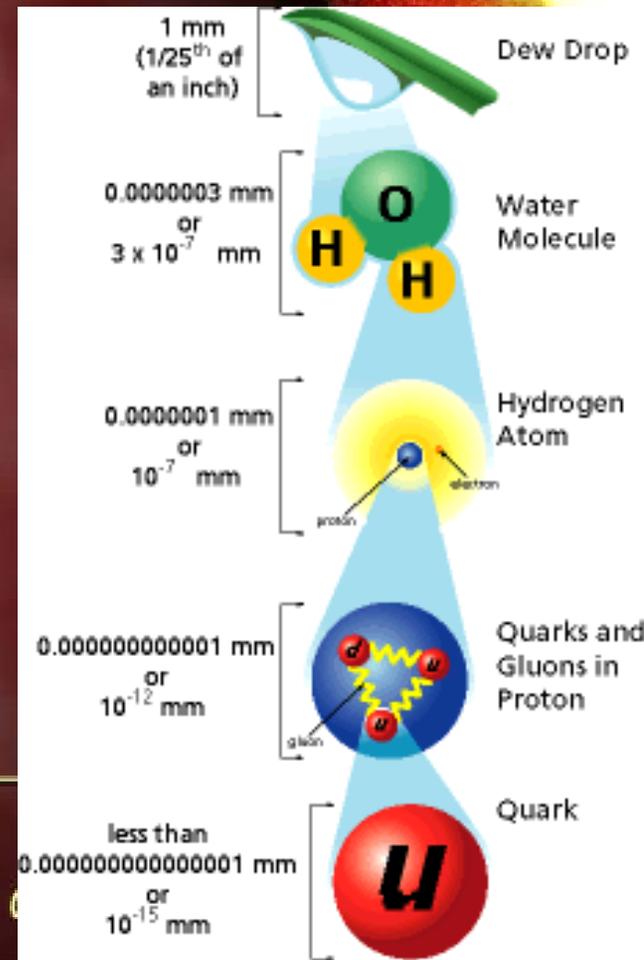
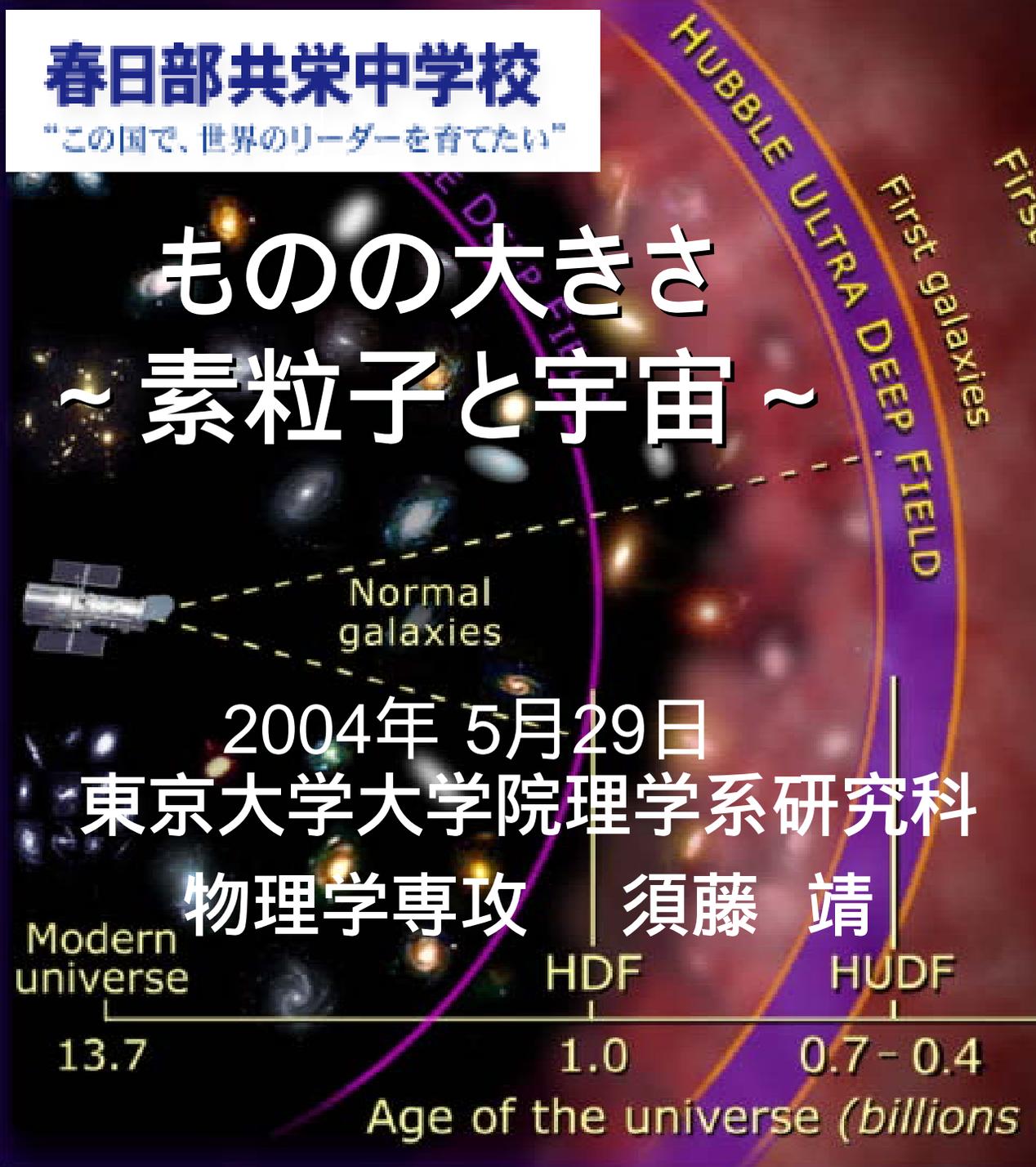


