

宇宙理論研究室ガイダンス

http://www-utap.phys.s.u-tokyo.ac.jp/~suto/mypresentation_2005j.html

2005年 2月14日

教授： 佐藤勝彦

(素粒子の宇宙論、天体核物理)

助手： 向山信治

(相対論的宇宙論)

助教授： 須藤 靖

(観測的宇宙論)

助手： 樽家篤史

(観測的宇宙論、相対論)

宇宙理論研究室での研究内容

■ 初期宇宙論・相対論

- インフレーション理論
- ビッグバン元素合成
- 多次元/ブレン宇宙論

■ 高エネルギー天体物理学・高密度星

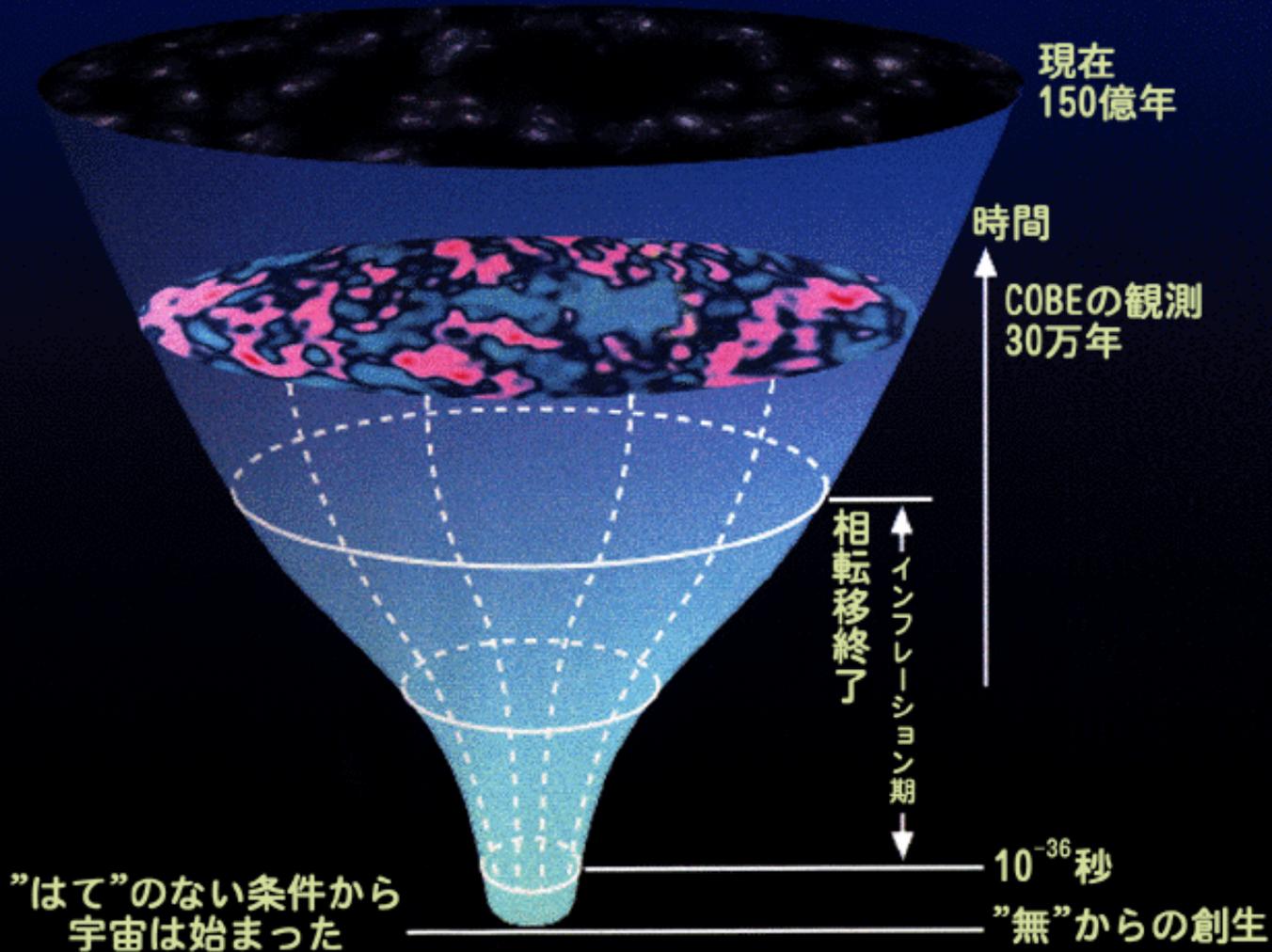
- 中性子星の構造と状態方程式
- 超新星爆発シミュレーション
- 超新星ニュートリノ
- 高エネルギー宇宙線の起源と伝播

■ 観測的宇宙論

- スローンデジタルスカイサーベイを用いた観測的宇宙論
- 宇宙のダークバリオン探査衛星(DIOS)
- 太陽系外惑星探査

宇宙の創生と進化

宇宙が進化した結果、現在のような星や銀河などが生まれてきた。



宇宙創生論の新展開 - ブレンワールド - 我々の世界は高次元空間に浮かぶ3次元膜なのか？

☆ 一素粒子の超紐理論/M理論の示唆一

この世界

あの世界

重力は
外に伝
わる。

ブレンワールドでのイン
フレーションは実現でき
るか？

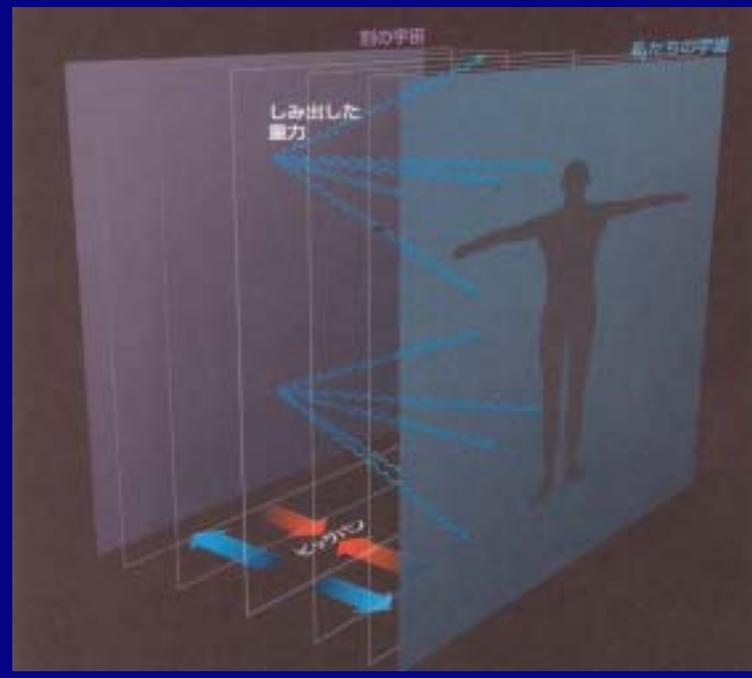
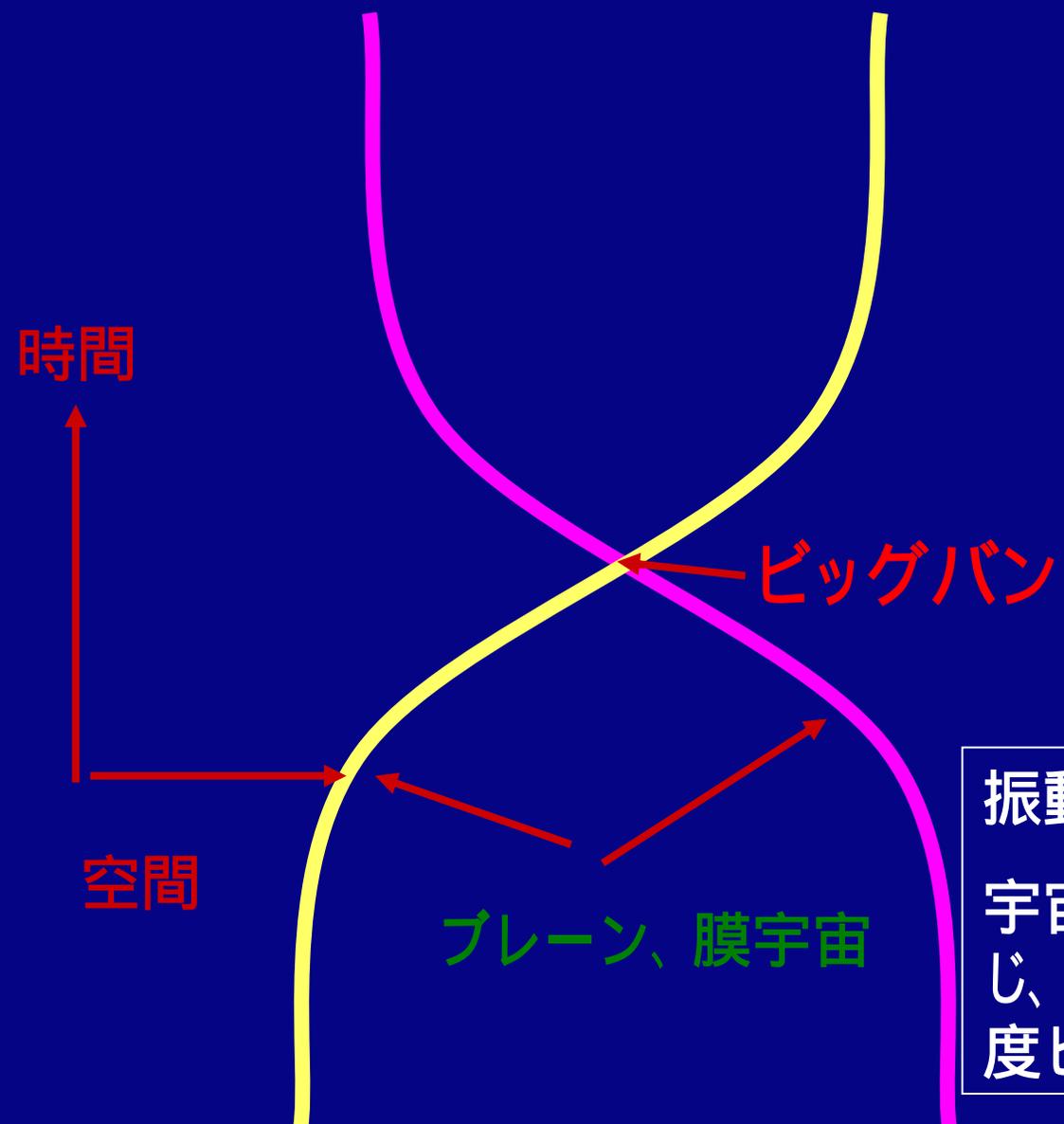
密度揺らぎは観測を説
明できるか？

