

宇宙をもっと良く知りたい

大学院修士課程入学

志望者ガイダンス

2005年6月21日

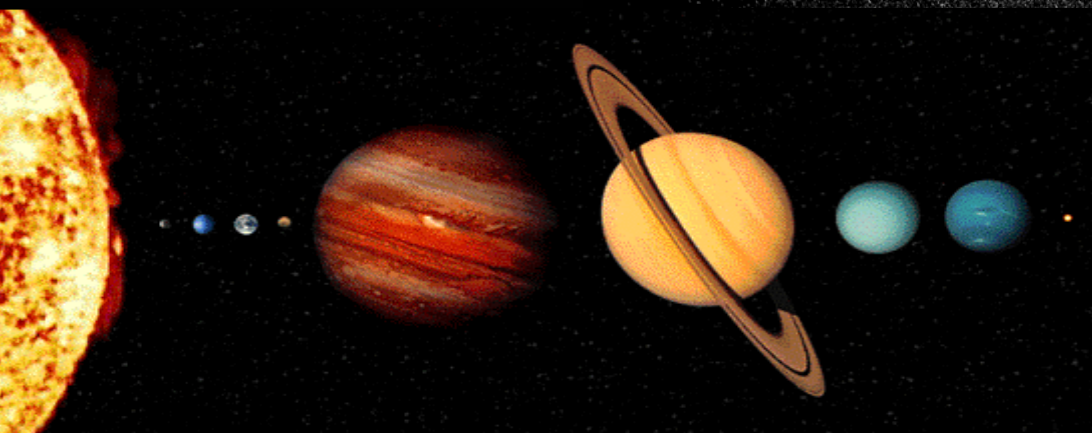
15:45~16:15

須藤 靖

東京大学大学院

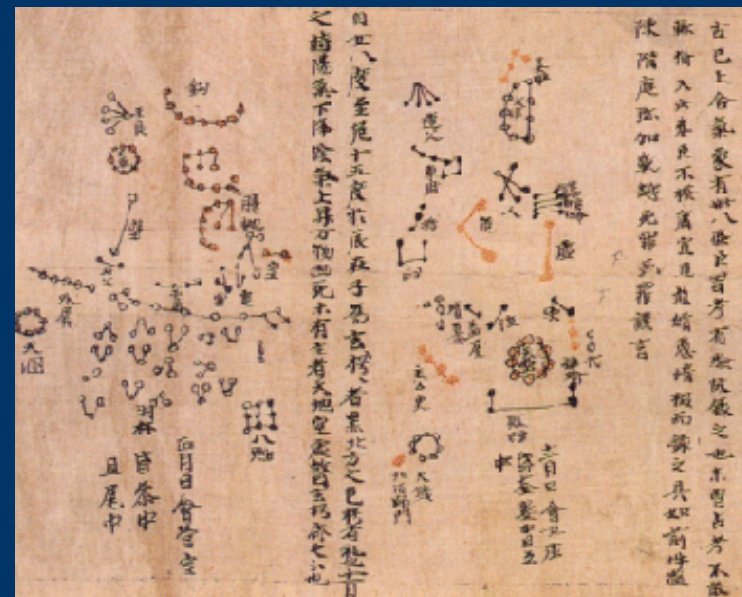
理学系研究科

物理学専攻



遠くの世界はどうなっているのだろうか？

- 宇宙の果てには何がある？



古代エジプトの宇宙像



古代中国の宇宙像



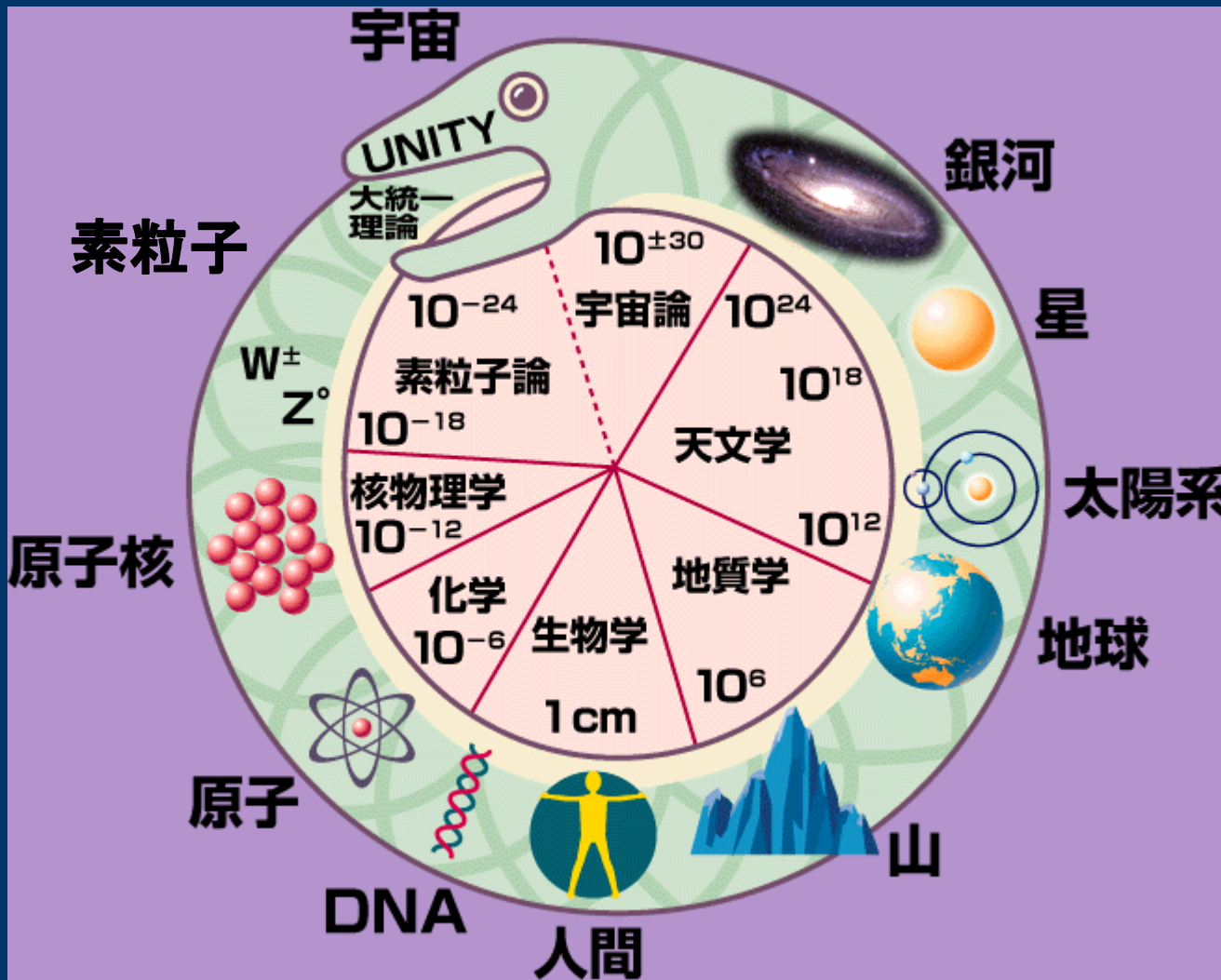
古代インドの宇宙像(象)



