

ダークマター・重力波の観測

情報ゼミ生（3年次）レポート課題発表

ダークマター

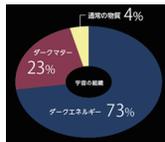
河上寛太

宇宙に存在する物質の構成比
宇宙には目に見える恒星、白色矮星、褐色矮星、中性子星、また、見えないけど分かっているブラックホールの質量やエネルギー等

目に見えない物質は**ダークマター**や**ダークエネルギー**と呼ばれる物質やエネルギーがあるとされている。

また物質の構成比率は宇宙の大規模な構造の解析や、**宇宙マイクロ波背景放射の非等方性の解析**からエネルギー密度にして**23%**がダークマター、**4%**で残りの**73%**がダークエネルギーとなった。

出典: http://www.hamamatsu.com/jp/technology/projects/exploring_dark_matter/index.html



ダークマターの存在

ダークマターは私たちの住む銀河にも存在している。**ケプラーの惑星運動の法則**で示されたように遠い惑星ほど太陽の引力が弱いからゆっくり公転する。図のような**渦巻銀河**と呼ばれるものも回転している。しかし質量は中心に集まっているのに近くでも遠くでも同じ速さで公転するのである。

それでは遠くのものを中心にひきつけるものがあるはずで銀河全体を包んでいるはず。そのような物質を**ダークマター**と呼ぶ

出典: <http://www.resceu.s.u-tokyo.ac.jp/symposium/dagaku/kagaku/MINOWA.pdf>
http://www.uoa.s.u-tokyo.ac.jp/~sofue/papers/sofue_henrid19970302_RotationCurve.pdf

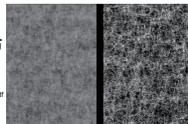


ダークマターがある場合**10億年**ころから複雑な構造が形成されるが**137億年**経ってもダークマターがなければ形成されない。

これは大量のダークマターが引力を及ぼし合わなければ銀河という塊を作ることができないということになる。

図(左)ダークマターのない137億年後の物質分布
図(右)ダークマターのある137億年後の物質分布

出典: <http://member.pmu.jp/naoki.yoshida/DMDCE.pdf>



ダークマターの動きと候補

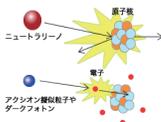
ダークマターには質量がある。しかし**電磁気力**を利用してすり抜けるため観測されない。そのためダークマターには**重力**としての動きしかないとされる。現在の理論での最有力候補は

WIMP [weakly interacting massive particles] (ほかの物質との相互作用をほとんど起こさない。重い質量をもつ未知の粒子の総称)

である。例として超対称性粒子である**ニュートラリーノ**や**アクシオン**が候補に。しかしいずれも未発見。

XMASS実験

液体キセノン(約-100°C)を詰めた検出器でダークマターを直接とらえる。ニュートラリーノがキセノン原子核と弾性散乱する際の液体キセノンの発光を囲んだ光電子増倍管で捕らえる仕組み。



アクシオン類やダークフォトンの粒子の場合は電子を散乱し、同様に発光

質量や高温な環境でできるダークマターの候補の粒子の場合でもXMASS検出器の感度は高い。

出典: <http://www-sk.icrr.u-tokyo.ac.jp/xmass/detector.html>

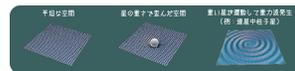


重力波の観測

安倍弘剛

重力波とは？

- 非常に重くコンパクトな星（ブラックホールなど）の衝突や合体などで発生する**空間のゆがみ**が波として空間を伝わる、その波を**重力波**と呼ぶ。



出典: 「KAGRA 大型重力波望遠鏡」ホームページ内「重力波とは」
(<http://gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp/plan/aboutu-gw>)

重力波からわかること

- 重力波の観測では波源の**発生場所**や、**発生した天体**が解析可能なので何億光年先の宇宙を知ることができる
- 重力波は地球に光が届かないビッグバンから**37万年**の間の出来事を知ることができる。

重力波の観測

- 2016年の2月にアメリカの**LIGO**が重力波の観測に初めて成功したと発表した。
- 観測した重力波は**13億光年**離れた場所からブラックホールの合体で発生したものであった

出典: 「ブラックホールが合体した音」も聴ける 動画と画像で知る「重力波」 - ITmedia ニュース <http://www.itmedia.co.jp/news/articles/>



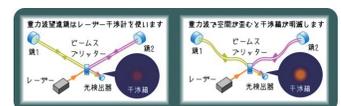
主な重力波観測装置

- LIGO (アメリカ・リビングストン) (アメリカ・ハンフォード)
 - KAGRA (改良中) (日本・岐阜)
 - VIRGO (改良中) (フランス・イタリア)
 - 観測用人工衛星 eLISA (計画中) (ESA・ヨーロッパ)
- 正確な発生場所を調べるには**三角測量**の原理を用いて計算するので**3か所**で波を観測する必要

レーザー干渉計

- LIGOなどの観測装置は「**レーザー干渉計**」と呼ばれる手法を用いている。
- この方法は1点から2か所へ同じ距離でレーザー光を往復させ、**往復時間の差**から発生する**干渉パターン**の変化で重力波が通過したことを検出するという方法である

レーザー干渉計の概略図



出典: 「KAGRA 大型重力波望遠鏡」ホームページ内「重力波とは」
(<http://gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp/plan/aboutu-gw>)