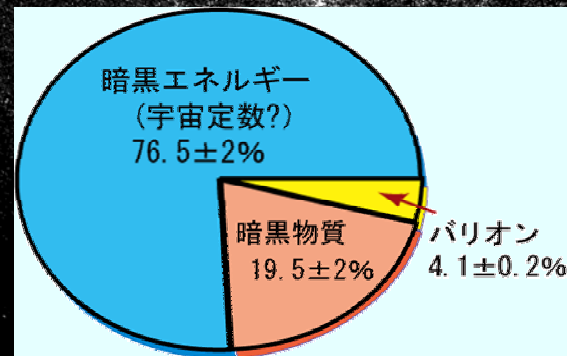
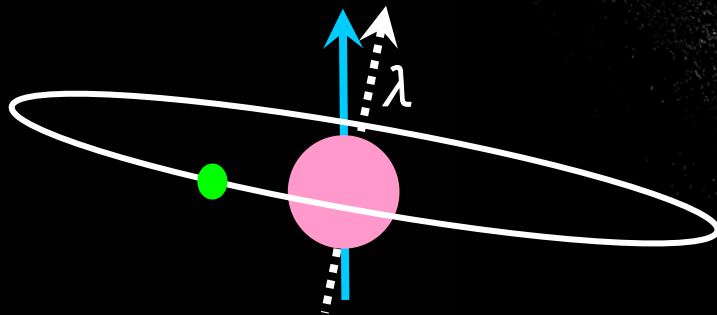


# 夜空の向こうを探る

大学院修士課程入学  
志望者ガイダンス  
2005年6月27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



# 大学院はどのようなところか？

- 勉強・学習ではなく、学問する(学びて問う)環境
  - 受身のままずっと待っていても何も来ない
  - 教員を頼ってばかりいてはだめ
- 24時間、365日 いつでも開いている
  - 自由度と自己責任
- 自分の適性を知る
- 一人で研究するのではなく、友人、先輩、後輩と共に学び議論し研究する
  - 研究室の雰囲気、教員との相性も無視できない

# 研究者に向いている人

- **大学(院)入学までに行う試験での評価基準**
  - 正解が存在することがわかっている問題を
  - 決められた時間内に
  - 一人だけで何も見ず
  - すべての科目を万遍なく
- **これらは研究の現場とはすべて「矛盾する」制約**
  - 試験での秀才が必ずしも優れた研究者にはなっていない
- **人間の才能は1次元に数値化できるものではなく、多次元空間で表現すべきもの**
  - 必ずしも(とびぬけて)優秀である必要はない
  - 何でも良いから余人をもって代えがたい度合いが重要
- **研究が好き・楽しめることが大前提**

# 典型的な研究者タイプと思われがちであるにもかかわらず実は研究者に向いていない人

- 他人とコミュニケーションがうまくとれない
  - 結果の批判を通じてさらなる発展が期待できない
- 自分だけの殻に閉じこもる、人に嫌われる
  - 共同研究を通じて $1+1=10$ が望めない
- 本を読んで勉強することだけが好き
  - これでは新たな学問・研究にならない
- 難しい分野・問題・テーマだけが好き
  - 優れた学者と同じ道を歩んでいることで自分も優れた研究者であると勘違いする(視野が狭い)

