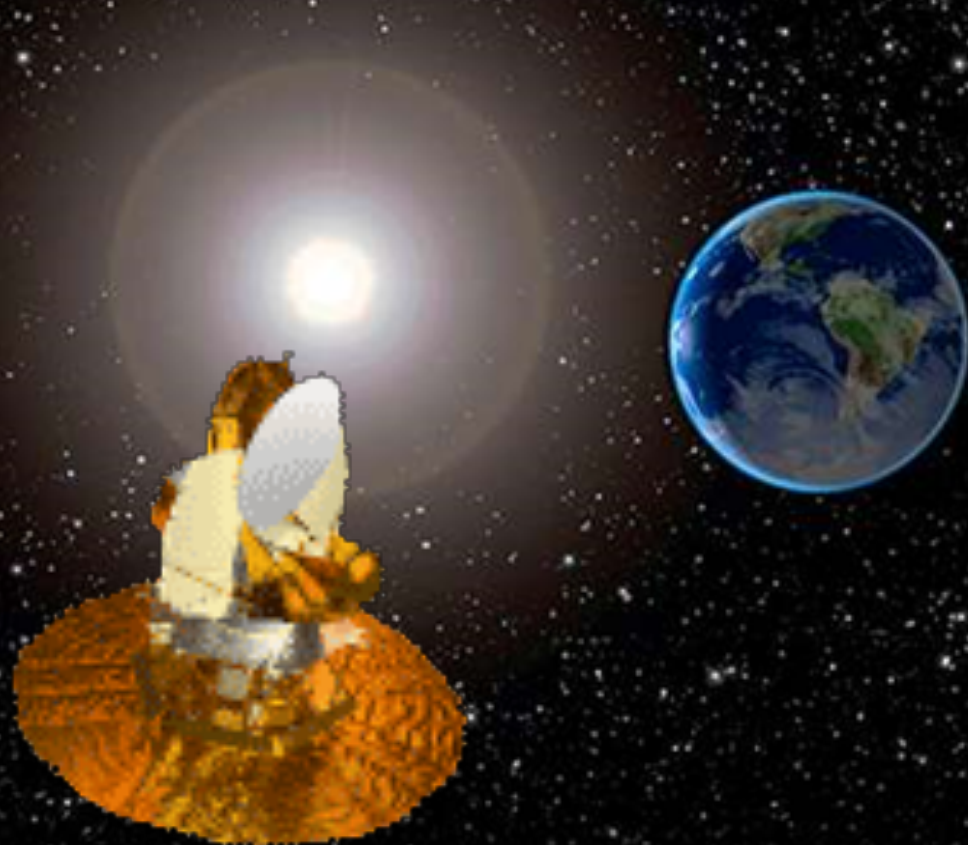
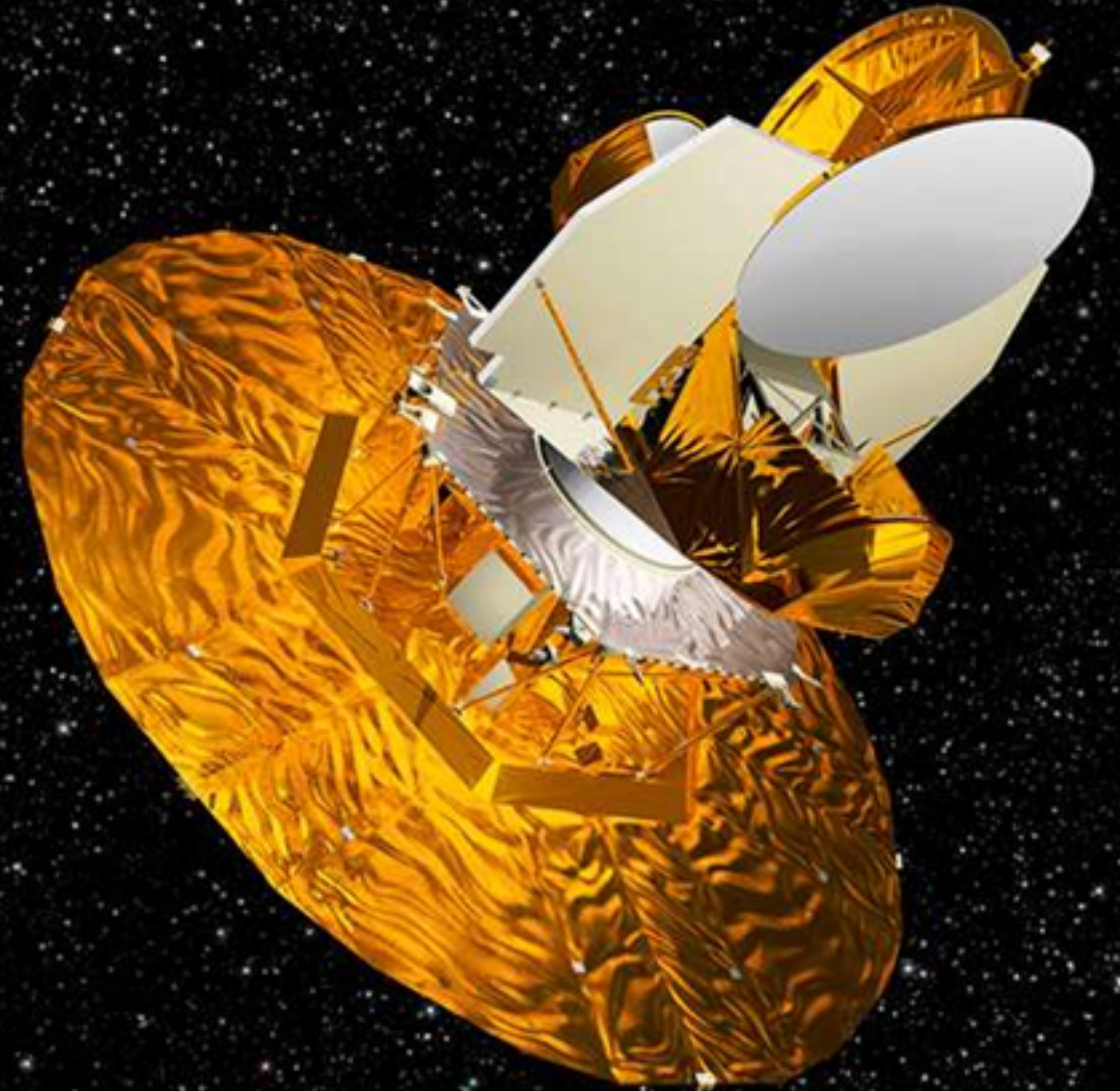


2018年2月10日

トワイライトサロン

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
小松英一郎・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

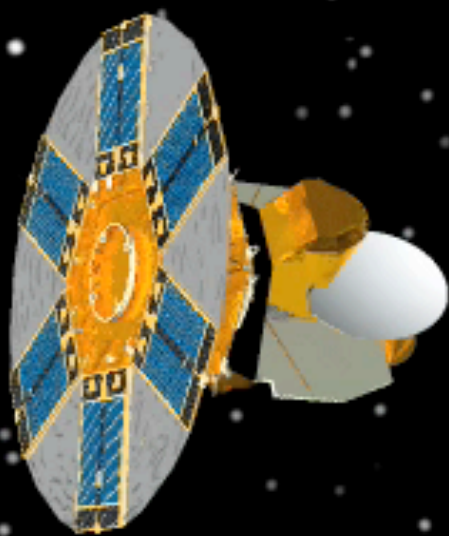
大事なんで最初に言っときますが、

マジです





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

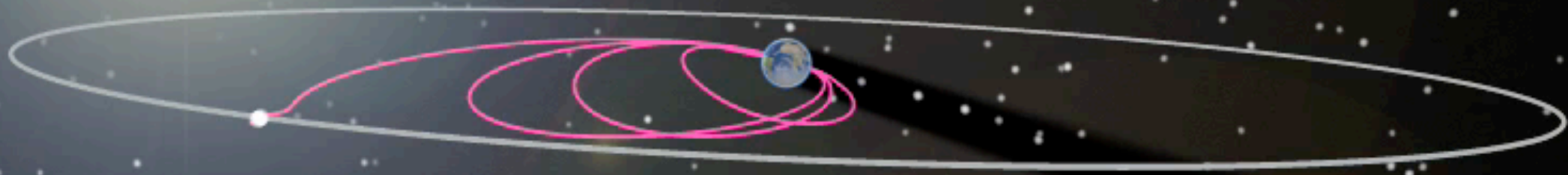


WMAPは地球を離れる

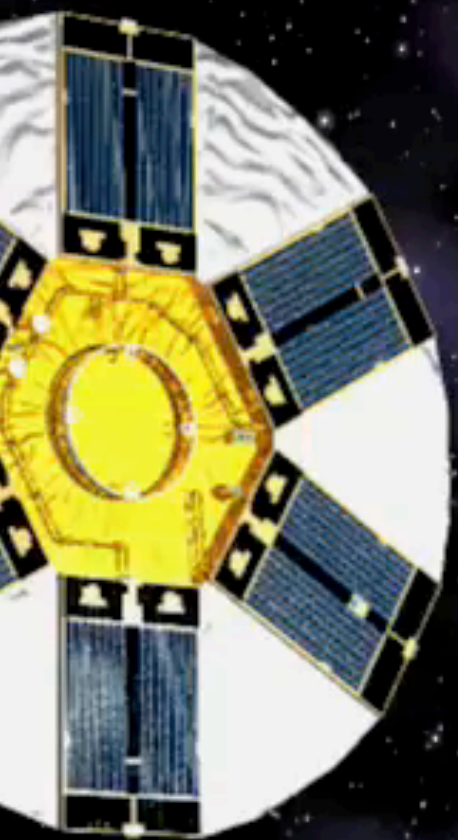


WMAPは月よりも遠くへ行く！

WMAPは、月までの距離の4倍にある「ラグランジュ点」を回る

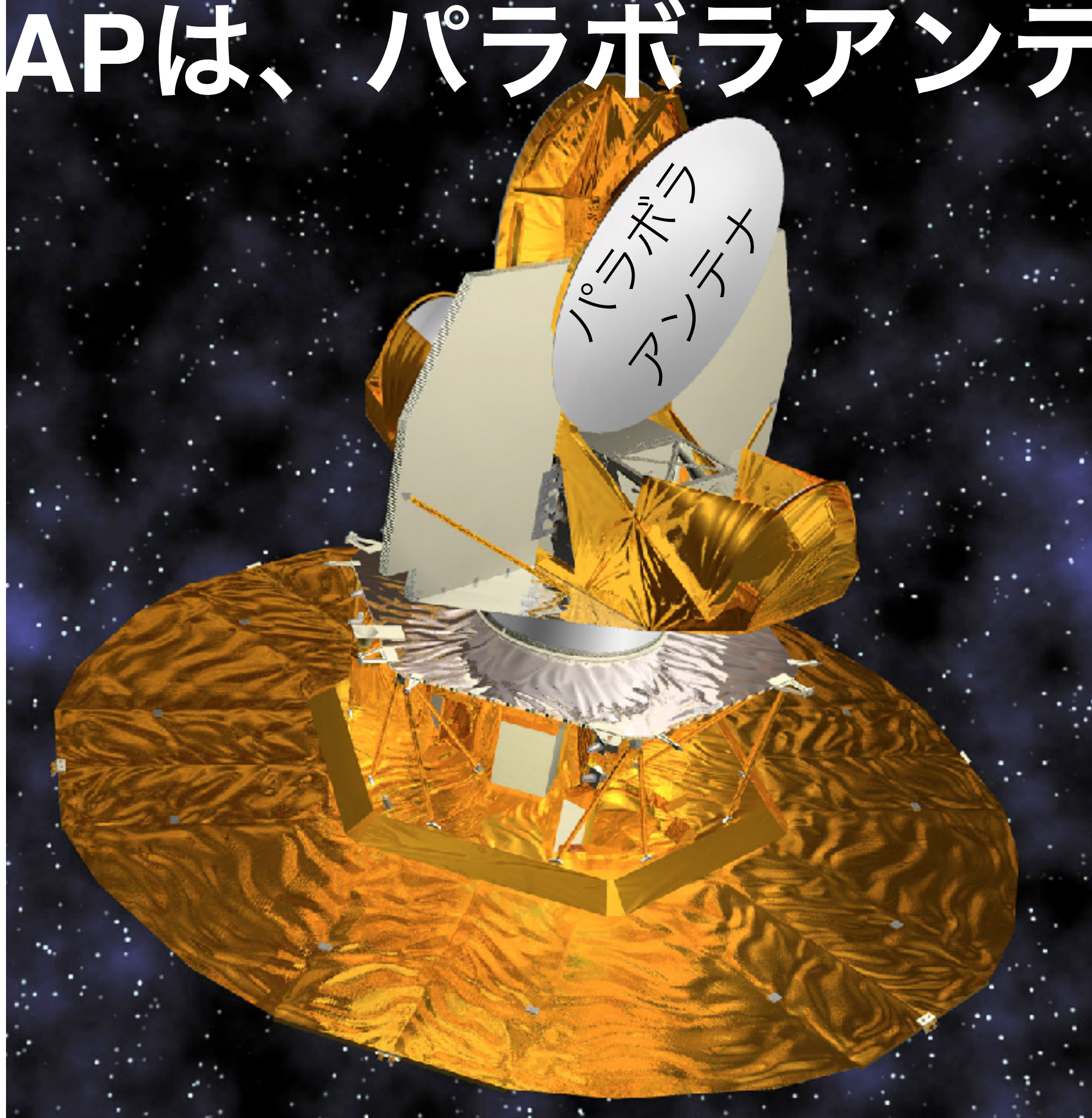


地球から 1 5 0 万キロ



**WMAPは、太陽・地球・月に
背を向けて宇宙を観測する**

WMAPは、パラボラアンテナ



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

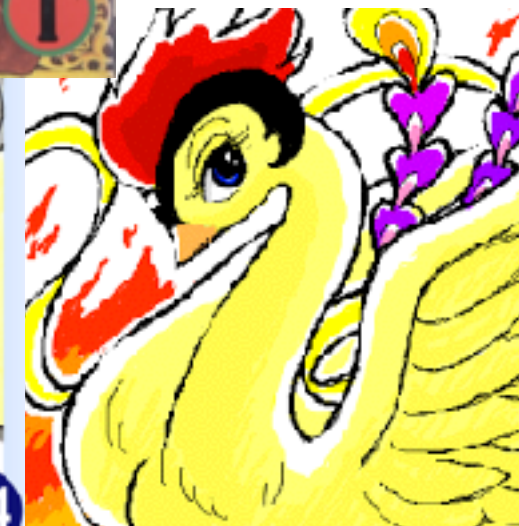
ほとんどの日本人の大人が
知っている、宝塚の2大名物

か げき
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

おさむ
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





東北大学天文学教室 二間瀬敏史教授の研究室
(1999年9月)

