

[I] 宇宙視を楽しむ (その1)

皆の広場

素人の宇宙考④

[D] 近代的宇宙 (天体) 観測

Riv1 2024年12月13日

ドラフト 2018年8月22日

永野 徹

[D] 近代的宇宙 (天体) 観測 : (宇宙論にヒントと検証を与えた)

- * [1] ハッブル観測 (宇宙膨張・宇宙年齢・銀河) 1990
- * [2] COBE観測 (暗黒物質の存在) 1992
- * [3] WMAP観測 (暗黒エネルギーの存在) 2001

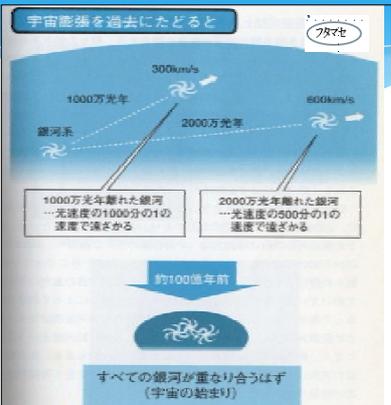
[1] ハッブルの天体観測 (1990)

(1) ハッブルの成果
① 遠くの銀河程早い速度で遠ざかっている

② 宇宙は膨張している
: 1990年代ハッブル宇宙望遠鏡の観測結果。

③ 銀河の分類
: 楕円レンズ渦巻不規則等

④ 宇宙年齢
: 最古銀河127億年前
宇宙誕生は137億年



1) 宇宙は膨張している

- ① 宇宙膨張の証拠 (赤方偏移): ハッブル観測
- ② 膨張スピードは加速中 (20億年前から)

ドップラー効果 (赤: 遠ざかる)
遠くの銀河程速く遠ざかる

宇宙膨張と赤方偏移
遠くの銀河程赤い



② 銀河年齢の算定方法 (銀河誕生≒120億年前)

① 観測銀河まで距離
・1200万光年
② 銀河の遠ざかる速度
・300km/s = 1/1000光速

①、② 観測データから当該2つの銀河が元は同じ場所に有ったとして重なるまでの時間を求める。

銀河誕生まで：
(距離) ÷ (速度) = (時間)
1200万年 ÷ 1/1000 = **120億年**

すべての銀河が重なり合う (宇宙の始まり)

③ 銀河の分類提言 (ハッブルによる)

形状：楕円体 (E型)、レンズ状 (S0)、渦巻 (S型)、棒渦巻 (SB型)、不規則 (I型)

渦巻銀河：円盤ぶぶんが回転、星間物質から新星誕生
楕円銀河：星間物質が無いので古い星が多い

銀河のハッブル分類

(Hubble, E: The Realm of the Nebula, 1)

[2] COBE 観測 (1992)

(1) 温度ゆらぎ観測

COBEのゆらぎ観測

晴れ上がり時の温度揺らぎは10万の1しかない。現在の大規模構造が存在する為には晴れ上がり時に1000分の1のゆらぎが必要。このことから宇宙晴れ上がり以前に何か(暗黒)の物質により適度な(1000分の1程度)ゆらぎが確保されていたと考えざるを得ない。(暗黒物質の存在)

なぜ10万分の1の揺らぎしかない?

小さすぎる揺らぎの悩み

観測結果
現在の宇宙には大構造がある

観測結果
現在の宇宙には大構造がない

現在までに密度揺らぎは1以上になっている

現在までに密度揺らぎは1以上にならない

晴れ上がり時の密度揺らぎは1000分の1以上になっている

晴れ上がり時の密度揺らぎは1000分の1しかない

予想
晴れ上がり時の宇宙 (大きさは1000分の1)

観測結果
晴れ上がり時の宇宙 (大きさは1000分の1)

(2) COBE 観測の成果

探査衛星COBE観測(1992)

1) 宇宙背景放射観測 (10^-5)

(宇宙構造形成の確認)

宇宙晴れ上がり時の温度(密度)ゆらぎを7度スケールで観測。

2) 暗黒物質の存在予測

宇宙に超銀河とボイドが存在する為には初期宇宙に僅かな(1/1000程度)密度ゆらぎ(温度ゆらぎ)が必要であるCOBE観測の宇宙背景放射温度ゆらぎは10万分の一なので現在の穴あき宇宙は誕生しないことになる。宇宙腫れあがり以前に電荷を持たず放射と無関係に振舞う物質が必要その候補が暗黒物質(ダークマター)

なぜ10万分の1の揺らぎしかない?

