

ビッグバンの発見

関連する話題

平林 久

千億の星がかがやく銀河

さしわたし 10万光年

Spiral Galaxy NGC 3370



HUBBLESITE.org

20世紀という時代

$$E = mc^2$$

質量はエネルギーになる

c は光速

元素の起源

相対論
量子論

大統一理論へ



原子爆弾をつくる：
マンハッタン計画

広島、長崎への
原爆(1945)

水素爆弾



夜空はなぜ暗い

オルバースのパラドックス

ケプラー

夜空が暗いから宇宙は有限だ

オルバース(ドイツの眼科医、天文学者)

無限の宇宙なのに夜空はどうして明るくないのだろうか？
星間のチリなどの雲があるからだろう

エドガー アラン ポー(1809-1849)

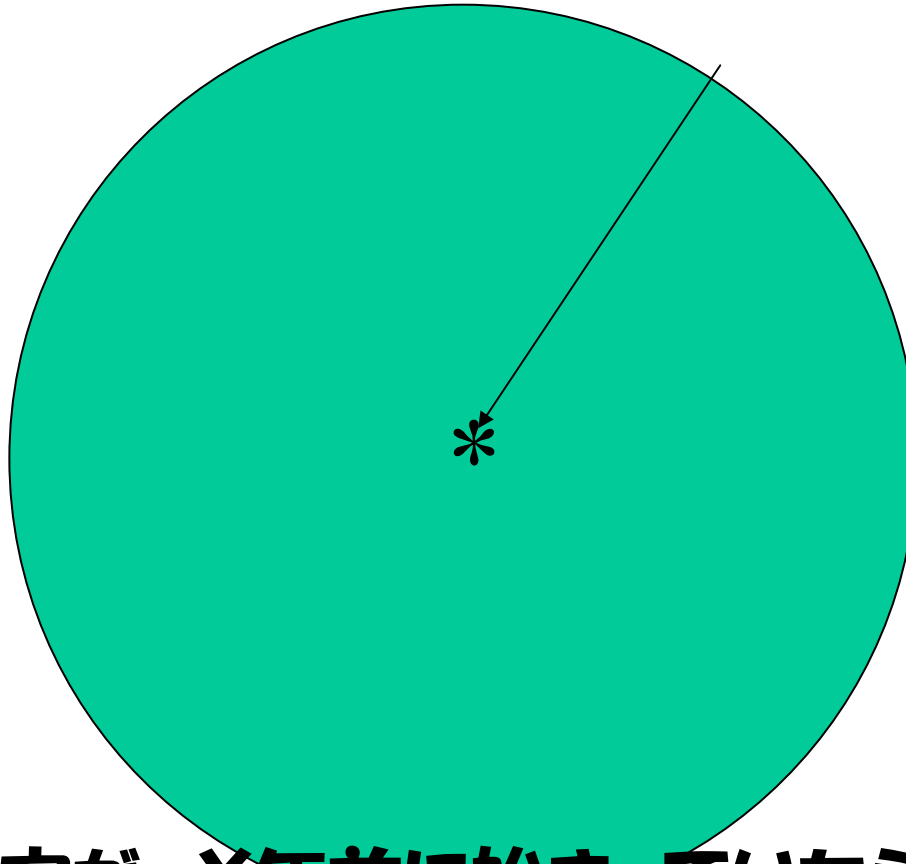
「ユリイカ、一つの散文詩」

宇宙には始まりがあり、遠くの光はまだ届いていないのだ

ここで平林少年の述懐

「え、宇宙って暗いんだ！
なんとさびしいの！」

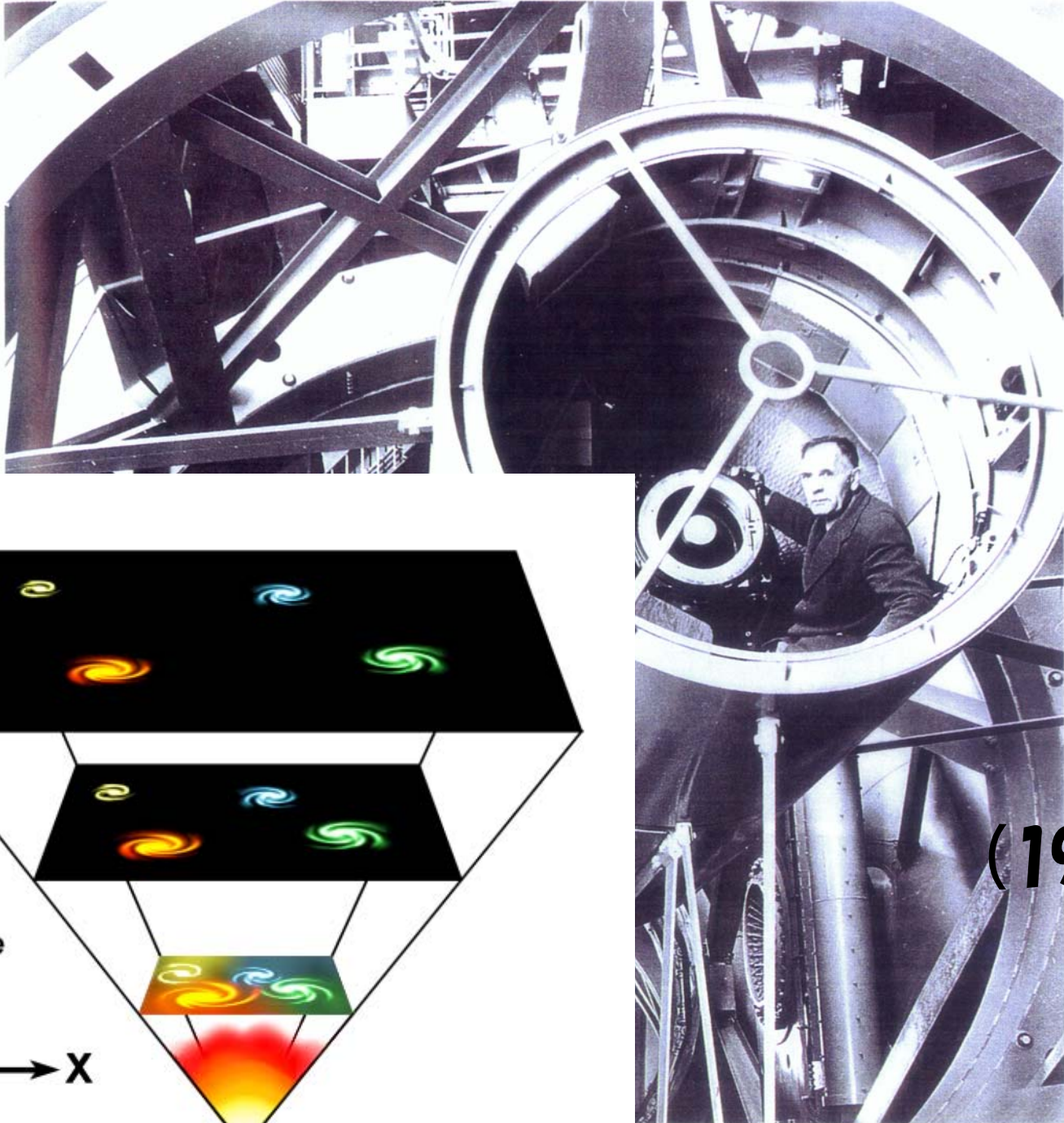
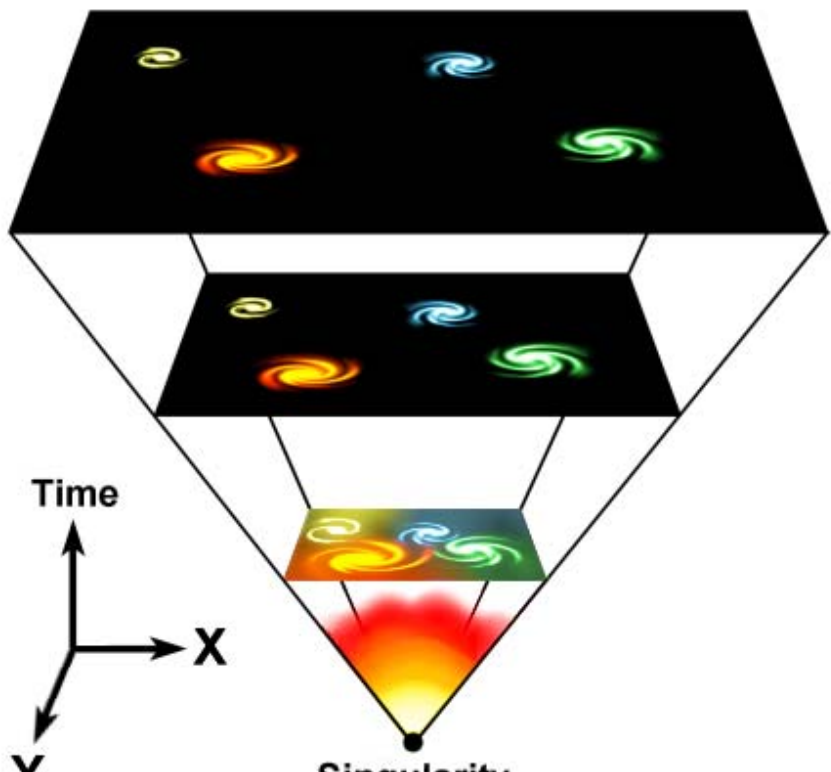
宇宙が無限に広がっていたとしても、



