

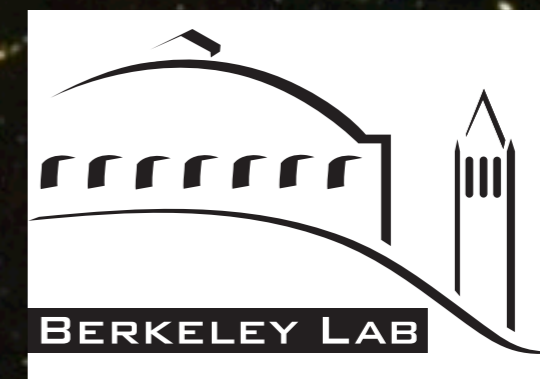
# 宇宙の果ての向こう

KEK 2012年12月20日

東大国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構

UC Berkeley, Lawrence Berkeley Laboratory

村山齊













宇宙はどうやって始まったのか





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

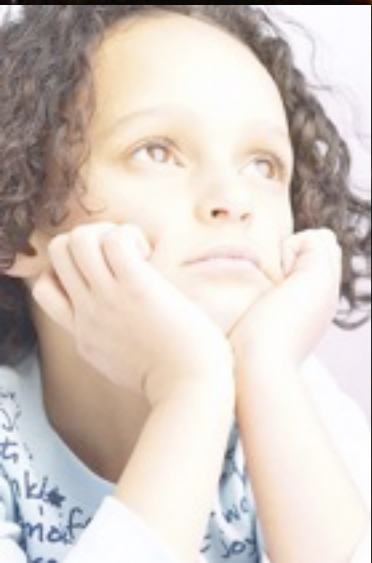




宇宙はどうやって始まったのか

宇宙に終わりはあるのか

宇宙は何でできているのか



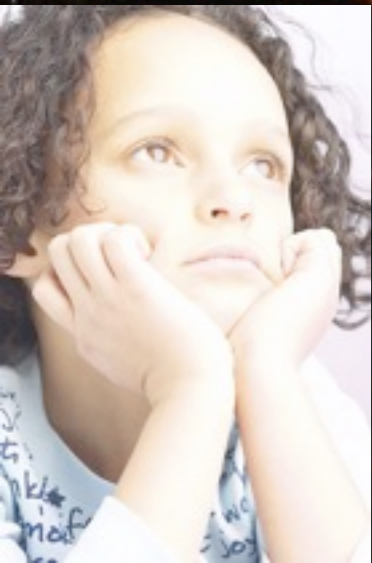


宇宙はどうやって始まったのか

宇宙に終わりはあるのか

宇宙は何でできているのか

宇宙のしくみは何か





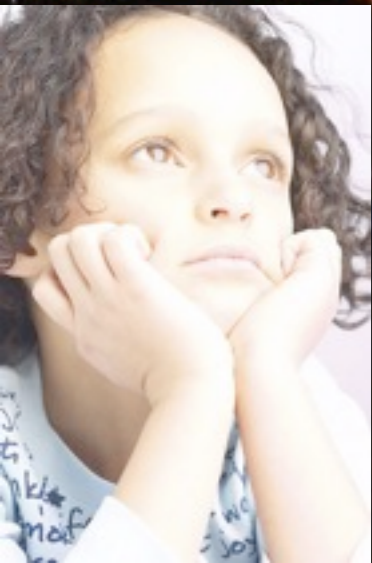
宇宙はどうやって始まったのか

宇宙に終わりはあるのか

宇宙は何でできているのか

宇宙のしくみは何か

宇宙にどうして我々がいるのか





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

宇宙のしくみは何か

宇宙にどうして我々がいるのか

人類誕生以来の疑問

今や科学の力で迫れる





日本の頭脳

朝日TV 奇跡の地球物語

朝日TV 奇跡の地球物語



KAVLI  
**IPMU** INSTITUTE FOR THE PHYSICS AND  
MATHEMATICS OF THE UNIVERSE

THE  KAVLI FOUNDATION





THE  KAVLI FOUNDATION



IPMUのために基金6億円を設立  
ハーバード、ケンブリッジ、MIT、  
シカゴ、スタンフォード等の仲間

2012年4月1日より冠研究所  
カブリ数物連携宇宙研究機構

Kavli IPMU

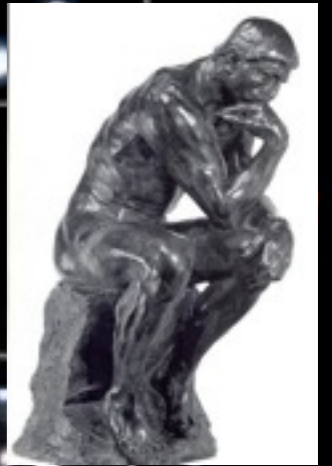
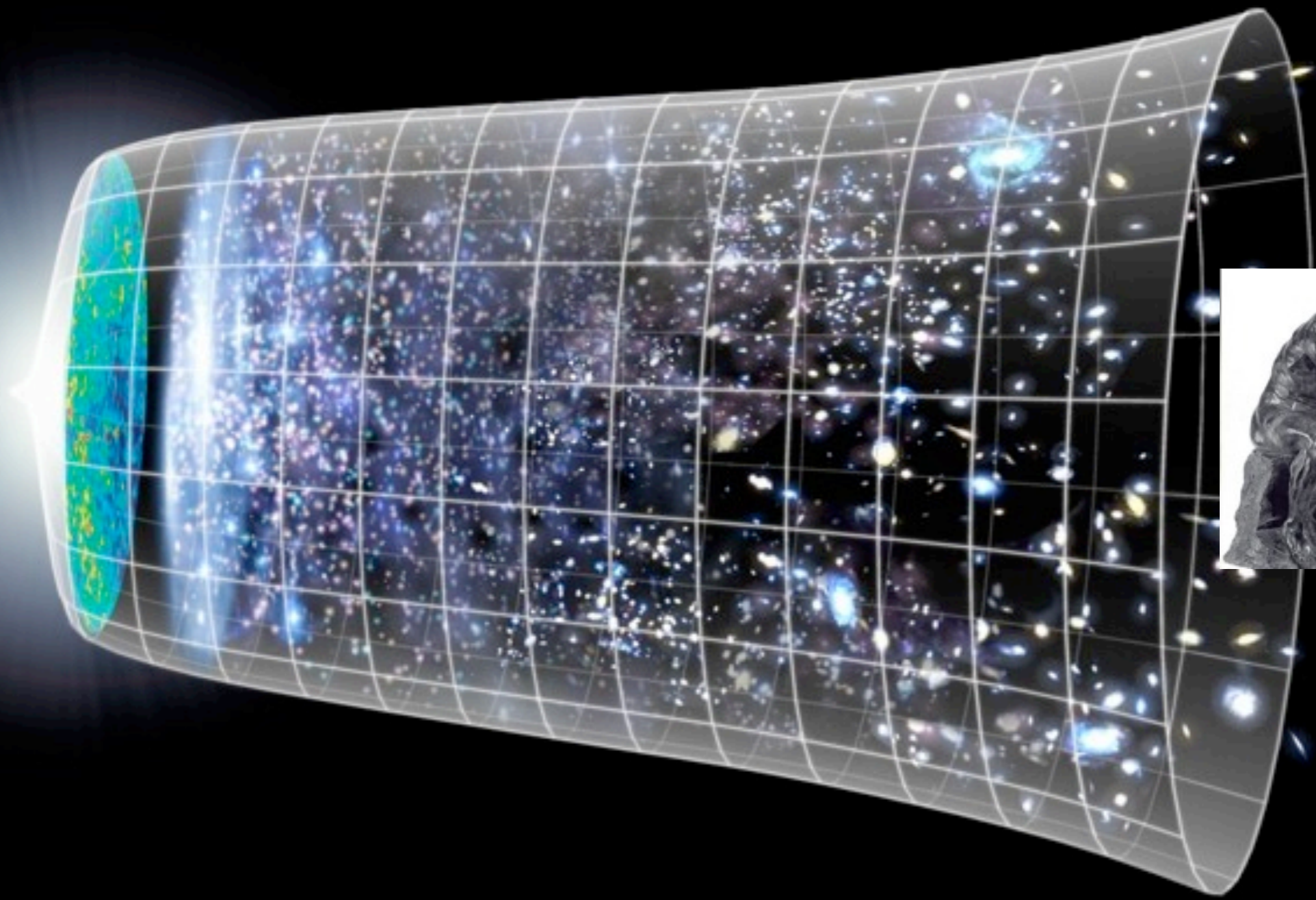


文科省の支援は  
あと4年で終わり  
将来のために寄附を!

「日本発アインシュタイン」

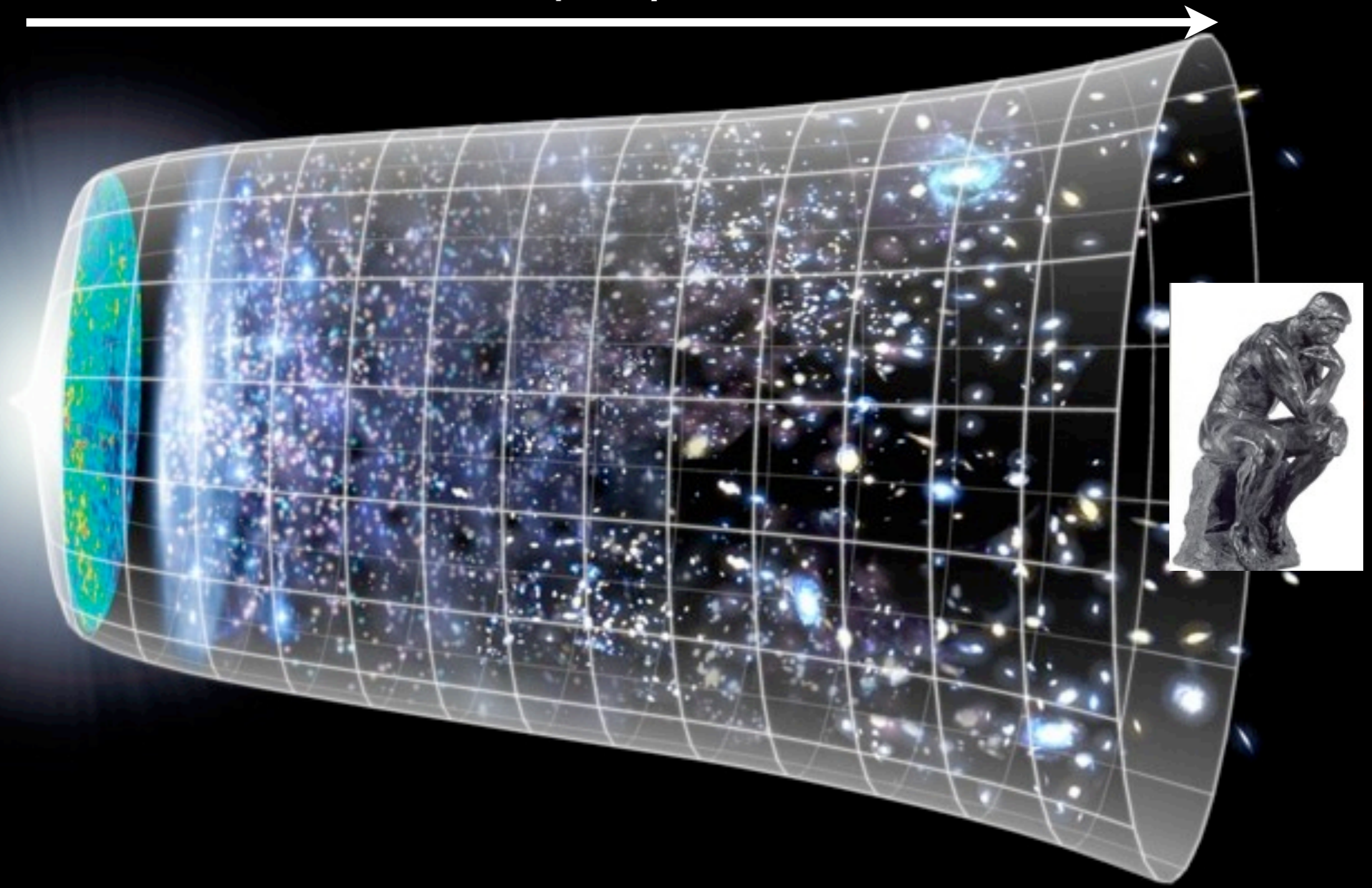
検索





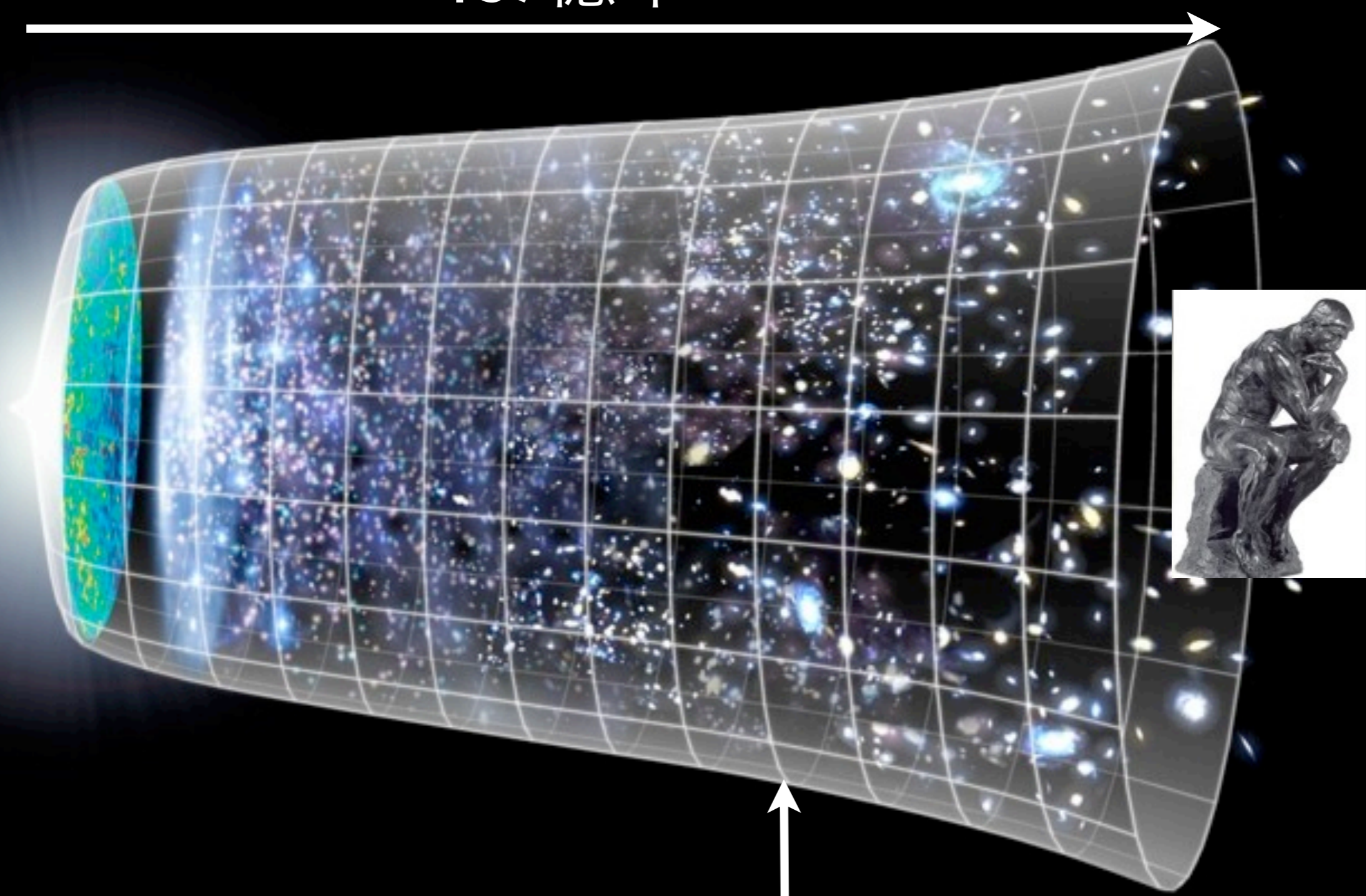


137億年





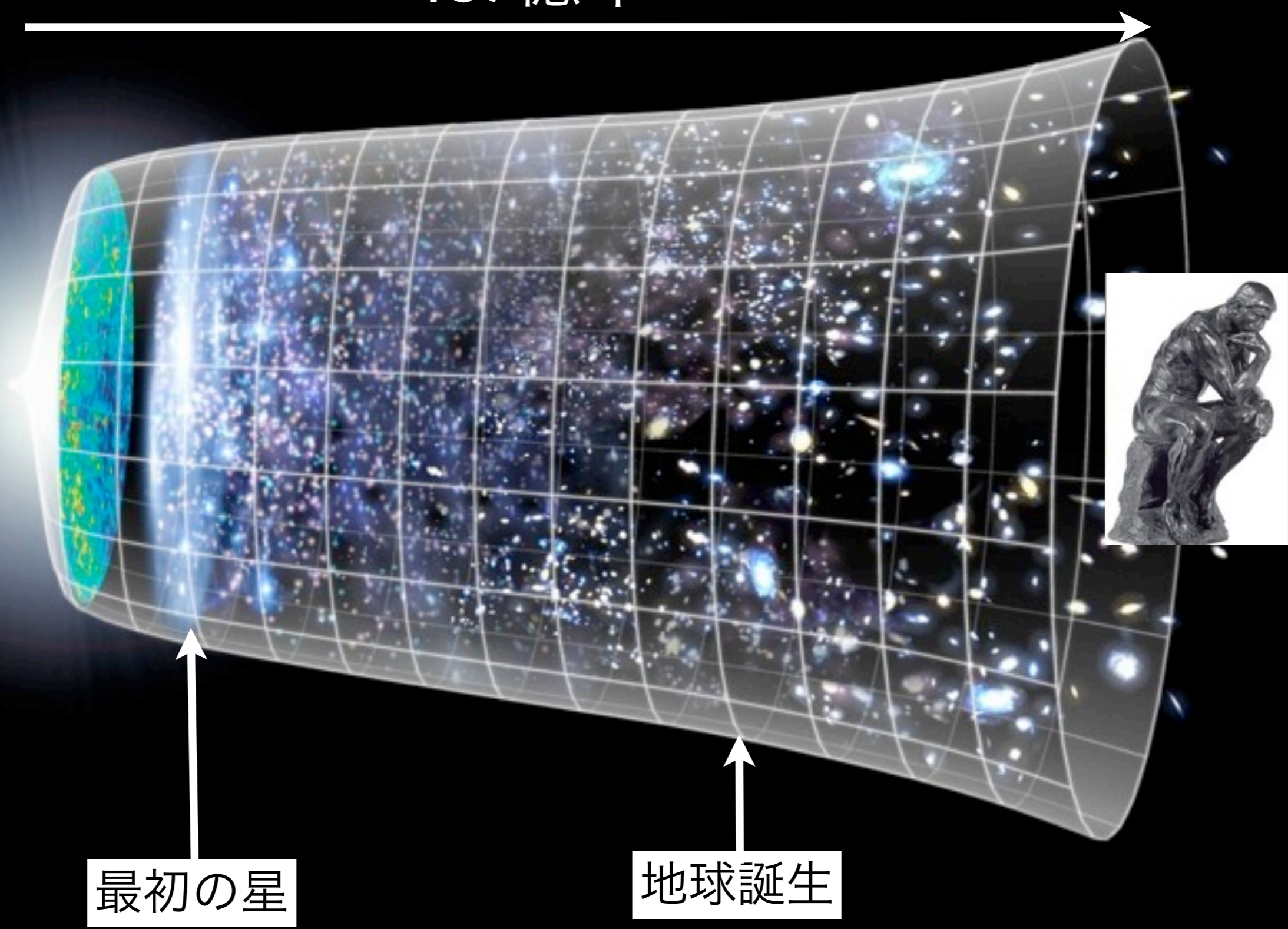
137億年



地球誕生

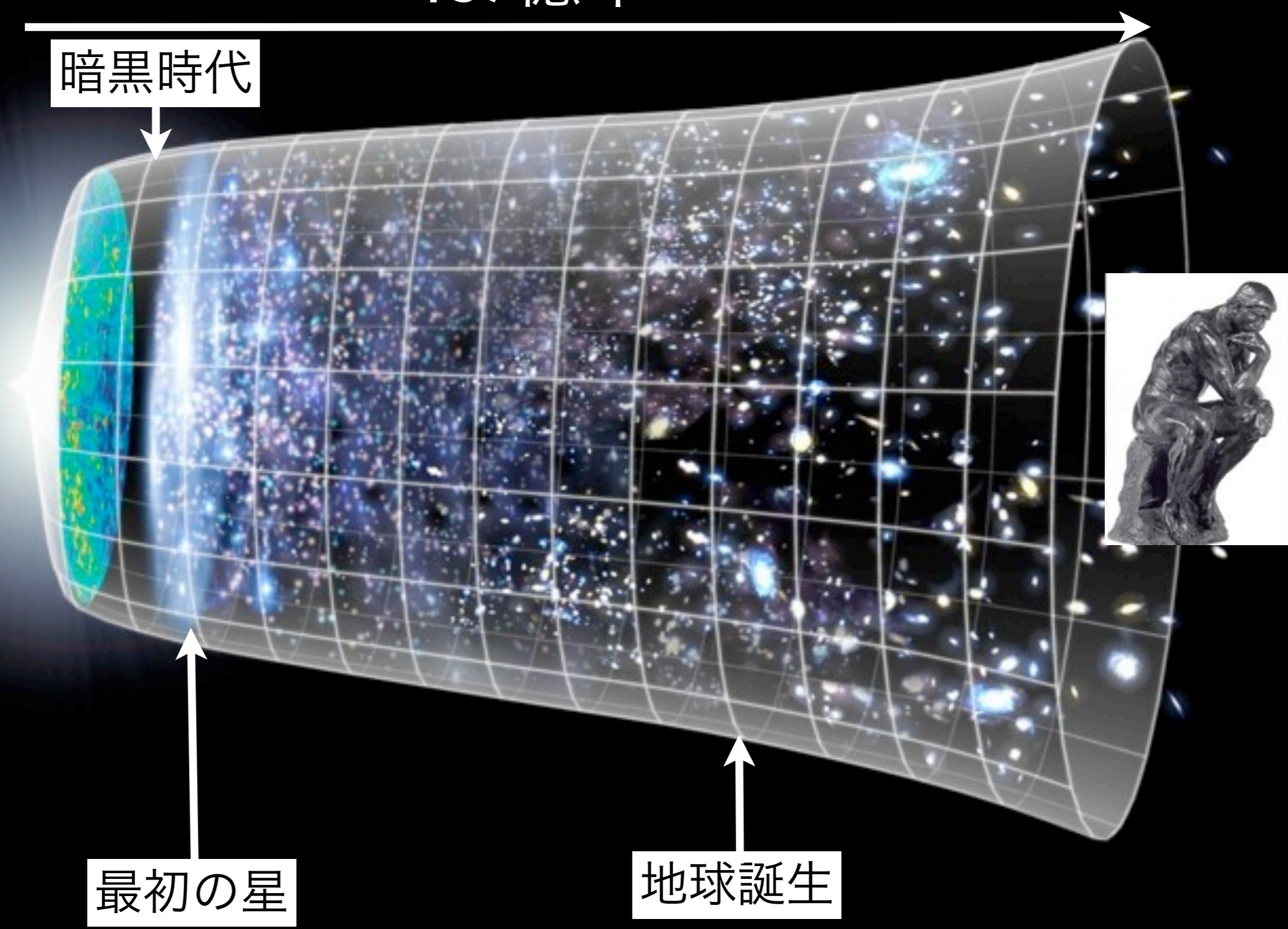


137億年



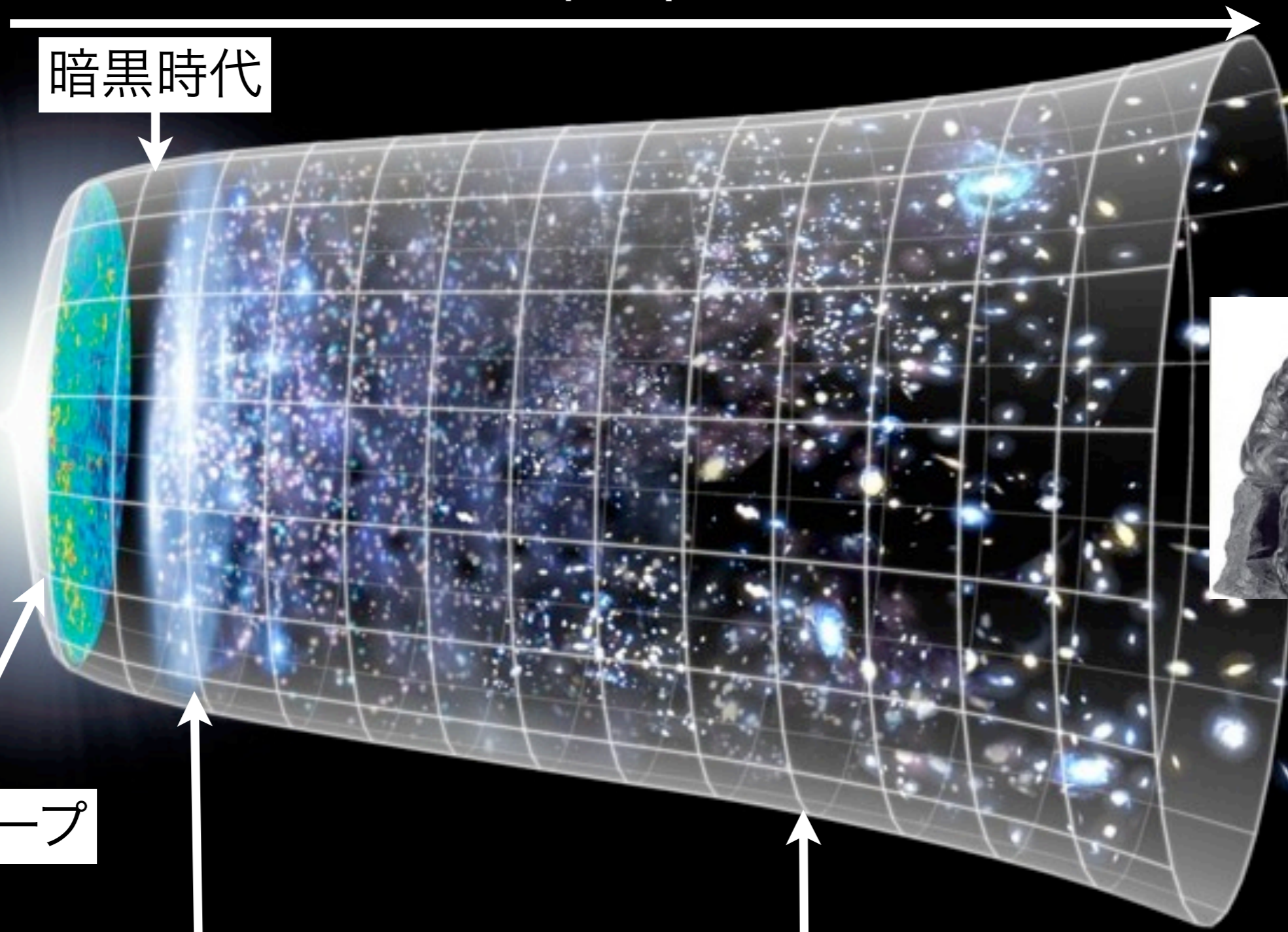


137億年





137億年



暗黒時代

素粒子のスープ

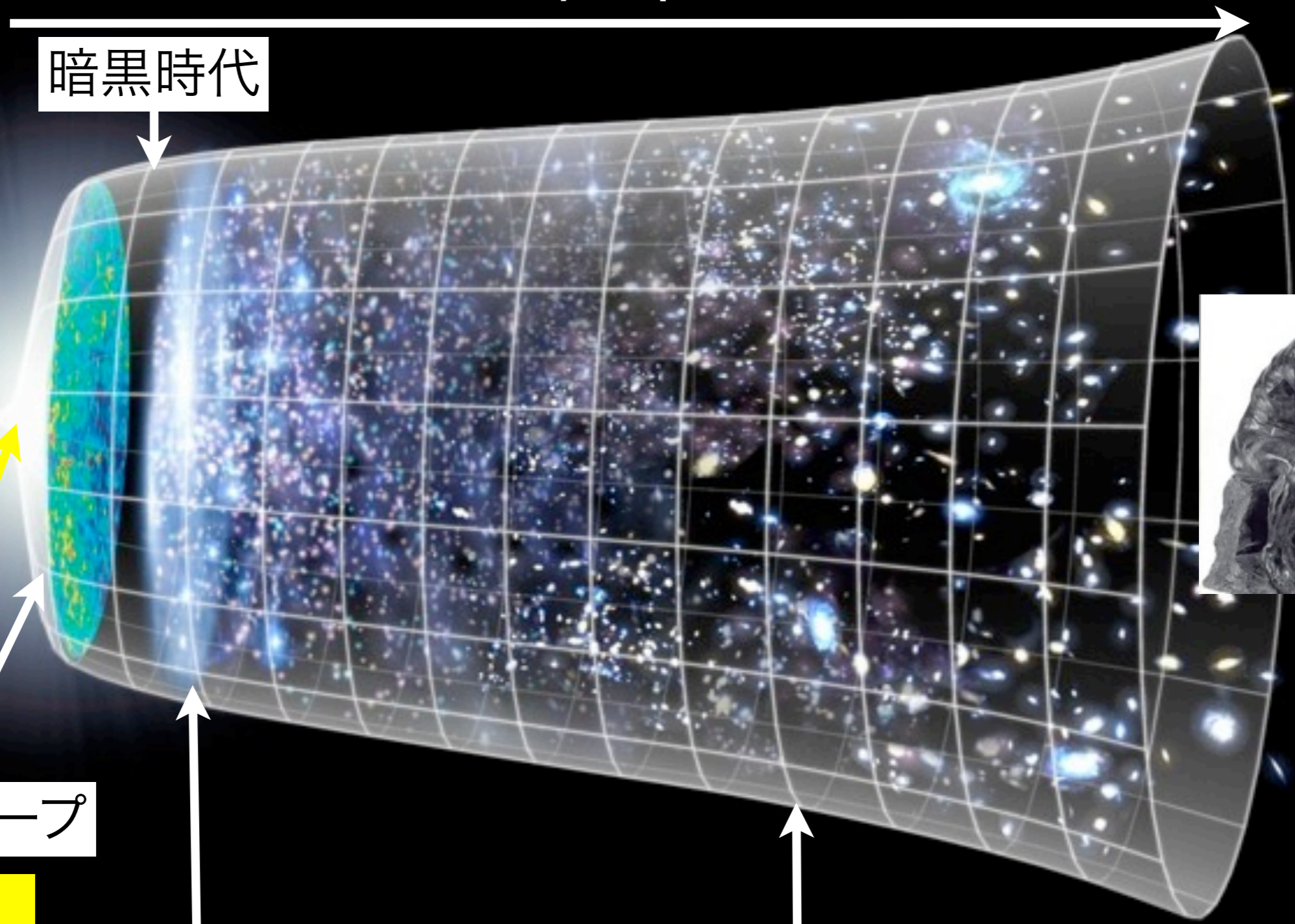
最初の星

地球誕生





137億年



暗黒時代

素粒子のスープ

ヒッグスが  
凍り付く  
一兆分の一秒

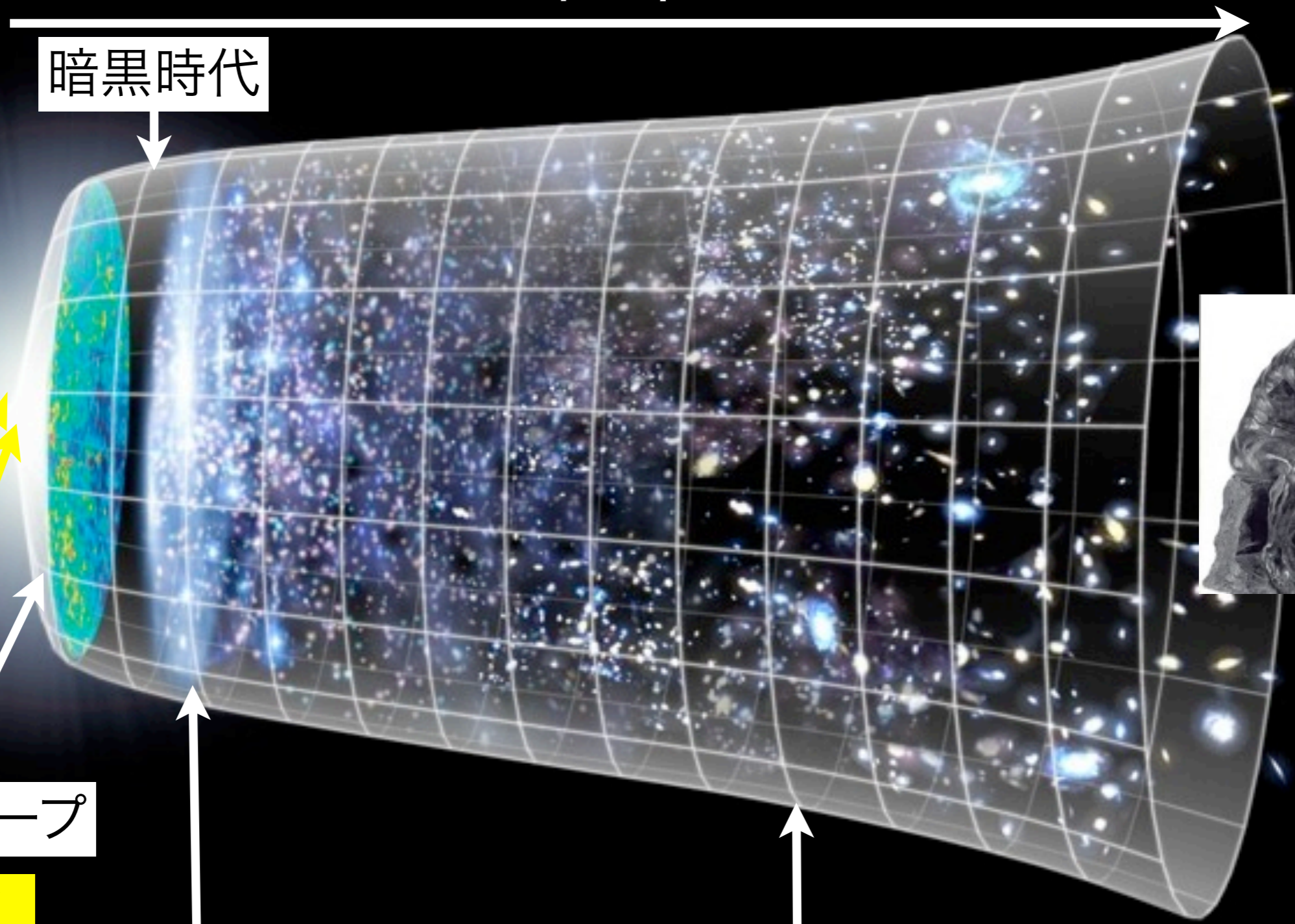
最初の星

地球誕生





137億年



ビッグバン

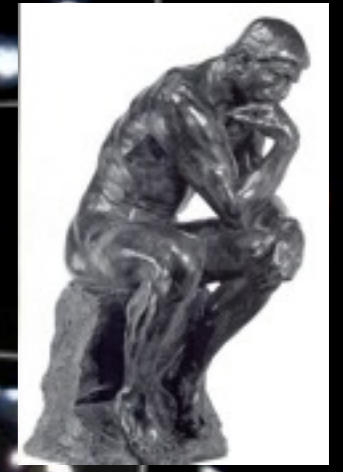
暗黒時代

素粒子のスープ

ヒッグスが  
凍り付く  
一兆分の一秒

最初の星

地球誕生





今の宇宙全体が  
原子一個よりも

137億年

小さかった！

ビッグバン

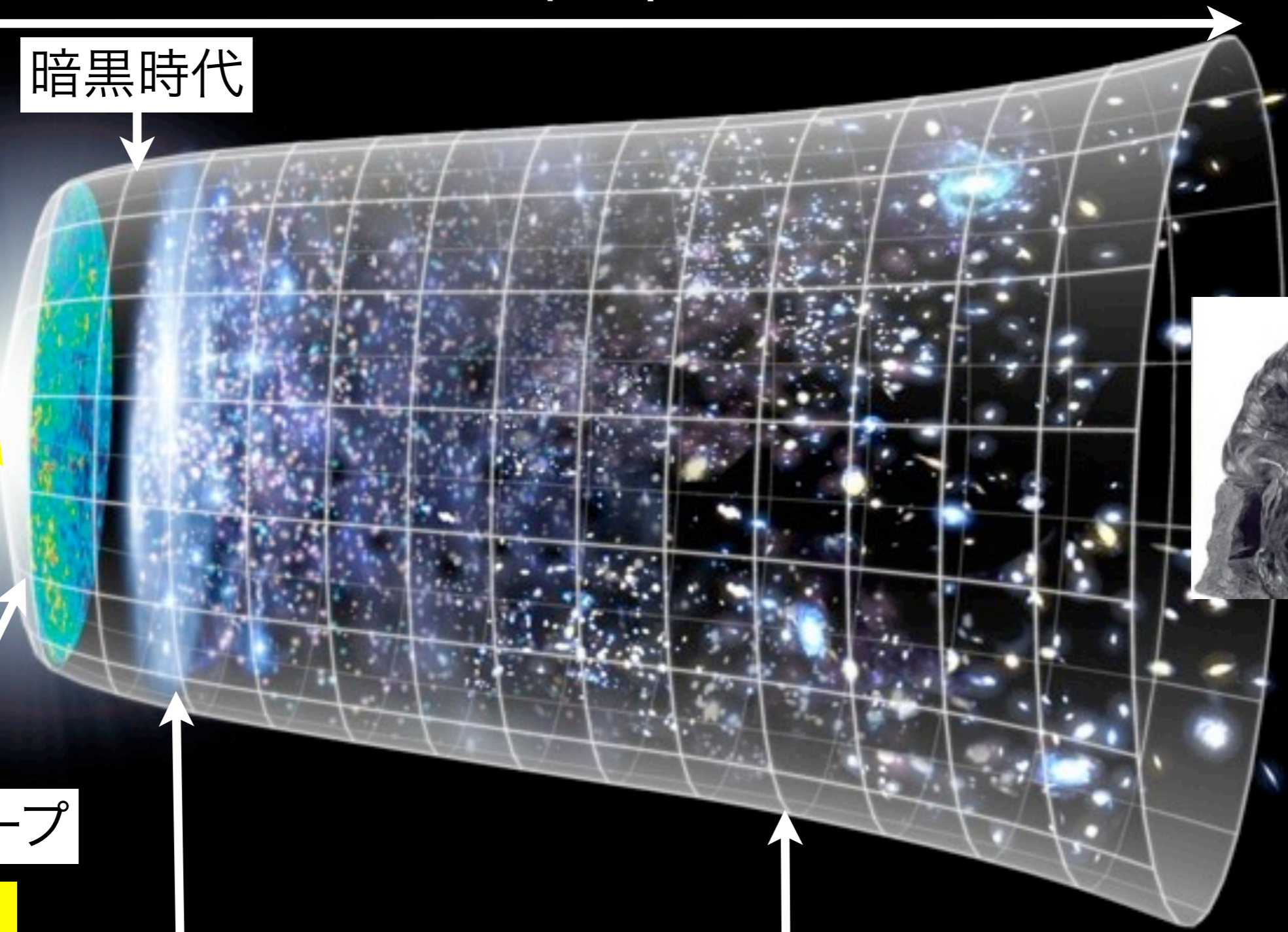
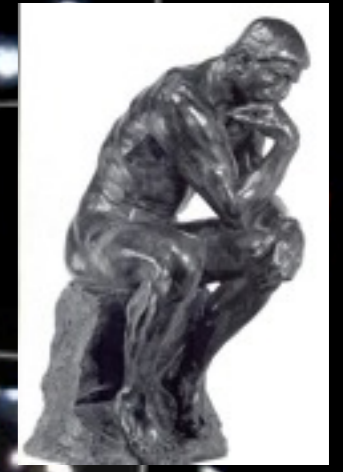
暗黒時代

素粒子のスープ

ヒッグスが  
凍り付く  
一兆分の一秒

最初の星

地球誕生





# タイムマシン



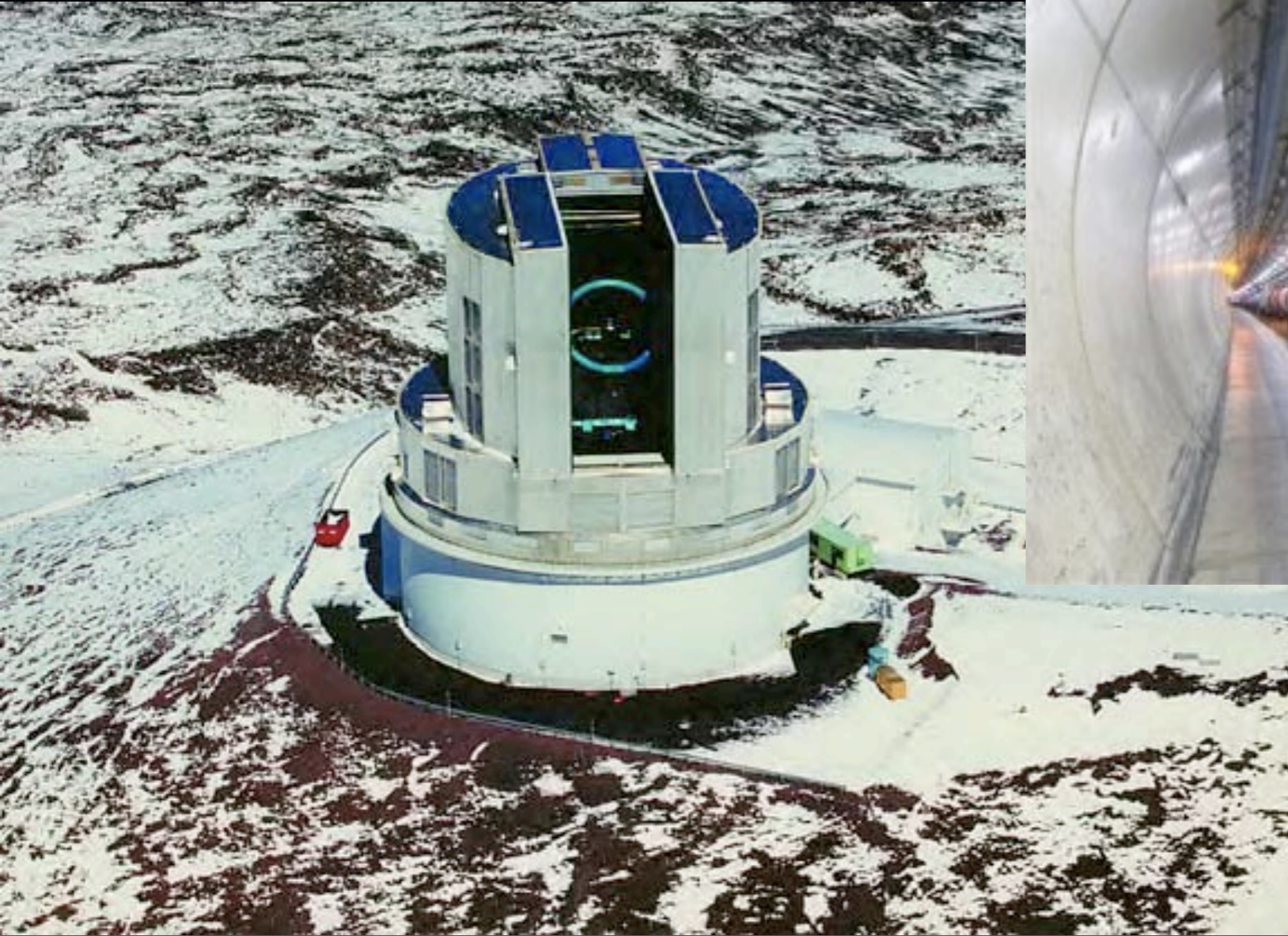


# タイムマシン



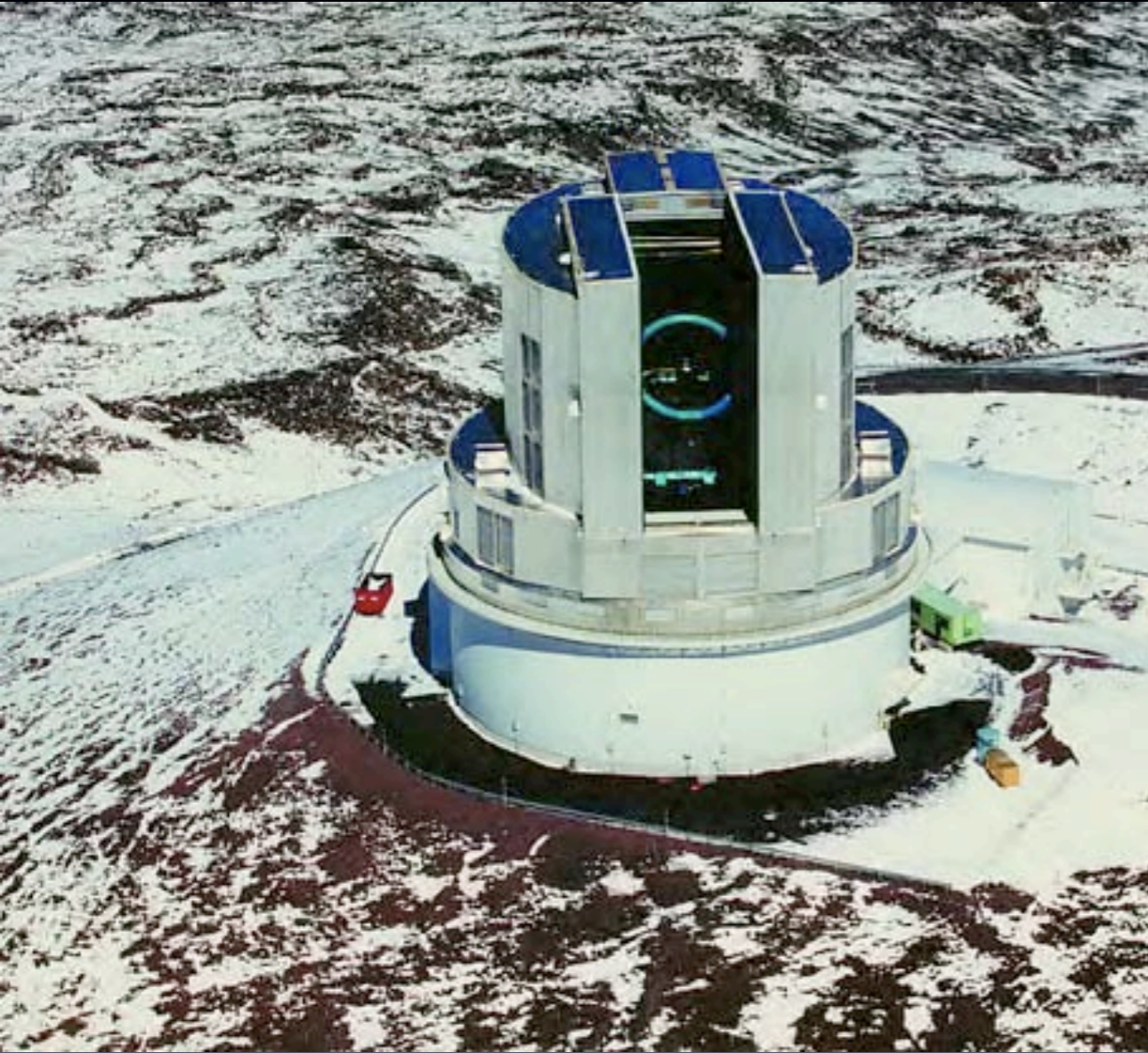


# タイムマシン





# タイムマシン





A deep space image showing a vast field of galaxies in various colors (yellow, orange, blue, purple) against a dark background. The galaxies are scattered across the frame, creating a sense of depth and scale.

見ることのできる  
宇宙の果て









375 km 上空





375 km 上空

ももの皮



2008年9月30日

かぐや探査機



© JAXA/NHK



2008年9月30日

かぐや探査機

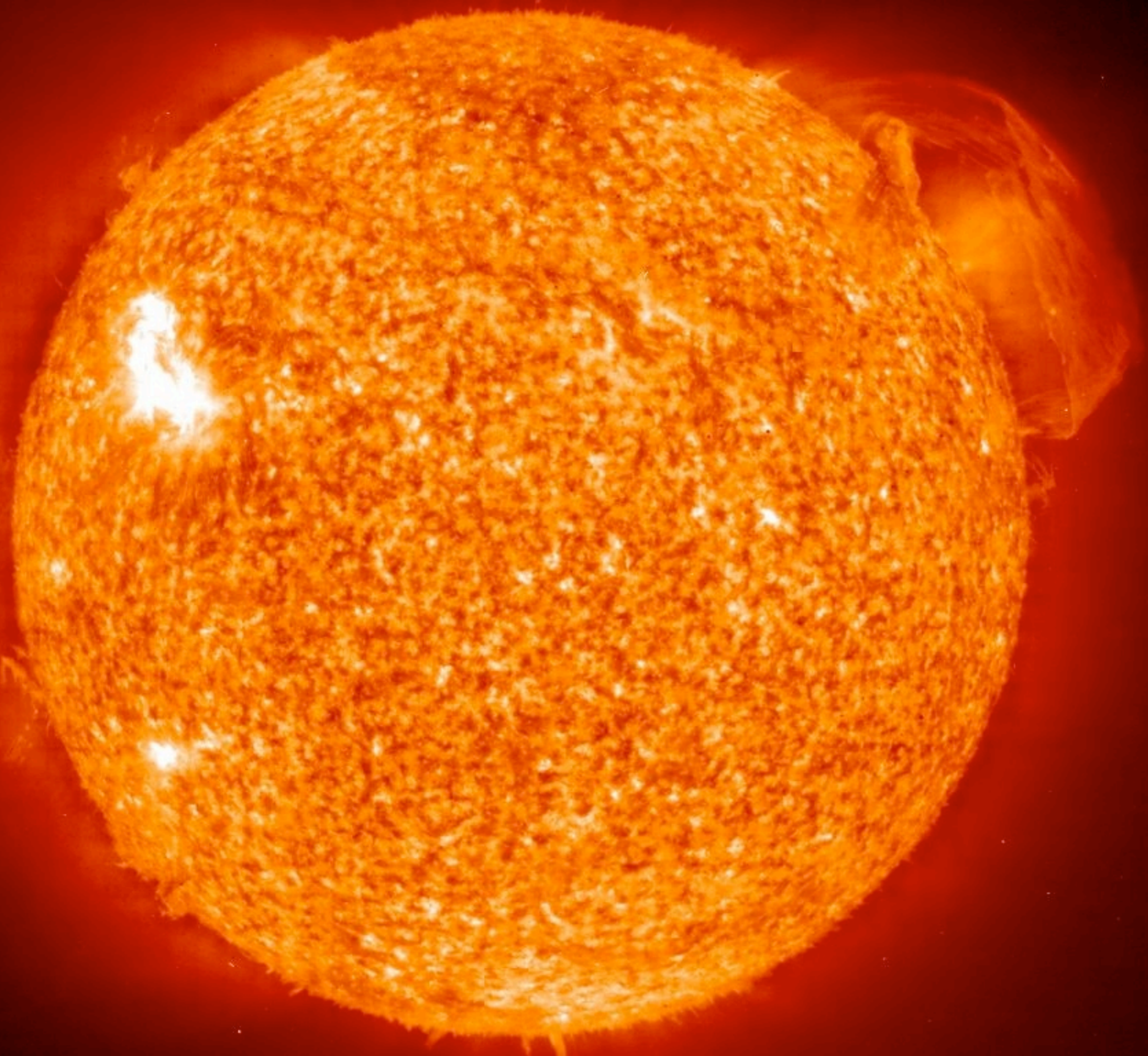
380,000km

=1.3光秒



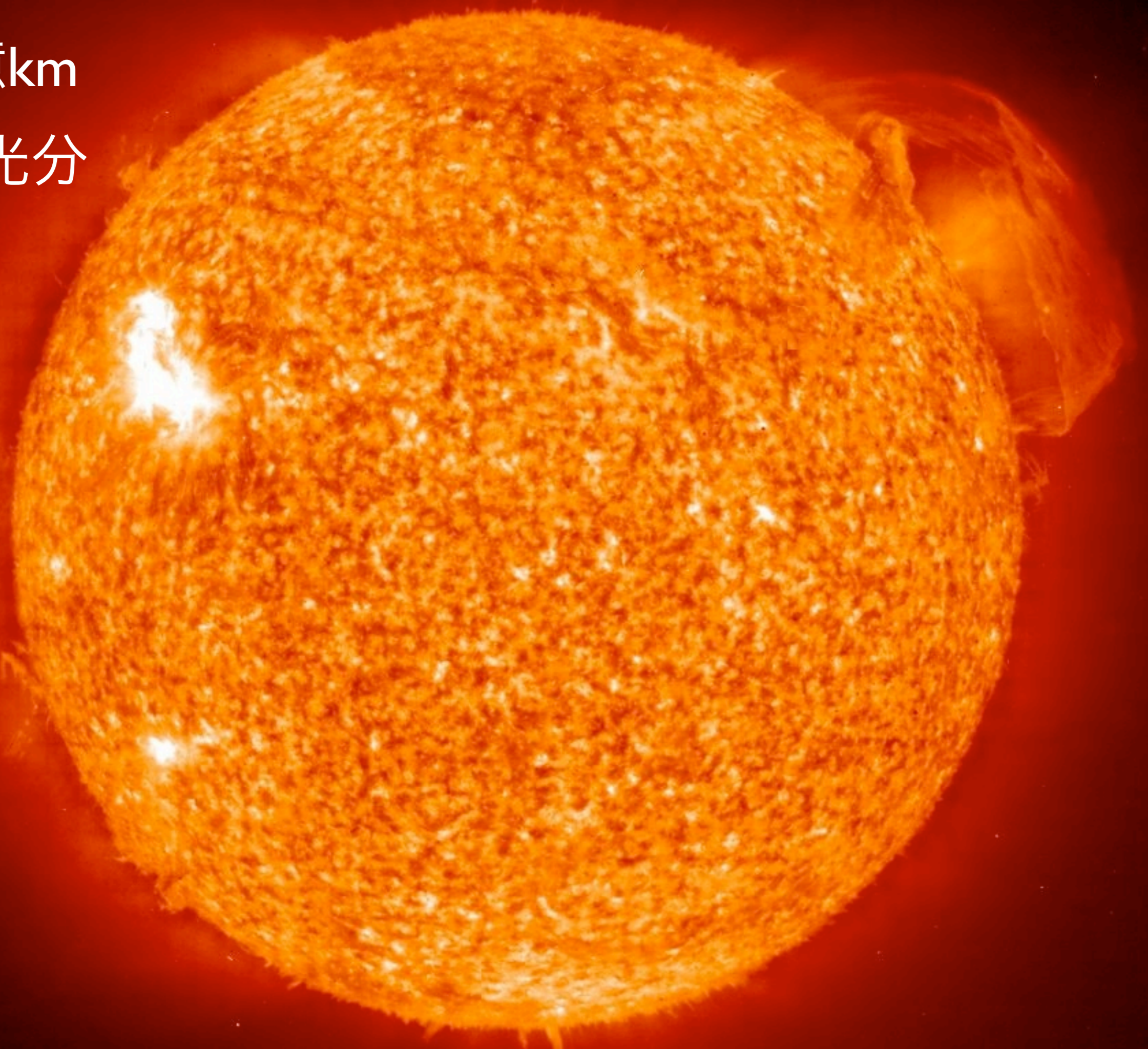
© JAXA/NHK





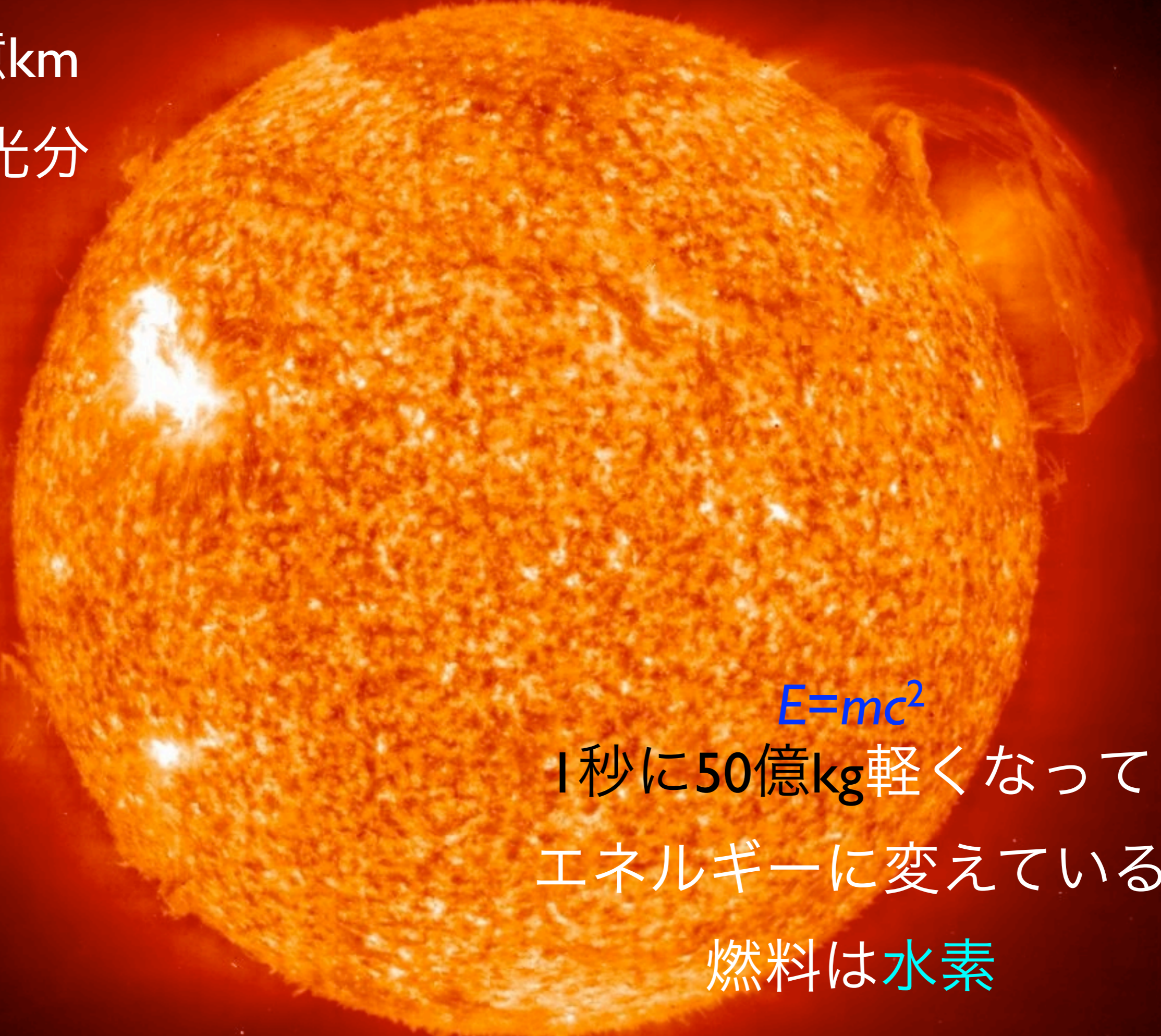


1.5億km  
=8.3光分





1.5億km  
=8.3光分



$$E=mc^2$$

1秒に50億kg軽くなって  
エネルギーに変えている

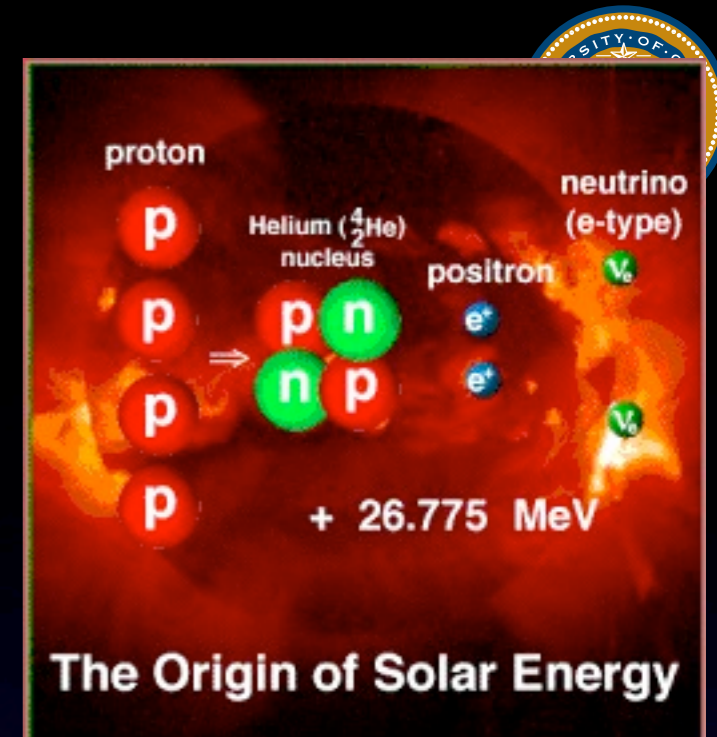
燃料は水素



# 決定的証拠

太陽の中の核融合でニュートリノができる

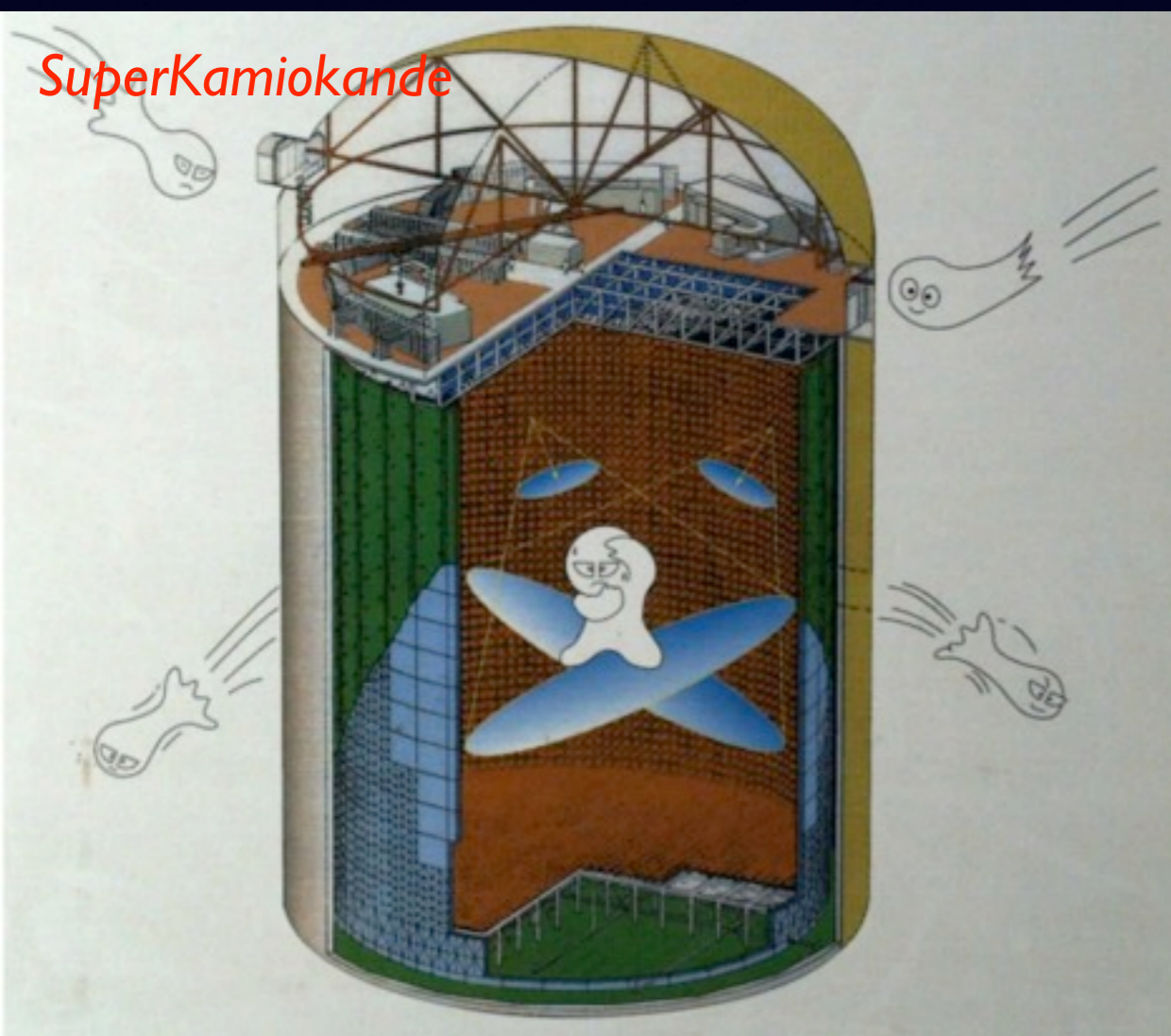
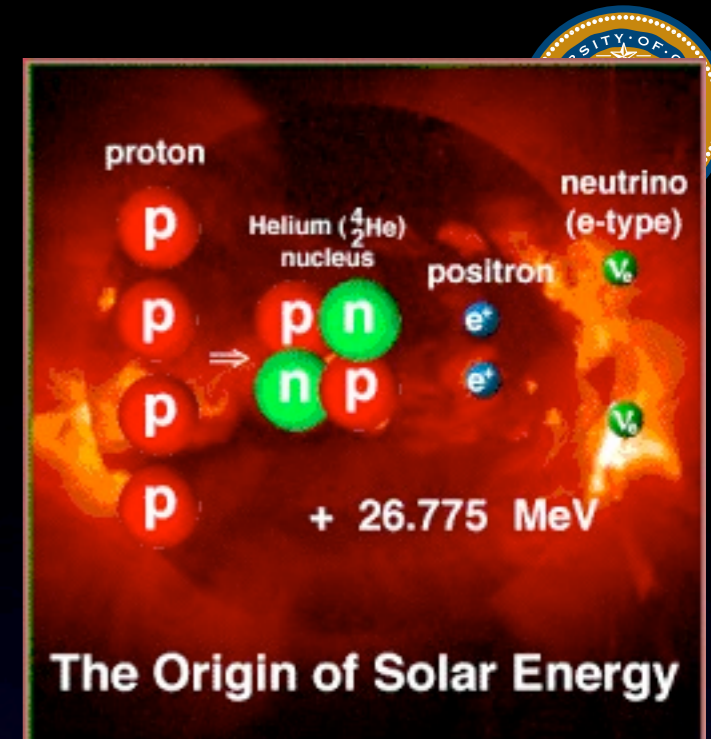
毎秒私たちの体を何十兆と通り抜ける





