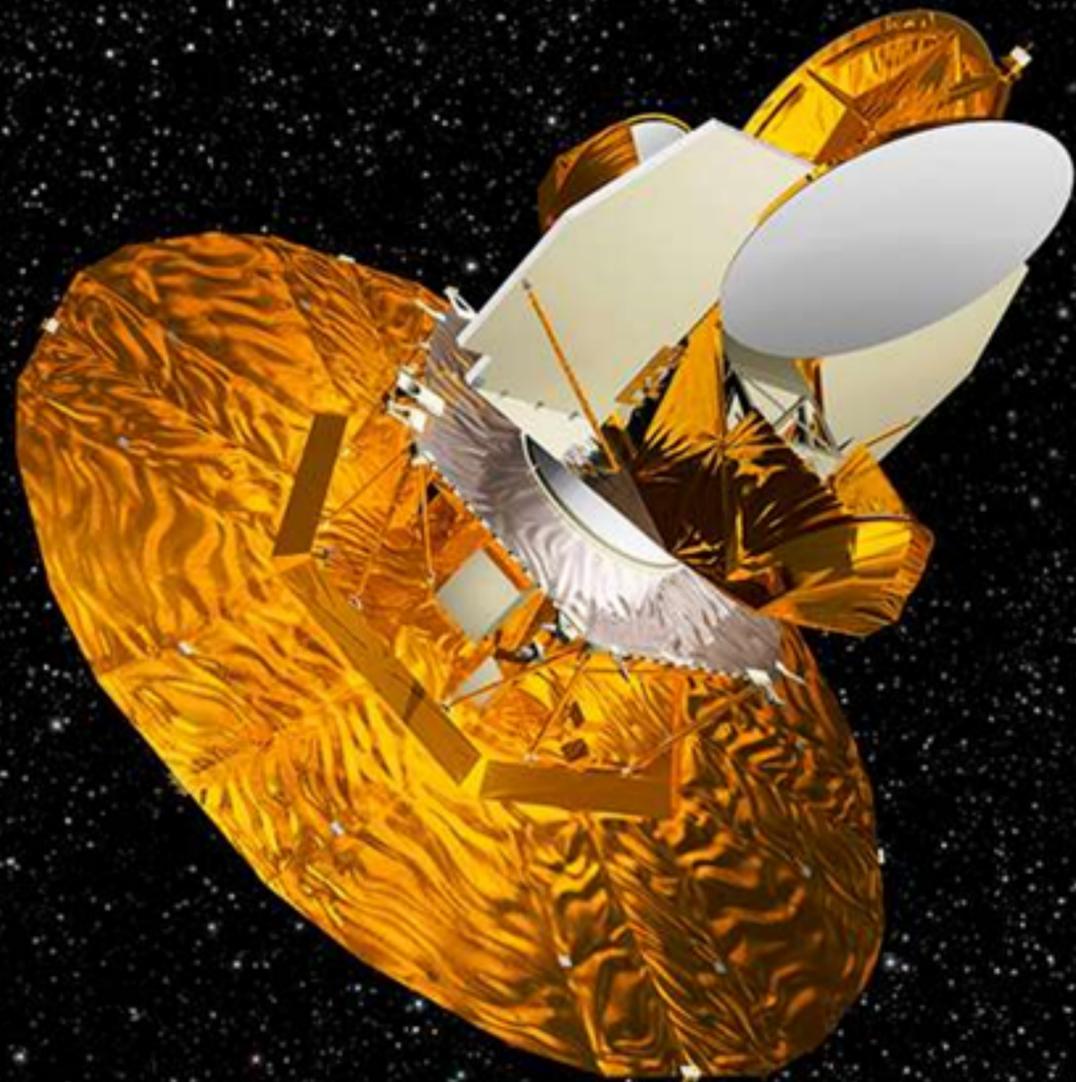


# 宇宙の始まり、 そして終わり

2021年5月6日

ミュンヘン日本人会

法人セミナー



ドイツ マックス・プランク宇宙物理学研究所所長

# 小松英一郎



ミュンヘン  
München

ベルク  
キルヒェン  
Bergkirchen

ダッハウ  
Dachau

オーバーシュ  
ライスハイム  
Oberschleißheim

ガーヒンク  
バイ  
ミュンヘン  
Garching

ニーダー  
オイヒンク  
NIEDERNEUCHING

ノイヒンク  
Neuching

カールス  
フェルト  
Karlsfeld

イスマニング  
Ismaning

シュバイヒャー湖  
Speichersee

フィンジング  
Finsing

オッテン  
ホーフエン  
Ottenhofen

ノイ=エス  
ティンク  
NEU-ESTING

グレー  
ベンツェル  
Gröbenzell

アラッハ=  
グンター  
メンツィンク  
ALLACH-UNTERMENZING

シュヴァビング=  
フライマン  
SCHWABING-FREIMANN

プリーニング  
Pliening

マルクト  
シュヴァーベン  
Markt  
Schwabern

アイヒェナウ  
Eichenau

モーザハ  
MOOSACH

キルヒハイム  
バイ・ミュンヘン  
Kirchheim

アンツィング  
Anzing

アリング  
Alling

ゲルメリング  
Germering

ノイハウゼン=  
ニンペンブルク  
NEUHAUSEN-NYMPHENBURG

ドルナハ  
DORNACH

パルスドルフ  
PARSDORF

ライム  
LAIM

グレーフェル  
フィング  
Gräfelfing

ハーダーン  
HADERN

ミュンヘン  
München

ギルヒンク  
Gilching

96

プラネック  
Planegg

ノイリート  
Neuried

オーバー  
ゼントリಂಗ  
OBERSENDLING

ラーマース  
ドルフ=  
ペルラッハ  
RAMERSDORF-PERLACH

ハール  
Haar

ファターシュ  
テッテン  
Vaterstetten

シュトック  
ドルフ  
STOCKDORF

ガウティンク  
Gauting

グロース  
ヘッセローエ  
GROßHESELOHE

ノイビーベルク  
Neubiberg

グラスブルン  
Grasbrunn

ツォルネ  
ディンク  
Zorneding

ウンターブルン  
UNTERBRUNN

ブーヘンドルフ  
BUCHENDORF

ブラハ  
Pullach  
im Isartal

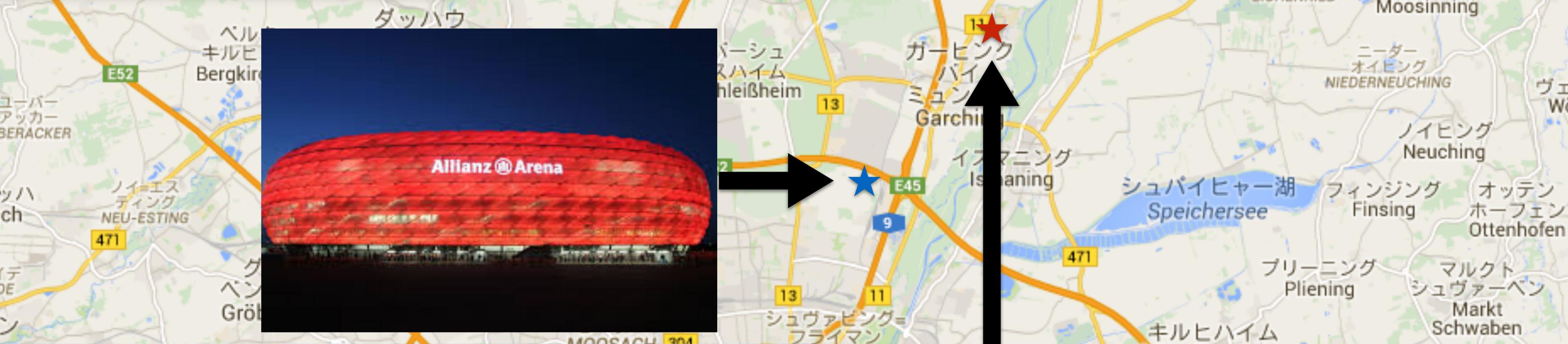
タウフキルヘン  
Taufkirchen

リーメルリಂಗ  
RIEMERLING

ホーエンブルン  
Hohenbrunn

ハルト  
ハウゼン  
HARTHAUSEN

キルヒセー  
Kirchsee



# マックス・プランク宇宙物理学研究所



# 本日の予定

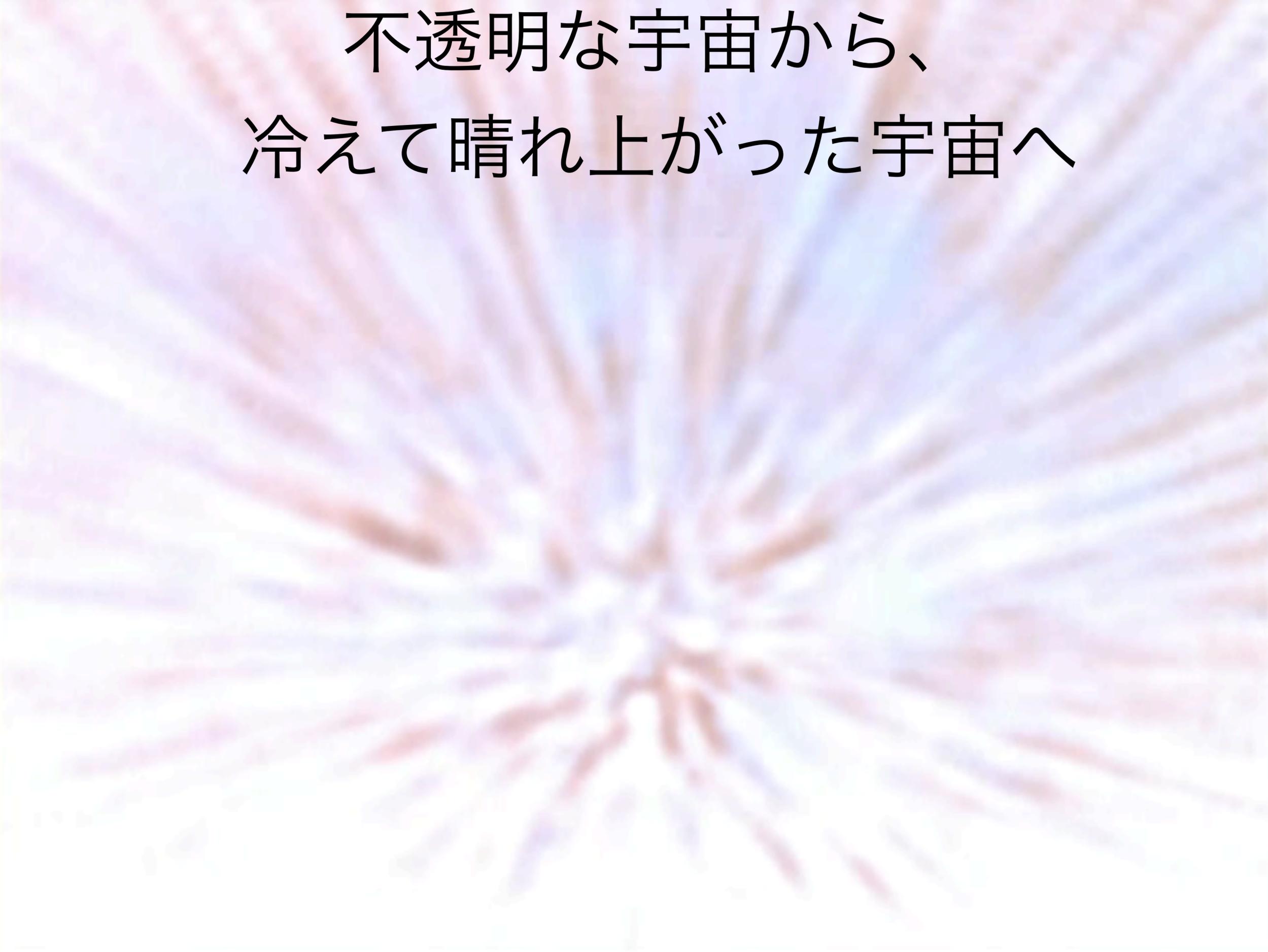
- 宇宙の始まり、そして終わり（50分）
  - 研究成果をお見せします。
- なぜ、天文学を研究するのか？（10分）
  - 天文学の研究は、より広くは基礎科学の研究は、生活の役に立つのか？
- なぜ、ドイツで研究？（5分）
- 質疑応答（20分）
- ラスト・メッセージ（5分）
  - コロナ禍の今だからこそ。

**138億年前：灼熱でプラズマ状態の宇宙**

不透明な宇宙から、  
冷えて晴れ上がった宇宙へ

1996年の科学映画“Cosmic Voyage”より

不透明な宇宙から、  
冷えて晴れ上がった宇宙へ



# 2つの疑問

今回の講演から学んでほしい二つのポイント

- 灼熱の宇宙を満たしていた光はどこへ行ったのか？
  - 今でも宇宙を満たしている！
- 宇宙の構造の起源は何か？
  - 私たちの研究成果によって、かなりわかってきた。決定的な証拠までは、あと一息。

# 火の玉宇宙

時間

見ることのできる範囲  
(光が届く範囲)

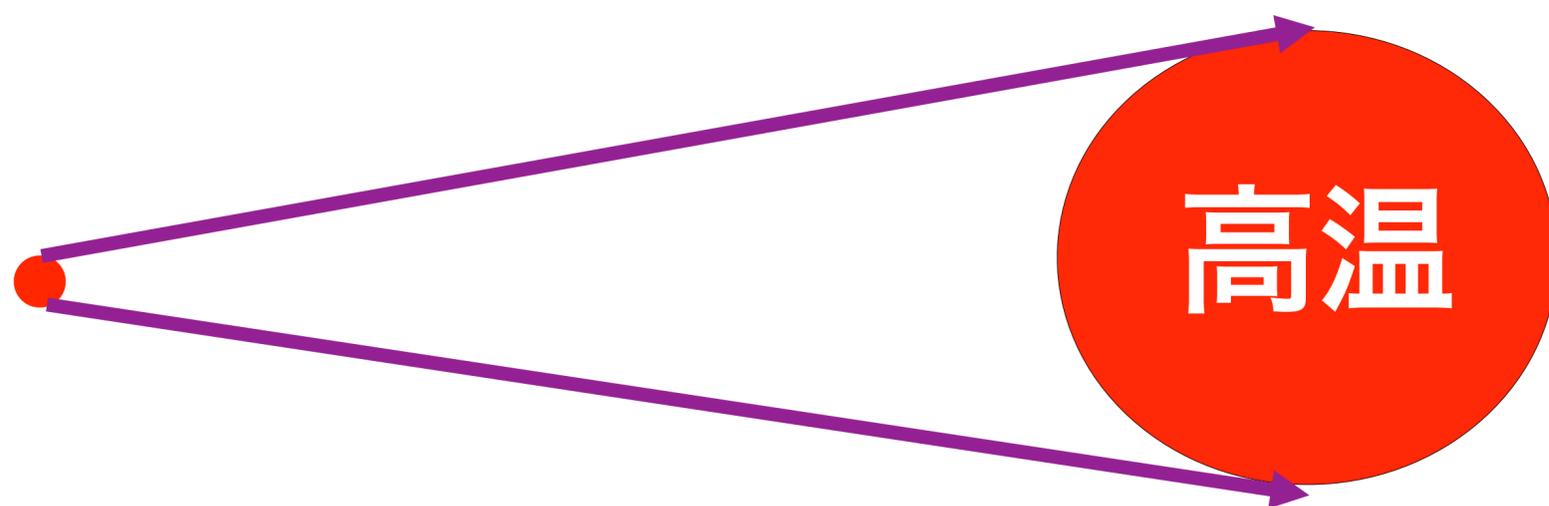


空間

# 火の玉宇宙

時間

宇宙膨張 = 空間の広がりに



空間

# 火の玉宇宙

時間

宇宙膨張で冷える

高温

冷えて  
今の宇宙に

空間

# 驚愕の事実

- 灼熱の宇宙を満たしていた光は消え去ることなく、今も宇宙を満たしている。
  - 今、この瞬間も、あふれんばかりの当時の光が地球に降り注いでいる！
- 光の粒（光子）<sup>こうし</sup>を数えてみると、**角砂糖一個分の大きさ（1立方センチメートル）に、灼熱宇宙の頃の光子が410個もある。**
- 今は、空気中には新型コロナウイルスがうようよしているように見えるかもしれませんが、私たちはいつも、灼熱の宇宙を満たしていた光に囲まれているのです。

# はあ？ この人は、何を言っているの？

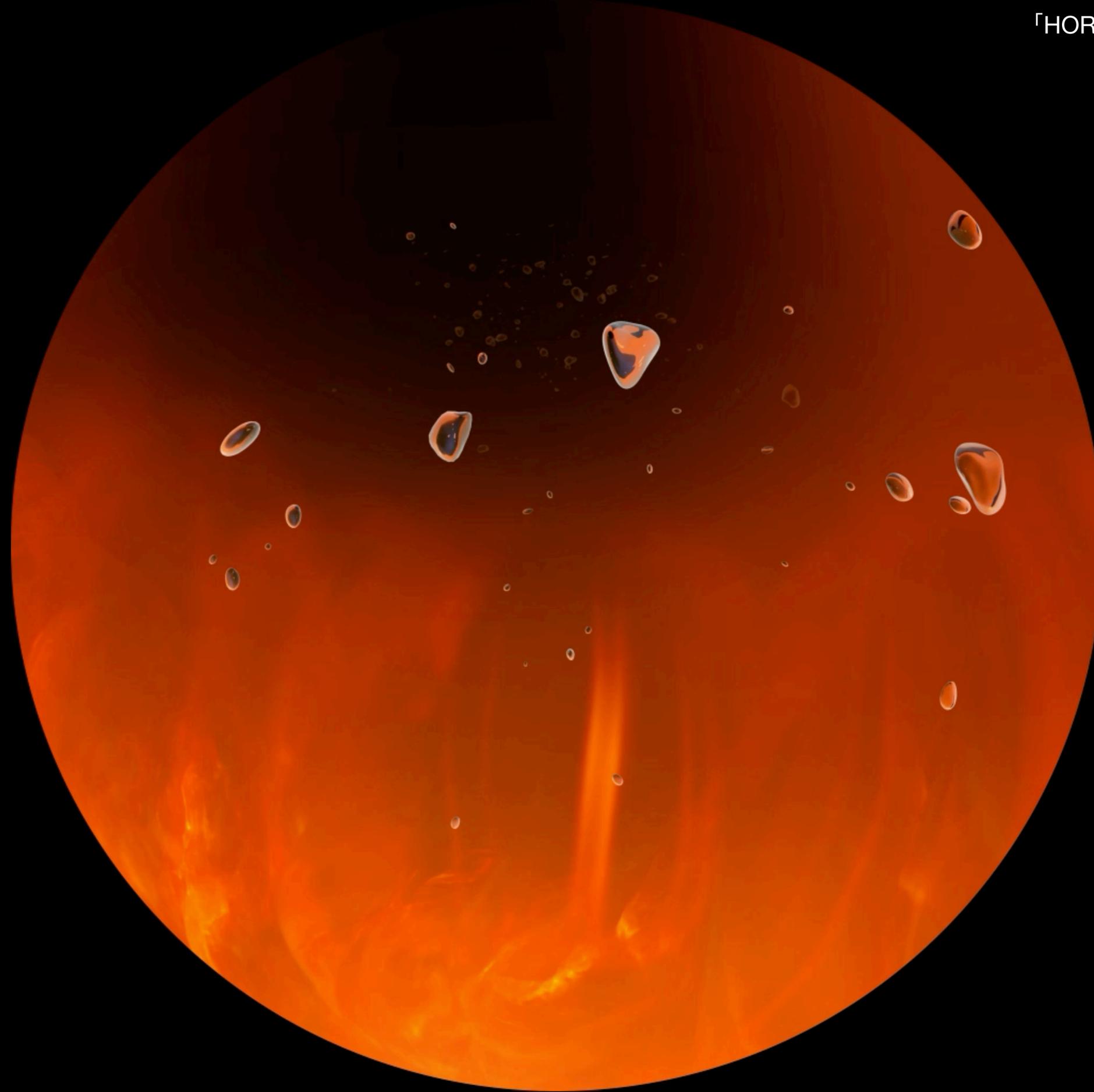
- ...って、思った方も、いらっしゃるでしょう。
- 今日の講演の一番の目的は、「宇宙の始まり、そして終わり」を議論することは、**実験・観測・測定を伴った実証科学**であり、そこに空想や妄想の入り混む余地はない。つまり、「**宇宙の始まりをまるで見てきたかのように喋ったり、まことしやかに宇宙の将来を語る小松英一郎は、頭がおかしいのではなくて、どうやら本当のことを言っているらしい。**」と、納得してもらおうことです。
- 過去100年以上に渡って人類が積み上げてきた、確固とした観測データ（エビデンス）に基づいた知見です。でっち上げではないですよ！ さあ、準備は良いですか？

