

宇宙理論研究室ガイダンス

http://www-utap.phys.s.u-tokyo.ac.jp/~suto/mypresentation_2009j.html

2009年4月8日

教授：須藤 靖

（観測的宇宙論、太陽系外惑星）

助教：樽家篤史

（観測的宇宙論、重力波）

ビッグバンセンターの横山順一教授のグループとも協力して研究室活動を行っている

天文学・宇宙物理学研究テーマの分類

■ 対象別：「XX」の起源と進化

- 「XX」 = 惑星、太陽、恒星、超新星、銀河、活動銀河核(ブラックホール)、銀河団、宇宙、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)、実験、数値シミュレーション

天文学共通の目標： 夜空のむこうの世界を探る

- 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



仏教的宇宙像



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）

宇宙理論研究室における研究テーマ

I. 宇宙のダークエネルギー

<http://www-utap.phys.s.u-tokyo.ac.jp/~suto/myresearch/kouenkai080510.pdf>

II. 銀河団と銀河間物質

http://www-utap.phys.s.u-tokyo.ac.jp/~suto/myresearch/texas_dios05.pdf

III. 太陽系外惑星

http://www-utap.phys.s.u-tokyo.ac.jp/~suto/myresearch/phys-colloquium07_Oct12.pdf

I 宇宙のダークエネルギー

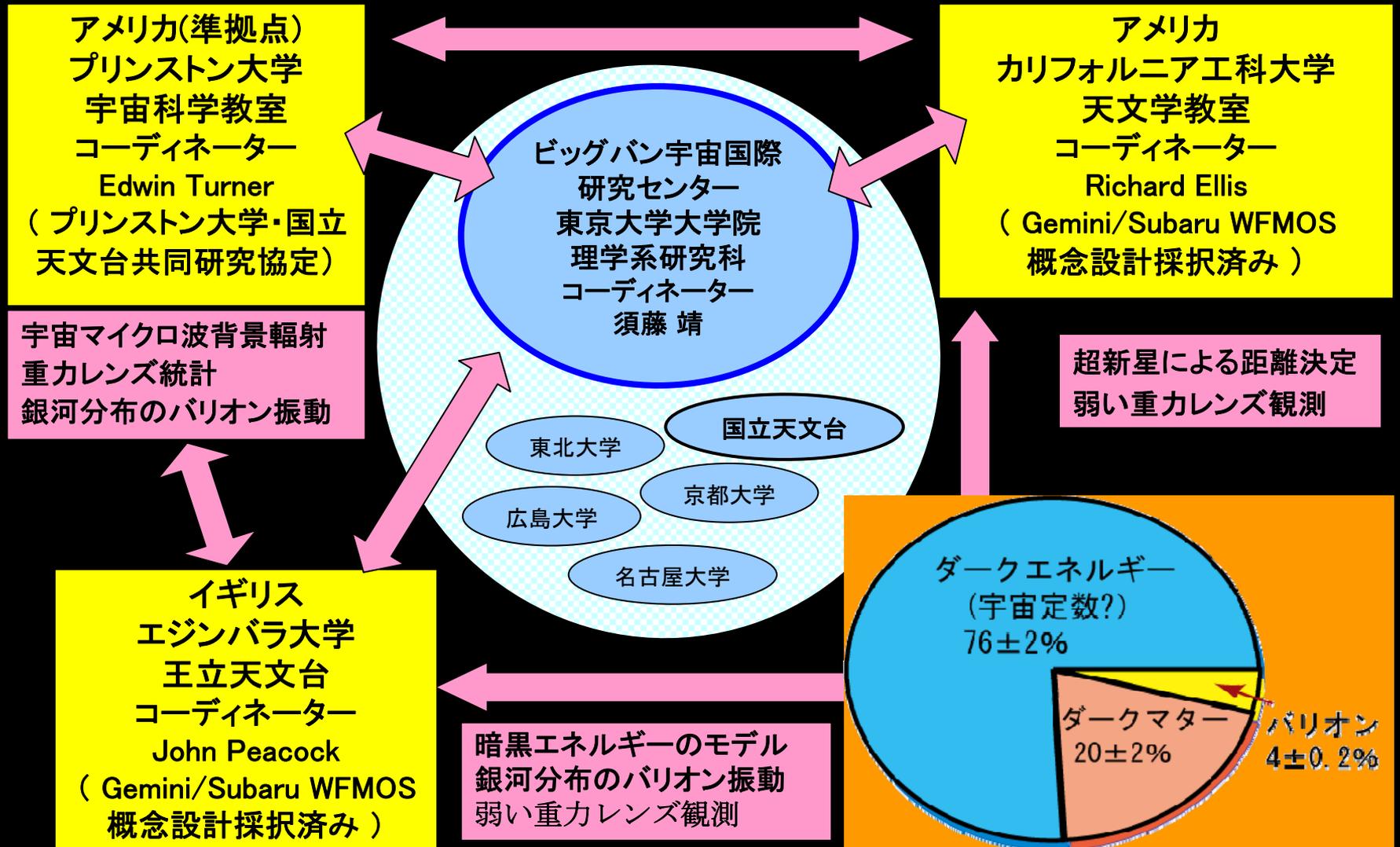
- 理論、シミュレーション、SDSSデータとの比較
- すばる望遠鏡に搭載する撮像、分光装置を用いた観測プロジェクトの立案
 - 一部は、東大相原研、国立天文台、東北大学、名古屋大学、広島大学、プリンストン大学、カリフォルニア工科大学、エジンバラ大学、ポーツマス大学などの共同研究

ダークエネルギー

- 宇宙のあらゆる空間を一様に満たしているものは存在するか
 - 仮にあるとしてもそのようなものは観測可能か
 - 「真空」には本当に何も無いのか
 - 相対的でない測定はあり得るか
- ダークエネルギーは、空間的には一様分布していてもその密度は時々刻々変化する
 - 宇宙膨張は宇宙の密度の絶対的な値（何かとの差ではなく）によって決まる
 - 宇宙膨張の時間依存性を測定する
 - 時間軸に沿った相対的な測定は可能