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

- 第二の地球はあるか？
 - 我々人類は広い宇宙でひとりぼっちなのか？

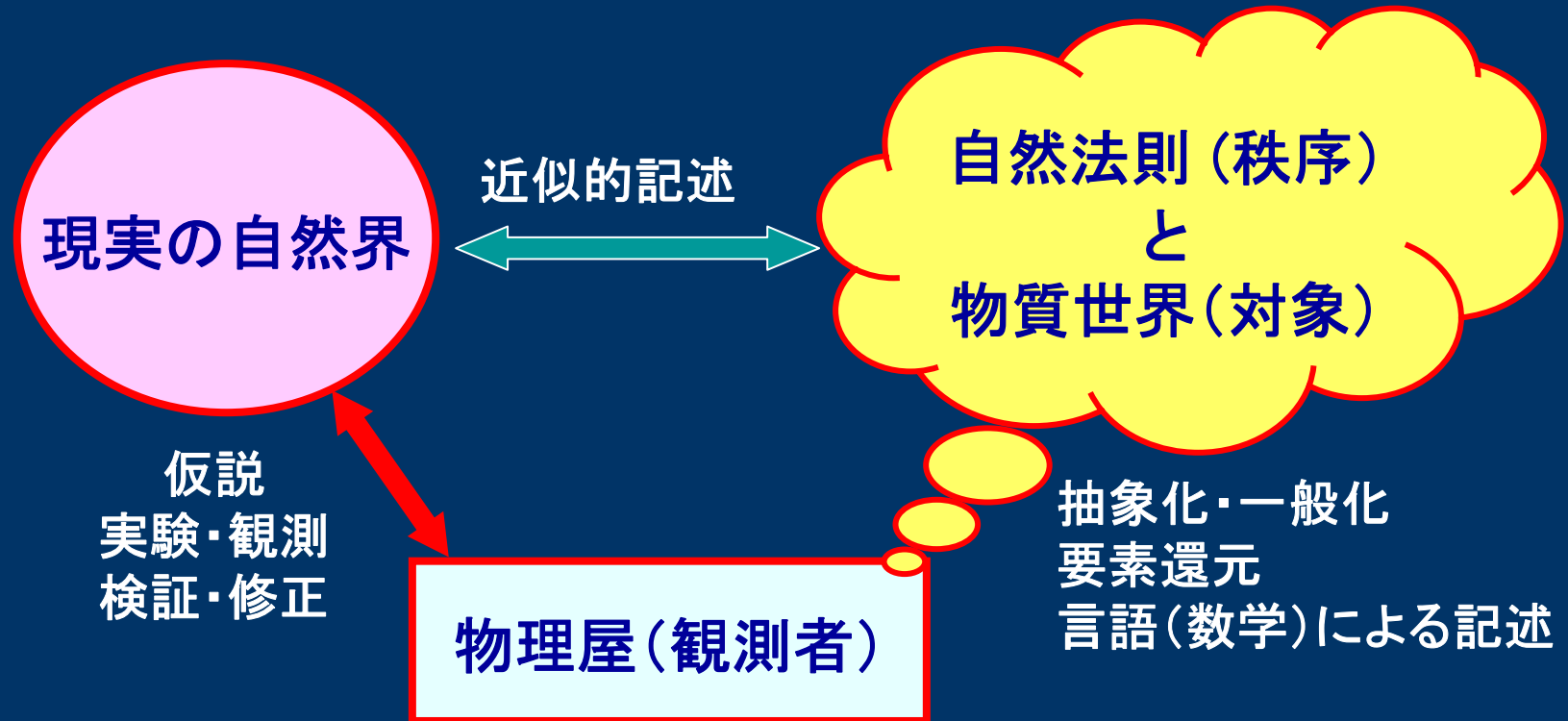
自然界の階層：ミクロとマクロをつなぐ



- 宇宙の大きさは約 10^{27} cm, すべての物質を形づくる素粒子の大きさは 10^{-24} cm以下
- この約50桁も離れた巨視的世界と微視的世界とが宇宙の研究を通じてより深く理解されつつある

シェルドン グラショー 著 ‘Interaction’ のなかの図をもとに作成

自然界を理解する方法論



- **できる限り、このループに主体的かつ自己完結的に関与したい**
 - 検証できないような問題は扱わない（人間原理は除く？）
 - 数値シミュレーションや観測を通じてモデルを検証する
 - 人が群がっているようなテーマはできる限り避ける
 - 共同研究は積極的に推進するが、存在価値をアピールできるサイズに限る