**宇宙が X年前に始まっていたら
X光年までの距離の光しか届かない。**

膨張している！

宇宙は



ハッブルの法則

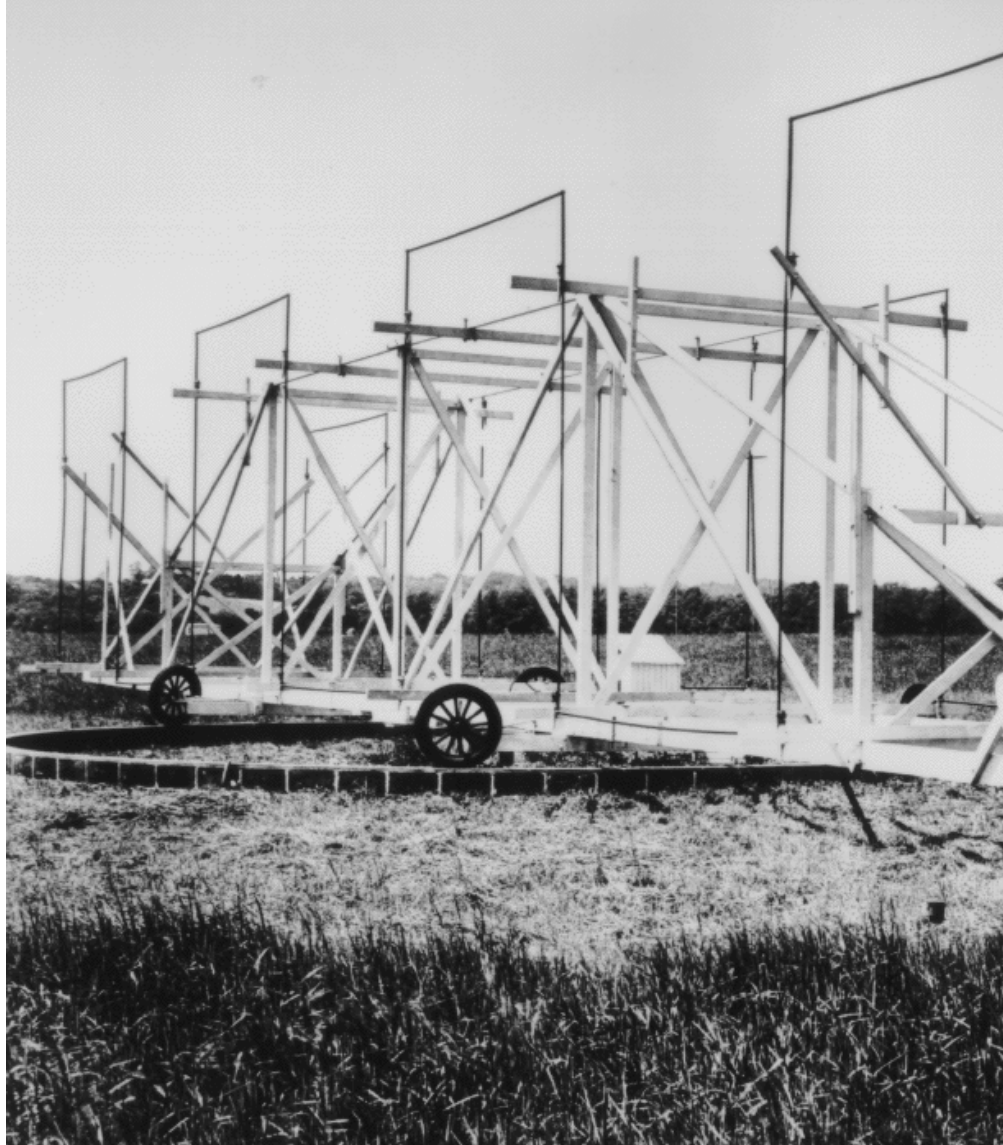
(1929)

をした。写真は200インチのハール望遠鏡の観測ケージ（観測装

ジャンスキー

宇宙からの電波の発見(1931年ごろ)

同僚に恒星時
教わる



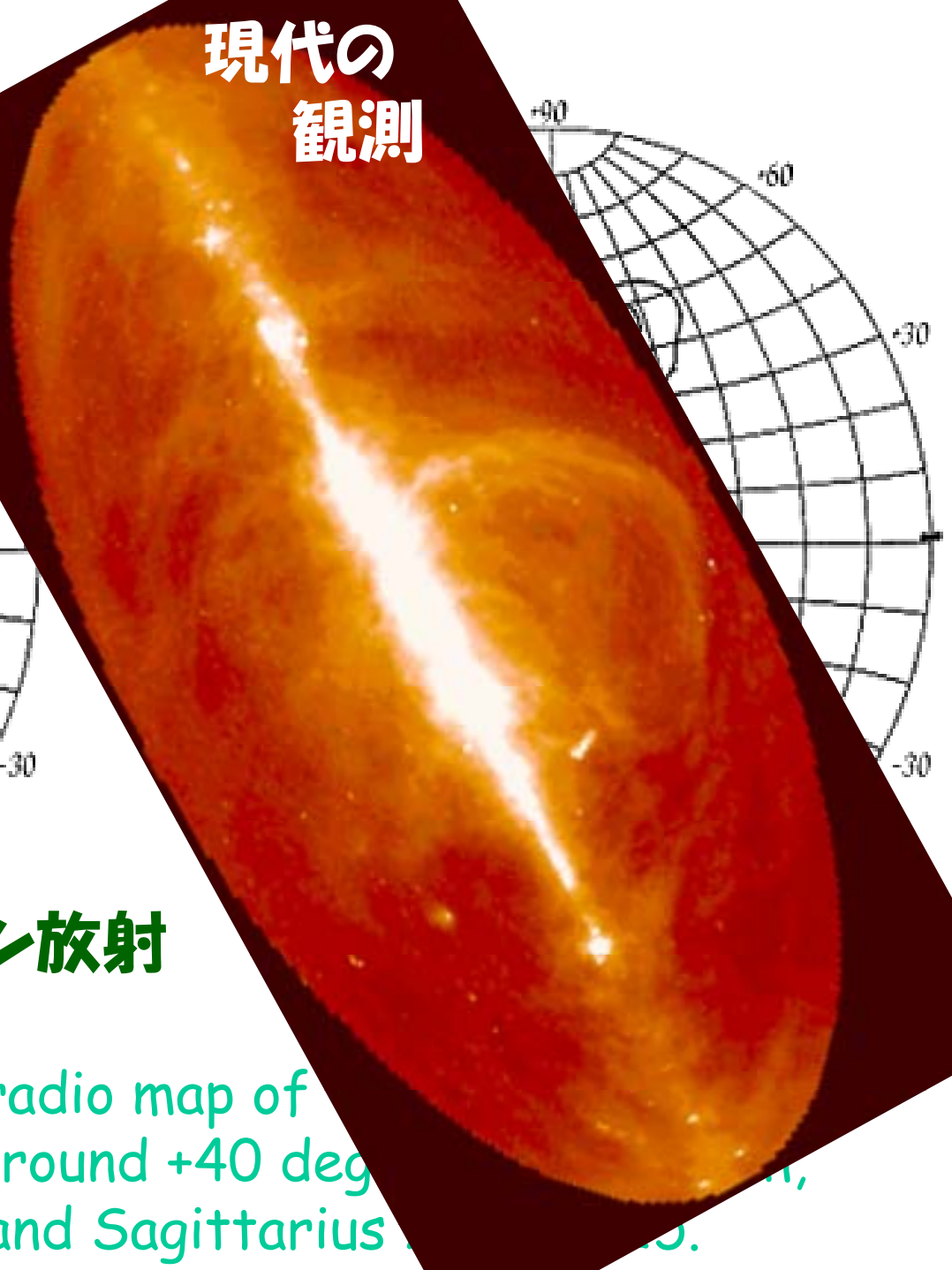
リーバーの観測



Map A

Grote Reber's Wheaton radio map of the Sagittarius A complex is in the region around +40 degrees Galactic latitude, Cassiopeia A is near +60 and Sagittarius A is near +30.

現代の観測



シンクロトロン放射

長野

白根山 草津



駿台天文台

浅間山



→ ひばり君

千曲川
上田

小諸

軽井沢

松本



白田



諏訪

八ヶ岳

野辺山



明野

1961年7月、ケネディ大統領、

「全世界が平等に利用できる衛星通信システム」の実現を提唱。

5月には「10年以内に人類を月面へ送り無事帰還させる」という演説。

1962年、AT&T ベル研究所テルスター1号、NASA リレー1号打ち上げ。

日本では協議会がつくられ、アメリカとの衛星通信実験の取り決めを交わす。

1963年11月20日に「KDD茨城宇宙通信実験所」、開所。

Hx 入学

直径20mのパラボラアンテナは、「カセグレンアンテナ」。

1963年11月23日、茨城局と米ゴールドストーンとの間で、初の日米間テレビ衛星中継実験がリレー1号衛星を用いて行われた。

「ケネディ大統領がテキサス州ダラスにて暗殺された」
という衝撃的

1964年 レドーム壊れる



**昭和38年
1963年**



**大学1年の夏
別所温泉にて**

非天文青年

George Gamov

(1904 –1968交通事故死?)

トンネル効果、 α 崩壊 1928

ビッグバン、元素の起源 1946

林忠四郎

たんぱく質とDNAの関わり



たくさんの一般科学書 20冊 ユネスコ カリンガ賞

なかでも有名な「トムキンス」シリーズ

「1, 2, 3, , , 無限大」 1949

ビッグバン

宇宙に3Kのぬくもり！

1965年、宇宙はここまでみえた！

1965年 ノーベル賞 量子電気力学
朝永、シュウィンガー、
ファインマン

1965 CMB

1970年 ノーベル物理学賞



Penzias & Wilson

1000-241-111
陽が落ちる時
3分 原3核

Gamovの予想
Big-Bangの温もり
元素の起源
林忠四郎先生

30万年 宇宙が
晴々あつ

その後、
宇宙 バルーン 南極 地上

COBE
WMAP
Panck
さらに、

いろいろ



フリンストン
ディック
ピーブルス

Birnie
Burke
(MIT)