# 上坂浩光監督の全天周ドーム映画

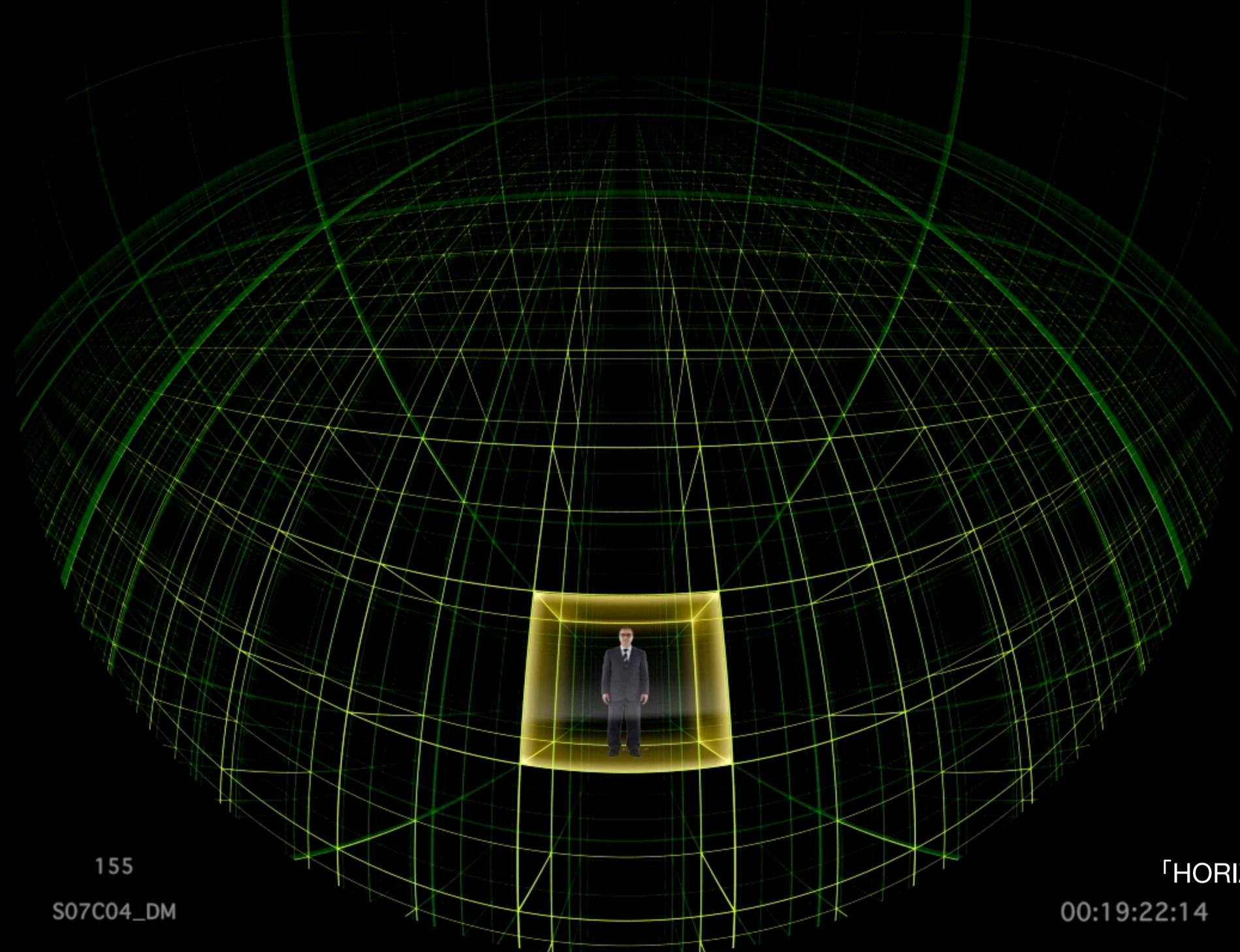
# HORIZON

宇宙の果てにあるもの

登場人物は人間、他はCGで、音楽も全てオリジナル



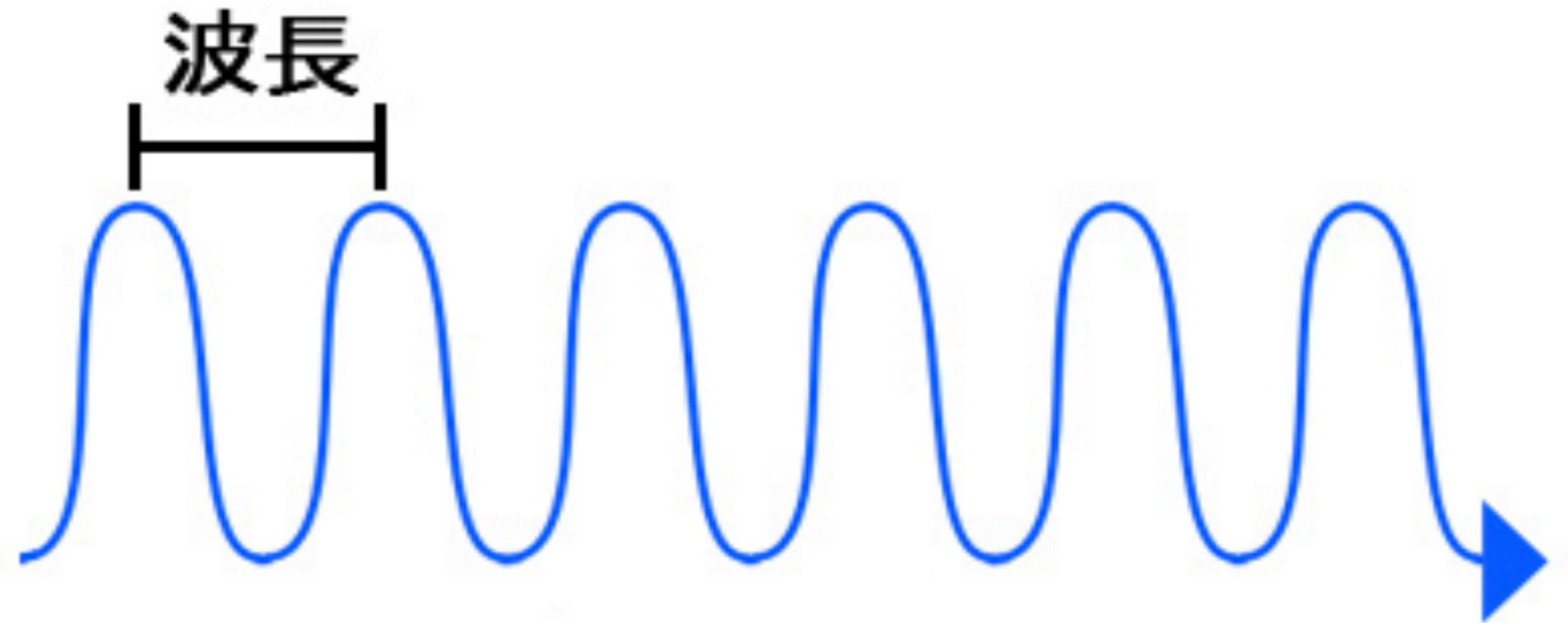
# 私たちが今見ている灼熱宇宙の光は、 どこから来たのか？



# 光の種類と波長

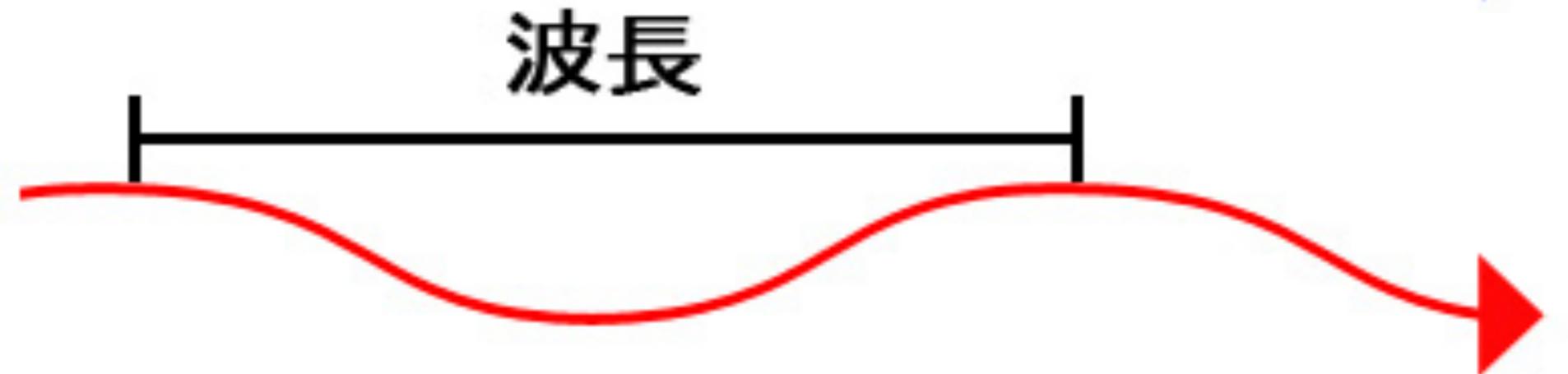
- **目で見える光は...**

- かしこうせん
- **可視光線**
- 波長が短い



- **電波は...**

- 波長が長い
- 目では見えないので、専用の測定装置を使う





異なる波長で見た空：可視光 -> 近赤外線 -> 遠赤外線 -> サブミリ波 -> マイクロ波

# 宇宙を埋め尽くす 灼熱宇宙時代の光

## 宇宙マイクロ波背景放射



異なる波長で見た空：可視光 -> 近赤外線 -> 遠赤外線 -> サブミリ波 -> マイクロ波

# 宇宙を埋め尽くす 灼熱宇宙時代の光

宇宙マイクロ波背景放射は、  
本格的な教科書がある  
一大研究分野です。

naal  
new astronomy library

新天文学6  
ライブラリー

## 宇宙マイクロ波 背景放射

Cosmic Microwave Background Radiation

小松英一郎  
Komatsu Eiichiro

かつて、宇宙は灼熱の  
火の玉であった

現代宇宙論の柱である宇宙マイクロ波背景放射研究の  
トップランナーによる本書を読破すれば、  
この一冊だけで、世界の最先端に追いつける!

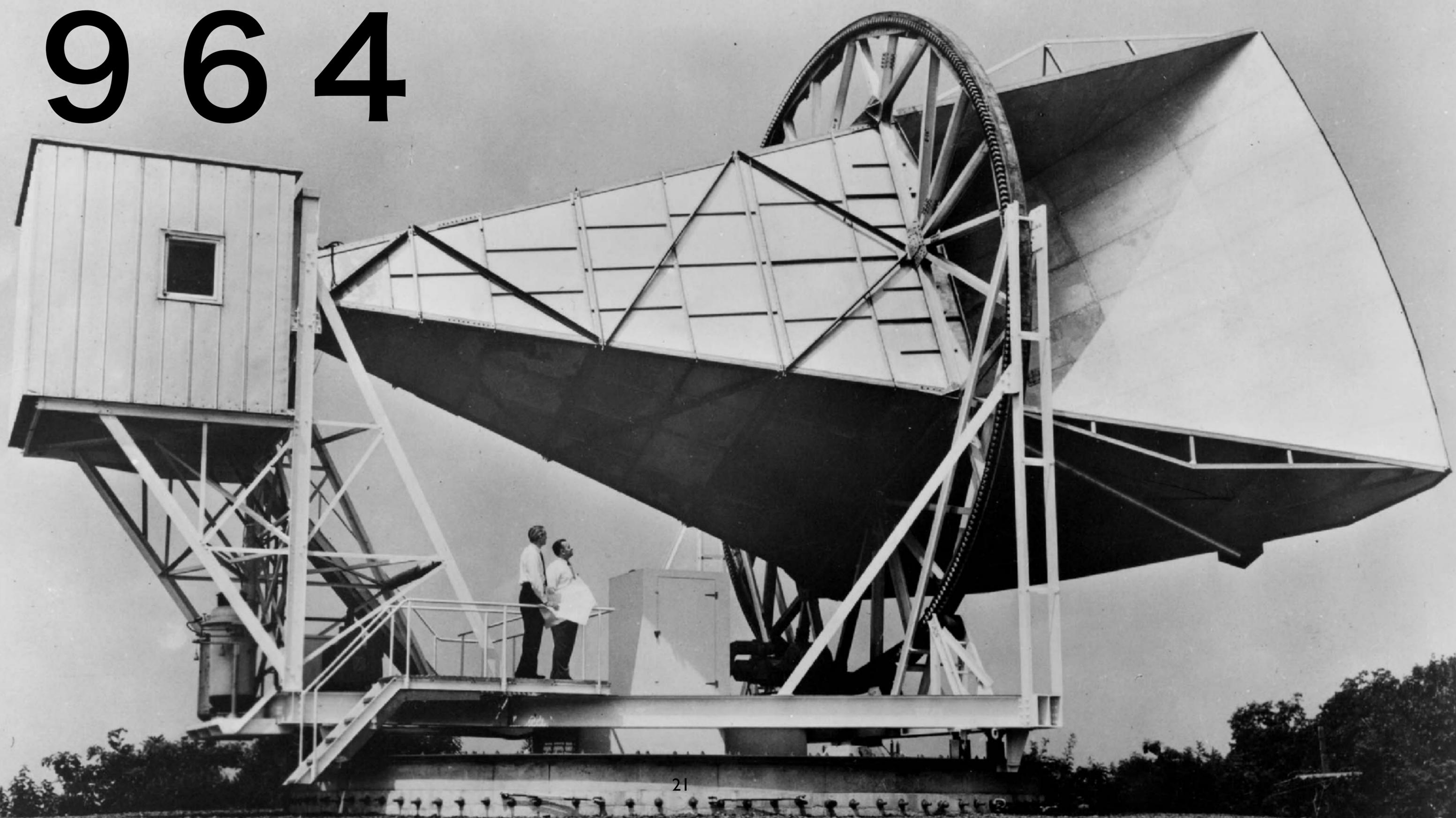
..... [第5回配本] 日本評論社



ヒラーニヤ・パイリス教授 Hiranya Peiris  
(ユニバーシティ・カレッジ・ロンドン)

