

観測的宇宙論入門

—宇宙はどこまでわかったか—

岡村定矩
法政大学教授(理工学部創生科学科)
東京大学名誉教授

Week 1

現在の宇宙の姿

Week 2

ビッグバン宇宙論

Week 3

ダークマターとダークエネルギー

Week 4

太陽系外惑星と元素の起源

第1週：現在の宇宙の姿

- 1.1 星はなぜ自ら輝くのか
- 1.2 太陽系から星の世界へ
- 1.3 天の川と銀河系
- 1.4 銀河からなる宇宙
- 1.5 宇宙のスケールモデル
- 1.6 仮想宇宙旅行

いずれもこれからの講義全体の基礎となる
ものですからしっかりと頭に入れてください。

第1週：現在の宇宙の姿

1.1 星はなぜ自ら輝くのか

1.2 太陽系から星の世界へ

1.3 天の川と銀河系

1.4 銀河からなる宇宙

1.5 宇宙のスケールモデル

1.6 仮想宇宙旅行

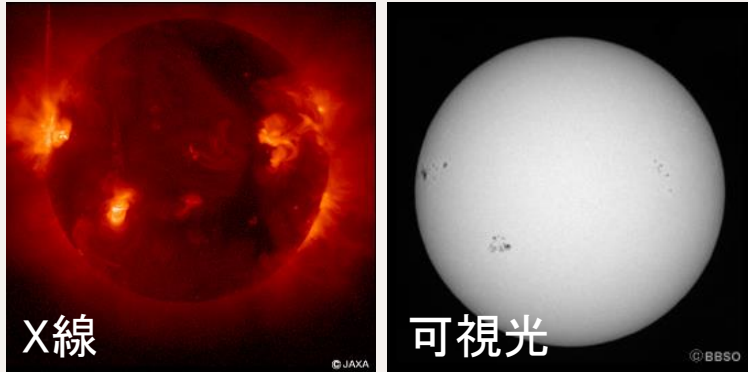
「星」には2種類ある

星には二種類ある

- ・自分で輝く星(恒星) 例: 太陽

恒星と惑星・衛星は
何が違うのだろうか？

質量！



X線

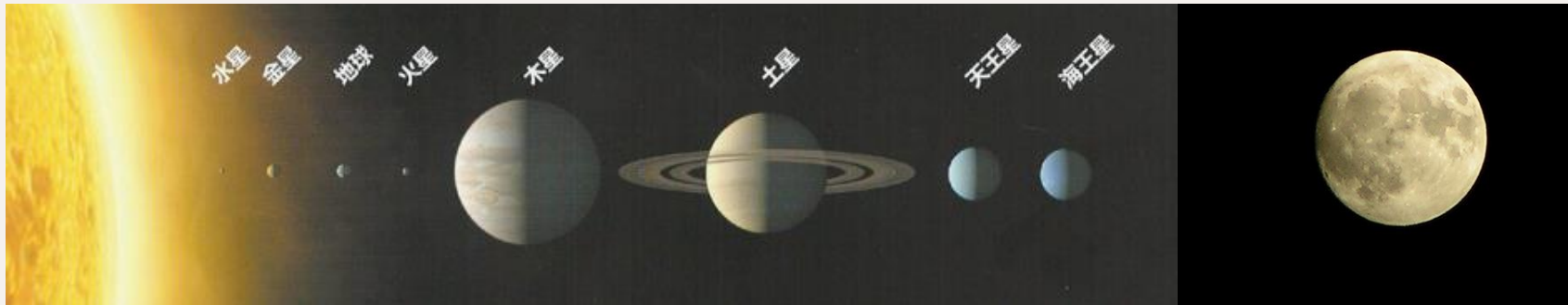
可視光

JAXA提供

<http://www.kids.isas.jaxa.jp/zukan/solarsystem/sun01.html>

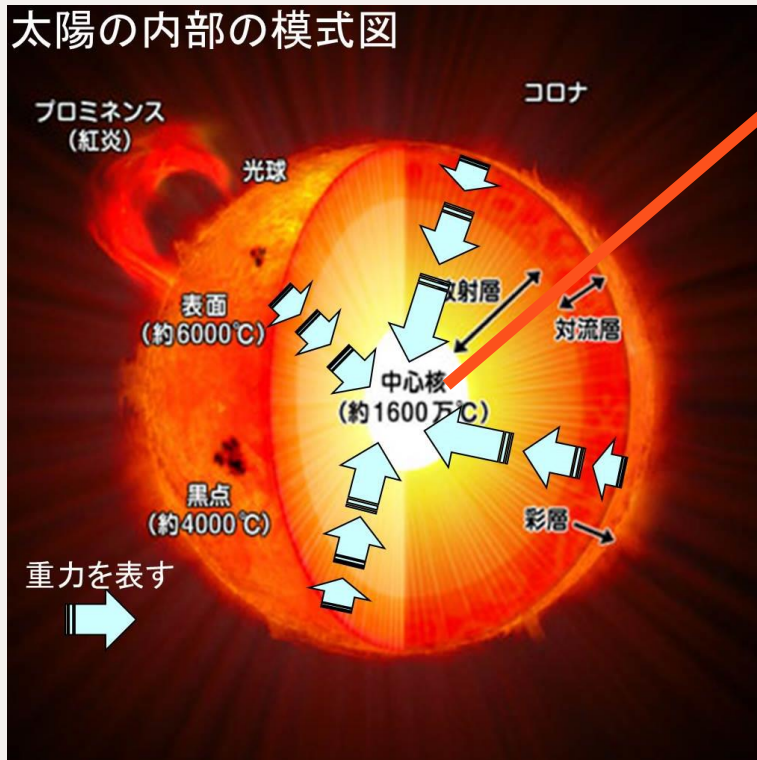
質量の大きい星(木星の80倍
~太陽の8%程度以上)は必
ず自分で輝く

- ・恒星の光を反射して輝く星 例: 惑星、衛星



恒星はなぜ自分で輝くのか

輝いていないと(自分の重力で)つぶれてしまう



中心核
超高温: 1500万度
高密度: 150 g/cm³

核融合反応(*)で
エネルギーがでる

(*)水素原子4個からヘリウム原子
1個を作る反応(水素爆弾と同じ)

ガスが高温になってそ
の圧力で重力を支える

我々は太陽の恵みを受けている

「星」には2種類ある
(恒星 vs 惑星・衛星など)

肉眼で見える星は
全天で約6000個

これらのほとんどすべては恒星
(太陽と同じく自ら輝いている)

例外: 月、水星、金星、火星、木星、土星

星が太陽よりずっと暗いのは、
太陽よりずっと遠くにあるから

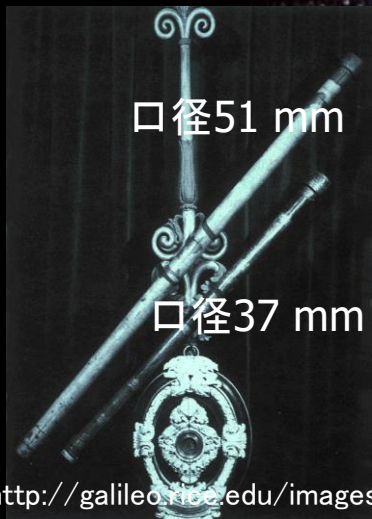
天の川は暗い星（遠い星）の集まり

2009年は世界天文年

1609年に人類は初めて
このことを知った



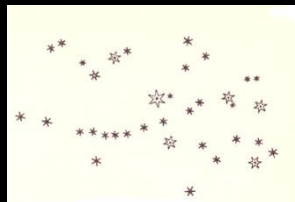
ガリレオ ガリレイ
(ウィキペディアより)



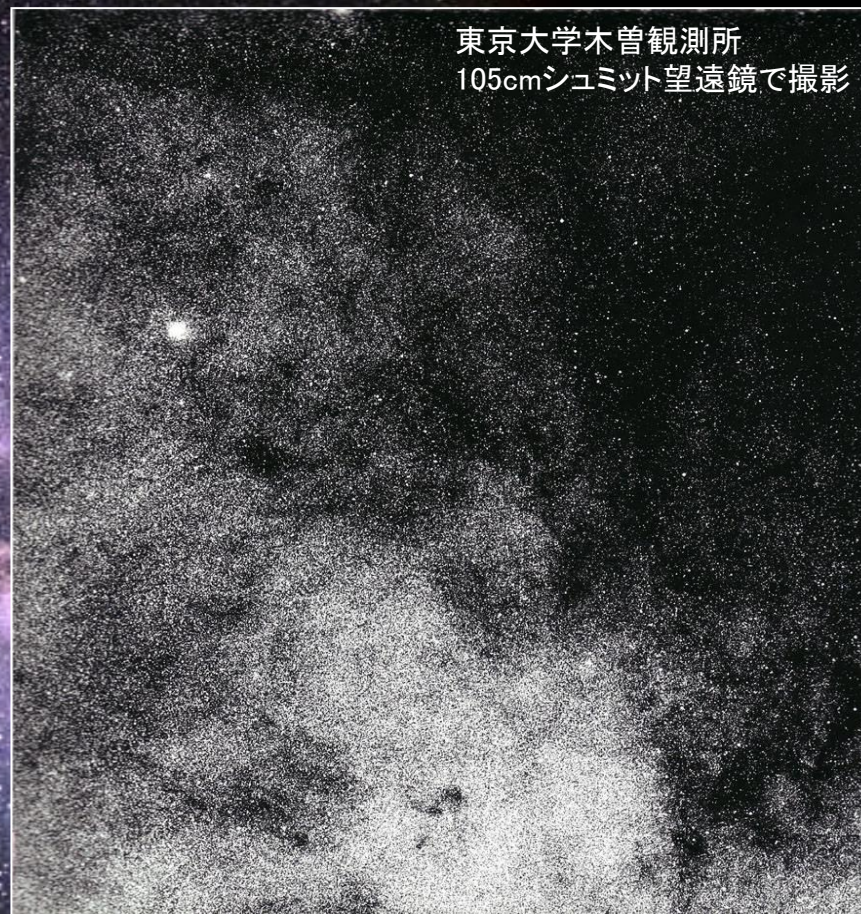
口径51 mm

口径37 mm

http://galileo.rice.edu/images/things/g_telescope.gif



スケッチ(「星界の報告」より)



