

■本資料のご利用にあたって(詳細は「利用条件」をご覧ください)

本資料には、著作権の制限に応じて次のようなマークを付しています。
本資料をご利用する際には、その定めるところに従ってください。

* : 著作権が第三者に帰属する著作物であり、利用にあたっては、この第三者より直接承諾を得る必要があります。

CC : 著作権が第三者に帰属する第三者の著作物であるが、クリエイティブ・コモンズのライセンスのもとで利用できます。

Ⓒ : パブリックドメインであり、著作権の制限なく利用できます。

なし : 上記のマークが付されていない場合は、著作権が東京大学及び東京大学の教員等に帰属します。
無償で、非営利的かつ教育的な目的に限って、次の形で利用することを許諾します。

- I 複製及び複製物の頒布、譲渡、貸与
- II 上映
- III インターネット配信等の公衆送信
- IV 翻訳、編集、その他の変更
- V 本資料をもとに作成された二次的著作物についての I からIV

ご利用にあたっては、次のどちらかのクレジットを明記してください。

東京大学 UTokyo OCW 学術俯瞰講義
Copyright 2015, 村山齊

The University of Tokyo / UTokyo OCW The Global Focus on Knowledge Lecture Series
Copyright 2015, Hitoshi Murayama

主題科目 / 学術フロンティア講義 2単位 1、2年生対象
宇宙・物質・社会—物質の成り立ちから応用まで

コーディネータ: 家泰弘 (物性研究所)
 ナビゲータ: 福島孝治 (教養学部)



家泰弘 福島孝治 村山齊 浅井祥仁 永原裕子



田中肇 飯本武志 石坂香子 川崎雅司 堂免一成 岡部徹

第1回	4/7	総論、物質の科学史、現代社会と物質	家泰弘 (物性研究所)
		宇宙と物質はどこから来たのか	
第2回	4/14	—宇宙誕生、物質の誕生	村山齊 (理研物質科学研究所)
第3回	4/21	—暗黒物質と星・銀河の誕生、反物質の消滅、暗黒エネルギー	
第4回	4/28	素粒子研究の最前線—新しい素粒子像	浅井祥仁 (工学部)
第5回	5/12	宇宙の進化と惑星や生命を作るもの	永原裕子 (工学部)
第6回	5/19	物性科学はじめての三歩	家泰弘 (物性研究所)
第7回	5/26	ソフトマター—そのしなやかさの起源	田中肇 (物性研究所)
第8回	6/9	放射能・放射線	飯本武志 (物性研究所)
第9回	6/16	超伝導、強相関、トポロジカル物質	石坂香子 (工学部)
第10回	6/23	コンピュータの中の物質	福島孝治 (教養学部)
第11回	6/30	光る・覚える・駆動する—半導体の電子の凄技	川崎雅司 (工学部)
第12回	7/7	人工光合成—太陽エネルギーから化学エネルギーへ	堂免一成 (工学部)
第13回	7/14	奇跡の物質—レアメタル	岡部徹 (工学部)

駒場キャンパス 21 KOMCEE レクチャーホール 火曜日 2時限 (10:25-12:10)

<http://www.gfk.c.u-tokyo.ac.jp/>



東大ナビ
utnav.jp

宇宙と物質は どこから来たのか

学術俯瞰講義 2015年4月14日

村山齊 カブリ数物連携宇宙研究機構

UC Berkeley, Lawrence Berkeley Laboratory

宇宙はどうやって始まったのか

宇宙に終わりはあるのか

宇宙は何でできているのか

宇宙はどういう仕組みなのか

宇宙にどうして私達がいるのか

人類誕生以来の疑問

今や科学の力で迫れる



カブリ数物連携宇宙研究機構

Kavli IPMU (Kavli Institute for the Physics
and Mathematics of the Universe)

宇宙の誕生

遠くを見ると過去が見える

2008年9月30日

かぐや探査機

380,000km

=1.3光秒



* ©JAXA/NHK

1.5億km
=8.3光分



海王星

4光時間

太陽系



* Image by NASA/JPL

ボイジャー

16光時間

* 出典：JAXA

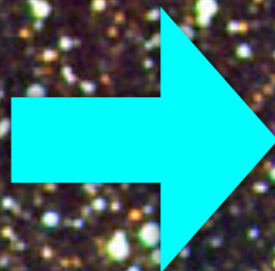


* 出典：JAXA

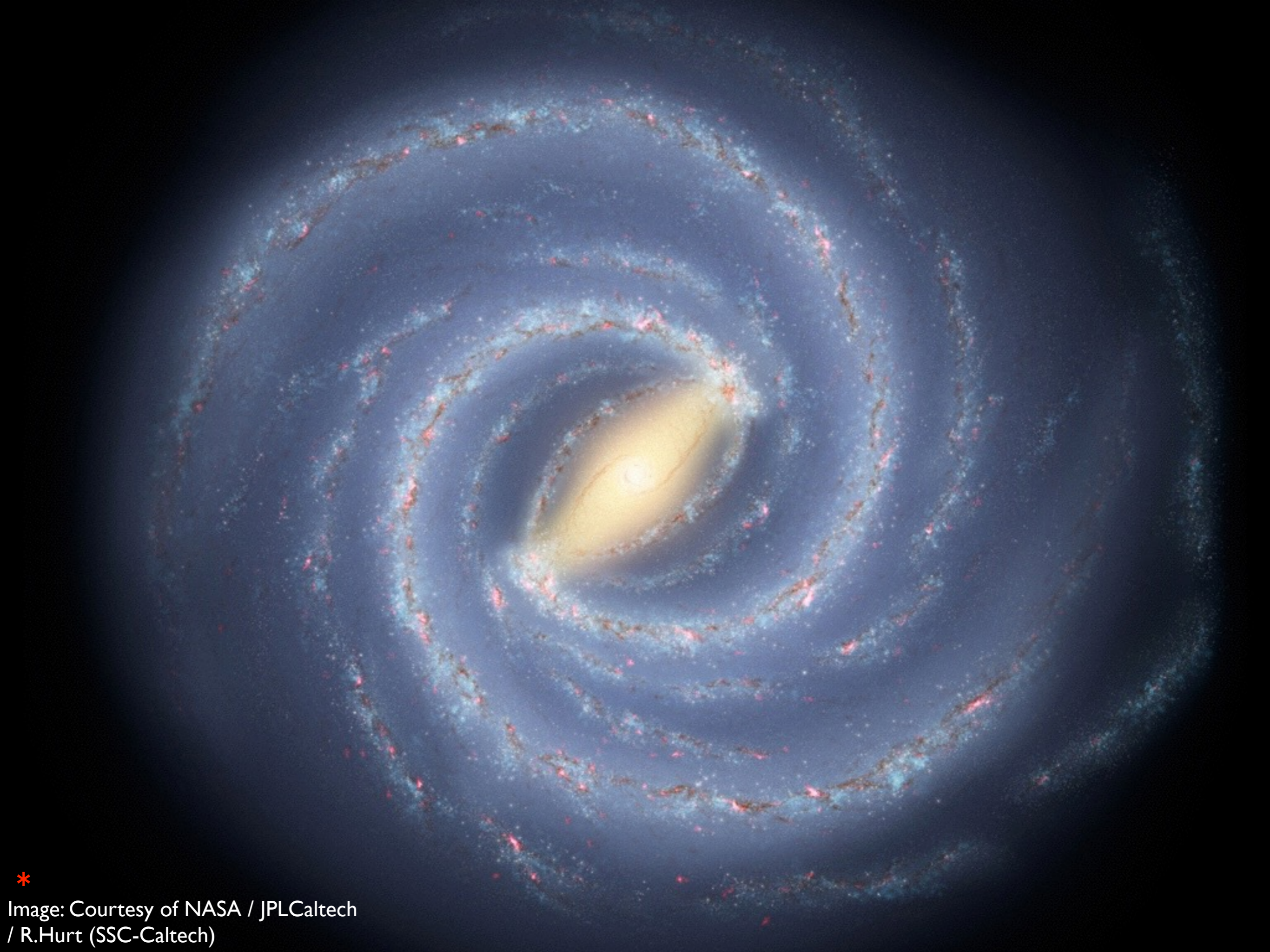
いとかわ
=20光分

* Image: NASA/JPL

一番近い星



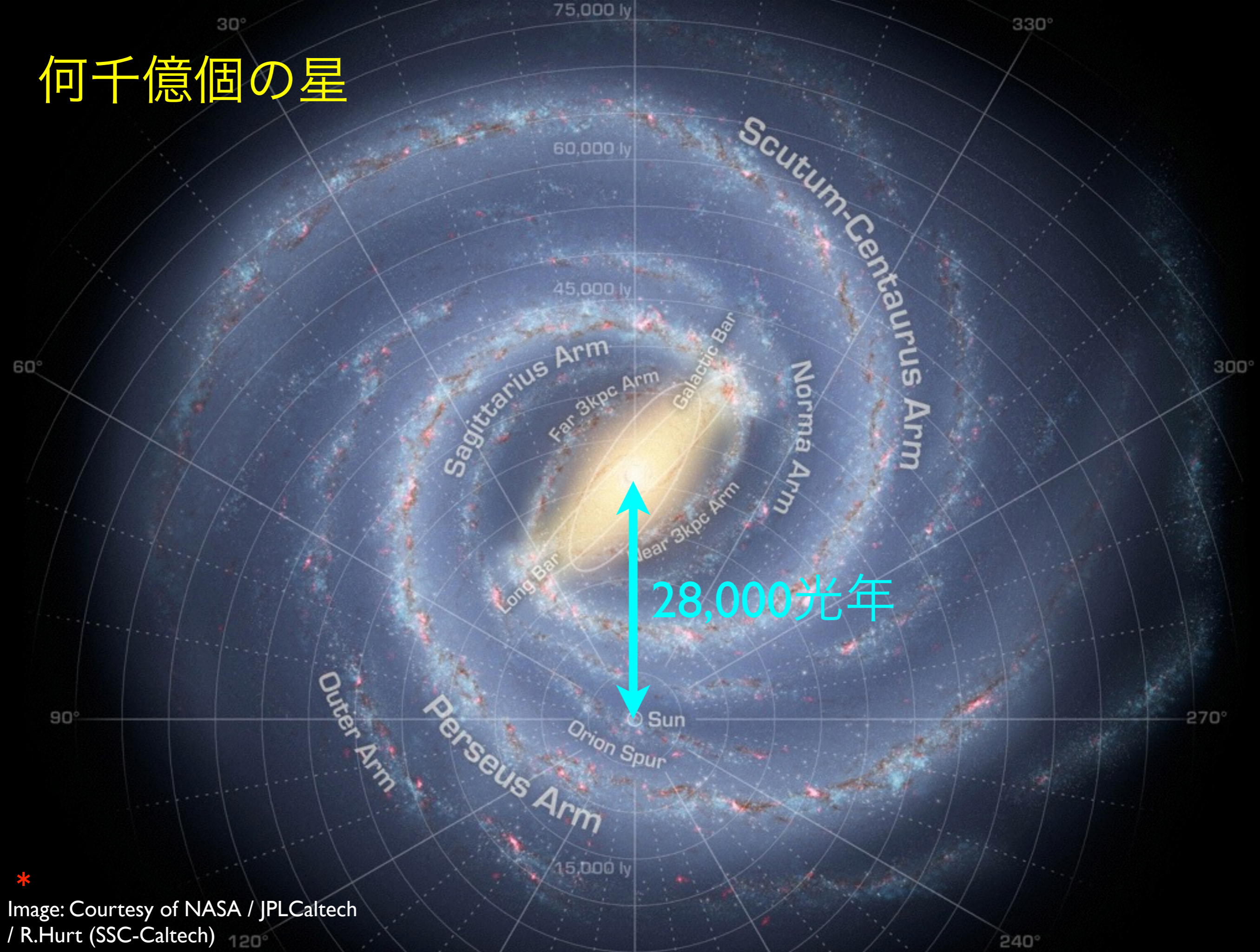
Proxima Centauri
4.2光年



*

Image: Courtesy of NASA / JPLCaltech
/ R.Hurt (SSC-Caltech)

何千億個の星



何千億個の星

28,000光年
1500光年


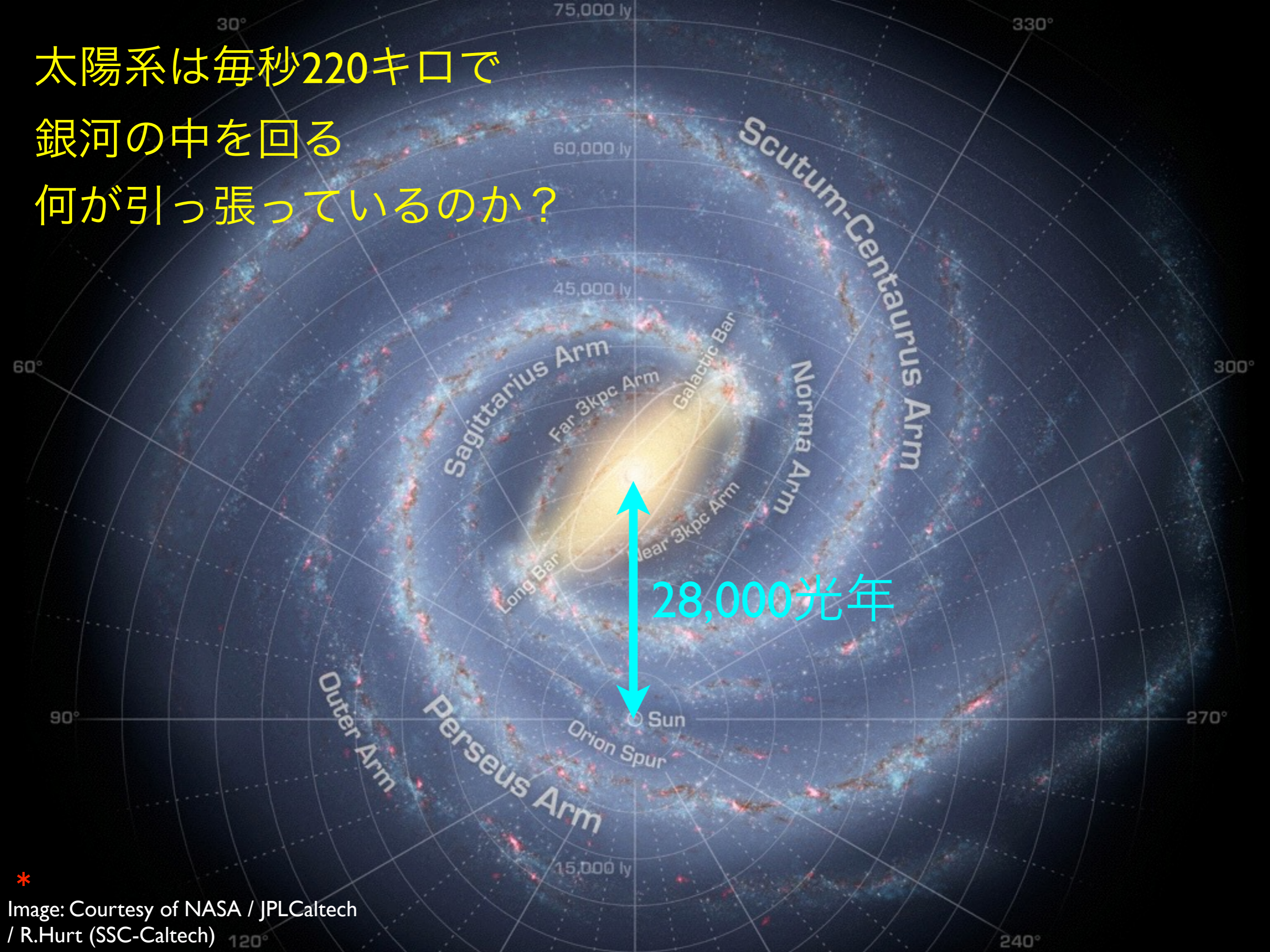


Photo by Jsbulman555, from
Wikimedia Commons [http://
commons.wikimedia.org/wiki/
File:NGC_4565_and_4562.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:NGC_4565_and_4562.jpg)

CC BY 3.0

太陽系は毎秒220キロで
銀河の中を回る
何が引っ張っているのか？



*
Image: Courtesy of NASA / JPLCaltech
/ R.Hurt (SSC-Caltech)



Photo by Jsulman555,
from Wikimedia Commons http://commons.wikimedia.org/wiki/File:NGC_4565_and_4562.jpg
CC BY 3.0



* Credit: Adam Block/NOAO/AURA/NSF

250万光年



Photo by Adam Evans,
from Wikimedia Commons
[http://en.wikipedia.org/wiki/Andromeda_Galaxy#/media/File:Andromeda_Galaxy_\(with_h-alpha\).jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/Andromeda_Galaxy#/media/File:Andromeda_Galaxy_(with_h-alpha).jpg)
CC BY 2.0



* Photo by Paul Mortfield and Dietmar Kupke/Flynn Haase/NOAO/AURA/NSF

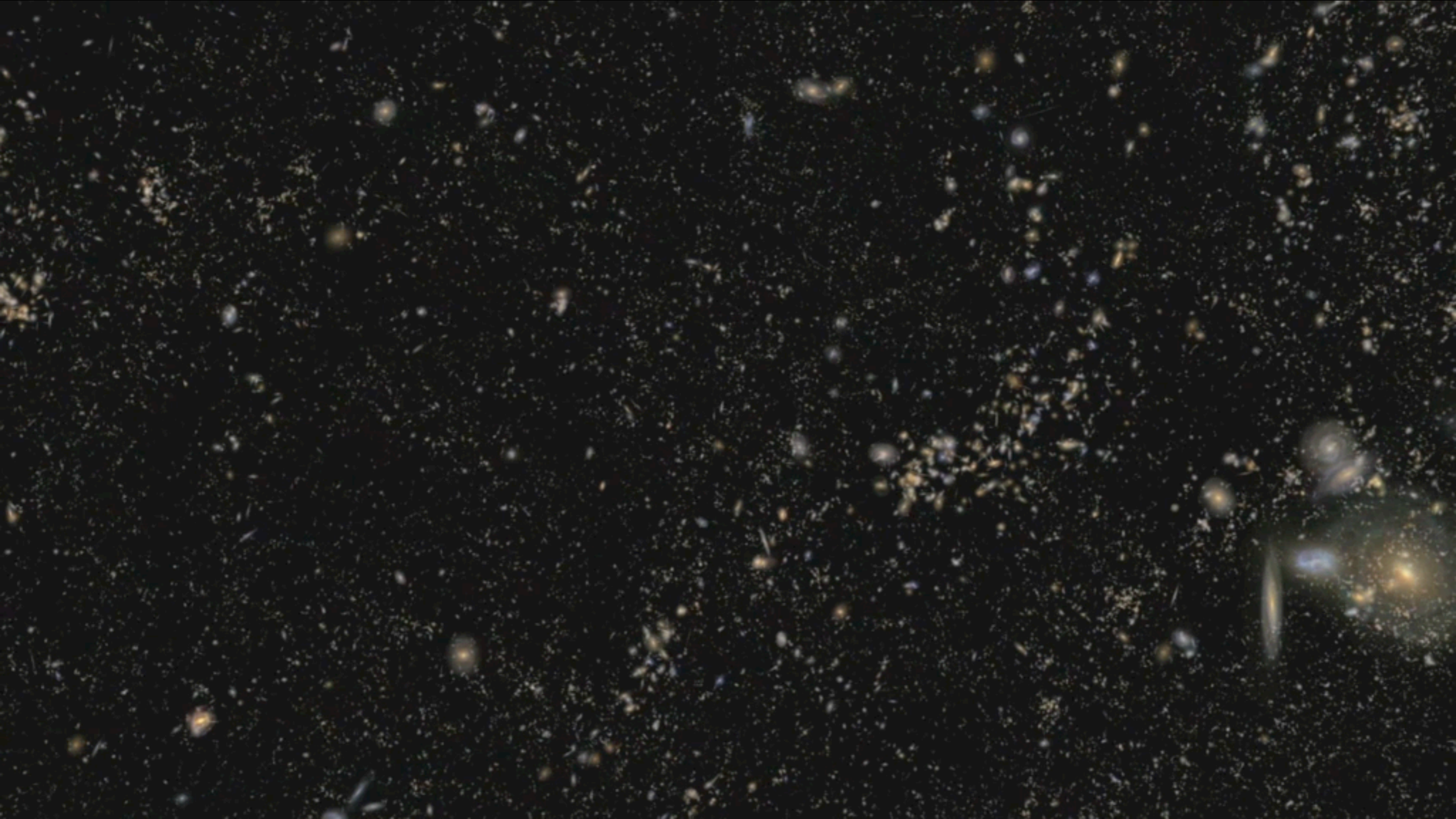
銀河團



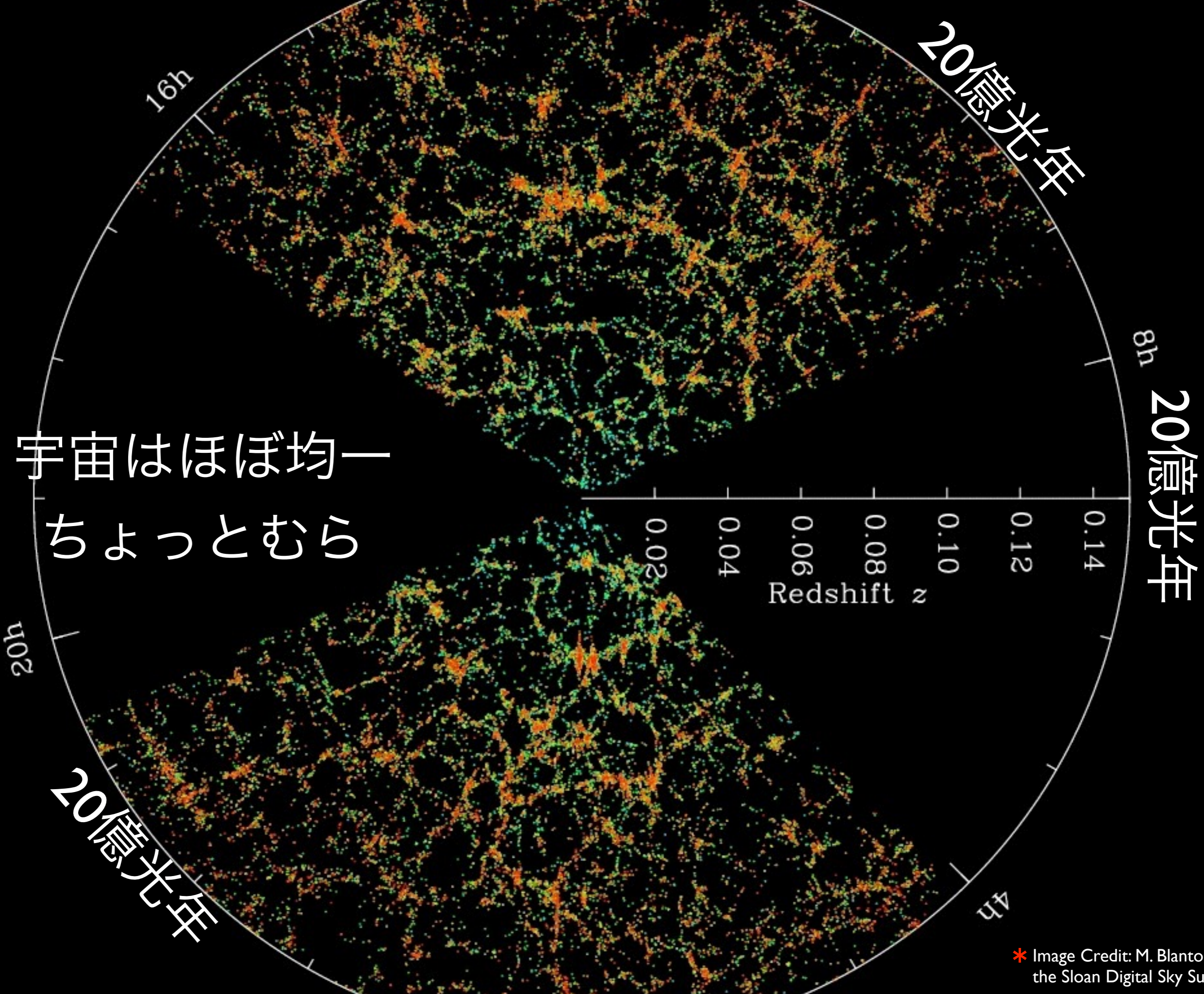
*
Photo by NASA, Andrew
Fruchter and the ERO Team
(STScI)

Abell 2218
21億光年

* Movie Credit: Miguel A. Aragón (Johns Hopkins University), Mark SubbaRao (Adler Planetarium), Alex Szalay (Johns Hopkins University), Yushu Yao (Lawrence Berkeley National Laboratory, NERSC), and the SDSS-III Collaboration



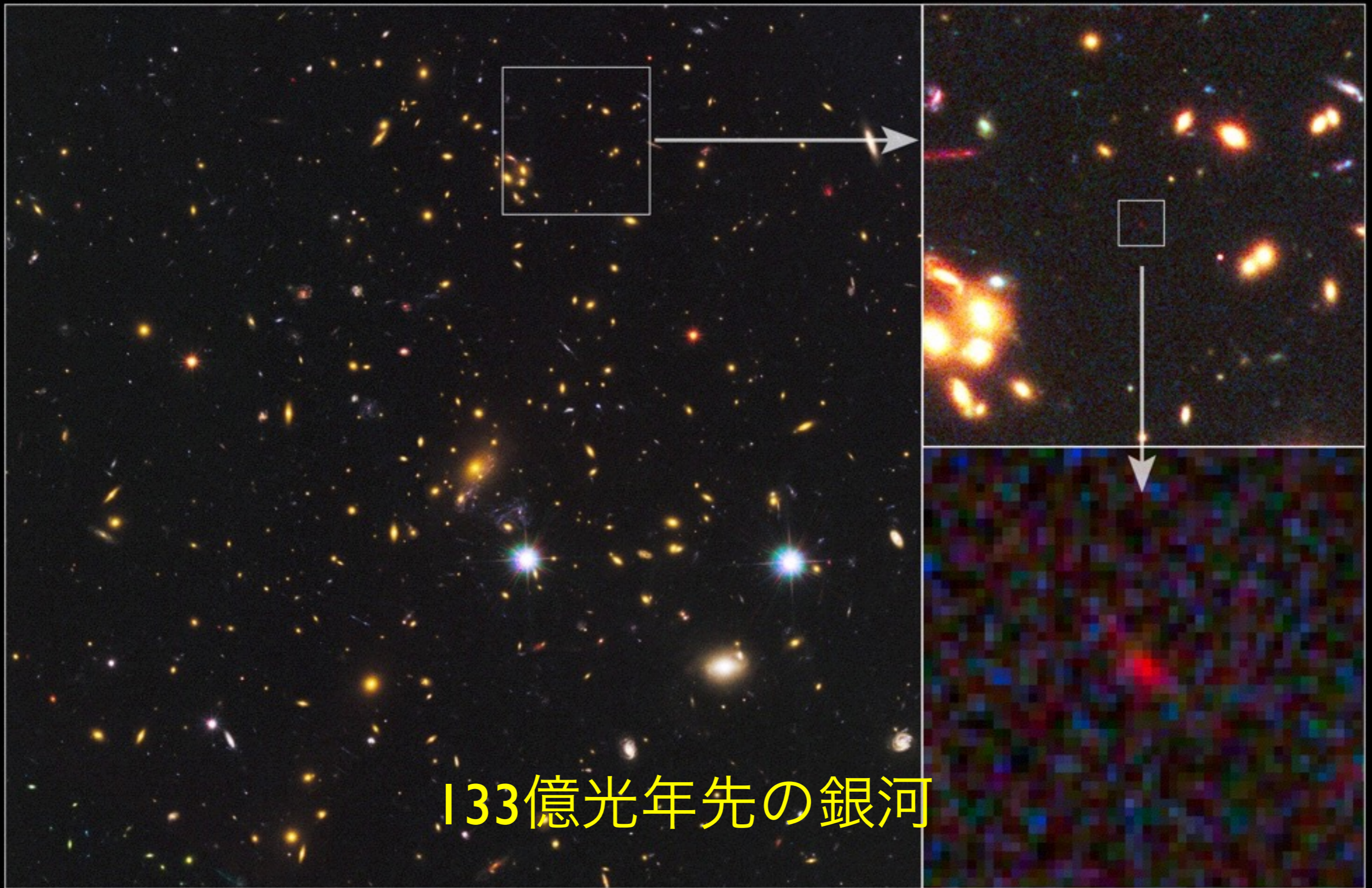
観測に基づいた銀河の3次元地図の中を飛行



* Image Credit: M. Blanton and the Sloan Digital Sky Survey



*
Photo by: NASA /
ESA / S. Beckwith
(STScI) / the HUDF
Team



133億光年先の銀河

Galaxy Cluster MACS J1149+2223

High-Redshift Galaxy MACS1149-JD

A Distant Gravitationally-Lensed Galaxy at Redshift = 9.6

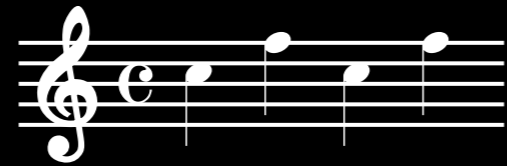
Hubble Space Telescope • ACS • WFC3

NASA / ESA / STScI / J. Hora (Harvard-Smithsonian CfA)

ssc2012-12a

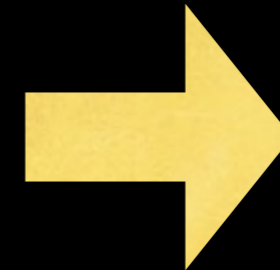
* Image Credit: NASA, ESA, W. Zheng (JHU), M. Postman (STScI), and the CLASH Team

宇宙は広がっている



- 遠くの星や銀河は赤く見える
- 近づく救急車: 高い音
- 離れる救急車: 低い音
- 離れる星: 低い赤い光

CC BY-SA 2.5



CC BY-SA 2.5

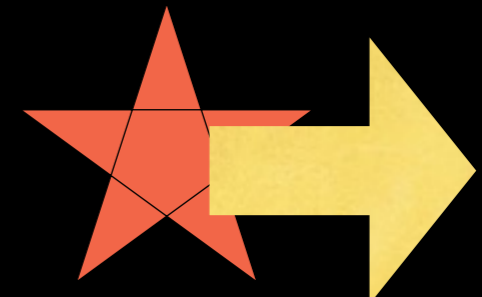
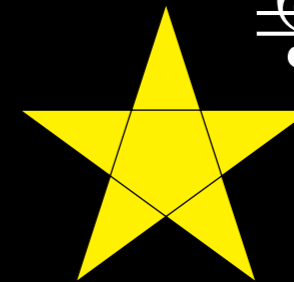
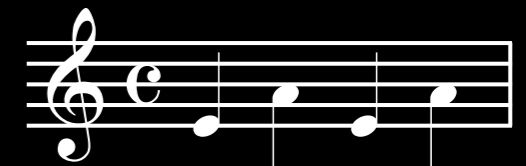
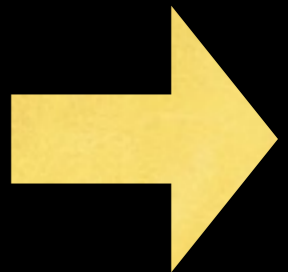
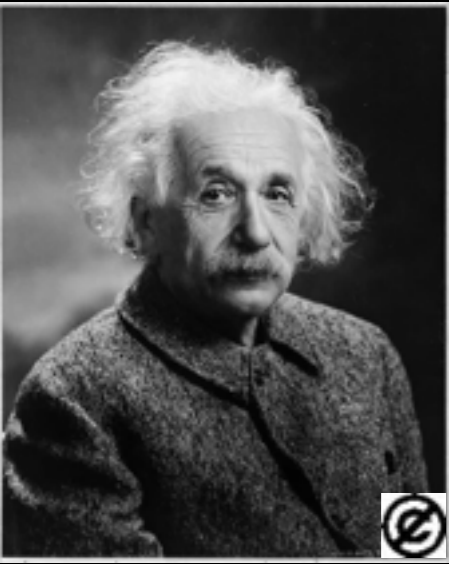


Photo (ambulance) by Eyone,
from Wikipedia http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ambulance_NYC.jpg

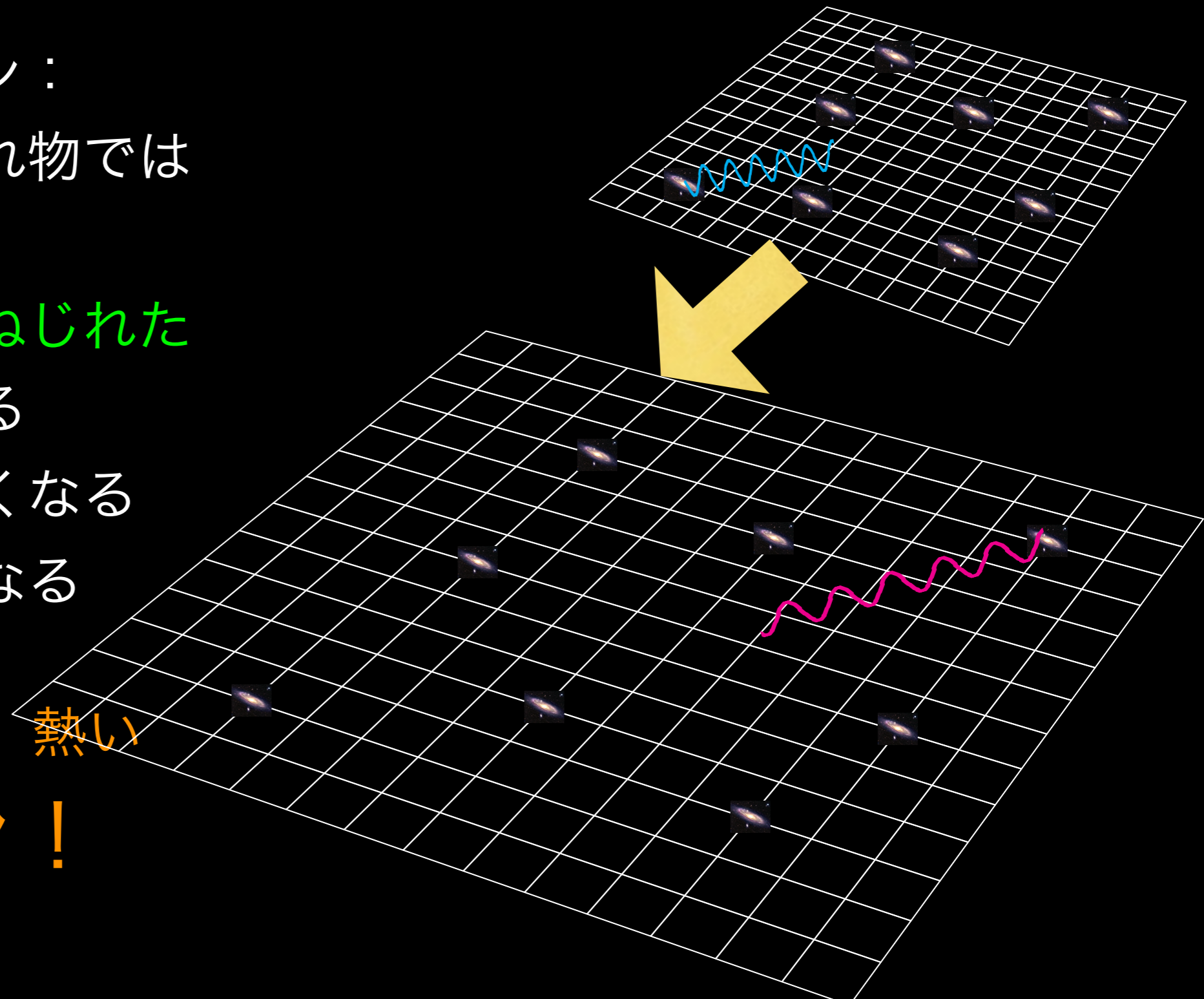
Image Credit (earth): NASA
Goddard Space Flight Center



広がる空間

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

- アインシュタイン：
宇宙は単なる入れ物ではない
- 箱が曲がったりねじれたり
り広がったりする
- 宇宙全体が大きくなる
- だんだん冷たくなる
- 昔はずっと小さく、**熱い**
ビッグバン!