たとえば、テレビの雑音のうち、1%は  
灼熱宇宙の光！

1964



ミュンヘンのドイツ博物館に展示されている、  
ペンジラスとウィルソンが使ったアンテナの

**1:25モデル**



# ペンジアスとウィルソンによって 実際に使用された測定装置（ドイツ博物館）

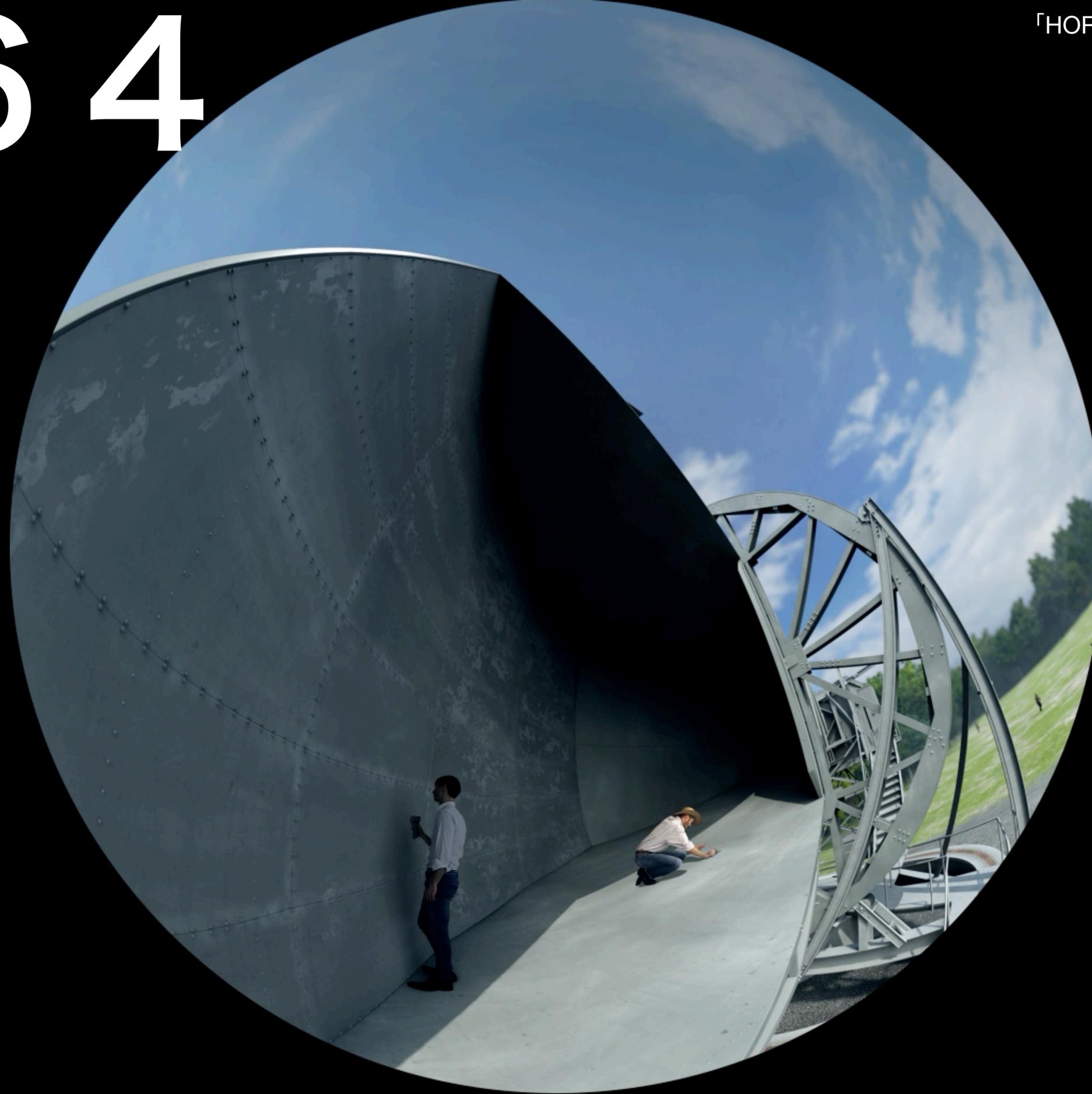


ペンジアスの  
故郷は  
ミュンヘン  
で、彼がド  
イツ博物館  
に寄贈

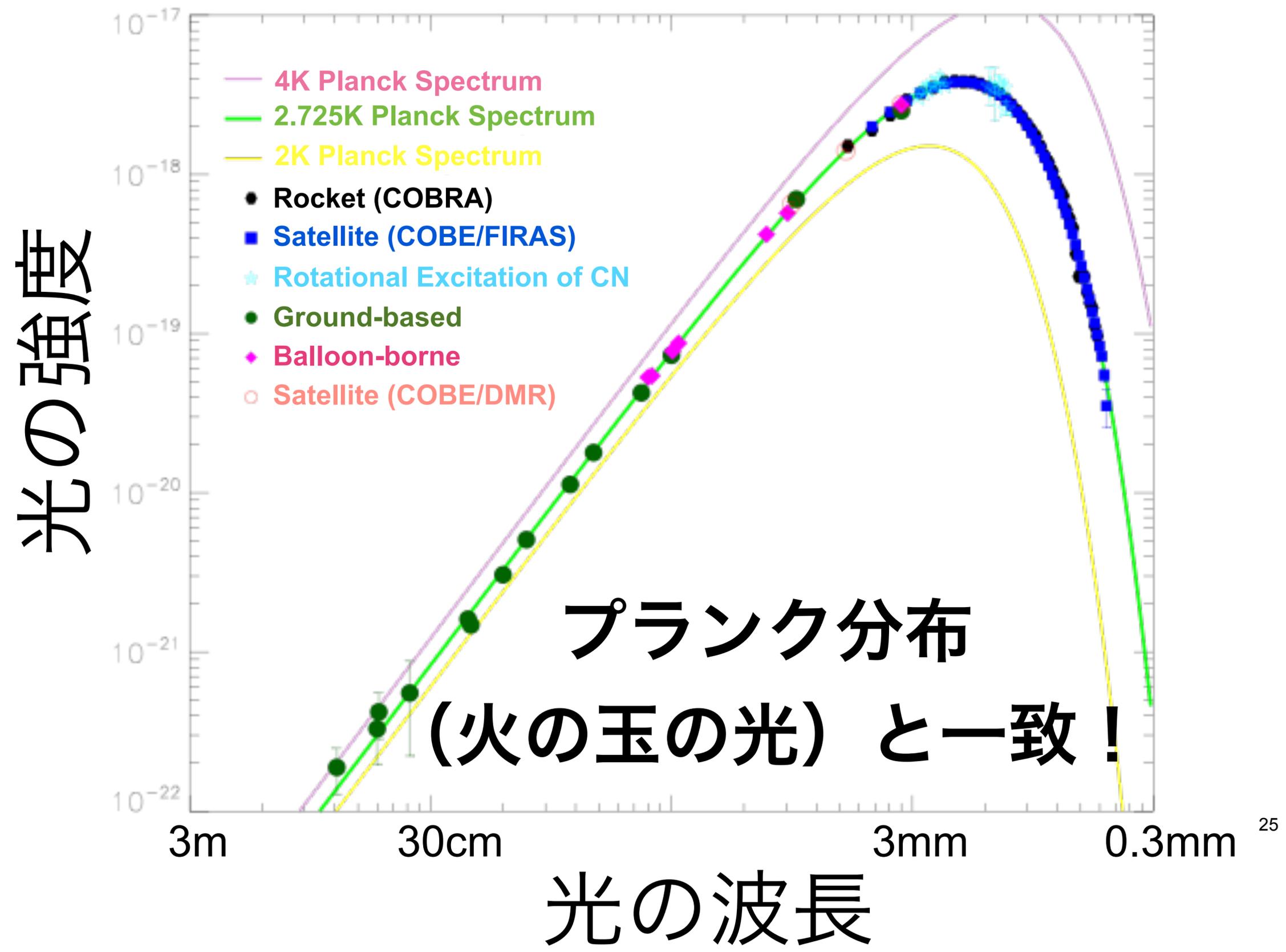


1964

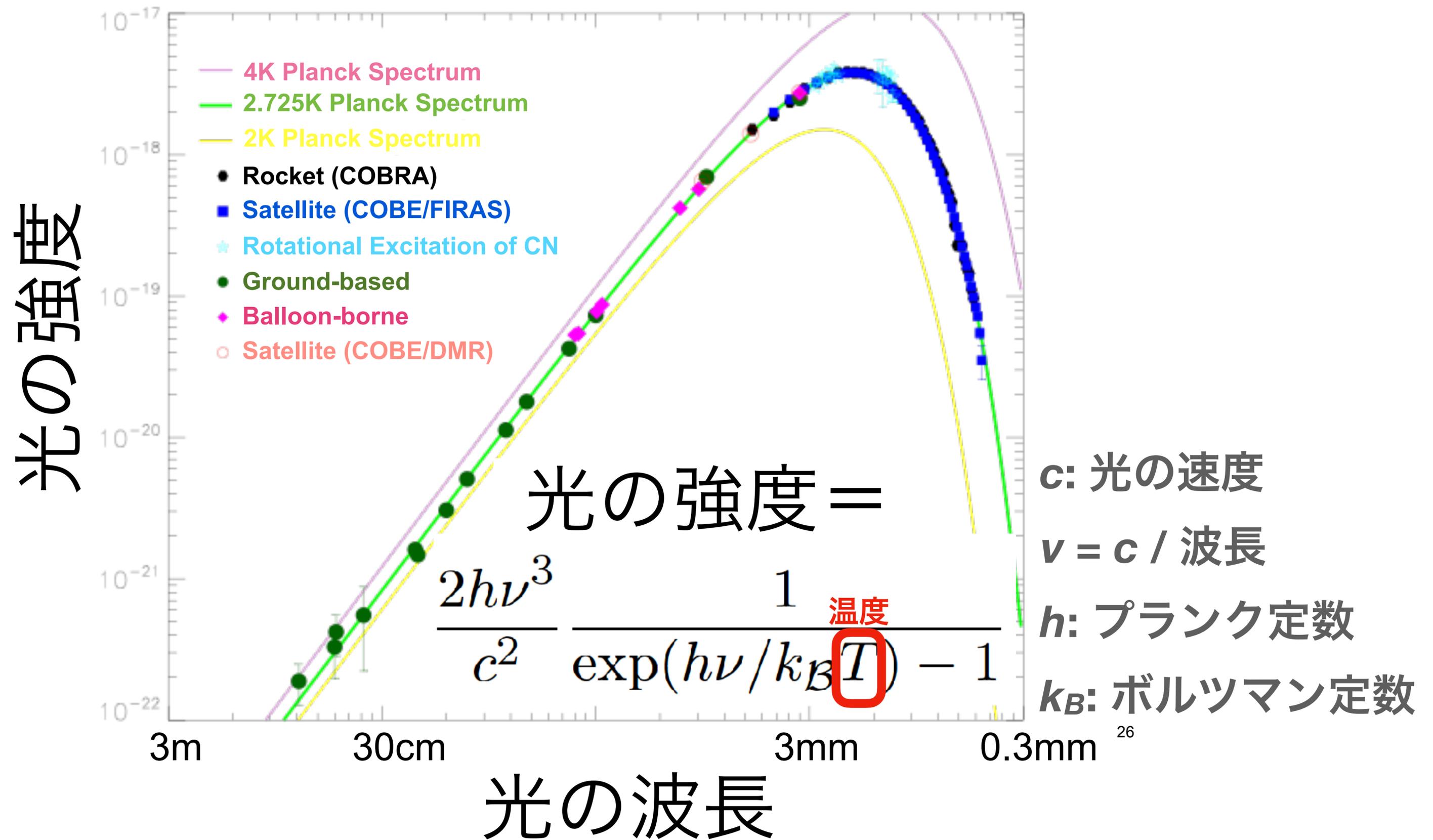
「HORIZON ~宇宙の果てにあるもの~」より



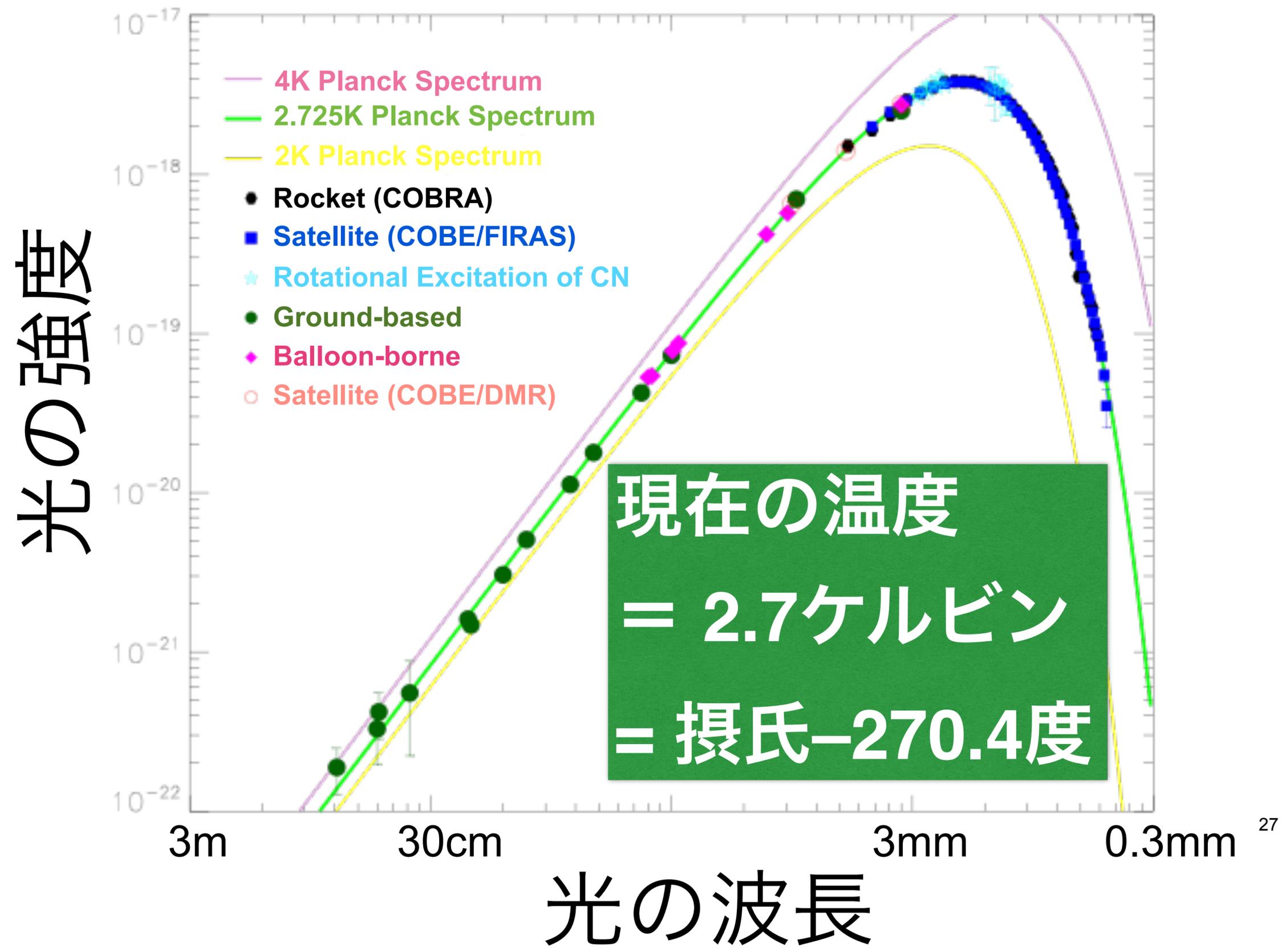
# 宇宙マイクロ波背景放射のスペクトルの測定データ



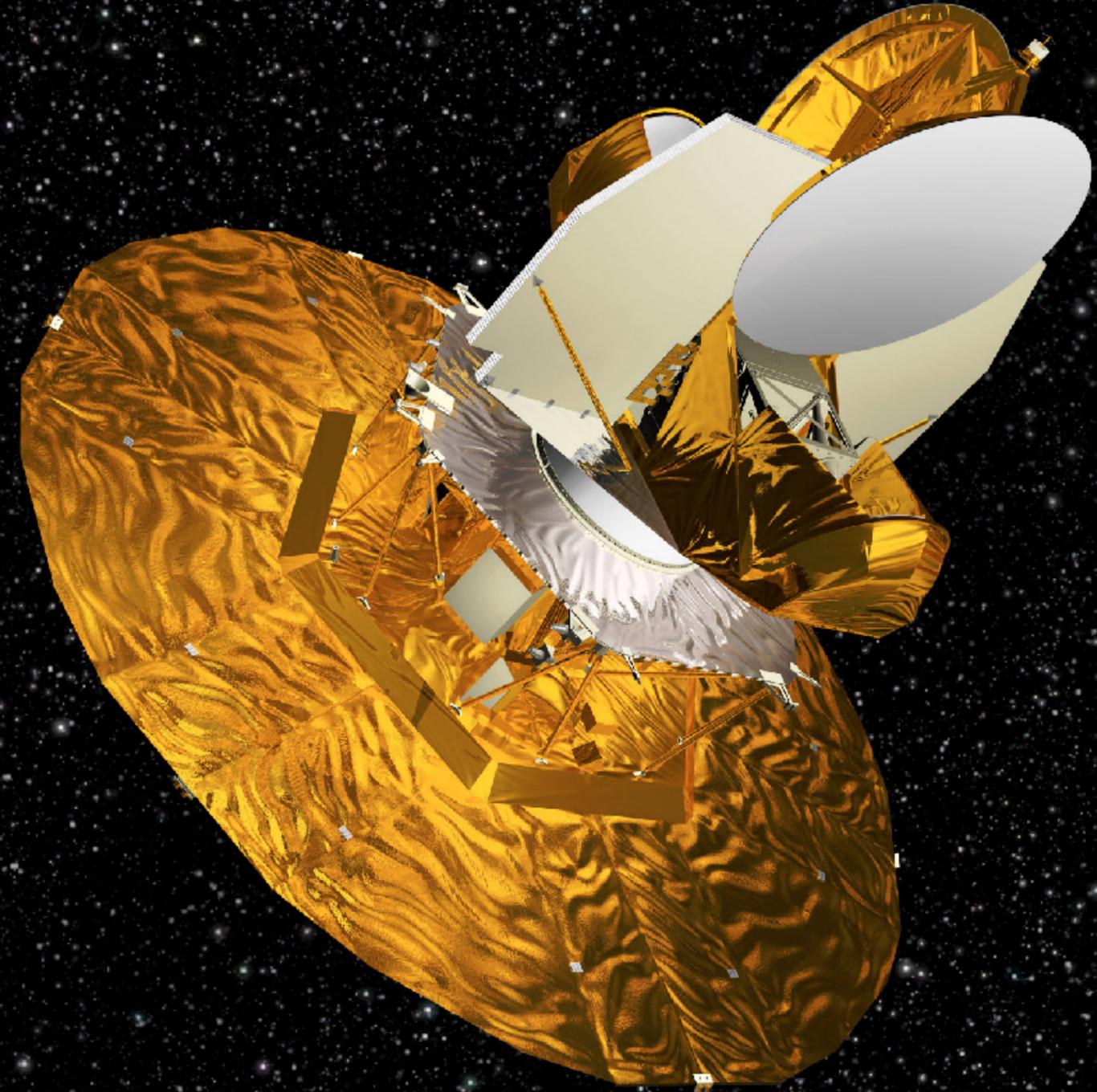
# 宇宙マイクロ波背景放射のスペクトルの測定データ

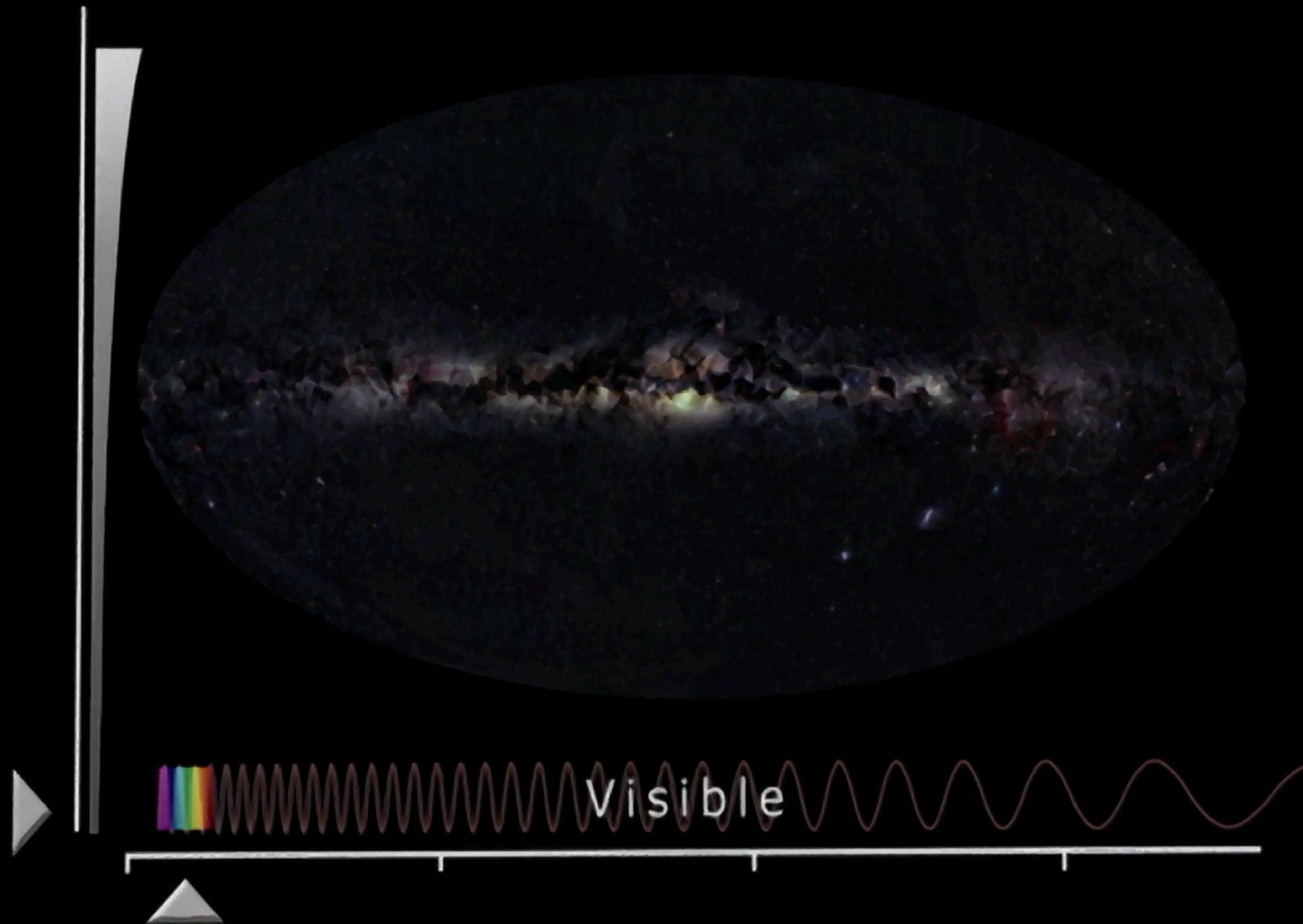


# 宇宙マイクロ波背景放射のスペクトルの測定データ



# 2001 ダブリュ・マップ WMAP





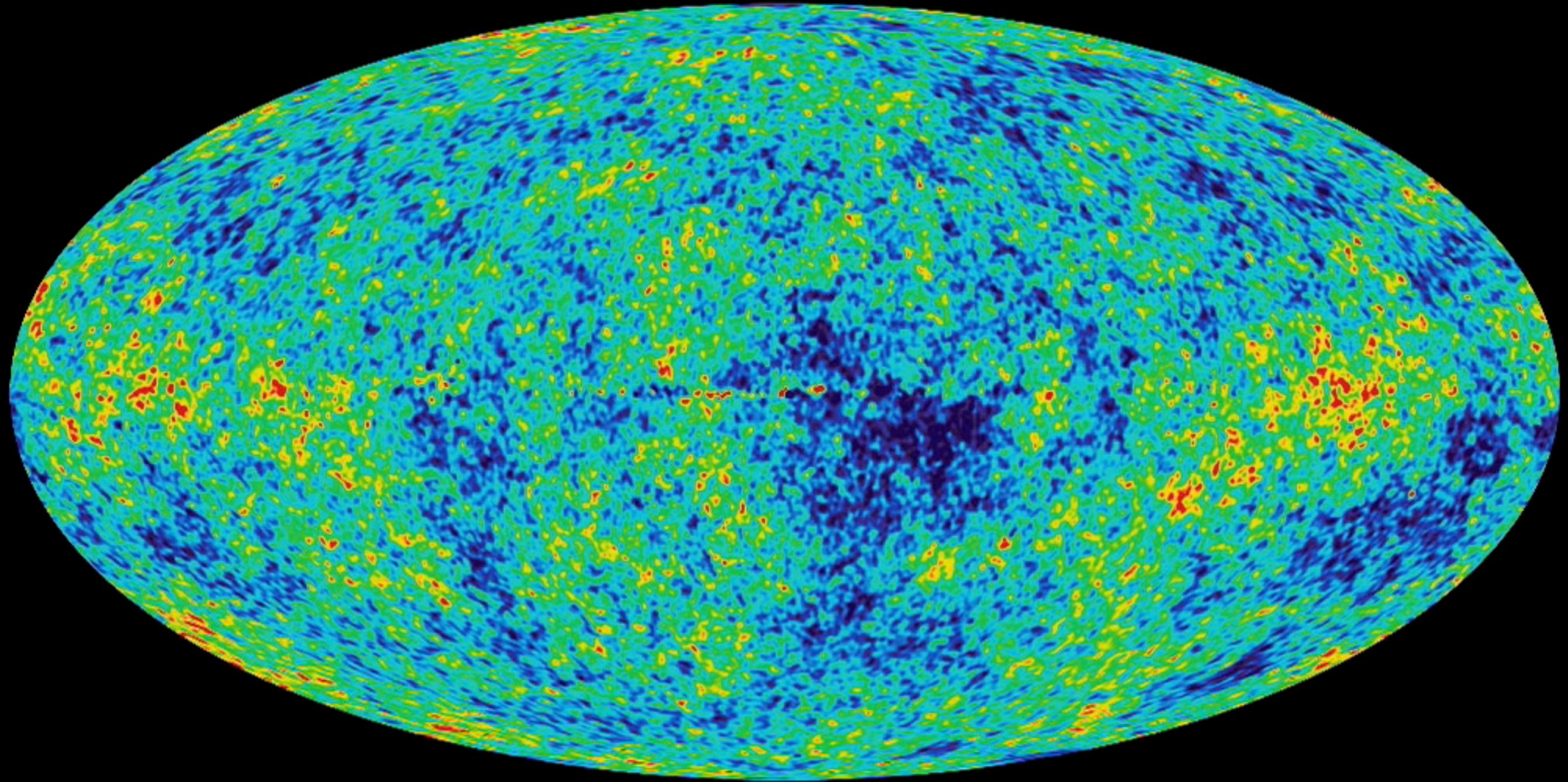