鳩のフンまで気にした二人

Eccess Temperature at 4080MHz

ノーベル物理学賞
19

1965年11月に茨城衛星通信所と改称、 **ビッグバンの発見**

1966年12月にはインテルサット太平洋衛星向け地球局として本格運用開始。

1967 **パルサーの発見** Hx大学院

1968 **電波研究所(鹿島)30m 観測**

1969 **ミリ波用7mアンテナ** Hx 修士

1970

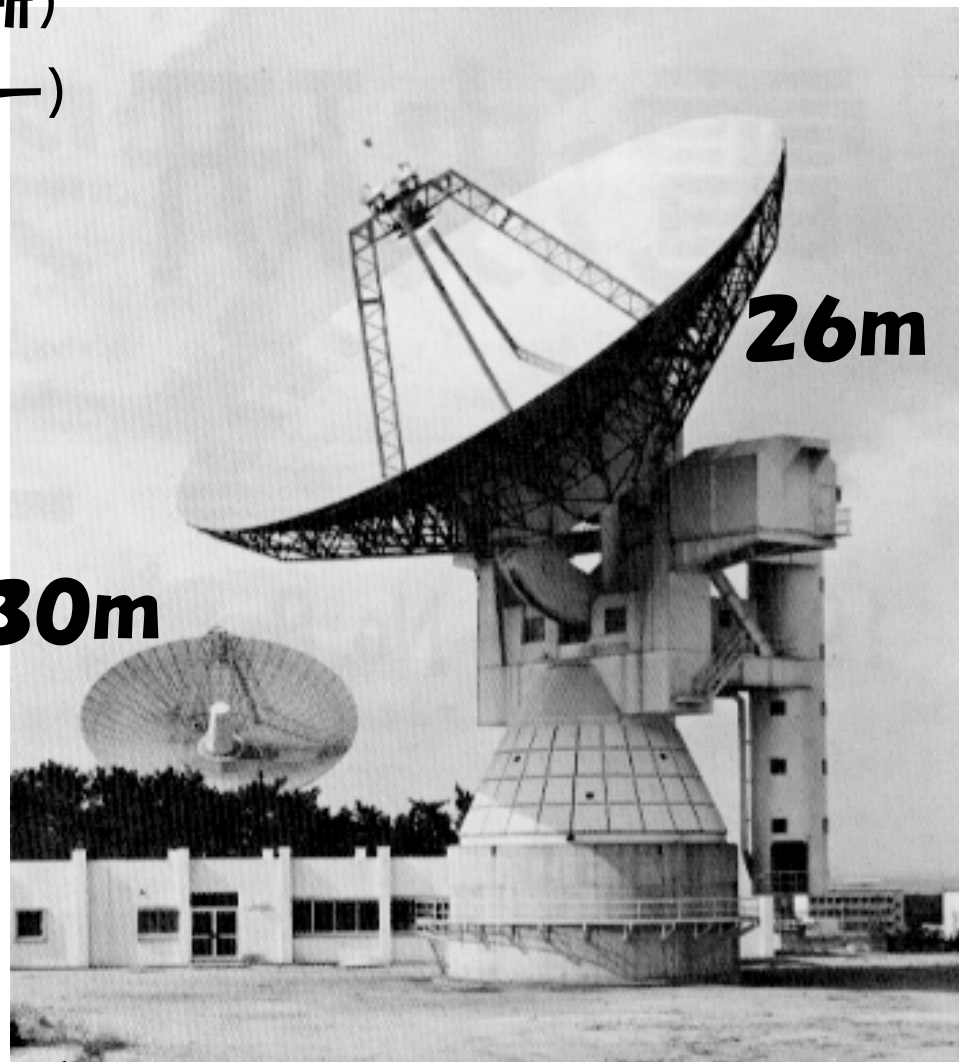
1971 **KDD(高萩)7m 観測**

1972 Hx 博士
東京天文台 野辺山 着任

1982 **野辺山宇宙電波観測所 スタート**

1988 **はるか、VSOP計画のため、宇宙研に移る。**

電波研究所(通信総合研究所)
鹿島支所(鹿島宇宙センター)



1968年 観測

1969年

平林 修士論文

“The Survey of Galactic Plane
at 4170 MHz”

KDD 高萩 7m ミリ波アンテナ



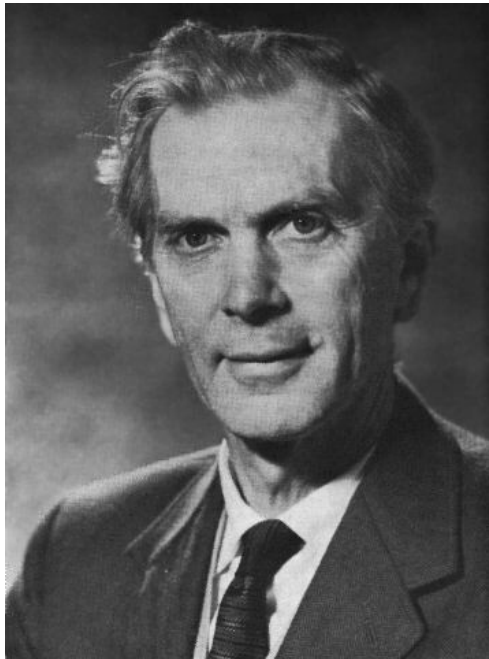
銀河背景放射の観測
1971

平林 博士論文
1972

Galactic Background Radiation
and Thermal Electrons in the Gal

平林は、茨城県に足を向けて寝られません。

Sir Martin Ryle (27 September 1918 – 14 October 1984)



**開口合成法による電波望遠鏡を開発
掃天観測**

**電波源は特殊な星だ、、、
たいていは電波銀河やクェーサー
電波源の統計から、宇宙は定常ではない**

ビッグバンの論敵

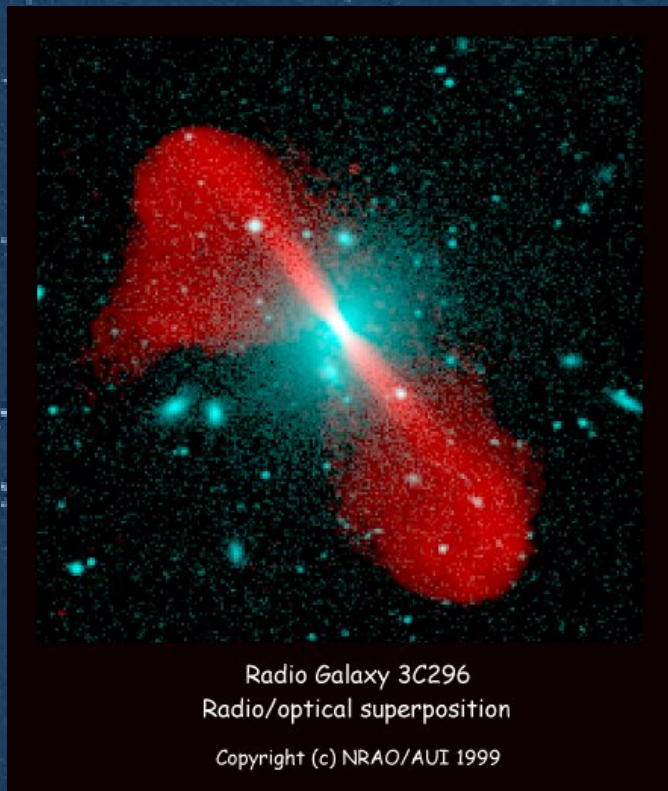
F. Hoyle

**ボンディ、ゴールド、他
1948 定常宇宙論**



Anthony Hewish
**パルサー発見で
ノーベル物理学賞**

クエーサーなど銀河核が輝く空だった！



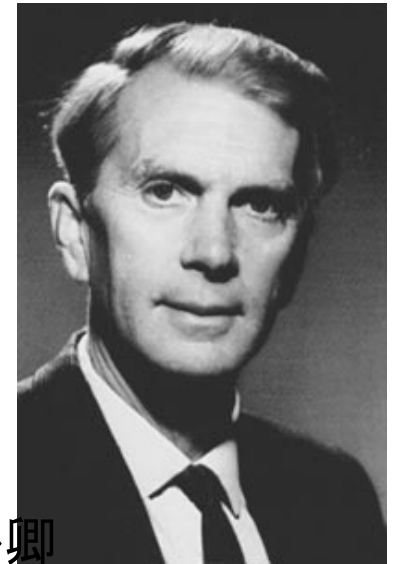
M. Ryle 卿

電波望遠鏡の開発
〔開口合成法〕
電波源のカタログ
〔3Cカタログ〕
電波源つけた宇宙論

電波の宇宙は、星空というより、

干渉計

- ケンブリッジ1マイル干渉計
1.4 GHz 1.6 km 基線 → 40 秒角
(305m 1.4 GHz → 140 秒角)
- 5 GHz 5 km 基線 → 3 秒角 (1974)



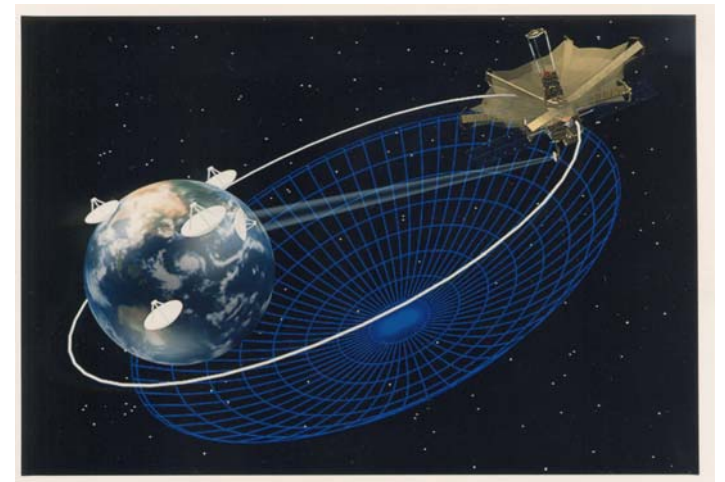
- マーチン・ライル卿
- 開口合成型電波干渉計
1962 原理 → 1965 観測
1974 ノーベル賞



