

宇宙生物学研究の推進：東大の場合



国際高等研究所
研究プロジェクト

「宇宙における生命の総合
的考察とその研究戦略」

第一回研究会

@けいはんなプラザホテル
2009年7月17日～19日

Terra衛星のMODIS検出器のデータ

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

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

東京大学大学院理学系研究科物理学専攻

須藤 靖、藤井友香、河原創、樽家篤史

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

前置き

- 宇宙生物学という分野横断的研究が展開できるような環境を整えることは、天文学科、物理学科、地球惑星学科、生物学科、といった独立した部門の単なる総称ではなく、「理学部」という組織の存在意義に関わる
 - ただし、現時点で東大として何か組織的にやっているわけではない
 - 今回は私の研究室でやっていることを紹介
- 将来的には、理学系研究科の大学院生、さらには学部生を対象とした宇宙生物学の講義を共同で開講できるようにしたい
 - それらをまとめて標準的な教科書出版にまでこぎつけたい

文学部と理学部

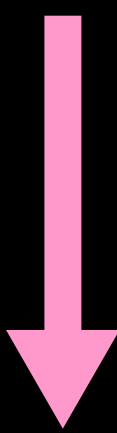
- 「文学部か、いいなあ」
- 「え、どうしてです」
- 「思い残すことがないでしょう」

私は《文学部しかない》と決めていて、それが何のためとは思わなかった。しかし、勉強が、それ自体のためというより、ステップであるということも当然あるわけだ。いや大学という存在の《機能》を考えたら、そちらの方が自然なのかもしれない。

北村薫『六の宮の姫君』(東京創元社)

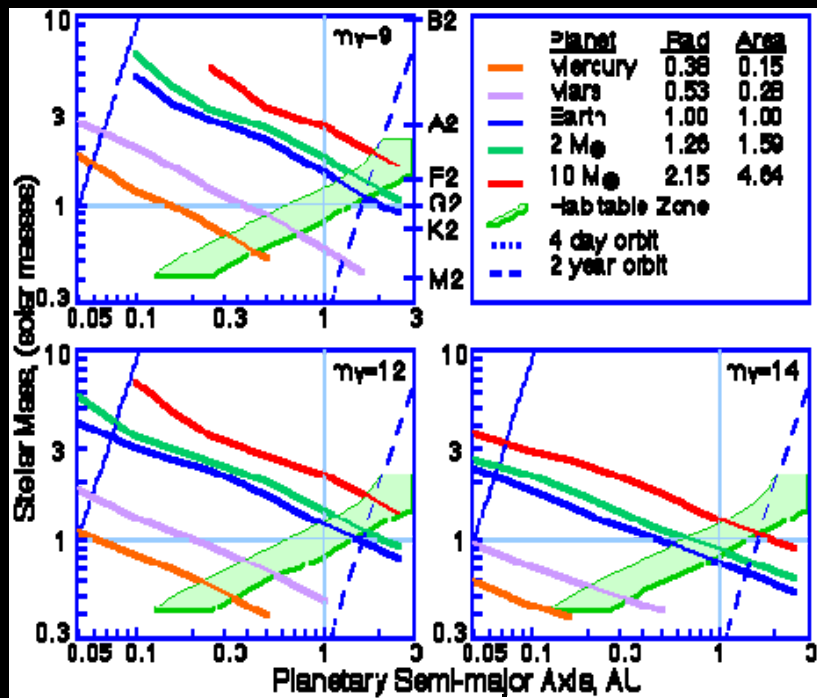
系外惑星研究: その次

- 巨大ガス惑星発見の時代 (1995)
 - 惑星大気の見 (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、衛星の見
 - 地球型惑星、居住可能惑星の見
 - 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
 - 地球外生命の見
-

