

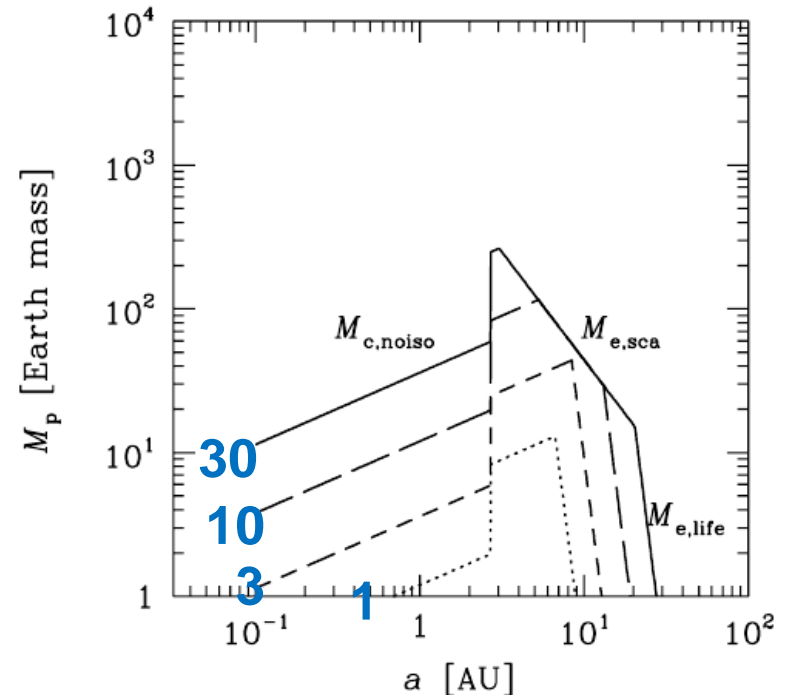
地球惑星科学II

第13回

2020年12月24日

前回のミニレポート

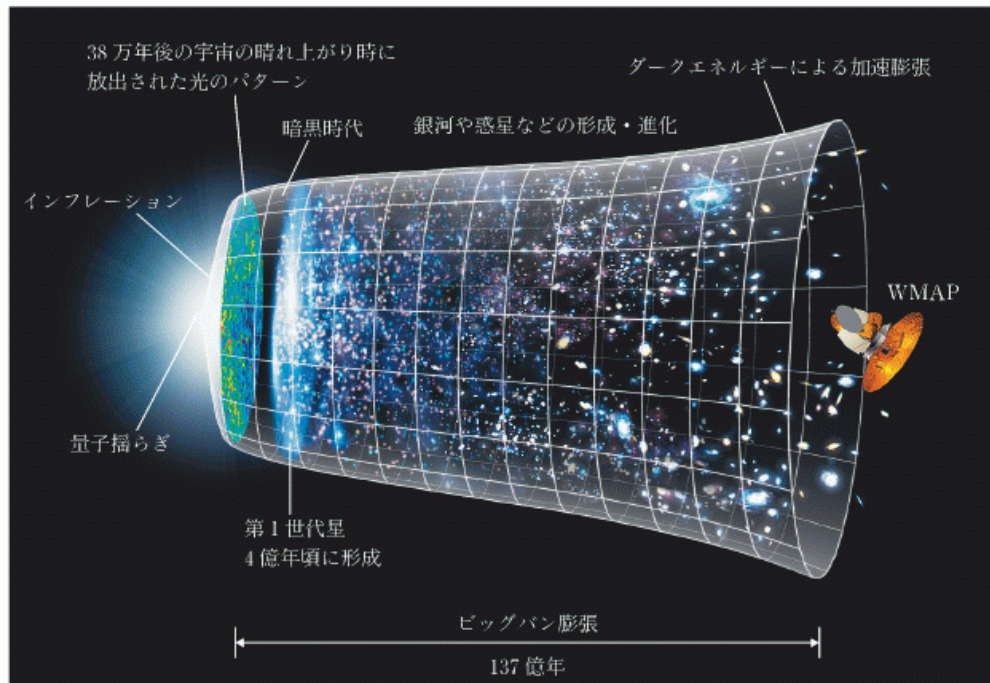
- 星間分子雲の状態が変わると、形成される惑星系はどのように変化すると考えられるか？
- 解答例
 - 密度が大きい場合、2つの恒星が誕生する可能性がある
 - 星間分子雲の質量が大きくなれば、より大きな惑星が誕生したり惑星の数が増える
 - 氷表面上は分子が吸着されやすく、。。。有機物の生成が期待でき。。。。
 - 金が多ければ金でできた核を持つ惑星ができるかも



Ida and Lin (2004)