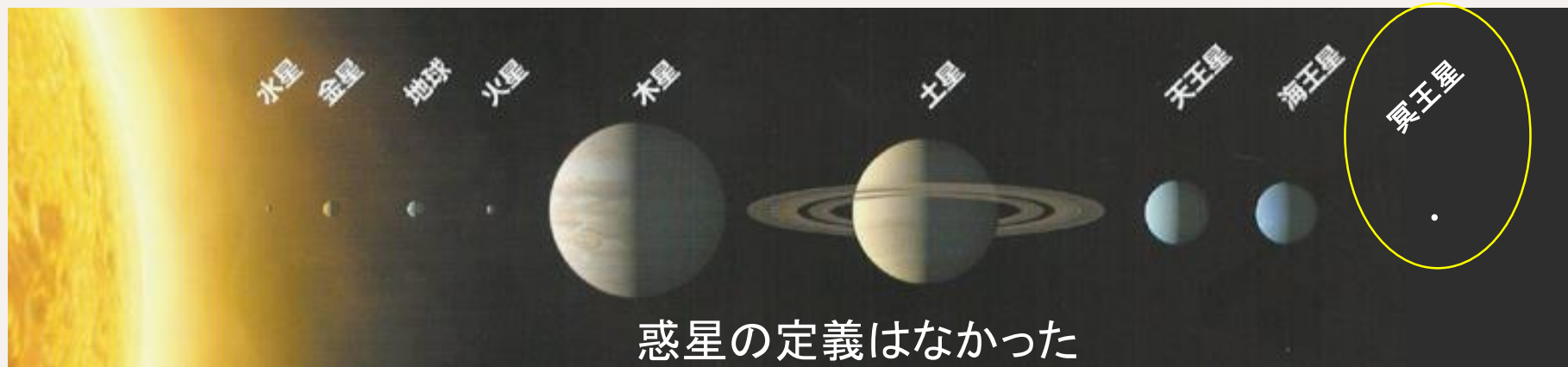
撮影 沼沢茂美

1997 Shigemi Numazawa JPLinc. numazawa@nisiq.net

第1週の第1回はここまです。

第1週：現在の宇宙の姿

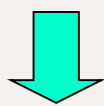
- 1.1 星はなぜ自ら輝くのか
- 1.2 太陽系から星の世界へ
- 1.3 天の川と銀河系
- 1.4 銀河からなる宇宙
- 1.5 宇宙のスケールモデル
- 1.6 仮想宇宙旅行



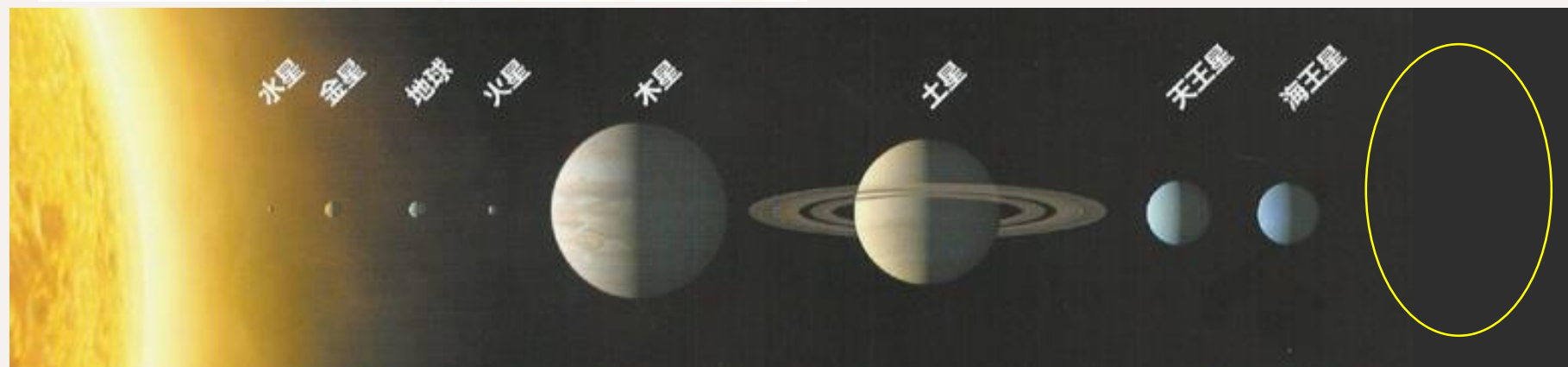
太陽系の惑星の「定義」



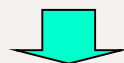
第26回国際天文学連合 (IAU) 総会
で採択 (2006年8月 プラハ)



冥王星は惑星ではなくなった



冥王星は降格されたのではない



観測技術の進歩によって見えてきた太陽系外縁天体の一族(冥王星型天体)の盟主として新たな地位を与えられたのである。

・日本学術会議の「対外報告」(2007年)

<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-20-t35-1.pdf>

<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-20-t39-3.pdf>

・岩波「科学」2008年9月号 科学通信 科学ニュース「冥王星型天体の英語名称 決まる」(岡村定矩)

・国立天文台のトピックスのサイト

http://www.nao.ac.jp/nao_topics/data/000304.html

(2007年)

http://www.nao.ac.jp/nao_topics/data/000387.html

(2008年)