ケプラー衛星 (米国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



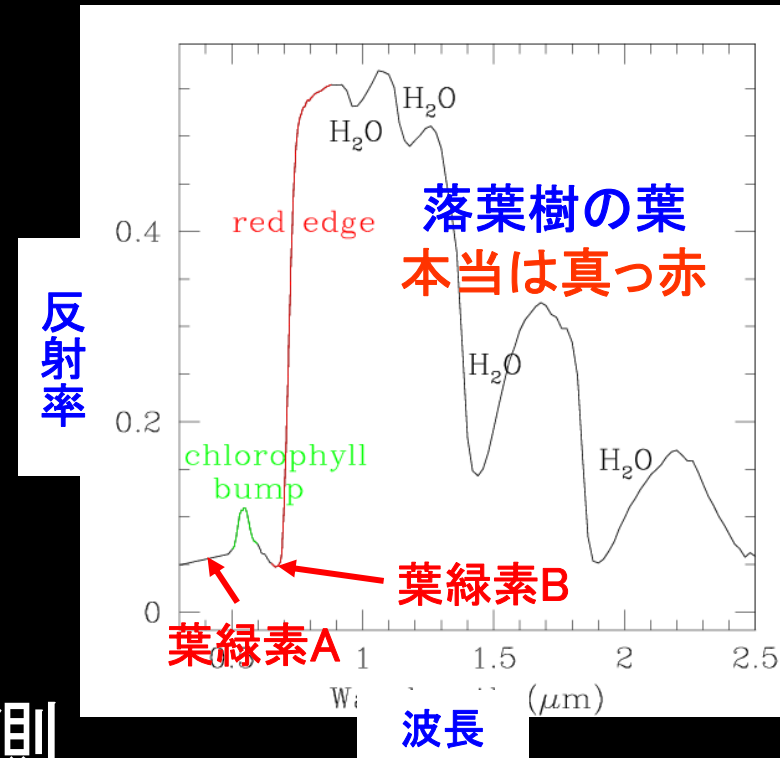
<http://kepler.nasa.gov/>

バイオマーカー（生物存在の証拠）の同定

- （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

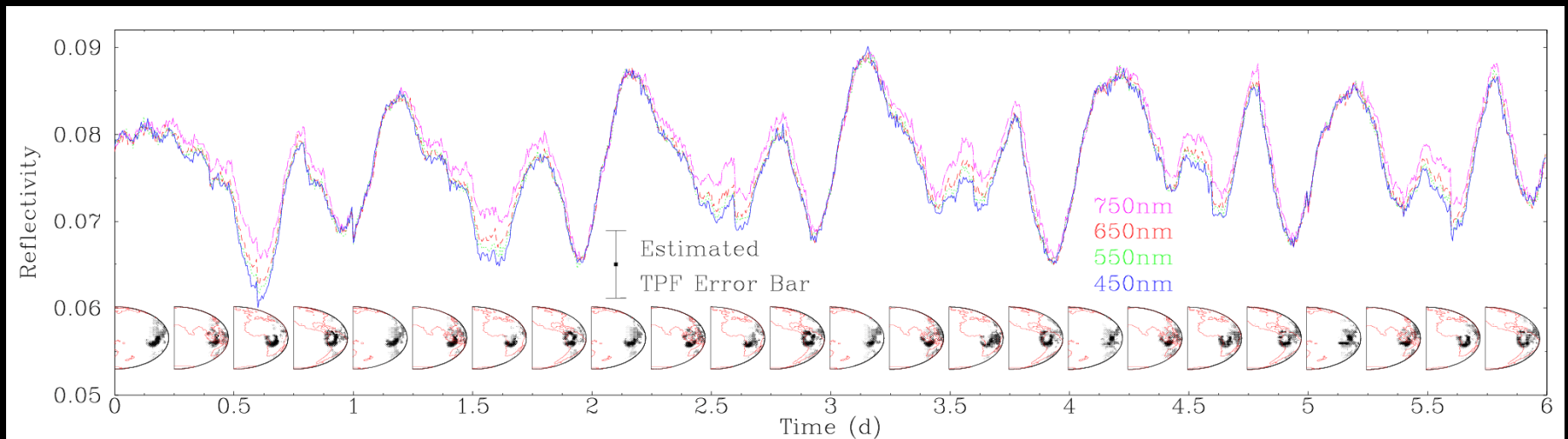
■ Biomarker の探求

- 酸素、オゾン、水の吸収線
- 植物の **red edge**
- *Extrasolar planets from extrasolar plants*
- とにかく精密測光・分光観測