始原的5次元ブラック
ホールの形成と蒸発、そ
の宇宙進化への影響？

ホーキング宇宙の未来を語る(2001)より

エキピロテック宇宙モデル (Ekpyrotic Universe) :

膜宇宙の衝突でビッグバン (火の玉) になるのかもしれない

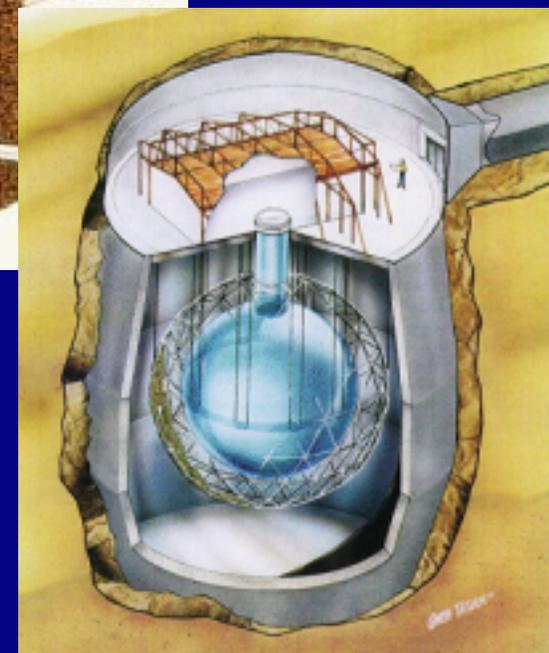


振動宇宙モデル (Turock, Steinhardt, 02)

宇宙はビッグバン後、収縮に転じ、再度衝突が起こり宇宙は再度ビッグバンとして生まれる。

超新星 1987Aからのニュートリノ検出

スーパーカミオカンデ (30倍)
ニュートリノは質量を持ち振動



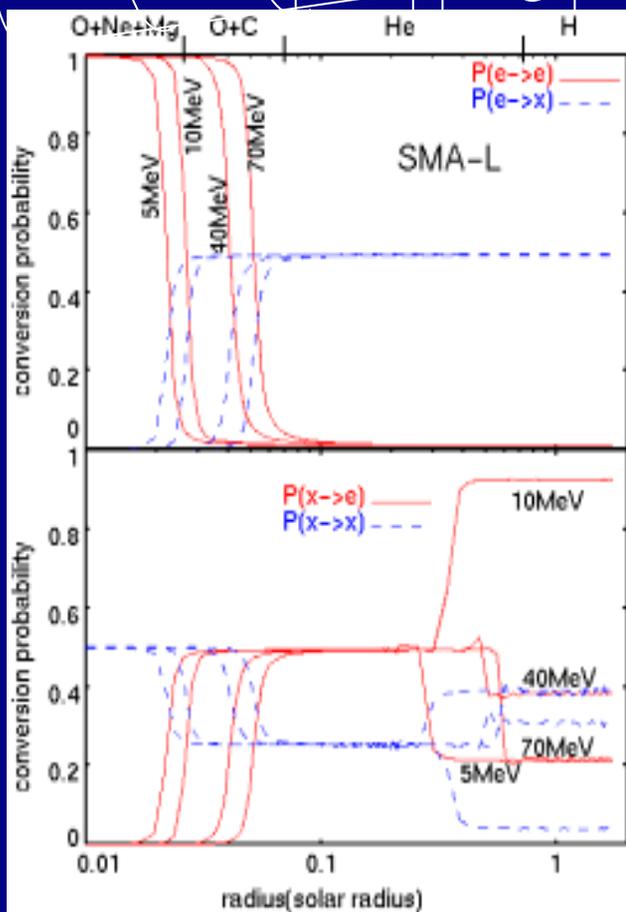
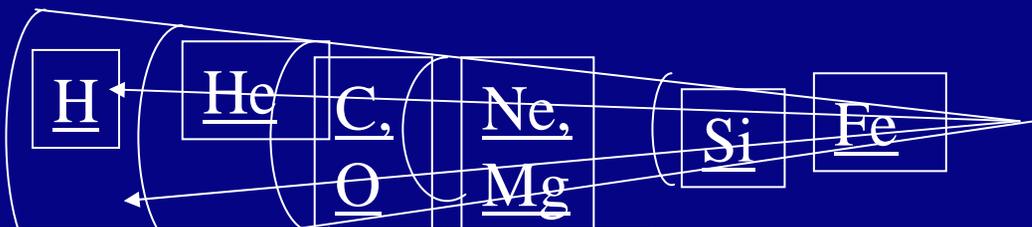
1987年2月23日

カミオカンデ 11発のニュートリノ検出

IMB 8発

我々のグループはこの発見前から、超新星
ニュートリノの研究をリードしてきた。

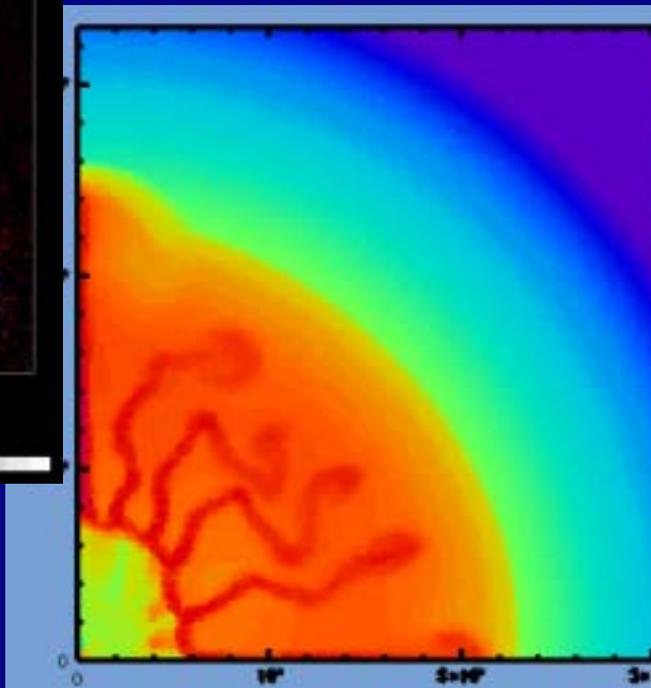
超新星ニュートリノが検出されると、地上実験ではまだ得られていない振動のパラメータが測定できる



