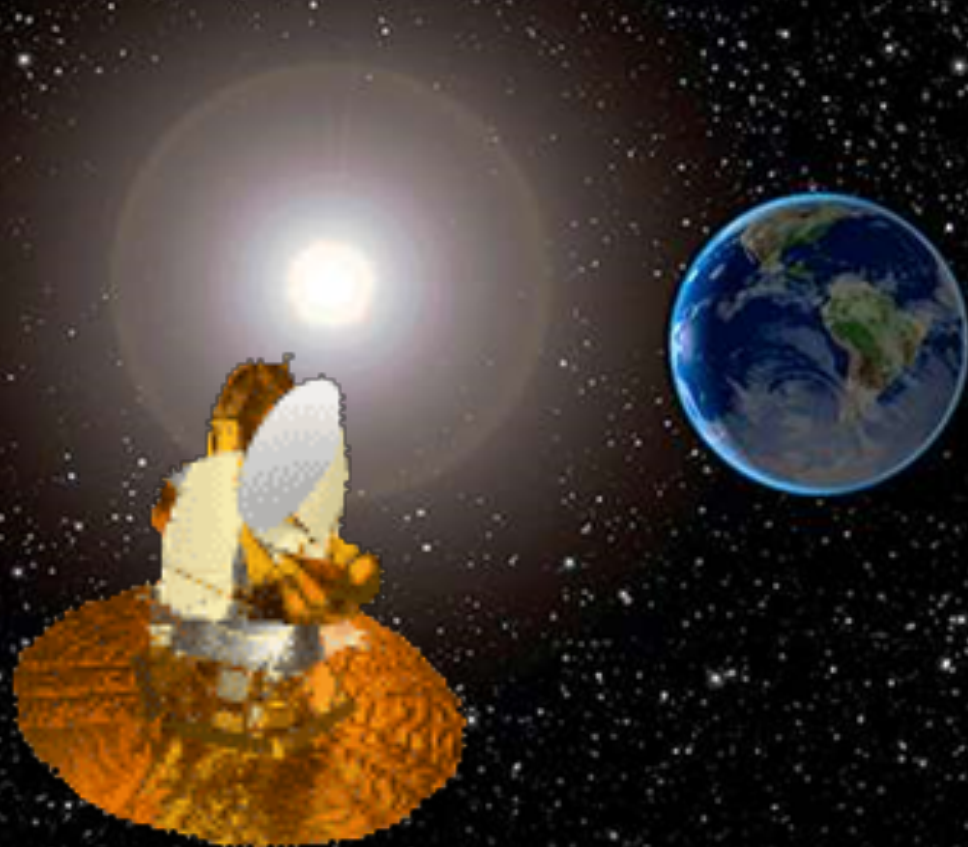
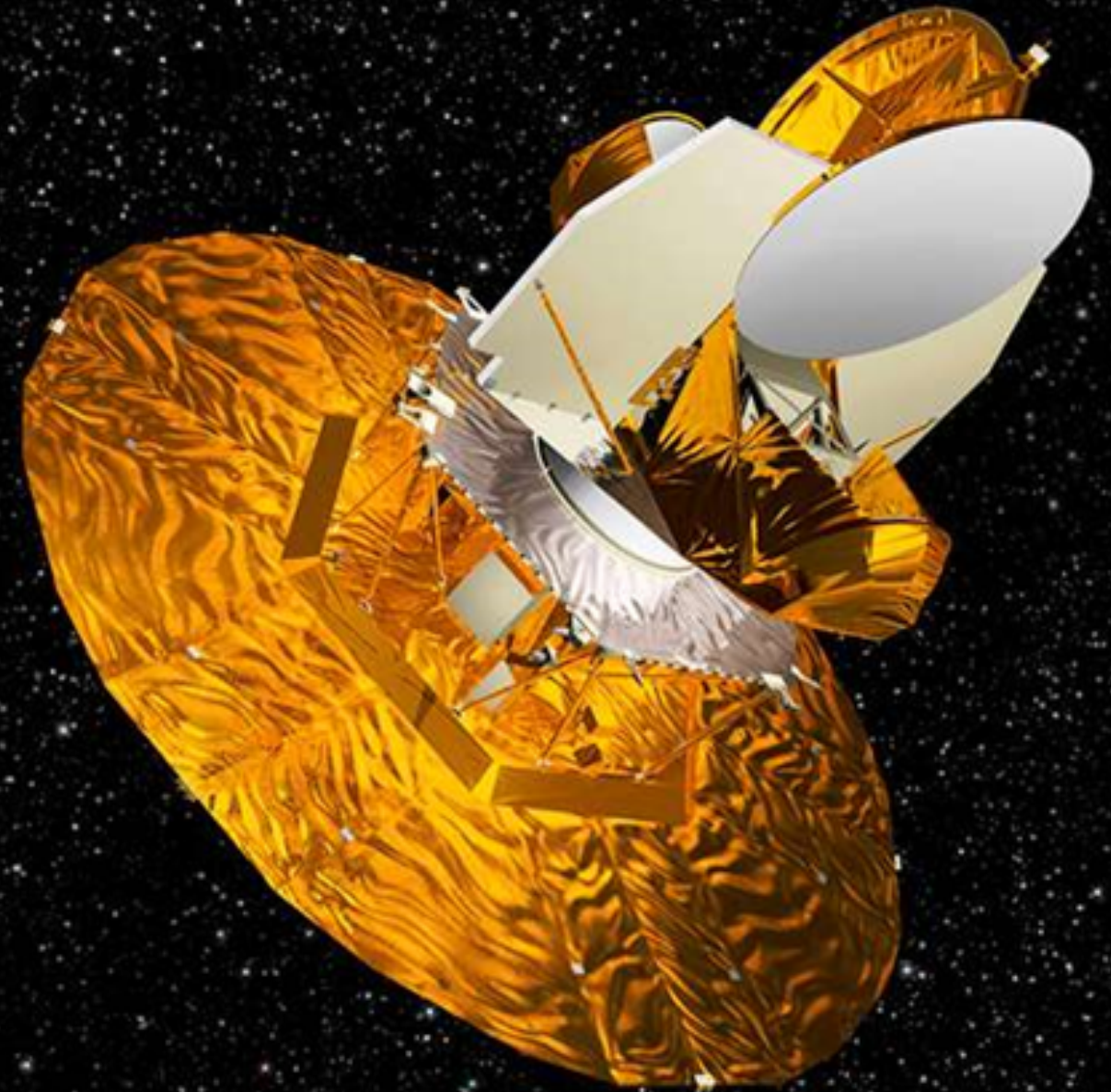


2019年4月17日

JIAトーク

宇宙の始まり、 そして終わり



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

日本経済新聞出版社より

発売中！

今日お話しする内容を、
小説家の川端裕人さんの
文章でお楽しみ頂けます



宇宙の始まり
そして終わり
小松英二 川端裕人



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

僕は、このNASAの宇宙望遠鏡

ダブリュ・マップ

「**WMAP**」を使って、宇宙の

始まりの時期を見てきました



僕は、このNASAの宇宙望遠鏡

ダブリュ・マップ

「**WMAP**」を使って、宇宙の

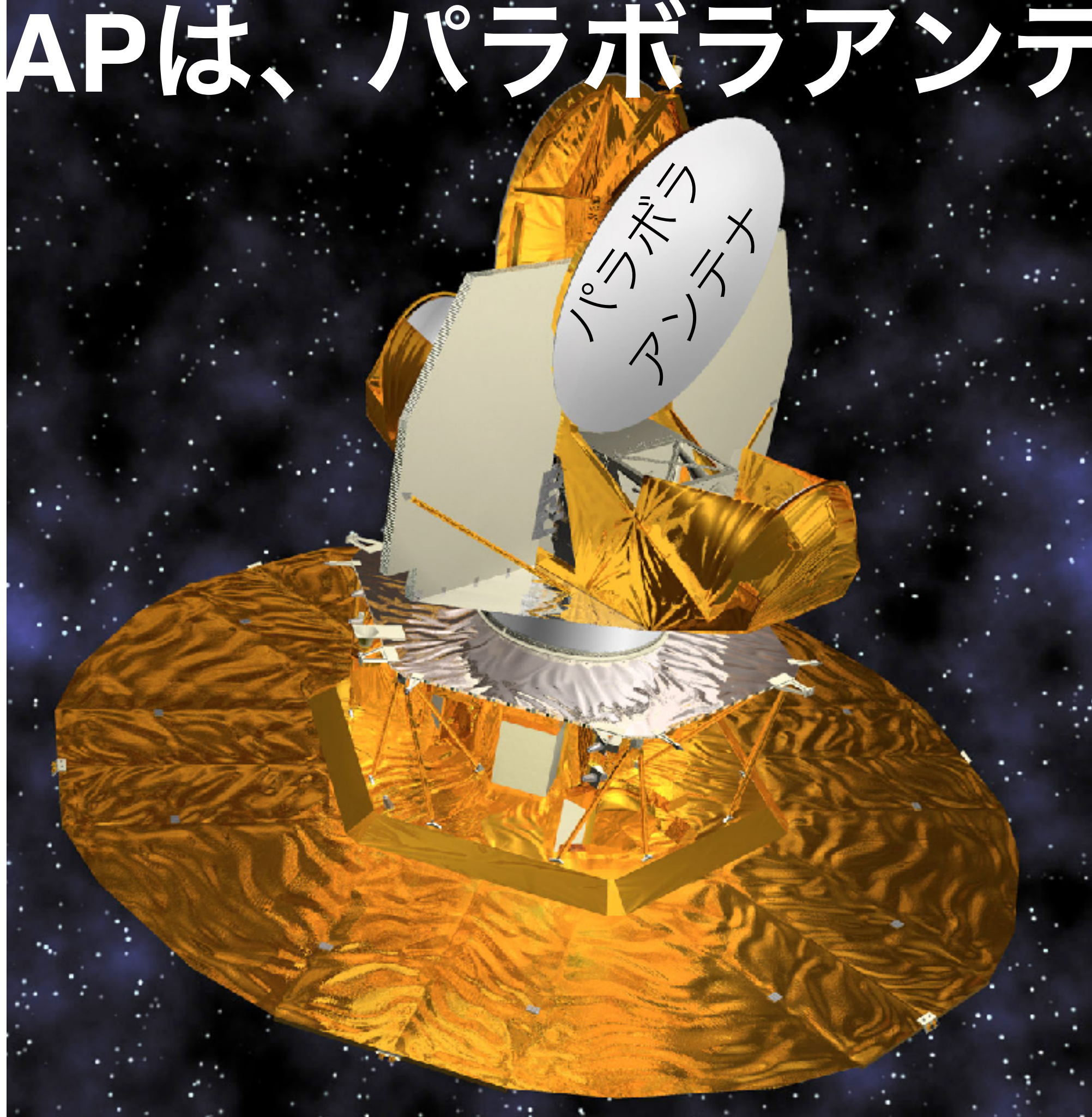
始まりの時期を見てきました

大事なんで最初に言っときますが、

マジです



WMAPは、パラボラアンテナ









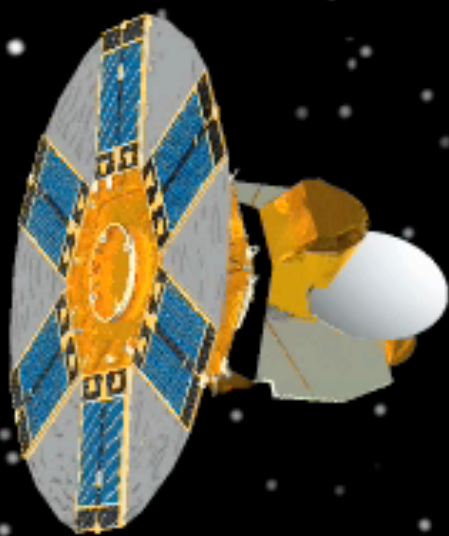
マックス・プランク宇宙物理学研究所



ミュンヘン郊外の町、
ガルヒング
(Garching)



2001年6月30日WMAP打ち上げ。デルタ 2 ロケット
アメリカ・フロリダ州、ケープカナベラル空軍基地

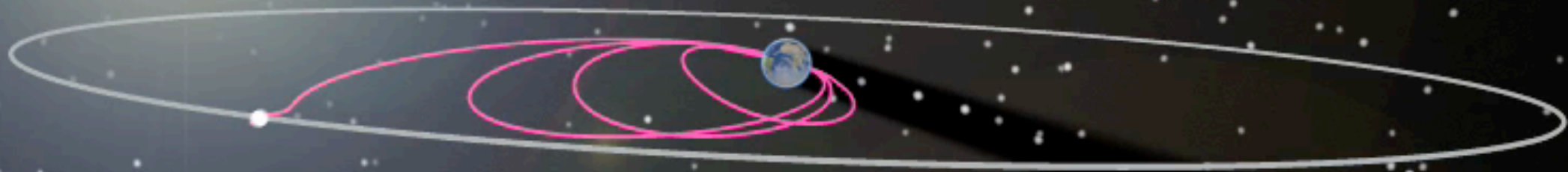


WMAPは地球を離れる

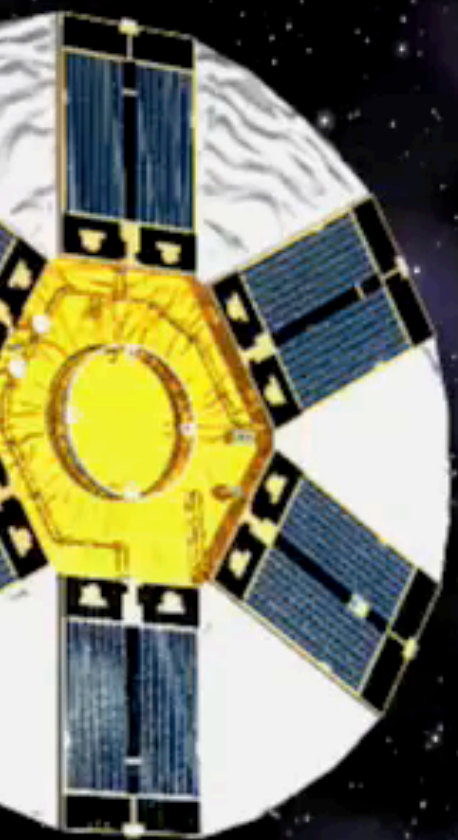


WMAPは月よりも遠くへ行く！

WMAPは、月までの距離の4倍にある「ラグランジュ点」を回る



地球から 1 5 0 万キロ



**WMAPは、太陽・地球・月に
背を向けて宇宙を観測する**

自己紹介

- 出身：兵庫県宝塚市
- 小学校・中学校・高校と、地元の公立学校へ

関西圏



ほとんどの日本人の大人が
知っている、宝塚の2大名物

わかります？

ヒント：食べ物ではありません

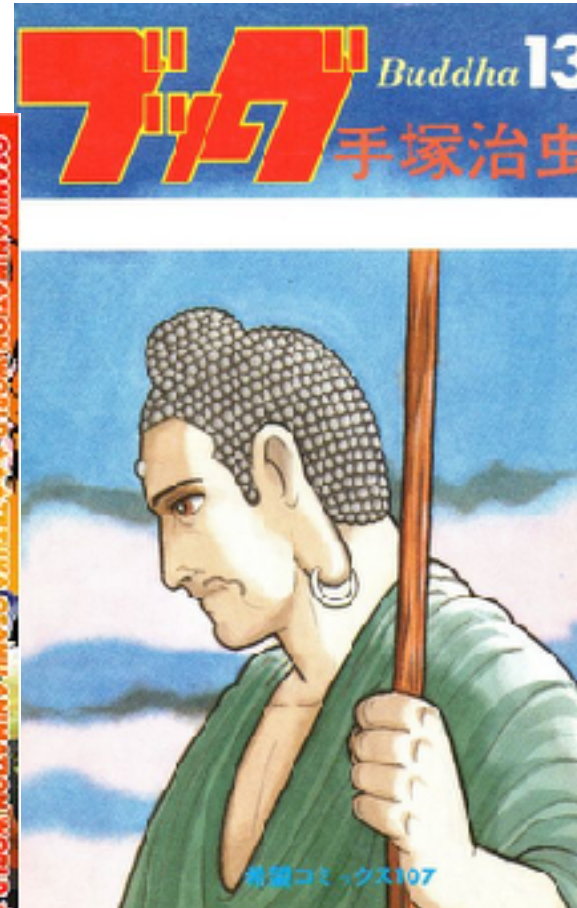
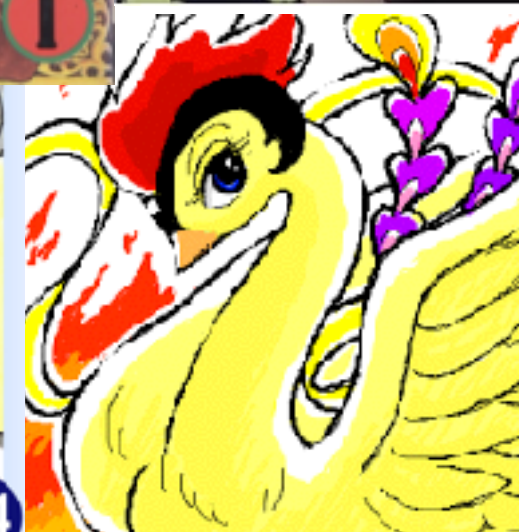
ほとんどの日本人の大人が
知っている、宝塚の2大名物