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

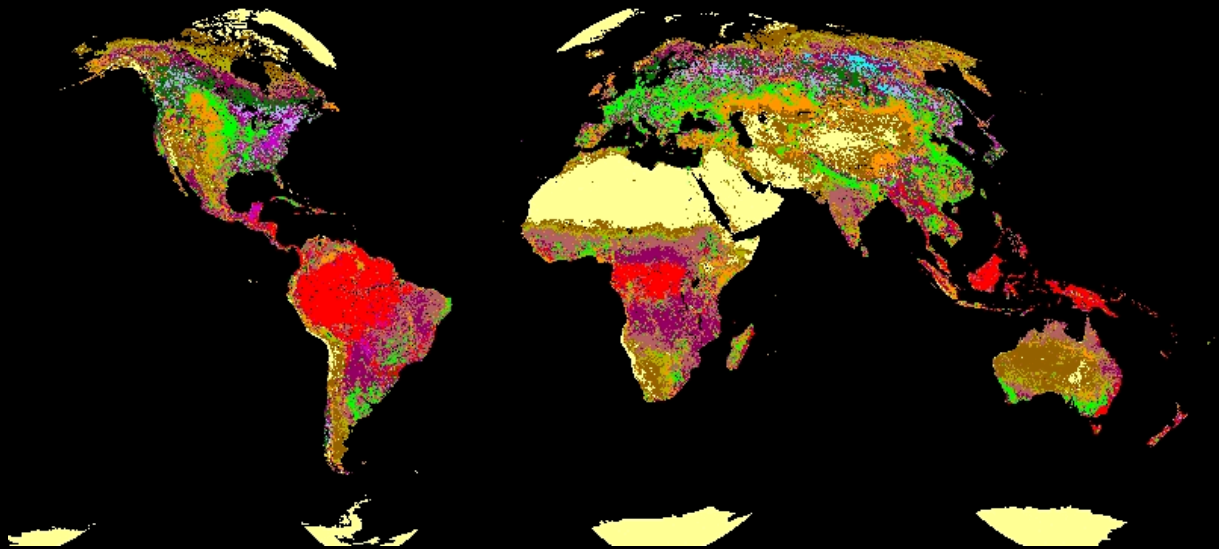
地球が10pc先にあるとして 何がどこまでわかるか？



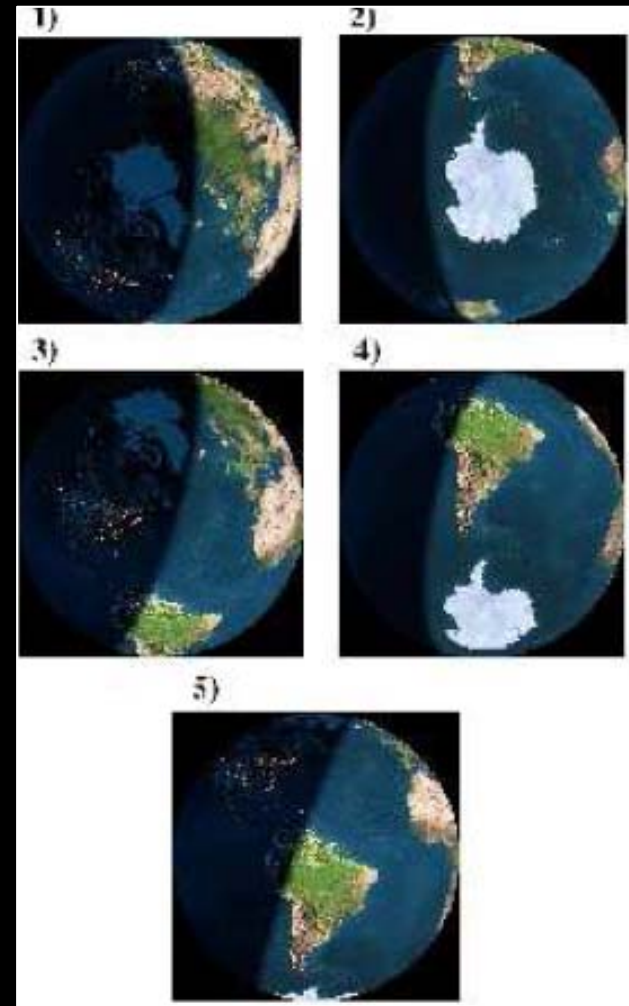
Ford, Seager & Turner : Nature 412 (2001) 885

- **10 %レベルの日変化は検出可能**
 - 大陸、海、植生などの反射特性の違いを用いる
- **雲の存在が鍵**
 - 太陽系外地球型惑星の天気予報の精度が本質的！

