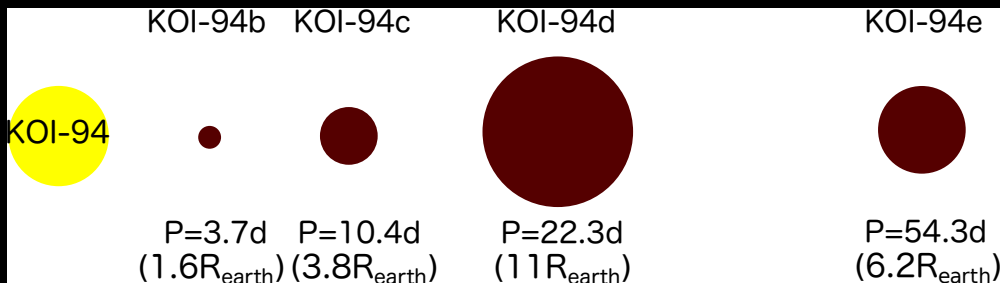
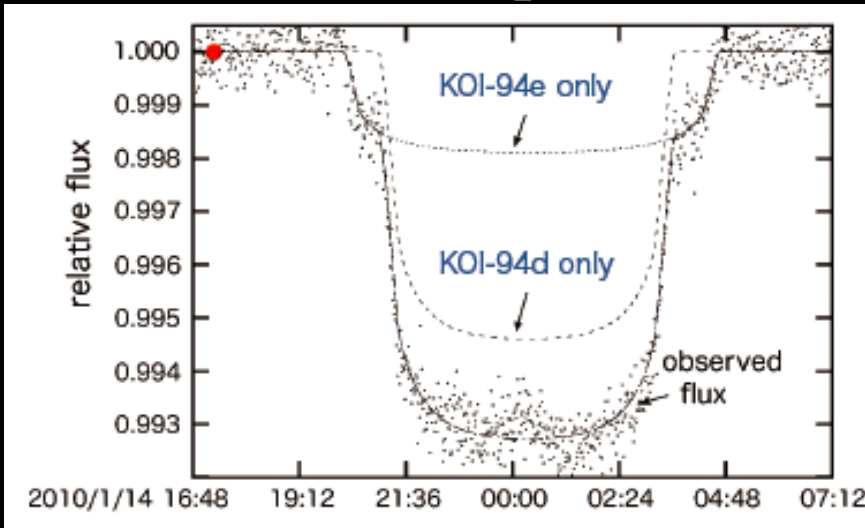


- 57光年先にある4木星質量の惑星の初直接撮像
- Kuzuhara et al. ApJ 774(10213)11
- すばる望遠鏡SEEDSサーベイ(天文学科の田村先生)の成果
- 地球型惑星直接撮像への第一歩

