

第 14 回 講義内容

2024/12/23

- レポート課題（第 3 回）の提出期限は 1 月 27 日（月）23:59 です。課題は、第 12 回講義時にプリントを配布しました。

配布物

- 14.Cosmology_contents.pdf このファイル Google classroom, web
- 14.Cosmology2024_Viewgraph.pdf スライド Google classroom, web
月曜朝に配布します。
- 14.Planets2025.pdf 別のファイル Google classroom
クリスマスプレゼント。2025 年の天体観測の見どころ。

講義内容（予定）

- §5.5 宇宙のモデルを決める最新の観測結果
- §5.6 第 2 の地球はあるのか 生命の起源は

本日の復習課題例

こんなことを観たり、調べたり、考えてもらったら面白いかな、という程度のおまけ。

- ダークマターがあることは本当と考えて良い？
- ダークエネルギーがあることは本当と考えて良い？

次回の予習項目

こんなことを調べてもらったら面白いかな、という程度の課題。

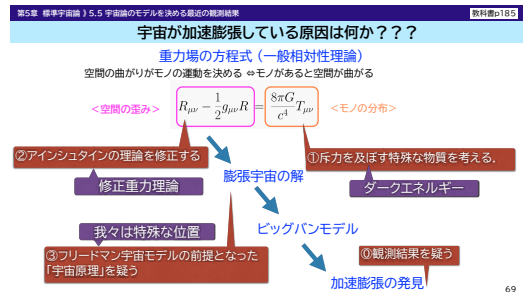
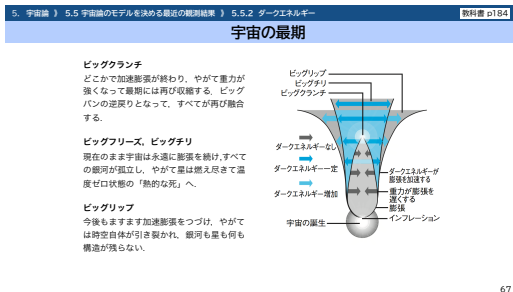
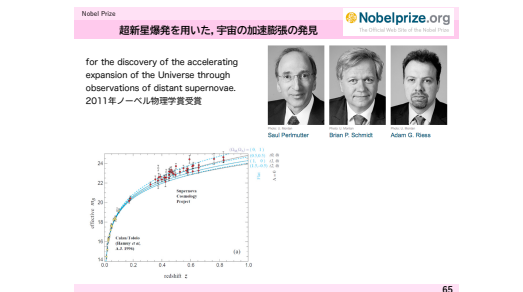
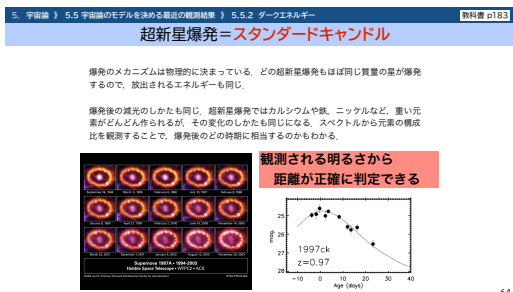
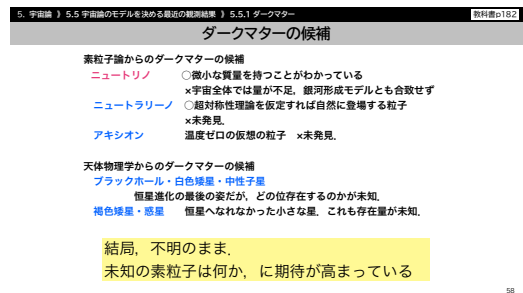
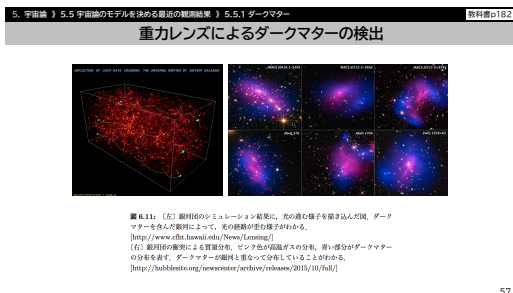
- 太陽系外惑星探査の現状
- 生命の起源

第 4 章以降の確認事項**4 量子論**

光が波である，ことを示す実験。
光が粒子である，という考えが生まれた理由。
アインシュタイン・ボーア論争とは何か。
不確定性原理とは何か。シュレーディンガーの猫とは何か。

5 宇宙論，これからの宇宙物理学

宇宙膨張を確認したハッブルによる観測とその原理。
ビッグバン膨張宇宙論と定常宇宙論の論争。この論争を終結させた観測は何か。
ビッグバン膨張宇宙論の問題点。
インフレーション宇宙モデルとは何か。
膜宇宙モデルとは何か。
ダークマターとは。
ダークエネルギーとは。
太陽系外惑星探査の意義。
小惑星探査・彗星探査の目的は何か。



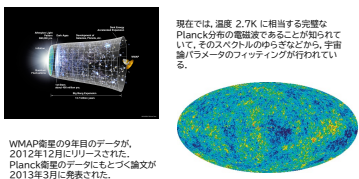
5. 宇宙論 5.5 宇宙論の電子力学を決定する観測結果 5.5.3 CMB 教科書p166

宇宙マイクロ波背景放射(CMB)の観測

Cosmic Microwave Background (CMB)

宇宙誕生後、38万年的时候、温度の低下によって物質が形成されはじめ、光が透過できるようになった。このときの光が、宇宙全体を満たしており、CMBと呼ばれる。

現在では、温度 2.7K に相当する完璧な Planck 分布の電磁波であることが知られていて、そのスペクトルのからなどから、宇宙論パラメータのフィッティングが行われている。