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
- 5年前からドイツ・ミュンヘン郊外の研究所に移りました

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、地球に届くのにかかかります
 - 太陽の次に、地球に近い星までは、4年かかります



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
 - 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 3 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
- 今日のトワイライトサロンの目的は、「**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？

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」

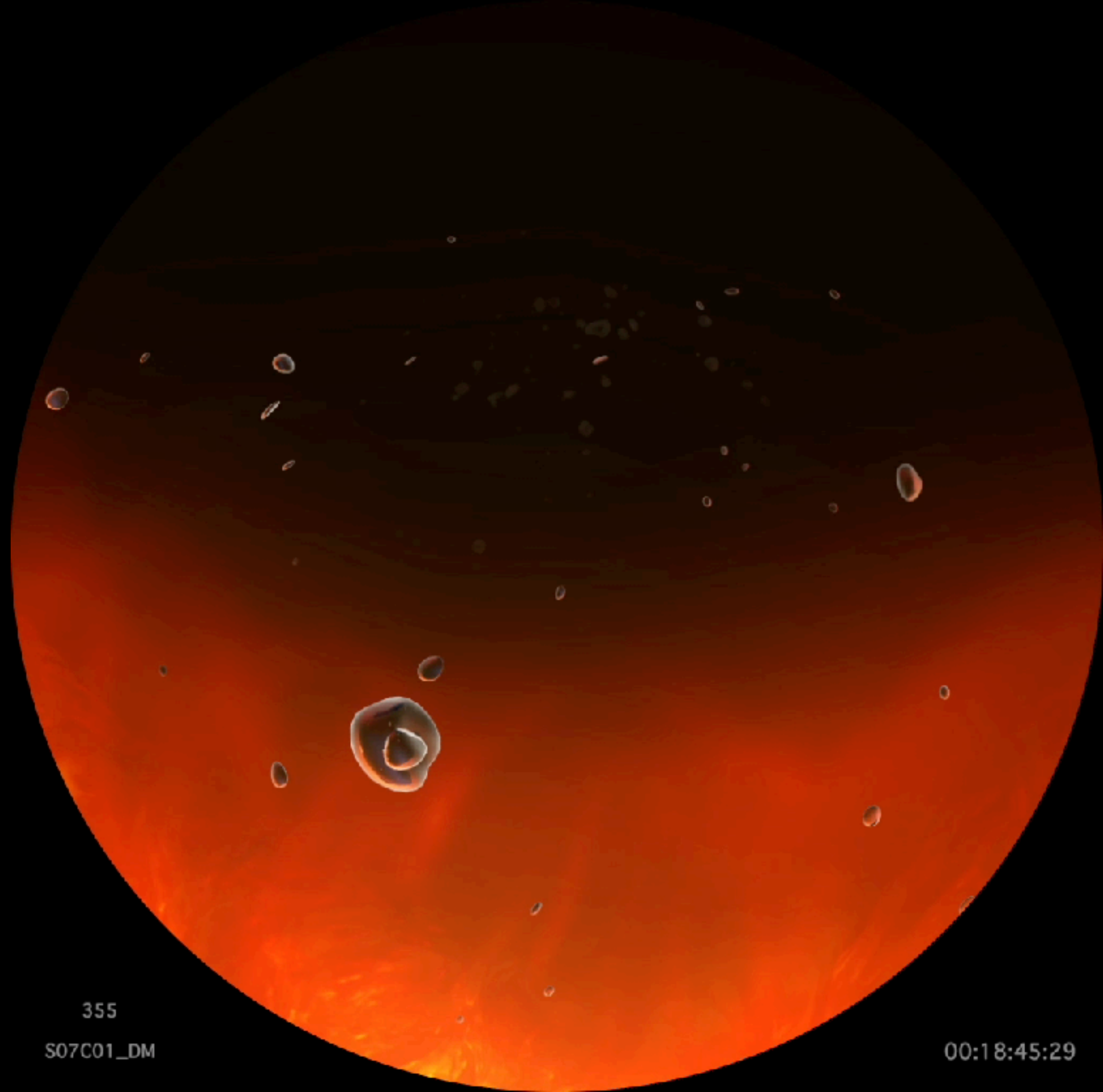
多摩六都科学館（東京）上映中
仙台市天文台（宮城）上映中
他、各地で上映予定

HORIZONの見方

- **これは映画です。** どうか、理解しようとしなくてください！！
- 上坂浩光監督による**圧倒的なフルドーム映像**を、酒井義久氏による**オリジナル音楽**に乗せて、存分にお楽しみください。
- 内容は、確かな科学に基づいた確かな話ですが、不思議な世界です。**不思議さを楽しんで**ください！

「星ナビ」 2018年の1・2・3月号は、 HORIZON特集！





355

S07C01_DM

00:18:45:29

火の玉宇宙

時間

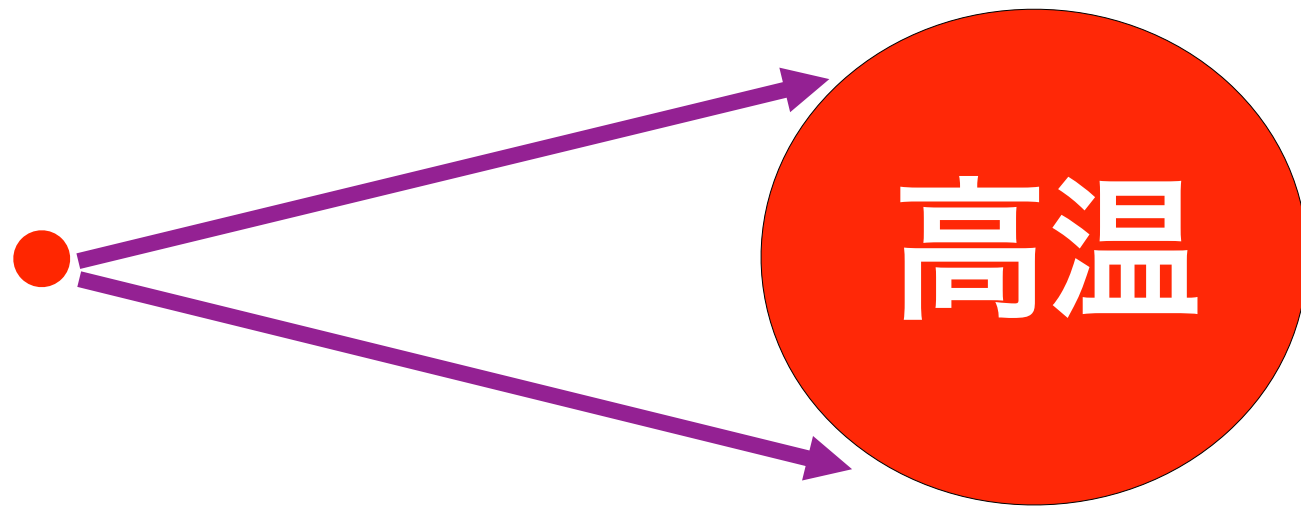
ビッグ
バン



空間

火の玉宇宙

時間

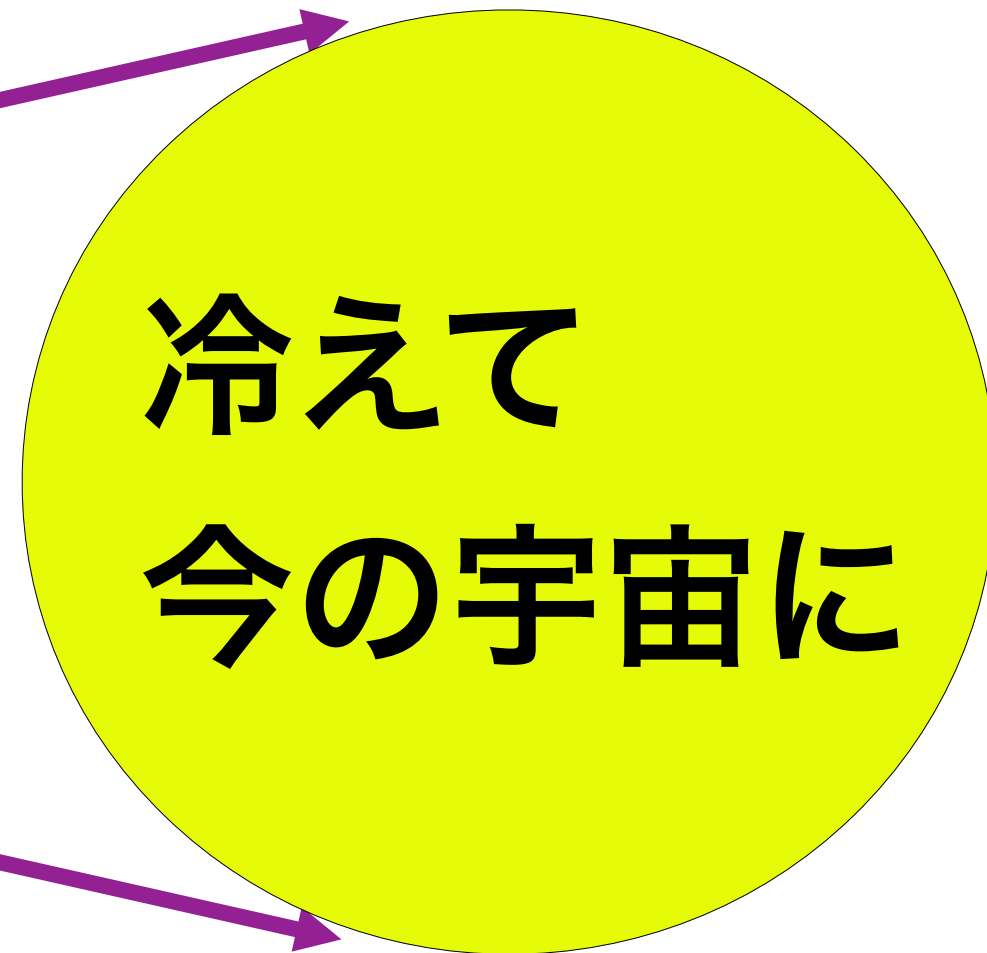
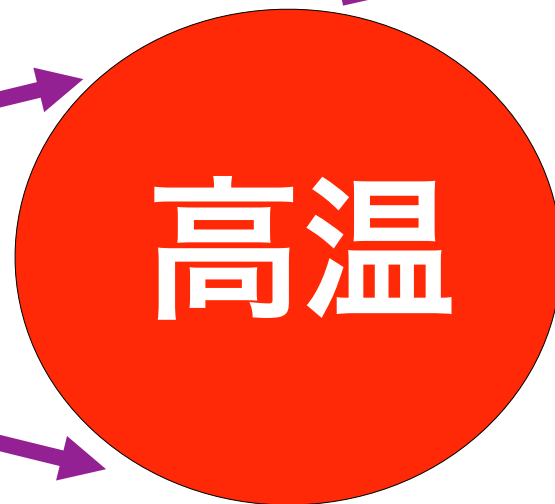


