

ダークマターの存在理由/ダークマターの候補/ダークエネルギー

情報ゼミ生(3年次)レポート課題発表

ダークマターの存在する理由

岡澤匡紘

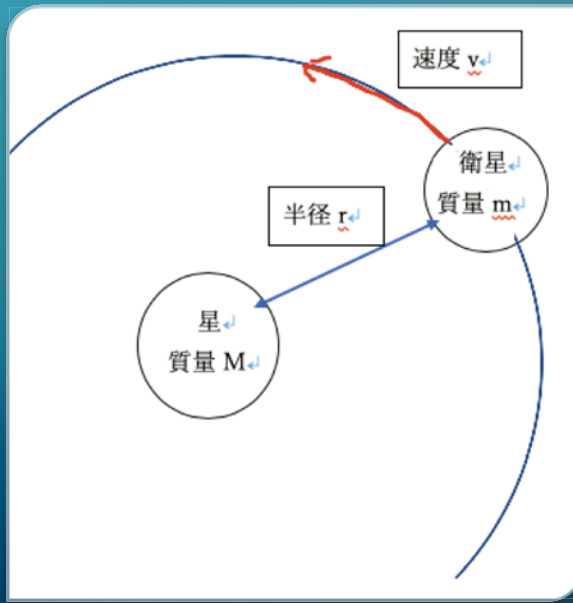
ダークマターの候補

福中笙太

ダークエネルギー

山崎雄貴

1927 年 オランダのヤン・オールト



太陽系から 300 光年以内にある星々の運動を調べ、その運動速度を実現するのに必要な質量を割り出した。それぞれの星の運動速度を調べれば、それに必要な質量が分かる。

運動方程式より $M = \frac{rv^2}{G}$

その結果、同じ範囲内にある天体の総質量の 1.6 倍になっていた。

1933年 スイス人のツヴィツッキー

銀河の早さから質量を求める。
結果：太陽質量の 300 兆倍。

↓

明るさから質量を求める。
 $\frac{M_1}{L_1} = \frac{M_2}{L_2}$
結果：太陽質量の 8 兆倍。

↓

この誤差の差が大きすぎるので何か観測できない物質が存在するのではないか？

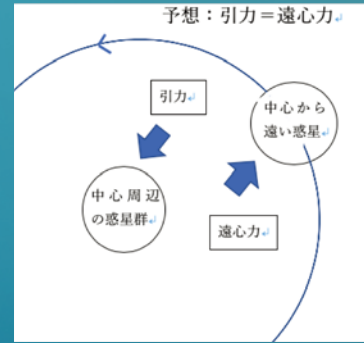
かみのけ座銀河団の質量を銀河の早さから計測を行い、その後可視できた星の質量を求め、その質量が太陽質量の 300 兆倍であった。

その後、銀河の明るさから質量を求めた。銀河の平均的な質量を太陽質量の 10 億倍とし、銀河団には 800 個の銀河があると仮定した。これを掛け合わせると、太陽質量の約 8,000 億倍となる。また、銀河の平均的な質量を太陽質量の 100 億倍にしてもまだ 8 兆倍であった。

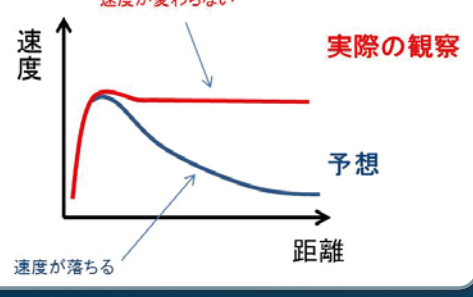
つまり、8 兆倍と 300 兆倍で 40 分の 1 の誤差が生じた。

現在の研究では、4 分の 1 がダークマターではないかと言われている。

1960年 アメリカのヴェラ・ルービン



アンドロメダ銀河を調べ、星は銀河の中心の方が多く、引力が強くなるので強い引力と釣り合うためには強い遠心力が必要である。つまり、内側の星ほど回転運動における回転速度は速くなる。しかし、銀河の外側は、中心と比べても速度がほぼ同じであることを確認した。



