

---

# サイエンス班まとめ

---

戸谷 友則 (京大理)

---

# 概要

- 最近10年の進展と次の10年の重要問題の概観
  - 宇宙物理学「ゆく10年くる10年」
- カバーされなかったサイエンス補足
- プロジェクトに関する提案
  - というより単なる個人的希望

**This summary is not systematic at all, and “completeness” will be at most 50%...**

---

---

# Unsolved Problems in Astrophysics (1995)

- Princeton, eds J.N. Bahcall & J.P. Ostriker
  - proceedings for 60<sup>th</sup> anniversary of JNB @ IAS
-

# Unsolved Problems in Astrophysics (1995): cosmology, galaxies & quasars

## COSMOLOGY AND LARGE SCALE STRUCTURE

1. The Cosmological Parameters ..... P. J. E. Peebles
2. In The Beginning... ..... Paul J. Steinhardt
3. Understanding Data Better with Bayesian and Global  
Statistical Methods ..... William H. Press
4. Large Scale Structure in the Universe.....Neta A. Bahcall
5. Unsolved Problems in Gravitational Lensing ..... R. D. Blandford
6. What Can be Learned from Numerical Simulations  
of Cosmology? ..... Jeremiah P. Ostriker

## GALAXIES AND QUASARS

7. The Centers of Elliptical Galaxies ..... Scott Tremaine
8. The Morphological Evolution of Galaxies.....Richard S. Ellis
9. Quasars ..... Martin J. Rees

# Unsolved Problems in “Astrophysics” 1995

## ASTROPHYSICAL LABORATORIES

10. Solar Neutrinos: Solved and Unsolved Problems..... John N. Bahcall
11. Particle Dark Matter ..... David Spergel
12. Stars in the Milky Way and Other Galaxies ..... Andrew Gould
13. Searching for MACHOs with Microlensing ..... Charles Alcock
14. Globally Asymmetric Supernova ..... Peter Goldreich, et al.
15. In and around Neutron Stars ..... Malvin Ruderman
16. Accretion Flows around Black Holes ..... Ramesh Narayan
17. The Highest Energy Cosmic Rays ..... James W. Cronin
18. Toward Understanding Gamma-Ray Bursts..... Tsvi Piran