膨張

空間

火の玉宇宙

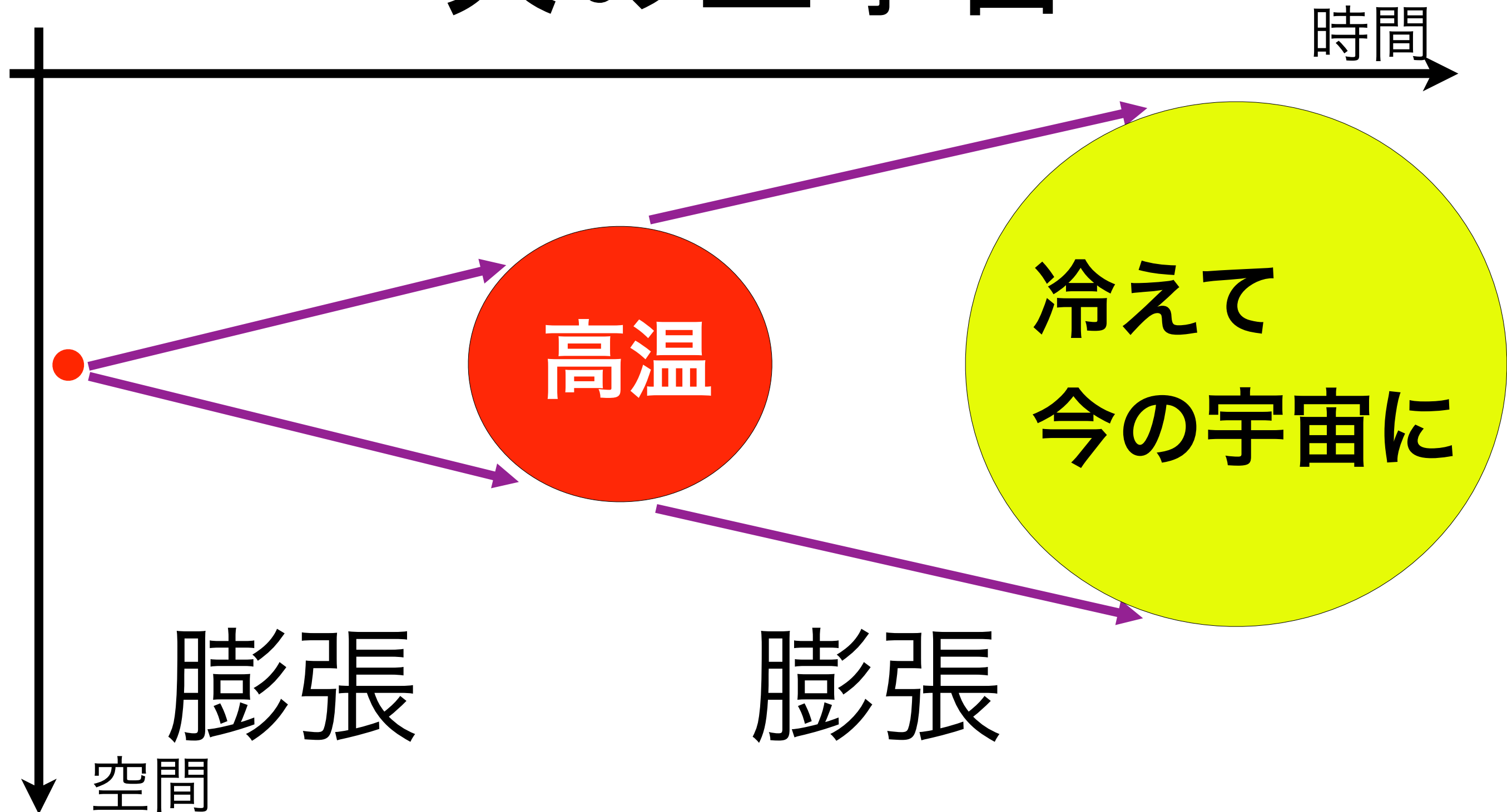
時間



膨張

膨張

空間



驚きの事実

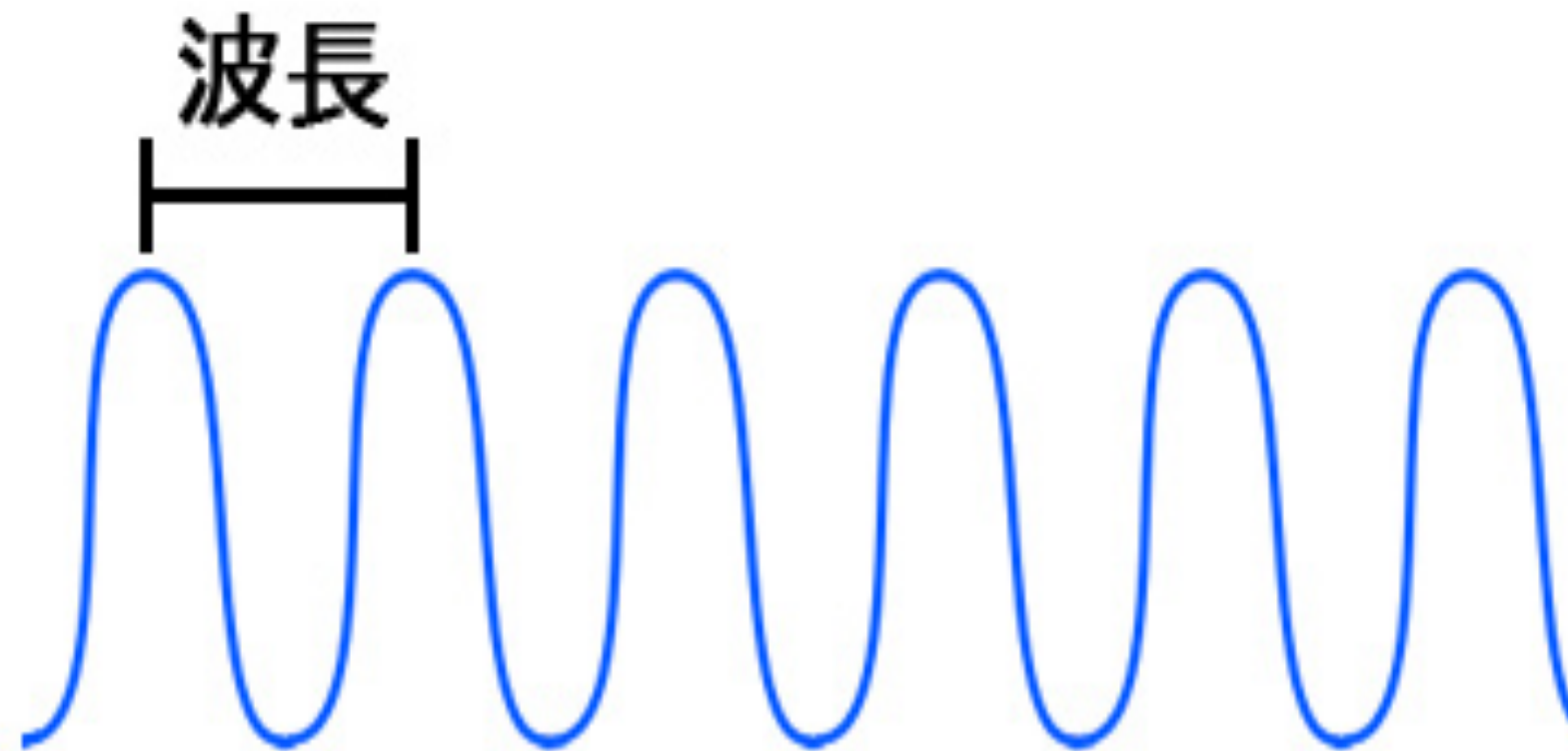
- ビッグバン当時の光は、私たちのまわりにいる！
- 角砂糖一個分の大きさ（1立方センチメートル）
に、光の粒が**410個**

この光を、パラボラアンテナで集めれば良い

光の種類・波長^{は ちょう}

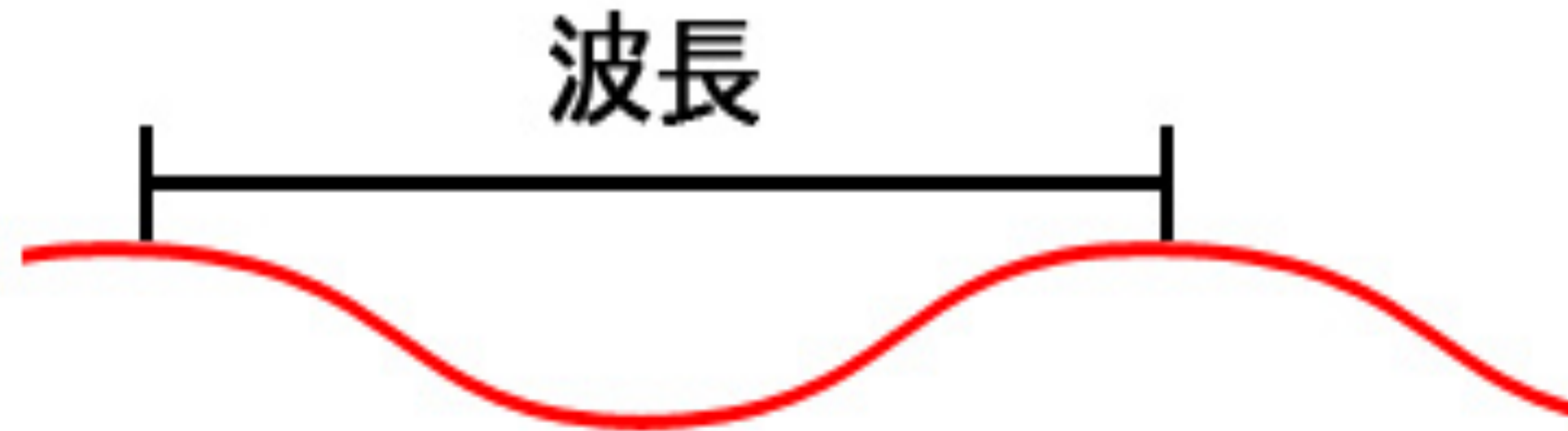
- 目で見える光は...

- 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

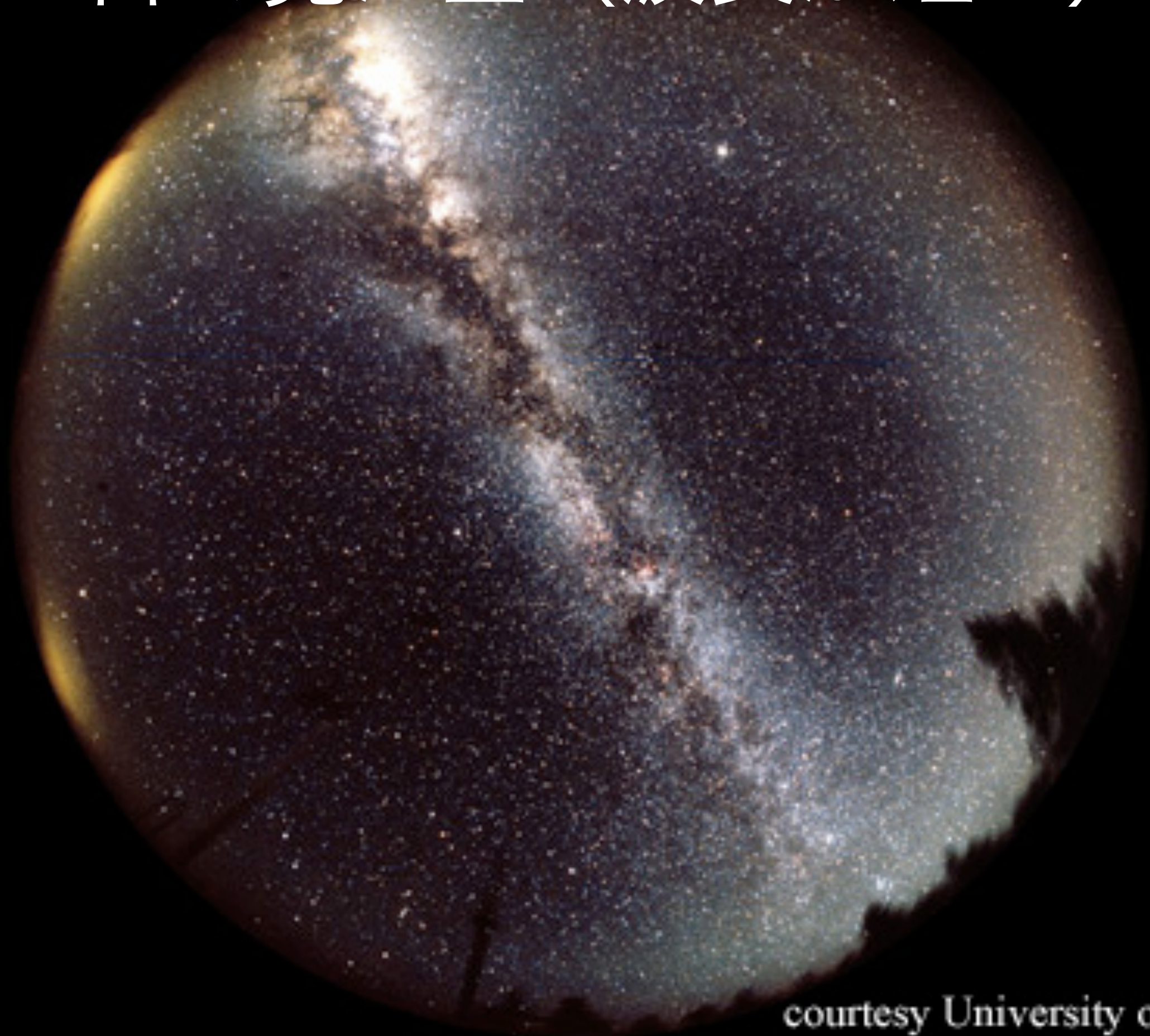




ヒラーニヤ・パイリス教授 Hiranya Peiris
(ユニバーシティ・カレッジ・ロンドン)