ものもの大きさ ～素粒子と宇宙～

2004年 5月29日

東京大学大学院理学系研究科

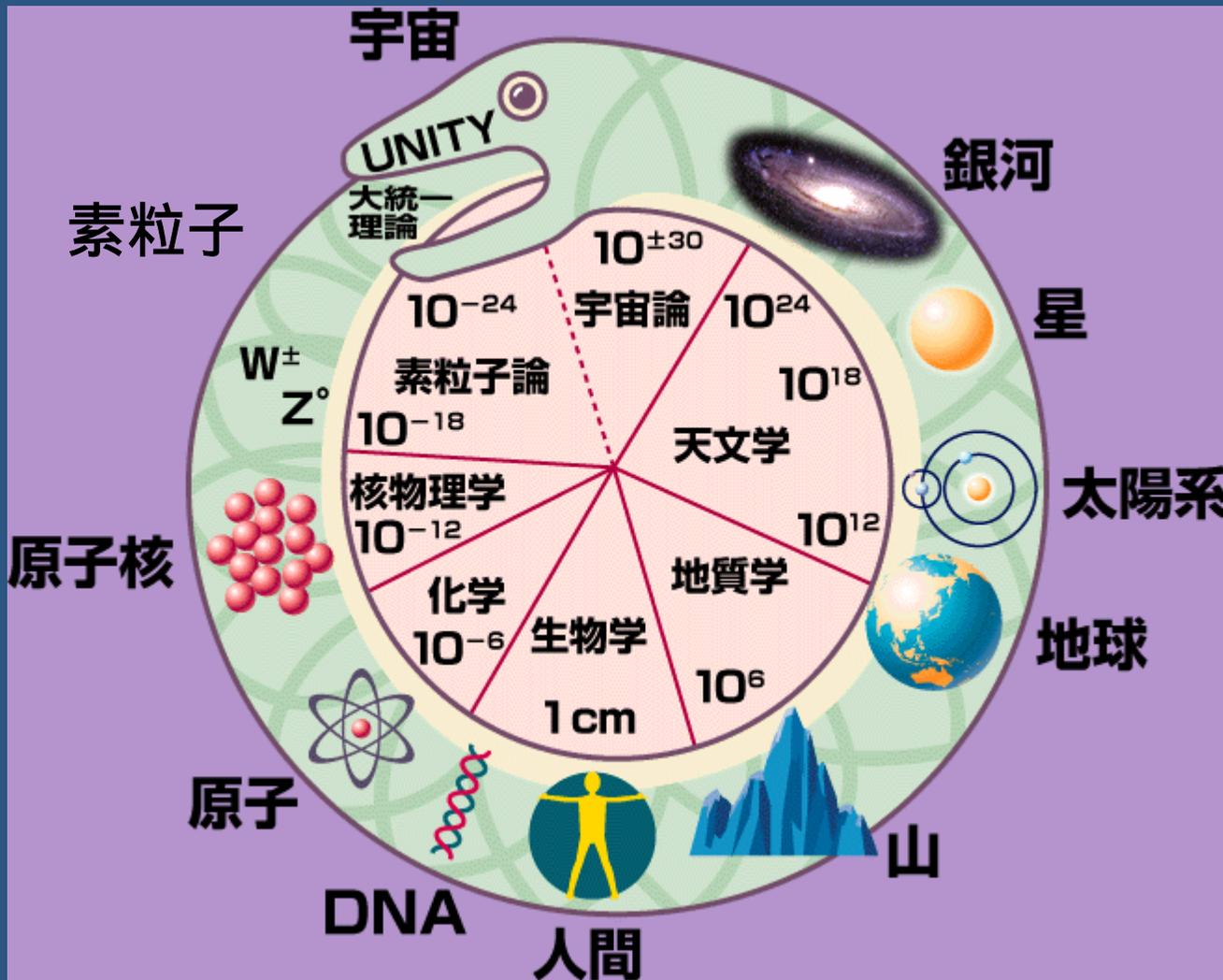
物理学専攻 須藤 靖



世の中をもっとよく知りたい

- **微視的世界:もの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:遠く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か?
 - どれだけ遠くの宇宙までみることができるのだろうか?
 - 宇宙は、すでに知っている物質と同じものからできているのだろうか?

ものの大きさ: 自然界の成り立ち



物理学は
 10^{-30} cmから
 10^{30} cmまで
の大きさの
ものを対象
とする

ものは何からできているのだろうか？



■ 古代ギリシャの4元説

- 空気、土、火、水

■ 中国の五行説

- (木、火、土、金、水) × (陽、陰)
- これが日本で用いられている惑星の名前、さらには曜日の名前の由来

日月火水木金土

■ 現代物理学

- 分子 原子 原子核(陽子・中性子; バリオン)
素粒子(電子、ニュートリノ; クォーク・レプトン)