超新星ニュートリノは地球の中で再転換される。

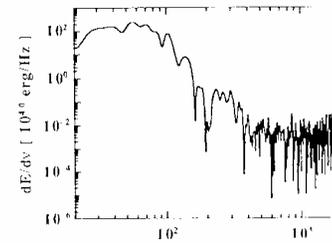
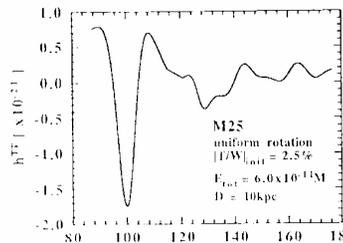
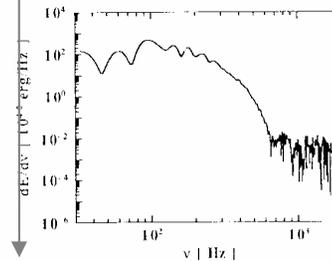
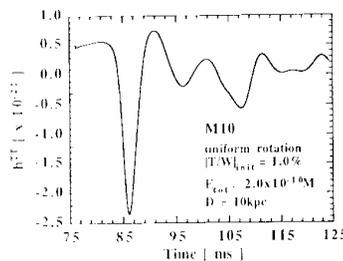
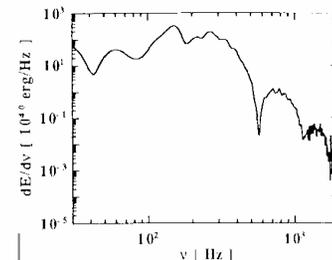
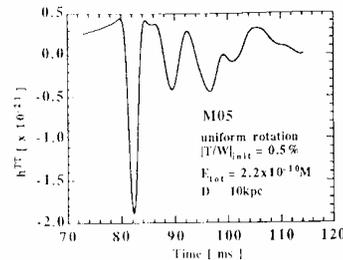
SK, SNO, VLOのデータを組み合わせると、 e_ν の混合角、 m^2 などの情報が得られる。

自転星の超新星での元素合成、重力波放出



重力波形

エネルギー スペクトル

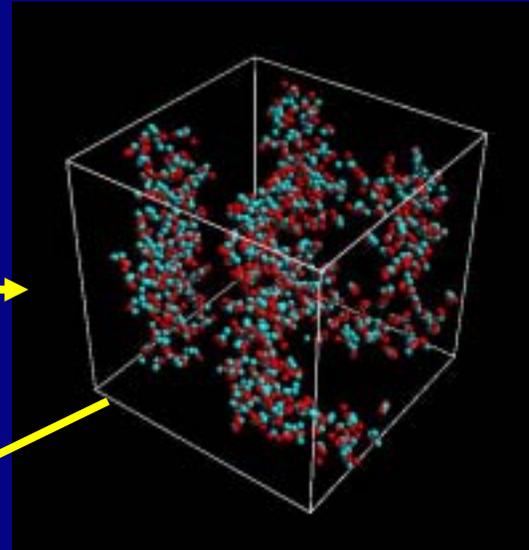
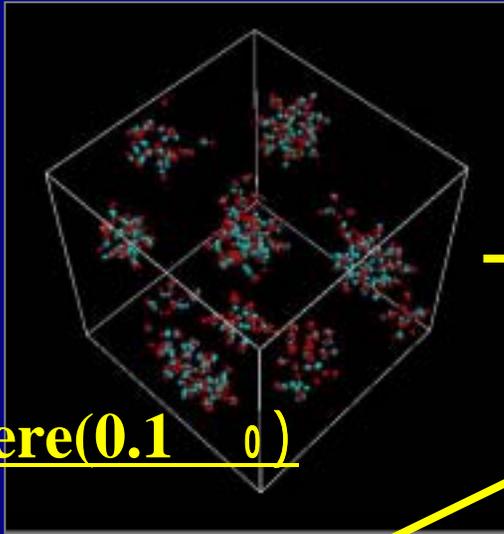


近い将来、TAMA、 LIGO などで

超新星重力波は観測されるかもしれない。

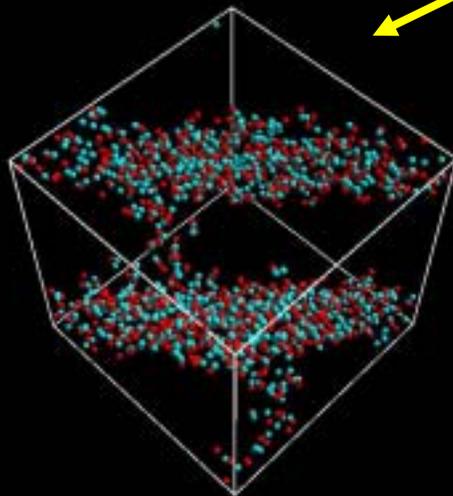
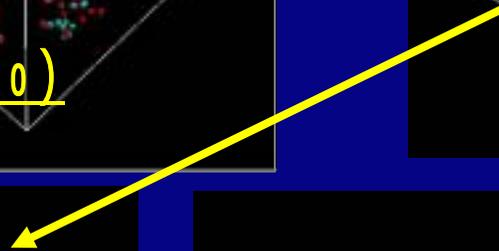
量子分子動力学による原子核の溶解と相転移

Sphere(0.1 0)

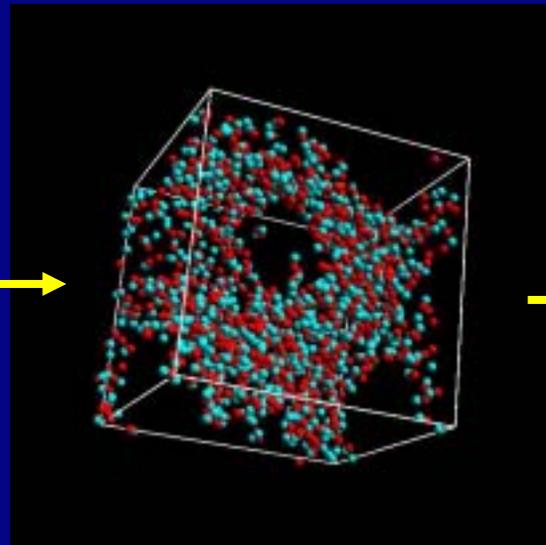


Cylinder

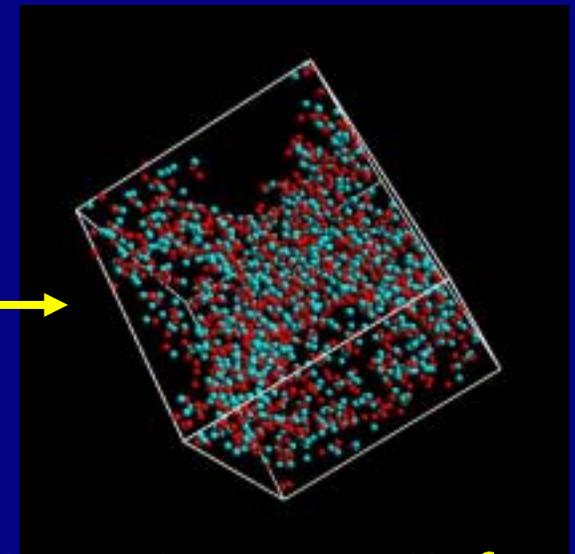
(0.25 0)



slab (0.4 0)



Cylinder hole (0.5 0)



Spherical hole (0.6 0)

我々の世界をもっとよく知りたい

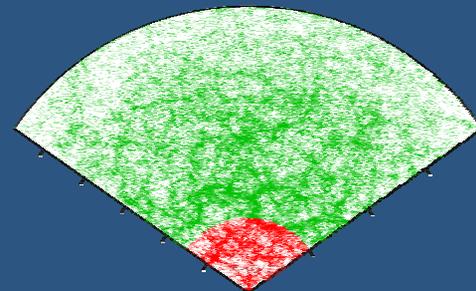
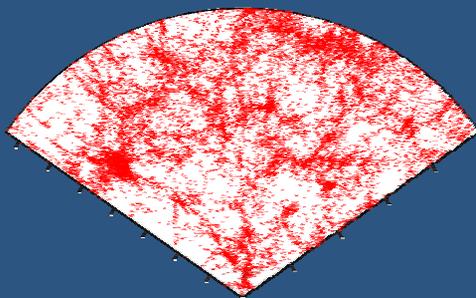
■ 微視的世界：物質は何からできているのだろうか？

- ものをどんどん分けていくとどうなるか？
- 分子 原子 原子核(バリオン) 素粒子(クォーク・レプトン)
- もはやこれ以上は分けることのできない最小構成要素が存在
- これ以外の物質(素粒子)は存在しないのか？

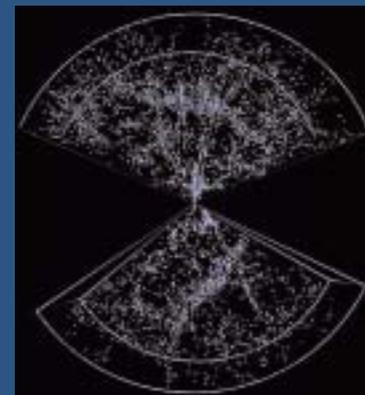
■ 巨視的世界：宇宙の果てには何があるのだろうか？

- 地球 太陽系 星団 銀河 銀河団 宇宙の大構造
- 宇宙の大きさ(=年齢)はどのくらいだろう
- さらに遠く(=過去)の宇宙はどうなっているのだろう
- 宇宙を占めている物質は、我々がすでに知っている微視的世界の構成要素と同じなのだろうか