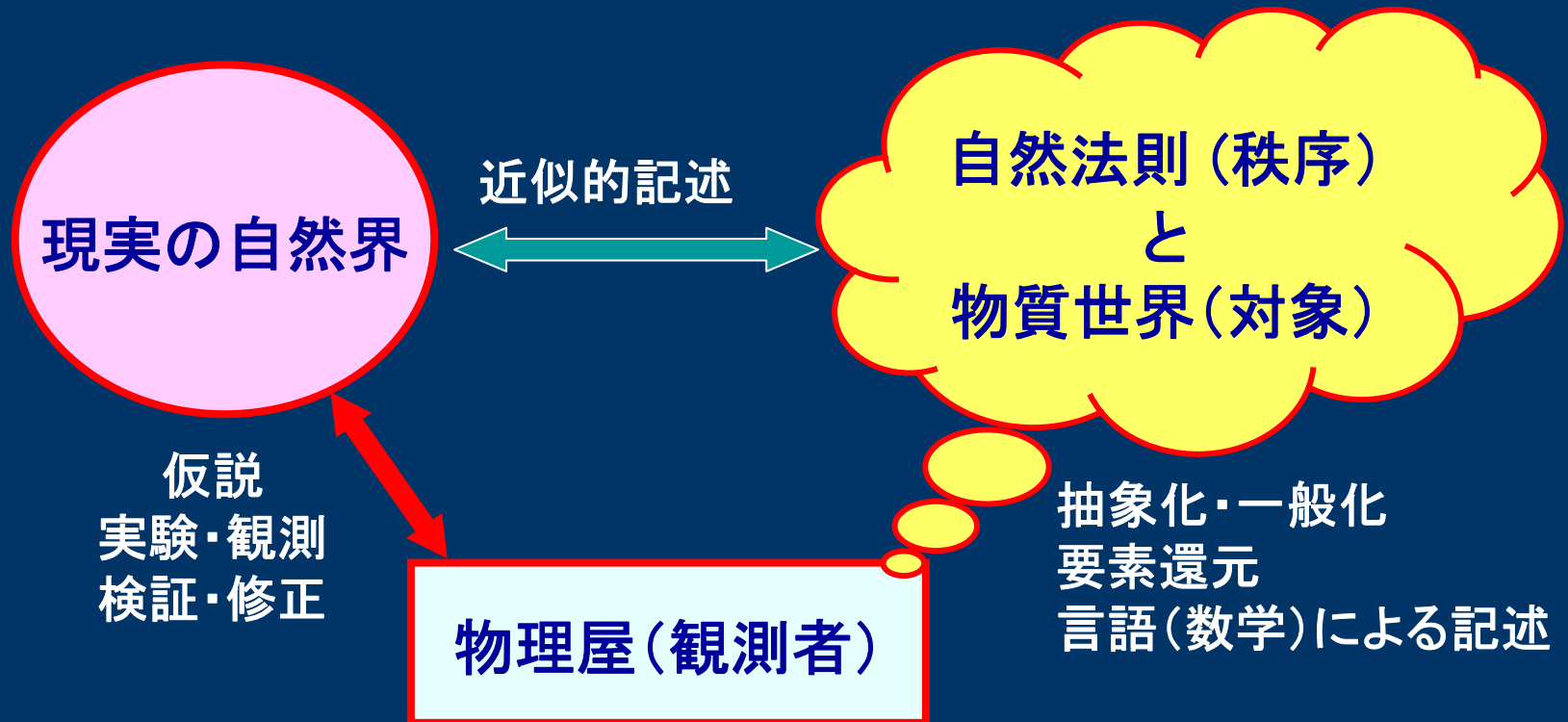
# 自然科学を学ぶ意味

- 研究者になることが目的では決していない
- 世の中の不思議さを認識する
- できるかぎり自然を理解する
- 当たり前とされていることでも一度は疑ってみる
  - みんなが言っているからではなく自分で納得する
- 正しいことと間違っていることを見極める
  - 変な人(詐欺師、政治家、官僚、教員)に騙されない
  - 本当に正しいことを理解し納得する
  - 善悪を区別する

# 私が宇宙物理をやっている理由

- **問題意識が直感的でわかりやすく、かつ「本質的」**
  - 一般の人が興味を持って話を聞いてくれる
  - 宇宙の果てはどうなっているのか？
  - 宇宙を構成する物質と我々の身の回りの物質とは同じか？
  - 宇宙の始まりは？ 宇宙の未来は？
  - 第2の地球は存在するか？
- 厳密に何かを定量的に説明するというよりも、**大まかにその理由を理解することを重視する分野**
  - 私は大雑把で飽きっぽい人間
  - 本質的な筋道が理解できれば満足
  - 細かい数値あわせや厳密な数学的証明にはあまり興味ない

# 研究の方法論とポリシー



- 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理論モデルを検証し構築する
  - 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

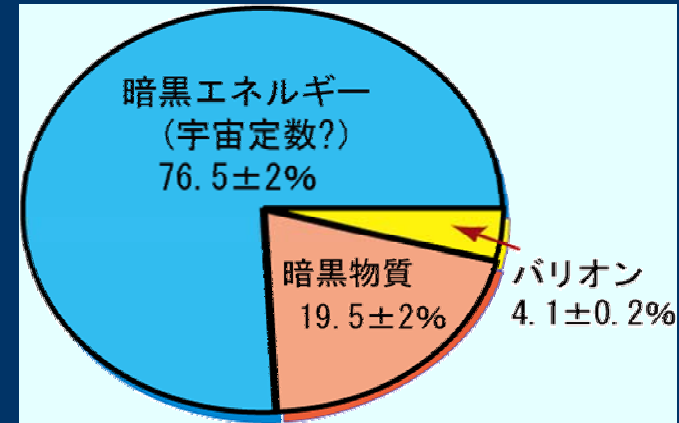
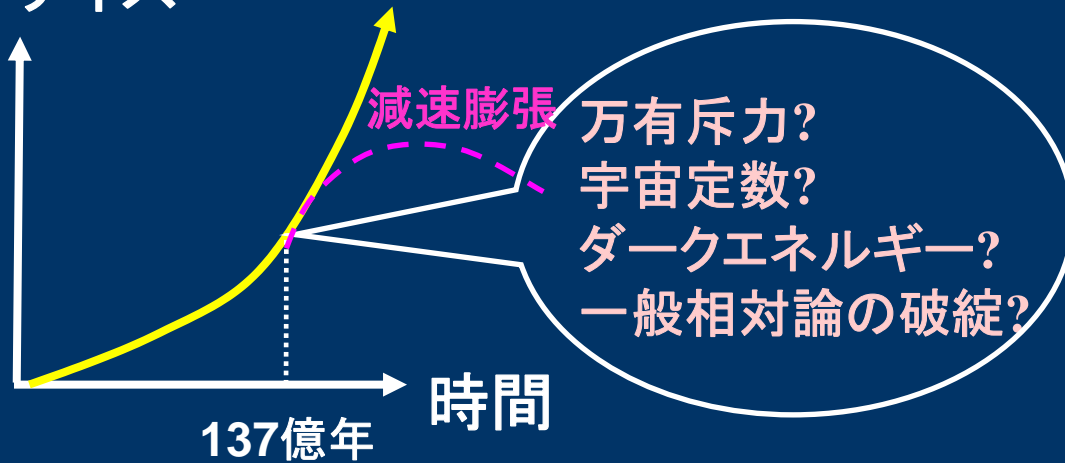
- **SDSS銀河・クエーサーを用いた観測的宇宙論**
  - 矢幡和浩、西道啓博＋名古屋大学＋ソウル大＋プリンストン大 他
- **宇宙論的スケールでの重力の逆自乗法則の検証**
  - 白田晶人＋東工大＋名古屋大＋広島大＋ポーツマス大
- **宇宙の暗黒エネルギー探査**
  - すばる望遠鏡HSC, WFMOS＋東北大＋名古屋大＋東大(相原研)
- **ダークバリオン探査専用軟X線衛星DIOS**
  - 吉川耕司、河原創＋首都大学＋宇宙研(満田和久、山崎典子)＋名古屋大＋東工大＋マックスプランク研究所 他
- **太陽系外トランジット惑星の精密分光観測**
  - 成田憲保、太田泰弘＋国立天文台＋プリンストン大＋MIT＋セントアンドリュース大 他