# 決定的証拠

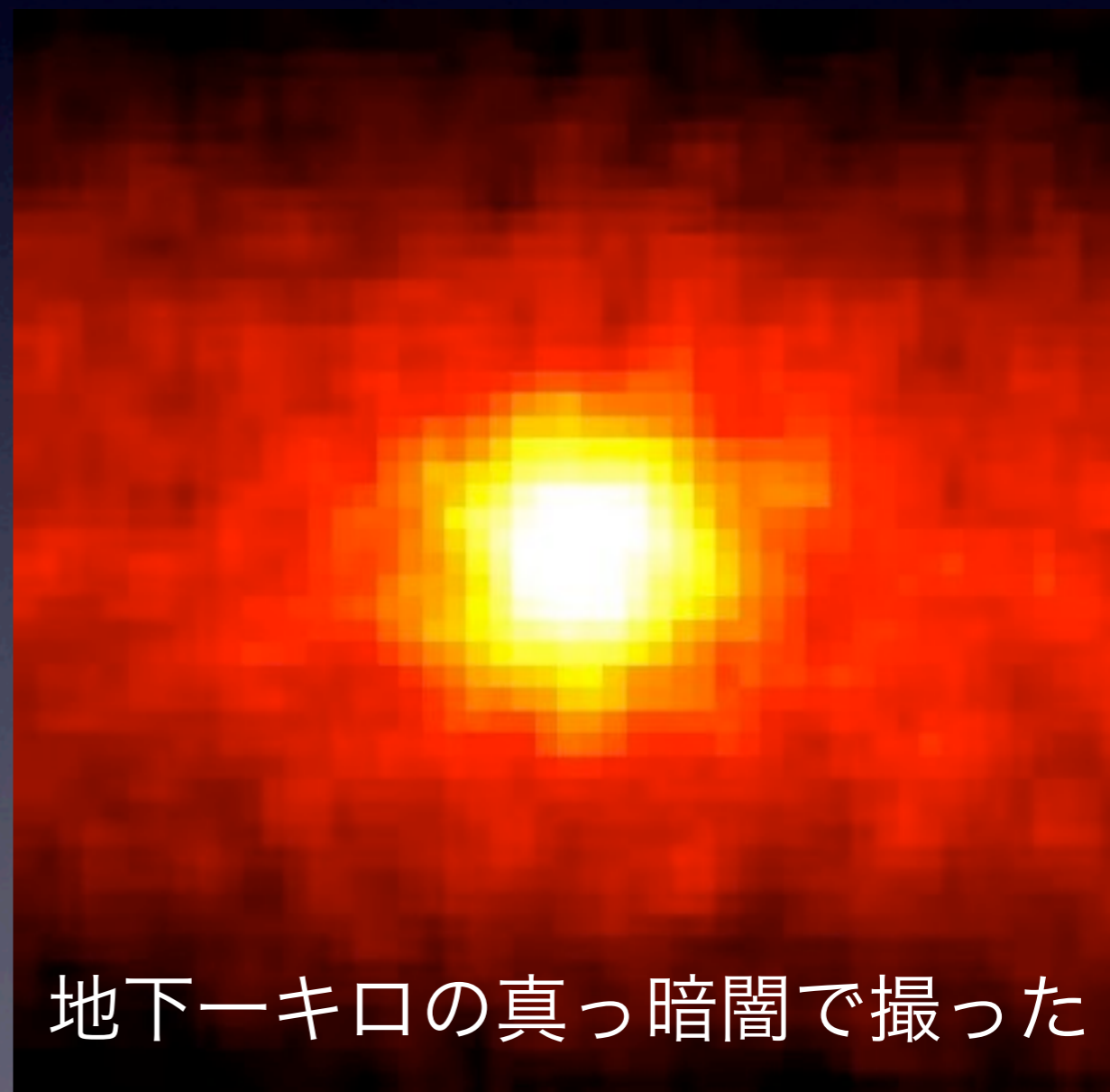
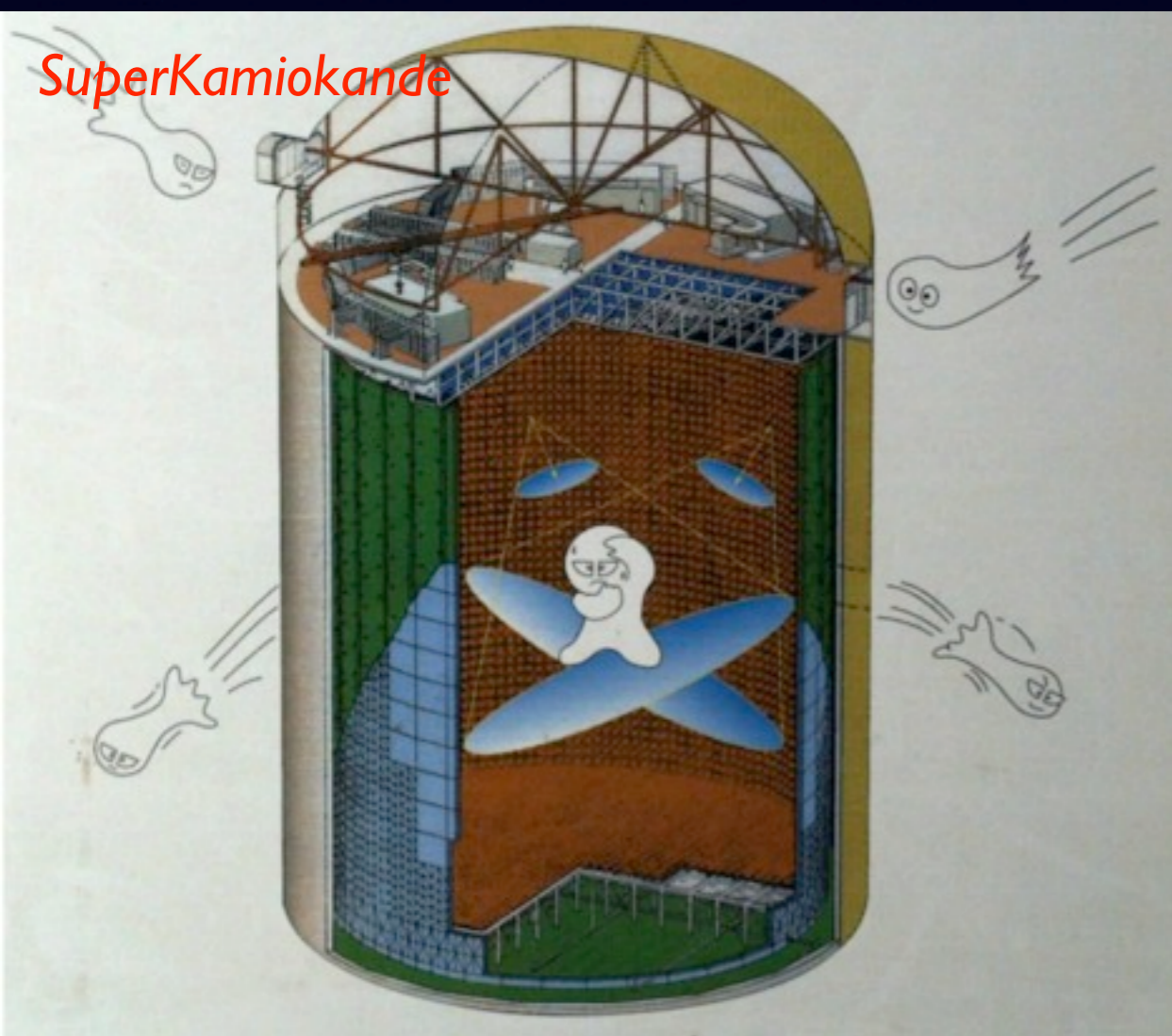
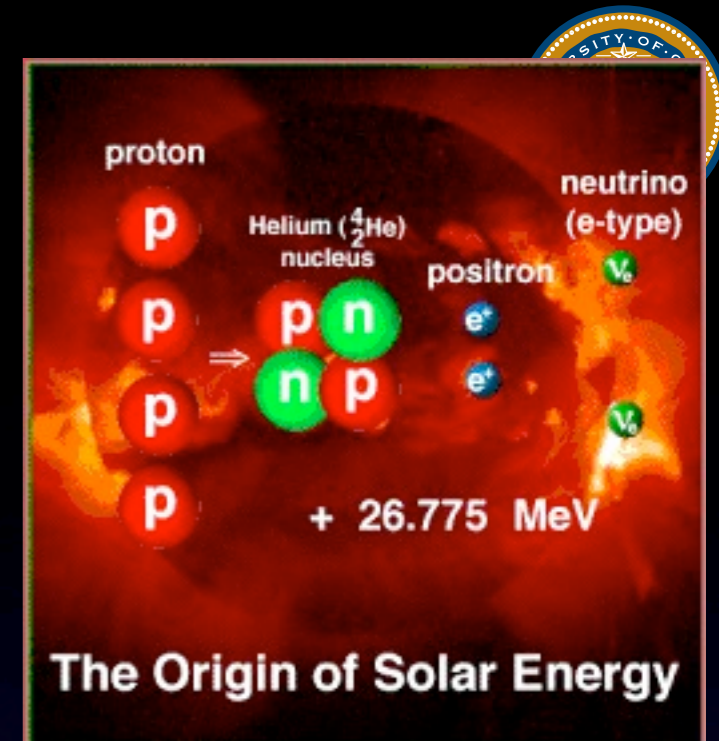
太陽の中の核融合でニュートリノができる  
毎秒私たちの体を何十兆と通り抜ける





# 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

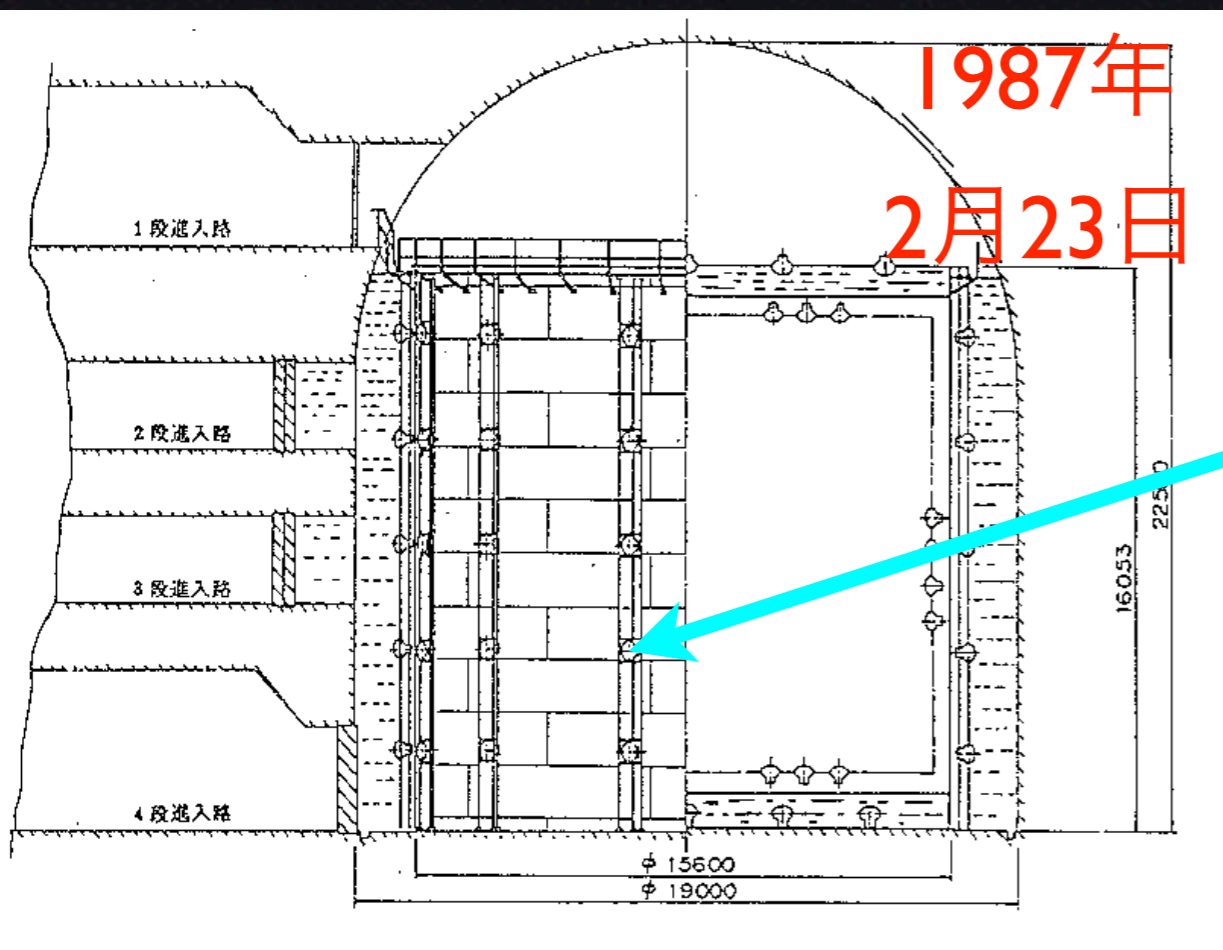


地下一キロの真っ暗闇で撮った





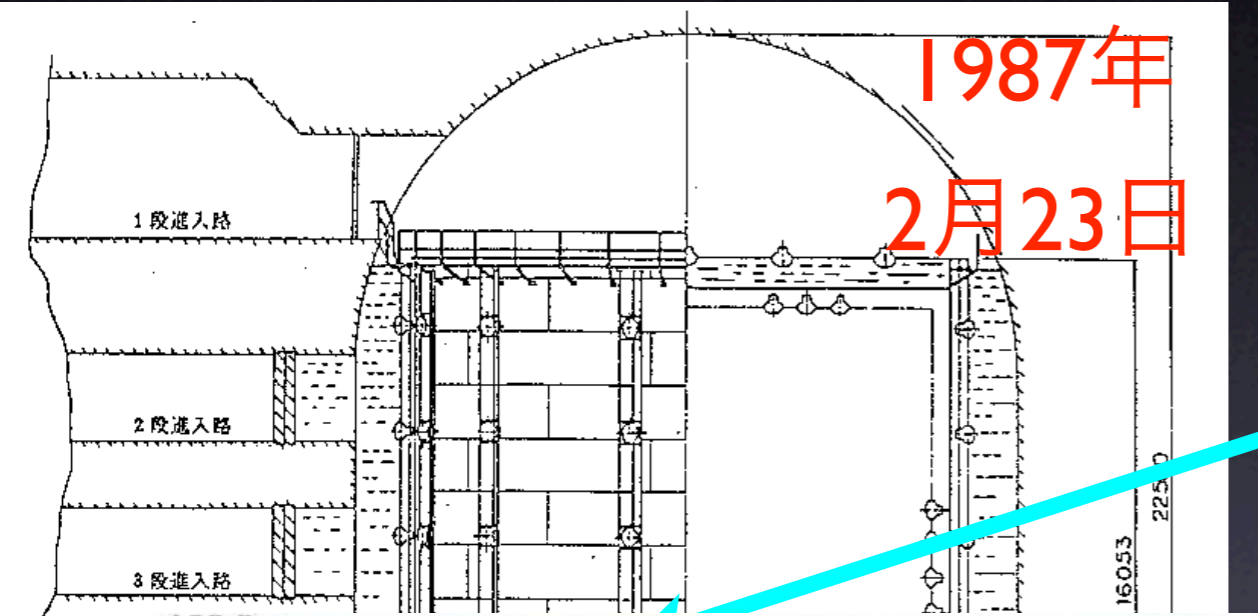




16万年

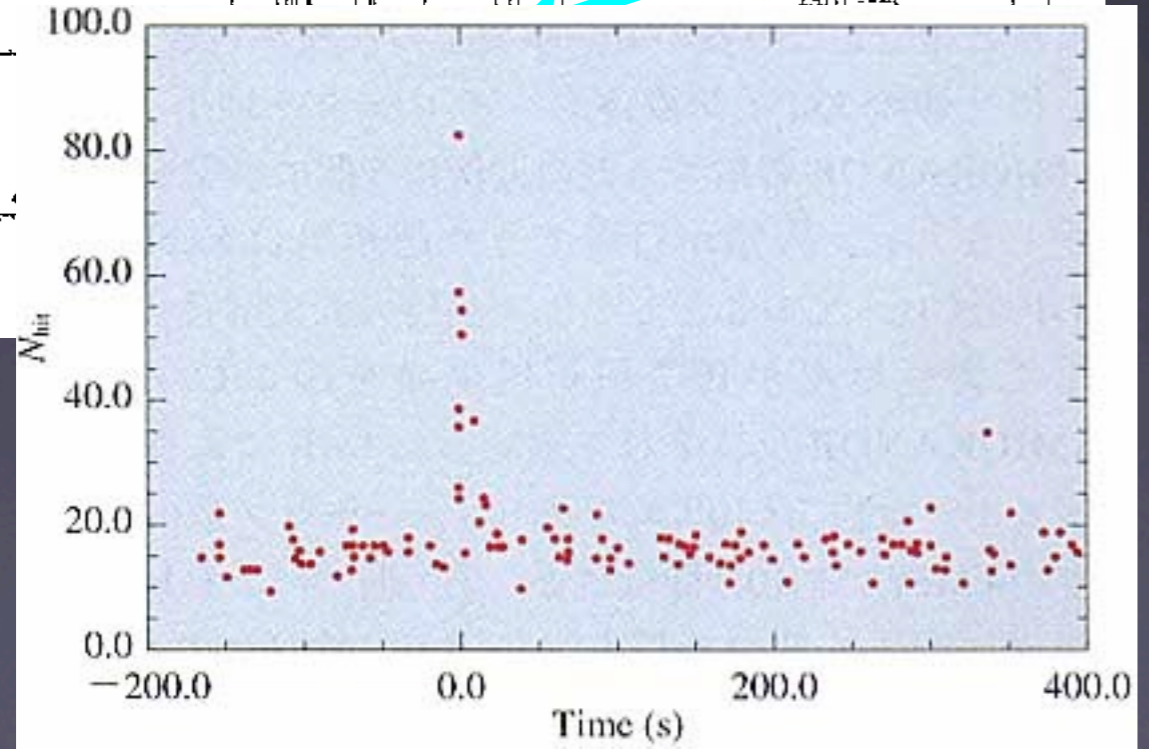




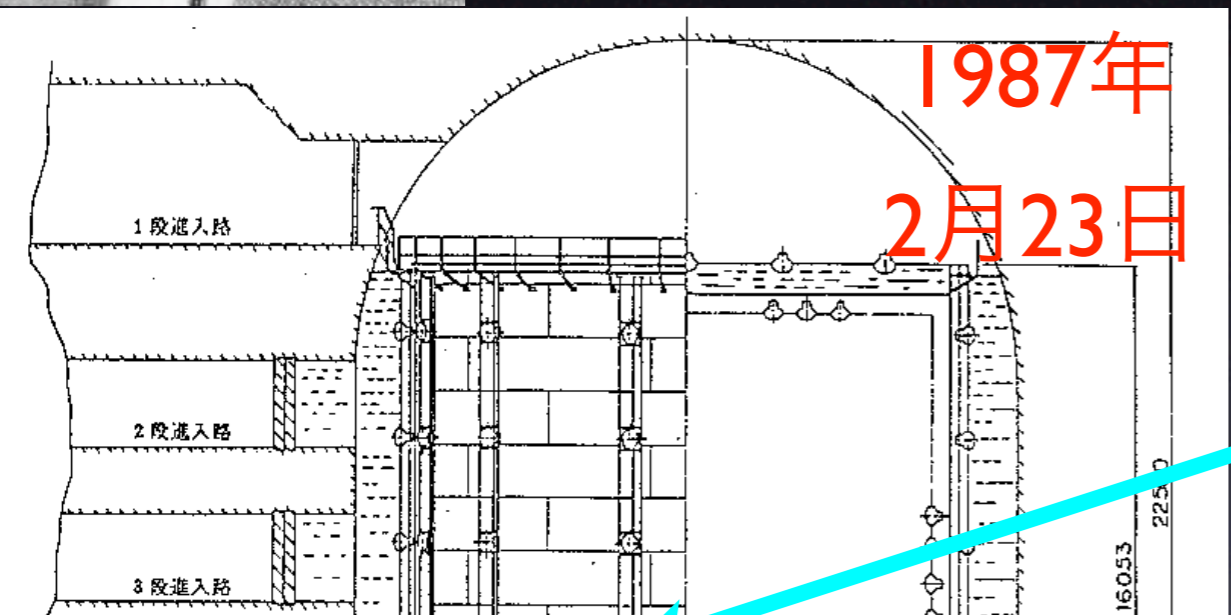


1987年  
2月23日

16万年

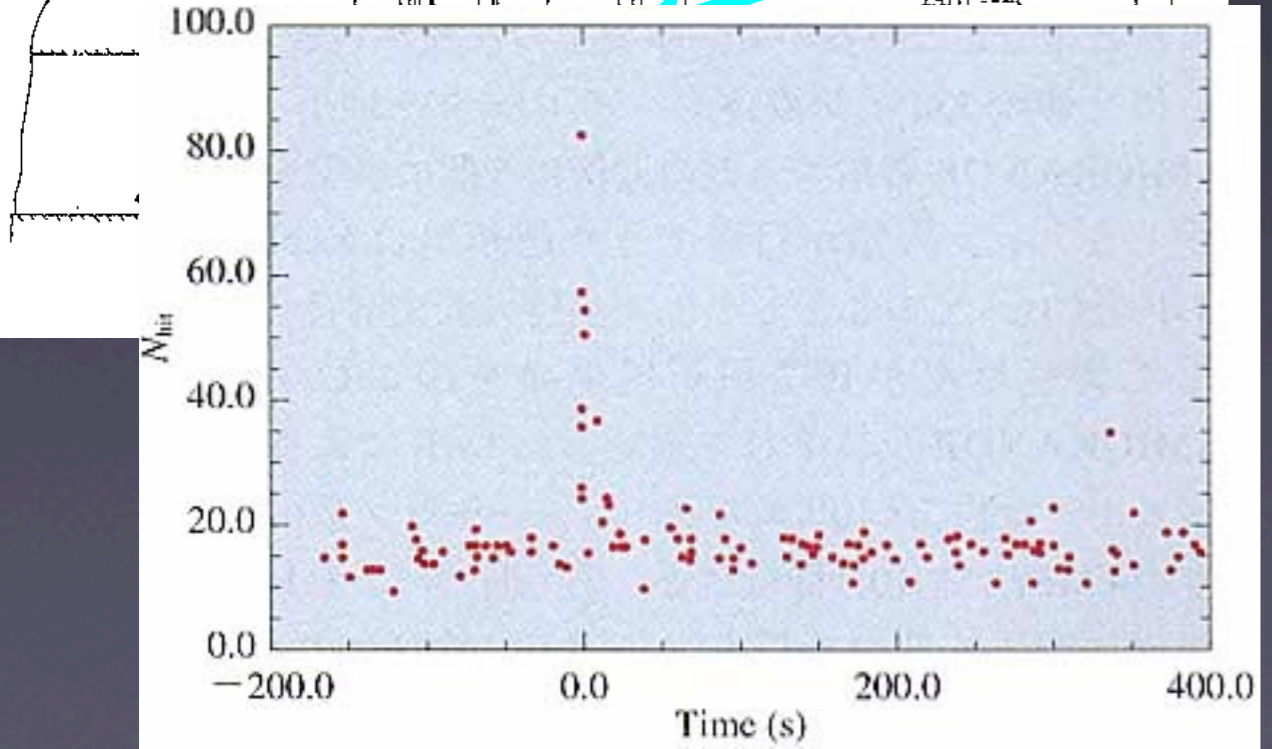




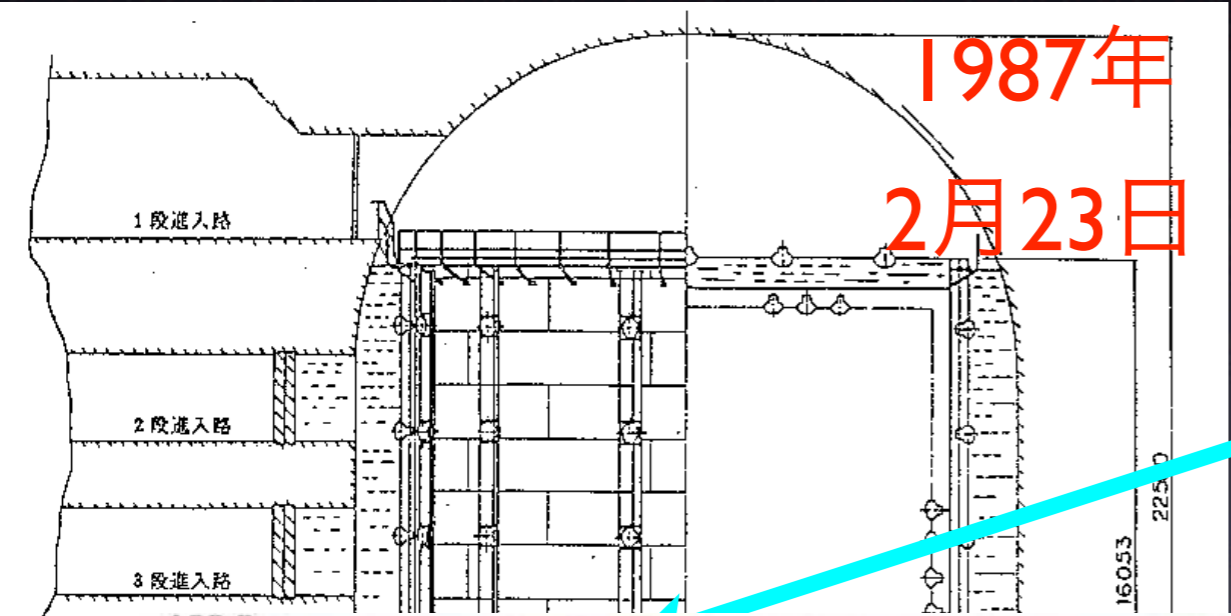


1987年  
2月23日

16万年

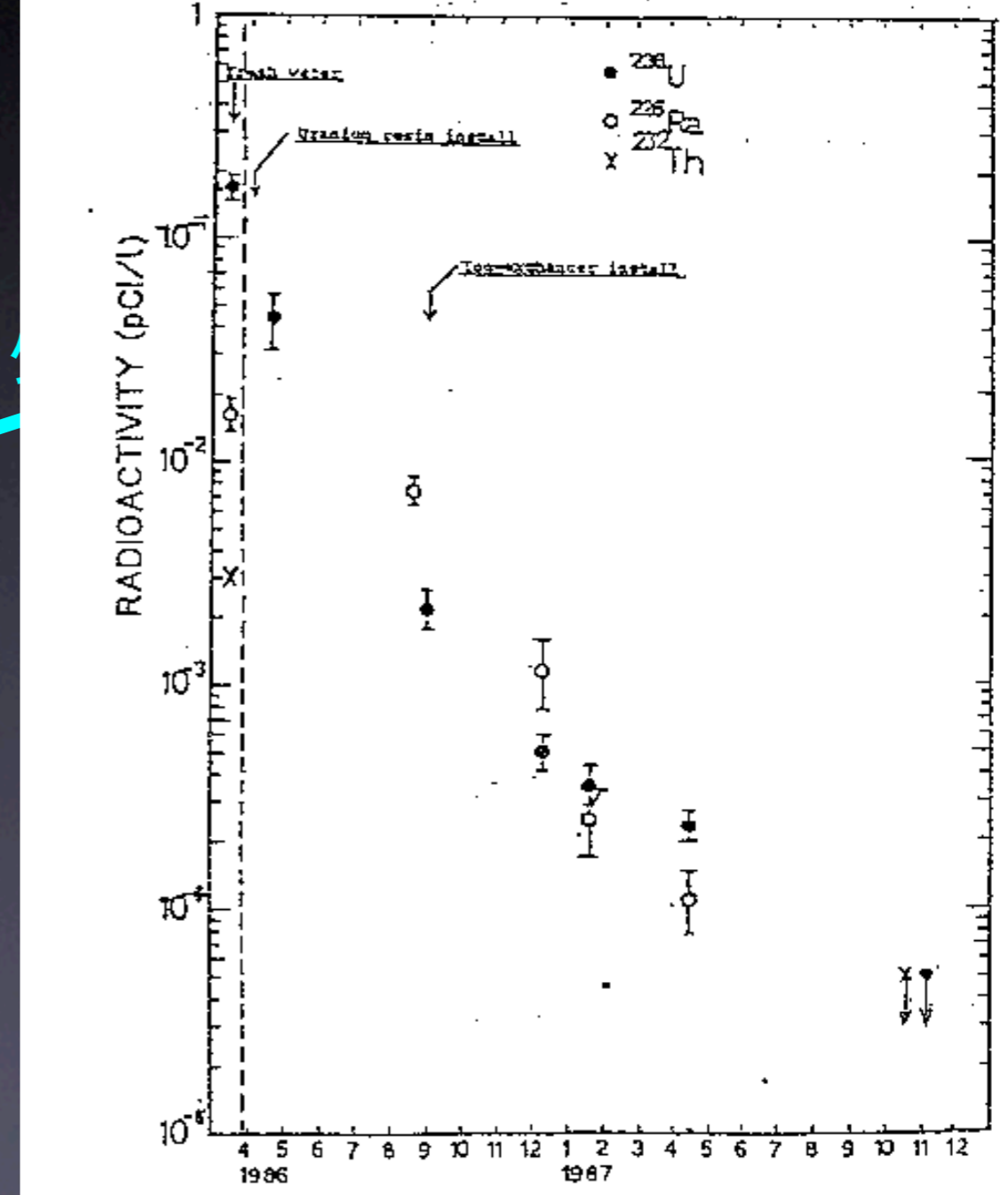
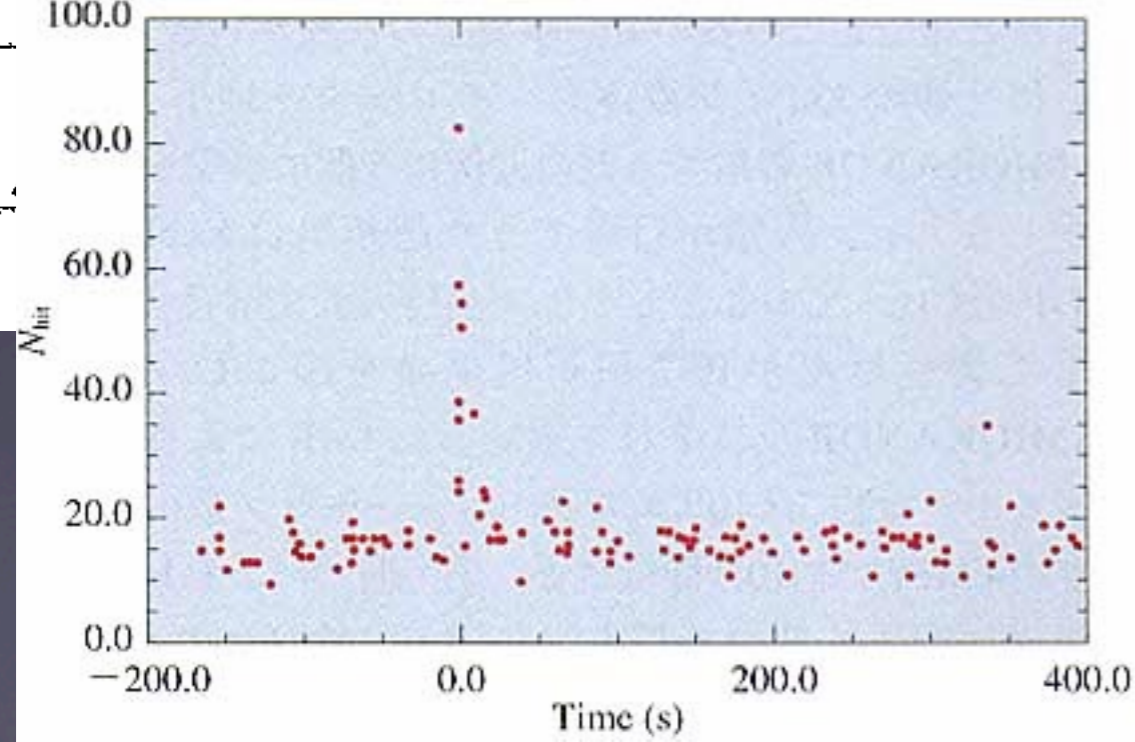




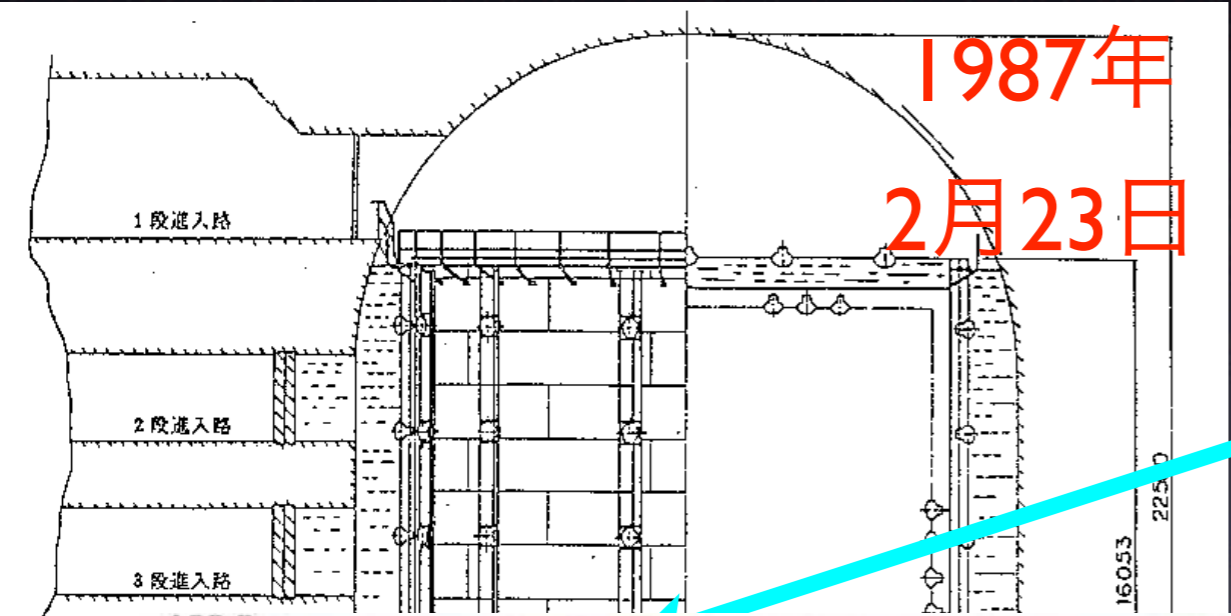


1987年  
2月23日

16万

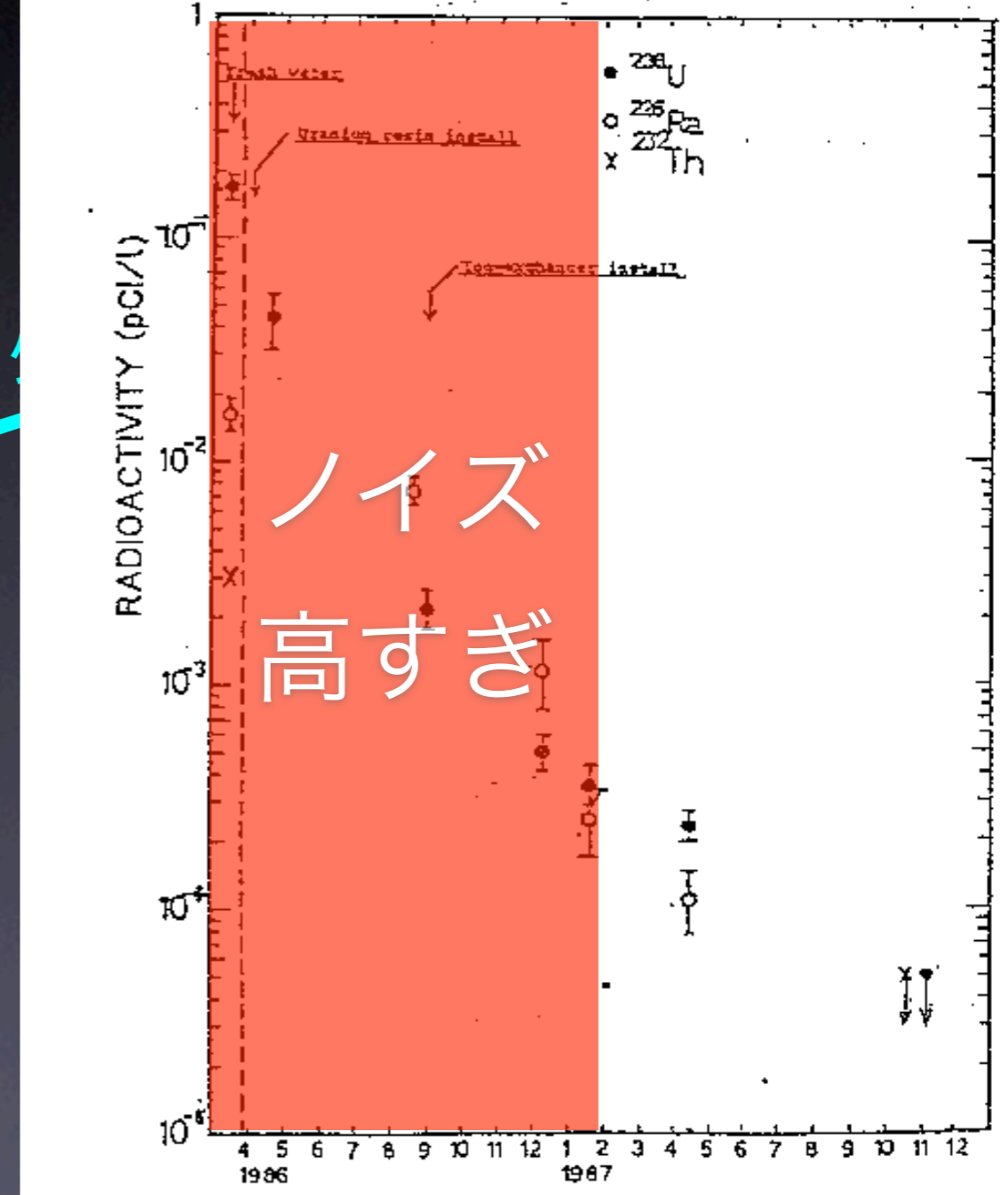
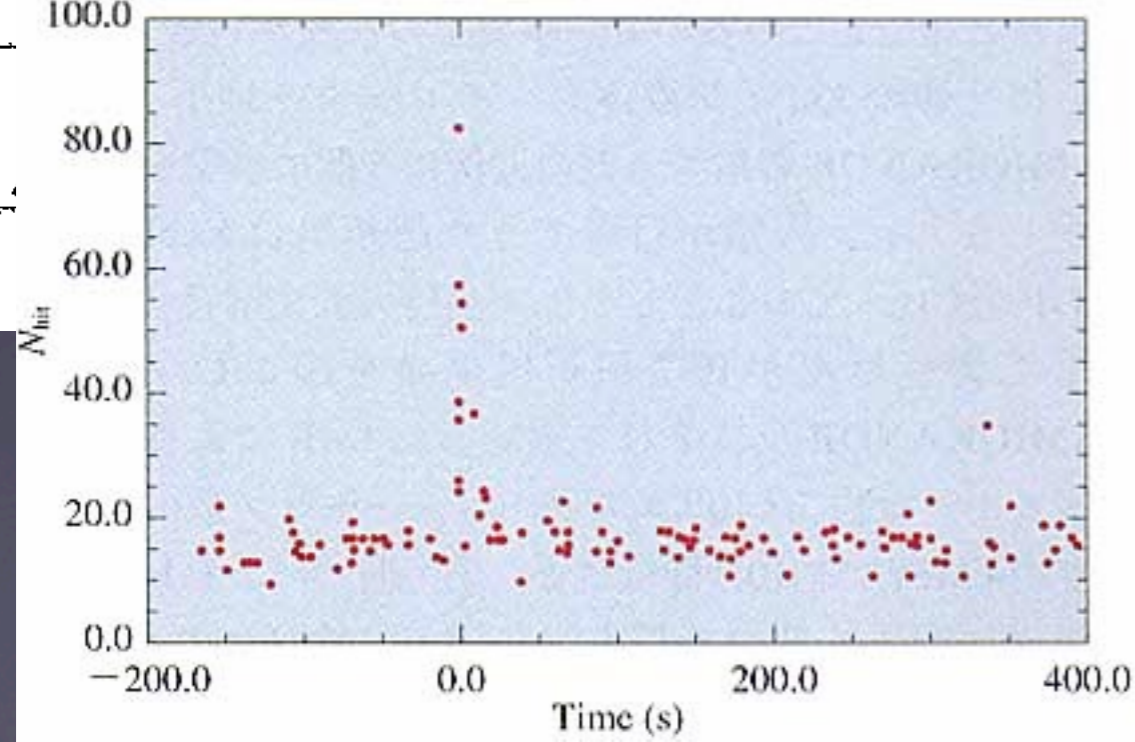




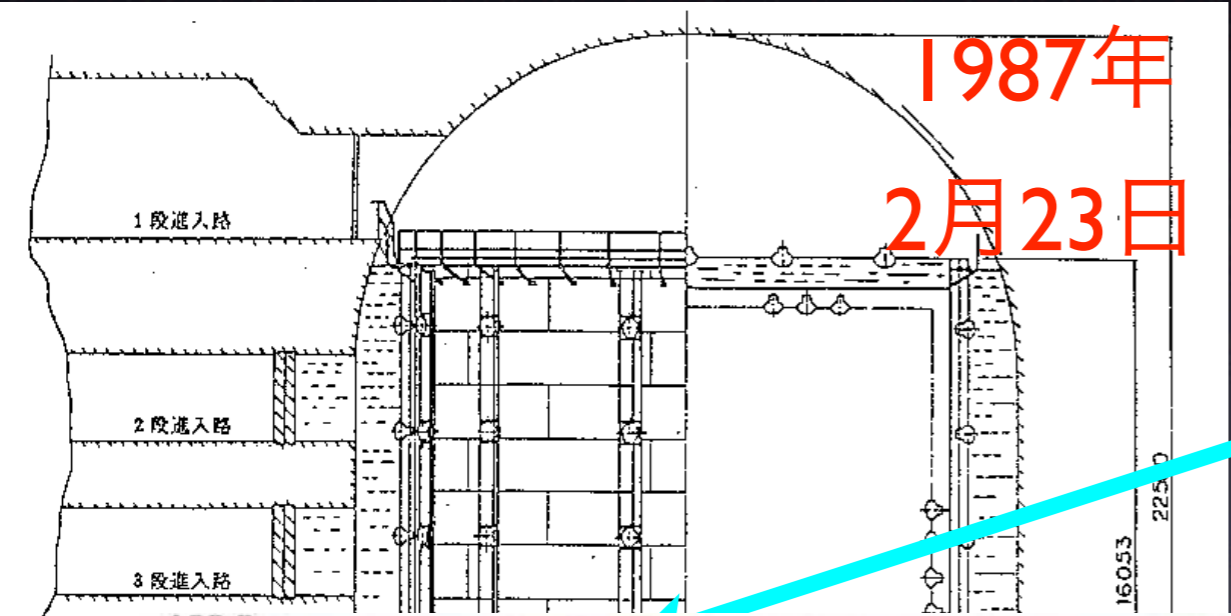


1987年  
2月23日

16万

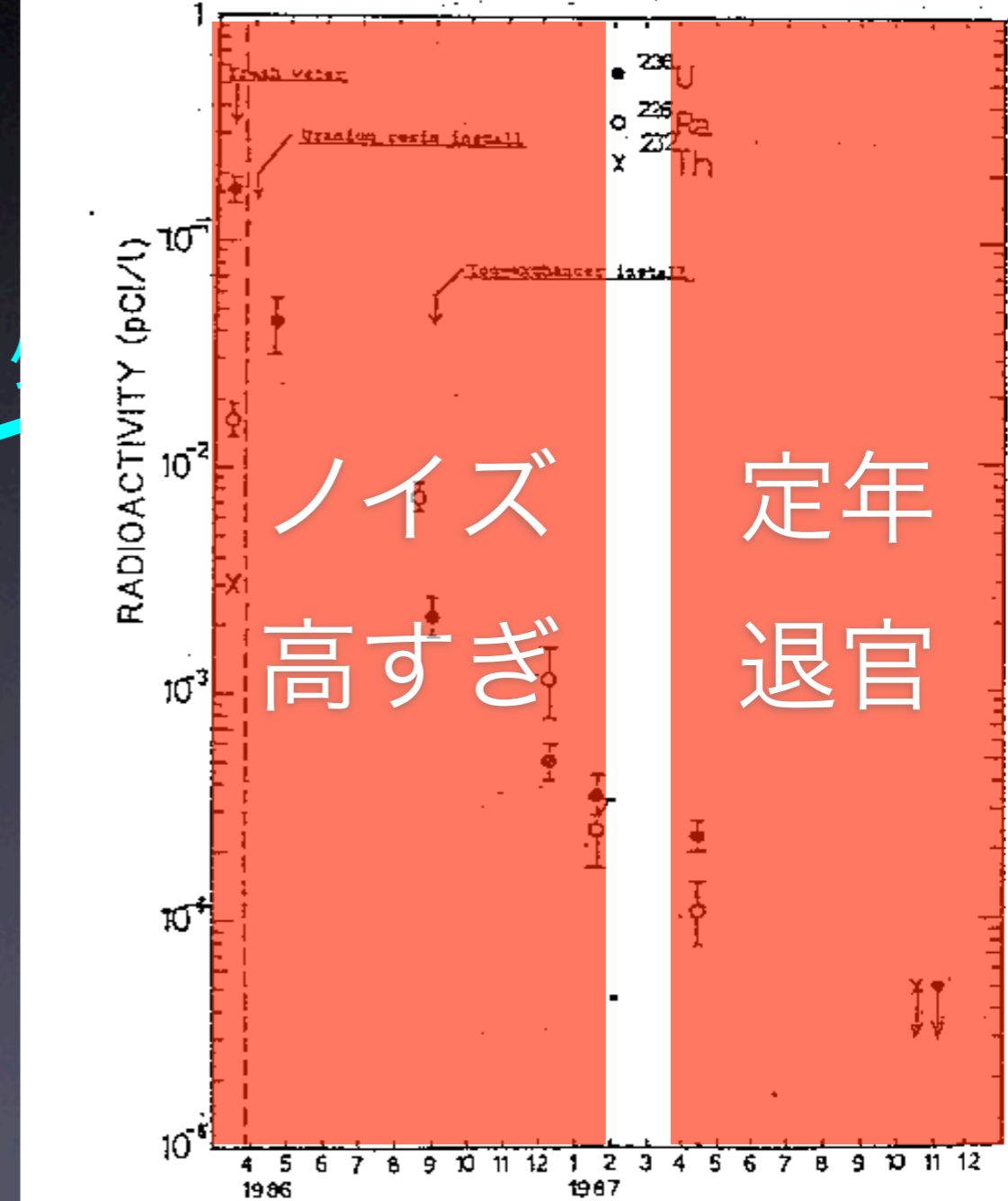
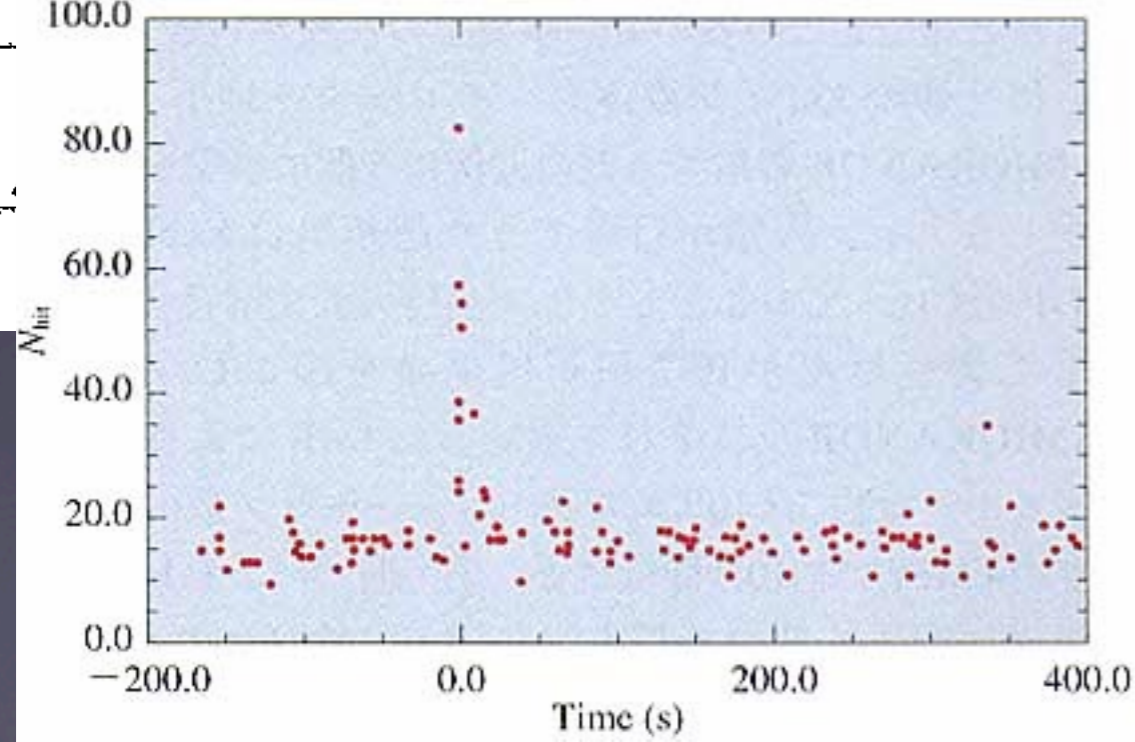