今日のテーマ

- 宇宙においてどのように距離を測るか？
- 宇宙はどのように進化してきたか？



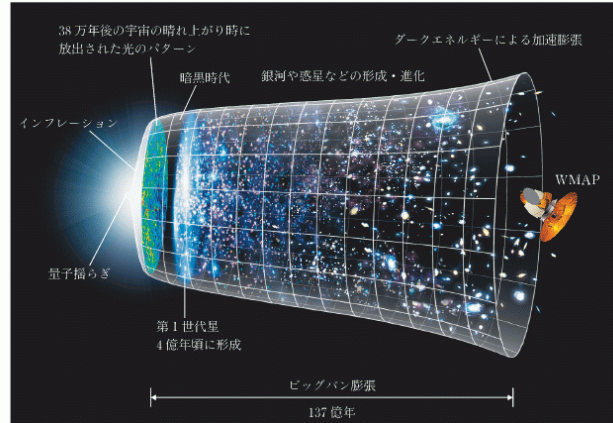
地球惑星科学入門第2版口絵3

- 参照：地球惑星科学入門第2版30章、31章

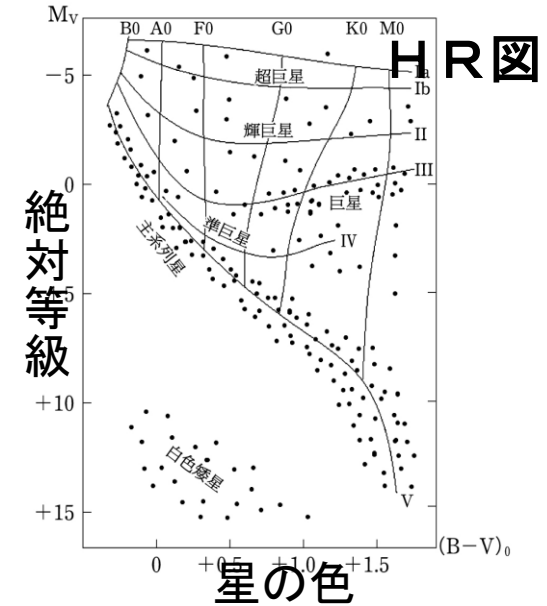
宇宙の距離梯子

- 天体までの距離決定が非常に重要

宇宙の進化



地球惑星科学入門第2版口絵3

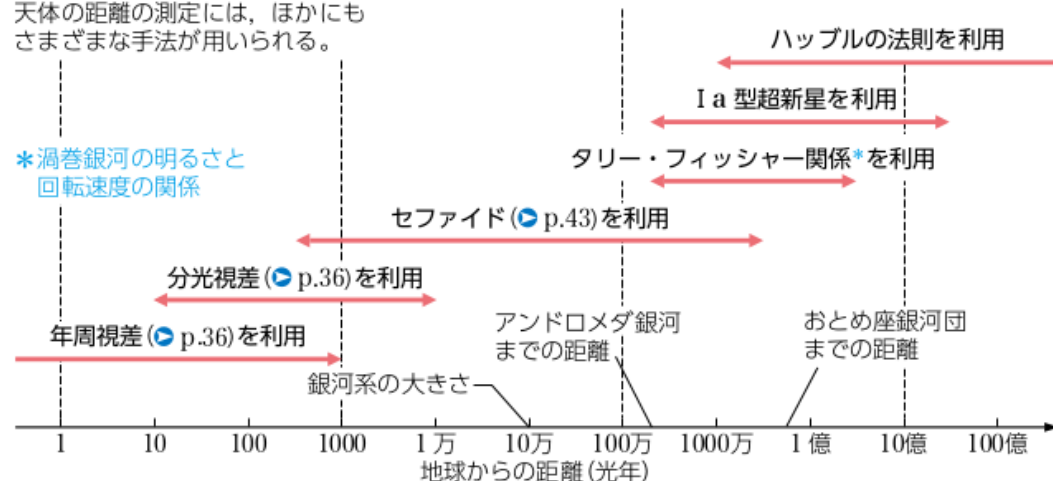


地球惑星科学入門第2版P.368

- 複数の方法を「つなぎあわせて」遠方天体の距離を決定