**extrasolar planets: not on the list of 1995**

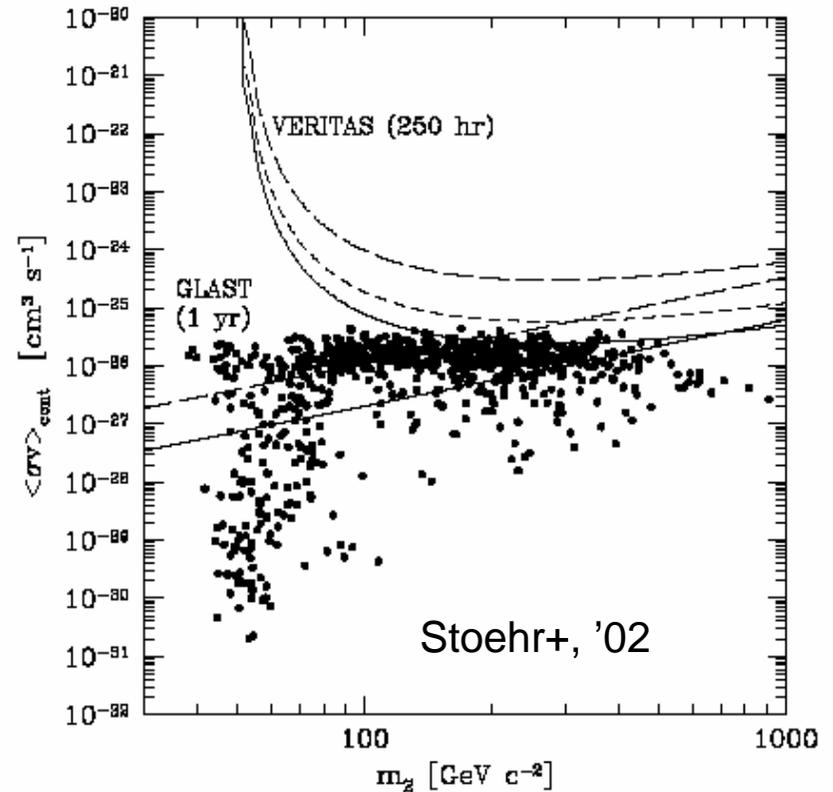
---

# Highlight of the Decade

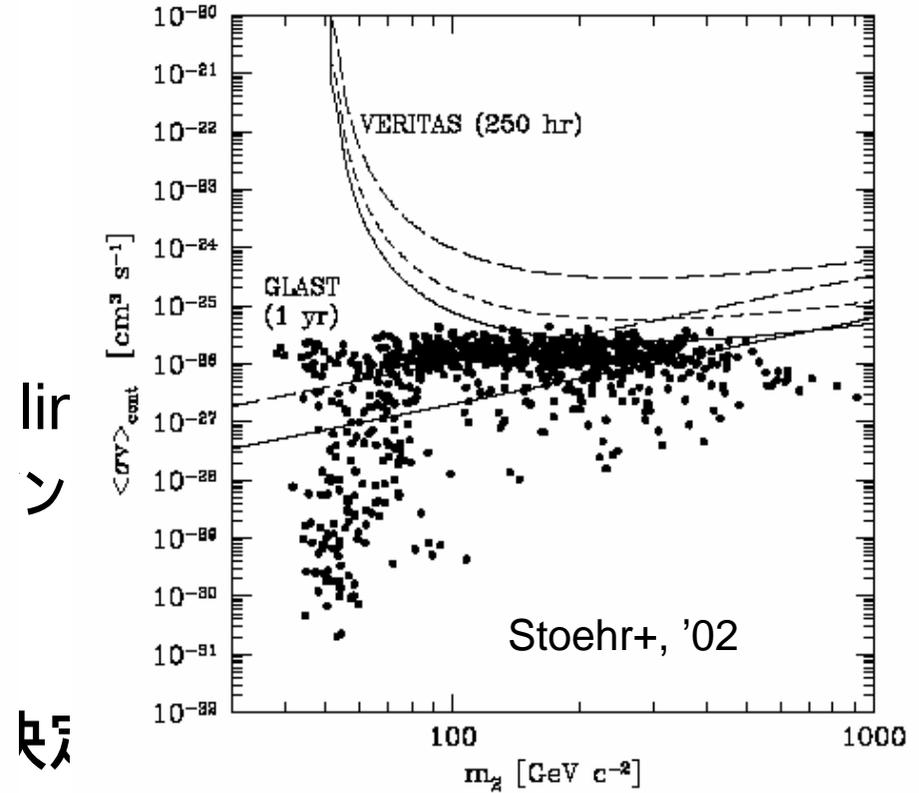
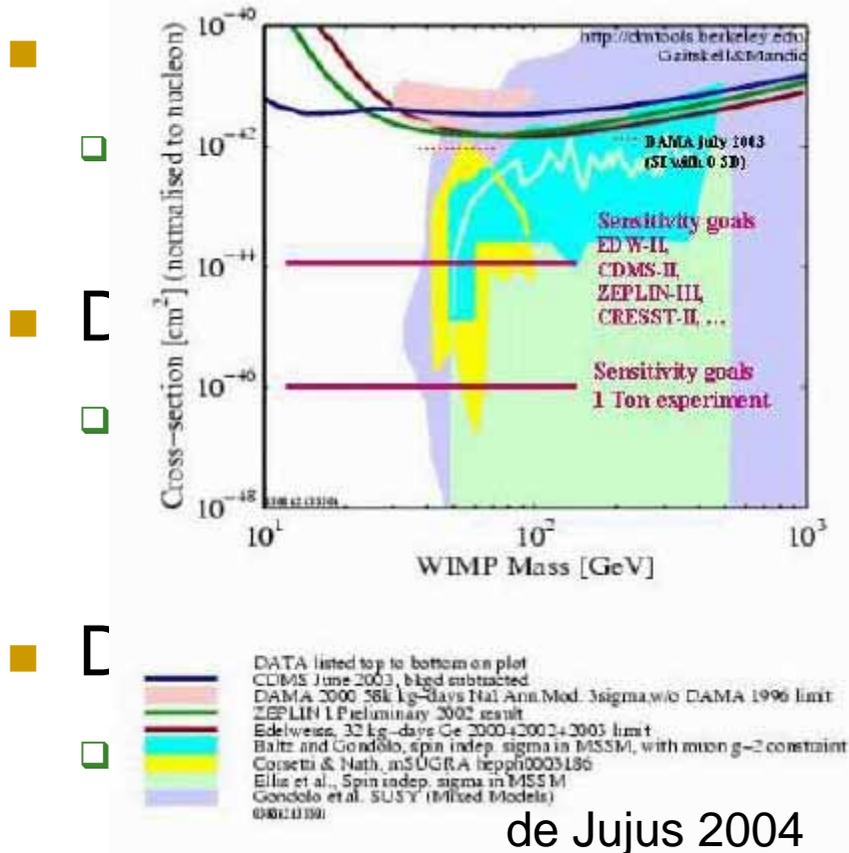
- 宇宙論パラメータの決定、 CDMパラダイムの確立
  - ガンマ線バースト
  - 系外惑星天文学の出現
-