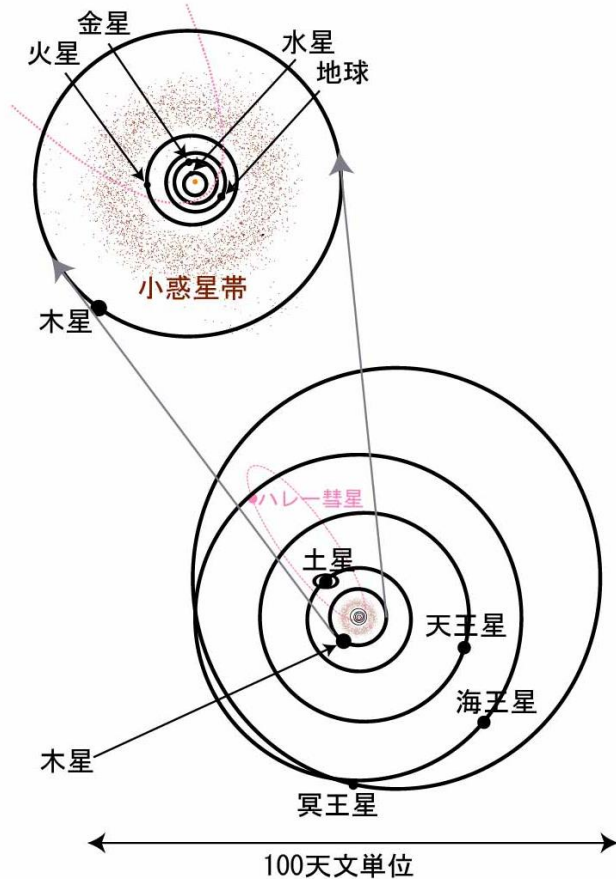


「新太陽系図2007」の入手先

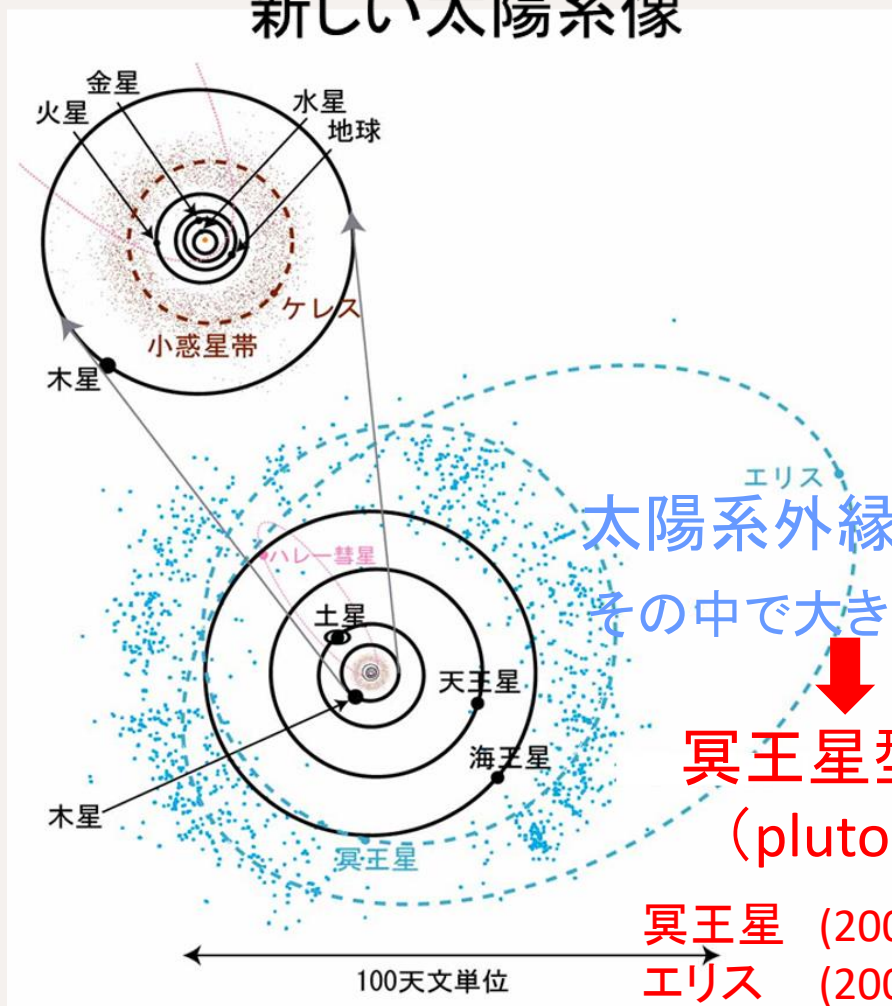
<http://www.yac-j.or.jp/kyouzai/taiyo/index.html>

新しい太陽系像

これまでの太陽系像



新しい太陽系像



太陽系外縁天体
その中で大きなもの

冥王星型天体
(plutoid)

- 冥王星 (2006.8) 2400km
- エリス (2006.8) 2400km
- マケマケ (2008.7) 1400km
- ハウメア (2008.9) 1500km

太陽系から星の世界へ

星の世界は太陽系の外に広がっている

天文シミュレーションのフリーソフト Mitaka

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

Mitaka

トップ

はじめてみよう
(チュートリアル)

宇宙空間モード

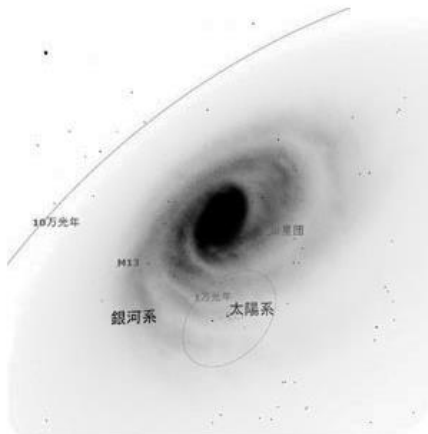
プラネタリウムモード

その他の機能

使用データ

よくある質問(FAQ)

更新履歴



新着情報

2017/02/21



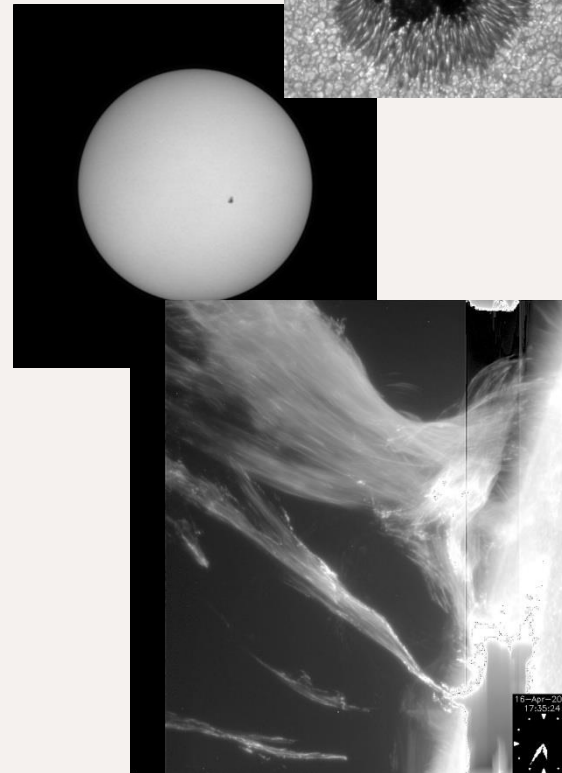
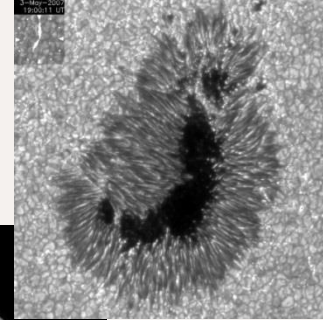
バーチャルリアリティ
しました。
このバージョンでは Mit
の特別公開日の体験コー
製品版 (CV1) および
ローラで行うことができ
空間や、惑星・銀河系
(ツイッターによる紹介
(なお、Mitaka for VR
目や脳に負担になること

2016/07/01

バージョン 1.3.2 を公開
このバージョンでは、水
4日に木星に到達する探
れました。表示言語とい
加されています。(更新

English

4D2U プロジェクト
国立天文台



太陽ムービーのクレジット
岡本文典(国立天文台)

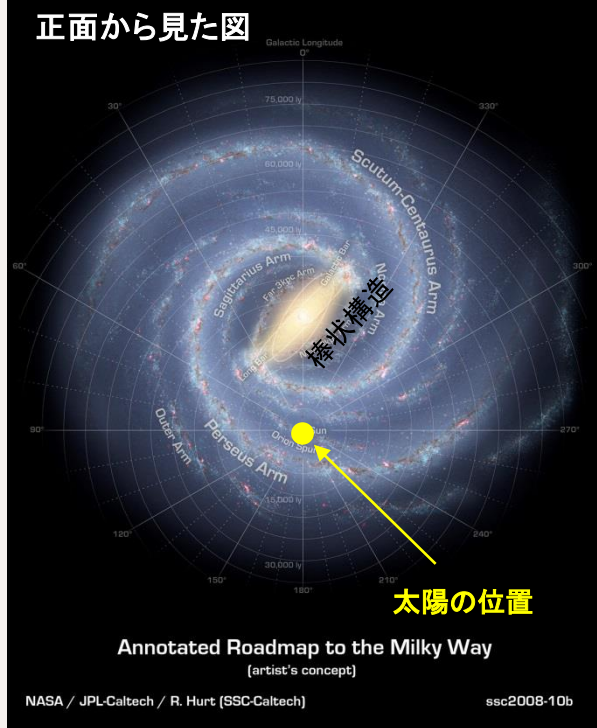
第1週の第2回はここまでです。

第1週：現在の宇宙の姿

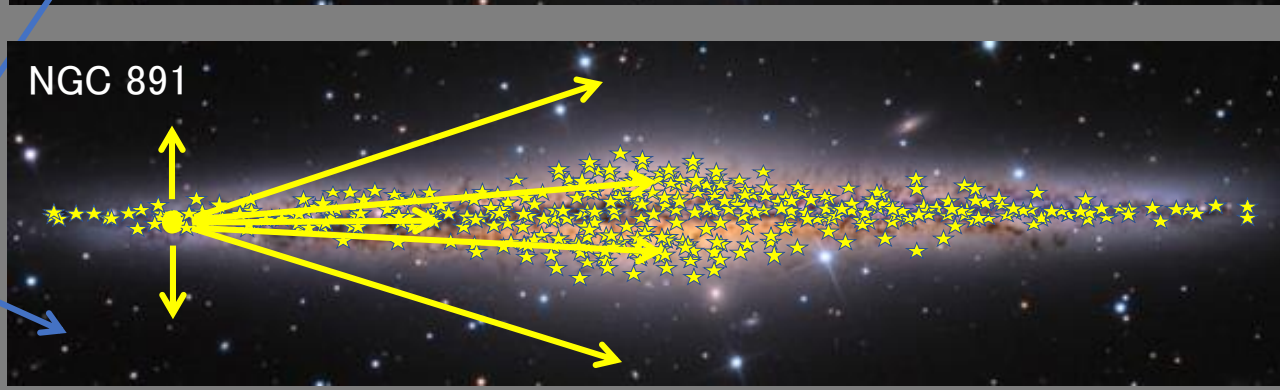
- 1.1 星はなぜ自ら輝くのか
- 1.2 太陽系から星の世界へ
- 1.3 天の川と銀河系**
- 1.4 銀河からなる宇宙
- 1.5 宇宙のスケールモデル
- 1.6 仮想宇宙旅行