暗黒エネルギー研究国際ネットワーク

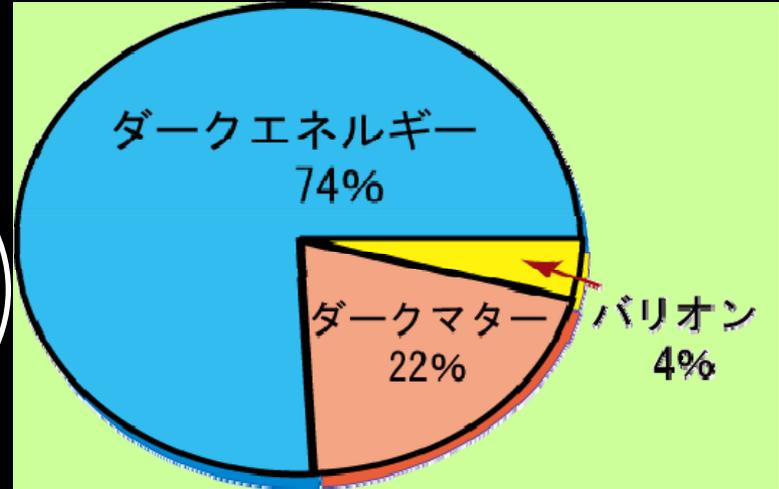
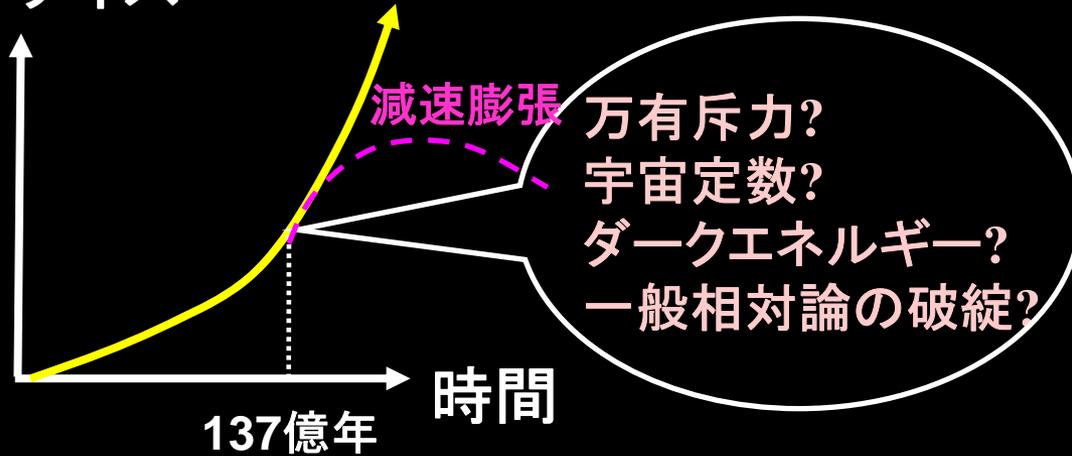
全体コーディネーター: 須藤 靖



ダークエネルギーと21世紀の物理

宇宙の
サイズ

宇宙の加速膨張



- **ダークエネルギーの正体は何か?**
 - 万有斥力を及ぼす奇妙な物質(ダークエネルギー)?
 - アインシュタインの宇宙定数 (1917年)?
 - 「真空」がもつエネルギー? 21世紀のエーテル?
 - 宇宙論スケールでの一般相対論(重力法則)の破綻
- **いずれであろうと21世紀の物理学を切り拓く鍵**

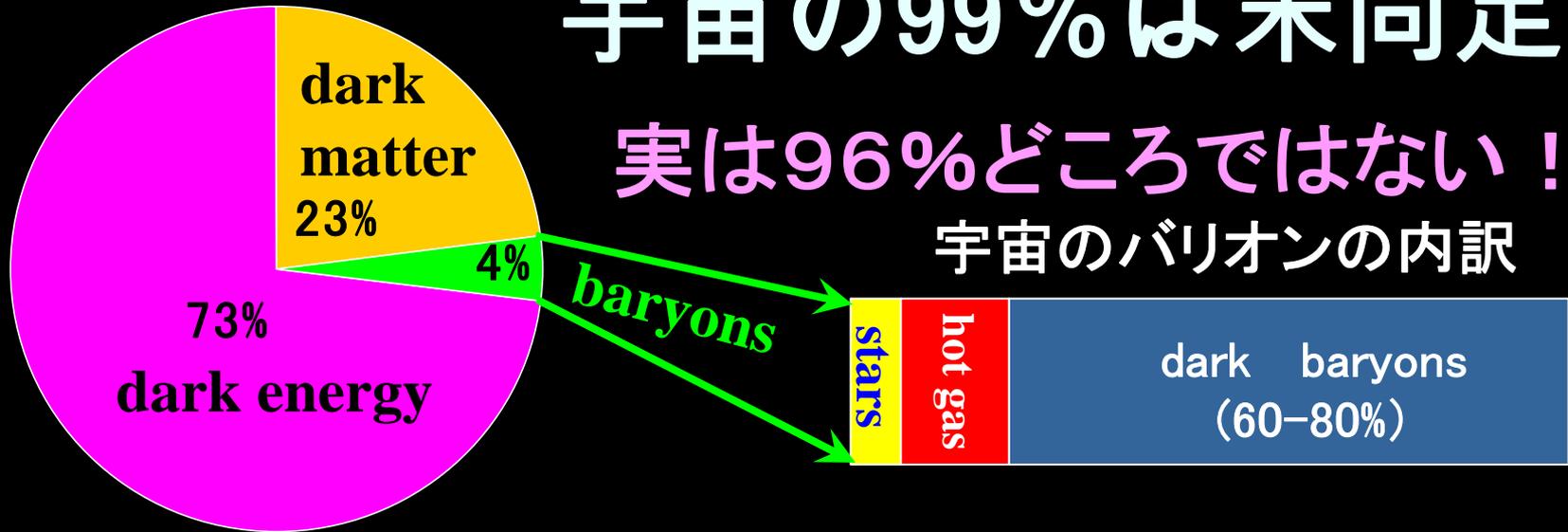
II 銀河団と銀河間物質

- 銀河団の理論モデル構築
- 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、オランダSRONなどとの共同研究

宇宙の99%は未同定

実は96%どころではない！

宇宙のバリオンの内訳

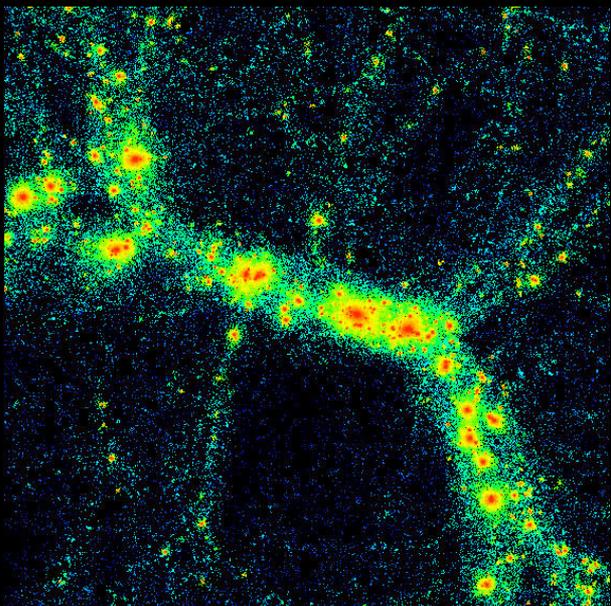
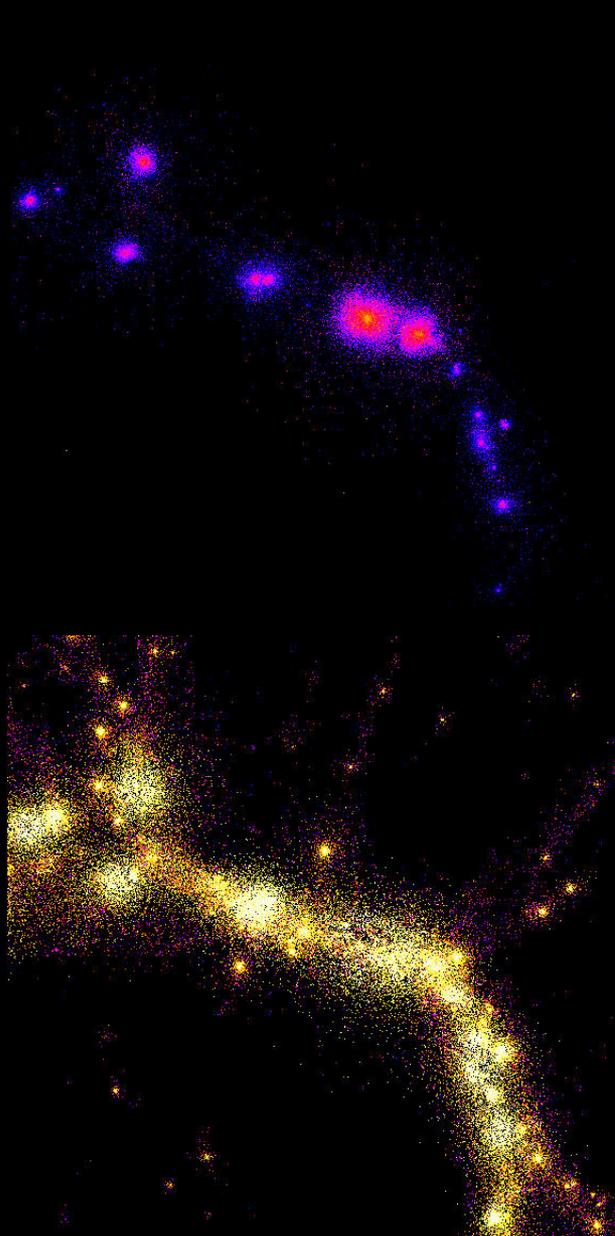


