第２回　講義内容　　2026/9/28

本日の配布物

- 02_Cosmology_contents.pdf　　このファイル　　Google classroom, web
- 02_Cosmology2026_Viewgraph.pdf　スライド　　Google classroom, web
- 02_Cosmology_JAXA3Dseizu.pdf　前回配布　　Google classroom

本日の講義内容（予定）

- §1.2 太陽系
  太陽系をスケール正しく作ってみた人の動画
  `https://www.youtube.com/watch?v=zR3Igc3Rhfg`
- §1.3 銀河系
  アンドロメダ銀河が私たちの銀河に衝突 アンドロメダ銀河が私たちの銀河に衝突？
  `https://www.youtube.com/watch?v=qnYCpQyRp-4`
- Mitaka （国立天文台がつくったプラネタリウム・アプリケーション）を使った銀河分布投影
  `https://4d2u.nao.ac.jp/html/program/mitaka/`

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.

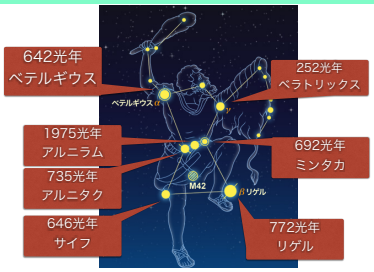
- ノーベル賞の有力な候補者
- いままで観測された中で最も遠い星は？銀河は？
- Mitaka （国立天文台がつくったプラネタリウム・アプリケーション，無料，Windows 版のみ）のインストール
  `https://4d2u.nao.ac.jp/html/program/mitaka/`

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.

- オリオン座ペテルギウスがもうすぐ爆発？
- ドップラー効果による光の色の変化
- 次回，レポート（第１回）課題を出します．締め切りは，10 月 31 日 (土) 23:59 の予定です.

【物理】 伝わるまでには時間がかかる 光速(2)



18

1. 宇宙の階層構造 》1.1 地球・月・太陽 教科書 p13

毎月，日食・月食が起きない理由

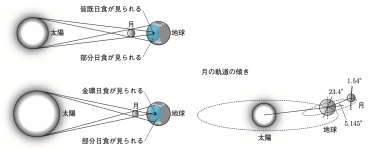


図 1.18 〔左〕皆既日食と金環日食の違いは地球と月・太陽の位置関係の違いで生じる．〔右〕日食や月食が毎月生じないのは，月の軌道面が地球の公転面に対して 5 度傾いているためである．

地球を直径10cmの球とすれば，
月は直径2.6cmの球，距離は304cm先
太陽は，直径10.9mの球，距離は117m先

32

1. 宇宙の階層構造 》1.2 太陽系 教科書 p16

地球・月 ▶ 太陽系 太陽系小天体

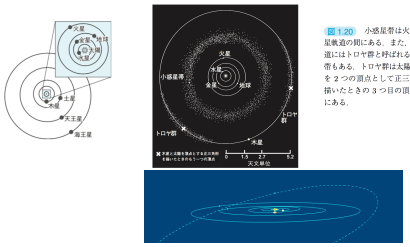


図 1.20 小惑星帯は火星と木星軌道の間にある．また，木星軌道にはトロヤ群と呼ばれる小惑星帯もある．トロヤ群は太陽と木星を 2 つの頂点として正三角形を描いたときの 3 つ目の頂点付近にある．

35

小惑星探査機 はやぶさ （2003年打ち上げ-2010年帰還）



2003年5月9日 M-Vロケット5号機によって打ち上げ
2004年5月19日 地球スウィングバイ
2005年9月12日 小惑星イトカワに到着
2005年11月 史上初の小惑星への着陸を成功
2006年1月 通信途絶，燃料漏れなどのトラブル
2010年6月 地球に帰還(予定より3年遅れ)

36

【話題】 2006年, 冥王星は, なぜ惑星から外されたか？



水，金，地，火，　木，土，天，海，冥
エリス
ハウメア
マケマケ
惑星
planet
ケレス
準惑星
dwarf planet
太陽系外縁天体(TNO)