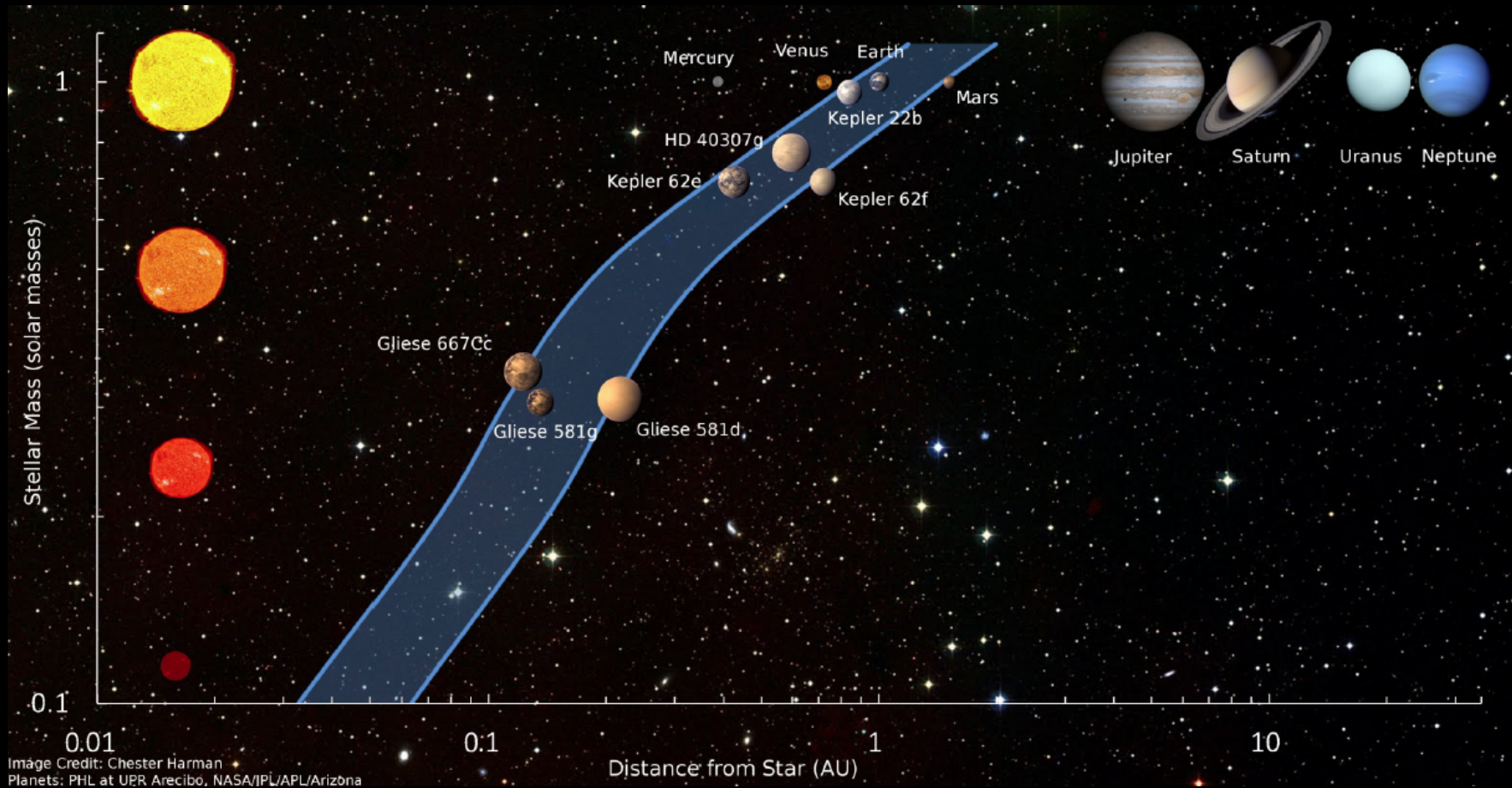
すでに学んだこと: 惑星いろいろ

- **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

Discovery of planet-planet eclipse and spin-orbit misalignment

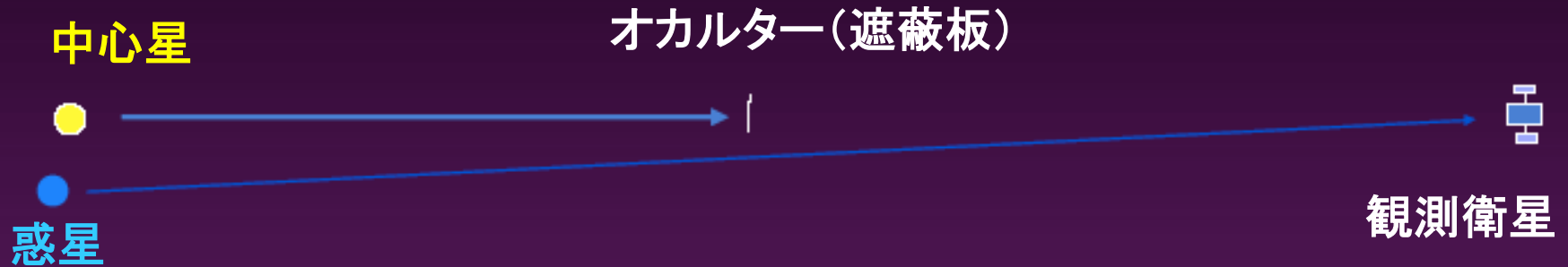


中心星の距離とハビタブルゾーン



Kasting, Kopparapu, Ramirez & Harman: arXiv:1312.1328

地球型惑星探査プロポーザル: *The New Worlds Mission*



<http://newworlds.colorado.edu/>

- 口径(2-4)mの可視光望遠鏡@L2点
 - 7万km先に中心星を隠すオカルター衛星をおく
 - 望遠鏡にはその星の周りの惑星から光のみが届く
 - 惑星の分光・測光モニターからのバイオマーカー検出
 - コロラド大学を中心とした米国と英国の共同計画
 - 同様の計画がプリンストン大学でも検討中(O₃)

過激(保守的?)なバイオマーカー