# 暗黒エネルギーとは何か

宇宙の  
サイズ

宇宙の加速膨張



Science誌が選んだ  
breakthrough of the year  
1998年 宇宙の加速膨張  
2003年 ダークエネルギー

- 宇宙の加速膨張の発見(1998年)
  - 重力は引力なので必ず減速膨張
  - 重力を打ち消すような「万有斥力」が必要
- 加速膨張の原因は何か?
  - 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?
  - 宇宙論スケールでの一般相対論(重力法則)の破綻
- いずれも未知の物理学を切り拓く鍵



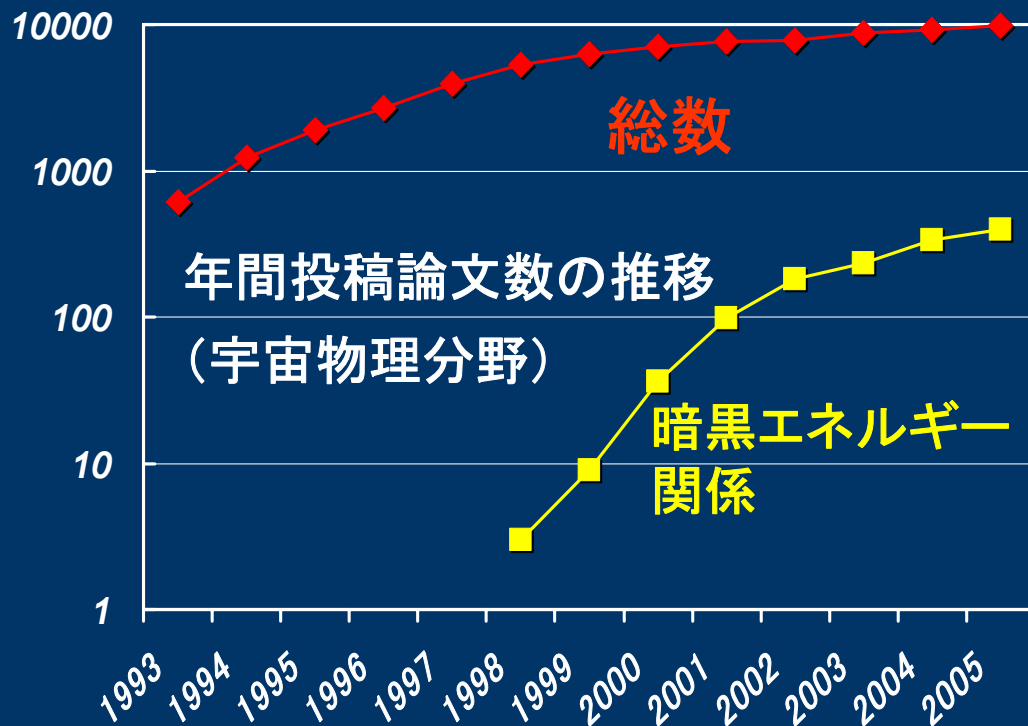
# 暗黒エネルギー研究の意義

- 7割以上を占める宇宙の主要成分の解明

- 新たな物質階層か？一般相対論の限界か？

- 未知の物理学への道を拓く鍵

- 天文観測が唯一の手段



- *“Right now, not only for cosmology but for elementary particle theory this is the bone in the throat”*

- Steven Weinberg (1979年度ノーベル物理学賞)

- *“Would be number one on my list of things to figure out”*

- Edward Witten (1990年度フィールズ賞)