すべての物質は素粒子からできている



原子核

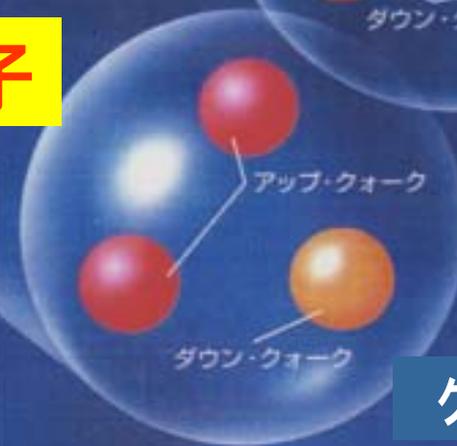
原子

中性子

陽子

中性子

陽子

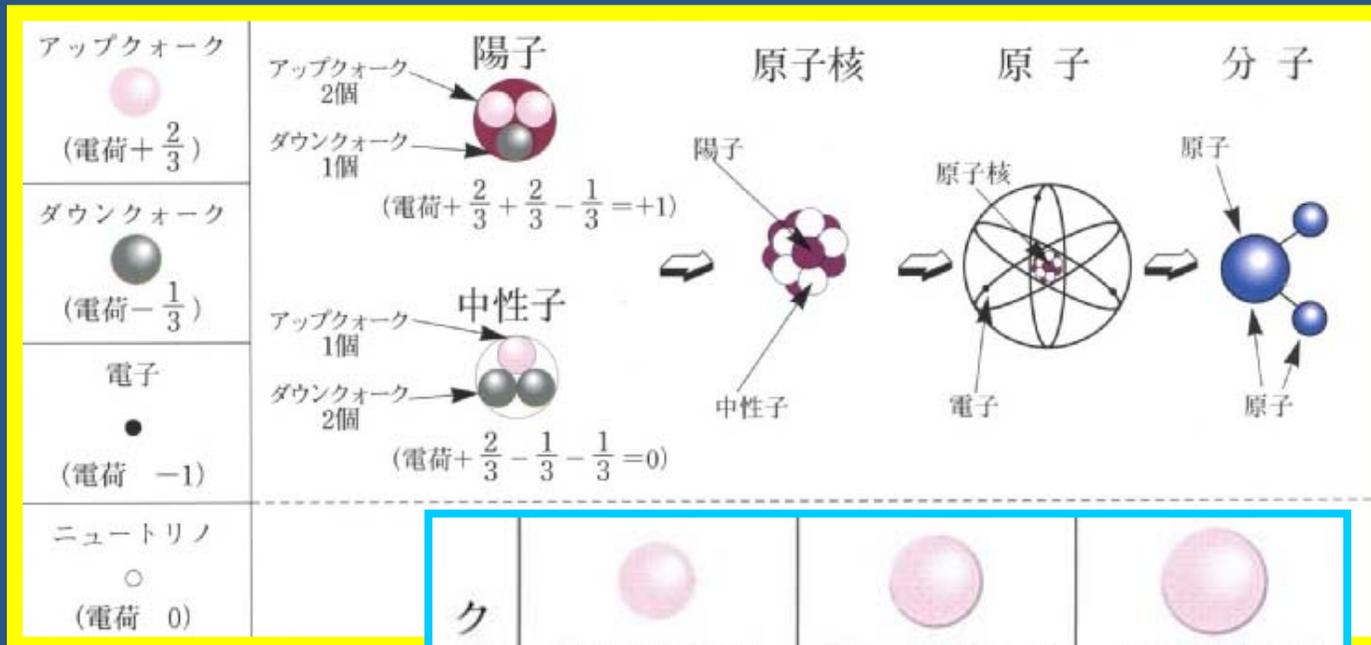


クォーク

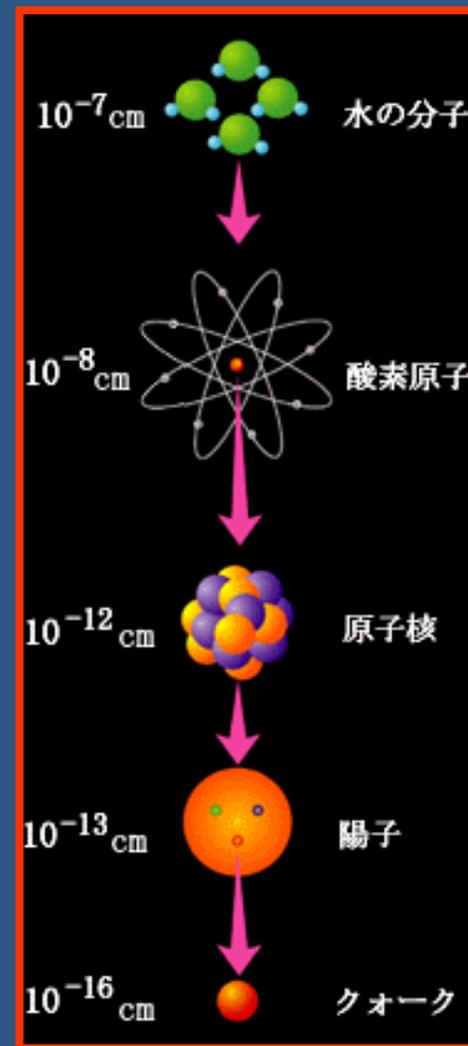
	第1世代	第2世代	第3世代
レプトン	 電子 ニュートリノ	 ミュー・ ニュートリノ	 タウ・ ニュートリノ
クォーク	 ダウン アップ	 ストレンジ チャーム	 ボトム トップ

原子核の周囲を電子がまわって原子をつくる。原子核は陽子と中性子から、陽子と中性子はアップ・クォークとダウン・クォークから構成されている。第2世代と第3世代のクォークとレプトンは、粒子加速器を用いるなどして、高エネルギー状態にならないとあらわれない。われわれの世界の物質は第1世代のクォークとレプトンからできているといえる。