VLA 25 m x 27 台

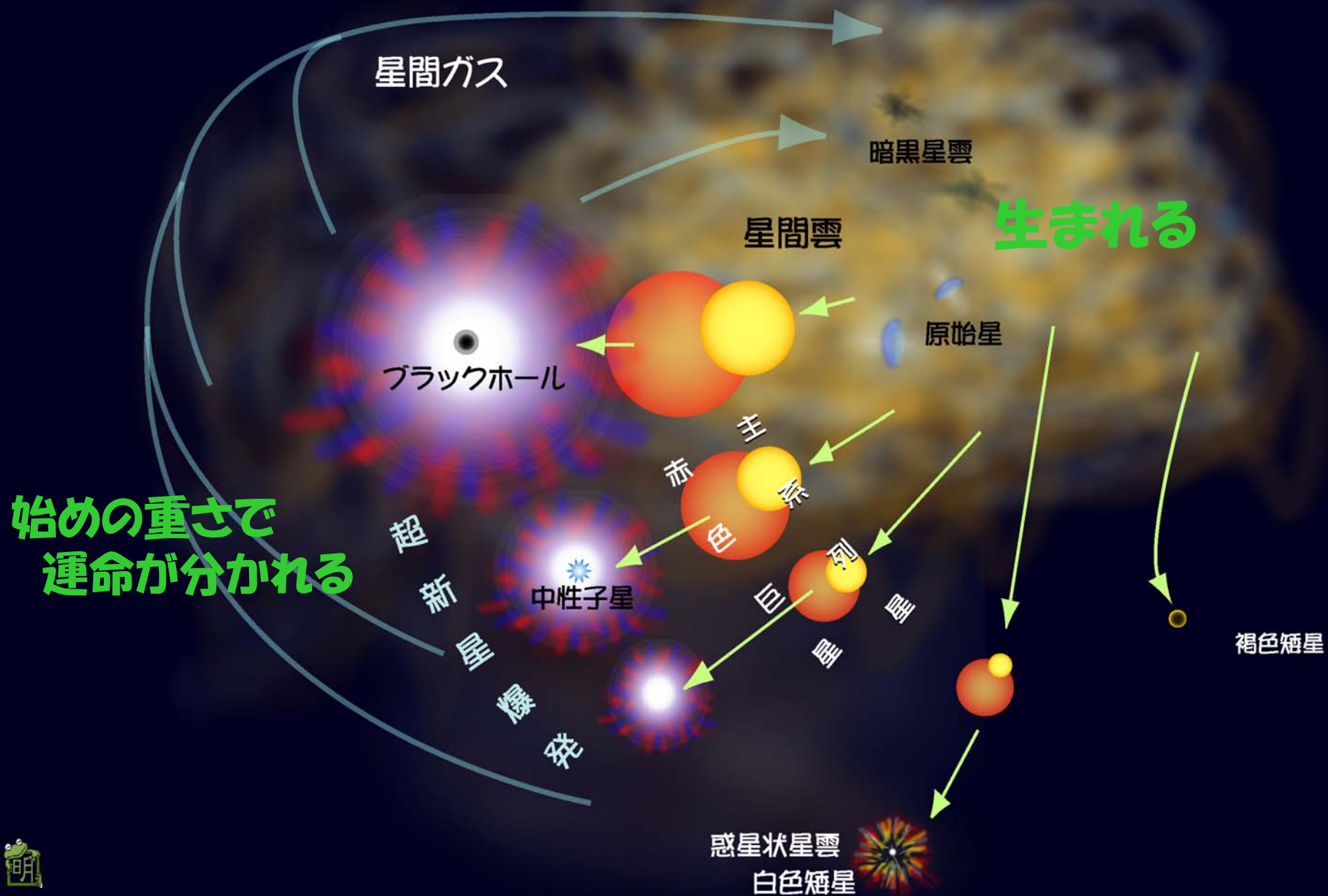


VLBA 25 m x 10 台



VSOP

星のいろいろな生きかた



宇宙背景放射ですすめたい本：

Steven Weinberg

電弱統一理論の人

“The First Three Minutes”

「最初の3分間」

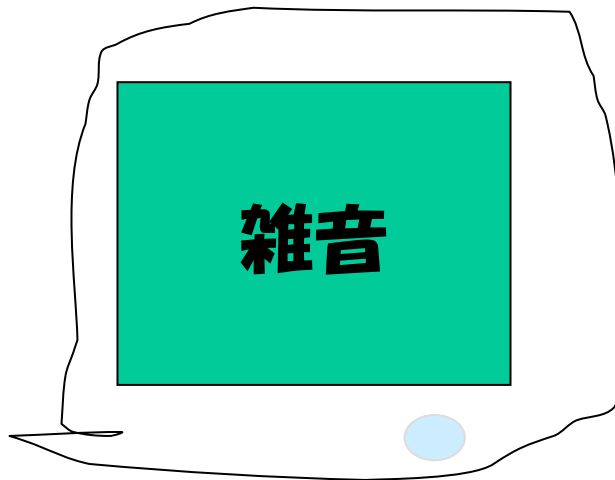
宇宙背景放射(CMB)の発見(1964-65)以前：

日本： 田中春夫〔太陽電波の大御所、初代野辺山所長〕

ソ連：

えーと、：

TVで宇宙背景放射が微かに見える！？



VHF

銀河シンクロトン放射

UHF

マイクロ波

地球

受信機

ミリ波

ビッグバンで
始まった宇宙
H, He

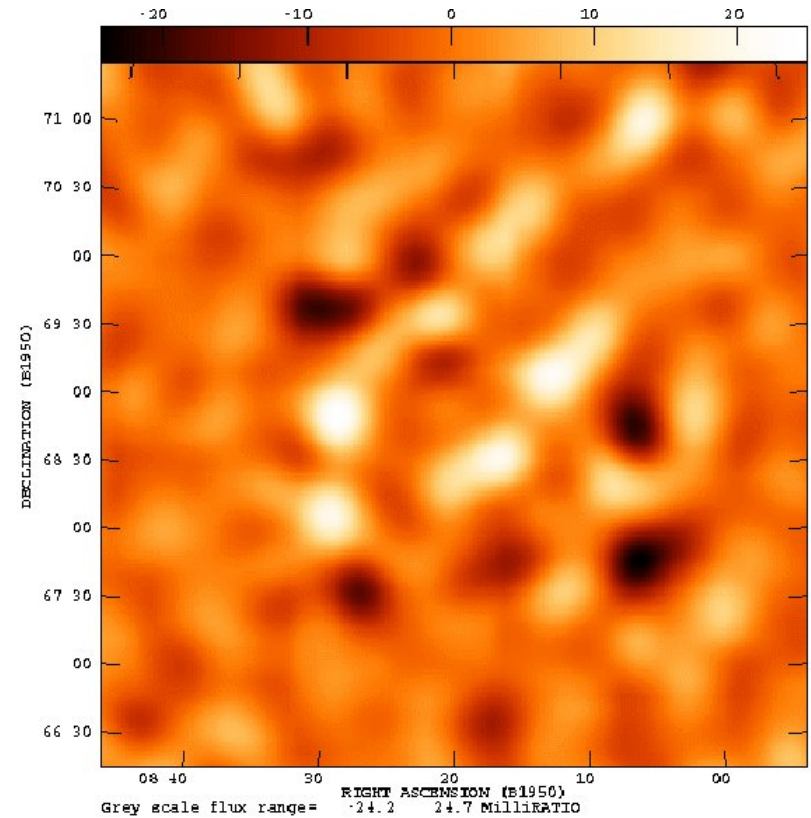
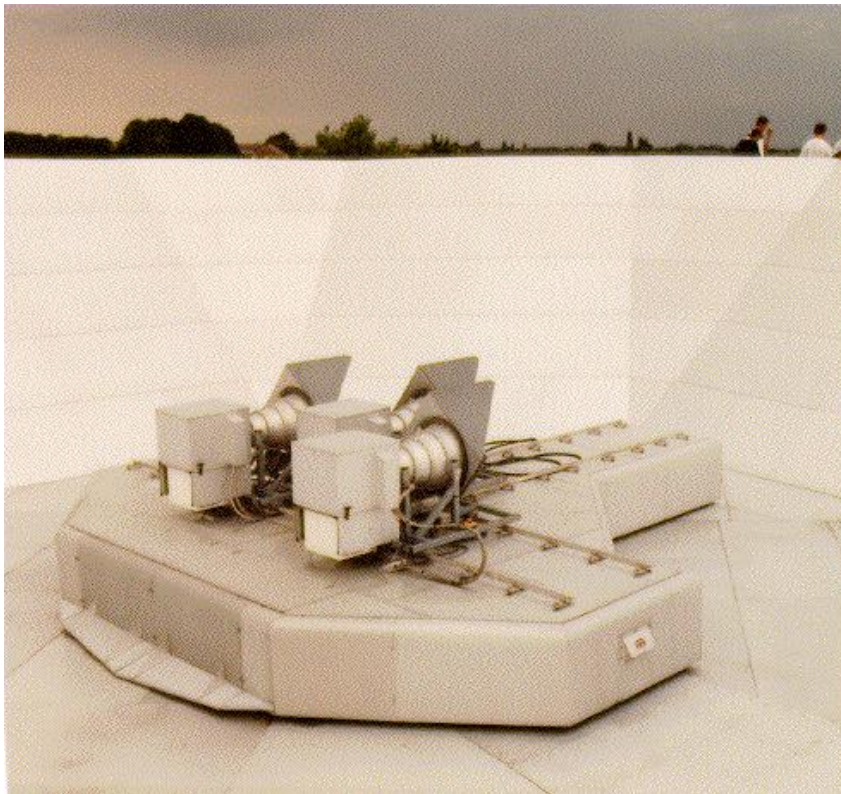
宇宙に星が光りだして、