1-3. 天の川と銀河系

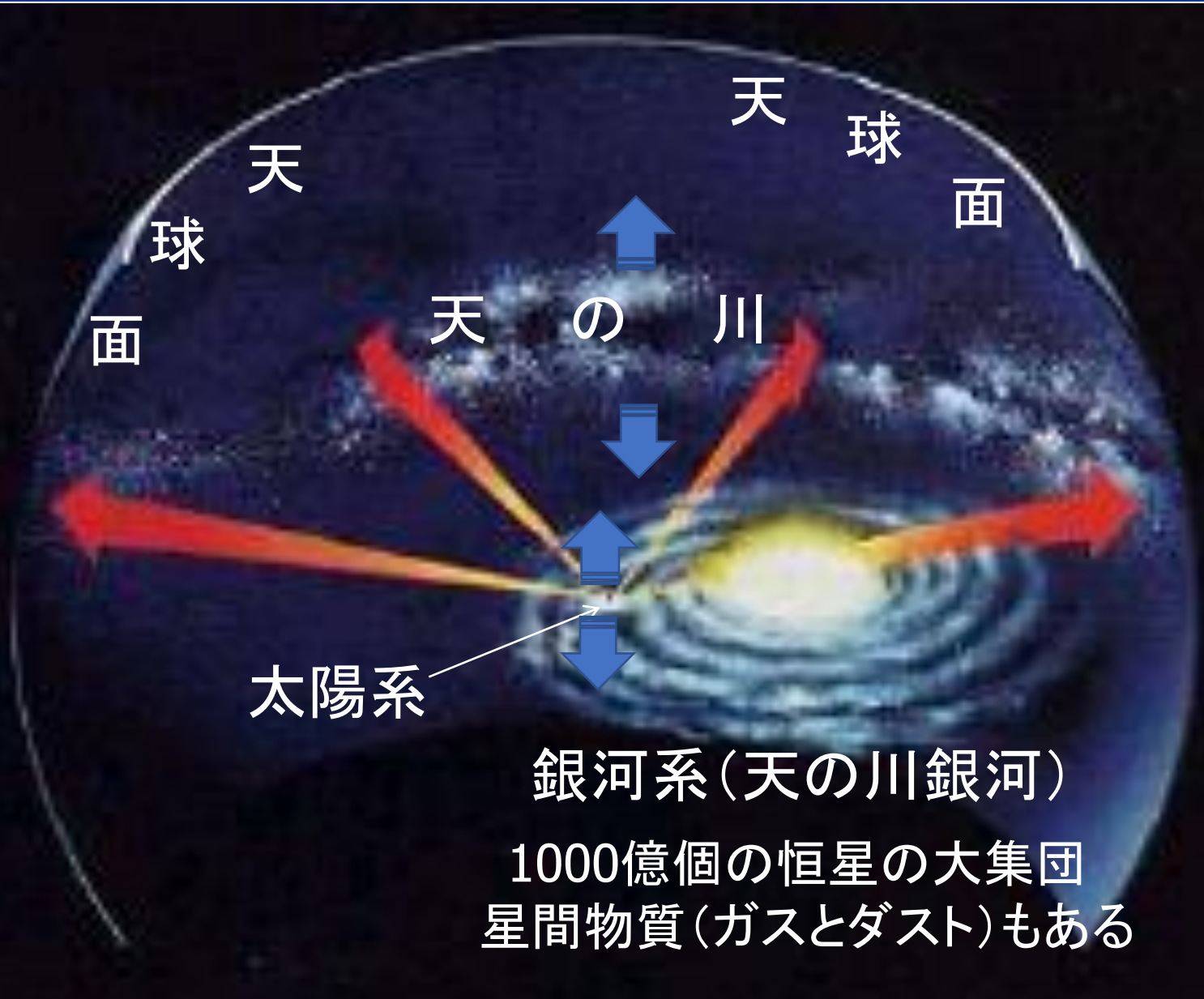
銀河系(天の川銀河)の想像図



<http://coolcosmos.ipac.caltech.edu/images/142>



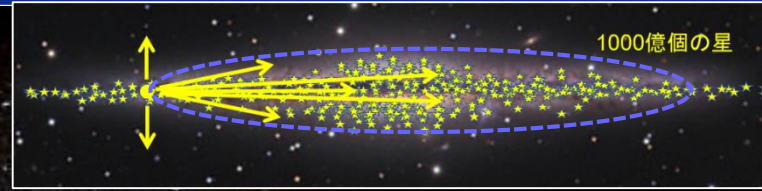
NGC 891 <https://apod.nasa.gov/apod/ap131011.html>
Image Credit & Copyright: Adam Block, Mt. Lemmon SkyCenter, U. Arizona



太陽系

銀河系(天の川銀河)

1000億個の恒星の大集団
星間物質(ガスとダスト)もある



銀河系には星と星間物質（ガスとダスト）
からなるさまざまな天体がある

星団：星の集まり（球状星団、散開星団）

星雲：輝くガスが集まったもの

暗黒星雲：ダストとガスが濃く密集したもの

すばる(プレアデス) (散開星団)



東京大学木曾観測所
105cmシュミット望遠鏡で撮影

47 Tuc (球状星団)



馬頭星雲(暗黒星雲)



東京大学木曾観測所
105cmシュミット望遠鏡で撮影

オリオン大星雲



オリオン座



バラ星雲



かに星雲(超新星残骸)