宝塚歌劇



ほとんどの日本人の大人が
知っている、宝塚の2大名物

手塚治虫







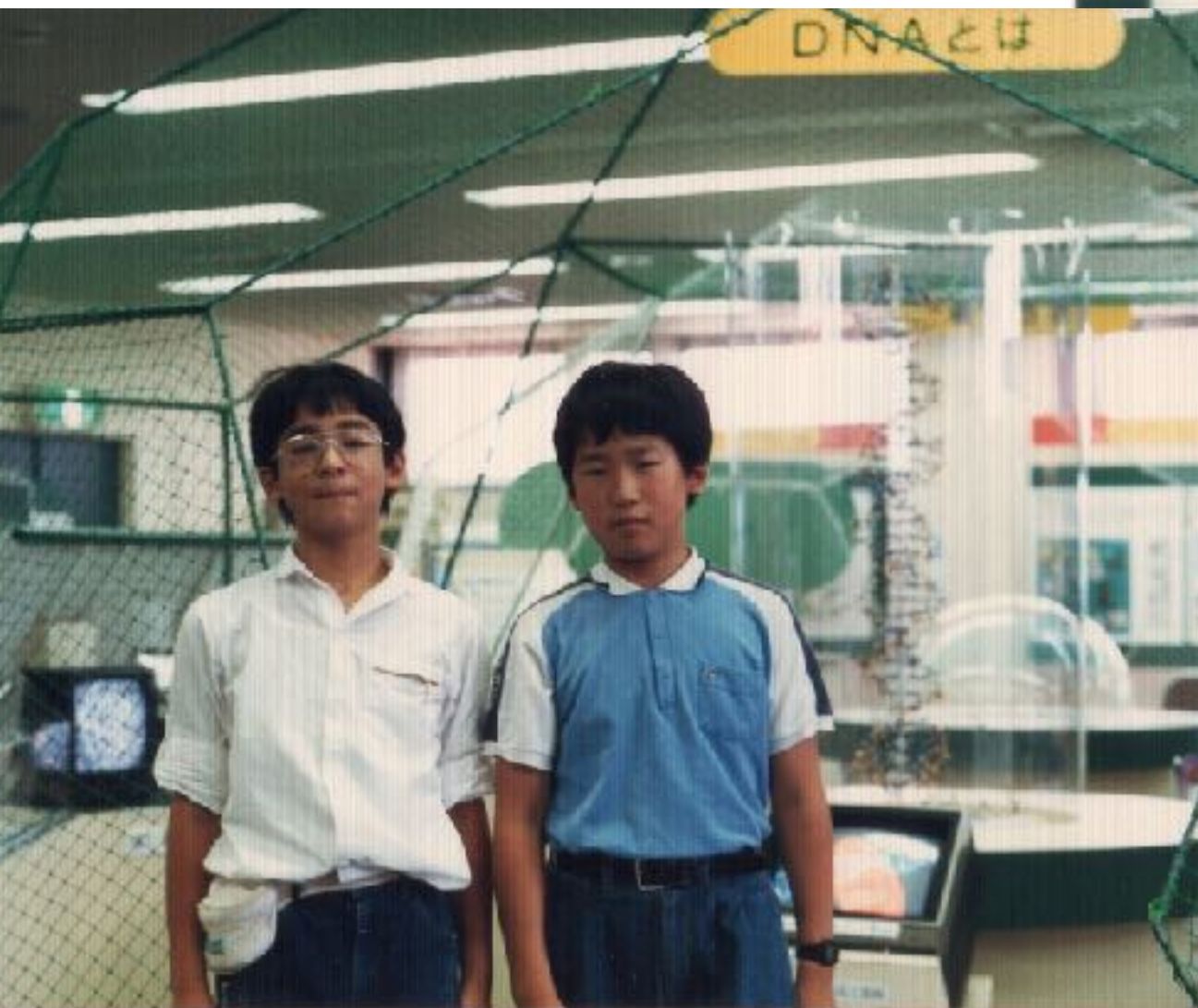


オリオン座大星雲M42

小学校5年生の時、図鑑でこの写真を見て
衝撃を受け、将来は天文学者になると
決めました

小・中学校の時は、
神戸ポートアイランドの
「青少年科学館」に
入り浸ってました

特にプラネタリウムが
大好きでした



その後

- ・ 宮城県仙台市の、東北大学へ
- ・ 天文学を学ぶ



さらにその後

- 24歳の時、アメリカの大学に行って研究
 - そのままアメリカに13年いました
- 2012年から今の研究所に移りました
- 日本を離れて、そろそろ20年になります

宇宙の始まりを見る？

- ・ 遠くを見れば、昔が見えます
 - 光は、届くのにかかる時間がかかります。たとえば、太陽の光は、地球に届くのにか8分かります
 - 太陽の次に、地球に近い星までは、4年かります



ベテルギウス
6 4 0 光年

リゲル
8 0 0 光年

ベテルギウス
6 4 0 光年

M 4 2

1 6 0 0 光年

リゲル
8 0 0 光年

宇宙の始まりを見る？

- ・ 遠くを見れば、昔が見えます
 - ・ ベテルギウスまでは 6 4 0 年かかります
 - ・ 今見えている光は、室町時代の 3 代将軍足利義満の時代に発されたもの！
 - ・ M42までは 1 6 0 0 年かかります
 - ・ お隣のアンドロメダ銀河までは、2 5 0 万年かかります
- ・ そうやって、**ずーーーーーっと遠くまで見ていたら、宇宙が熱い火の玉だった時代まで見えてしまった**わけです

はあ？

- ...って、思った方は正直に手を挙げてください
- 今日の目的は、**「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。宇宙の始まりは、見えるんだ！」**と、納得してもらうことです。
- 確固とした観測データ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OKですか？