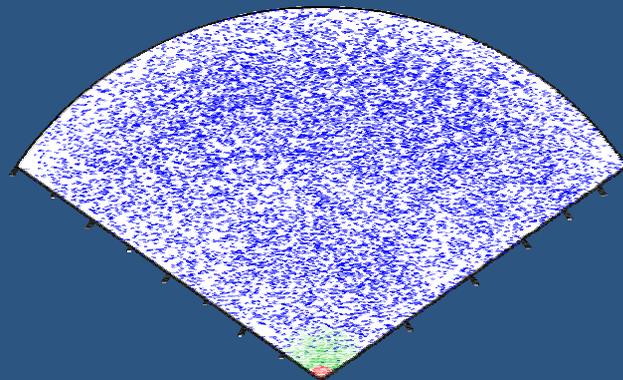
宇宙の階層構造



星 星団 銀河 銀河群 銀河団 宇宙の大構造



100万km 10光年 10万光年 100万光年 10億光年



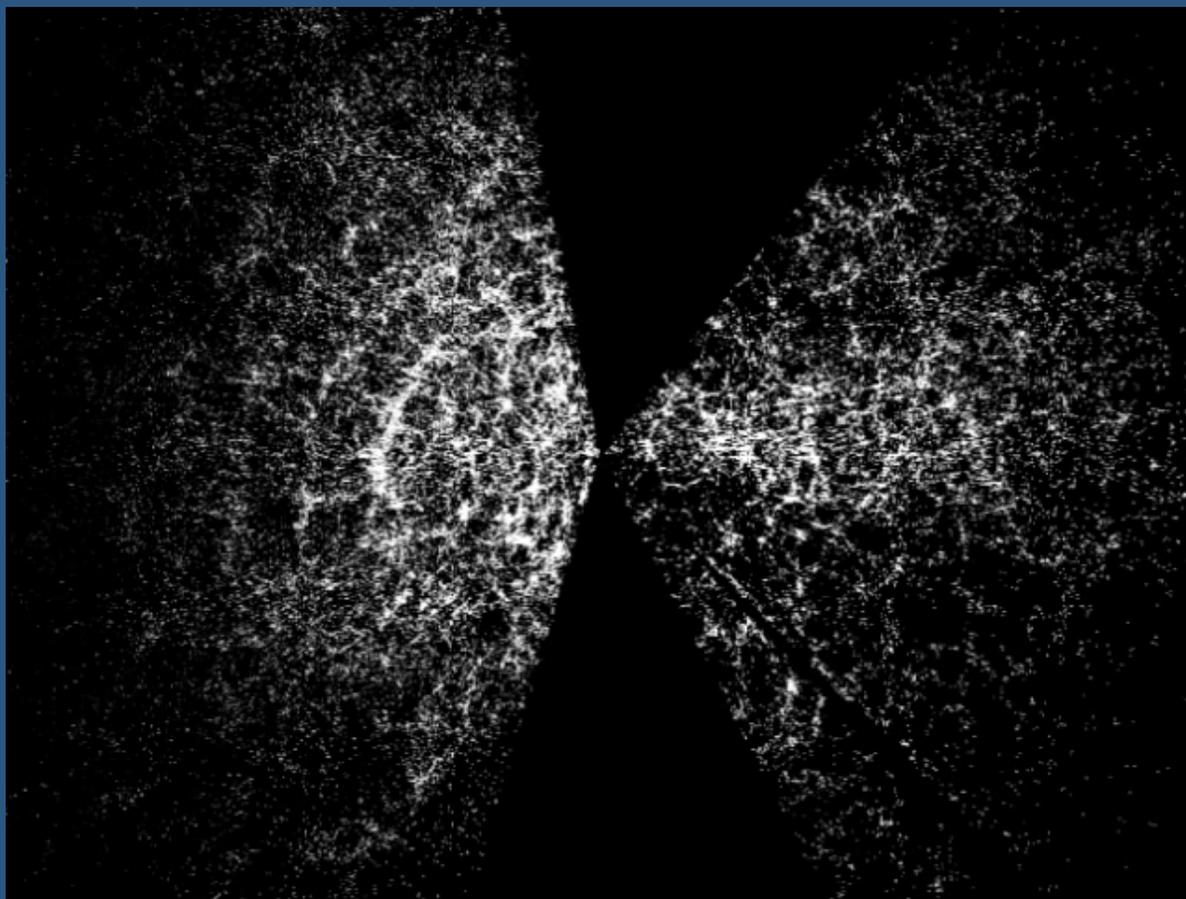
典型的大きさ



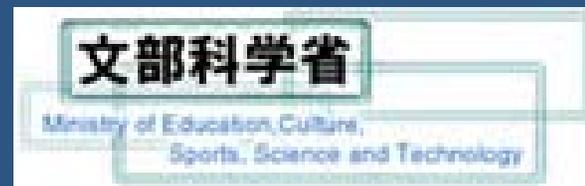
史上最大の銀河地図作りをめざして

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



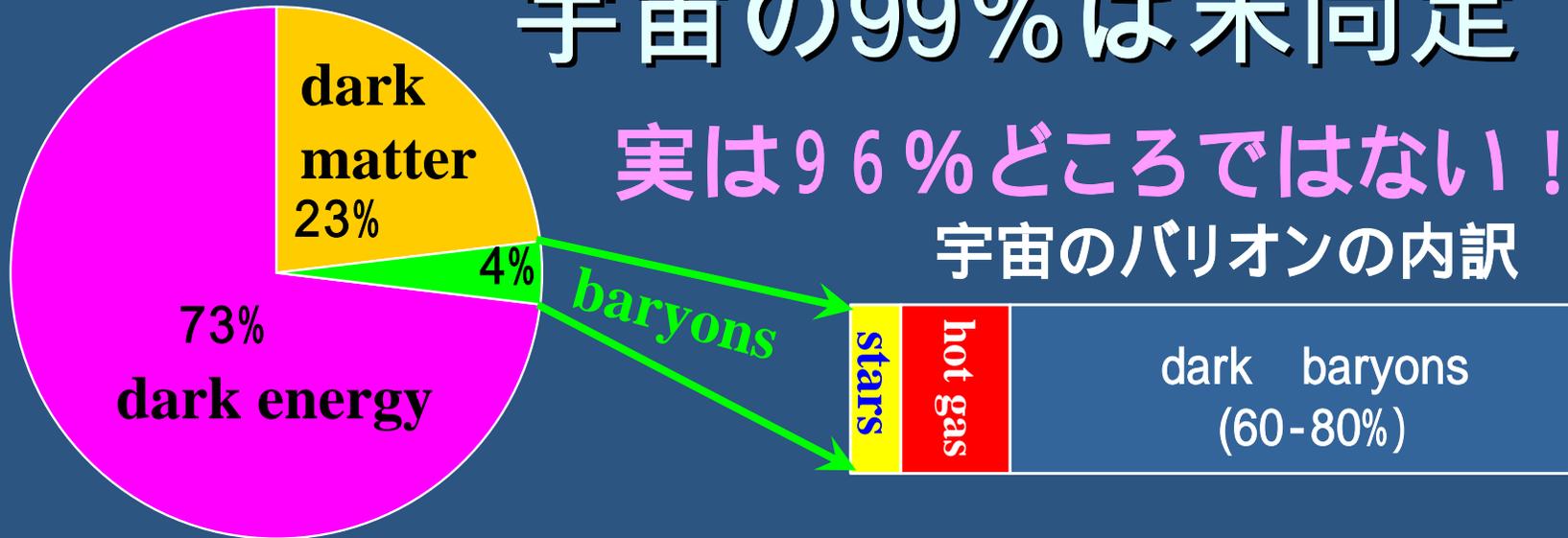
<http://www.sdss.org/dr1/>



NHK教育 サイエンスZERO 2003年6月11日 0:00 放映

宇宙の99%は未同定

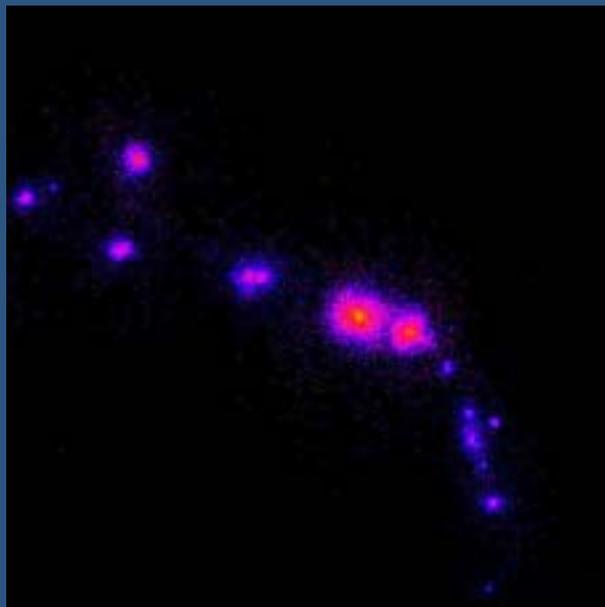
実は96%どころではない！
宇宙のバリオンの内訳



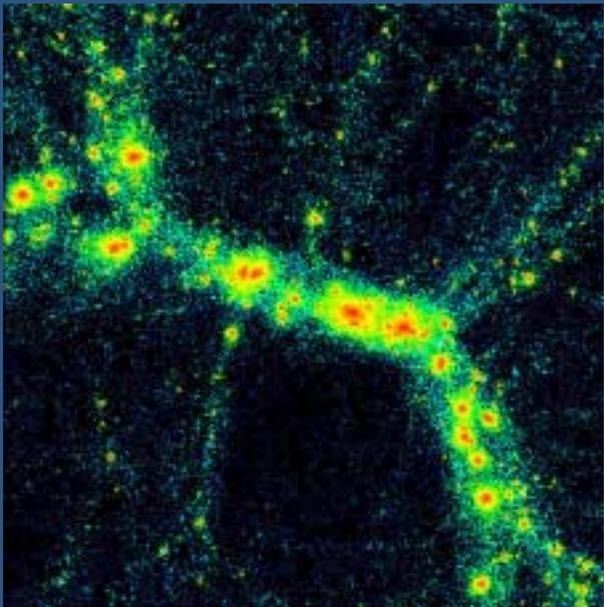