Component	Central	Maximum	Minimum	Grade ^a
Cosmic Baryon Budget: Fukugita, Hogan & Peebles: ApJ 503 (1998) 518				
1. Stars in spheroids	0.0026 h_{70}^{-1}	0.0043 h_{70}^{-1}	0.0014 h_{70}^{-1}	A
2. Stars in disks	0.00086 h_{70}^{-1}	0.00129 h_{70}^{-1}	0.00051 h_{70}^{-1}	A-
3. Stars in irregulars	0.000069 h_{70}^{-1}	0.000116 h_{70}^{-1}	0.000033 h_{70}^{-1}	B
4. Neutral atomic gas	0.00033 h_{70}^{-1}	0.00041 h_{70}^{-1}	0.00025 h_{70}^{-1}	A
5. Molecular gas	0.00030 h_{70}^{-1}	0.00037 h_{70}^{-1}	0.00023 h_{70}^{-1}	A-
6. Plasma in clusters	0.0026 $h_{70}^{-1.5}$	0.0044 $h_{70}^{-1.5}$	0.0014 $h_{70}^{-1.5}$	A
7a. Warm plasma in groups	0.0056 $h_{70}^{-1.5}$	0.0115 $h_{70}^{-1.5}$	0.0029 $h_{70}^{-1.5}$	B
7b. Cool plasma	0.002 h_{70}^{-1}	0.003 h_{70}^{-1}	0.0007 h_{70}^{-1}	C
7'. Plasma in groups	0.014 h_{70}^{-1}	0.030 h_{70}^{-1}	0.0072 h_{70}^{-1}	B
8. Sum (at $h = 70$ and $z \simeq 0$).....	0.021	0.041	0.007	...

宇宙の物質分布 (SPH simulation)

銀河団高温ガス

ダークバリオン

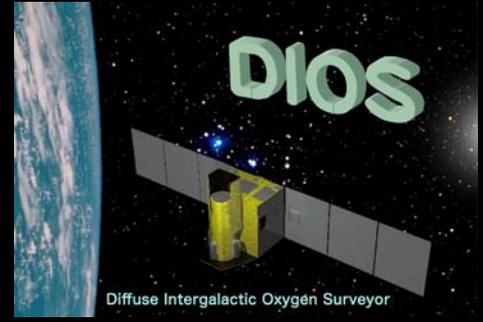


ダークマター

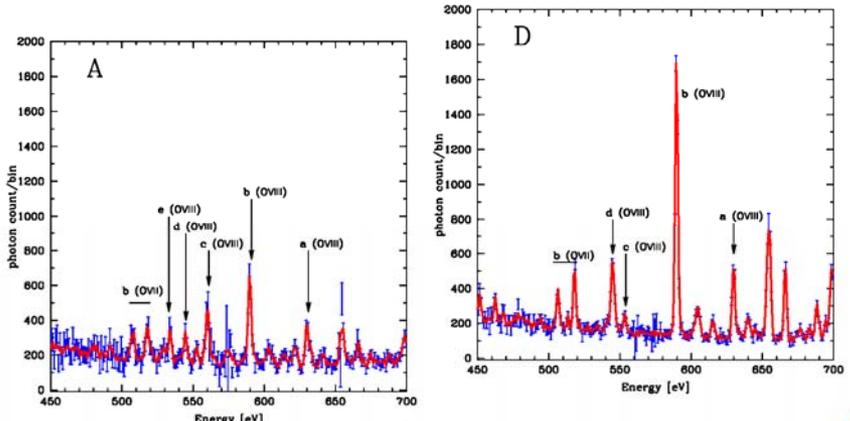
銀河

Yoshikawa et al. (2001)

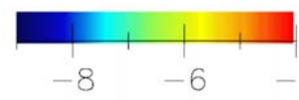
Searching for cosmic missing baryons with DIOS (Diffuse Intergalactic Oxygen Surveyor)