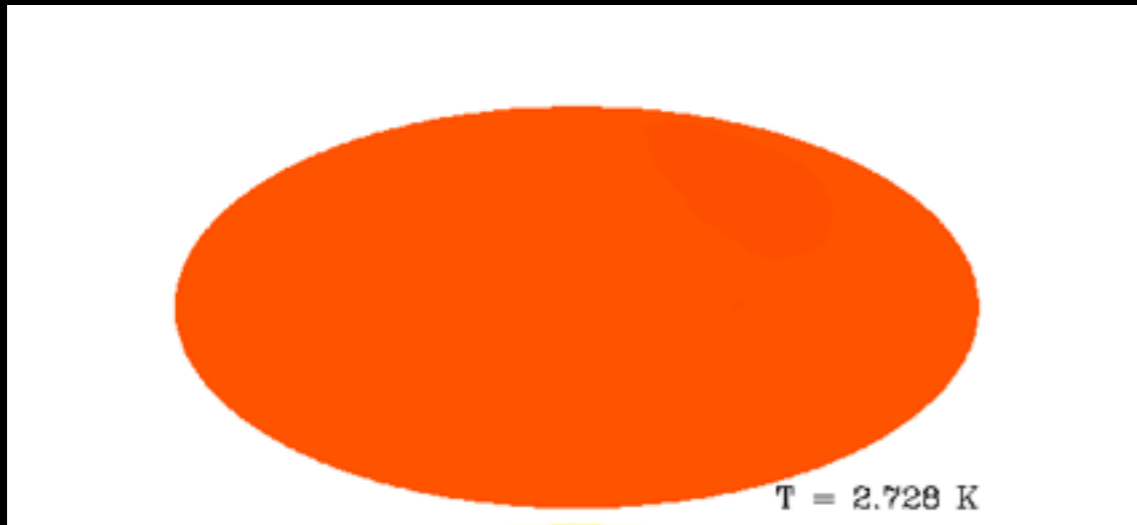
Penzias と Wilson



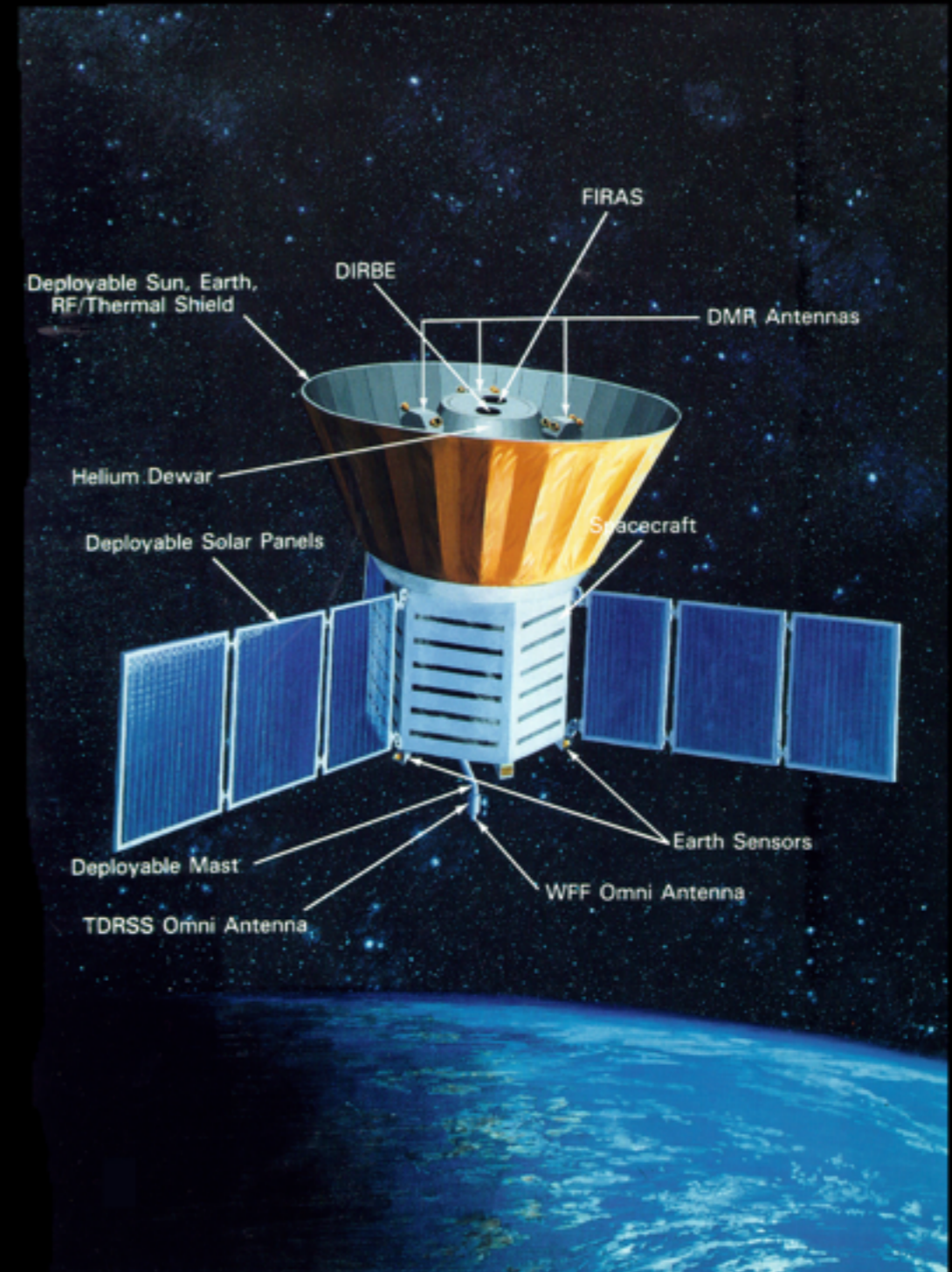
* Photo source: Emilio Segrè Visual Archives, Physics Today Collection

ビッグバンの残り火

The COBE Satellite

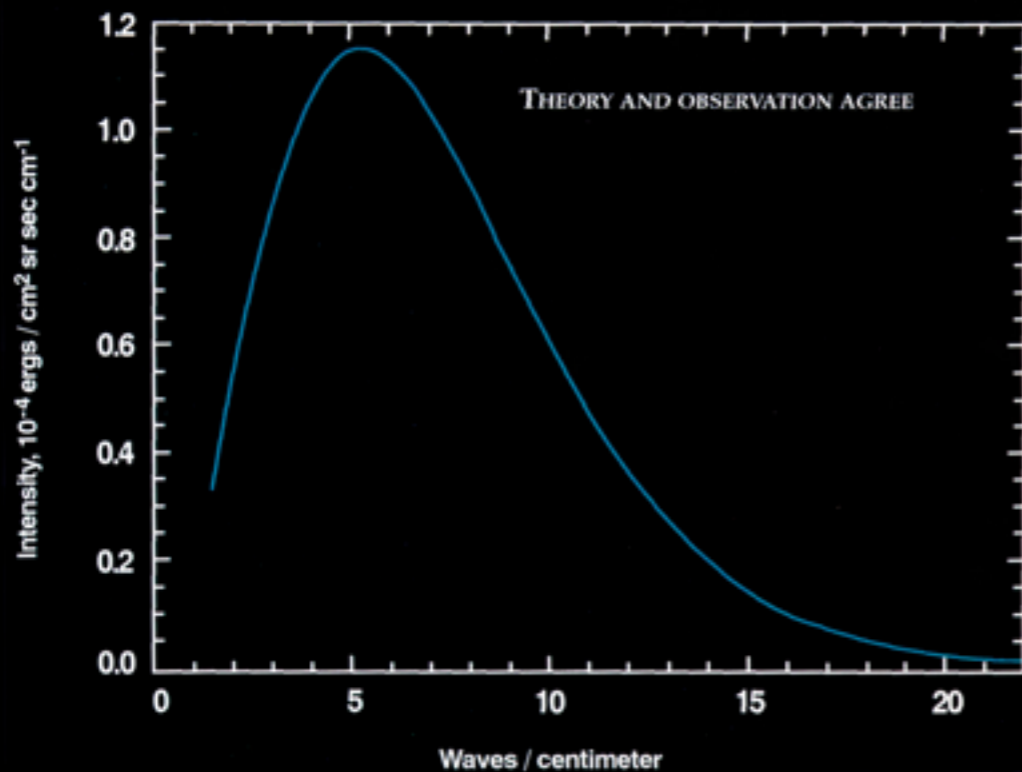


*

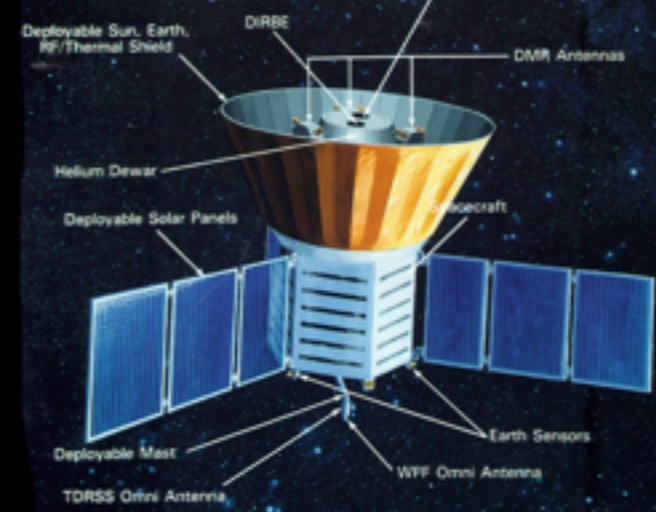
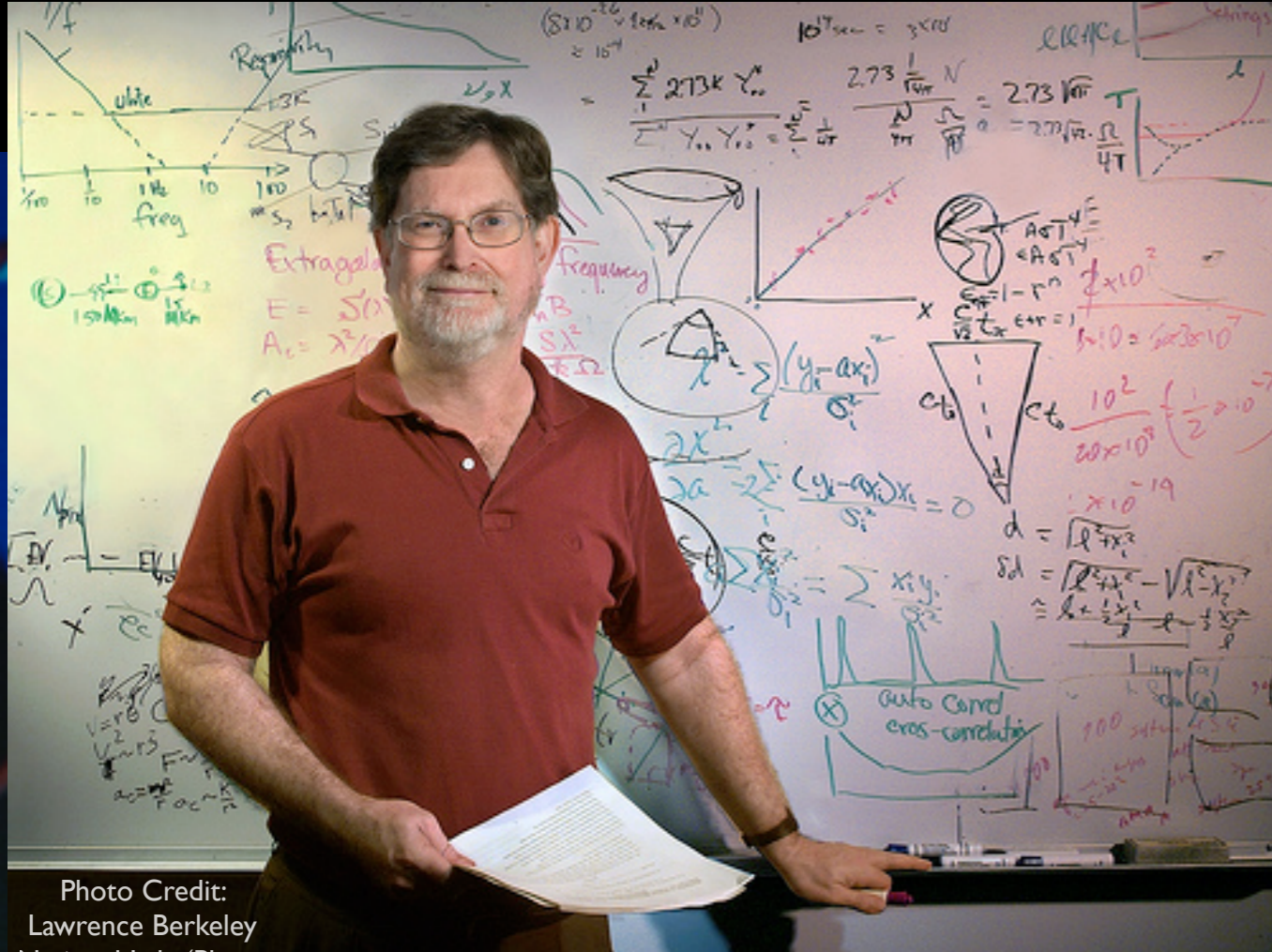


*

COSMIC MICROWAVE BACKGROUND SPECTRUM FROM COBE



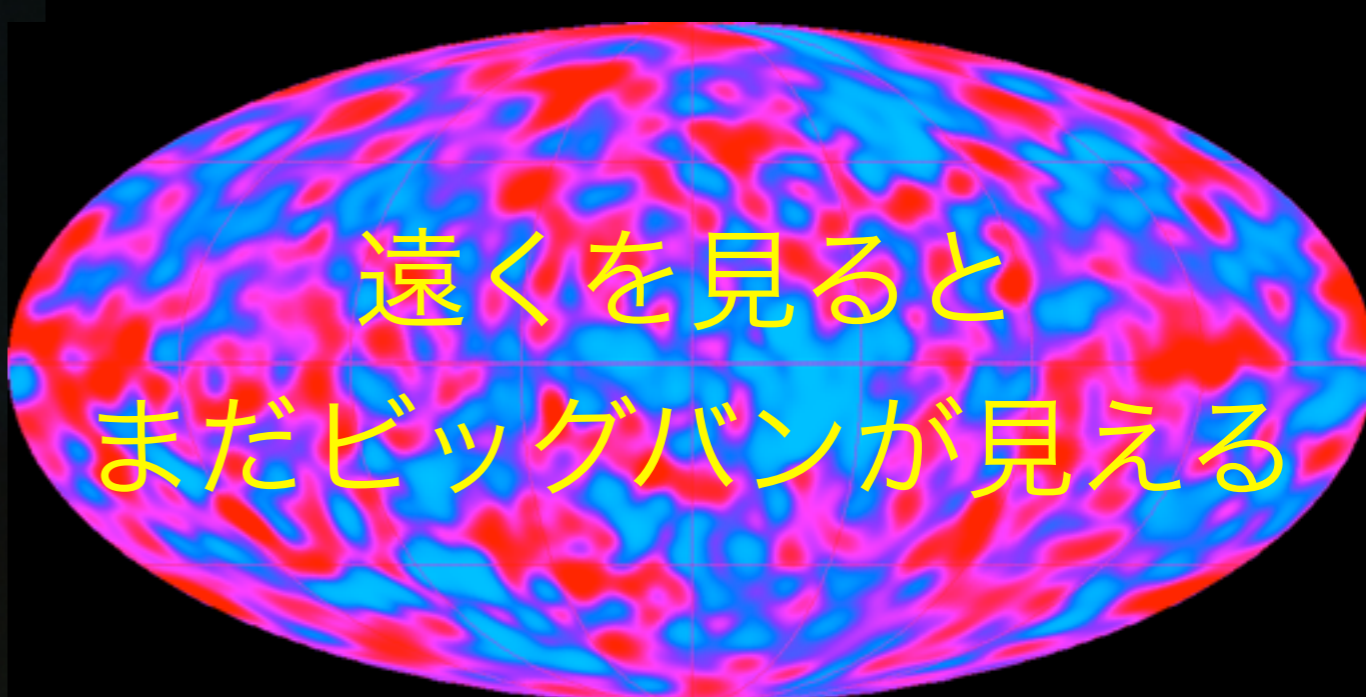
*



* Image from: COBE Slide Set (Slide 2)
http://lambda.gsfc.nasa.gov/product/cobe/slide_captions.cfm

* © The Nobel Foundation

Photo Credit:
 Lawrence Berkeley
 National Lab. (Photo
 by Roy Kaltschmidt)
 CC BY-NC-ND 2.0



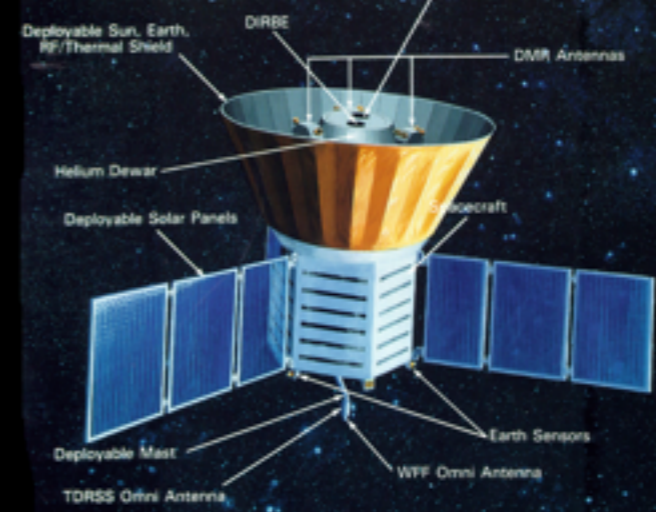
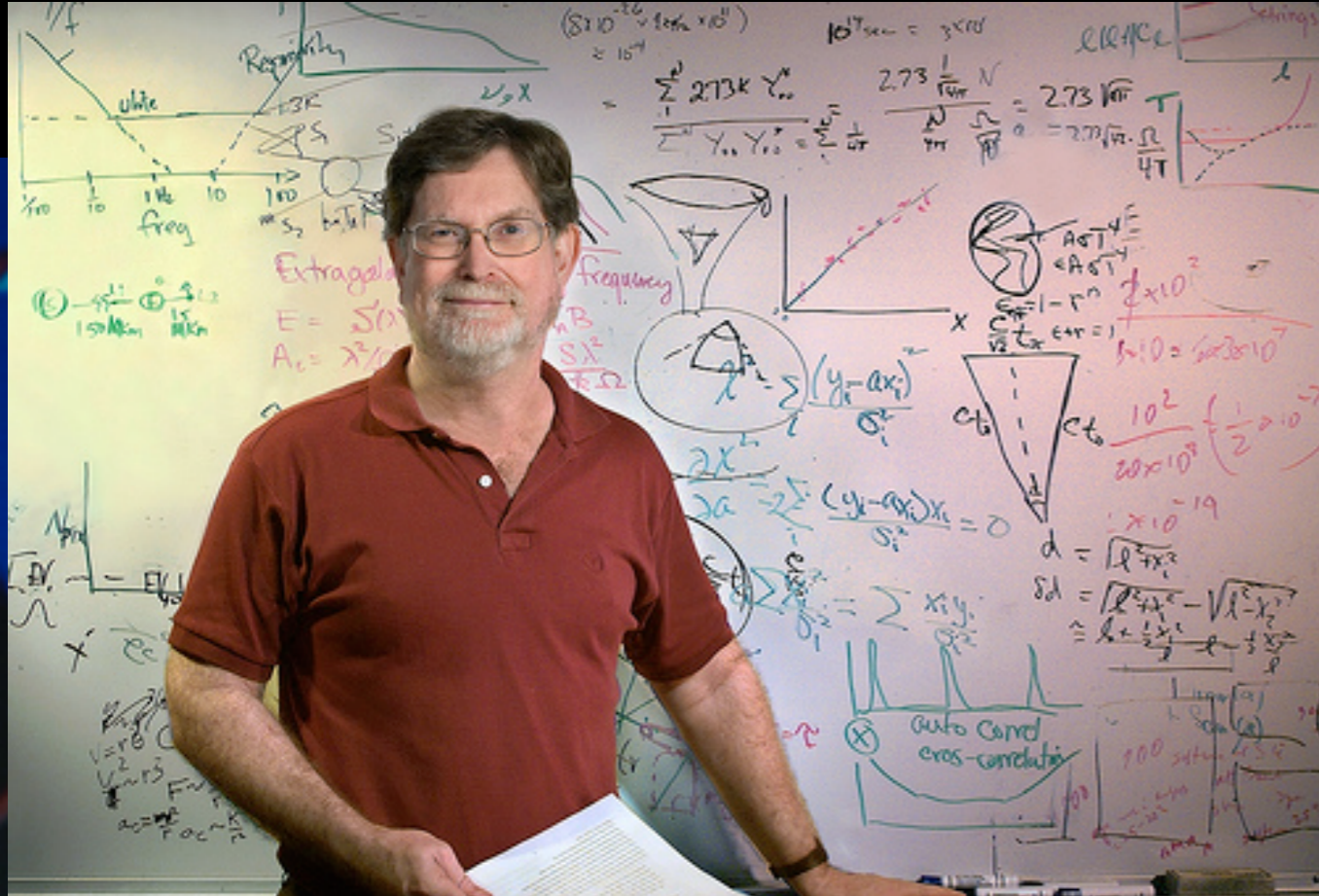
遠くを見ると
 まだビッグバンが見える

* Image from:
 COBE Slide Set (Slide 28)
http://lambda.gsfc.nasa.gov/product/cobe/slide_captions.cfm



138億光年先
 = 138億年前

* Photo Credit: NASA



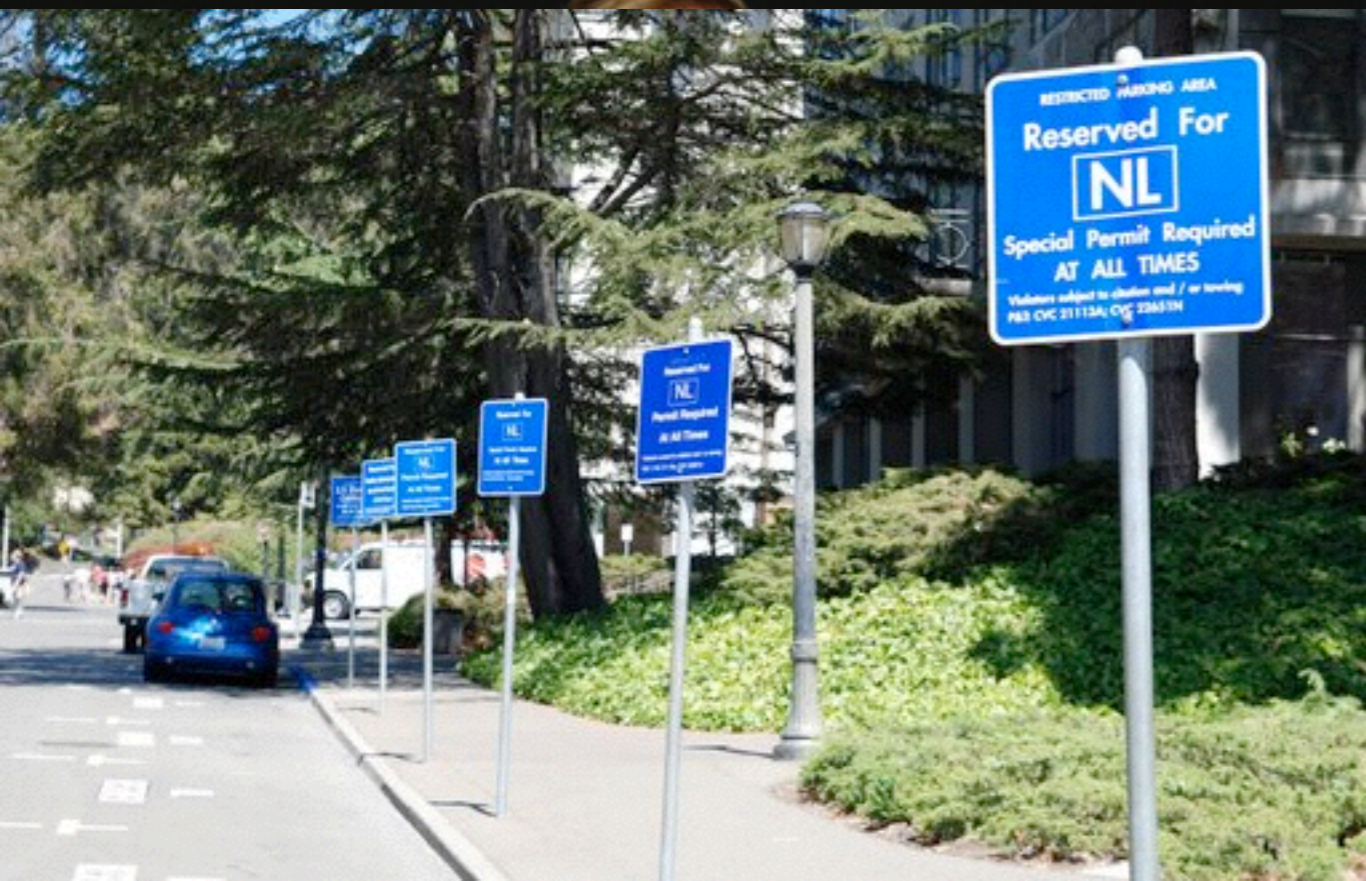
* Image from: COBE Slide Set (Slide 2)
http://lambda.gsfc.nasa.gov/product/cobe/slide_captions.cfm

* © The Nobel Foundation

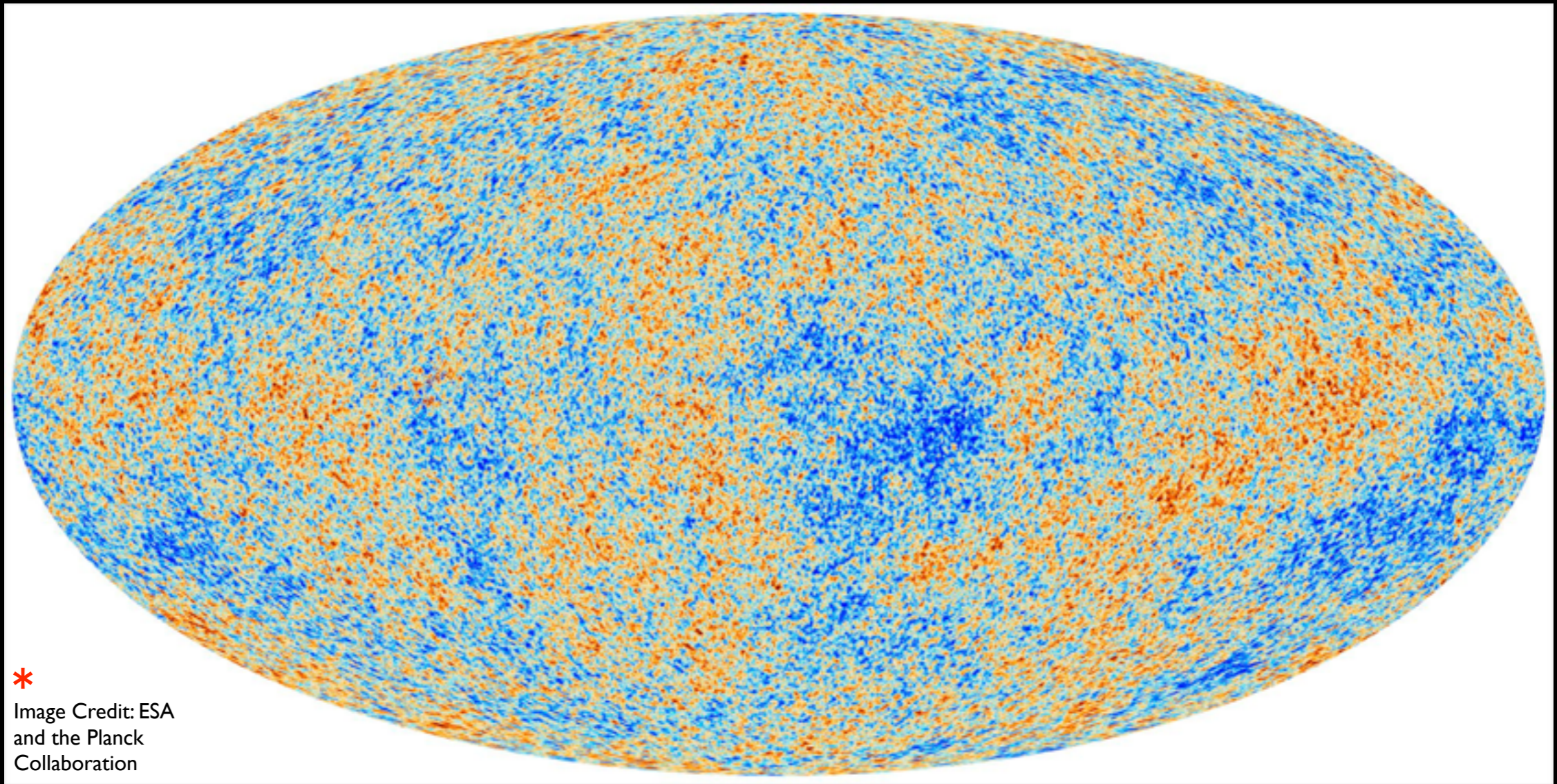
Photo Credit:
 Lawrence Berkeley National Lab. (Photo by Roy Kaltschmidt)
 CC BY-NC-ND 2.0



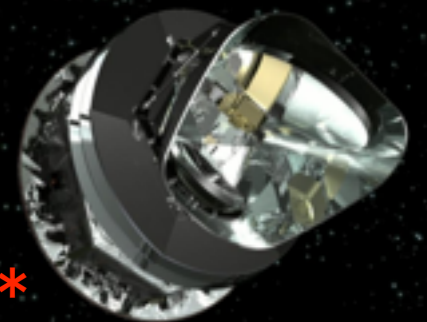
Image from:
 COBE Slide Set (Slide 28)
http://lambda.gsfc.nasa.gov/product/cobe/slide_captions.cfm