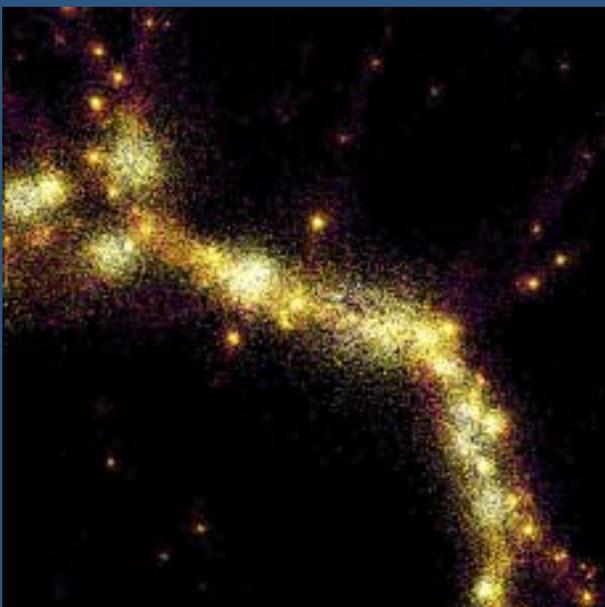
Component	Central	Maximum	Minimum	Grade ^a
Cosmic Baryon Budget: Fukugita, Hogan & Peebles: ApJ 503 (1998) 518				
1. Stars in spheroids	0.0026 h_{70}^{-1}	0.0043 h_{70}^{-1}	0.0014 h_{70}^{-1}	A
2. Stars in disks	0.00086 h_{70}^{-1}	0.00129 h_{70}^{-1}	0.00051 h_{70}^{-1}	A-
3. Stars in irregulars	0.000069 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



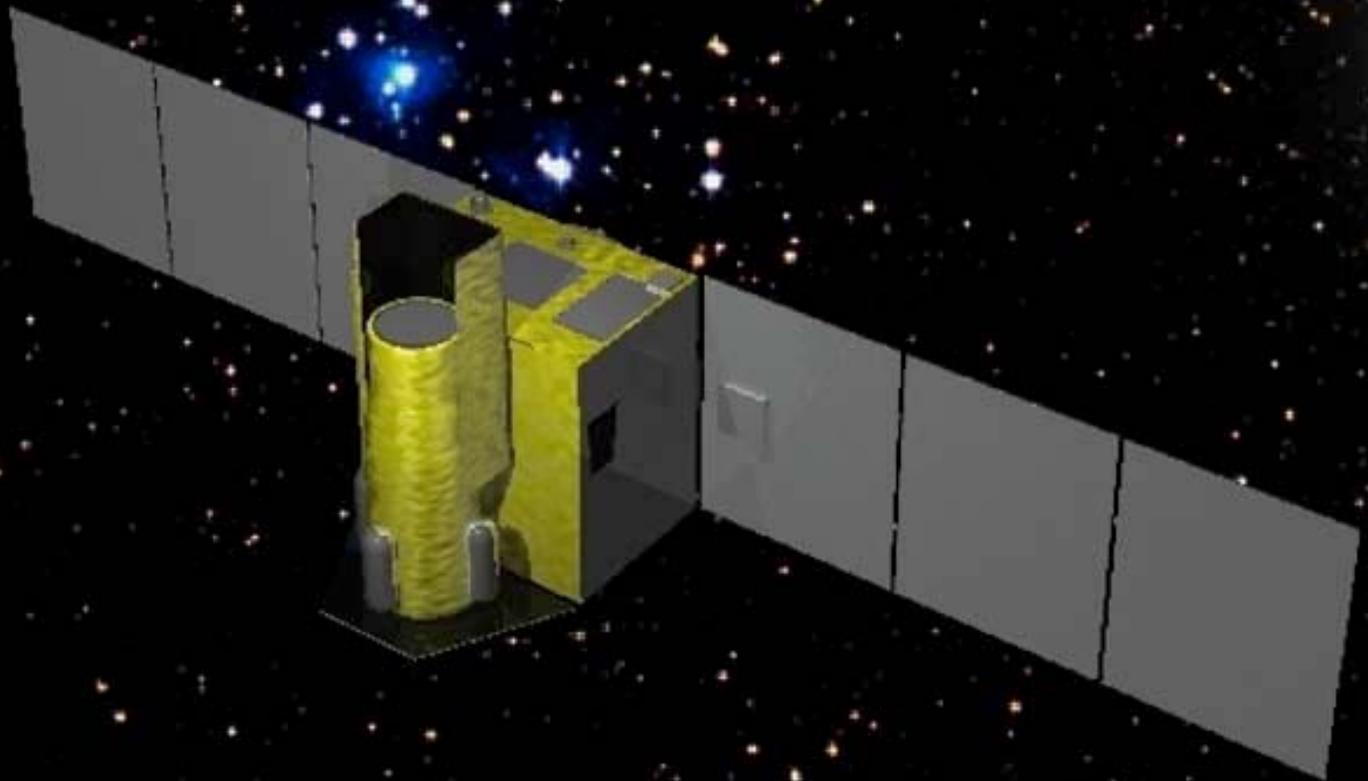
銀河

Yoshikawa et al. (2001)