1987年  
2月23日

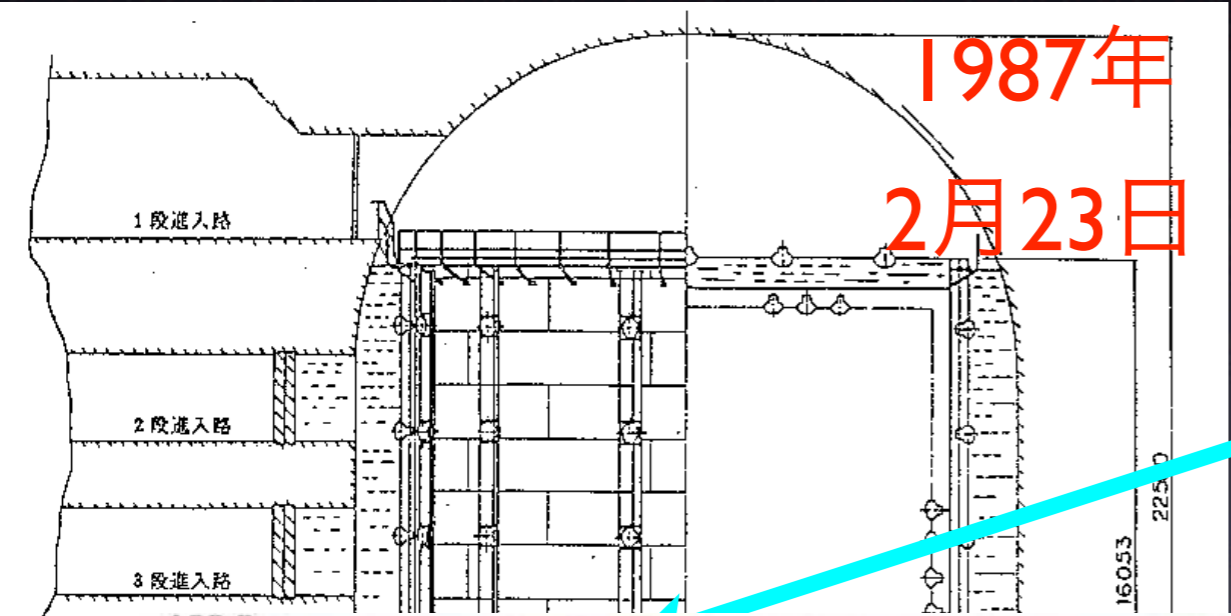
16万



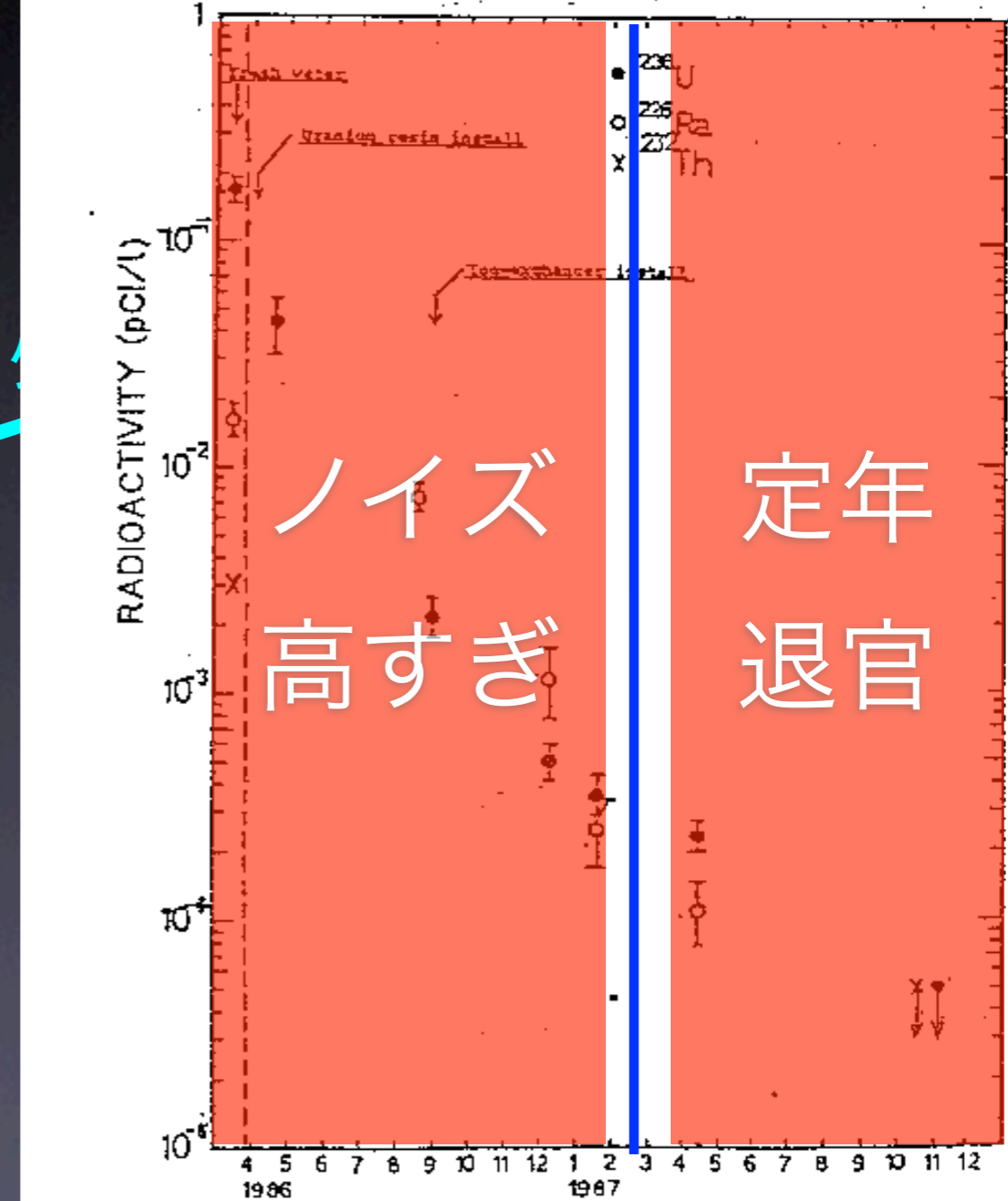
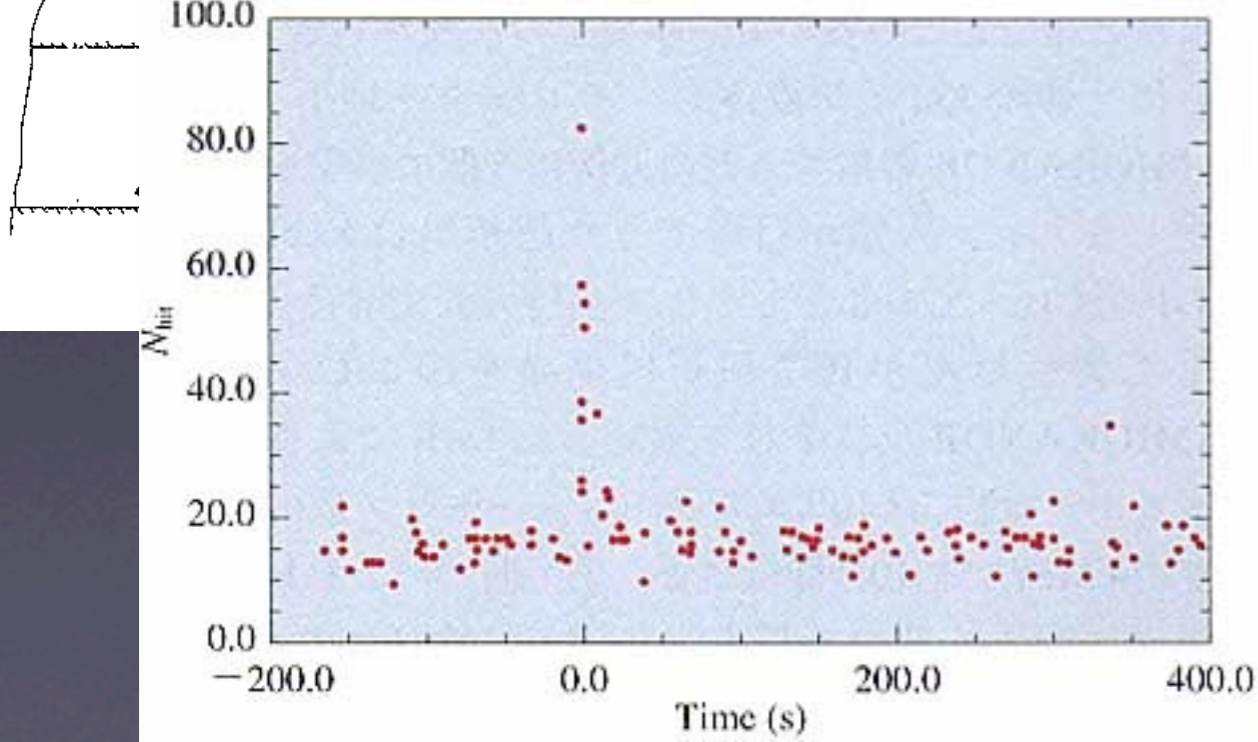
ノイズ  
高すぎ

定年  
退官





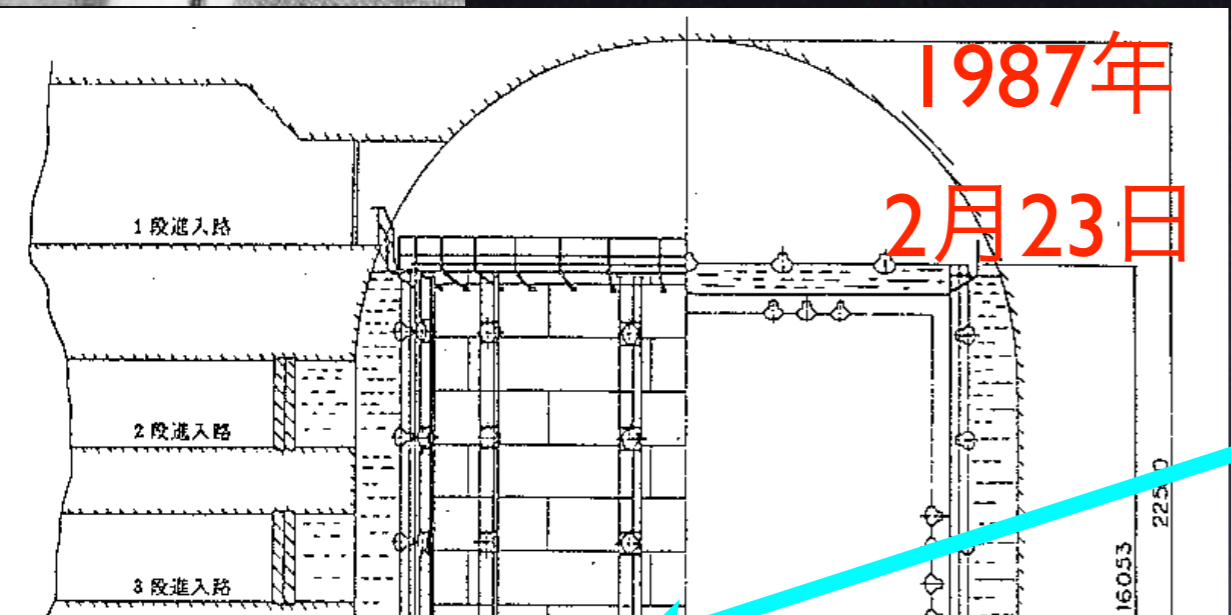
16万





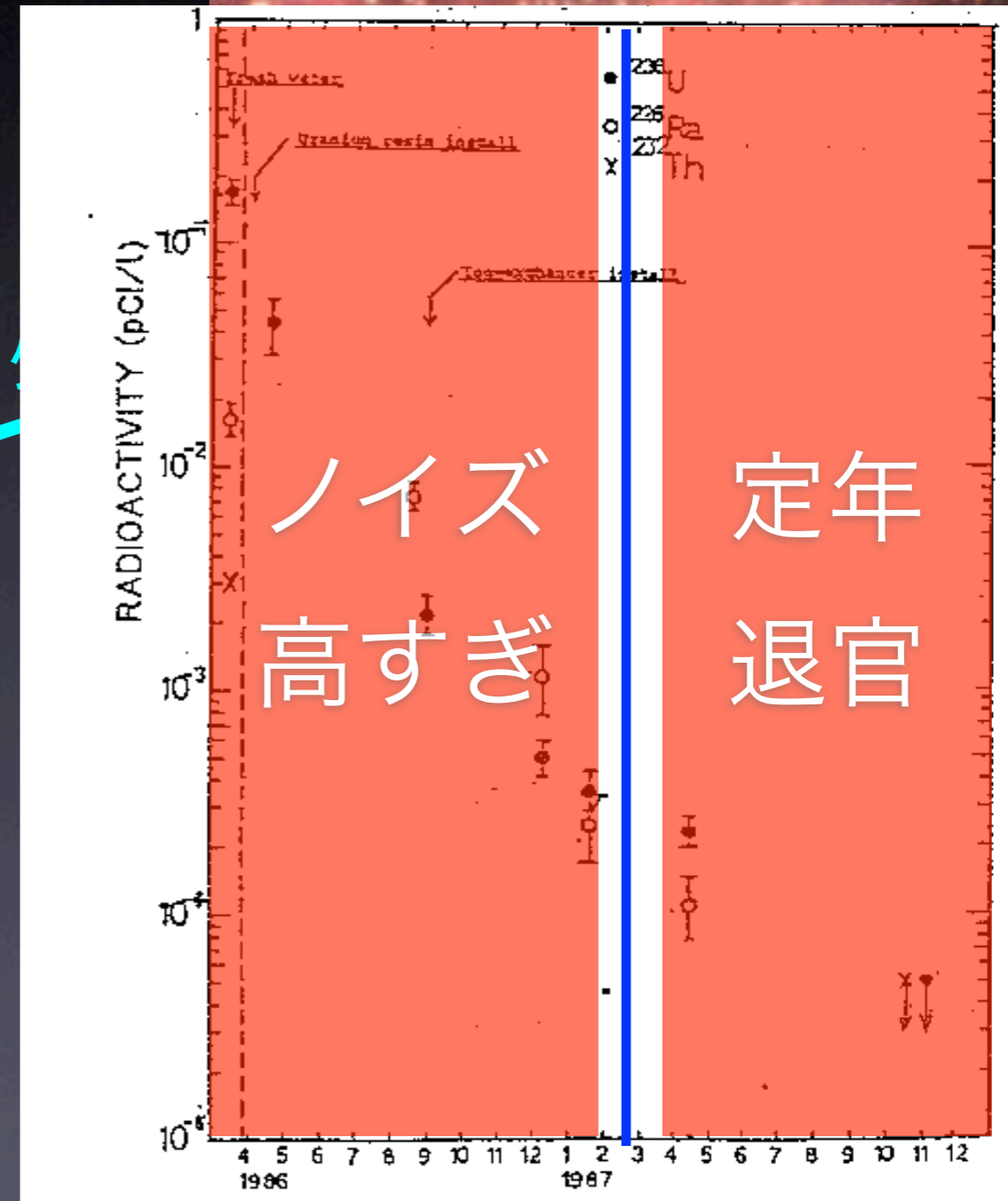
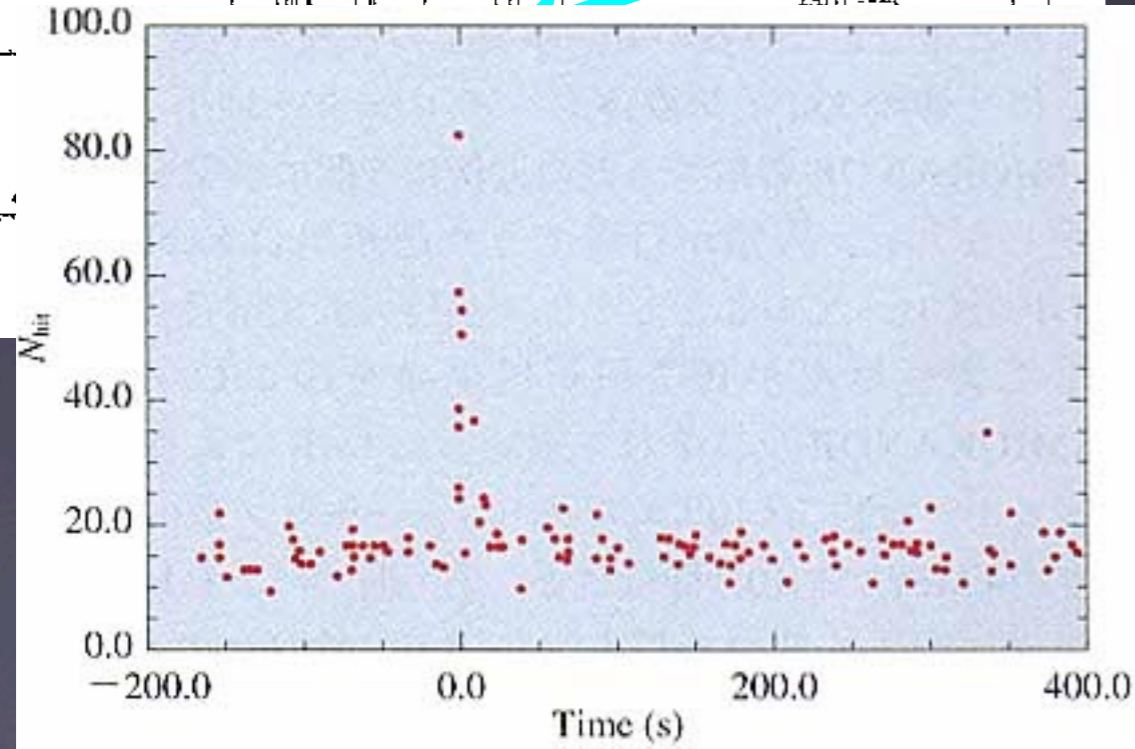


# 強運



1987年  
2月23日

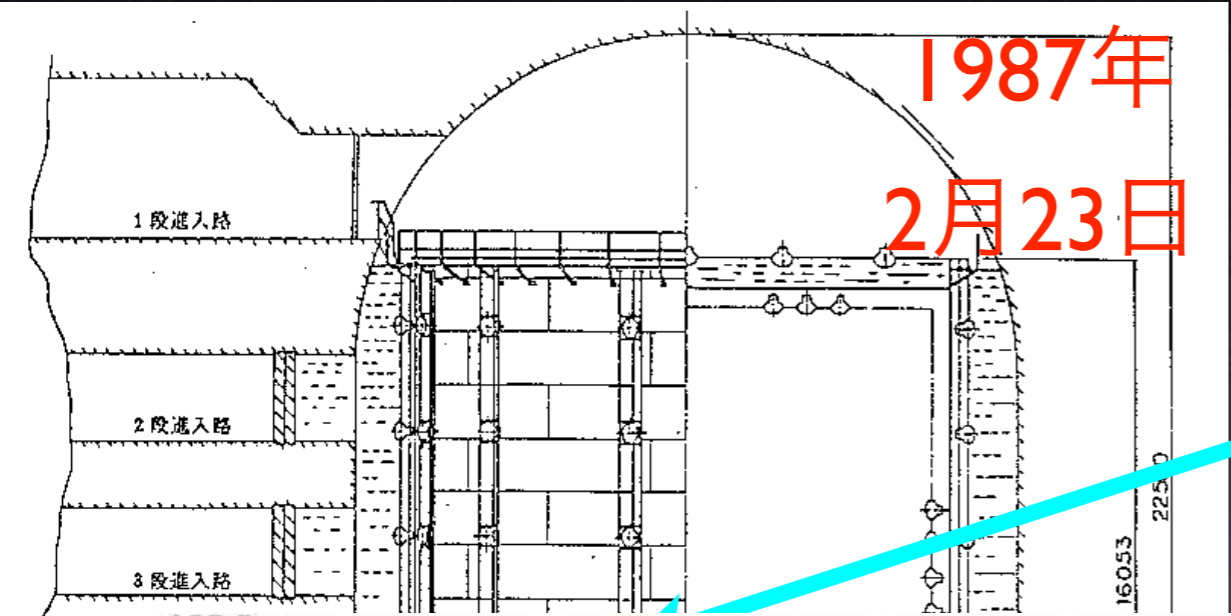
16万





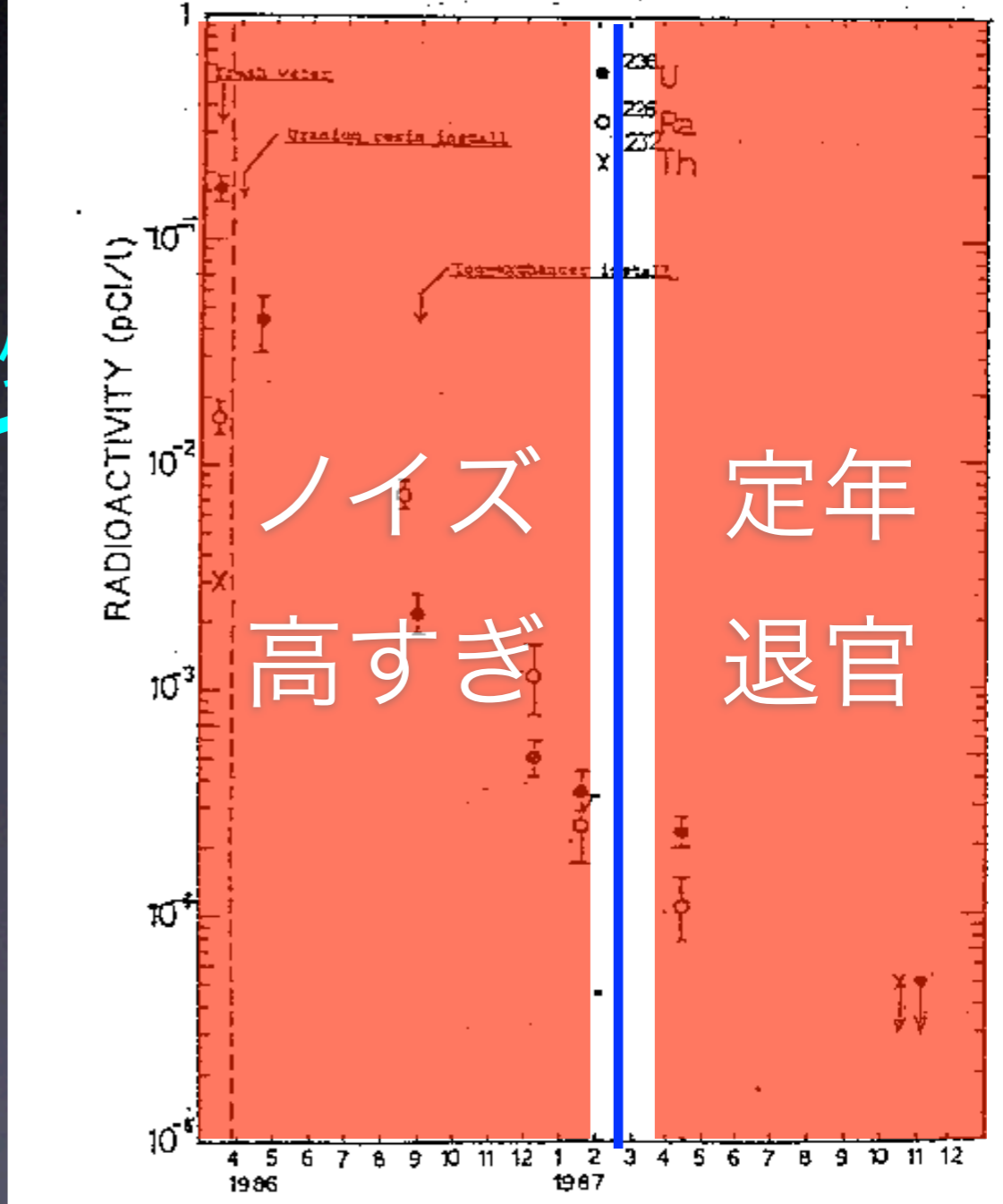
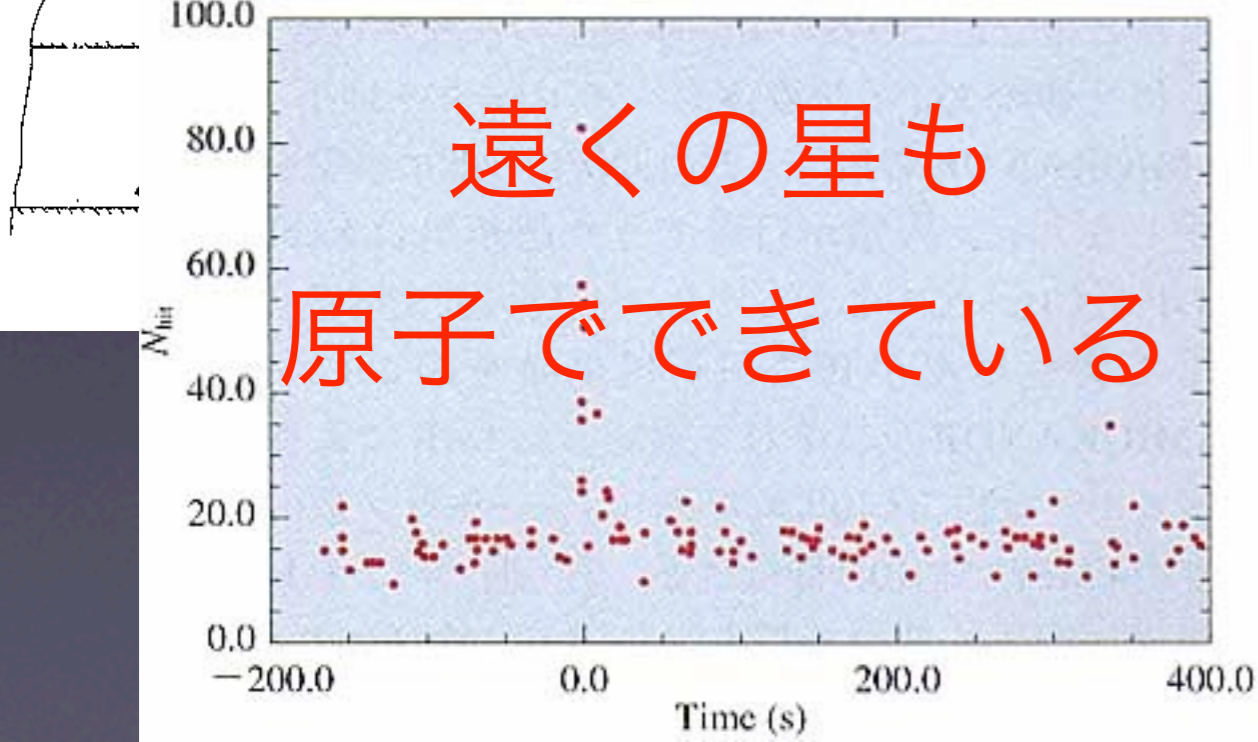


# 強運



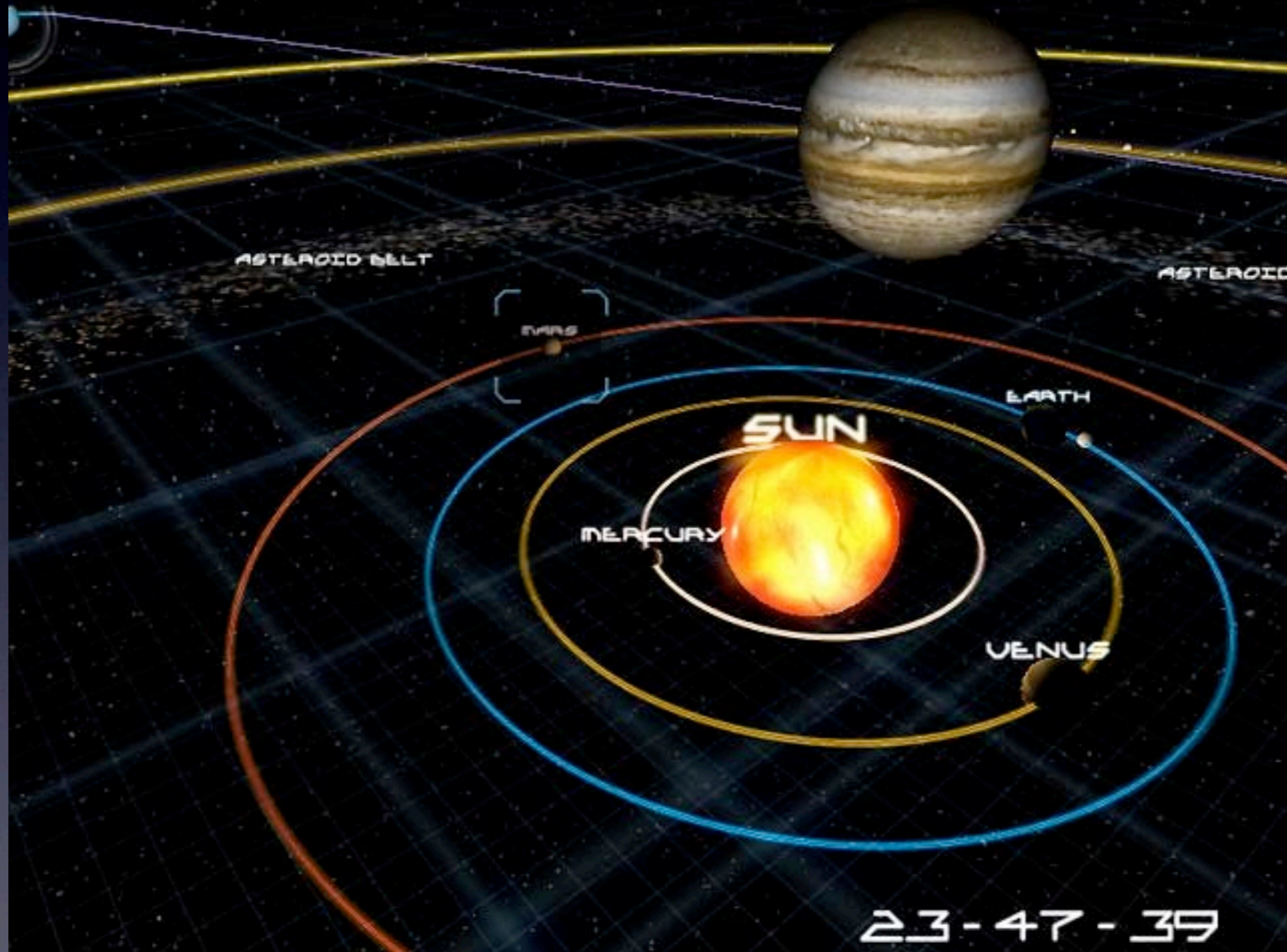
1987年  
2月23日

16万





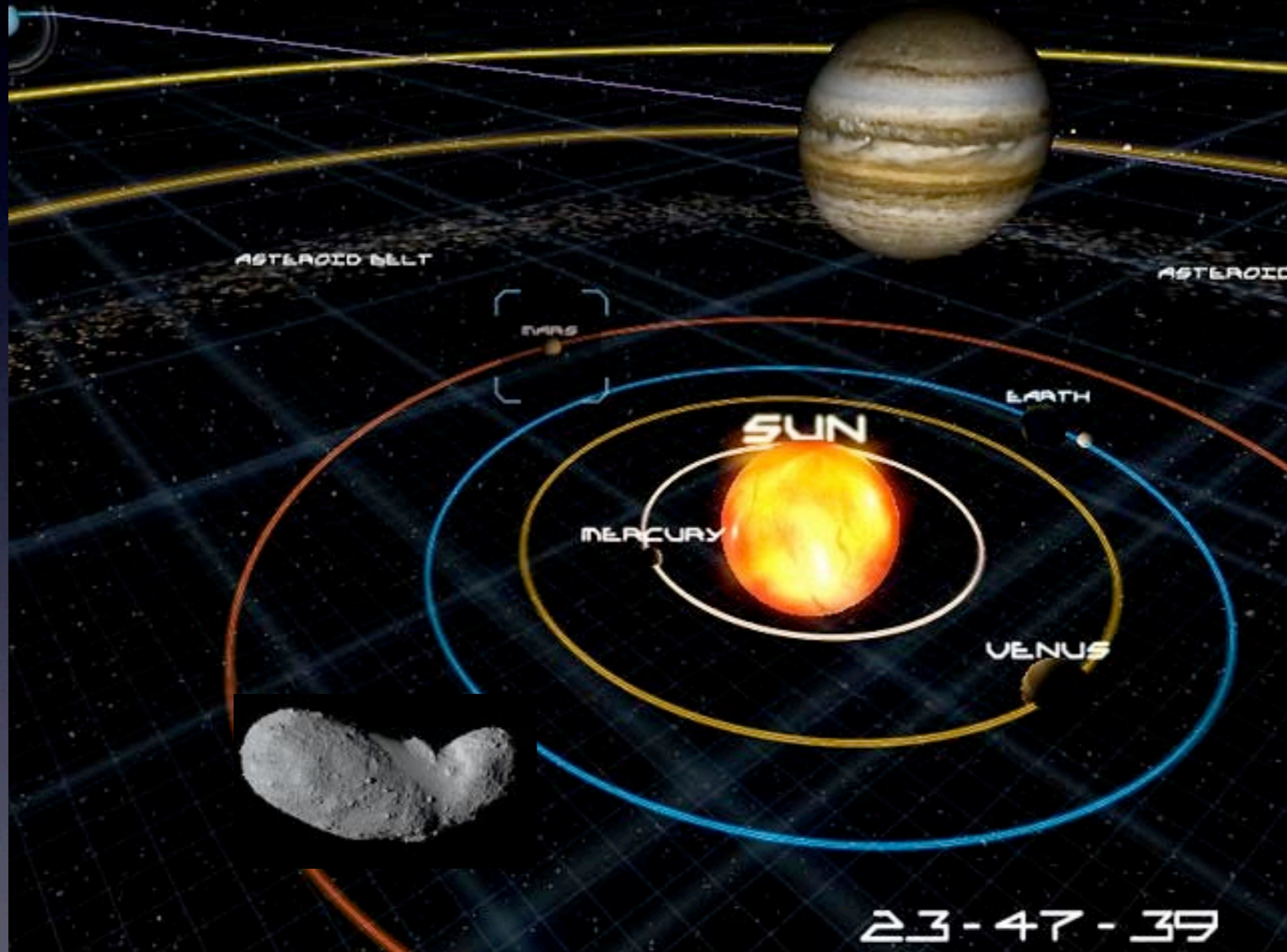
# 太陽系



23-47-39

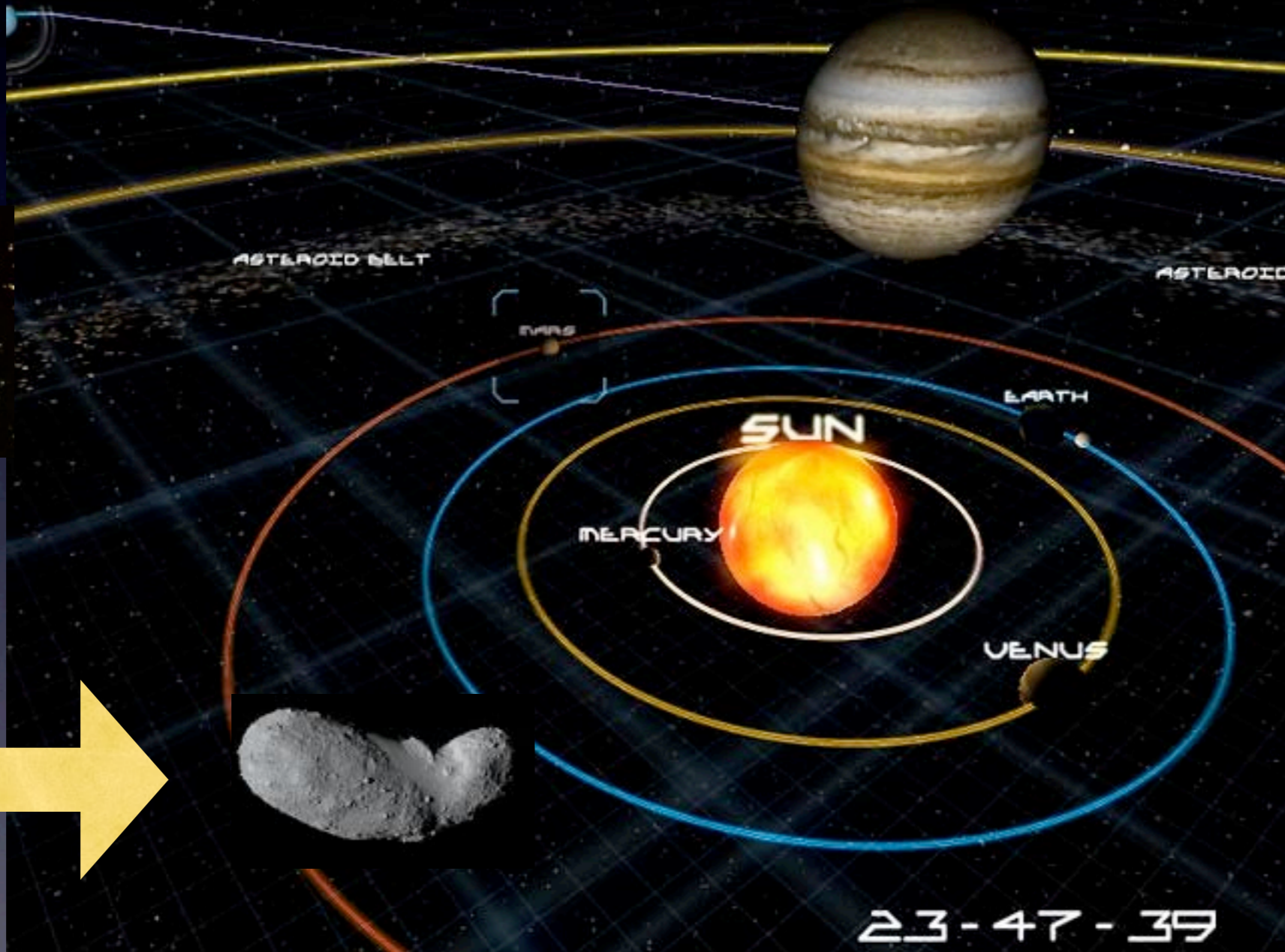


# 太陽系





# 太陽系



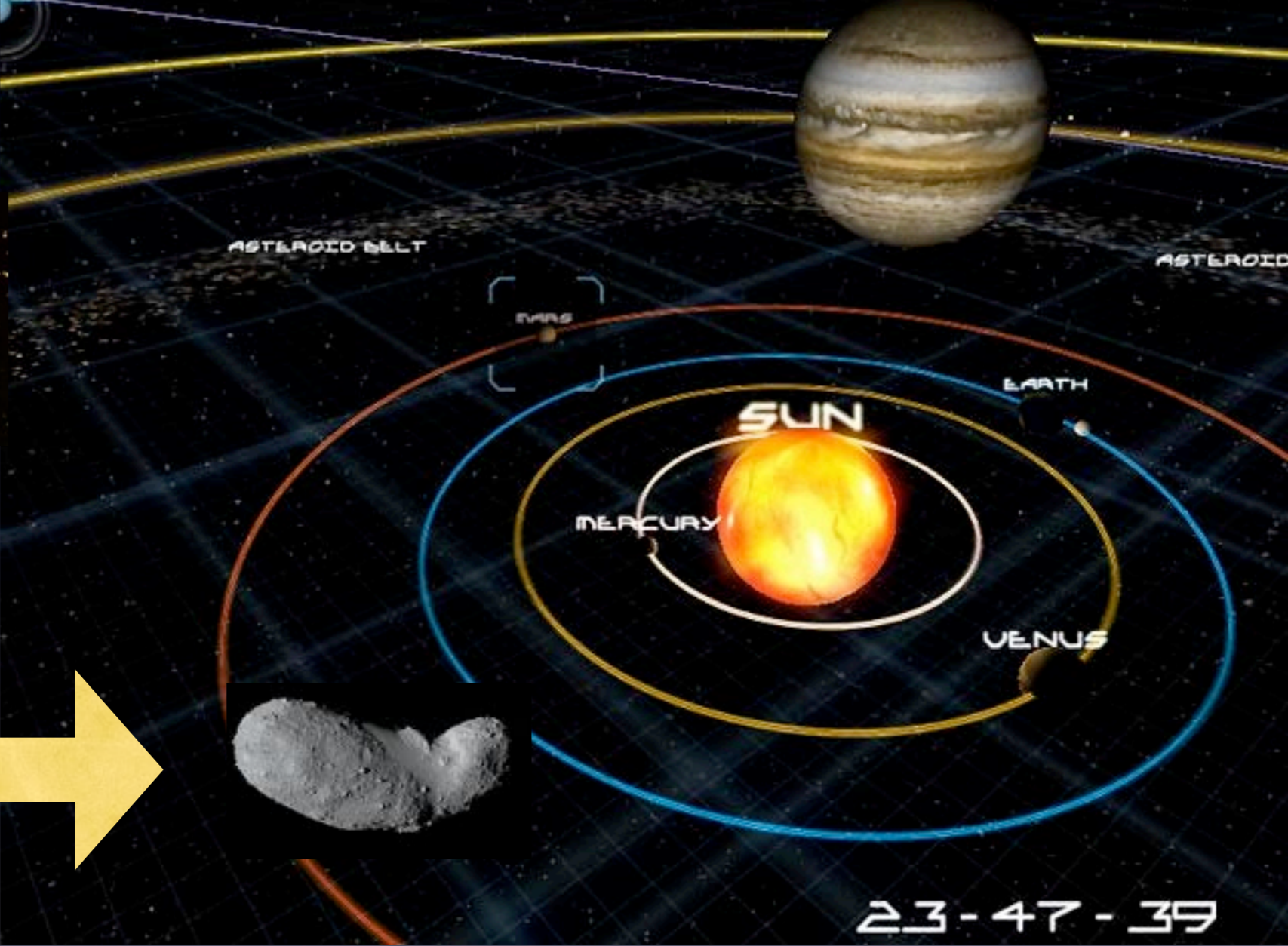
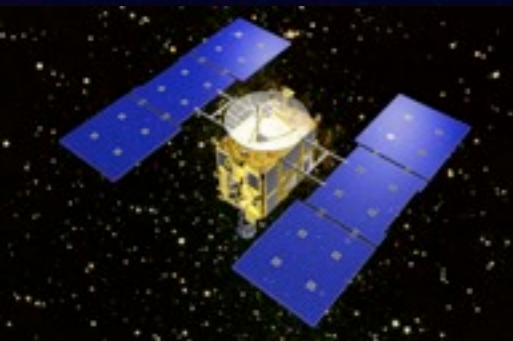
はやぶさ=20光分

23-47-39



# 太陽系

4光時間



はやぶさ=20光分



23-47-39





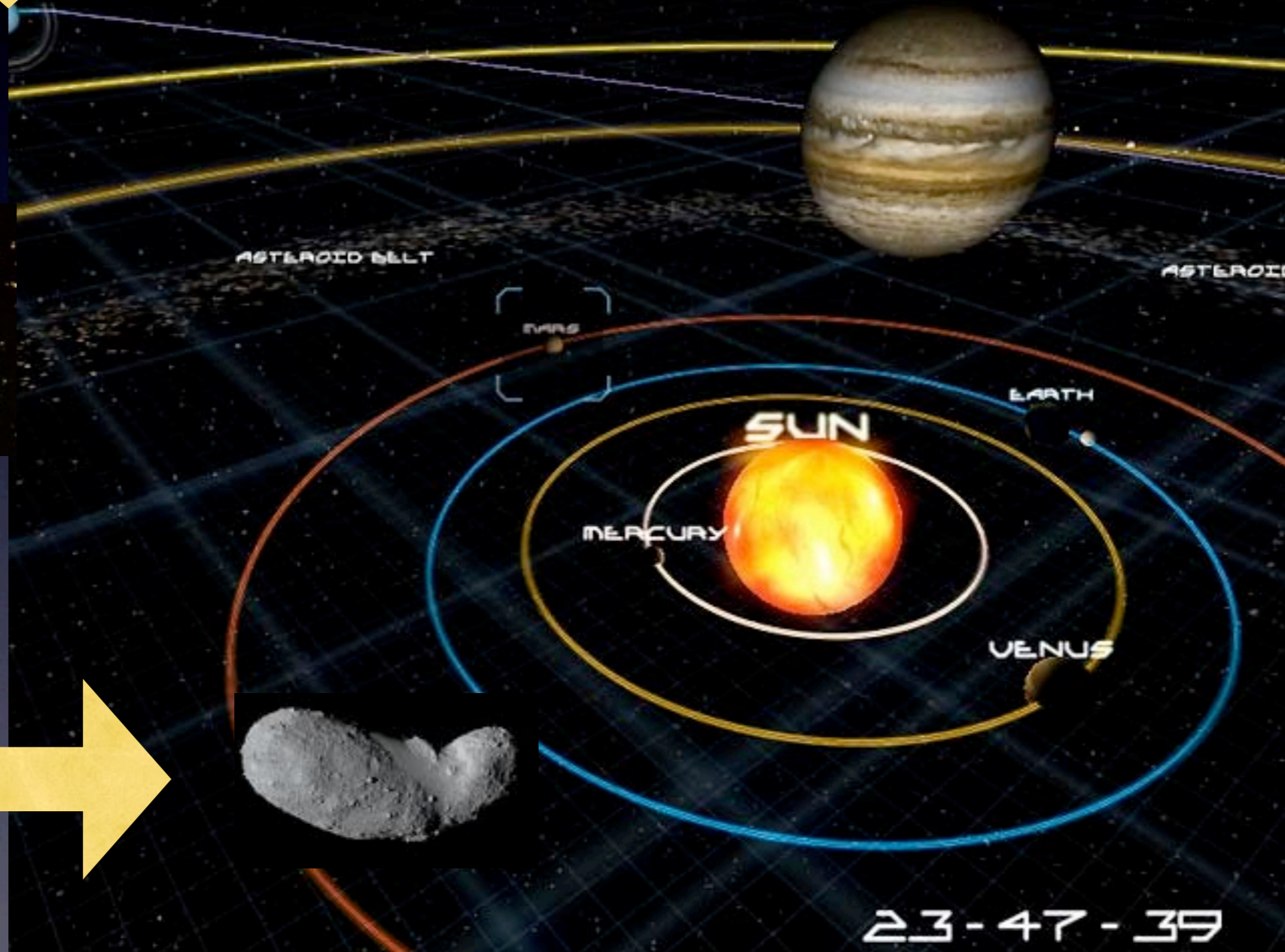
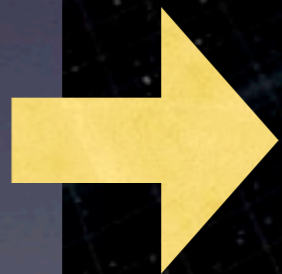
ボイジャー