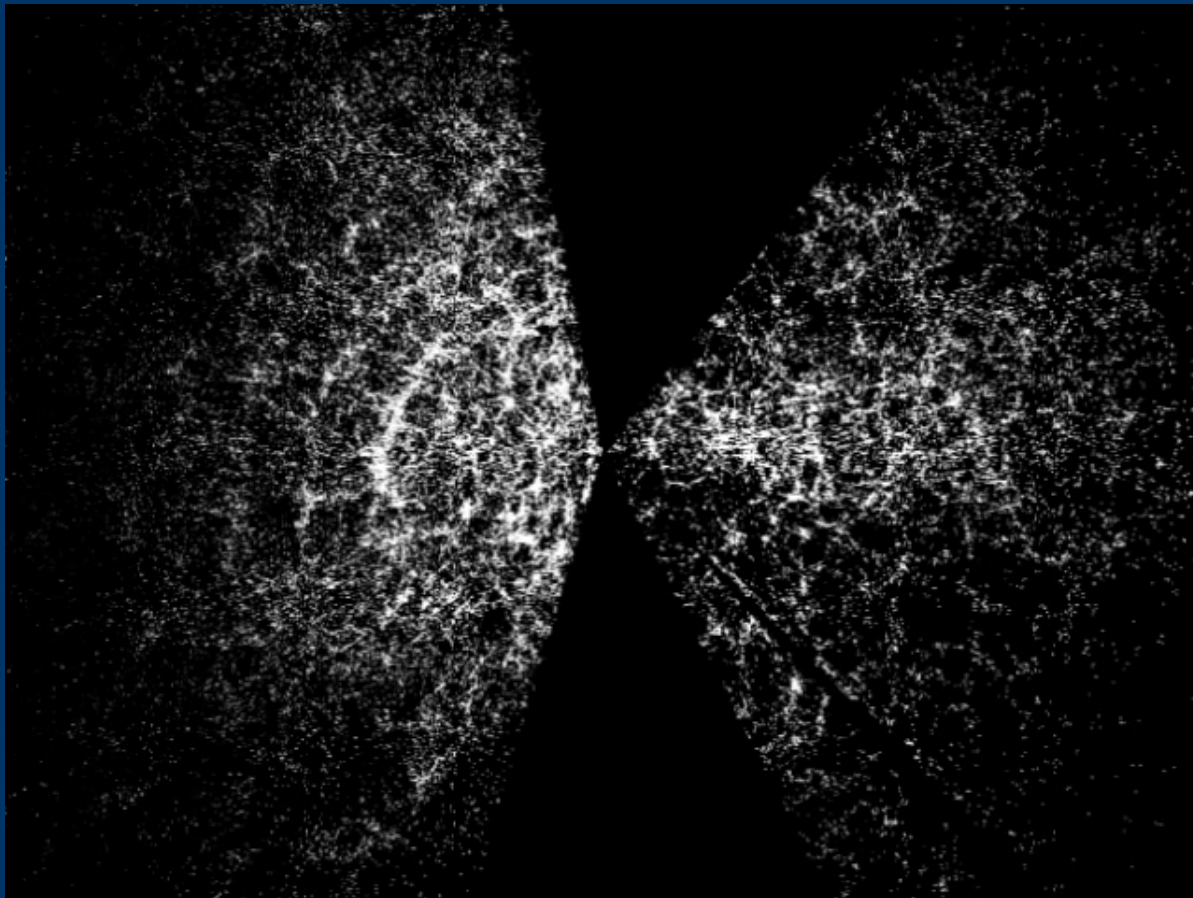
現在行っている研究テーマの例

- **SDSS銀河・クエーサーを用いた観測的宇宙論**
 - 矢幡和浩、西道啓博＋名古屋大学・松原グループ＋ソウル大・KIAS 他
- **宇宙論的スケールでの重力の逆自乗法則の検証**
 - 白田晶人＋東工大＋名古屋大
- **暗黒物質ハローのシミュレーションと解析的モデル構築**
 - 上海天文台＋ソウル大
- **ダークバリオン探査専用軟X線衛星DIOS**
 - 吉川耕司、河原創＋都立大＋宇宙研(満田和久、山崎典子)＋名古屋大＋東工大＋マックスプランク研究所 他
- **太陽系外トランジット惑星の精密分光観測**
 - 成田憲保、太田泰弘＋国立天文台＋プリンストン大＋ハーバード大＋セントアンドリュース大 他



史上最大の銀河地図作りをめざして： 日米独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/>

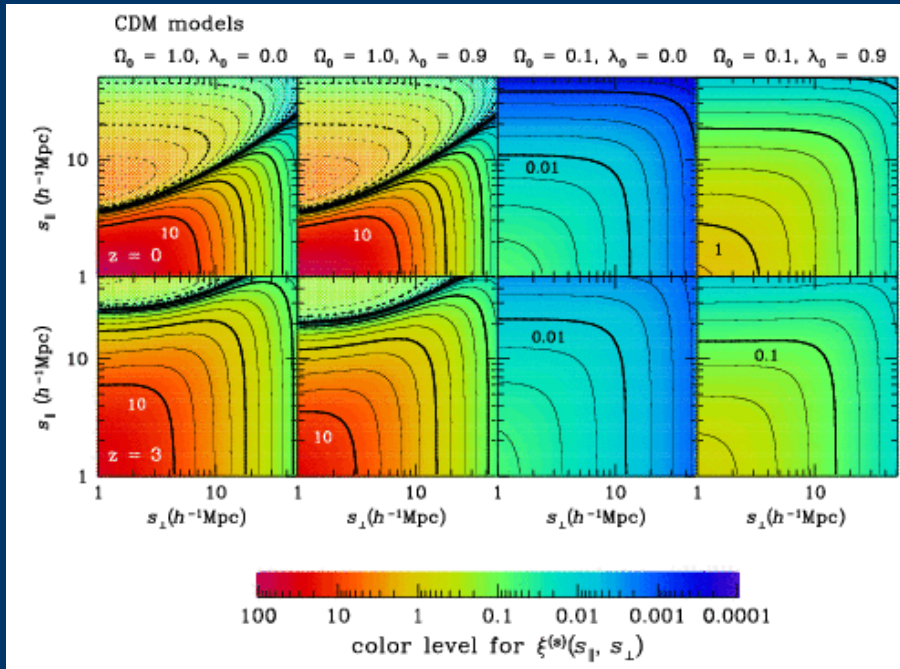


文部科学省

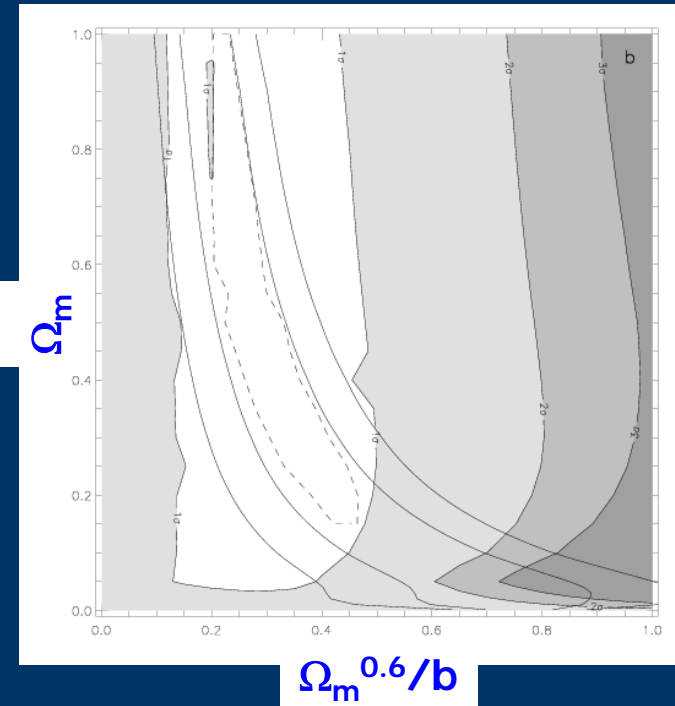
Ministry of Education, Culture,
Sports, Science and Technology