小さすぎる揺らぎの悩み

観測結果
現在の宇宙には大構造がある

観測結果
現在の宇宙には大構造がない

現在までに密度揺らぎは1以上になっている

現在までに密度揺らぎは1以上にならない

晴れ上がり時の密度揺らぎは1000分の1以上になっている

晴れ上がり時の密度揺らぎは1000分の1しかない

予想
晴れ上がり時の宇宙 (大きさは1000分の1)

観測結果
晴れ上がり時の宇宙 (大きさは1000分の1)

1) 暗黒物質の存在予測 (1)

(ゆらぎ形成で判断)

宇宙形成とゆらぎ発生:

- 1. 放射優勢時期 (ゆらぎなし)**
宇宙膨張が早すぎて密度ゆらぎの形成無し
- 2. 物質優勢時期 (ゆらぎ成長)**
暗黒物質の密度ゆらぎのみ成長
- 3. 宇宙晴れ上がり後 (ゆらぎ成長)**
放射の影響が無くなりハリオン物質の密度ゆらぎが急成長する。
(ハリオン): H、He等通常の物質

暗黒がバリオンを引きこむ

暗黒物質とバリオン物質の密度ゆらぎの成長 フタマセ

放射優勢の時代
宇宙膨張が速すぎて密度ゆらぎは暗黒物質・バリオン物質ともに成長できない

物質優勢の時代
宇宙膨張の速度が落ちて、暗黒物質の密度ゆらぎが成長を始める

宇宙の晴れ上がり後
放射の影響から開放されたバリオン物質の密度ゆらぎが、すでに存在する暗黒物質の大きな密度ゆらぎに引かれて急成長する

2) 暗黒物質の存在証明 (2)

<重力レンズ効果>

遠方の1つの銀河が複数の天体像に見える現象があり、重力レンズ効果と言う。**光の曲がり方から計算上、途中の銀河団にはその質量の10倍程度の何かが余分に含まれていると推測。(これが暗黒物質)**

重力レンズとは フタマセ

遠方の銀河

光

銀河団

地球

本来なら地球とは無関係の方向に進むはずの光が曲げられて地球に届き、それが複数の天体の像に見える

光の曲がり方から銀河団全体の質量を計算すると、銀河団内の普通の物質の質量の10倍程度になる

銀河団が大量の暗黒物質を含んでいることの証拠になる

暗黒物質

(3) WMAP 観測 (暗黒エネルギー予告)

(2001~2003年2月発表)

地球と太陽のラグランジュ点で観測。1度スケールの温度揺らぎの計測可能。宇宙背景放射の温度揺らぎを正確に把握したところ高温部と低温部の温度ゆらぎを確認。

(成果)

- 宇宙は平坦である。
- 宇宙年齢は137億歳
- 暗黒エネルギーの存在予告**
ハリオン物質...4%
暗黒物質...23%
暗黒エネルギー...73%

WMAPの偉大な成果

WMAPの観測結果 フタマセ

全天の宇宙背景放射の温度揺らぎを精密に観測した

宇宙の構成要素

暗黒エネルギー	73%
暗黒物質	23%
バリオン物質	4%
光子エネルギー	ごくわずか

(2003年2月のWMAP(1年レポート)の観測成果による)

1) WMAP 高精度の密度ゆらぎ観測

暗黒がバリオンを引きこむ

暗黒物質とバリオン物質の密度ゆらぎの成長 フタマセ

- 1. 放射優勢時代**
宇宙膨張が早いので暗黒物質・ハリオン物質共に成長無し
- 2. 物質優勢時代**
暗黒物質の密度ゆらぎが成長
- 3. 宇宙晴れ上がり後**
ハリオン物質の密度は暗黒物質の密度ゆらぎに引かれて急成長

放射優勢の時代
宇宙膨張が速すぎて密度ゆらぎは暗黒物質・バリオン物質ともに成長できない

物質優勢の時代
宇宙膨張の速度が落ちて、暗黒物質の密度ゆらぎが成長を始める

宇宙の晴れ上がり後
放射の影響から開放されたバリオン物質の密度ゆらぎが、すでに存在する暗黒物質の大きな密度ゆらぎに引かれて急成長する