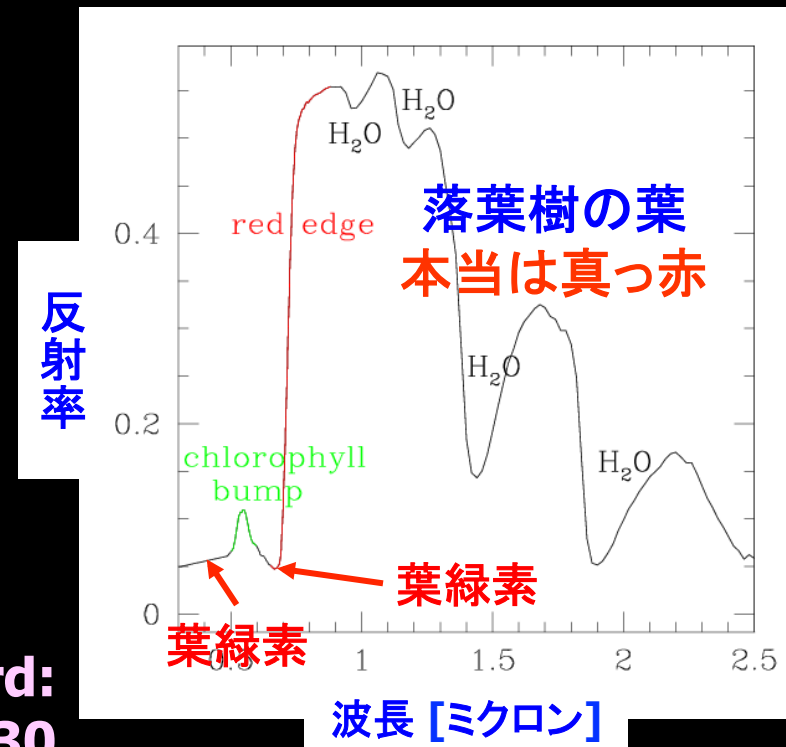
Extrasolar plants on extrasolar planets

- (居住可能)地球型惑星を発見するだけでは、そこに生命があるかどうかはわからない

■ Biomarker の探求

- 酸素、オゾン、水の吸収線
- 植物の **red edge**
- 地球のリモートセンシング
ではすでに確立

Seager, Turner, Schafer & Ford:
astro-ph/050330



系外惑星上の植物の色？

古いM型星



若いM型星



G型星



F型星



■ Nancy Y.Kiang *"The color of plants on other worlds"*

■ Scientific American April 2008

■ 邦訳：日経サイエンス2008年7月号

第二の地球の色から、海、雲、植生の占める面積の割合を推定する

- 東京大学大学院理学系研究科物理学専攻
 - 藤井友香、河原創、樽家篤史、須藤 靖
- 東京大学気候システム研究センター
 - 福田悟、中島映至
- プリンストン大学
 - Edwin Turner

