

専門ゼミナール

銀河の世界 その2

長島雅裕(長崎大学教育学部)

天の川 と 夏の大三角

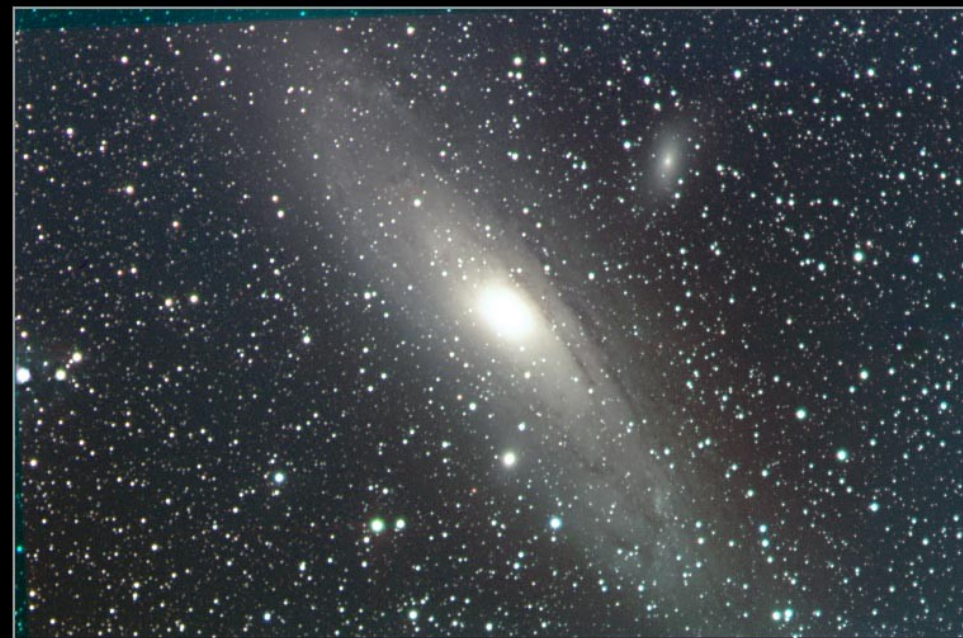
1997年 9月10日, 21時18分 (JST)



35mm判一眼レフ用魚眼レンズ (Nikon f=8mm, F2.8/絞り開放), 冷却CCDカメラ (MUTOH CV-16)
露出時間: 赤2分×3, 緑4分×4, 青2分×4, フィルタ: R-60, G-533, B-460, 3色分解撮像カラー合成画像
画像範囲: 対角64°, 観測場所: 乗鞍コロナ観測所

H. Fukushima, M. Ishiguro and J. James 国立天文台 広報普及室

M31, M32, M110 (アンドロメダ大銀河と伴銀河)



1997年 9月10日, 21時26分 (JST)

焦点距離300mm望遠レンズ (タムロン300mm F2.8LD/絞り開放), 冷却CCDカメラ (MUTOH CV-16)
露出時間: 赤2分×4, 緑4分×4, 青2分×4, フィルタ: R-60, G-533, B-460, 3色分解撮像カラー合成画像
画像範囲: 2.58×1.70°, 観測場所: 乗鞍コロナ観測所

H. Fukushima 国立天文台 広報普及室

「銀河」とは

- 銀河 (galaxies)
- 星の集団
 - およそ1千万～1兆個程度の星（連続的に分布）
 - 質量 $M \sim 10^{7-12} M_{\text{sun}}$
 - 矮小銀河～巨大銀河
- 色々なサイズ・質量
 - 0.1–10kpc（300–3万光年）
- 密度
 - およそ $10^{12} M_{\text{sun}} / (10\text{kpc})^3 \sim M_{\text{sun}} / \text{pc}^3$
 - 1pc（約3光年）立方に星一つ