C, N, O, など、
重元素のある宇宙

太陽系ができた

わたしのからだの元素は
いくつの星のなかを
通ってきたのか、

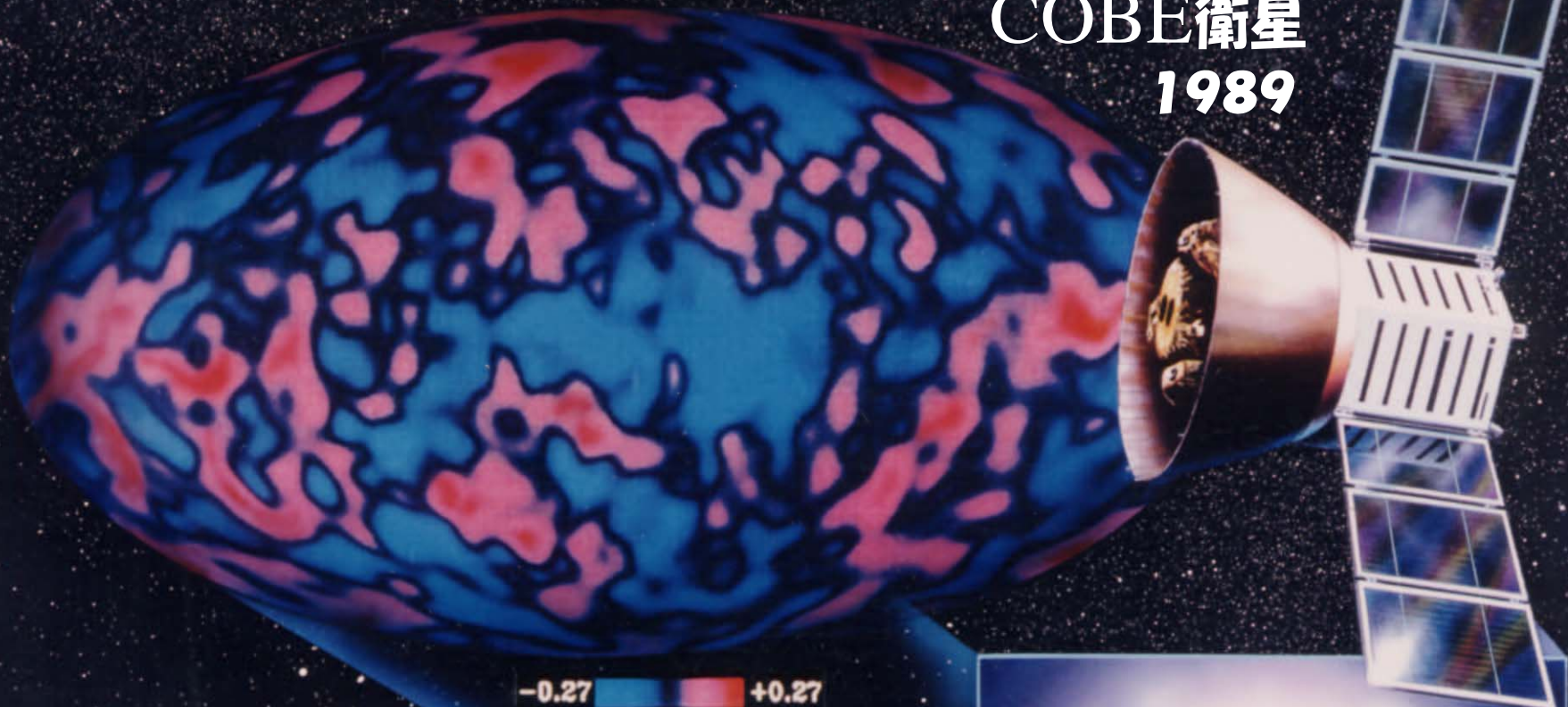




The Cosmic Anisotropy Telescope (CAT)

The CAT is a 3-element interferometer which can operate at any frequency between 13 and 17 GHz with an observing bandwidth of 500 MHz and a T_{sys} of 50 K. The baselines are variable from 1 to 5 m and for CMBR observations a synthesised beam of approximately $1/2$ degree is used. The antennas have a diameter of 70 cm and the primary beam has a FWHM of 2 degrees at 15 GHz. All three antennas are mounted on a single turntable which tracks in azimuth, and have a separate elevation drive. The CAT simultaneously records data from orthogonal linear polarisations.