物質を素粒子に分ける

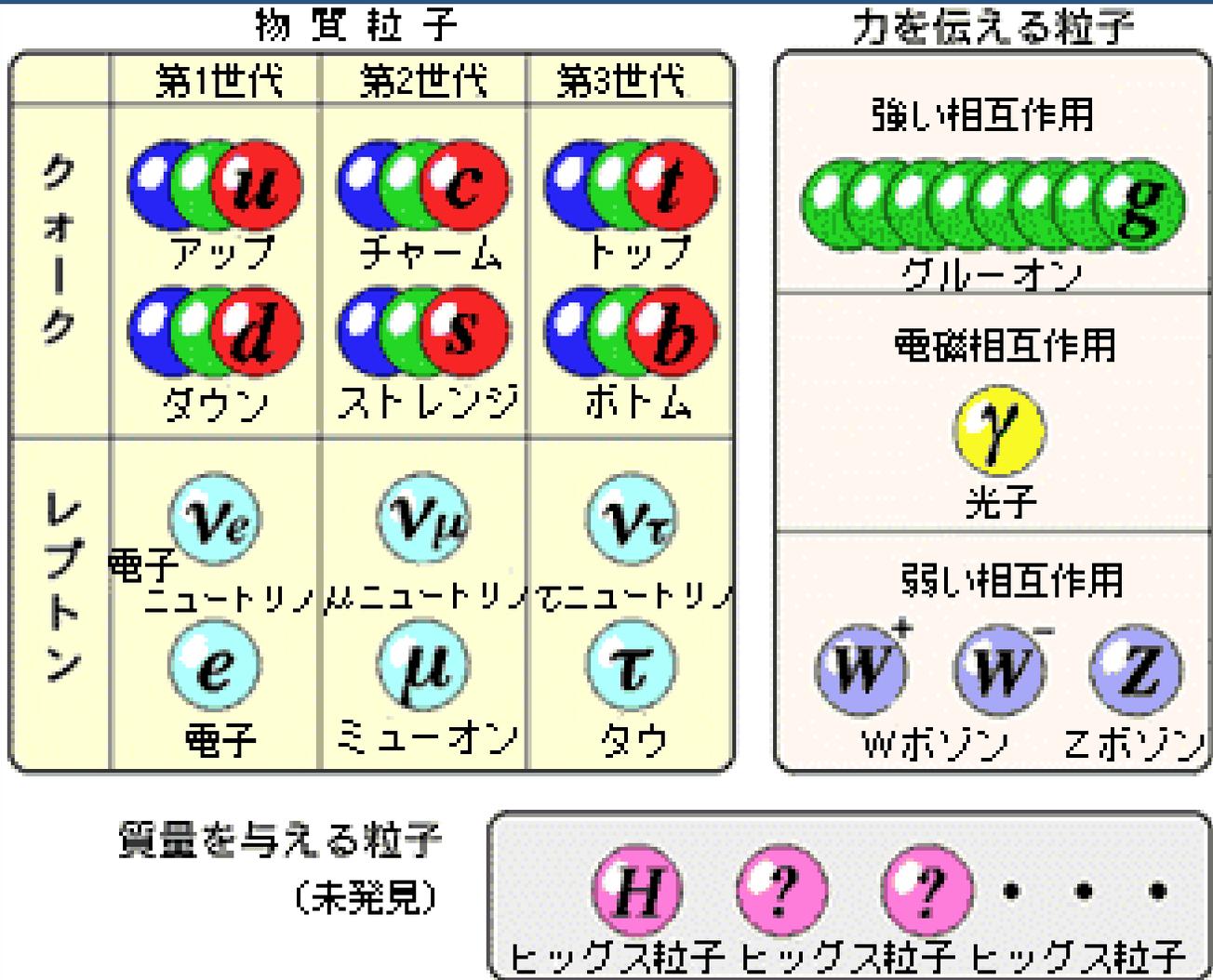


クォーク			
	アップクォーク	チャームクォーク	トップクォーク
			
	ダウンクォーク	ストレンジクォーク	ボトムクォーク
レプトン			
	電子	ミューオン	タウオン
			
	電子ニュートリノ	ミューニュートリノ	タウニュートリノ



ものの大きさ

現在の標準素粒子モデルのすべて



実験的にはこれで説明できない事実は知られていない。しかし、理論的には不満足な点が多く、おそらくこの上により究極的な理論があるだろうと予想されている。

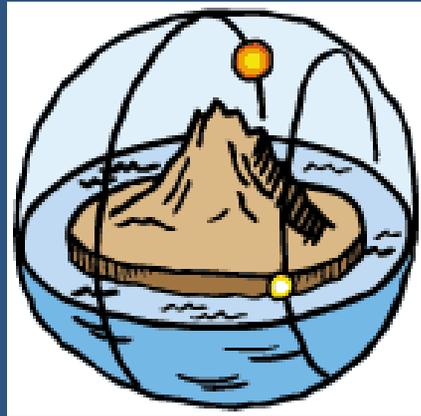
遠くはどうなっているのだろうか？

■ 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)