# 太陽系

4光時間



はやぶさ=20光分



16光時間





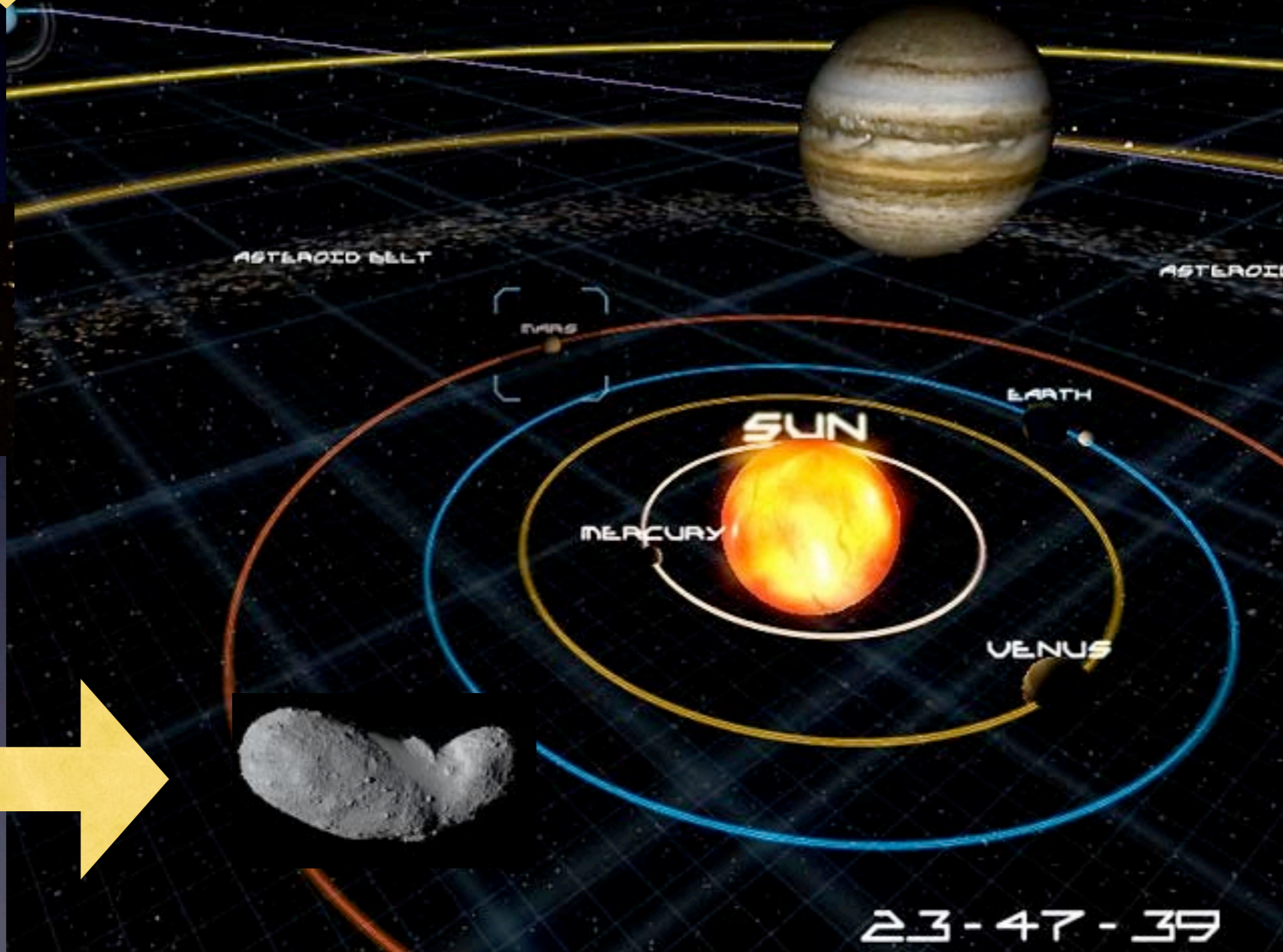
ボイジャー

# 太陽系

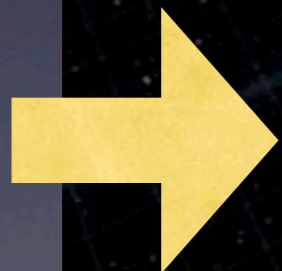
4光時間



16光時間



はやぶさ=20光分



地球は毎秒30キロの速さで回っている

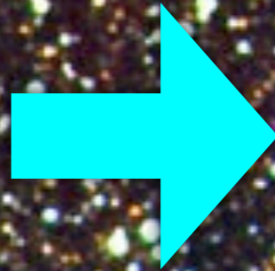


# 一番近い星



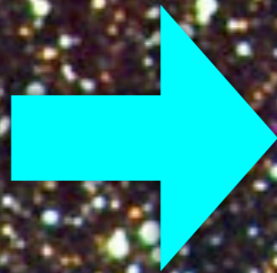


一番近い星





# 一番近い星

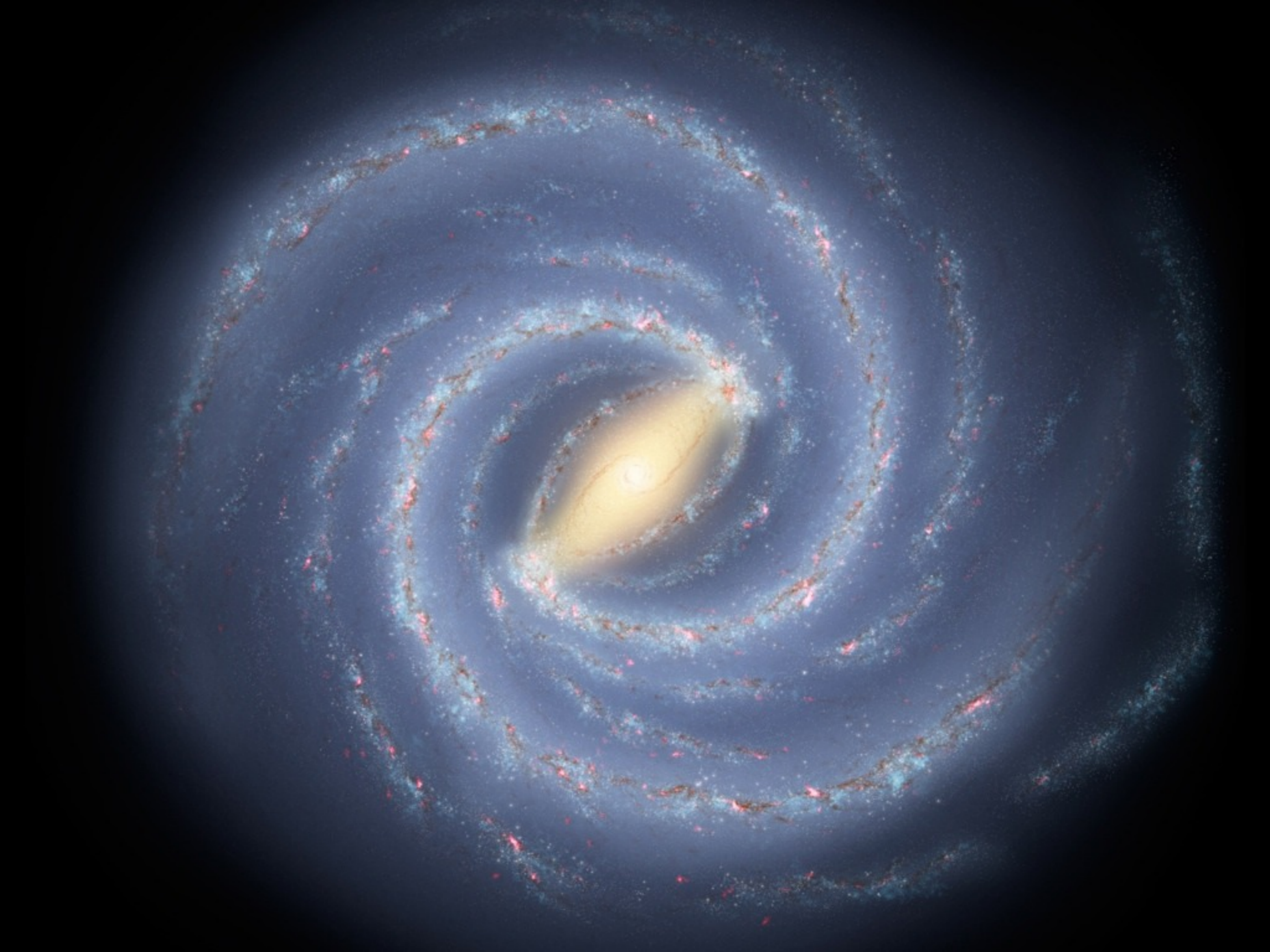


Proxima Centauri  
4.2光年



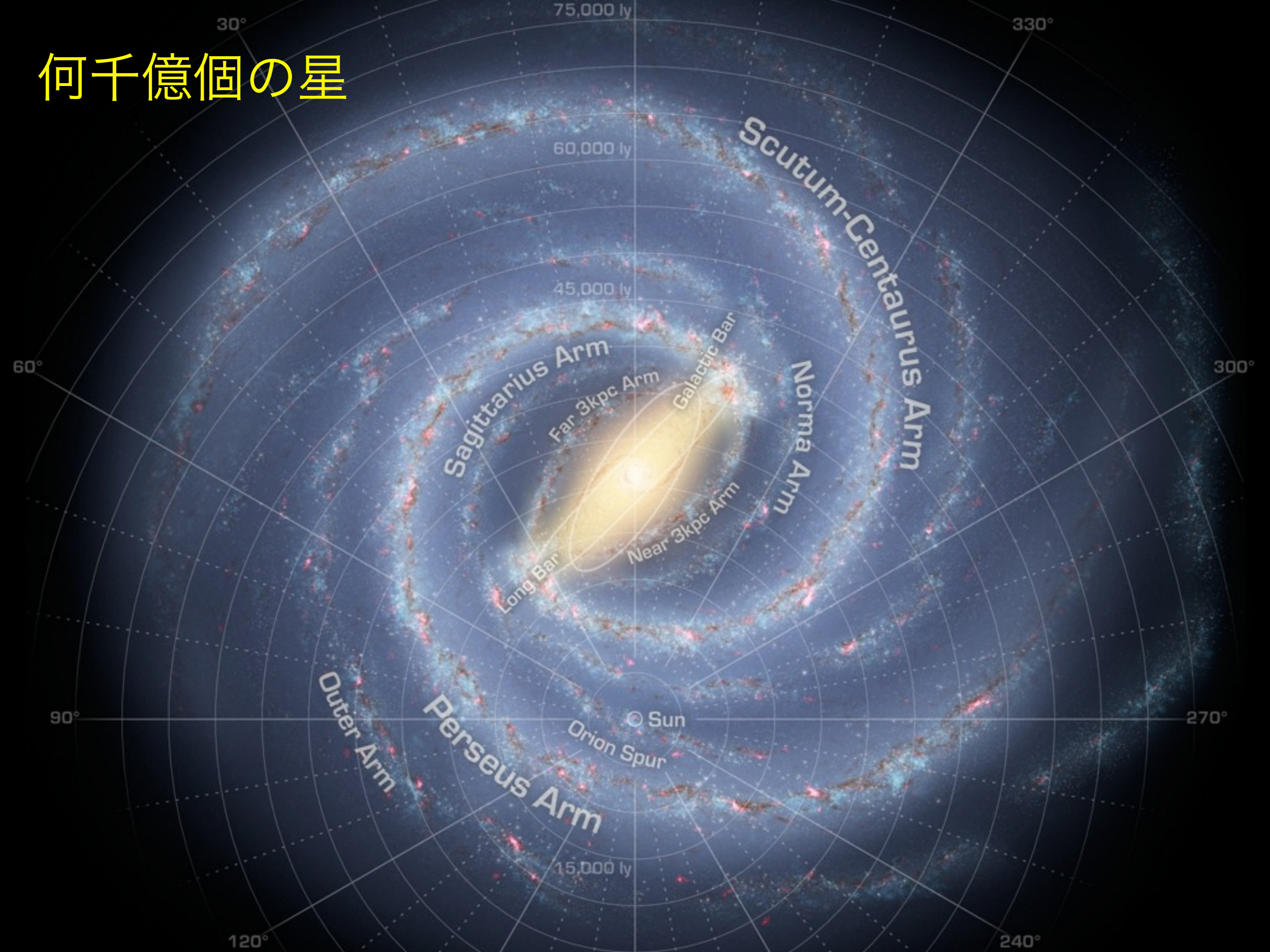






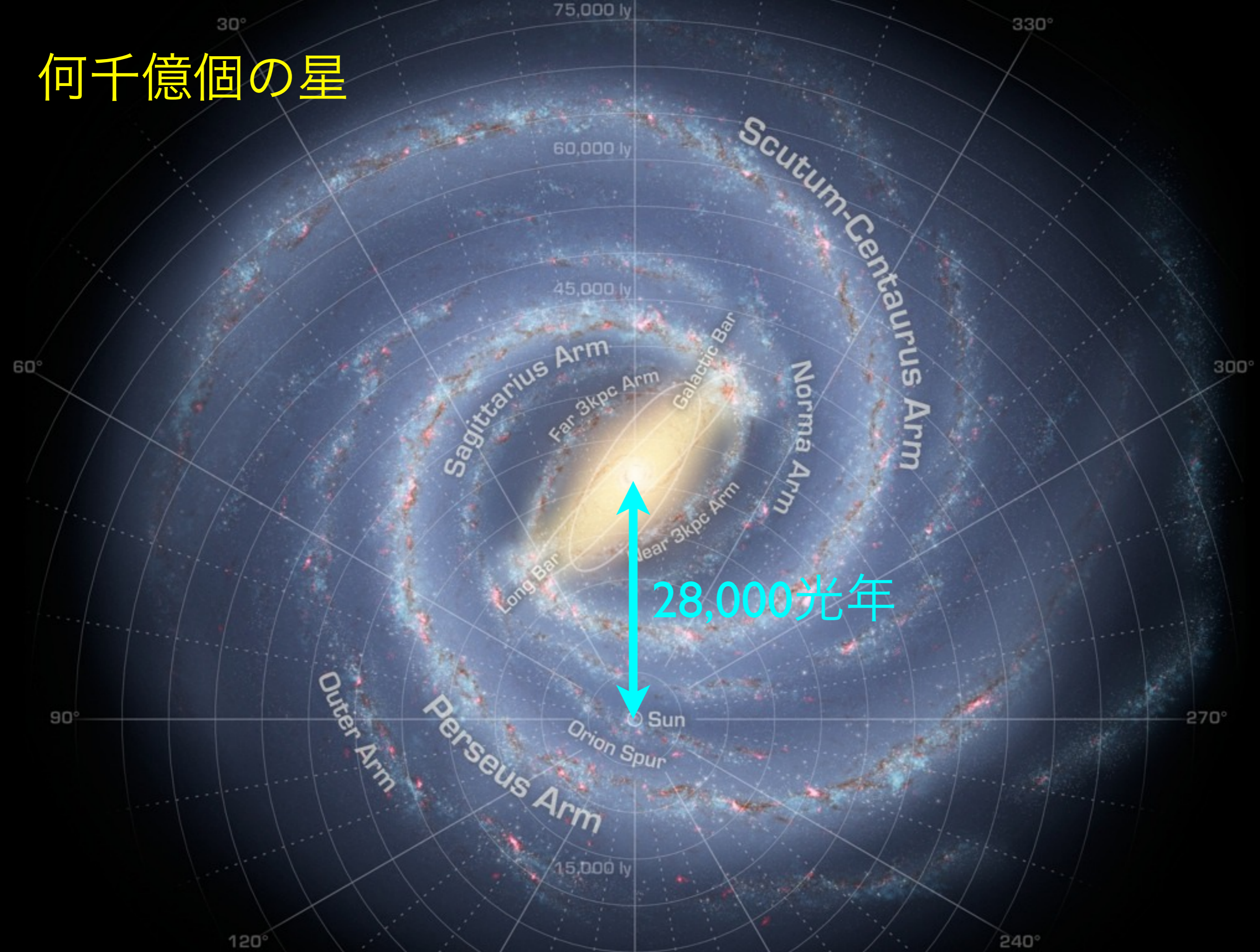


# 何千億個の星





何千億個の星







28,000光年

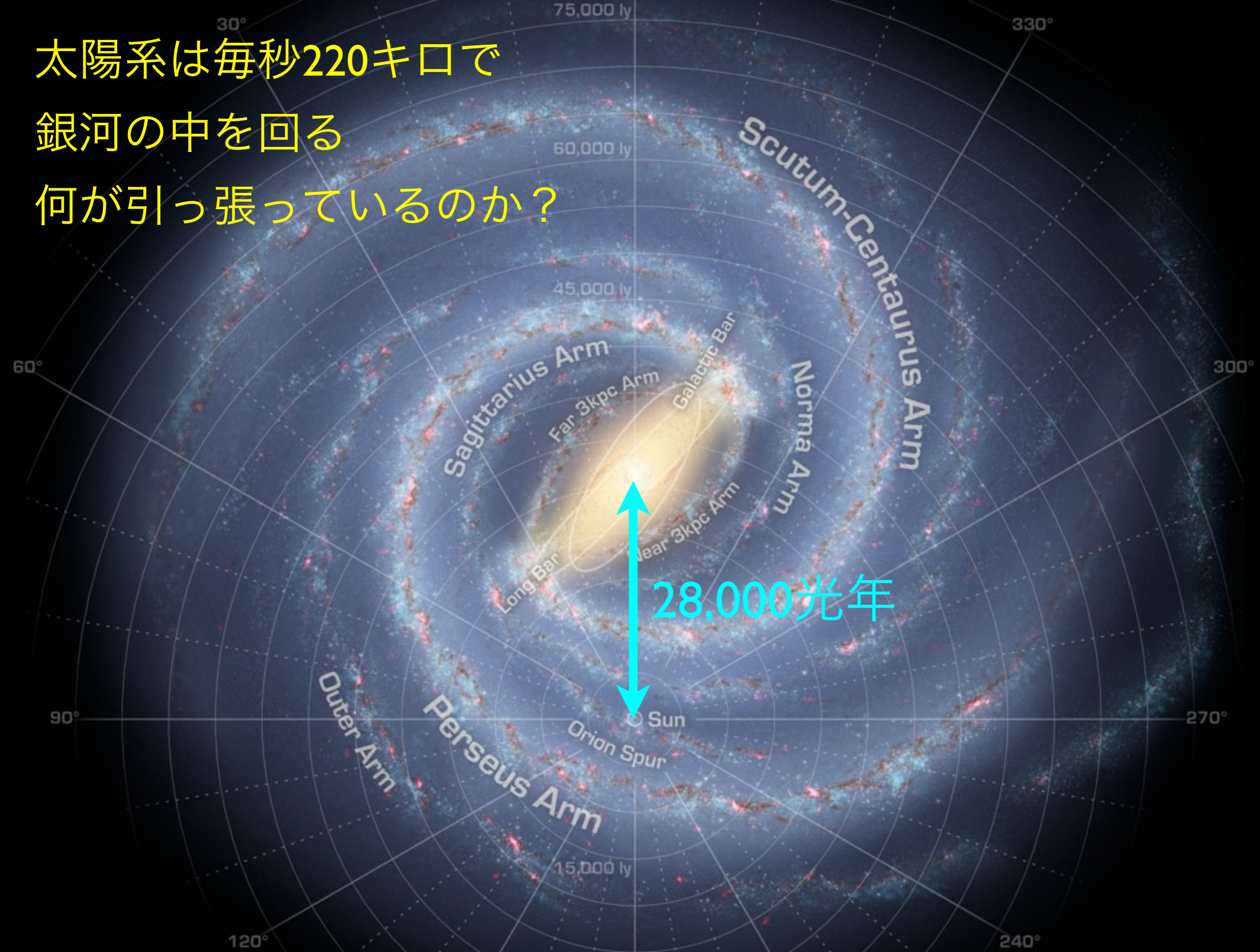
1500光年







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？





# 銀河の本当の姿

10万光年

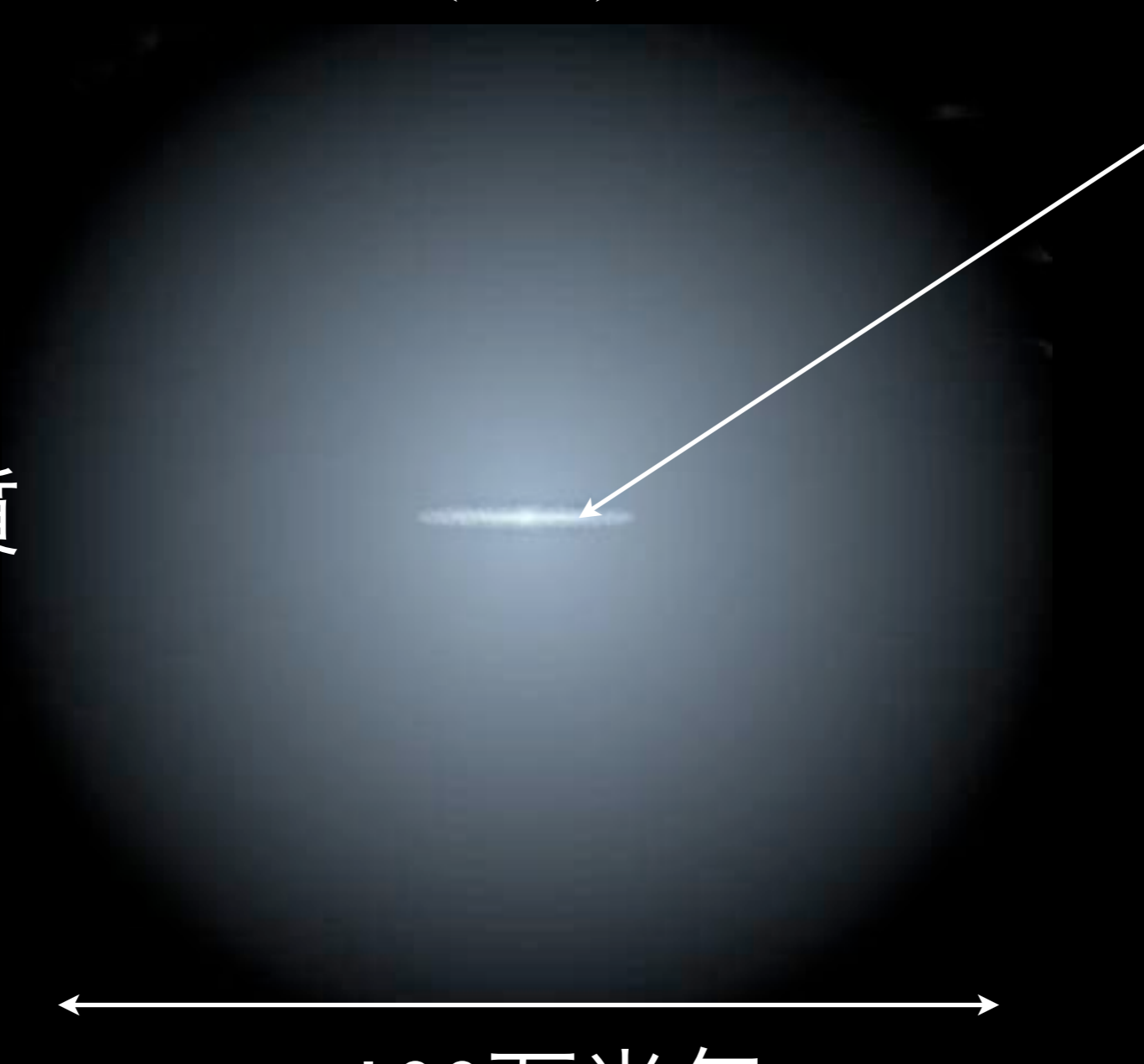


星

暗黒物質



>100万光年







アンドロメダ銀河=250万光年  
やはり暗黒物質で引っ張っている

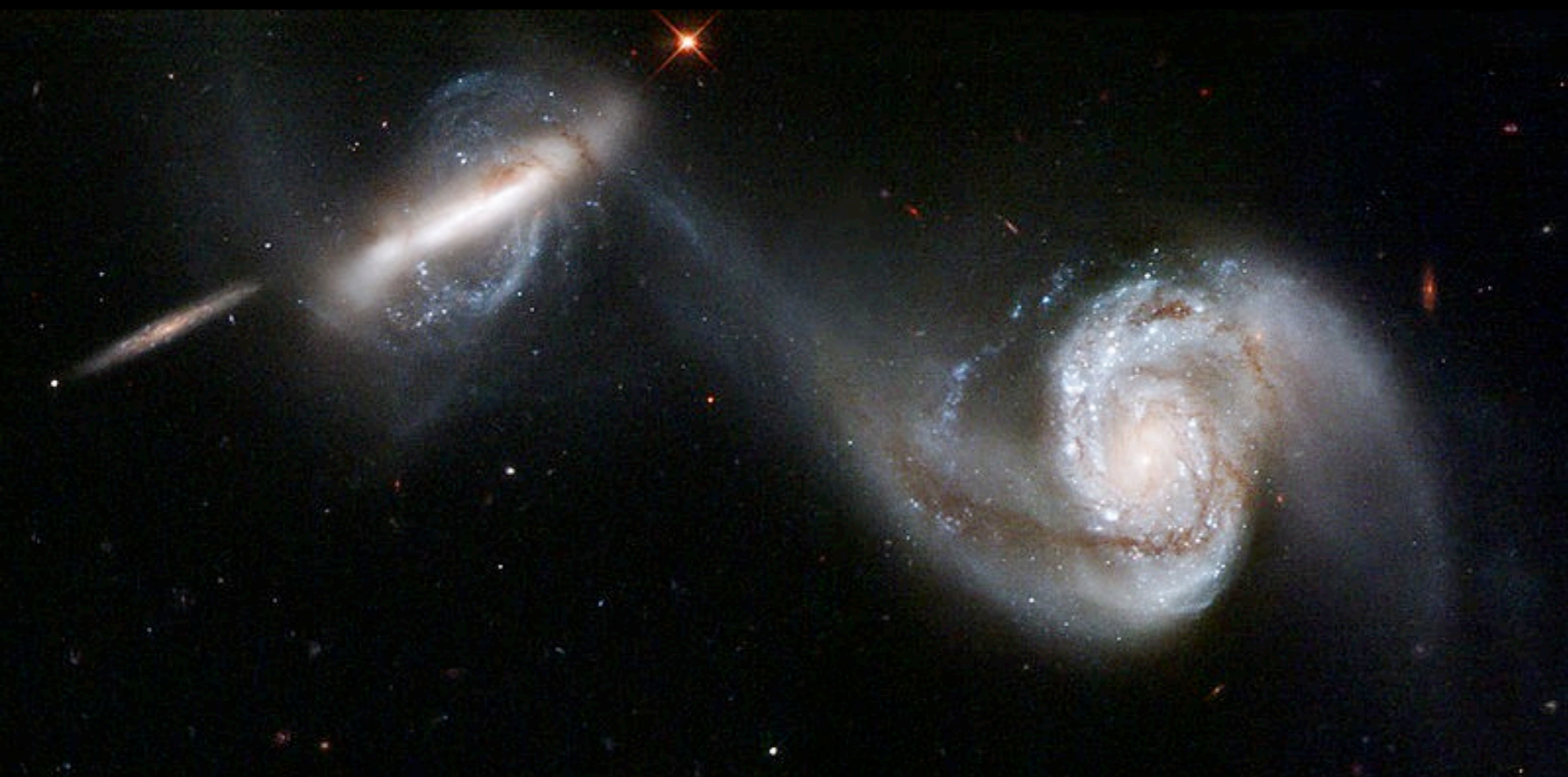


約45億年後に我々と衝突

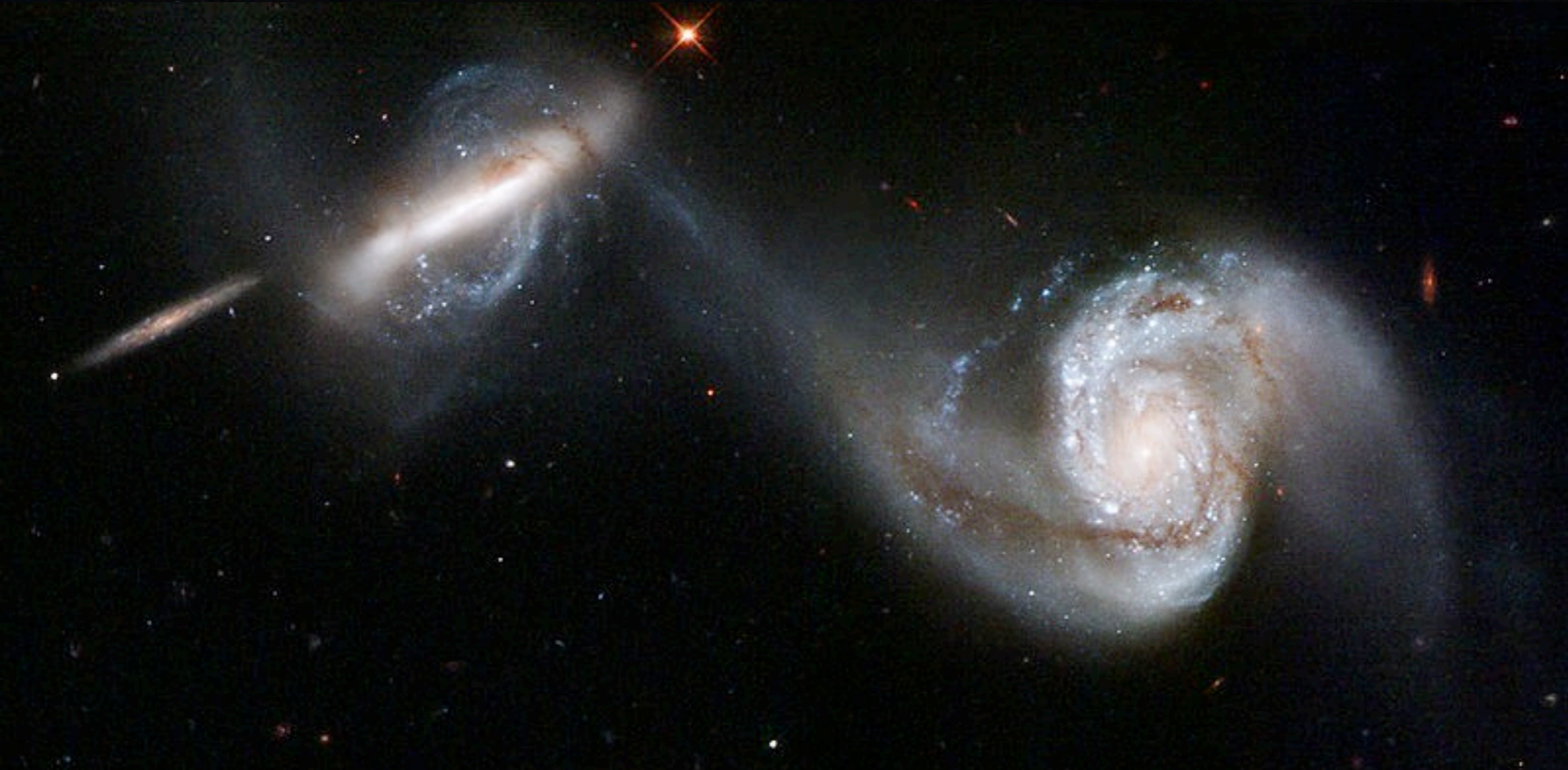
アンドロメダ銀河=250万光年  
やはり暗黒物質で引っ張っている



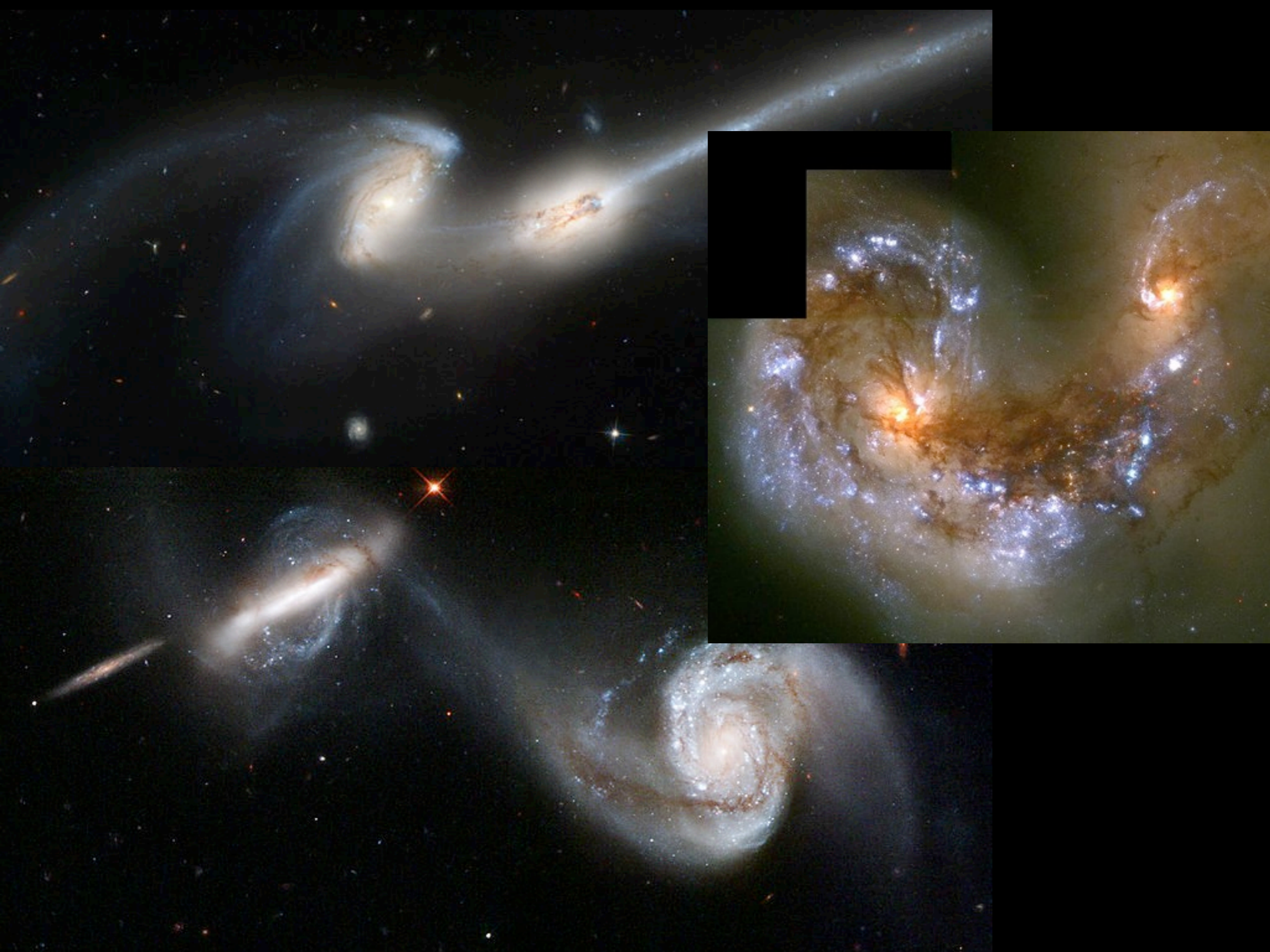
















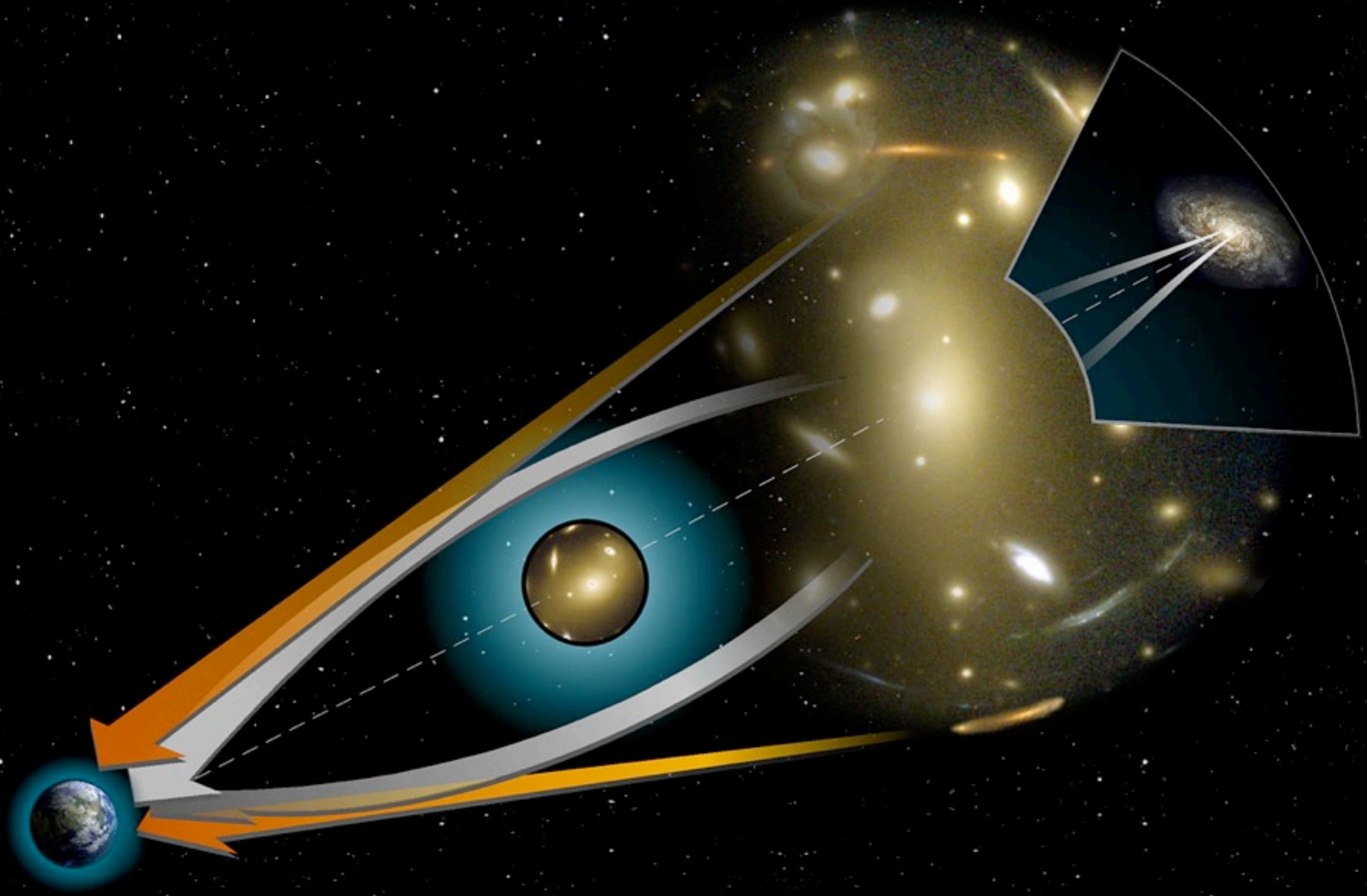
衝突で銀河は  
若返る



# 銀河団









# 見えない暗黒物質を「見る」





# 見えない暗黒物質を「見る」





# 見えない暗黒物質を「見

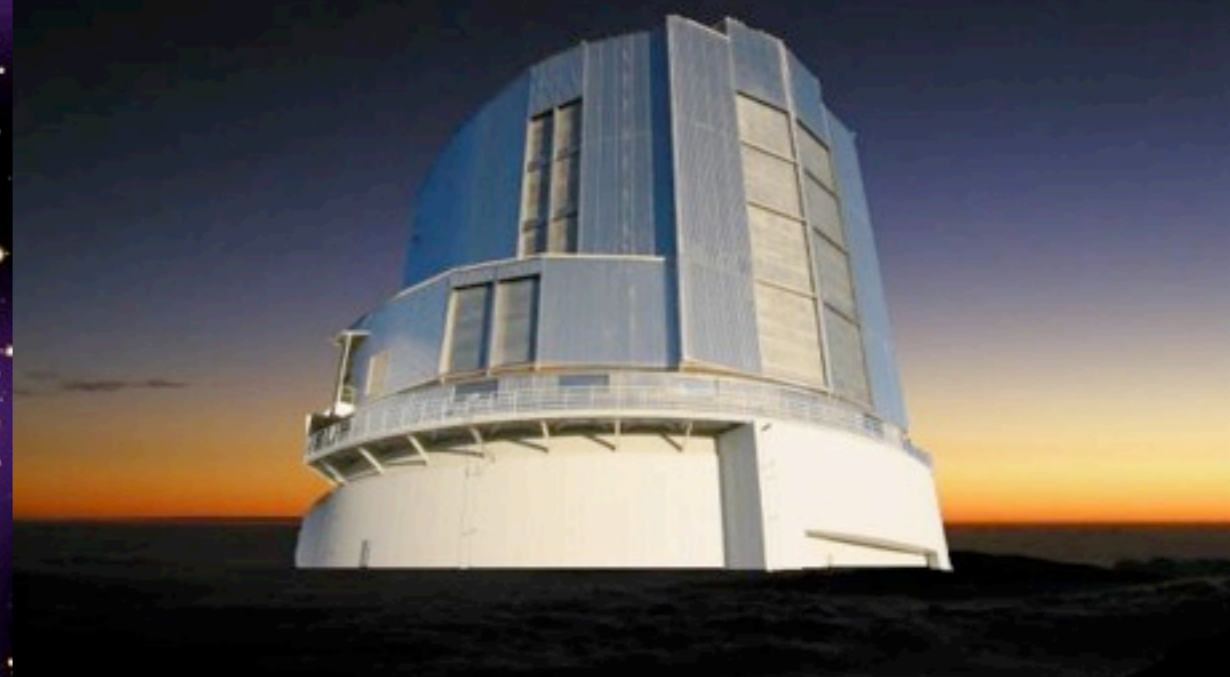




# 見えない暗黒物質を「見



すばる望遠鏡





# 見えない暗黒物質を「見

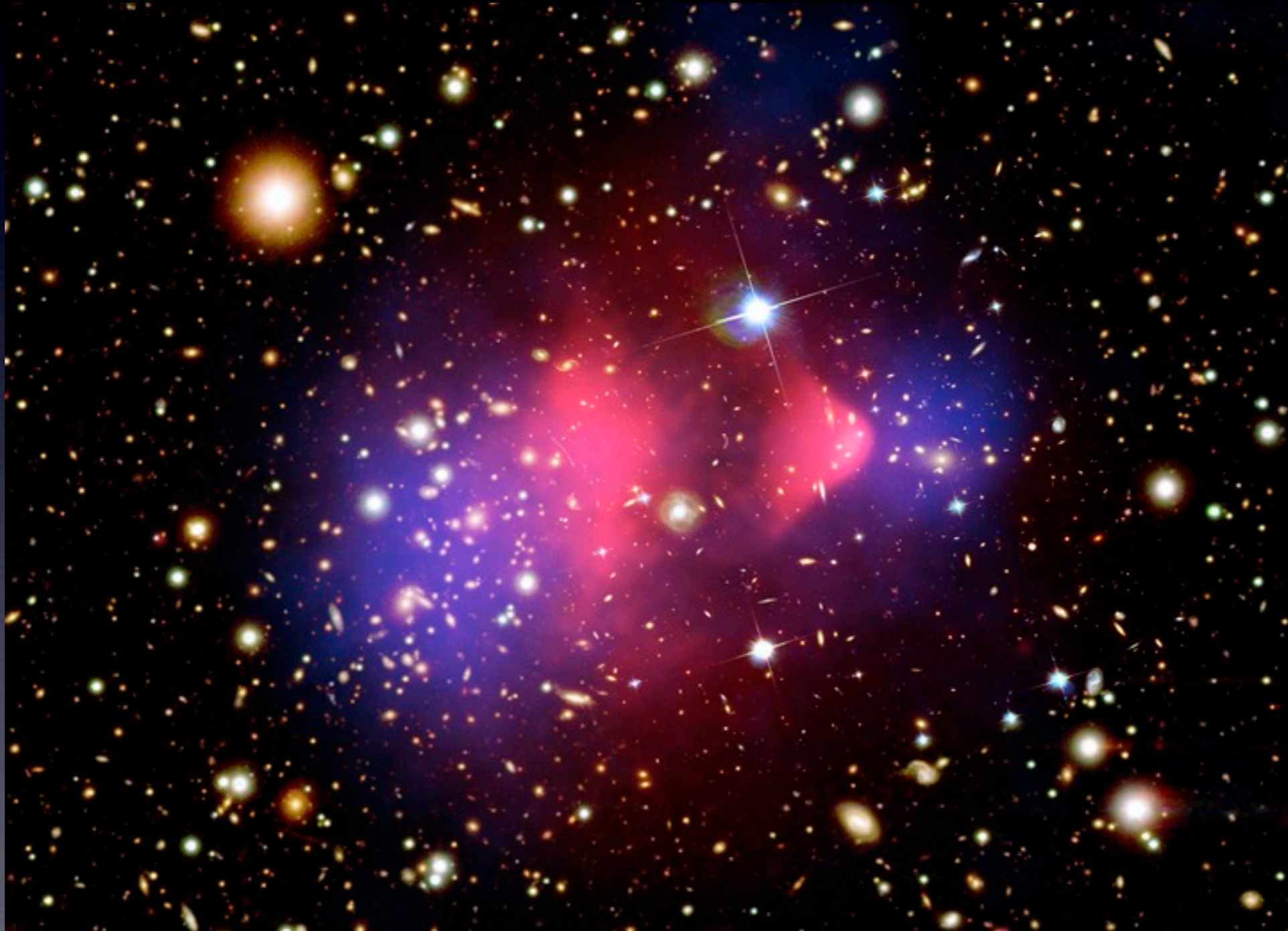


すばる望遠鏡



宇宙の物質の80%以上は原子でない！

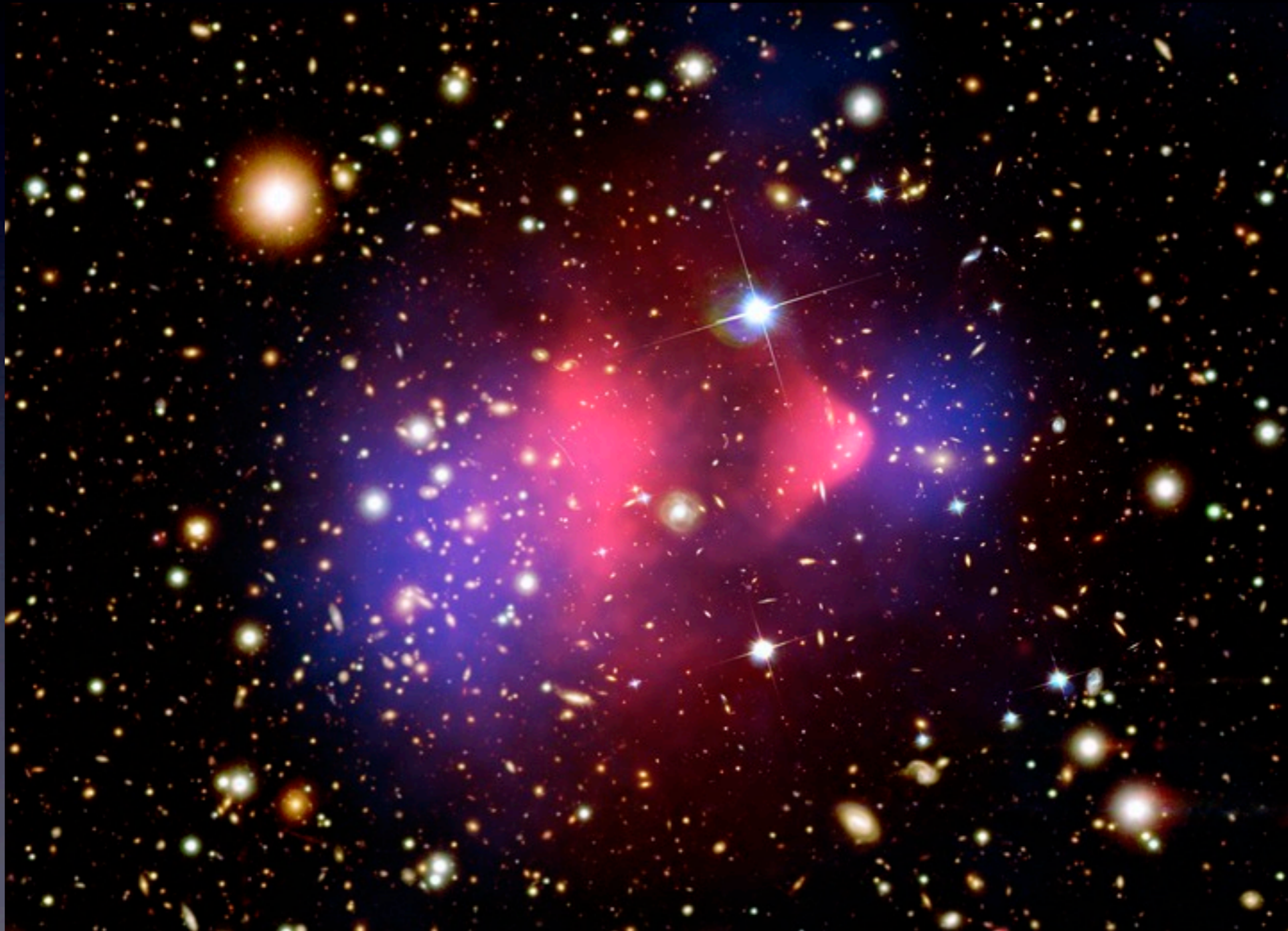




地球から40億光年



# ここにいなくて正解



地球から40億光年



# ここにいなくて正解

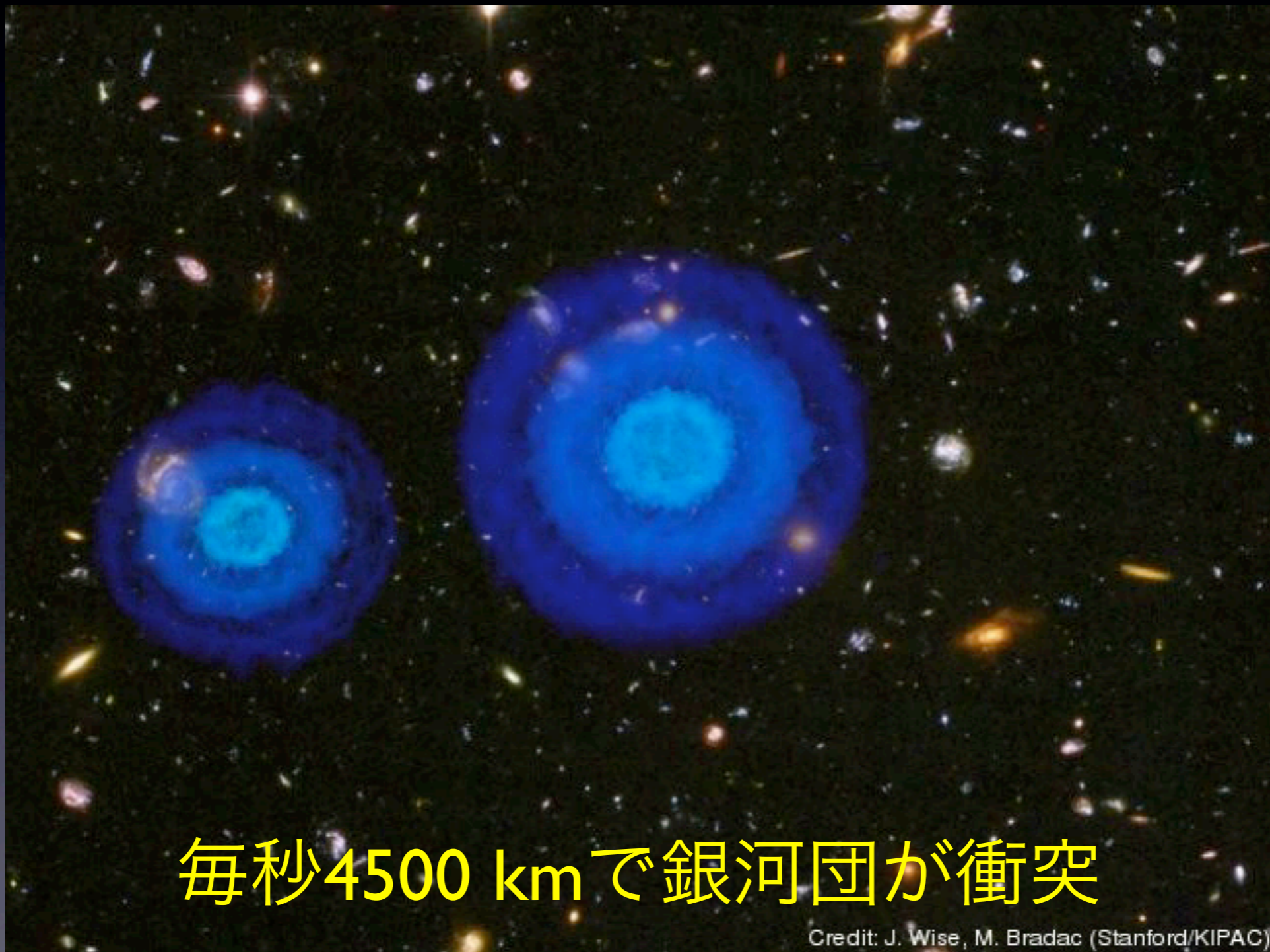


毎秒4500 kmで銀河団が衝突

地球から40億光年



# ここにいなくて正解



毎秒4500 kmで銀河団が衝突

Credit: J. Wise, M. Bradac (Stanford/KIPAC)

地球から40億光年



# ここにいなくて正解



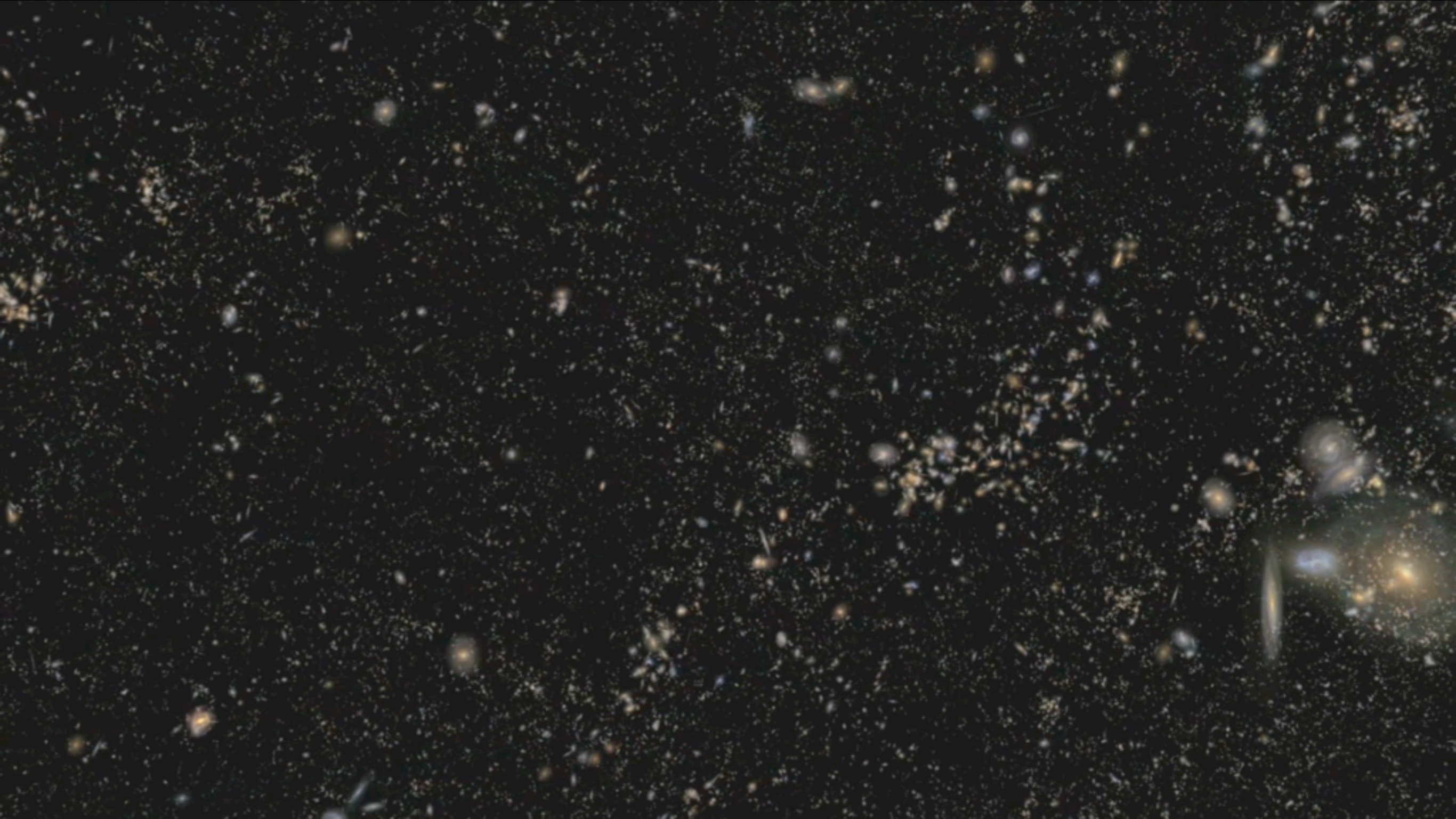
毎秒4500 kmで銀河団が衝突

地球から40億光年









観測に基づいた銀河の3次元地図の中を飛行

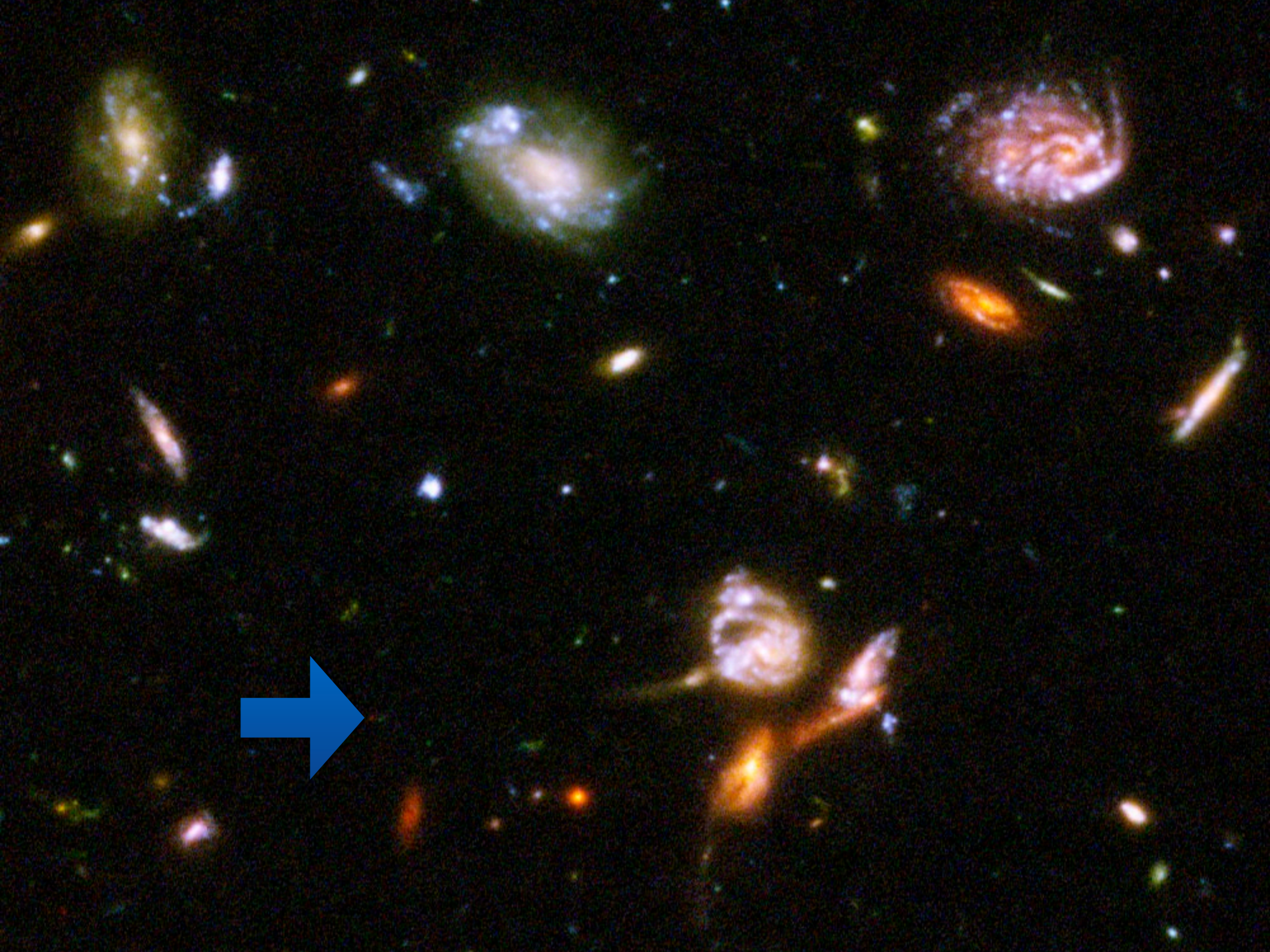




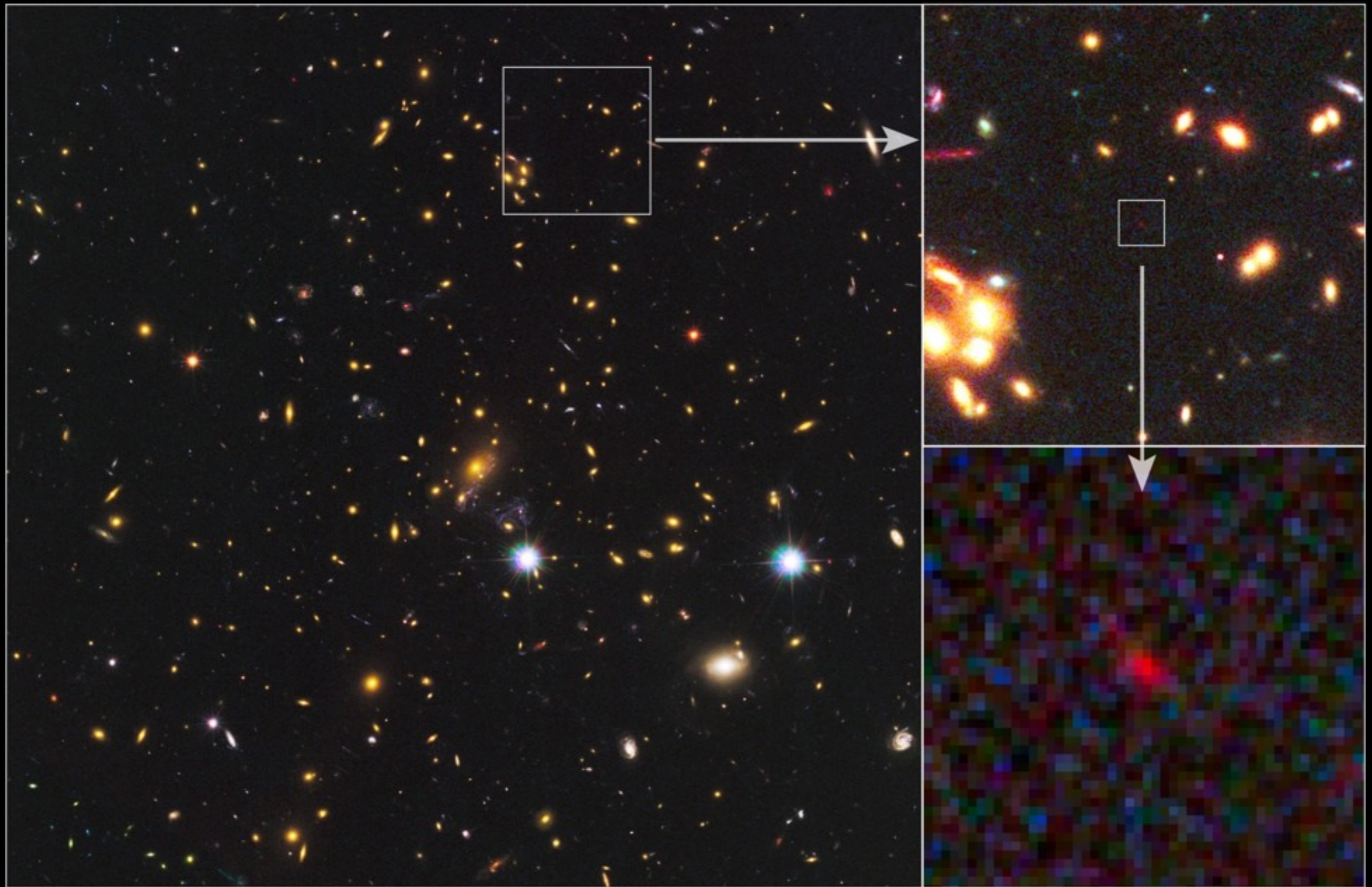












Galaxy Cluster MACS J1149+2223

High-Redshift Galaxy MACS1149-JD

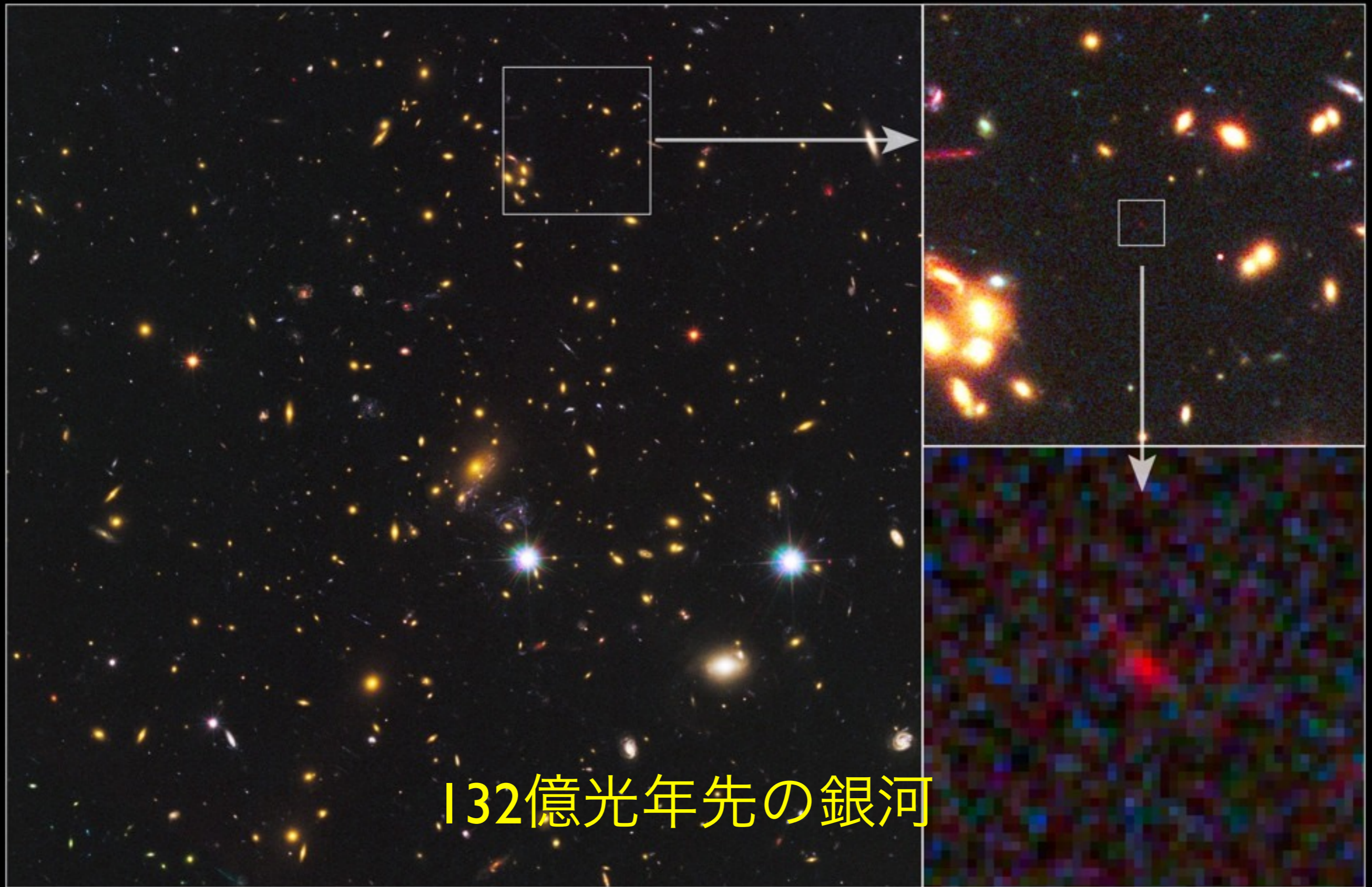
**A Distant Gravitationally-Lensed Galaxy at Redshift = 9.6**

**Hubble Space Telescope • ACS • WFC3**

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

ssc2012-12a





132億光年先の銀河

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







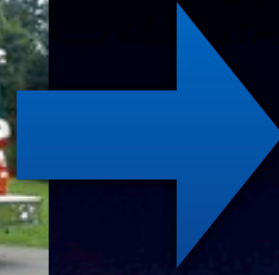
# 宇宙は広がっている

- 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



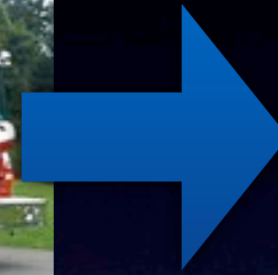
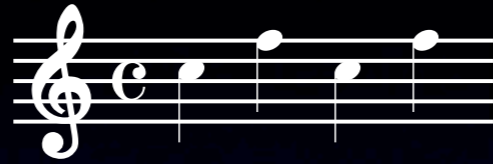
# 宇宙は広がっている