地球(型惑星)の測光観測シミュレーション



- 実際の地球の表面データを用いた模擬測光観測データを作成
- 時間変動から何を読み取れるかを検討



Palle et al. arXiv:0802.1836

第二の地球の色：反射光計算の概略

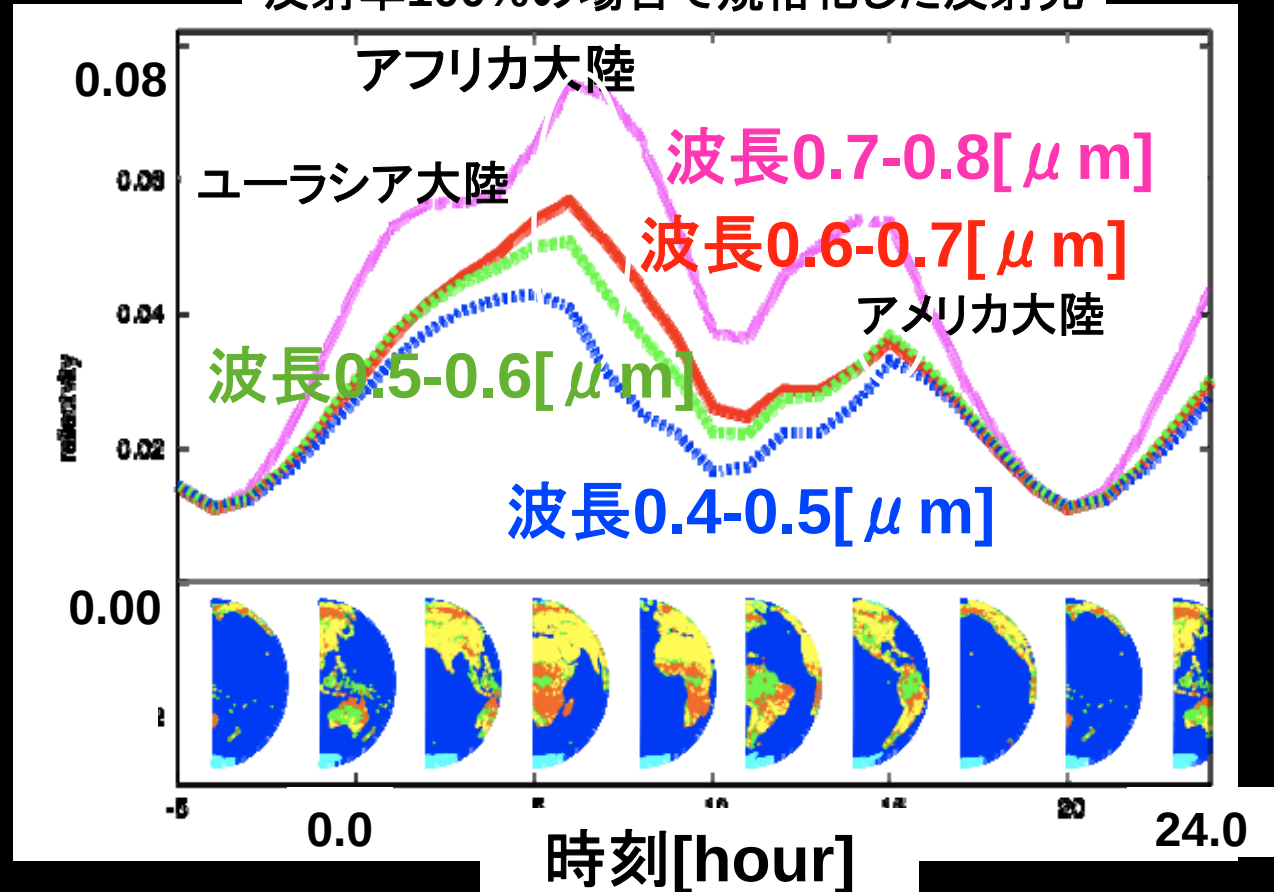
- 陸地：MODISデータを再現するようなBRDF (Bidirectional Reflectance Distribution Function)のモデルとそのパラメータを用いる
- 海：Nakajima & Tanaka (1983)によるBRDFモデル
- これを模擬観測データとみなして、等方散乱を仮定した4成分(海、土、植物、氷)でフィットして、それらの面積を推定する