宇宙のダークバリオン探査の重要性

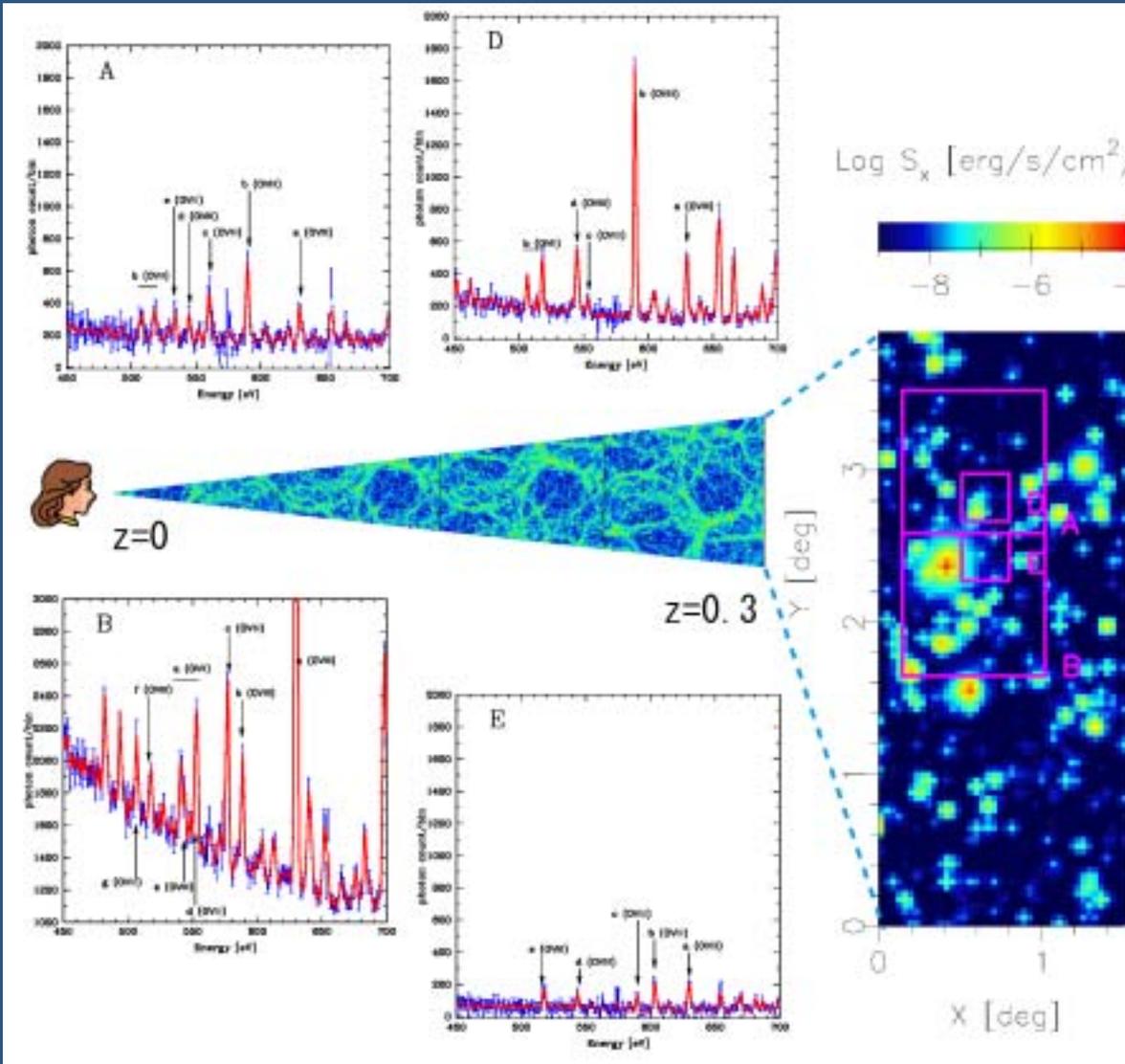
- **ダークマターやダークエネルギーの探査・研究と極めて相補的**
 - バリオンは宇宙の物質階層の中でもっとも重要な成分
 - その存在形態を突き止めるためには未知の物理学を必要としない
 - 天文・宇宙物理学を適切に組み合わせることで必ず答えが出る確実なテーマ
 - その検出手段を確定すれば新たな宇宙観測の窓を開拓することになる
- **計画の準備状況(観測可能性と科学的意義の検討、衛星の具体的仕様)において、現時点では日本が世界のトップの位置にいる**
 - 日本独自あるいは他の国も参加するスタイルで国際協力を主導できるプロジェクト

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



Searching for cosmic missing baryons with DIOS

(**D**iffuse **I**ntergalactic **O**xygen **S**urveyor)



Univ of Tokyo:
K. Yoshikawa

Y. Suto

ISAS:

N. Yamasaki

K. Mitsuda

Tokyo Metropolitan Univ.:

T. Ohashi

Nagoya Univ.:

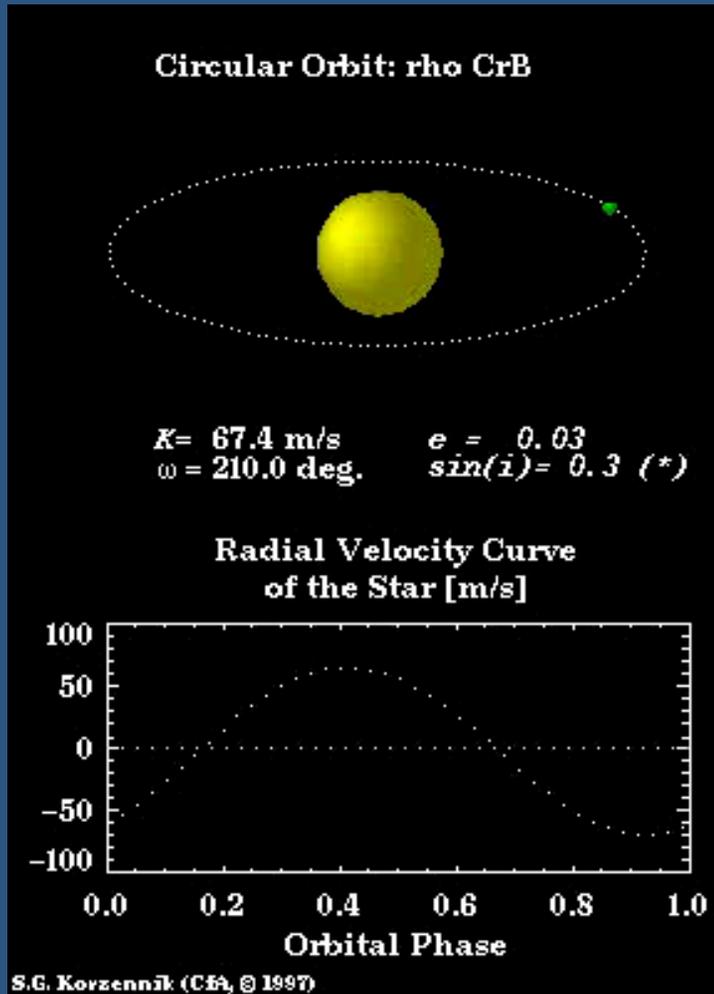
Y. Tawara

A. Furuzawa

太陽系外惑星：過去の10年

- 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：惑星大気の新検出(ナトリウム)
- 2003年：惑星から蒸発する水素大気の新発見
- 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：惑星大気中に炭素と酸素を検出
- 2004年4月：周期1.4日、1.7日のトランジット惑星発見
- 2004年8月：14地球質量の惑星発見(氷/岩石惑星?)
- 2005年2月5日時点で147個の系外惑星が報告済み

惑星を間接的に「見る」



もしも惑星があれば主星の軌道は影響を受ける

太陽の受ける速度摂動:

12.5 m/s (木星)

0.1 m/s (地球)

(参考) 地球の公転速度

3万 m/s

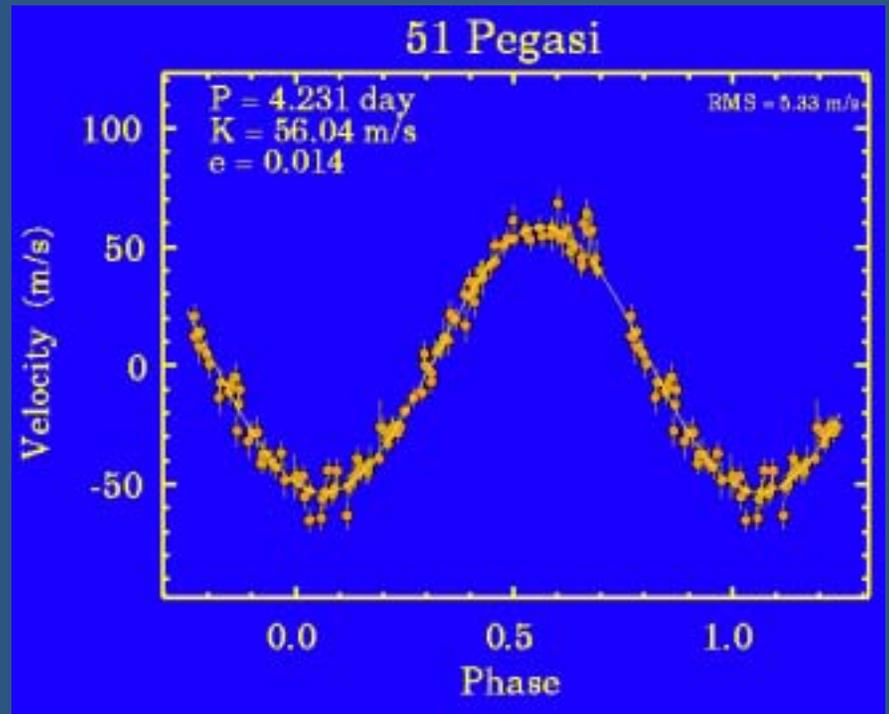
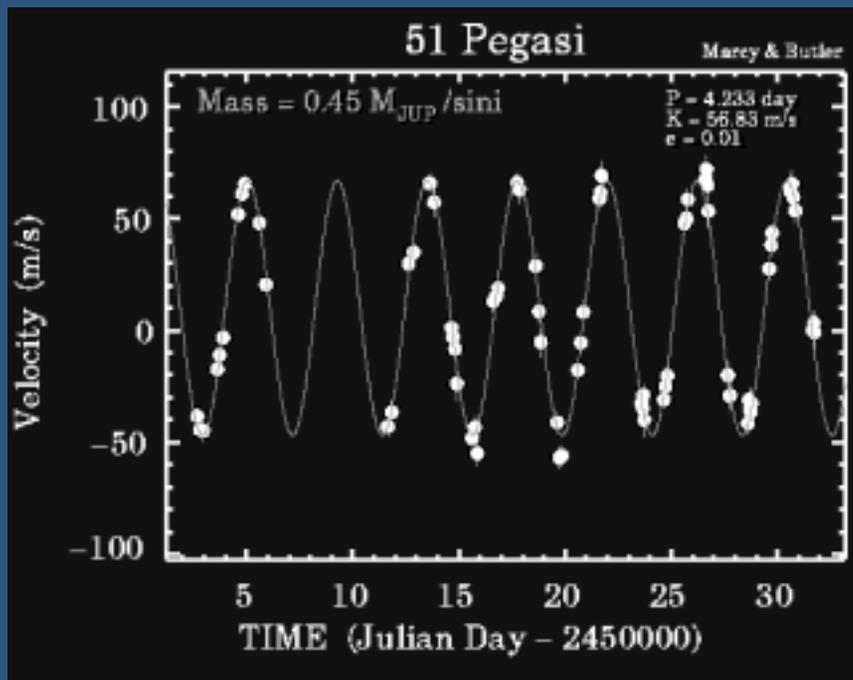
現時点での地上望遠鏡での分解能の記録は1m/s