パルサー



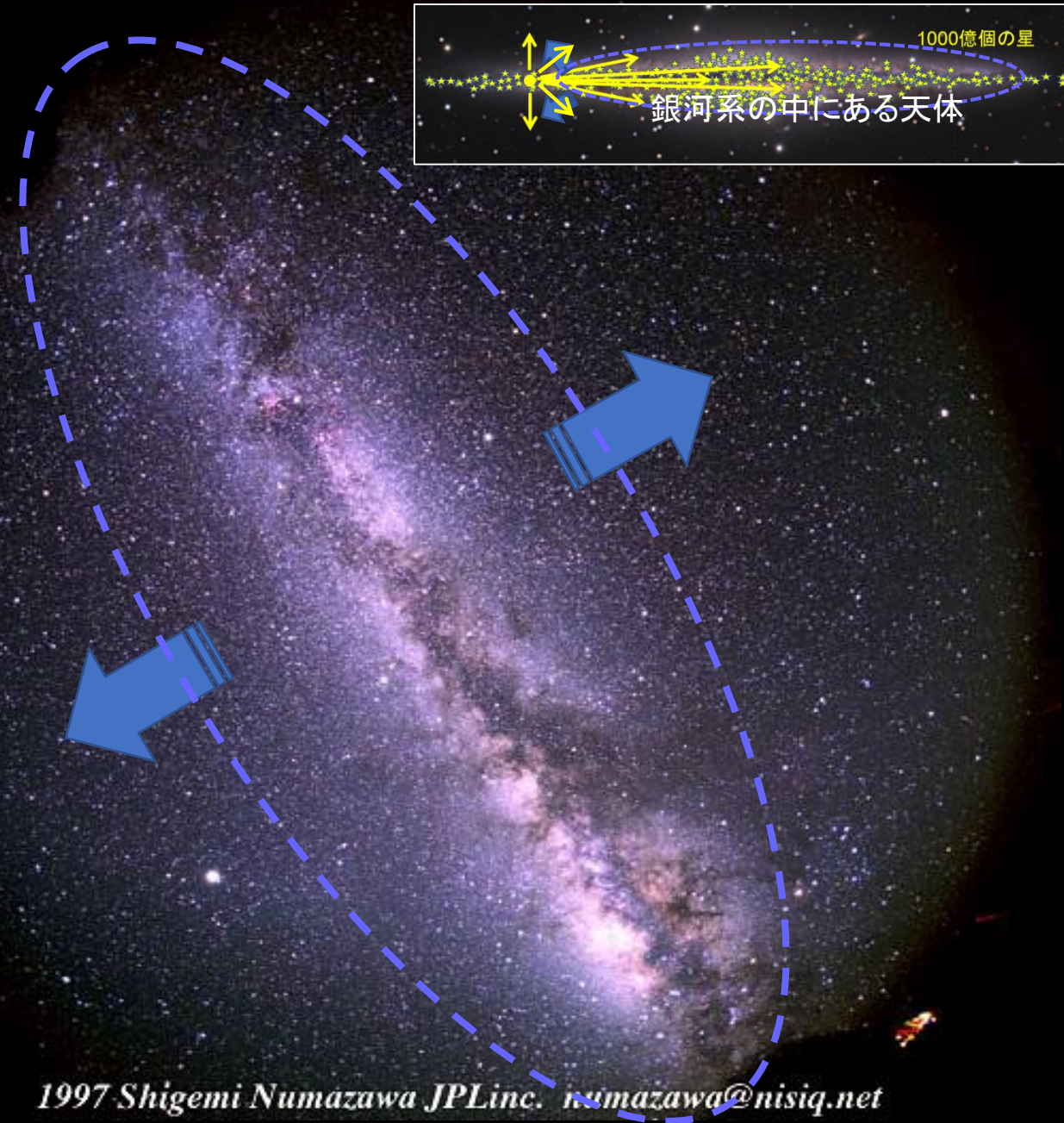
ハッブル宇宙望遠鏡で撮影

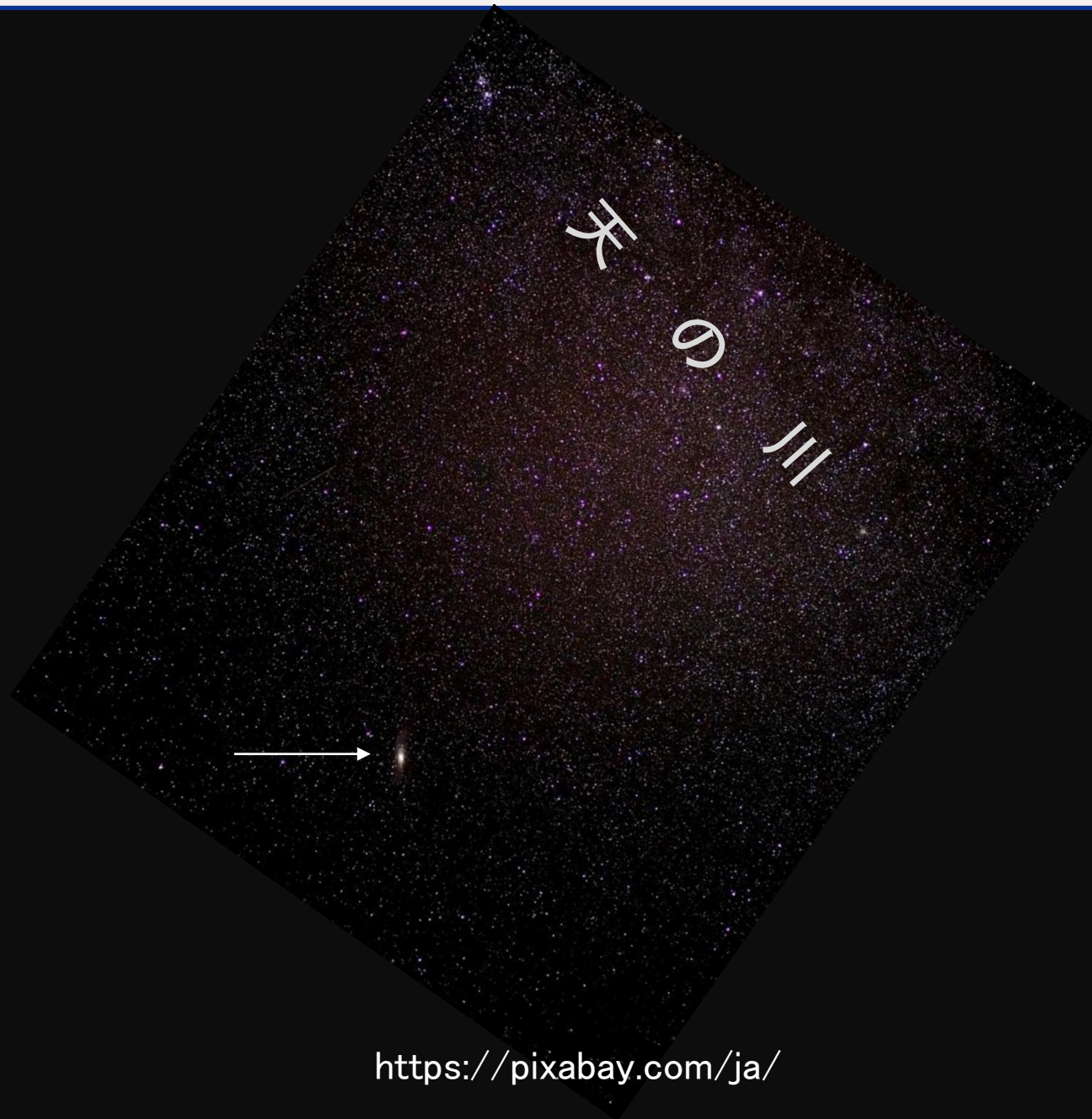
第1週の第3回はここまでです。

第1週：現在の宇宙の姿

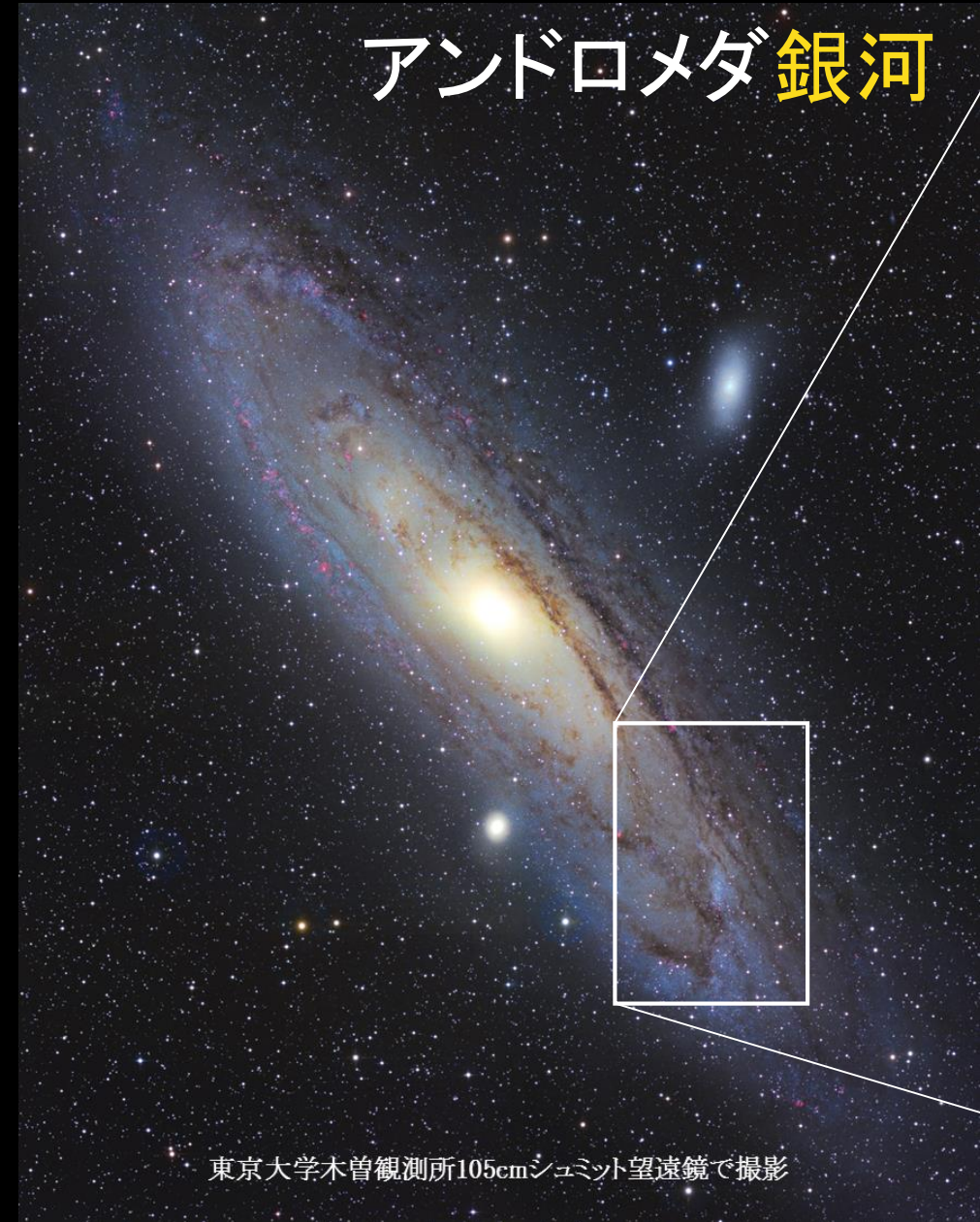
- 1.1 星はなぜ自ら輝くのか
- 1.2 太陽系から星の世界へ
- 1.3 天の川と銀河系
- 1.4 銀河からなる宇宙**
- 1.5 宇宙のスケールモデル
- 1.6 仮想宇宙旅行