50

1. 宇宙の階層構造 》1.2 太陽系 教科書 p15

太陽系を回る天体の分類

表 1.5 太陽系を回る天体の分類

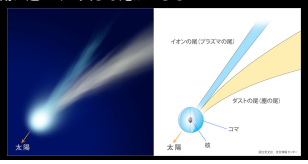
	定義
惑星	(1) 十分な質量があってほぼ球形の天体である， (2) 太陽を周回する軌道である， (3) その軌道上では他の天体を一掃してしまっている，の 3 条件をみたす天体
準惑星	惑星の定義の (1)(2) をみたし，かつ (3) その軌道近傍では他の天体が存在する (4) 衛星ではない天体
太陽系小天体	冥王星型天体以外の太陽系外縁天体，小惑星，彗星，惑星間塵など．

惑星　planet
準惑星　dwarf planet
太陽系小天体　small solar system bodies

51

すいせい
彗星（ほうき星）とは

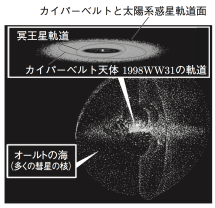
★太陽のまわりを動く大きさが数キロメートルから数十キロメートルのとても小さな天体．
★およそ8割が水（氷の状態）で，残りはガス・ちり．
★太陽に近づくと大きな尾ができる



67

1. 宇宙の階層構造 》1.2 太陽系 教科書 p17

太陽系はどこまでか



太陽・地球間の距離
= 1 AU
(astronomical unit)

100〜1000 AU

図 1.22 オールトの雲

74

付録A.1.5 教科書 p201

天文学で使う距離の単位：AU, 光年, パーセク

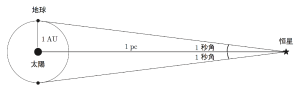


図 A.2 距離パーセク (pc) の定義．地球から見る星の位置が半年で 2 秒角ずれる場所までの距離を 1 pc とする．

天文学で用いられる距離の単位 (§ A.1.5) 教科書 見返し

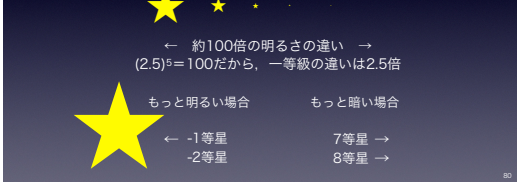
名	記号	長さ	定義
天文単位	AU	1 億 5000 万 km	地球と太陽の距離
光年	ly	9.46×10^{12} km	光が 1 年間に進む距離
パーセク	pc	3.09×10^{13} km $=3.26$ ly	地球からの年間視差が 1 秒角
赤方偏移	z	(A.2.16) 式	本来の光の波長のずれの比

79

1. 宇宙の階層構造 》1.3 銀河系 教科書 p21

星の明るさ(見かけの等級, 絶対等級)

1等星　　6等星



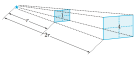
← 約100倍の明るさの違い →
$(2.5)^5=100$だから，一等級の違いは2.5倍

もっと明るい場合　　もっと暗い場合
← -1等星　　7等星 →
-2等星　　8等星 →

80

1. 宇宙の階層構造 》1.3 銀河系 教科書 p21

星の明るさ(見かけの等級, 絶対等級)



同じような大きさで
同じように明るいの星でも
遠くにあれば暗い

図 1.26 距離が倍になると，光の照射面積は 4 倍になるので，光量は 1/4 になる．すなわち，明るさは距離の 2 乗に比例して小さくなる．

表 1.8 恒星の見かけの等級と絶対等級の例 †.