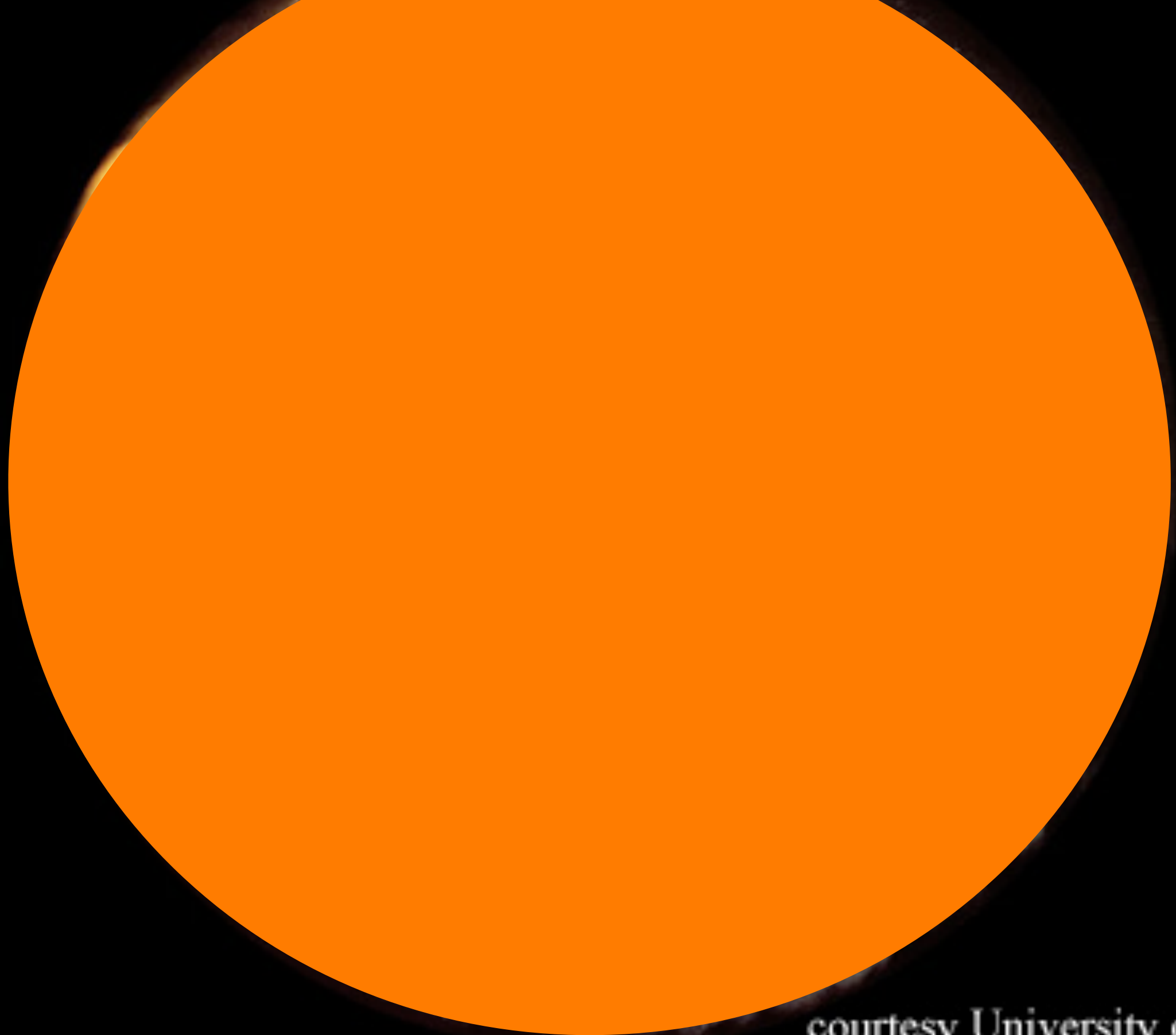
たとえば、テレビの雑音のうち、1%は
ビッグバン当時の光！

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）



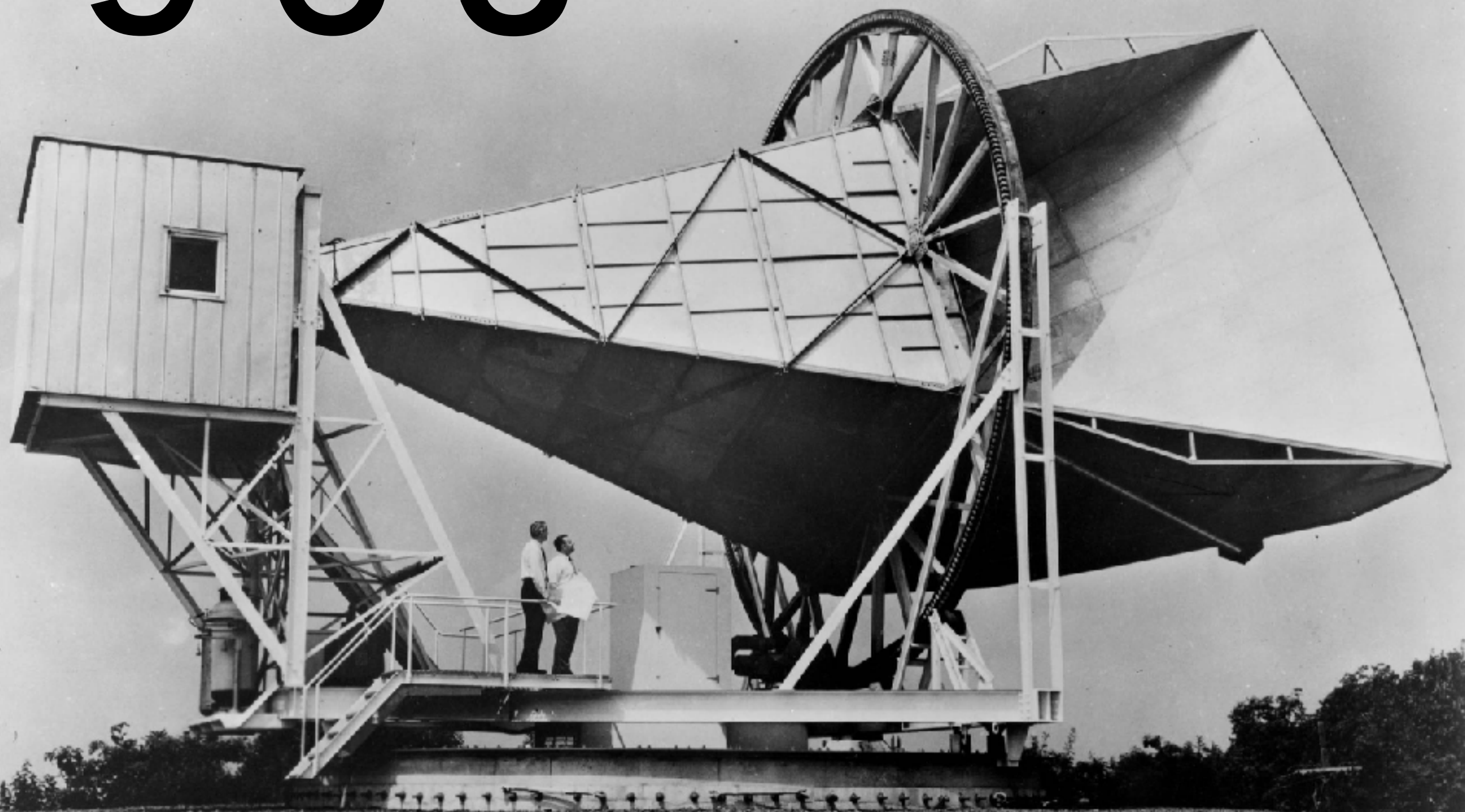
courtesy University of Arizona

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

1965



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

1:25モデル