1-4. 銀河からなる宇宙

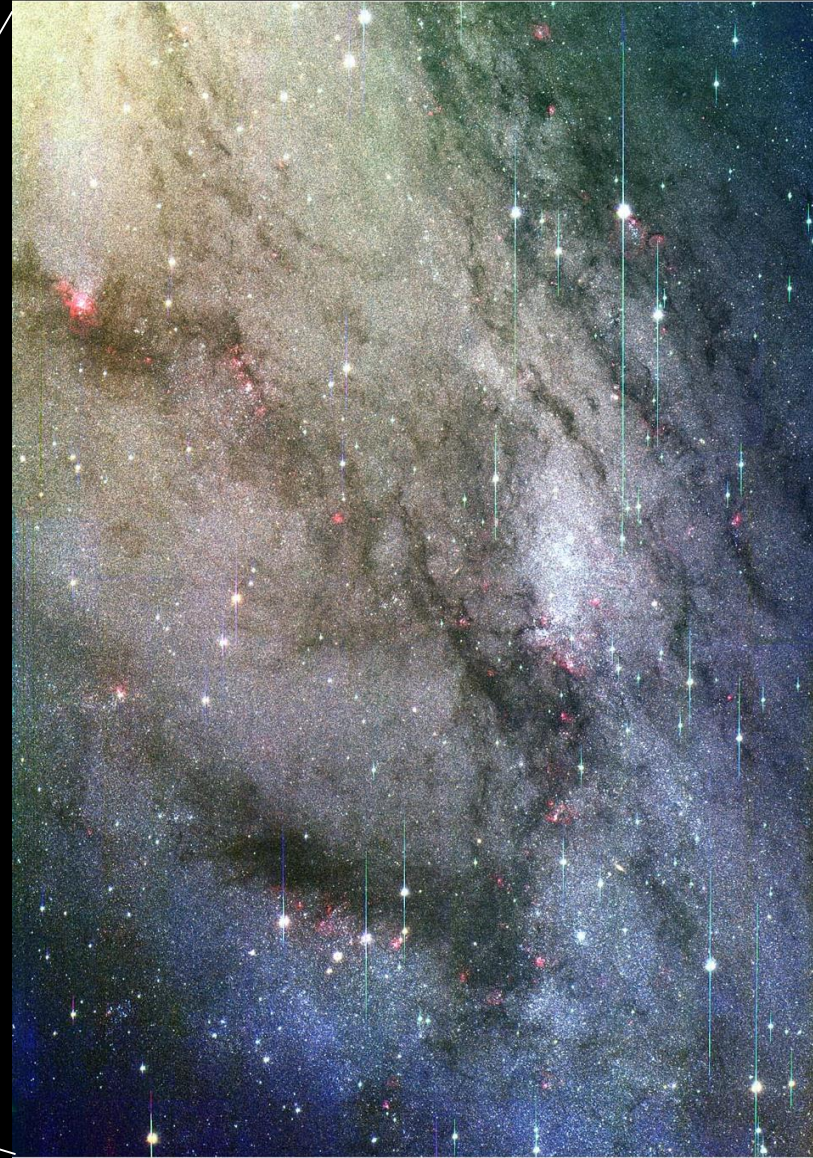




アンドロメダ銀河



東京大学木曾観測所105cmシュミット望遠鏡で撮影

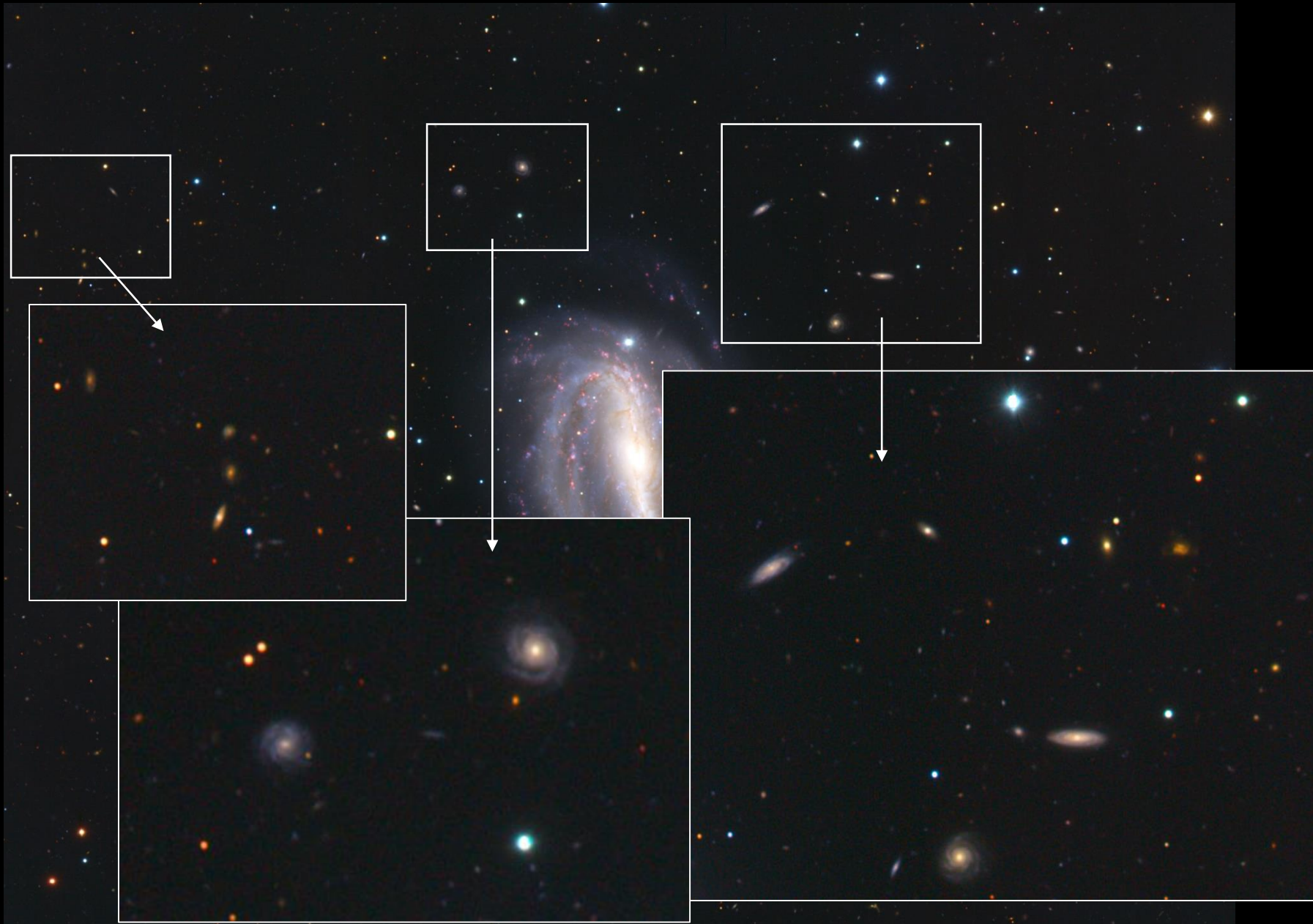


すばる望遠鏡のSuprime-Camで撮影

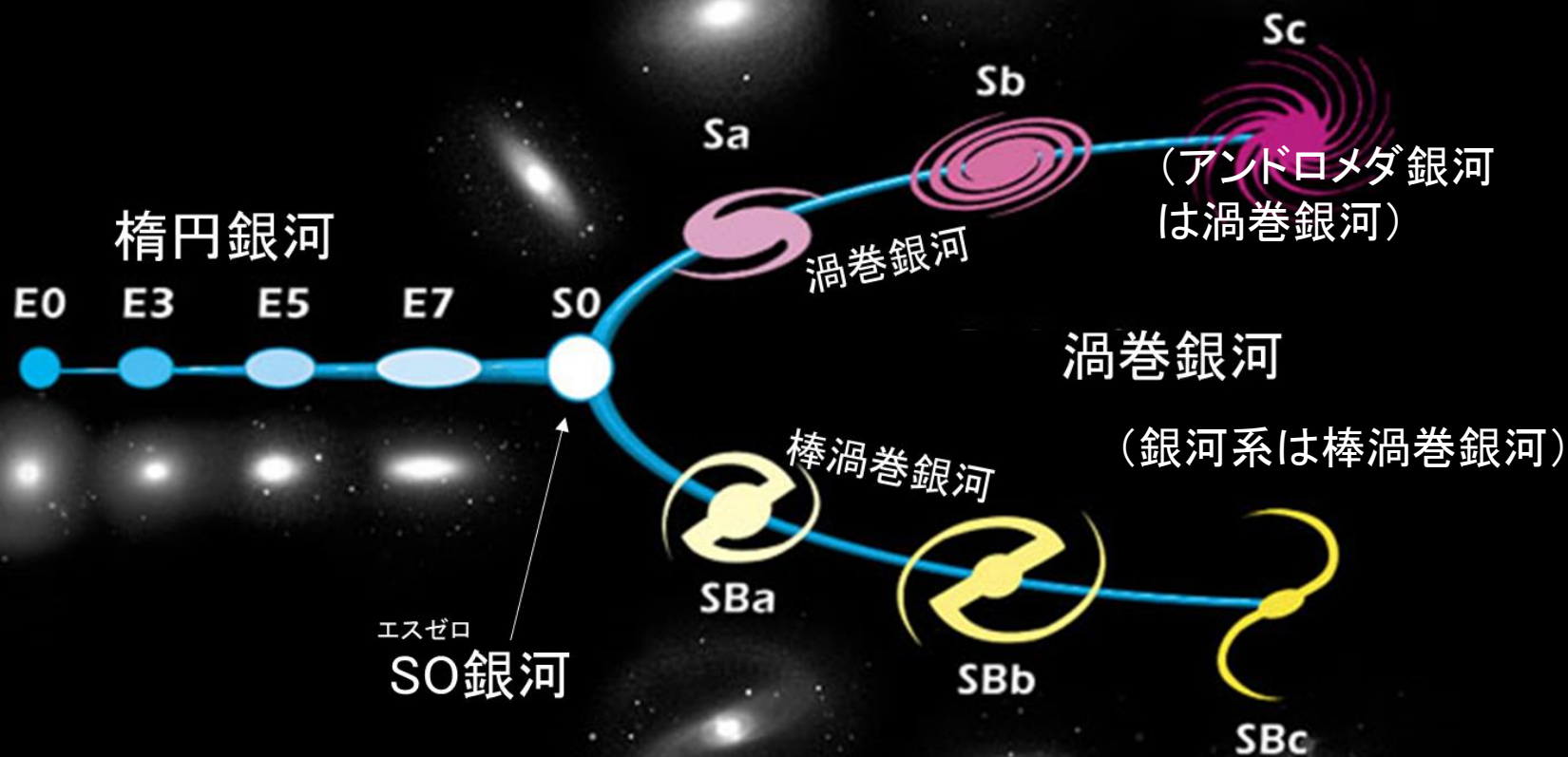
棒渦巻銀河 NGC 7479



国立天文台 すばる望遠鏡Suprime-Camで撮影



エドウィン・ハッブルによる 銀河の分類体系(音叉図)