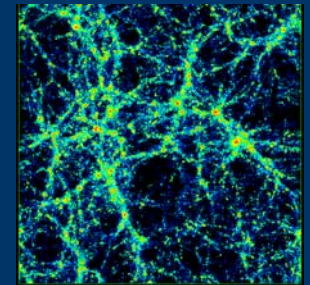
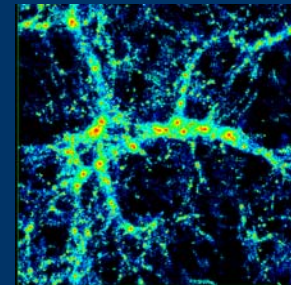
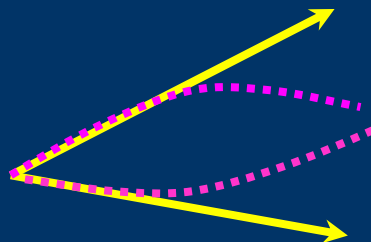
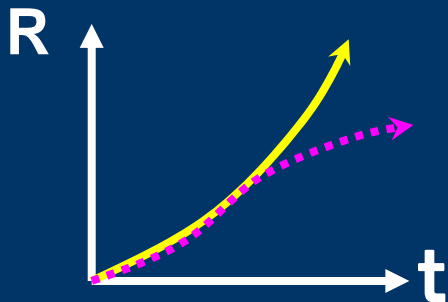
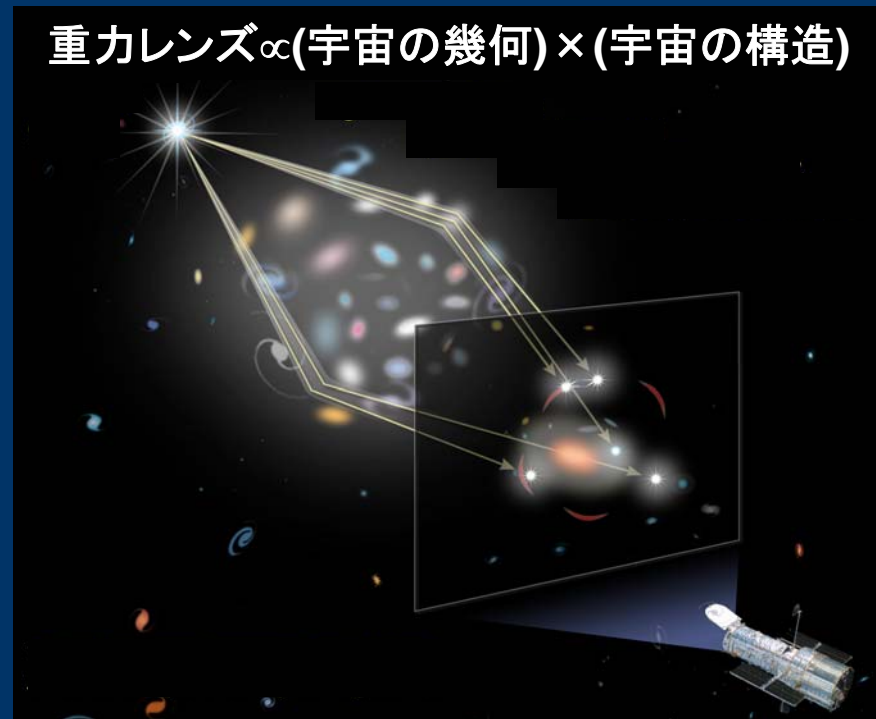
- *“Maybe the most fundamentally mysterious thing in basic science”*

- Frank Wilczek (2004年度ノーベル物理学賞)

# 暗黒エネルギーの “見え方”

- 宇宙膨張を加速させる
- 宇宙の幾何学を変える
- 宇宙構造の進化を変える
  - 重力レンズの強度の時間変化
  - 宇宙大構造の特徴的スケール(バリオン振動)の時間変化

重力レンズ $\propto$ (宇宙の幾何) $\times$ (宇宙の構造)



# 100億光年先からの一般相対論的蟹気楼 (SDSS J1004+4112)



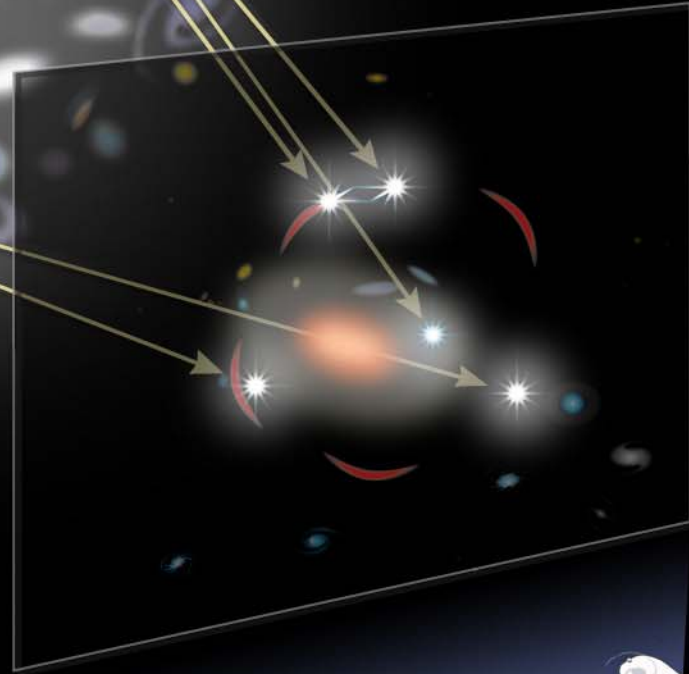
2003年に東京大学の稲田直久と大栗真宗がSDSSで発見、すばるで確認  
Inada et al. Nature 426(2003)810