A Pale Blue Dot

地表面の非
一様性と自
転に伴う反射
光の色の
時間変動の
シミュレ
ーションデータ

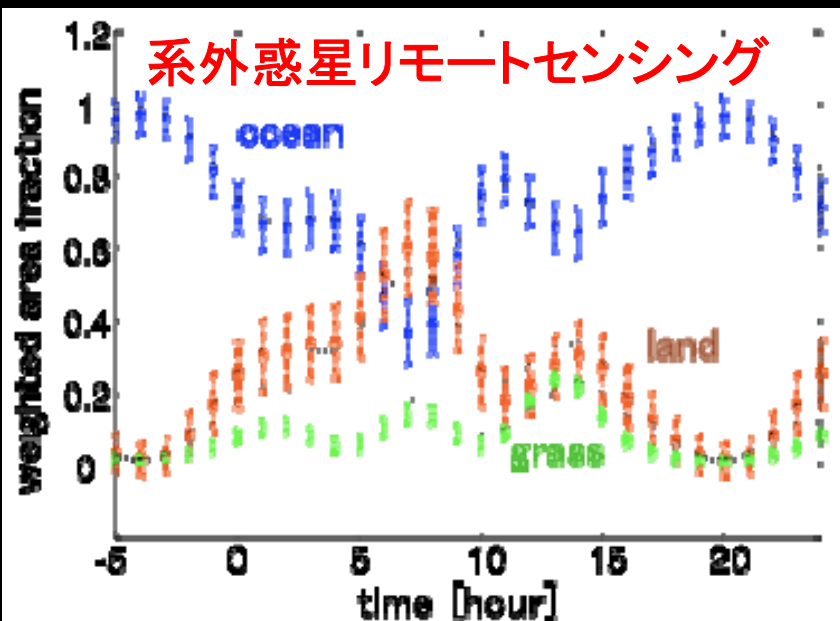
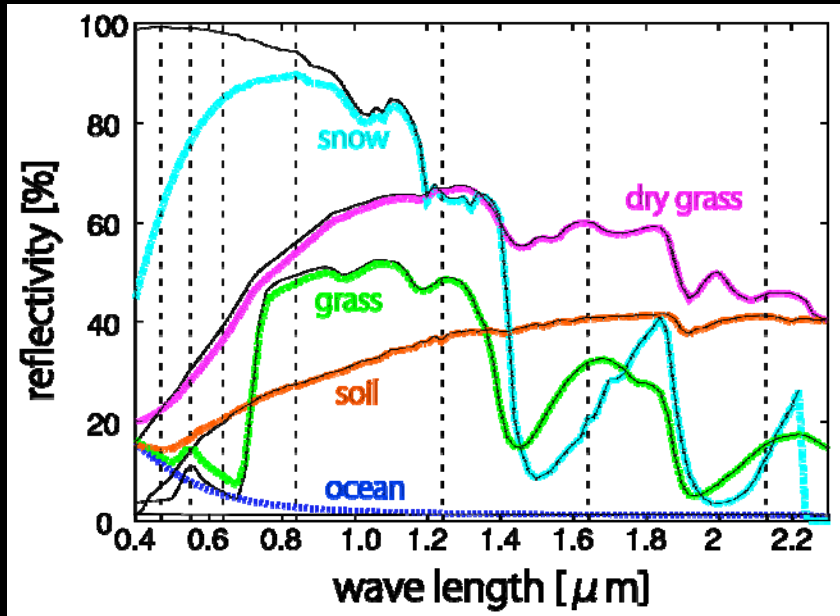
- 春分(3月)
- 自転軸に垂直な方向から観測
- 地球観測衛星のデータを用いて計算

反射率100%の場合で規格化した反射光



Fujii et al. in prep.