火の玉宇宙

時間

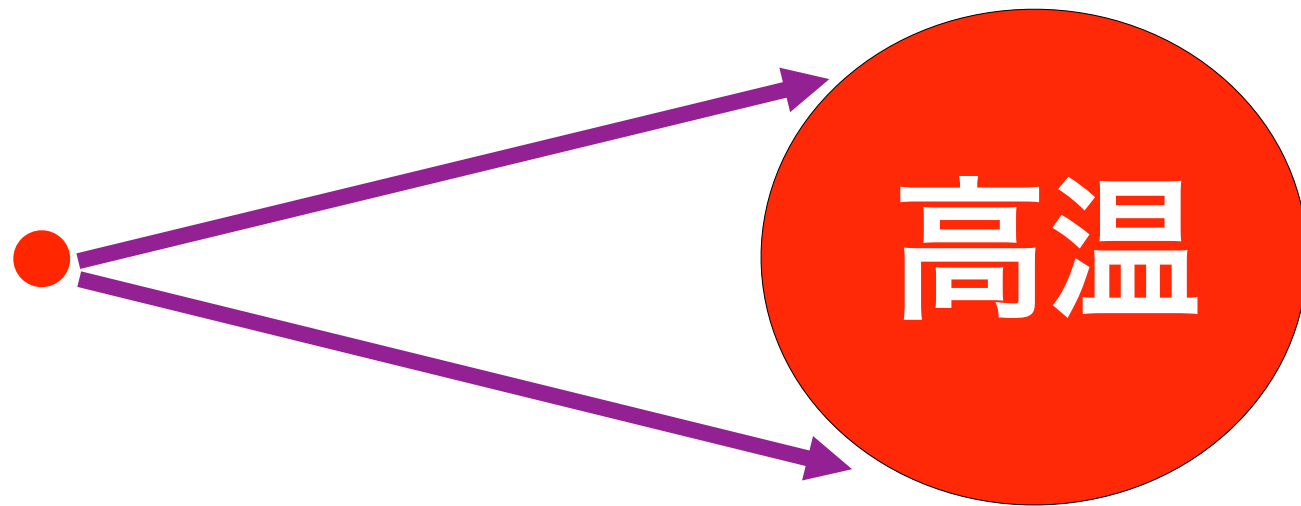
ビッグ
バン



空間

火の玉宇宙

時間

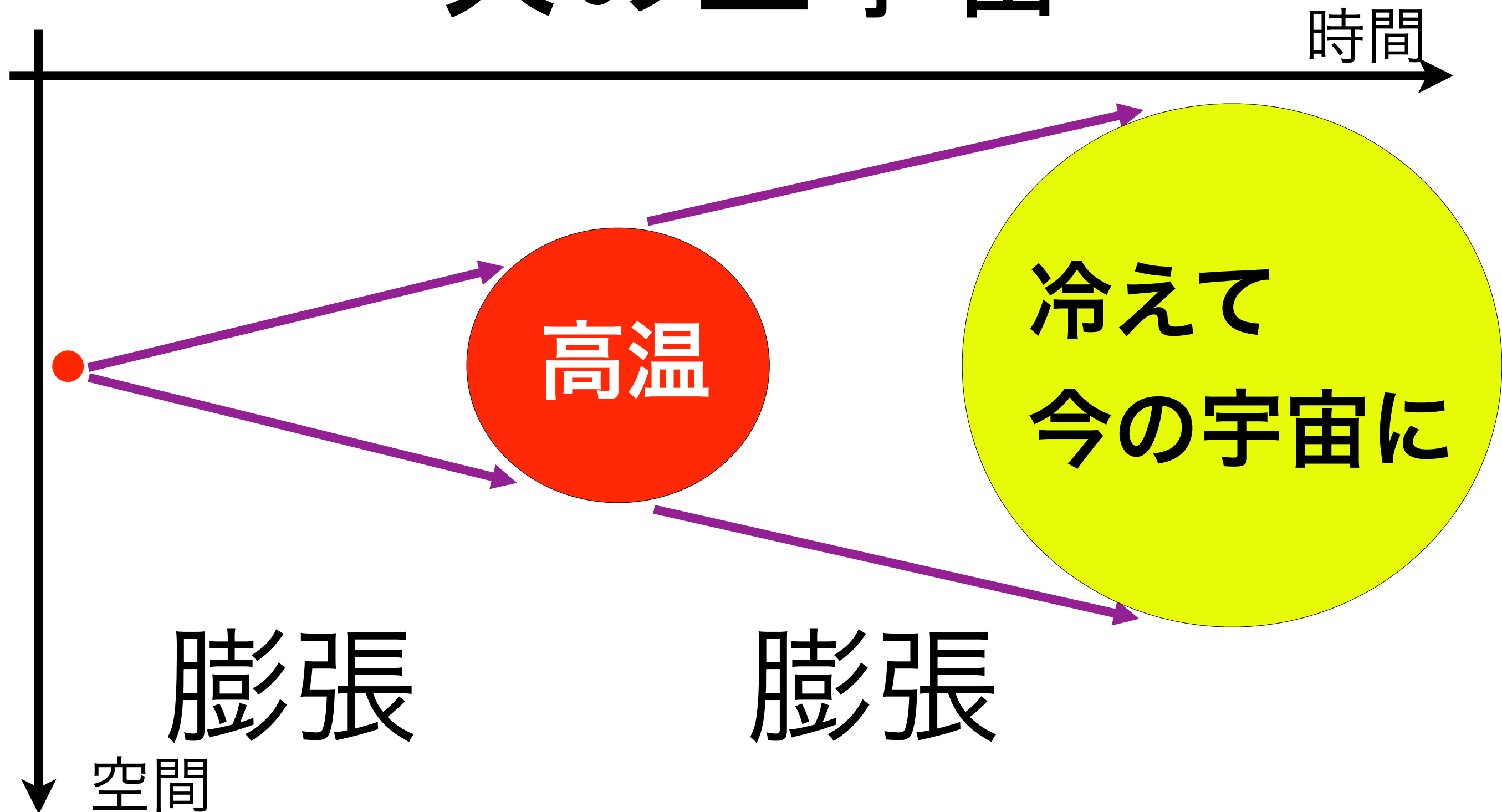


高温

膨張

空間

火の玉宇宙



驚きの事実

- ビッグバン当時の光は、私たちのまわりにいる！
- 角砂糖一個分の大きさ（1立方センチメートル）
に、光の粒が**410個**

この光を、パラボラアンテナで集めれば良い

上坂浩光監督の全天ドーム映画
「HORIZON~宇宙の果てにあるもの」

4月20日、13:30より

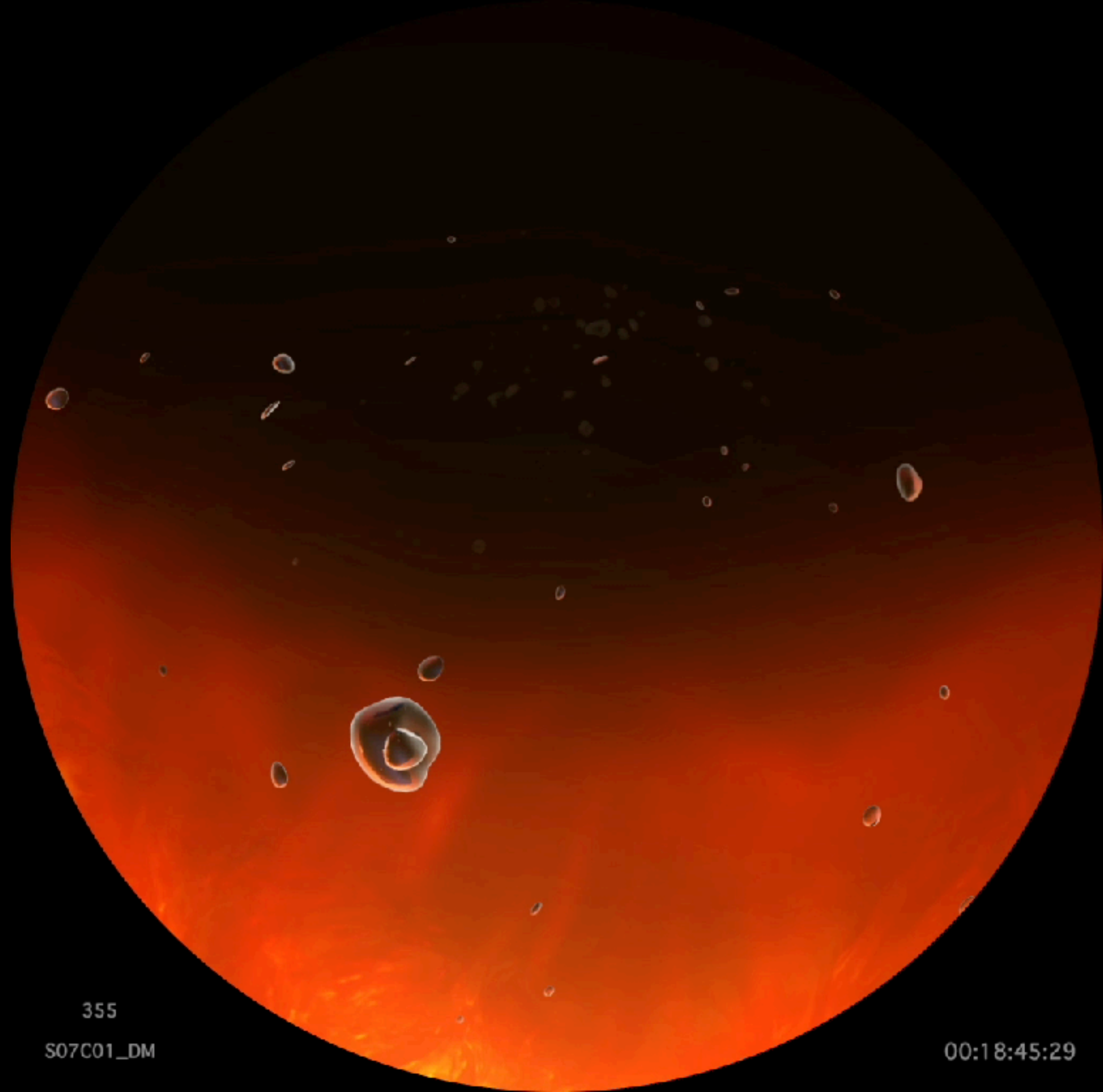
科学技術館にて上映！

予約なし、先着62名まで

だそうです

「星ナビ」 2018年の1・2・3月号は、
HORIZON特集！





355

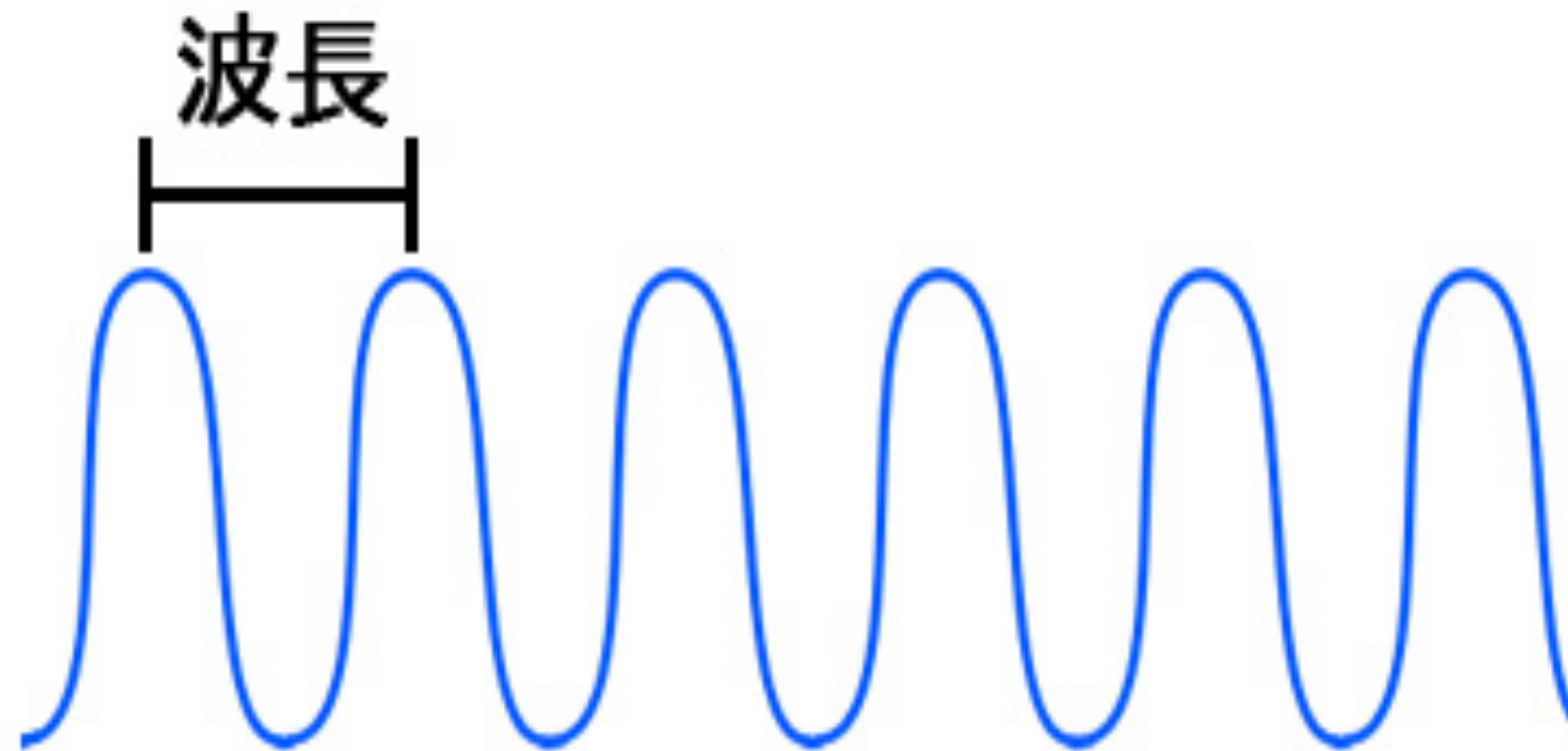
S07C01_DM

00:18:45:29

光の種類・波長^{は ちょう}

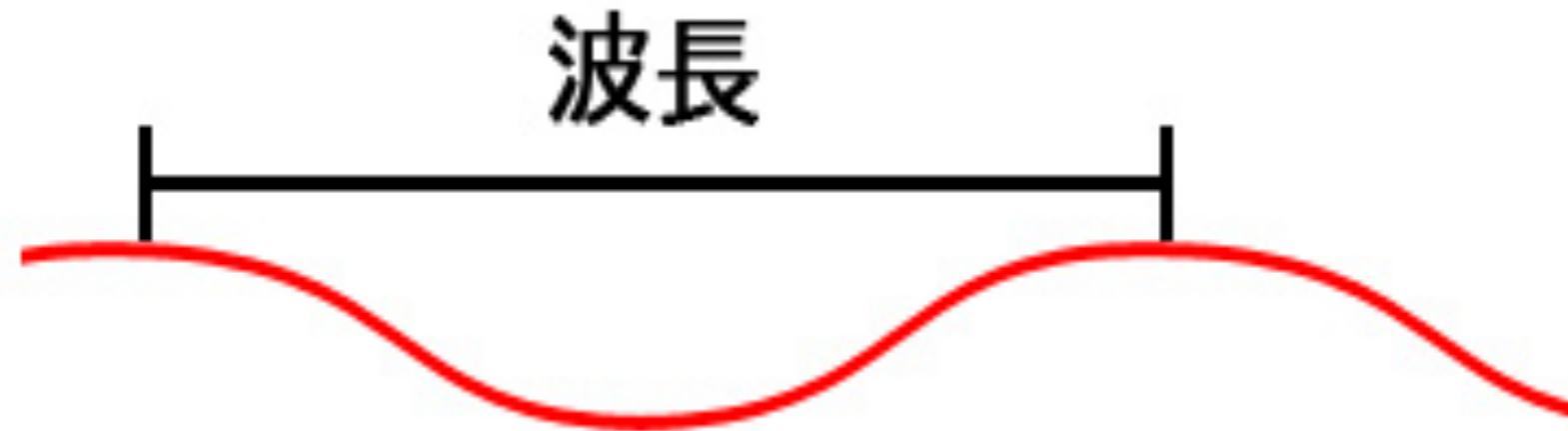
- 目で見える光は...

- かしこうせん
- 可視光線
- 波長が短い

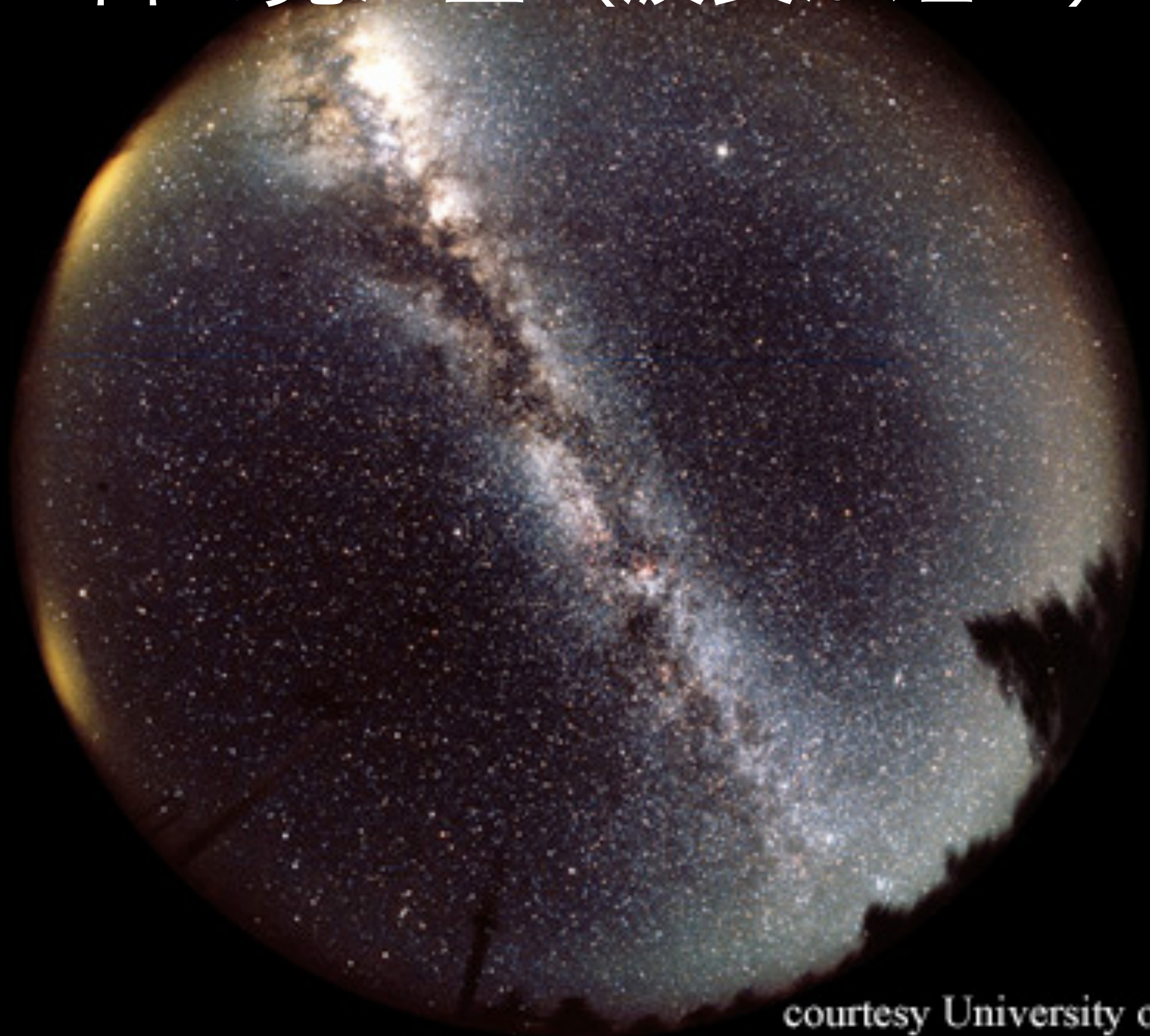


- パラボラで集める光は...