Fujii et al. *Astrophys. J.* 715(2010)866, arXiv:0911.5621
Astrophys. J. 738(2011)184, arXiv:1102.3625

<http://www.space.com/scienceastronomy/color-changing-planets-alien-life-100513.html>

地球は青かった？

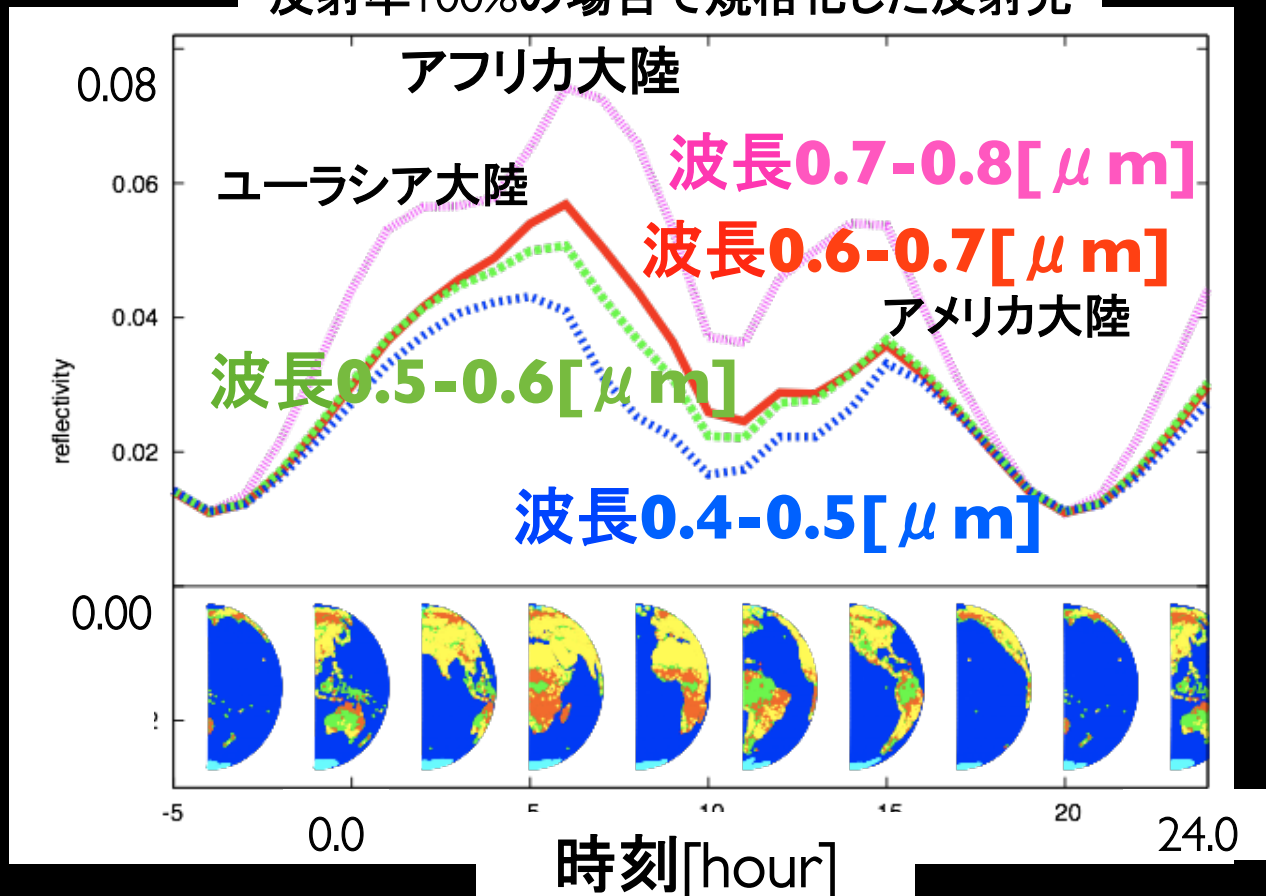
A pale blue dot



自転に伴う反射光の色の時間変動のシミュレーション

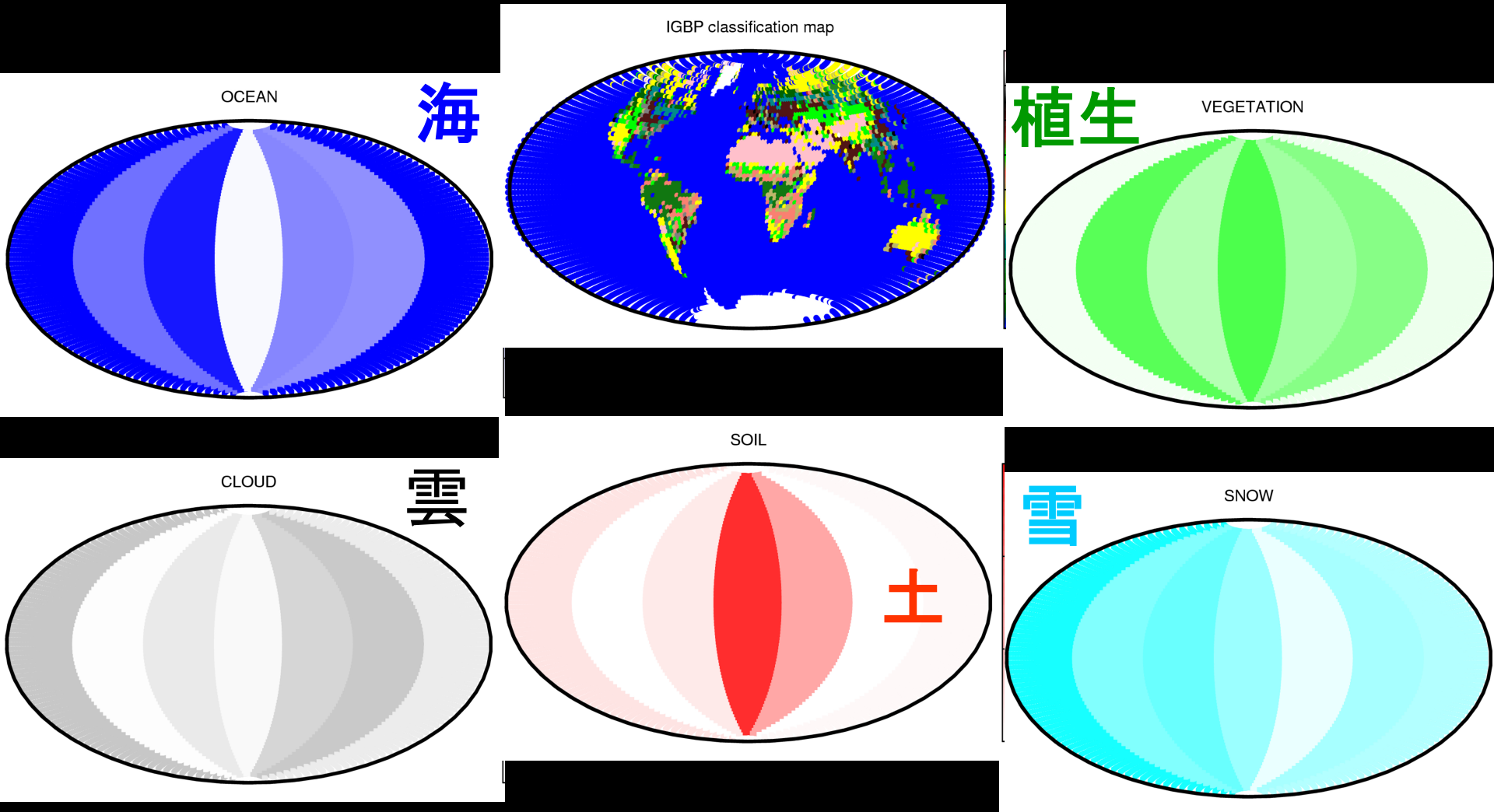
- 春分(3月)
- 自転軸に垂直な方向から観測
- 地球観測衛星のデータを用いて計算