- 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





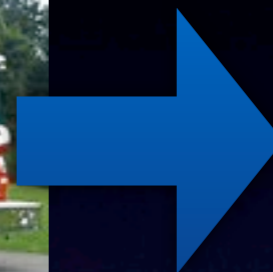
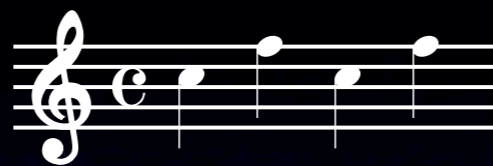
# 宇宙は広がっている



- 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



# 宇宙は広がっている

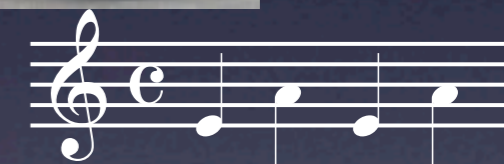
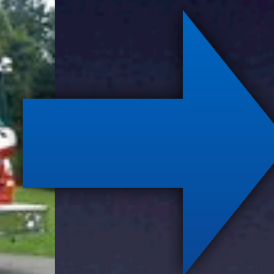


- 遠くの星や銀河は赤く見える

- 近づく救急車: 高い音

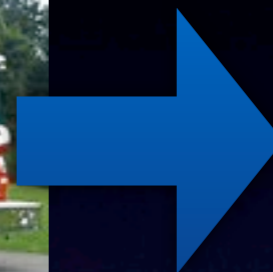
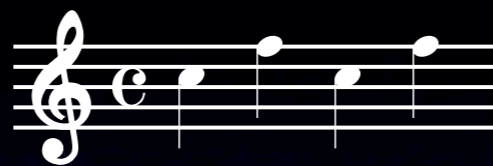
- 離れる救急車: 低い音

- 離れる星: 低い赤い光

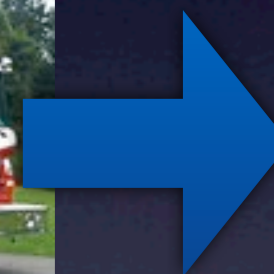




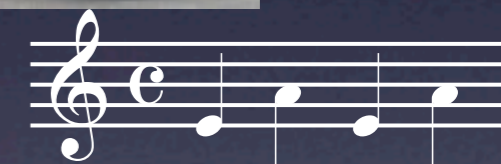
# 宇宙は広がっている



- 遠くの星や銀河は赤く見える

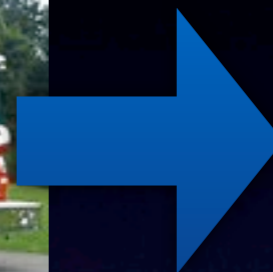
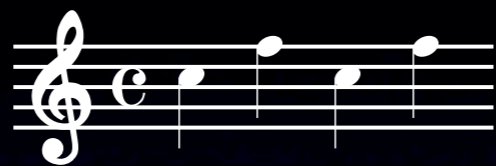


- 近づく救急車: 高い音
- 離れる救急車: 低い音
- 離れる星: 低い赤い光

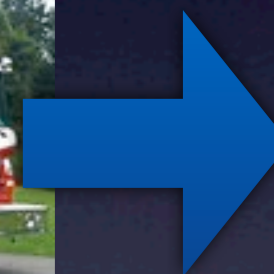




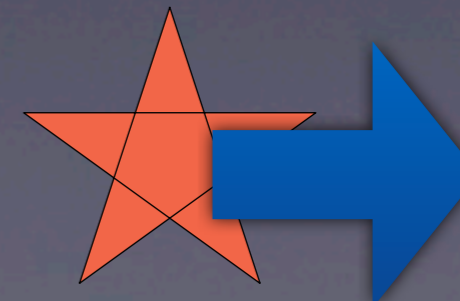
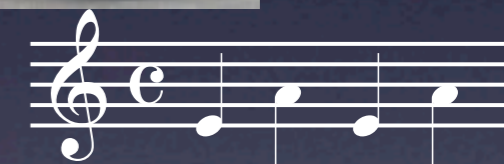
# 宇宙は広がっている



- 遠くの星や銀河は赤く見える

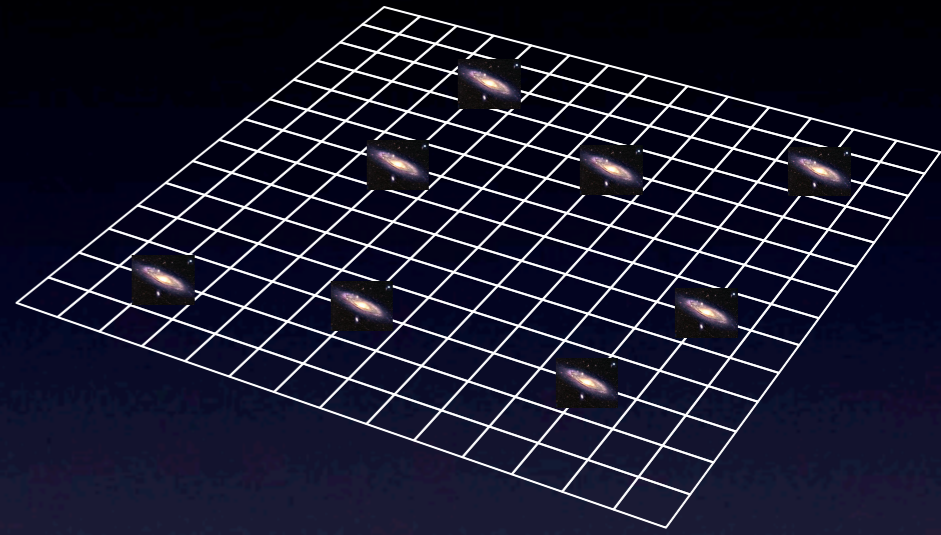


- 近づく救急車: 高い音
- 離れる救急車: 低い音
- 離れる星: 低い赤い光

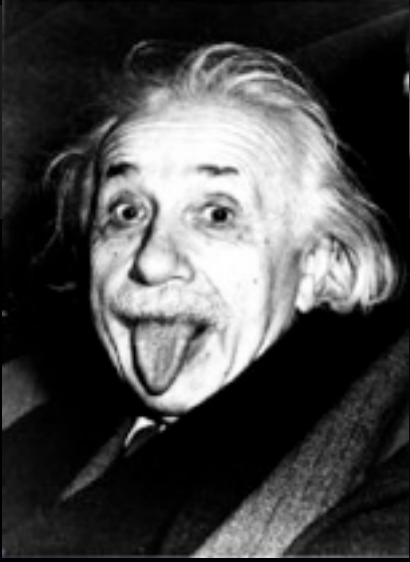




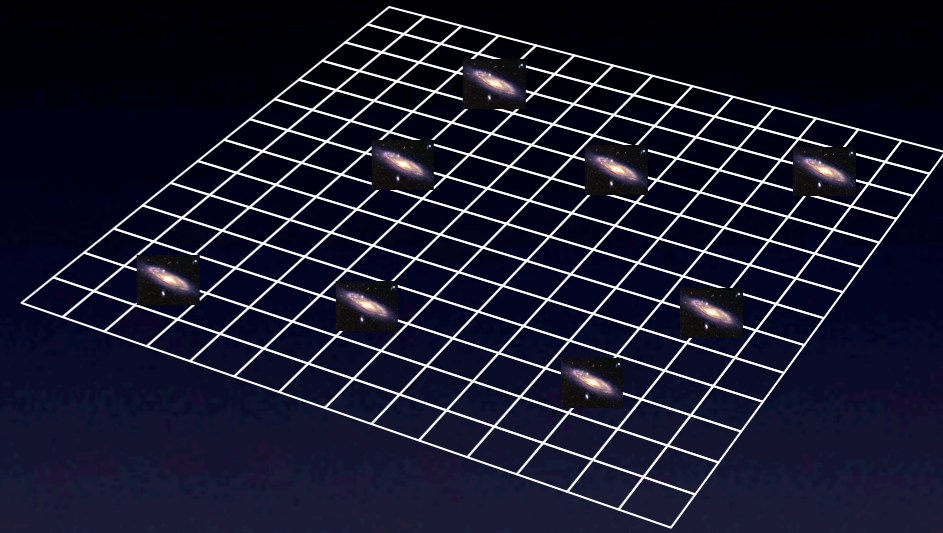
# 広がる空間



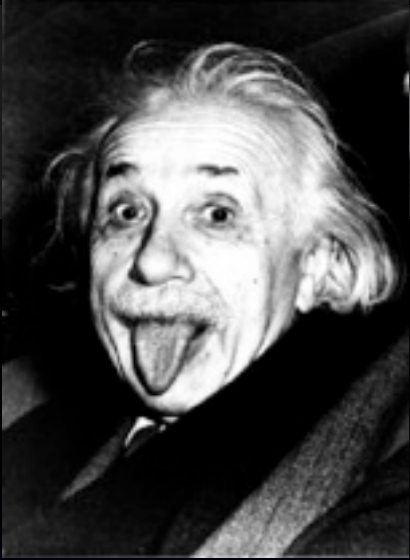




# 広がる空間

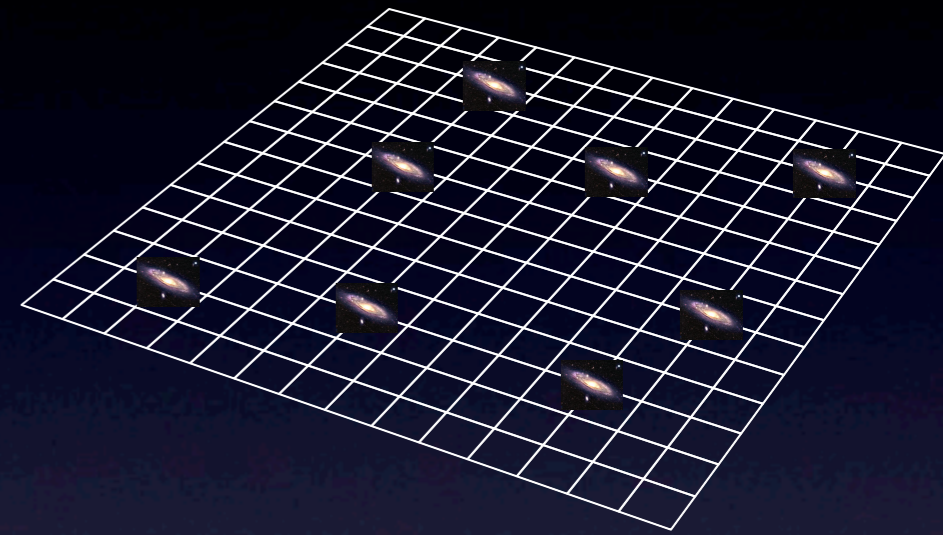




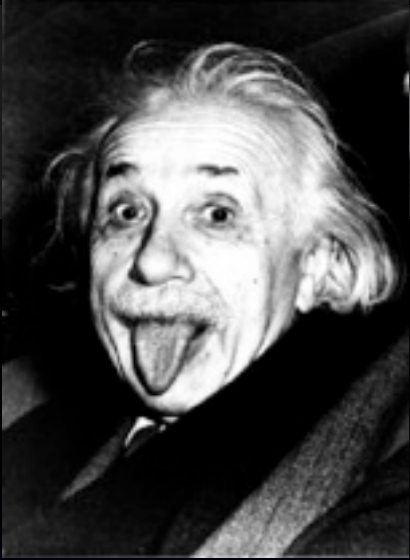


# 広がる空間

- アインシュタイン：  
宇宙は単なる入れ物では  
ない

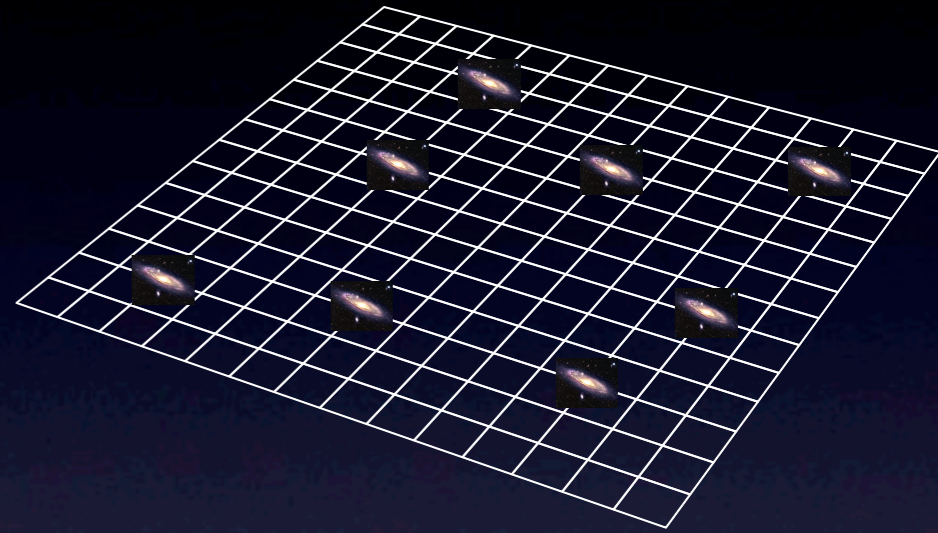




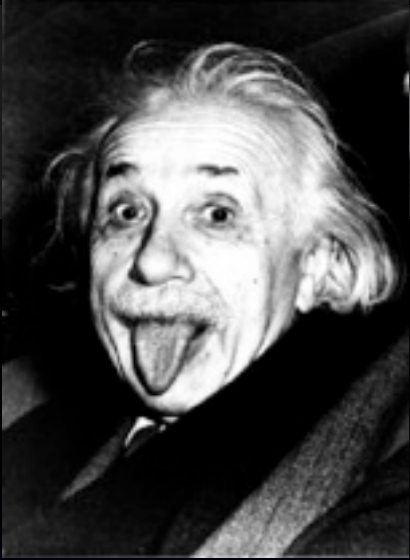


# 広がる空間

- 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

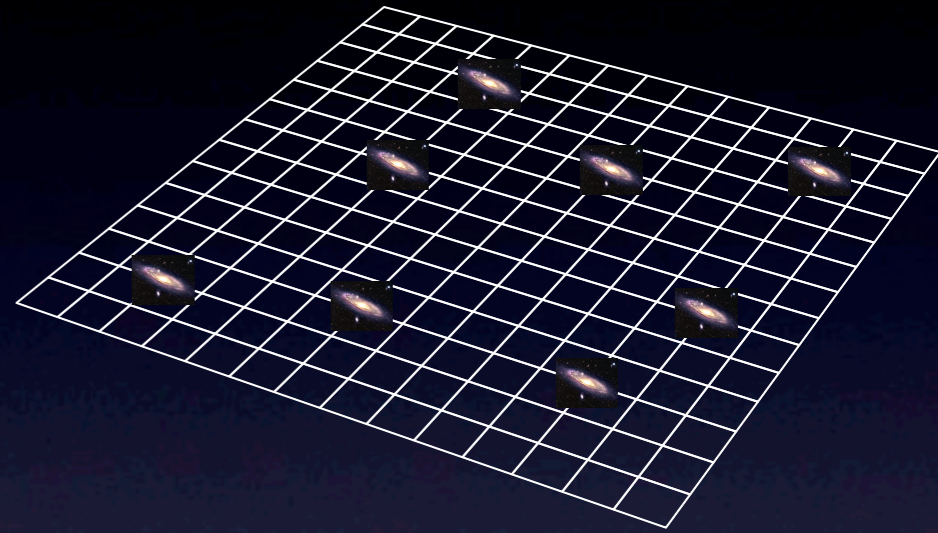




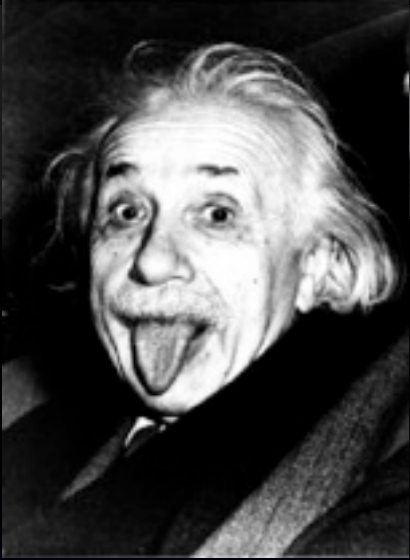


# 広がる空間

- 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

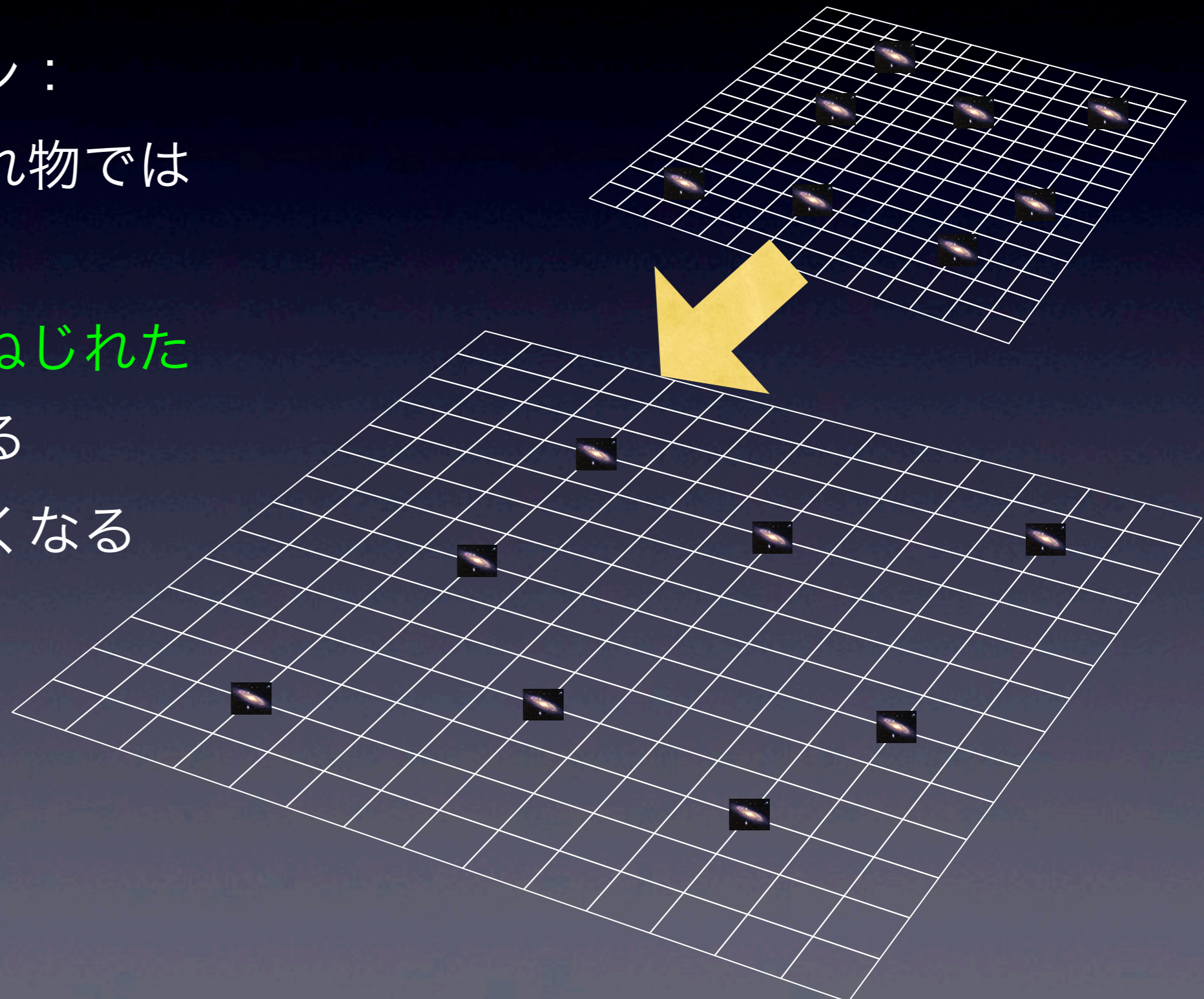




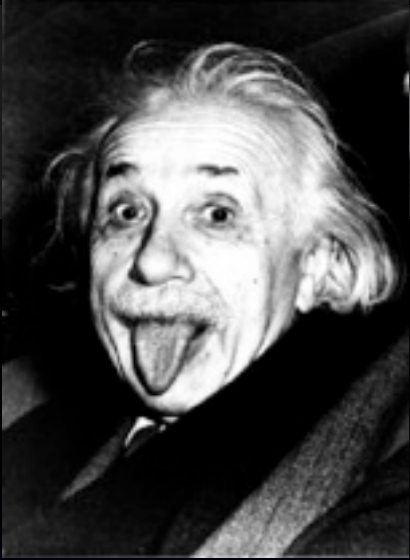


# 広がる空間

- 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

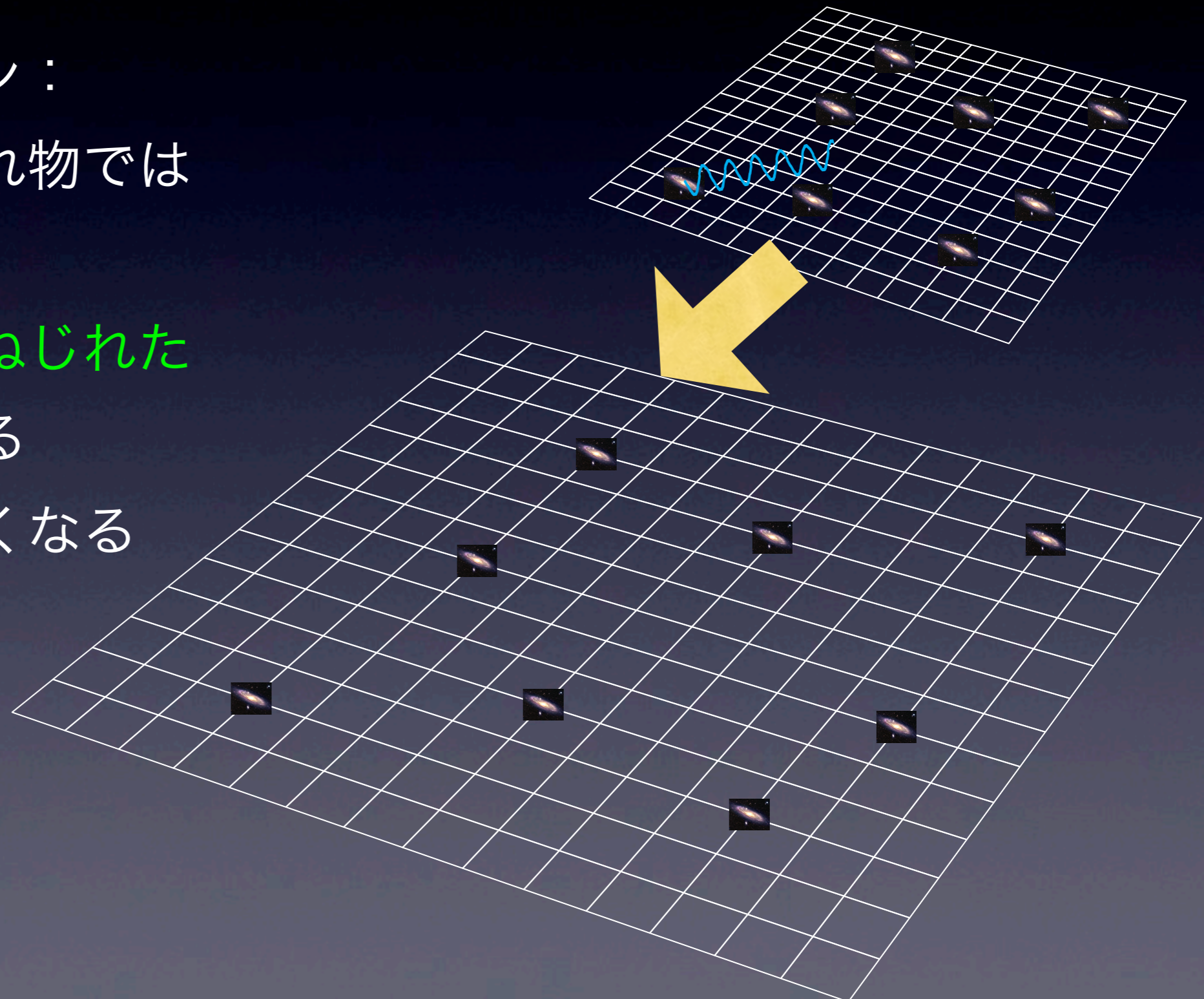




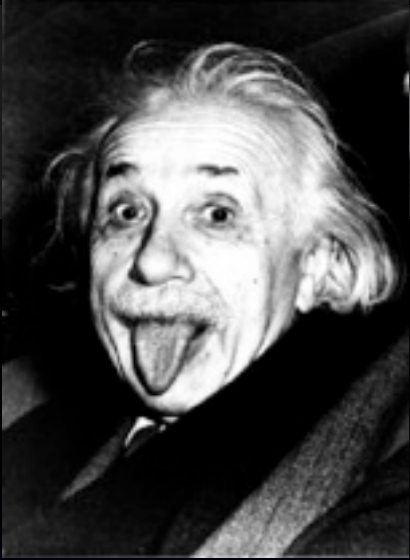


# 広がる空間

- 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

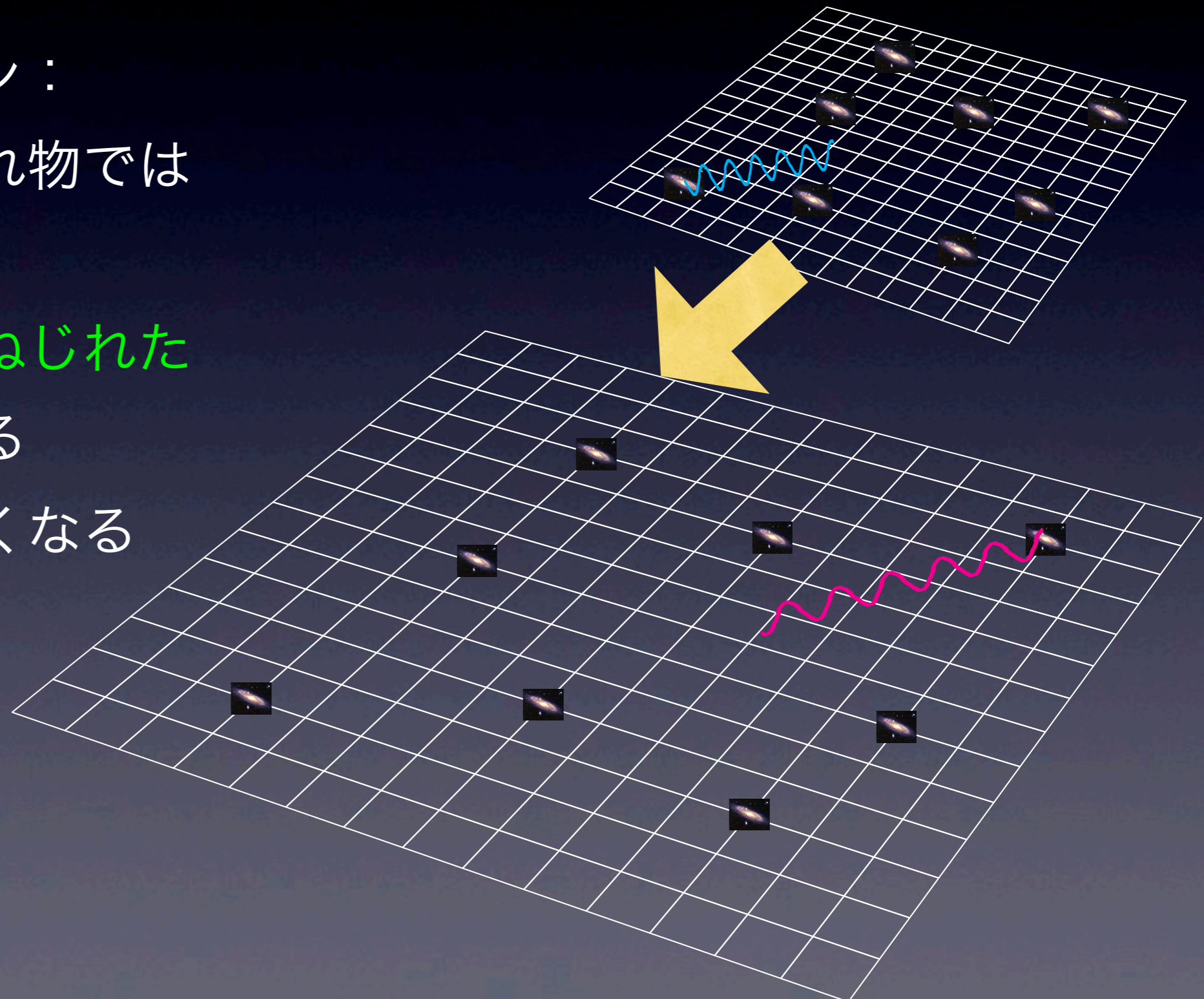




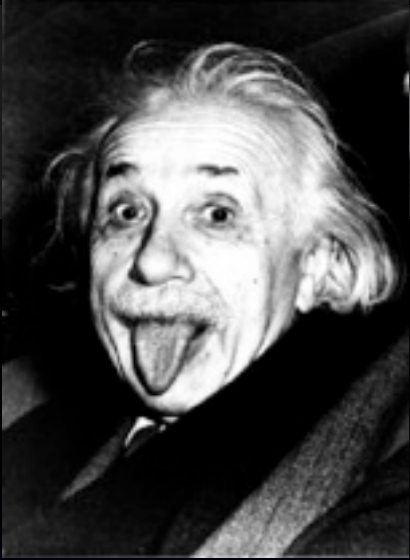


# 広がる空間

- 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  
広がったりする
- 宇宙全体が大きくなる

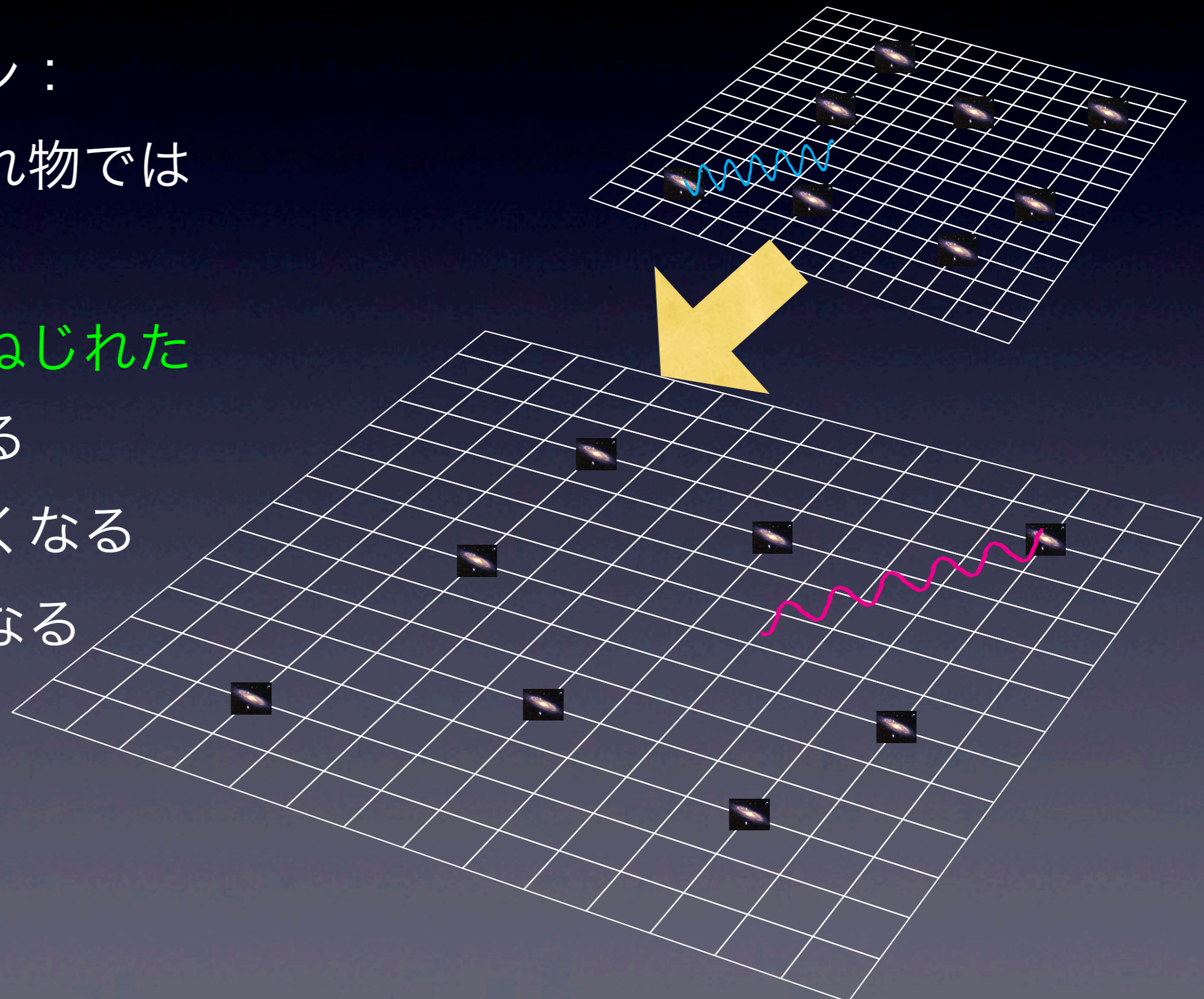




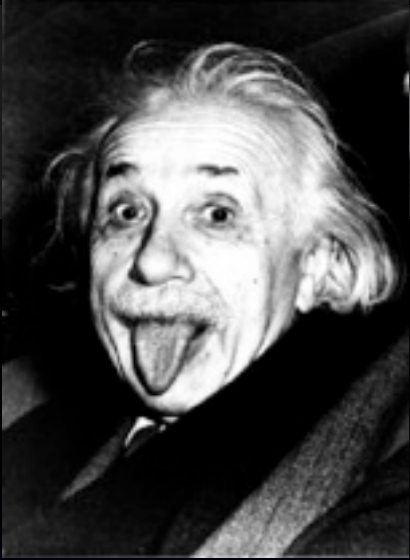


# 広がる空間

- 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

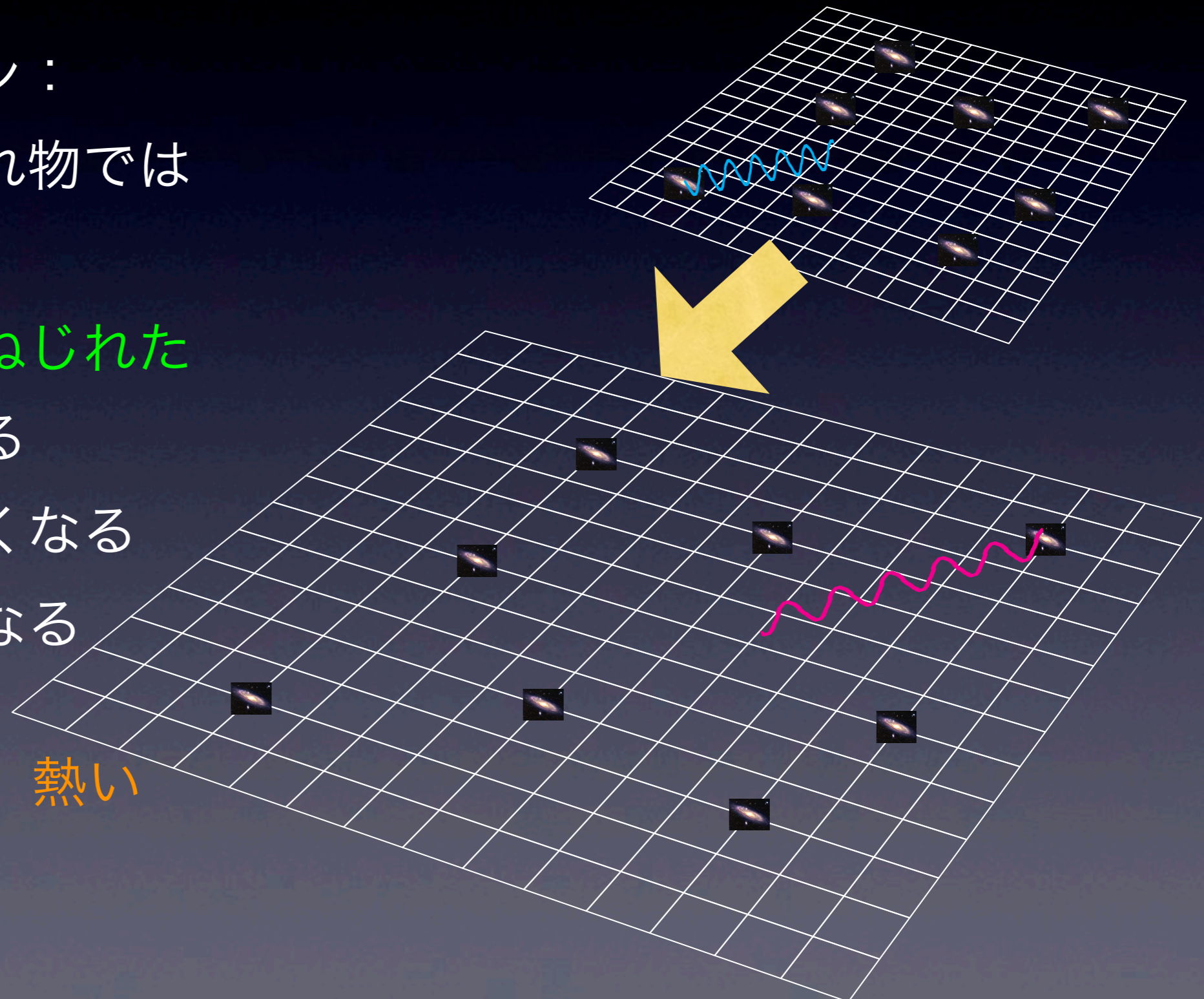




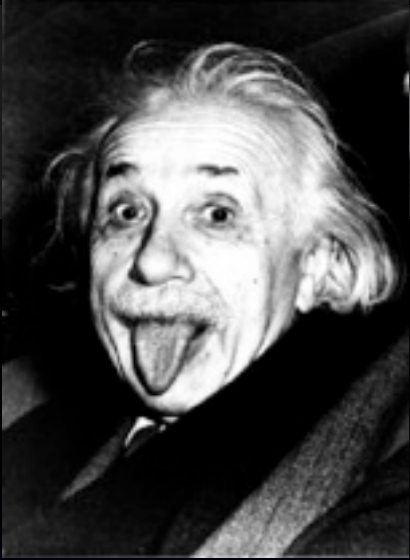


# 広がる空間

- 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**

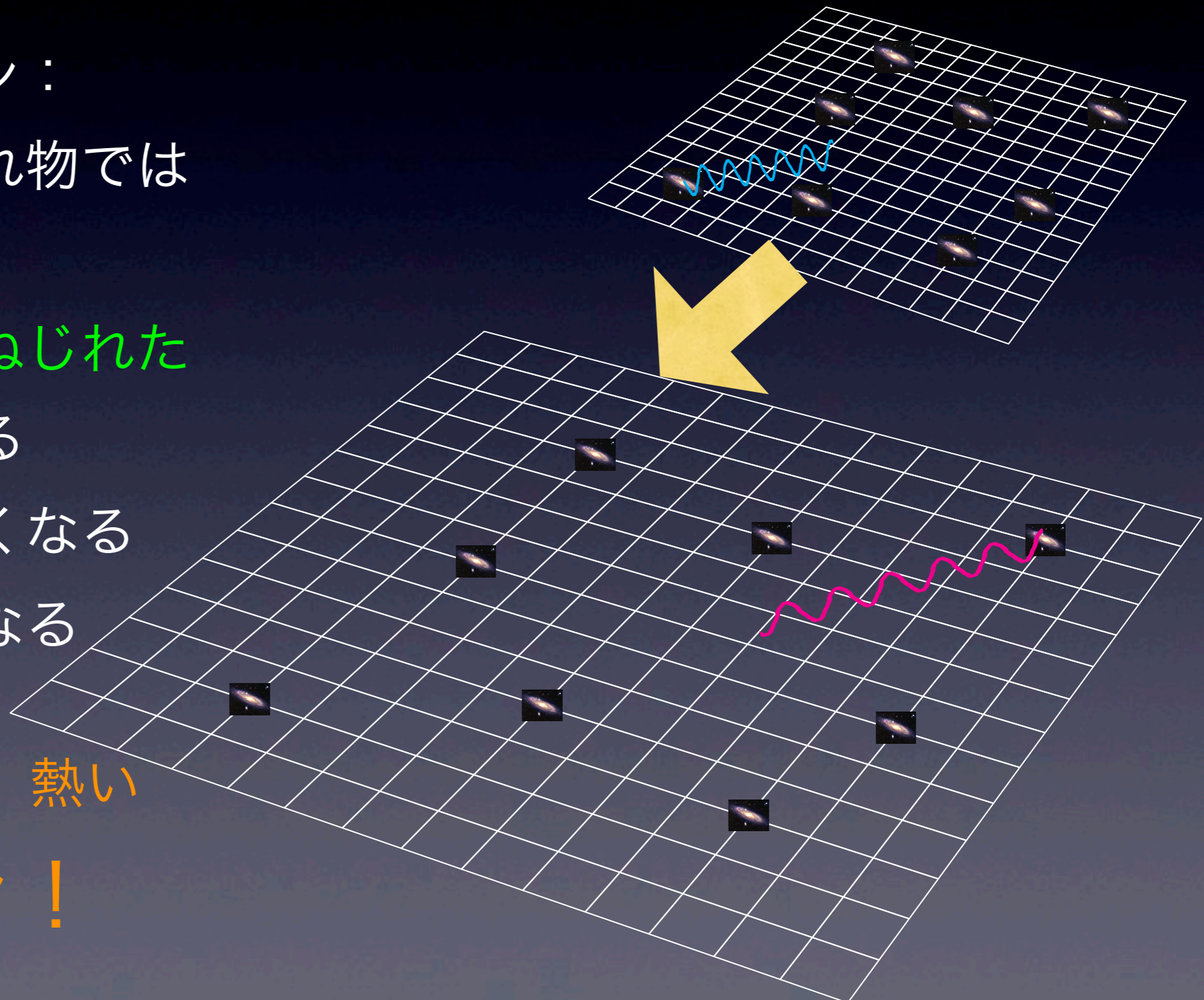






# 広がる空間

- 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！**

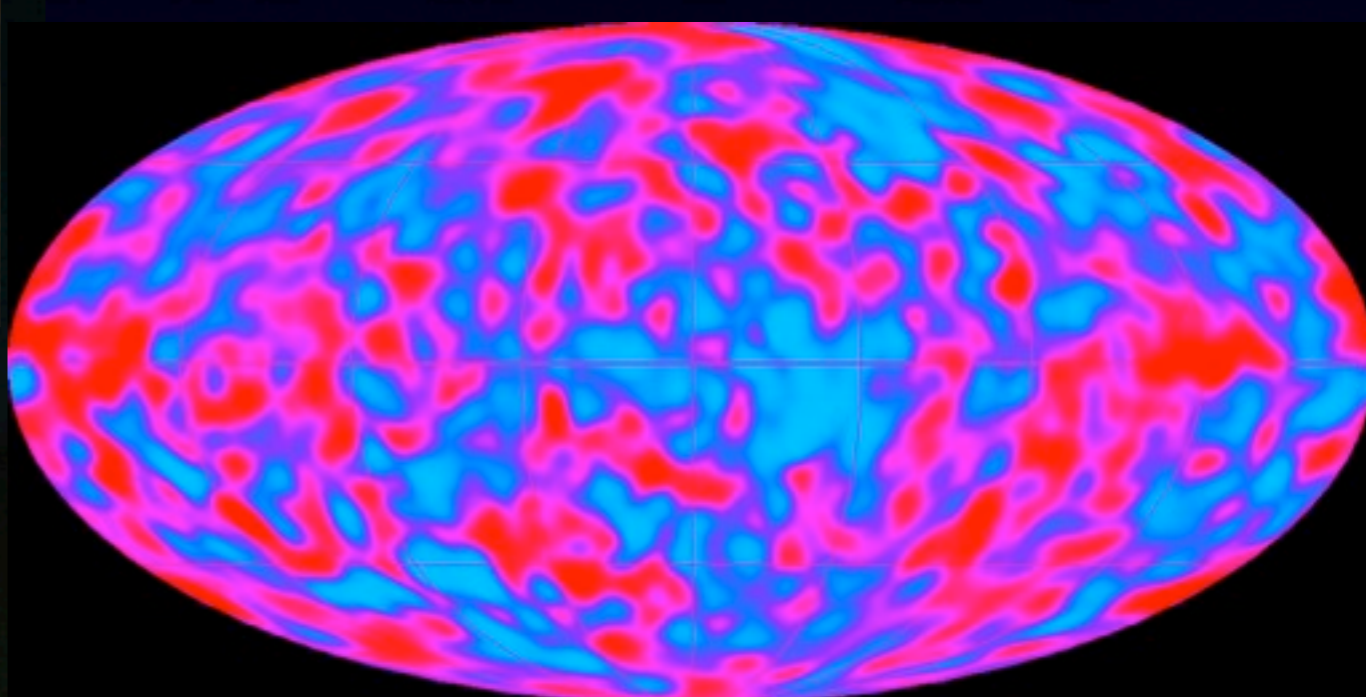
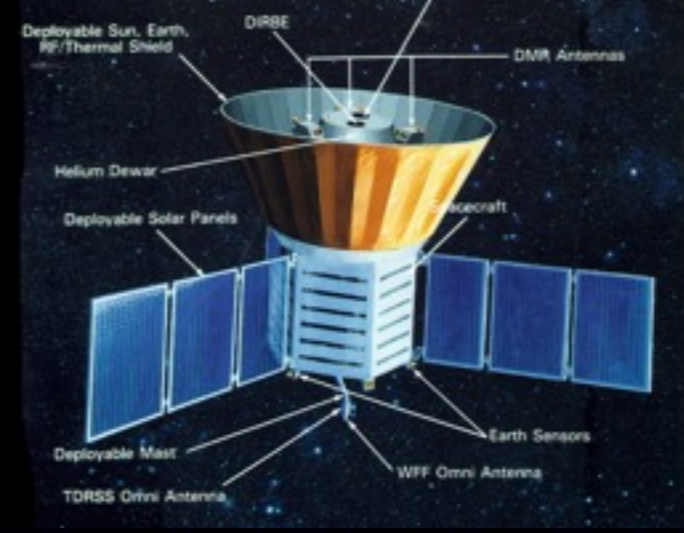






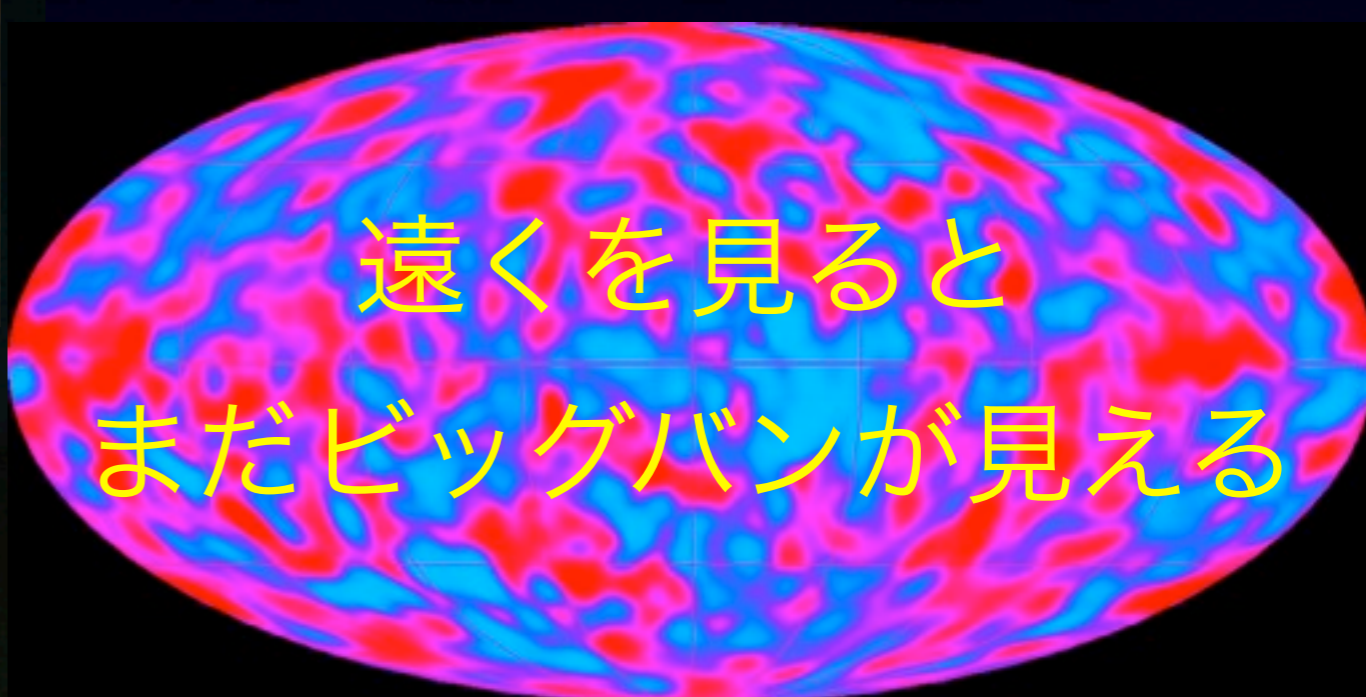
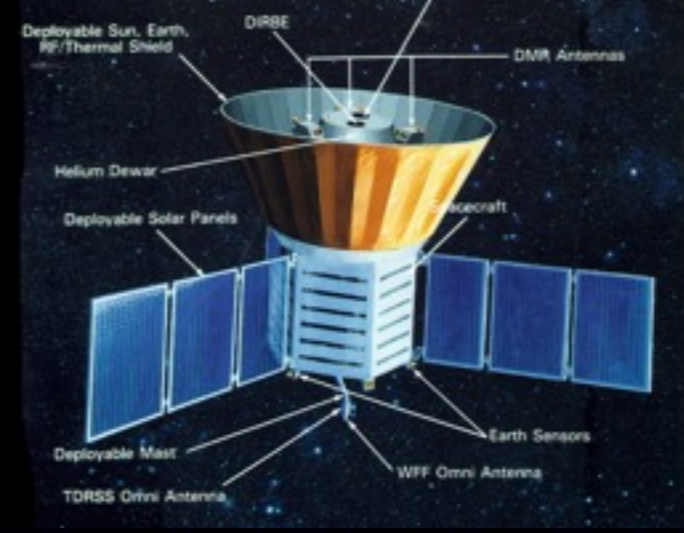
137億光年先  
=137億年前