NHK教育 サイエンスZERO 2003年6月11日 0:00 放映

SDSS銀河・クエーサーを用いた観測的宇宙論



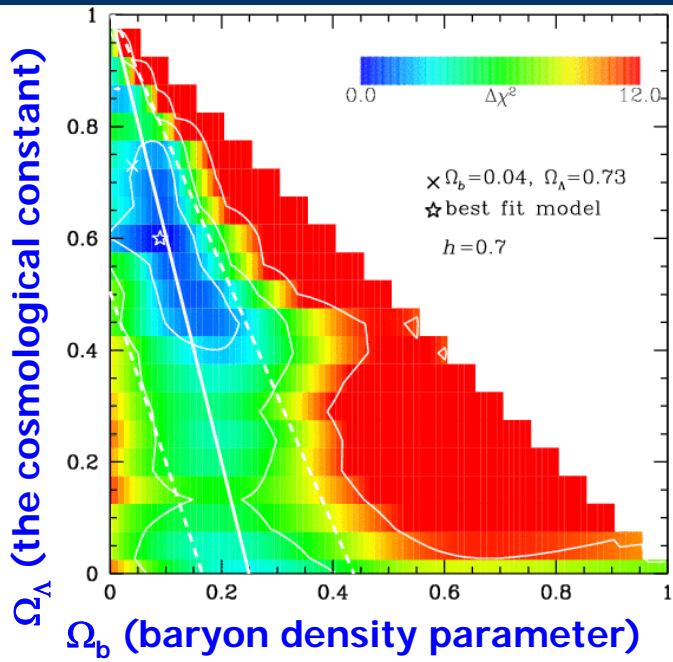
Matsubara & Suto (1996)



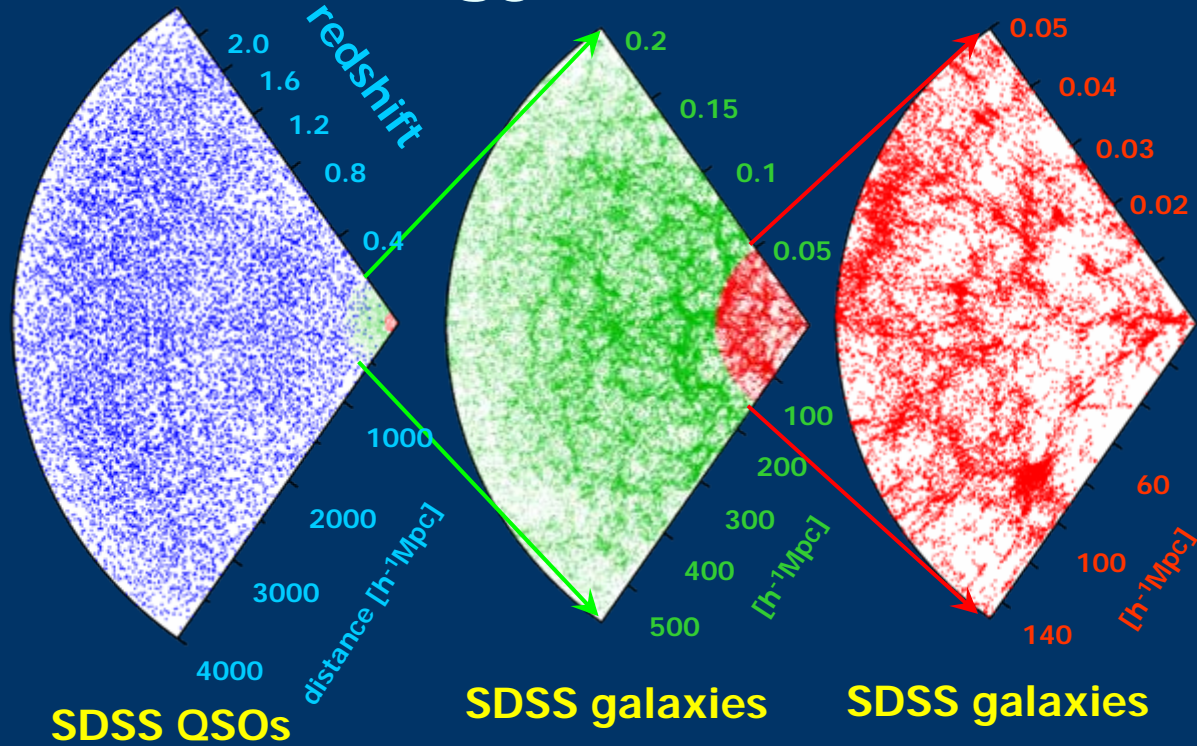
Hoyle et al. MNRAS 332(2002)311

- predicted the general-relativistic distortion in the clustering pattern of high-redshift objects to constrain the cosmological constant (Matsubara & Suto 1996)
- already applied to 2dF QSO data (Hoyle et al. 2002)
- application to SDSS QSO data in progress (Yahata et al. 2005)

Observational cosmology with SDSS



Yahata et al. (2005)



- Higher-order clustering statistics from SDSS galaxies (Kayo et al. 2004)
- Topology of SDSS galaxy distribution (Hikage et al. 2002, 2003; Park et al. 2005)
- Baryonic signature from SDSS quasar clustering (Yahata et al. 2005)
- Galactic/cosmological dust map from SDSS galaxies and quasars

法則か実在か？ 暗黒エネルギーと重力法則

観測 (CMB, SDSS...)

~ Our stance ~

~ (Precision) cosmology ~

重力法則は
Newton's law
(Einstein gravity)