まずはムービー

宇宙の大きさを実感しよう

<http://4d2u.nao.ac.jp/t/var/download/index.php?id=CosmicView>

「宇宙図」
国立天文台のサイトからたどれます。

<http://www.nao.ac.jp/study/uchuzu/index.html>

宇宙誕生

log(密度) [kg/m³]⁹⁰

自然界の「4つの力」
(のうち3つ)と
密接に関係している

例えば、光速cで回転する
物体の遠心力と重力の釣合

$$\frac{c^2}{R} \simeq \frac{GM}{R^2}$$

質量と密度の関係は

$$M \sim \rho R^3$$

これより

$$\rho \propto R^{-2}$$

「観測的宇宙論」池内了

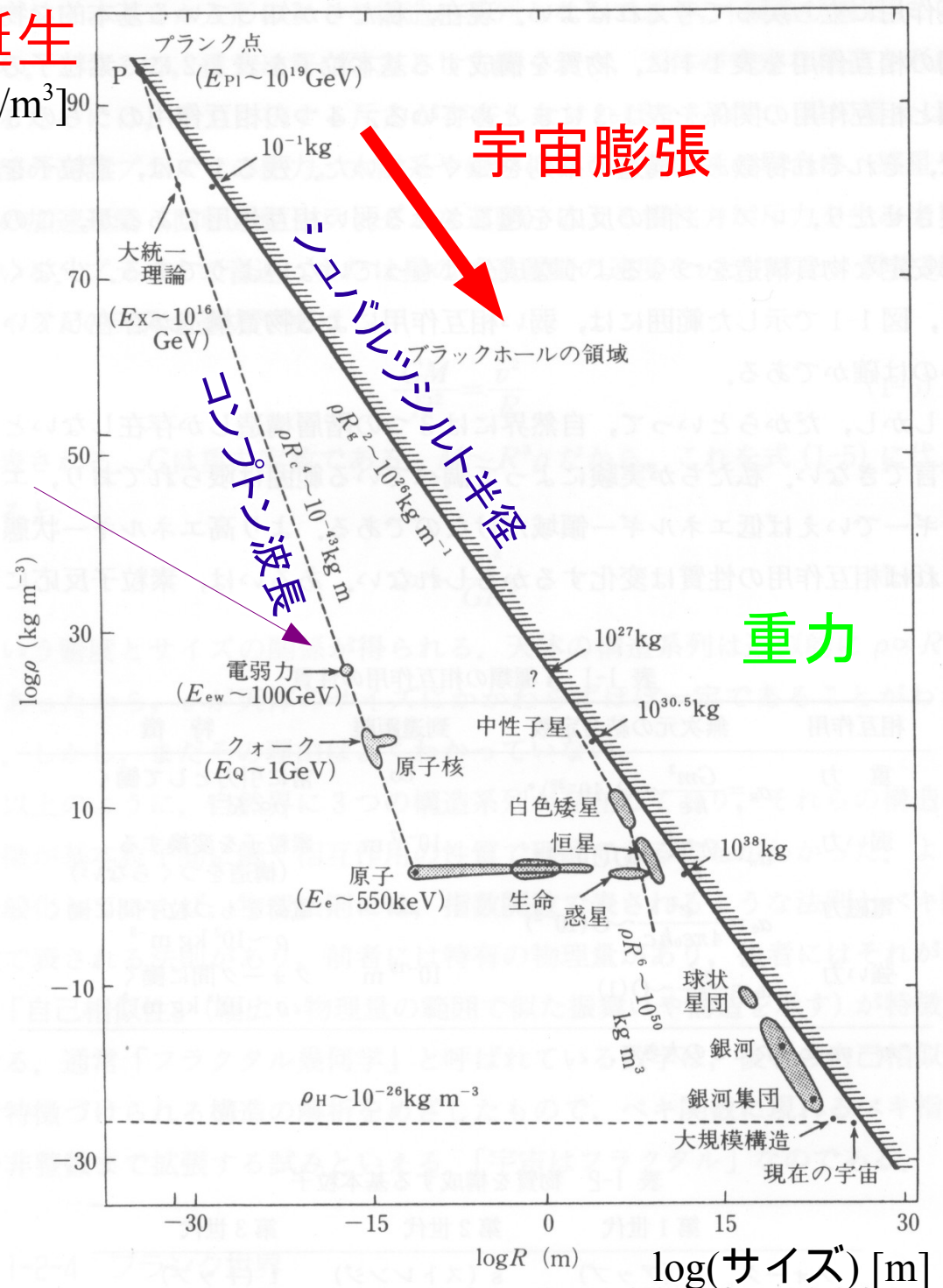
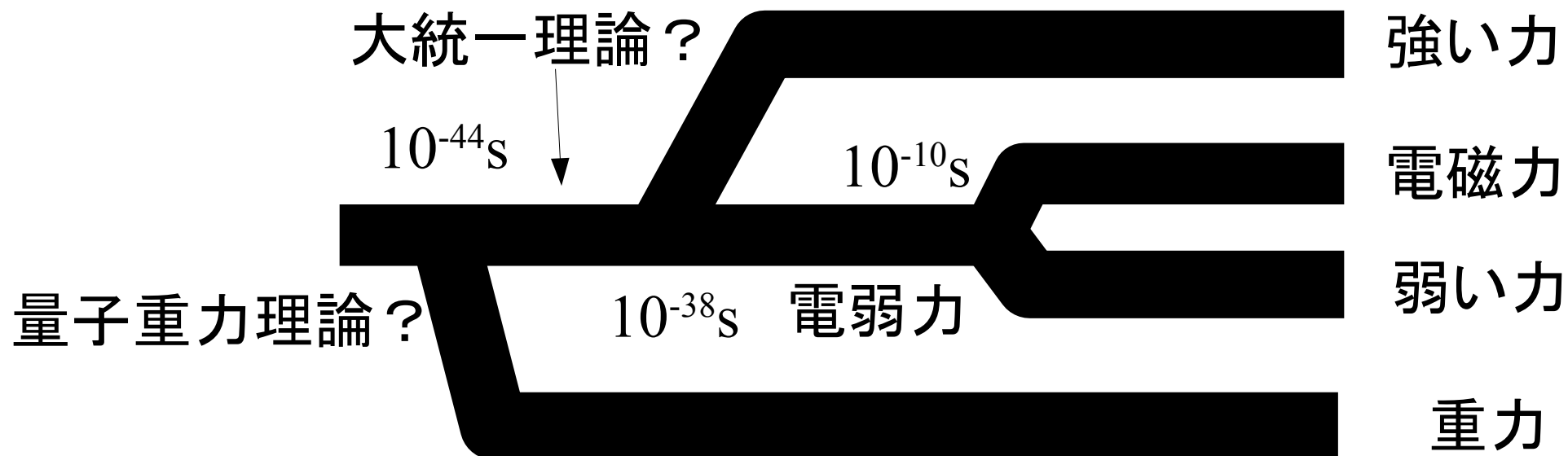