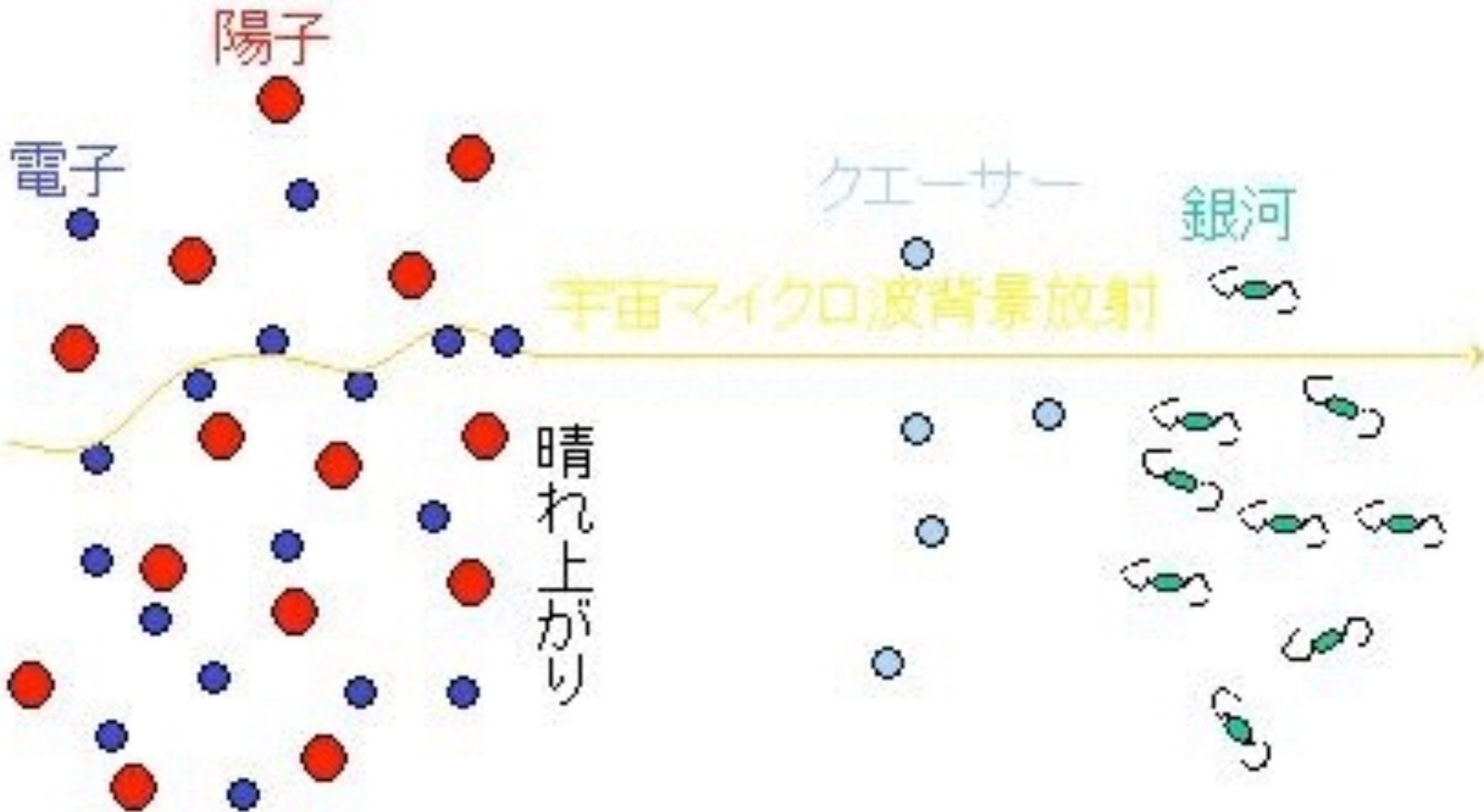


138億光年先の「壁」



これ以上向こうは決して
「見る」ことができない





ビッグバン

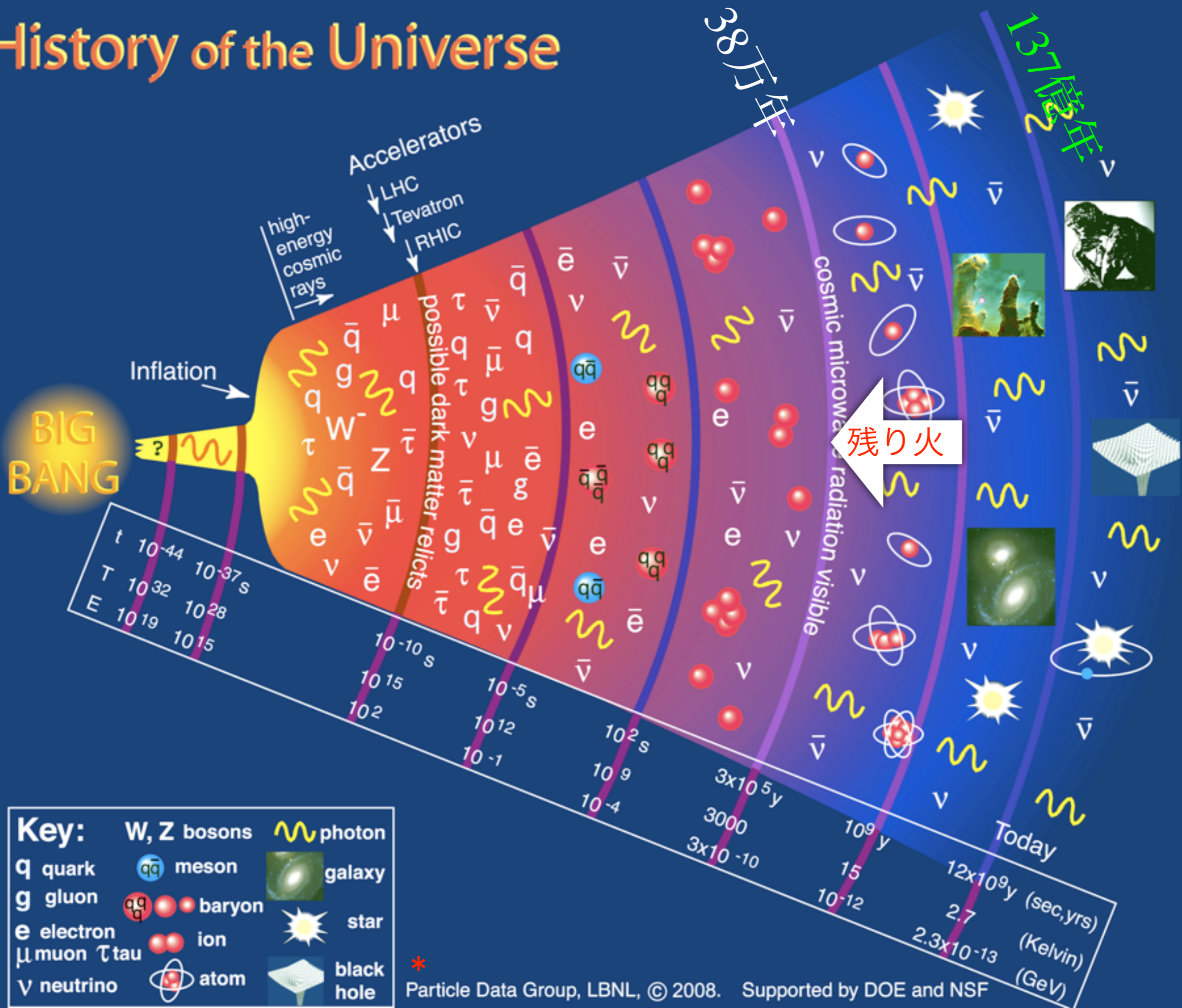
38万年

数億年

138億年

時間

History of the Universe

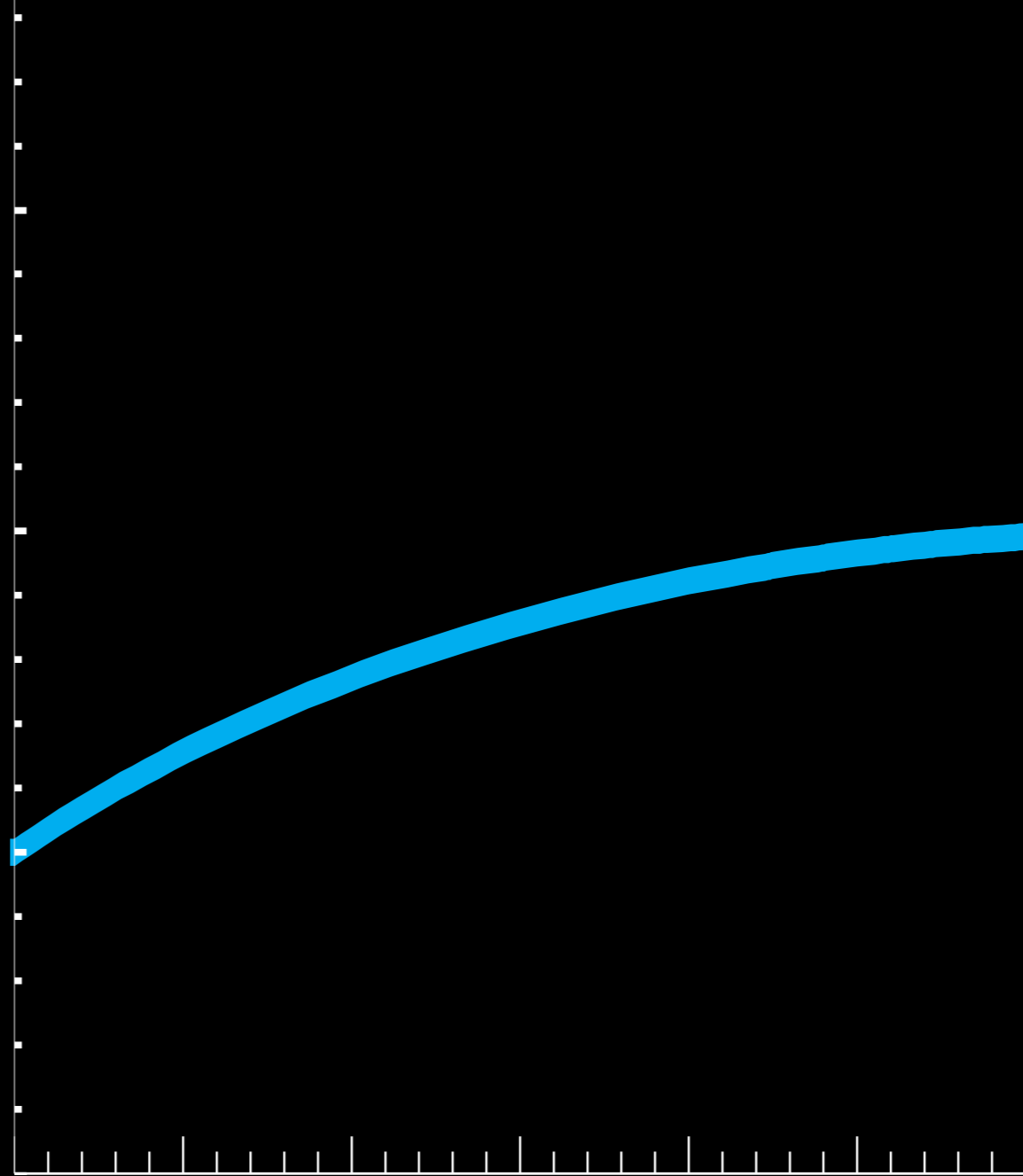
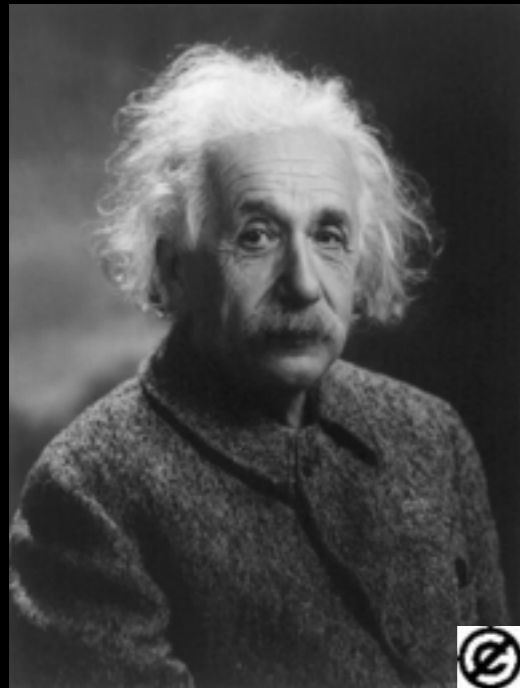


宇宙の膨張

宇宙膨張



* Image Credit: NASA Goddard Space Flight Center



減速するはず

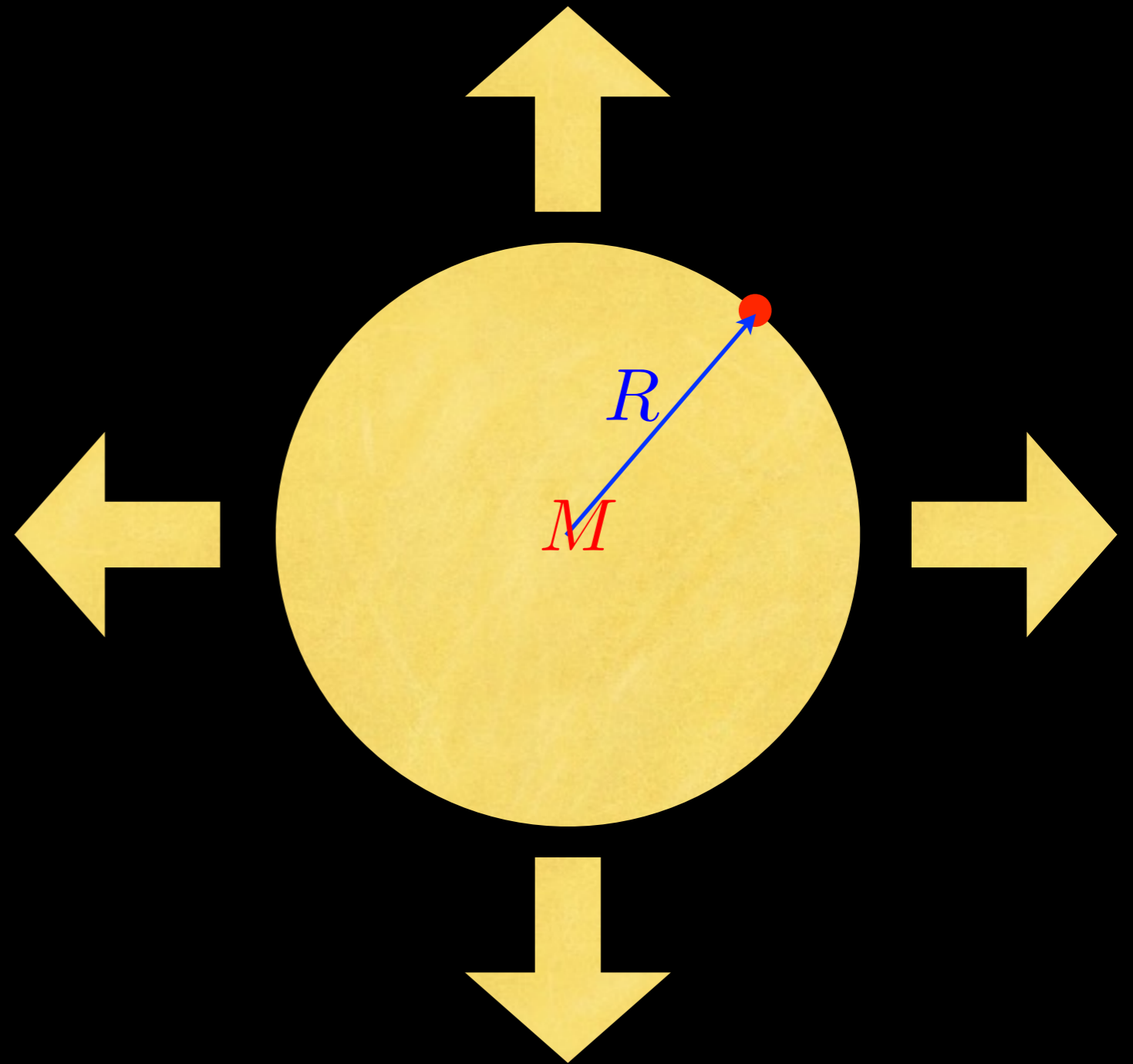
宇宙膨張の方程式

$$F = ma$$

$$F = -G \frac{Mm}{R^2}$$

$$a = \frac{d^2}{dt^2} R$$

$$\frac{d^2}{dt^2} R = -G \frac{M}{R^2}$$

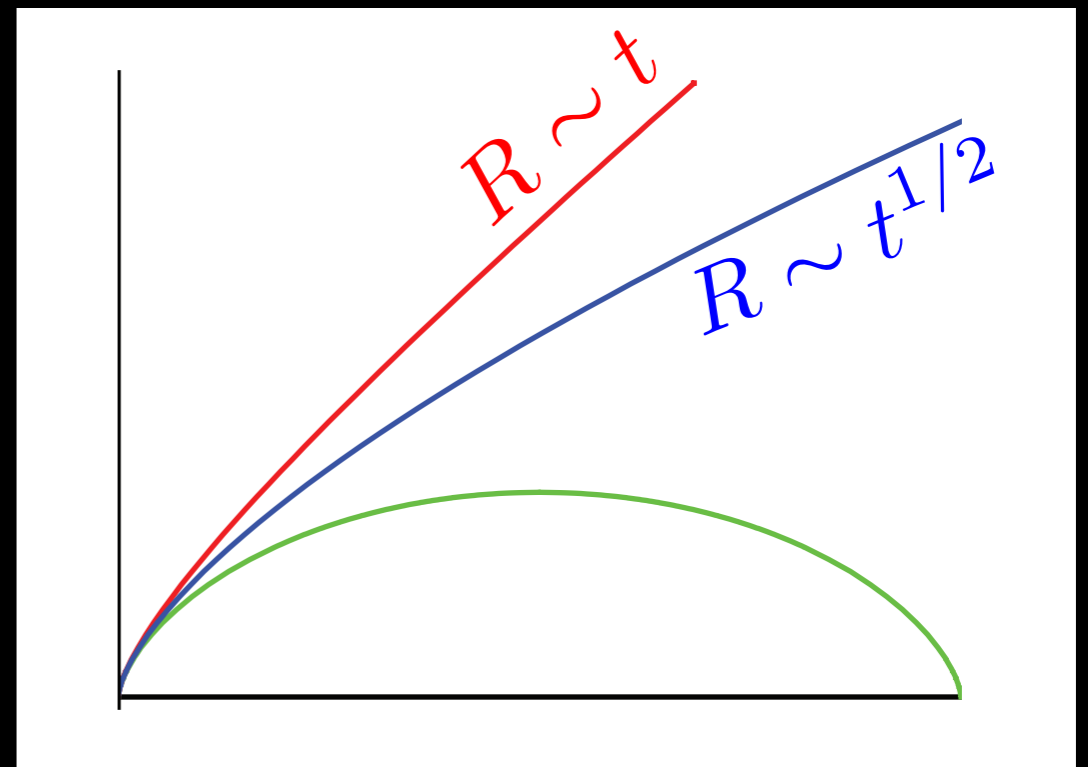


三つの運命

$$\frac{d^2}{dt^2}R = G \frac{M}{R^2}$$

- 物質の量が多いと膨張が一度止まって宇宙は縮みだす。
(ビッグクランチ)
- 物質の量が少ないと膨張はだんだんゆっくりになりながら永遠に続く

や
や
大
の
宙
中



時間

宇宙に終わりはあるのか??

元素の誕生

原子

電子

中性子

陽子

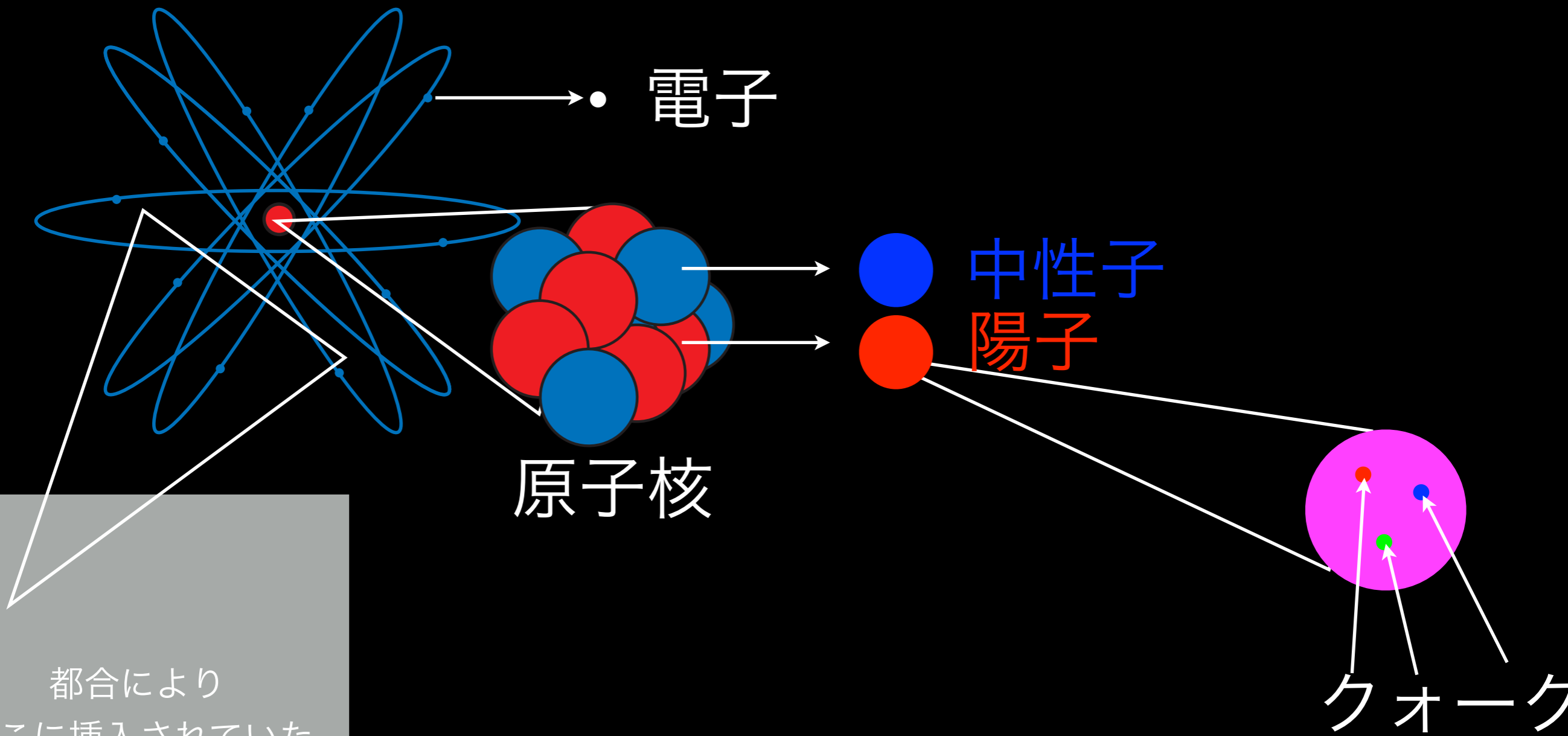
原子核

クォーク

原子核の種類が
化学元素を決めている

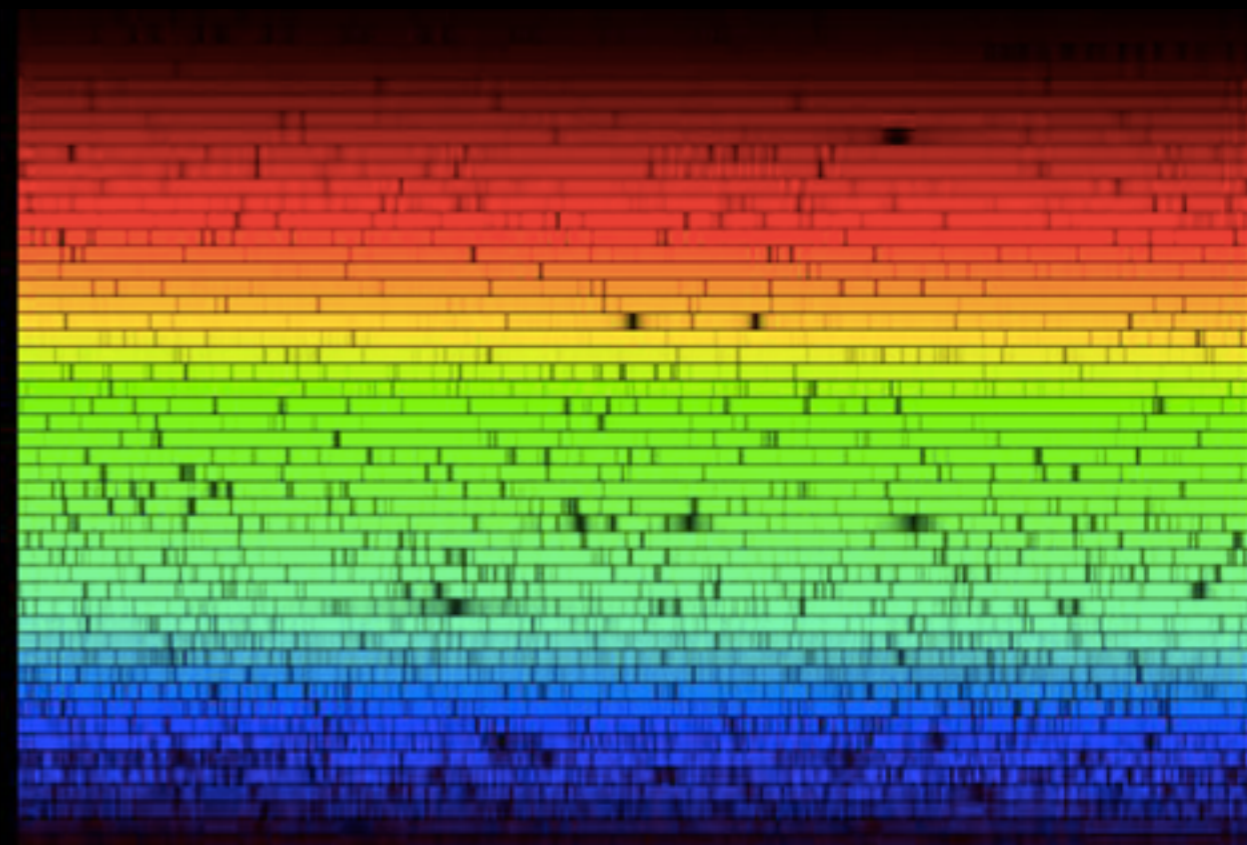
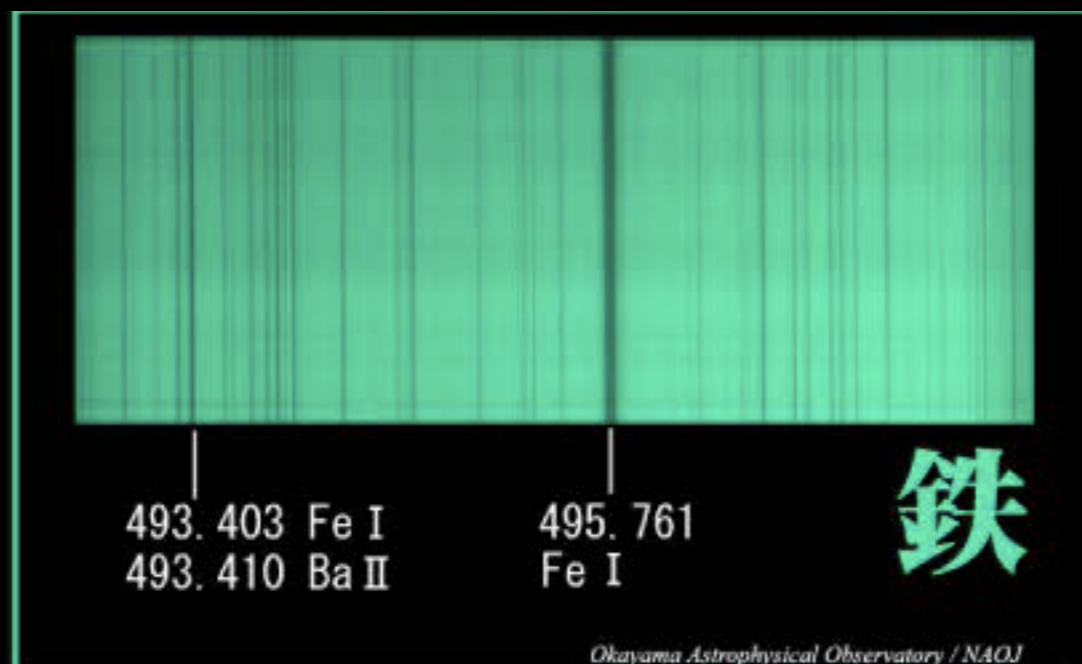
都合により
ここに挿入されていた
画像を削除しました

女の子の写真



万物は原子でできている

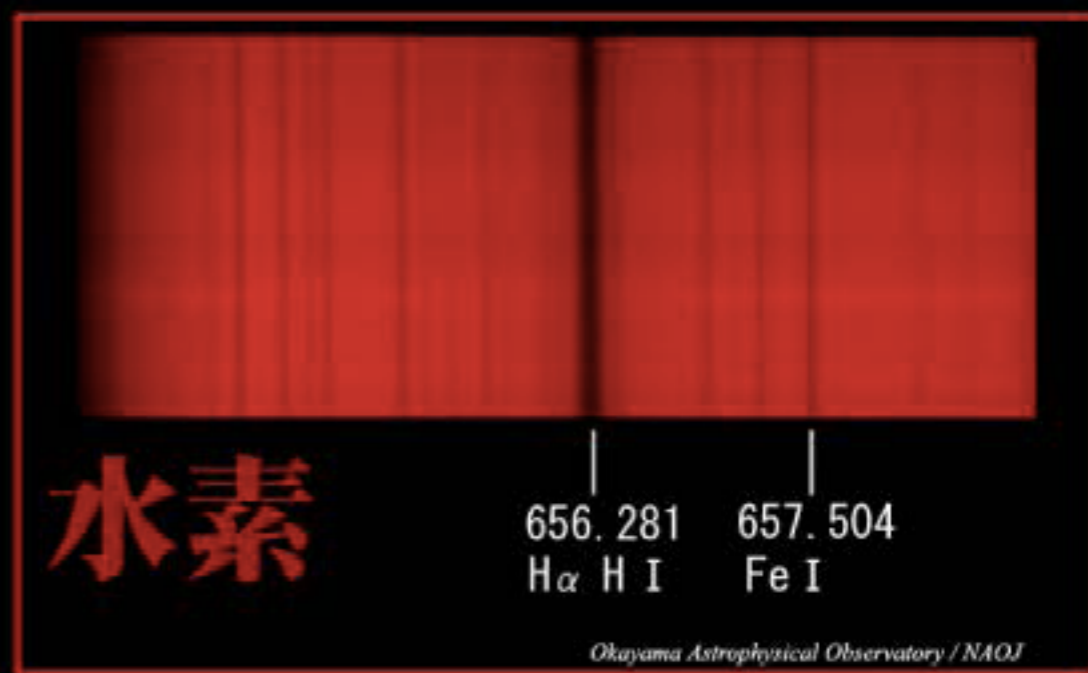
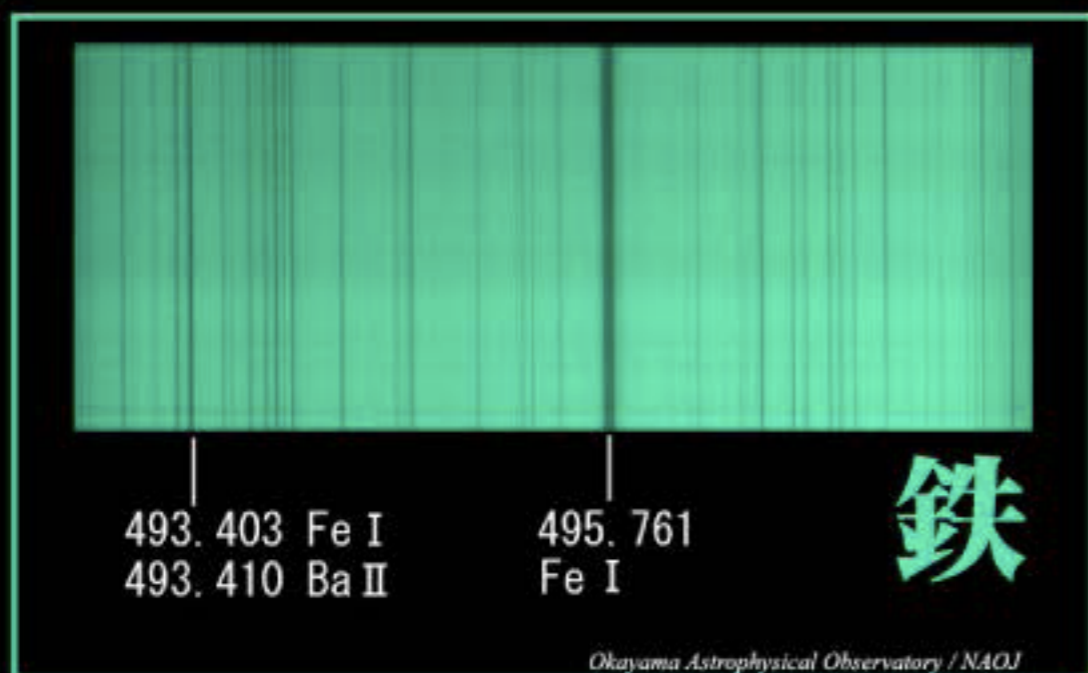
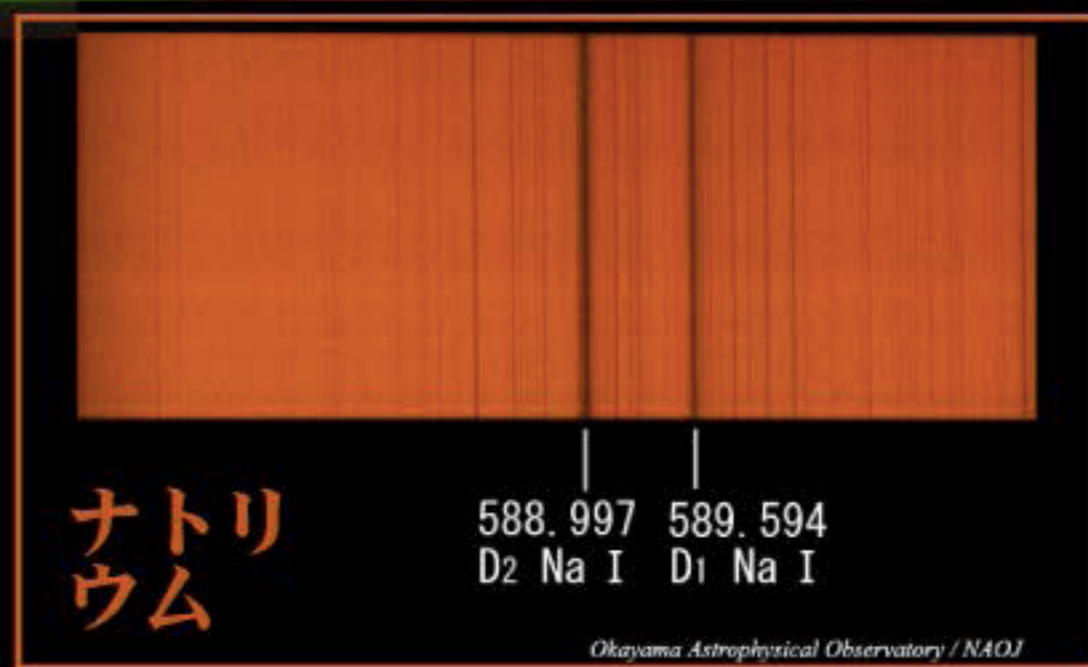
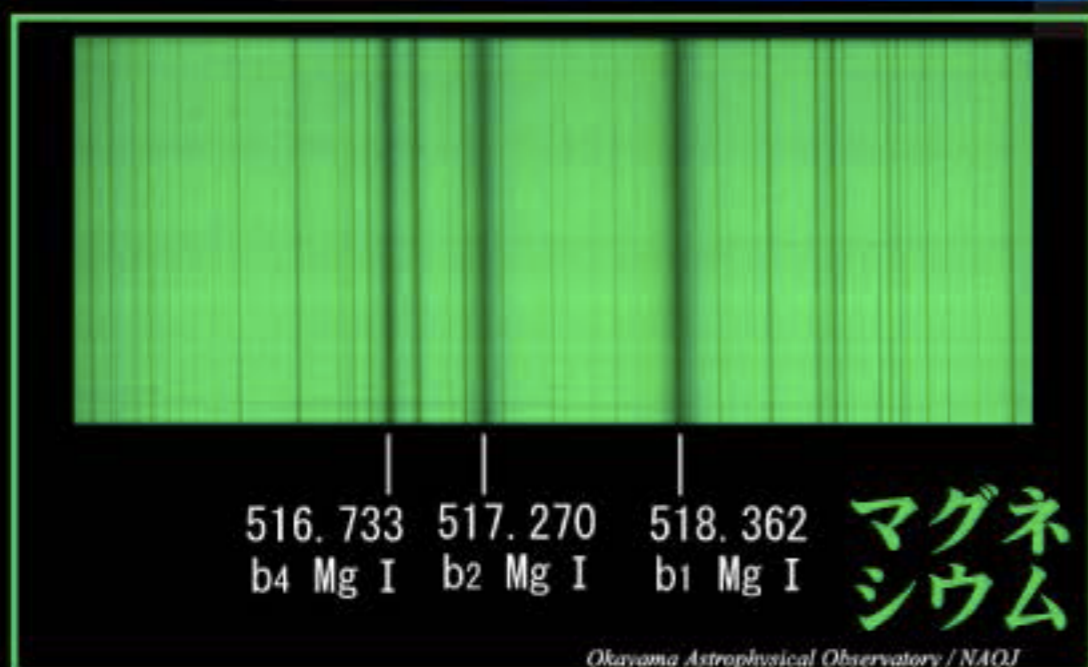
- 学校でそう習う
- 20世紀の天文学の偉大な発見：星も原子で出来ている
- 太陽からの光を分光