137億光年先  
=137億年前



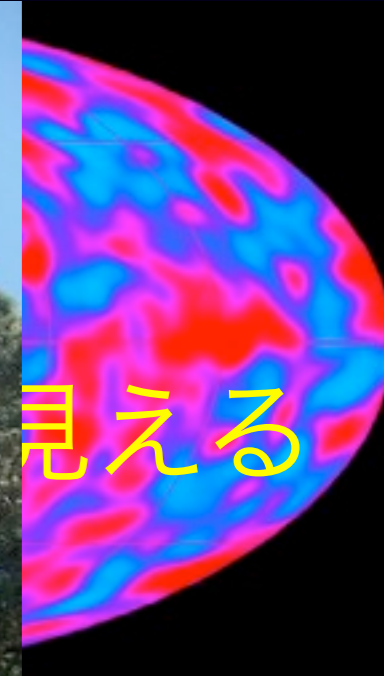


遠くを見ると  
まだビッグバンが見える



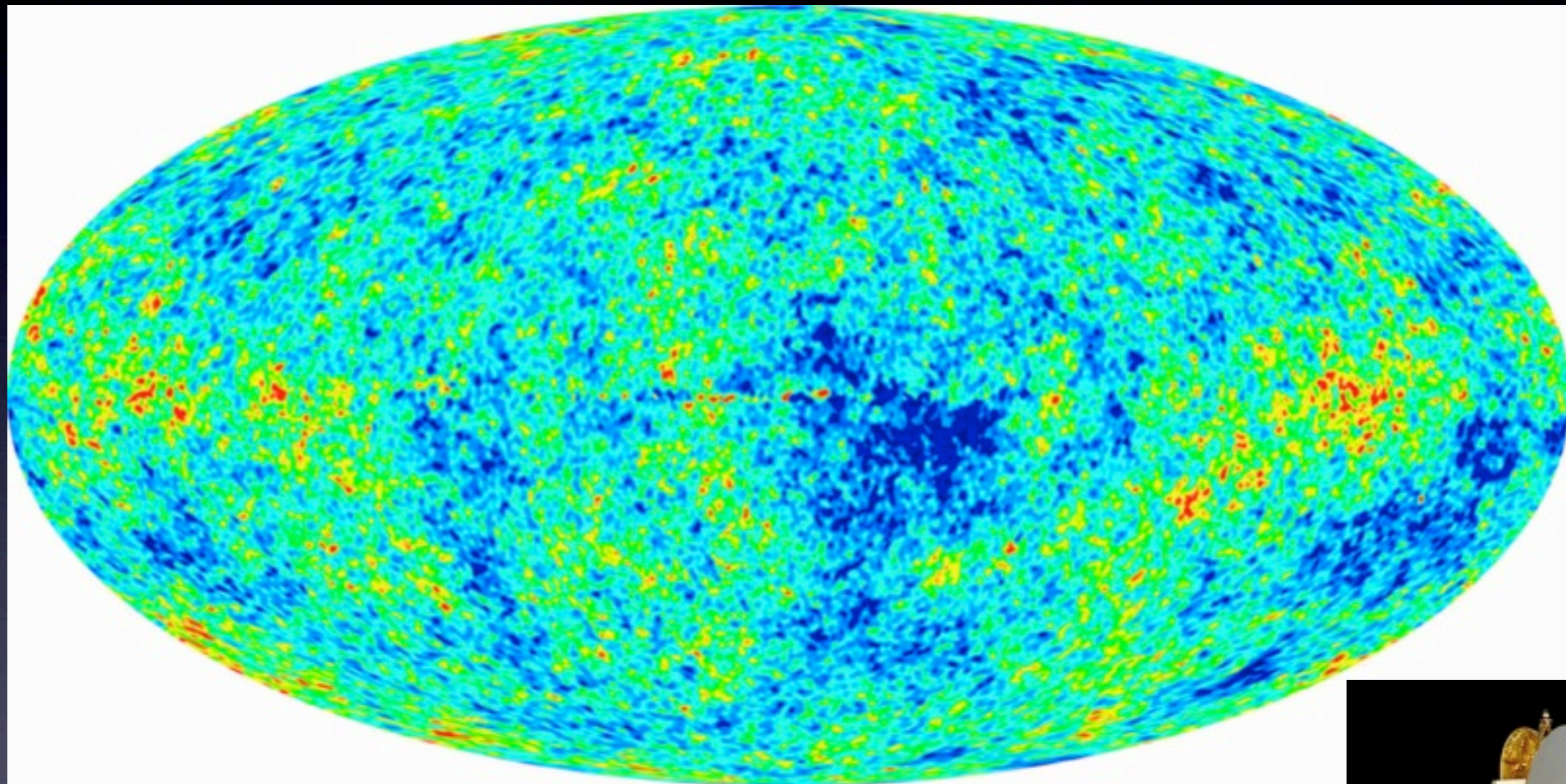
137億光年先  
=137億年前





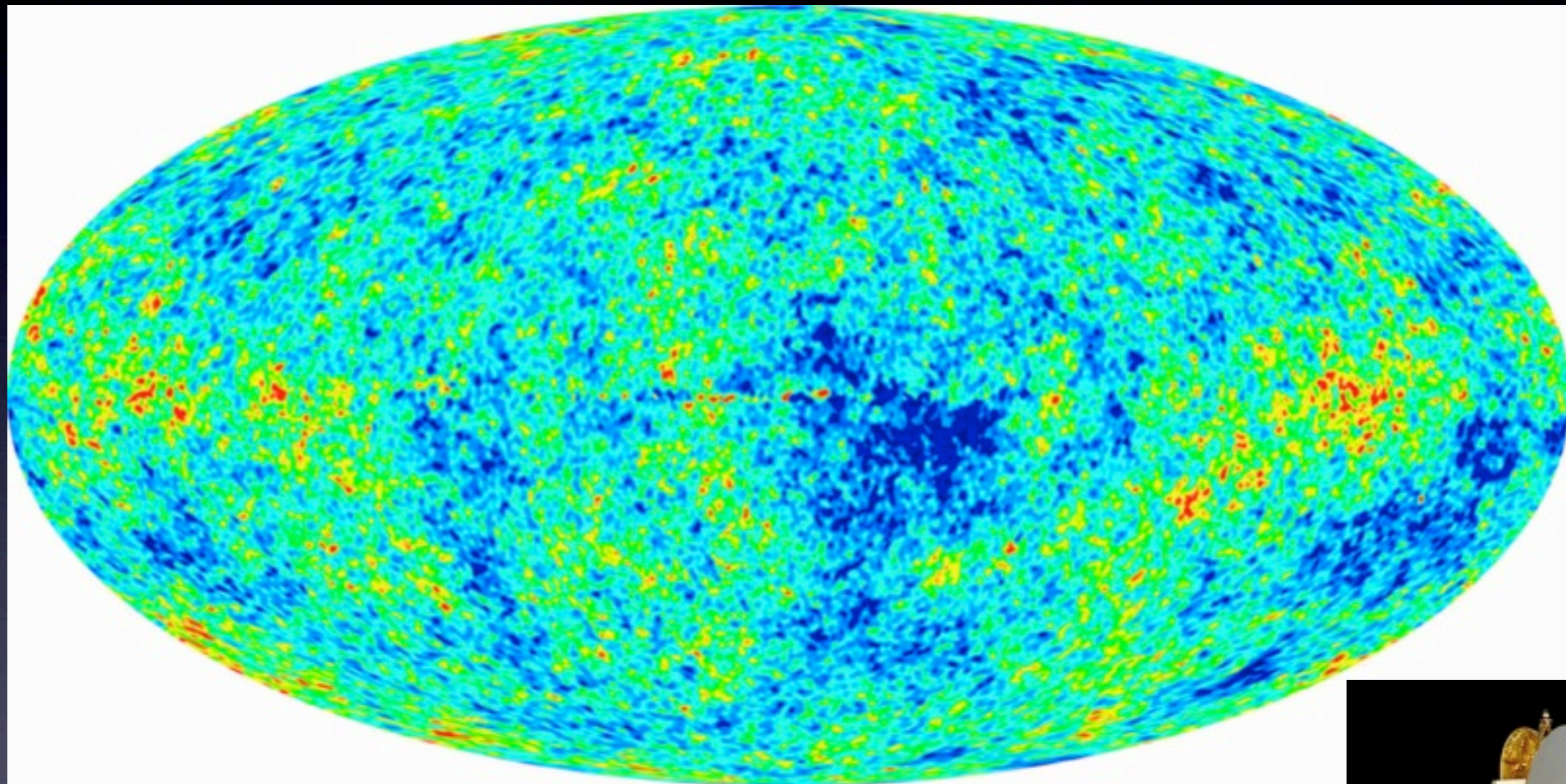


# 137億光年先の「壁」





# 137億光年先の「壁」

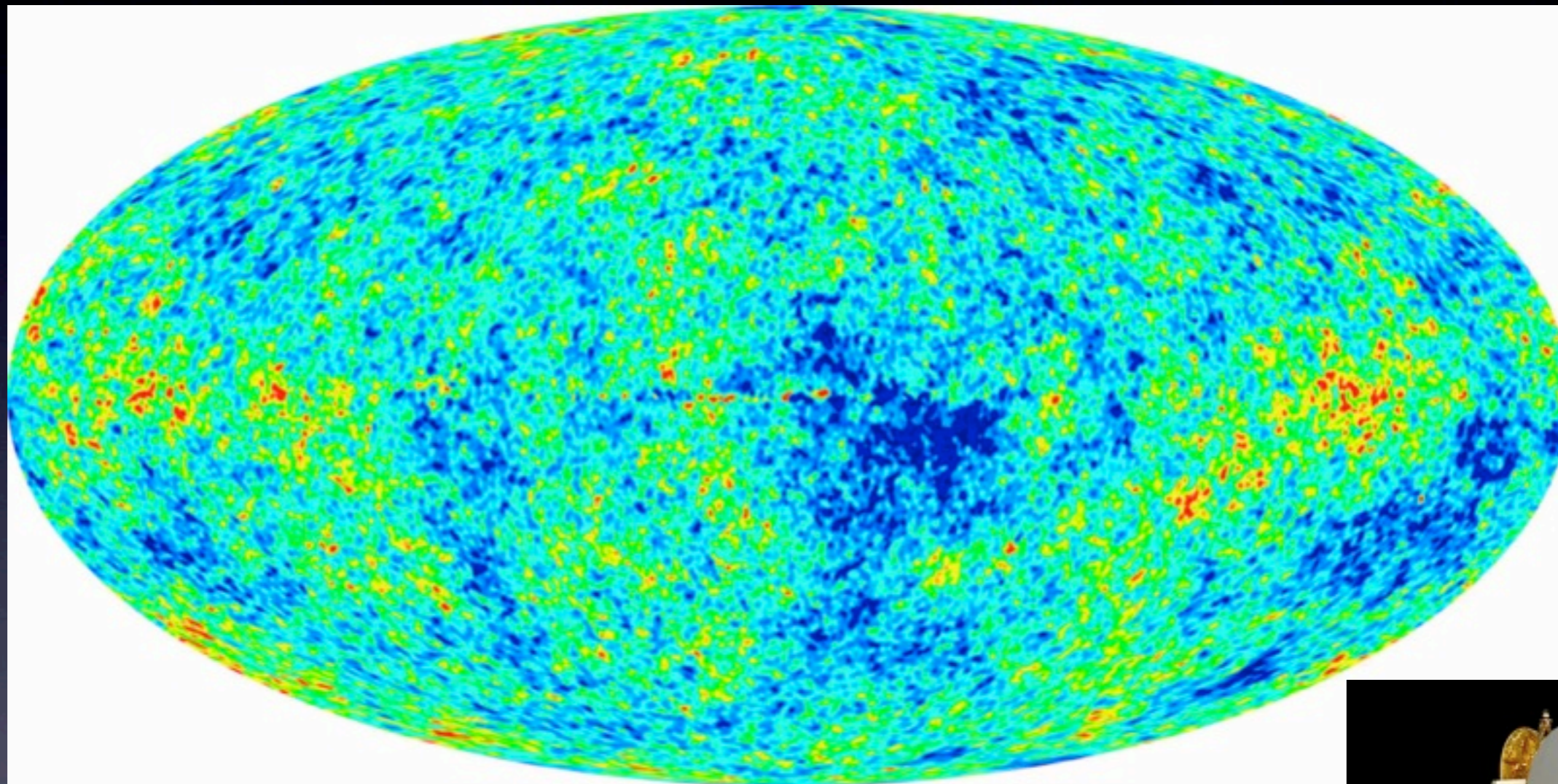


これ以上向こうは決して  
見ることはできない



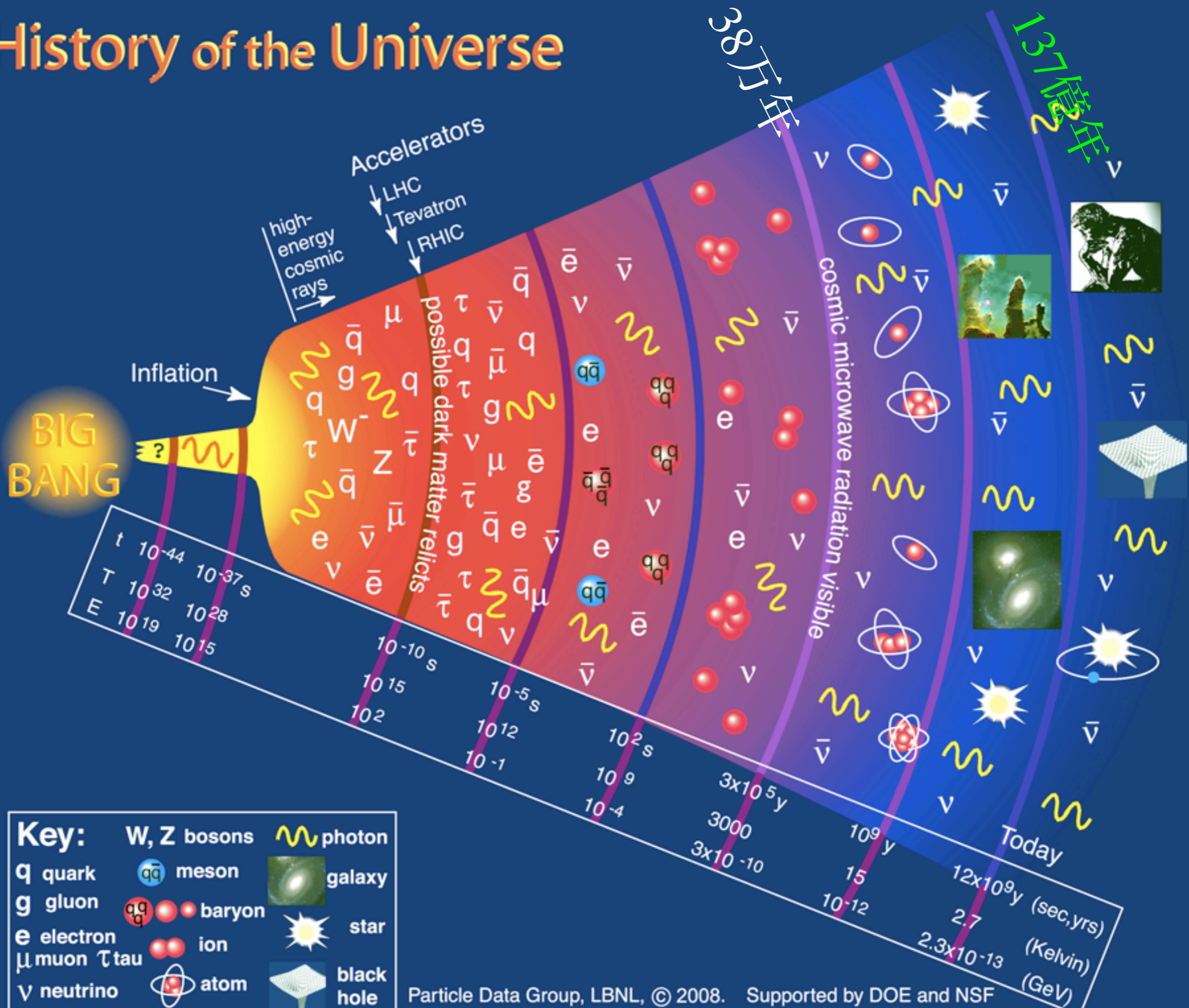


# 137億光年先の「壁」



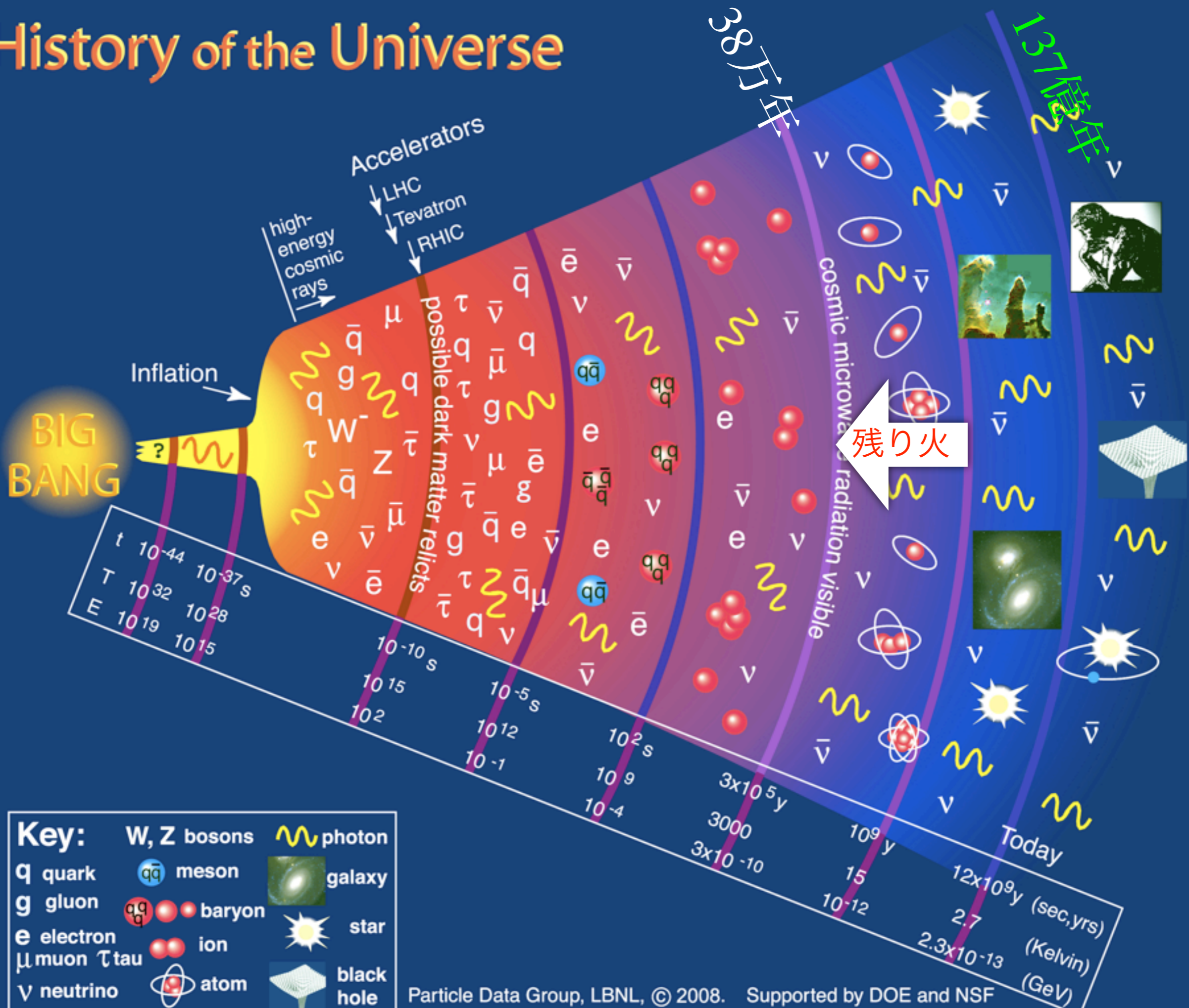


# History of the Universe





# History of the Universe





宇宙の果ての向こう

宇宙の始まり



# 暗黒物質は 生き別れの生みの母



暗黒物質なし

暗黒物質あり



マーチング・バンドでビッグ・バンを再現



# マーチング・バンドでビッグ・バンを再現





# LHC実験

ビッグバンをやり直そう

2010年開始！







# HC実験

グバンをやり直そう



2010年開始！





# HC実験



グバンをやり直そう



2010年開始！





# HC実験

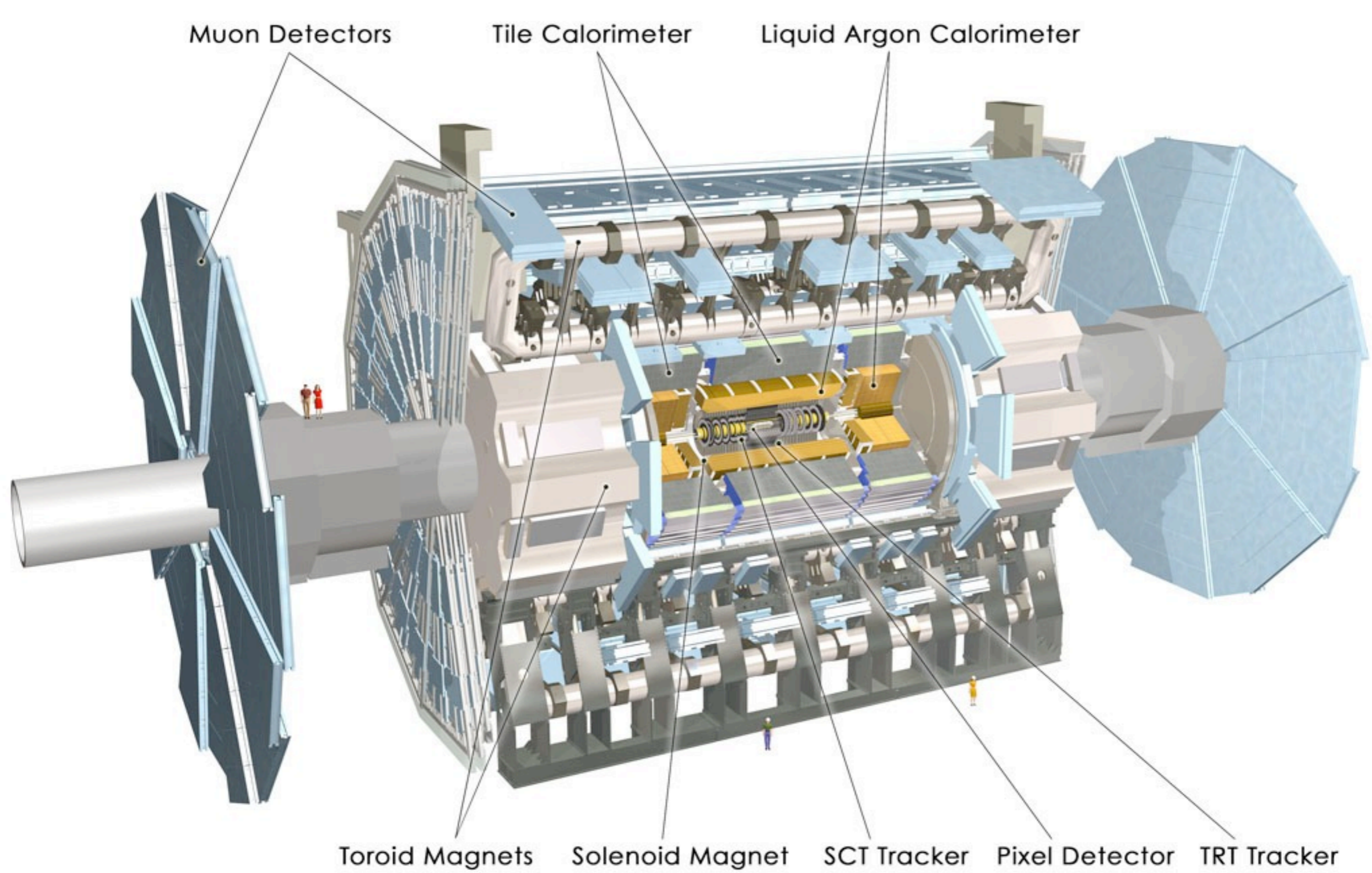


グバンをやり直そう



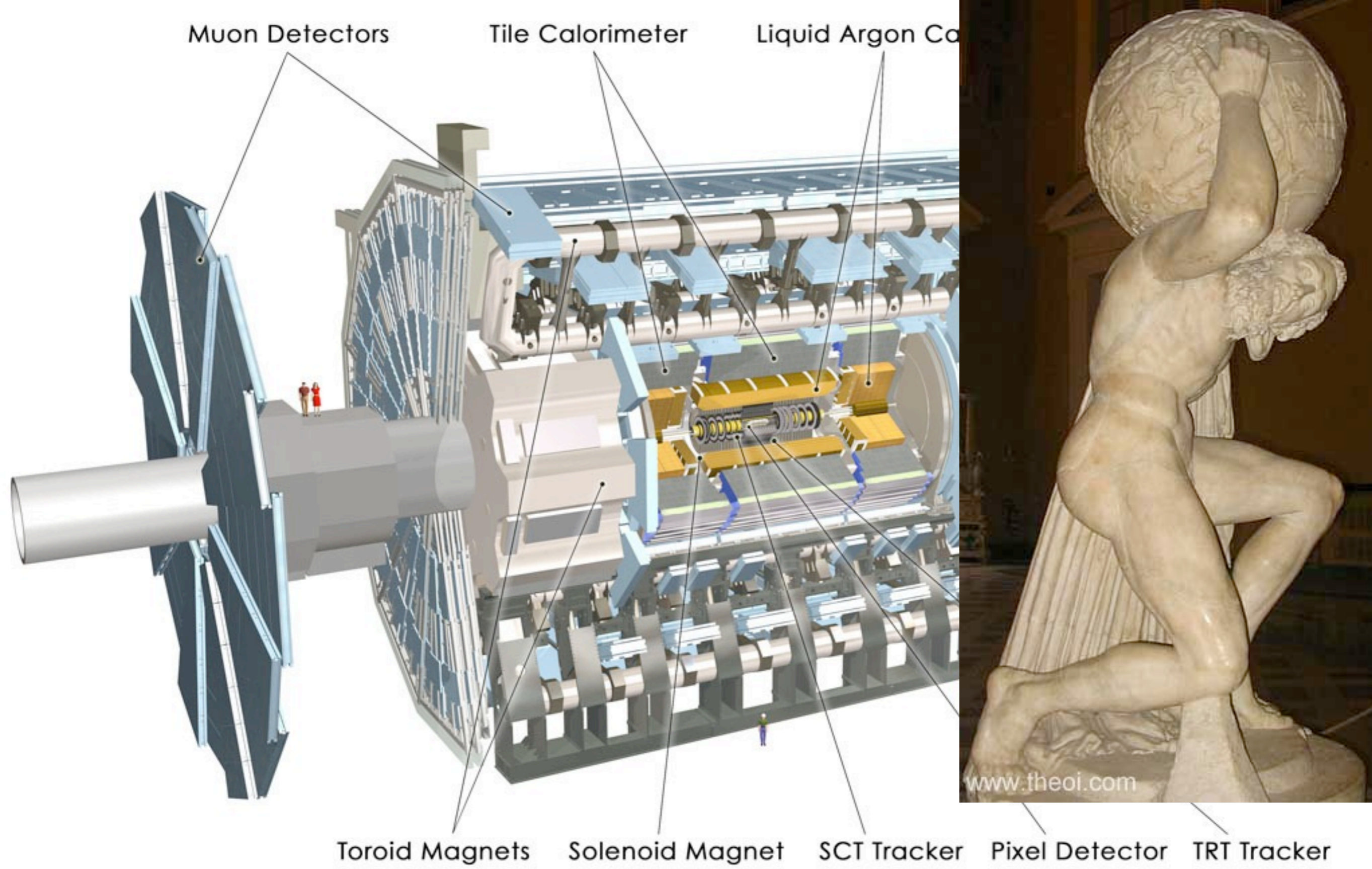
2010年開始！





# アトラス検出器



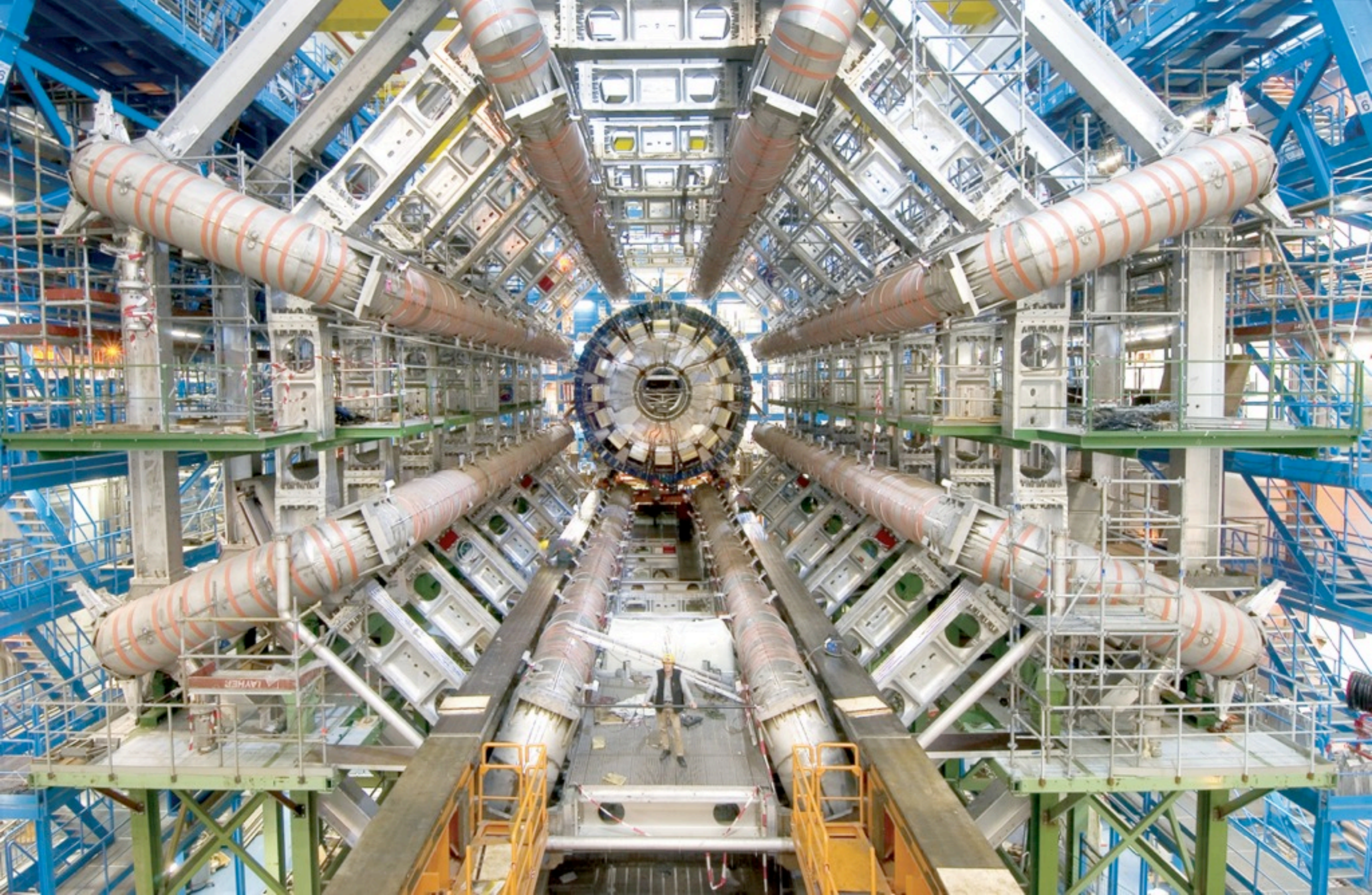


# アトラス検出器









アトラス検出器

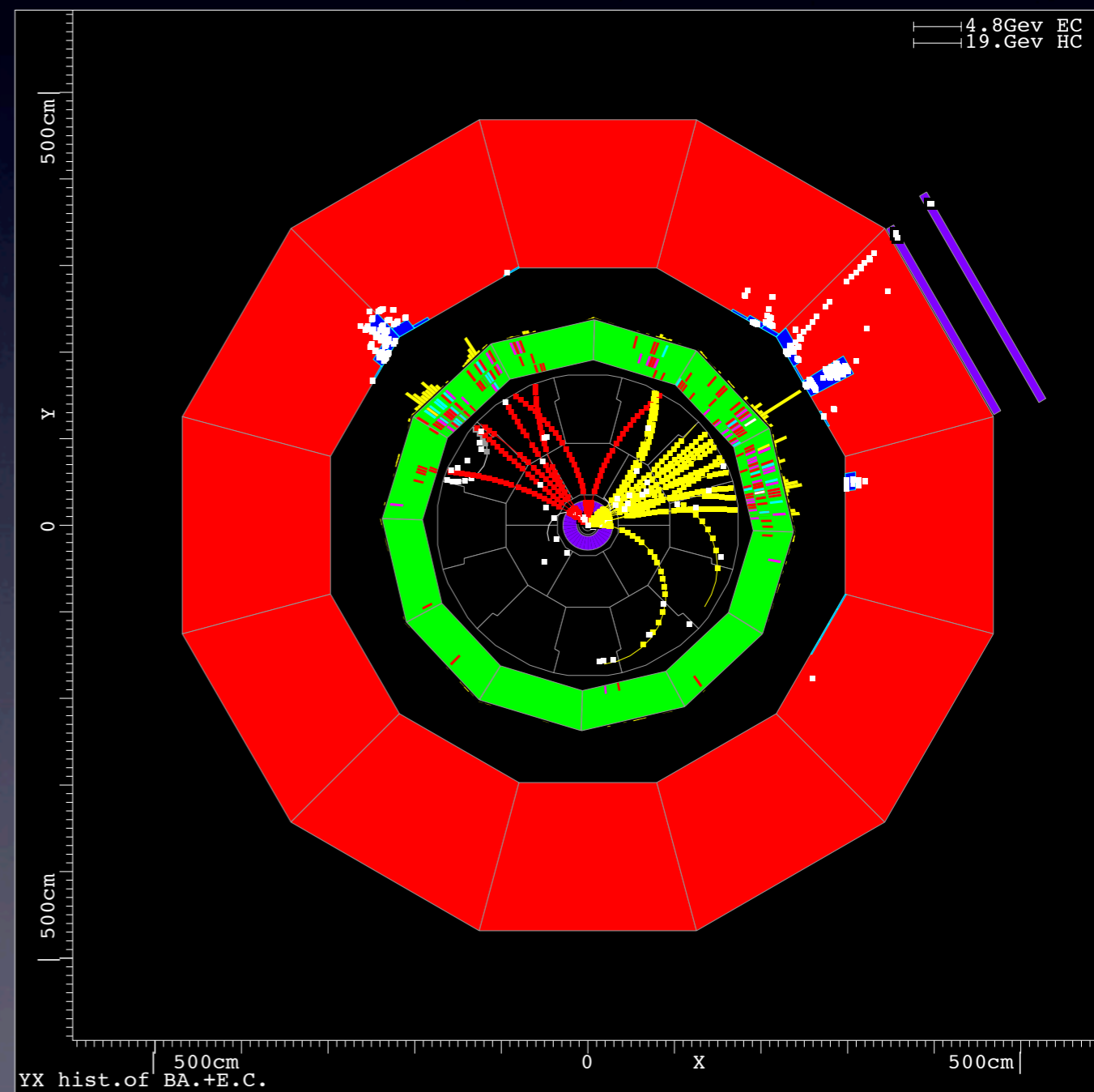






# 見えないものを どうやって見つける？

- 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ってやるう
- 何か<sup>が</sup>逃げている証拠を探す  
⇒暗黒物質か!?







# リニアコライダー

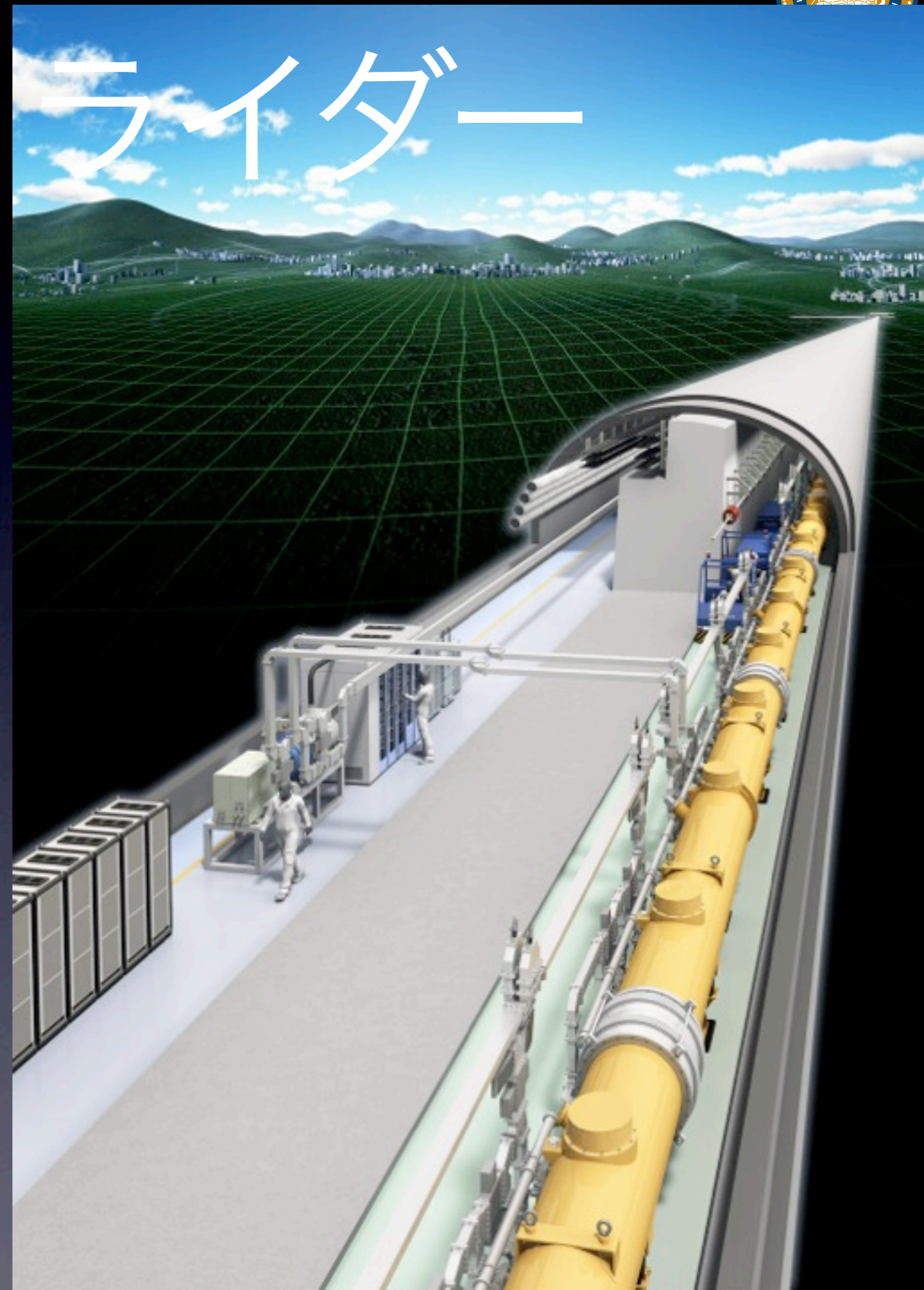


# リニアコライダー





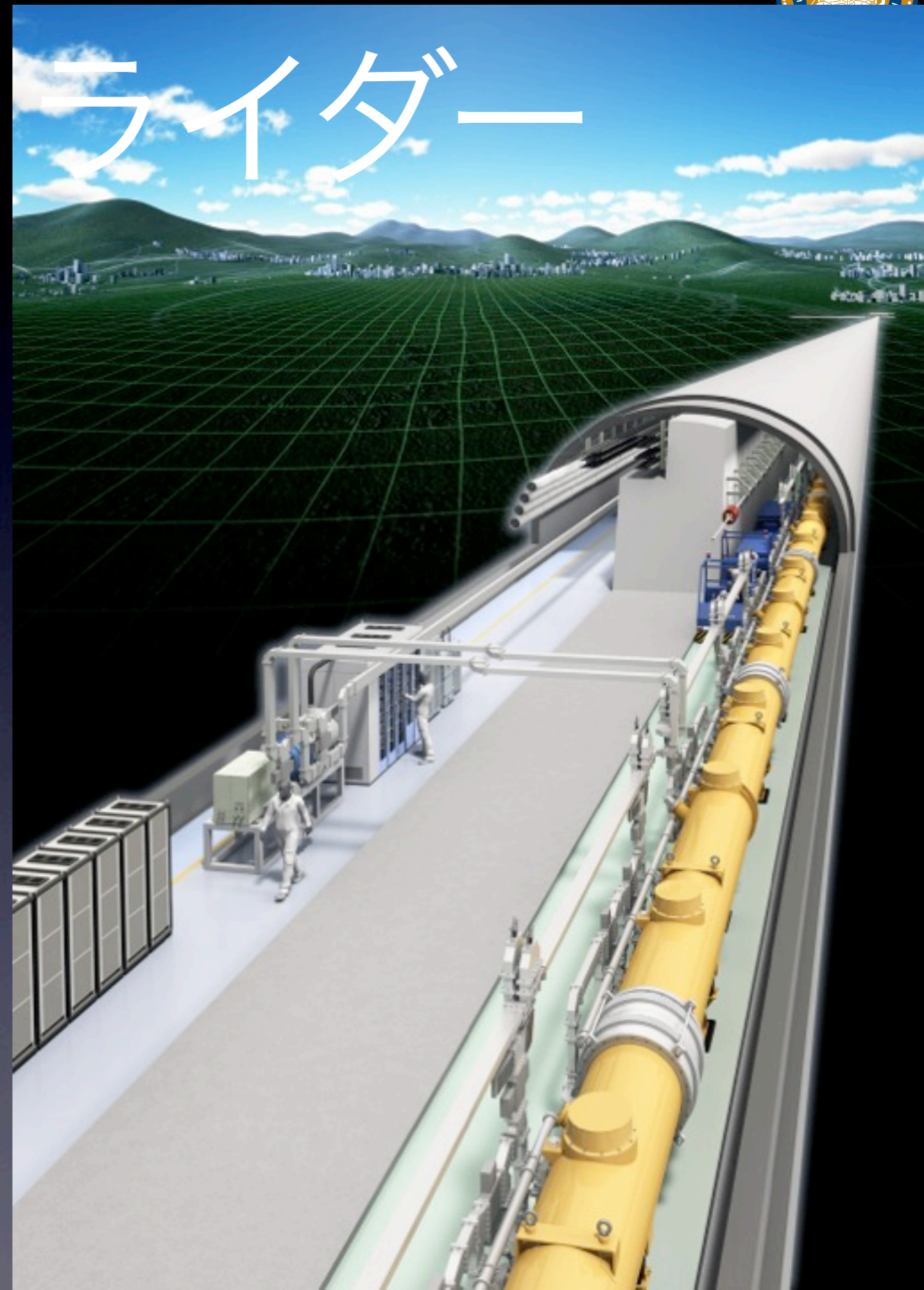
# リニアコライダー





# リニアコライダー

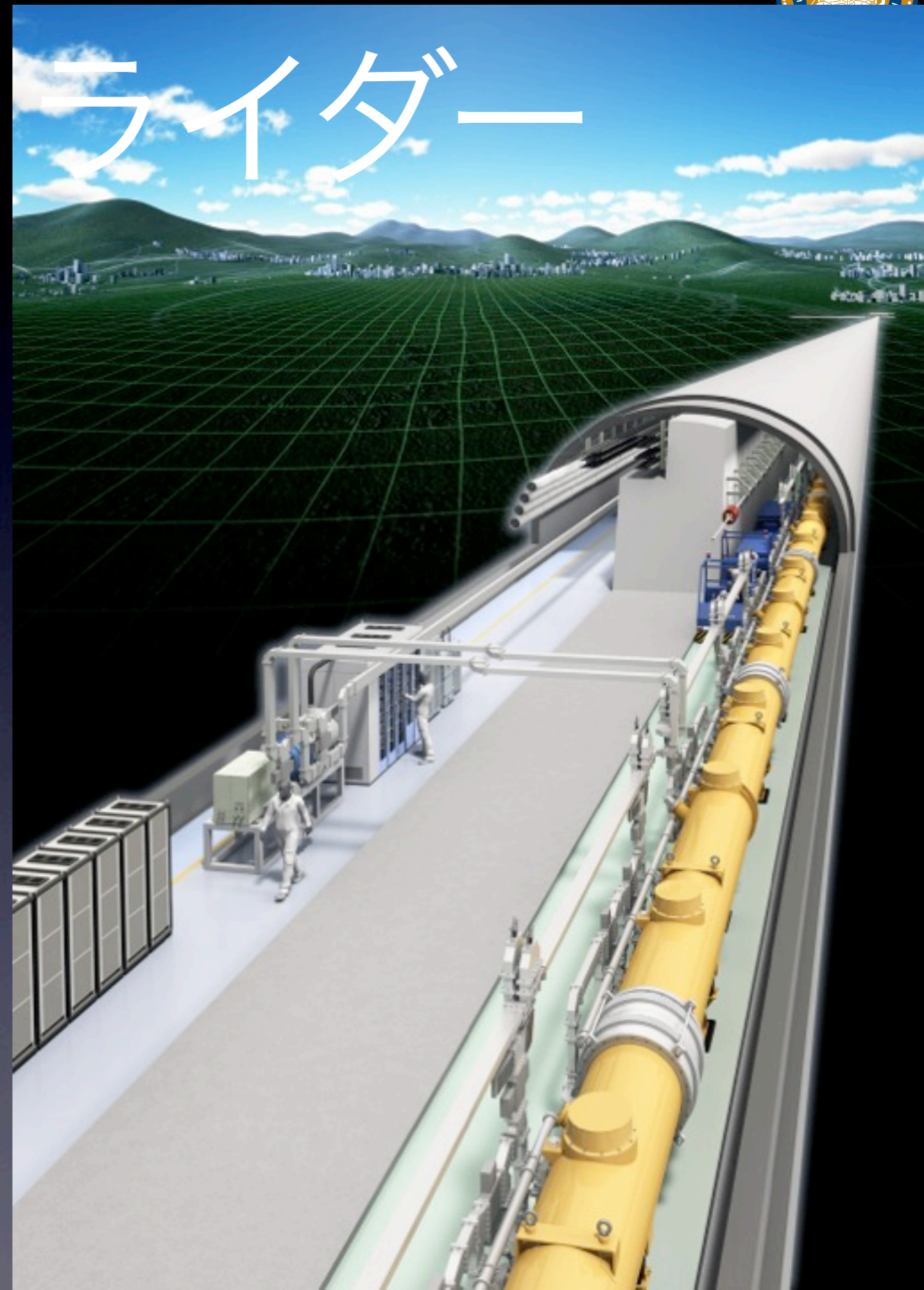
- 電子と反物質の陽電子をぶつける





# リニアコライダー

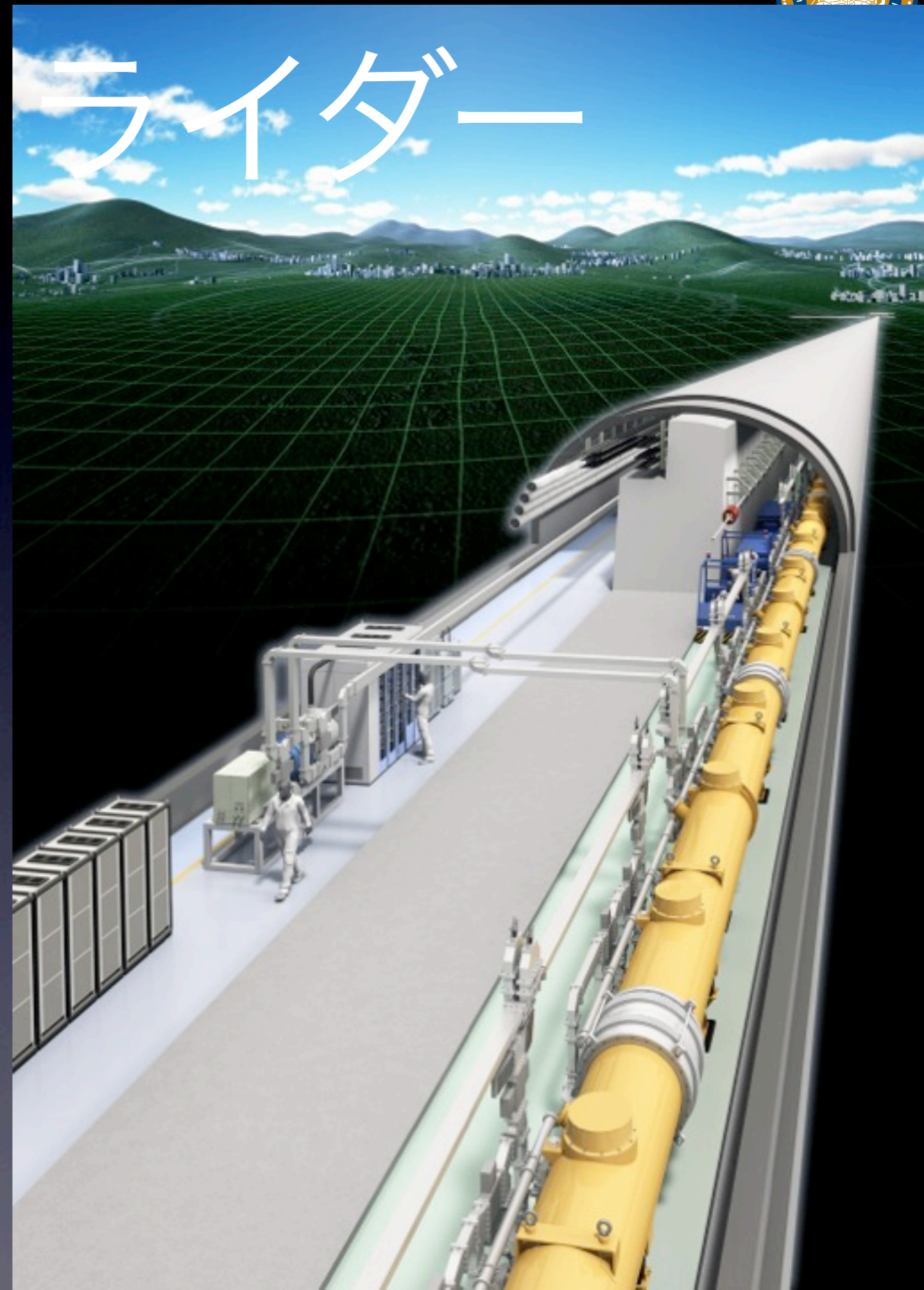
- 電子と反物質の陽電子をぶつける
- とんでもないハイテク





# リニアコライダー

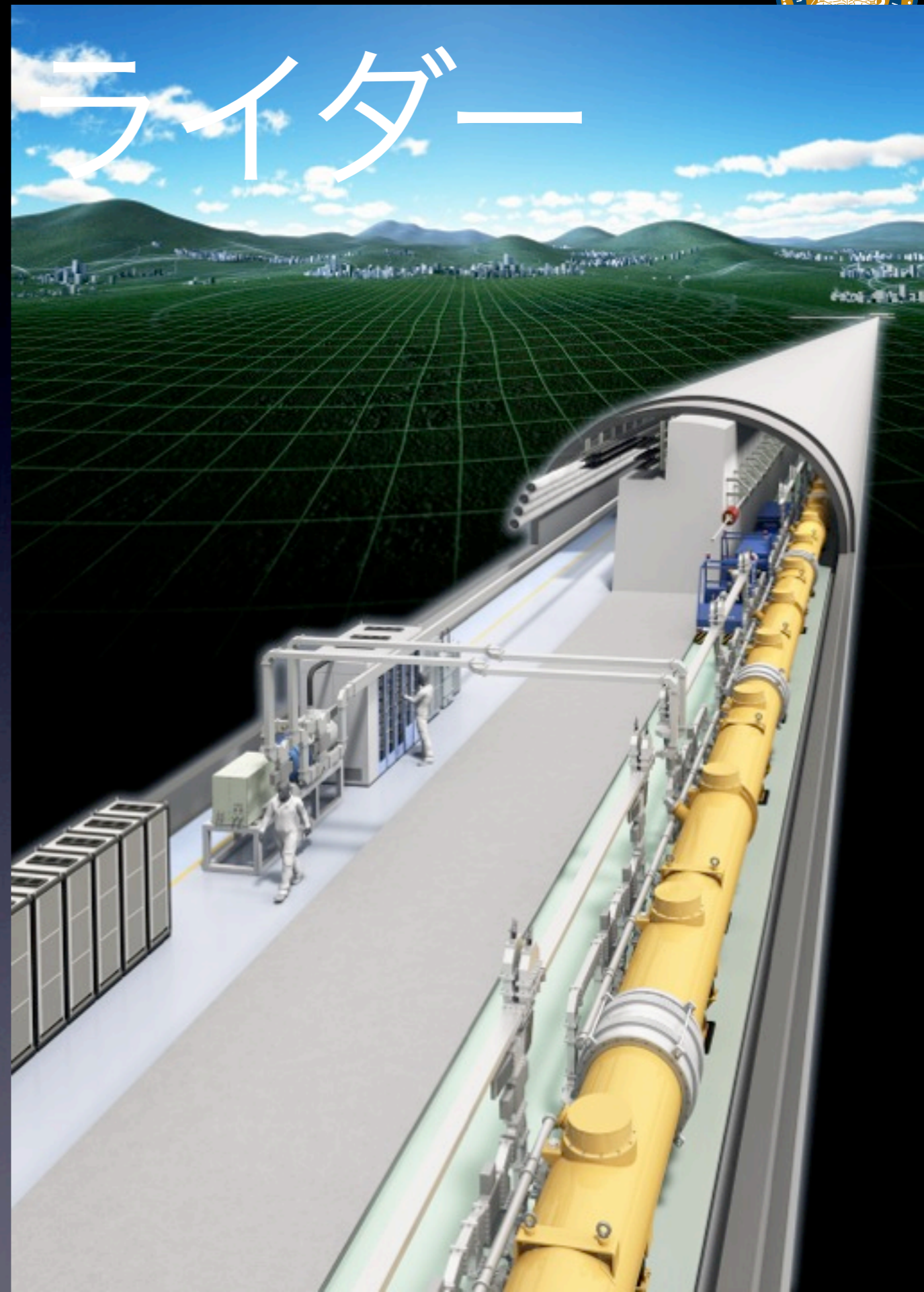
- 電子と反物質の陽電子をぶつける
- とんでもないハイテク
- ビームを15km加速





# リニアコライダー

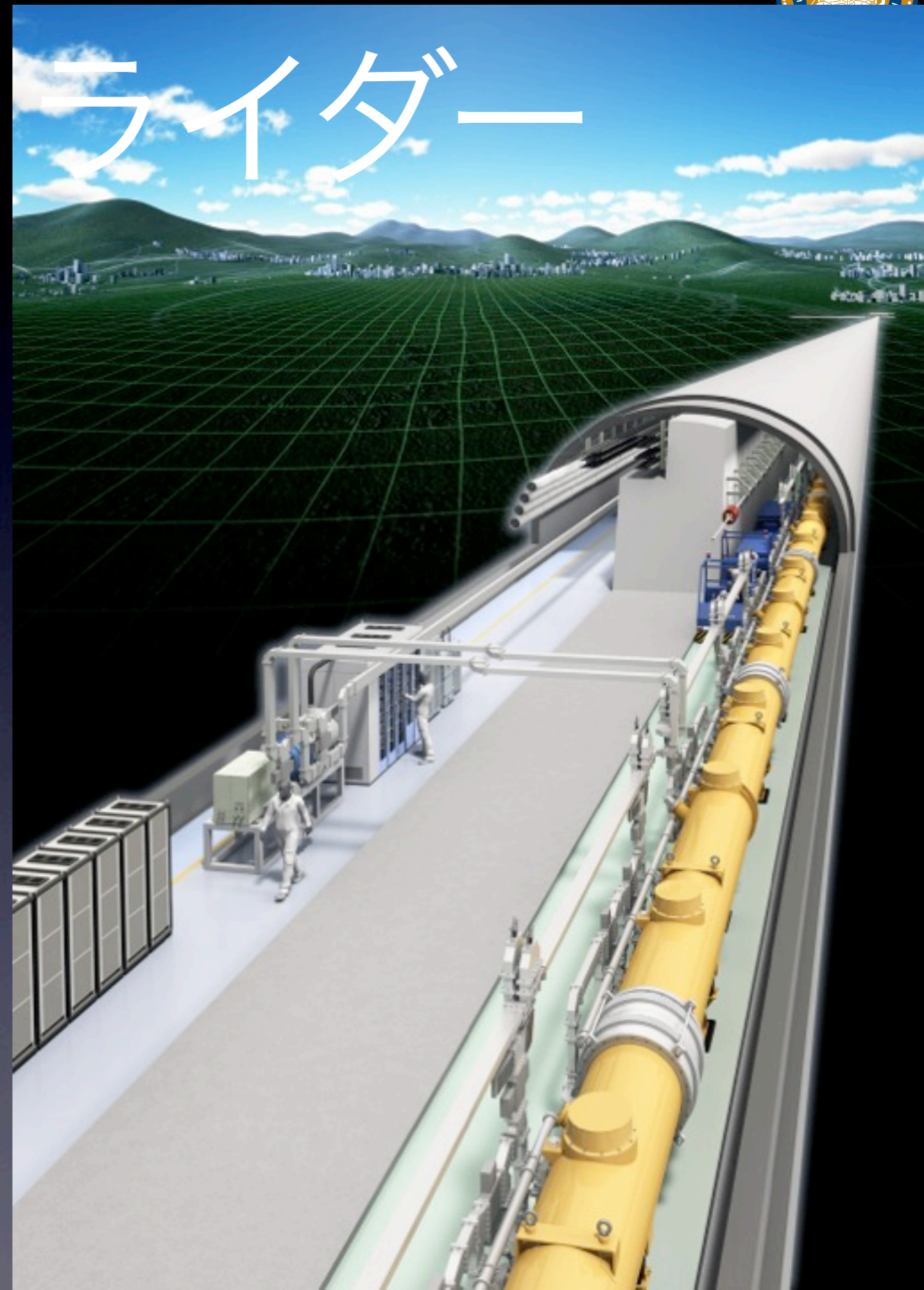
- 電子と反物質の陽電子をぶつける
- とんでもないハイテク
- ビームを15km加速
- ビームをナノメートルまで小さくして、ちゃんとぶつける





# リニアコライダー

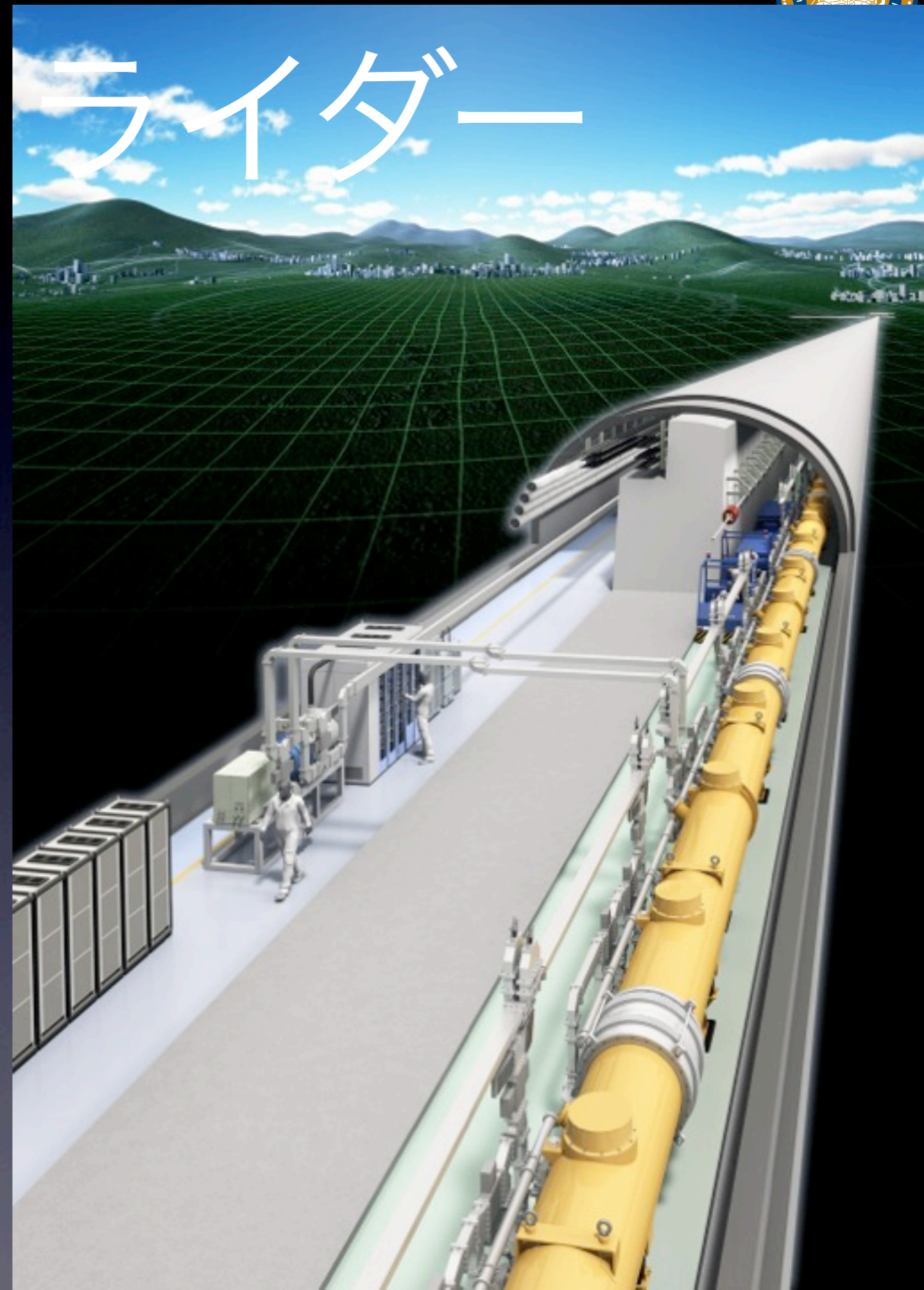
- 電子と反物質の陽電子をぶつける
- とんでもないハイテク
- ビームを15km加速
- ビームをナノメートルまで小さくして、ちゃんとぶつける
- 暗黒物質の性質を精密に測る