98億光年先にある  
クエーサー

銀河団の重力を受けてクエー  
サーからの光線が曲げられてみ  
かけ上5つの異なる天体として  
観測される

62億光年先にある  
銀河団

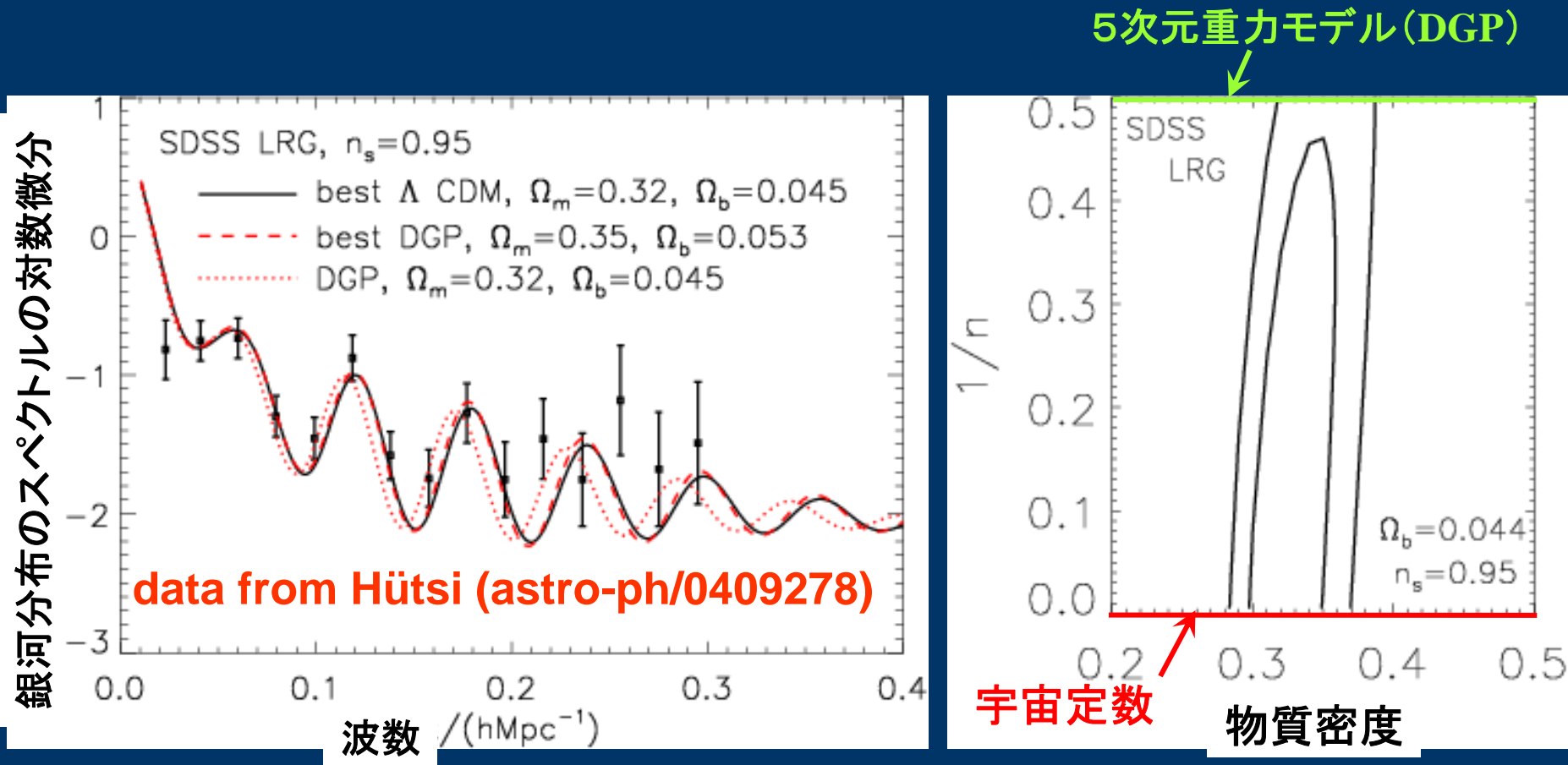
重力レンズ天体  
SDSS J1004+4112 :  
一般相対論的蟹気楼



\*The red crescents represent lensing arcs —  
Smearred images of background galaxies.

<http://hubblesite.org/newscenter/newsdesk/archive/releases/2006/23/>

# SDSS銀河のバリオン振動データを用いた重力法則とダークエネルギーについての制限

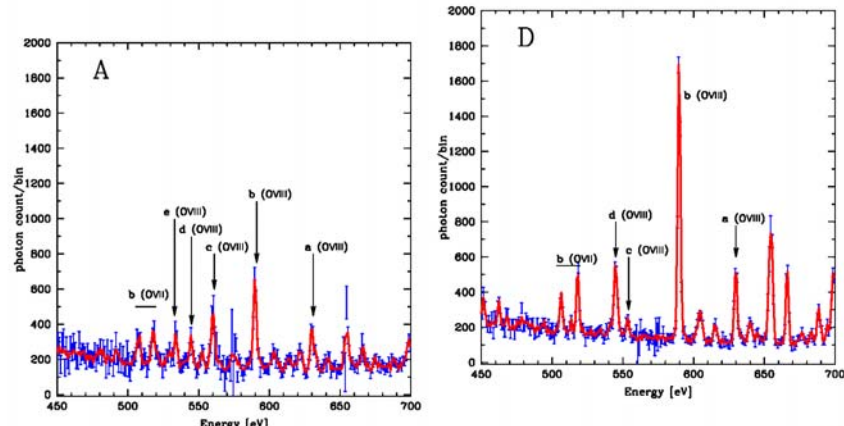


Yamamoto et al. astro-ph/0605278

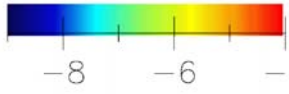
# Searching for cosmic missing baryons with DIOS (Diffuse Intergalactic Oxygen Surveyor)