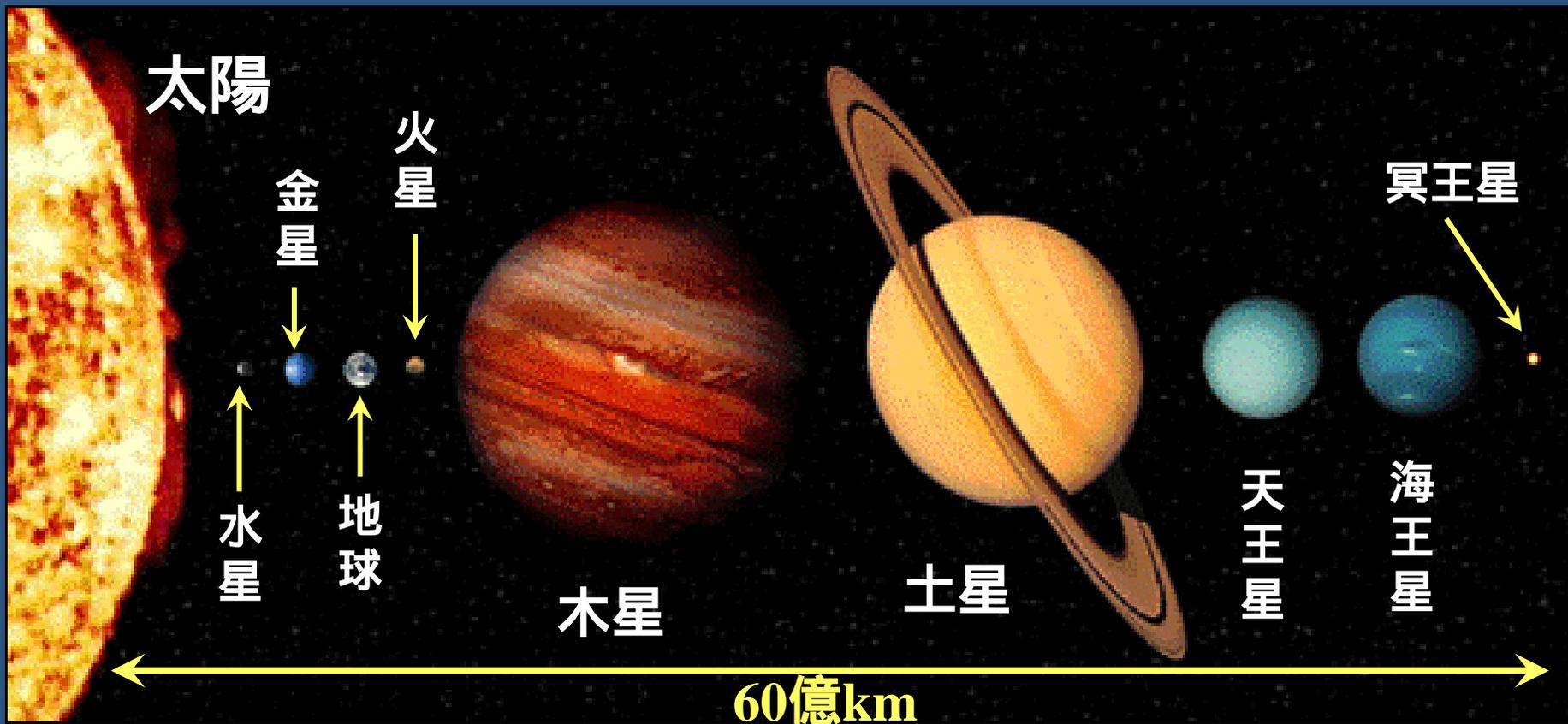


<http://www.isas.ac.jp/kids/firstlook/index.html>

■ 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？

九つの惑星：我が太陽系



(太陽からの距離は別として、惑星の相対的な大きさはほぼ実際の比の通り)