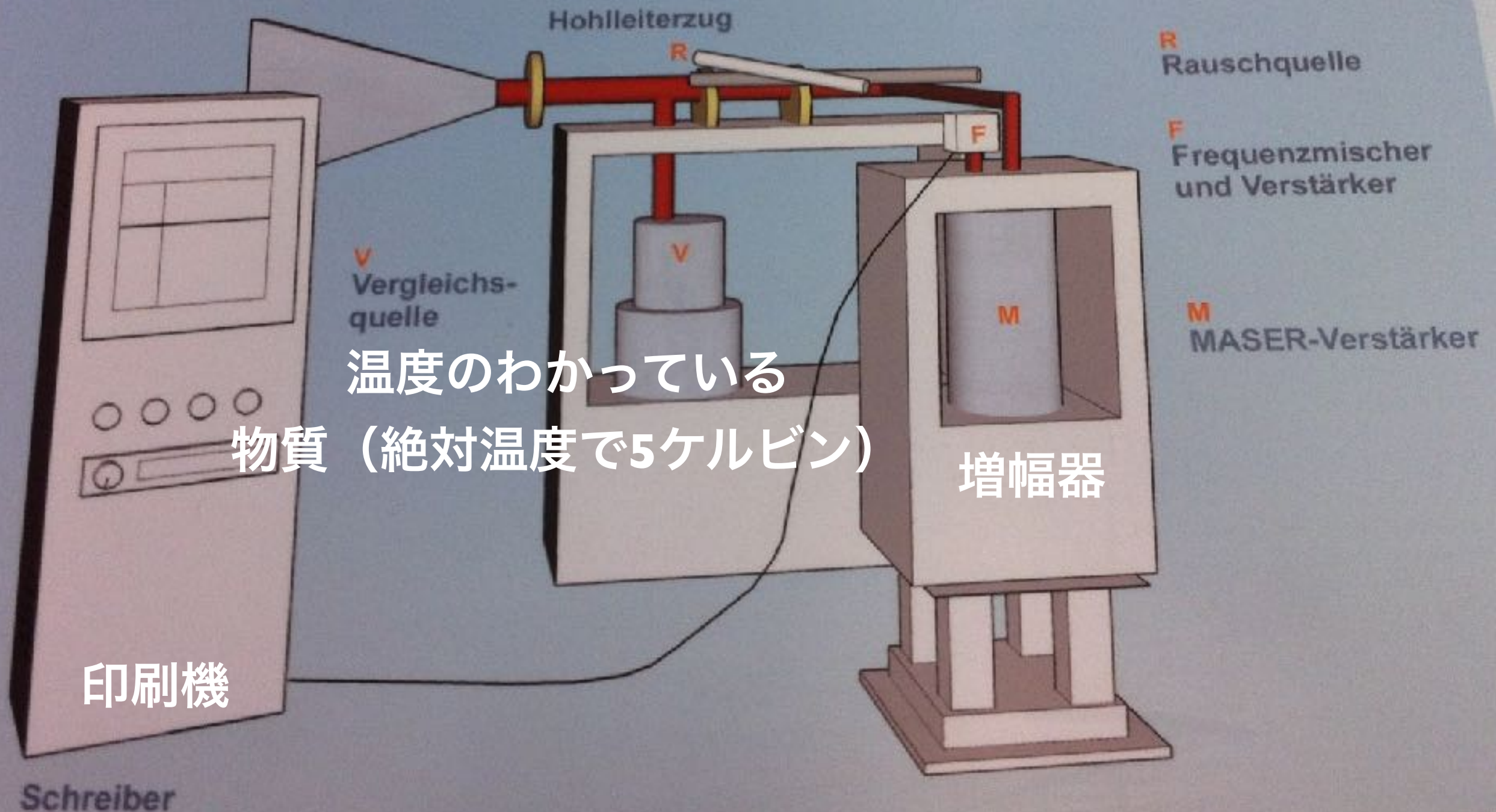
ペンジアスとウィルソンによって 実際に使用された測定装置（ドイツ博物館）



ペンジアス



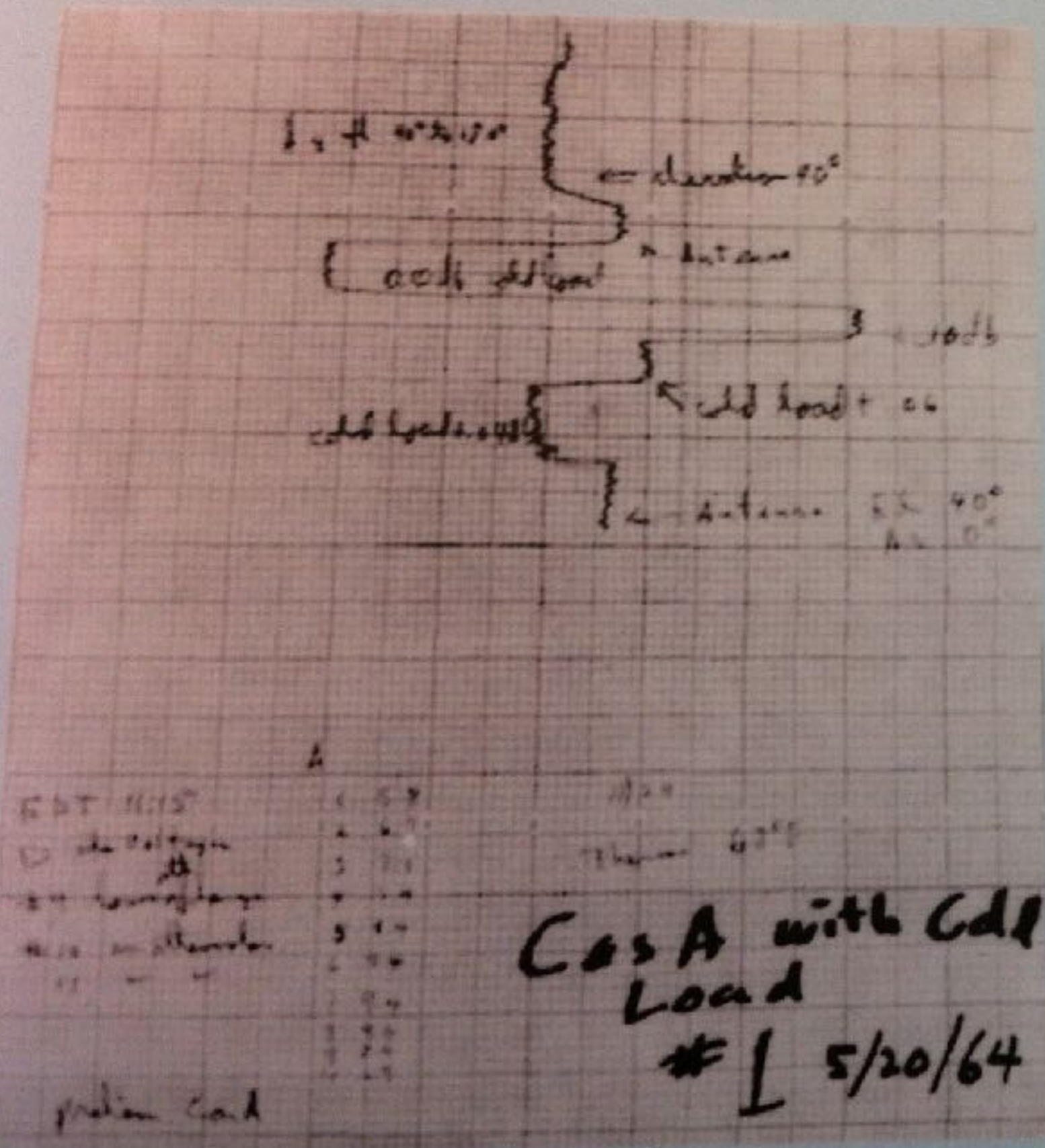
ホーンアンテナ



1964年5月20日

宇宙背景放射 発見

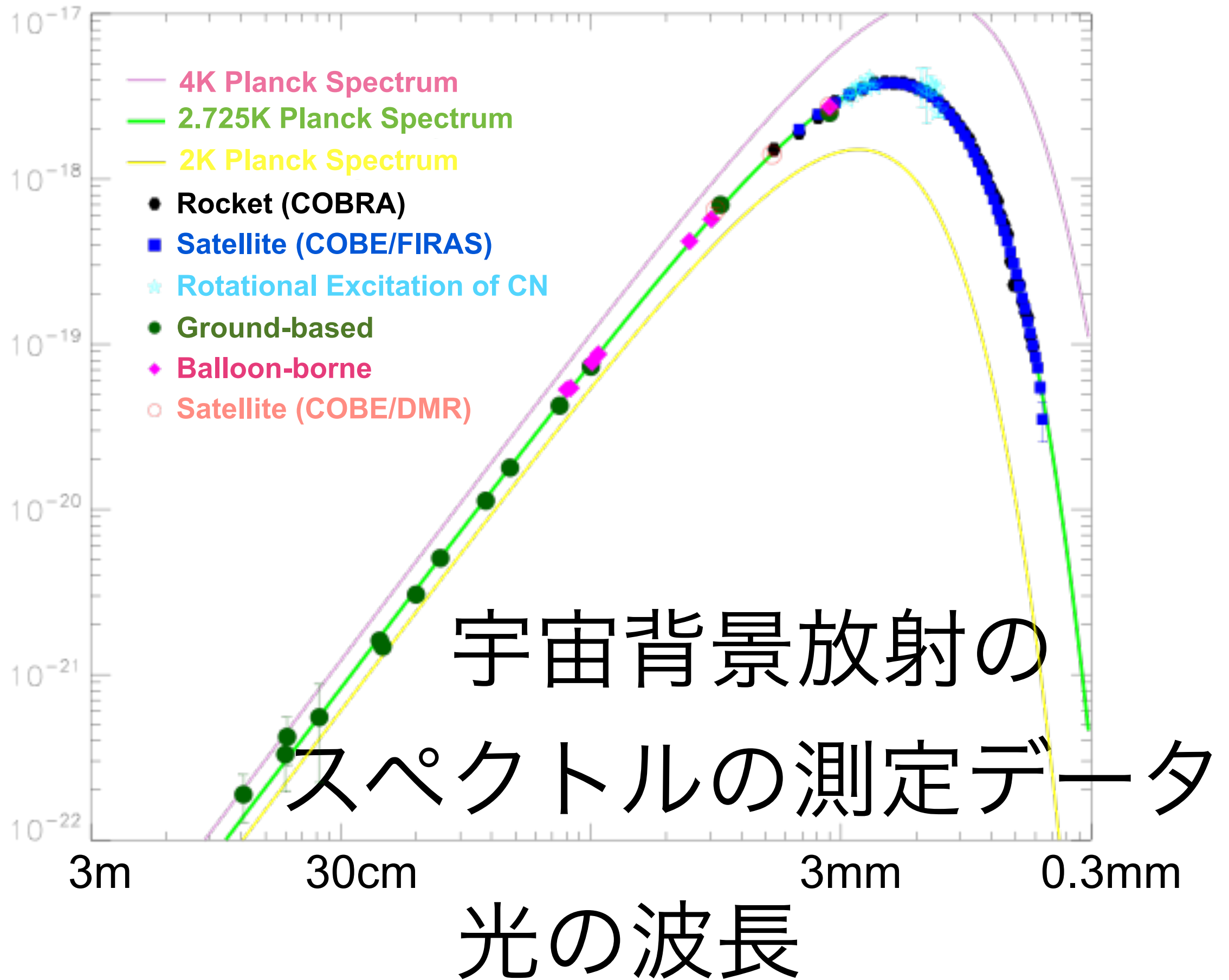
6.7-2.3-0.8-0.1
= 3.5 ± 1.0 K



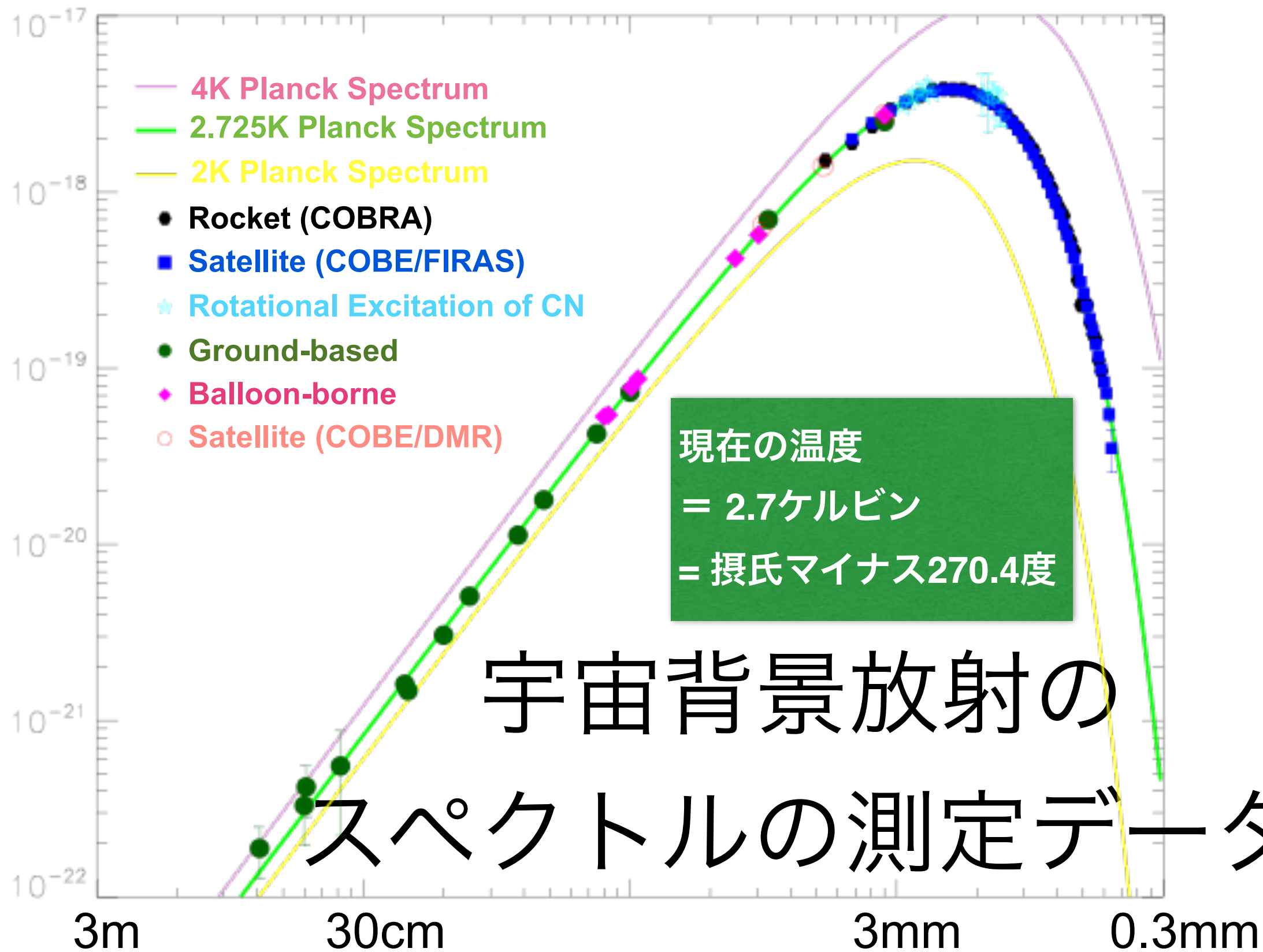
Schreiberaufzeichnung der ersten
Messung des Mikrowellenhinter-
grundes am 20.5.1964

