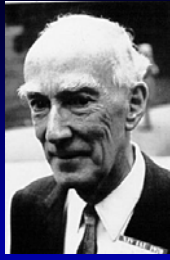
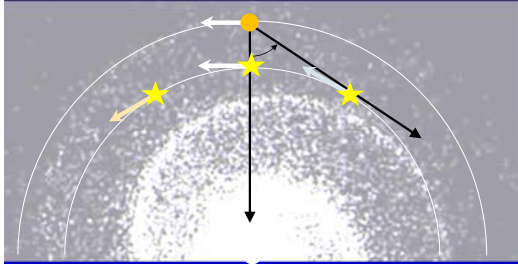


天の川が渦巻き銀河であることの証明①

- 星を用いた銀河回転の観測

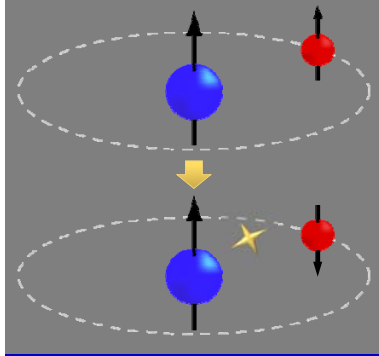


Jan Hendrik Oort (1900-1992) オランダの天文学者。無数の彗星が太陽系を取り巻いているとするオールト雲仮説の提唱でも知られている。

星が銀河中心の周りを回転運動をしているなら、太陽に対する星の相対運動に、方位に応じた規則性が見られる

天の川が渦巻き銀河であることの証明②

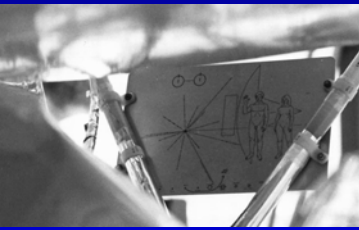
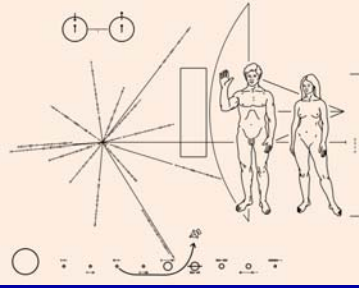
- 水素21cm超微細線
 - 電波
 - 波長別に分けた時に特定の波長のみが強く表れるものを「線」（輝線や暗線）という
- van de Hulstが天の川の星間中性ガスから21cm線が出ていると予想 (1944)



Hendrik Christoffel van de Hulst (1918-2000) オランダの天文学者。Oortの弟子。

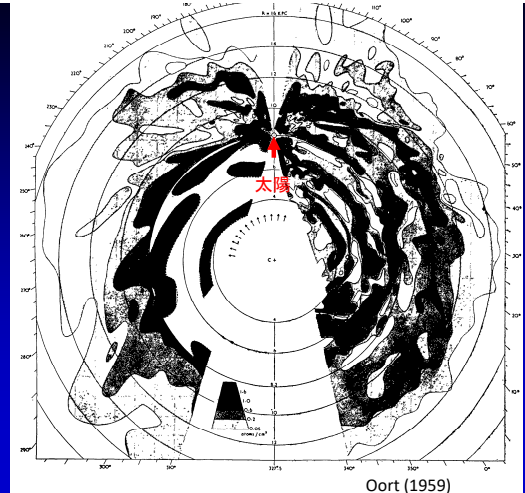
21cm線による銀河観測に最適

- 希薄だけれども恒星間空間に大量にある水素原子が放出する
- 地球大気に邪魔されずに地表に届く
- 輝線がシャープ
 - 相対運動によるドップラー効果が判別しやすい
 - 銀河の回転則は知っているので、相対速度の情報からガスの位置が分かる