宇宙は(星というより)銀河からできている

銀河からなる宇宙

星は銀河の中にある
(1つの銀河に約1000億個)

(宇宙にある銀河の数も約1000億個)

銀河

すばる望遠鏡



約1000億個の星とガスと塵

第1週の第4回はここまでです。

第1週：現在の宇宙の姿

- 1.1 星はなぜ自ら輝くのか
- 1.2 太陽系から星の世界へ
- 1.3 天の川と銀河系
- 1.4 銀河からなる宇宙
- 1.5 宇宙のスケールモデル**
- 1.6 仮想宇宙旅行

宇宙のスケールモデル



日本学術会議太陽系天体の名称等に関する検討小委員会製作 「新太陽系図2007」より

太陽をピンポン球（直径4 cm）
とするスケールモデル

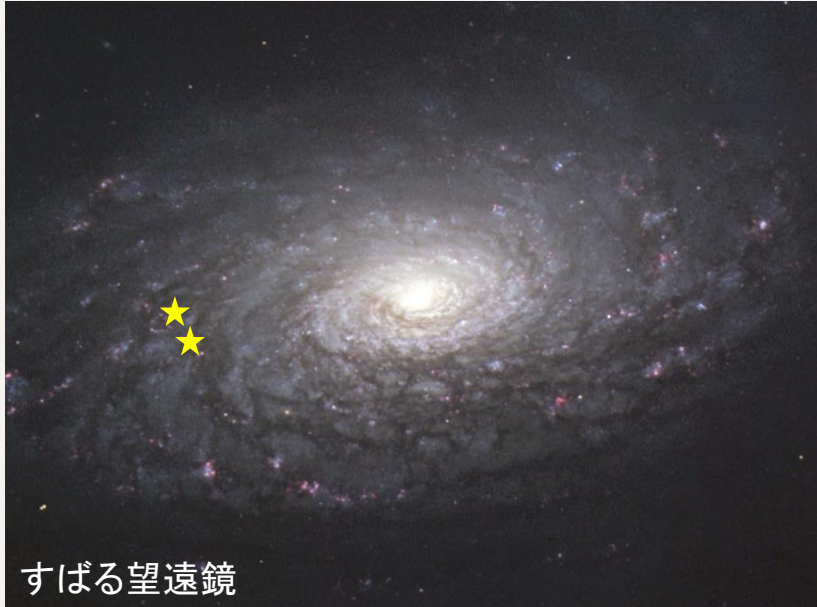
縮尺 350億分の1

地球の大きさは？ 0.4 mm（小さな砂粒）

地球の軌道半径は？ 4 m

海王星の軌道半径は？ 120 m

銀河系には約1000億個の星(恒星)がある



すばる望遠鏡

- ・ 太陽に最も近い恒星
 α Cen (ケンタウルス座 アルファ星)

距離4.3光年 (1.3 pc)

1 パーセク (pc)
= 3.26光年

- ・ 太陽をピンポン玉 (直径4 cm) とするスケールモデルでは α Cenはどこにあるか？

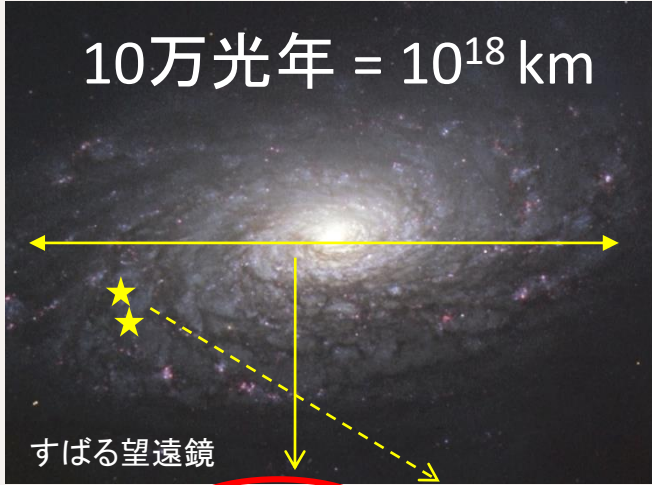
1200 km (距離) / 4 cm (直径)
= 30,000,000

星と星の間はすかすか

- A: 10 km
- B: 100 km
- C: 1000 km
- D: 10000 km

銀河系と隣の銀河

銀河系



アンドロメダ銀河



距離 230万光年
銀河系直径の**23倍**

縮尺

$$\frac{1}{1,000,000,000,000,000,000,000}$$

1 m 1200km

0.04 mm

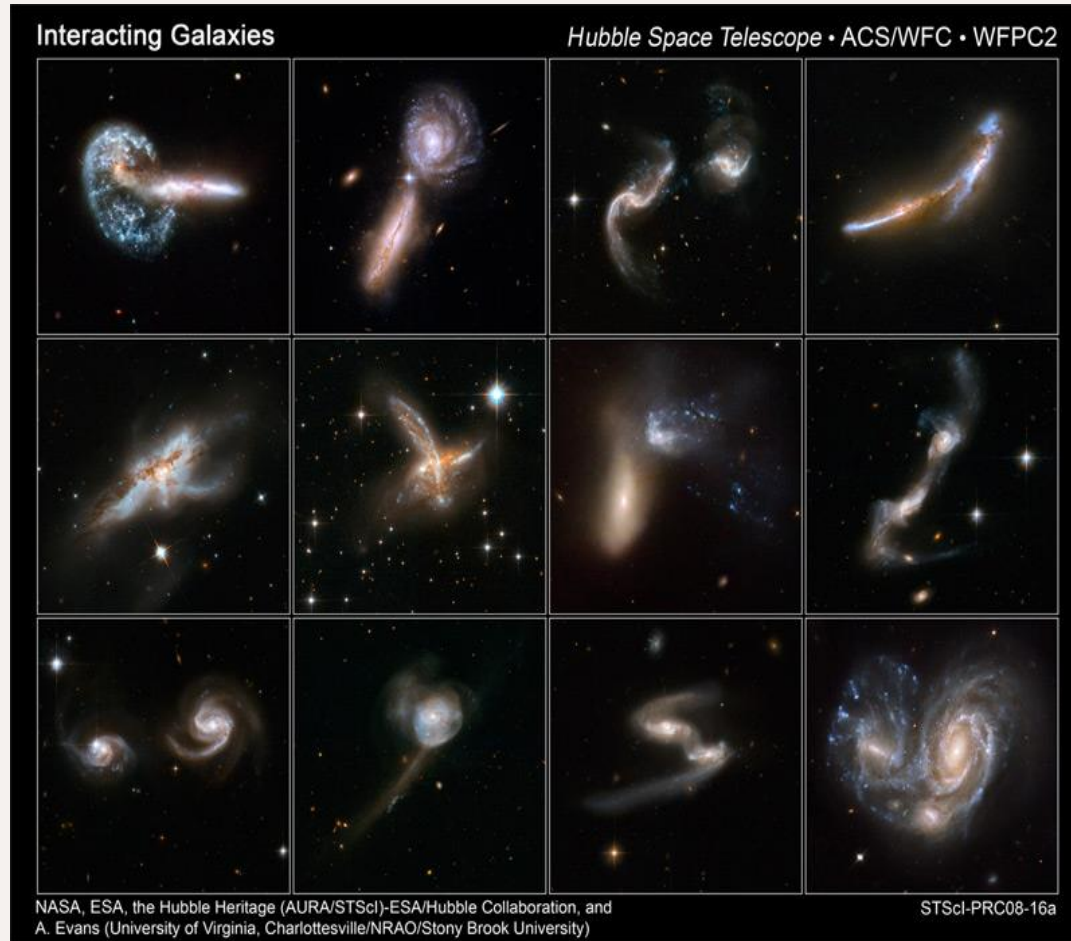
太陽 - α Cen
4.3光年 = 4×10^{13} km

・銀河の中で星と星の間はすかすか
(距離と星の直径の比は**30,000,000倍**)



・宇宙の中で銀河同士は結構混合っている
(距離と銀河の直径の比は**23倍**)