- でんぱ
- 電波 (目で見えない)
- 波長が長い

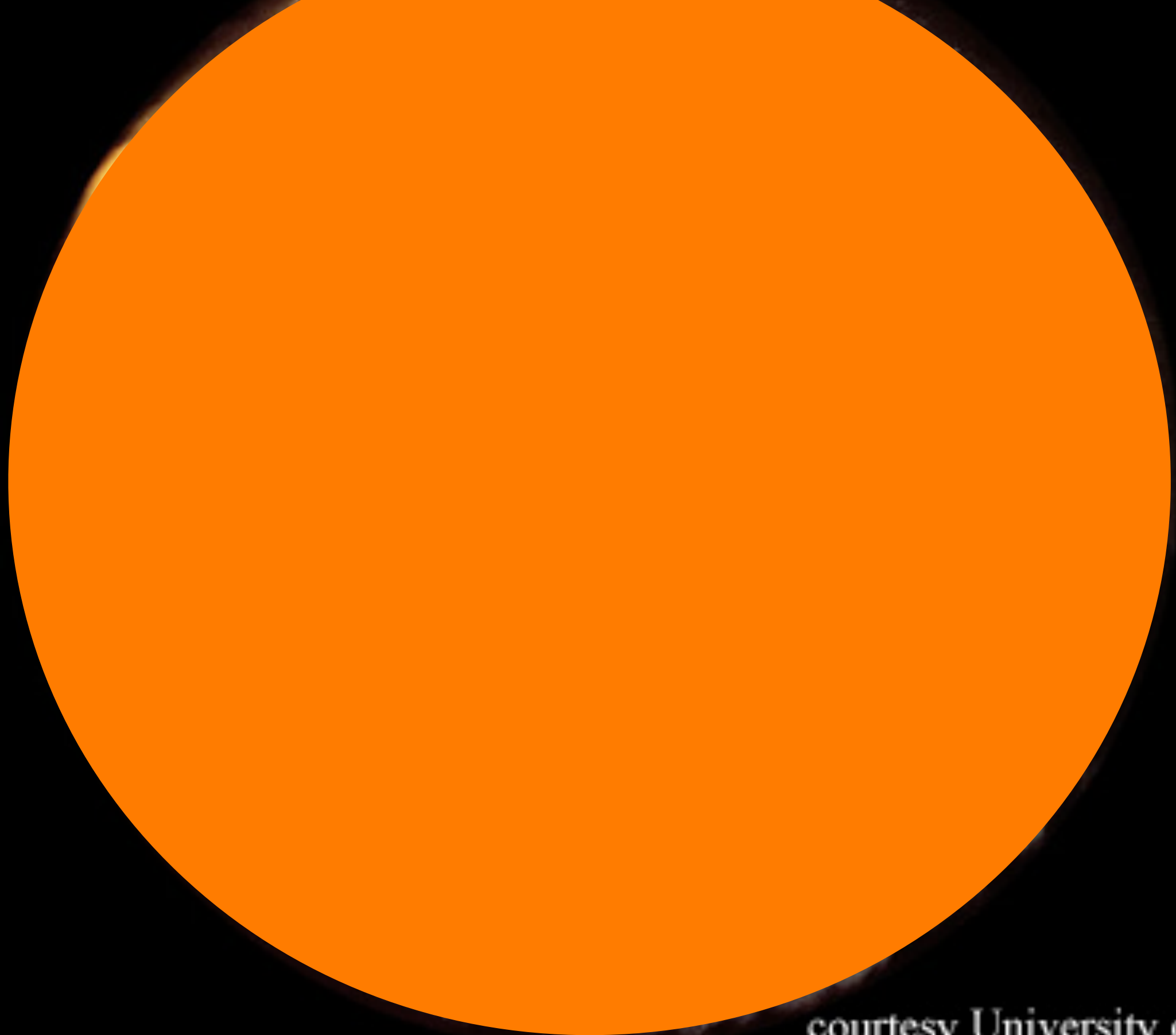


目で見た空（波長が短い）



courtesy University of Arizona

パラボラで見た空（波長が長い）



courtesy University of Arizona

パラボラで見た空（波長が長い）

宇宙を埋め尽くす
ビッグバンの光

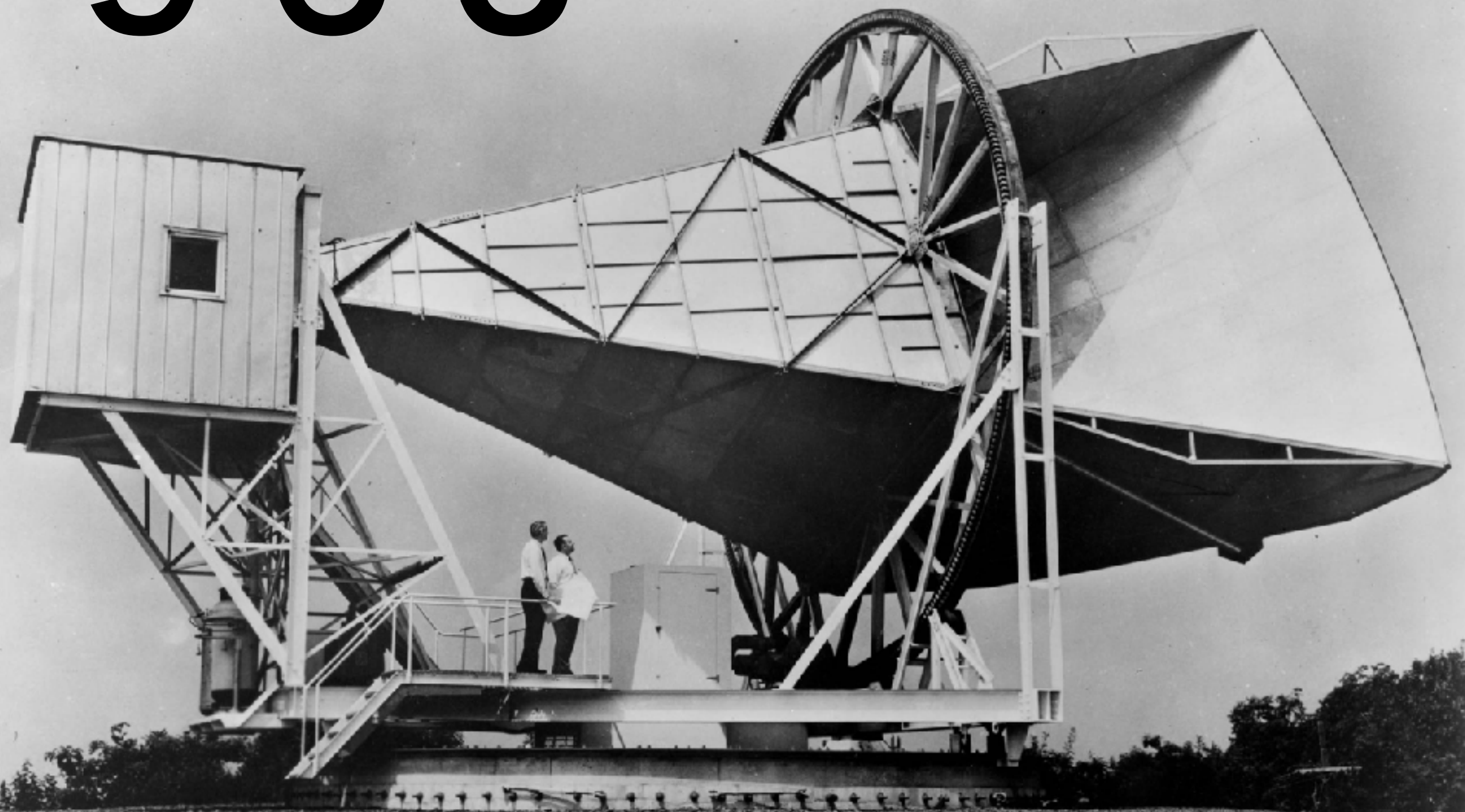
宇宙マイクロ波背景放射



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
ビッグバン当時の光！

1965



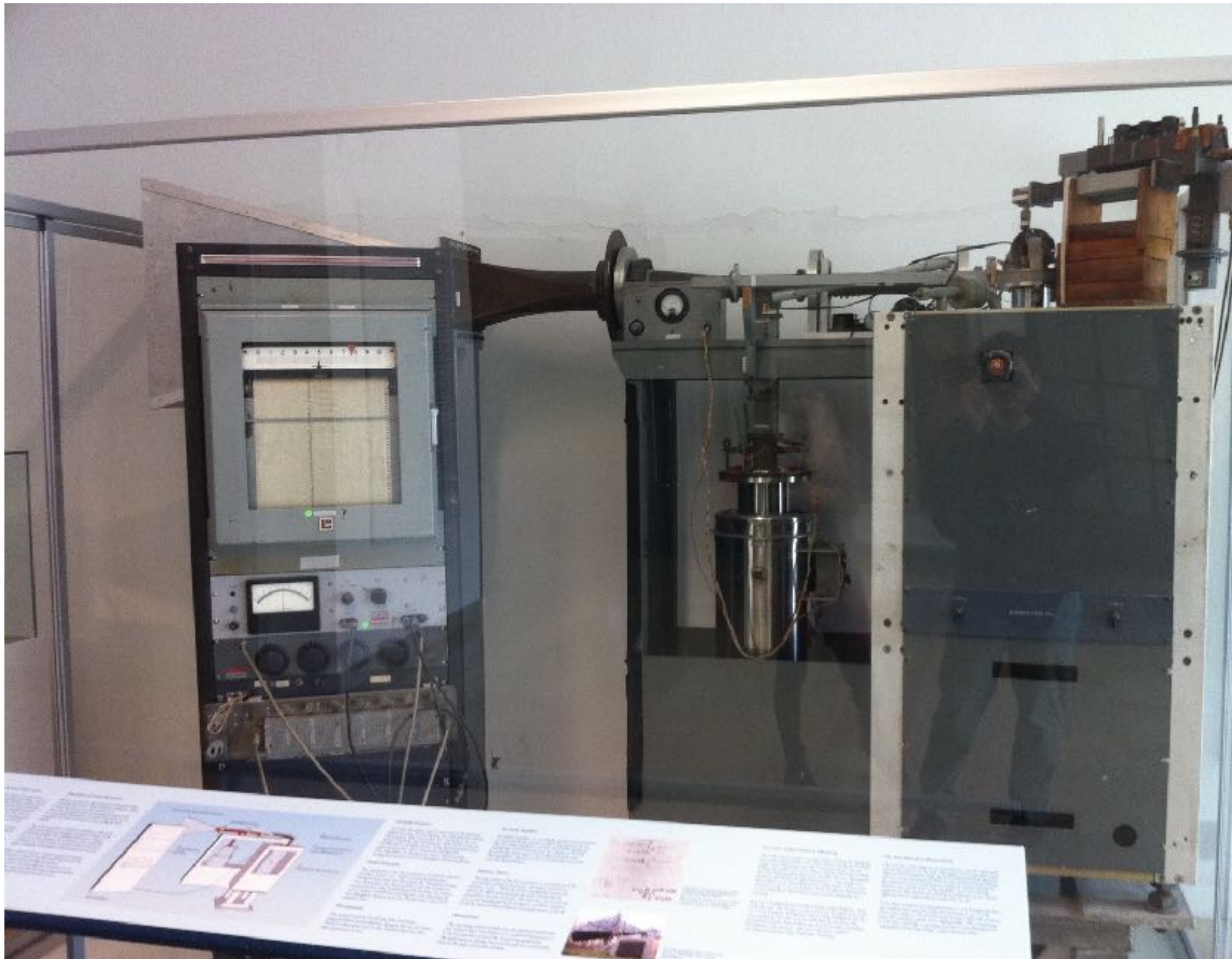
ドイツ博物館に展示されている、ペンギアスと
ウィルソンが使ったアンテナの**1:25モデル**