測定データのコントラストを上げて、わずかな温度の変化を捉える

# WMAPチーム (2002年7月19日) プリンストン大学にて



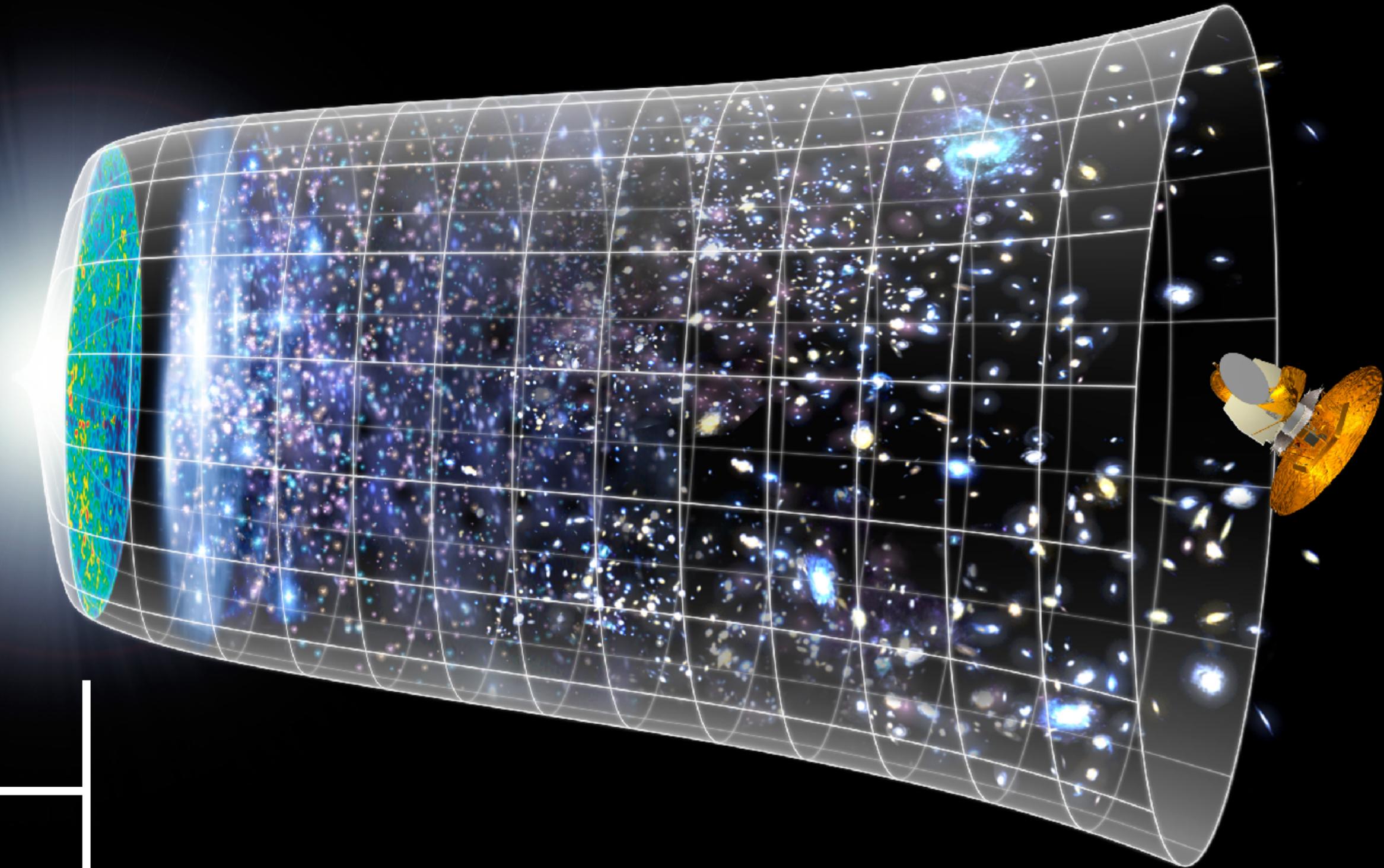
ウィルキンソン博士  
(レジェンド)

# 宇宙の始まりに、私たちの起源が見えた

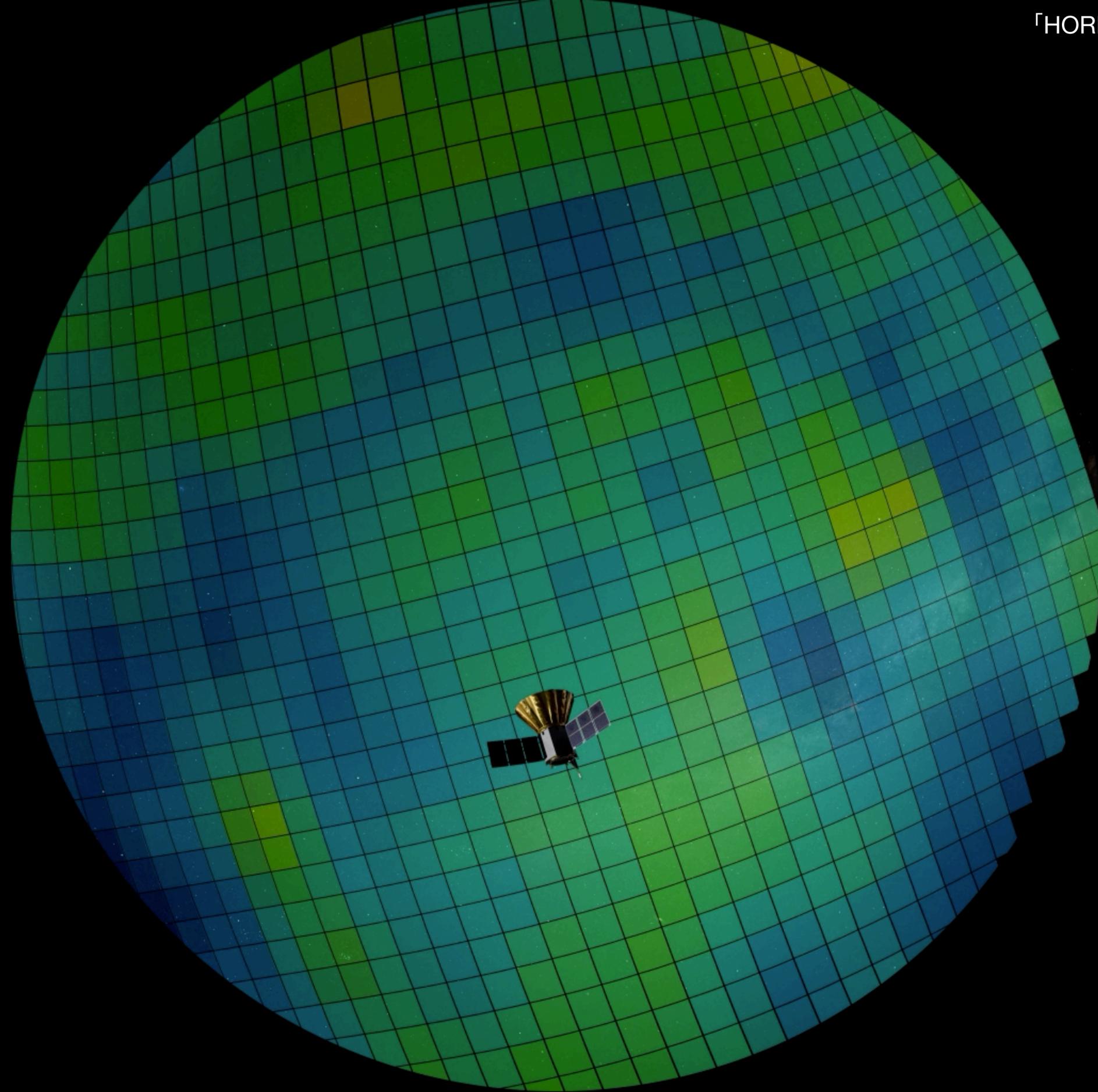


# 私たちの起源

- WMAPが教えてくれたこと。  
それは、銀河、星、惑星、  
そして**私たちの起源は、宇宙  
の始まりの時期に、すでに  
刻印されていたこと。**



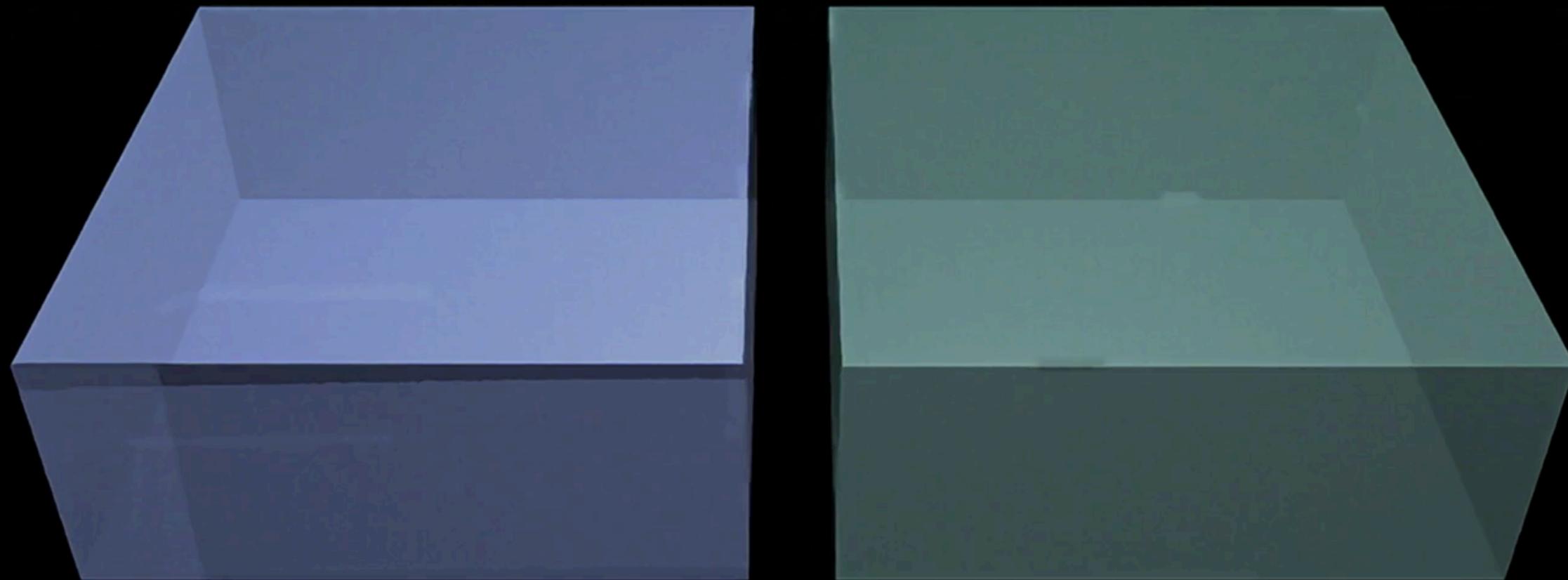
この先は、どうやって見れば良いのか？

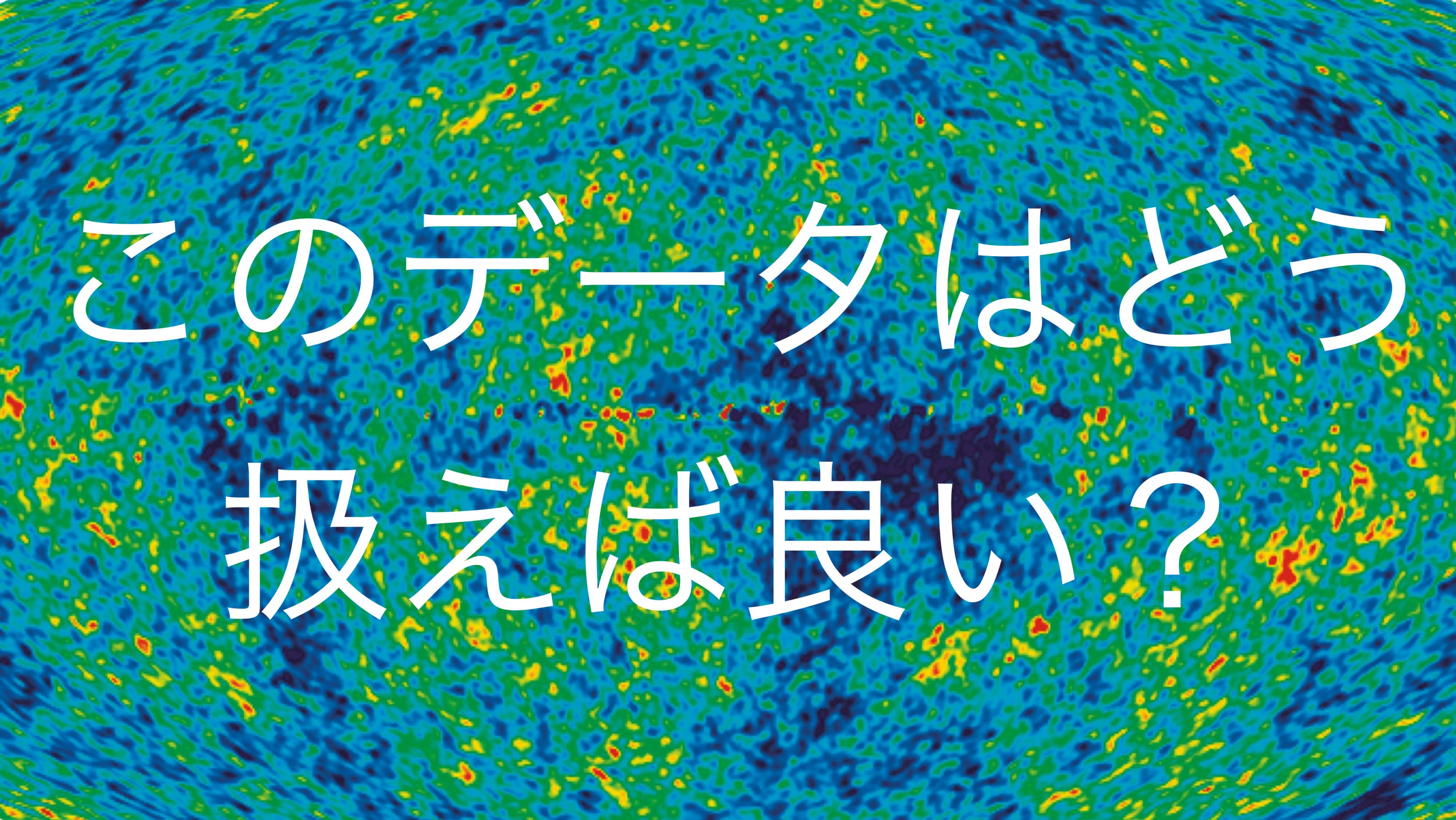




# 宇宙味噌汁

- 宇宙が3000K以上の高温状態にあるとき、宇宙空間の物質はプラズマ状態（電離状態）にあり、それはまるで、味噌汁のように振る舞う。
- 味噌汁に、お豆腐を投げ入れたり、味噌の濃さを変えてみたりしてみよう。
- そして、味噌汁にたつさざ波を観測する姿を想像してみよう。