宇宙膨張は
 $\Omega_m = 0.3, \Omega_\Lambda = 0.7$
と同じ

宇宙論パラメータへの制限

$$\Omega_m \sim 0.3, \Omega_\Lambda \sim 0.7$$

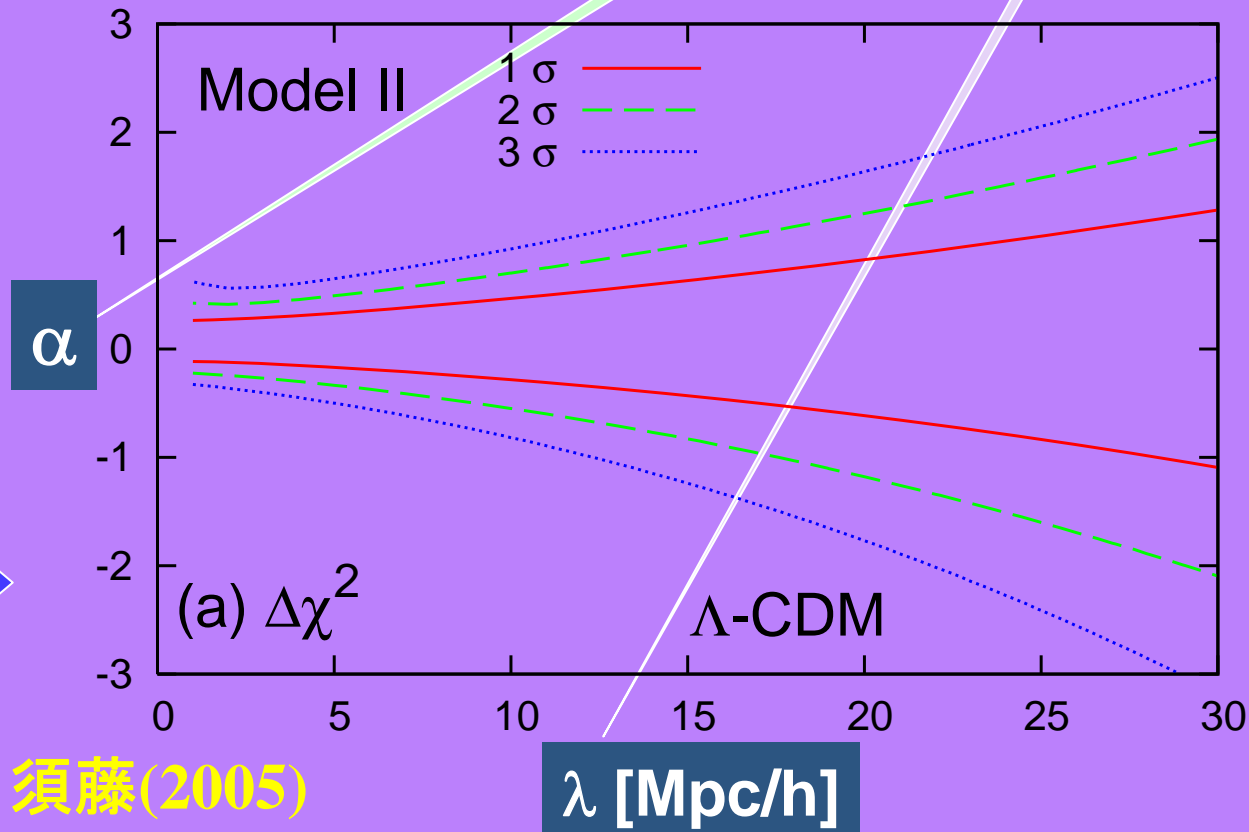
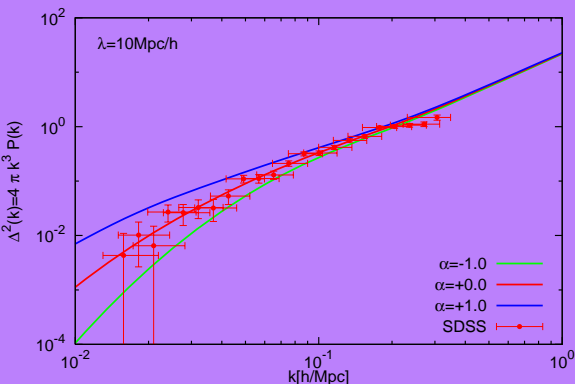
重力法則への制限

???

宇宙の構造形成の立場から、Mpcスケールでの
重力の変更に対して制限を行う。

ニュートンの逆自乗法則からのずれ に対する制限

$$V(r) = -\frac{GM}{r} \left[1 + \alpha \left(1 - e^{-r/\lambda} \right) \right]$$



白田、白水、吉田、須藤(2005)

λ [Mpc/h]