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

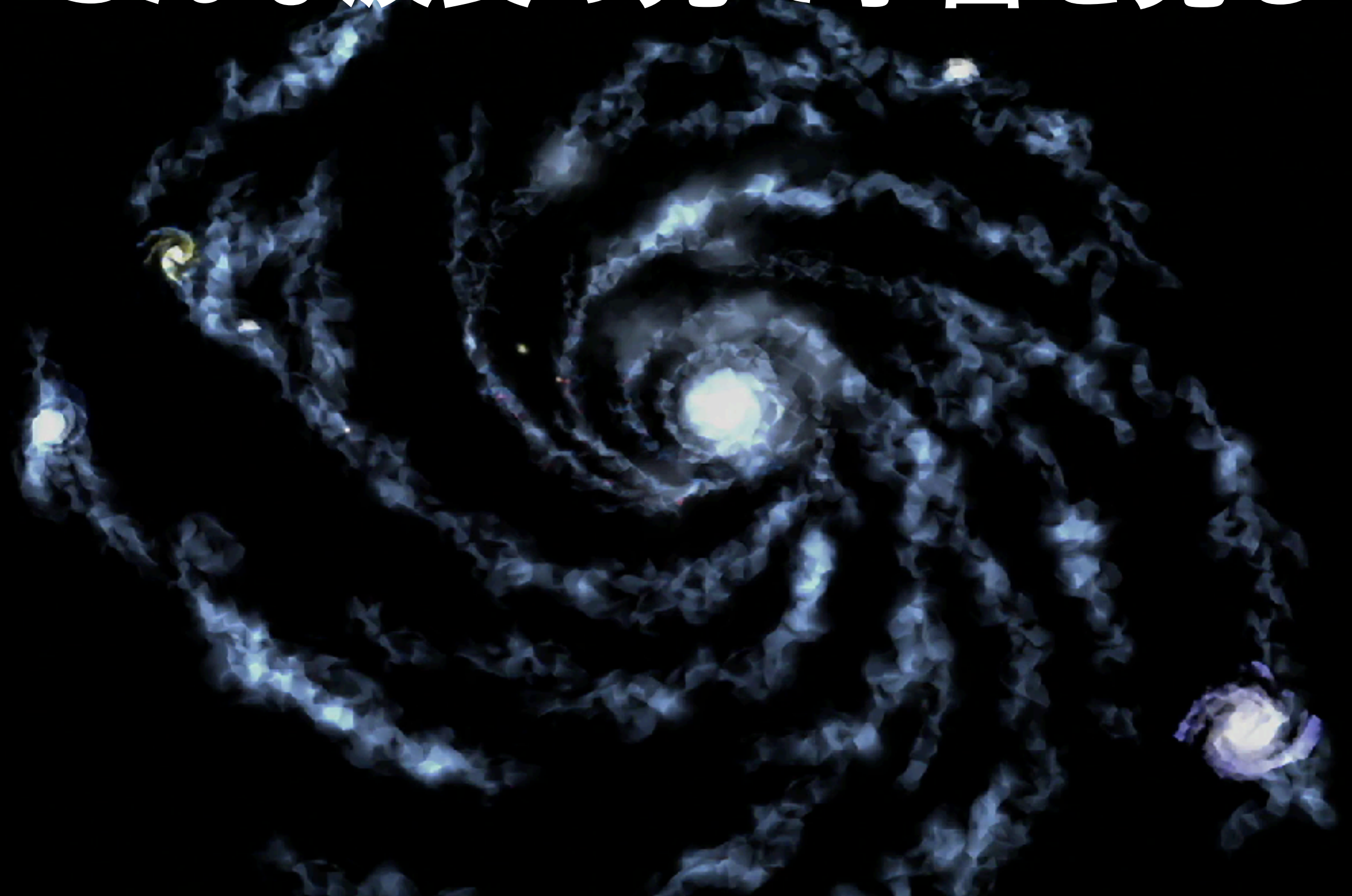
光の強度



光の強度



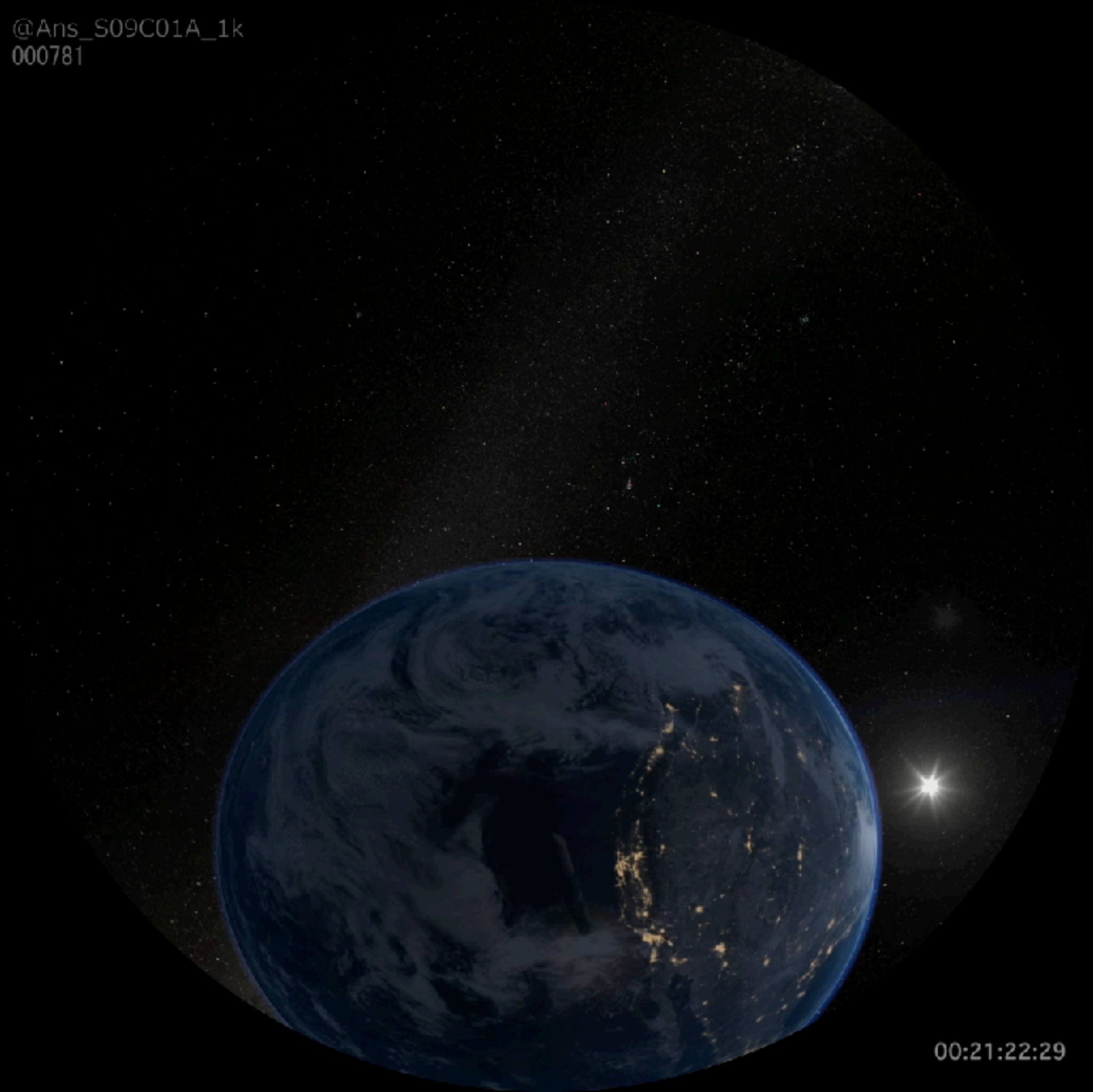
いろんな波長の光で宇宙を見ると



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



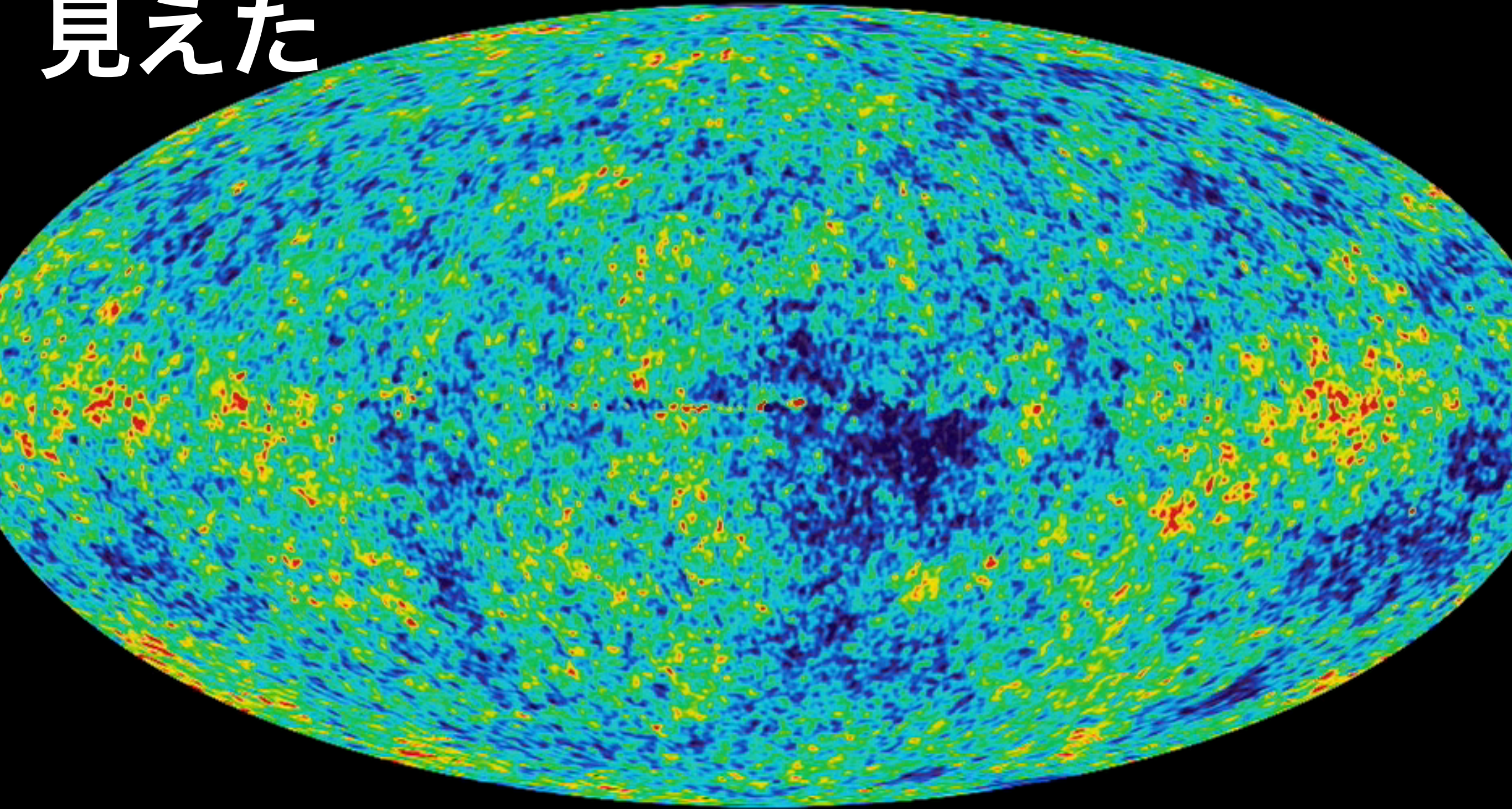
00:21:22:29

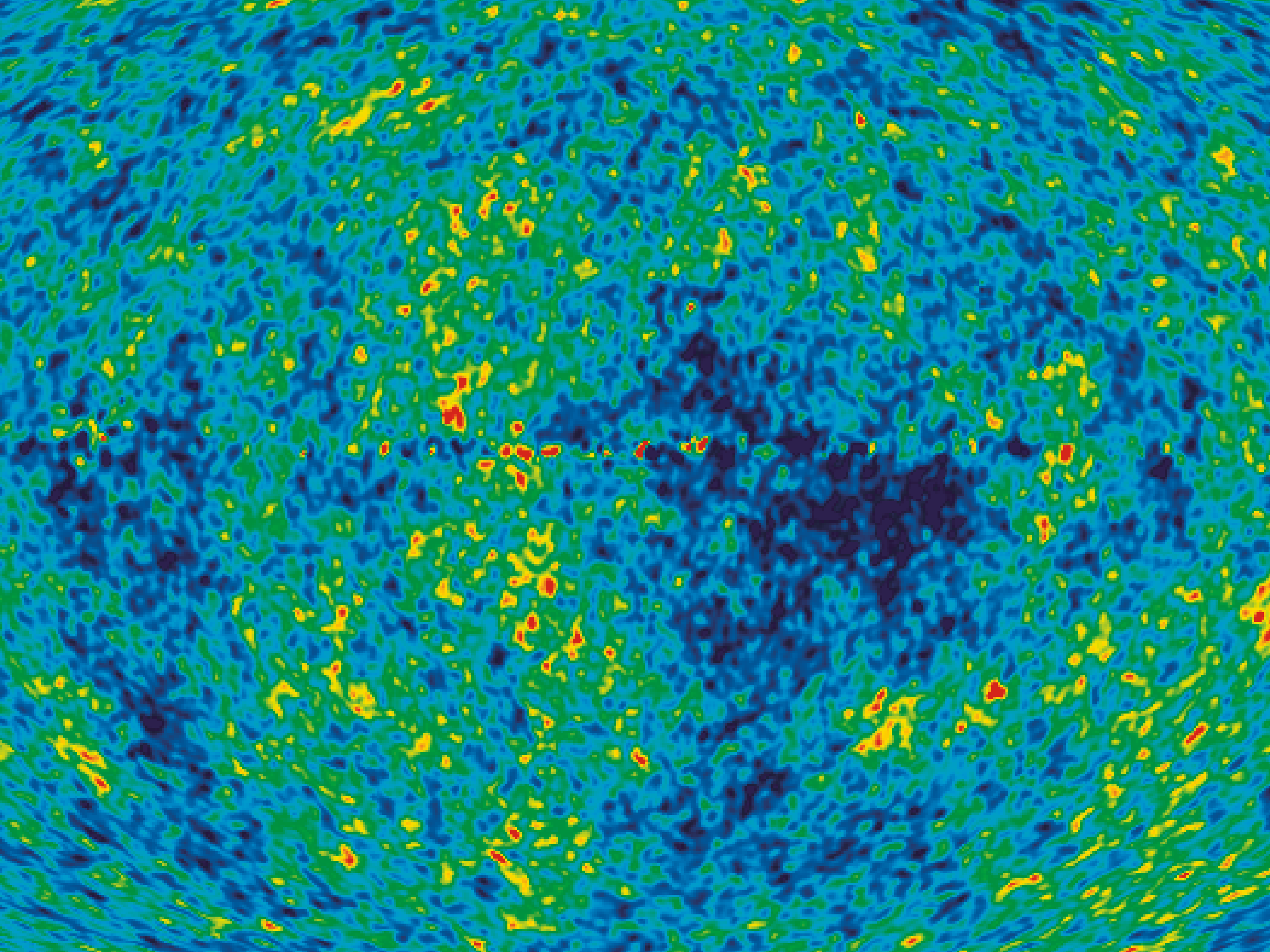
WMAPチーム（15年前の写真）



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

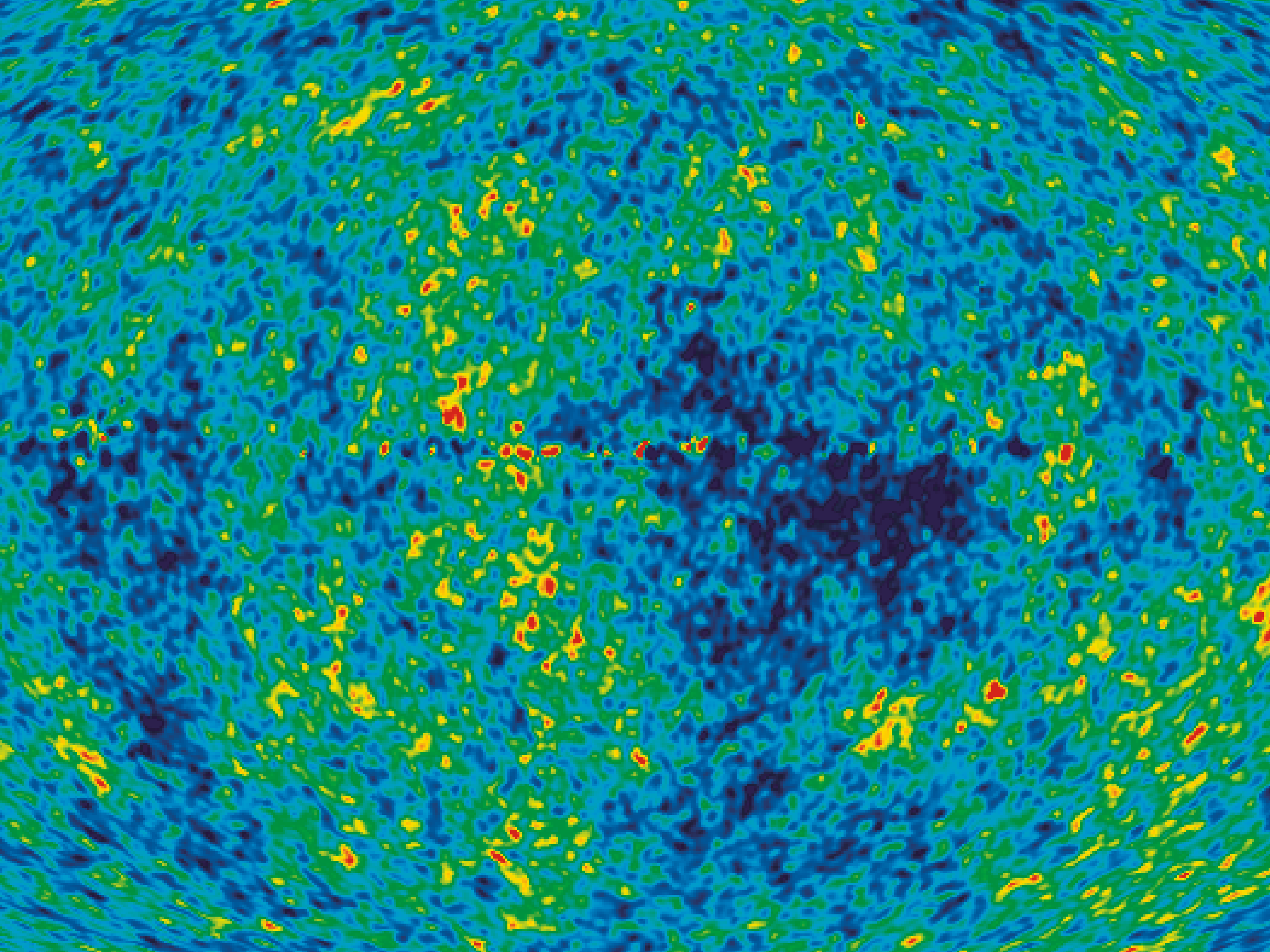