図 1-2 自然界の構造を、その密度 (ρ) と大きさ (R) でプロットしたもの

誕生直後 $\sim 10^{-10}$ 秒後

- 原子もまだ出来ていない
- 時間とともに（エネルギーが下がるとともに）力が次々と分岐し、現在のようになった
- 電弱力：グラショウ、ワインバーグ、サラムがノーベル賞



粒子が反粒子よりもほんの少し多くなった？

大統一理論
電弱力+強い力
まだ仮説の段階

電弱力=電磁気+弱い力
(素粒子の標準理論、
ノーベル賞獲得)

強い力(核力)

電磁気力
原子の積み重ね

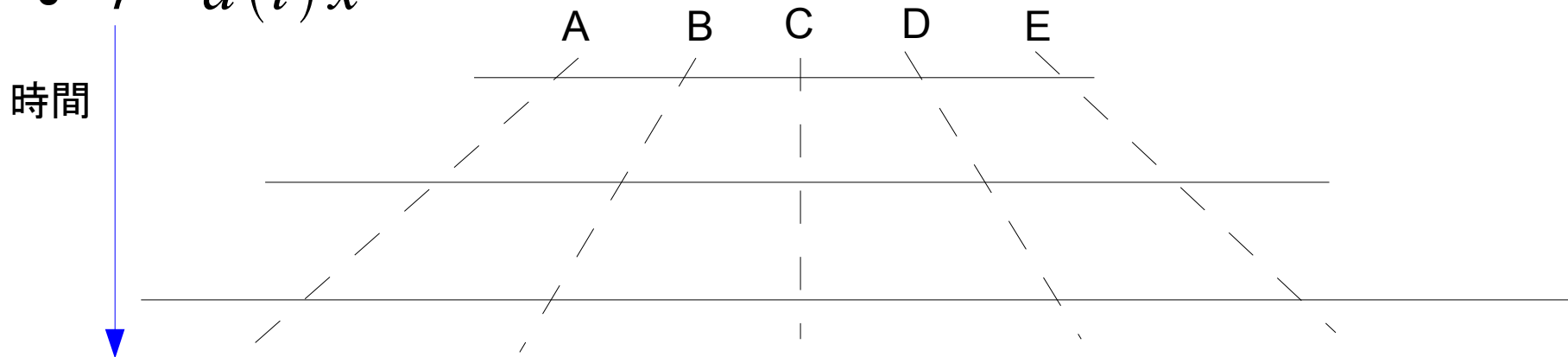


「観測的宇宙論」池内了

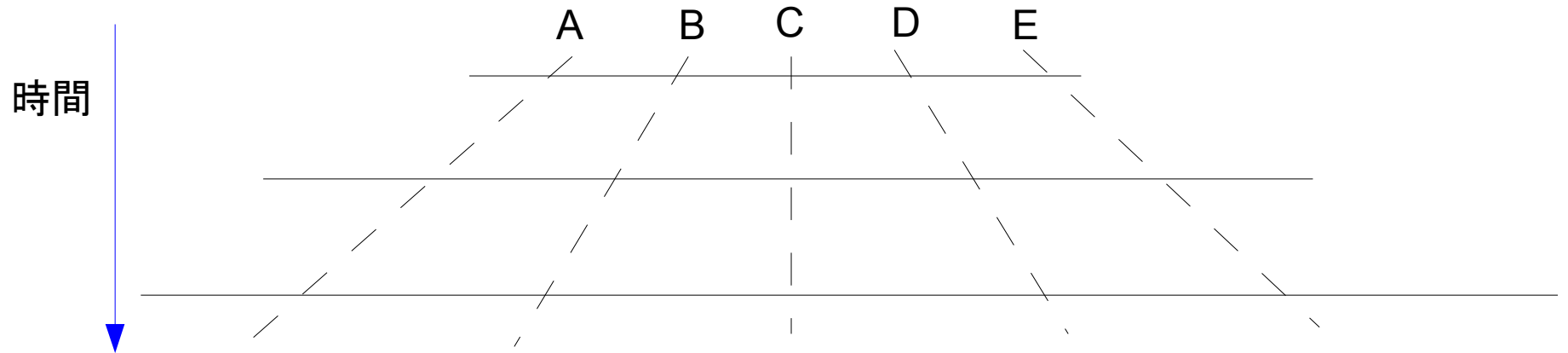
図 1-2 自然界の構造を、その密度 (ρ) と大きさ (R) でプロットしたもの

宇宙の膨張

- 本当の距離（位置） r と、宇宙膨張の影響を取り除いた距離（位置） x を考える
 - r : 物理的な座標
 - x : 共動座標（ものさしの目盛り）
- 静止した人々A～Eの物理的な間隔が、時間と共に $a(t)$ 倍になるとする
 - a : scale factor（ものさしの長さ）
- $r = a(t)x$