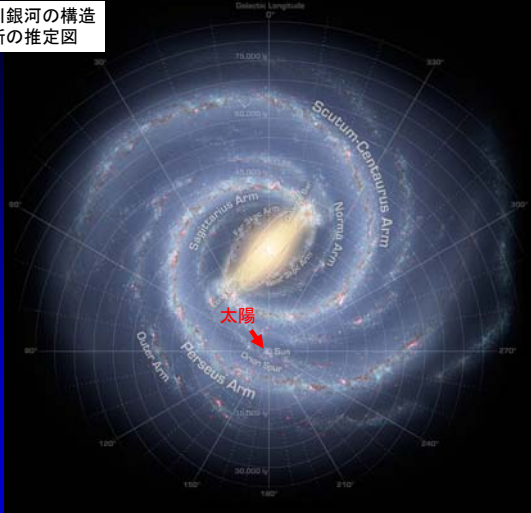
パイオニア探査機の金属板には地球外知的文明へ向けたメッセージが描かれた。21cm線が暗号の鍵として用いられている。これは電波天文学を持つ文明ならこれを必ず知っているはずという確信にもとづく。Carl Saganの発案。

水素21cm超微細線の観測から求めた、天の川銀河の中性水素ガス分布

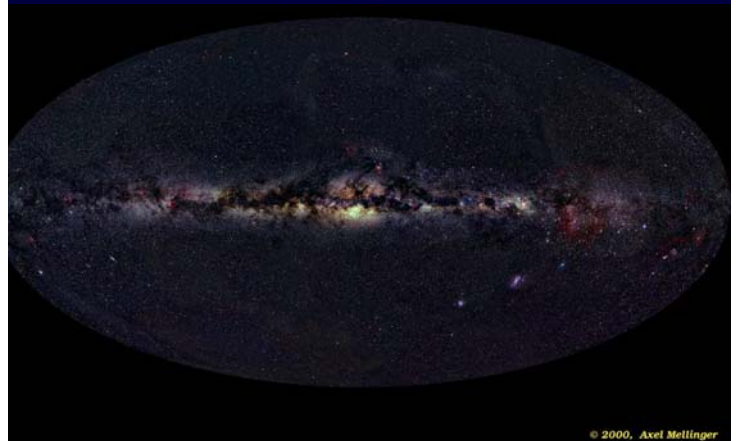


Oort (1959)

天の川銀河の構造 最新の推定図

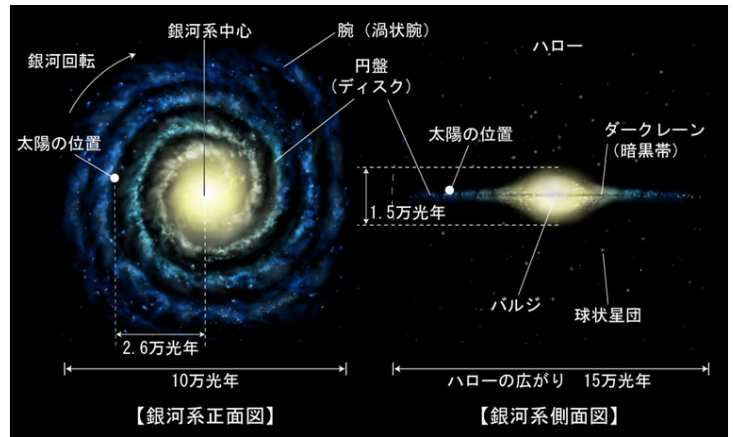
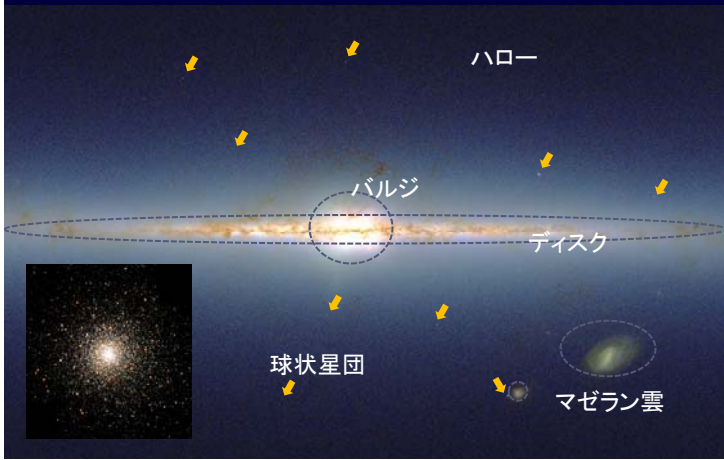