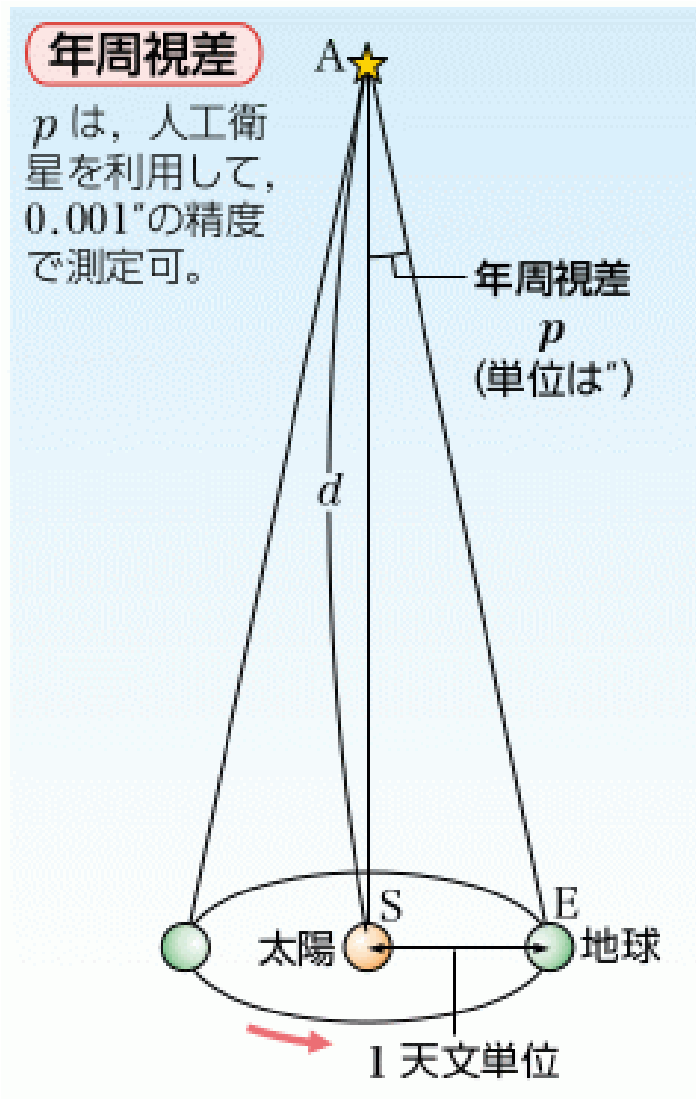
天体の距離の測定には、ほかにもさまざまな手法が用いられる。

*渦巻銀河の明るさと回転速度の関係



地学図表P.11

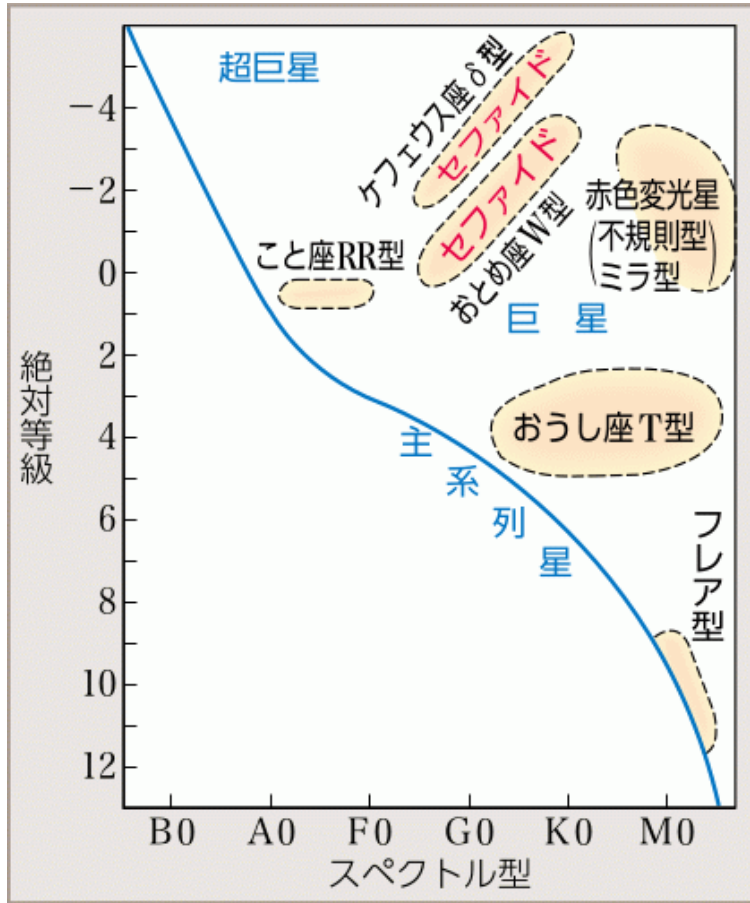
年周視差



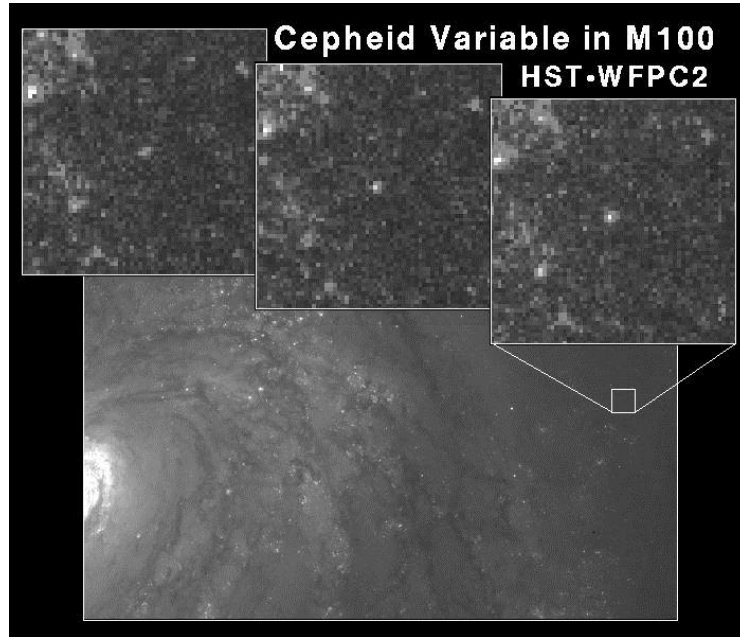
3000光年程度までの
距離を測定

地学図表P.38

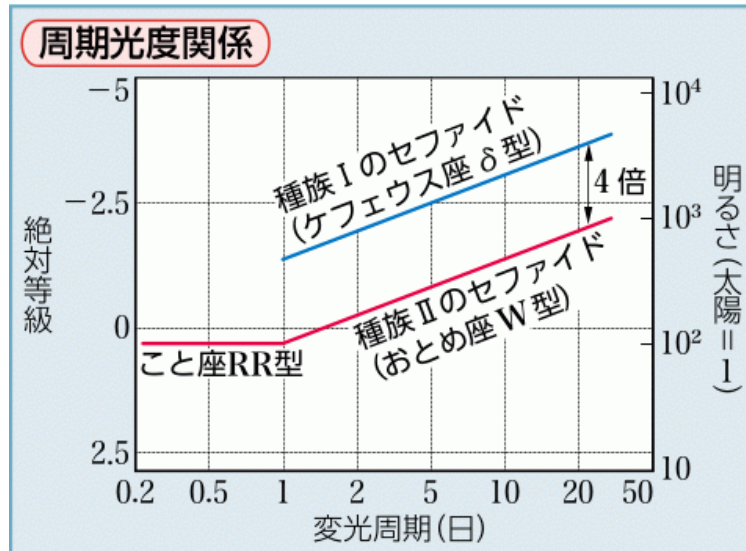
セファイド



地学図表P.45



M100中の
セファイド
ビバマンボ・
小野(2009)
ハッブル
望遠鏡で見る
宇宙の驚異
(講談社
ブルー
ボックス)