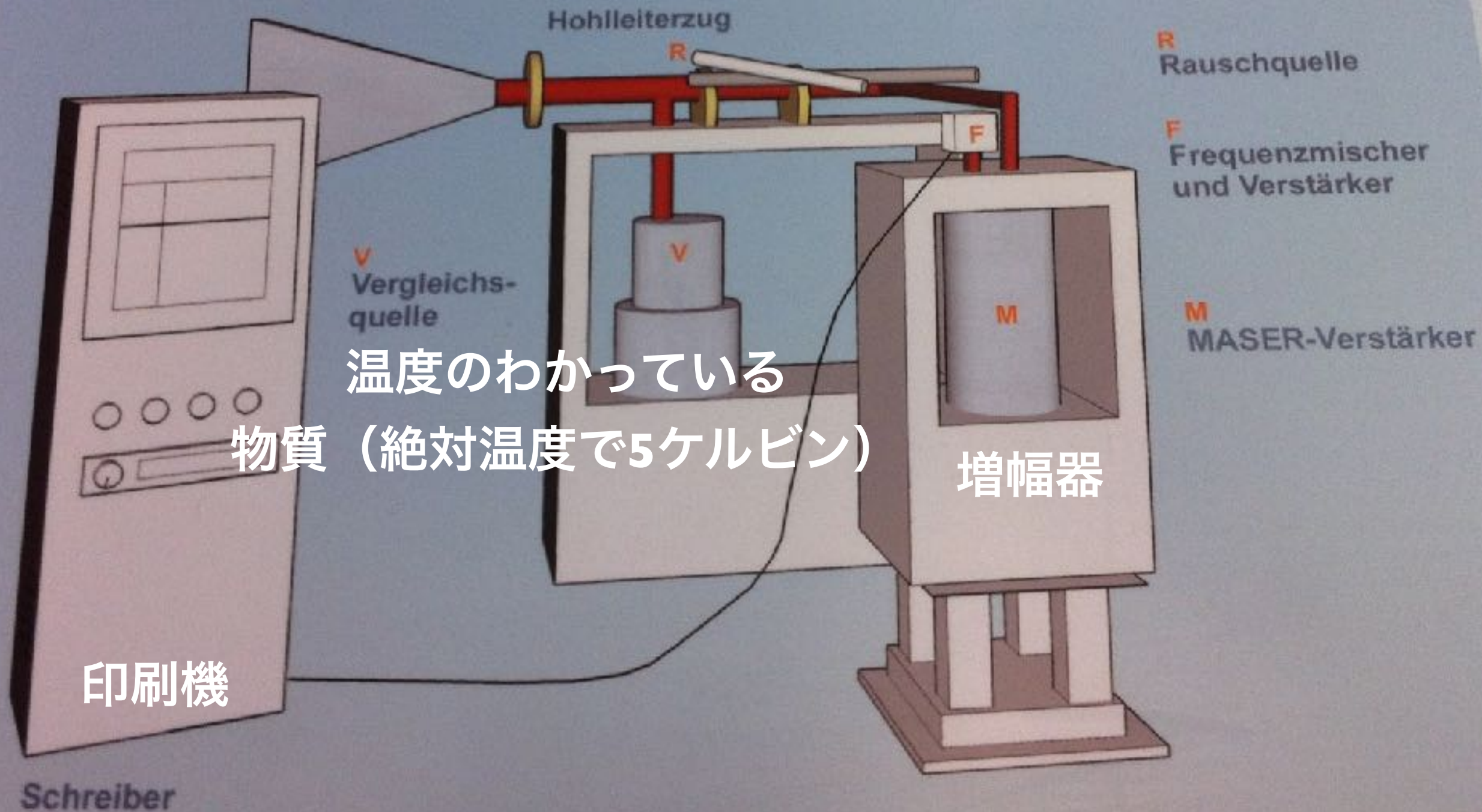
ペンジアスとウィルソンによって 実際に使用された測定装置（ドイツ博物館）



ペンジアス



ホーンアンテナ



温度のわかっている
物質（絶対温度で5ケルビン）

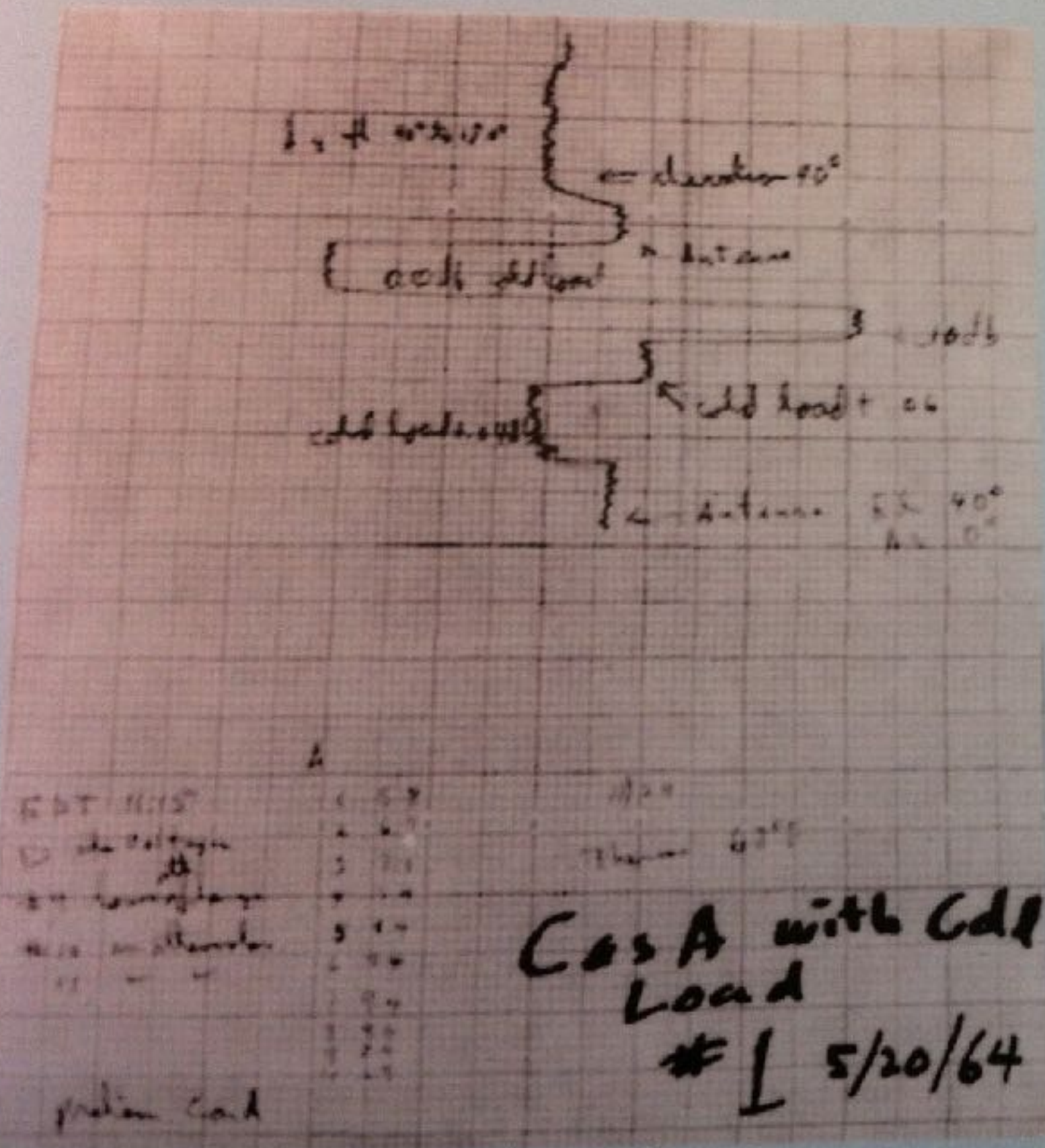
増幅器

印刷機

1964年5月20日

宇宙背景放射 発見

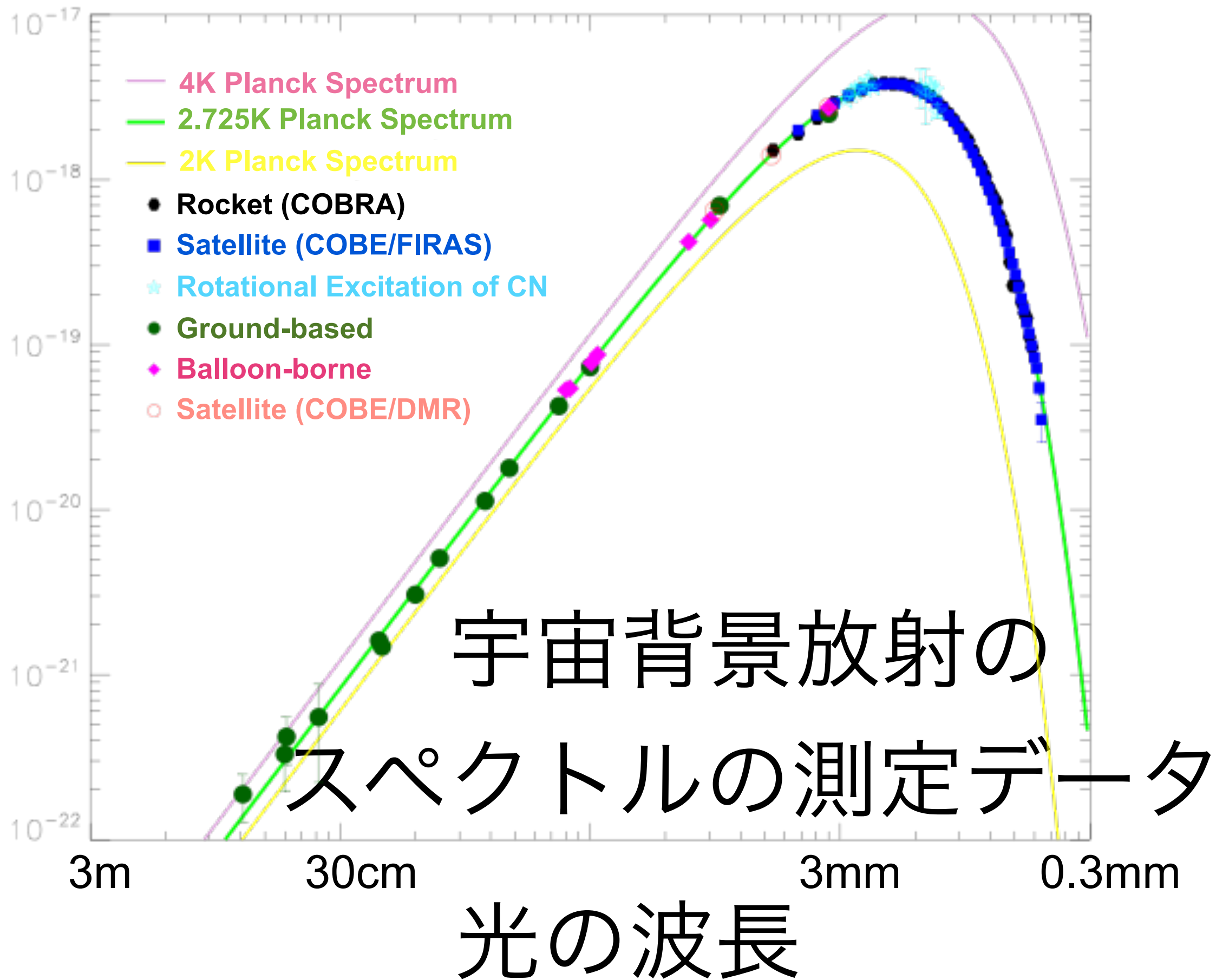
6.7-2.3-0.8-0.1
= 3.5 ± 1.0 K



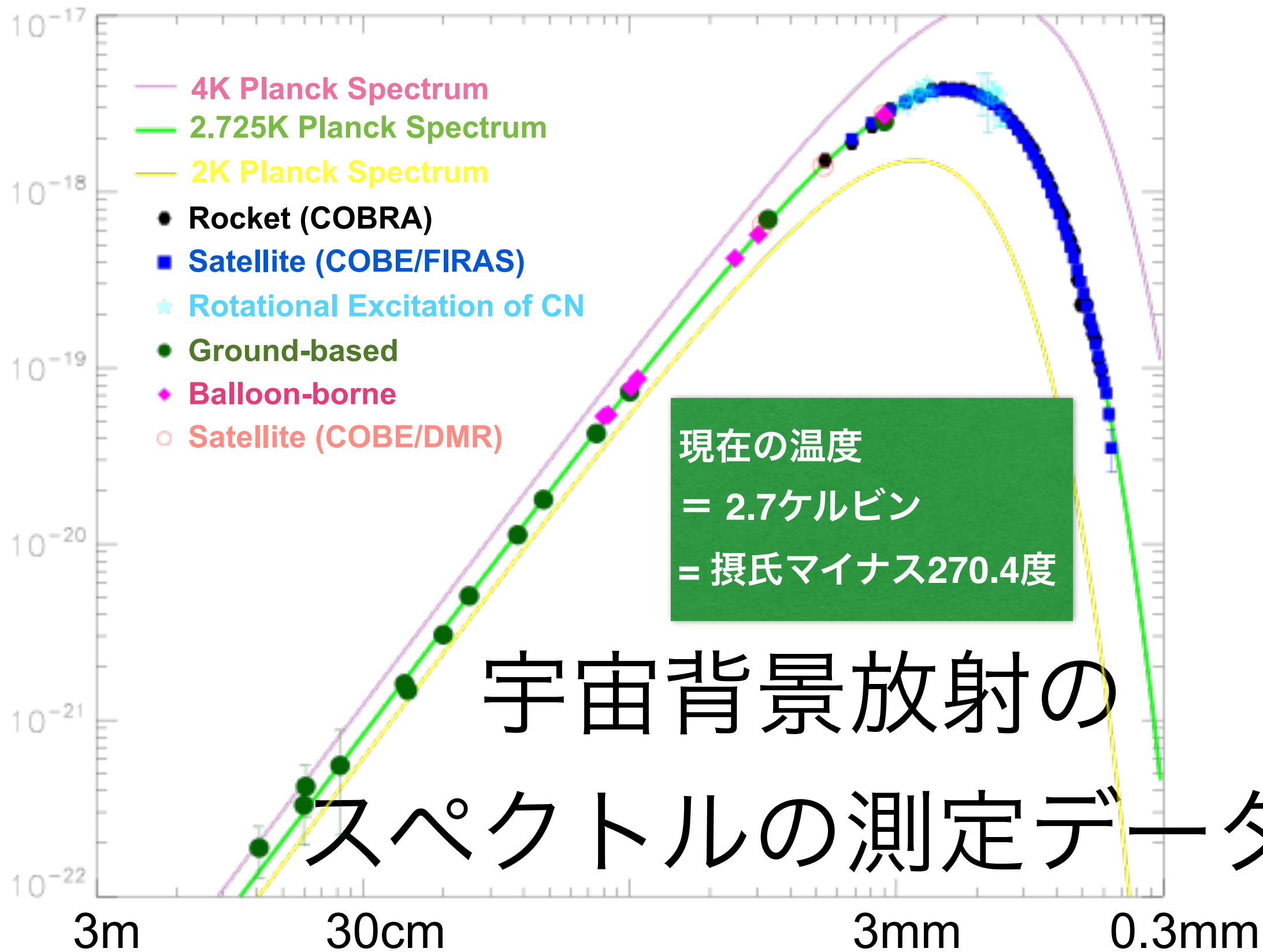
Schreiberaufzeichnung der ersten
Messung des Mikrowellenhinter-
grundes am 20.5.1964

Recording of the first measurement
of cosmic microwave background
radiation taken on 5/20/1964.