* Credit: N.A.Sharp, NOAO/NSO/Kitt Peak FTS/AURA/NSF

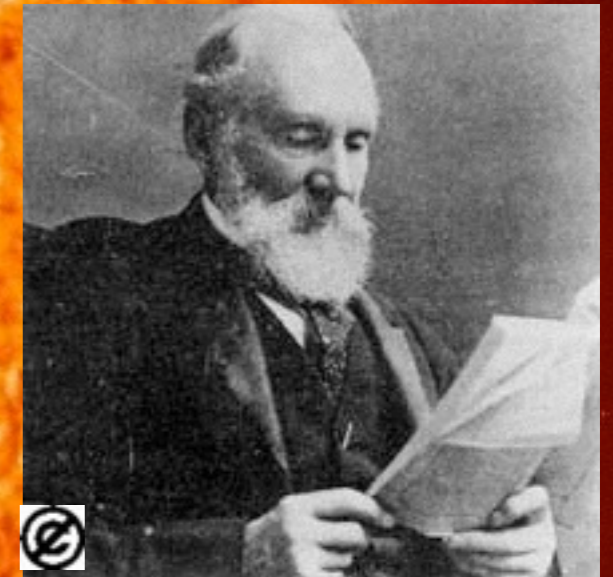
* 提供：国立天文台

太陽のスペクトル

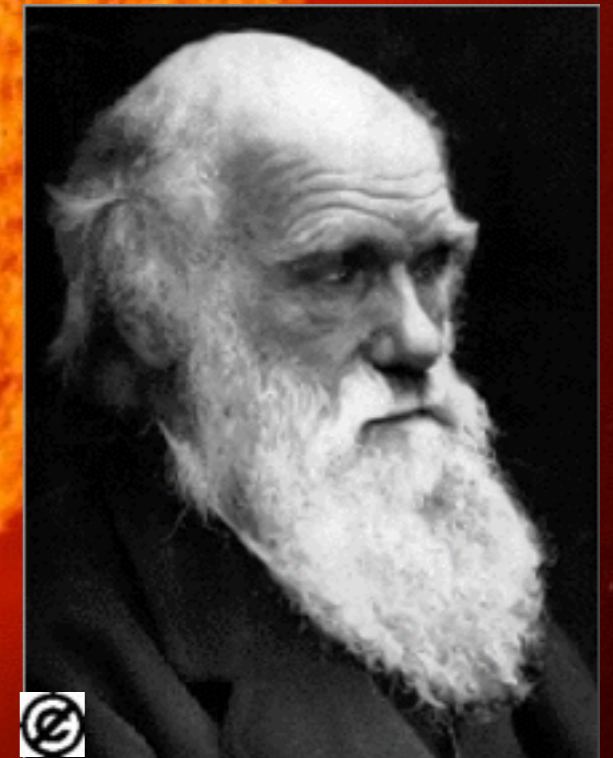


太陽はどうして光る？

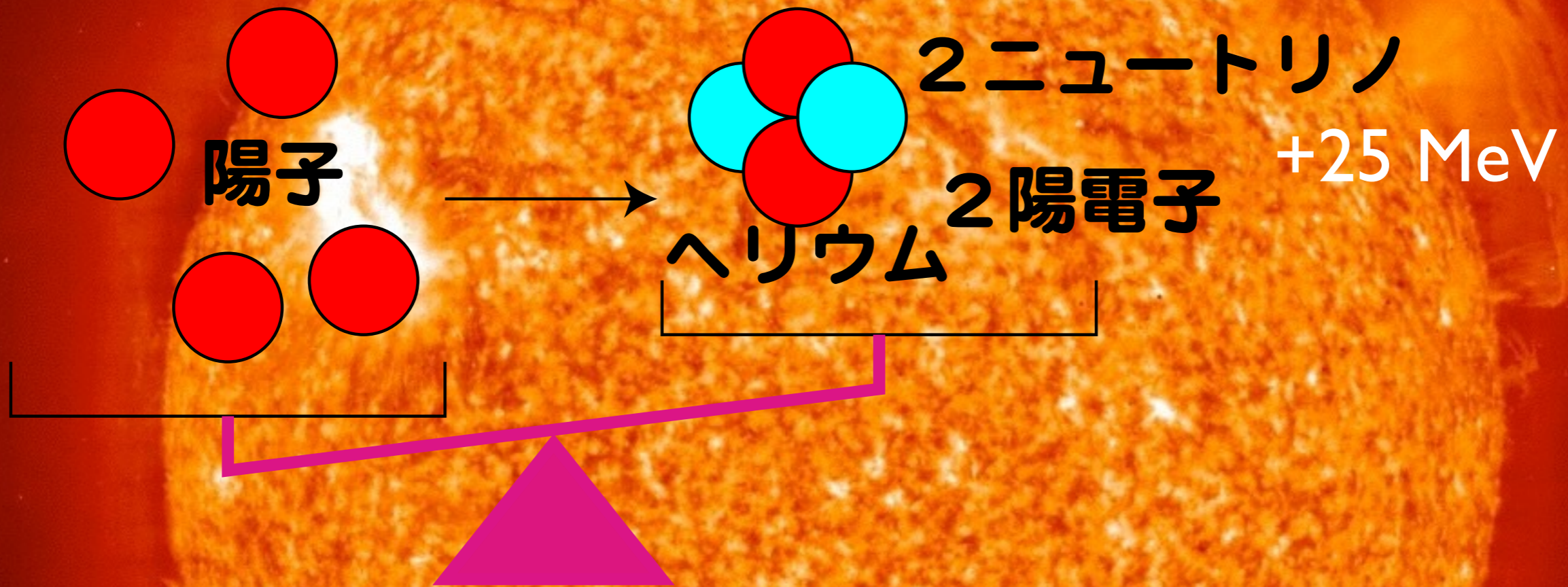
ケルビン卿：
太陽は2万年
以上持たない



ダーウィン：地質学と
生物の進化を考えると
3億年以上



原子が燃える？



$E=mc^2$
太陽は毎秒
40億キログラム

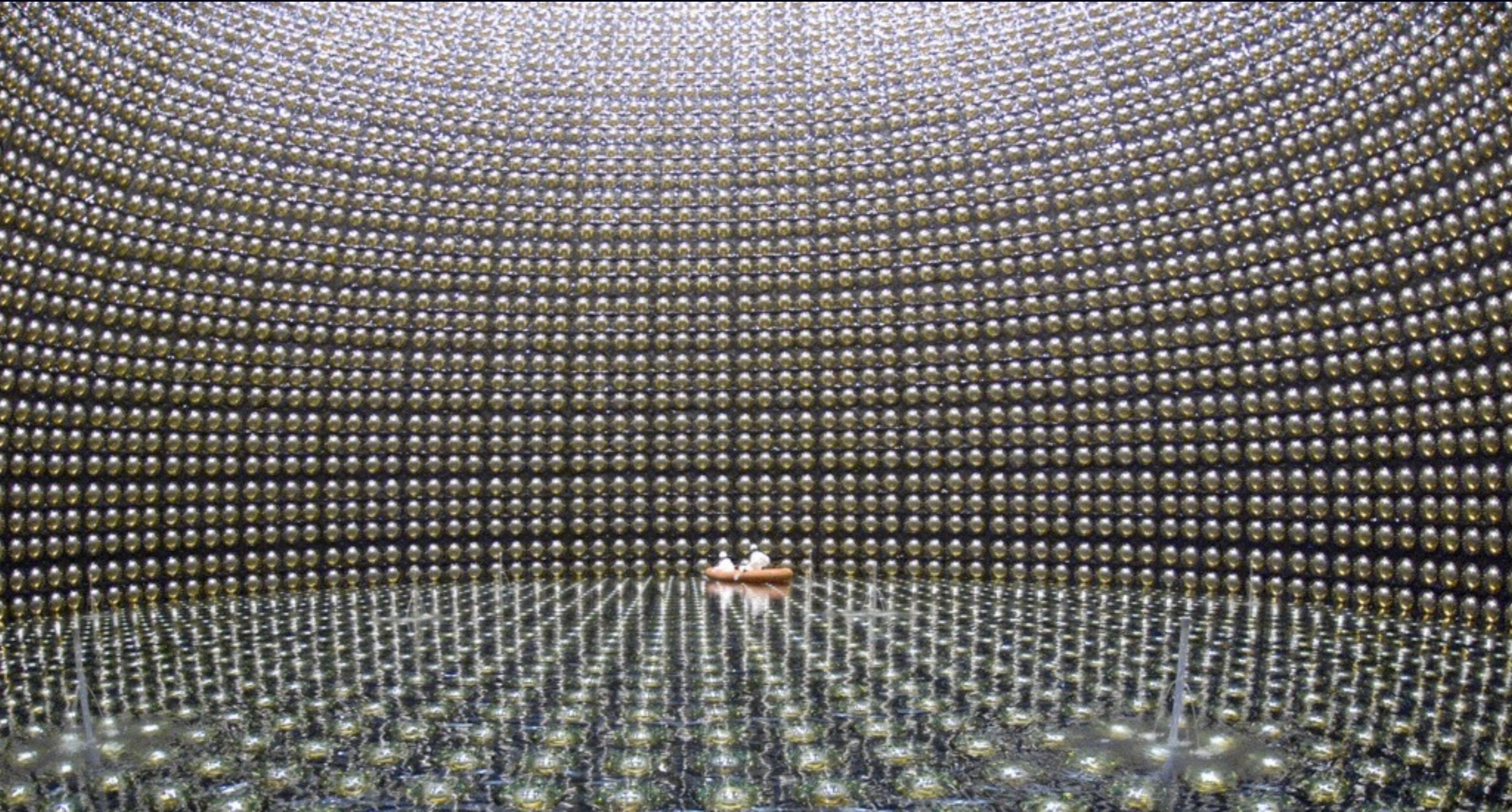
軽くなる

毎秒私たちの体を
百兆ものニュートリノが
通り抜ける

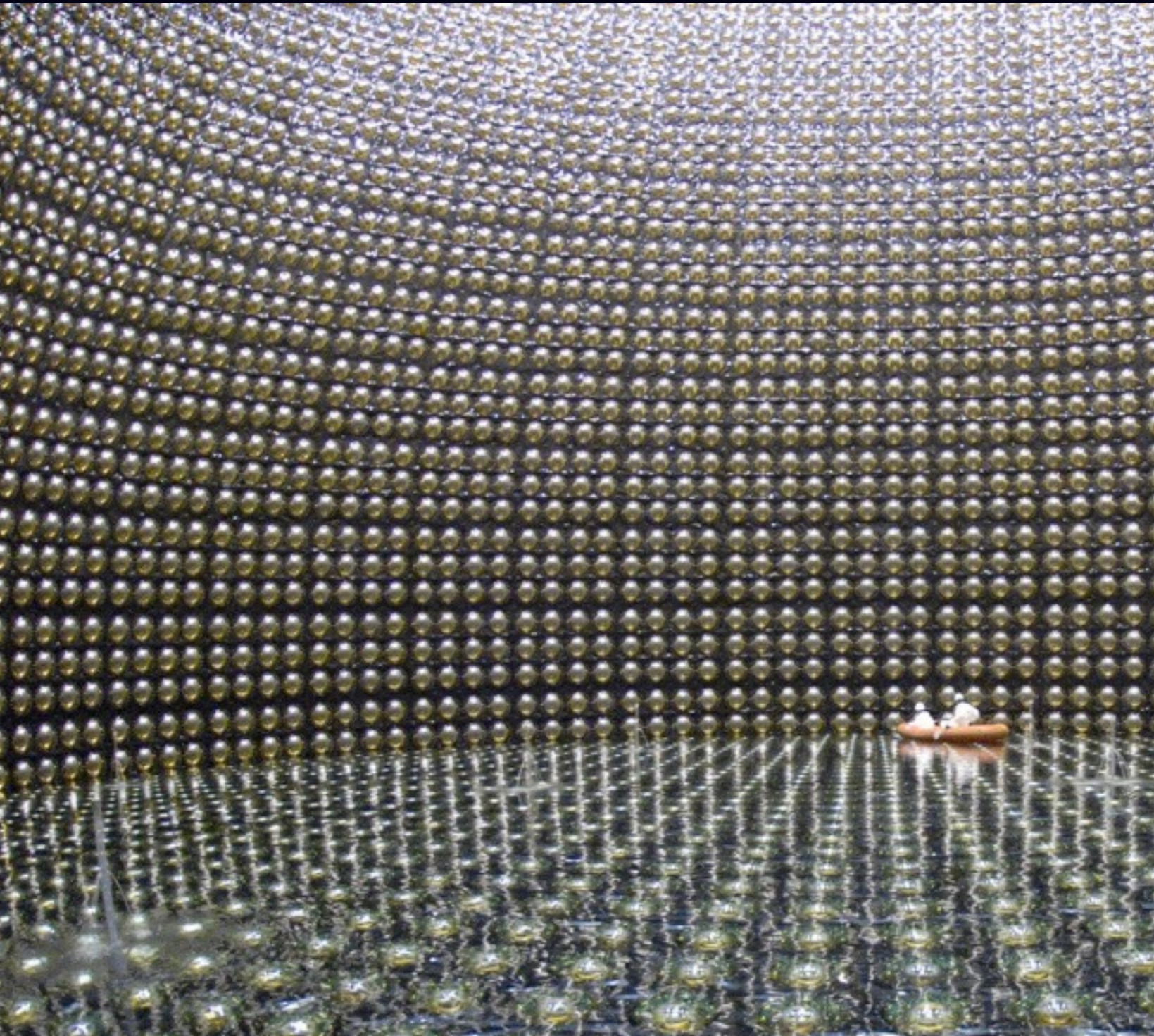
*
Image from: <http://sohowww.nascom.nasa.gov/gallery/SolarCorona/eit023.html>
Courtesy of SOHO (ESA & NASA)

見えない ニュートリノを見る

*



見えない ニュートリノ



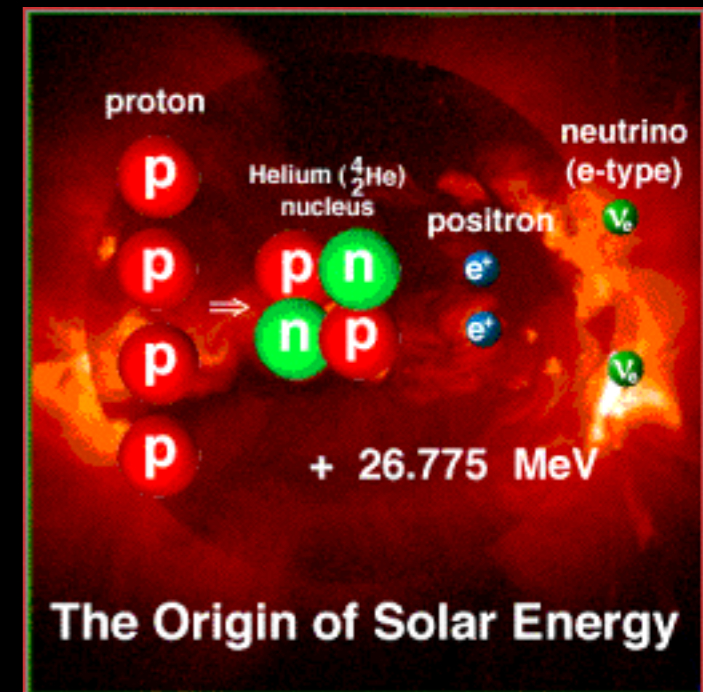
*

*

スーパーカミオカンデ
SuperK

決定的証拠

太陽の中の核融合でニュートリノができる
毎秒私たちの体を何十兆と通り抜ける



*

Image from: "ABC's of Nuclear Science", Lawrence Berkeley National Laboratory <http://www.lbl.gov/abc/Basic.html>

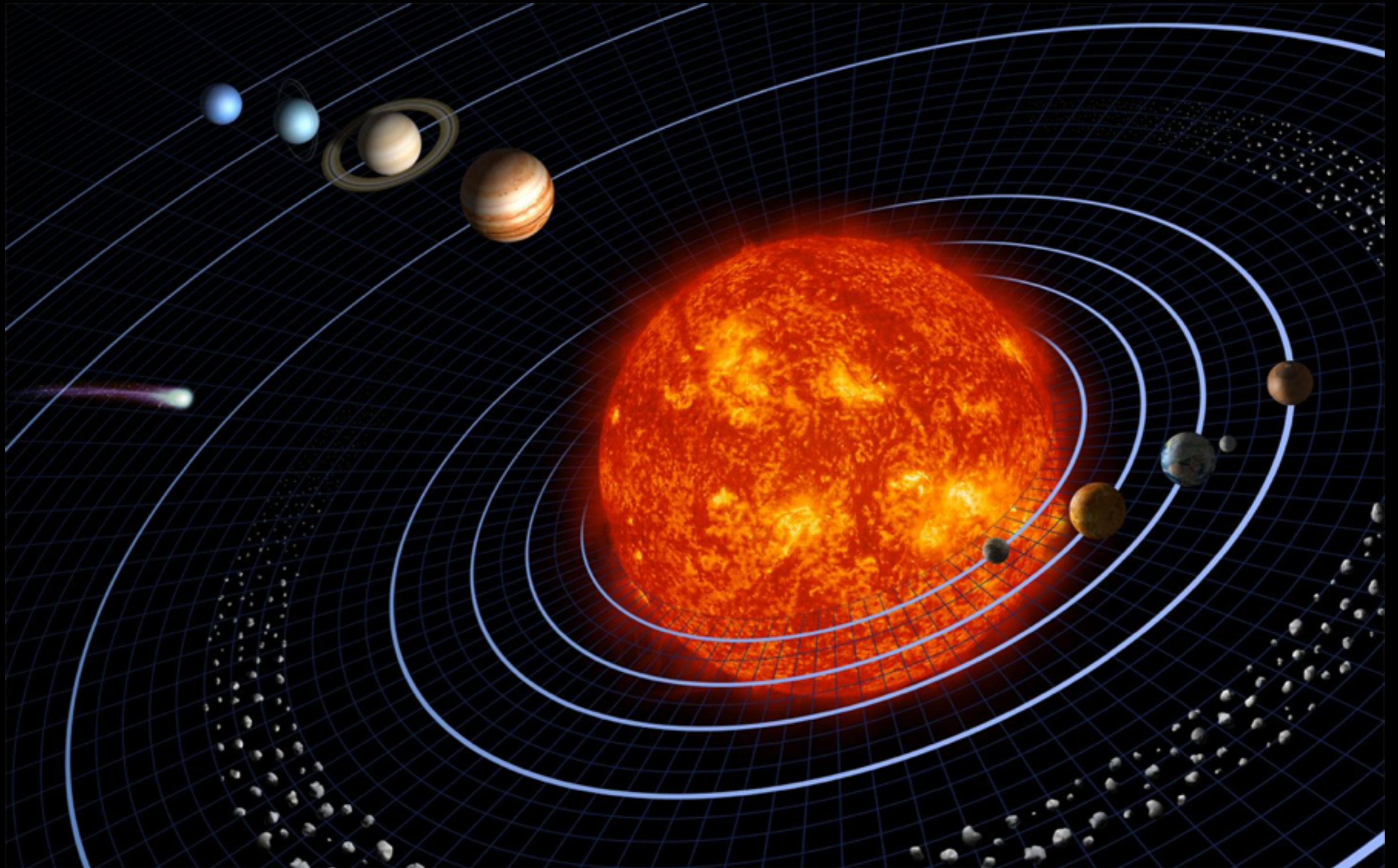


地下一キロの真っ暗闇で撮った

* Credit: R. Svoboda, University of California, Davis [for Super-Kamiokande]

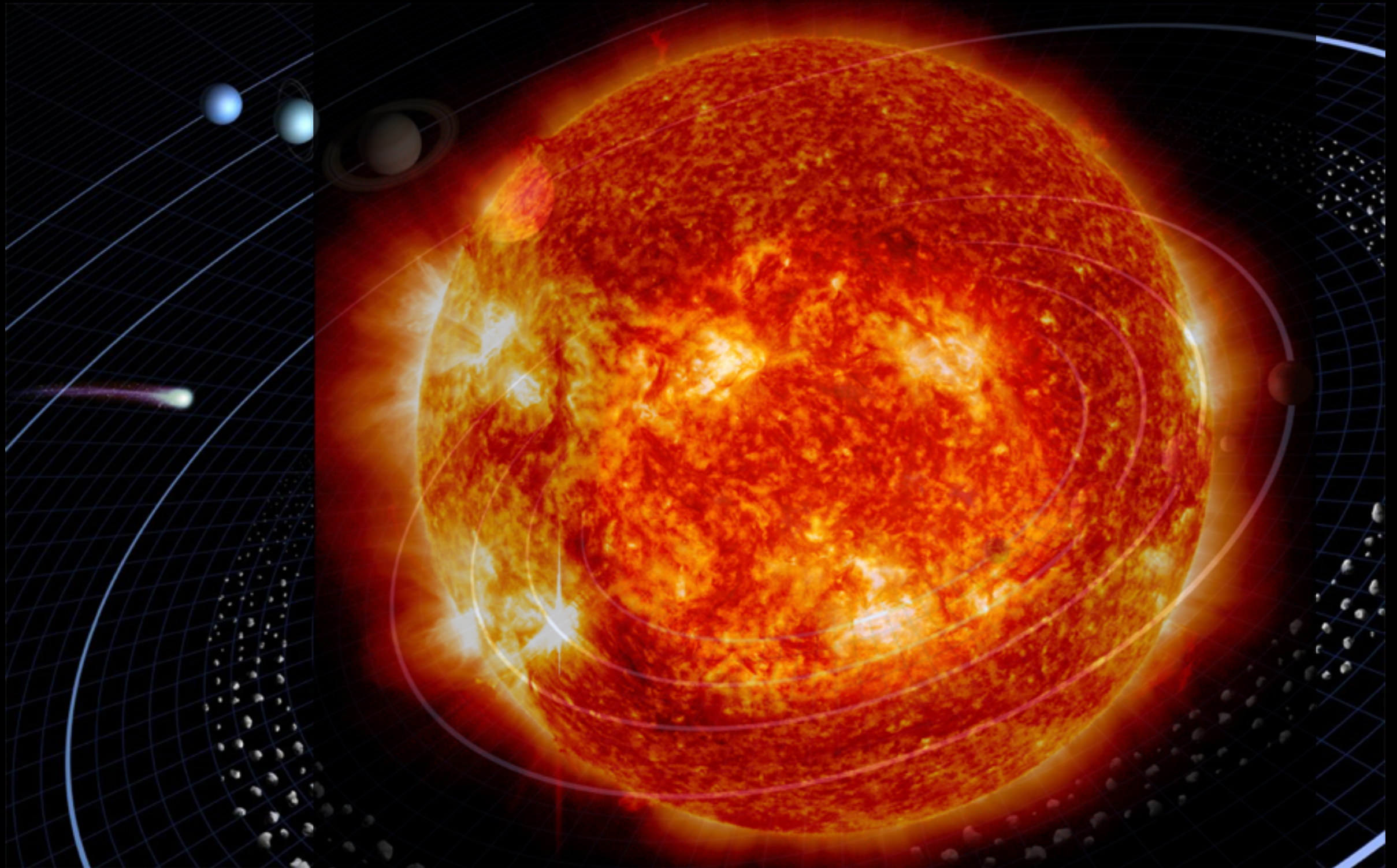
* 提供：鈴木厚人氏 (KEK)

太陽の最期



*

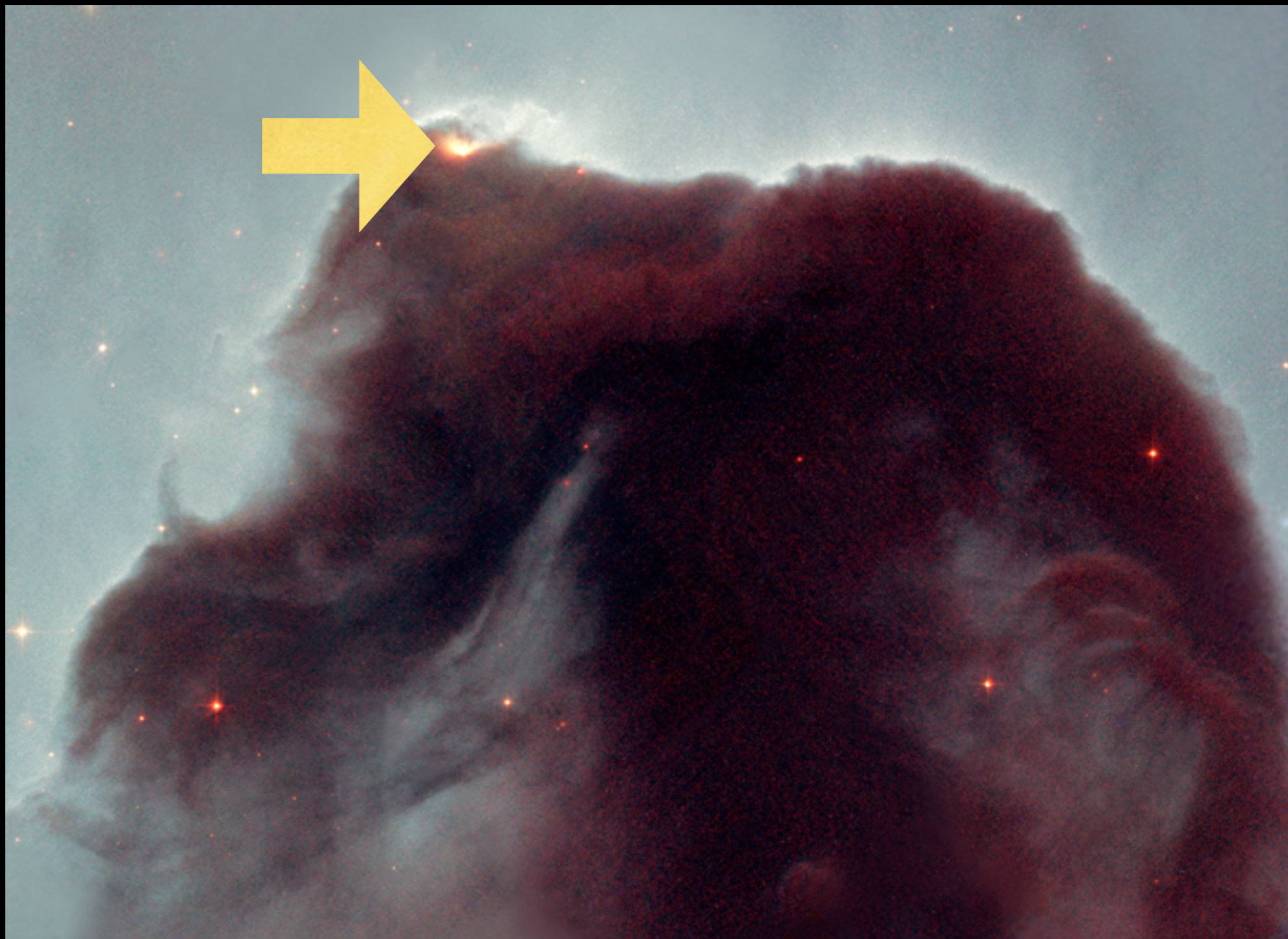
太陽の最期



*

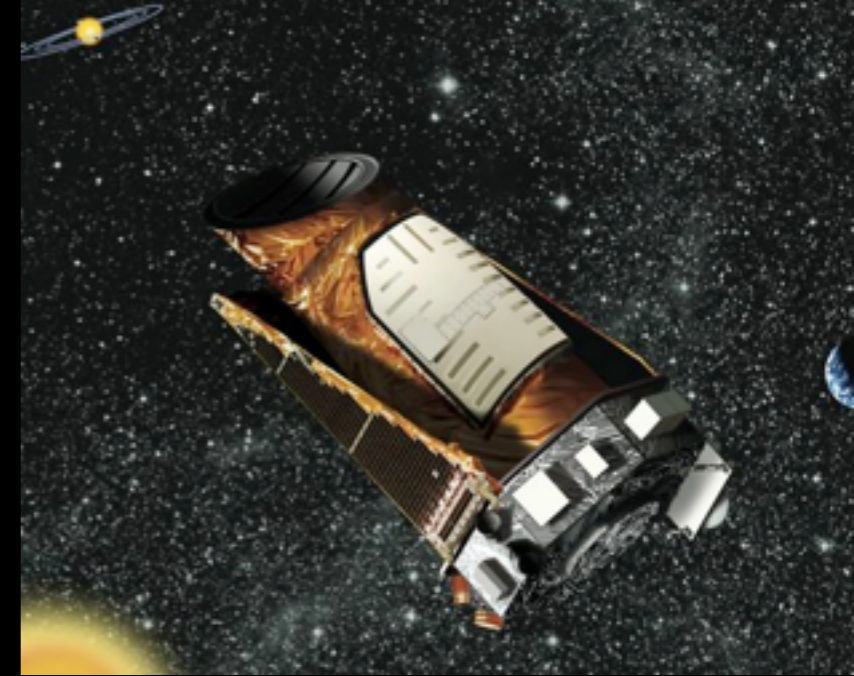
Image: [Solar System] NASA/JPL; [Sun] NASA/SDO

新しい星



*
Credit: NASA,
NOAO, ESA and The
Hubble Heritage
Team (STScI/AURA)

惑星



* Credit: NASA/Kepler mission/Wendy Stenzel

- 今は太陽系外の惑星の候補が2000個以上も見

Kepler

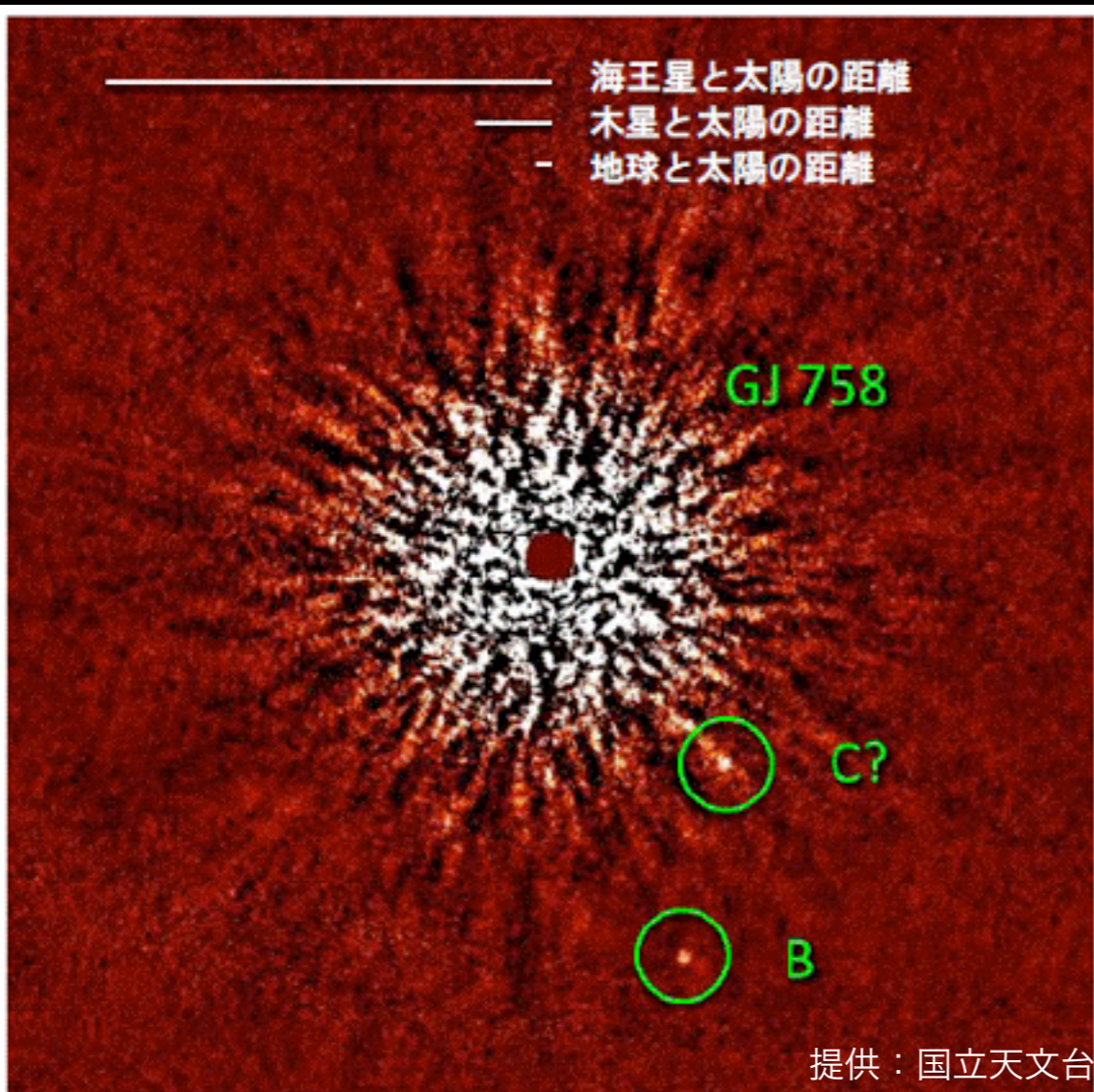
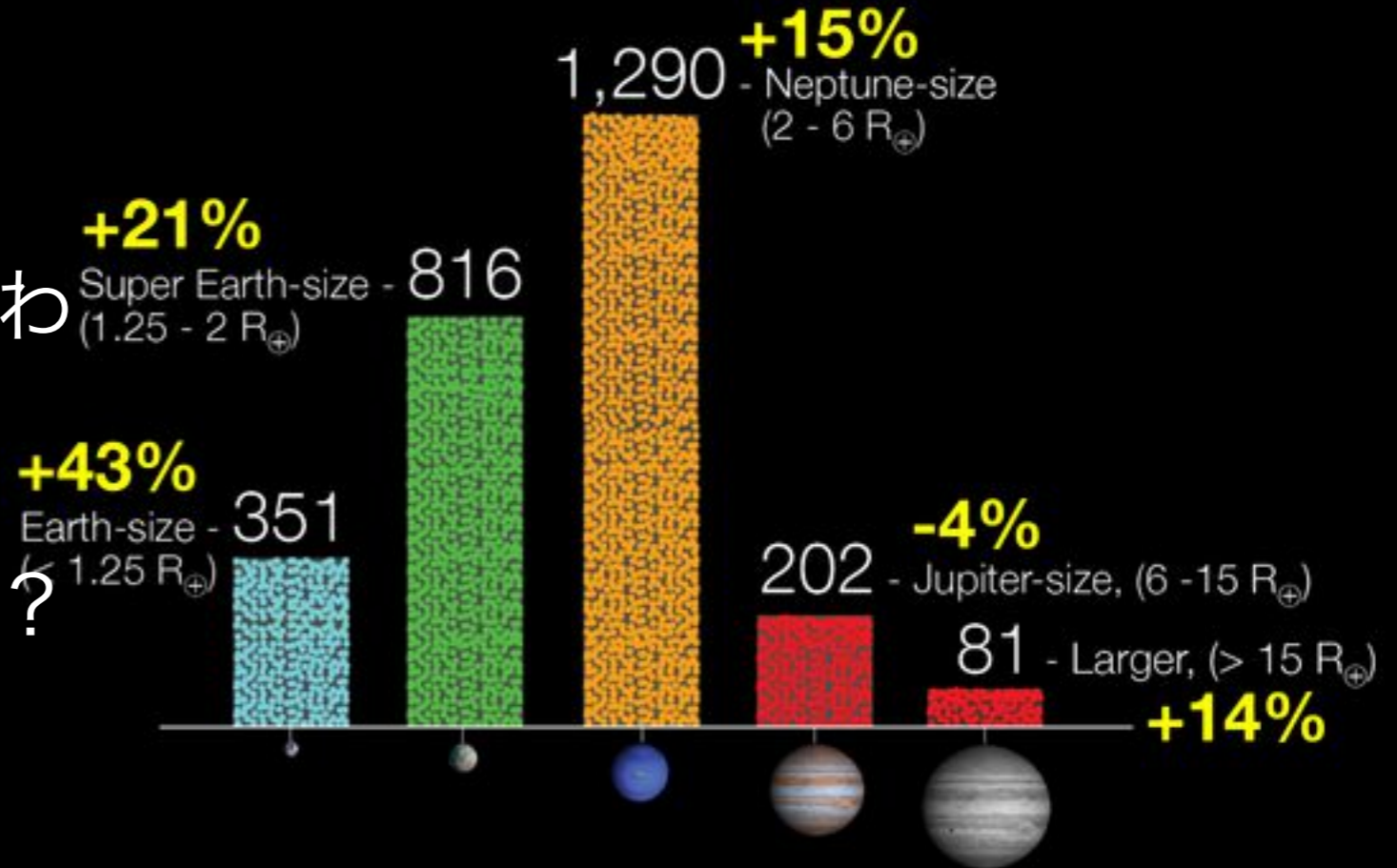
Sizes of Planet Candidates

As of January 7, 2013



思わ

? ?