可視光で見た銀河系

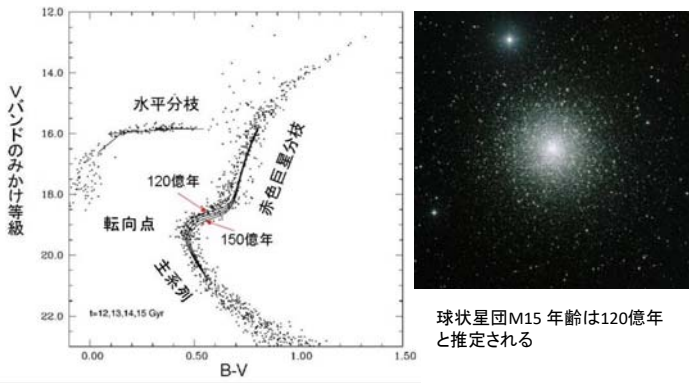


© 2000, Axel Mellinger

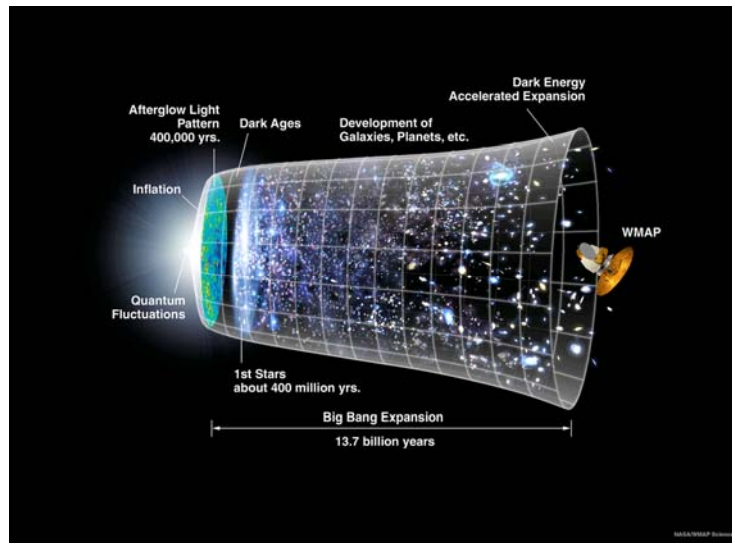
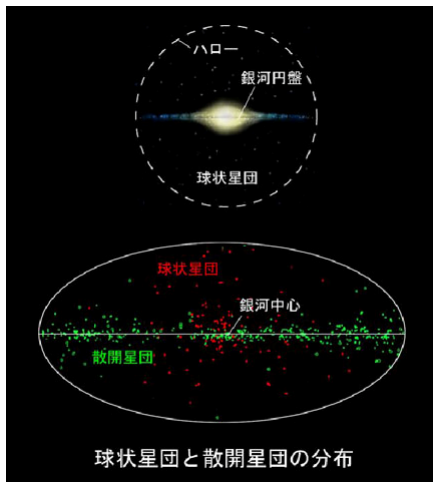
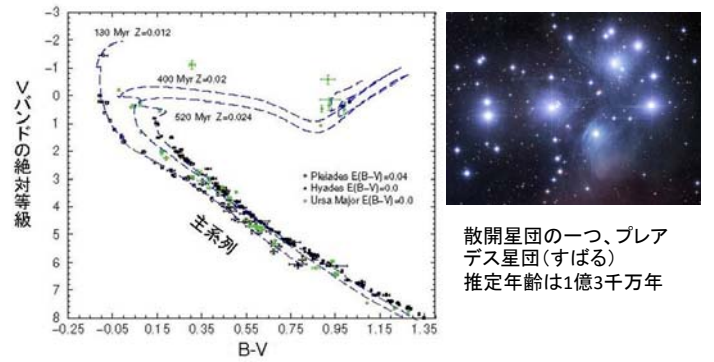
赤外線で見えた銀河系



HR図を用いた星団の年齢推定



HR図を用いた星団の年齢推定



現代天文学のパイオニア ハッブルが宇宙膨張を発見



Edwin Powell Hubble 1889 - 1953

- 銀河天文学を開拓



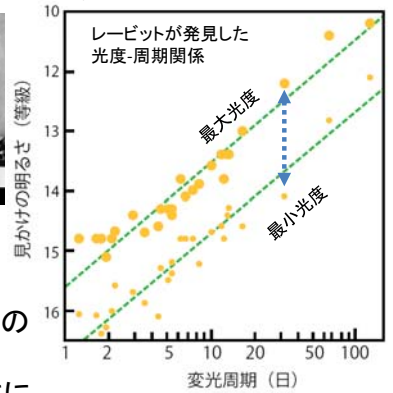
私立ウィルソン山天文台の
1.5m, 2.5m望遠鏡(今も現役)を駆使

「宇宙の灯台」の発見



Henrietta Swan Leavitt (1868-1921)
週10ドル50セント(現在の価値で2万円程度)で米ハーバード大天文台の天文写真データ整理を担当