光の強度

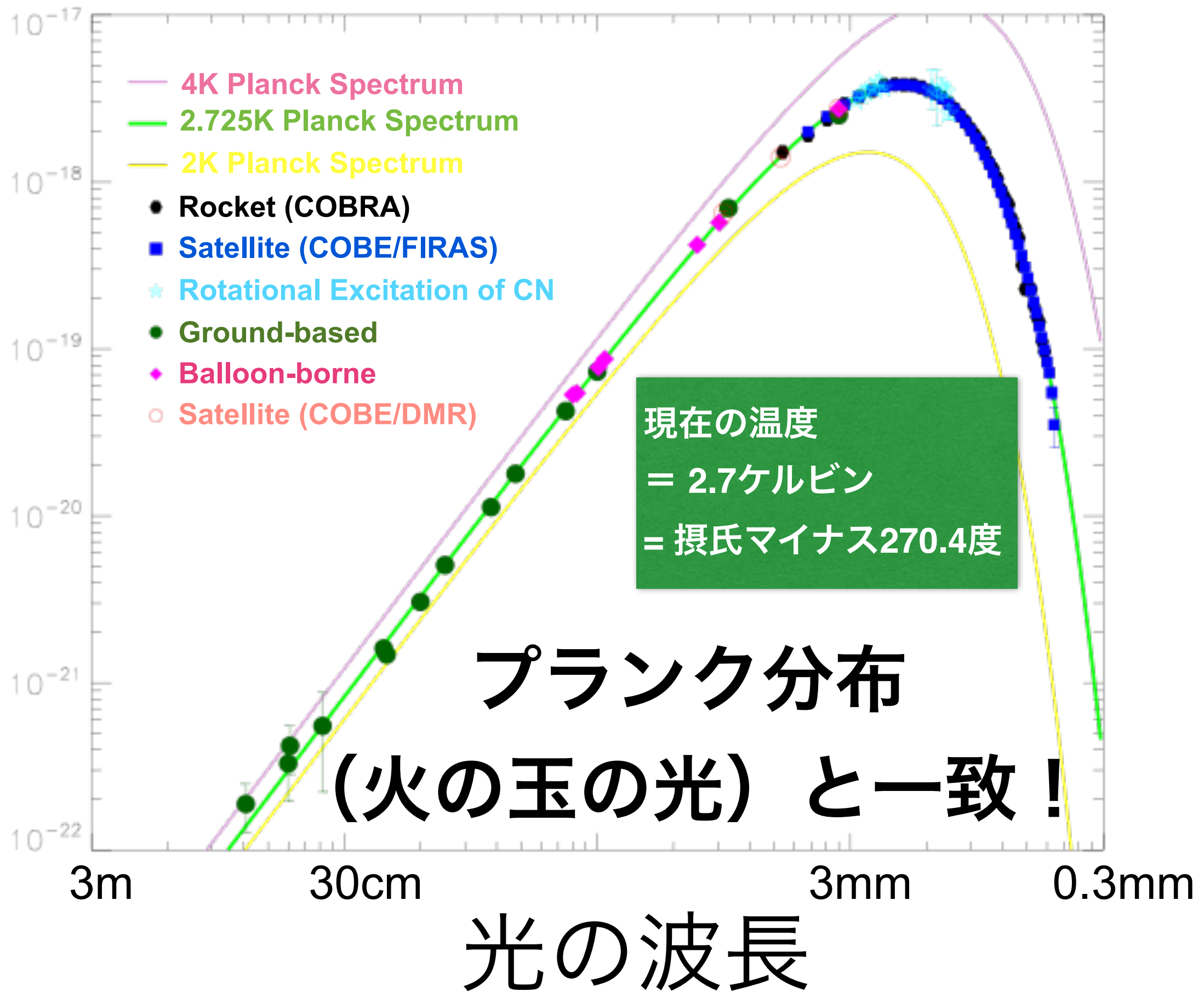


光の強度

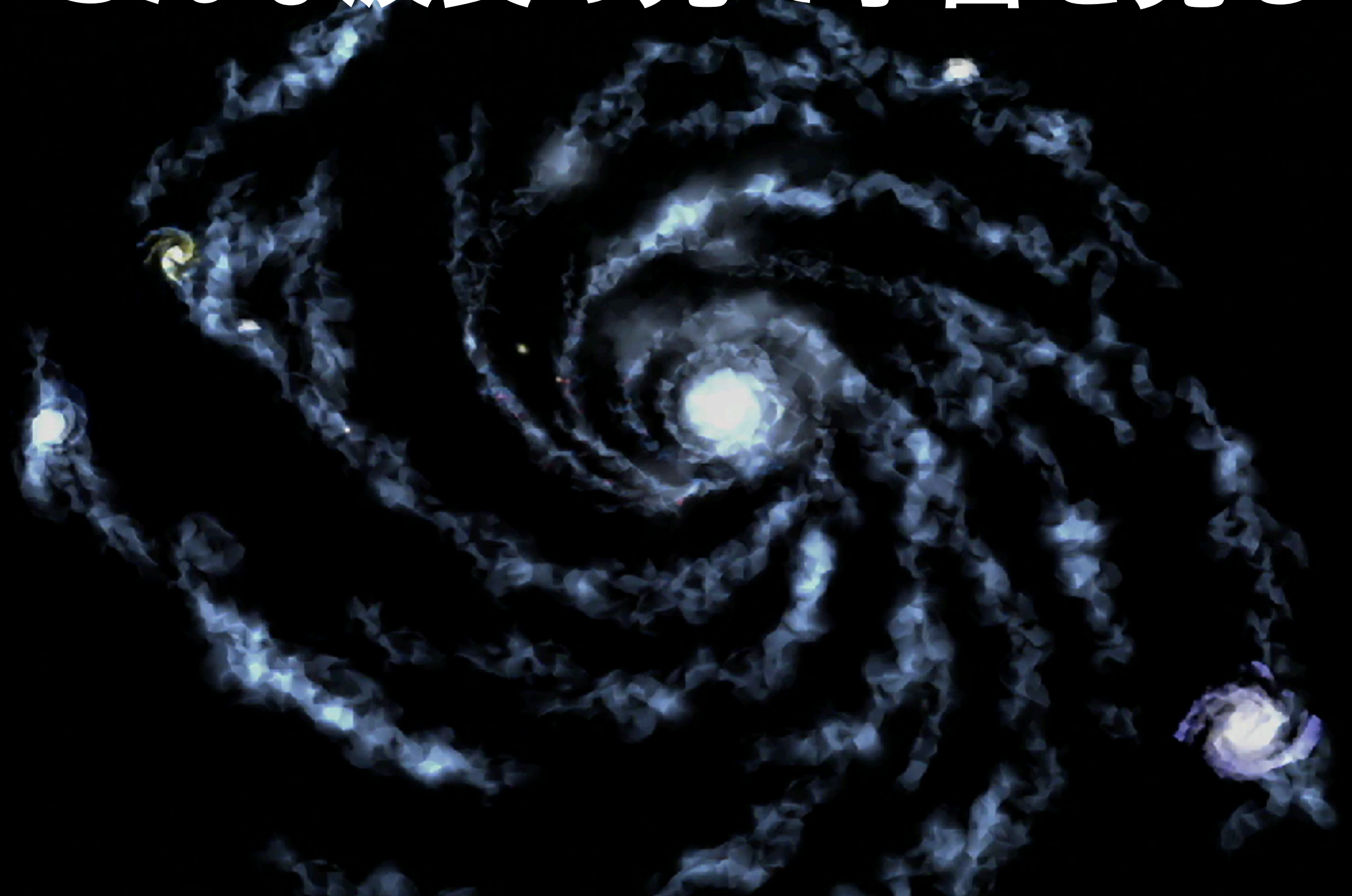


宇宙背景放射の
スペクトルの測定データ

光の強度



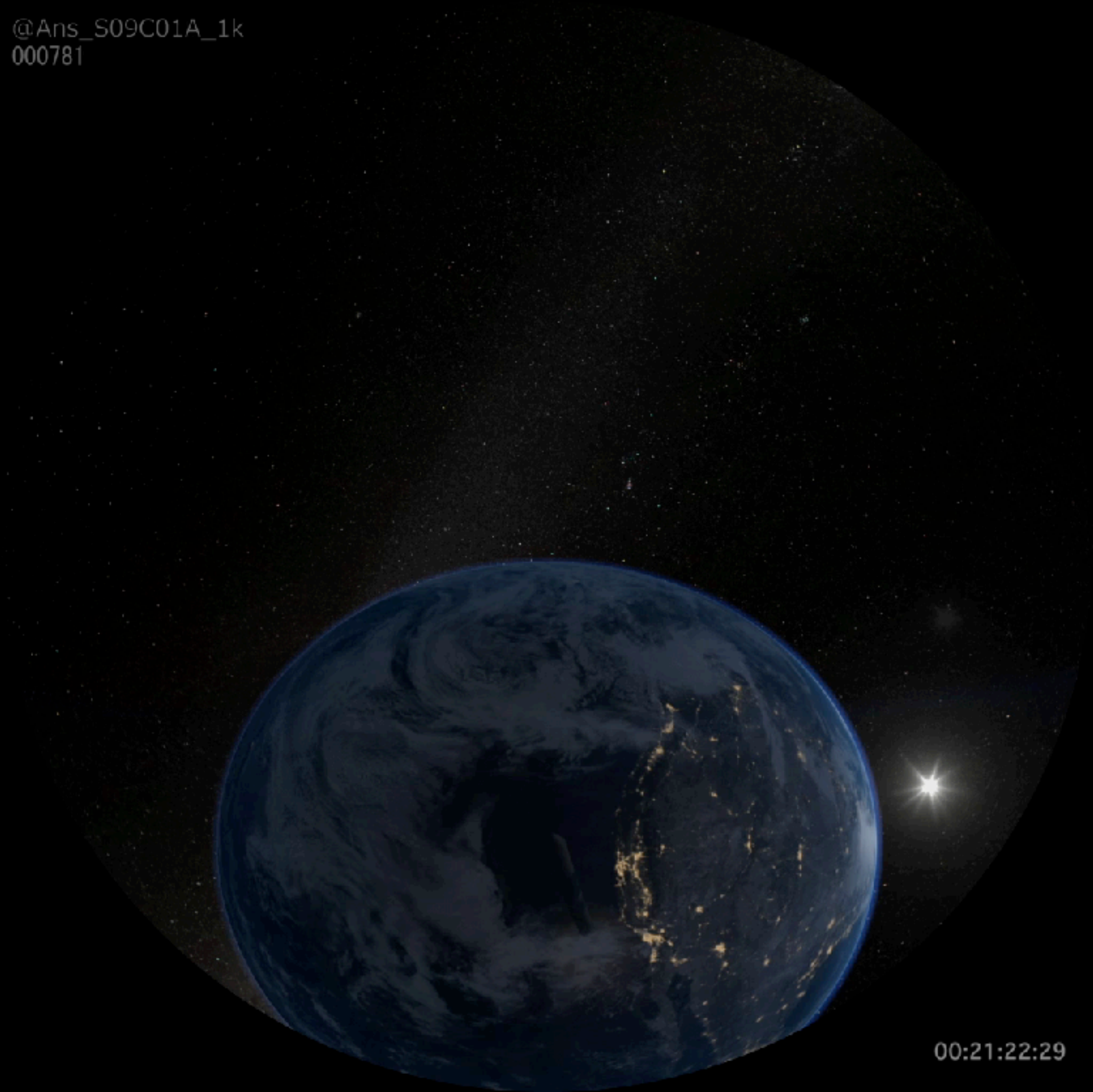
いろんな波長の光で宇宙を見ると



きんせきがいせん えんせきがいせん

可視光線・近赤外線・遠赤外線・電波

@Ans_S09C01A_1k
000781



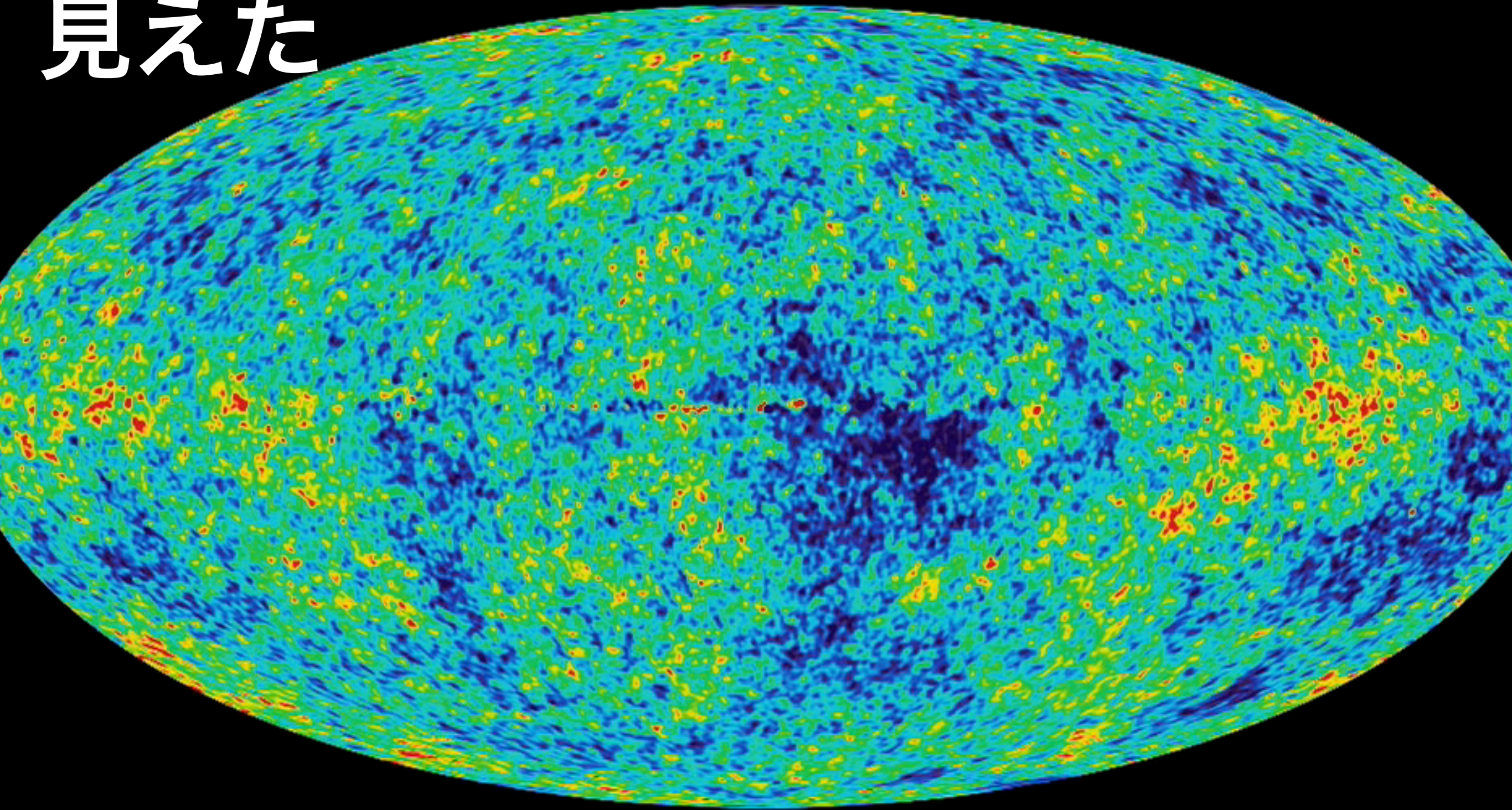
00:21:22:29

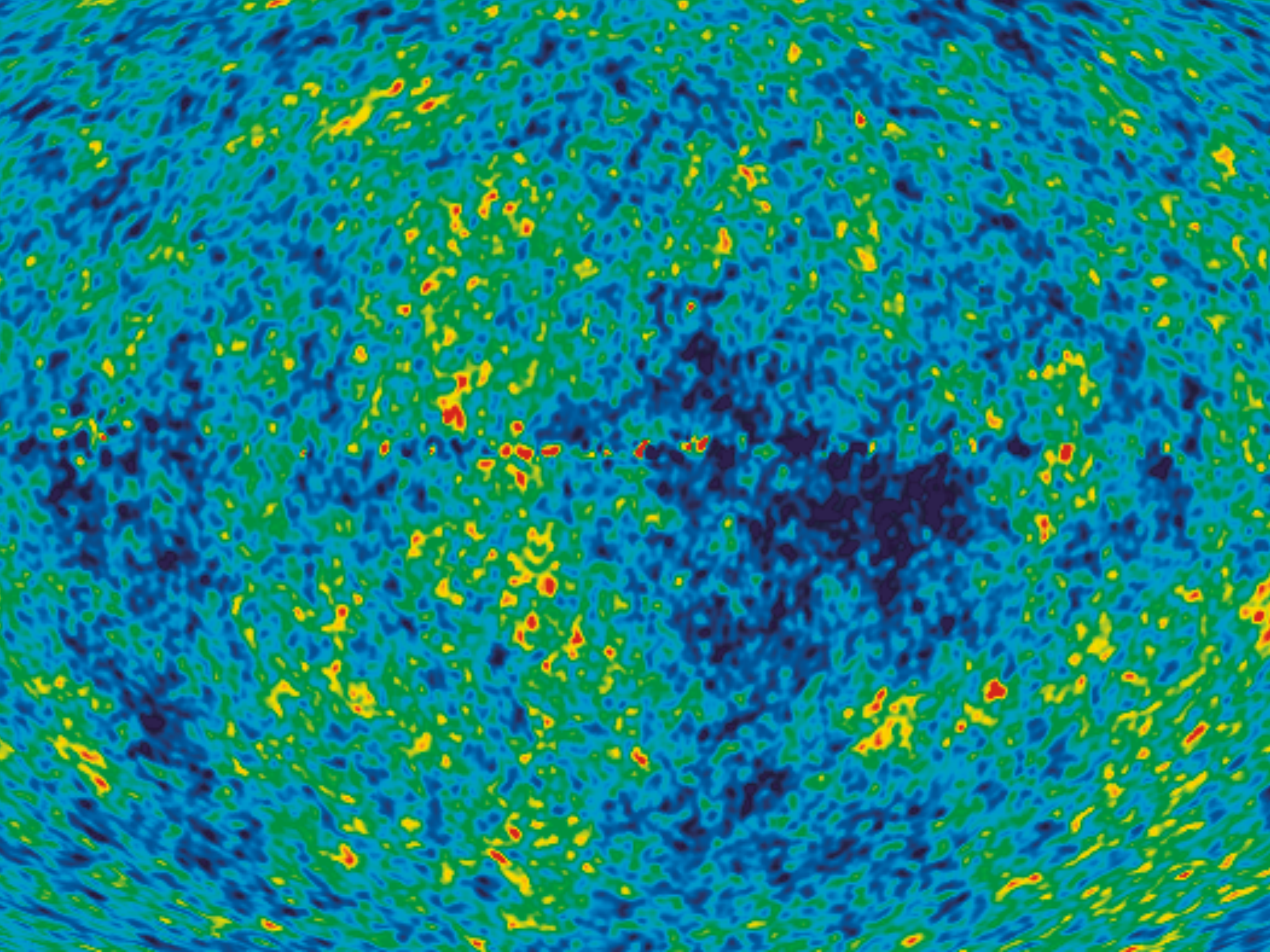
WMAPチーム（16年前の写真）



ウィルキンソン博士

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

私たちの起源

- WMAPが教えてくれたこと。

それ、すごく
そして、ないですか？ 宇宙

の始まりの時期に、すでに
刻印されていたこと

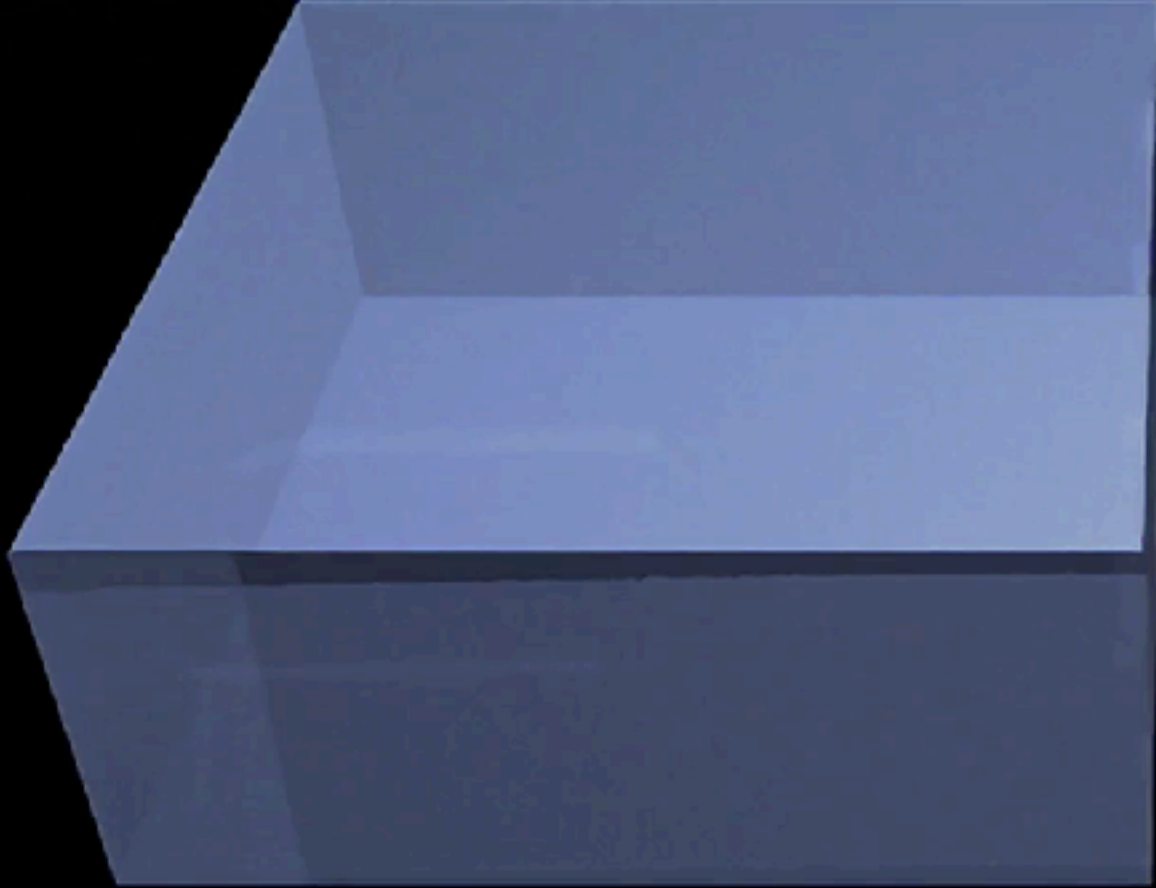
主な研究成果

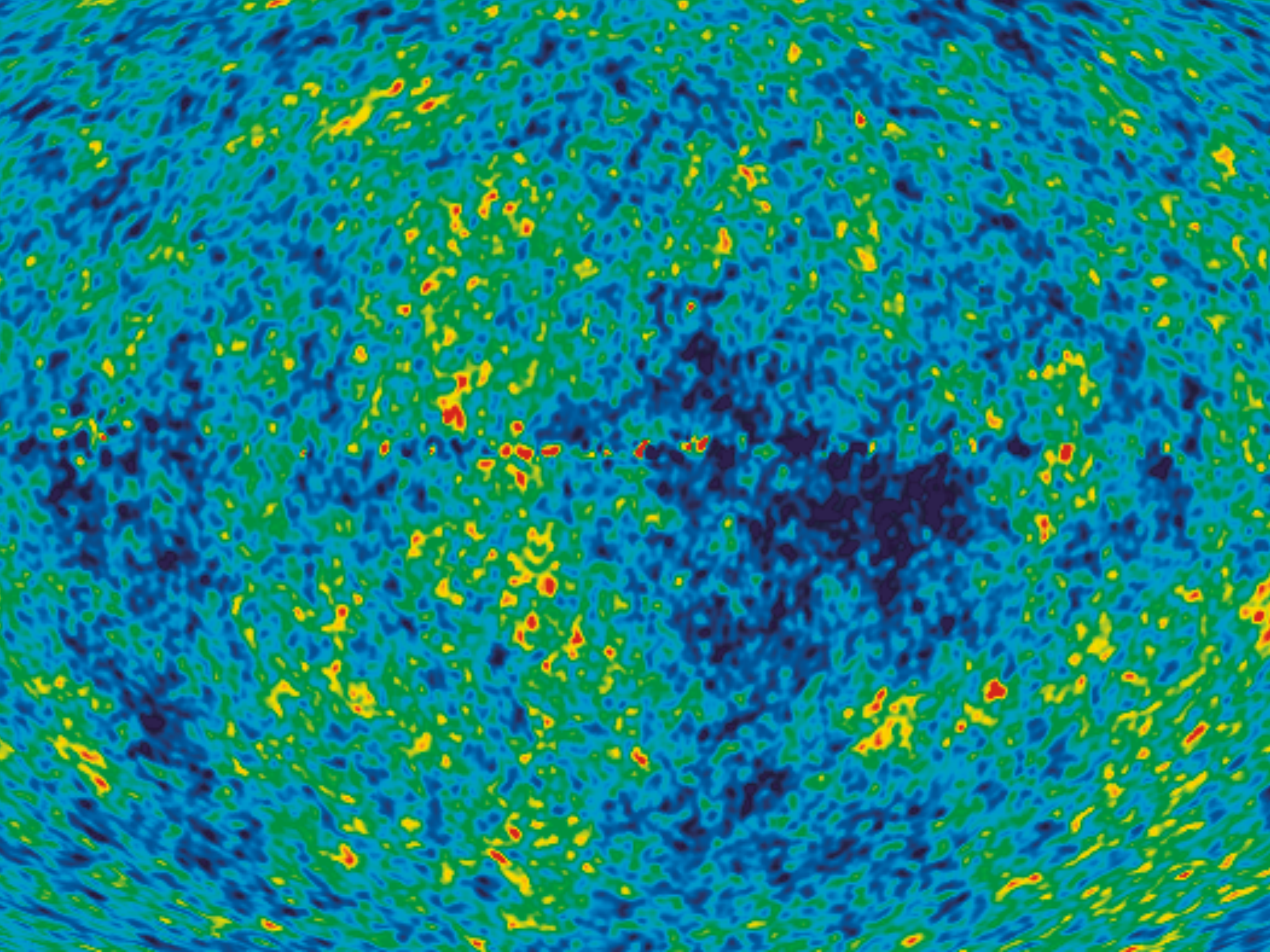
- 宇宙の年齢を **1 3 7 億歳**と決めました
- その後、精度が上がって 1 3 8 億歳に
- **宇宙が何でできているか**を突き止めました