<http://www.solarviews.com/eng/homepage.htm> © Calvin J. Hamilton

銀河の形: ハッブル分類

Sa



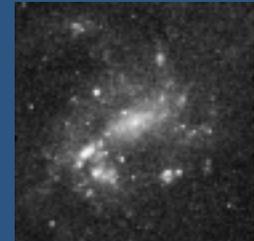
Sb



Sc



Sd



楕円銀河



E0



E6

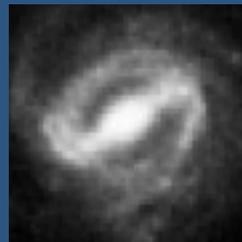


S0

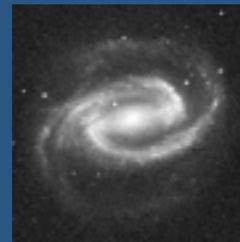
レンズ状銀河

渦巻銀河

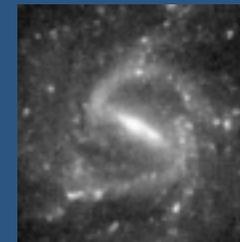
棒渦巻銀河



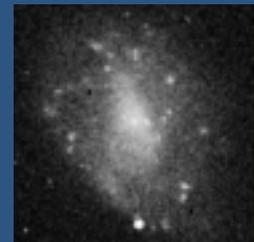
SBa



SBb

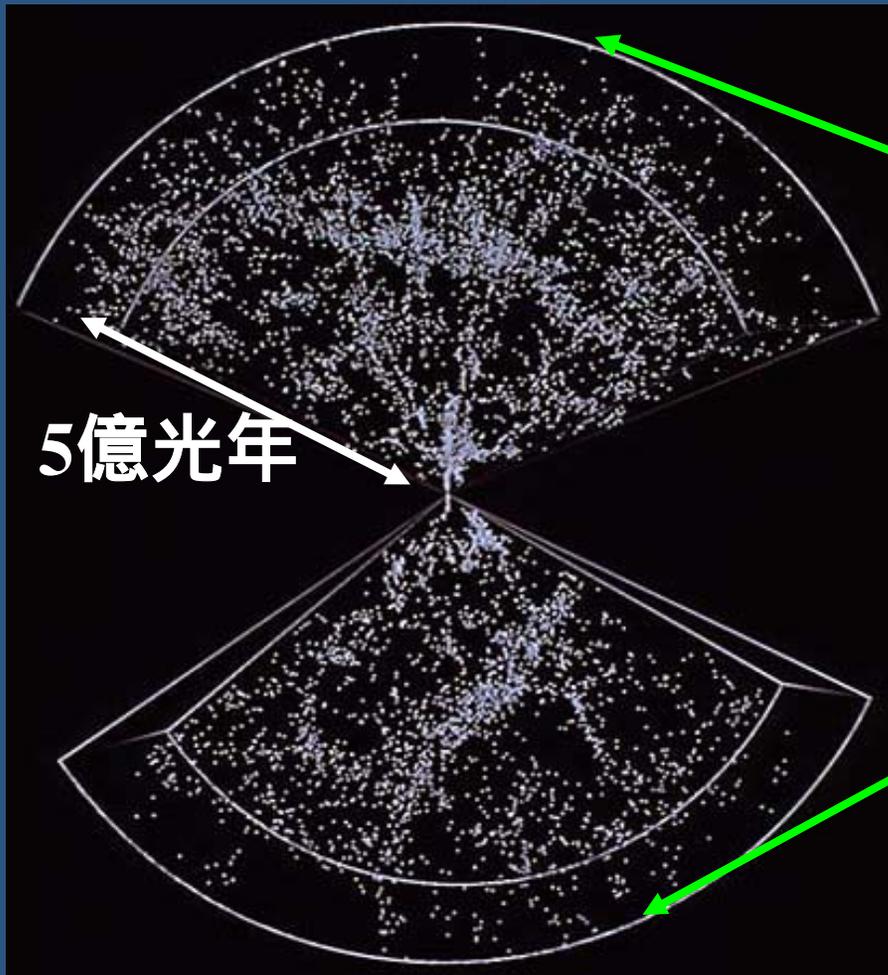


SBc



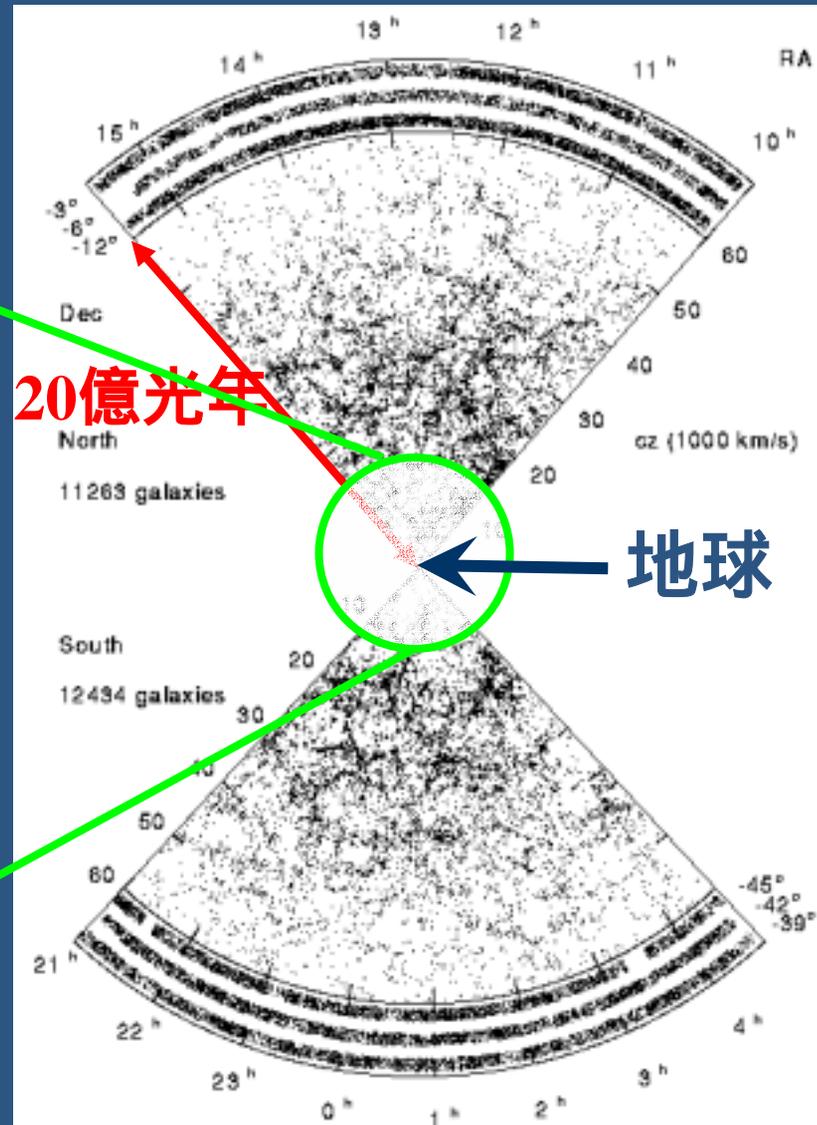
SBd

銀河の3次元分布地図



CfA galaxy redshift survey:
Geller, da Costa & Huchra (1992)