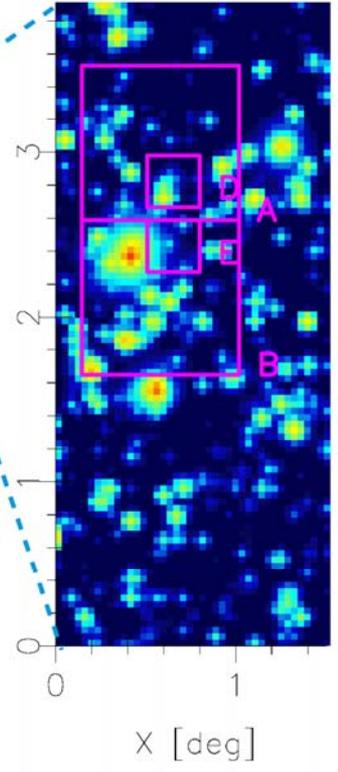
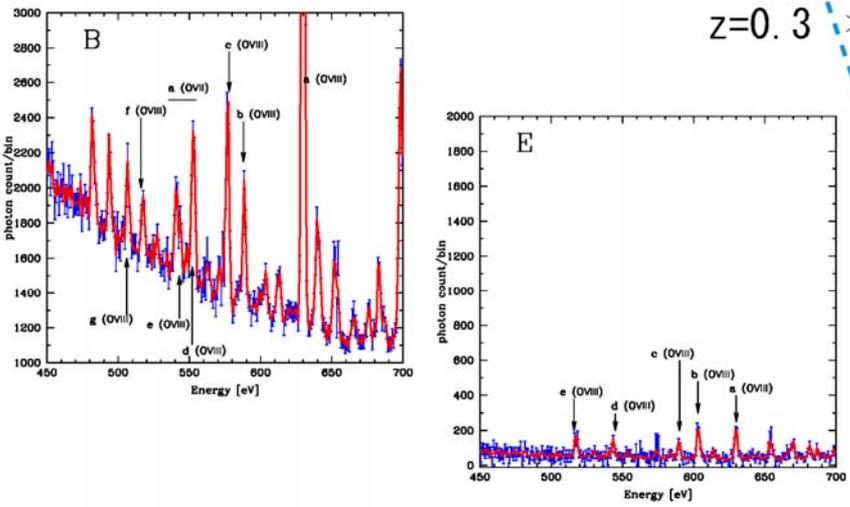
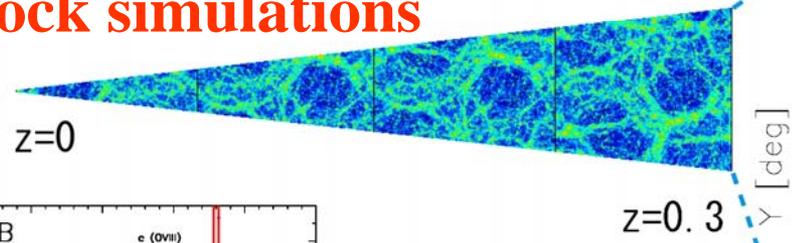
PASJ 55 (2003) 879
PASJ 56 (2004) 939



$\text{Log } S_x \text{ [erg/s/cm}^2\text{]}$



Mock simulations



Tokyo Metropolitan Univ.:

T. Ohashi

JAXA/ISAS:

N. Yamasaki

K. Mitsuda

Nagoya Univ.:

Y. Tawara

Univ of Tokyo:

K. Yoshikawa

Y. Suto

Ⅲ 太陽系外惑星

- 太陽系外トランジット惑星の観測・理論的研究
 - 系外惑星の角運動量の決定とその起源
 - 系外惑星の大気組成の決定
 - 系外惑星の反射光の検出
 - 系外惑星のリングと衛星の兆候
 - 地球型惑星の反射光の時間変化
 - 国立天文台、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

第二の地球はあるか？



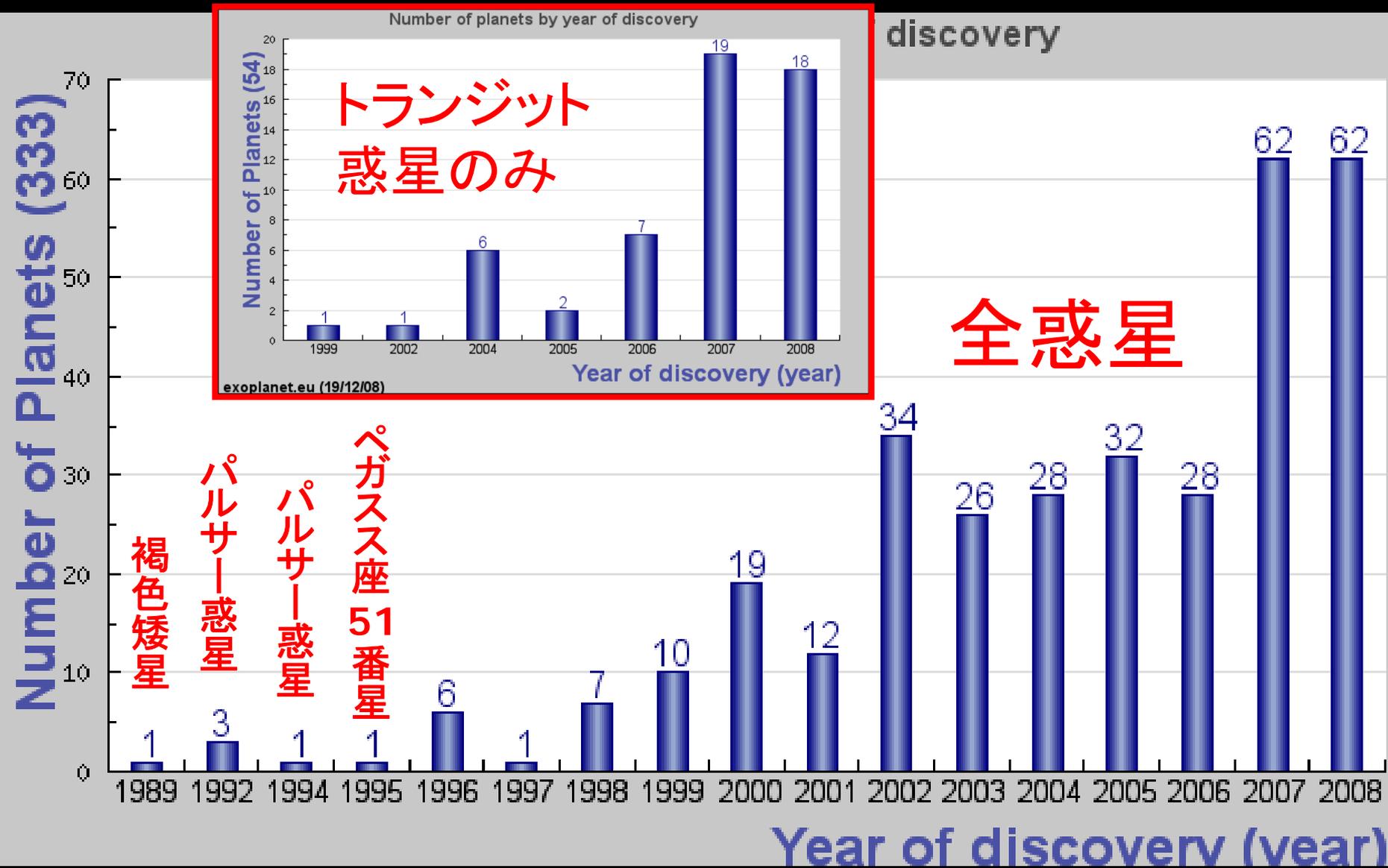
- 生命が誕生するには
 - 適度な温度
 - 大気存在
 - 液体の水(居住可能)
 - +偶然？
- 恒星の周りの地球型惑星を探せ！