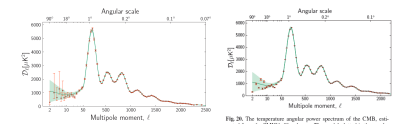


WMAP衛星の9年目のデータが、2012年12月にリリースされた。Planck衛星のデータにもとづく論文が2013年3月に発表された。

70

【宇宙物理】 **プランク衛星、宇宙背景放射の観測結果公開 (2)** 2013/3/20

Planck project announces the first result of Cosmic Microwave Background



ゆらぎの角度相関。Planck衛星の結果のみをプロットしたもので、実際は、宇宙標準モデルの適合に考慮される値、7つのパラメータを、小色で重ねて表示している。

左と同様データ、他の観測結果も合わせて表示したものである。

<http://pla.esa.int/pla/en/press-room>

73

【宇宙物理】 **プランク衛星、宇宙背景放射の観測結果公開 (4)** 2015/9/11

Planck project announces the first result of Cosmic Microwave Background

Parameter	Planck TT+low P+lensing	Planck TT, TE, EE+low P+lensing+lens
$\Omega_b h^2$	0.02226 ± 0.00023	0.02230 ± 0.00014
$\Omega_c h^2$	0.1186 ± 0.0020	0.1188 ± 0.0010
$100\theta_{MC}$	1.04103 ± 0.00046	1.04093 ± 0.00039
τ	0.066 ± 0.016	0.066 ± 0.012
$ln(10^{10} A_s)$	3.062 ± 0.029	3.064 ± 0.023
n_s	0.9677 ± 0.0060	0.9667 ± 0.0040
H_0	67.8 ± 0.9	67.74 ± 0.46
Ω_m	0.692 ± 0.012	0.6911 ± 0.0062
Ω_b	0.0484 ± 0.0010	0.04860 ± 0.00051
Ω_c	0.258 ± 0.011	0.2589 ± 0.0057
Ω_{DE}	0.308 ± 0.012	0.3089 ± 0.0062
Ω_{DE}	0.1415 ± 0.0019	0.14170 ± 0.00097
Ω_{DE}	0.09591 ± 0.00045	0.09598 ± 0.00029
w_0	0.815 ± 0.009	0.8159 ± 0.0086
w_0	0.4521 ± 0.0088	0.4535 ± 0.0059
Age[Gyr]	13.799 ± 0.038	13.799 ± 0.021
τ_{95}	147.60 ± 0.43	147.50 ± 0.24
k_B	0.01027 ± 0.00014	0.010288 ± 0.000071

宇宙年齢は、137.99歳±2100万年

物質密度は、4.86%

ダークマター+ダークエネルギーは、30.9%

正体不明のダークエネルギーは、69.1%

<https://www.aanda.org/articles/aa/pdf/2016/10/aa27101-15.pdf>

74

Finale これからの宇宙論研究

より遠くまで より広範囲に より詳細に より広いエネルギー幅で

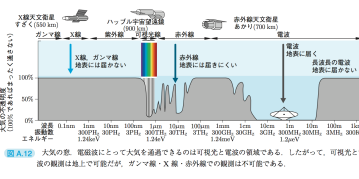
宇宙論パラメータ	光	電磁波
観測長 [m]	10^{-14} - 10^{16}	10^{-7} - 10^4
観測長 [mm]	10^{-14} - 10^4	10^{-7} - 10^4
観測長 [Hz]	3×10^{18} - 3×10^7	3×10^{16} - 3×10^7

ガンマ線 X線 可視光 赤外 電波 重力波

76

付録A 宇宙を理解する物理学 A.3 波の七性質 教科書p211

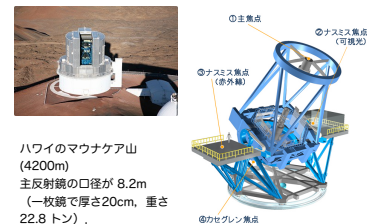
大気窓



大気窓は地上で可能だが、ガンマ線・X線・赤外線での観測は不可能である。

77

【観測装置】 **すばる望遠鏡 (SUBARU telescope)** 可視光・赤外



ハワイのマウナケア山 (4200m) 主反射鏡の口径が 8.2m (一枚鏡で厚さ20cm、重さ22.8トン)。

78

【観測装置】 **30m 望遠鏡 TMT (Thirty Meter Telescope)** 可視光・赤外

世界の次世代超大型望遠鏡計画 NAOJ

計画	TMT	GMT	E-ELT
直径	30m	22m(8.4m x 7)	39m
建設地	ハワイ：マウナケア (標高 4205m) 島の宇宙	チリ：ラスカンパナス (標高 2525m) 島の宇宙	チリ：セロアマノナス (標高 3060m) 島の宇宙
予算規模	1500億円	1100億円? (推定)	2000億円? (推定)
建設期間 (完成予定)	9年(2022年)	7年(2020年代?)	11年(2024年?)
メンバー	日本、米軍(カリフォルニア州)、カナダ、中国、インド	米軍(カーネギー天文台)、中国、韓国、オーストラリア	欧州南天天文台 (15ヶ国)

2013年12月理論天文学・宇宙物理学懇談会シンポジウム、船川氏のスライドから

89

【観測装置】 **Vera Rubin 望遠鏡 (IBLSST)** 可視光・赤外



アメリカの22の大学・研究機関の共同プロジェクト。チリの標高2666mのところに建設。2022年観測開始予定。口径 8.4 m。当初はLarge Synoptic Survey Telescope (LSST) という望遠鏡名で呼ばれていたが、2020年に名称決定。

<https://www.lsst.org> <https://www.youtube.com/watch?v=duOYH1Bqk>

90