COBE衛星
1989



-0.27 +0.27

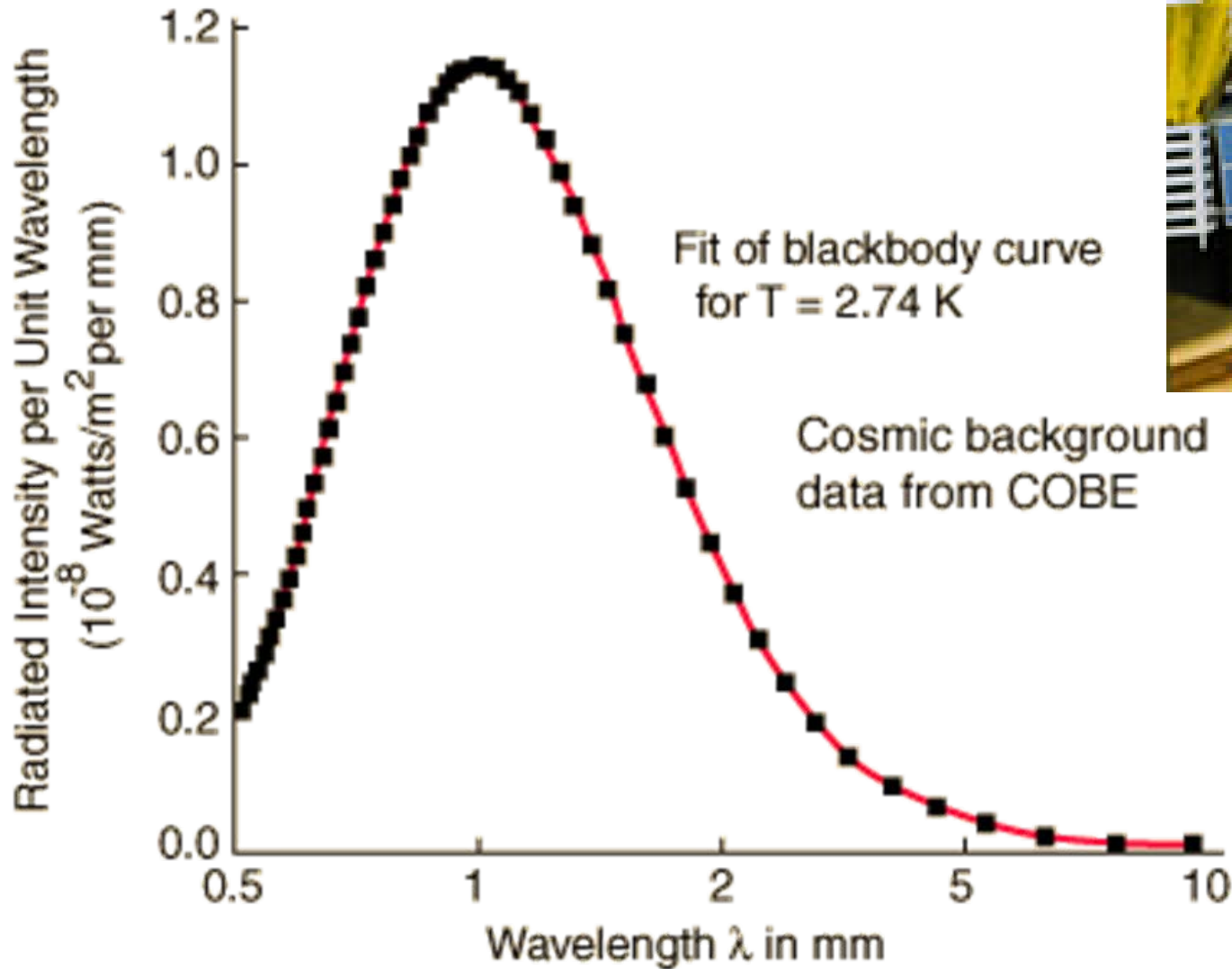


2006年
ノーベル物理学賞

CMBのスペクトルと異方性を確認した。

黒体放射だ！

John Mather



松本さん達
名大、UCB
グループ

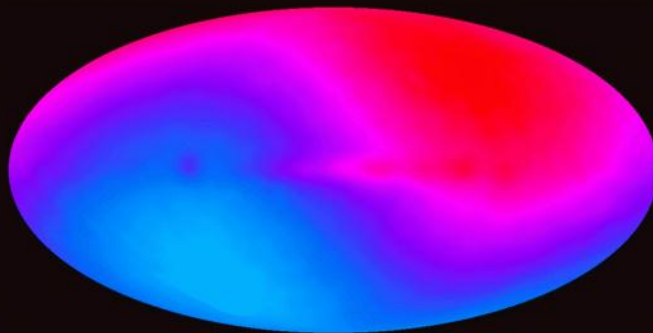
**2.7kの
明るさ**



たとえば、

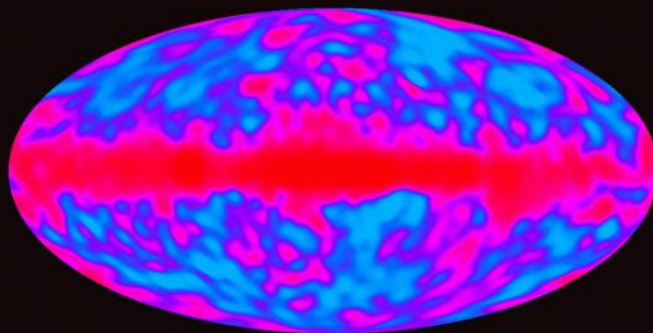
3000mの海に

3mK



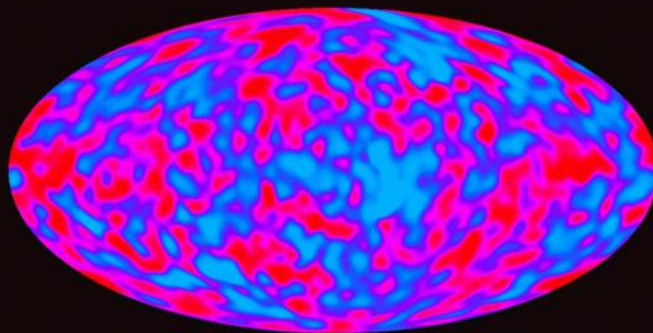
3mの傾むき

18 μK



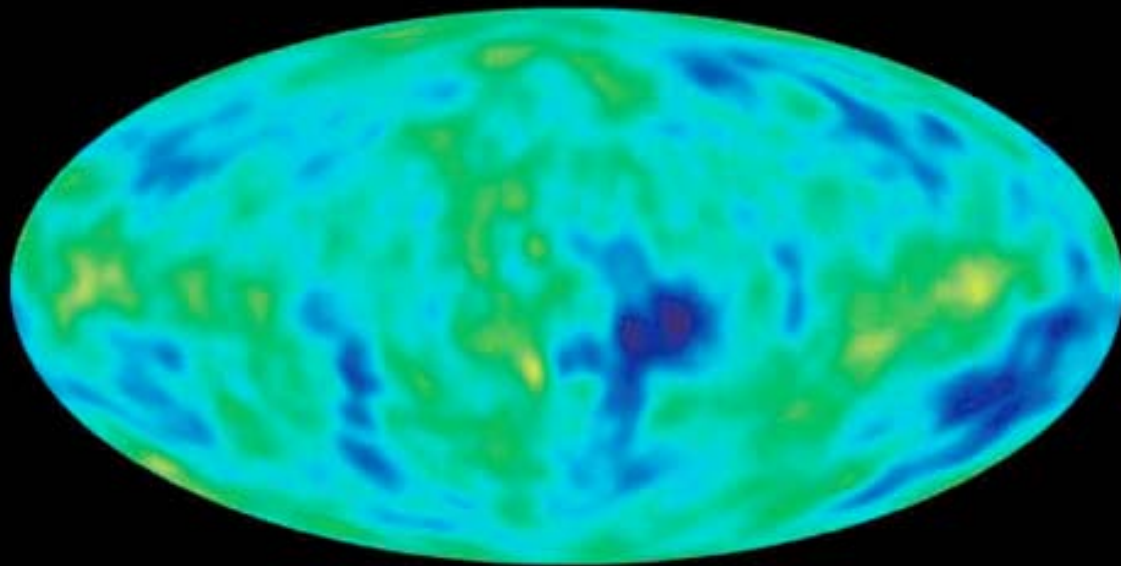
18mmの盛り上がり

3 μK



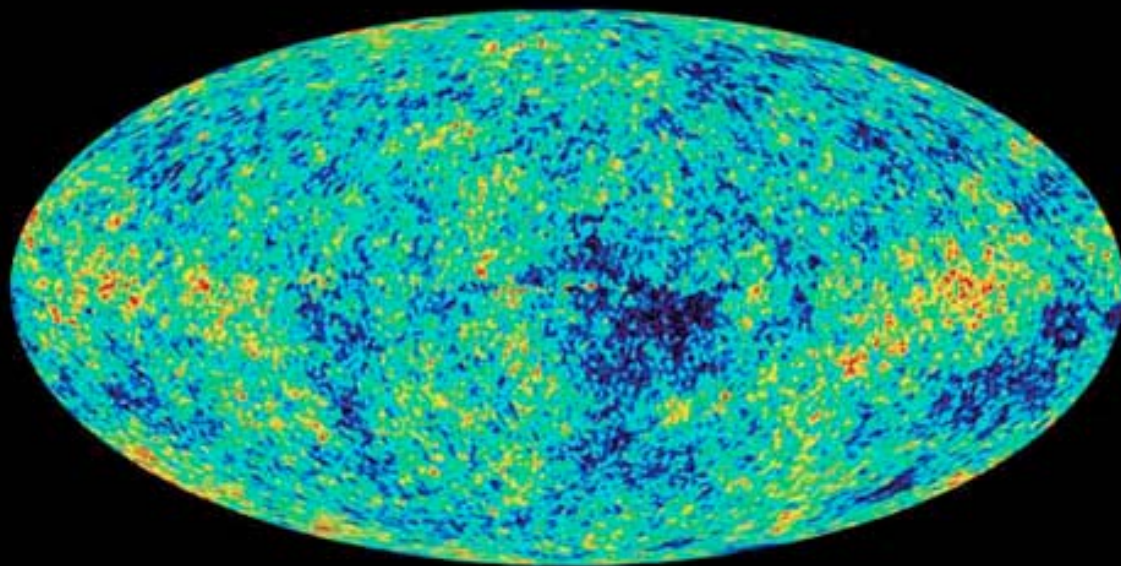
3mmのさざ波

$T = 2.728 \text{ K}$

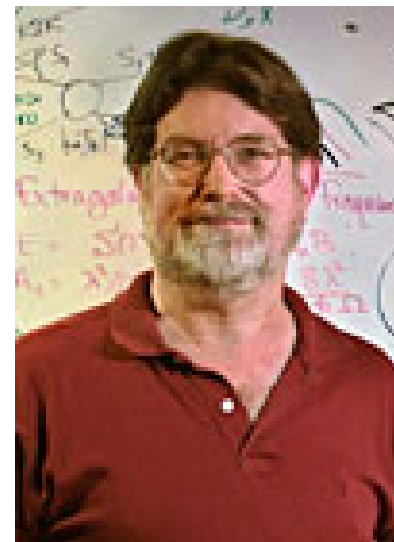


COBE

宇宙の構造、天体の種となるもの



MAP

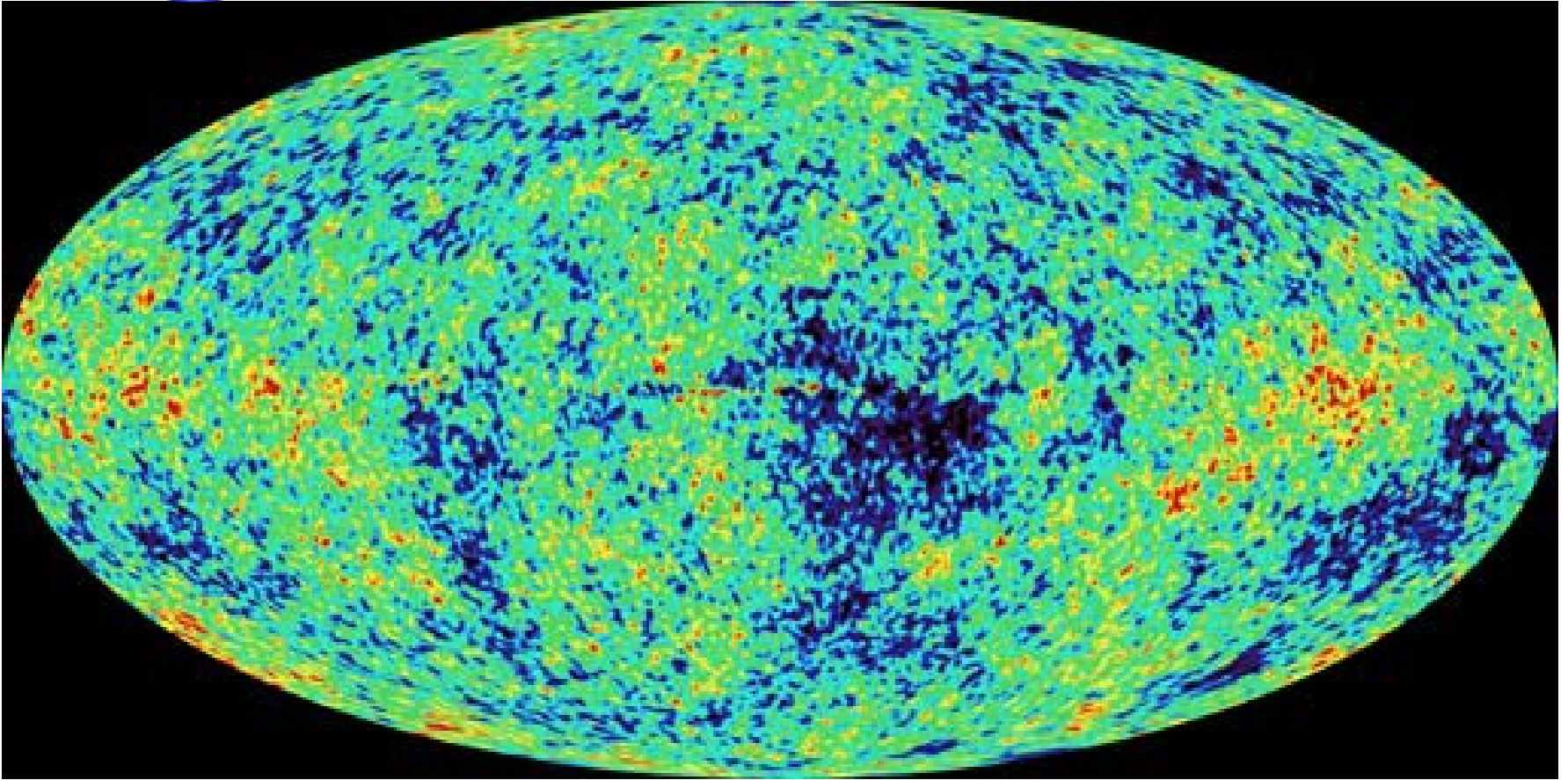
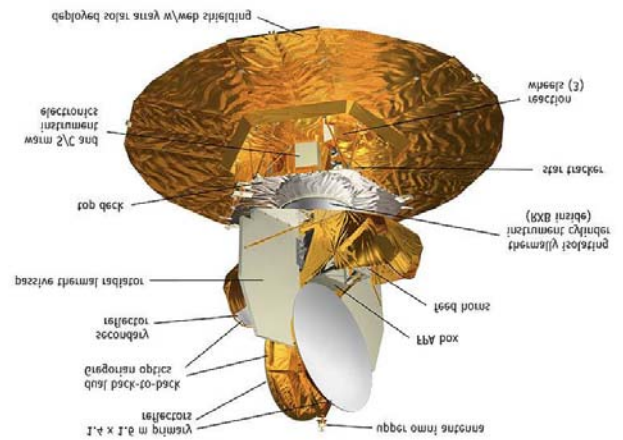
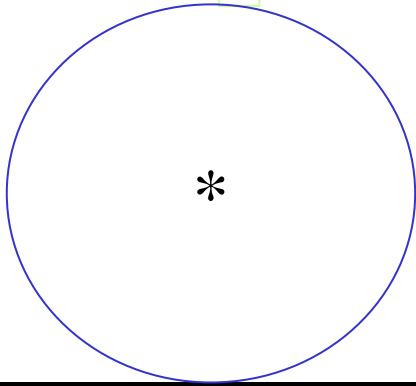


George Smoot

バルーン実験
U-2機実験
再びバルーン
COBE観測
南極観測

名著「宇宙のしわ」
“Wrinkles in Time”

WMAPが描き出した初期の宇宙 (ビッグバン後、約38万年)



ダークに宇宙を「統べる」

こんな宇宙に
誰がした??

“The Universe is
in the Dark Side.”