引用 <http://blog.miraikan.jst.go.jp/topics/20150928post-635.html>

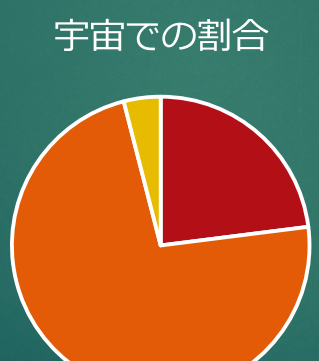
その後

70 年代から 80 年代にかけて、様々な銀河の観測を行なったが「見えない質量」に取り込まれていなければ説明がつかないことを明らかにした。

そして、天文学者たちは、この宇宙には、我々には見えない何らかの物質、つまり「ダークマター」が存在することを認めるようになった。

ダークマターの占める割合

▶ 2011年にNASAによって発表されたデータによると、現在宇宙では実に 96%の物質が正体がわかっていないとされており、そのうち23%がダークマター、73%がダークエネルギーとされている。



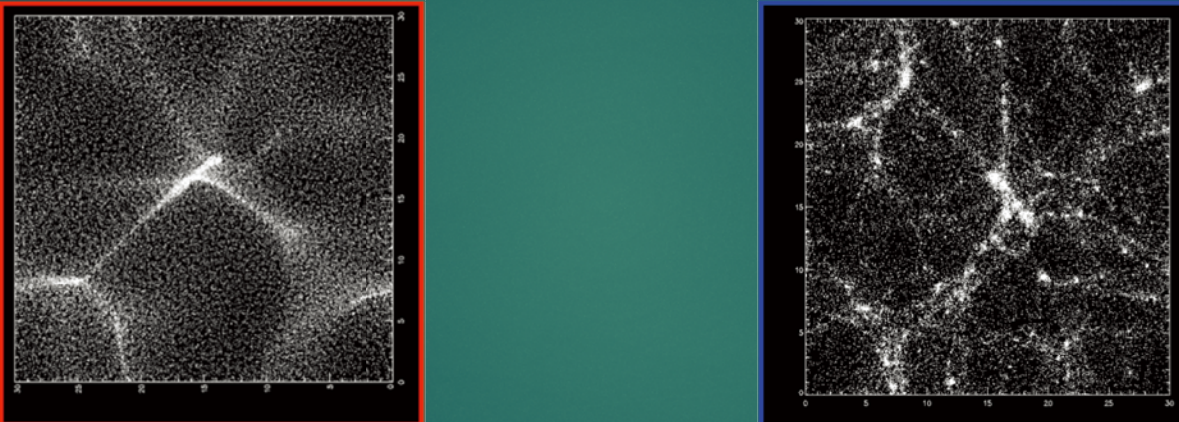
宇宙での割合

■ダークマター ■ダークエネルギー ■認知可能な物質

候補には挙がったが否定されたもの

- ▶ 1. 暗い天体
最初候補に挙がったもの。銀河全体における天体の総質量を調べると、銀河全体の質量のわずか10%にしかならなかったため、ダークマターの候補から外れる。
- ▶ 2. 原子
原子からなる物質はダークマターの5分の1にしかならないということで候補から外れる。
- ▶ 3. ニュートリノ
ニュートリノは非常に速く動くホットダークマターに分類されるものであったが、ホットダークマターは銀河を形成することは困難であると、シミュレーションで分かったため候補から外れる。

ホットダークマターとコールドダークマターにおける銀河形成シミュレーション



ホットダークマター コールドダークマター

引用：<http://member.ipmu.jp/naoki.yoshida/darkmatter.html>

ダークマターの特徴

- ▶ 1. どんな光も放出しない
- ▶ 2. どんな物質ともほとんどぶつからない
- ▶ 3. 宇宙初期にはほぼ速度 0 の冷たい物質であった
- ▶ 4. 総質量が見える物質の約 5 倍ある