ものの大きさ

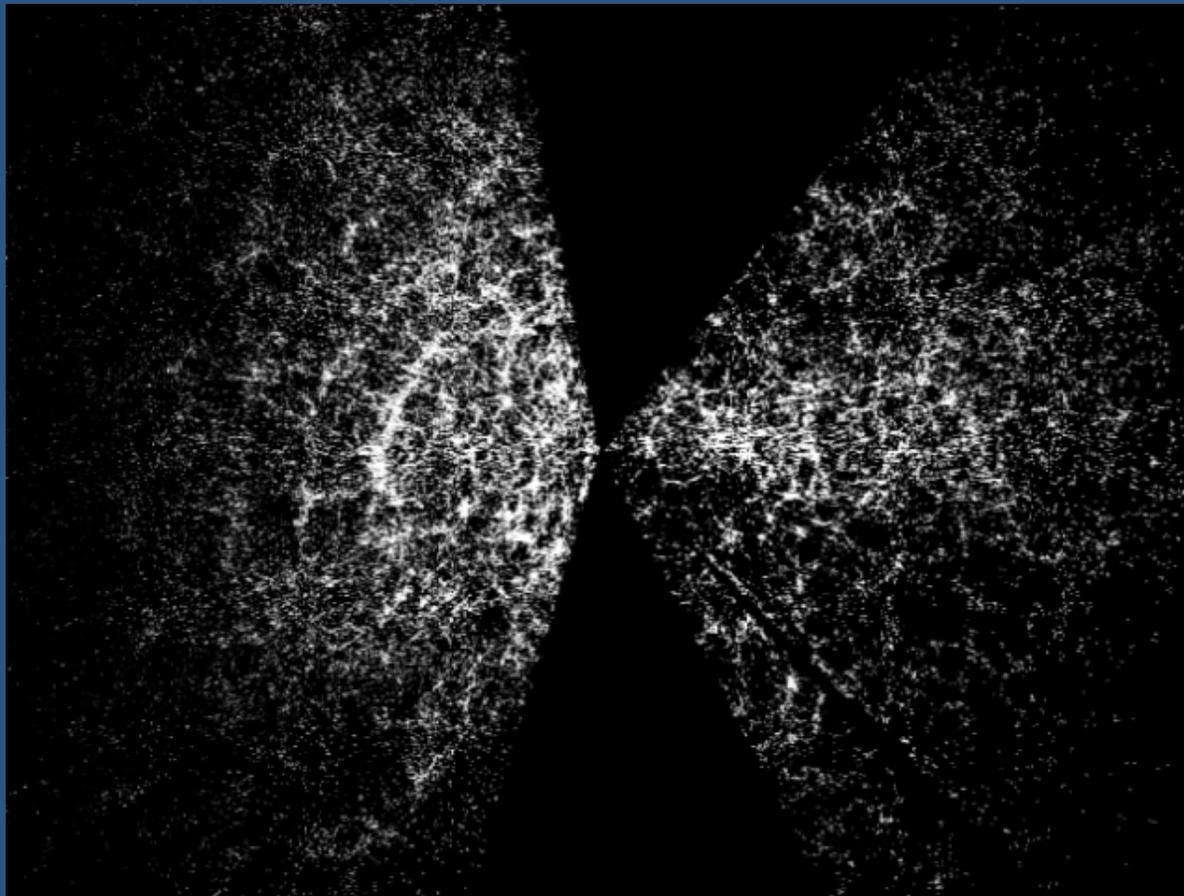


Las Campanas redshift survey:
Schectman et al. (1996)

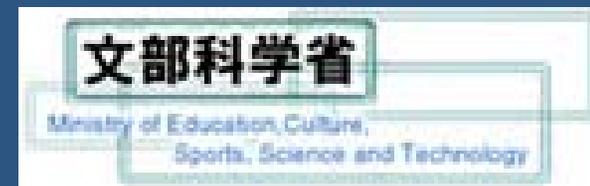


史上最大の銀河地図作りをめざして： 日米独共同スローンデジタルスカイサーベイ

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/>



スローンデジタルスカイサーベイ銀河間旅行



NHK教育 サイエンスZERO 2003年6月11日 0:00 放映

宇宙の階層構造

宇宙の大構造

銀河群

矮小銀河

太陽系



銀河



銀河団



星団



典型的大きさ [パーセク (~3.1光年)]

ハッブル ウルトラ ディープ フィールド (HUDF)