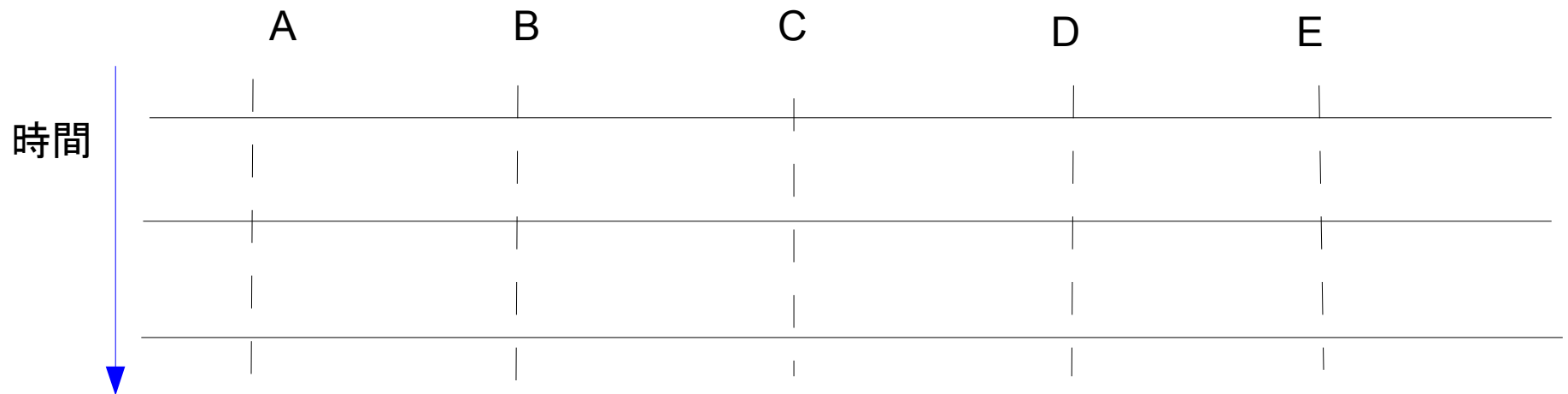
宇宙膨張の見方



$a(t)$ を除き、 x で見ると
わかりやすい

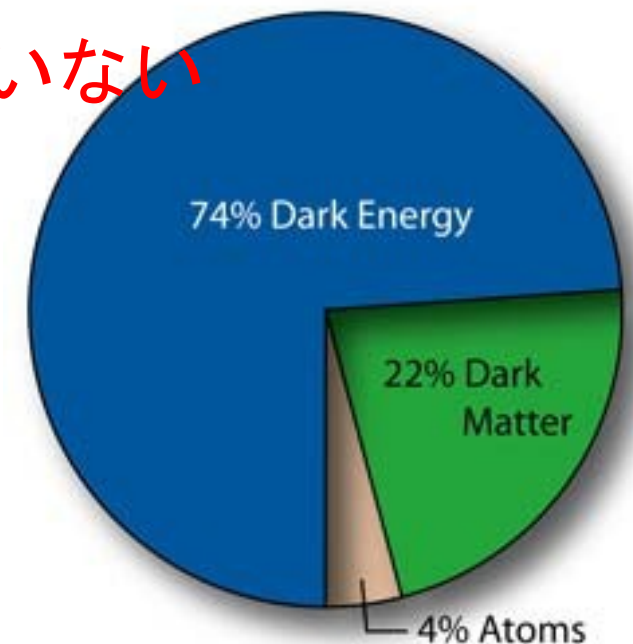


x : 共動座標



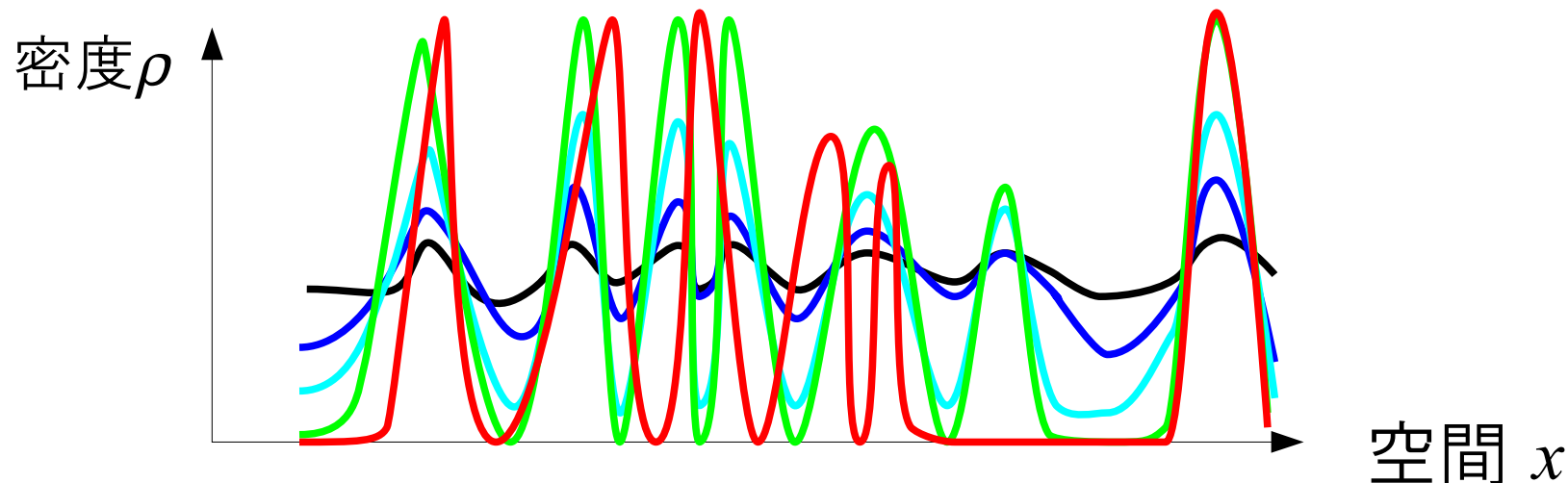
宇宙の構成要素

- 最新の観測結果によると、
 - エネルギー密度で表す。E=mc²より質量密度はエネルギー密度に等価
- ダークエネルギー（宇宙定数） 74%
 - 真空のエネルギー？よく(全然)わかっていない
- ダークマター 22%
 - 未知の素粒子？よくわかっていない
 - 振る舞いは通常の物質と同じ
- バリオン 4%
 - 陽子や中性子などの既知の物質
- 光子など（ほんの少し）