# Unsolved problems in cosmology 2004

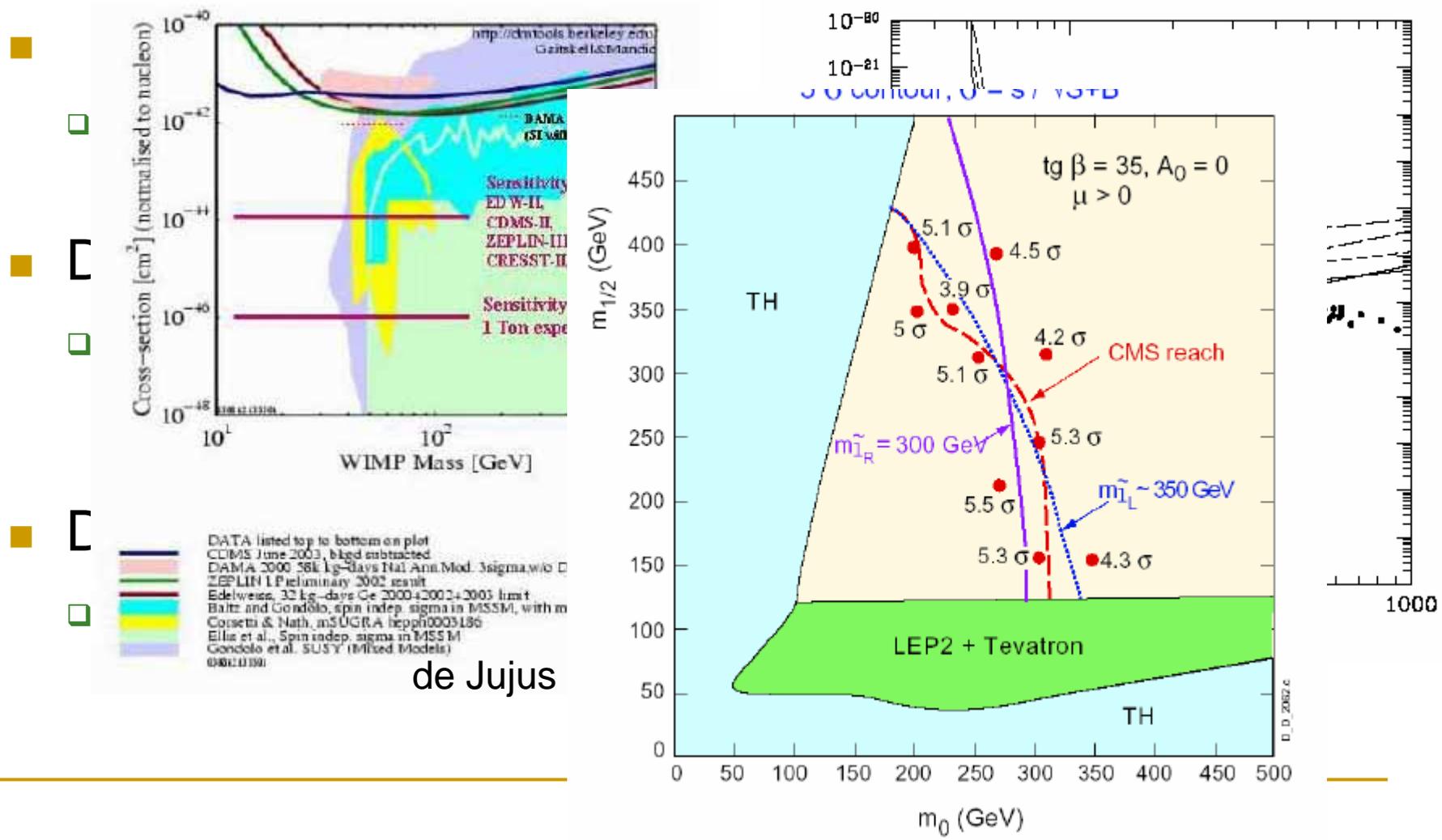
- CDM 宇宙モデルの確立
  - 「入れ物」の確定
- Dark Matter
  - the best candidate: neutralino
    - 地下直接検出、及び対消滅ガンカ
- Dark Energy
  - $w (=p/\rho)$ ,  $w' (=dw/dz)$  の決定