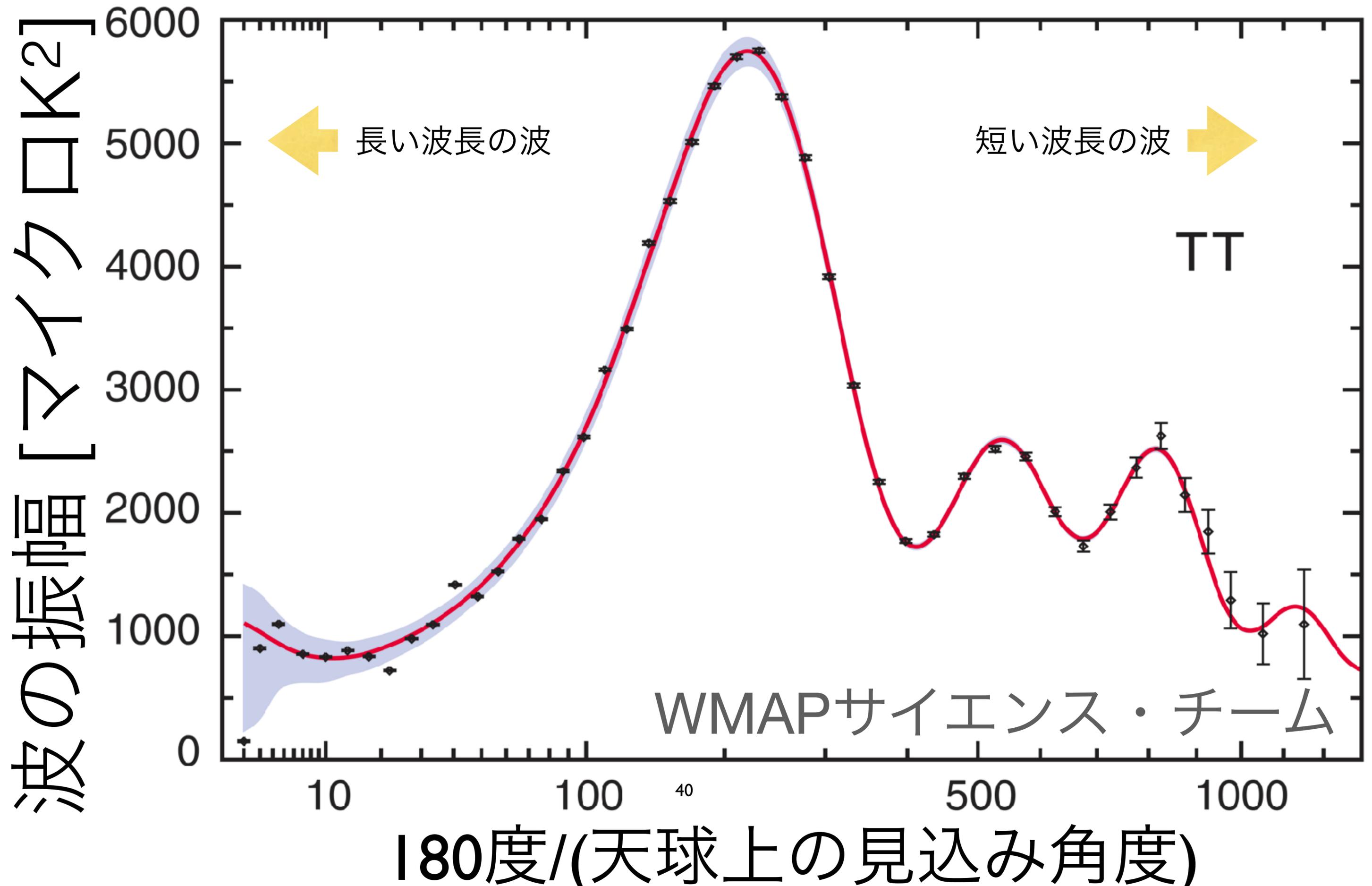




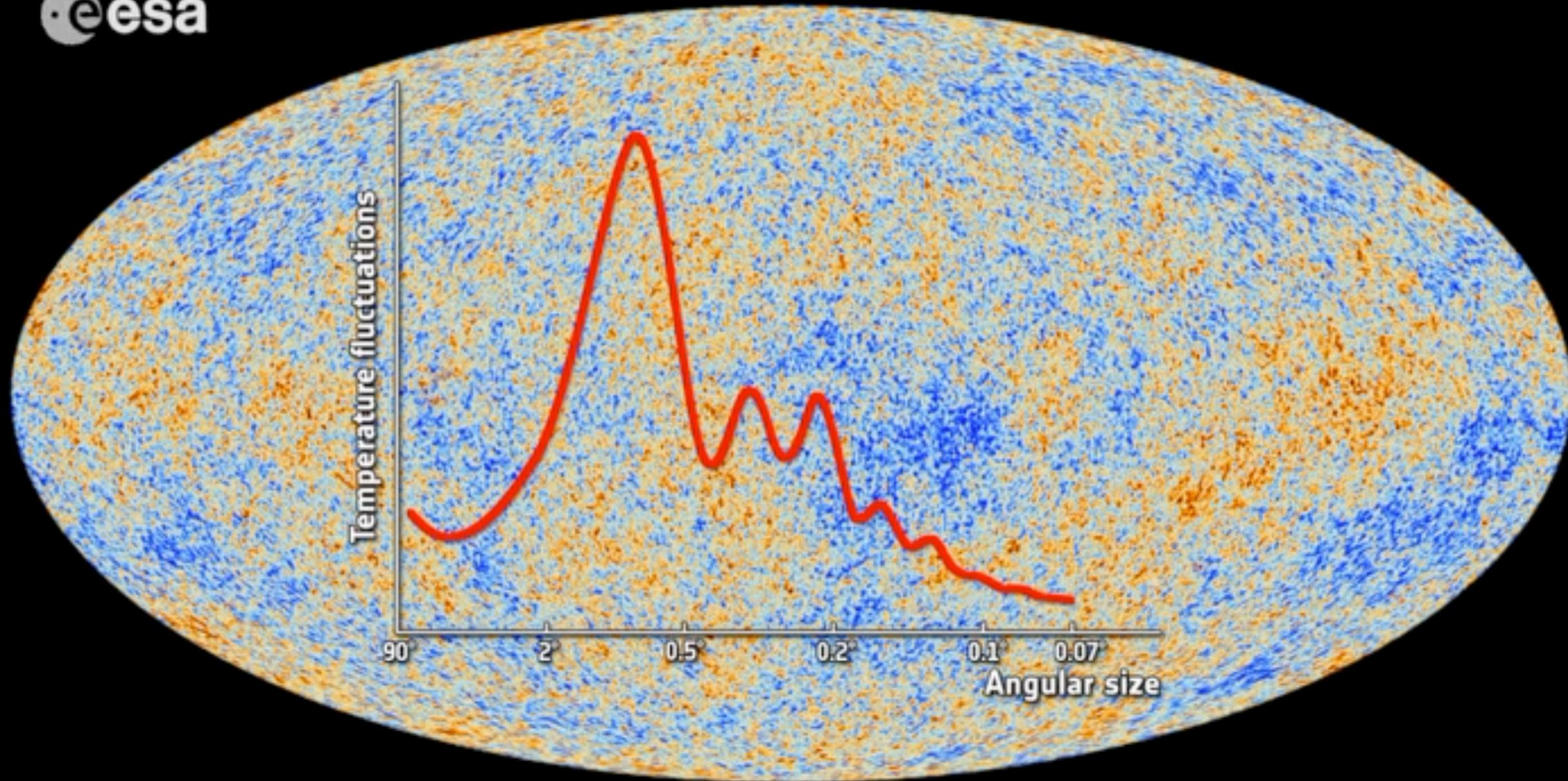
このデータはどうか  
扱えば良い？

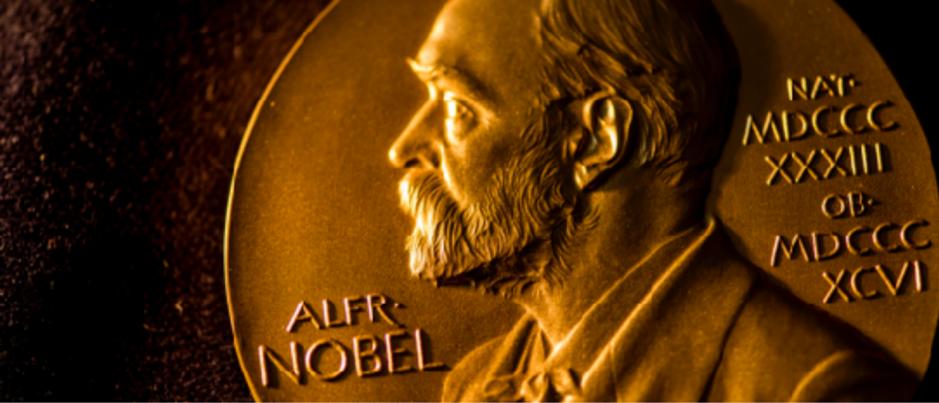
# データ解析

- 天球の場所ごとの温度の違いを、様々な波長を持つ波に分解して、
- それぞれの波長の振幅を図にしてみます。



# データ解析：温度の分布を波に分解する





The Royal Swedish Academy of Sciences has decided to award the 2019 Nobel Prize in Physics to

**JAMES PEEBLES**

"for theoretical discoveries in physical cosmology"

# 灼熱の宇宙を伝える音波 の存在は、理論的に予言 されていた (1970年)

## James Peebles (ジェームズ・ピーブルズ) Facts



James Peebles  
The Nobel Prize in Physics 2019

Born: 1935, Winnipeg, Canada

Affiliation at the time of the award: I  
Princeton, NJ, USA

Prize motivation: "for theoretical dis  
cosmology."

Prize share: 1/2

**THE ASTROPHYSICAL JOURNAL**, 162:815–836, December 1970

© 1970 The University of Chicago All rights reserved Printed in U.S.A.

### PRIMEVAL ADIABATIC PERTURBATION IN AN EXPANDING UNIVERSE\*

P. J. E. PEEBLES†

Joseph Henry Laboratories, Princeton University

AND

J. T. YU‡

Goddard Institute for Space Studies, NASA, New York

*Received 1970 January 5; revised 1970 April 1*

Ill. Niklas Elmedhed. © Nobel



インド・ゴアで開催された研究会にて (2011年12月)

# 灼熱の宇宙を伝える音波 の存在は、理論的に予言 されていた (1970年)

*Astrophysics and Space Science* 7 (1970) 3–19. All Rights Reserved  
Copyright © 1970 by D. Reidel Publishing Company, Dordrecht-Holland

## SMALL-SCALE FLUCTUATIONS OF RELIC RADIATION\*

R. A. SUNYAEV and YA. B. ZELDOVICH

*Institute of Applied Mathematics, Academy of Sciences of the U.S.S.R., Moscow, U.S.S.R.*

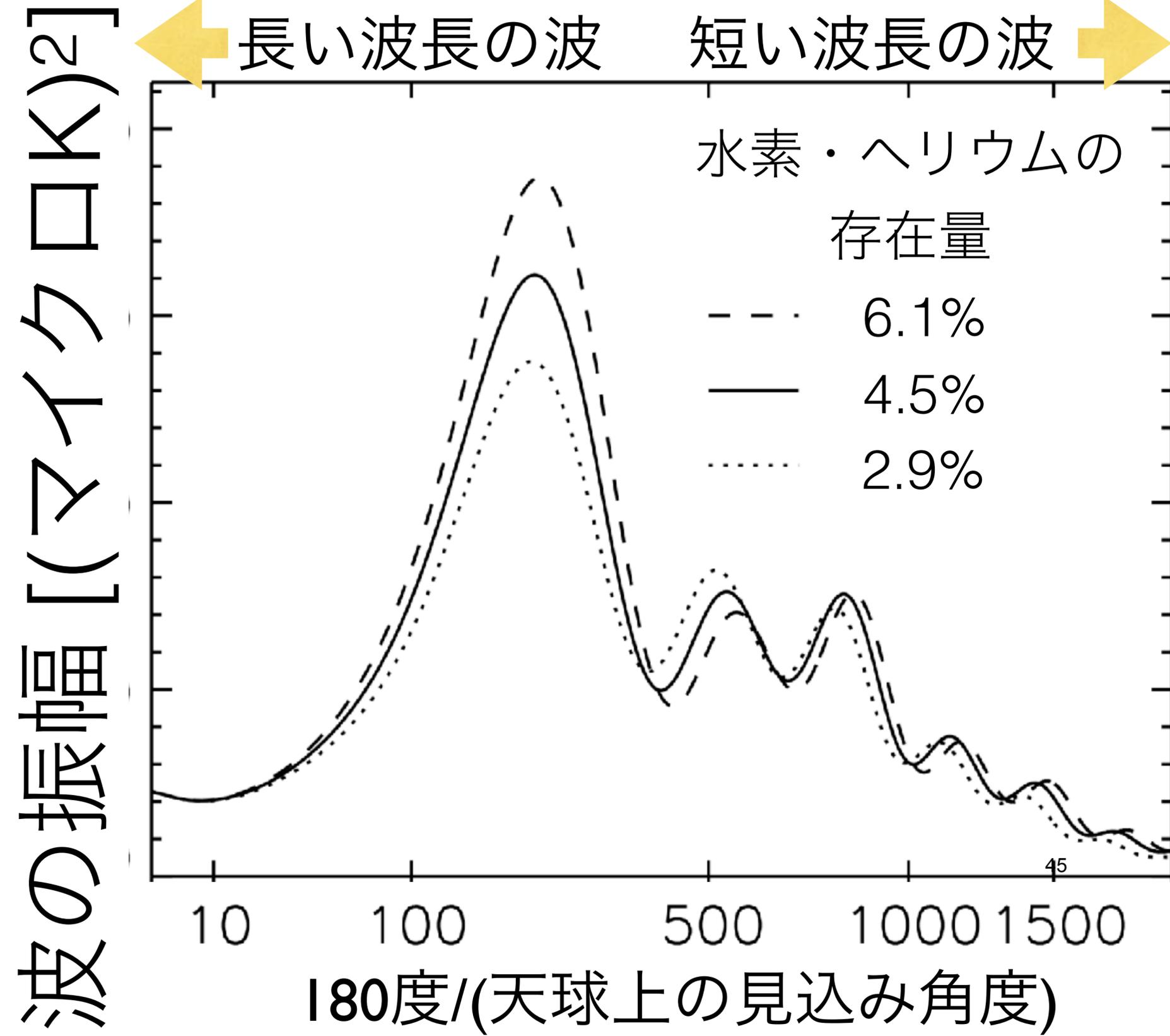
(Received 11 September, 1969)