反射率100%の場合で規格化した反射光



Fujii et al. (2010)

地球測光観測データから推定された 地表面成分の経度分布地図



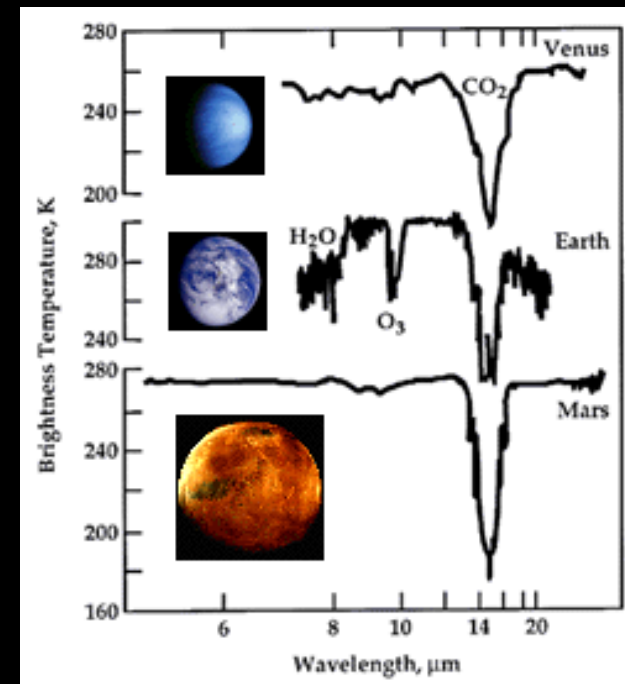
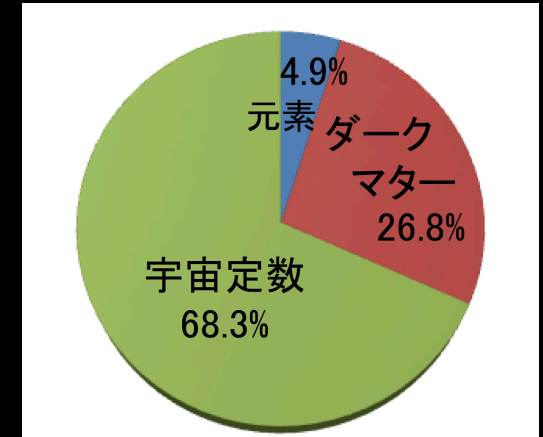
「夜空のむこう」を探ることで、従来全く予想されていなかった新しい科学が発展しつつある

■ 宇宙の果ての観測から微視的世界の新しい階層が発見された

- 宇宙の96%の正体は理解されていない
- 暗黒物質と暗黒エネルギーの解明は新しい自然法則を探る本質的な鍵

■ 天文学から宇宙生物学へ

- 地球型ハビタブル惑星の発見
- バイオマーカーの提案と検出
- 系外惑星リモートセンシング
 - 惑星の放射・反射・吸収スペクトルを中心星から分離する



一般的なアドバイス

- 須藤研で行われている研究の詳細に関しては、以下のホームページを参照のこと
 - <http://www-utap.phys.s.u-tokyo.ac.jp>
 - <http://www-utap.phys.s.u-tokyo.ac.jp/~suto/mytalks.html>
- 大学院で進学を希望する研究室の先生にはメールでアポイントをとり、必ず直接話をうかがうこと
 - 学部とは異なり大学院教育は各研究室単位。特に理系の場合には、公私ともに研究室中心の生活になる。
 - それぞれ独自の伝統、文化、雰囲気があるので、研究テーマはもちろん、それらとの相性も極めて大事