ダースブーダー

知っている実体は
4_{パーセント}だけ!

Planck衛星

2009年5月にアリアンVロケットで
ハーシェル(赤外線望遠鏡)と共に
打ちあげられた。



今もこれからも
世界各地で、

日本でも
千リ アタカマでの観測
衛星将来計画

宇宙背景放射は完全な市民権を得た。

光： の吸収線

電波： 電波の逆メーザー線
なによりも直接観測できる！

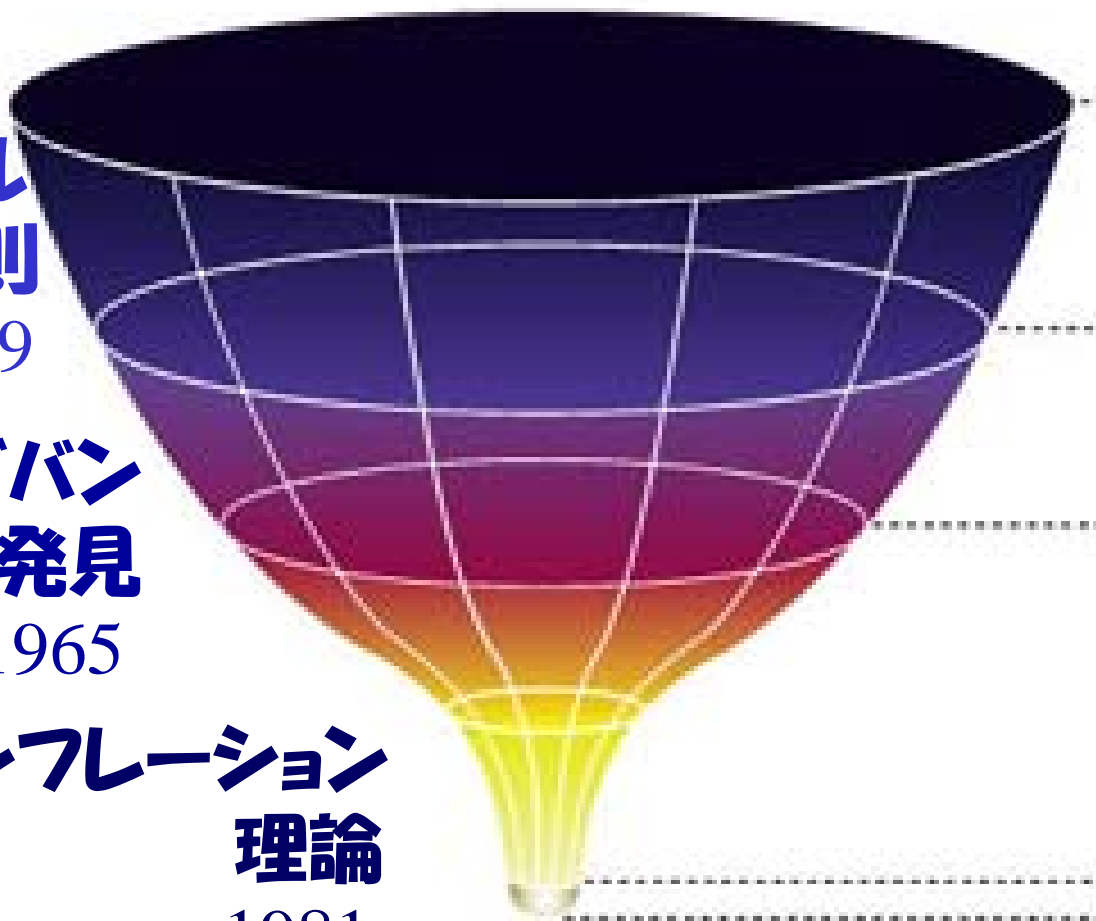
X線： スニヤエフ. ゼルドビッチ効果(SZE)