- 宇宙の年齢を **1 3 7 億歳**と決めました
- その後、精度が上がって 1 3 8 億歳に
- **宇宙が何でできているか**を突き止めました



宇宙味噌汁

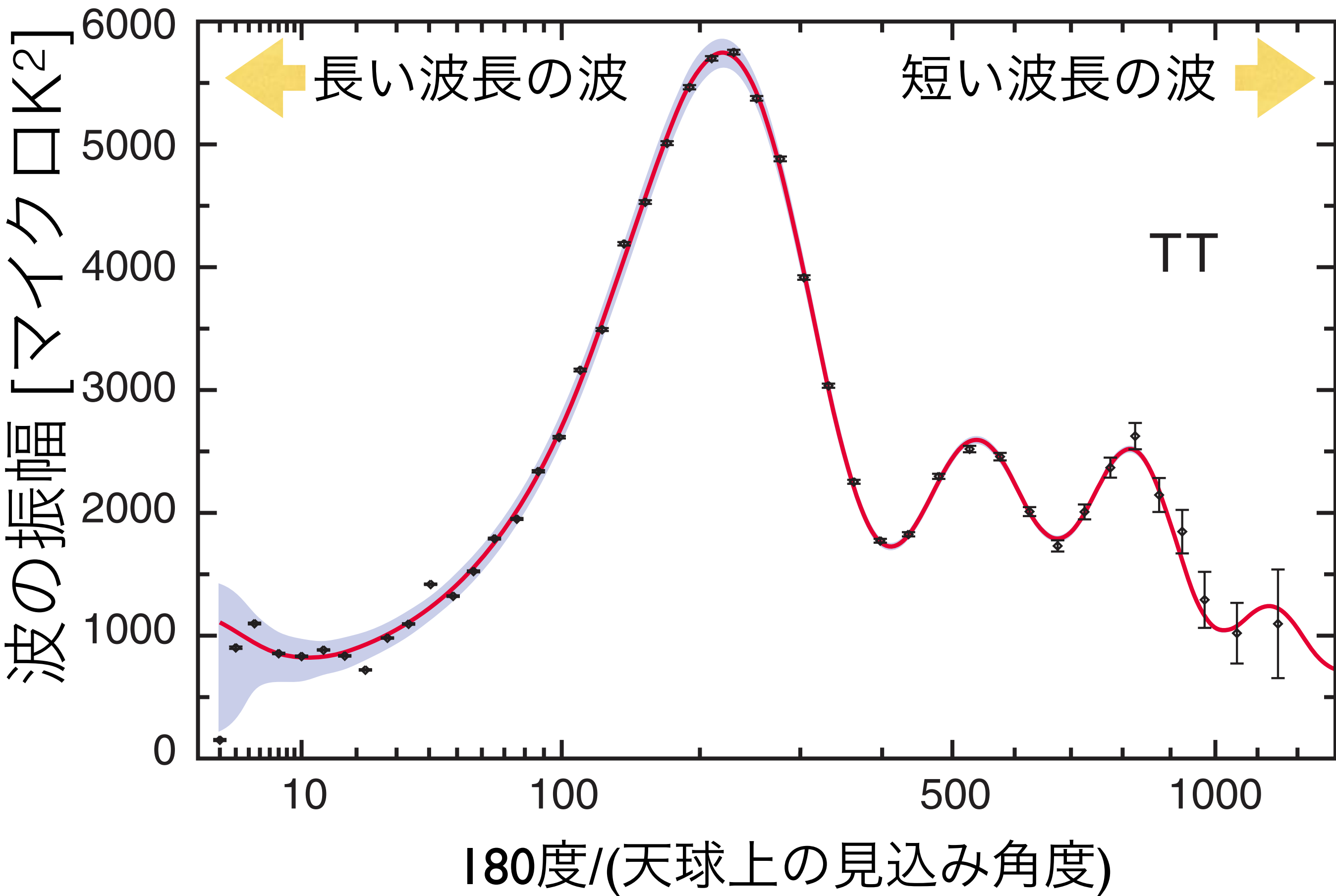
- 宇宙が3000K以上の高温状態にあるとき、宇宙空間の物質は完全電離状態にあり、それはまるで味噌汁のように振る舞う
- 味噌汁に、お豆腐を投げ入れたり、味噌の濃さを変えてみたりしてみよう
- そして、味噌汁にたつさざ波を観測する（姿を想像してみよう）



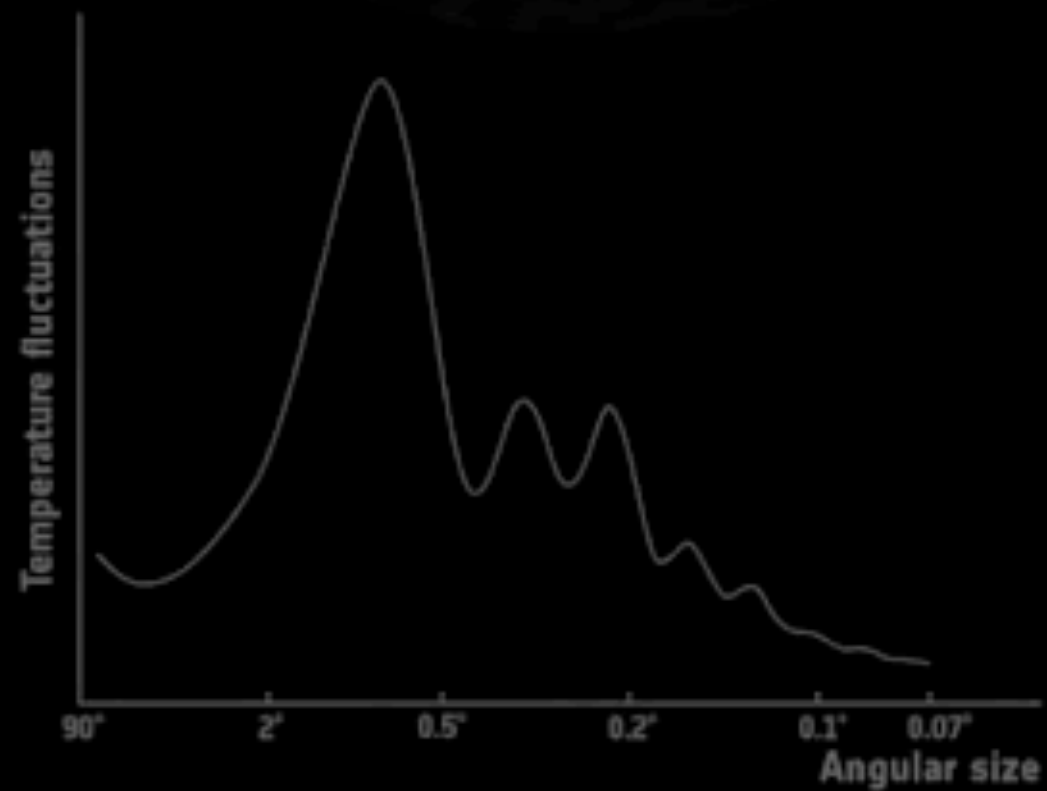


データ解析

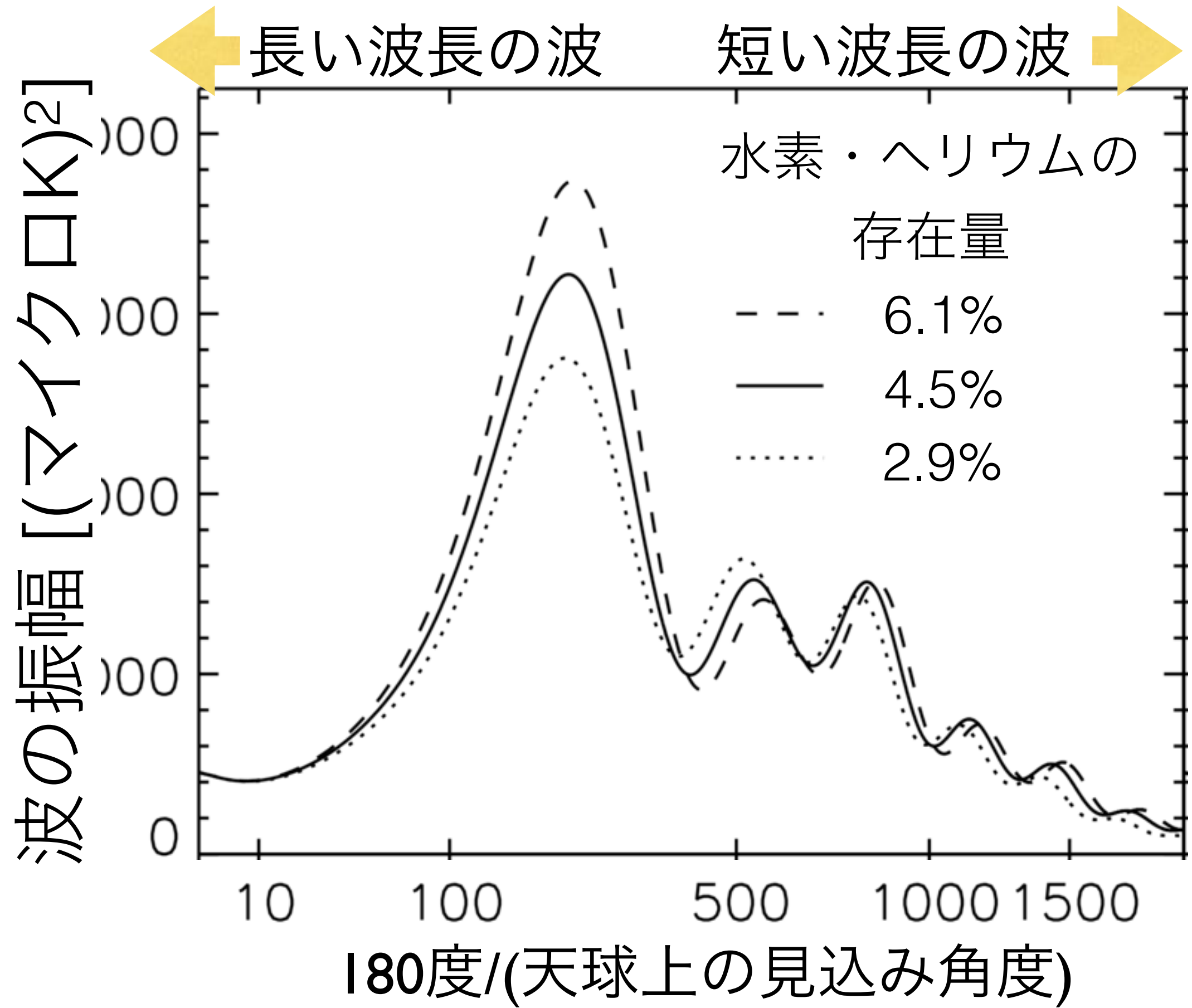
- 天球の場所ごとの温度の違いを、様々な波長を持つ波に分解して、
- それぞれの波長の振幅を図にしてみます