400～6500光年程度の
距離を測定

Ia型超新星

- 非常に明るい
- 最大光度および光度変化はみな同じ
- 6000万～数10億光年の距離を測定



SNR 0509-67.5

<http://chandra.harvard.edu/photo/2010/snr0509/>

Chandra 衛星によるX線
データとハッブル宇宙望
遠鏡の可視光データの合成
・緑色はX線に照らされた
物質をあらわす
・ピンク色はガスをあらわす

銀河

- 銀河: 数百億～数千億個の恒星や星間物質が重力的にまとまったもの

地学図表P.15



- 銀河群と銀河団

銀河群

銀河数:
50個
程度



銀河団

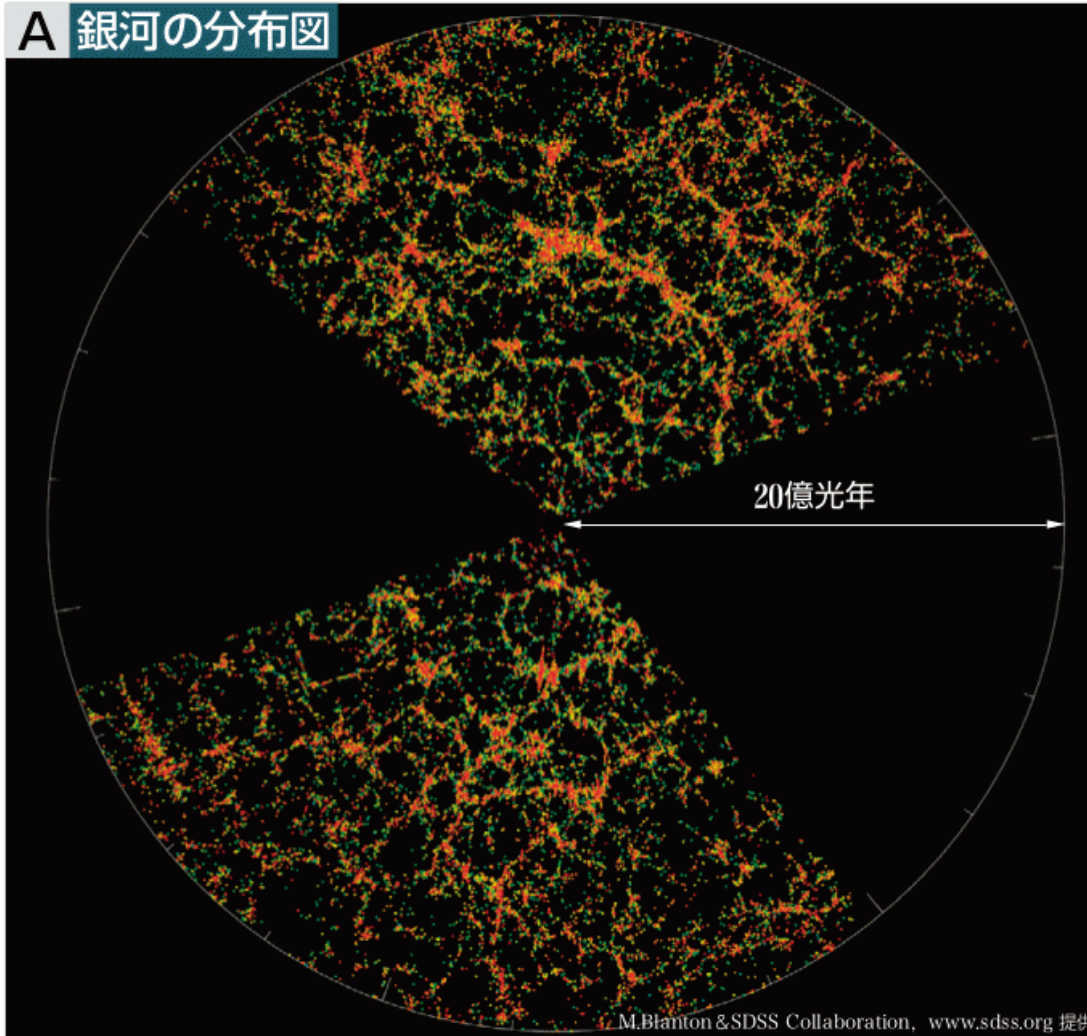
銀河数:
50～100
個程度



地学図表P.12

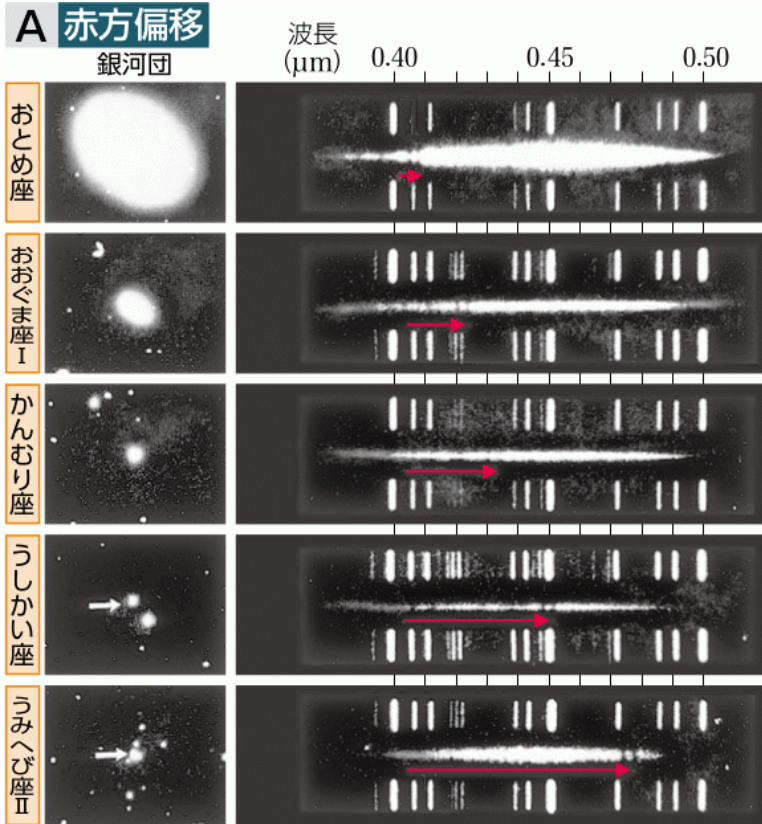