最有力候補

- ▶ ニュートラリーノ
- ▶ アクシオン

▶ これらはコールドダークマターと呼ばれ動き回る範囲が狭く、それぞれが引き寄せあい、重力が発生しやがて収縮し銀河を形成するダークマターになりえる。

参考文献

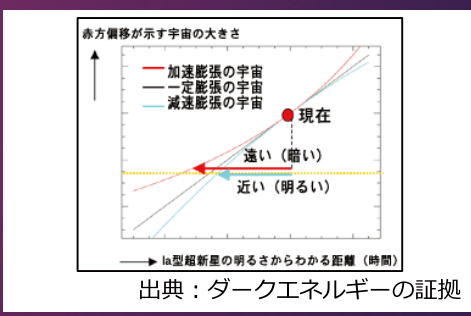
- ▶ ・newton ダークマター 発行人 高森圭介 編集人 水谷仁 発行発売 株式会社ニュートンプレス 2015年8月14日発行
- ▶ ・newton ダークエネルギー 発行人 高森圭介 編集人 水谷仁 発行発売 株式会社ニュートンプレス 2015年7月3日発行
- ▶ ・<http://member.ipmu.jp/naoki.yoshida/darkmatter.html>

ダークエネルギー

- ・宇宙は刻一刻と拡大している。銀河間の距離はどんどん開き、銀河団も互いに遠ざかり、あらゆるものの間に残された間隙に空っぽの領域が広がっていく。膨張は、一般相対性理論をもとにしたビッグバン理論で説明される。しかしその想定以上の「加速膨張」が発見された。この宇宙をバラバラに引き裂く斥力を生み出している正体不明の何かは、「ダークエネルギー」と呼ばれている。
- ・ビッグバンのインフレーションモデルは、斥力を仮定して急速な膨張を説明するが、現在我々が観測しているダークエネルギーよりもずっと高いエネルギー密度で起きなければならない。さらに宇宙の初期で想定されていると考えられているため、現在のダークエネルギーとの関係は不明である。

観測的証拠

- ・1990年代後半、二つの研究観測チームが遠方にあるIa型超新星の観測により宇宙の加速膨張を証明した。
- ・Ia型超新星は明るさがほぼ一定である。宇宙が一定の速度で膨張している場合、ある赤方偏移に対して、Ia型超新星の見かけの明るさは予測できる。
- ・宇宙が加速膨張している場合を考えると、ある宇宙の大きさに対して、Ia型超新星の見かけの明るさは一定膨張の場合と比べて暗くなる。



出典：ダークエネルギーの証拠

宇宙の膨張を加速している何か

- ・宇宙膨張を加速させているものに関して、いくつかの仮説がある。

仮説 1：真空のエネルギー
仮説 2：クインテッセンス
仮説 3：重力理論の修正

・今回は仮説 1 と仮説 3 について紹介する。

真空のエネルギー

- ・量子物理学では、真空は何もないのではなく、自発的に出現しては極めて短時間のうちに消滅する仮想的な粒子と反粒子の対にあふれている。
- ・真空を満たしているこの大量の短命の粒子対はエネルギーを持っており、エネルギーは質量と同じく重力を生み出しうる。
- ・真空のエネルギーは負の圧力を持つため、斥力としての重力を生み出して宇宙膨張を加速させていると考えられる。
- ・宇宙定数によると、エネルギーの密度はあらゆる空間と時間で一定不変である
- ・これらはインフレーション膨張の根拠とされているものだが、低エネルギーのものとして、現在の加速膨張にも使えるというアイデアである。

重力理論の修正

- ・アインシュタインの重力理論が不完全であるためにそれでは説明できない物理現象によって宇宙の膨張が加速しているという説。
- ・銀河団や観測可能な宇宙全体といった非常に大きなスケールでは、重力の法則が一般相対論の予測とは異なり、重力の振る舞いが変わる可能性がある。
- ・この線に基づく興味深い説がいくつか提案されているが、すべての観測結果を説明できる筋の通った理論はなく、いまのところダークエネルギー仮説のほうが、説得力があるといえる。
- ・2017年にはハンガリーの名門エトヴェシュ・ローランド大学の研究者らが「ダークエネルギーは存在しない」という新説を発表した。

参考文献

○書籍

- ・日経サイエンス 2015年10月号
- ・日経サイエンス 2016年7月号

○WEBページ

- ・ダークエネルギーの証拠
<https://www2.kek.jp/ja/newskek/2005/julaug/darkenergy.html>
閲覧日：2018年10月25日