提供：国立天文台 *

* Credit: NASA Ames/Wendy Stenzel



写真出典：東京大学
2005年度学術俯瞰講義ポスター



© The Nobel Foundation

東京大学 UTokyo OCW 学術俯瞰講義
Copyright 2005, 小柴昌俊



©1989-2010, Australian Astronomical Observatory, photograph by David Malin

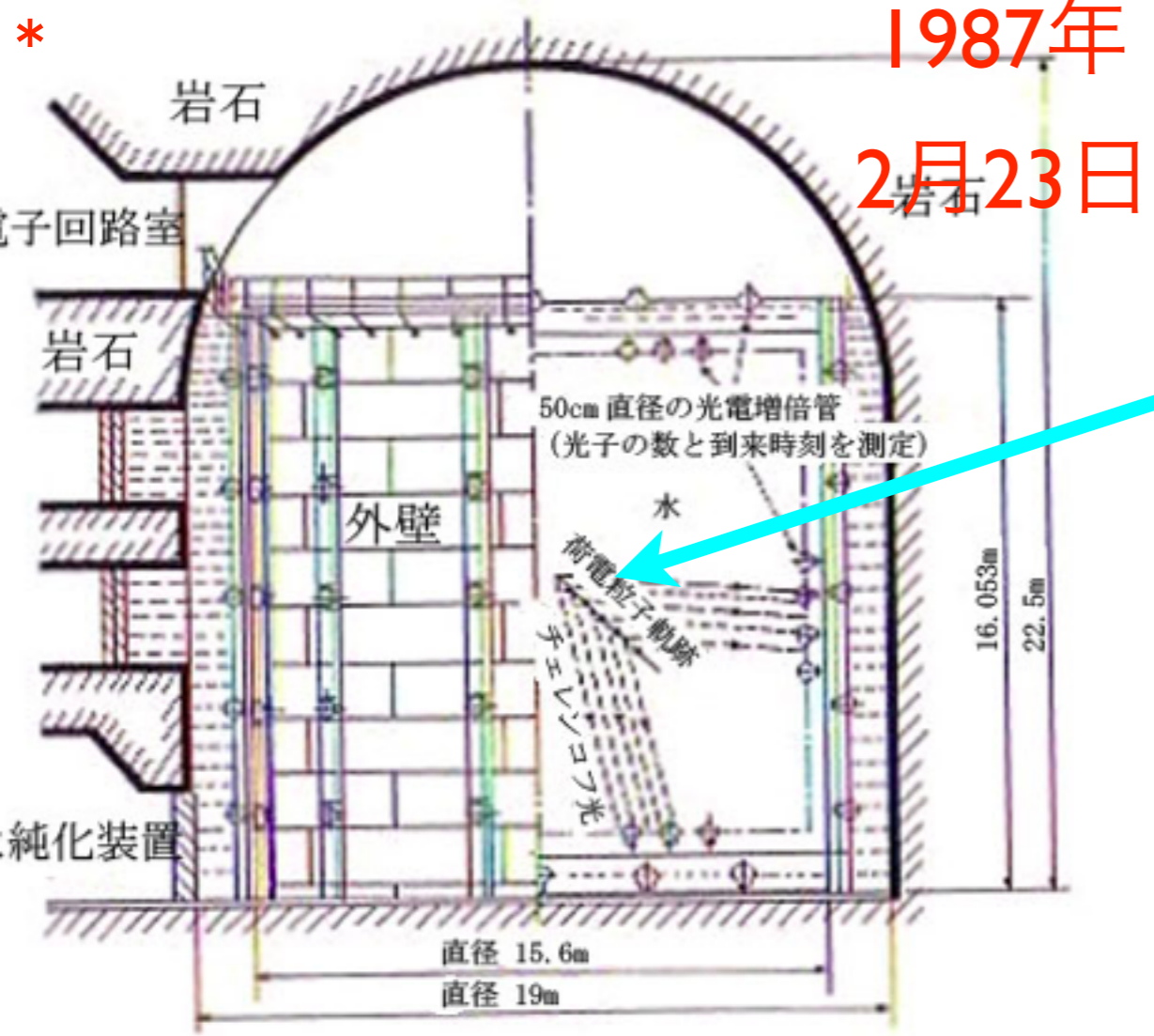


図 1.5 神岡鉱山の地下 1000 メートルに設置されているカミオカンデ装置



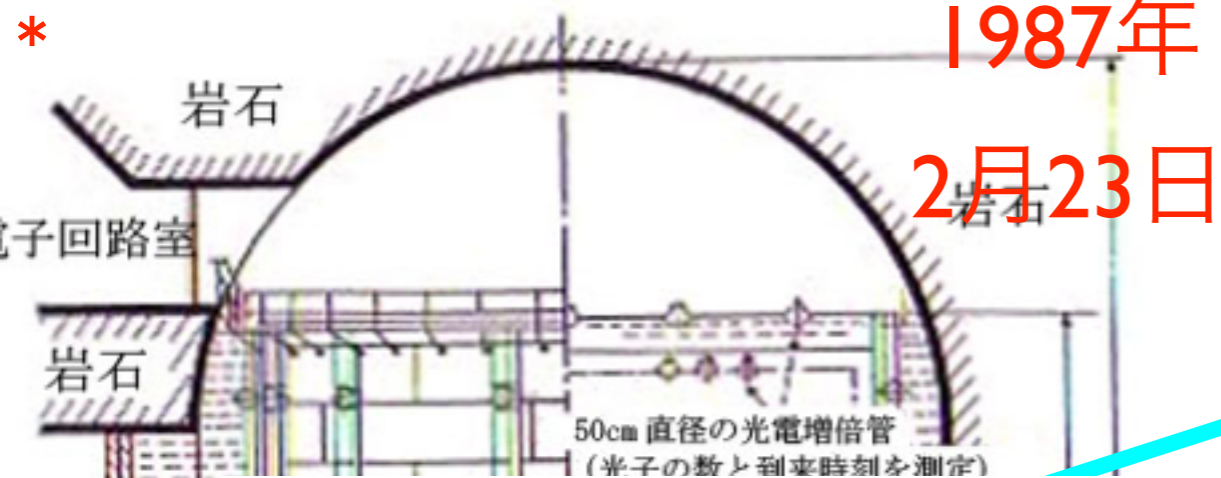
* © The Nobel Foundation

写真出典：東京大学
2005年度学術俯瞰講義ポスター

東京大学 UTokyo OCW 学術俯瞰講義
Copyright 2005, 小柴昌俊



* ©1989-2010, Australian Astronomical Observatory, photograph by David Malin



1987年

2月23日

16万年

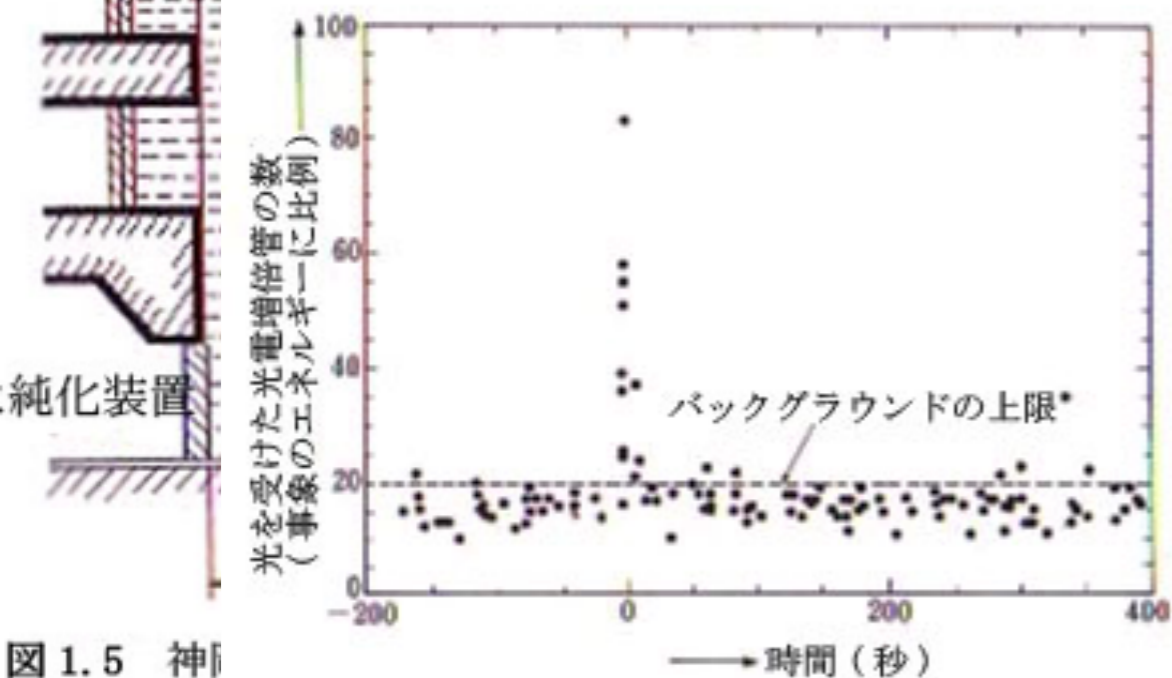
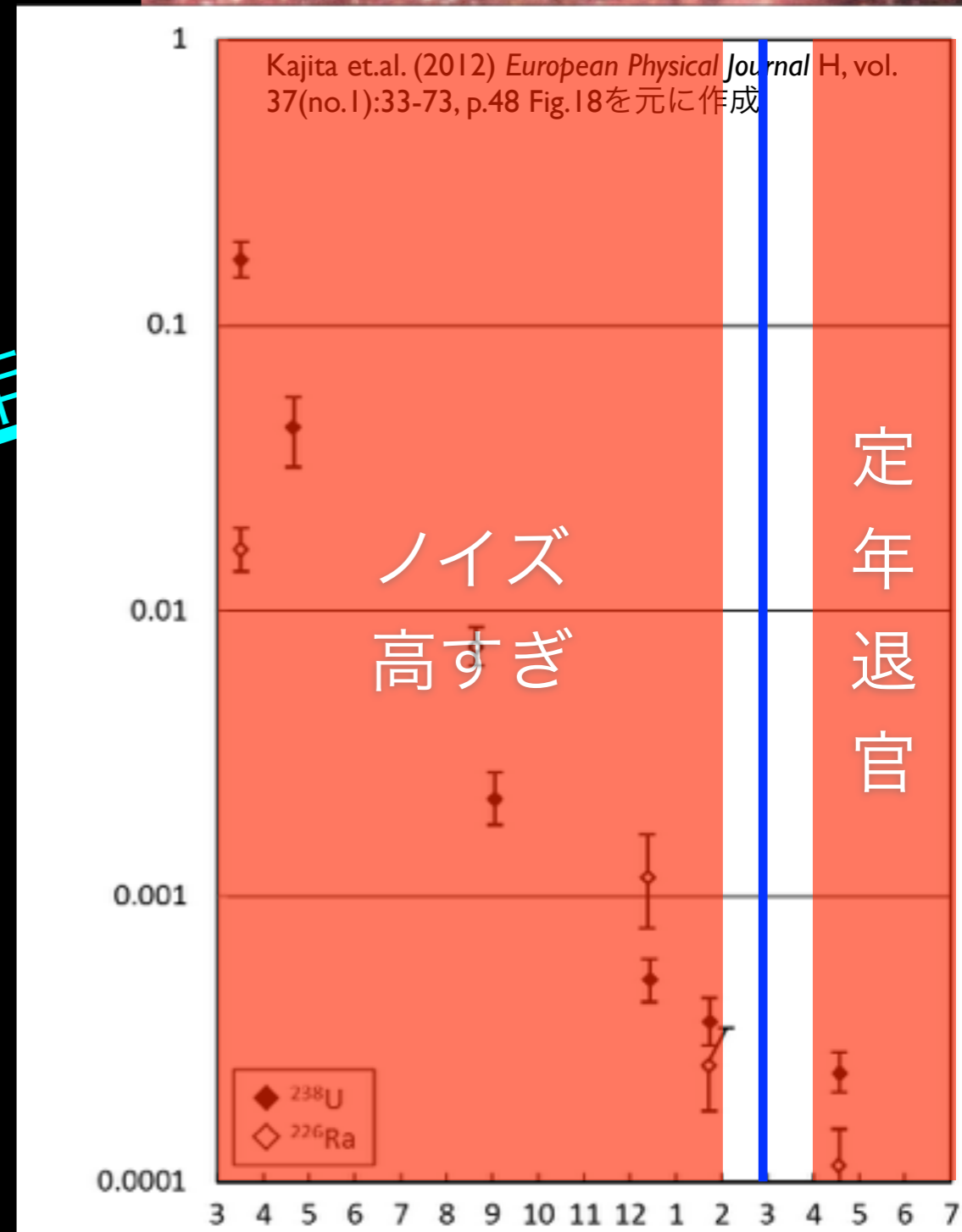


図 1.5 神カ
ンデ装置

図 1.7 超新星爆発のニュートリノ信号 (1987年2月23日)

* 東京大学
UTokyo OCW
学術俯瞰講義
Copyright 2005,
小柴昌俊





* © The Nobel Foundation

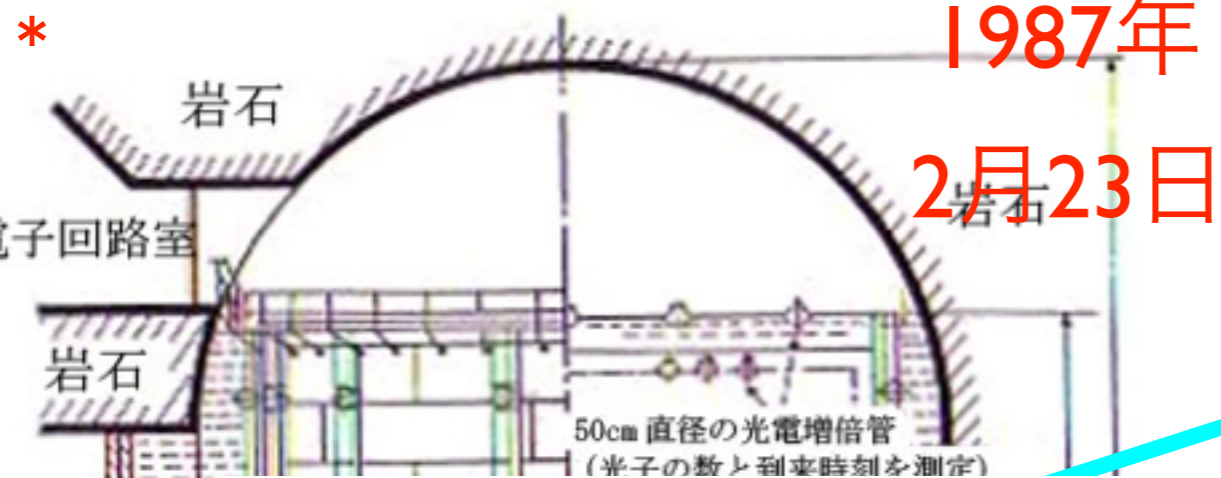
強運



* ©1989-2010, Australian Astronomical Observatory, photograph by David Malin

写真出典：東京大学
2005年度学術俯瞰講義ポスター

東京大学 UTokyo OCW 学術俯瞰講義
Copyright 2005, 小柴昌俊



1987年

2月23日

16万年

遠くの星も

原子でできている

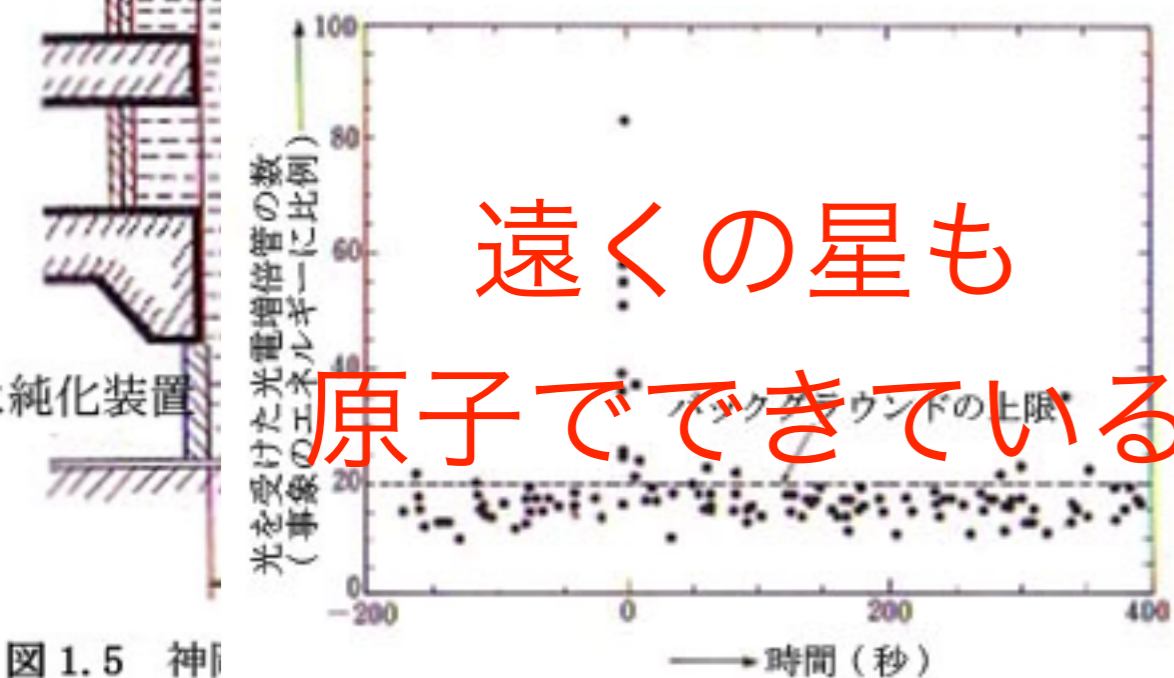
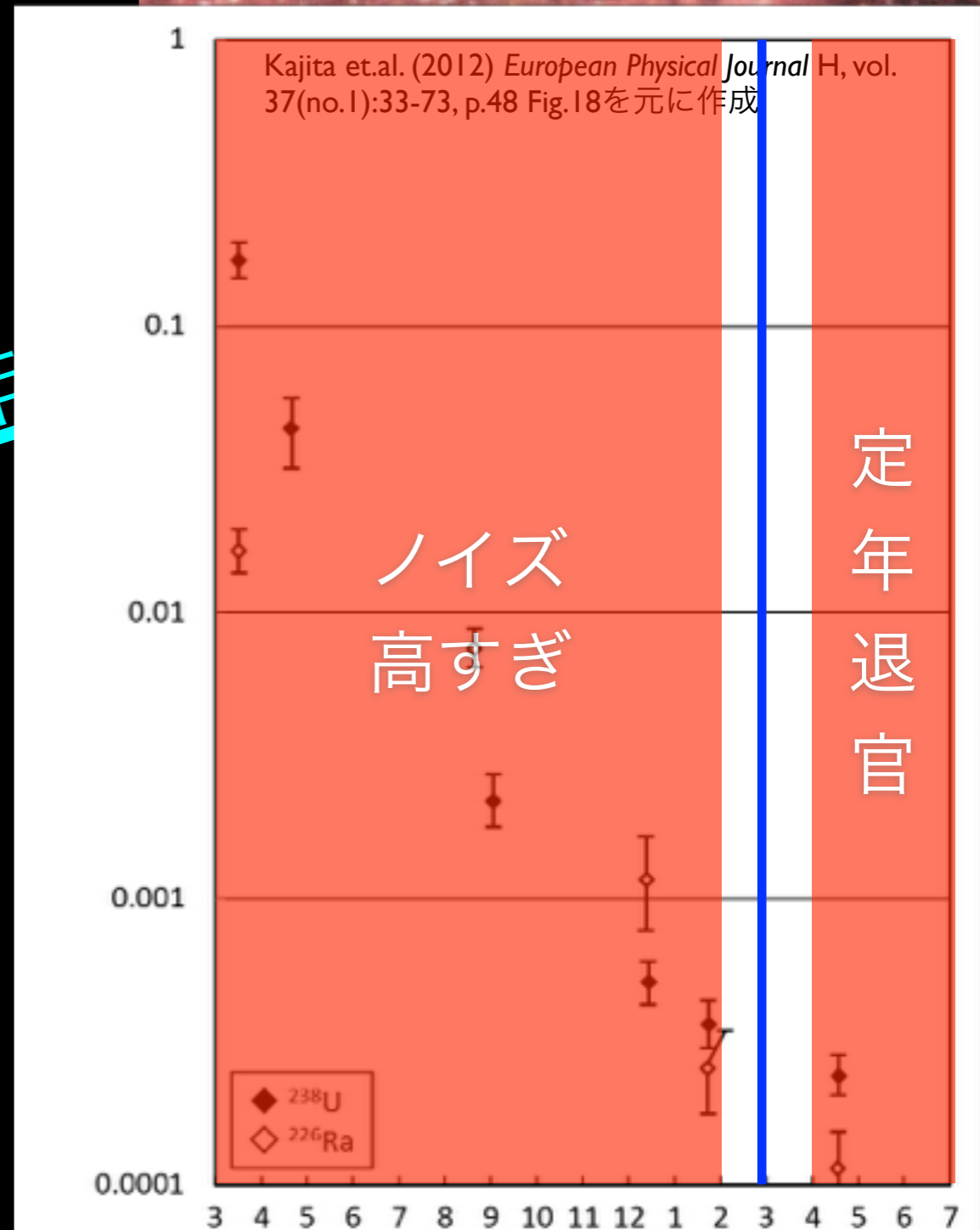


図 1.5 神
カンデ装置

図 1.7 超新星爆発のニュートリノ信号 (1987年2月23日)

* 東京大学
UTokyo OCW
学術俯瞰講義
Copyright 2005,
小柴昌俊



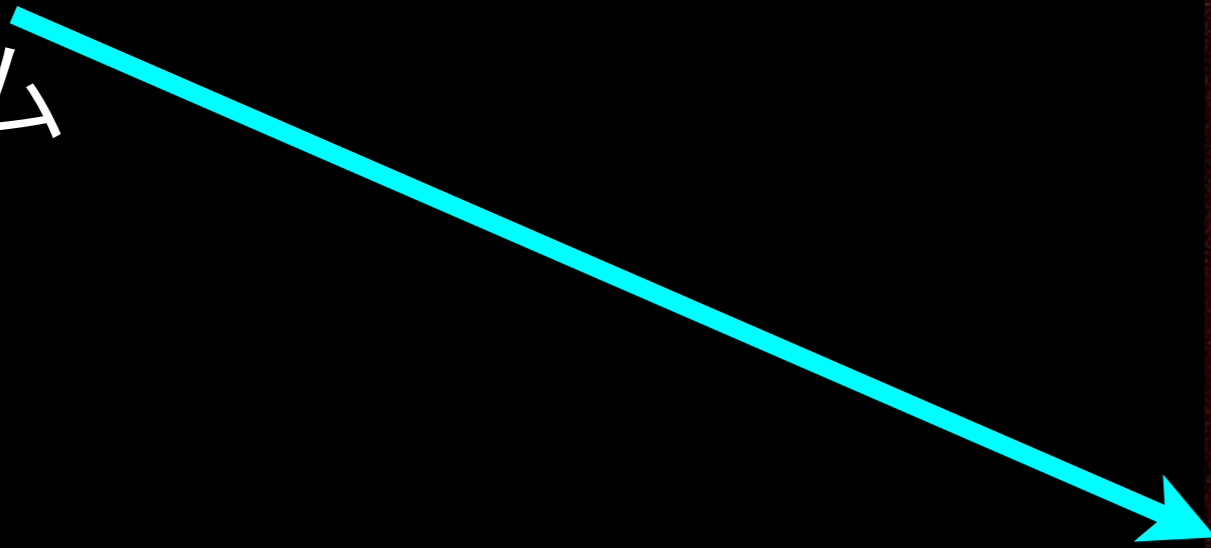
Kajita et.al. (2012) *European Physical Journal H*, vol. 37(no.1):33-73, p.48 Fig.18を元に作成

定年退官

ノイズ高すぎ

◆ ^{238}U
◇ ^{226}Ra

水素
ヘリウム



Anglo-Australian Observatory

* ©1989-2010, Australian Astronomical
Observatory, photograph by David Malin

水素
ヘリウム

炭素
窒素
酸素
鉄



都合により
ここに挿入
されていた
画像を削除
しました

女の子の写真

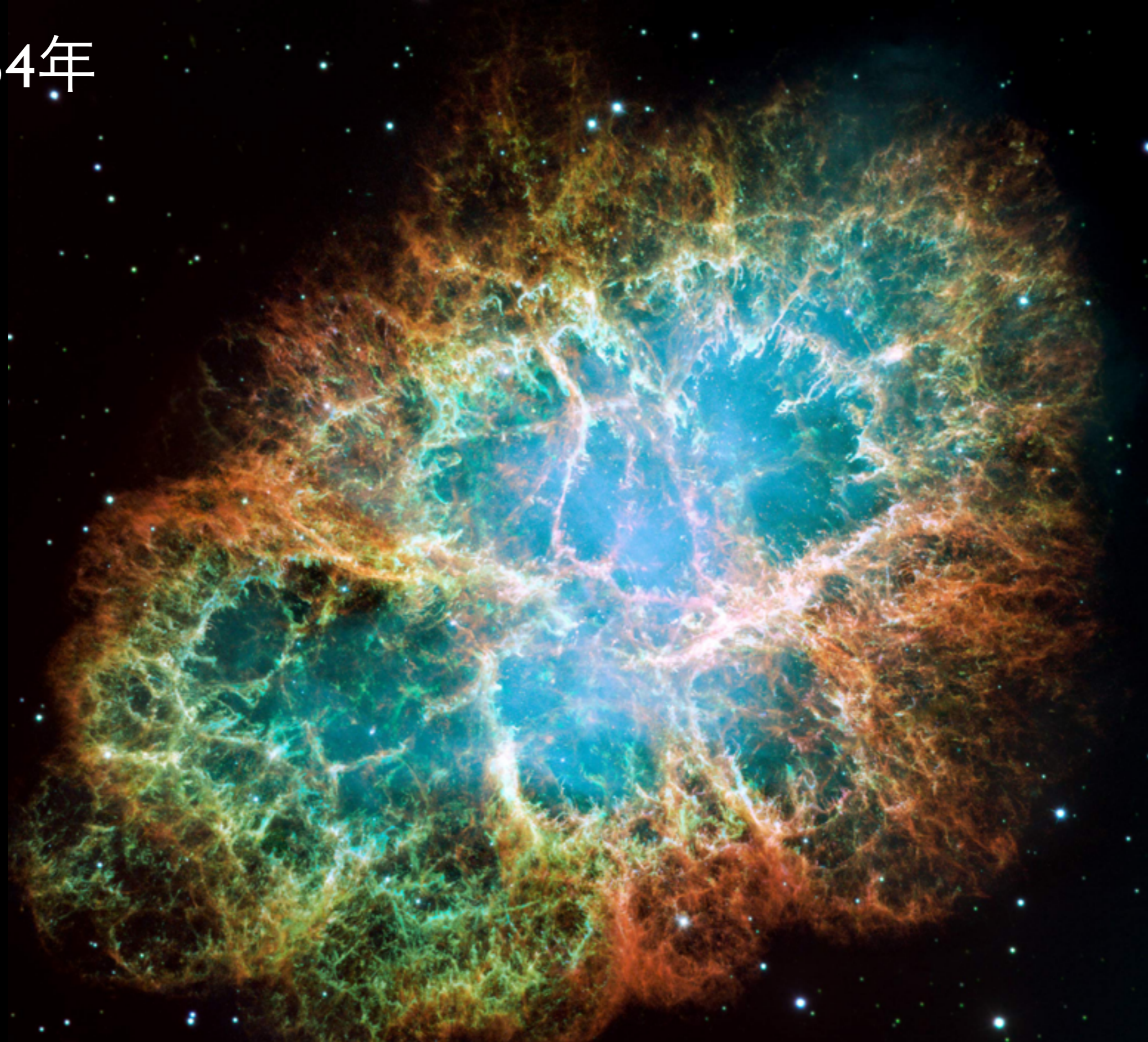
* ©1989-2010, Australian Astronomical
Observatory, photograph by David Malin

私たちは星屑



* 東京大学 UTokyo OCW 学術俯瞰講義
Copyright 2005, 小柴昌俊

1054年



超新星爆発の残骸（かに星雲）

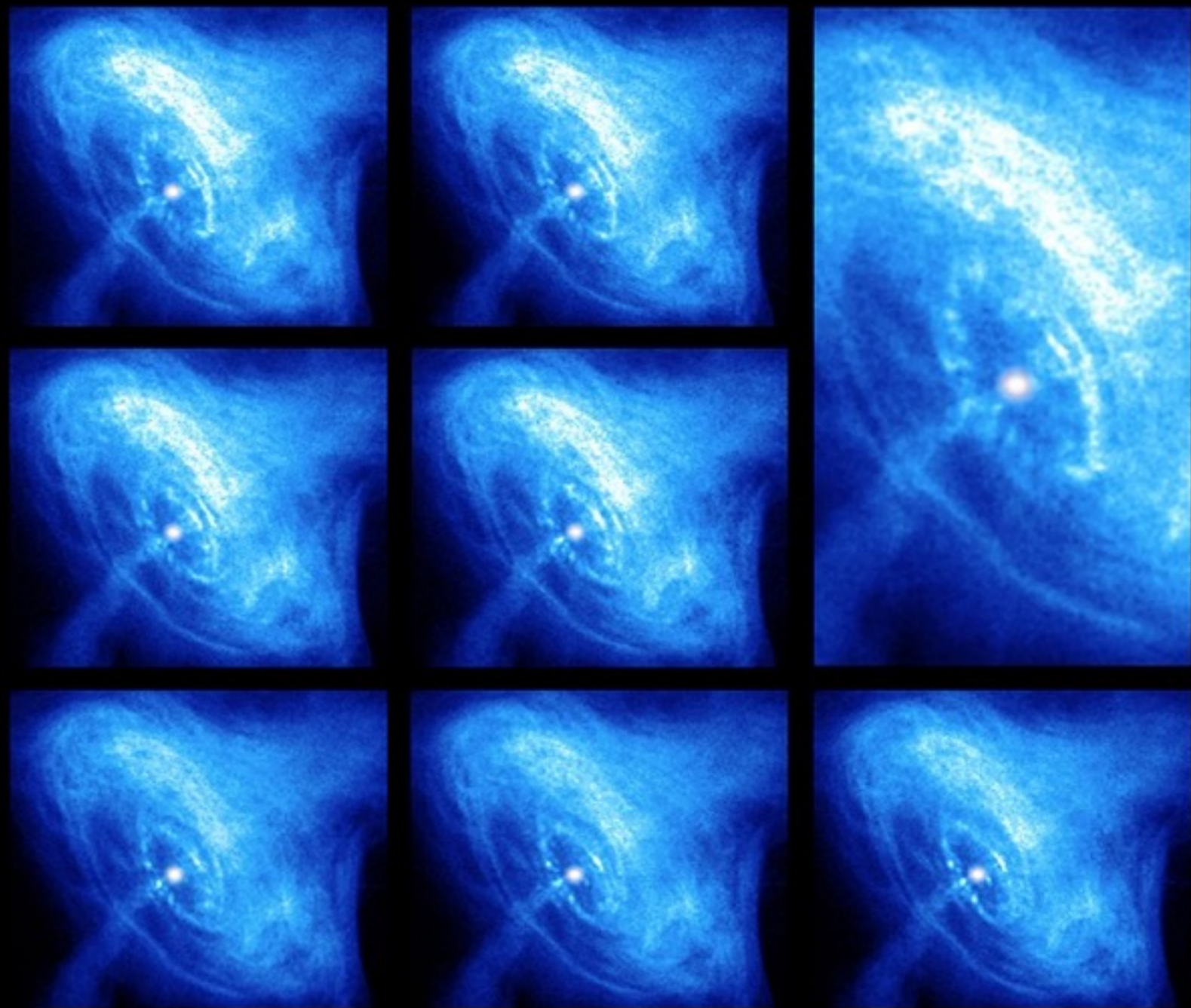
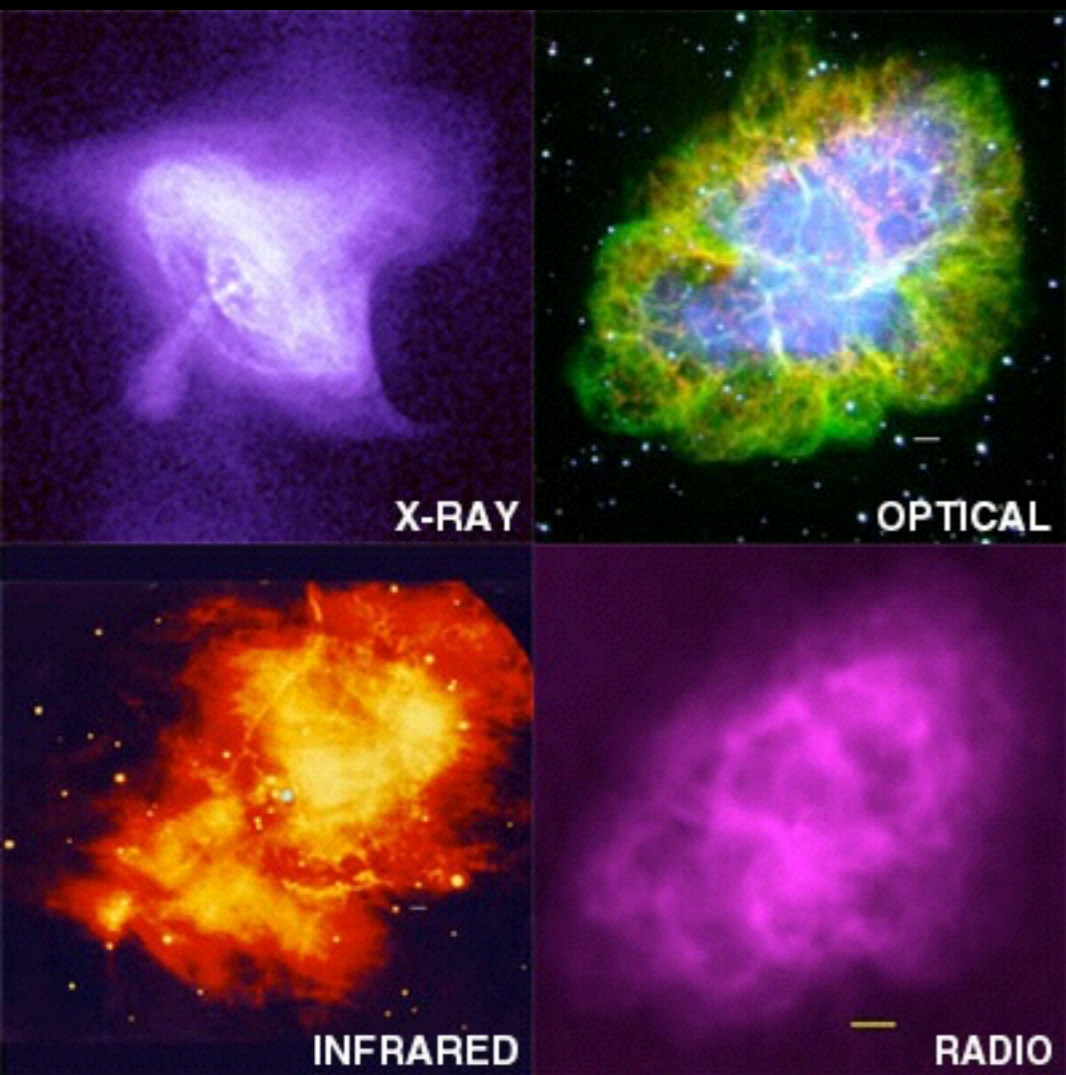
* Credit: NASA, ESA,
J. Hester and A. Loll