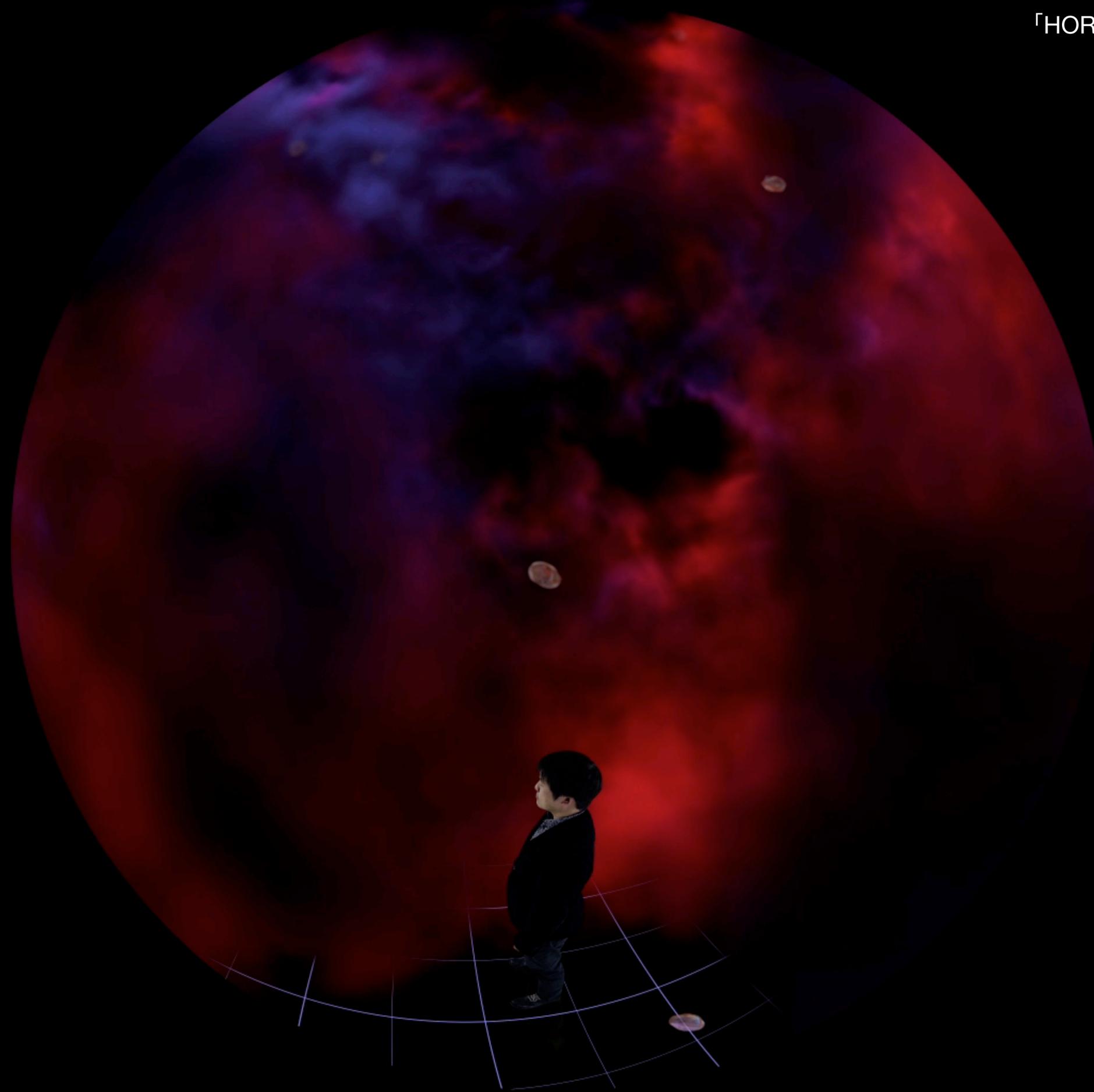
The Franklin Institute  
of Physics



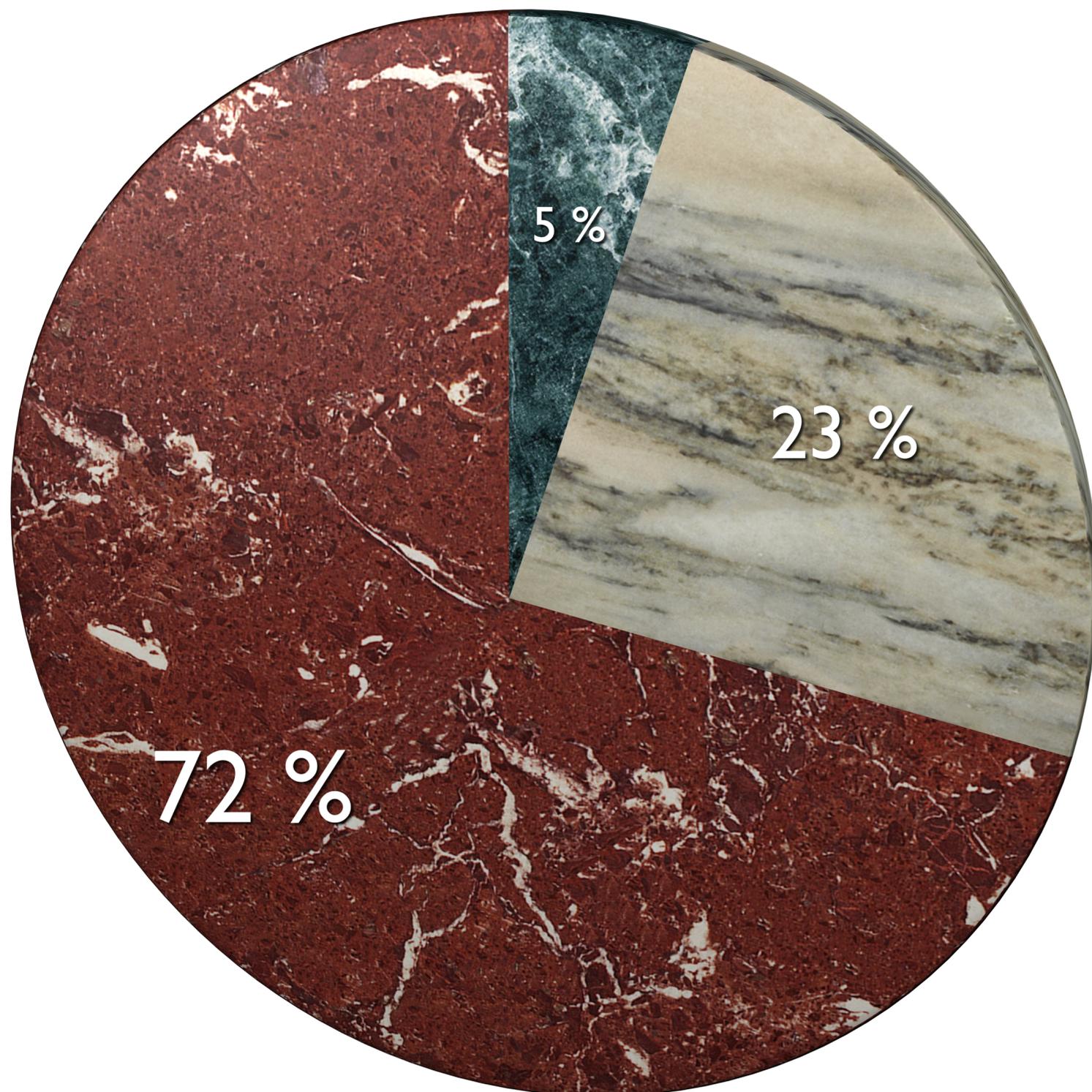
プリンストン大学にて

# 波形を用いて水素・ヘリウムを測る



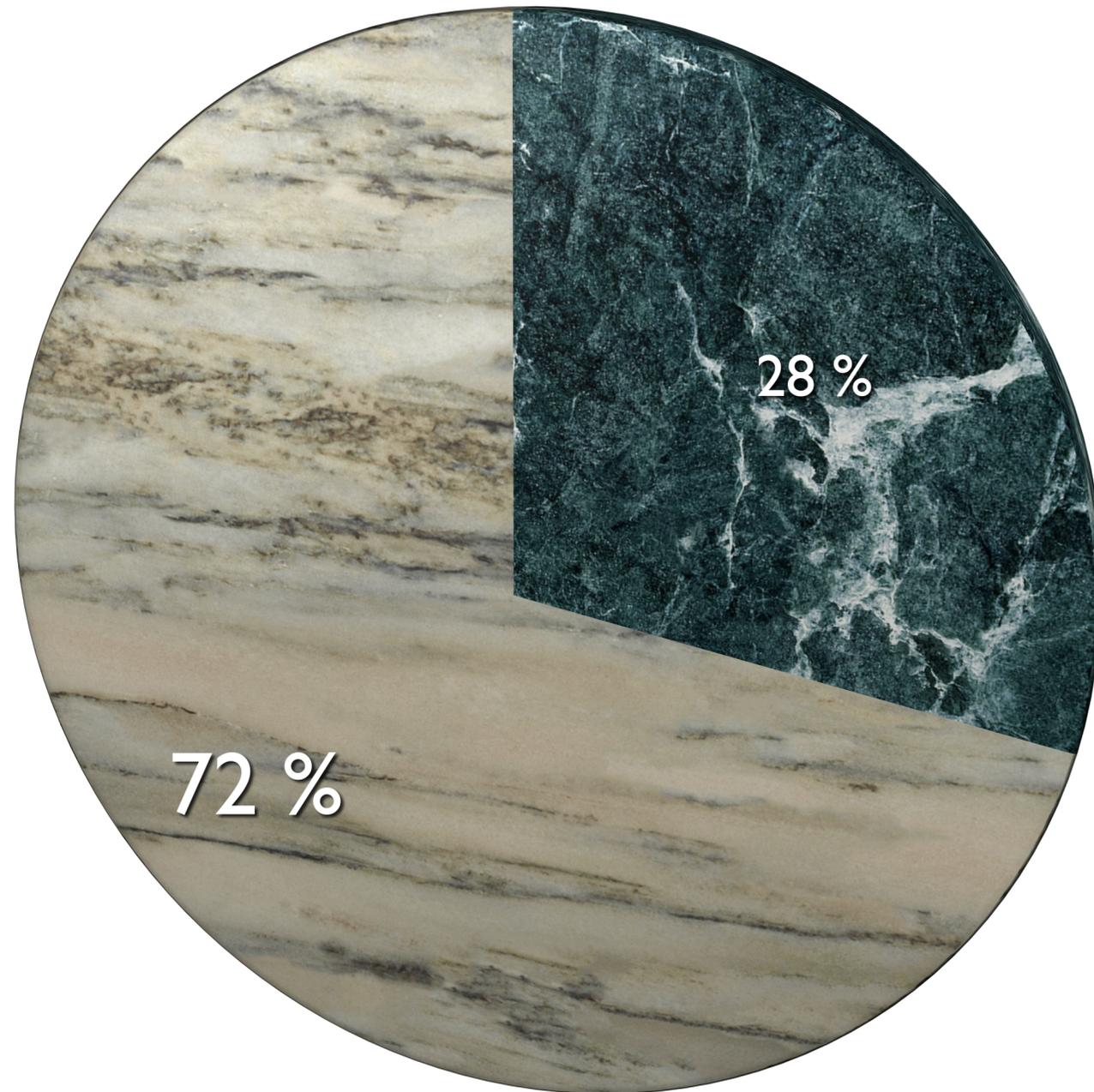


## 宇宙の組成表



- WMAPにより、宇宙の組成が決められた。
- 結果、**我々は、宇宙の組成の95%を理解できていない**事を知ってしまった...

# 宇宙の組成



現在の宇宙の組成の7割は、  
物質ですらない  
不可思議なエネルギーで  
満ちている！



物質  
暗黒エネルギー

# 物質と宇宙膨張

- 物質のない、空っぽの宇宙はどのように膨張する？

-答：膨らむ速度が一定のまま膨張する。

- 物質のある宇宙はどのように膨張する？

-答：物質の重力に引っ張られ、速度はだんだん遅くなる。

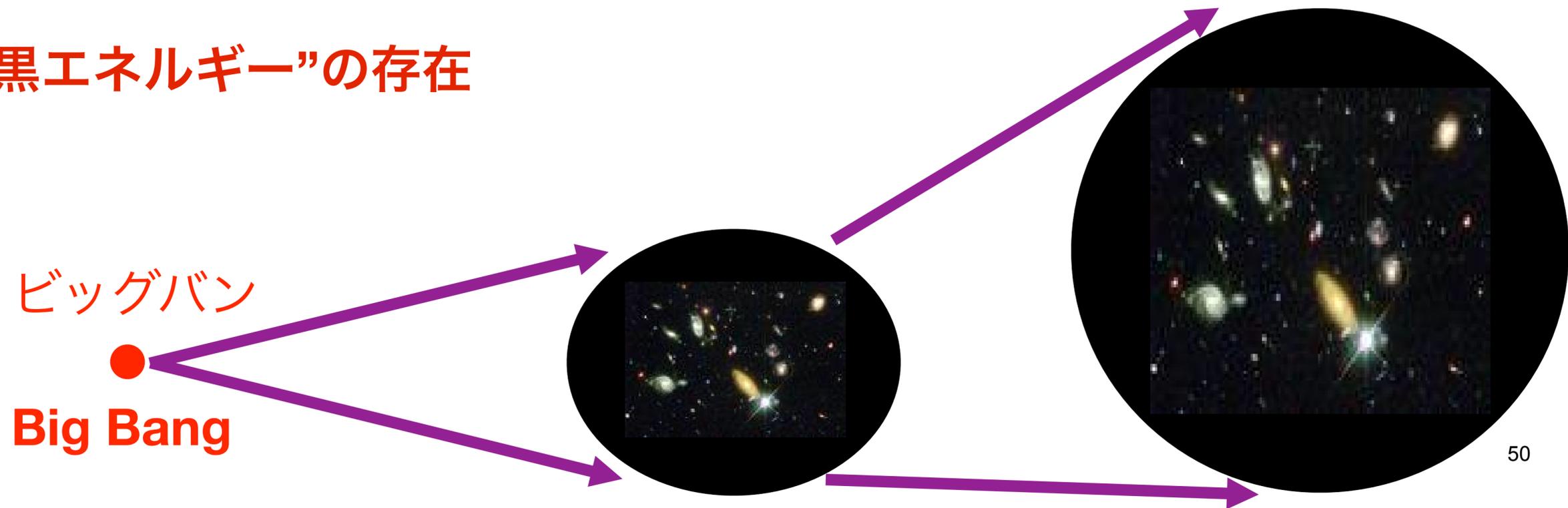
- 物質のありすぎる宇宙は、いずれつぶれてしまう。

-火の玉宇宙に逆戻り！



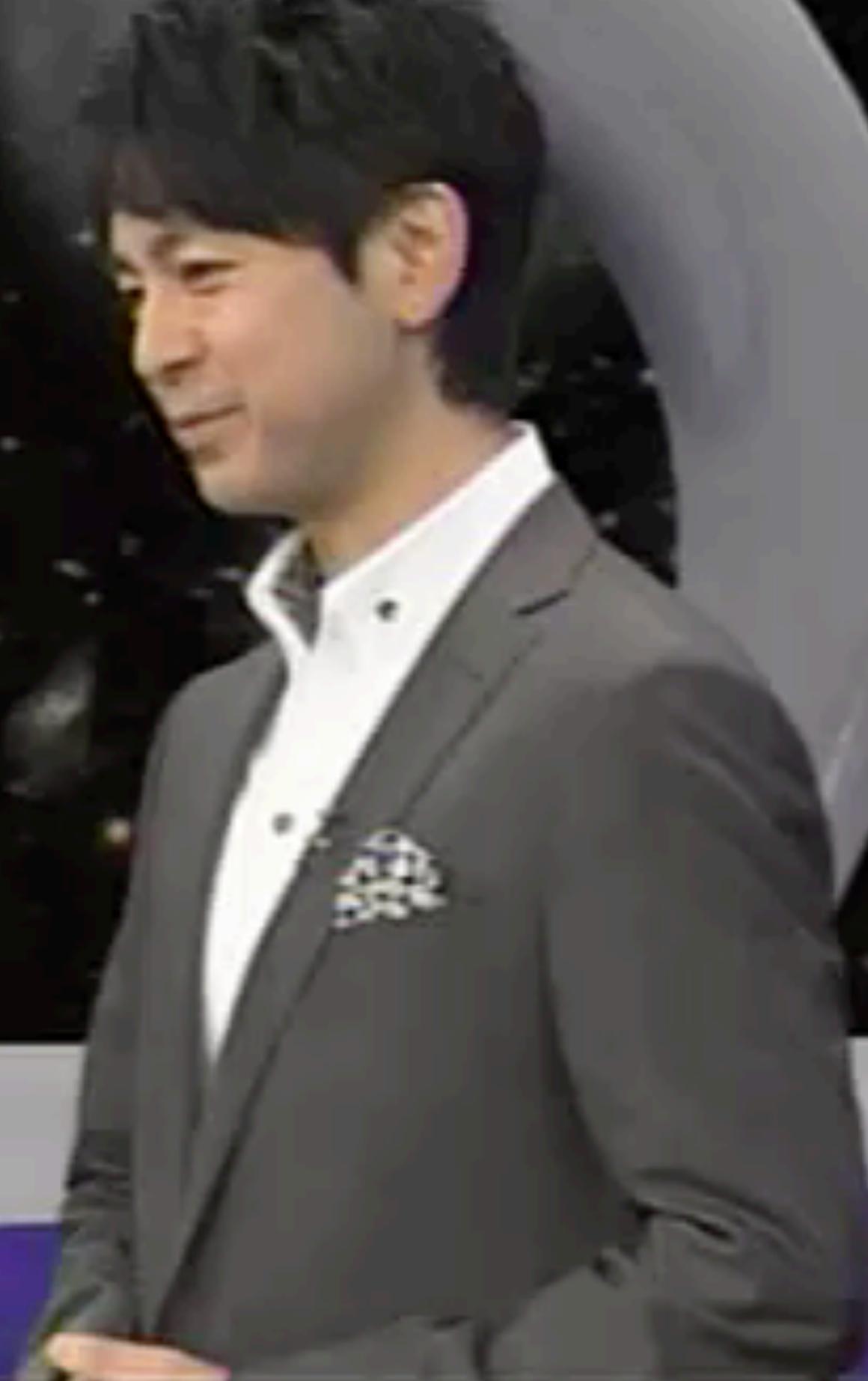
# 加速膨張する宇宙

- 物質のある宇宙はどのように膨張する？
  - 答**：物質の重力に引っ張られ、速さはだんだん遅くなる。
- しかし、観測は宇宙膨張がどんどん速くなっていると示している。
  - その原因は、物質ではあり得ない。
  - “暗黒エネルギー”の存在**



リンゴを投げ上げる事  
を想像してみよう

ZERO

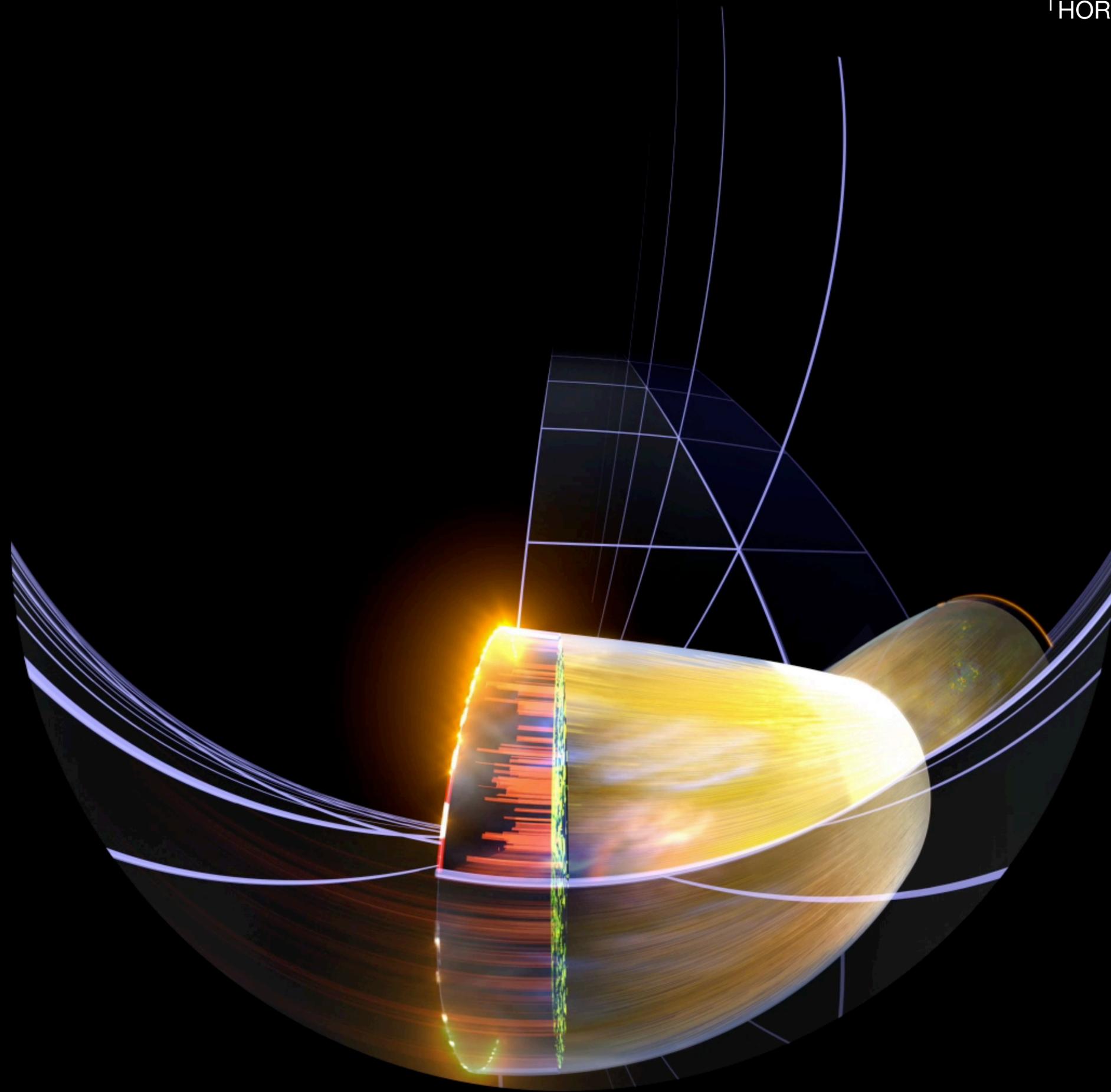




暗黒エネルギーが支配する場合

# 大問題

- 宇宙の加速膨張が何で引き起こされているか、まだ全くわかっていない
- わかっているのは、「物質では不可能」ということだけ
- **天文学・物理学最大の難問といわれている**