Terra衛星のMODIS検出器のデータ

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

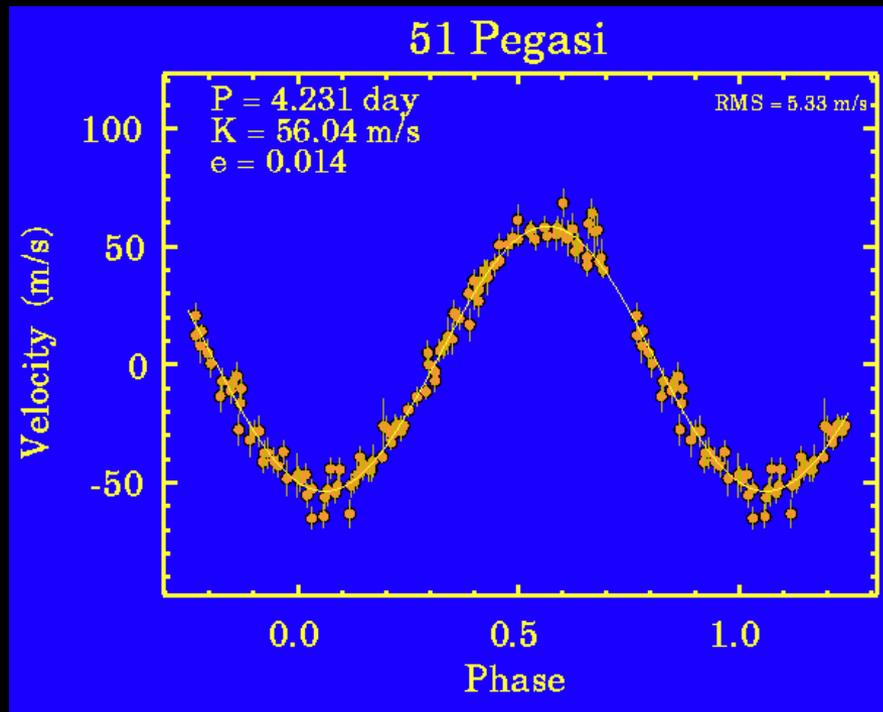
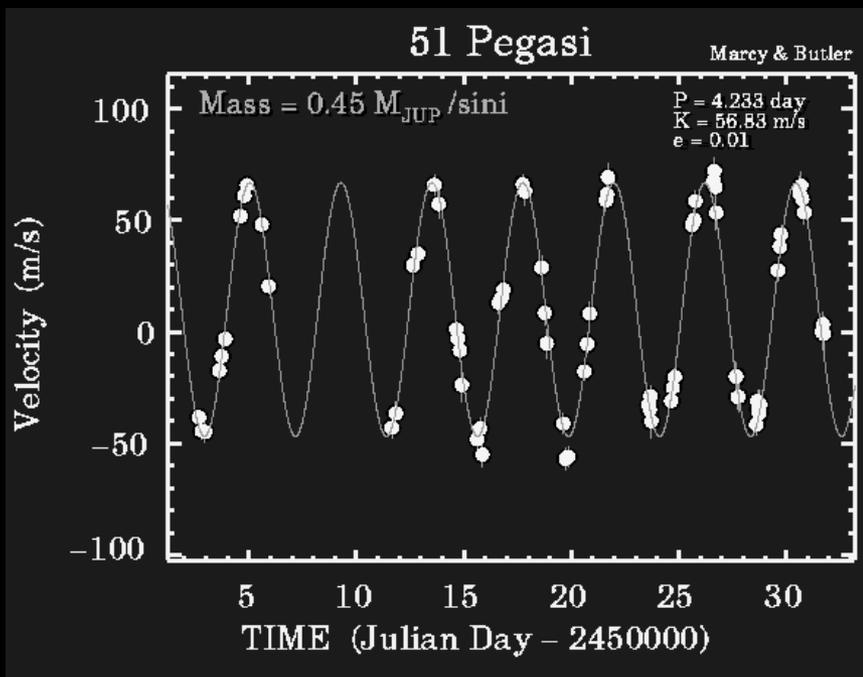
<http://www.nasa.gov/home/index.html>

太陽系外惑星（候補）の発見年表



ペガサス座51番星 ～初めての太陽系外 惑星の発見～

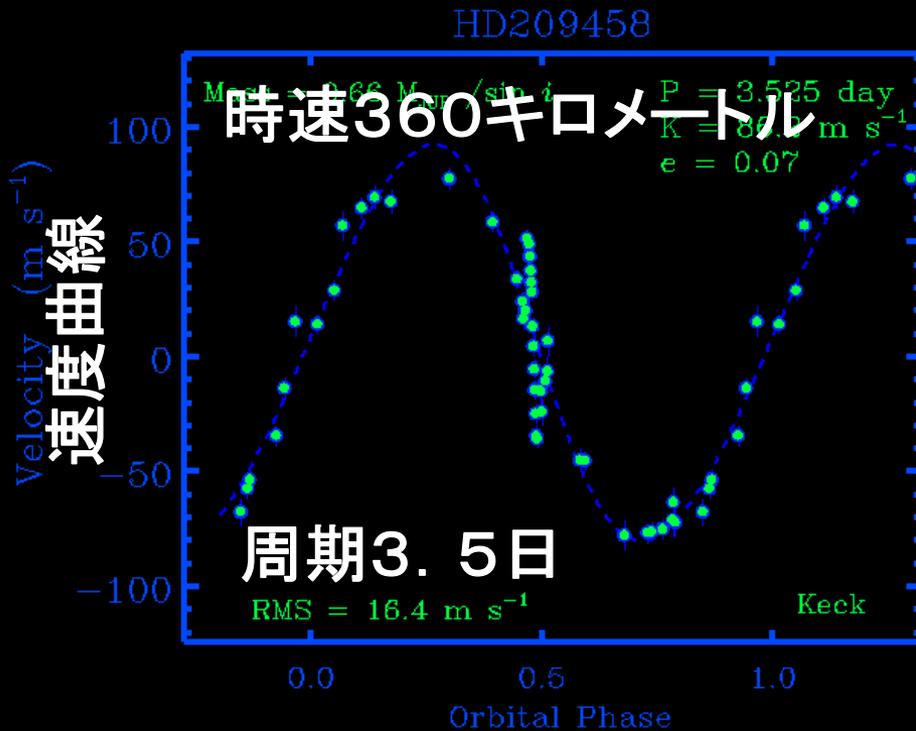
- メイヨール & ケロス (1995年)