辛 力不及事、一昨日御拜賀、長御對、不得出、
 殿下給、忠高申繼、北政所御方、實持中將申之、水
 河院、有教御共、申之、安嘉門同人申、御送物每度
 取之、師季御車籠、實持御沓、次内、宗平申之云、
 大將隨身武直、御將長也、武直、守不孝之子、殿下一座、近衛季武被補番
 云、一旦之幸歟

信 以後七月以前、客星不羽林中、一條院寬弘三年四
 日、癸酉、夜以降騎官中有大客星、如癸惑、光明
 速夜正見南方、或云、騎陣將軍星變本體增光歟、
 泉院天喜二年四月中旬以後丑時、客星出轉參度、見東
 方、孝天團星、大如歲星、二條院永萬二年四月廿二日、
 乙丑、亥時、客星慧見大微宮事、高倉院治承五年六月
 廿五日、庚午、戌時、客星見北方、近王良星守傳舍星、
 午終許心寂房來、事外付減之由加詞、但惡血之充滿非
 伺蛭時極難治云々、常隨給侍之小婢、依母病危急行南
 京、老病之最中失手臂之便、
 九日、丙申、朝天晴、春日祭日也、康平御忌日有限之日
 也、仍入夜可被修由申付興心房、未時許大宮禰尼來
 談、去五日入夜歸洛、侍從同案、著云々、入夜許始廿五三昧、宮女
 房適退出、明後日、十一御着帶云々、除目事殿下仰猶違
 可被行之由云々、五節以後云々、次第延引、只依申妨
 人多歟、更無其憑、右大臣殿又不可懈怠、猶々責申之
 新今夜被仰云々、曉鐘以前事訖、

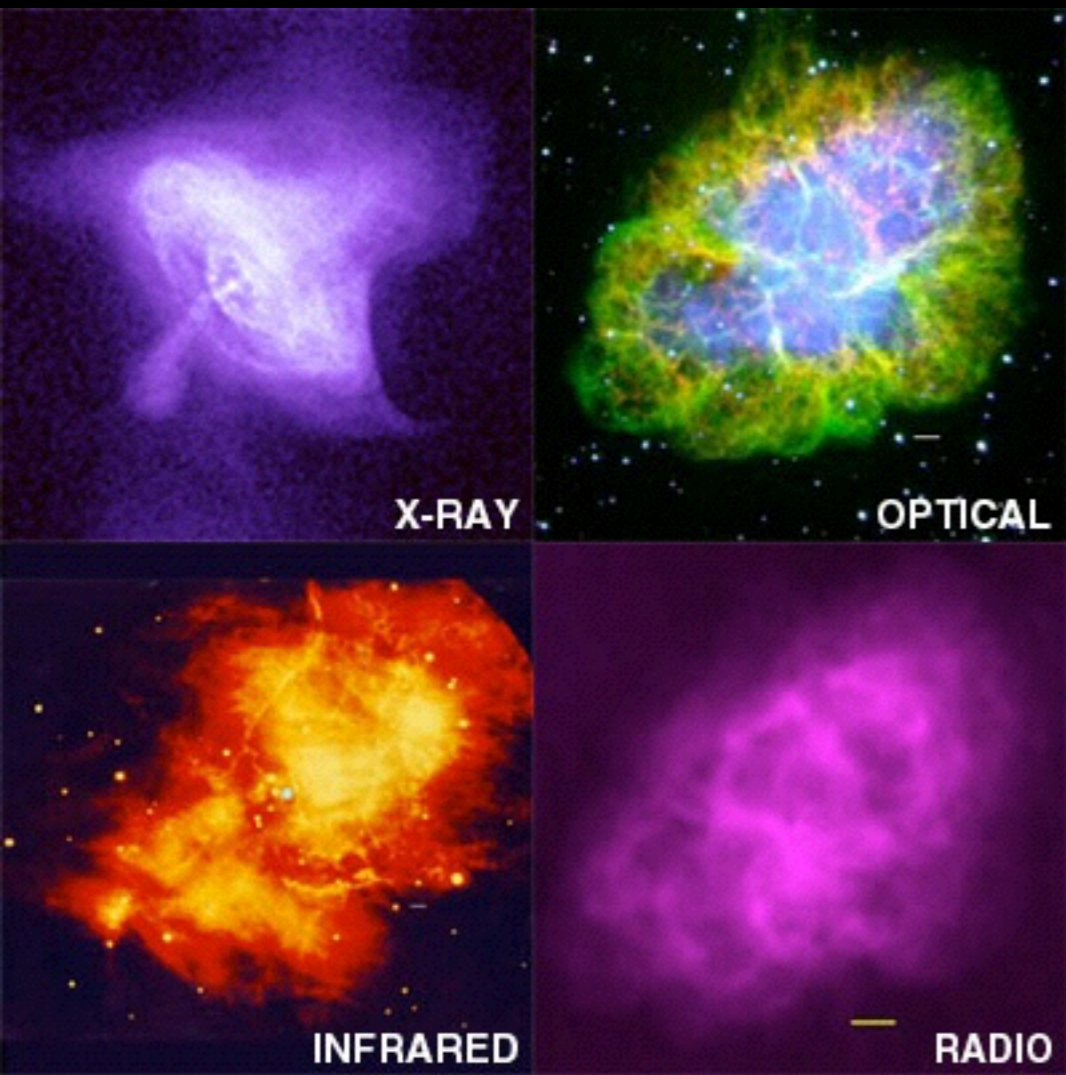


藤原定家



* Credits: [X-Ray] NASA/CXC/SAO, [Optical] Palomar Obs.,
[Infrared] 2MASS/UMass/IPAC-Caltech/NASA/NSF, [Radio]
NRAO/AUI/NSF

* Credit: NASA/CXC/ASU/J. Hester et al.



* Credits: [X-Ray] NASA/CXC/SAO, [Optical] Palomar Obs., [Infrared] 2MASS/UMass/IPAC-Caltech/NASA/NSF, [Radio] NRAO/AUI/NSF

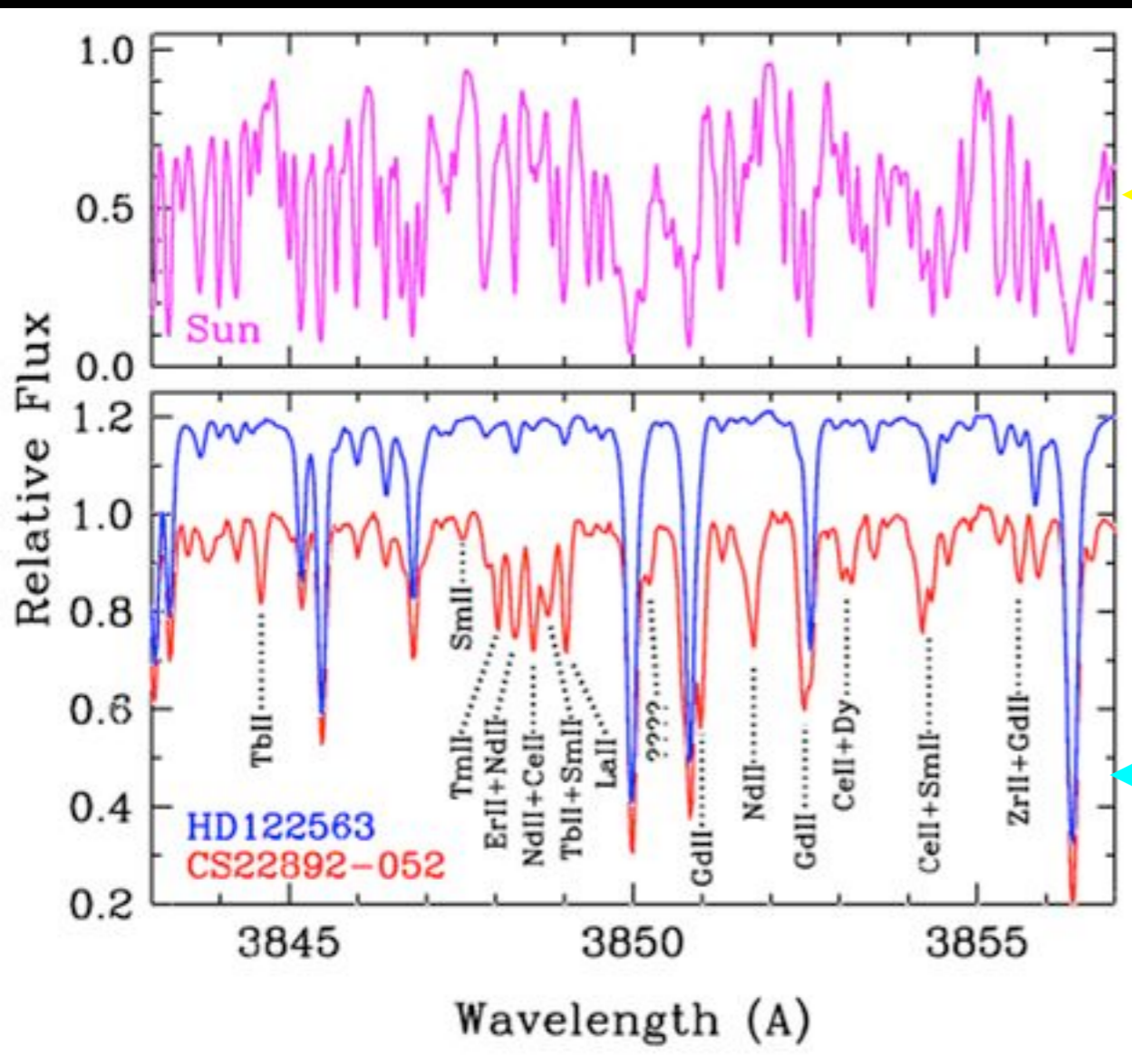


* Credits: [left (X-ray)] NASA/CXC/ASU/J.Hester et al.; [right (optical)] NASA/HST/ASU/J.Hester et al.



* Credit: NASA/CXC/ASU/J. Hester et al.

金属量 (>He)



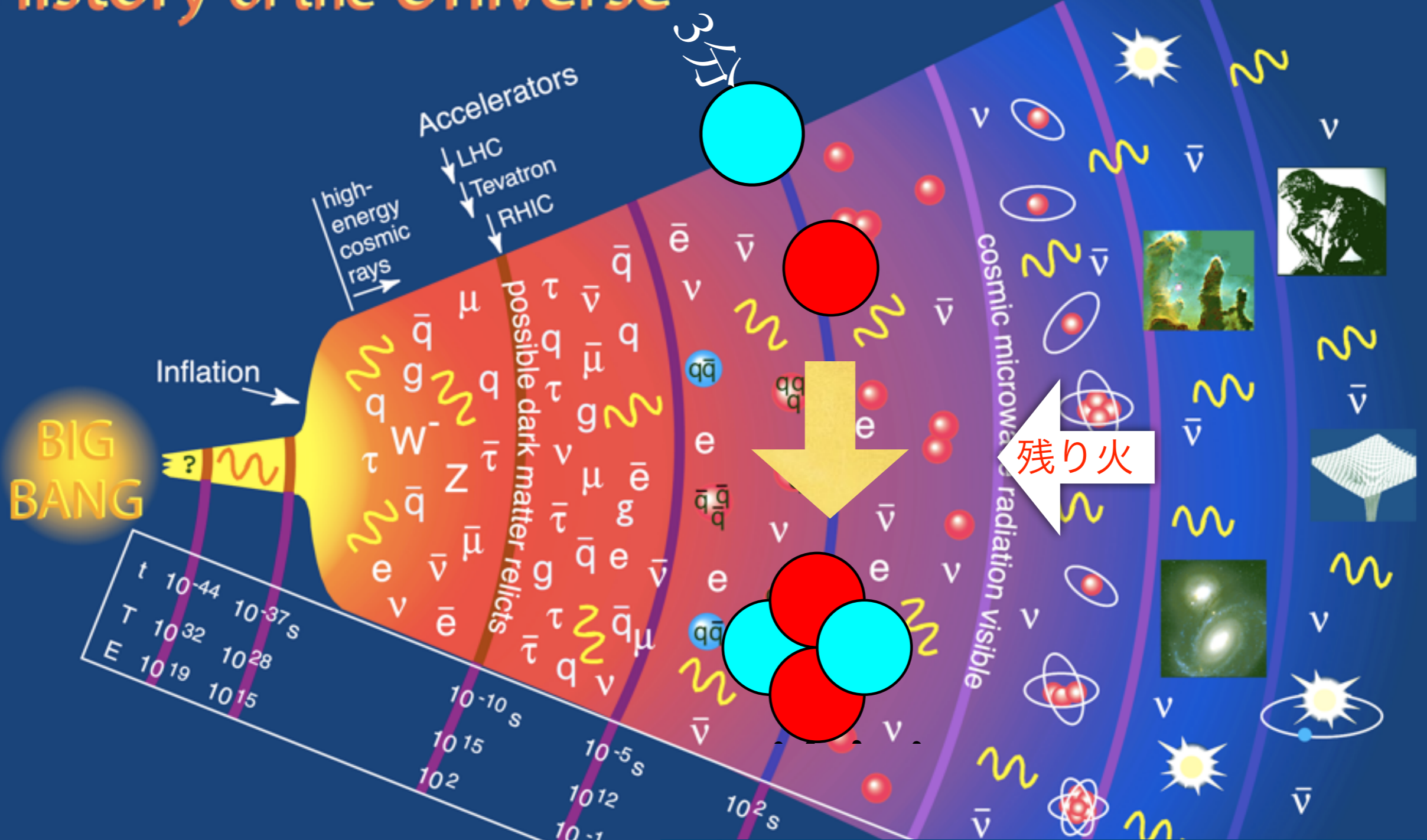
「金属」が多い
超新星による「汚染」
種族 I

「金属」が少ない
「汚染」が進んでいない
種族 II

* Courtesy of Chris Sneden (The University of Texas)

水素とヘリウムだけの「種族 III」は未発見

History of the Universe



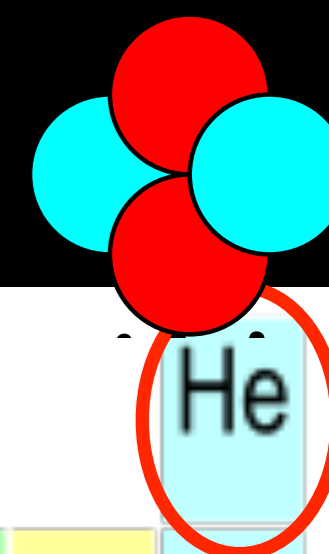
Key:

- W, Z bosons
- q quark
- g gluon
- e electron
- μ muon
- τ tau
- ν neutrino
- meson
- baryon
- ion
- atom
- photon
- galaxy
- star
- black hole

* Particle Data Group

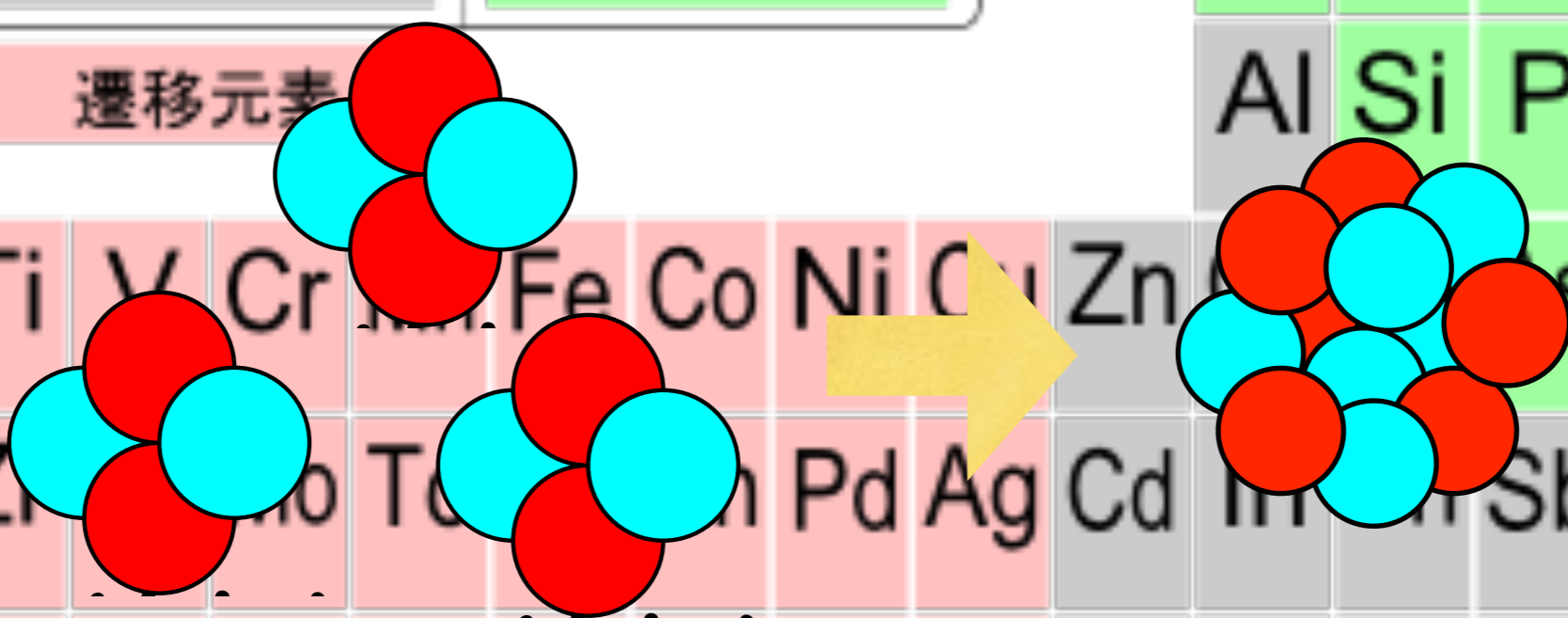
ビッグバン元素合成
 予言 H:He ~ 3:1 (質量比)
 観測と良く合う

最初の星が出来る前は 水素とヘリウムだけ



H		典型元素										He					
H		アルカリ金属					ハロゲン					He					
Li Be		アルカリ土類金属					希ガス					Ne					
Na Mg		その他の金属元素					その他の非金属元素					Ar					
K Ca		遷移元素										Kr					
Rb Sr												Xe					
Cs Ba												Rn					
Fr Ra																	
Li	Be	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	*	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	**	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg							

星の中で組み立てた

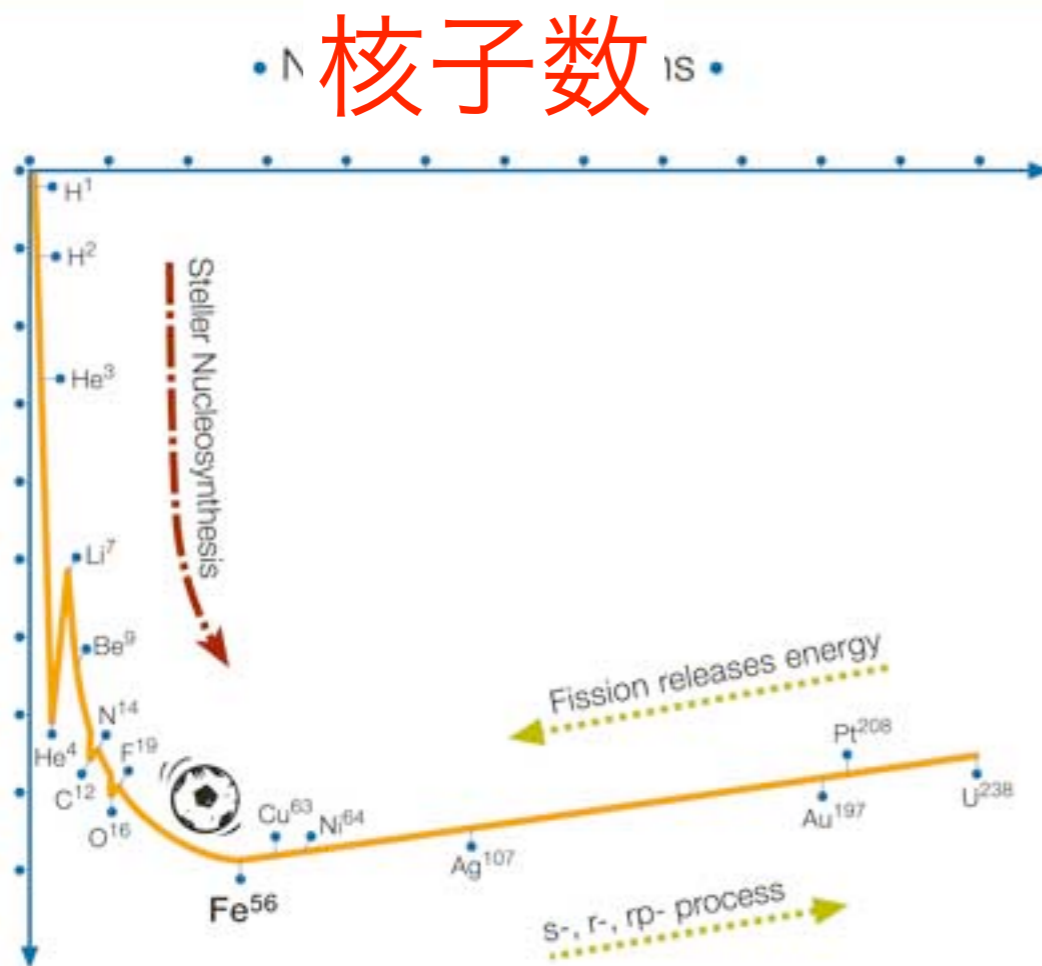


* Image by Ninomy/Bastique/Mdd4696/Kwamikagami/ Soeb, from Wikibooks <http://ja.wikibooks.org/wiki/ファイル:元素の分類.png>

星の中で作れるのは鉄まで

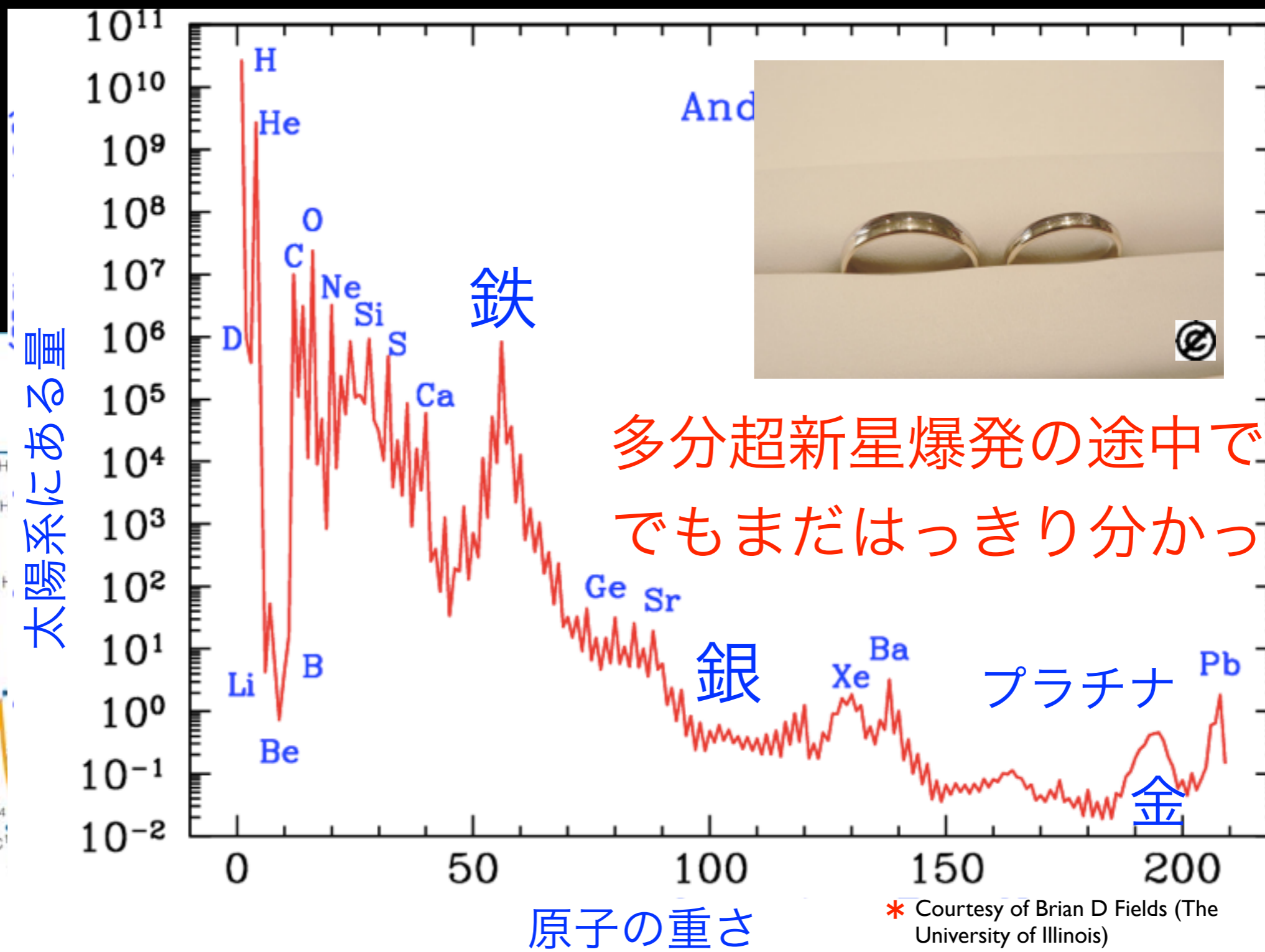


質量が減る度合い



* Courtesy of Mafalda Martins, ESO

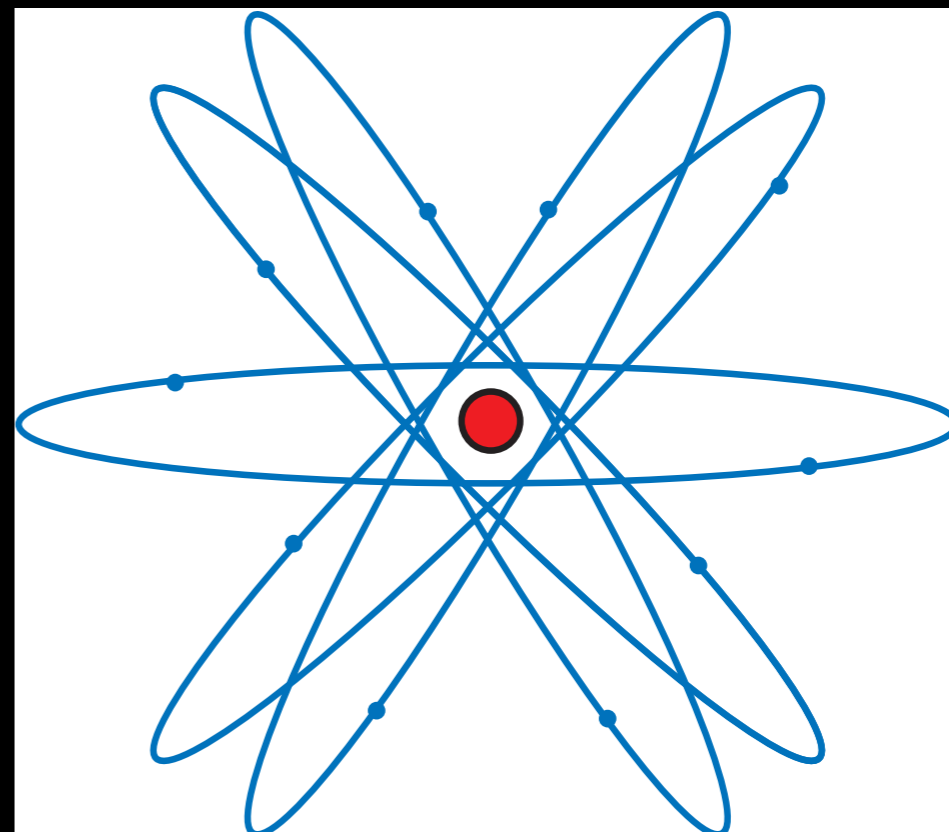
星の中で作れるのは鉄まで



質量が減る度合い

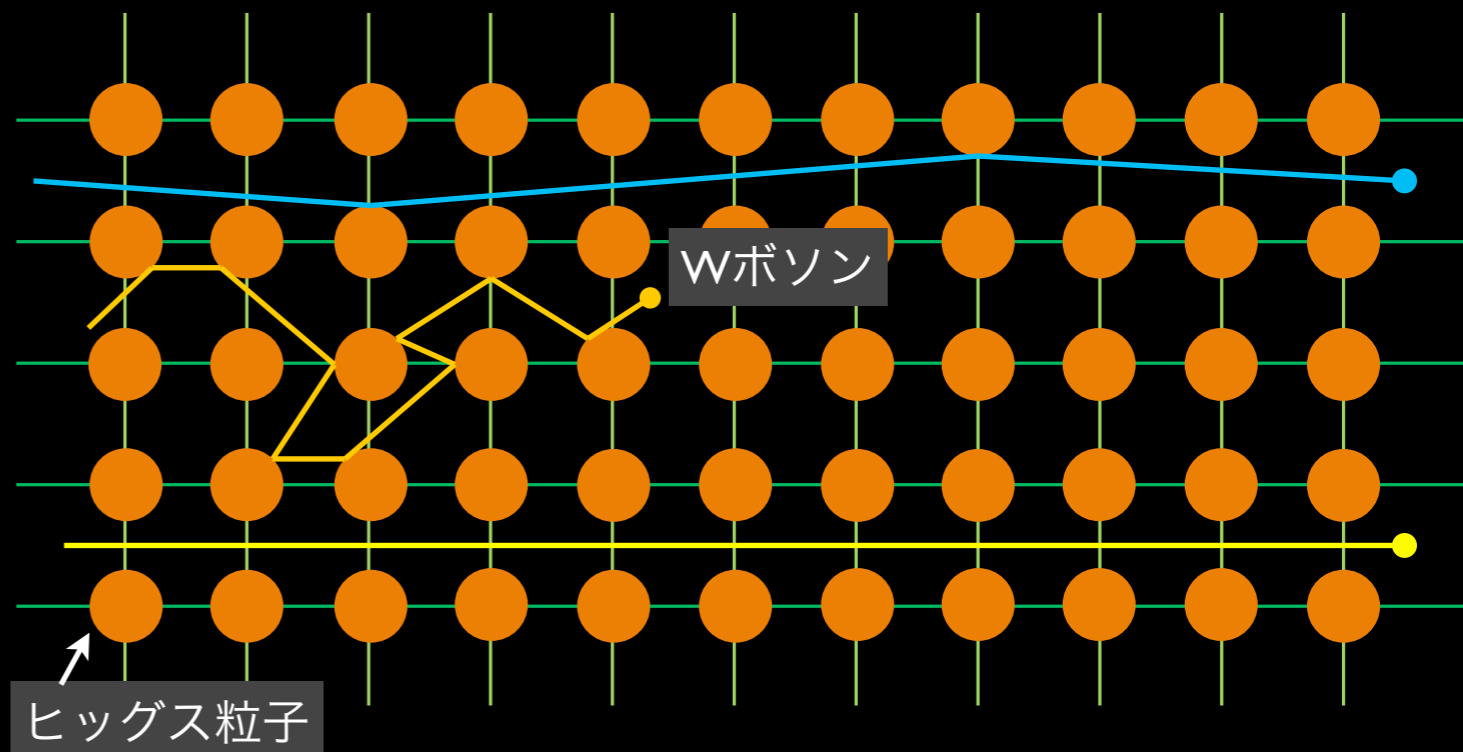
* Courtesy of Mafalda Martins, ESO

宇宙に満ちるヒッグス粒子



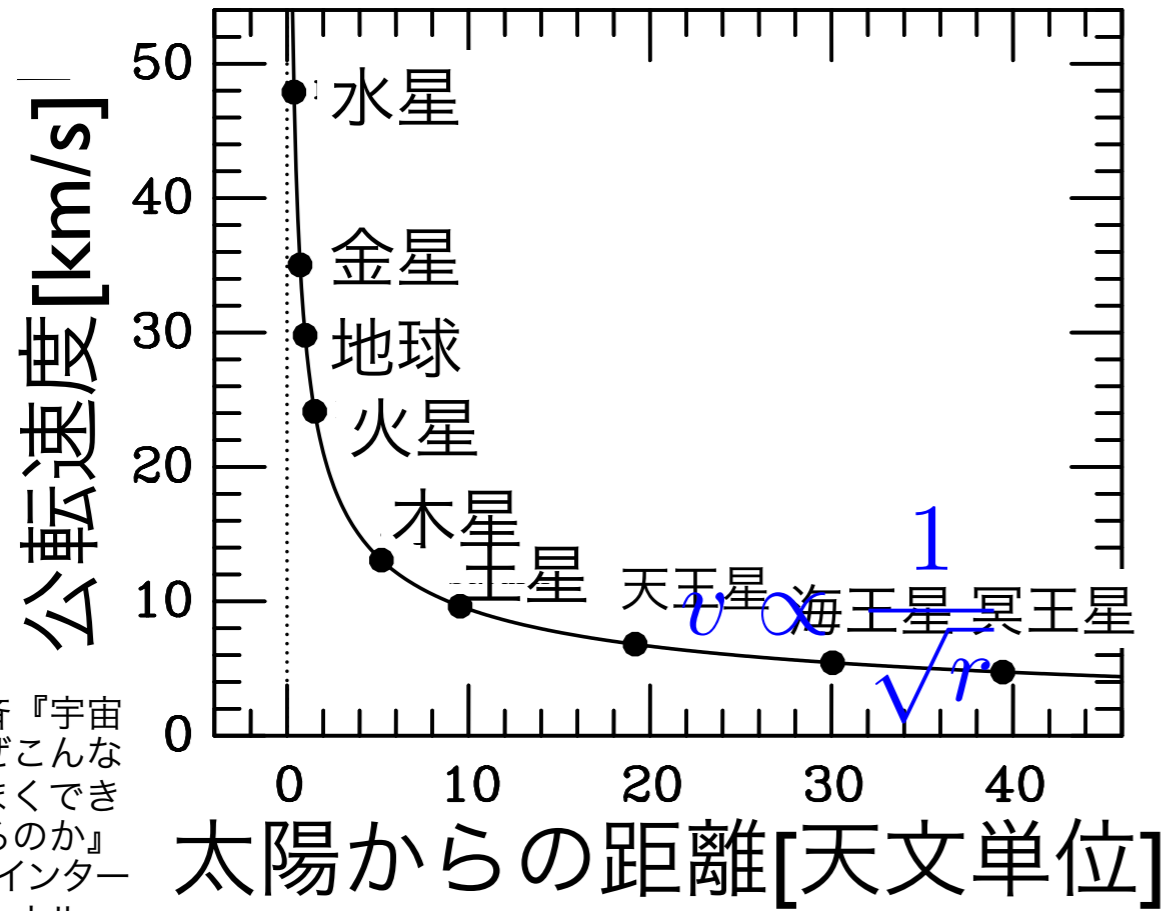
- ヒッグス場が宇宙に満ちる
- 全ての素粒子を光速から遅らす
でないとも原子は存在できない!
- 宇宙に秩序を作った
- これも私たちの存在がかかる
- 一体なんだ??