構造の「種」

- 宇宙誕生時（？）に仕込まれた、ごくごく微小な密度の揺らぎ（むらむら）があった
 - おそらく、量子力学の不確定性原理に基づく
- 濃いところは、周囲よりもほんのわずか、周囲を引き付ける重力（万有引力）が強い
- ほんのわずかでも、長い時間かけて、少しずつ成長していく→重力成長



by

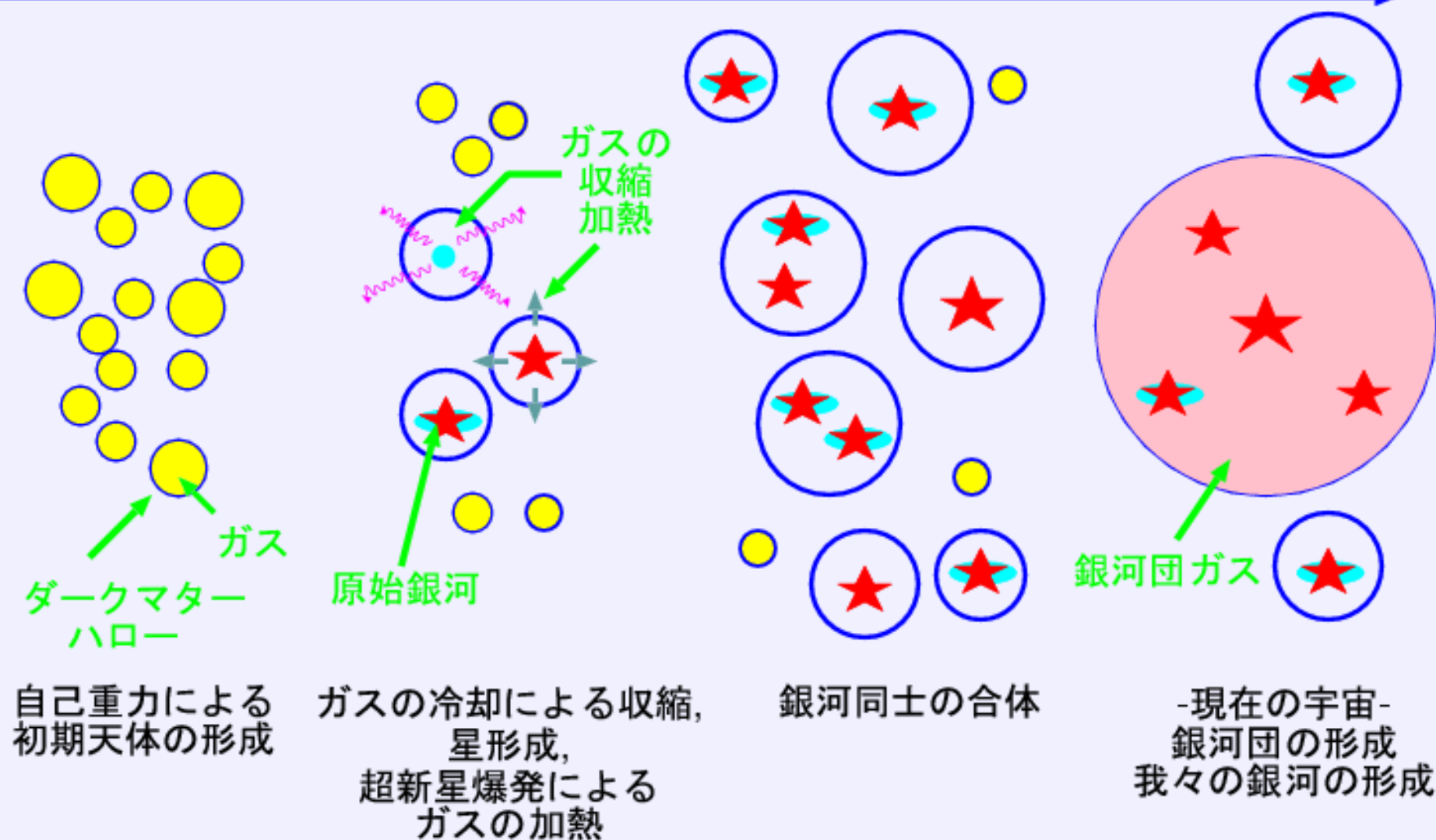
銀河はどこでどのようにできるか

- 密度揺らぎの成長→重力
 - ダークマター天体（ダークハロー）ができる
 - バリオンはダークマターの重力に従う
- バリオンは輻射を出す
 - エネルギーが抜ける
 - ダークハローの中心部に沈殿していく
 - 高密度になり、やがて星ができる
- ダークマターの密集したところで銀河が形成される（と考えられる）