地球の色から表面情報を再構築する

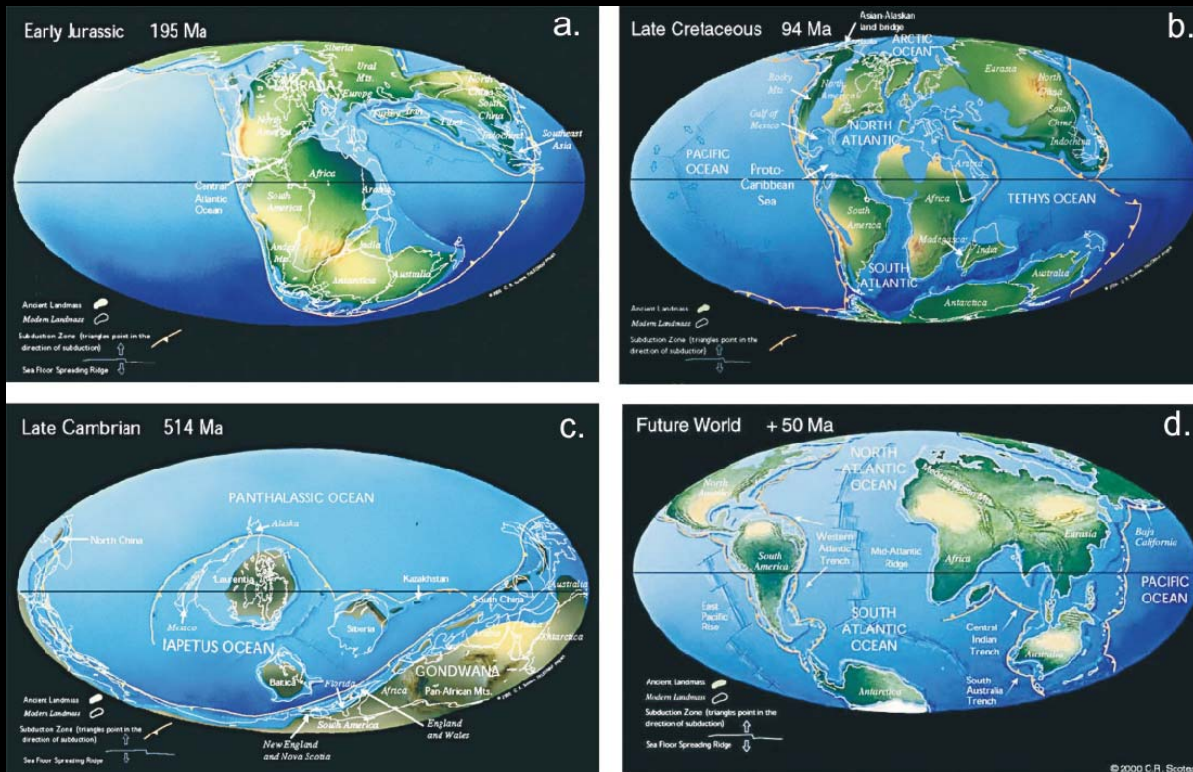


Fujii et al. in prep.

- 中心星の光が完全にブロックできた場合
- 10pc先の地球を口径2mの宇宙望遠鏡で2週間観測
- 光子のポワソンノイズだけを考慮(雲を無視！)
- レイリー散乱の一次項近似
- 4つの成分(ocean, soil, grass, snow)で近似し、7つの測光バンドデータから再構築
- 結構イケテル！

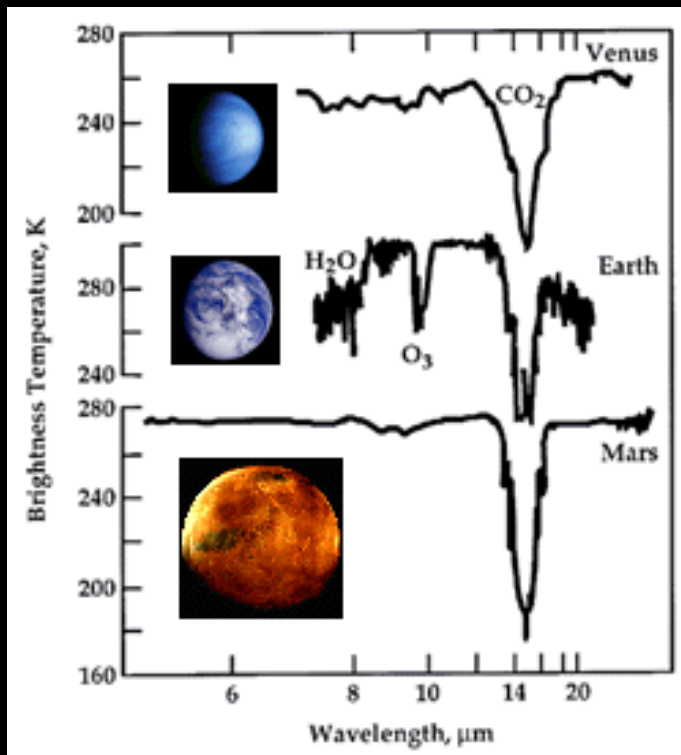
異なる地球環境下での 測光観測シミュレーション

- 系外地球型惑星が、「現在」の地球と全く同じ環境にあるわけではない
- 地球のパラメータを変化させた模擬観測



例えば、左の
Paleomap project
(Scotese 2002)の
ようなデータを用い
て、過去の地球の
模擬観測を行う

系外惑星から宇宙生物学へ



- 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、植物、、、
- 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

直接見て帰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？