宇宙線： CZK カットオフ

ハッブル
の法則
1929

ビッグバン
の発見
1965

インフレーション
理論
1981



現在（約140億年）

宇宙の晴れ上がり
（約30万年）

ビッグバン
（ 10^{-34} 秒）

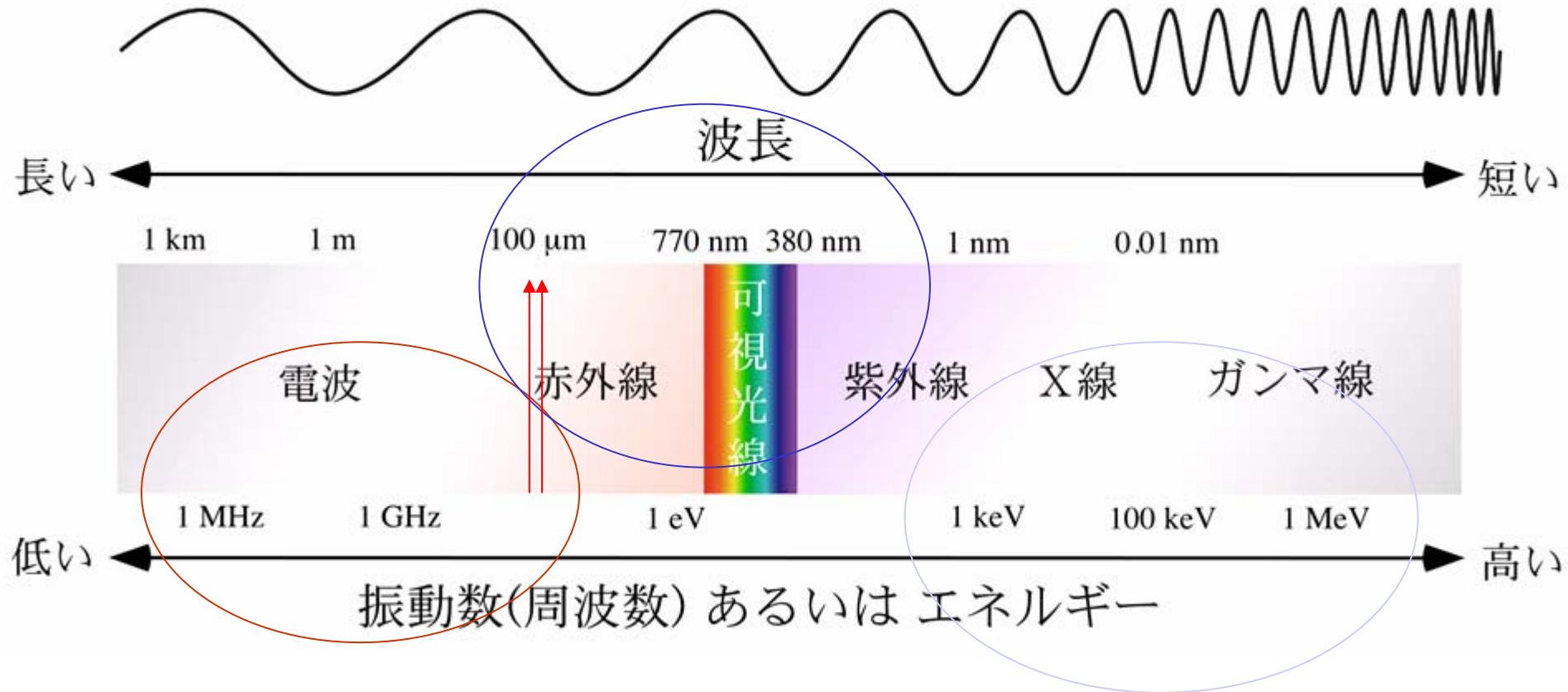
インフレーション開始
（ 10^{-44} 秒）
「無」からの宇宙創成

新しい物理学
宇宙の多重発生？

電磁波

Maxwell 理論

Hertz 実験 19世紀末



$$\lambda \nu = c$$

$$h \nu = E$$

宇宙の音楽

遠い宇宙

長恨歌

白居易

玄宗皇帝と楊貴妃を題材に
120行で永遠の愛を歌う

臨別殷勤重寄詞
詞中在誓兩心知
七月七日長生殿
夜半無人私語時
天願作比翼鳥
在地願爲連理枝

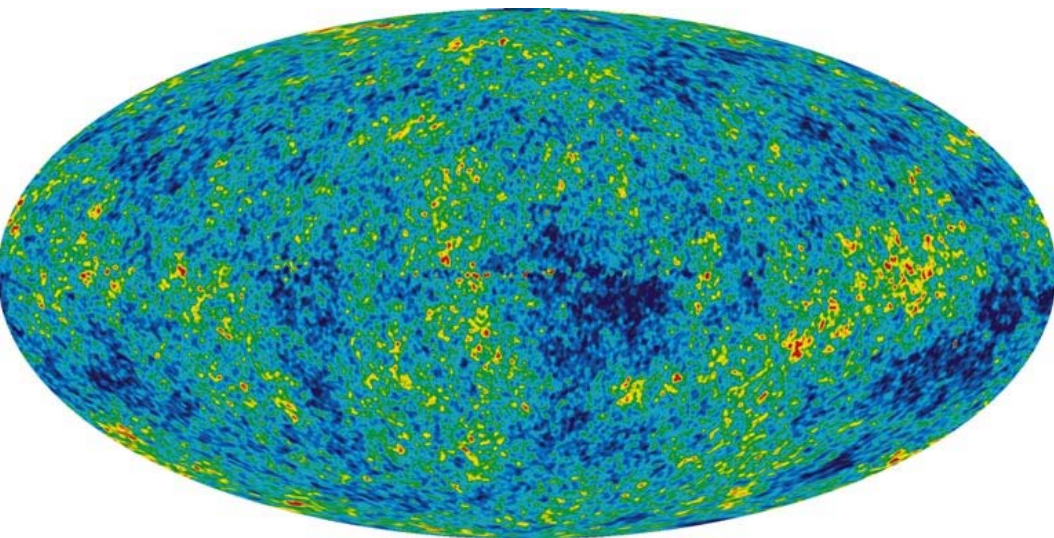
天長地久有時盡
此恨綿綿無盡期

白鳥はとみしからずち

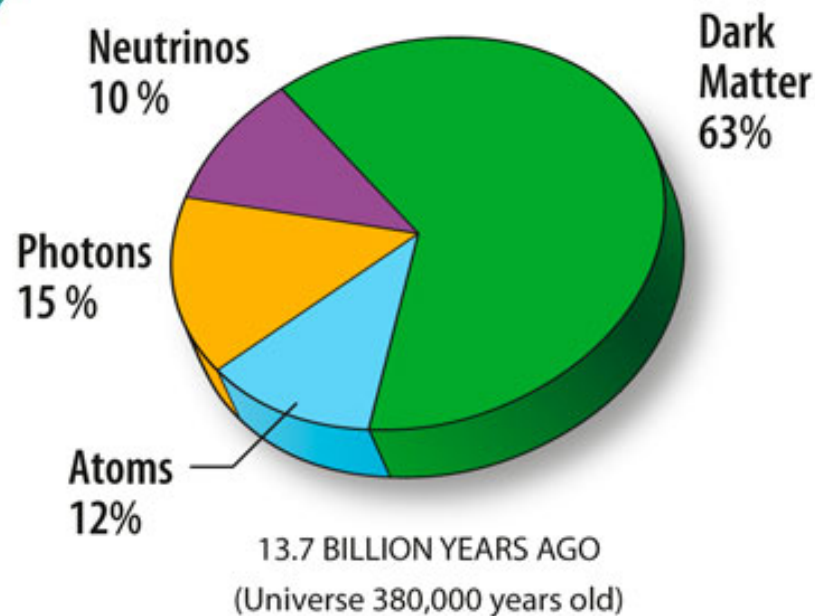
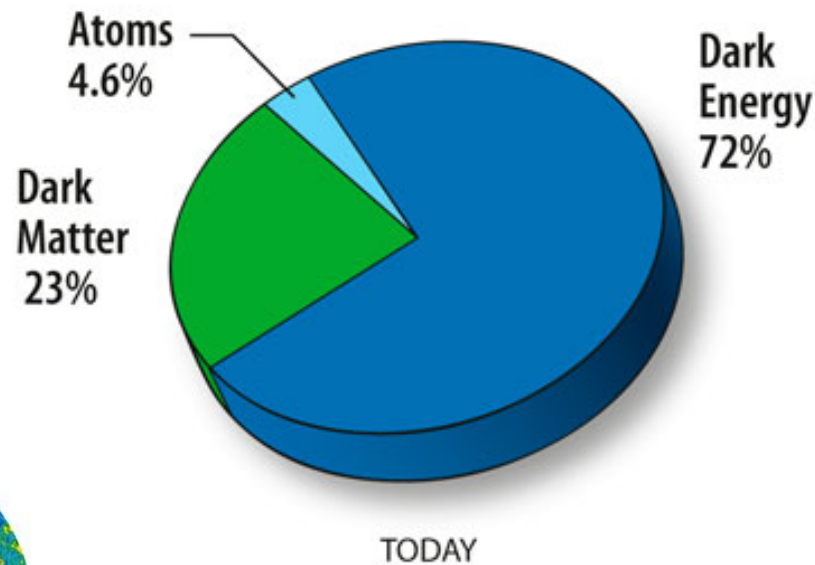
海のおお空のおおにも染まらず瀧つ

若山牧水

WMAP



宇宙背景放射は
宇宙の大域的状況を示す
古文書



G a m o v 著作例

Mr. Tomkins in Paperback 宇宙論、素粒子物理	1 9 6 5	宇宙背景放射 〈ビッグバン〉
Mr. Tomkins Inside Himself 生命の神秘	1 9 6 7	パルサー 〈中性子星〉
One, Two, Three, , , , Infinity	1949	

宇宙と星

畑中武夫

THO 〈武谷、畑中、小尾〉理論
電波天文学の旗振り役
国際活動

WMAP **以前にも、CMB観測の改良が重ねられてきた。**
COBE **以外の実験は空の領域を限定して CMB のゆらぎを観測。**

K-9M-80号機(1987**年、弾道飛行**)

COBE(1989**年 - 1993年、宇宙探査機**)

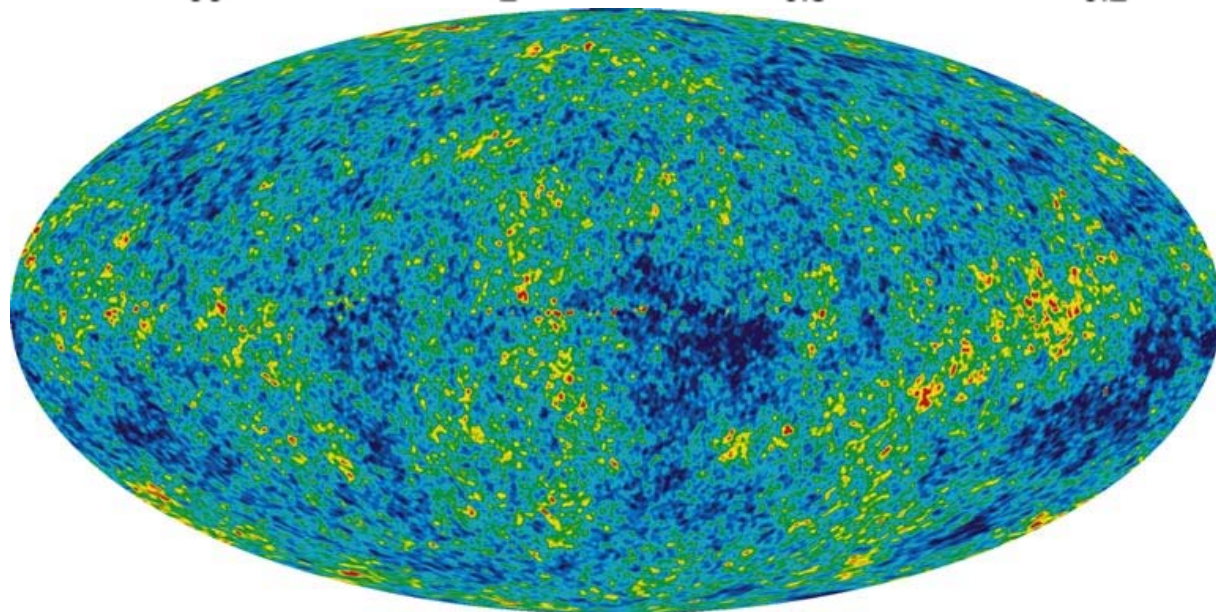
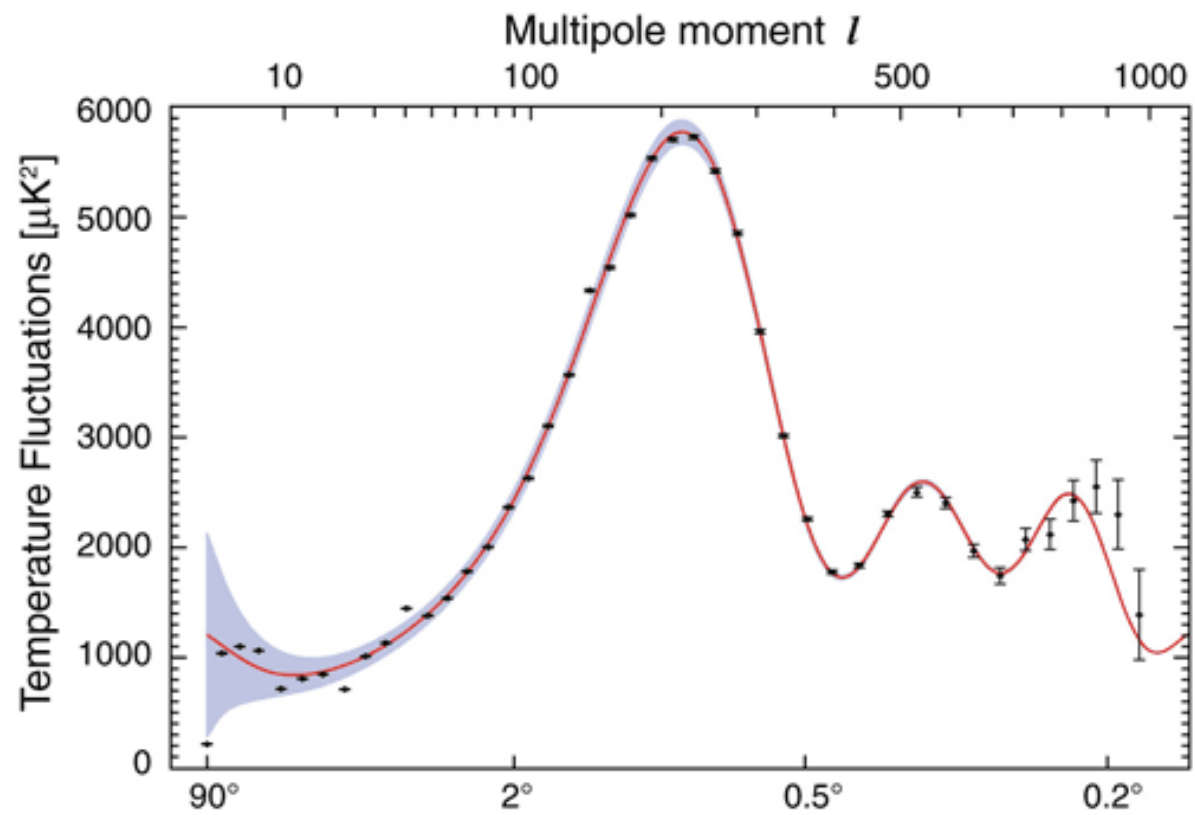
Cosmic Anisotropy Telescope(1995**年、電波干渉計**)

BOOMERanG(1997**年 - 2003年、気球**)

Maxima(1995**年 - 1999年、気球**)

Cosmic Background Imager(2000**年 - 2004年、電波干渉計**)

Very Small Array(2002**年 - 2004年、電波干渉計**)



2 nanometers

エルウィン・シャルガフ

『DNAの塩基存在比の法則』

アデニンとチミン、グアニンとシトシンの量がそれぞれ等しい

モーリス・ウィルキンスとロザリンド・フランクリン

『X線結晶構造解析』

A - T

G - C

CAT

ACT

CAG

1 turn = 10 base pairs = 3.4 nanometers

minor groove