階層的構造形成説に基づく銀河形成シナリオ

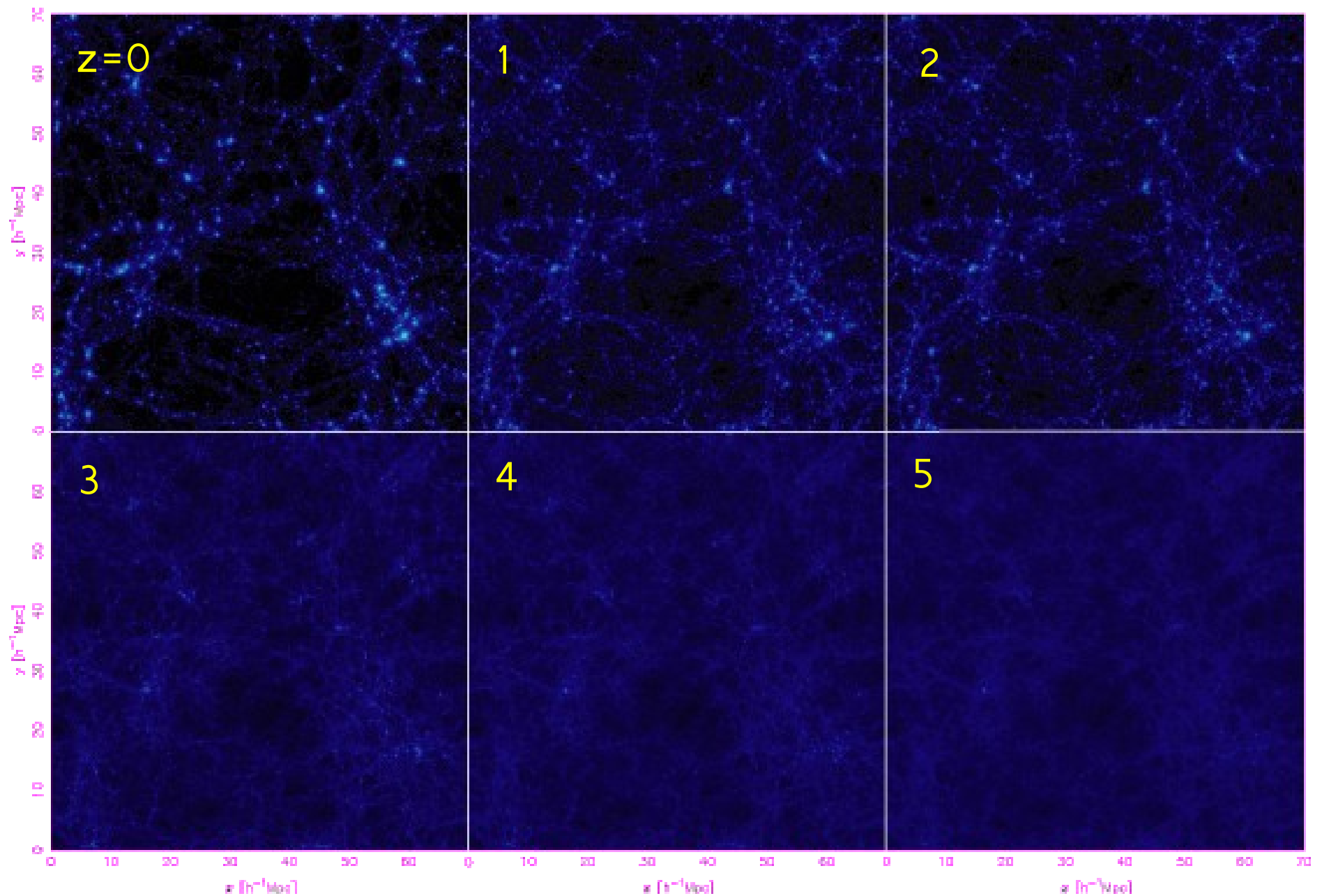
宇宙初期

現在



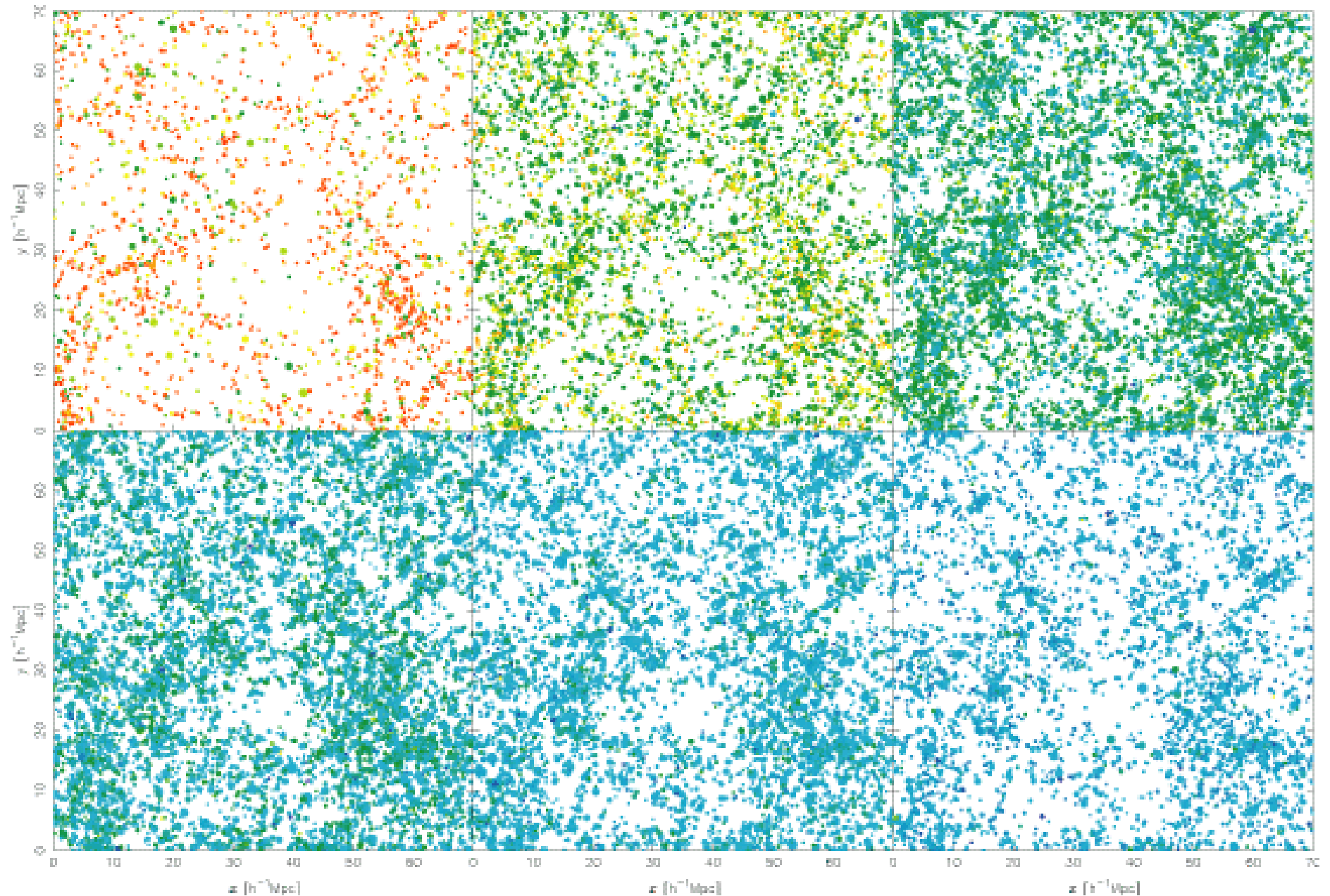
空間分布(dark matter)