宇宙味噌汁

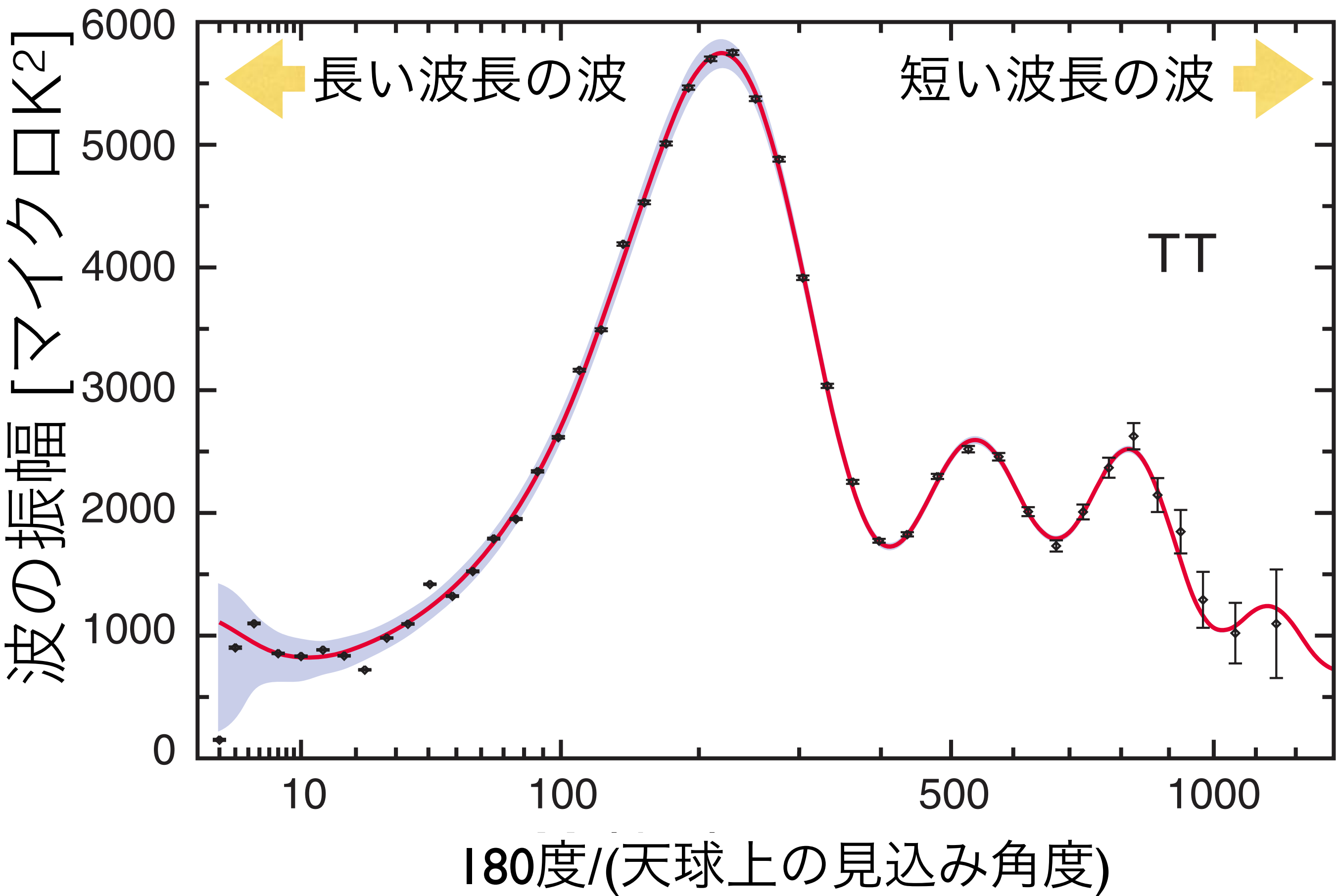
- 宇宙が3000K以上の高温状態にあるとき、宇宙空間の物質は完全電離状態にあり、それはまるで味噌汁のように振る舞う
- 味噌汁に、お豆腐を投げ入れたり、味噌の濃さを変えてみたりしてみよう
- そして、味噌汁にたつさざ波を観測する（姿を想像してみよう）



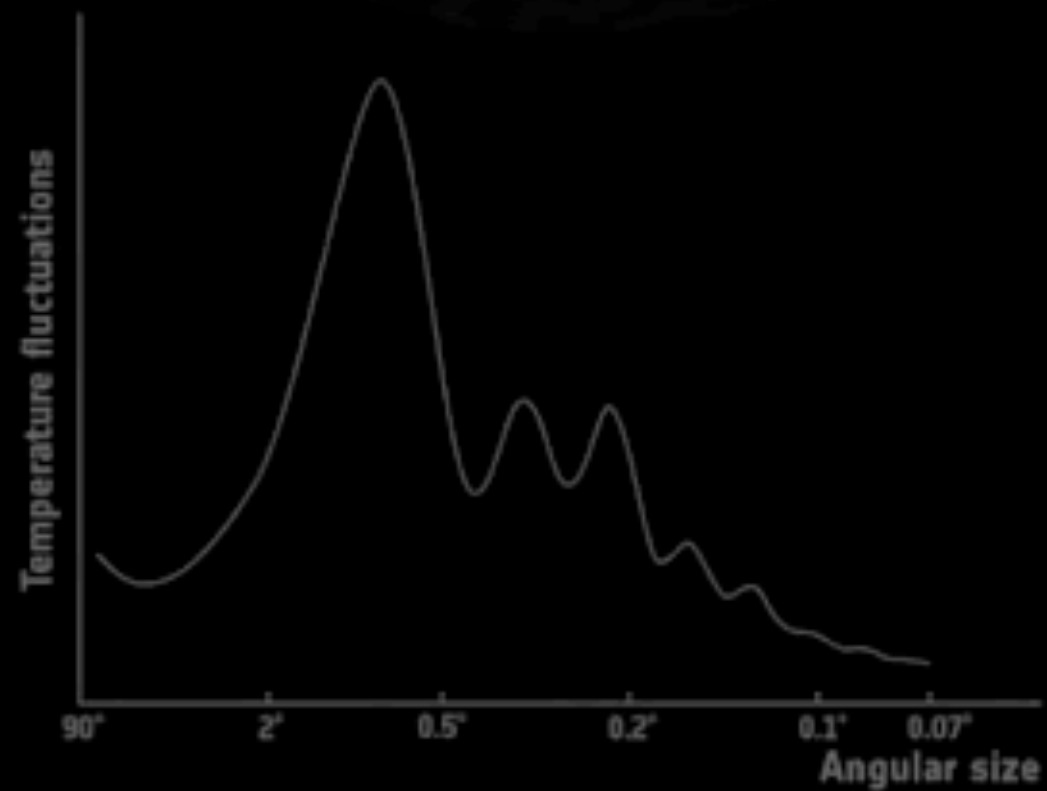


データ解析

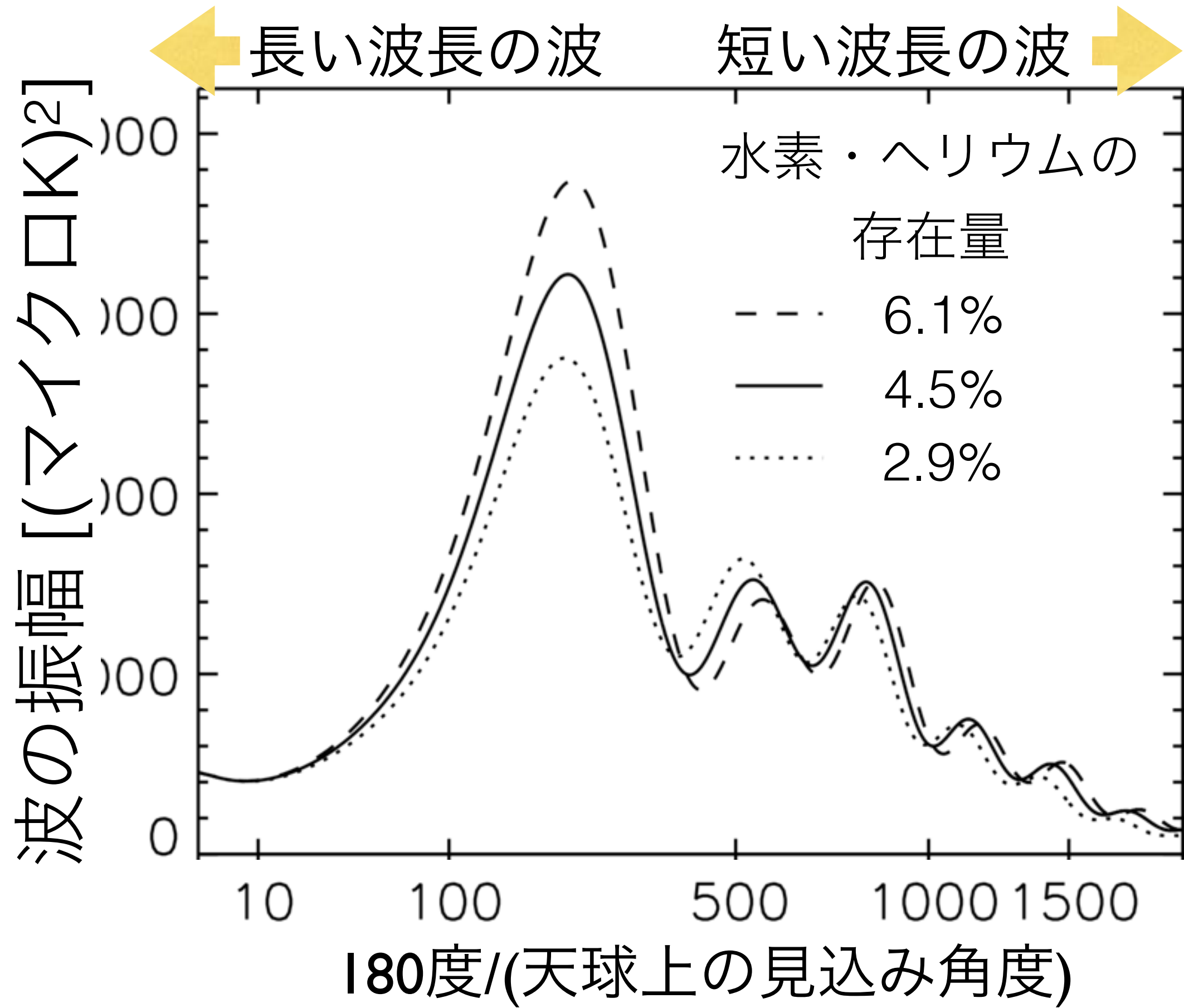
- 天球の場所ごとの温度の違いを、様々な波長を持つ波に分解して、
- それぞれの波長の振幅を図にしてみます