宇宙の大規模構造

A 銀河の分布図

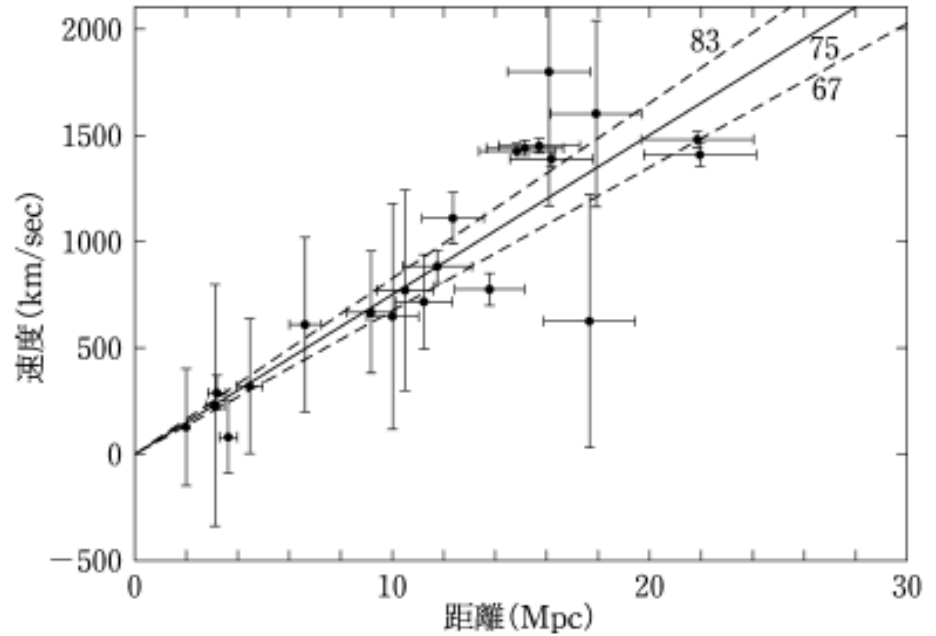


- グレートウォール
- ボイド

銀河の後退速度とハッブルの法則



地学図表P.10



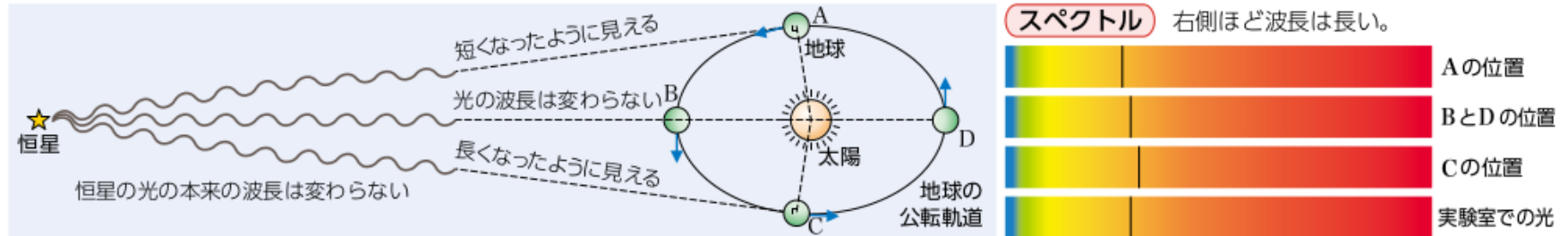
地球惑星科学入門第2版P.355



<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/6/64/Hubble.jpg>

移動速度を測る方法

• ドップラー効果を利用する



地球の公転によるドップラー効果は、1890年頃その測定に成功した。上図のように、恒星に近づくように公転するとき、恒星の光の波長は短くなり、遠ざかるように公転するとき、波長は長くなる。これも地球公転の証拠となる。最大変化量から、地球の公転速度は29.8 km/s と求められた。