# Unsolved problems in cosmology 2004



# Unsolved problems in cosmology 2004





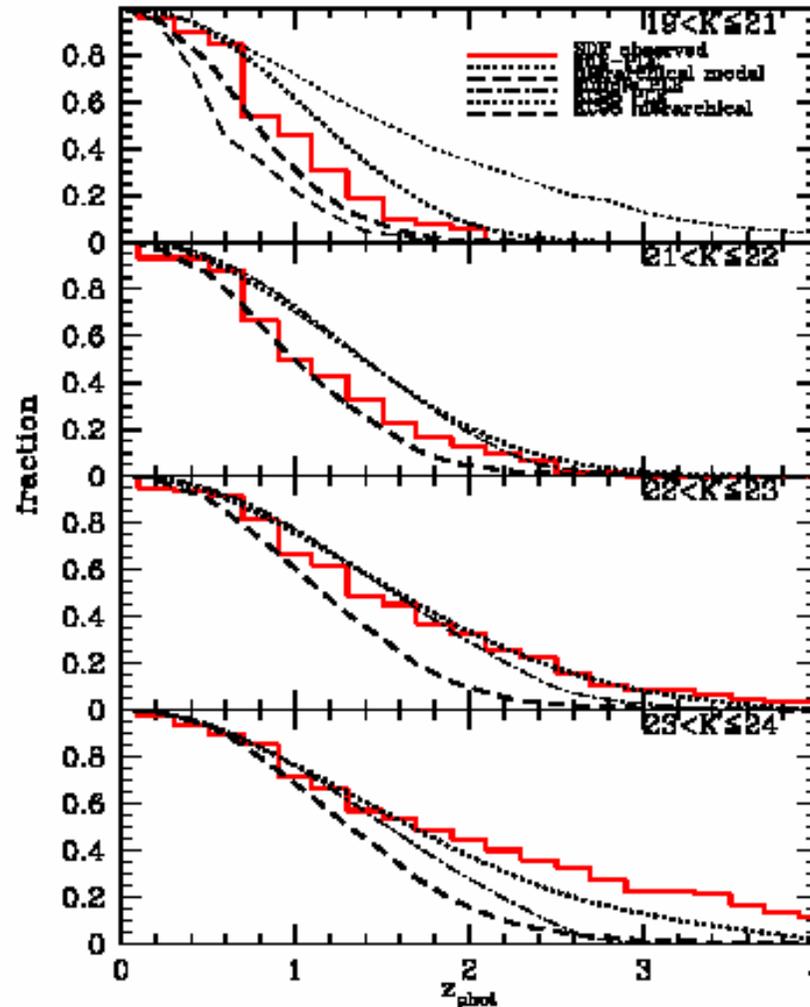
---

# Unsolved problems in galaxy/AGN formation 2004

- CDM による構造形成、銀河形成は大枠で観測とよく合っている
    - luminosity function, Tully-Fisher, ...
  - 銀河・AGN形成：残された問題
    - 超巨大ブラックホールの形成
    - バルジ・楕円銀河形成、ハッブル系列の起源
    - ダストに隠された星形成史
  - 銀河・AGNの共進化
-

# Unsolved problems in galaxy/AGN formation

- CDM によ合っている
  - luminosity f
- 銀河・AGN 形成
  - 超巨大ブラックホール
  - バルジ・楕円形銀河
  - ダストに隠された AGN
- 銀河・AGN の進化