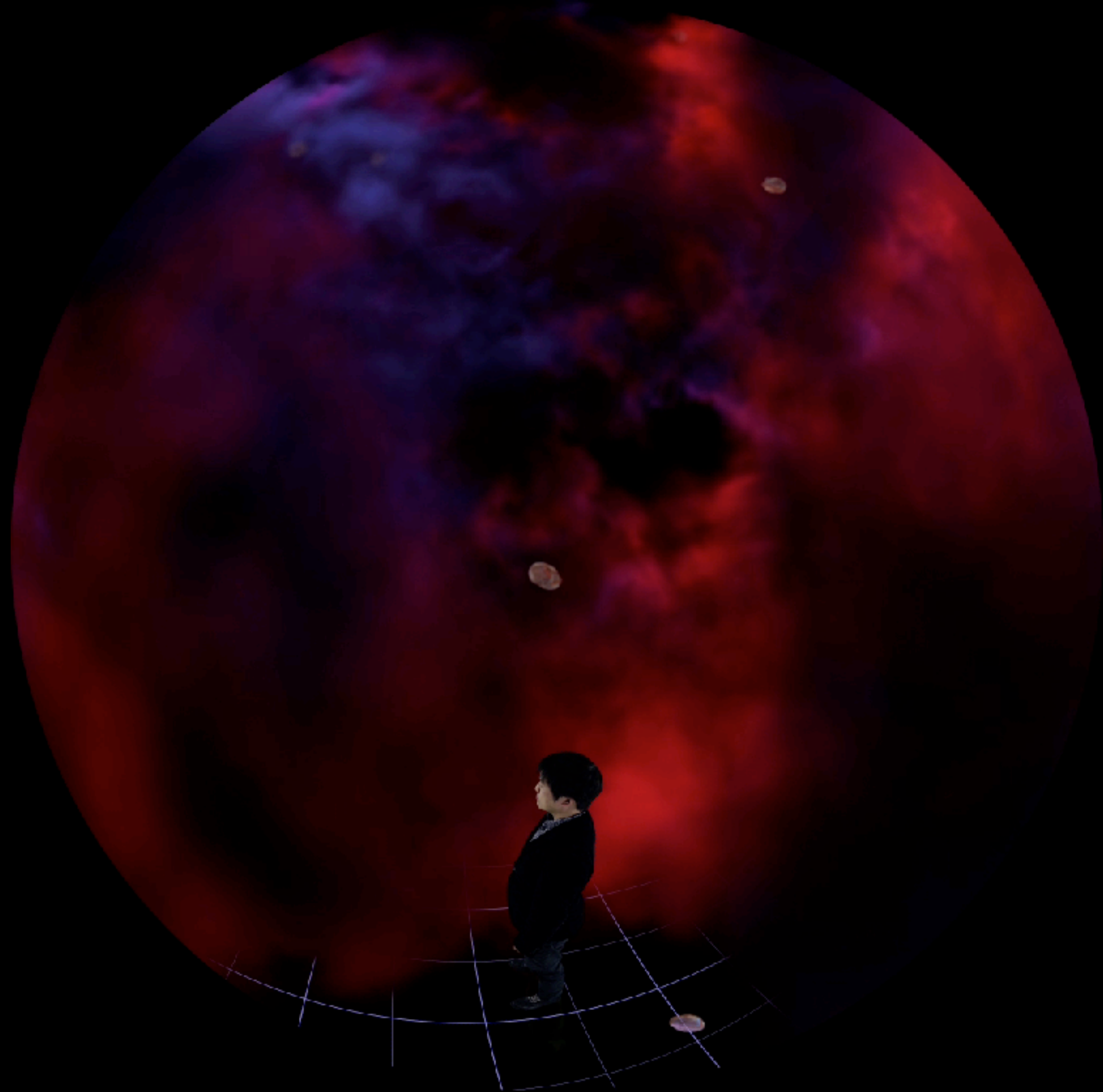


パワースペクトル



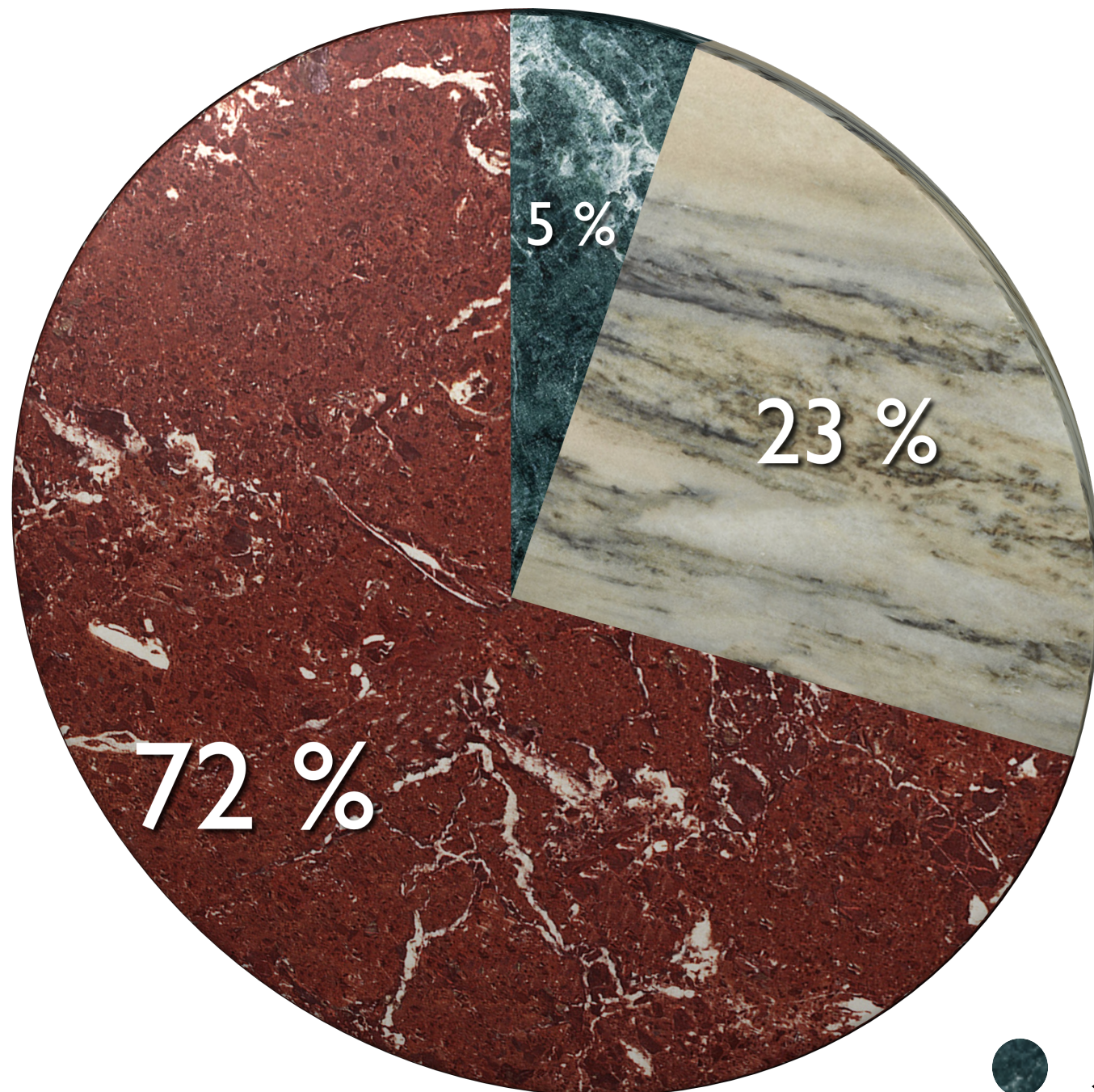
波形を用いて水素・ヘリウムを測る





宇宙の組成表

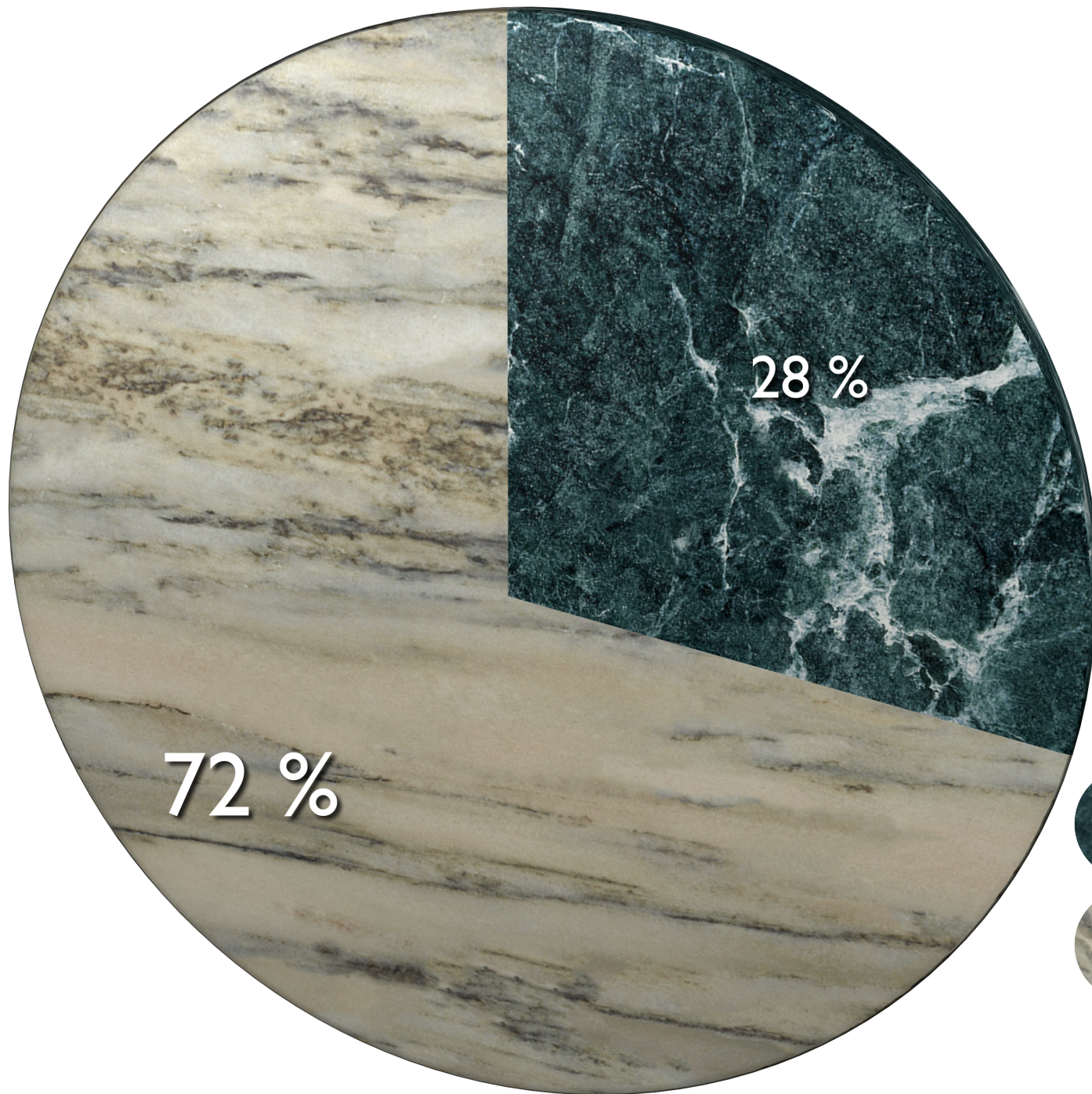
“Cosmic Pie Chart”



- WMAPにより、宇宙の組成が決められた
- その結果、**我々は宇宙の95%を理解できていない**事がわかってしまった. . .

● 水素とヘリウム ● 暗黒物質
● 暗黒エネルギー

宇宙の組成



宇宙の73パーセントは、
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：膨らむ速さ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、速さ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！

ビッグバン



Big Bang



ビッグクランチ



Big Crunch

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。

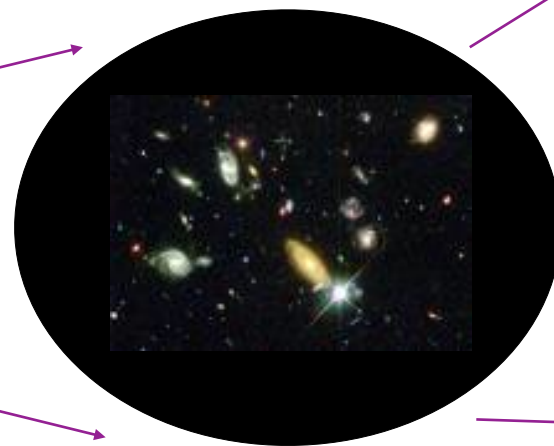
—その原因は、物質ではあり得ない。

—“暗黒エネルギー”の存在？

ビッグバン



Big Bang



リンゴを投げ上げる事
を想像してみよう





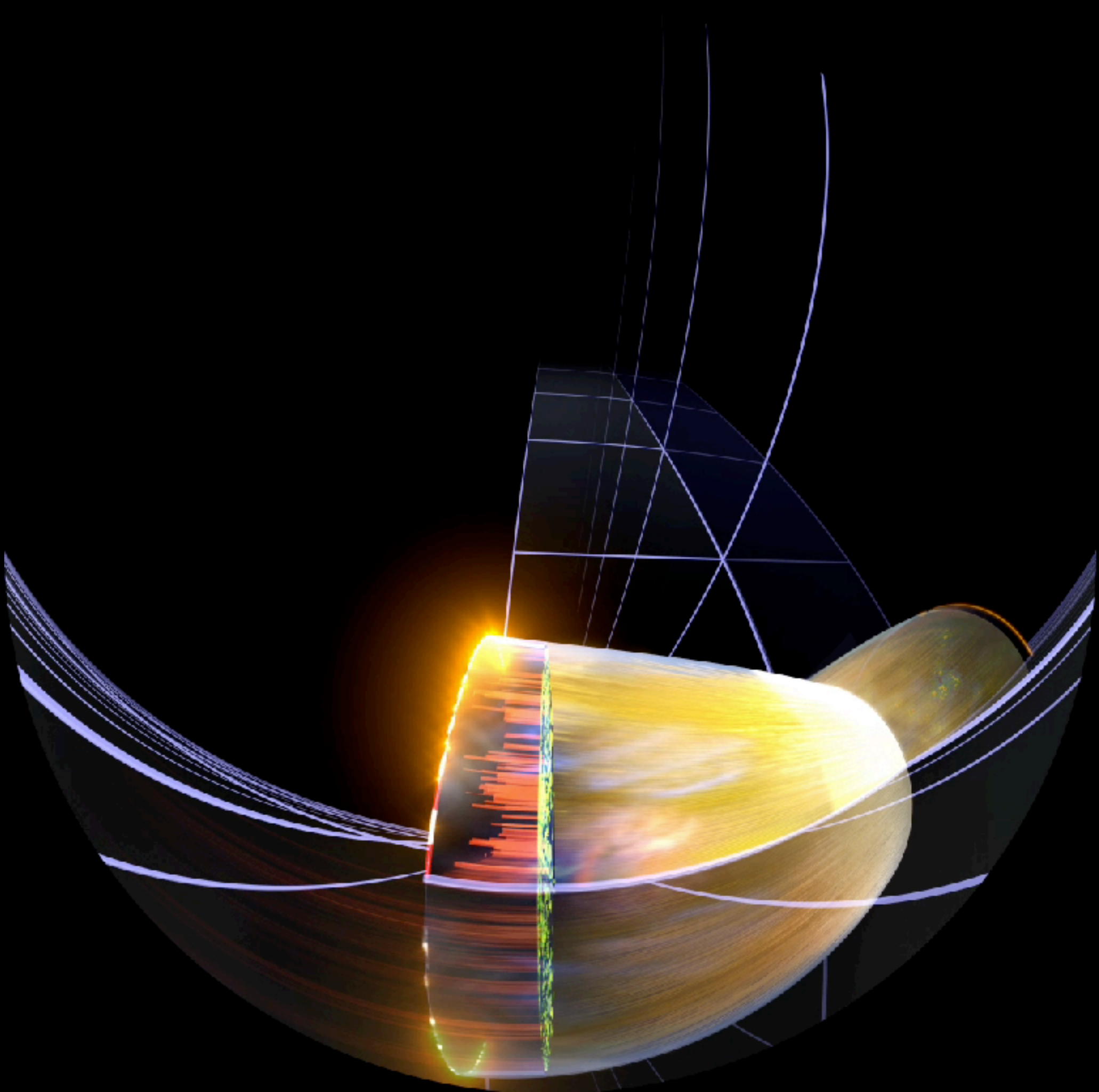
暗黒エネルギーが支配する場合

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**

暗黒「エネルギー」？

- 暗黒エネルギーと物質の違いは、その圧力にある。
- 宇宙膨張を加速するには、圧力がエネルギー密度と同じくらいの大きさであり、**なおかつ負でなくてはならない。**
- **負の圧力！** それが暗黒エネルギー。どれくらい負かと言うと、 $w = (\text{圧力}) / (\text{エネルギー密度})$ と書いた時、 $w \sim -1$ 。



ビッツグ (Big)

リップ (Rip)

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

Big Rip

- w が決める宇宙の未来
 - $w=-1$: 単位体積中にある暗黒エネルギーの量は時間に関して一定
 - $w<-1$: 単位体積中にある暗黒エネルギーの量は**時間とともに増大**。いずれは、あらゆる場所において暗黒エネルギーの効果が無視できなくなる



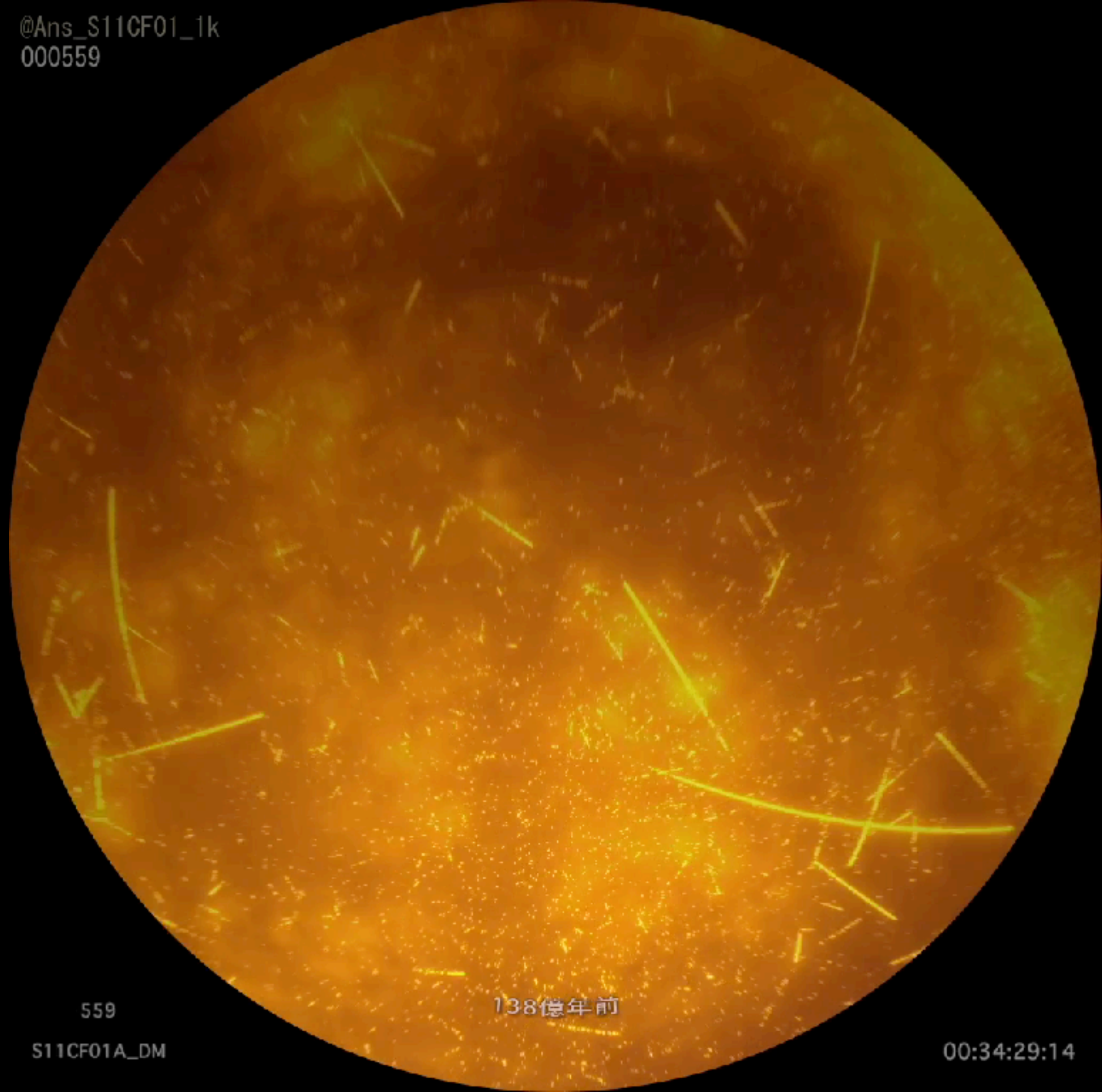
衝撃の終末
ビッグリップ



宇宙の始まり、そして終わり

- 私たちの起源は、宇宙の始まりにあった物質の不均一性でした
- そこからどうやって私たちは産まれたのか？HORIZONのラストシーンでお楽しみください
- そして、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
- そして、その研究でみなさまの税金から給料をもらっている人がいることを！いつもありがとうございます

@Ans_S11CF01_1k
000559



559

138億年前

S11CF01A_DM

00:34:29:14