BとDの位置にある地球は、恒星に近づきも離れもしないので、恒星本来の波長の光(色)が観測できる。D～B間は相対的に恒星に近づくため、波長は本来のものより短く観測され、Aで最短になる。B～D間では相対的に離れるため、波長は長い方にずれる。

地学図表P.53

• ドップラー効果は様々な場面で使われている

心臓エコー



今日の計算問題

- 宇宙の果てが遠ざかる速度を求めよう
 - 現在の観測限界距離は137億光年先。
この領域が遠ざかる速度を計算してみよう
 - ハッブルの法則
(v の単位として[km/sec], r の単位として[光年]
を使う場合)

$$v = Hr,$$

$$H = 2.4 \times 10^{-5} \text{ km / sec / (光年)}$$

計算問題：計算例

- 137億光年先の後退速度

– ハッブルの法則

$$v = Hr,$$

$$H = 2.4 \times 10^{-5} \text{ km / sec / (光年)}$$

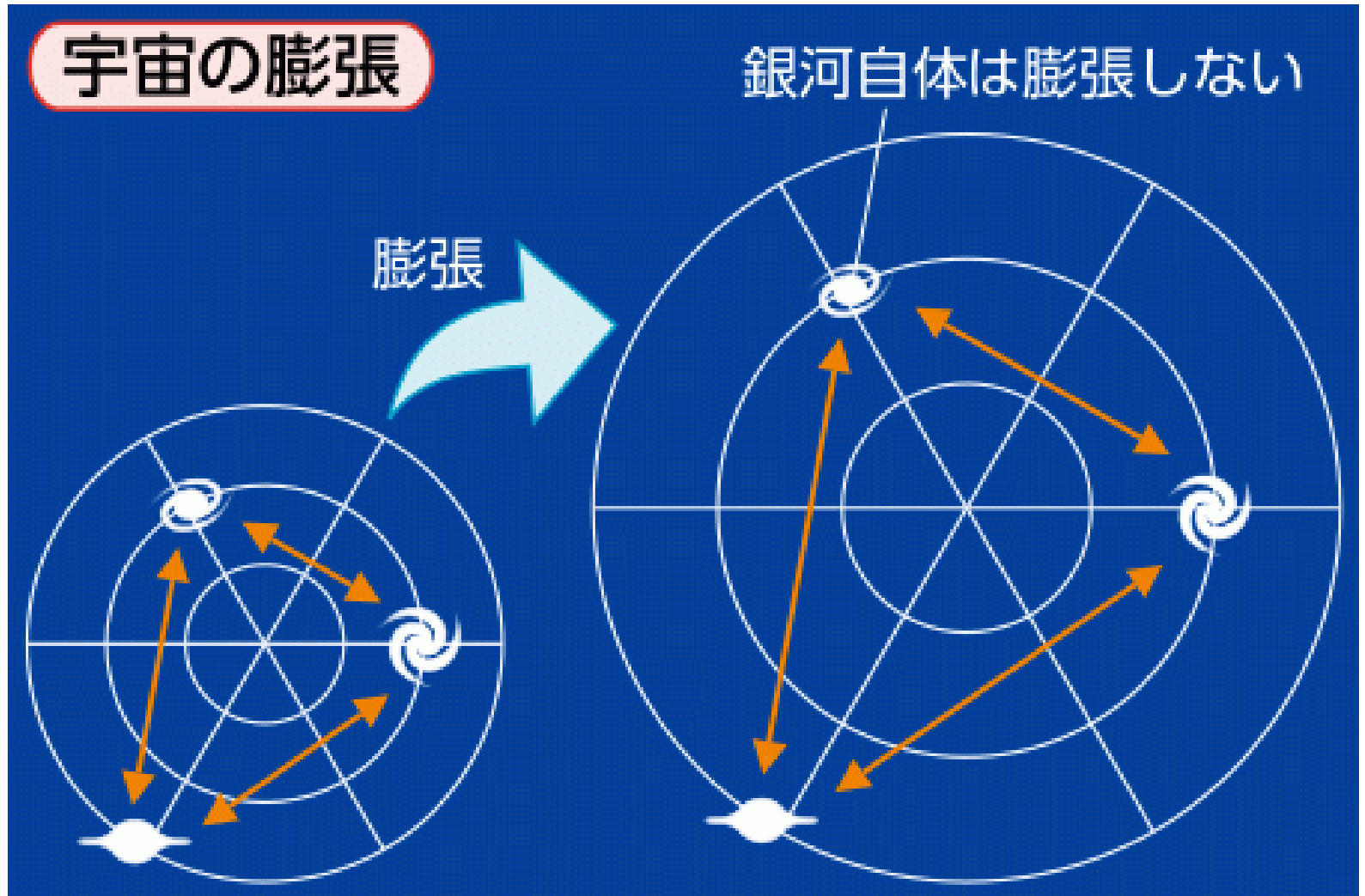
– 解答例

$$v = Hr = 2.4 \times 10^{-5} \text{ km sec}^{-1} (\text{光年})^{-1} \times 137 \times 10^8 [\text{光年}]$$