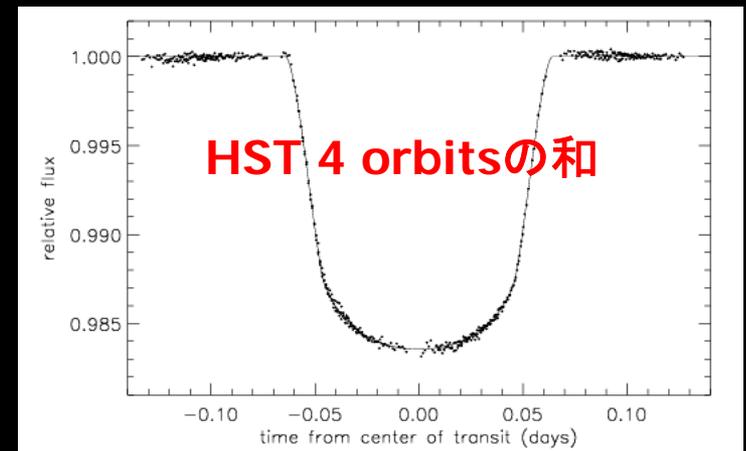
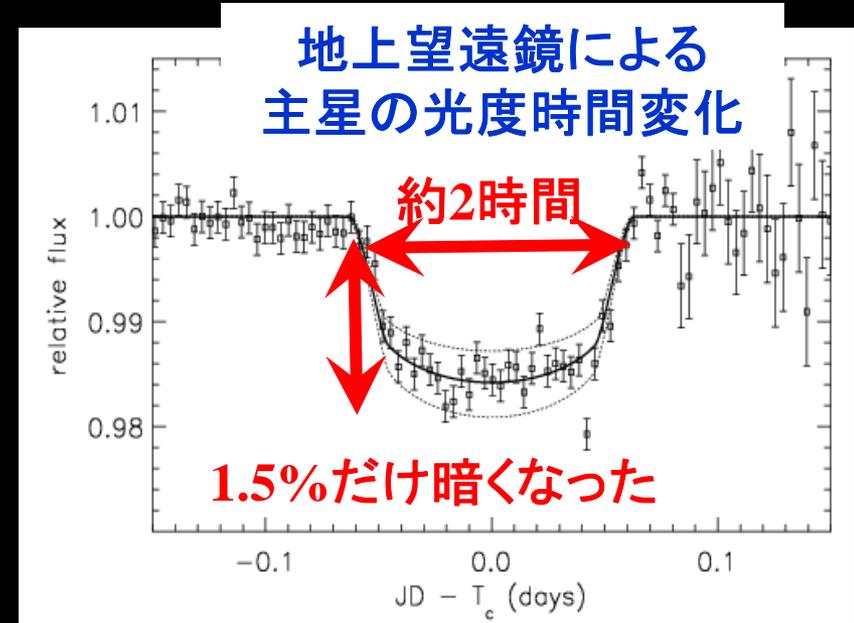
周期がわずか4.2日！

最初の太陽系外トランジット(食)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



Brown et al. (2001)

今後の系外惑星研究

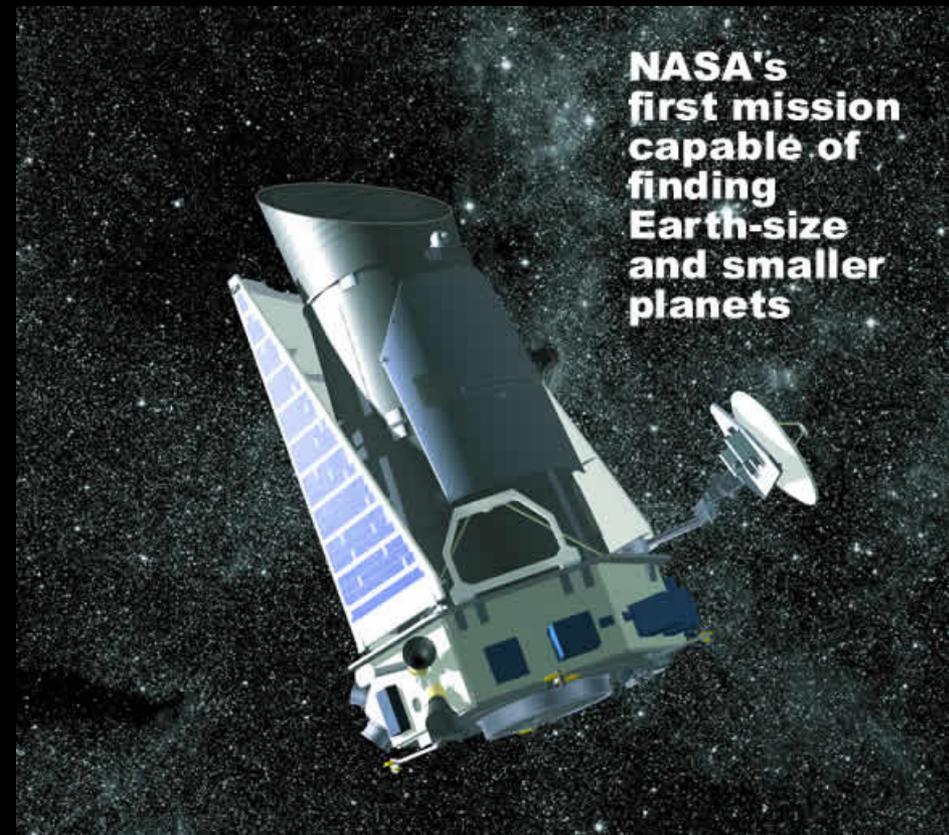
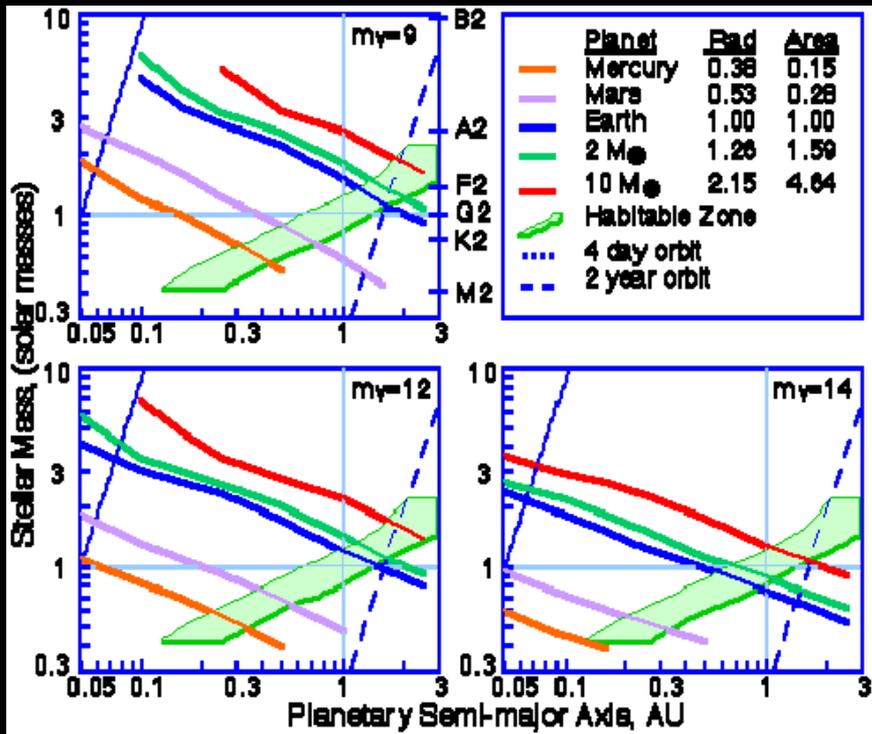
- 巨大ガス惑星発見の時代 (1995~)
 - 惑星大気の実見 (2002)
 - 惑星大気の高精密分光観測による組成決定
 - 惑星赤外線輻射の検出 (2005)
-
- 惑星可視域反射光の検出
 - 系外惑星リング、衛星の実見
 - 地球型惑星、居住可能惑星の実見
-
- 惑星の直接検出(分光)
 - バイオマーカー(生物存在の証拠)の同定
 - 地球外生命の実見



ケプラー衛星 (米国2009年3月7日打ち上げ)

トランジット惑星の測光サーベイ:

4年間で50個以上の地球型惑星を発見することをめざす



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

バイオマーカー（生物存在の証拠）の同定

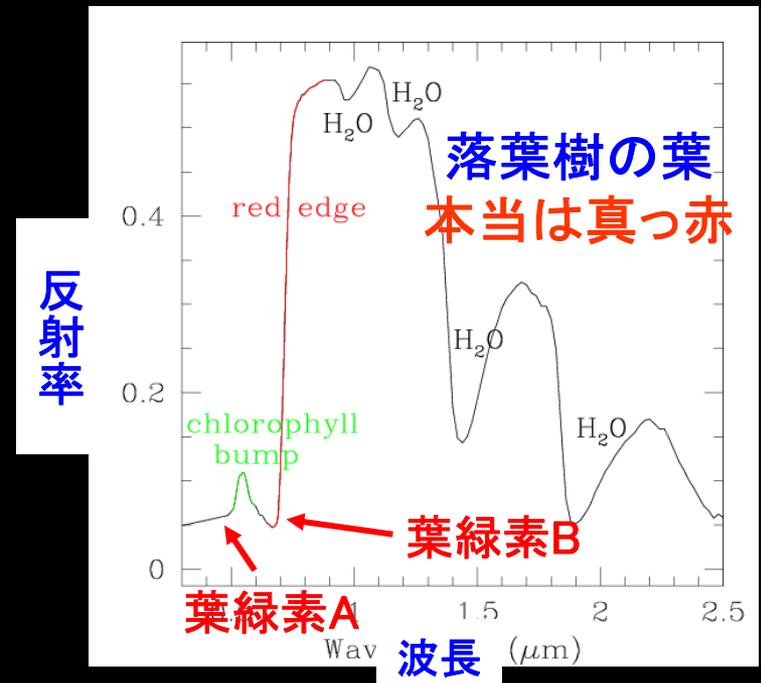
- （居住可能）地球型惑星を発見するだけでは、そこに生命があるかどうかはわからない

■ Biomarker の探求

- 酸素、オゾン、水の吸収線
- 植物のred edge
- *Extrasolar planets from extrasolar plants (E. Turner)*
- とにかく超精密分光観測

■ やっぱりSETIか？

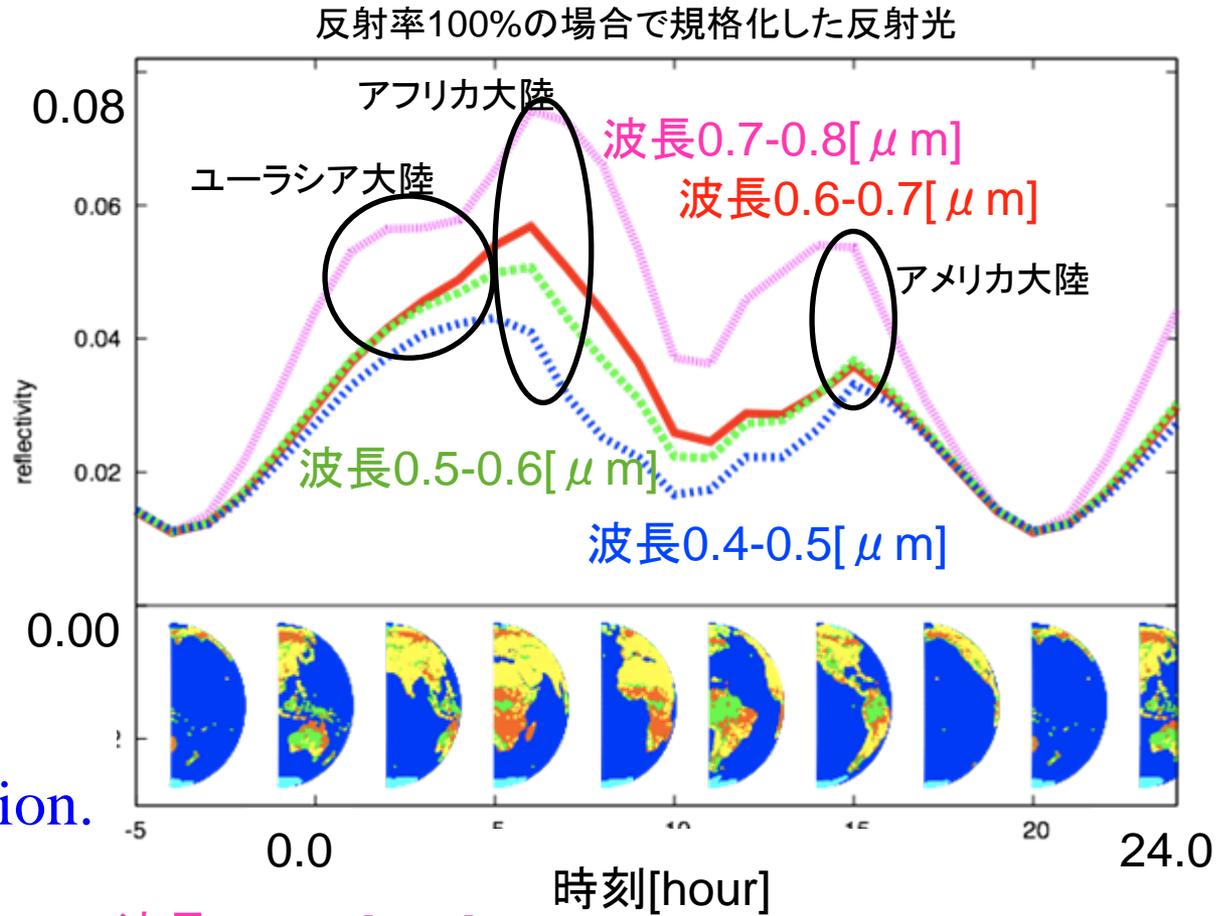
- 可能性は低くともこれ以上に確実なものはない
- まっとうなバイオマーカーではやはり隔靴搔痒



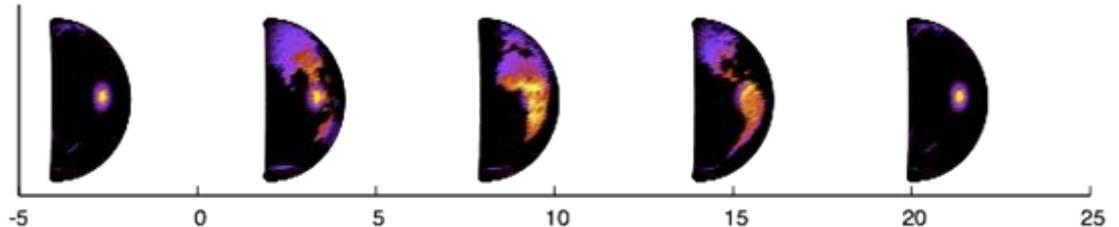
反射光の時間変動

- 春分(3月)
- 自転軸に垂直な方向から観測

Fujii et al. in preparation.