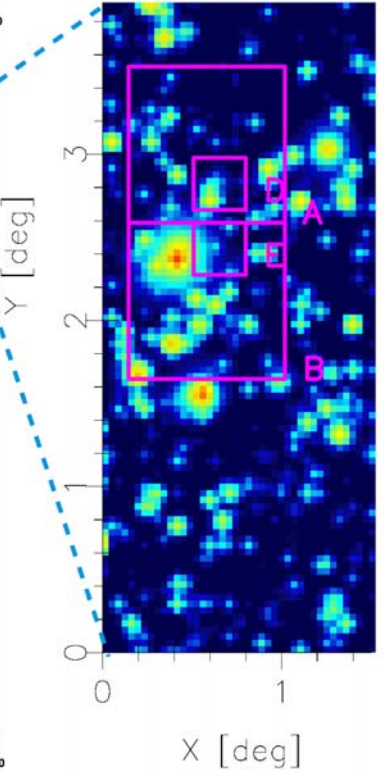
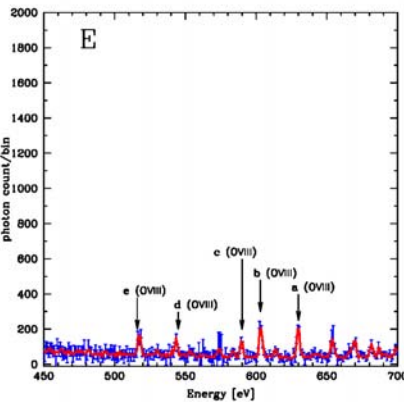
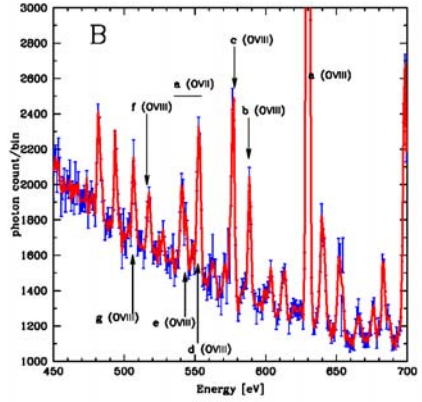
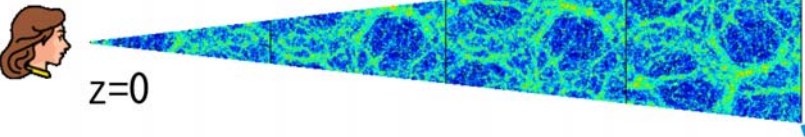
**PASJ 55 (2003) 879**  
**PASJ 56 (2004) 939**



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



**Mock simulations**



Tokyo Metropolitan Univ.:

*T. Ohashi*

JAXA/ISAS:

*N. Yamasaki*

*K. Mitsuda*

Nagoya Univ.:

*Y. Tawara*

Univ of Tokyo:

*K. Yoshikawa*

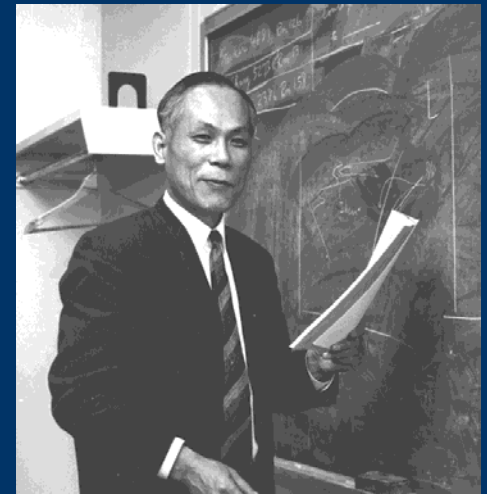
*Y. Suto*

# 太陽系外惑星発見の歴史

- 1995年：主系列星周りの系外惑星の発見 (51Peg)
- 1999年：系外惑星のトランジット発見(HD209458)
- 2001年：トランジット惑星大気初の検出(ナトリウム)
- 2003年：トランジット惑星から蒸発する水素大気発見
- 2003年：公転周期1.2日のトランジット惑星発見(OGLE)
- 2004年1月：トランジット惑星大気中に炭素と酸素を検出
- 2004年4月：公転周期1.4日、1.7日のトランジット惑星発見
- 2005年6月：6～8倍地球質量の惑星発見(地球型?)
- 2005年7月：超巨大コアを持つ灼熱惑星の発見
- 2005年10月：惑星公転軸の傾きの発見
- 2006年5月25日時点で165個の系外惑星系(計193個の惑星)