星	星座	距離（光年）	見かけの等級	絶対等級
シリウス	おおいぬ	8.60± 0.04	−1.47	1.42
ベテルギウス	オリオン	642 ±147	0.42	−5.50
プロキオン	こいぬ	11.46± 0.05	0.34	2.61
アンタレス	さそり	553.48±113.19	1.09	−5.06
ベガ（織女）	こと	25.03± 0.07	0.03	0.60
アルタイル（牽牛）	わし	16.72± 0.05	0.77	2.22
デネブ	はくちょう	1411.26±226.94	1.25	−6.93
北極星	こぐま	432.36± 6.4	2.00	−3.61
太陽	–	1 天文単位	−26.7	4.82

81

【天文雑望】



国立天文台が東京都三鷹市にあることにちなむ

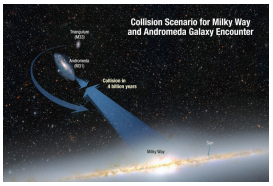
http://4d2u.nao.ac.jp/html/program/mitaka/

85

【天文】 2012/6/1

アンドロメダと40億年後に衝突

When galaxies collide



NASA's Hubble Shows Milky Way is Destined for Head-On Collision
03.31.12

NASA astronomers announced Thursday they can now predict with certainty the next major cosmic event to affect our galaxy, sun, and solar system: the titanic collision of our Milky Way galaxy with the neighboring Andromeda galaxy.

The Milky Way is destined to get a major makeover during the encounter, which is predicted to happen four billion years from now. It is likely the sun will be flung into a new region of our galaxy, but our Earth and solar system are in no danger of being destroyed.

我々の銀河と，230万光年先にあるアンドロメダ銀河は，互いの重力で近づきつつあります．ハッブル宇宙望遠鏡の詳細な観測から，40億年後の衝突の様子をシミュレーションした結果が，公開されました．

http://www.nasa.gov/mission_pages/hubble/science/milky-way-collide.html

53

1. 宇宙の階層構造 》1.3.2 銀河系以上のスケール 教科書 p25

銀河団 (cluster)，宇宙の大規模構造

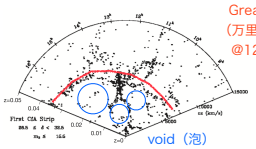


図 1.34 1989 年に報告された CfA サーベイの図．扇子を広げたように，見かけの範囲を狭く，奥を深く銀河をサーベイした結果の図である．中心はかみのけ座銀河団 (Coma cluster)．1 つ 1 つの点が銀河である．全部で 1027 個のデータがある．右奥の距離の目盛りは赤方偏移から figure 2 を換算した後退速度を示している．左側の目盛りは赤方偏移 z を記入した．$z=0.03$ とおされた距離が 128 Mpc に相当する．[CfA の協力している国を加工]



Margaret Geller

1027個の銀河分布を観測 (1989)

60

1. 宇宙の階層構造 》1.3.2 銀河系以上のスケール 教科書 p26

銀河団 (cluster)，宇宙の大規模構造

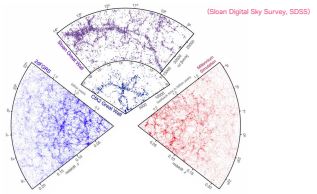


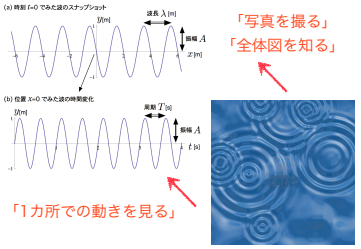
図 1.35 銀河の分布観測によるトポロジーによる観点の考え方．「上」は初期サーベイによる銀河の分布図で 3.1 を表わしたもの．SDSS は，北天から見える 40 万個以上の銀河をまで広がっている．1.3 節光年の銀河に注目上方向上のプレートウォール（立体の面積）を表わした．「左」は CfA サーベイによる銀河の分布図．南天の 2 方向以上の銀河をまで広がっている．(C) トニアル・シミュレーションという数値計算結果を基めて示したもの．[Springel, Frenk, White の論文 (2006) を加工]

65万個の銀河分布を観測 (2006)

61

付録 A. 》A.3 波のもつ性質 教科書 p207

波を表す物理量



71