# 宇宙の終わりを決める鍵

- 宇宙の将来を決めるのは、暗黒エネルギーの性質による。
- しかし、それは分かっていないので、宇宙の将来はまだはっきりしない。
- 宇宙は、本当にうまい具合に調整されているのか？
- 宇宙に終わりがあるとするなら、どう終わるのか？
- **鍵は、暗黒エネルギーが時間と共にどう変化するのか。**

ビッグ (Big)

リップ (Rip)

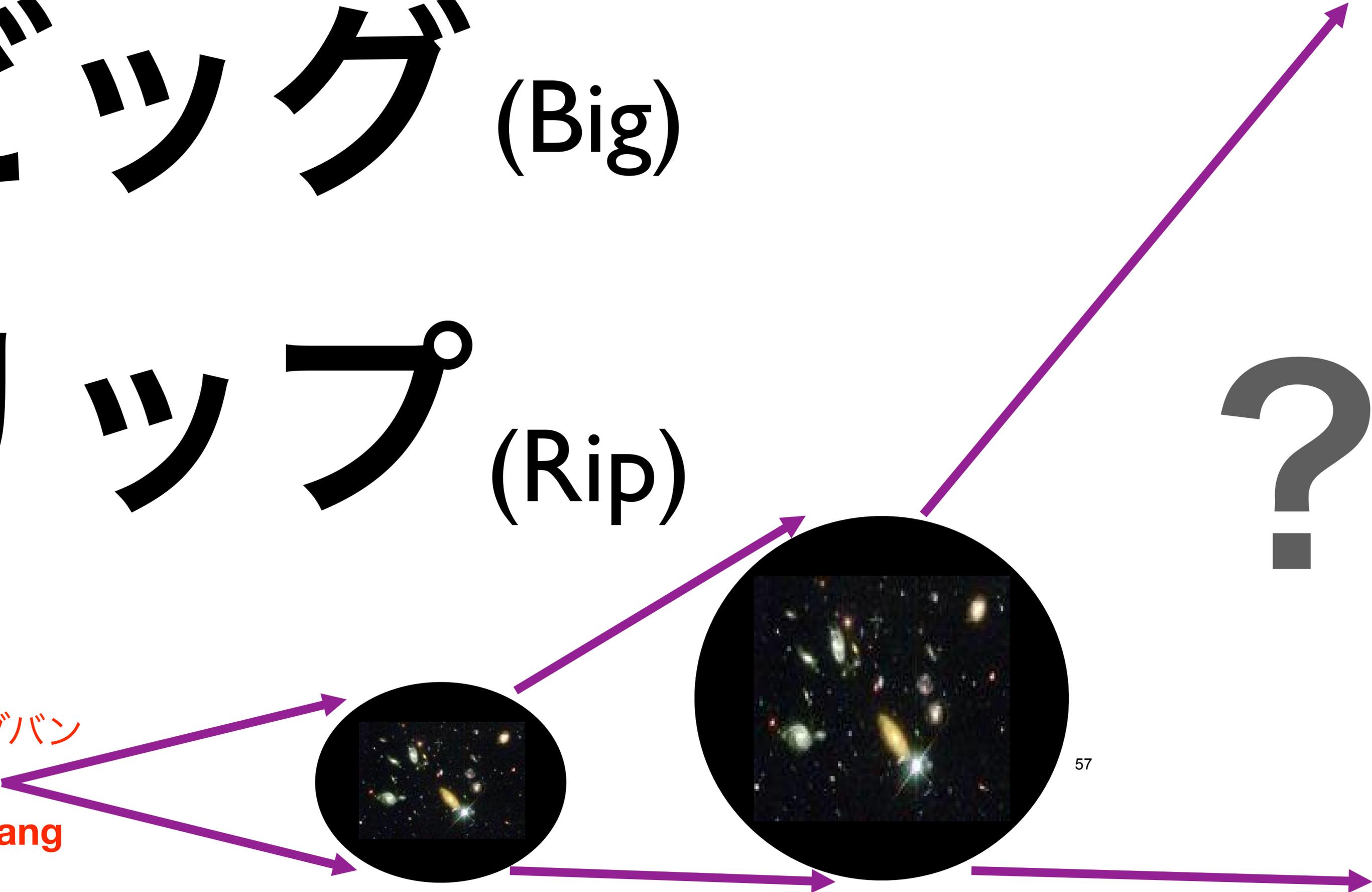


ビッグバン

Big Bang



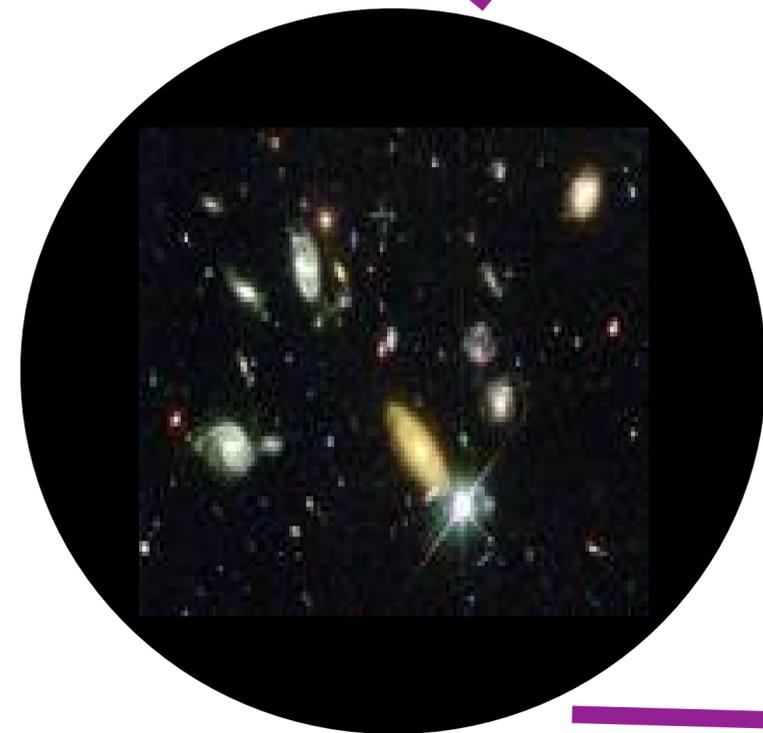
57



暗黒エネルギーで  
引き起こされる

(かもしれない)

宇宙の破滅的未来



58





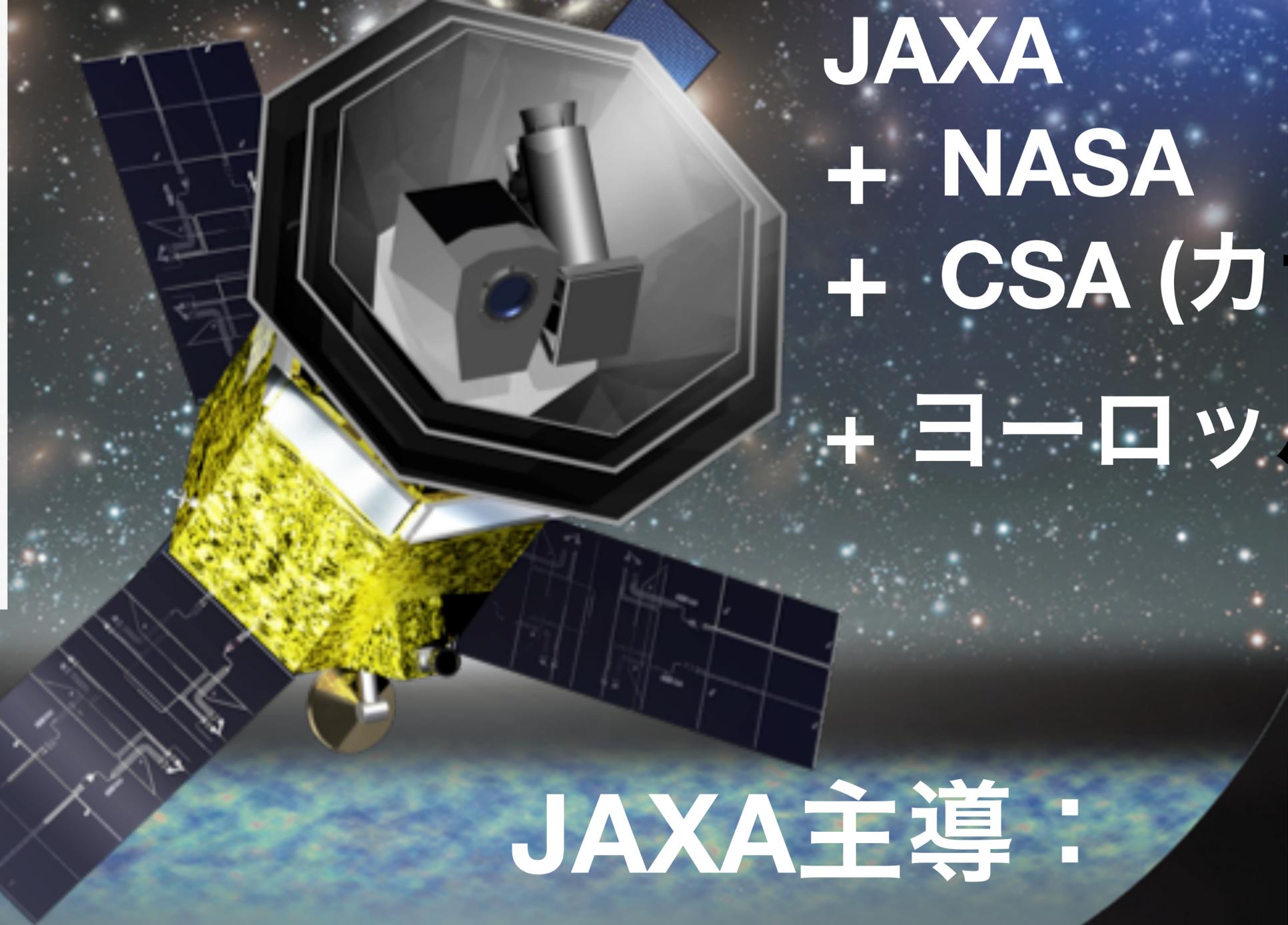
衝撃の終末  
ビッグリップ



# 次の課題

## 宇宙の始まり、そして終わり

- 僕たちの研究チームでは、以下の問いに答えるために、新しいプロジェクトを進めています。
- **宇宙の始まり**：灼熱の宇宙に存在した物質の不均一性はどこから来たのか？
- **宇宙の終わり**：暗黒エネルギーはどのように時間変化するのか？



JAXA  
+ NASA  
+ CSA (カナダ)  
+ ヨーロッパ

2029  
LiteBIRD  
ライトバード

JAXA主導：  
日本主導では初の  
宇宙背景放射探査機

日本経済新聞出版社より発売中。

Kindle版もあります。

今日お話しした内容を、  
小説家の川端裕人さんの  
文章でお楽しみ頂けます



インフレーションと暗黒エネルギー  
**宇宙論の現場を  
体感してみよう。**

小説家と天文学者のコラボによって、観測的宇宙論の最前線に迫る。  
誰もが宇宙の謎に近づけるユニークな1冊!

 日経プレミアシリーズ

よ  
うこそ、宇宙論の黄金時代へ！  
観測技術

なぜ、天文学を研究するのか？

なぜ、天文学を研究するのか？

答え：宇宙が好きでたまらなくて、  
宇宙のことなら全部知りたいから。

# 宇宙のことを知りたいなら、ネットで検索すれば？

- ネットで得られる程度の知識は、すでに全部頭に入っています。
  - ていうか、ネットで得られる知識の一部は、僕たちの発見です。
- でも、全然足りない。もっと知りたい。
- 今日お話しした、**宇宙はどうやって始まったのか？ 宇宙は何からできているのか？ 宇宙に終わりがあるとするならば、どのように終わるのか？**これらは、まだ分かっていないことばかりでした。
- 誰も知らないのだから、自分で知るしかないでしょう？
- **それが研究です。** 勉強ではありません。
  - 勉強とは、すでに誰かによって得られた知識を学ぶこと。

# 一つの質問と、二つの答え

- 天文学の研究は、生活の役に立つのですか？
- 僕は、答えを二つ用意しています。
- しっくり来た方を選んでもらえれば結構です。

# 天文学の研究は、生活の役に立つのですか？

## 答え：その1

- 答え：「もちろん、役には立ちません。」

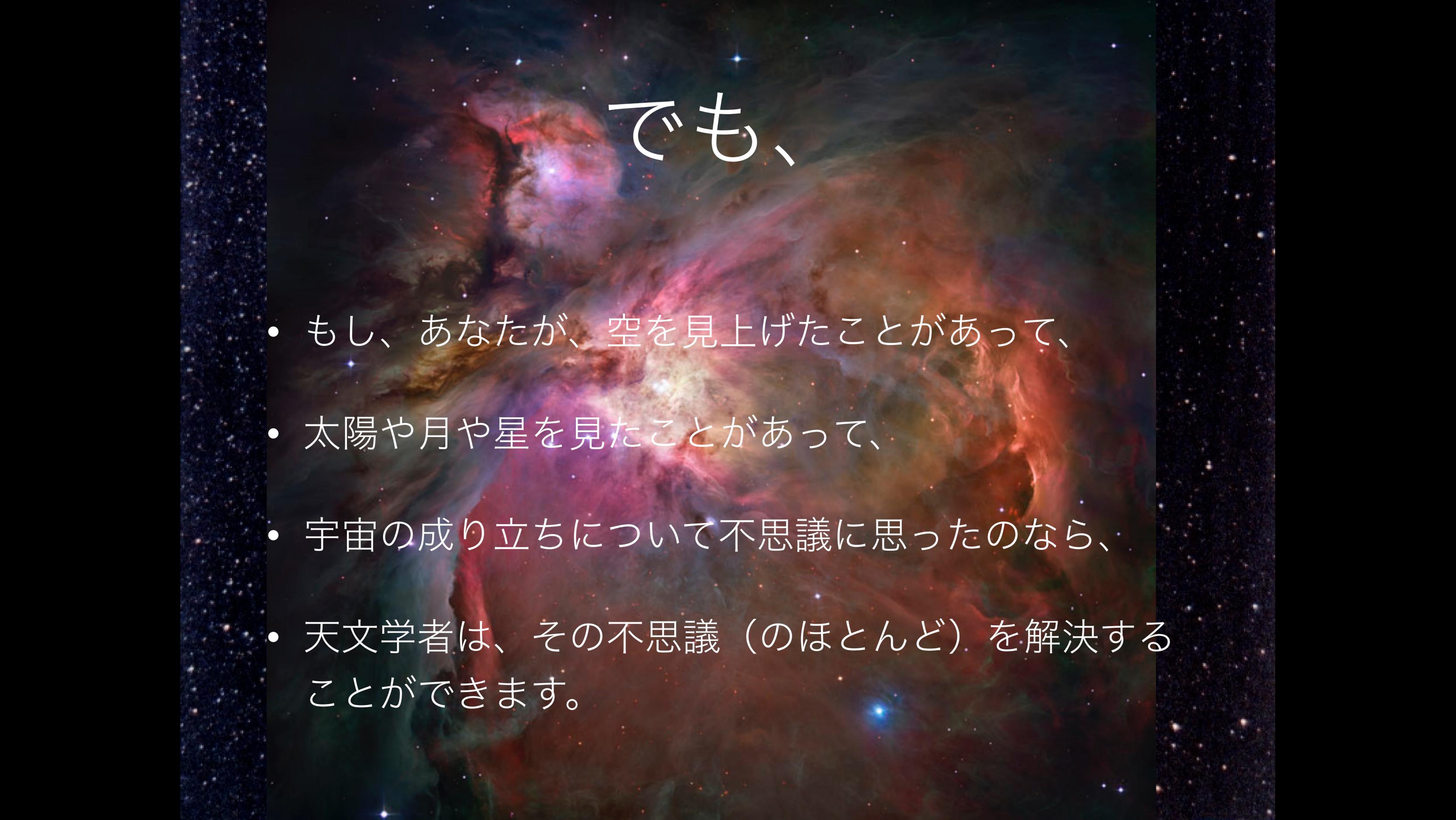


# 生活の役には立ちません

- もし、あなたが、空を見上げたことがあって、
- 太陽や月や星を見たことがあって、
- 何も感じなかったのであれば、
- 天文学者は、あなたにとって、意味のない存在です。







でも、

- もし、あなたが、空を見上げたことがあって、
- 太陽や月や星を見たことがあって、
- 宇宙の成り立ちについて不思議に思ったのなら、
- 天文学者は、その不思議（のほとんど）を解決することができます。

# 素晴らしきかな、 役に立たないもの

- 絵画、彫刻、音楽、演劇、TVドラマ、お笑い芸人などなど。
- たとえば、これら「エンターテインメント」と呼ばれるものは、実生活の役にはたちませんが、**それに興味がある人にとってみれば**、生活にうるおいを与えてくれるもの、ですよ。

- 天文学が役に立つか、立たないか、と考えたときは、**天文学も、エンタメのようなもの**だと思ってくれば結構です。
- 「宇宙ってどうなっているんだろう」と、不思議に思ったなら...
- 宇宙のことを必要以上に良く知っていて、最先端の知識を喜んで共有してくれる人たち、それが天文学者です。
- 必要なときに、必要なだけ、使ってもらえれば幸いです。