人類が地上か
ら見た最も遠い
(=過去)宇宙の
果て

ものの大きさ



Hubble Ultra Deep Field
Hubble Space Telescope • Advanced Camera for Surveys

宇宙の果てを見る



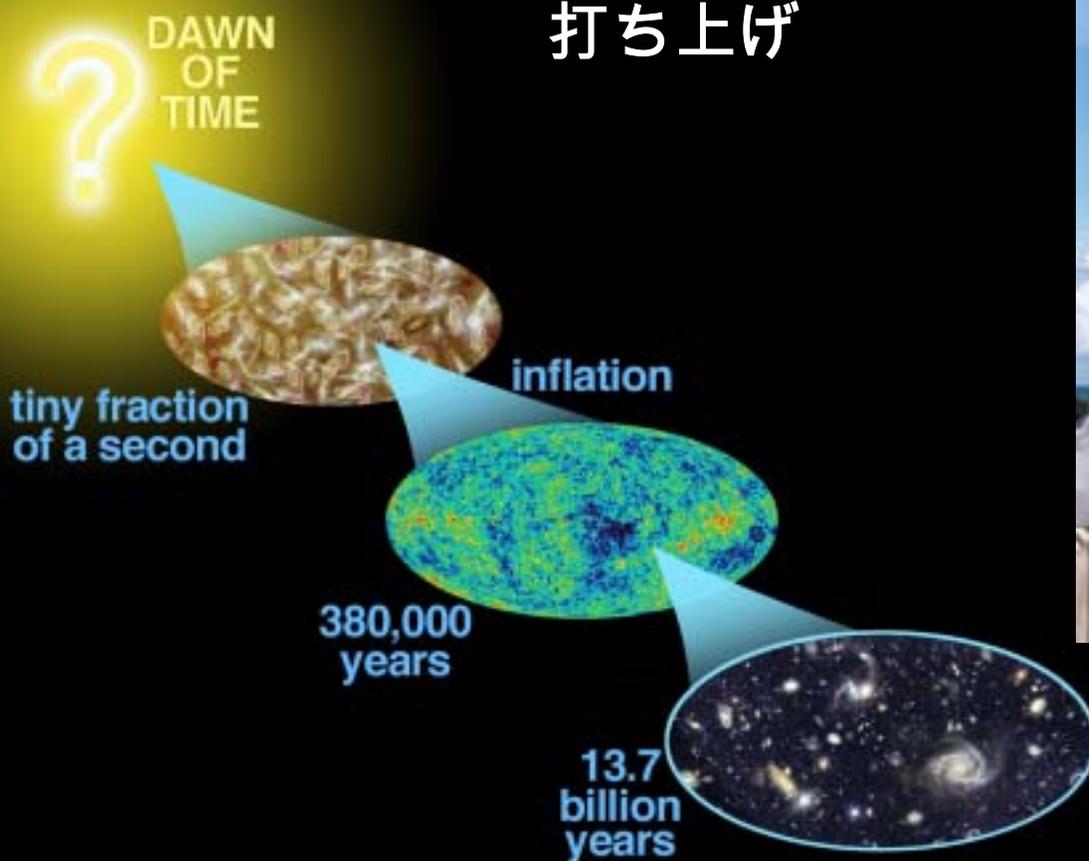
WMAP (ウィルキンソンマイクロ波非等方性探査衛星)

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

2001年6月30日 15:46:46

米国東海岸標準時間

打ち上げ



NASA/WMAP
サイエンスチーム提供

WMAP衛星：地球から宇宙の果てへの旅

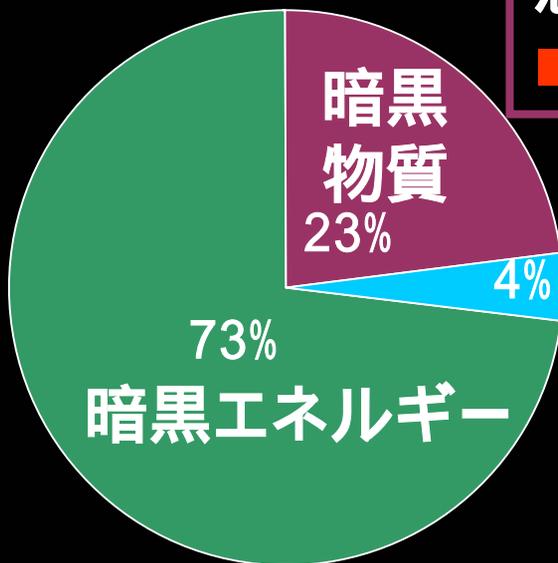


NASA/WMAP サイエンスチーム提供

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

WMAPデータ解読結果：宇宙は何からできている？

宇宙の組成



- 銀河・銀河団は星の総和から予想される値の10倍以上の質量をもつ
- 未知の素粒子が正体？

通常物質 (バリオン)

- 宇宙空間を一様に満たしているエネルギーが宇宙の主成分！
- 万有斥力(負の圧力)
- アインシュタインの宇宙定数？

- 元素をつくっているもの(主に、陽子と中性子)
- 現時点で知られている物質(の質量)は実質的にはすべてバリオン

第二の地球はあるか？

- 地球外生物の科学的証拠は(未だ)存在しない
- 生物が誕生するには
 - 大気存在
 - 適度な温度(水が液体として存在)
 - + 偶然？(必要/十分条件ともに現時点では不明)
 - 太陽のような恒星上では不可能 恒星のまわりの惑星を探せ！



Terra衛星のMODIS検出器のデータ
<http://modarch.gsfc.nasa.gov/>
<http://www.nasa.gov/home/index.html>

太陽系外惑星が初めて発見されたのは、 わずか10年前のことだった

- 1781年：天王星、1846年：海王星、1930年：冥王星 の発見（わが太陽系の拡大）
- 1995年：約50光年先のペガサス座51番星の周りを4.2日で公転している惑星の発見（初めて発見された太陽系外惑星は一年がわずか4.2日だった！）
- 2004年5月28日までに121個の系外惑星

地球外知的生命はいるか？：ドレイクの式

$$N = (N_s / L_s) \times f_p \times n_e \times f_L \times f_I \times f_C \times L$$

銀河系内
にある交信
可能な知的
文明の数



Frank Drake博士

銀河系内の全生命に適した(恒星の数

その恒星の寿命

その恒星が惑星を伴っている確率

その惑星の中で、生物が存在可能な
環境にある地球型惑星の期待値

その惑星に生物が発生する確率

その生物が知的生命に進化する確率

その知的生命が他の文明と交信を行う確率

その文明の継続時間

Nの値は良くわかっていない。0.003個(つまり、我々の地球以外には存在し得ない!)と推定する研究者から200万個と推定する研究者までいる。ドレイク博士自身は1万個程度であると考えた。

ものの大きさ

まとめ： 謎解きはまだまだこれから

- 身の回りのすべての物質はクォーク・レプトンという素粒子からなっている。しかし、宇宙全体ではこのような「通常の物質」は、たった4%でしかない。
 - 宇宙の果てから物質の新しい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、暗黒エネルギーの正体は何か
- 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。
 - 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、科学的に議論できる時代になってきた！