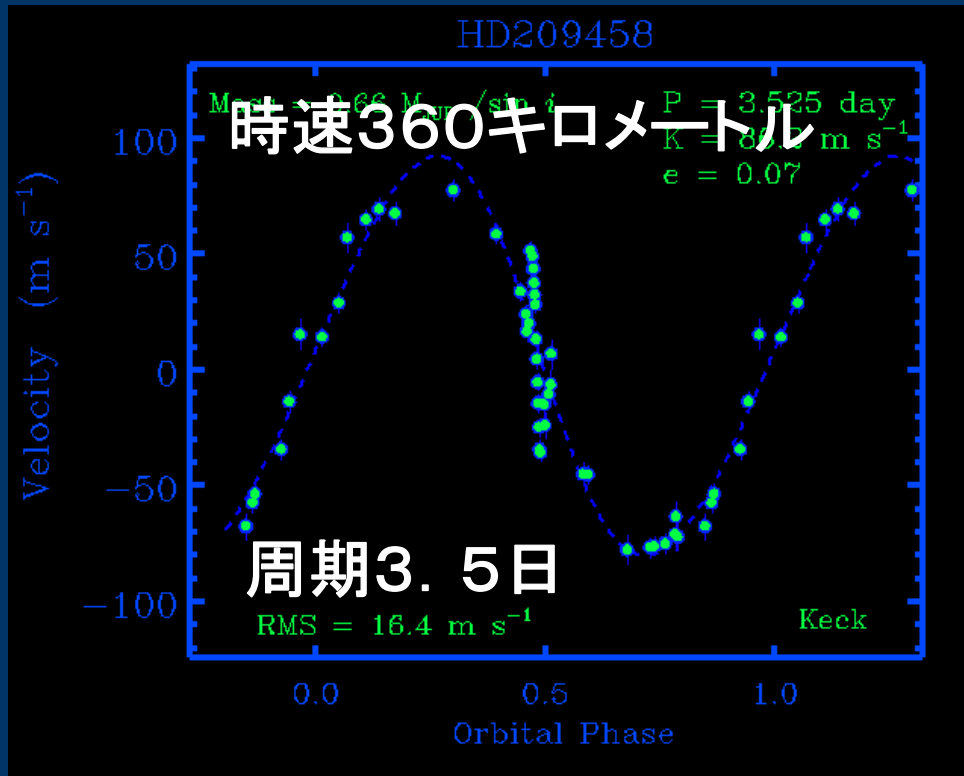
# 林忠四郎先生



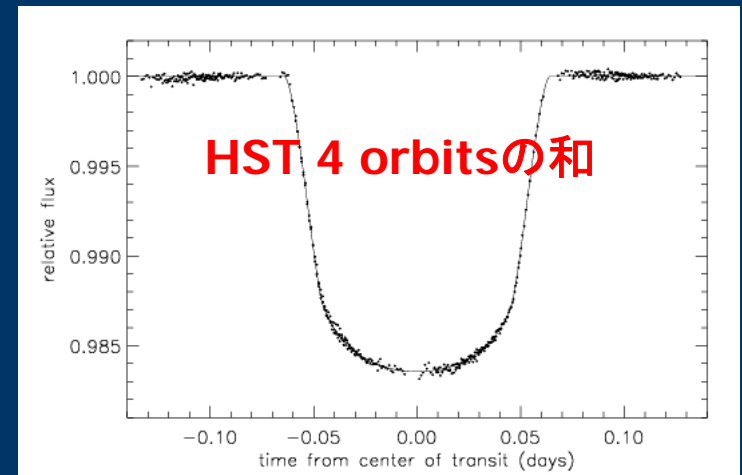
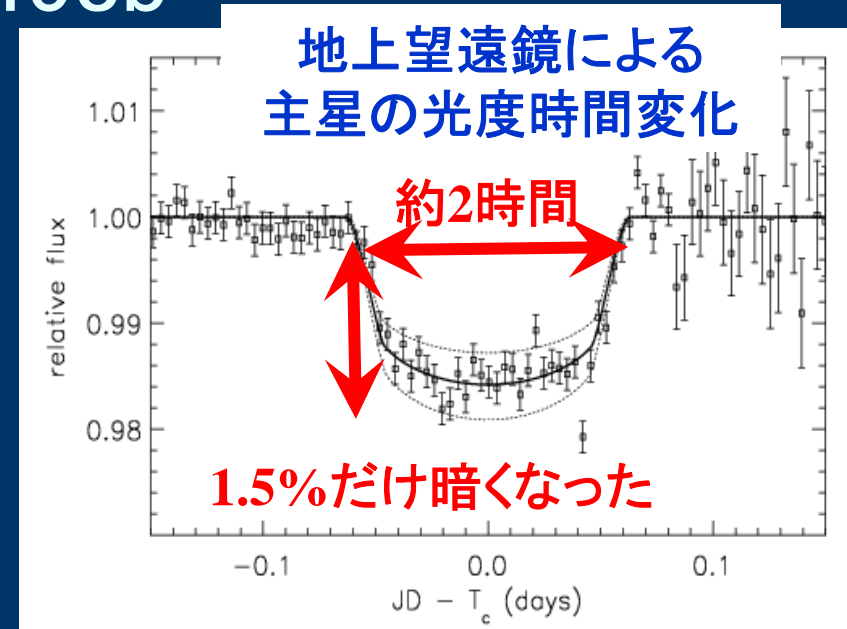
- 日本の理論宇宙物理学の父
- 1940年 東大物理学科卒業
- 京都大学大学院で素粒子論を学ぶ
- その後、ミクロな物理学をマクロな宇宙に応用し、宇宙論、星の進化論、太陽系形成論においていずれも偉大な業績を成し遂げられた
  - ガモフのビッグバンモデルを修正しヘリウムまでは宇宙誕生後3分間、それより重い元素は10億年以上後の第一世代の星の中心で形成されることを示した
  - 誕生直後の星は活動が非常に激しく光度が主系列時の数十倍以上明るくなる時期(林フェイズ)があることを発見
  - 太陽系形成標準理論(林モデル、京都モデル)を提唱
- 私 ⇒ 佐藤勝彦 ⇒ 林忠四郎 ⇒ 湯川秀樹