# リニアコライダー

- 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
- 世界に一つ：日本？



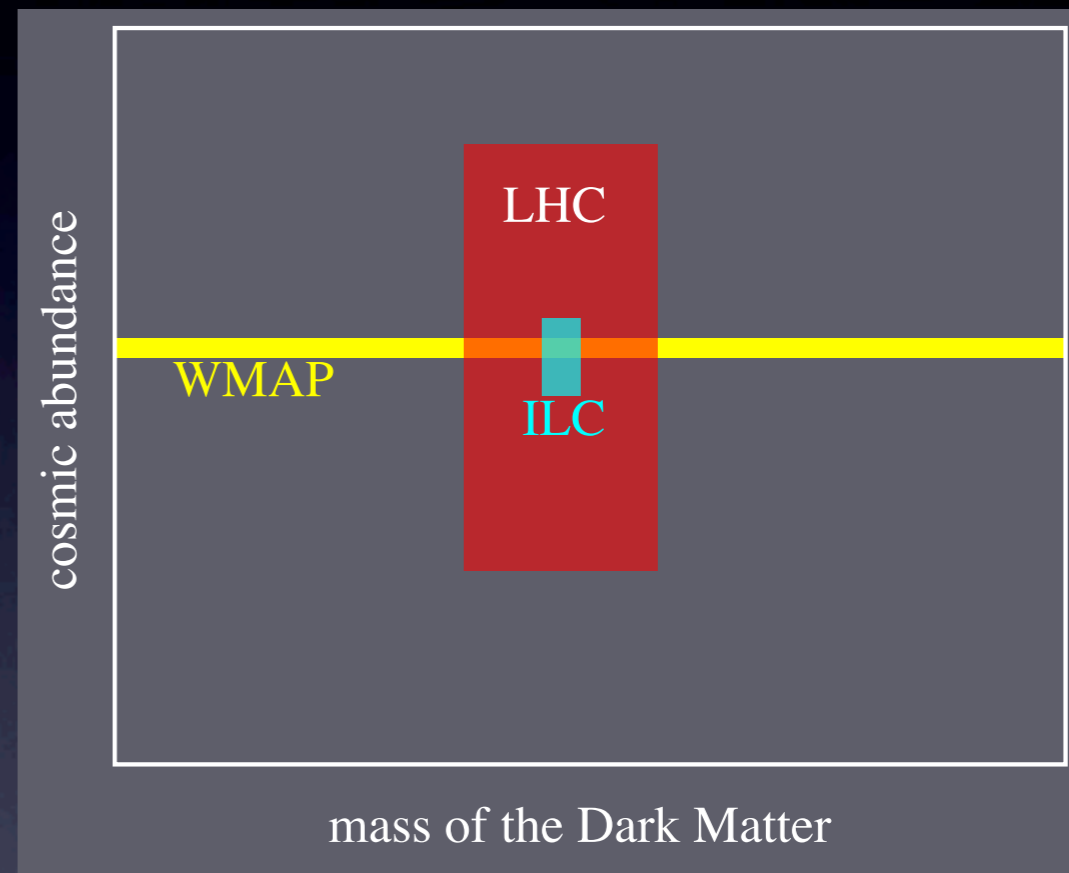


# 夢

- 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

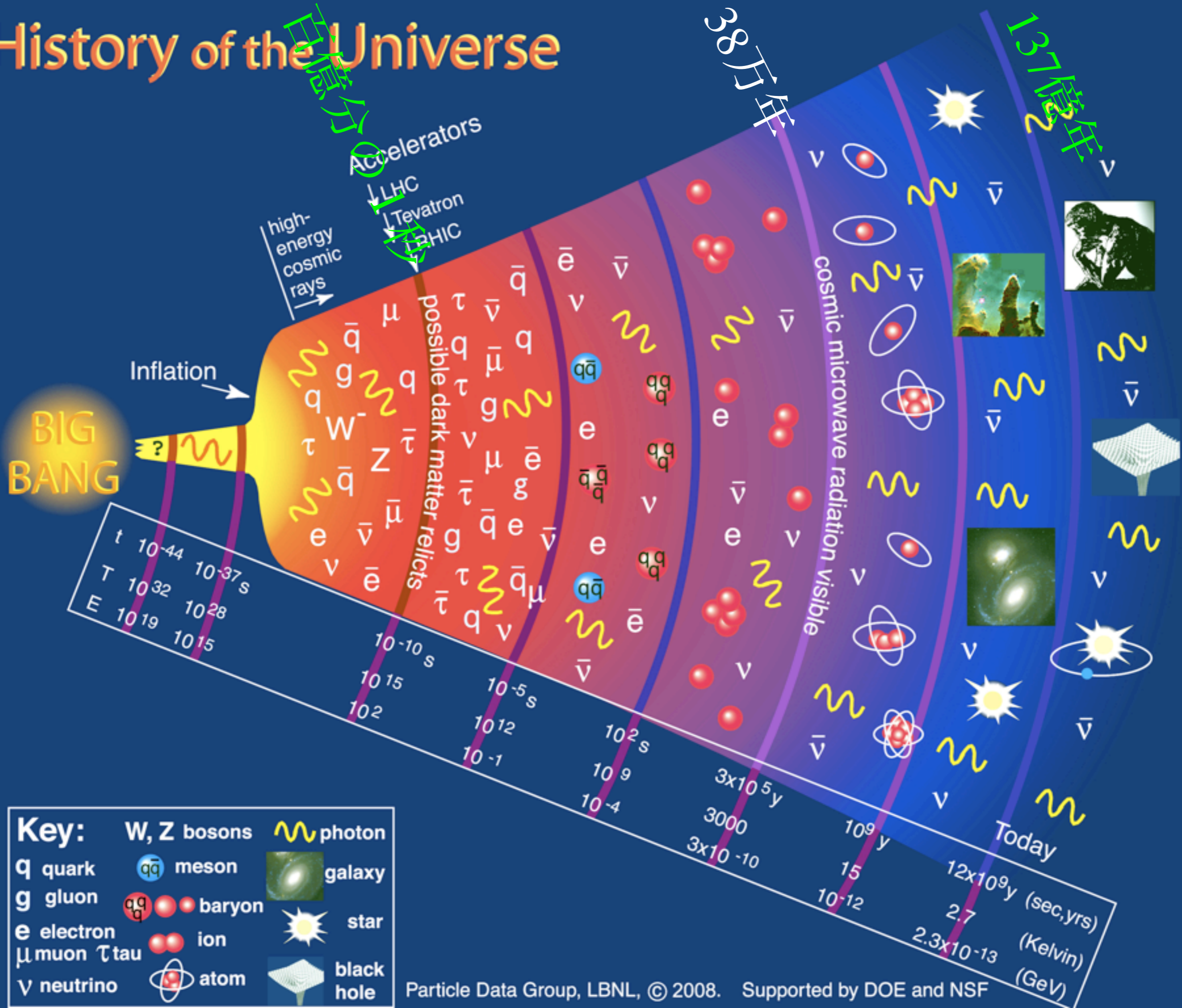
⇒ 暗黒物質が何かわかる

⇒ 宇宙ができて百億分の一秒のころのことがわかる



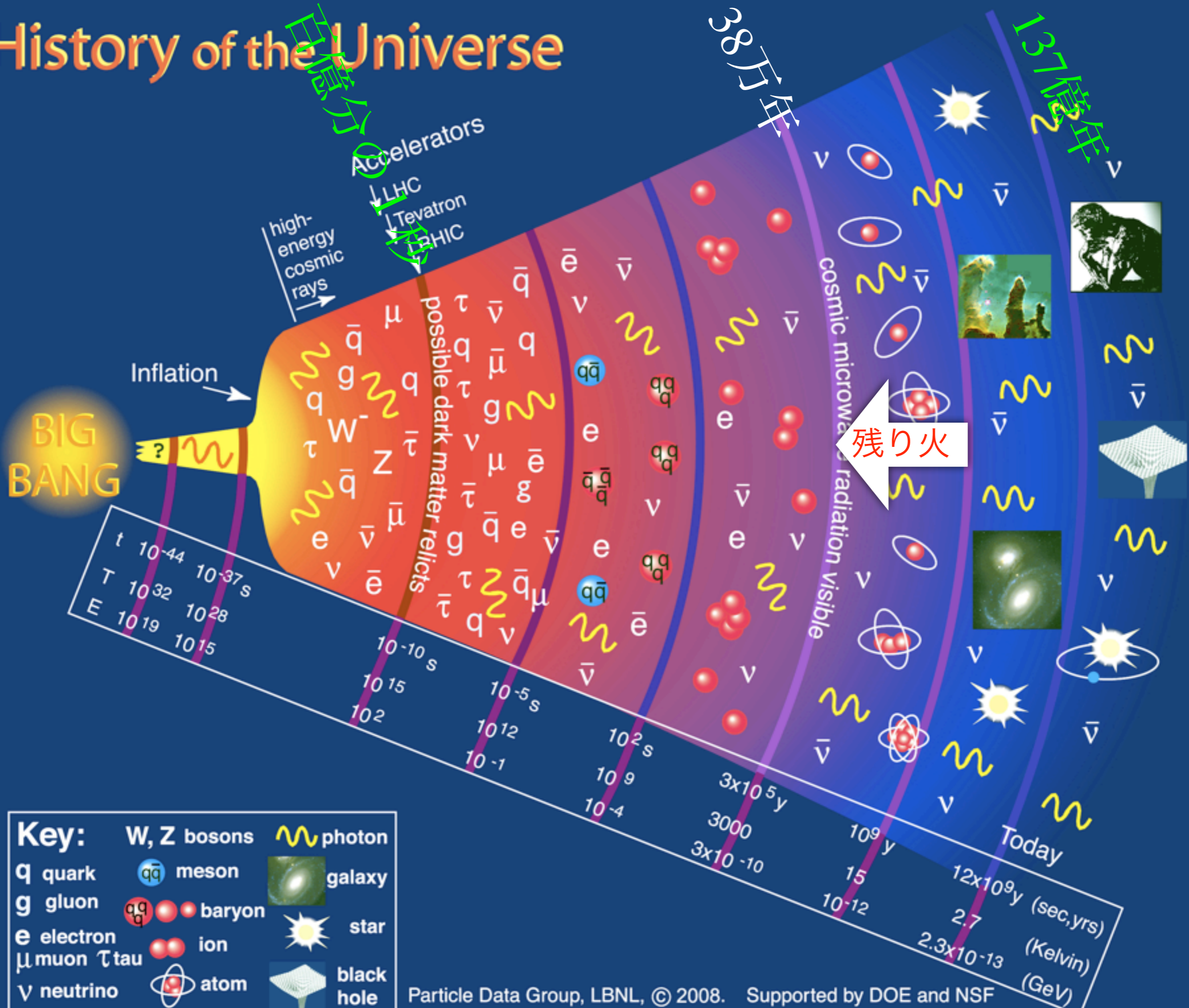


# History of the Universe



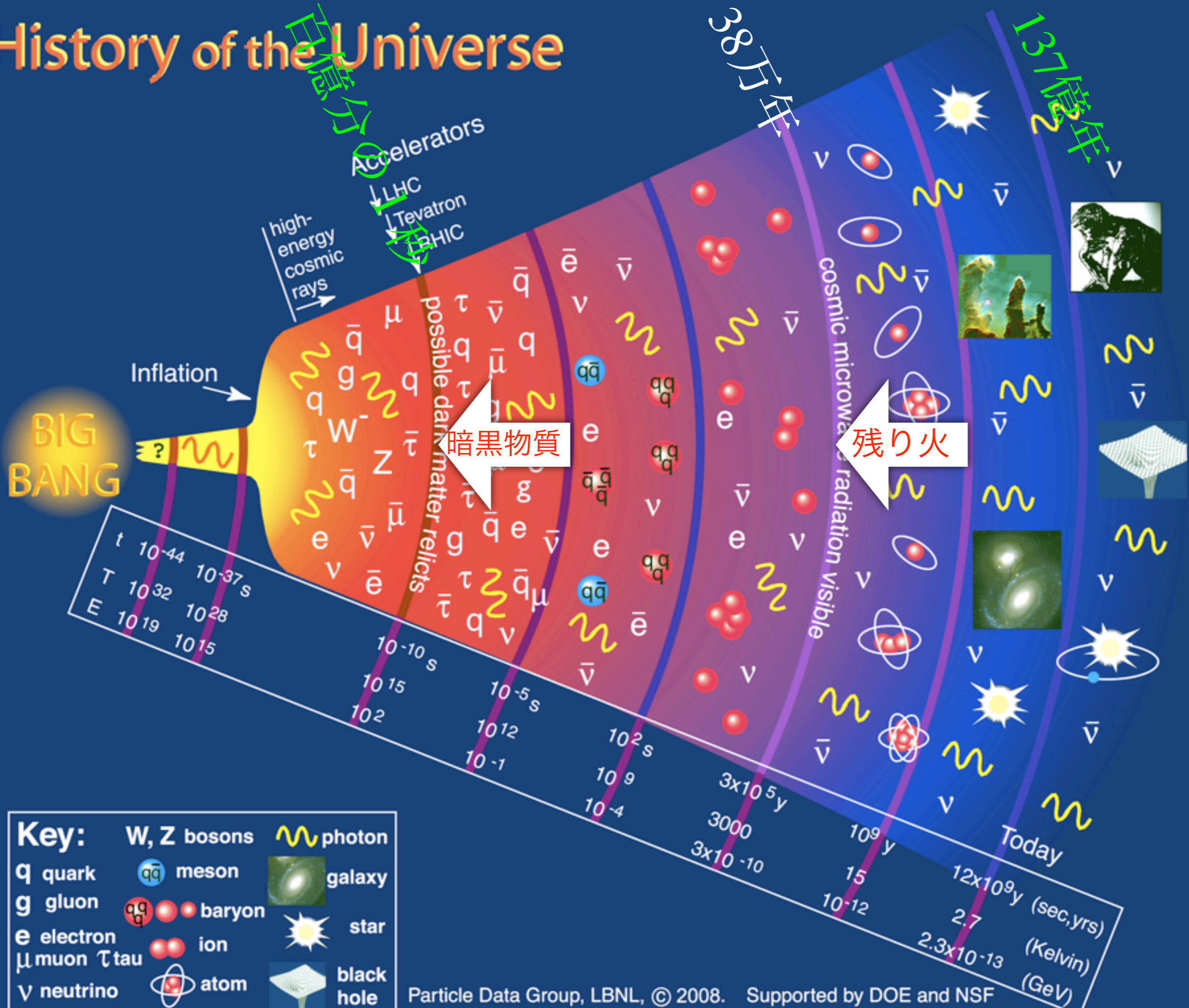


# History of the Universe






# History of the Universe







宇宙に満ちる  
ヒッグス粒子



# 日本経済新聞

7月5日

木曜日

発行所 日本経済新聞社  
東京本社 03-3270-0251  
〒100-8066 東京都千代田区大手町1-3-7  
大阪本社 06-6943-7111  
名古屋支社 052-243-3311  
西部支社 092-473-3300  
札幌支社 011-281-3211

## 落雷防止に貢献する 日立新防雷システム

東証一部:3153  
www.yashimadenki.co.jp

購読のお申し込み

0120-21-4946  
http://www.nikkei4946.com/

日経電子版

http://www.nikkei.com/

### 買収先の力生かせ

ビール、新興国で自社銘柄

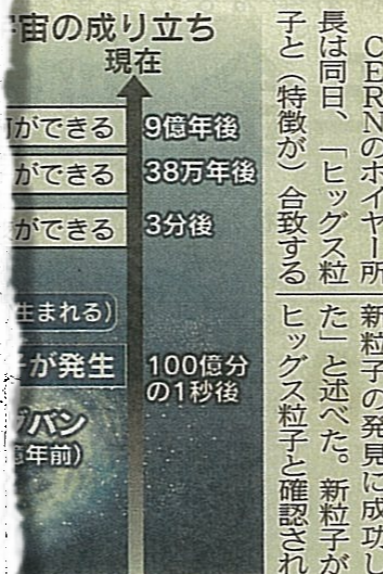
【企業】9

# ヒッグス粒子存在確実

## 重さの起源 新粒子を発見

国際チーム

【ジュネーブ＝藤田剛】欧州合同原子核研究機関(CERN)は4日、物の質量(重さ)の起源とされる「ヒッグス粒子」とみられる新しい粒子を発見したと発表した。2つの国際チームによる大型加速器を使った探索実験で、新粒子が99・9999%以上の確率で存在するとの結果を得た。年内にもヒッグス粒子と最終的に確認される公算が大きく、ノーベル賞級の発見となる。(関連記事3面、社会面に)



【ジュネーブ＝藤田剛】欧州合同原子核研究機関(CERN)は4日、物の質量(重さ)の起源とされる「ヒッグス粒子」とみられる新しい粒子を発見したと発表した。2つの国際チームによる大型加速器を使った探索実験で、新粒子が99・9999%以上の確率で存在するとの結果を得た。年内にもヒッグス粒子と最終的に確認される公算が大きく、ノーベル賞級の発見となる。(関連記事3面、社会面に)

ヒッグス粒子を探してき多くの研究者の努力の結果、今年、21世紀の歴史的瞬間で、21世紀の金字塔的な発見だ。ヒッグス粒子は、宇宙の膨張を引き起こしている謎のエネルギーなども関連している可能性があり、新しい物理学の幕開けにつながるかもしれない。



東大カブリ数物連携宇宙研究機構の村山斉

ヒッグス粒子を探してき多くの研究者の努力の結果、今年、21世紀の歴史的瞬間で、21世紀の金字塔的な発見だ。ヒッグス粒子は、宇宙の膨張を引き起こしている謎のエネルギーなども関連している可能性があり、新しい物理学の幕開けにつながるかもしれない。

## ヒッグス粒子存在確実

世界の物理学者が40年以上も追い求めてきた最後の素粒子「ヒッグス粒子」の存在が4日、

# 40年以上の挑戦

1970年代半ばまでは、質量を持つようになったと考えられていた。宇宙誕生の大爆発ビッグバンの直後、生じた素粒子は質量がゼロで、光の速さで飛び回っていた。宇宙が急速に膨張して冷えると、ヒッグス粒子が宇宙空間を満たすように発生した。これが素粒子に水あめのようにまとわりついてブレーキをかけた。この動きにくさに、水素などの物質のガスが生まれる。

ヒッグス粒子が「粒子」といわれるのには、宇宙や物質の成り立ちが大きくかわるから正式に発見となれば、宇宙がどんな素粒子でできているかという問いが解ける。

## の渦

21世紀最初の金字塔の大発見。村山斉・東京国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構長の話。物理学の標準モデル(理論)の新しい研究への序

## 「あるべきものがあった」



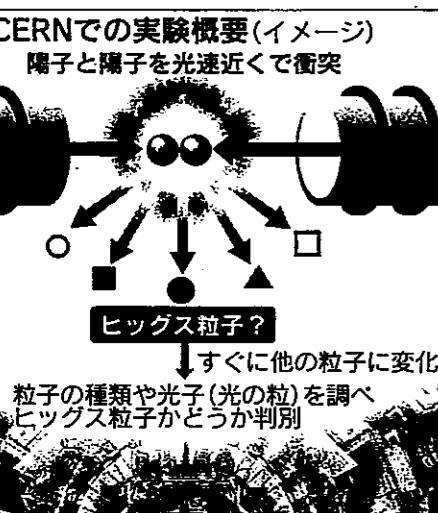
学生や研究者らとネット中継を視聴する益川敏英さん(4日、名古屋市千種区の名古屋大)

益川さん、笑顔で賛辞。これから非常に楽しい時で、教員や学生と新粒子発見の期待を待っています。記者会見に引き付けとなり、ノーベル物理学賞の受賞者。記者会見では、学界に訪れた名古屋大素粒子宇宙起源新時代を笑顔で歓迎した。研究機構長の益川敏英さん。午後4時ごろから、理学部講義室でインターネット中継

## 楽しい新時代に期待

を視聴。画面を食い入るに見つめる約100人の学生や研究者とともに、メモをとり、真剣な表情でうなづいたりしながら、発表の合に拍手を送った。終了後の会見では「あれだけのデータが最初から出るのは衝撃的。時代は変わった」と端的に切り出した。「ヒッグス粒子」とみられる物が見つかったのは大したことはない。あるべきものがあったという。益川さん。も交えつつ、終始笑顔で研究成果に賛辞を贈った。「今後これまでの理論では予想できない現象が出てくる。物理学者として、湧き肉躍る感じ」と自らにき付けて語り、目を輝かせ

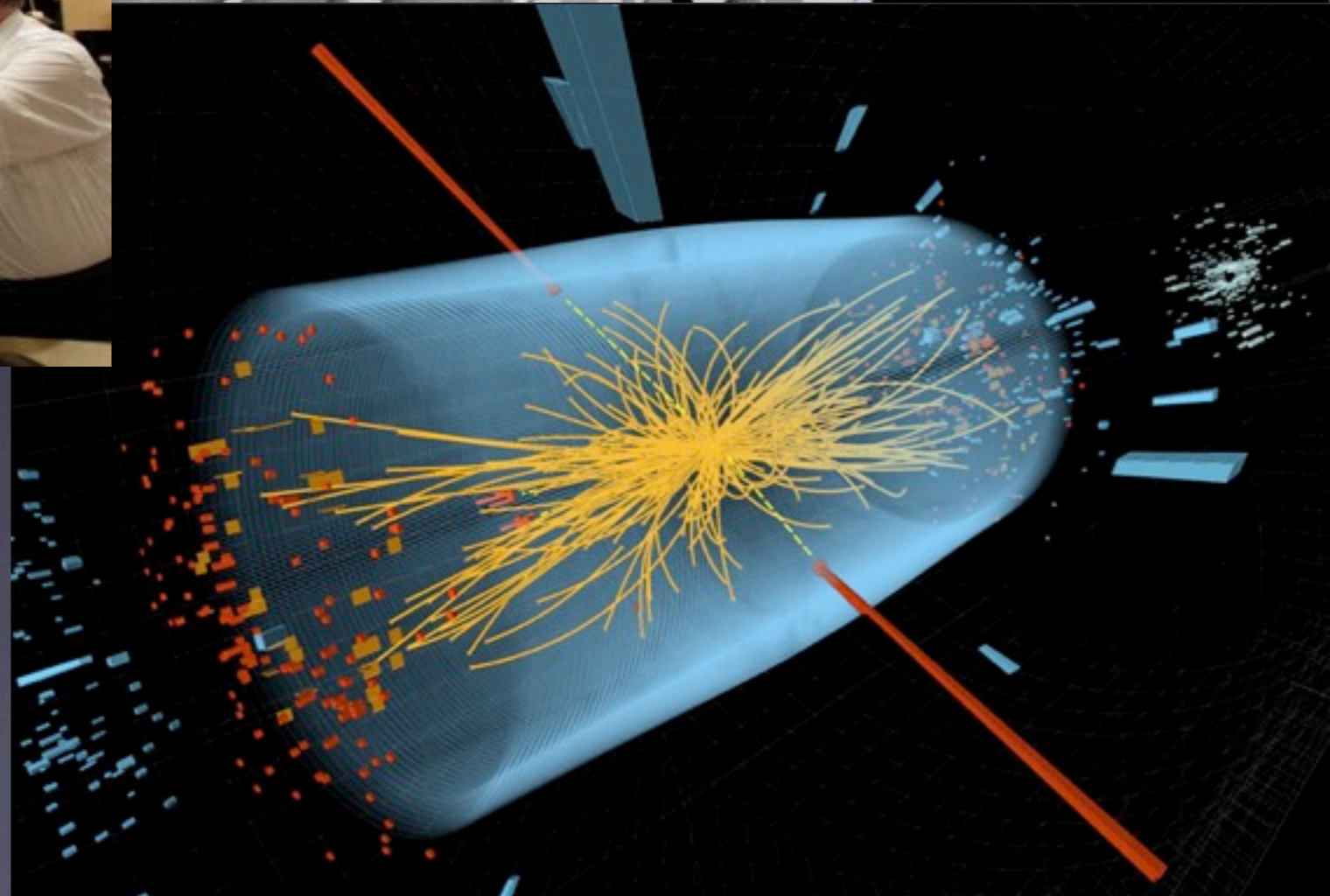
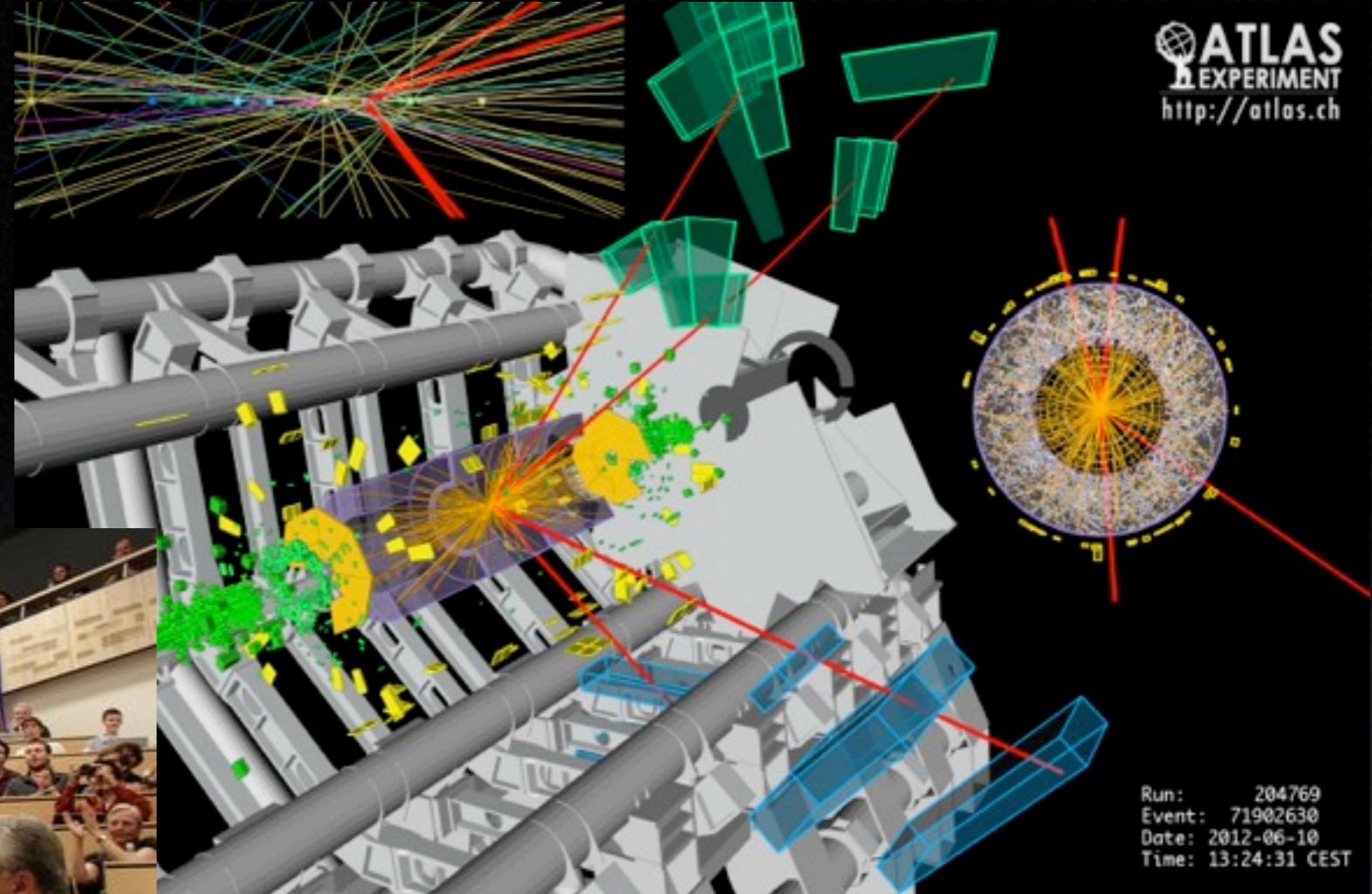
# 宇宙探る基本理論完成へ



すぐに他の粒子に変化。粒子の種類や光子(光の粒)を調べ、ヒッグス粒子かどうか判別



# 2012.7.4 ヒッグス粒子発見？



理論提案：1964

実験構想：1984

建設開始：2001

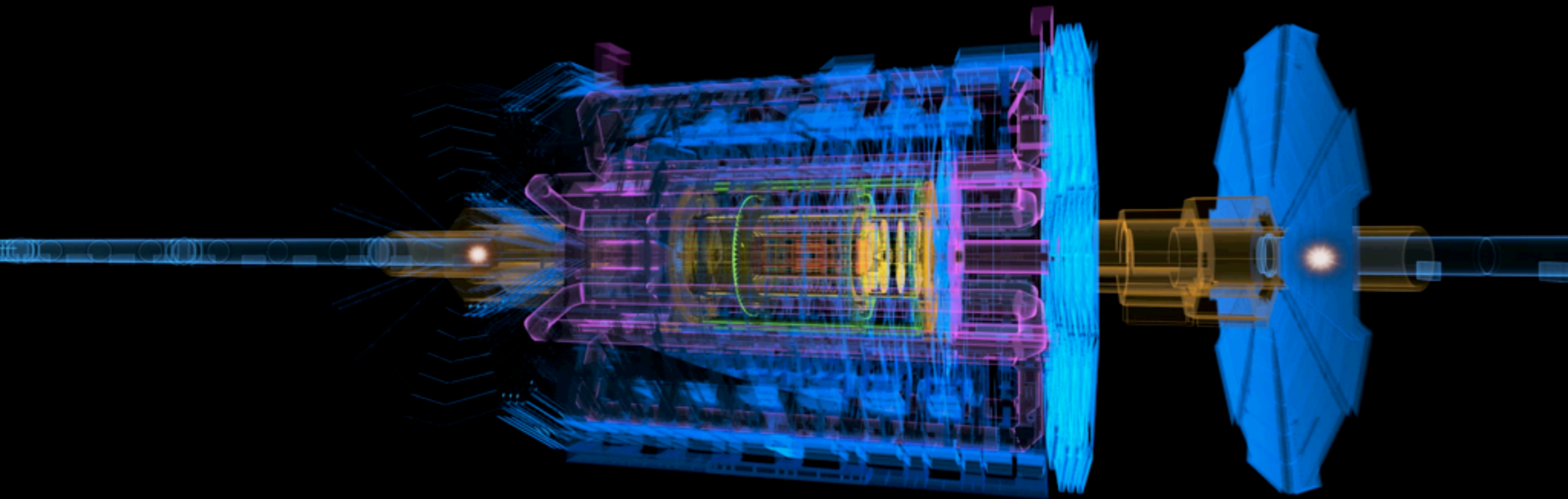


# ヒッグス氏がATLAS実験 グループのリーダーを祝福



Fabiola Gianotti



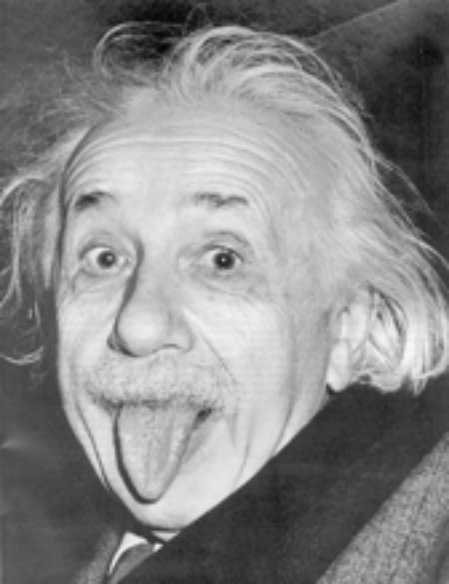






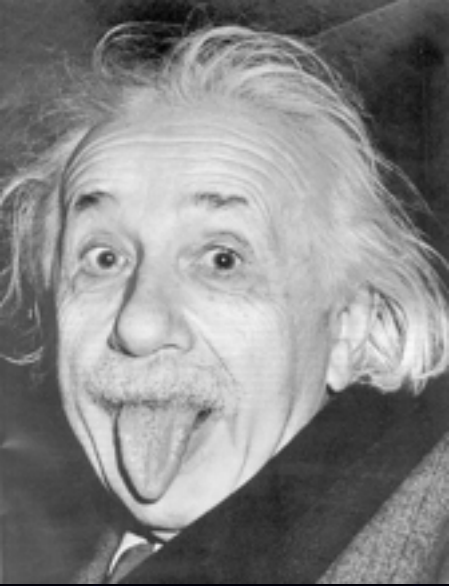
- 「ものには重さがあるのが当たり前」
- 重さはエネルギー??
- 私達の重さはクォークの運動エネルギー
- では「素粒子」である電子の重さは?
- 電子に重さがないと光速で飛ぶ。私達の体は10億分の一秒でバラバラに!





- 「ものには重さがあるのが当たり前」
- 重さはエネルギー??
- 私達の重さはクォークの運動エネルギー
- では「素粒子」である電子の重さは?
- 電子に重さがないと光速で飛ぶ。私達の体は10億分の一秒でバラバラに!



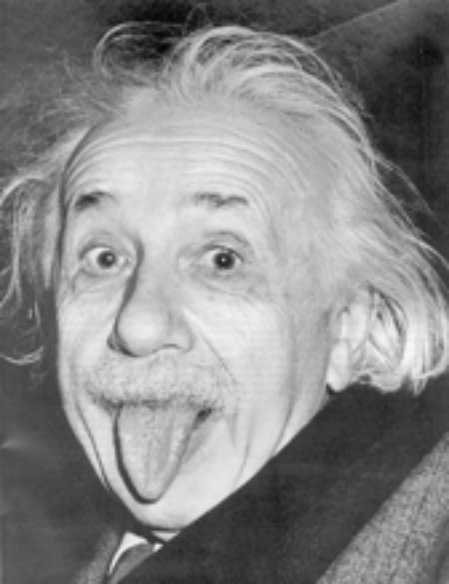


$$E=mc^2$$



- 「ものには重さがあるのが当たり前」
- 重さはエネルギー??
- 私達の重さはクォークの運動エネルギー
- では「素粒子」である電子の重さは?
- 電子に重さがないと光速で飛ぶ。私達の体は10億分の一秒でバラバラに!



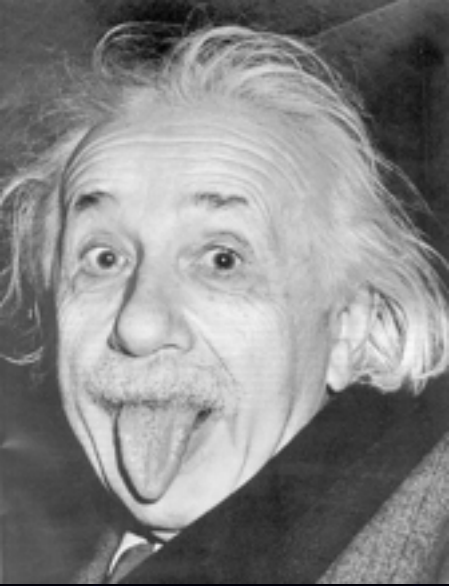


$$E=mc^2$$

- 「ものには重さがあるのが当たり前」
- 重さはエネルギー??





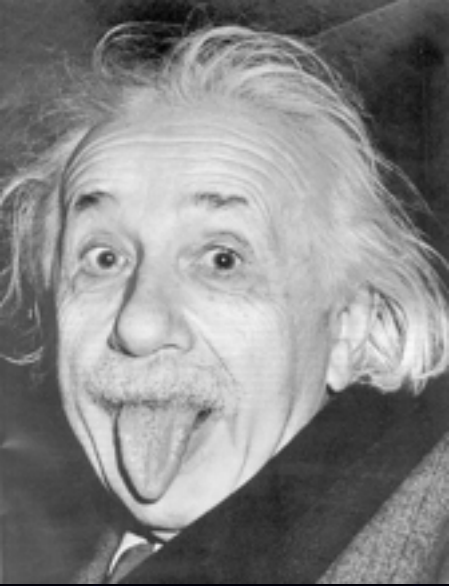


$$E=mc^2$$

- 「ものには重さがあるのが当たり前」
- 重さはエネルギー??

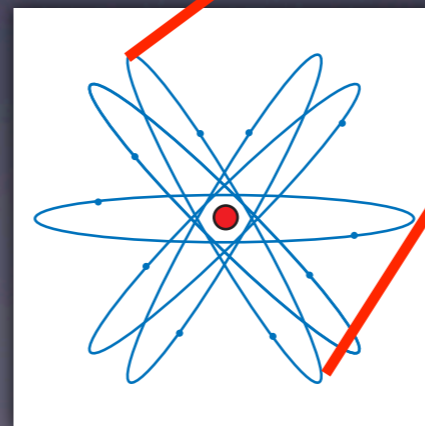




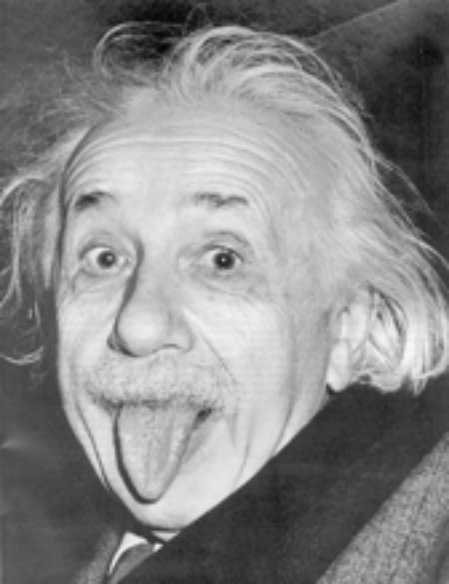


$$E=mc^2$$

- 「ものには重さがあるのが当たり前」
- 重さはエネルギー??



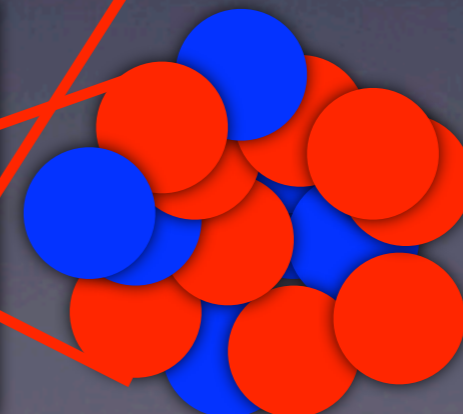
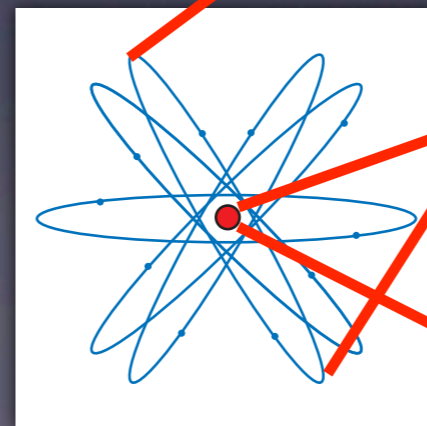




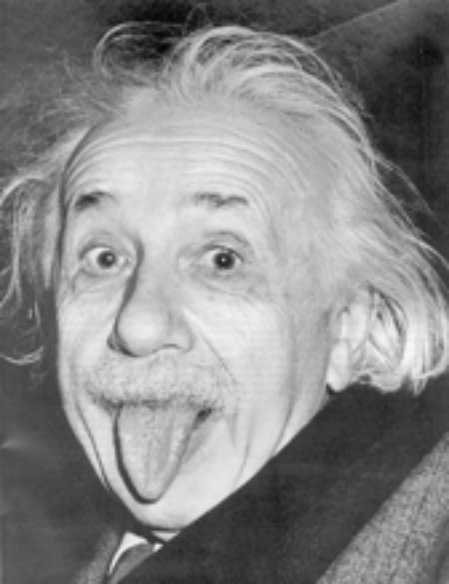
$$E=mc^2$$



- 「ものには重さがあるのが当たり前」
- 重さはエネルギー??



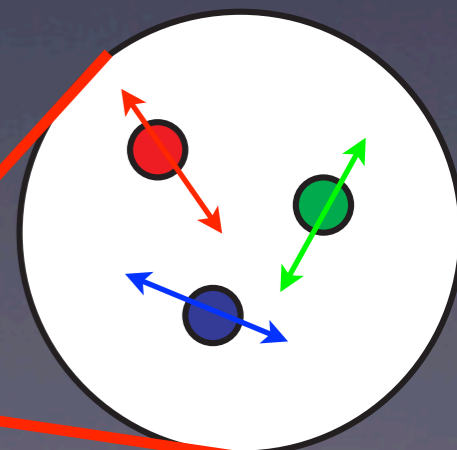
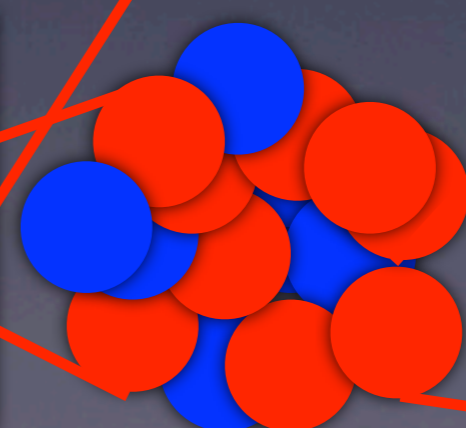
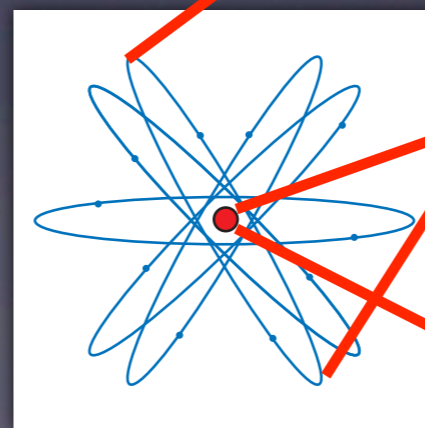




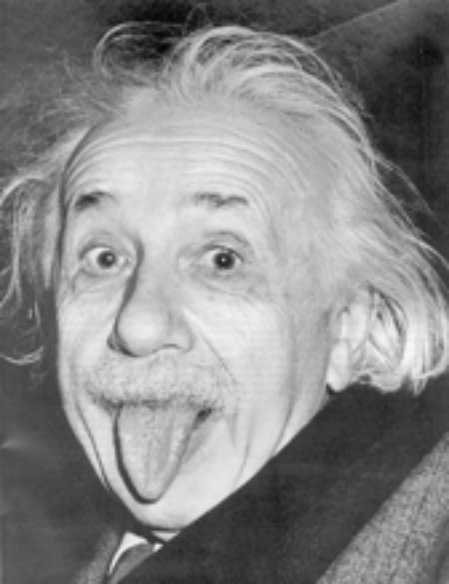
$$E=mc^2$$



- 「ものには重さがあるのが当たり前」
- 重さはエネルギー??



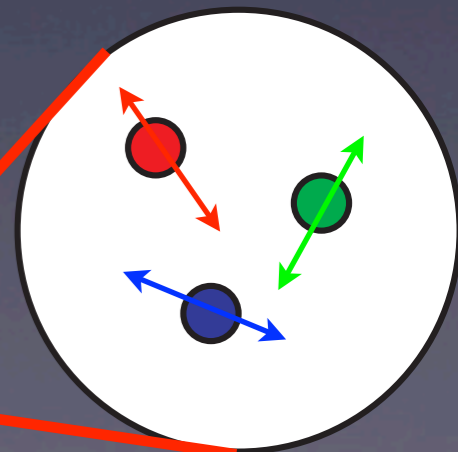
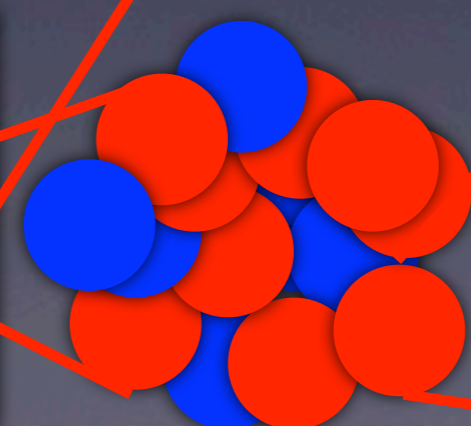
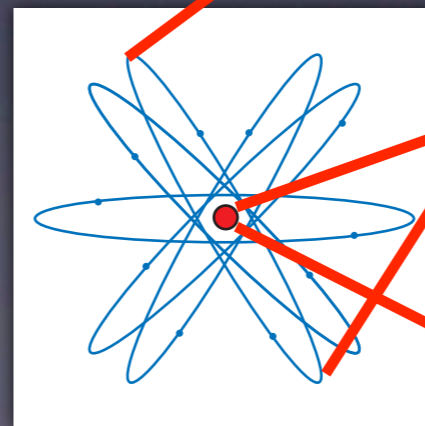




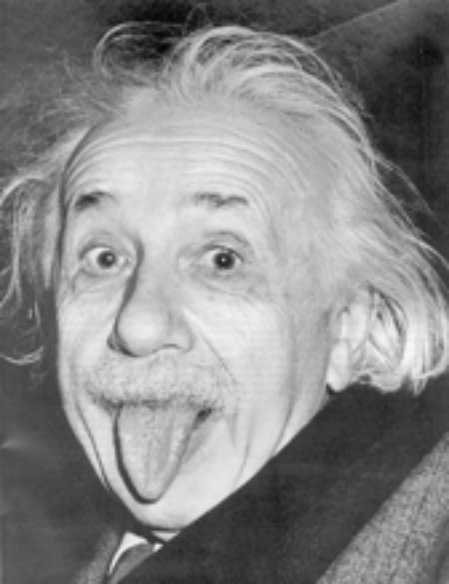
$$E=mc^2$$



- 「ものには重さがあるのが当たり前」
- 重さはエネルギー??
- 私達の重さはクォークの運動エネルギー



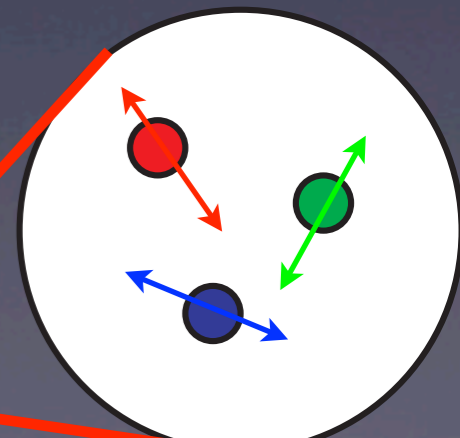
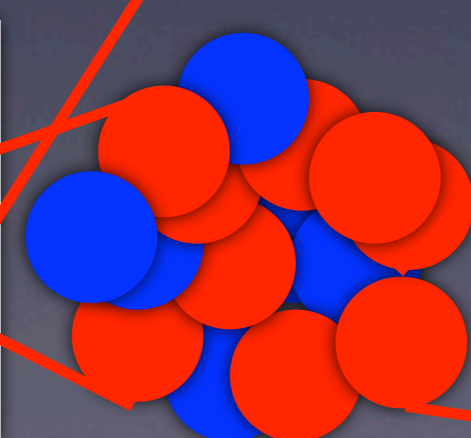
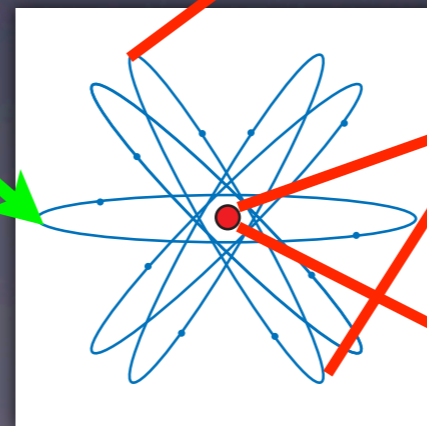




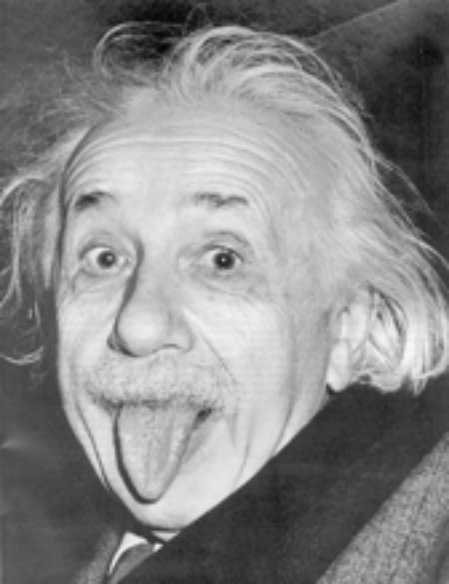
$$E=mc^2$$



- 「ものには重さがあるのが当たり前」
- 重さはエネルギー??
- 私達の重さはクォークの運動エネルギー
- では「素粒子」である電子の重さは?



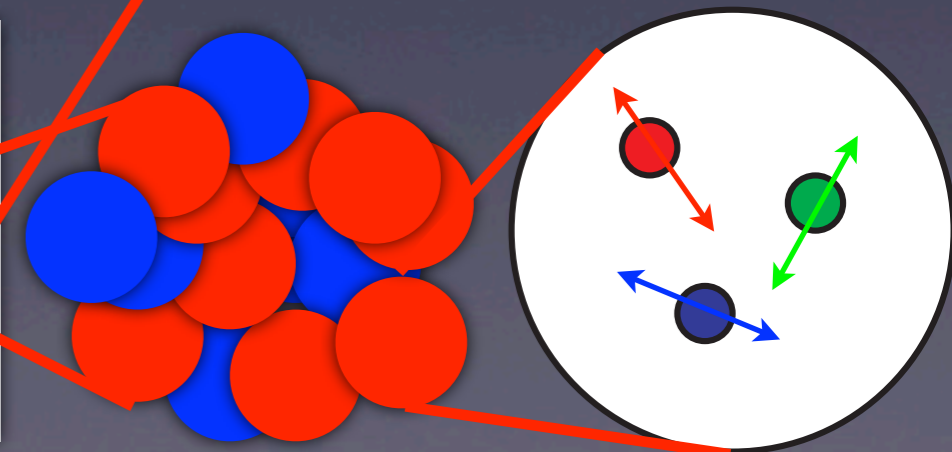
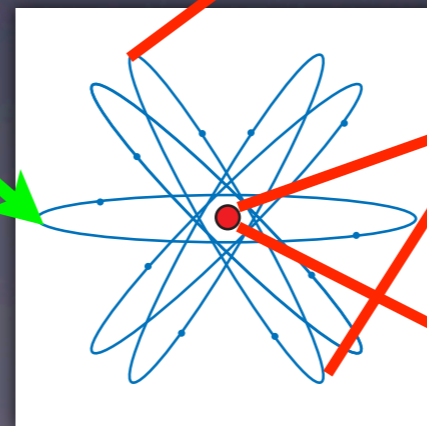




$$E=mc^2$$



- 「ものには重さがあるのが当たり前」
- 重さはエネルギー??
- 私達の重さはクォークの運動エネルギー
- では「素粒子」である電子の重さは?
- 電子に重さがないと光速で飛ぶ。私達の体は10億分の一秒でバラバラに!

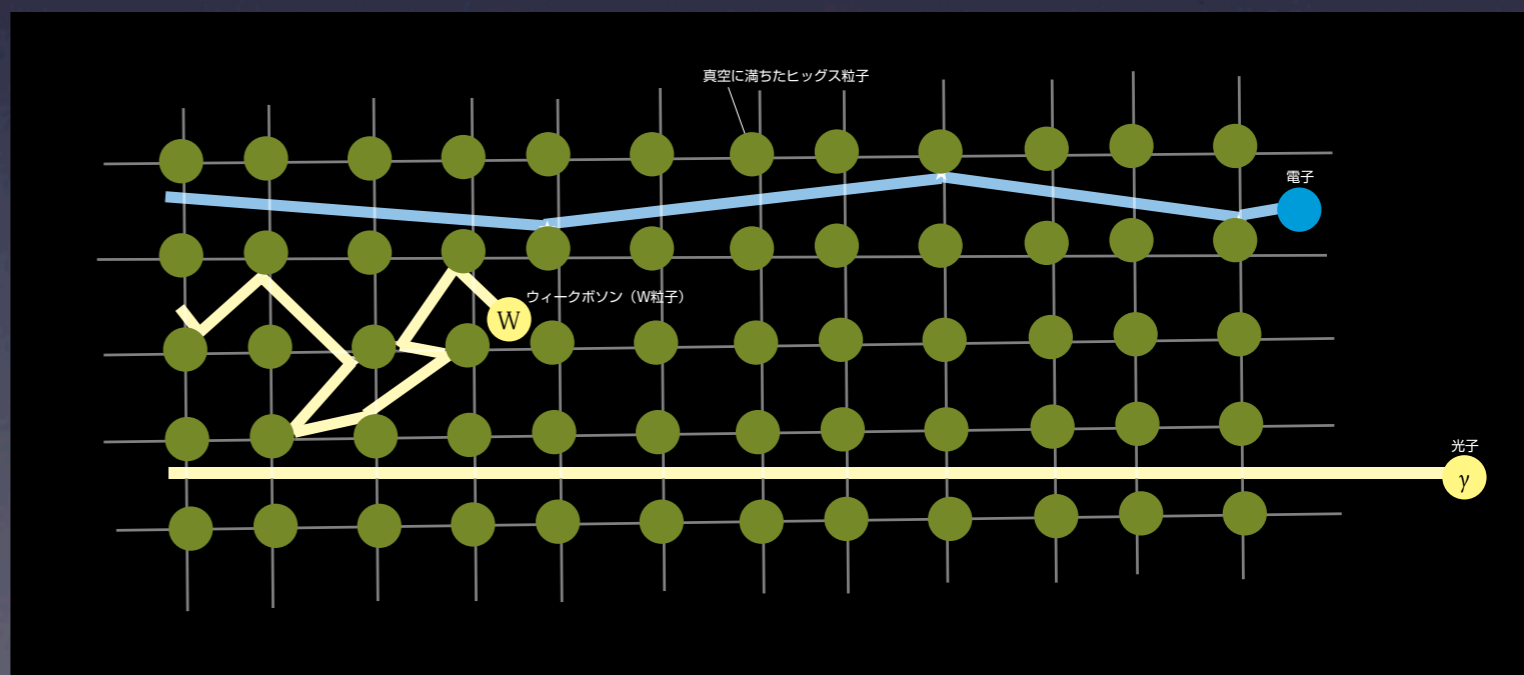




# 宇宙に満ちるヒッグス粒子

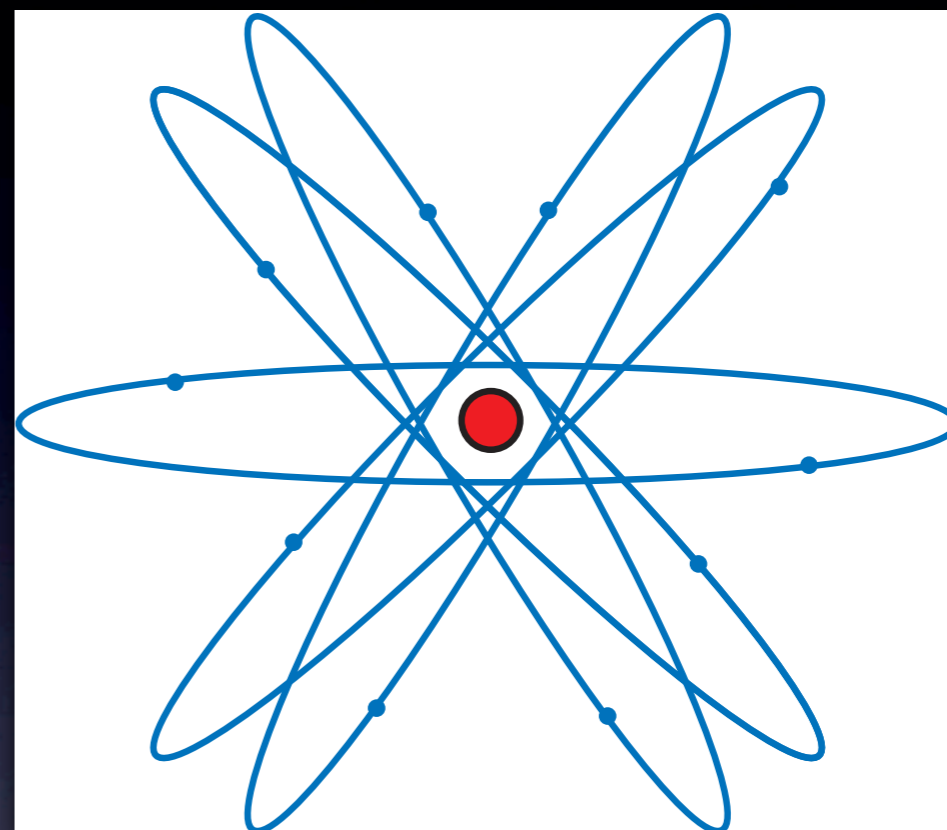
- ヒッグス場が宇宙に満ちる
- 全ての素粒子を光速から遅らす
- でないと原子は存在できない!
- これも私たちの存在がかかる
- ヒッグスのお蔭で宇宙に秩序
- 一体なんだ??

まだ調べ始めたばかり



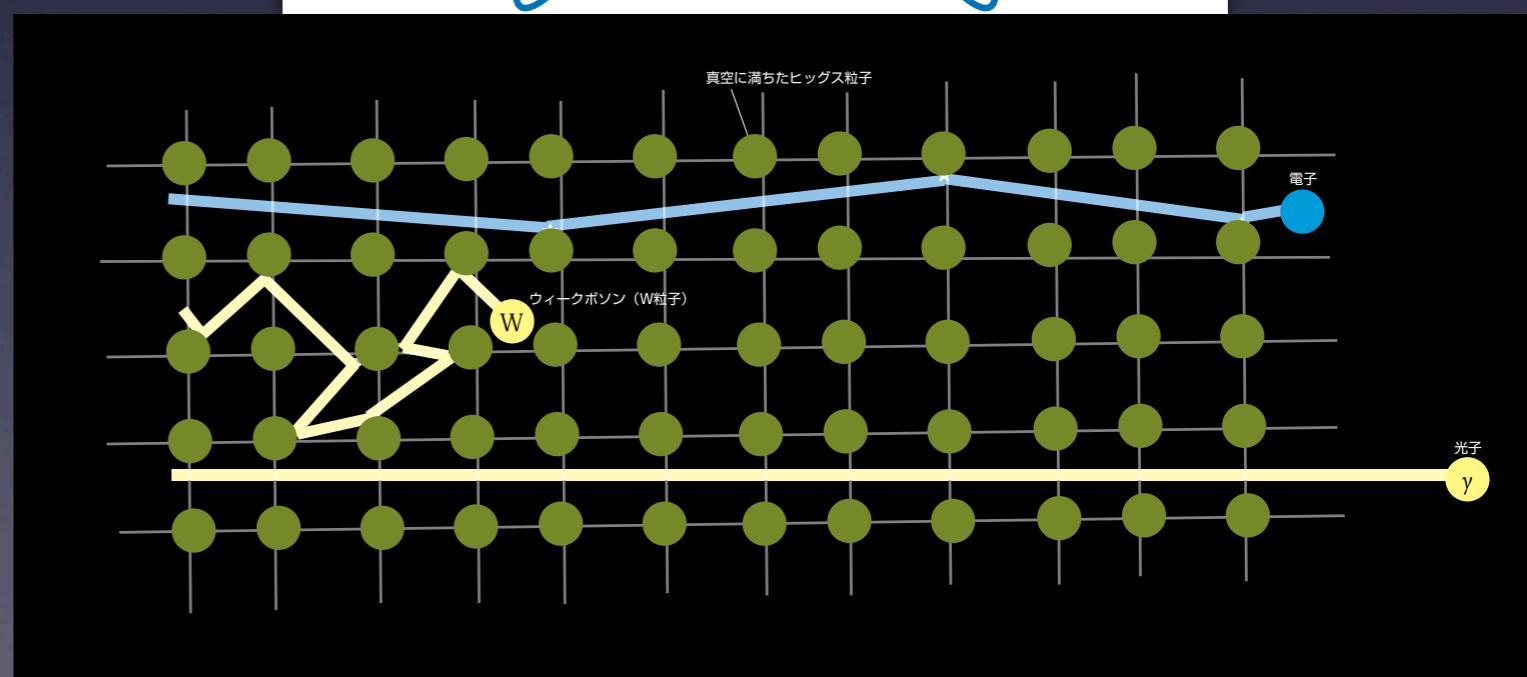


# 宇宙に満ちるヒッグス粒子



- 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
- でないと原子は存在できない!
- これも私たちの存在がかかる
- ヒッグスのお蔭で宇宙に秩序
- 一体なんだ??