(HARPS@3.6m ESO望遠鏡)

この方法によって、木星程度の質量の太陽系外惑星がすでに147個発見されている (2005年2月5日現在)

51 Pegasi b: 太陽と同じような恒星(主系列星)を周る惑星の初発見

- 主星の速度変動の検出によって初めて発見された惑星 (Mayor & Queloz 1995)

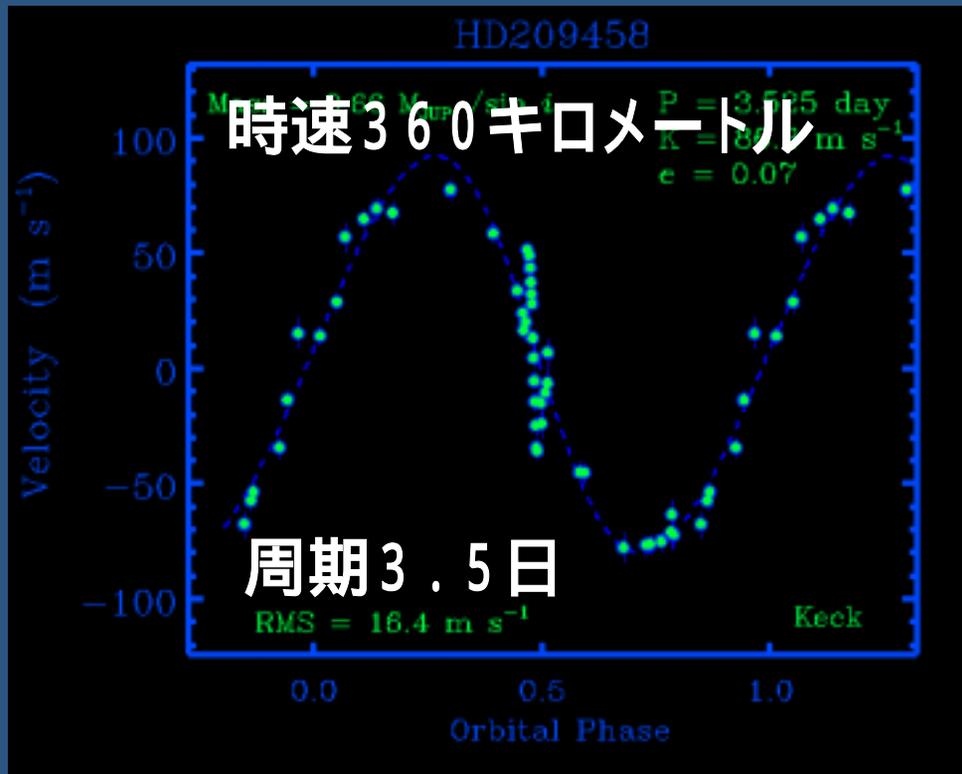


周期がわずか4.2日！

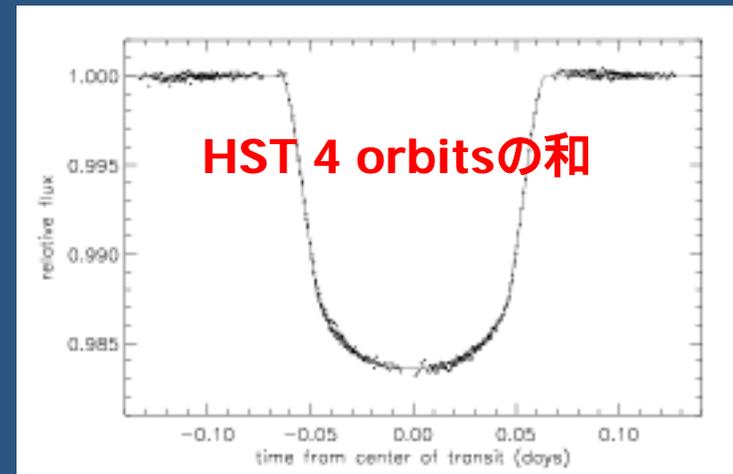
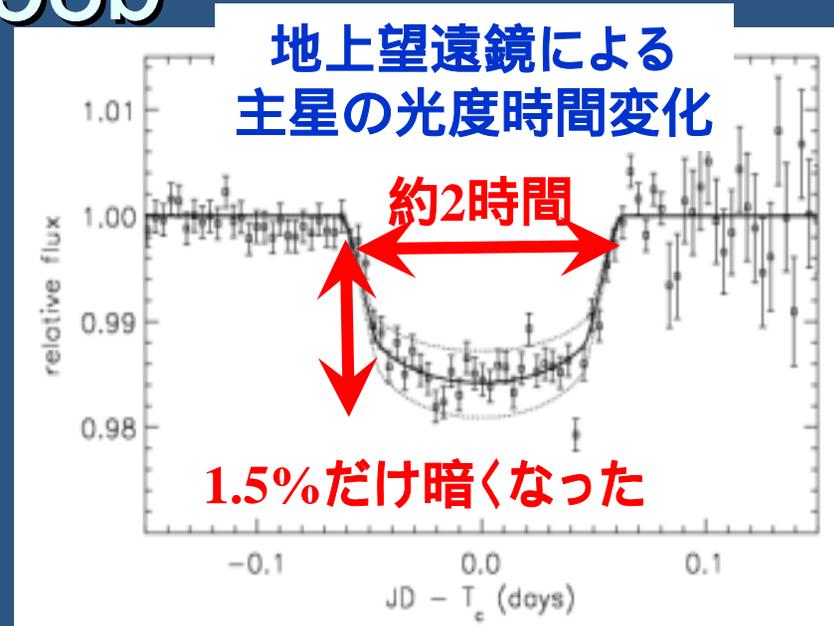
太陽系外トランジット(食)惑星