銀河の衝突は宇宙でかなり起きている

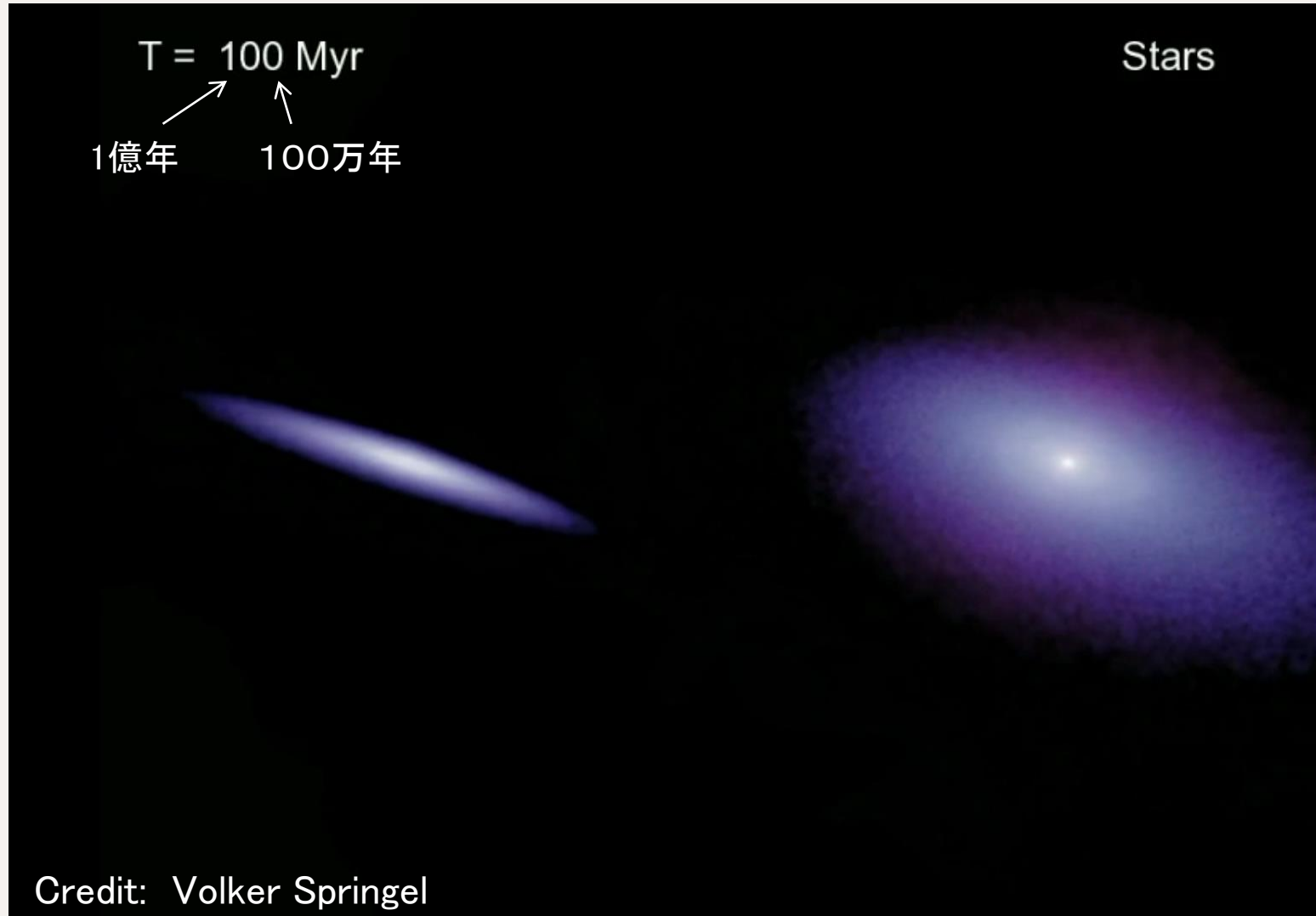


ハッブル宇宙望遠鏡による (STScI-PRC08-16a)

銀河が衝突すると星はどうなるか？

1-5. 宇宙のスケールモデル

Volker Springel (マックスプランク天体物理学研究所, ハイデルベルグ大学) によるコンピュータシミュレーション



第1週の第5回はここまでです。

第1週：現在の宇宙の姿

- 1.1 星はなぜ自ら輝くのか
- 1.2 太陽系から星の世界へ
- 1.3 天の川と銀河系
- 1.4 銀河からなる宇宙
- 1.5 宇宙のスケールモデル
- 1.6 仮想宇宙旅行

第1週のまとめ (1)

これ以降の講義の基礎となる事柄ですので
しっかりと頭に入れましょう。

- ・二種類の星
 - ・星はなぜ輝くか
 - ・太陽系の姿
 - ・星の世界は太陽系の遙か外
- ← きほんのき
- ・宇宙は銀河からなっている。
 - ・銀河の中に星や星雲や星団がある。
 - ・銀河の中の星と星の間の星間空間には
星間物質(ガスとダスト)がある。
 - ・一つの銀河にある恒星の数は1000億個の桁である。
 - ・宇宙にある銀河の数も1000億個の桁である。
- 銀河からなる宇宙

第1週のまとめ (2)

これ以降の講義の基礎となる事柄ですので
しっかりと頭に入れましょう。

- ・我々の住む(太陽系のある)銀河を銀河系(天の川銀河)と呼ぶ。
- ・天の川は遠い星の集まりで、銀河系を内部(太陽系)から見た姿である。
- ・銀河系は薄い円盤形をした棒渦巻銀河である。
- ・太陽は銀河系の中心から離れた渦巻き腕の中にある。

銀河系と天の川

- ・スケールモデルを使って宇宙の大きさ広さを実感した。
- ・宇宙の中で銀河同士は混み合っているが、銀河の中で星同士は「すかすか」である。

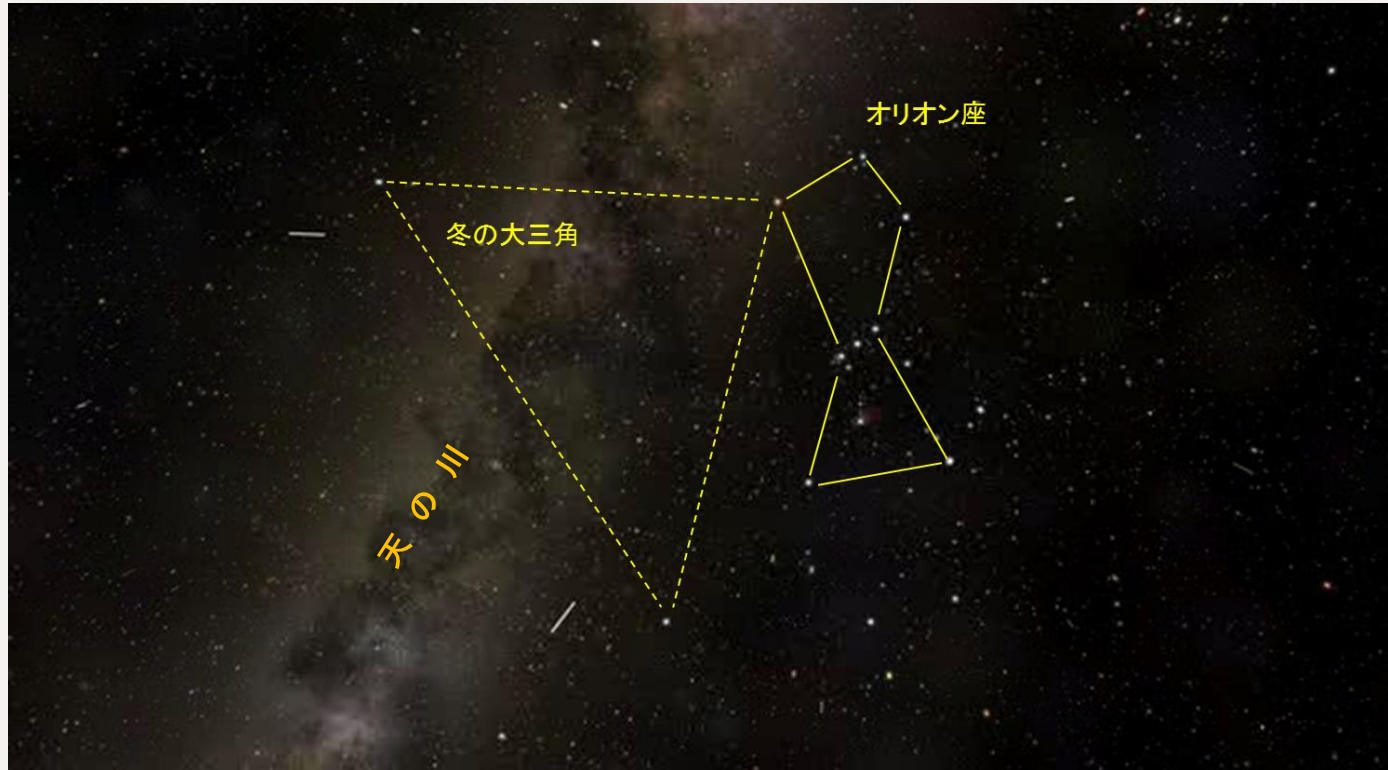
スケールモデル

- ・宇宙には銀河分布の大規模構造がある(次のムービーで説明)。

銀河からなる宇宙

仮想宇宙旅行

地球から銀河系を越えて一おとめ座銀河団(6000万光年)まで



マイケル ノーマン (Michael Norman) 教授
カリフォルニア大学サンディエゴ校

YouTubeで "Voyage to the center of the Virgo cluster" を検索する。
<http://www.youtube.com/watch?v=AXHPeX8hz8s>

これで第1週の講義は終わりです。