- マゼラン雲に2400個もの変光星を発見
- 変光周期と星の明るさに関係があることを発見



大マゼラン雲 (地球から約16万光年)

小マゼラン雲 (地球から約20万光年)

どちらも天の川銀河に
よりそう小銀河

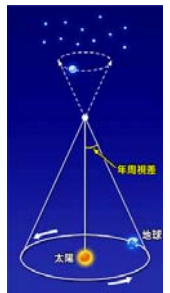
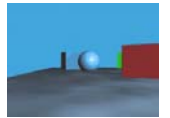
天の南半球にある

この中の星々は地球から
ほぼ等距離にある
↓
距離による見かけの明るさの
違いがない

宇宙の距離計測

- 地球からあまり遠くない星
 - 年周視差 (数万光年まで)
 - 変光星の周期と真の光度の関係がわかる
- あまり遠くない銀河までの距離
 - 変光星の明るさと周期の関係 (数千光年まで)
- 遠方の銀河までの距離
 - Ia型超新星の明るさ (数億光年まで)

これ以外にもある

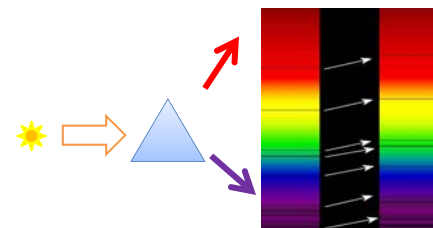


ドップラー効果 波源が運動すると波長が伸縮する



- 音 (空気や液体・固体中を伝わる)
 - 遠ざかると波長が伸び低い音に
 - 近づく場合は波長が縮み高い音に
- 光 (真空や透明な物質を伝わる)
 - 遠ざかると波長が伸び、本来の色よりも赤い色になる (赤方偏移)
 - 近づく場合は青い色に

星の光を分けると運動が分かる



- ハッブルは距離を測る方法と、速度を図る方法を組み合わせて、銀河を観測した

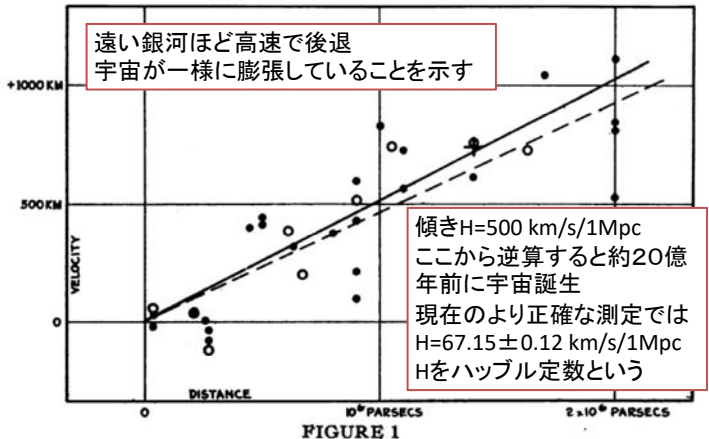
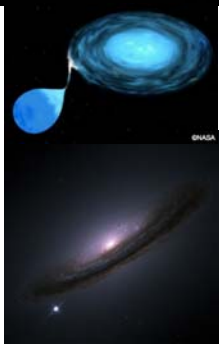
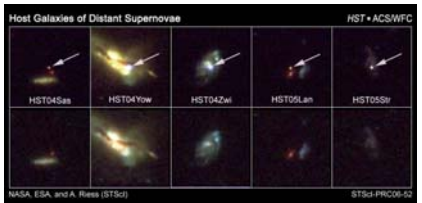