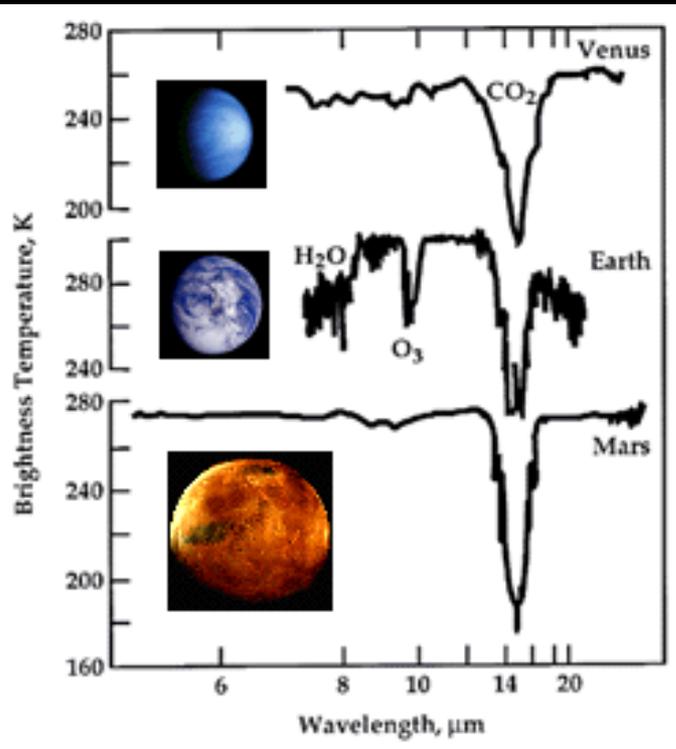


波長0.7-0.8[μm]



各地点の
寄与の大きさを
色で表したもの

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？

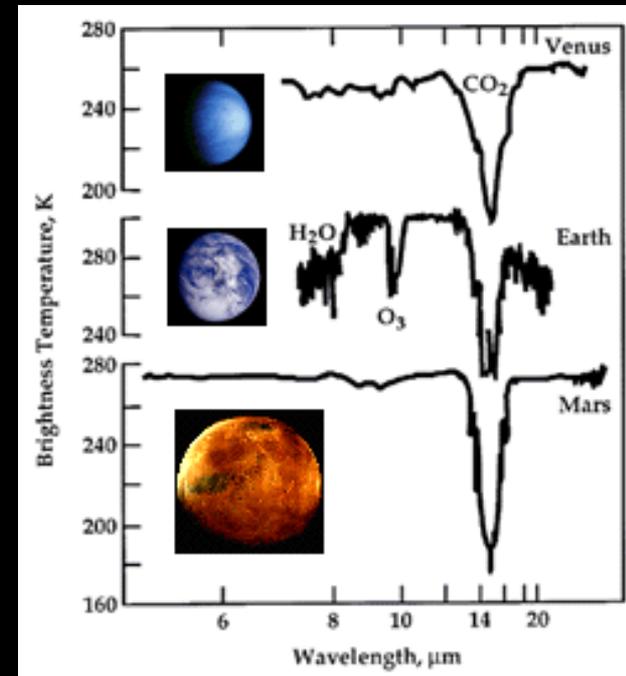
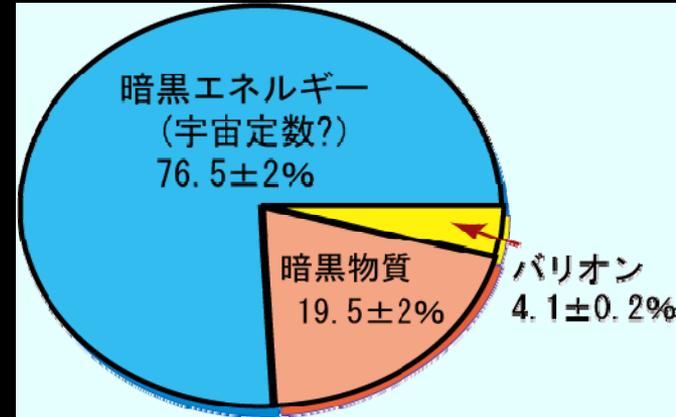
「夜空のむこう」を探ることで、従来全く予想されていなかった新しい科学が発展しつつある

■ 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

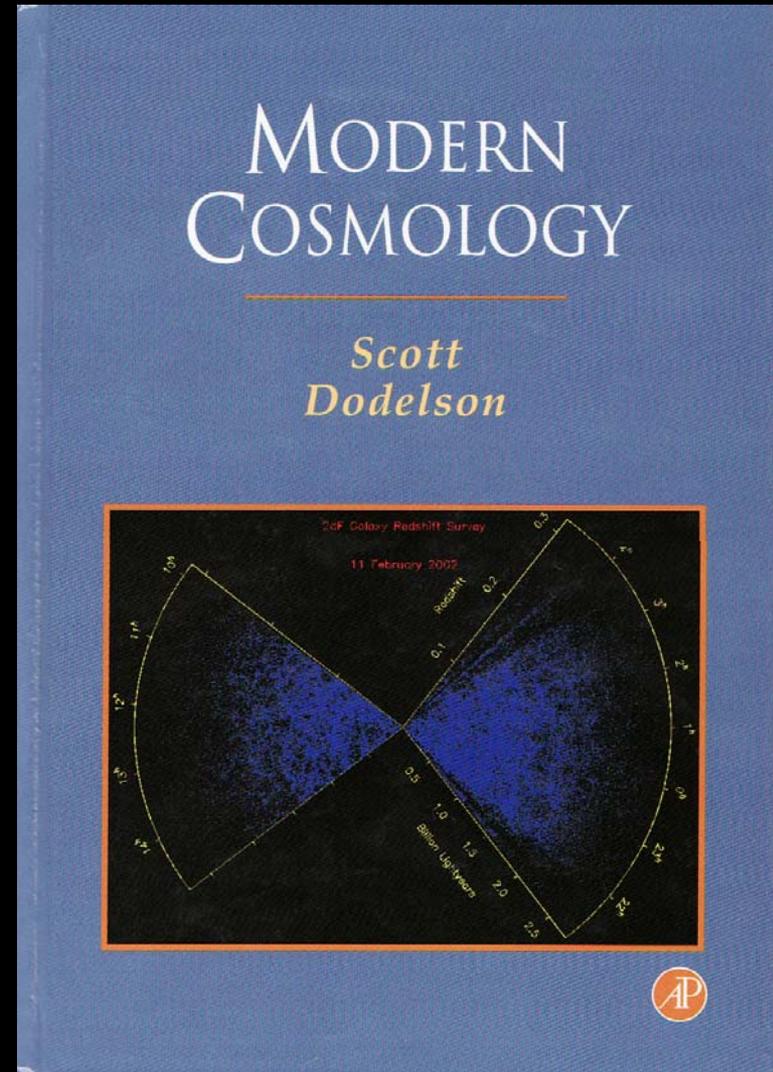
■ 天文学から宇宙生物学へ

- 1995年初めての系外惑星発見
- 地球型居住可能(水が液体として存在する)惑星の発見へ
- 遠くの惑星に生物の兆候を探る天文学的試み



前期理論演習

- フリードマン宇宙モデル、宇宙の熱史とニュートリノの温度、ビッグバン元素合成、宇宙の再結合、などを中心とした宇宙論の基礎的事項に関してテキストを主として輪講する。
- その後、その応用的な宇宙論のトピックを選んでそれを輪講



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