# 初めての太陽系外トランジット(食)惑星 HD209458b

- 速度変動のデータに合わせた惑星食の初検出

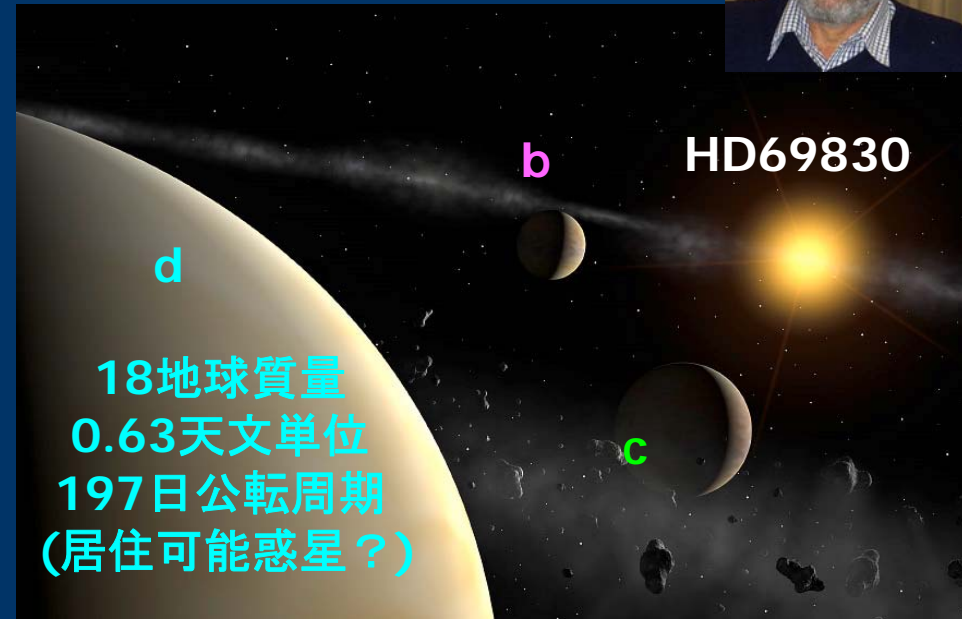
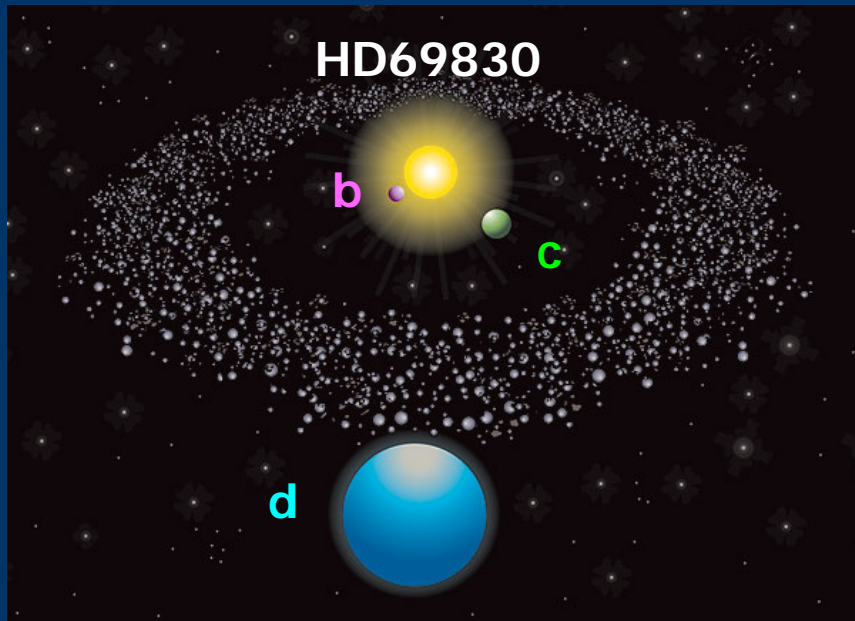


地上望遠鏡による  
主星の速度時間変化



Brown et al. (2001)


# 居住可能領域にある惑星の発見？



- HD69830: 約40光年先のK型星(0.86太陽質量)の周りに3つの惑星 (Lovis et al. Nature 2006年5月18日 441巻305ページ)
  - b. 10地球質量、0.08天文単位、8.7日公転周期
  - c. 12地球質量、0.19天文単位、32日公転周期
  - d. 18地球質量、0.63天文単位、197日公転周期 (居住可能惑星? ただし地球型ではなく表面はガスでおおわれているであろう)

<http://www.eso.org/outreach/press-rel/pr-2006/phot-18-06.html>

# 今後の系外惑星研究ロードマップ

- 
- 巨大ガス惑星発見の時代
  - 惑星大気の見
  - 惑星大気の精密分光観測による組成決定

---

  - 惑星反射光の検出

---

  - **地球型惑星の見**
  - **居住可能惑星(水が液体として存在)の見**
  - **バイオマーカー(生物存在の証拠)の同定**
  - **地球外生命の見**

# 「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