まだ調べ始めたばかり

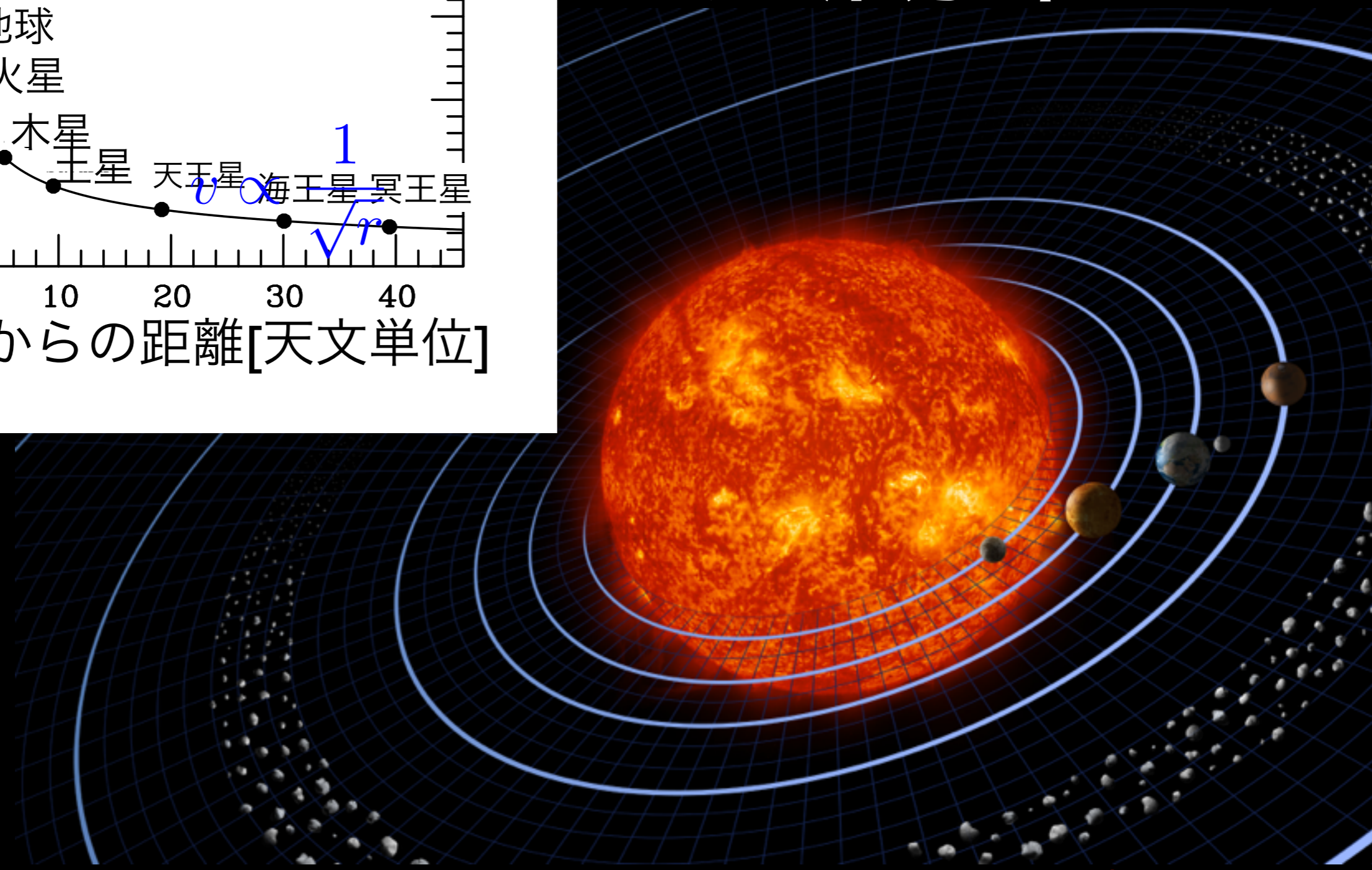


銀河誕生

太陽系



* 村山齊『宇宙はなぜこんなにうまくできているのか』集英社インターナショナル、2012年、p.23

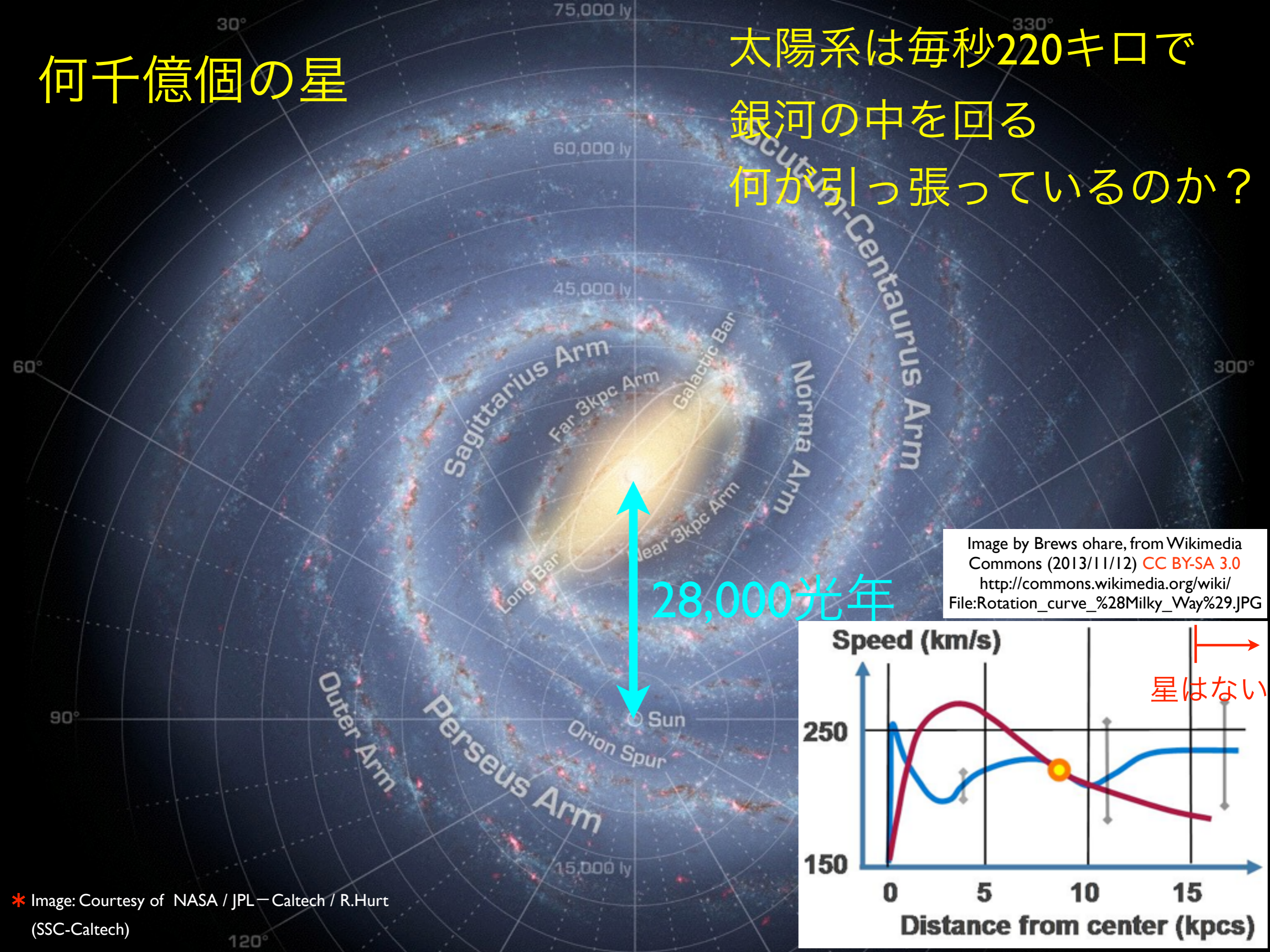


* Credit: NASA/JPL

地球は毎秒30キロの速さで回っている

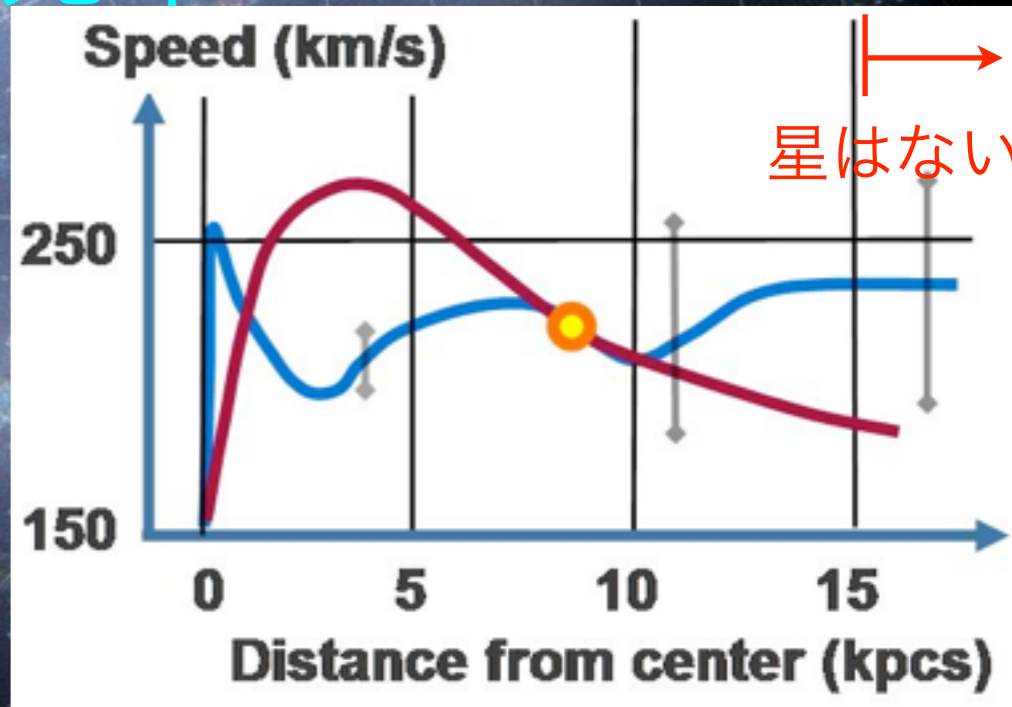
何千億個の星

太陽系は毎秒220キロで
銀河の中を回る
何が引っ張っているのか？



28,000光年

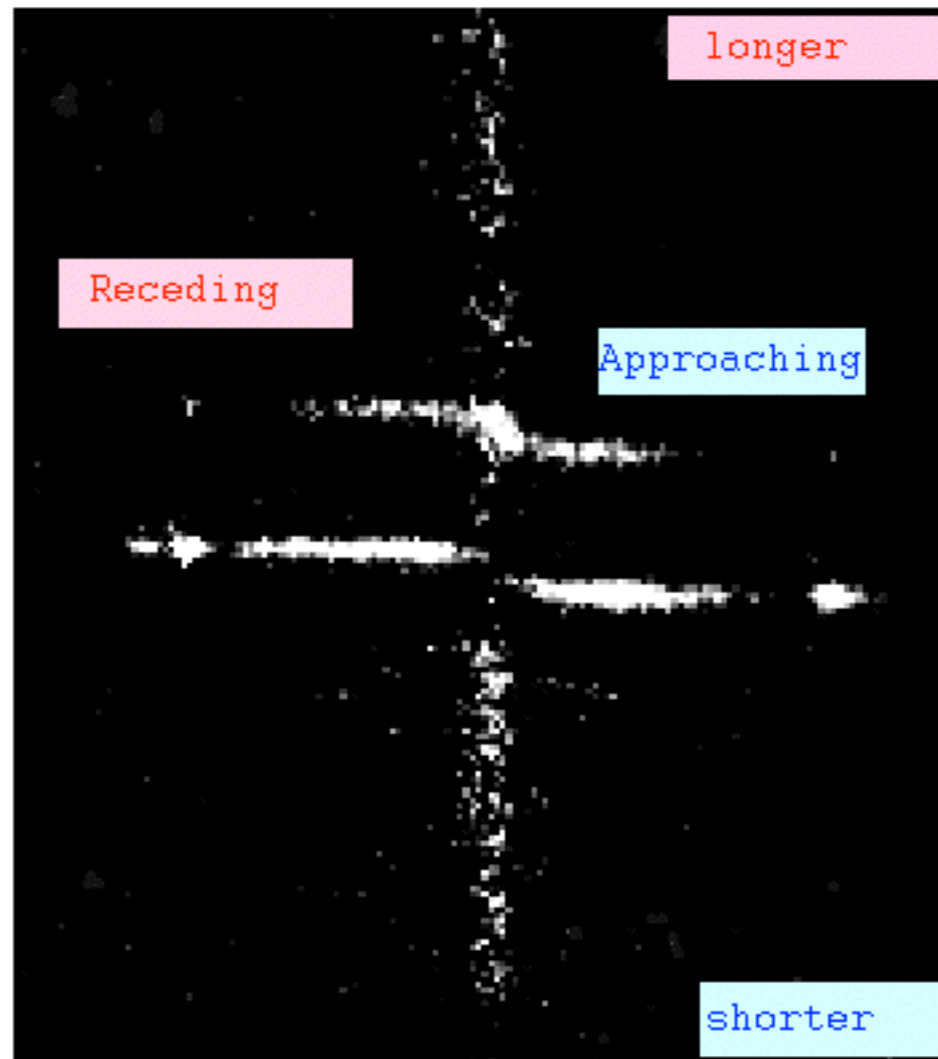
Image by Brews ohare, from Wikimedia Commons (2013/11/12) CC BY-SA 3.0
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rotation_curve_%28Milky_Way%29.JPG



* Image: Courtesy of NASA / JPL - Caltech / R.Hurt (SSC-Caltech)



Galaxy rotation curve



銀河の中心からの距離

* Courtesy of Nicole Vogt



Vera
Rubin

1960代

* Photo source:
AIP Emilio Segre
Visual Archives,
Rubin Collection

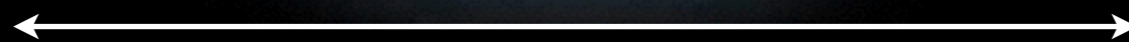
銀河の本当の姿

10万光年

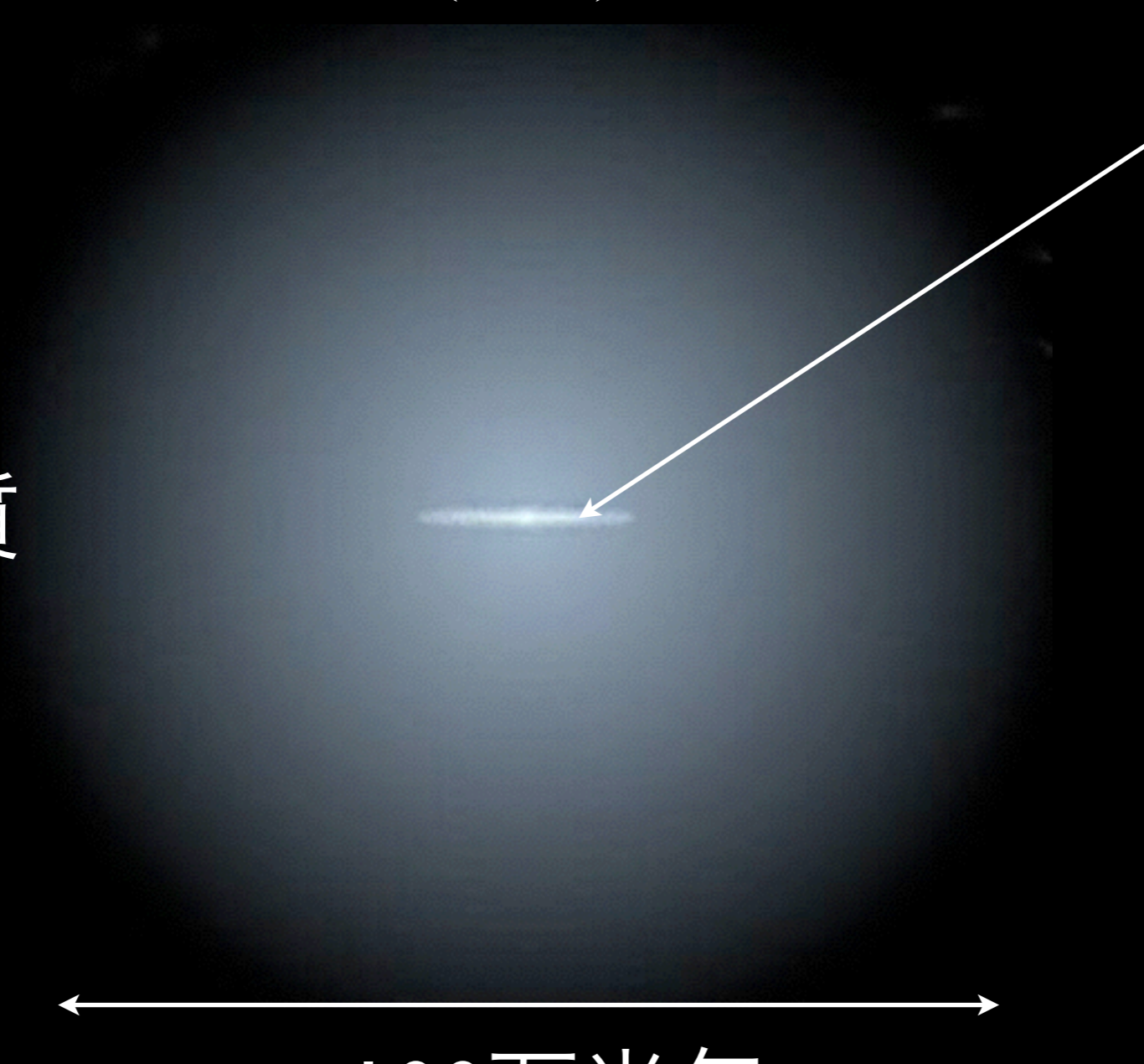


星

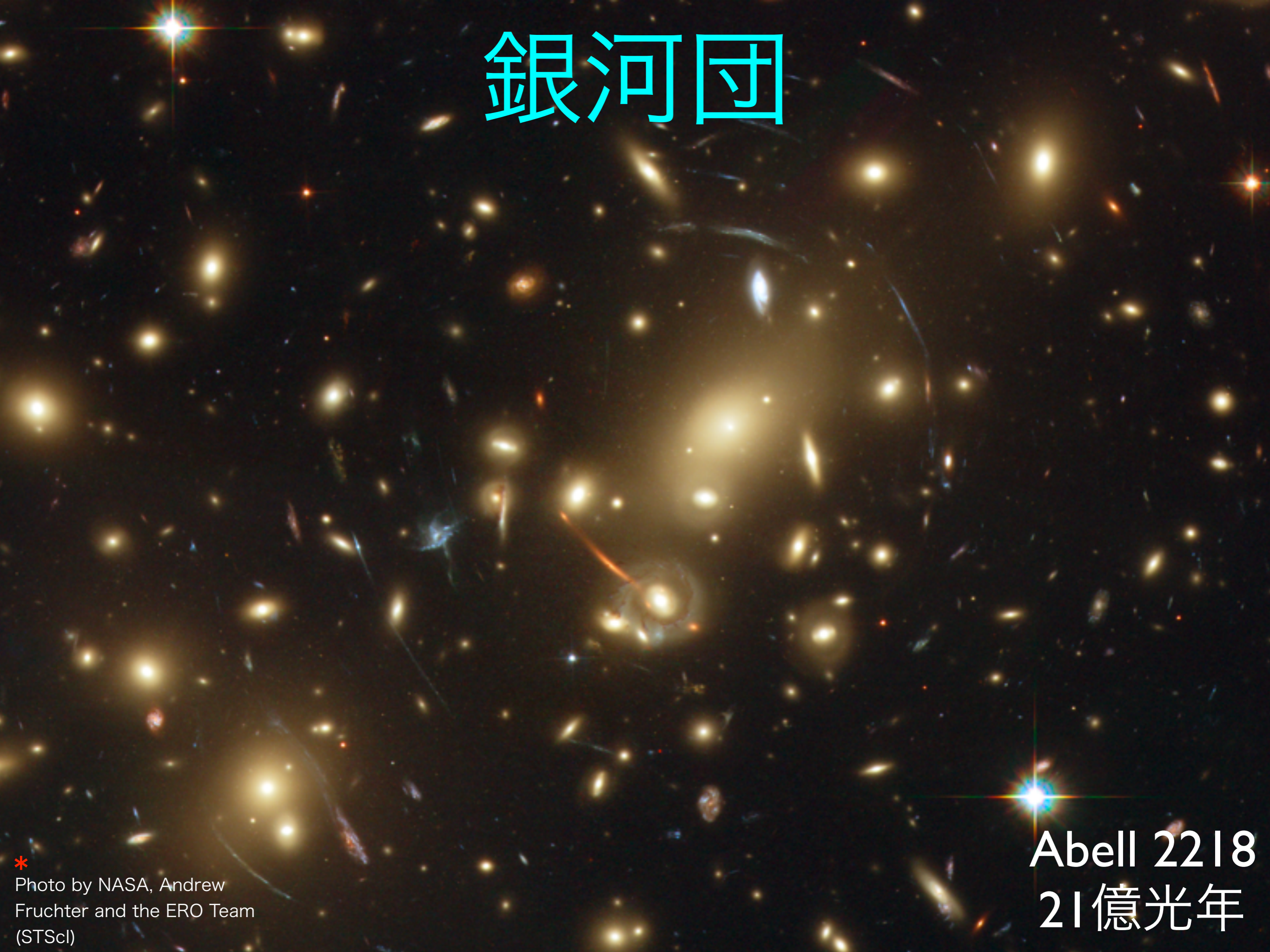
暗黒物質



>100万光年



銀河團



Abell 2218
21億光年

*
Photo by NASA, Andrew
Fruchter and the ERO Team
(STScI)

見えない暗黒物質を見る

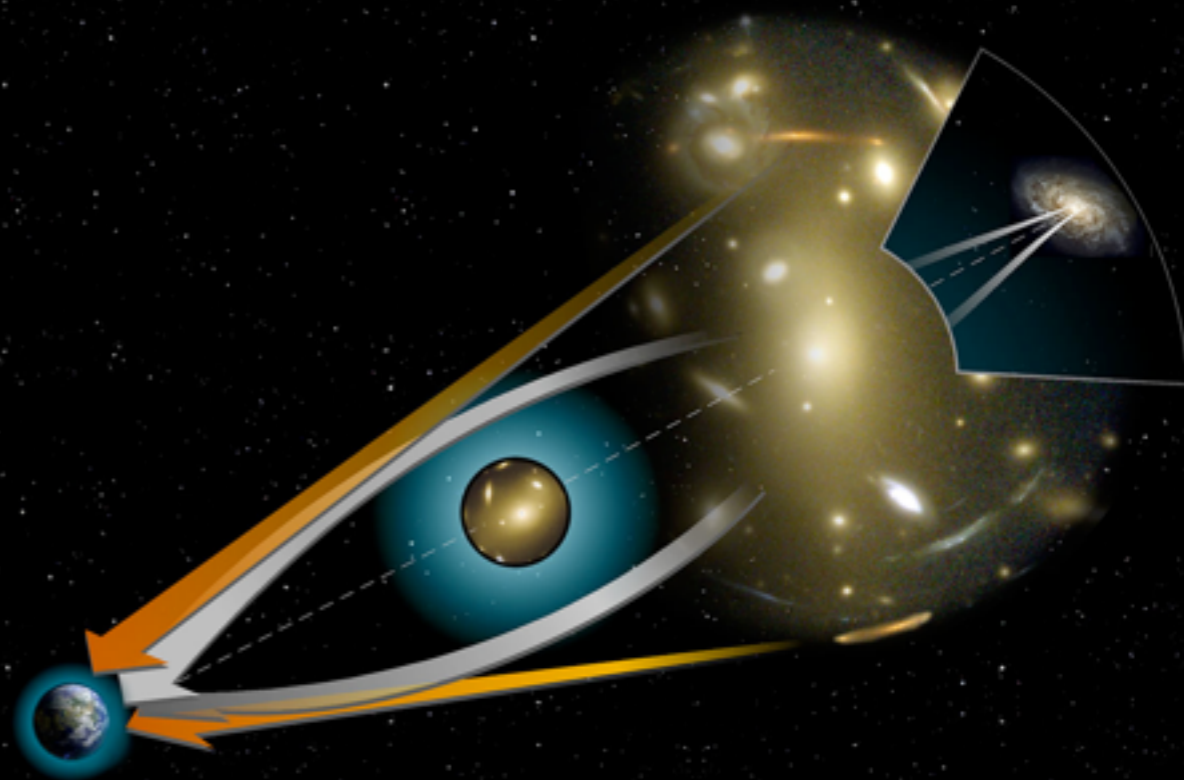
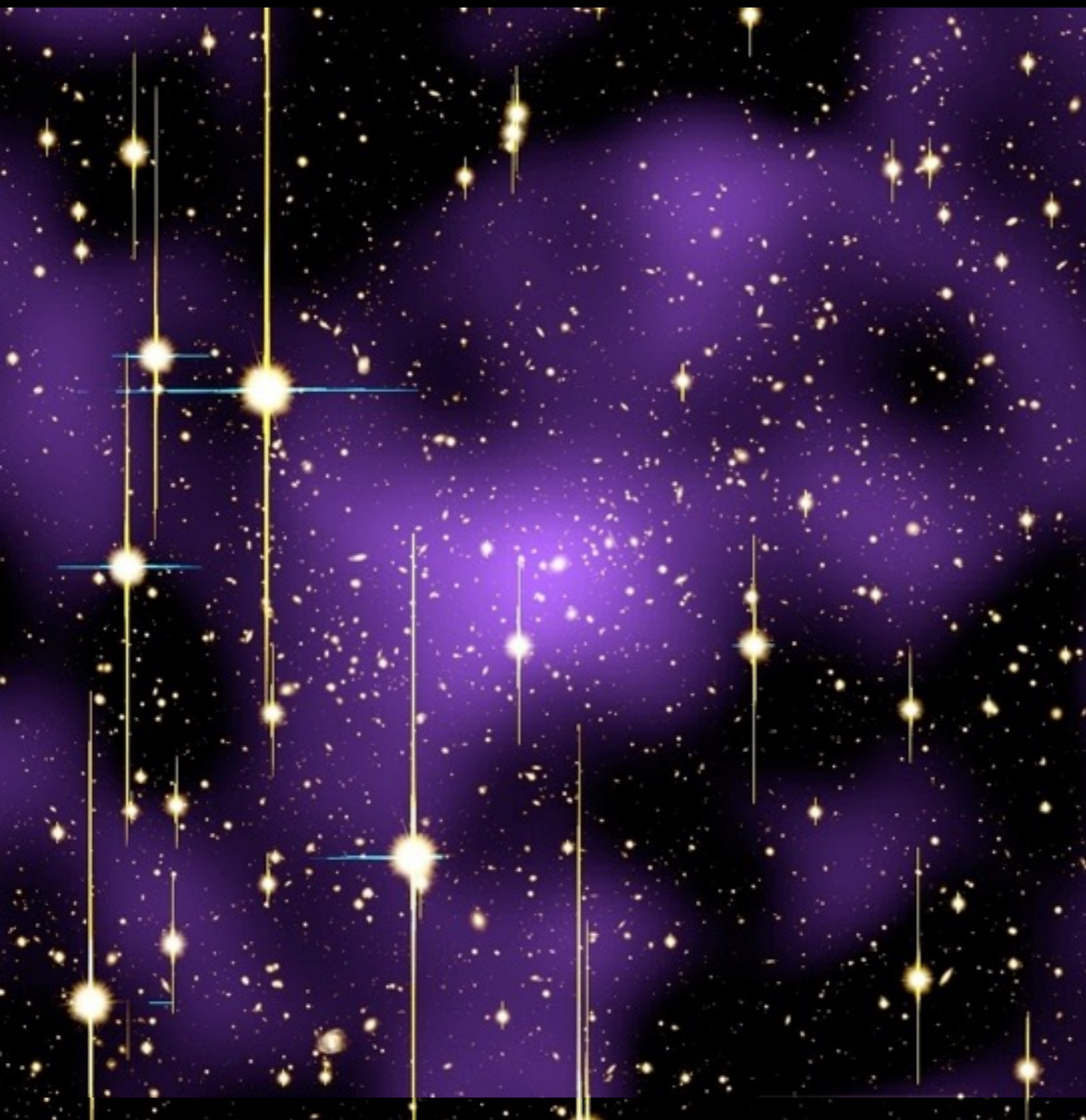


* Credit: NASA and STScI

* 高田昌広氏
(カブリ数物) 提供

宇宙の物質の80%以上は原子でない！

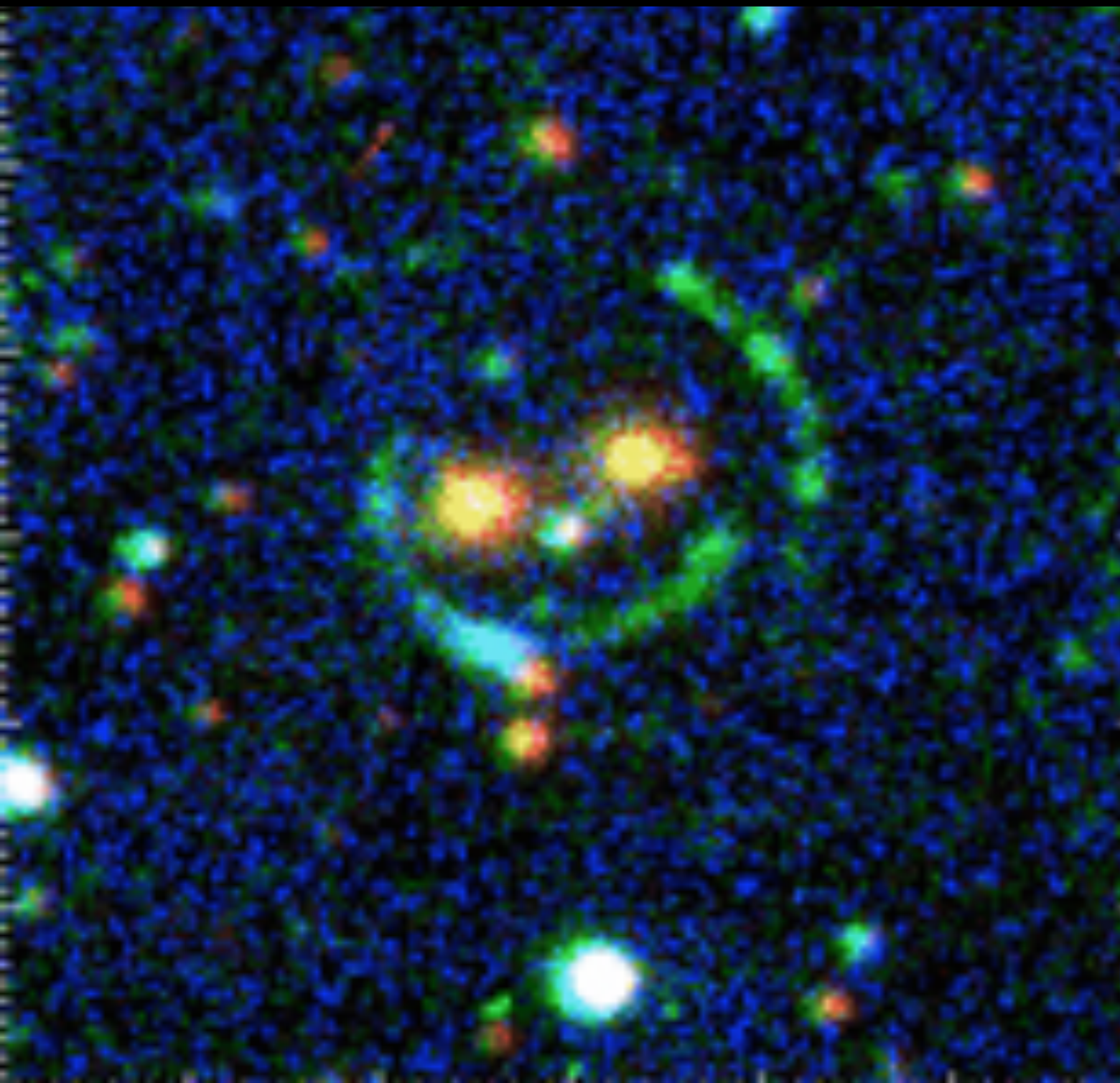
見えない暗黒物質を見る



* Credit: NASA and STScI

* 高田昌広氏
(カブリ数物) 提供

宇宙の物質の80%以上は原子でない！



* V. Belokurov, N.W. Evans, P.C. Hewett, A. Moiseev, R.G. McMahon, S.F. Sanchez, L.J. King (2009) Two new large-separation gravitational lenses from SDSS, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, vol.392 (no.1):104-112, p.107 Fig.4