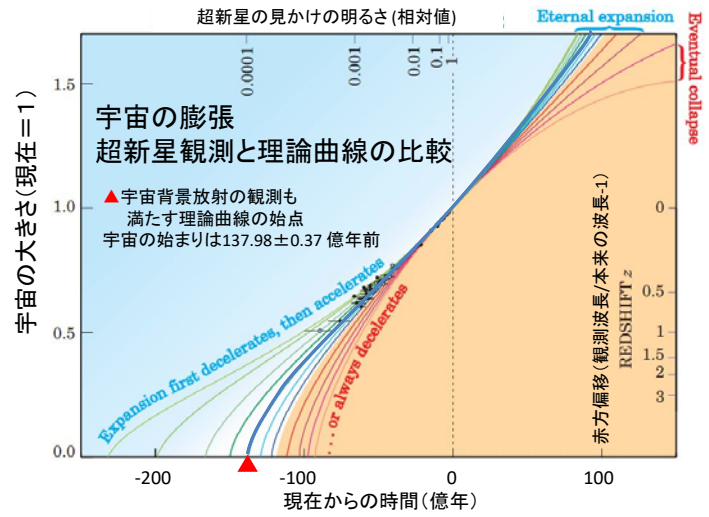
FIGURE 1
Velocity-Distance Relation among Extra-Galactic Nebulae.
Hubble (1929) 宇宙膨張の発見を報告した論文の原図

宇宙加速膨張の発見

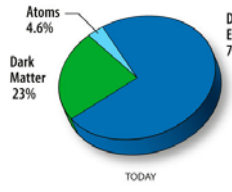
- パールムッター、シュミット、リースの3氏が、ピーク時の光度がほぼ等しいタイプIa超新星を使い、遠方銀河の距離と後退速度を求めた
- 2011年ノーベル物理学賞



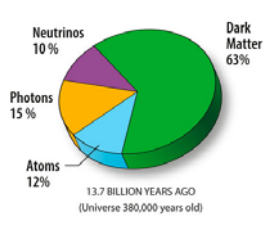
SN1994D
NGC4526にあらわれた超新星



宇宙はほとんどが正体不明なものからできている

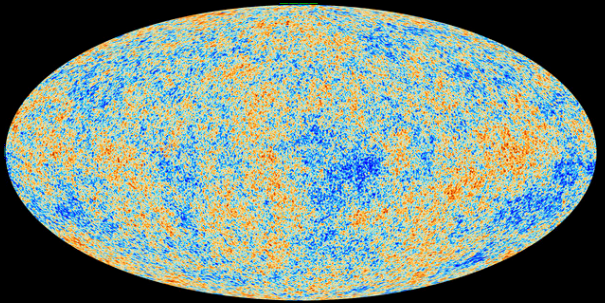


- 現在は暗黒エネルギーがおよそ7割、暗黒物質が2割、普通の物質は約5%しかない



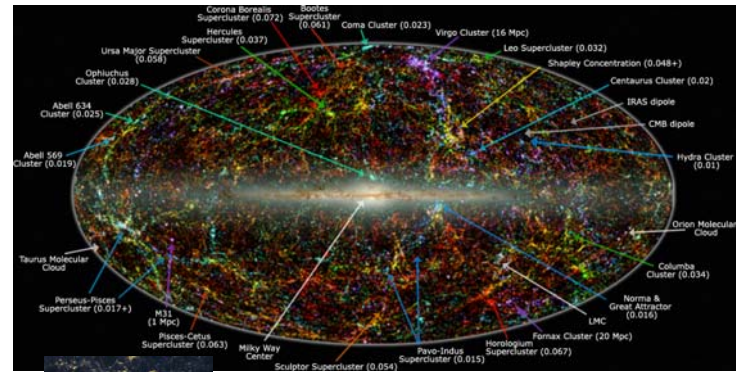
宇宙論定数	根拠	
ハッブル定数	近い銀河の後退速度	
バリオン定数	ビッグバン元素合成理論と宇宙元素存在度の比較	
密度定数	銀河団の分布の観測	宇宙背景放射のゆらぎの観測
宇宙定数	遠方銀河の後退速度	

ビッグバンの残光:宇宙背景放射



- 温度がほぼ一様2.725 K(ゆらぎは最大2万分の1 K程度)。
- ドップラー効果で約3000Kの熱放射の波長が、1000倍にひきのばれたと解釈できる。

宇宙の大構造



- 銀河の分布は、密集した泡に似る
- 泡と泡の境界に銀河が分布