まだ調べ始めたばかり

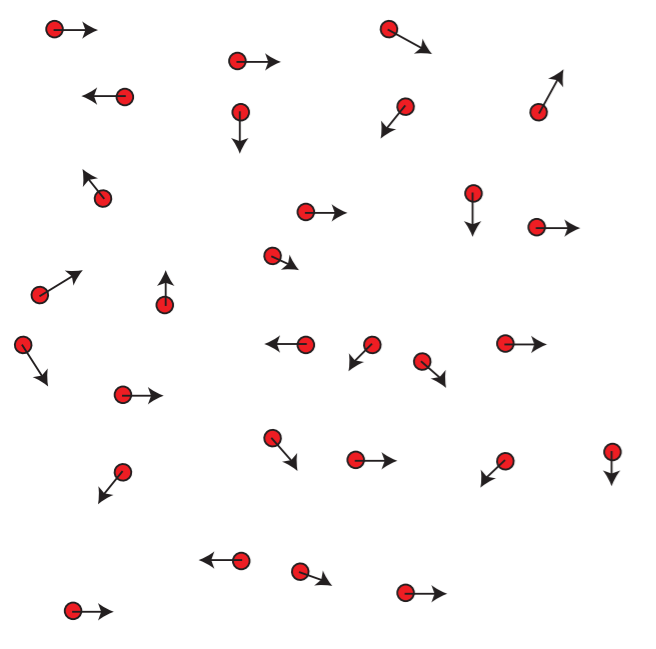




# 宇宙は冷えて来た



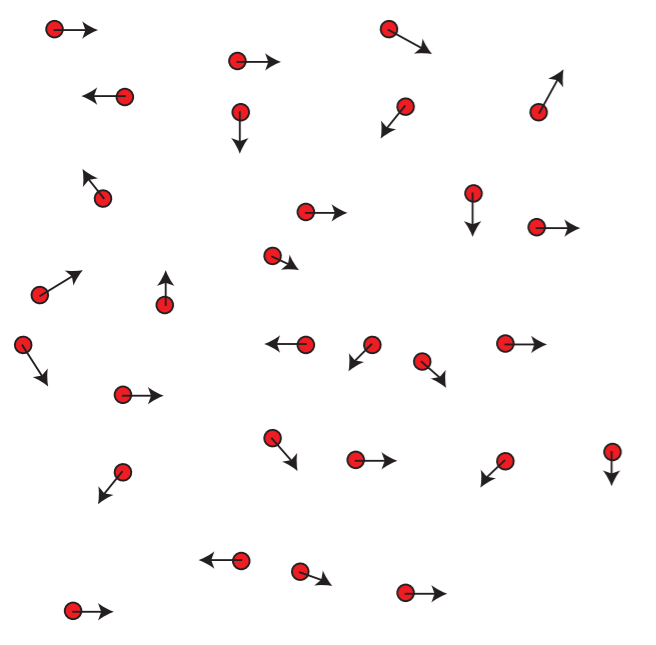




雪は冷えて来た



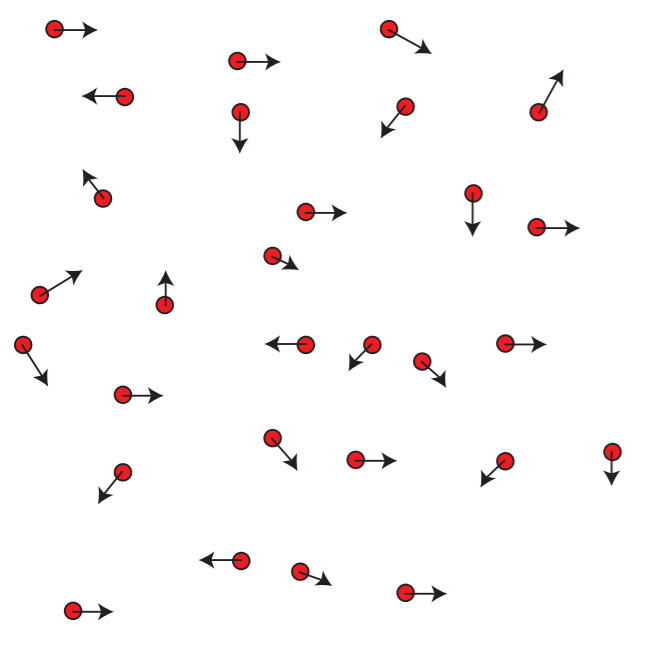




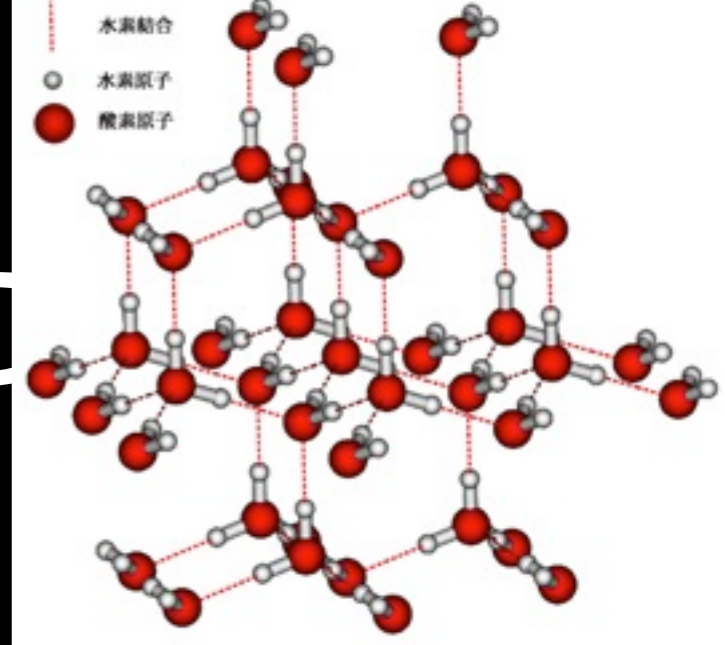
# 空は冷えて来た



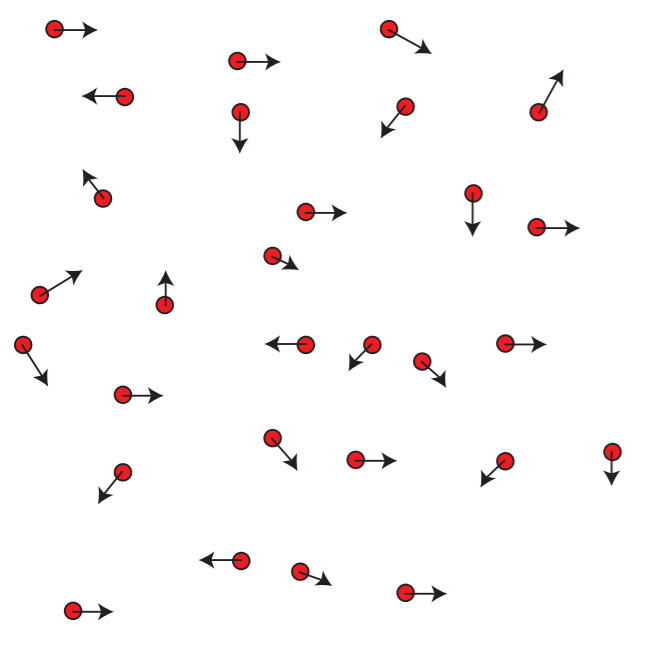




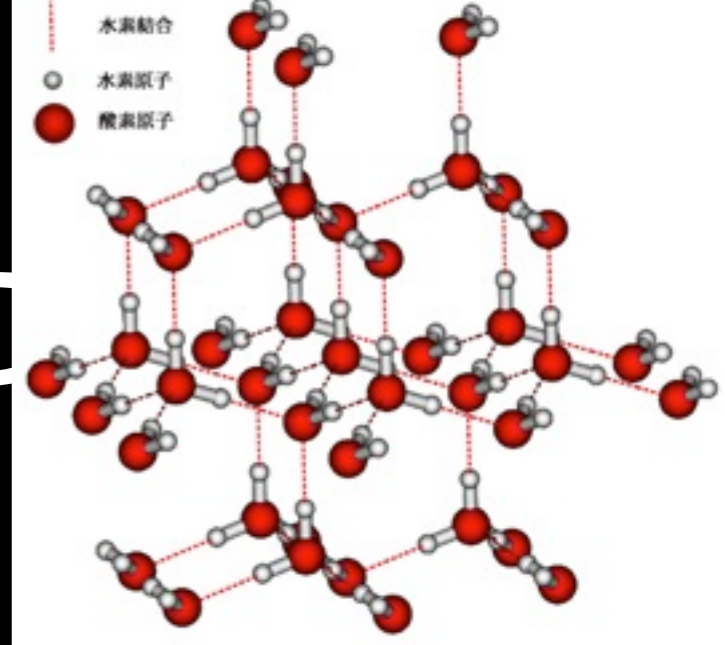
# 氷は冷えて来た







水は冷えて来た

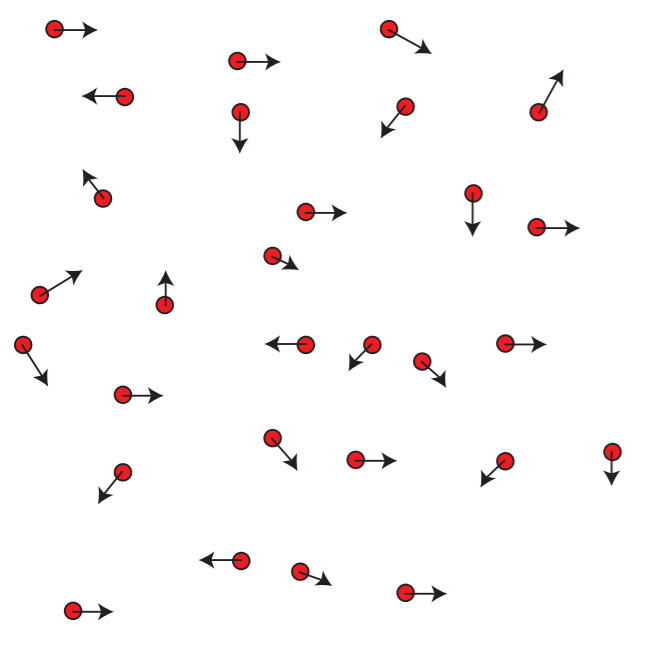


無秩序

⇒

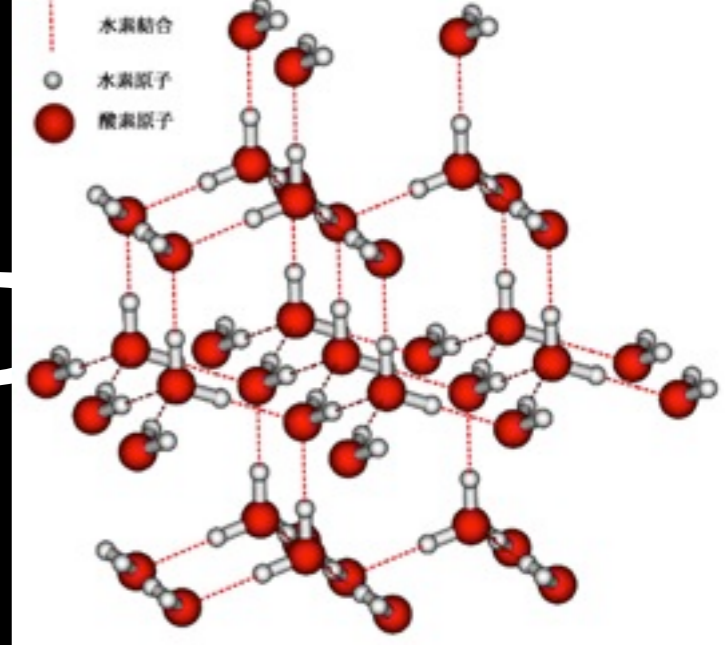
秩序





# 宇宙は冷えて来た

## 4000兆度



無秩序

⇒

秩序















## 放送予定

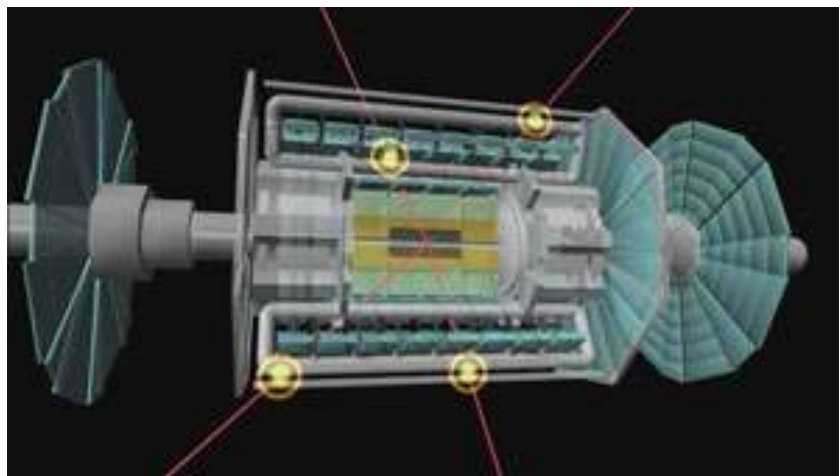
No.3230

2012年7月18日 (水) 放送



※NHKサイトを離れます

# ヒッグス粒子“発見”～巨大実験の舞台裏～



出演者 **村山 斉** さん  
(東京大学数物連携宇宙研究機構長)

ジャンル 国際 自然・科学

関連タグ 発見 宇宙 化学物質 メカニズム

宇宙の成り立ちに欠かせないものとして、半世紀近く前にその存在が予言されながら、見つけることができなかった謎の素粒子「ヒッグス粒子」。日米欧などの国際的な研究グループが、巨大な「加速器」と呼ばれる実験装置を使って探し続けた結果、ついに、そのヒッグス粒子と見られる素粒子が見つかった。世界各国の科学者6千人の力を結集した巨大実験は、どのように行われたのか。日本の科学者を中心に取材し、“世紀の発見”までの知られざる舞台裏に迫る。

過去の関連する放送回

2010年9月13日 (月) 放送  
[ダークマター](#)

2010年12月13日 (月) 放送  
[笑って考える！？イグ・ノーベル賞](#)

2011年6月15日 (水) 放送  
[到来！パーソナルゲノム時代](#)

2011年12月8日 (木) 放送  
[海底で発見！幻の軍船](#)

2012年1月19日 (木) 放送  
[予測できなかった超巨大地震](#)



# なぜ気付かない？





# なぜ気付かない？



- 空気のような存在



# なぜ気付かない？



- 空気のような存在
- 昔の人は空気の存在を知らなかった



# なぜ気付かない？



- 空気のような存在
- 昔の人は空気の存在を知らなかった
- 動き = 風があると分かる



# なぜ気付かない？



- 空気のような存在
- 昔の人は空気の存在を知らなかった
- 動き = 風があると分かる
- しかしぎっちり詰まったヒッグスに動きを作るのはムリ



# なぜ気付かない？



- 空気のような存在
- 昔の人は空気の存在を知らなかった
- 動き = 風があると分かる
- しかしぎっちり詰まったヒッグスに動きを作るのはムリ
- ごつんと叩き出す



# スピン

- 素粒子は永遠に回るこま
- 物質粒子は $1/2$ 、力の粒子は $1$
- 今まで見つかった素粒子は全て回る
- ヒッグスだけがスピンがない
- のっぺらぼう！
- 村山：「ヒッグスレス理論」



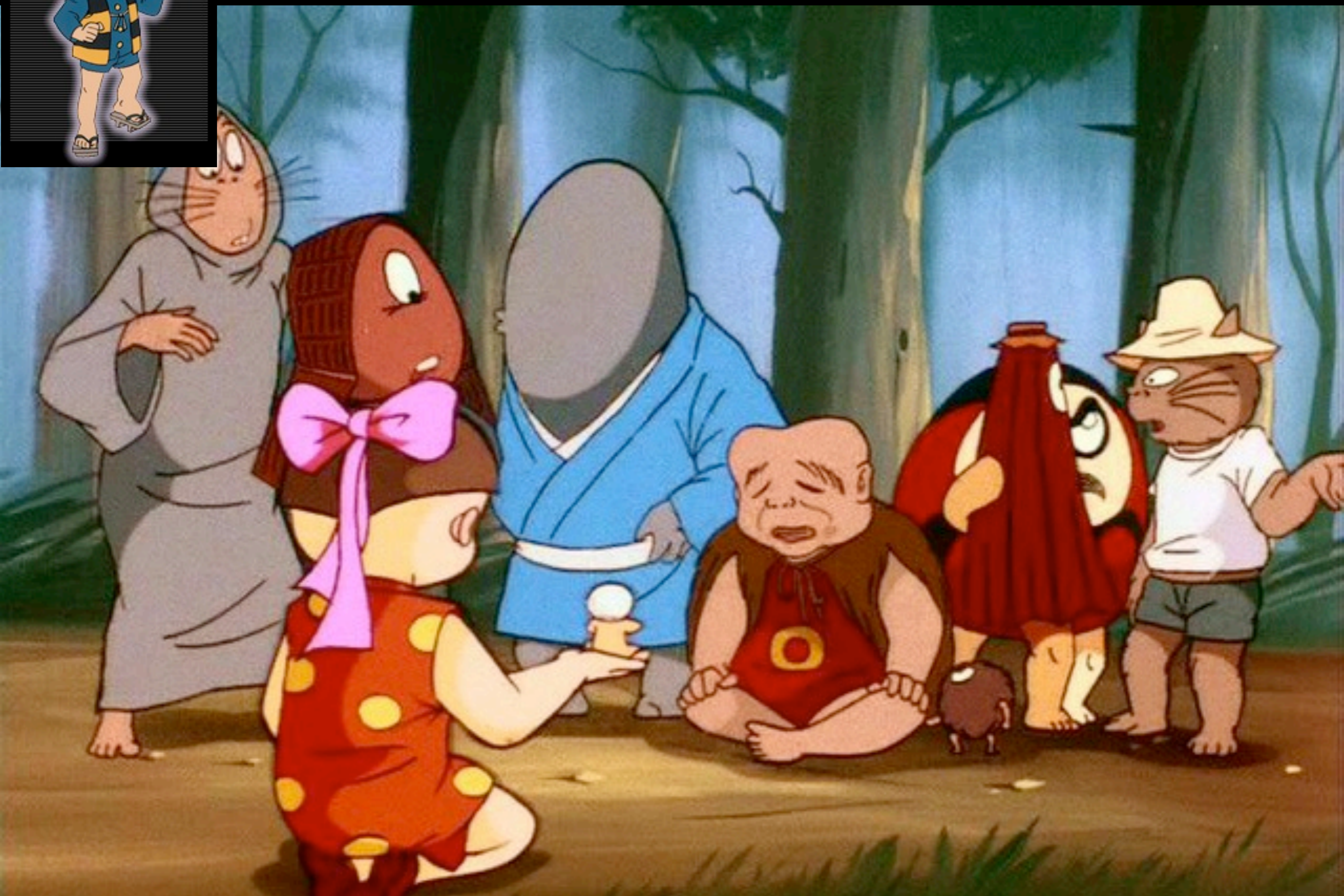


# スピン

- 素粒子は永遠に回るこま
- 物質粒子は $1/2$ 、力の粒子は $1$
- 今まで見つかった素粒子は全て回る
- ヒッグスだけがスピンがない
- のっぺらぼう！
- 村山：「ヒッグスレス理論」

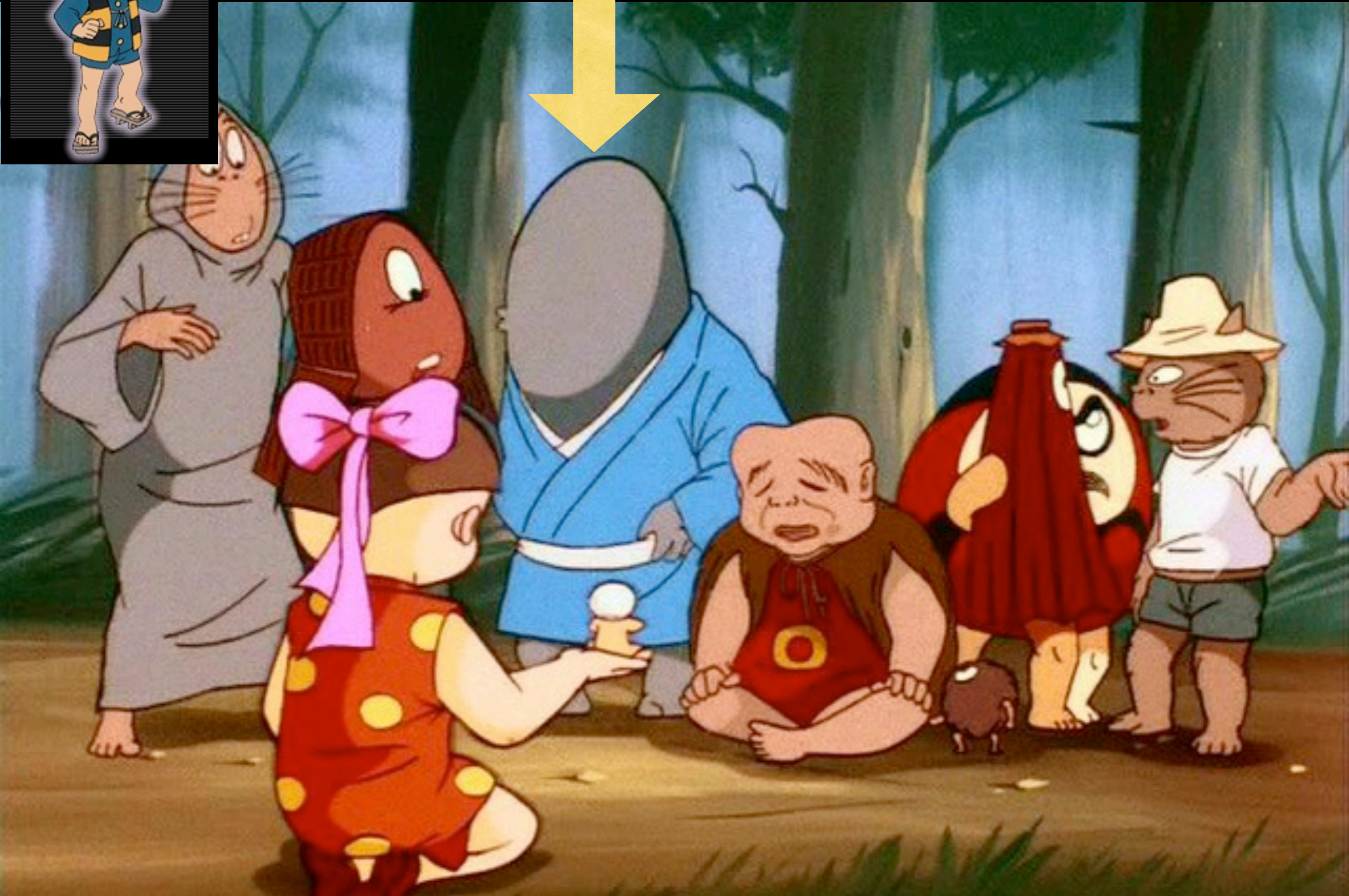






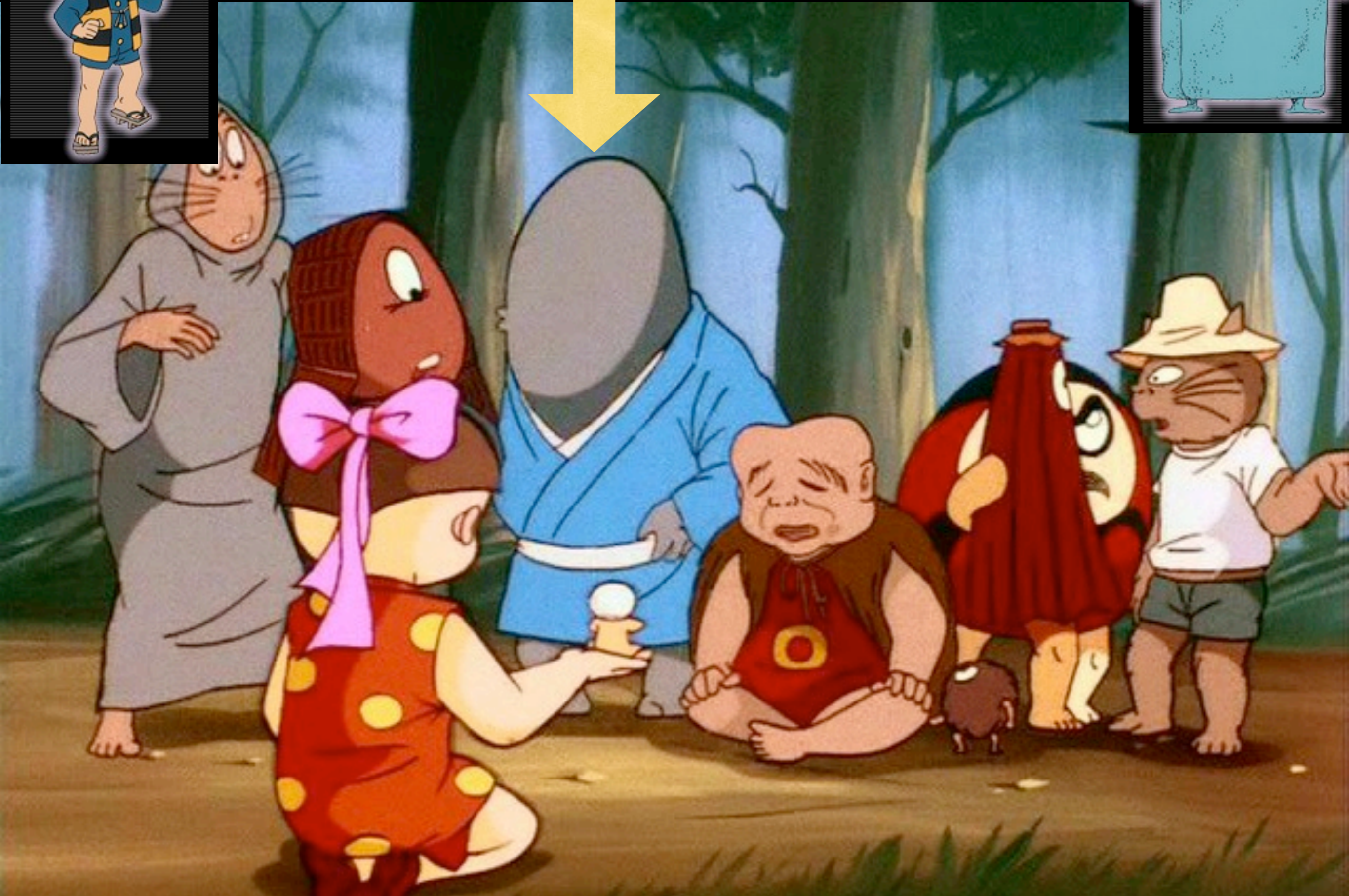
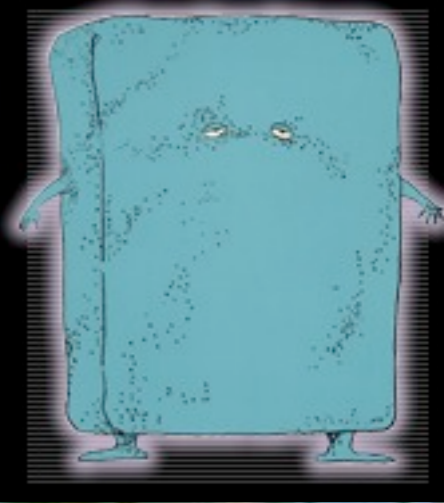


# ヒッグス粒子





# ヒッグス粒子





# 新時代



# 新時代





# 新時代

- 1900–50 原子  $10^{-8}\text{cm}$  電磁氣





# 新時代

- 1900–50 原子  $10^{-8}\text{cm}$  電磁気
- 1930–80 核子  $10^{-13}\text{cm}$  強い力





# 新時代

- 1900–50 原子  $10^{-8}\text{cm}$  電磁気
- 1930–80 核子  $10^{-13}\text{cm}$  強い力
- 2080–2130? ヒッグス  $10^{-17}\text{cm}$  弱い力





# 新時代

- 1900–50 原子  $10^{-8}\text{cm}$  電磁気
- 1930–80 核子  $10^{-13}\text{cm}$  強い力
- 2080–2130? ヒッグス  $10^{-17}\text{cm}$  弱い力
- 一世紀に二度しかない新時代の幕開け





# 新時代

- 1900–50 原子  $10^{-8}\text{cm}$  電磁気
- 1930–80 核子  $10^{-13}\text{cm}$  強い力
- 2080–2130? ヒッグス  $10^{-17}\text{cm}$  弱い力
  - 一世紀に二度しかない新時代の幕開け
  - ヒッグスは今迄見たことのない「顔無し」





# 新時代

- 1900–50 原子  $10^{-8}\text{cm}$  電磁気
- 1930–80 核子  $10^{-13}\text{cm}$  強い力
- 2080–2130? ヒッグス  $10^{-17}\text{cm}$  弱い力
  - 一世紀に二度しかない新時代の幕開け
  - ヒッグスは今迄見たことのない「顔無し」
  - 見つかったのは本当にヒッグス粒子か？





# 新時代

- 1900–50 原子  $10^{-8}\text{cm}$  電磁気
- 1930–80 核子  $10^{-13}\text{cm}$  強い力
- 2080–2130? ヒッグス  $10^{-17}\text{cm}$  弱い力
  - 一世紀に二度しかない新時代の幕開け
  - ヒッグスは今迄見たことのない「顔無し」
  - 見つかったのは本当にヒッグス粒子か？
  - 一人だけか？





# 新時代



- 1900–50 原子  $10^{-8}\text{cm}$  電磁気
- 1930–80 核子  $10^{-13}\text{cm}$  強い力
- 2080–2130? ヒッグス  $10^{-17}\text{cm}$  弱い力
  - 一世紀に二度しかない新時代の幕開け
  - ヒッグスは今迄見たことのない「顔無し」
  - 見つかったのは本当にヒッグス粒子か？
  - 一人だけか？
  - 兄弟・親類・縁者がいるのか？



### 宇宙誕生に迫る「加速器」、東北など誘致に熱 ヒッグス粒子発見後にらむ、地域再生にも期待

2012/1/2 16:00 | 日本経済新聞 電子版

万物の質量の起源とされるヒッグス粒子が今年、欧州合同原子核研究機関（CERN）で発見される可能性が高まってきた。ヒッグス粒子が見つければ、素粒子の世界をうまく説明する「標準理論」が裏付けられることになるが、宇宙の起源の謎を解くには入り口に立ったにすぎない。宇宙の始まりは1種類の素粒子と1つの力で成り立っていたという究極の「超大統一理論」の検証に挑むには、次世代の最先端加速器「国際リニアコライダー（ILC）」が必要になる。ヒッグス粒子の発見が目前に迫り、ILCを日本に誘致しようという動きが活発になってきた。

#### ■ビッグバン直後の世界再現

「（ILCを含めて）加速器研究は基礎研究だけでなく、医療や材料開発など幅広い分野で利用され、日本の産業発展や国民の生活を豊かにする上で大変重要なものと考えている」――。ヒッグス粒子の兆候が見つかったとCERNが発表した2日後の昨年12月15日、産学で構成する先端加速器科学技術推進協議会が主催した「国際リニアコライダーと先端加速器の応用」と題したシン



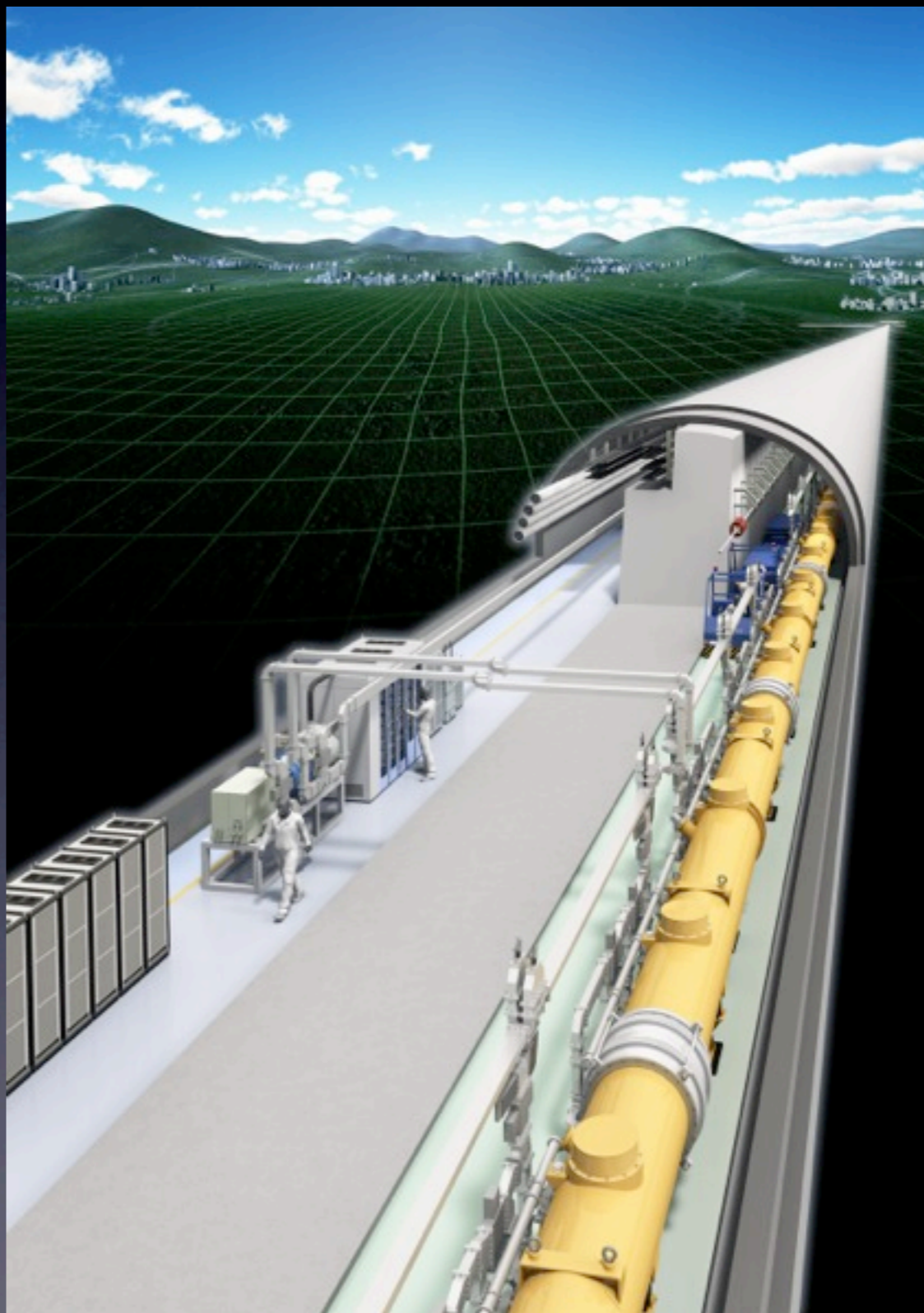
▶ 映像を再生

電子と陽電子を衝突させてビッグバン



# リニアコライダー

- 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
- ヒッグス粒子の性質を精密に測る
- 世界に一つ：日本？





[◀ 検索結果一覧へ戻る](#)

## 新粒子検証の加速器、国内にも誘致構想 九州や東北など

2012/7/10付 | 日本経済新聞 朝刊 | 877文字

小 中 大

 保存  印刷

今の宇宙を創ったとされる役割を詳しく探る次の実験計画も2020年代の実現に向け、にわかに脚光を浴びている。

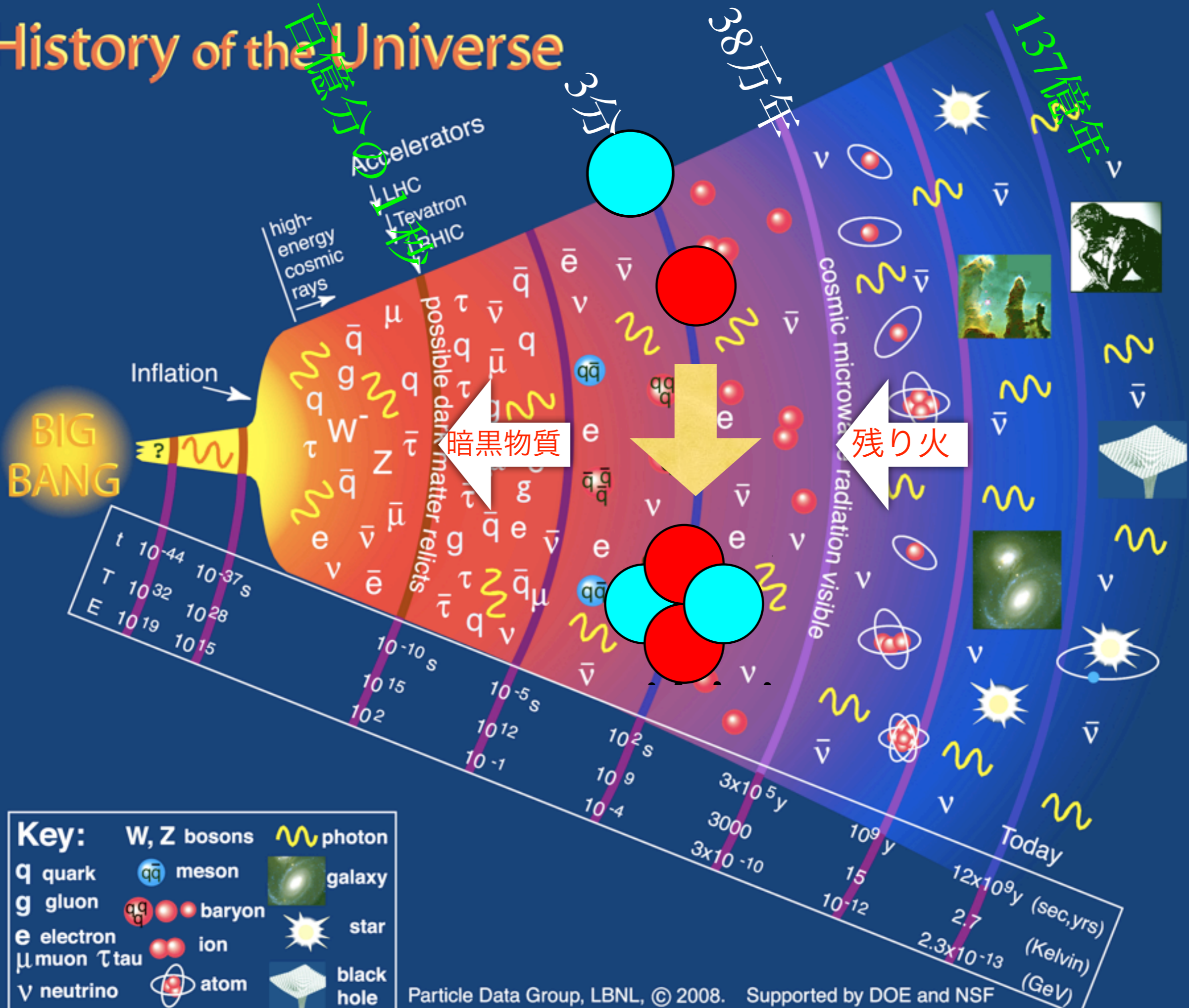
質量のもととされるヒッグス粒子が、素粒子ごとの質量をどう与えているかを検証するには国際リニアコライダー（ILC）と呼ばれる次世代の加速器が必要になる。

ILCは長さ31キロメートル以上の地下トンネルに線形加速器を設置した素粒子実験施設。トンネルの片側から電子、反対側から陽電子を入れて光の速度まで加速して中央部でぶつけ、ビッグバン直後の世界を再現。電子や陽電子は余分な反応が少なくノイズが減る。素粒子をじっくりと調べやすい。

研究者らによる国際共同設計チームが12月、技術設計報告書をまとめる。建設費は当初8000



# History of the Universe

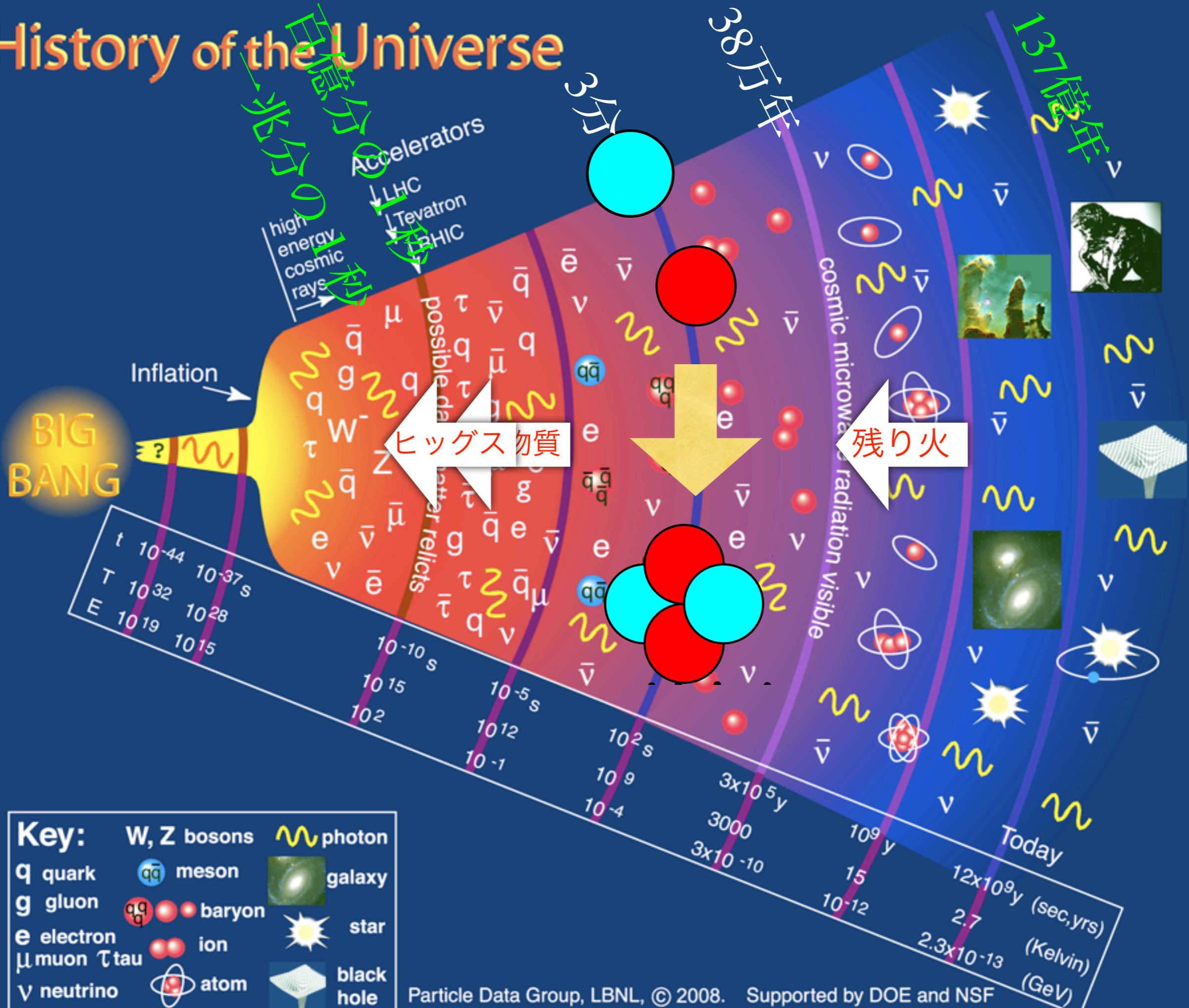


**Key:**

- W, Z bosons
- quark (q)
- gluon (g)
- electron (e)
- muon ( $\mu$ )
- tau ( $\tau$ )
- neutrino ( $\nu$ )
- photon
- meson ( $q\bar{q}$ )
- baryon ( $qqq$ )
- ion
- atom
- galaxy
- star
- black hole



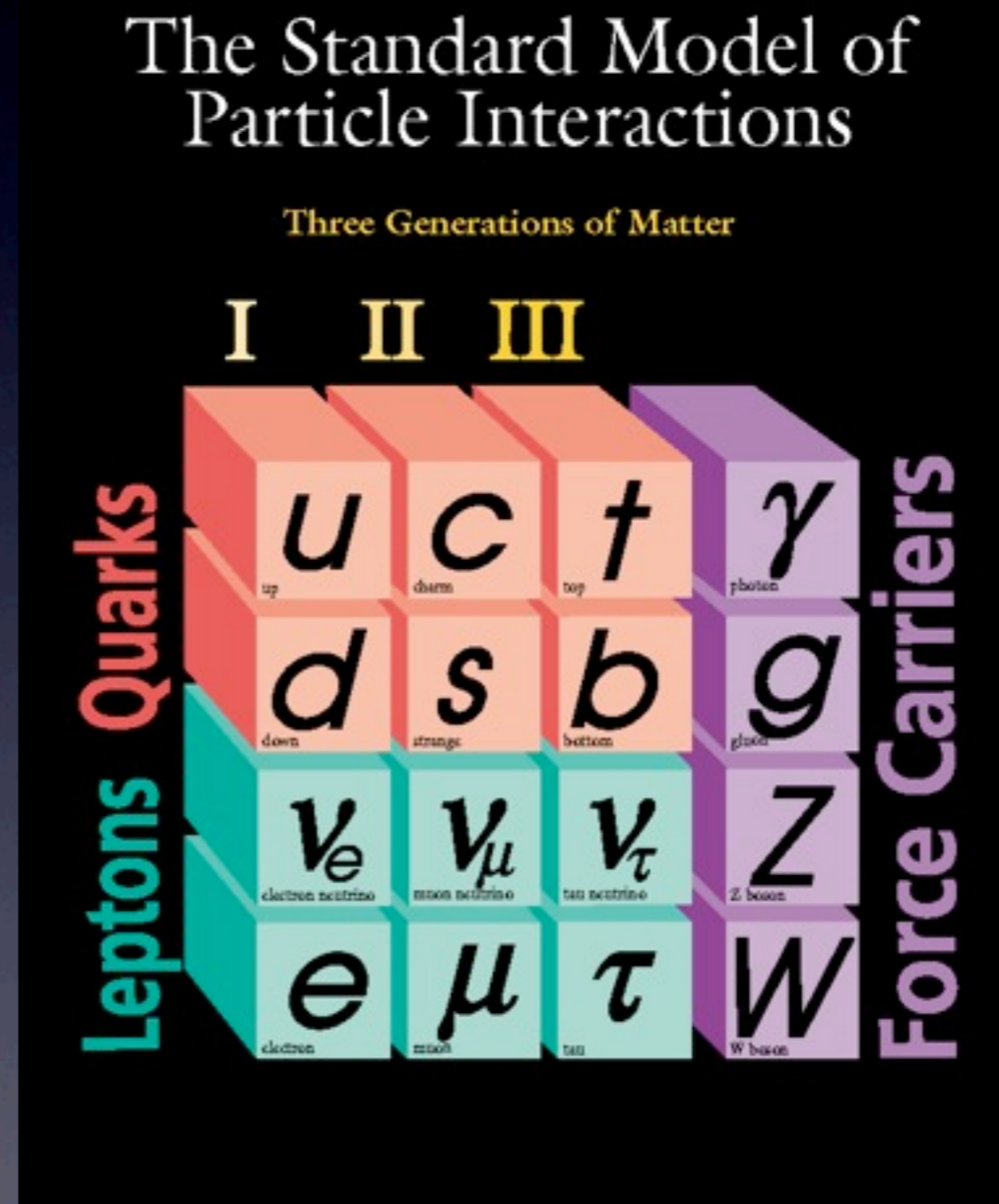
# History of the Universe





# 更なる統一へ

- 標準模型に16種類の素粒子
- ヒッグス：「17番目」
- 実は正確な数え方だと
  - 物質粒子45種 + 反物質
  - 力の粒子12種
- 「素粒子」にしては多すぎないか？
- 「大統一理論」で説明？
- 一つの力、3種の物質





[◀ 検索結果一覧へ戻る](#)

## 宇宙の起源に迫る～超大統一理論の検証へ第一歩

2012/4/29 3:30 | 日本経済新聞 電子版 | 3059文字

(1/3ページ)

小 中 大

 保存  印刷

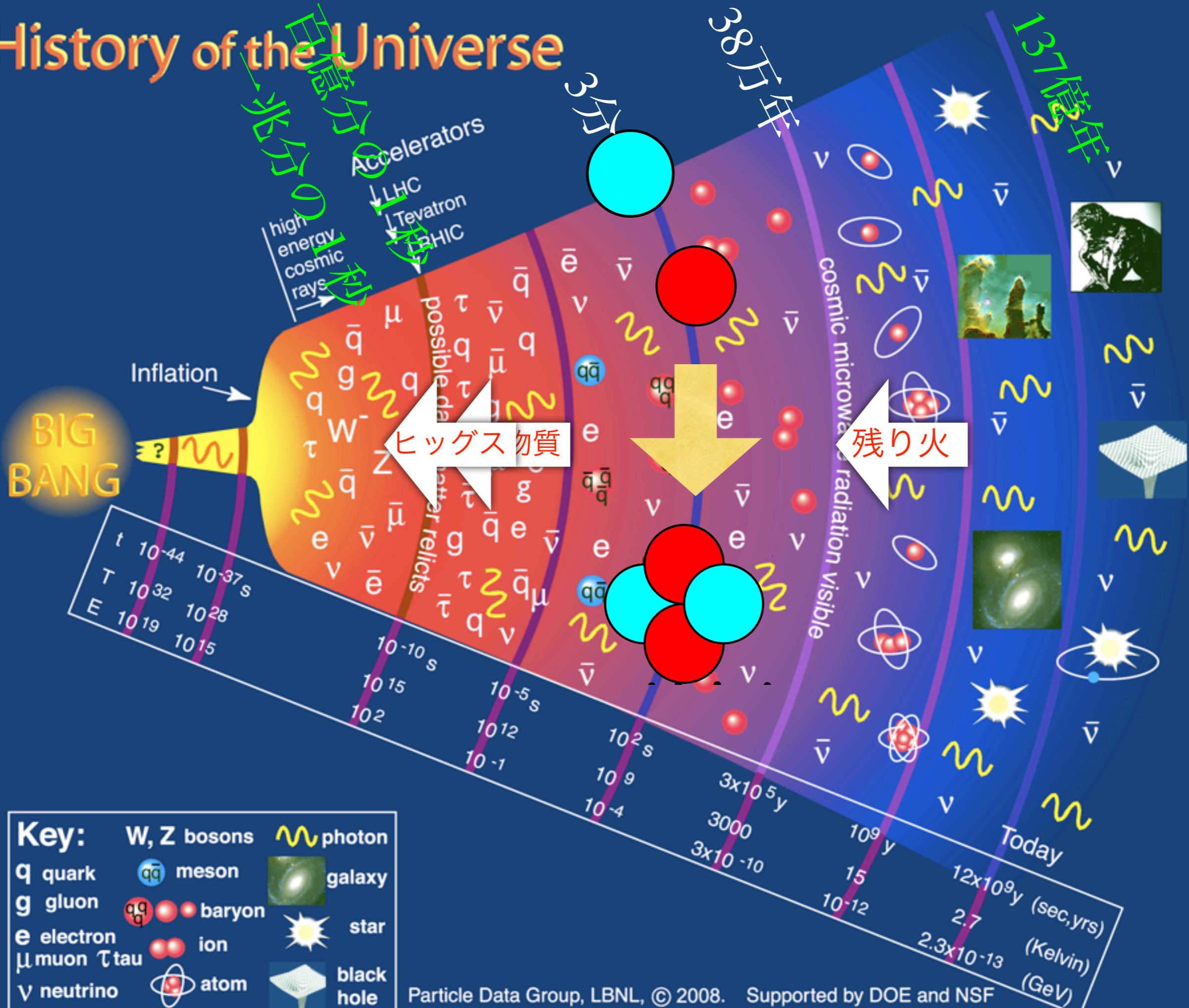
欧州合同原子核研究機関（CERN）の円形加速器LHC（大型ハドロン衝突型加速器）で、今夏にもヒッグス粒子が発見される可能性が高まっている。ヒッグス粒子は「物質になぜ質量があるのか」という現在の素粒子物理学の最重要課題を解くカギを握っている。ただ、CERNでヒッグス粒子が見つかったとしても、質量の起源であることを完全に証明するわけではない。国際リニアコライダー（ILC）と呼ばれる次世代の加速器で、ヒッグス粒子の性質を詳しく調べることが必要だ。ILCで質量起源としてのヒッグス粒子が存在することが証明されれば、宇宙や自然は1つの“部品”でできているという超大統一理論の検証に向けた扉が開かれることになる。

「早ければ、7月4日から豪州で開かれる国際会議でヒッグス粒子らしきものが発見されたと発表されるかもしれない。質量の起源はヒッグス粒子と言い切るには、さら



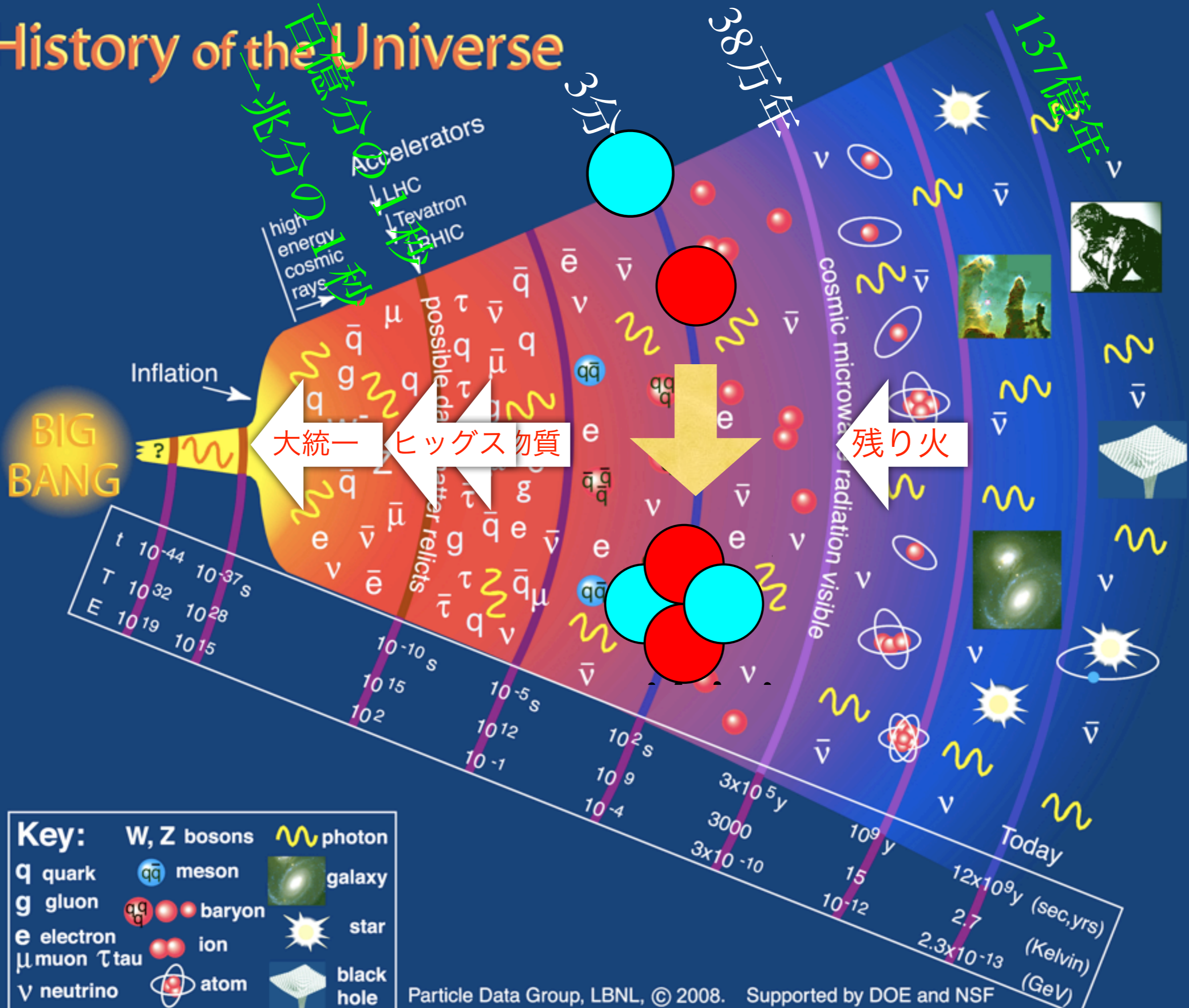


# History of the Universe





# History of the Universe



**Key:**

- W, Z bosons
- photon
- quark  $q$
- meson  $q\bar{q}$
- gluon  $g$
- baryon  $qqq$
- electron  $e$
- ion
- muon  $\mu$
- tau  $\tau$
- neutrino  $\nu$
- atom
- galaxy
- star
- black hole



# 宇宙の謎解く次世代加速器、国際チームが設計書 ヒッグス粒子など研究

[有料会員限定]

小 中 大

保存

印刷

リプリント

1000人を超える科学者らが参加する国際共同研究チームは15日、次世代加速器「国際リニアコライダー（ILC）」の設計書が完成したと発表した。質量の起源とされるヒッグス粒子などを詳しく調べ、宇宙の起源をはじめ現代物理学が抱える謎の解明を目指す。2015年ごろをメドに各国の合意を得て建設を始め、20年代半ば以降に完成させる計画だ。

ILCはヒッグス粒子とみられる新粒子を発見した欧州合同原子核研究機関（CERN）の加速器「LHC」に続く大型計画。建設期間は10年で、費用は来年1月にも決定する。

地下のトンネルに全長約31キロメートルの直線状の加速器を建設する。電子と、プラスの電気を帯びた陽電子をほぼ光の速さで正面衝突させ、宇宙誕生直後の世界を再現。衝突で生じる様々な素粒子を検出器で詳しく調べる。

日本では東北の北上山地と九州の脊振山地が候補地に挙がっている。米国、ロシアなどが誘致に動いているが、科学者の間では日本を支持する声が多いという。

小 中 大

保存

印刷

リプリント







# まとめ





# まとめ

- 宇宙の果てに迫れるようになった



# まとめ

- 宇宙の果てに迫れるようになった
- 暗黒物質、ヒッグス粒子は何だ？



# まとめ

- 宇宙の果てに迫れるようになった
- 暗黒物質、ヒッグス粒子は何だ？
- 最新テクノロジーを使って新しい観測実



# まとめ

- 宇宙の果てに迫れるようになった
- 暗黒物質、ヒッグス粒子は何だ？
- 最新テクノロジーを使って新しい観測実
- 宇宙の果ての向こうに加速器で迫る！



# まとめ

- 宇宙の果てに迫れるようになった
- 暗黒物質、ヒッグス粒子は何だ？
- 最新テクノロジーを使って新しい観測実
- 宇宙の果ての向こうに加速器で迫る！
- きっとこれからも驚き一杯





宇宙の謎

研究者