# 一例

- たとえば、ふと、「**宇宙に始まりがあるなら、今の宇宙は何歳なんだろう？**」と思ったとします。
- 今の、インターネットな世の中では、検索するだけで、答えは「**138億歳**」とわかると思います。
- みなさんは、一瞬で答えを知ることができます。

# 一例

- でも、宇宙年齢は138億歳ってことを、誰が見つけたと思います？
- 天文学者が、**一から宇宙望遠鏡を作って、それを用いて何年も観測して、がんばって見つけた**ものです。
- 宇宙の年齢なんて、知らなくても生きていけるけど、知ってたらちょっと嬉しい。そんなささいな喜びの積み重ねがないと、人生、やってられないと思いませんか？



# 学者のよろこび

- ほとんどの人にとってみれば、とるに足りないささいなことが、好きで、好きで、好きで、好きで、あまりにも好きすぎて、その追求を仕事にしてしまった人たちのことです。
- 僕たち学者のよろこびは、**自分が知りたいことを、自分の手で明らかにすること**です。

# 学者のよるこび

- 僕たち学者のよるこびは、**自分が知りたいことを、自分の手で明らかにすること**です。
- そして、僕たちが発見したささいなことは、インターネットなり、書籍なりの形をとって、一般の方々の手の届く場所に供給されます。
- そして、その発見は、人類共有の財産として**消費**されます。それは、学者のよるこびです。

# 天文学の研究は、生活の役に立つのですか？

## 答え：その2

- 答え：「もちろん、役に立ちます。」

# 天文学の研究は、生活の役に立つのですか？

## 答え：その2

- 答え：「もちろん、役に立ちます。」
- ただし、いつ、何に役立たせることができるかは、社会次第です。

# 一例

- 僕たちの研究分野では、これまで人類が見たことのないような、めちゃくちゃ高感度な**超伝導マイクロ波センサー**が開発されています。
- 宇宙マイクロ波背景放射の測定のためだけに開発されたものです。
- この様な最先端技術は、社会の役に立たないわけがないのですが、社会は、まだその応用方法を思いついていません。

# スマホ

- スマートフォンを使うには、
  - 電波
  - 半導体
  - GPS

が必要です。

# スMahon

- **電波**：1886年、マクスウェル（イギリス）は電気と磁気を統一した電磁気理論を提唱し、光は電磁波であることを示しました。
- 当時、マクスウェルに「それは生活の役に立ちますか？」と聞いたら、「さあ？」と言ったでしょう。
- 電磁波が電波通信に使えることがわかったのは、1895年。

# スマホ

- **半導体**：1900年、プランク（ドイツ）によって提唱された、放射強度のプランクの公式は、その後、電子などのミクロの世界を記述する「量子力学」を生み出しました。
- プランクの公式は、溶鉱炉の温度を正確に測るのに役に立ちましたが、量子力学によってもたらされた半導体は、現在「**産業のコメ**」と呼ばれ、生活になくてはならないものとなっています。プランクは、そんなことは夢にも思わなかったでしょう。

# スマホ

- **GPS** : 1915年、アインシュタイン（ドイツ）は、物体の重力があると、物体の周りの時空（時間・空間）が歪むことを理論的に示した「一般相対性理論」を発表しました。
- 地球の重力によって時空は歪み、GPS衛星に搭載された時計と、地球表面上の時計の進み方は変わります。これを補正しなければ、GPSが示す位置の誤差が大きすぎて役に立ちません。
- 上記の「物体の重力があると...」の説明を聞いて、生活の役に立ちそうだと思った人はいますか？

# そんな昔のことを言われても...

## では、最新の話をしてしましょう。

- 基礎研究とは、役に立とうが立つまいが、学者が自分の信念に基づいて、人類の知識の地平線を広げる活動です。
- **最新の例：新型コロナウイルスのワクチン**
  - ずっと誰にも見向きもされなかった、ある一人の研究者の物語です。
- 世界が、新型コロナウイルスのパンデミックの脅威に晒されることは、誰にも予想できませんでした。そして、彼女の技術（メッセンジャーRNA）が、こんなにも短期でワクチンとして実用化できることも、誰にも予想できませんでした。
- しかし、彼女がコツコツと研究していなかったなら、世界は今頃どうなっていたのでしょうか？
  - 何が役に立つかなんて、誰にもわからないのです。しかし、世界のどこかで、誰かが基礎研究をしていることの重要性は、実感してもらえないのでしょうか？

# お金（だけ）ではない！

- 新型コロナウイルスワクチンが短期間でできたのは、アメリカが多額の資金を投入したからだと言われています。
  - 全然、違います！ 研究者が、何十年間もコツコツと基礎研究を積み上げてきたからです。なんでもお金で解決できると思ったら、大間違いです。
- 日本はワクチンに関しては何もできず、お金で買うことしかできませんでした。それと、日本では基礎科学が危機に瀕していることとは、繋がっています。
- しかし、結局は「ワクチンをお金で買って感染を収束できた」ということが成功体験として残ってしまい、今後も基礎研究がおろそかにされてしまうのではないかと、心配しています。

# なぜ、ドイツで研究？

## 事前質問（1）

- 基礎研究に対する日米独の研究機関、大学の体制、仕組みの違いについて教えてください。



## ドイツはなぜ一流の研究成果を出し続けられるのか

アメリカとは正反対の研究環境こそ「研究者としての能力を一番発揮できる」

小松英一郎 マックス・プランク宇宙物理学研究所所長

大学 | 教育 | 科学・科学者論 | 科学政策

2019年02月12日



ツイート



おすすめ 1,835



シェア

BI 89

noteで書く

印刷



コメント

0件

### 20年間国外で研究し、日本の論文数減少に驚く

今、日本で生み出される論文数は減っているらしい。事実とはいえ信じがたい事態である。20年前に東北大で修士の学位を取ってから国外に研究の場を移した僕には、何が起きているのかよくわからない。しかし昨年、財務省主計局次長の神田真人氏が、国立大学のありようを批判したインタビュー記事を朝日新聞や読売新聞で目にして、腑に落ちた。要するに、財務省は国立大学の研究者を信頼できていないのである。

神田氏の主張は、国立大学の研究者は競争させて研究費を取らせないと、「既得権を当然

1



緊急事態宣言、演劇界は東京都の「怠慢」に振り回された

2



「小室圭文書」を読破してわかった母子の野心のありかと嫌われる理由

3



新型コロナのワクチンは超スピード開発でウイルスよりむしろ危険？

4



コロナ対策で「五輪延期か中止」の議論をしよう

5



本間龍「東京五輪開催は99%あり得ない。早く中止決断を」

6



「スッキリ」にアイヌを「あ、犬！」と言わせたのは日本政府である

# 研究費は、どこから出ているの？

大きく分けて、2種類。

1. 政府や州政府などの公的な資金
  - つまり、国民の税金です。
2. 財団からの寄付などの私的な資金

# 研究費は、どこから出ているの？

大きく分けて、2種類。

1. 政府や州政府などの公的な資金

- つまり、国民の税金です。

日本やドイツでは、これがほぼ全て

2. 財団からの寄付などの私的な資金

米国では、こちらの額も大きい

# 公的な資金の内訳

大きく分けて、2種類。

## 1. 政府や州政府などの公的な資金

- **政府の基盤的資金**：毎年、安定的に供給される資金
- **競争的資金**：応募して、自ら勝ち取るべき資金

# 公的な資金の内訳

大きく分けて、2種類。

## 1. 政府や州政府などの公的な資金

- **政府の基盤的資金**：毎年、安定的に供給される資金

ドイツでは、  
こちらが厚い

- **競争的資金**：応募して、自ら勝ち取るべき資金

日本や米国では、  
上を減らし、  
こちらを増やしている

パッと聞くと、競争的資金を増やした方が良いように聞こえませんか？

研究者に、毎年安定的に資金を与えるなんて、甘やかしすぎだ！と。

日本政府は、まさにそう考えているわけです。資金だけもらって研究してない、と。

# 金額でしか物を考えられない国に疲れた

米国で13年間研究して、行き着いた結論。

- **米国は、競争的資金至上主義。** 研究費を取ってこない研究者は、存在価値などない、とみなされる。
- 何を発見したか・何を成し遂げたかではなく、どれくらいのお金を取ってきたかが、研究者の評価の基準になってしまっている。
- でも、**真に独創的な研究は、最初は誰にも評価できない。** その様な研究が、競争的資金を勝ち取る可能性は、限りなく低い。
- 競争的資金の審査をする研究者が理解できなければどうしようもない。  
でも、そんな研究は真に独創的ではない！

# 金額でしか物を考えられない国に疲れた

米国で13年間研究して、行き着いた結論。

一例：

- **米国は、競争的資金を重視し、存在価値を認めない、** 新型コロナウイルスのワクチンに使われている「メッセンジャーRNA」という新技術の確立に本質的な貢献をしたカタリン・カリコ博士は、長い間、競争的資金を得られなかった。
- 何を発見してきたか、何のお金を取ったか、
- **でも、真に独創的な研究は、最初には誰にも評価できない。** その様な研究が、競争的資金を勝ち取る可能性は、限りなく低い。
- 競争的資金の審査をする研究者が理解できなければどうしようもない。  
でも、そんな研究は真に独創的ではない！

# ドイツの研究所

用途に応じて様々。全て公的な機関で、税金で支えられている。

- **マックス・プランク協会：基礎研究を重視。**

- ドイツ国内に79、国外に5つの研究所を持つ。
- 僕の研究所はその一つ。

- **ブラウンホーファー協会**：基礎研究で得られたものを、産業に応用する研究。

- **ライプニッツ協会**：上記二つの協会の、中間的な位置付け。

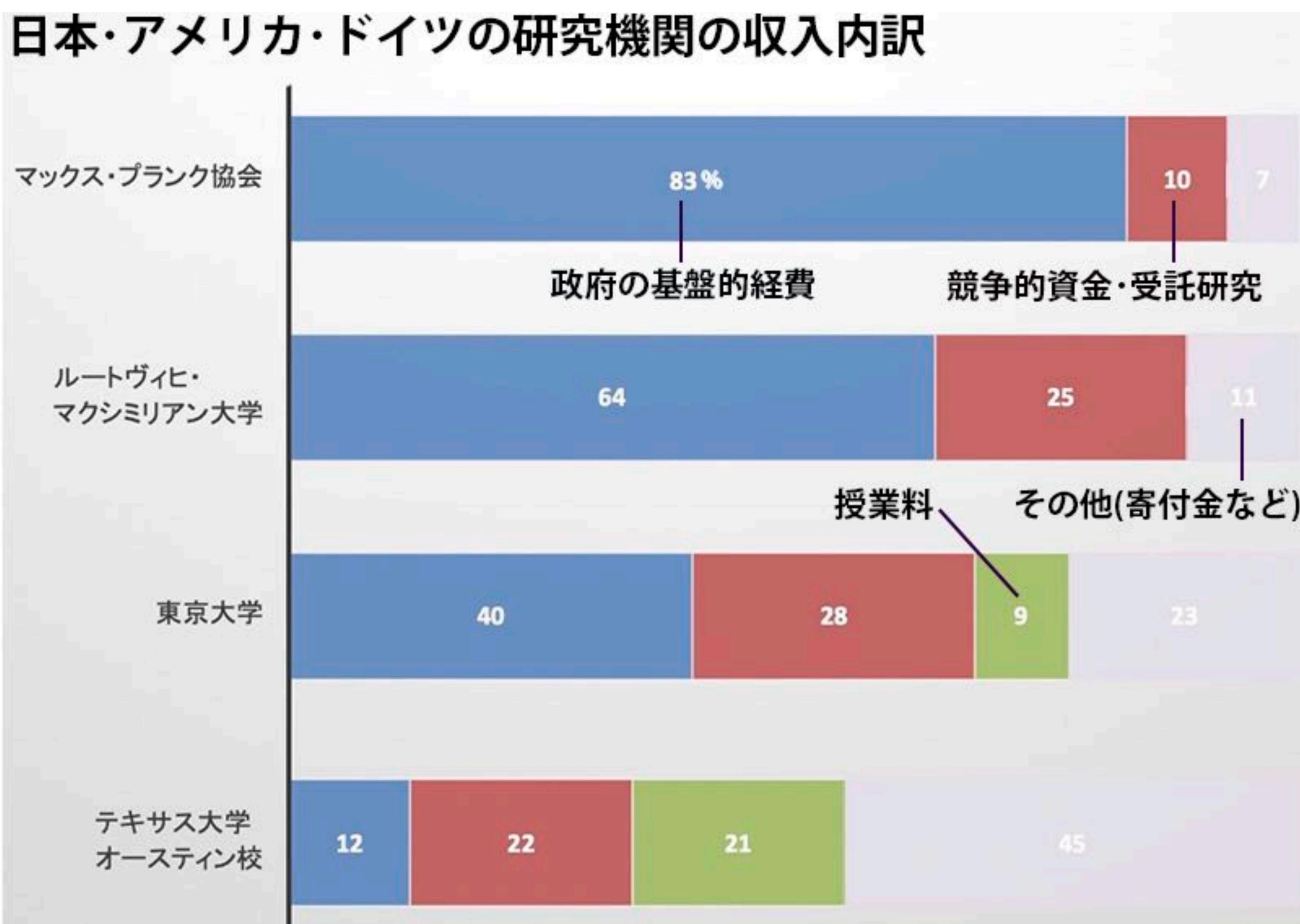
- **ヘルムホルツ協会**：予算は最大。でかいものを作るところ。

- (多分、他にもある?)

マックス・プランク協会の予算 (ユーロ)

政府の資金	17億6840万
受託研究・競争的資金	2億1880万
その他	1億5410万
総収入	21億4130万 €

ドイツの大学・研究所は、  
安定的な基盤的経費の  
割合が大きい。



# しかしドイツでも、心配な動きがある。

- 現在は政府の基盤的資金が手厚いですが、10年ちょっと前に始まった「エクセレント・イニシアティブ」で大学を格付けしようとする動きがあります。
- ドイツでは大学間に格の違いはなく、どの大学でも十分な教育を受けられる、ということが前提だったはずですが、それが崩れつつあります。日本では、大失敗だった「集中と選択」の様に、一部の大学に資金が集中するようになると、ドイツ全体の研究レベルも低下する可能性があります。

# 質疑応答

# 事前質問 (2)

- アルプスの少女ハイジ、ルパン、ガンダム、スタートレック、宇宙戦艦ヤマト、銀河鉄道999の中で小さい頃見ていて一番好きだったものはどれですか？また、それが現在の宇宙の研究に役立っていること、影響していることはありますか？
- **回答：**父が「宇宙戦艦ヤマト」を好きだったので、僕も良く見ていました。ただ、ワープとか波動砲とかは、子供ながらに物理的に無理だと思っていたので（笑）、お話として受け取って、「将来は天文学者になる」という夢に影響はしなかったかと思います。もっと大きく影響したのは、「火の鳥」などの、手塚治虫の漫画でした。

# 事前質問 (3)

- 研究をつづけたいと思う情熱はどこからきていますか。ほかの仕事をしたたいとおもったことはありませんでしたか？
- **回答：**「好きだから」に尽きます。他にやりたかった仕事は、両親が養護学校と小学校の先生だったこともあって、子供を教える仕事につきたかったのです。ですので、ミュンヘン日本人国際学校や、日本語補習授業校で講演をさせていただいた時は、本当に楽しかったです。

# 事前質問（４）

- 小松さんにとっての宇宙研究の魅力を教えてください。それから最近発見された事実の中で小松さんがこれはすごいと感じられた事例、そしてそのすごさの理由を教えてください。
- **回答：**宇宙の始まりを、科学の力で論理的に解明できてしまうことです。空想や妄想でなく、実証科学として、宇宙の始まりや宇宙の組成を解き明かすのは、スリル満点です。データ解析のプログラムを組んで、リターンキーを押すときの、あの瞬間。**世界で、今、自分しか知らないことがある瞬間**が、たまりません。最近は、宇宙を満たすガスの温度を測りました（詳しくは、今月のミュンヘン日本人会会報のエッセイをご覧ください）。こんなことをさらっと言える時点で、すでにすごくないですか？（笑）

# 事前質問 (5)

- 宇宙の始まりは138億年前、地球の始まりは46億年前と言われていますが、とてつもなく大きな宇宙が地球のたった3倍しか生きていないとは信じがたいです。138億年というのはある程度正しい予想なののでしょうか、それとも今後大幅に変わることはあるのでしょうか？
- **回答：**138億年は、**予想値ではなく、測定値**です。ですので測定誤差があつて、5000万年程度です。今後はその程度で変わることはありますが、大きく変わることはないと考えています。

# 事前質問 (6)

- 先日NASAの火星プロジェクトを見ていて若い女性研究員が結構多いのに驚いたのですが、宇宙の研究には結構女性が活躍しているのでしょうか？
- **回答：**「結構多い」といっても、2割程度でしょうか？ もっと増やさねば、健全とは言えません。うちの研究所では、僕が就任した時には女性の割合は2割を切っていましたが、今は3割を超えました。僕の研究グループだけに限れば、男女比は50：50を達成しています。そのような活動を、もっと広げてゆかねばと思っています。

# 事前質問（7）

- 原子力の代わりになるものが宇宙に存在しているかどうかわかりませんが、存在しているとしたら、それを地球上に持ってきて脱原発のため、電気などに使うことは可能ですか？
- **回答：**私たちは、太陽が発するエネルギーのごく一部しか利用できていません。太陽の光は、地球の方向だけでなく、宇宙空間の四方八方に飛び散っているからです。それをもっと効率よく集められれば、究極の太陽光発電になるでしょう。実際、物理学者のフリーマン・ダイソンが大真面目で考案した「ダイソン球」というアイデアがあります。

# 事前質問（8）

- 天文学者として、仕事、プライベートを充実させるための日々の心がけを伺いたいです。世界での競争は大変厳しくトップランナーとして生き残るのは並大抵のことではないと想像しております。
- **回答：**好きでやっていることなので、「世界での競争」を意識したことは、実はありません。ただ、自分のことならそれで良いのですが、自分が指導する学生や研究員が、次の研究職を見つけられるように成果を出させねばならないのは、プレッシャーがあります。プライベートは、大好きな妻が元気でいてくれるなら、他には何もありません。

ラスト・メッセージ

さて、ここで、これまでのことを  
一旦忘れてください。

- いろいろ言いましたが、原点に戻ります。今日、僕が、一番伝えたかったことに。
- 今度、空を見上げた時、できれば覚えていてください。  
**私たちは、宇宙の始まりの光に囲まれて、日々過ごしている**ことを。
- この研究は、みなさまの税金で支えられています。いつもありがとうございます。本当に、感謝しています。

@Ans\_S13CF01\_1k  
000148

「HORIZON ~宇宙の果てにあるもの~」より



00:37:38:27