パワースペクトル

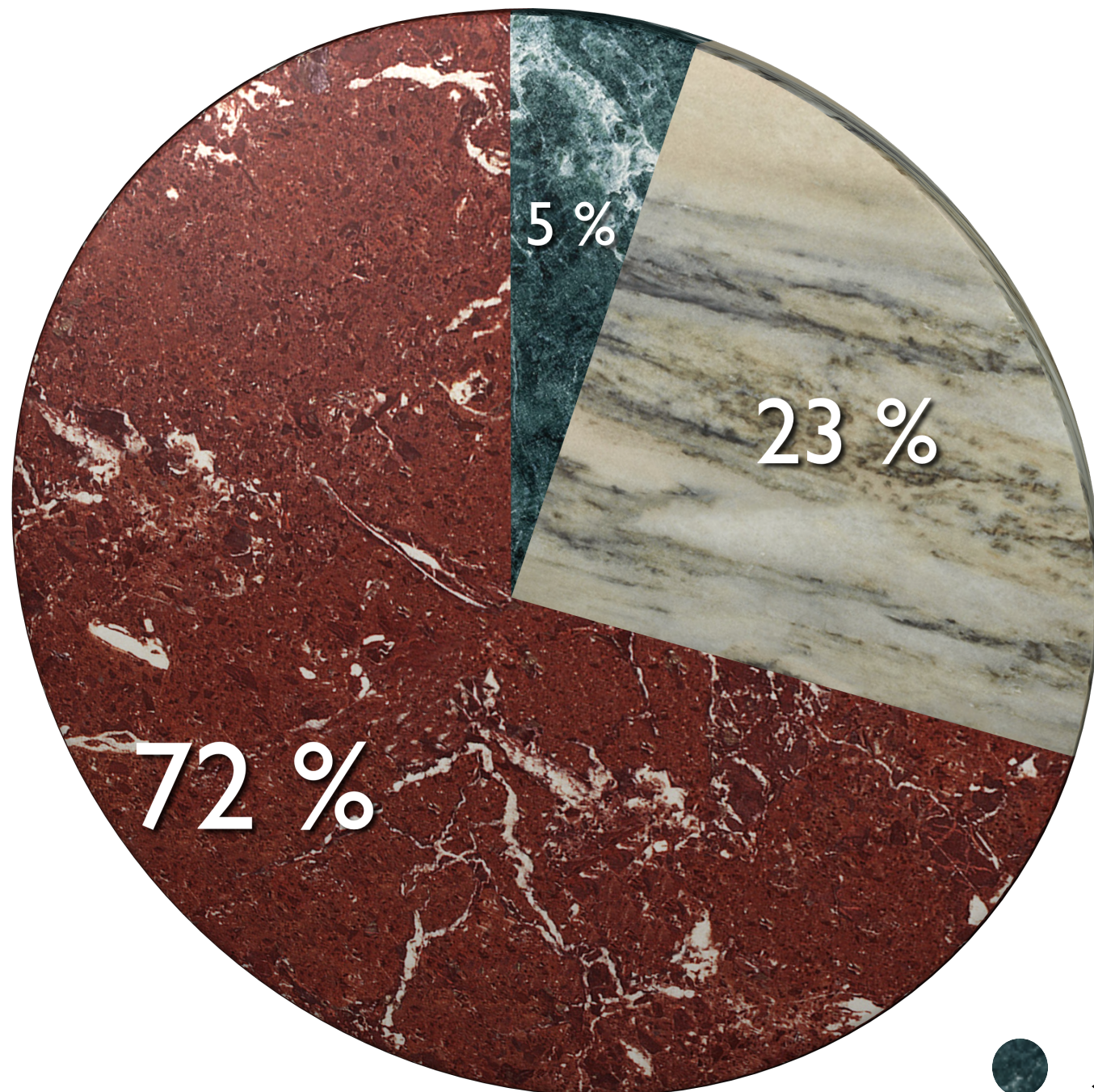


波形を用いて水素・ヘリウムを測る



宇宙の組成表

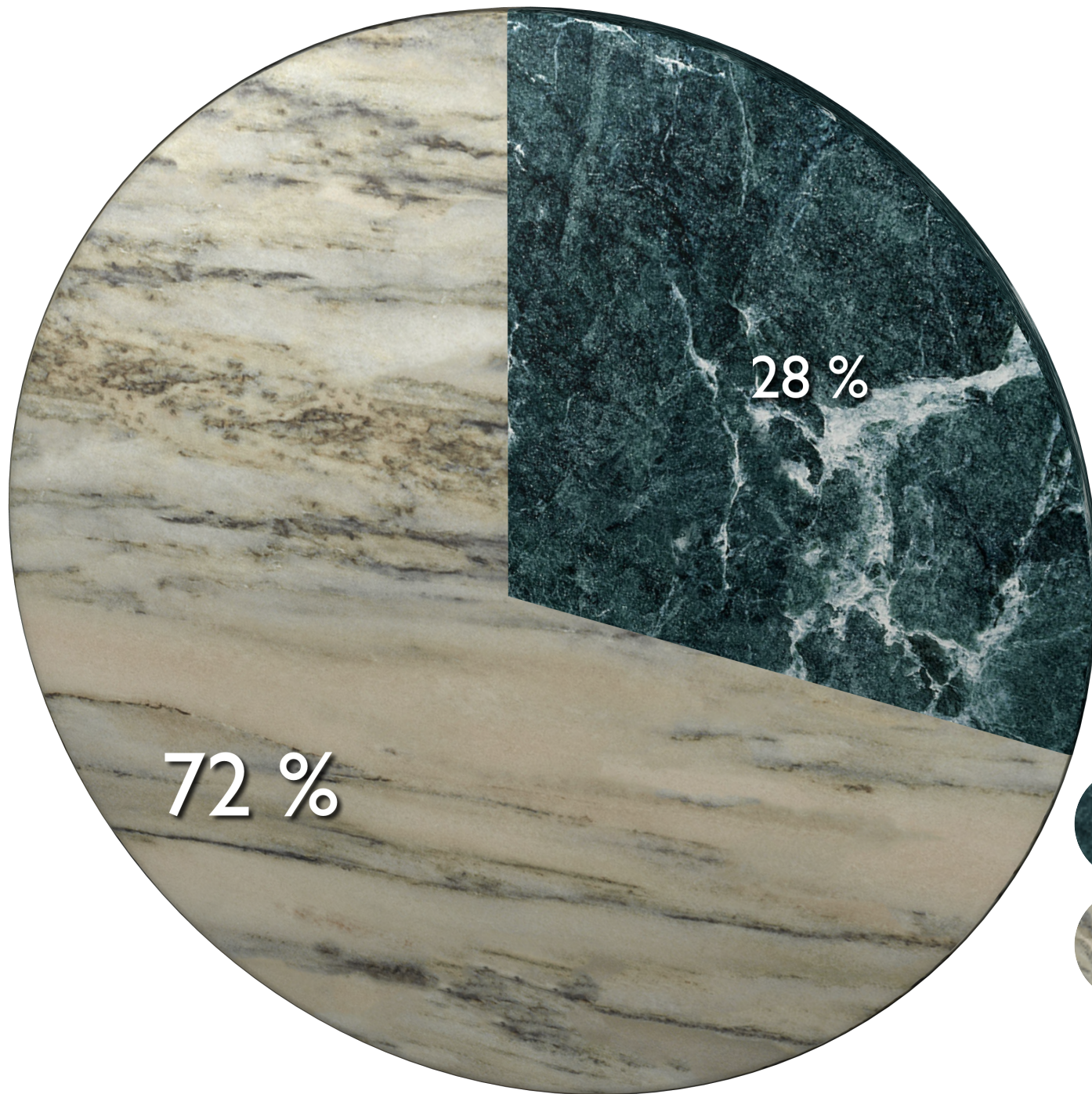
“Cosmic Pie Chart”



- 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。

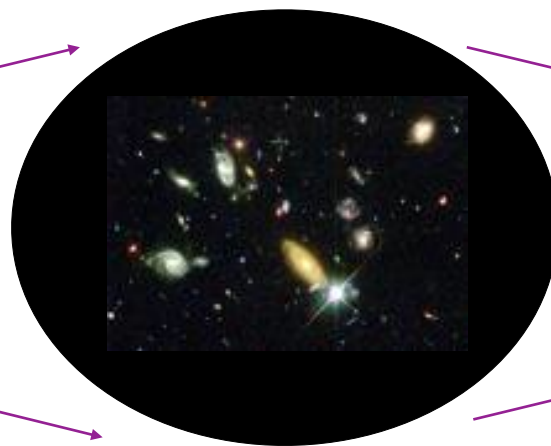
- 物質のありすぎる宇宙は、いずれつぶれてしまう。

—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





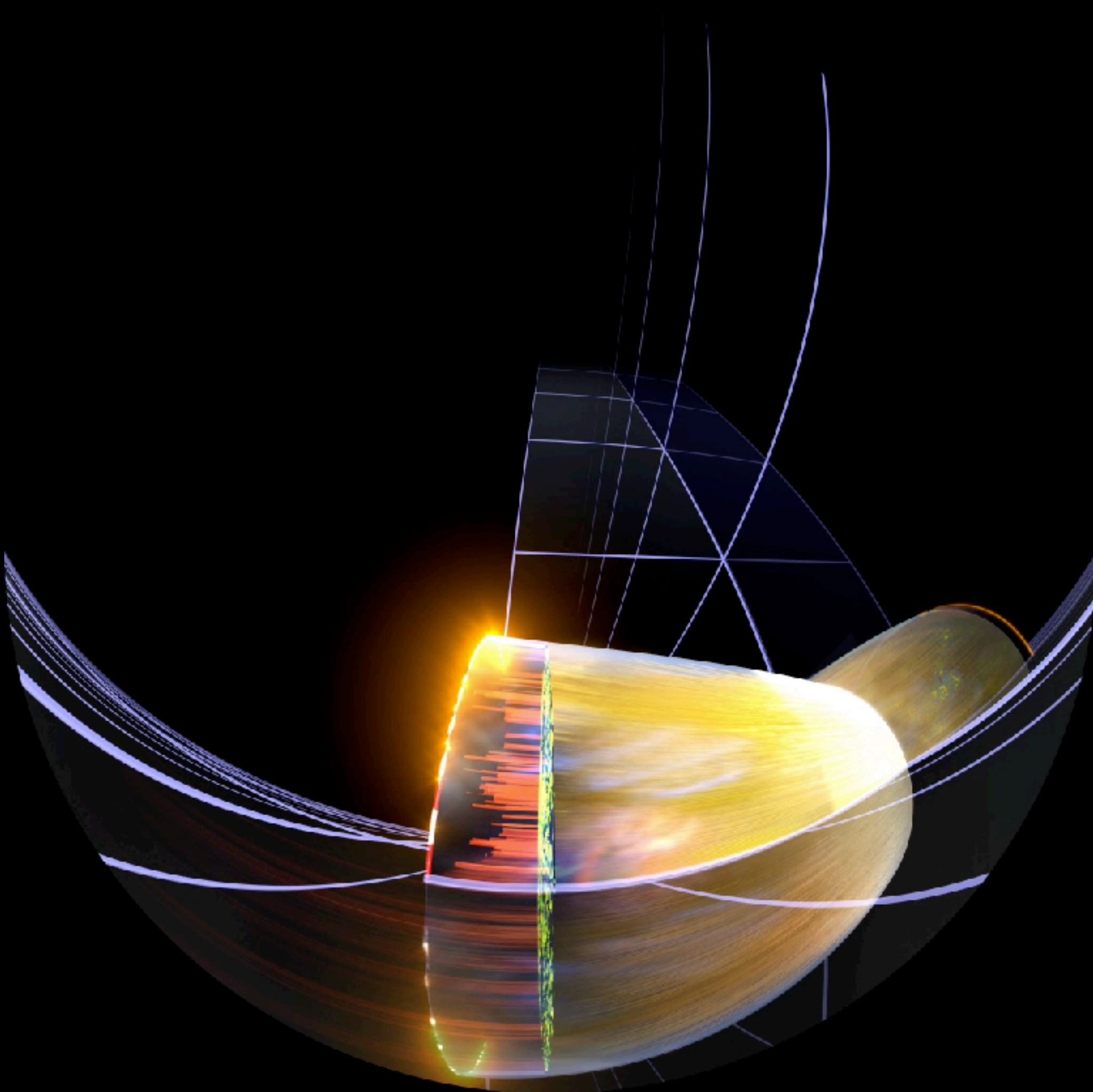
暗黒エネルギーが支配する場合

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？
- この後の「**HORIZON~宇宙の果てにあるもの~**」で、ご覧ください！
- そして、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