観測とよく一致

Kashikawa et al. '03

# Unsolved problems in galaxy/AGN formation

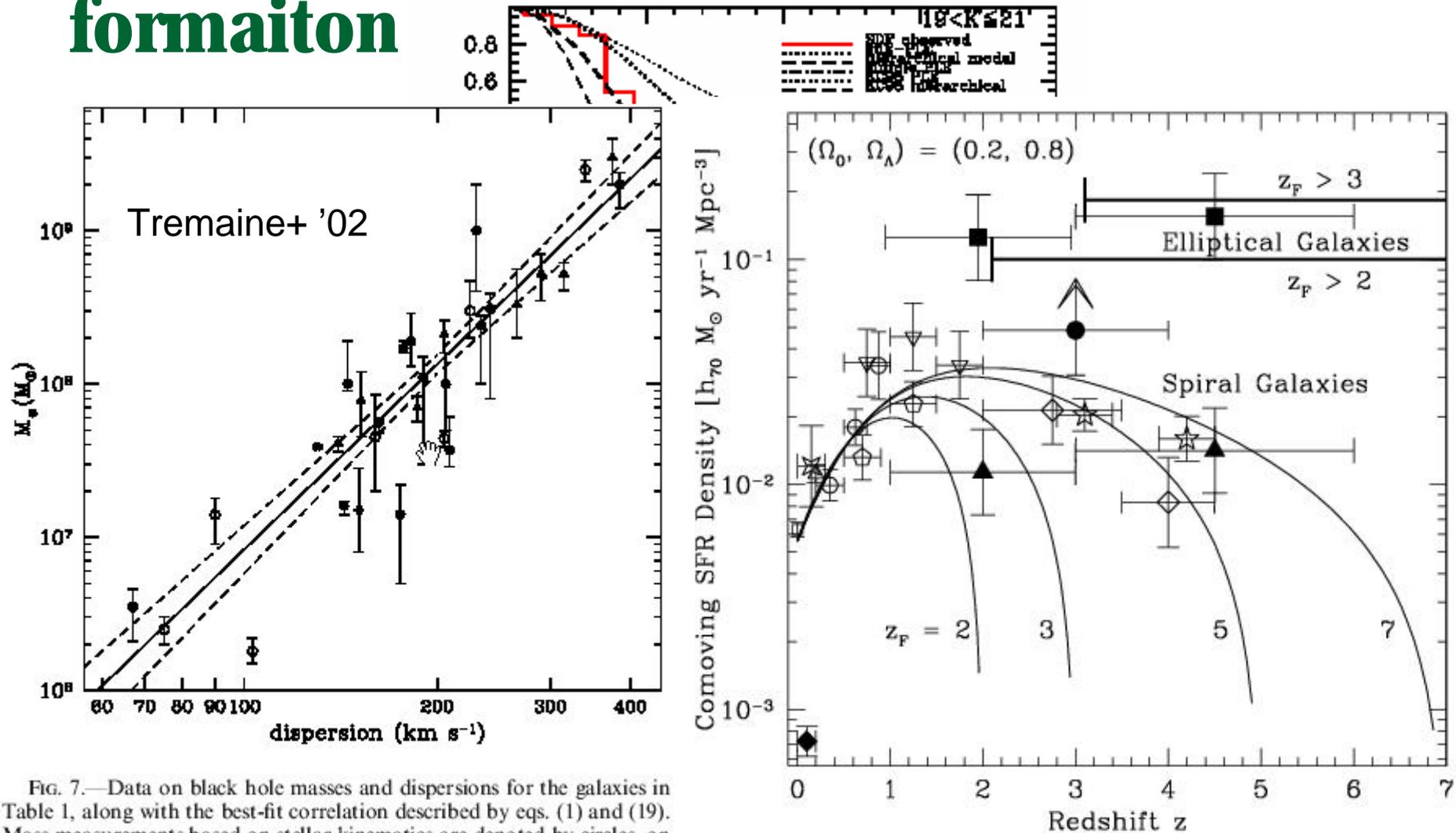


FIG. 7.—Data on black hole masses and dispersions for the galaxies in Table 1, along with the best-fit correlation described by eqs. (1) and (19). Mass measurements based on stellar kinematics are denoted by circles, on gas kinematics by triangles, and on maser kinematics by asterisks; Nuker measurements are denoted by filled circles. The dashed lines show the  $1\sigma$  limits on the best-fit correlation.

Totani & Takeuchi '02

# ガンマ線バースト： 青春期の終わり

- 過去10年の劇的发展
  - 距離確定： 宇宙論的遠方、宇宙最大の爆発
  - 相対論的アウトフロー(ジェット)の確認
  - (Ic型)超新星に付随
  - “the Big Picture” の確立
- 「謎の天体」から超新星、ジェット問題の一つへ
  - どうやって超相対論的ジェットを作るか...往年の問題への帰着
    - 重力崩壊型超新星の爆発メカニズム
    - ジェット形成問題
- GRBを「使う」
  - 超高赤方変移天体の発見
  - 標準光源？ (Ia型超新星)

---

# Unsolved Problems in “Astrophysics” 2004

起源がほとんどよくわかっていない、ワクワクするような「謎」

- intermediate mass black holes (IMBHs)
    - “missing” link between stellar mass & SMBHs in AGNs
    - ULX: IMBH を示唆する観測データが急速に蓄積している
    - 球状星団中の IMBH ?
    - IMBH の形成 ?
  
  - ultra high energy cosmic rays (UHECRs)
    - GZK cut off の存在? top down or bottom up?
  
  - hot jupiters, planet formation
-

---

# Expanding our Horizon

## ことのない宇宙へ

まだ誰も見た

- exploring higher  $z$ 
    - pop-III stars, primordial galaxies, reionization
  - exploring extrasolar planets, closer to star formation
  - closer to the black hole horizon
  - history of our Galaxy
-

---

# Unsolved Physical Processes

- **ジェットの形成機構**

- 原始星、コンパクト連星、GRBs、AGN....

- **粒子加速機構**

- 超新星残骸、パルサー、GRB、AGN、銀河団、UHE CRs、、、

- **宇宙磁場の起源**

- 星間空間、銀河団プラズマ、銀河間空間
-

# Unsolved Problems in Astrophysics 2004

## ■ “The Biggest Mysteries”

- ❑ dark matter & dark energy (gamma-rays, HOP, ...)
- ❑ formation of super/intermediate mass black holes (ALMA, NeXT, JELT, SPICA, ...)
- ❑ ultra high energy cosmic rays (TA, ICE CUBE, EUSO, ...)
- ❑ hot jupiters (JTPF, ...)

## ■ Expanding Our horizon

- ❑ first / higher-z galaxies/PopIII, reionization (ALMA, SPICA, SKA, ...)
- ❑ black hole event horizon (ASTRO-E2, VSOP-2, submm-VLBI, GW...)
- ❑ star formation / planet formation (ALMA, JTPF, SPICA, SKA, ...)
- ❑ variety of extrasolar planets (JTPF, ...)
- ❑ history of our Galaxy (JASMINE, JELT, ...)

## ■ Unsolved Physical Processes

- ❑ jet formation / cosmic explosions (VSOP-2, X-mas)
- ❑ particle acceleration (ASTRO-E2, NeXT, SKA, gamma-rays...)
- ❑ origin of cosmic magnetic field (NeXT, SKA, ...)