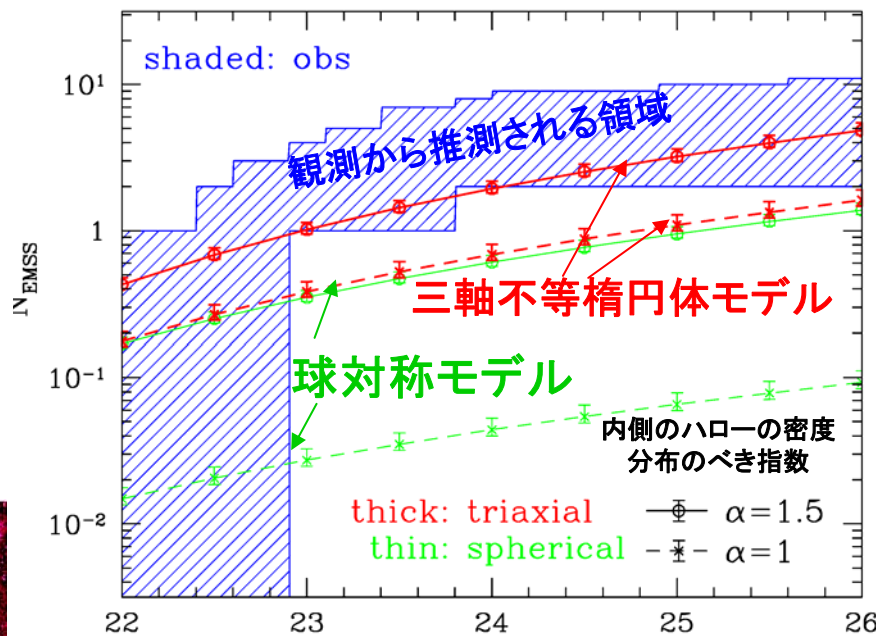
暗黒物質ハローの密度プロファイルと非球対称性

Oguri, Lee & Suto, ApJ 599 (2003) 7

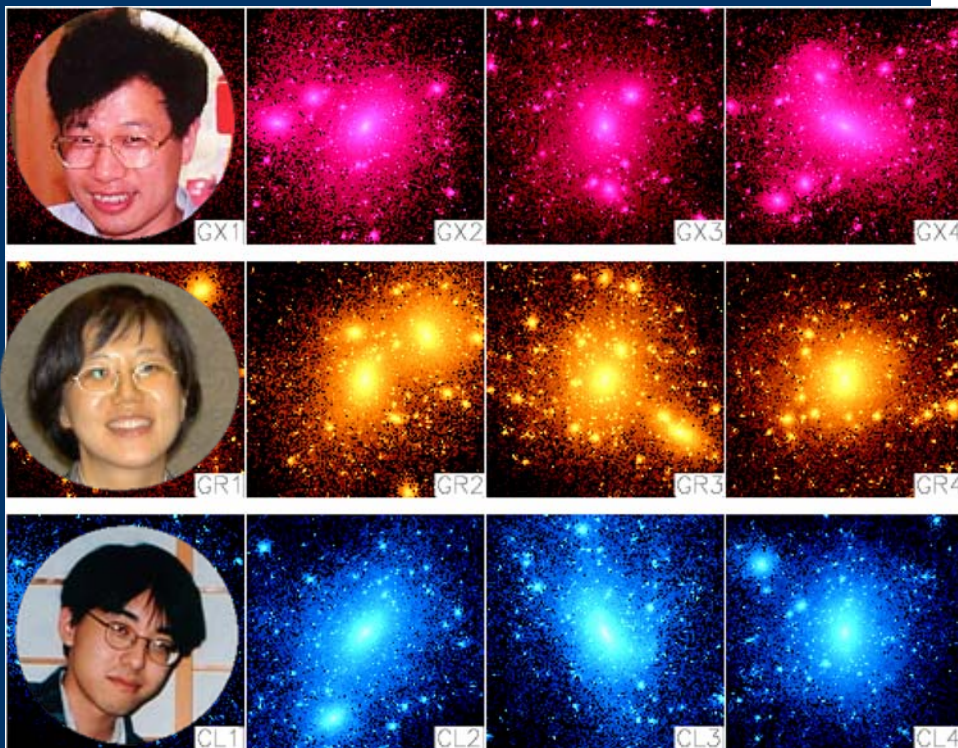
Jing & Suto, ApJ 574(2002)538

Jing & Suto, ApJ 529(2000) L69

重カレンズを
つけた銀河の数

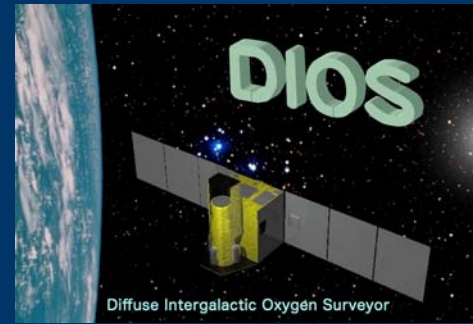


レンズアークサーベイ銀河の限界等級

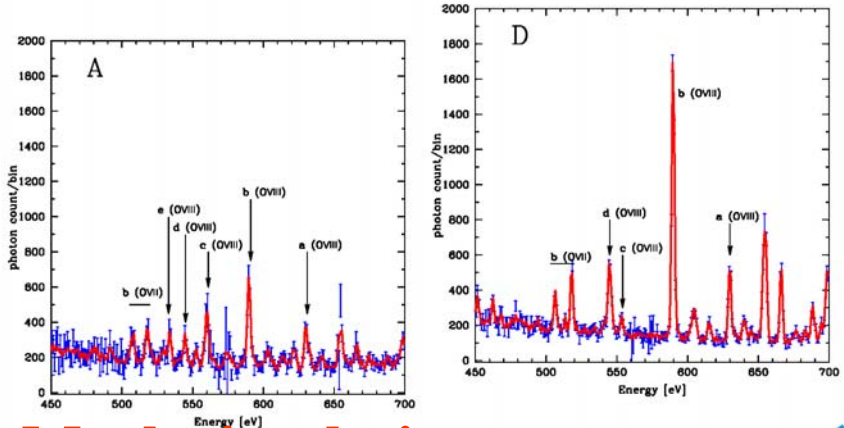


- 宇宙論的暗黒物質ハローの密度プロファイルに対して初めて3軸不等楕円体モデルを確立
- 銀河の重カレンズアーク統計の問題を解消

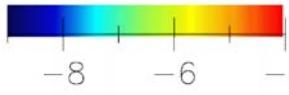
Searching for cosmic missing baryons with DIOS (Diffuse Intergalactic Oxygen Surveyor)



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



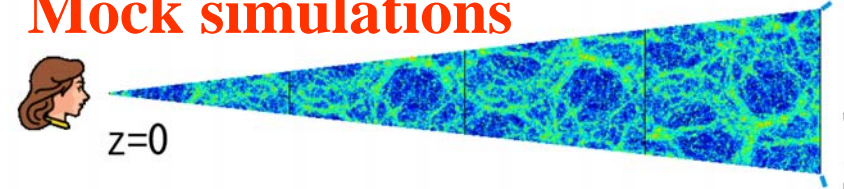
$\text{Log } S_x \text{ [erg/s/cm}^2\text{]}$



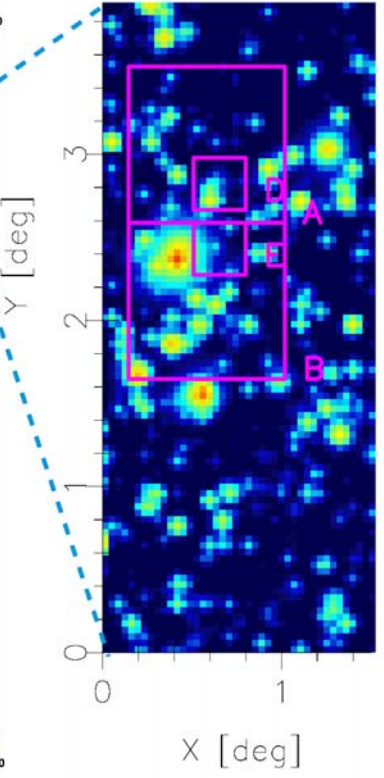
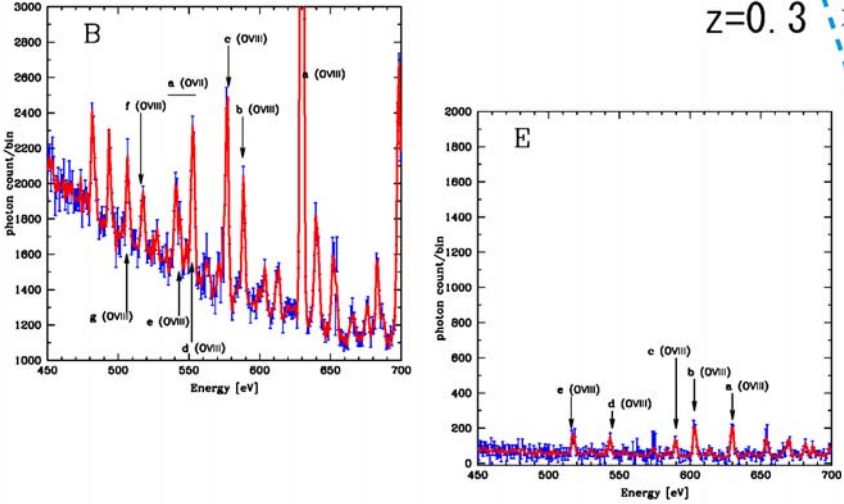
Mock simulations



$z=0$



$z=0.3$



Tokyo Metropolitan Univ.:

T. Ohashi

JAXA/ISAS:

N. Yamasaki

K. Mitsuda

Nagoya Univ.:

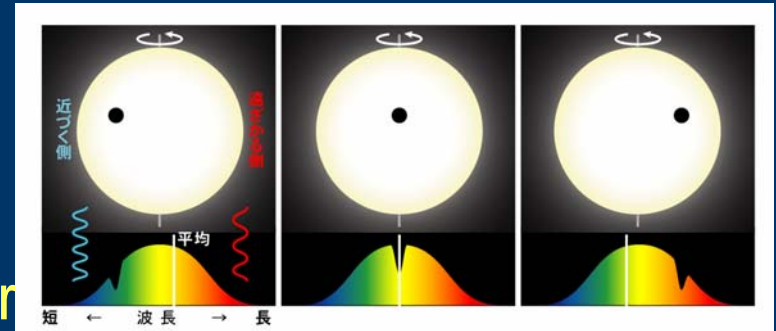
Y. Tawara

Univ of Tokyo:

K. Yoshikawa

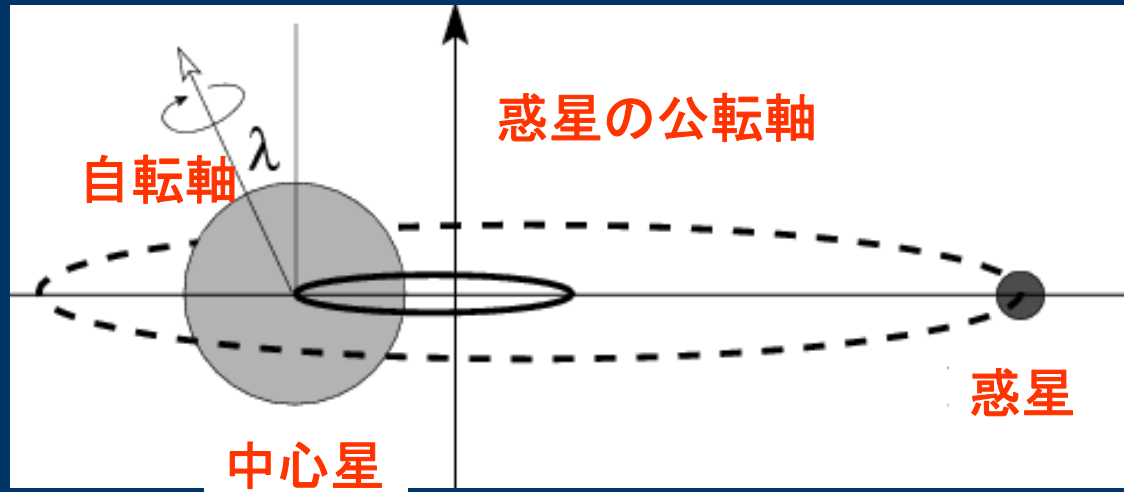
Y. Suto

すばる望遠鏡を用いた太陽系外惑星研究



- Transmission spectroscopy of extrasolar planets
 - $H\alpha$ absorption upper limit $\sim 0.1\%$ (Hoshi Navi, 2005 Feb issue)
(Winn et al. 2004, PASJ 56, 655)
 - Analysis of other lines (Narita et al. 2005)
- Constraining the stellar spin and the planetary orbital axes from the Rossiter-McLaughlin effect
 - the first analytic formulae + Subaru proposal
(Ohta, Taruya & Suto 2005; Winn et al. 2005)
- Search for reflected light from extrasolar planets
 - on-going collaboration with a group at St. Andrews University (A. Cameron, C. Leigh, ...)

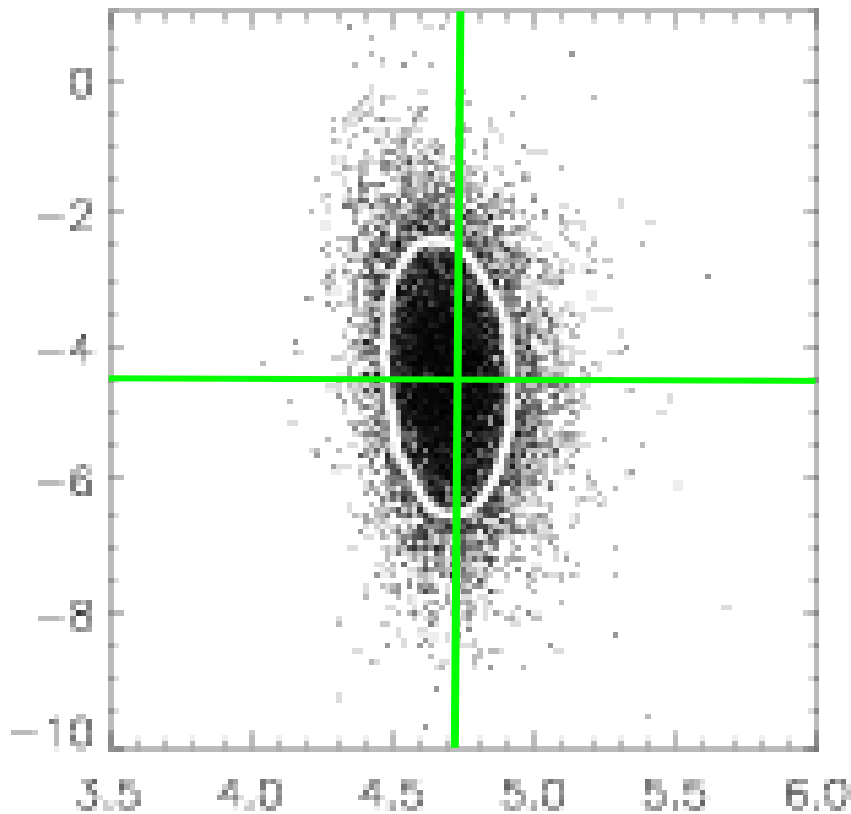
系外惑星の公転軸と中心星の自転軸との角度 のずれの初検出



- 私の研究室の大学院生太田泰弘君の理論的な論文が、共同研究者であるハーバード大学のJosh Winn氏を刺激
- トランジット惑星 HD209458 に関するベストのデータを集めてフィット
 - ケック天文台(ハワイの10m望遠鏡)による可視光での分光観測
 - ハッブル宇宙望遠鏡による可視光強度変動モニター
 - スピッツァー望遠鏡による赤外線強度変動モニター
- 主星の自転軸と惑星の公転軸が射影された角度 λ にして (-4.4 ± 1.4) 度だけずれていることを発見
 - 今までの観測精度の誤差(約20度)を一桁以上向上
 - 太陽の場合、系内惑星の全角運動量軸に対して7度程度傾いている

HD209458の解析結果

(射影された)
自転軸と公転軸の角度のずれ[度]