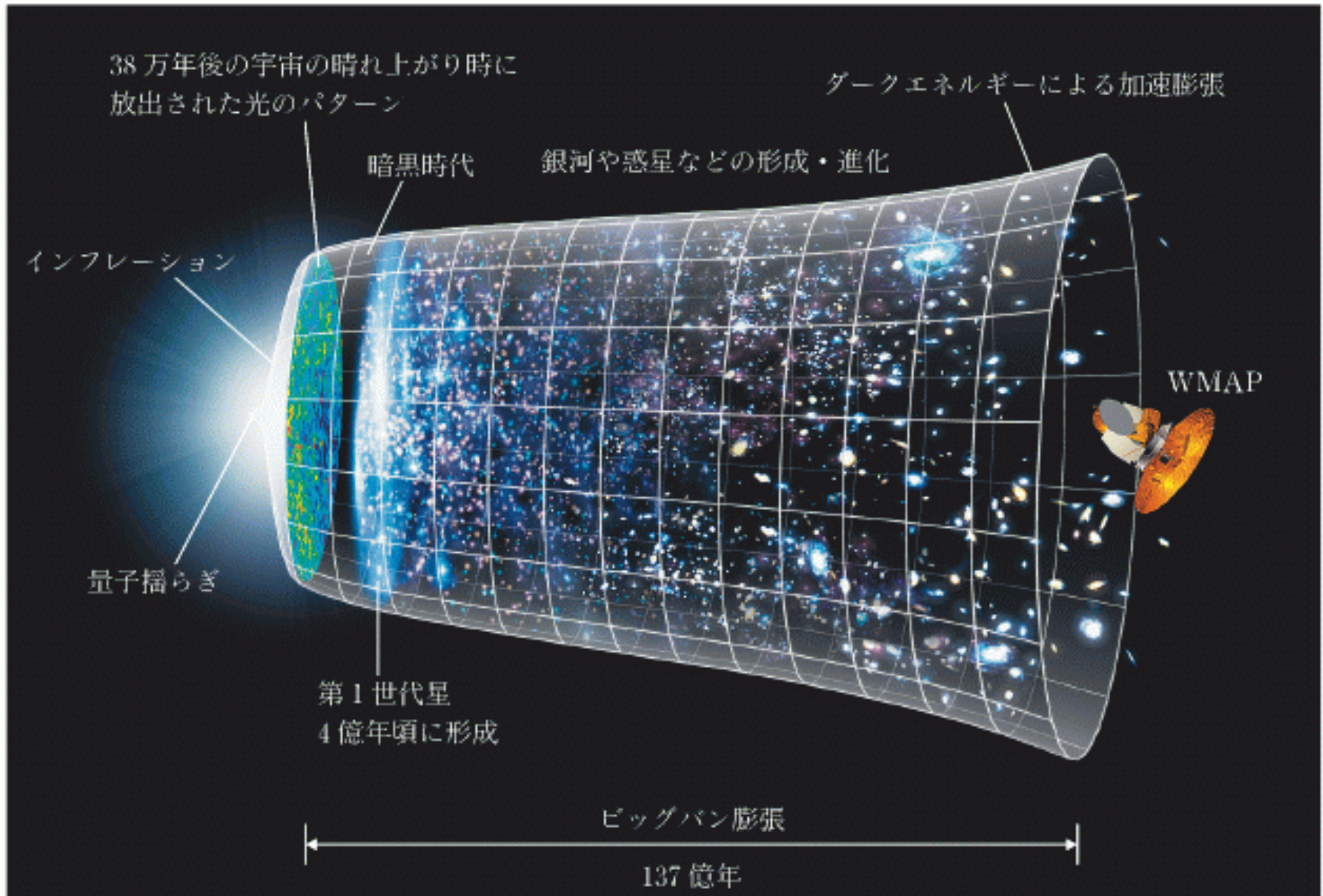
$$= 3.28 \times 10^5 \text{ km sec}^{-1}$$