HD209458b

- 速度変動のデータに合わせた惑星食の初検出

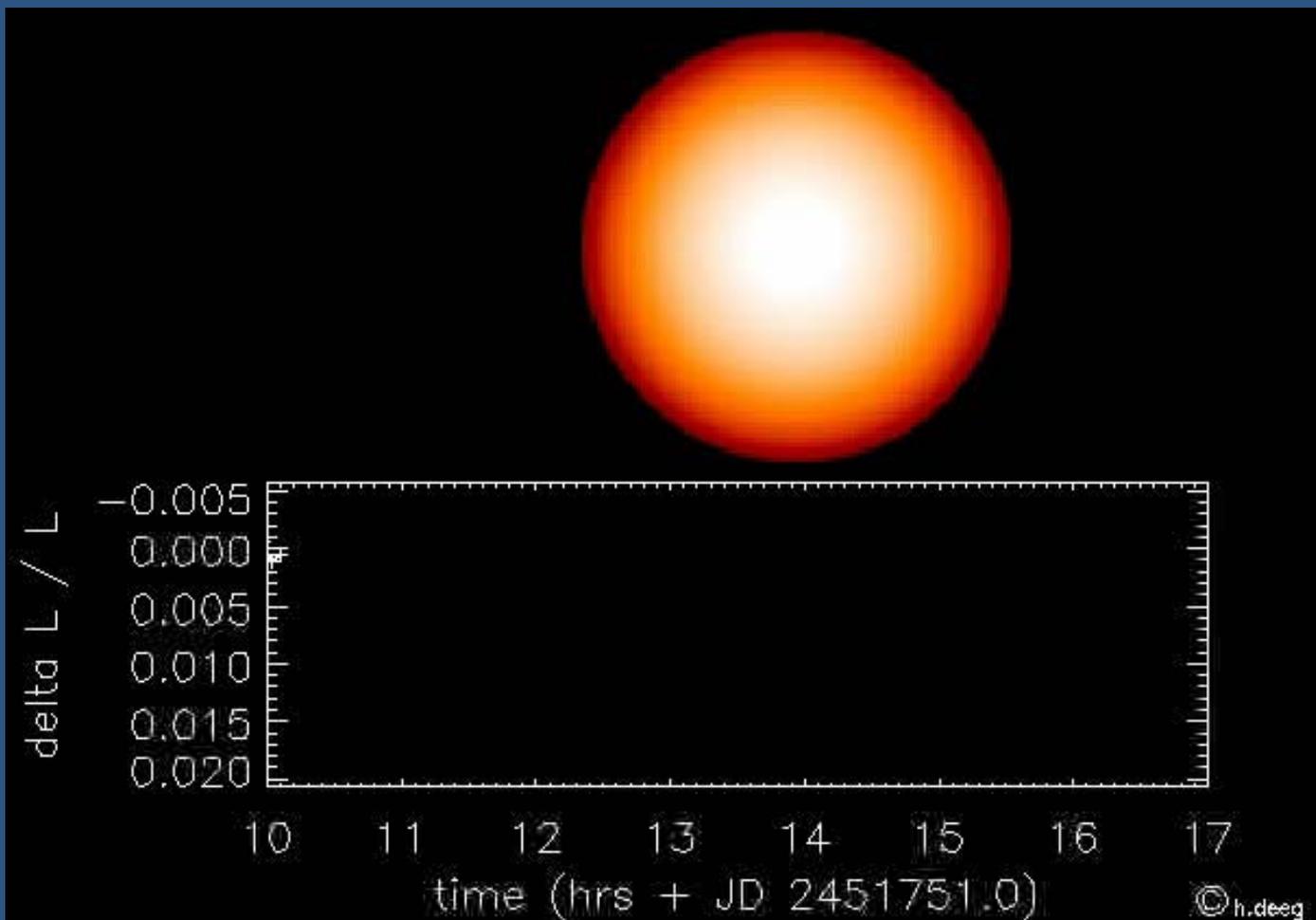


地上望遠鏡による
主星の速度時間変化



Brown et al. (2001)

HD209458の食



系外惑星観測のロードマップ

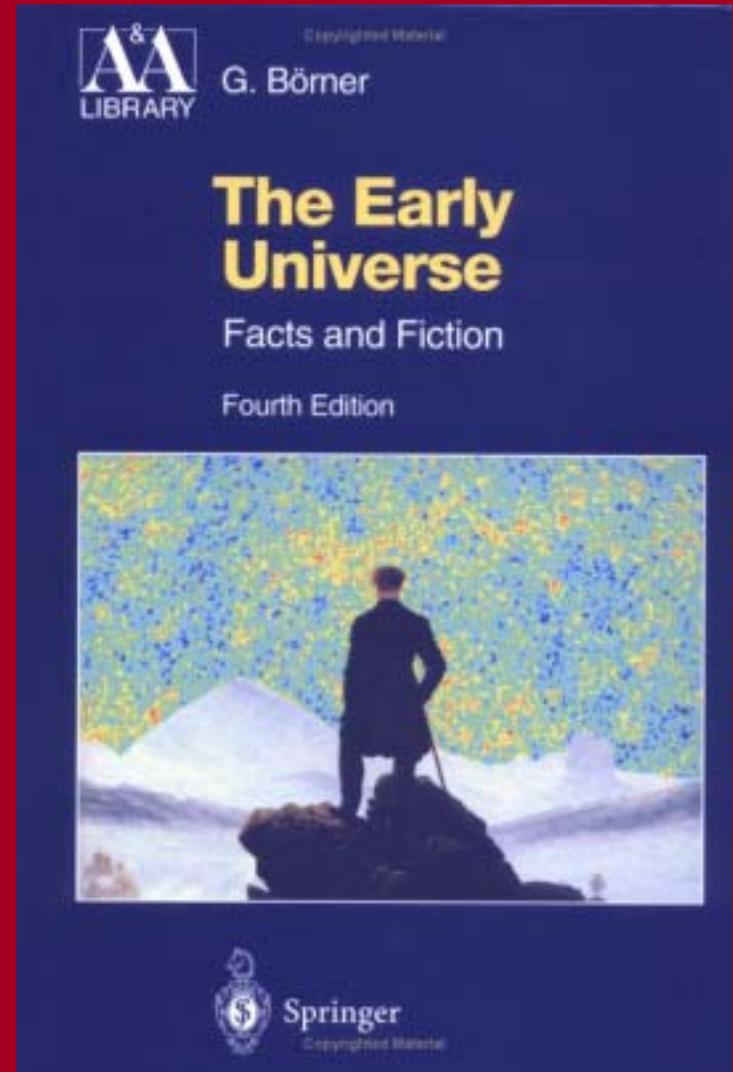
- 巨大ガス惑星発見の時代
- 惑星大気の見つけ

- 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
- 地球型惑星の見つけ
- Biomarkerの同定 (e.g., **extrasolar plant**)
- Habitable planetの見つけ
- Extra-terrestrial lifeの見つけ



前期理論演習 (佐藤・須藤研合同)

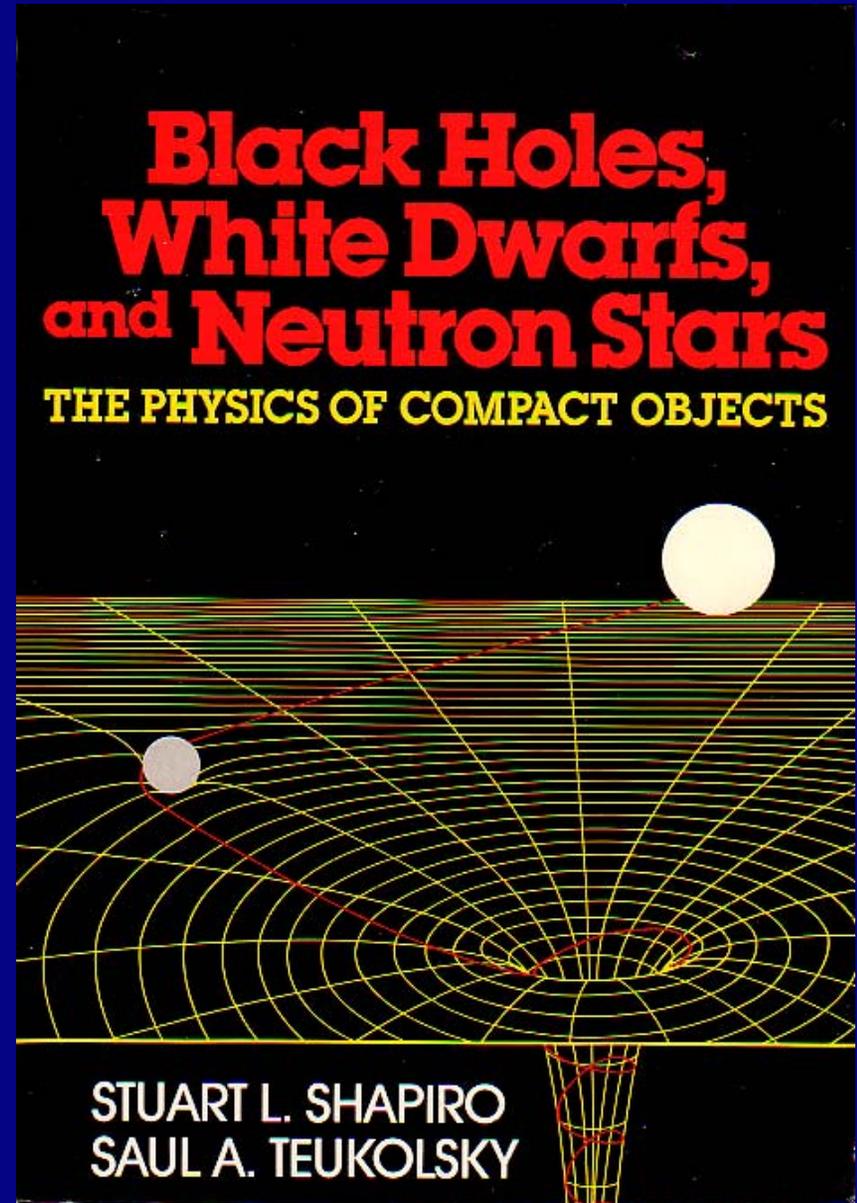
- フリードマン宇宙モデル、宇宙の熱史とニュートリノの温度、ビッグバン元素合成、宇宙の再結合、などを中心とした宇宙論の基礎的事項に関してテキスト (The early universe - facts and fiction - by Gerhard Boerner) を輪講する。



後期理論演習

その1

- S.L.Shapiro and S.Teukolsky
“Black Holes,
White Dwarfs and
Neutron Stars”
の輪講(佐藤研、
および須藤研のう
ち希望者)



後期理論演習その2

- 希望者がいれば、宇宙生物学・太陽系外惑星に関する文献輪読、あるいはパブリックアウトリーチに関する何かを行う（須藤研のみ）
 - 2004年度 希望者なし
 - 2003年度 「Intelligent Life in the Universe」の輪読とGalactic colonization 数値実験プログラム作成
 - 2002年度 スローンデジタルスカイサーベイ銀河地図の可視化プログラム作成
 - 2001年度 希望者なし
 - 2000年度 Galactic colonization 数値実験プログラム作成(未完成)