---

# **Unsolved Problems in Astrophysics in 2014?**

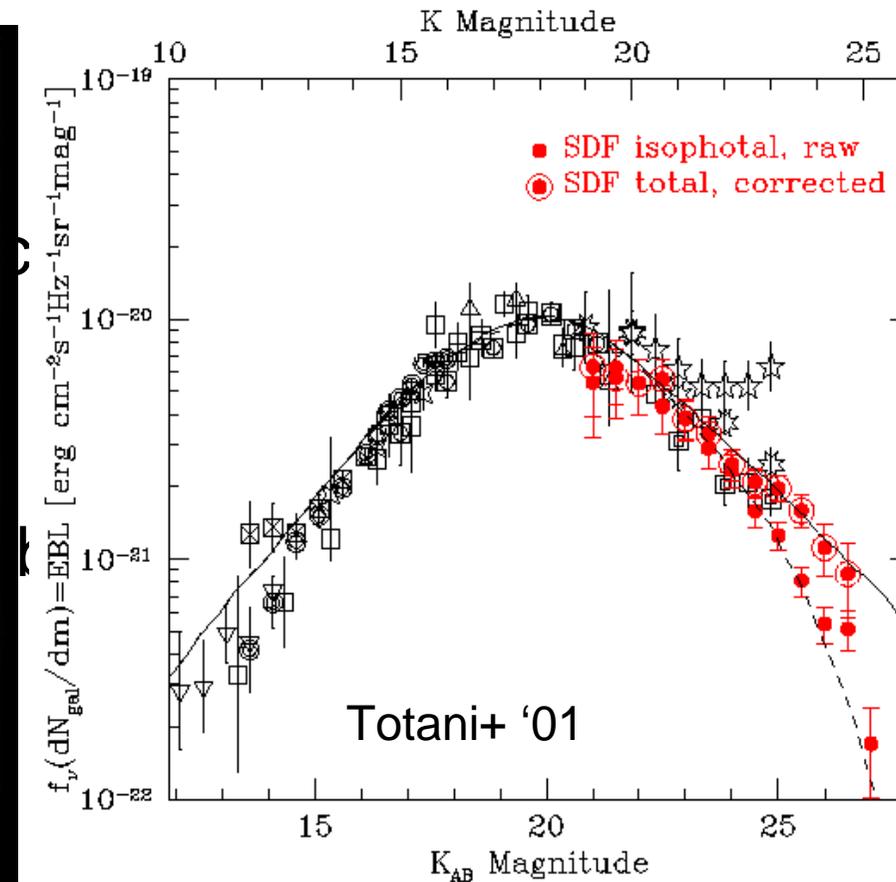
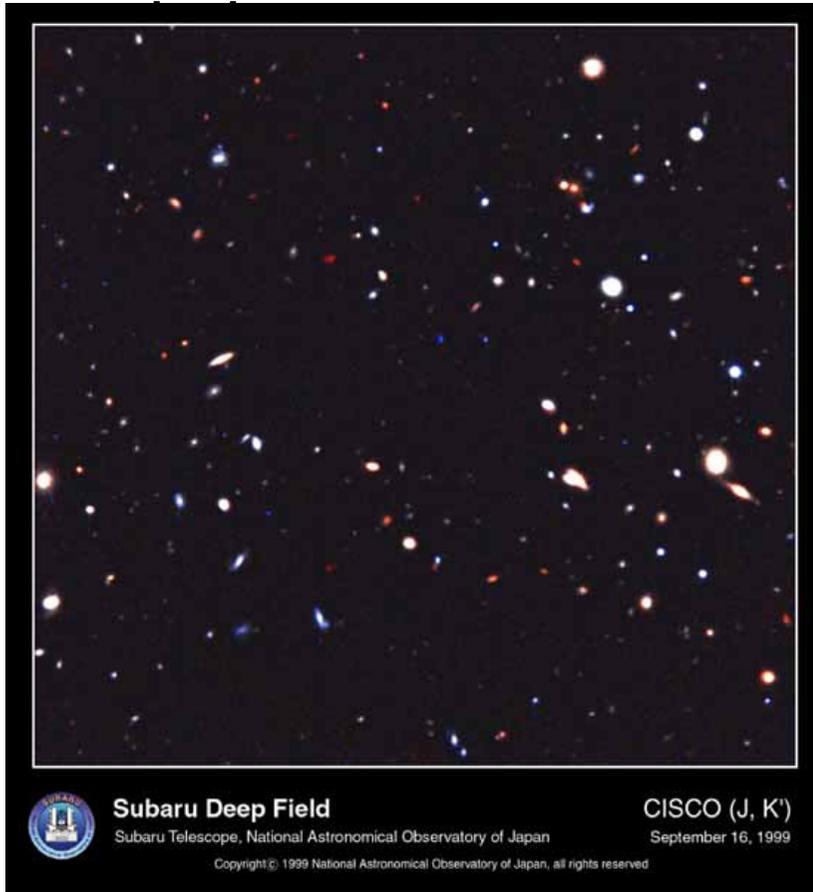
---