$$\sim 3 \times 10^8 \text{ m sec}^{-1}$$

宇宙の膨張

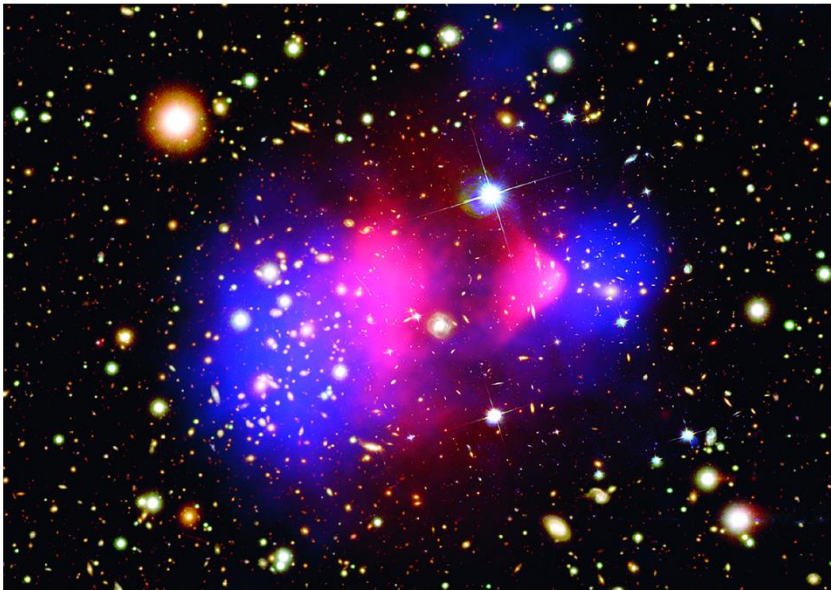


宇宙の進化

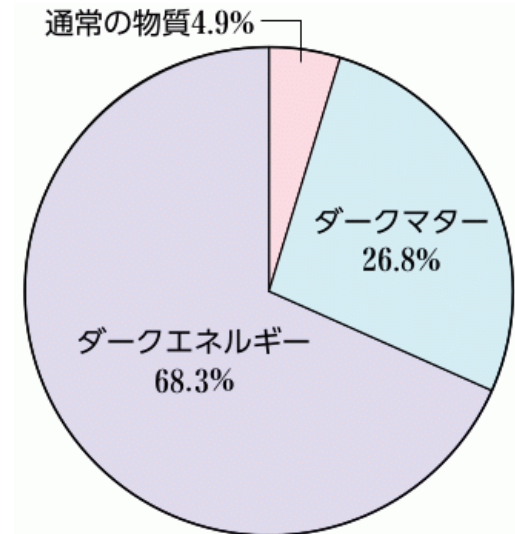
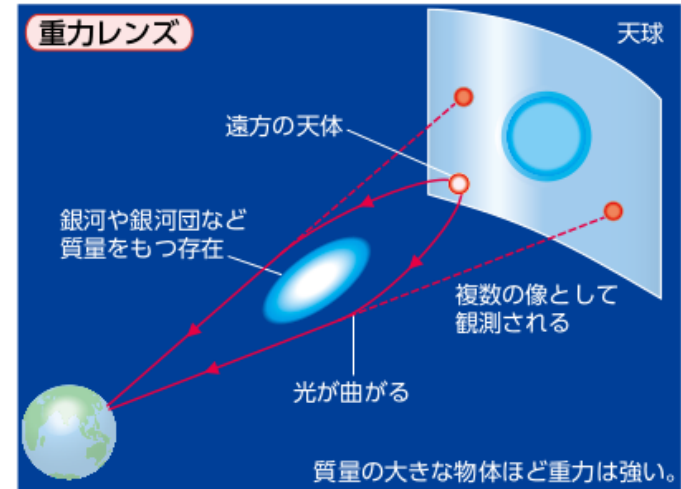


ダークマター

- 直接見ることはできない
- 重力レンズ法による観測
- この量が宇宙の進化を決定



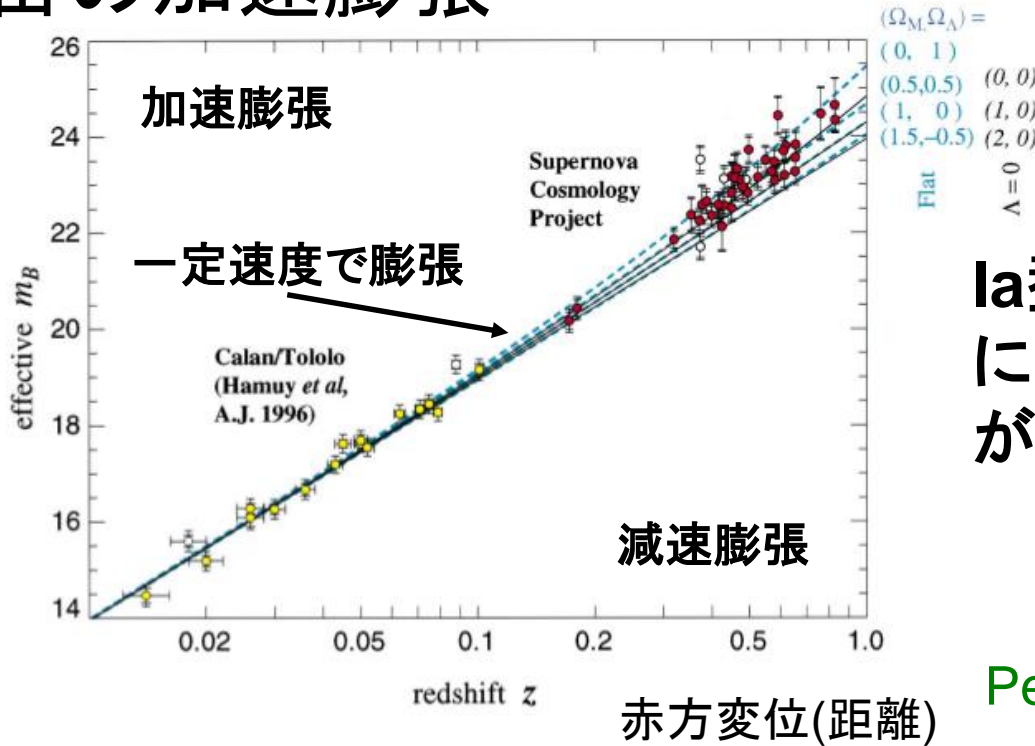
くじら座の銀河団 赤い部分は高温のガス
青い部分がダークマター



宇宙の「大きさ」の時間変化

- 宇宙の加速膨張

超新星の等級



la型超新星の観測により宇宙膨張速度が正確に決定

Perlmutter et al. (1999)

- もとになる式: アインシュタイン方程式

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} R g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

今日のミニレポート

- 銀河の後退速度が一定であると仮定すると、銀河系から距離 r 離れた銀河も距離 p 離れた銀河も同じ時期に銀河系と接触していたことになる。このようになる理由を説明せよ。
- ハッブルの法則
(v の単位として[km/sec],
 r の単位として[光年]を使う場合)

$$v = Hr,$$

$$H = 2.4 \times 10^{-5} \text{ km / sec / (光年)}$$