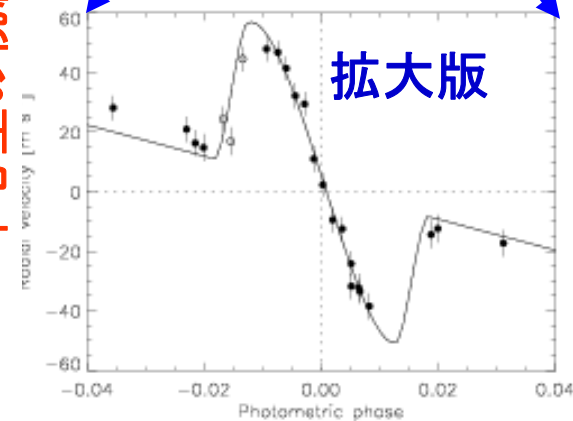
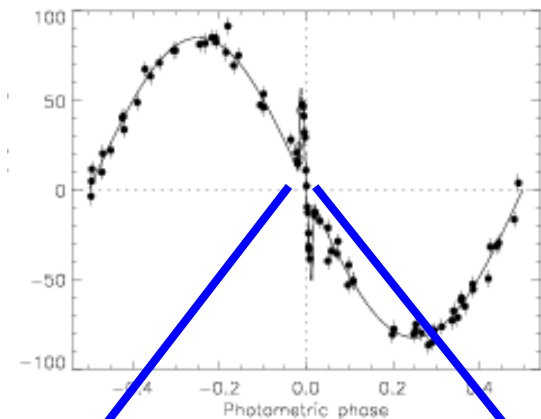


中心星の自転速度 [km/s]

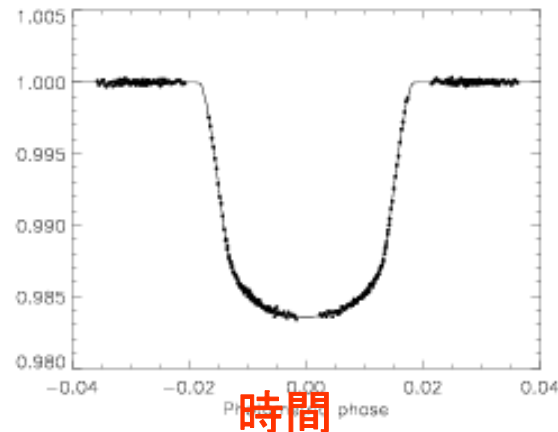
$$\lambda = -4.4 \pm 1.4$$

99.7%以上の確率で 0° を否定！

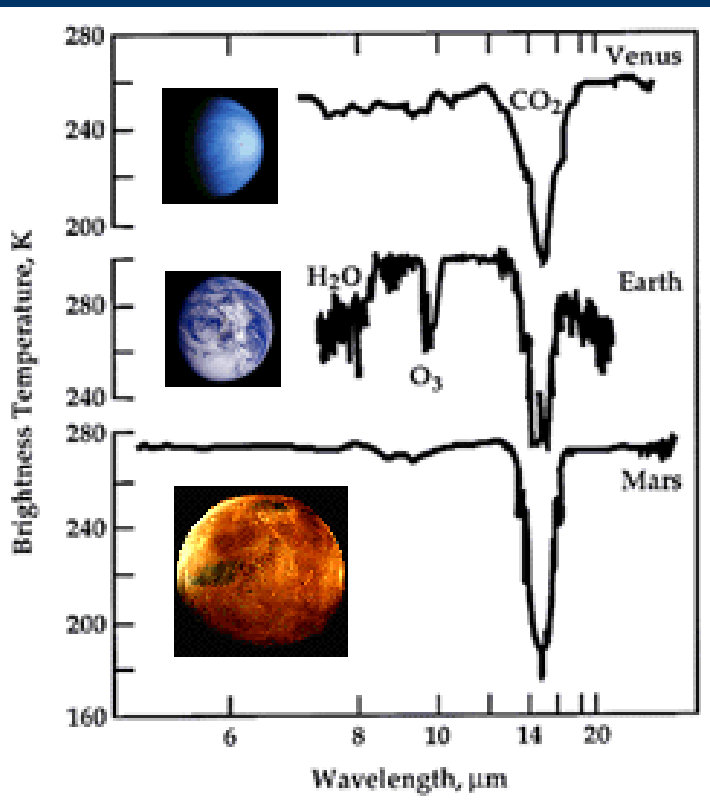
中心星の視線速度 [m/s]



HSTの光度曲線



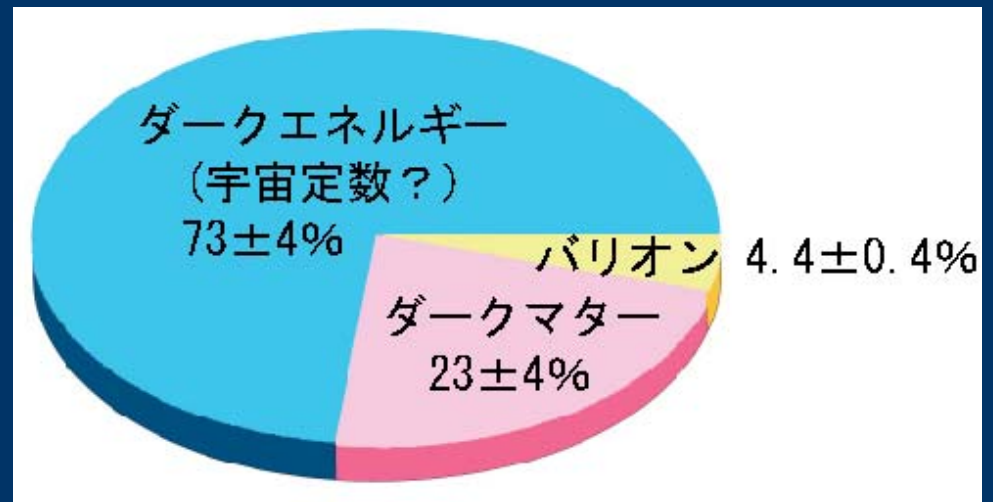
太陽系外惑星研究： 今後の20年 “天文学から宇宙生物学へ”



- 木星型ガス惑星： 発見の時代から“characterization”の時代へ
 - 起源、形成、進化の基礎モデル構築
- 地球型惑星の発見へ
- 居住可能惑星の発見へ
 - 水が液体として存在する惑星
- 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検証できるか？ Biomarker を特定できるか？

どこが違うのだろうか？



謎解きはまだまだこれから

- 宇宙の果てをみることで自然界の新たな物質階層が明らかとなった
 - 宇宙の約23%は暗黒物質、約73%は暗黒エネルギー
 - 我々は宇宙の96%の部分を全く理解していなかった
 - 暗黒物質、暗黒エネルギーの解明は21世紀科学の大目標
- 10年足らず前に初めて太陽系以外に惑星が存在することが発見された(ただしまだガス惑星のみ)。
 - 第二の地球はあるのか？
 - 地球外生物、地球外知的文明は存在するか？
 - 我々の存在は偶然か、必然か？
 - これらが単なる夢物語やSFではなく、科学的(物理+天文+化学+地学+生物)に議論できる時代になってきた！