---

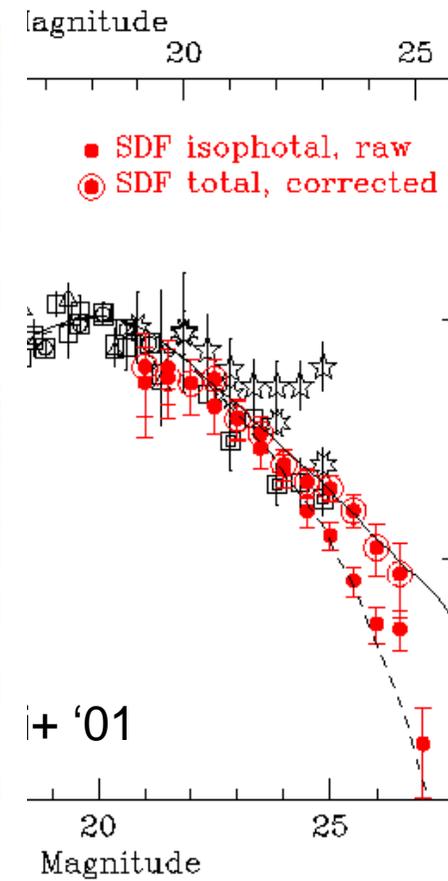
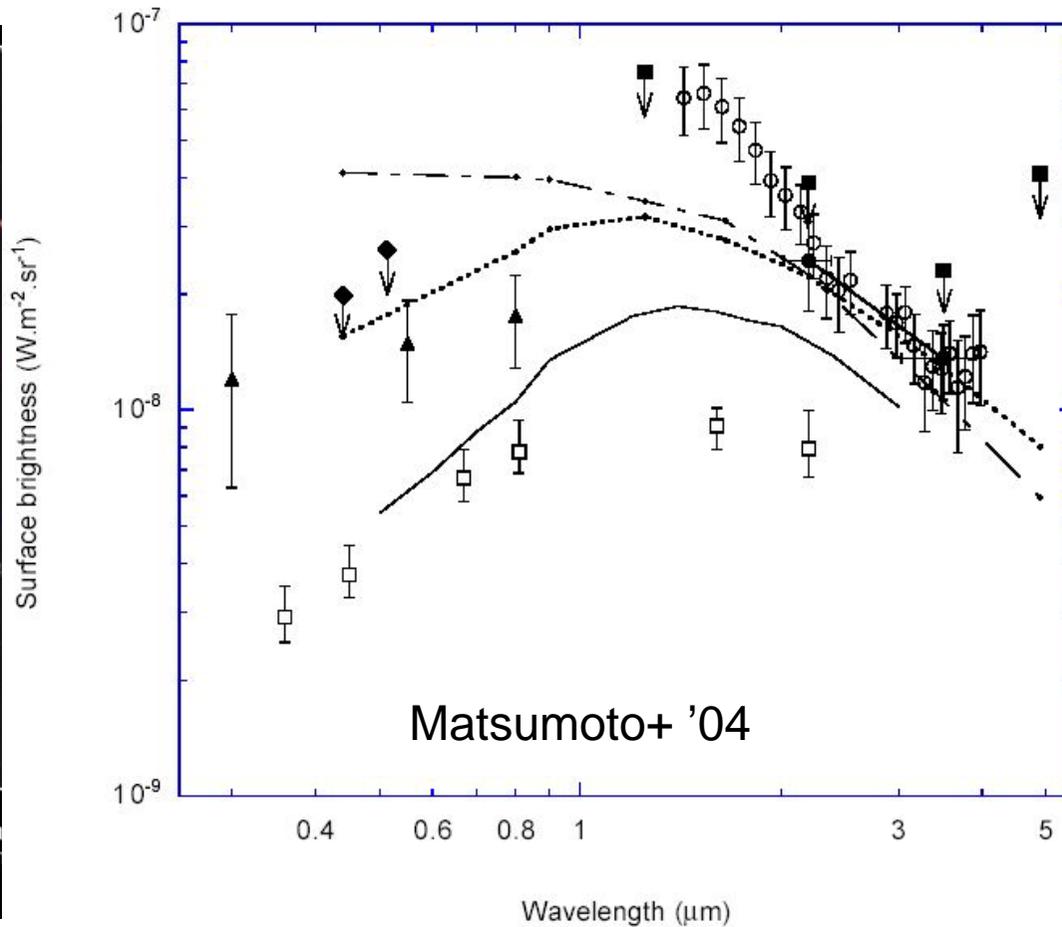
# New Problems in the Past Decade

- dark energy
  - hot jupiters
  - intermediate mass black holes, ULX
  
  - cooling flows in galaxy clusters
  - cosmic (near-)infrared background excess
-