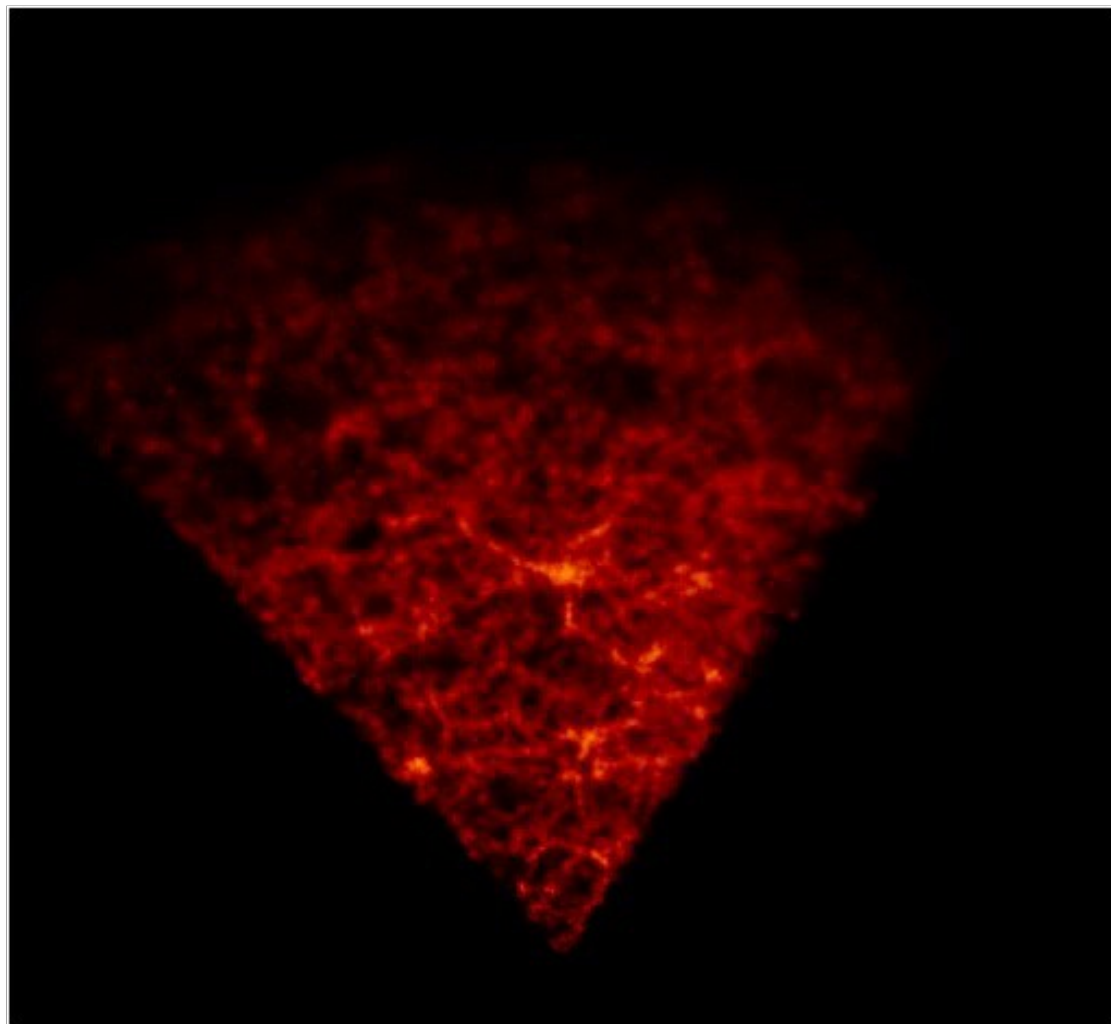
宇宙の大きさ: $1/(1+z)$



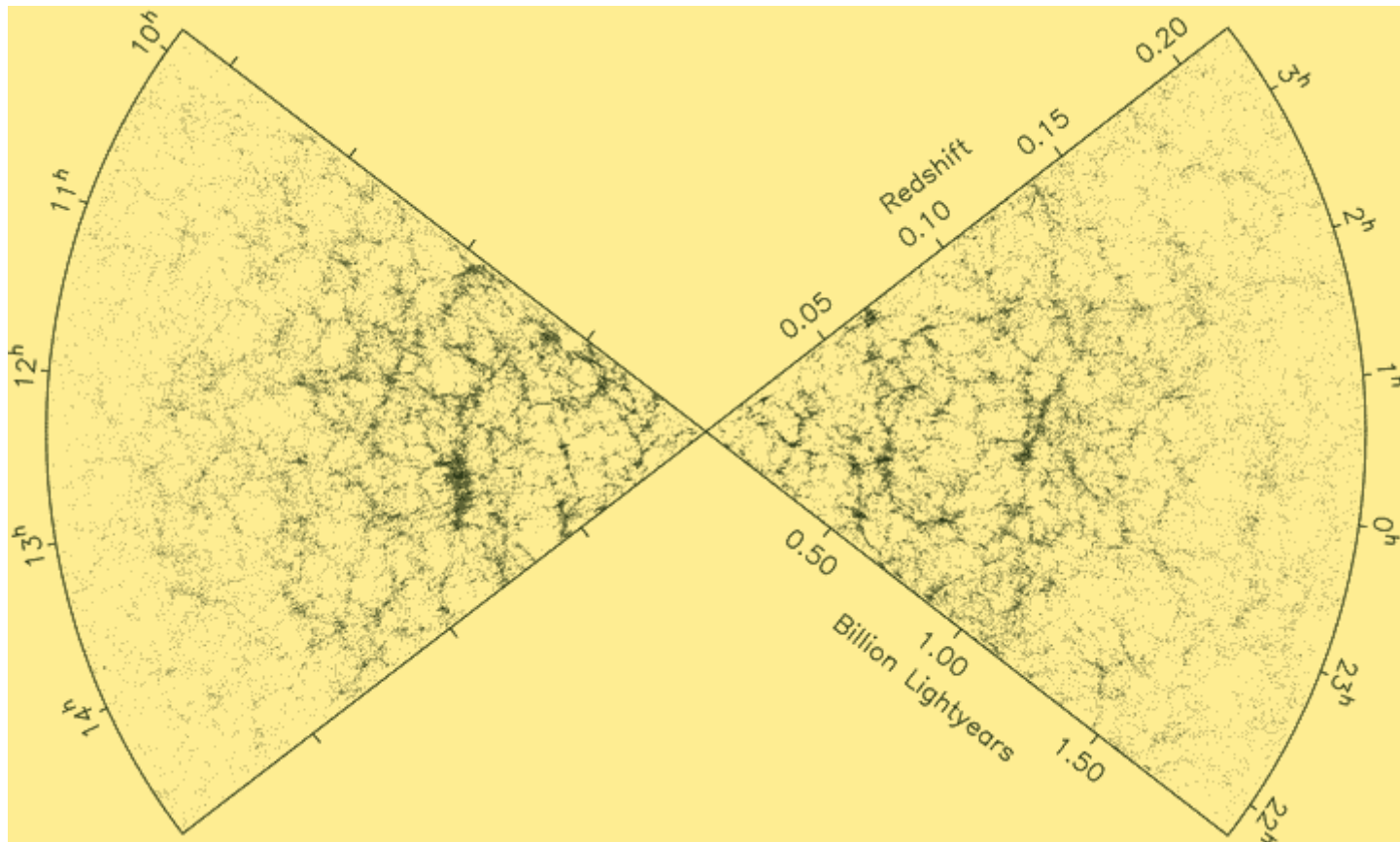
空間分布(galaxies)

宇宙の大きさ: $1/(1+z)$





実際の観測データ(2dF survey)



実際の観測データ(2dF survey)

そして、惑星、生命の誕生へ

- 銀河の形成により、星が形成され、重元素が蓄積されていく→超新星爆発による合成
- 重元素が多いと、惑星ができやすくなる
 - 惑星は重元素のかたまり（炭素や酸素など）
- 惑星ができ、重元素が増えると、生命も誕生しやすくなると考えられる
 - 惑星が暑すぎず冷たすぎず、の場合
- 銀河の形成・進化を理解することは、宇宙から生命まで多くの学問分野の理解に重要
- 理論・観測両面で研究が日々続けられている

核図表(理研のウェブページより)

- 現在までに発見・合成されている原子核