チェシャ猫

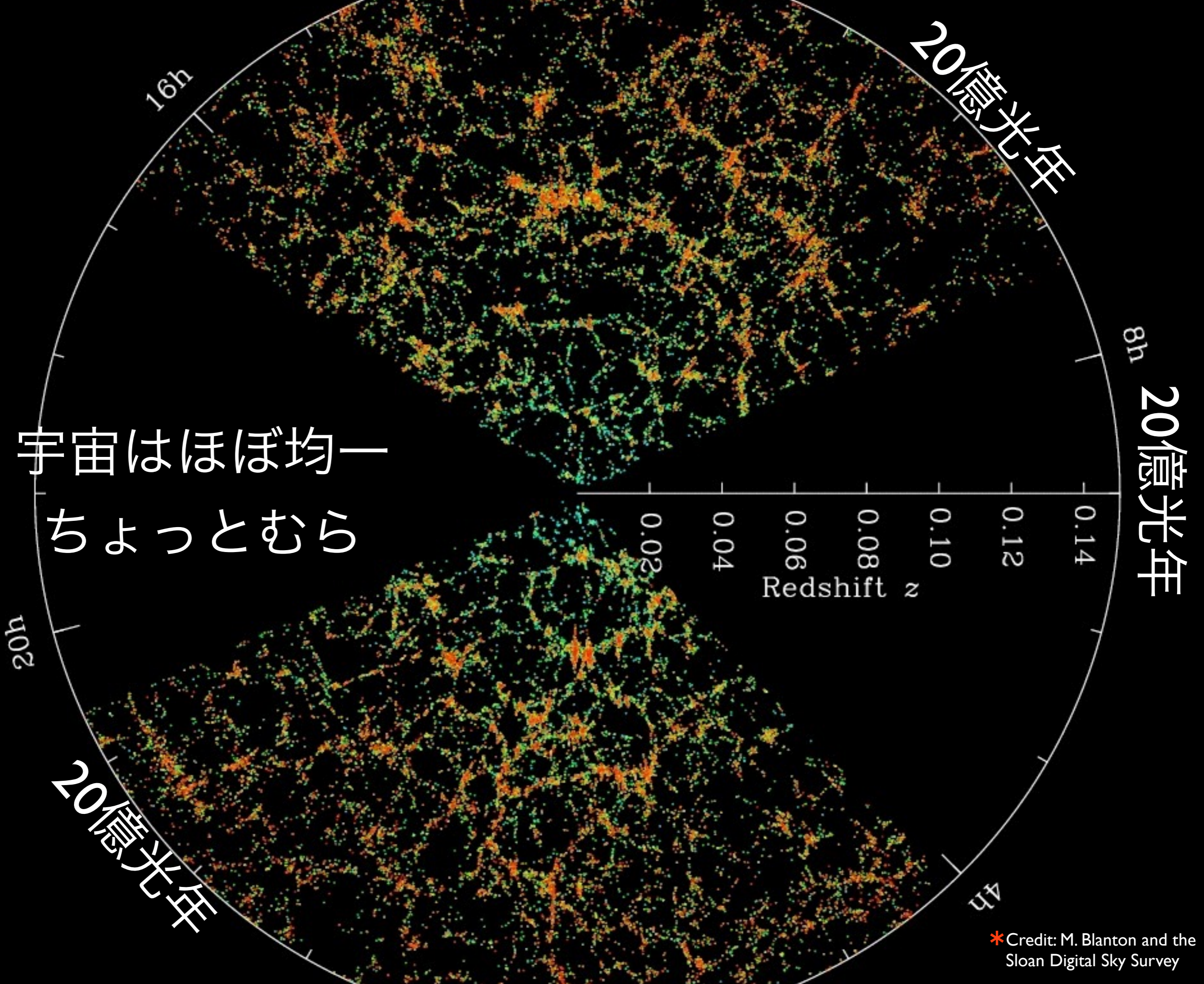
ここにいなくて正解



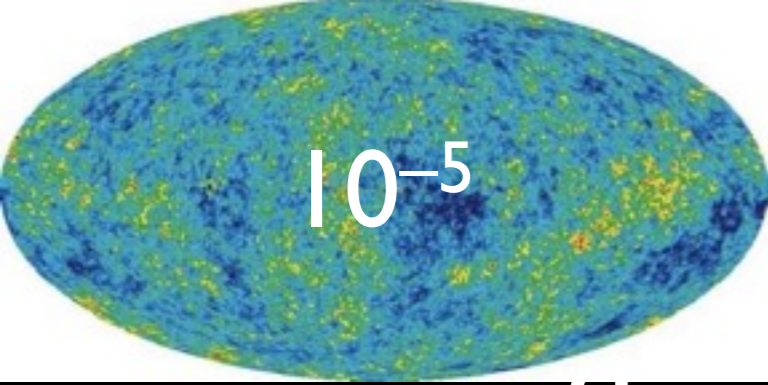
毎秒4500 kmで銀河団が衝突

地球から40億光年

* Credit: John Wise (Georgia Tech), Marusa Bradac (UC, Davis)

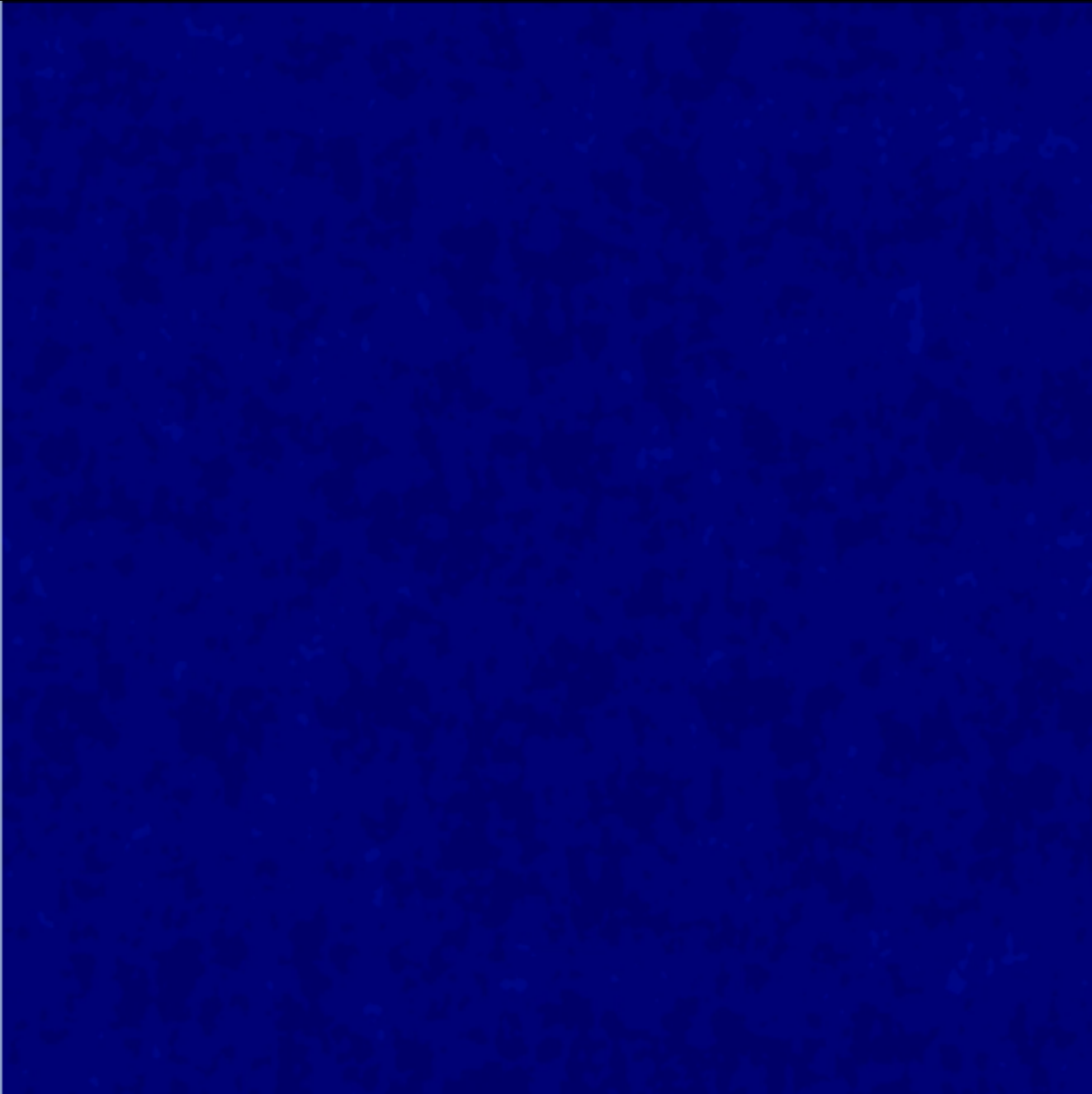


*Credit: M. Blanton and the Sloan Digital Sky Survey

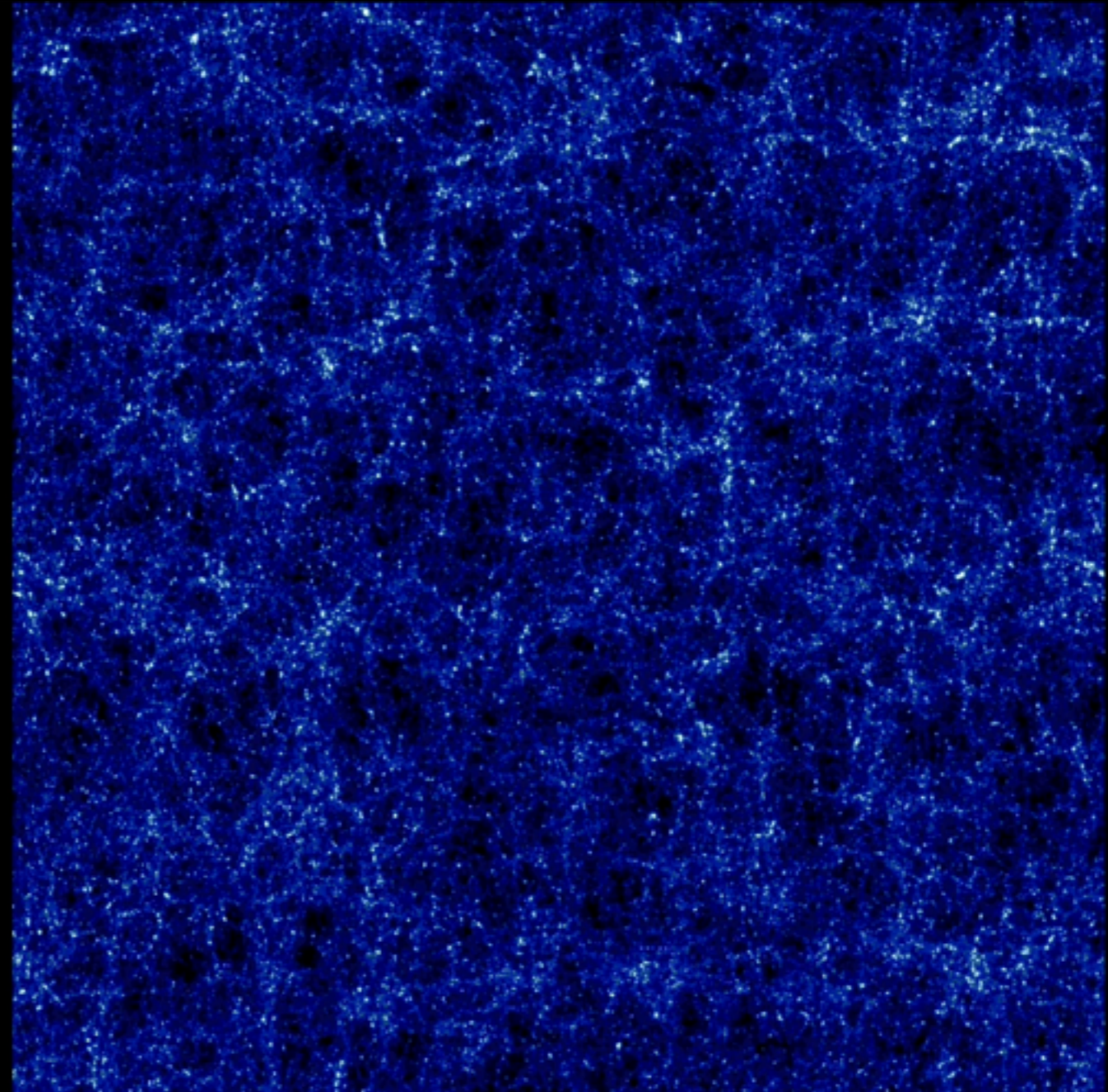


* Credit: NASA / WMAP Science Team

暗黒物質は 生き別れの生みの親



暗黒物質なし



暗黒物質あり

* 吉田直紀氏
(東京大学) 提供

マーチング・バンドでビッグ・バンを再現

* video courtesy of UC Berkeley



かすかな音を聞く

微妙なニュアンス

は聞こえない

騒音を遮断！



Photo by Fred Hsu,
from Wikimedia
Commons
(2013/11/14)
CC BY-SA 3.0
[http://
commons.wikimedia
.org/wiki/
File:San_Francisco_
Broadway_Columbu
s.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:San_Francisco_Broadway_Columbus.jpg)



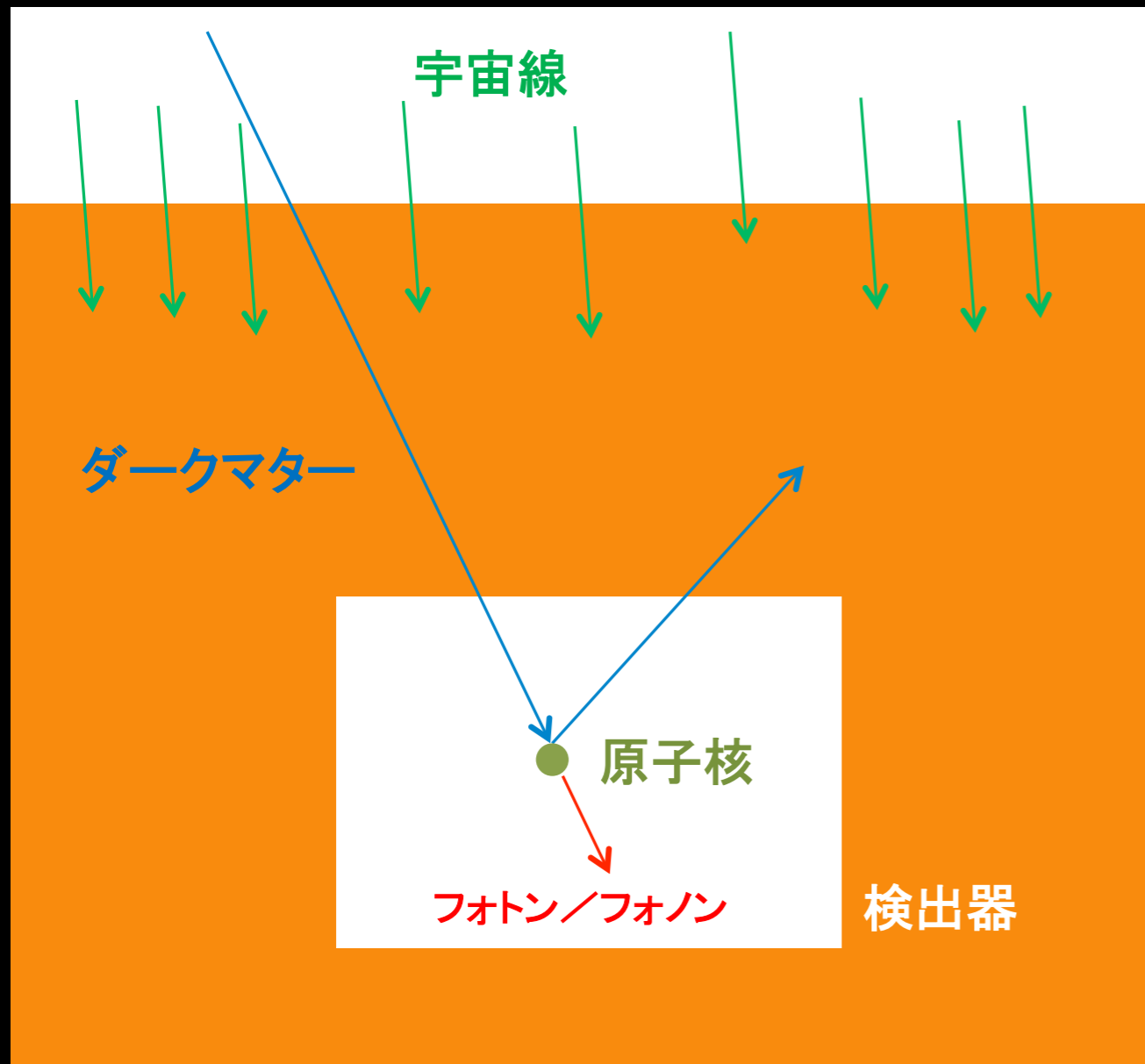
Photo by
Nickolai
Kashirin, from
flickr
(2013/11/14)
CC BY 2.0
[http://
www.flickr.com
/photos/
nkashirin/
5325053378/](http://www.flickr.com/photos/nkashirin/5325053378/)

暗黒物質のかすかな音を聞くには

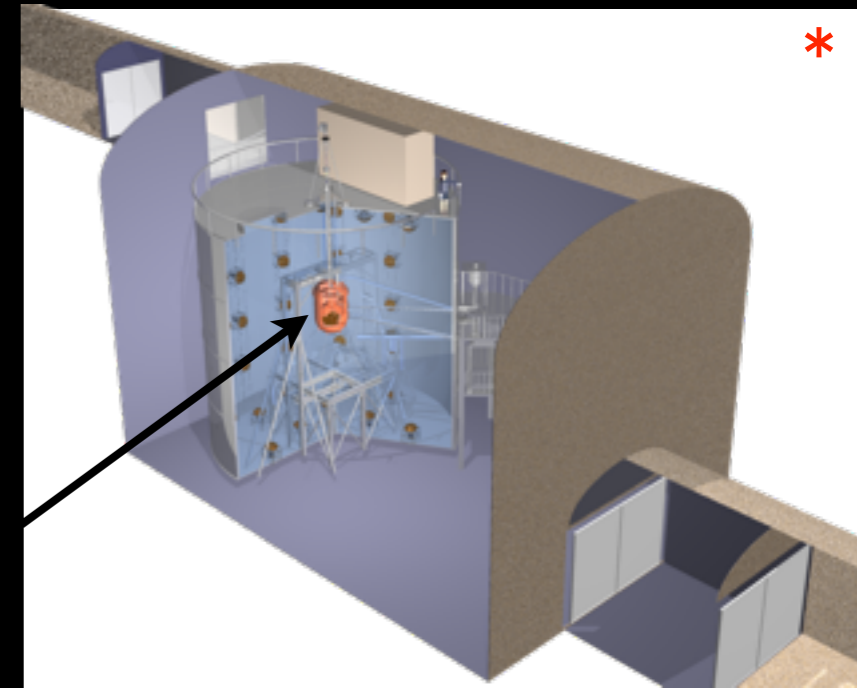
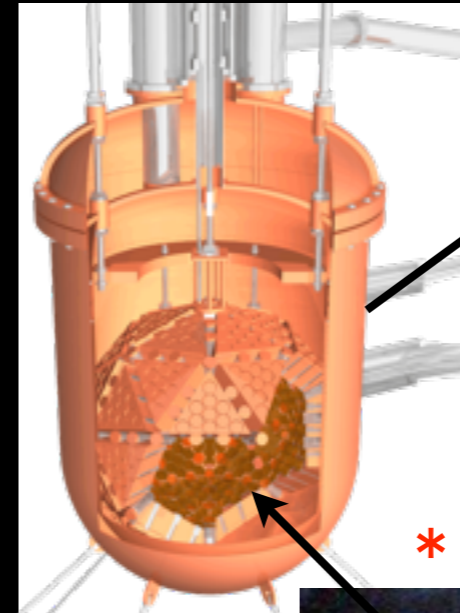
静かなところ＝地下へ行く

暗黒物質を捕まえる

液体キセノン



800kg



提供：東京大学宇宙線研究所
神岡宇宙素粒子研究施設



装置完成！

来月データを
取り始める予定



(c) 東京大学宇宙線研究所 神岡宇宙素粒子研究施設

(c) 東京大学宇宙線研究所 神岡宇宙素粒子研究施設





* Maximilien Brice, © CERN

LHC実験

* © CERN

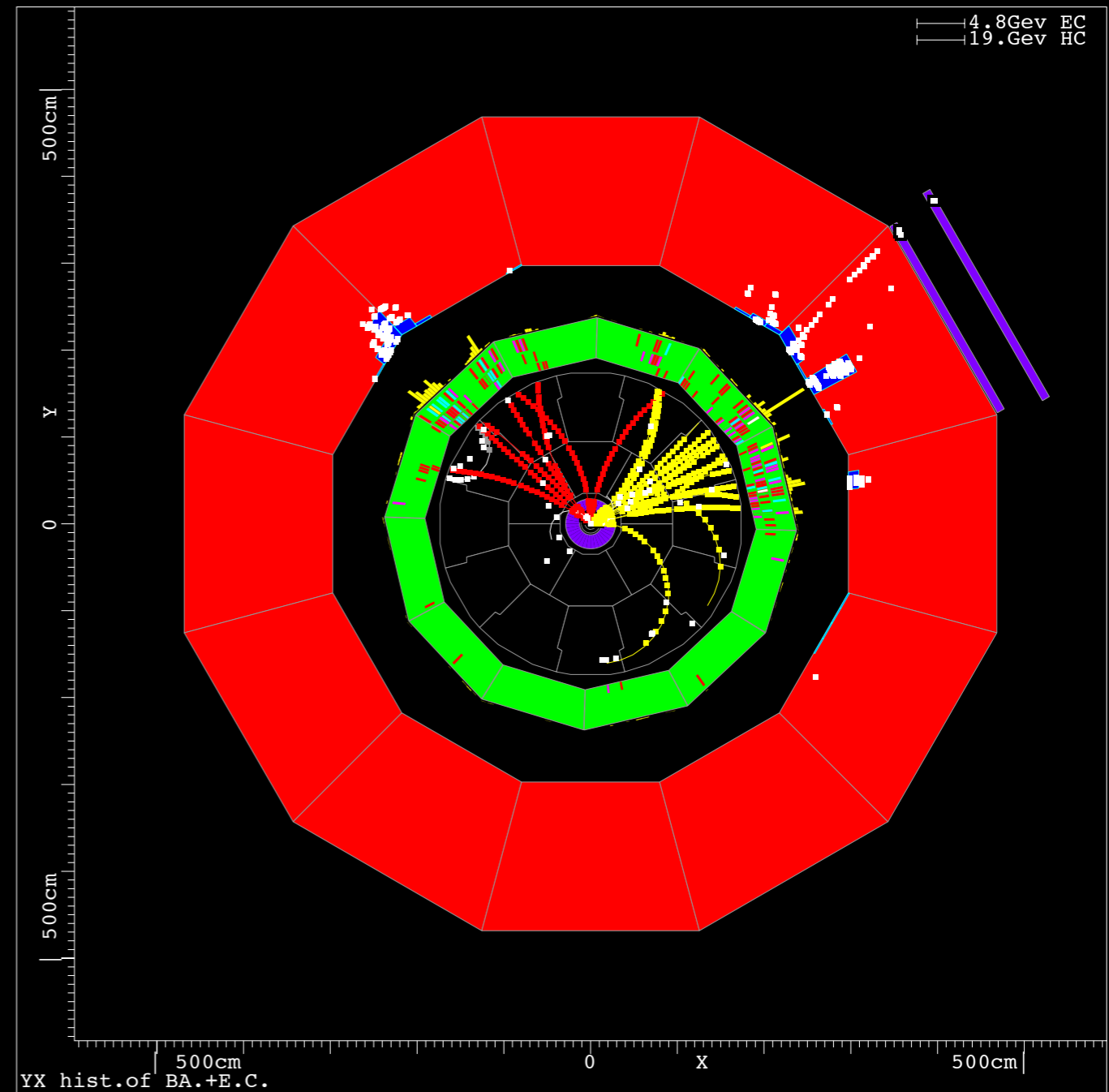


ビッグバンをやり直そう

見えないものを どうやって見つける？

* © CERN

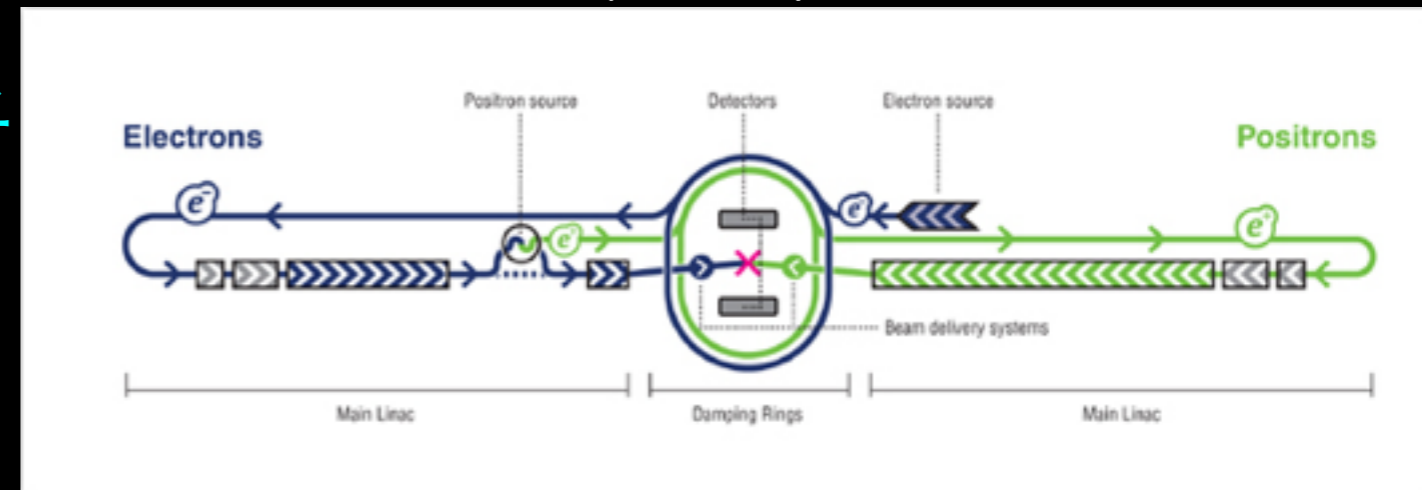
- 実験室でビッグバンのようなエネルギーを出して暗黒物質をつくらせてやる
 - 何か逃げている証拠を探す
- ⇒暗黒物質か!?



リニアークライダー

* Graphic courtesy of ILC / form one visual communication

- 電子と反物質の陽電子をぶつける
- とんでもないハイテク
- ビームを15km加速
- ビームをナノメートルまで小さくして、ちゃんとぶつける
- 暗黒物質の性質を精密に測る



International Linear Collider (ILC)



* Source: DESY Hamburg



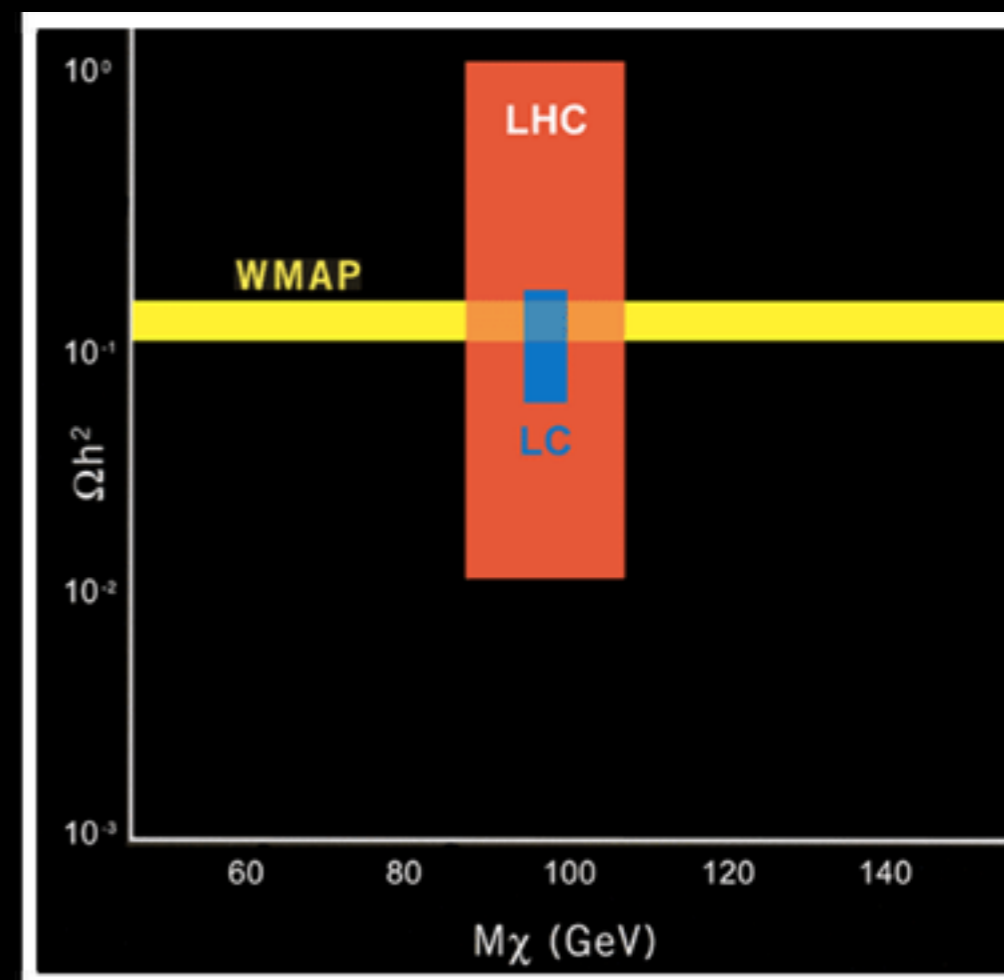
* Illustrated by Rey.Hori

夢

- 宇宙の観測
- 探す実験
- 作る実験
- 全部つじつまが合って初めて

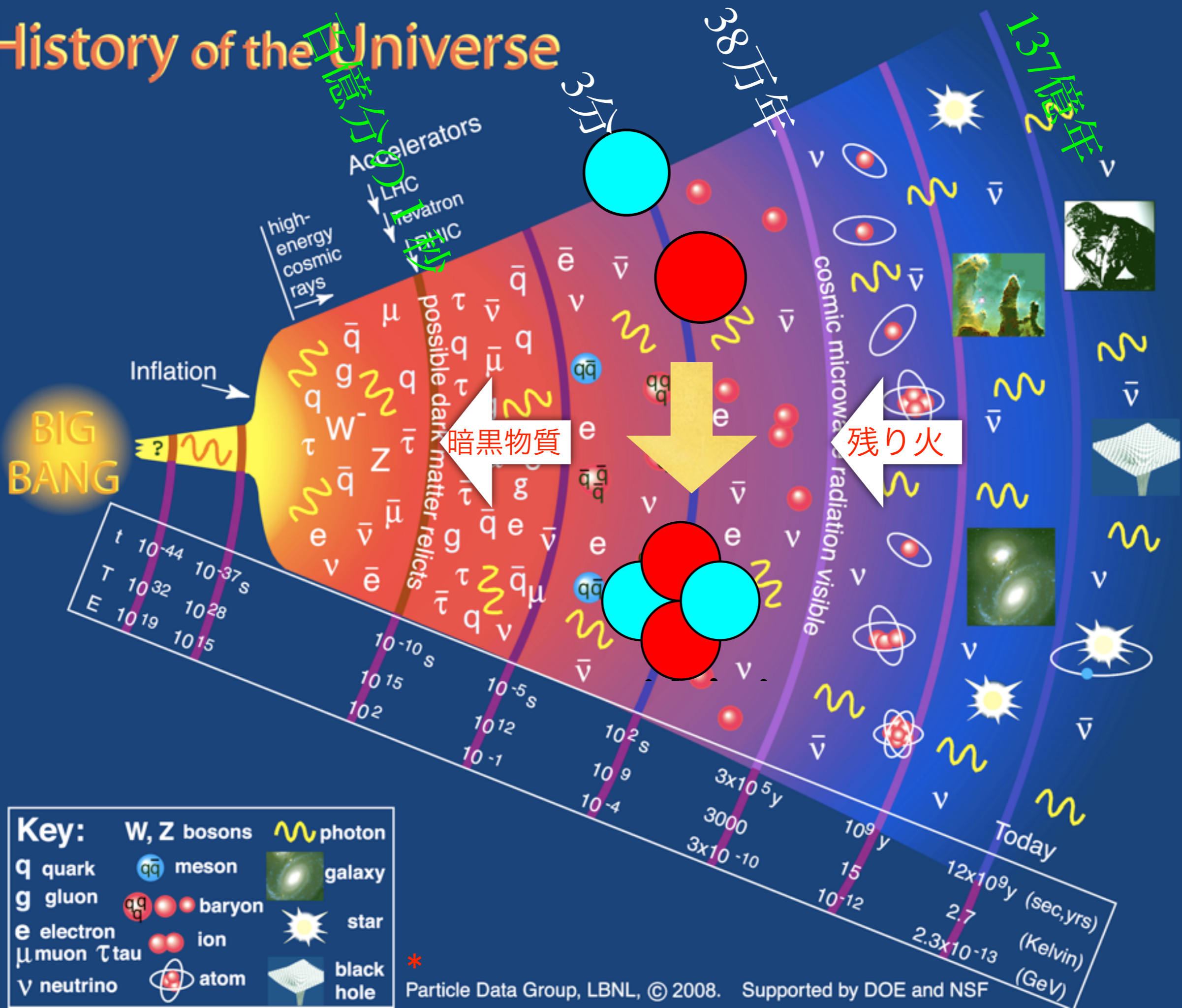
⇒ 暗黒物質が何かわかる

⇒ 宇宙ができて百億分の一秒のころのことがわかる



* Credit: Andreas Birkedal

History of the Universe



Key:

- W, Z bosons
- q quark
- g gluon
- e electron
- μ muon
- τ tau
- ν neutrino
- photon
- meson
- baryon
- ion
- atom
- galaxy
- star
- black hole

* Particle Data Group, LBNL, © 2008. Supported by DOE and NSF