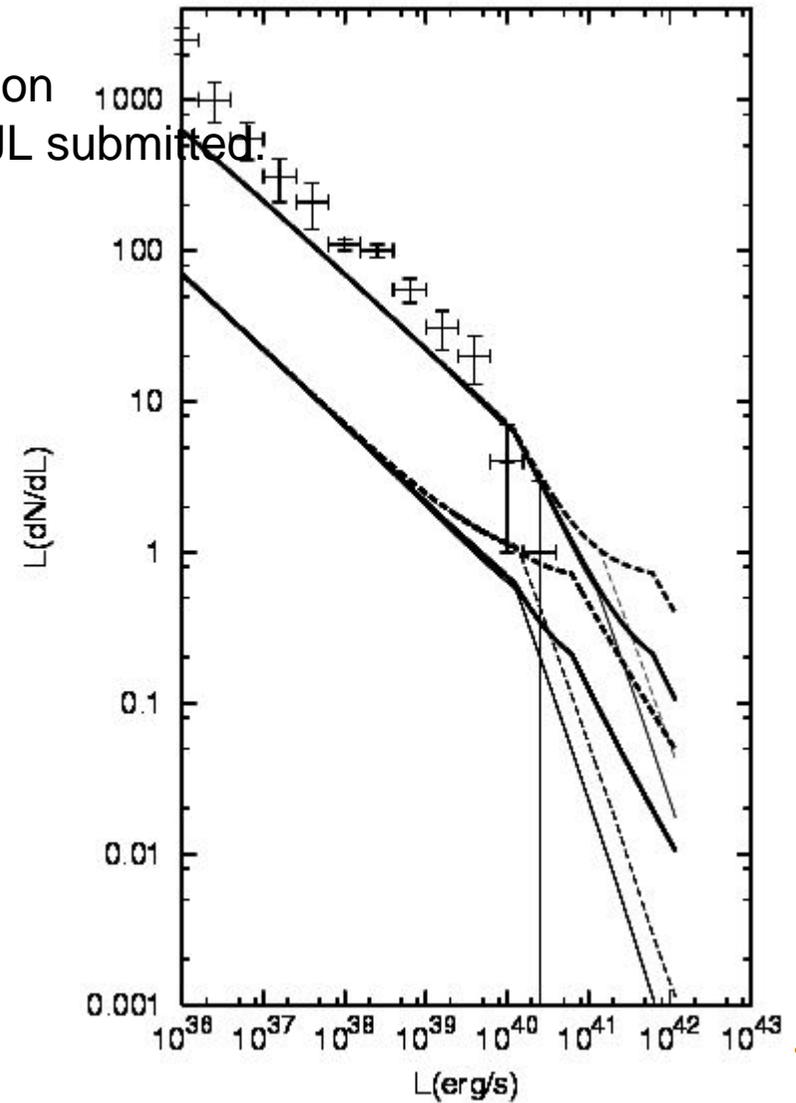
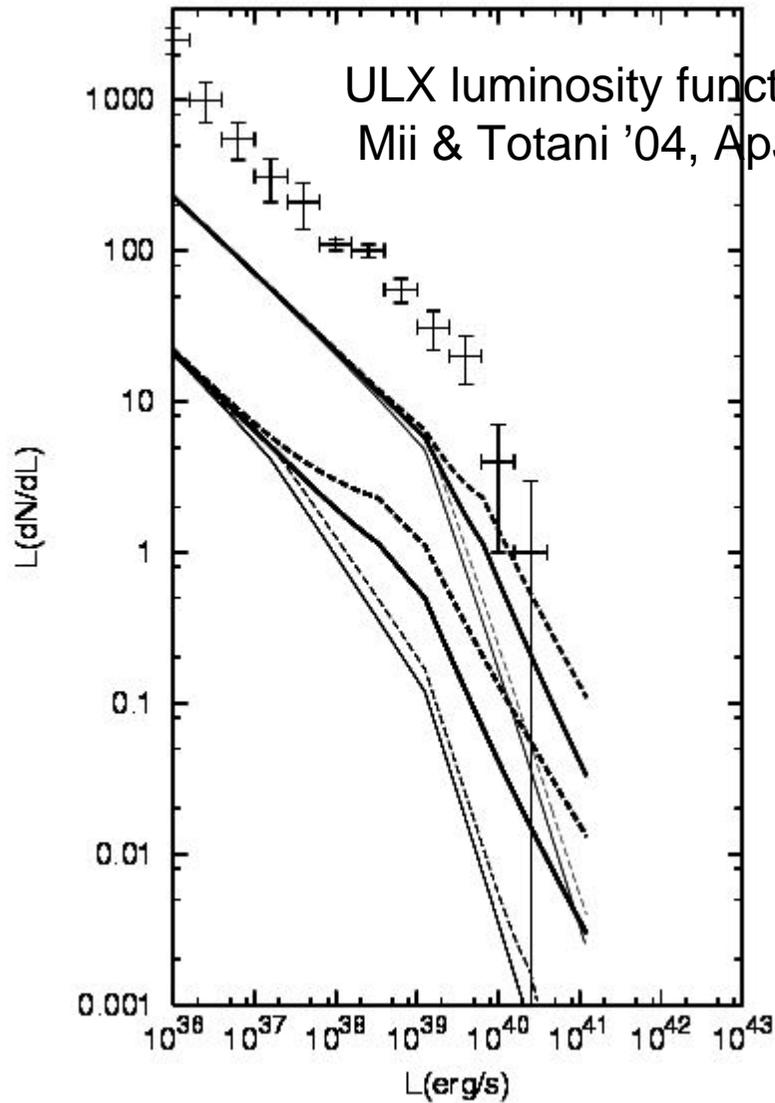
# New Problems in the Past Decade



# New Problems in the Past Decade



# New Problems in the Past Decade



---

# Unsolved Problems in Astrophysics in 2014?

- 期待される例: DIOS による「発見」
- (2001年(?)中村卓史さんの初夢) 20XX年、中性子星連星から重力波を検出、しかし...

サプライズ

---

---

## プロジェクトへの提案(というより個人的希望)

- 真に new parameter space を探る独創的なプロジェクトなら何も不満はございません
  - 日本の宇宙物理コミュニティ全体で「ロードマップ」を
  - 日本独自のプロジェクトと国際共同プロジェクトのバランス
  - (おまけ) “JELT” と “JTPF”
-

# プロジェクト

# 日本の現在と将来



# プロジェクト

# 日本の現在と将来



---

# 謝辞

サイエンス班班長さん、班員の皆さんお疲れ様でした。

---