

ビッグバン/アキシオン/宇宙観の変遷

情報ゼミ（3年次）文献紹介レポート

ビッグバンとは

IC学科 深井友貴

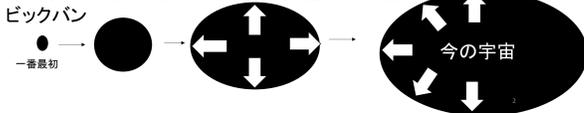
ビッグバンとは

- 宇宙がとて大きな爆発からできたという説。
- 1927年ベルギーの司祭で天文学者のジョルジュ・ルメートルが宇宙膨張を唱え29年ハッブルが確認した。1947年にガモフが宇宙の1点から始まったと考え、今では宇宙の起源として有力な説となっている。

- どうしてビッグバン説が有力なのか。
- どうして経緯でこの説が唱えられたのか。
- どのように認められたのか

どうしてビッグバン説が他の説よりも有力なのか

- 遠方の銀河ほど赤方偏移という光の波長の変化(ドップラー効果)が観測された。
- この観測から銀河同士の距離がどんどん開いていることが分かり、宇宙は膨張していると考えられた。
- 宇宙が今も膨張しているのは最初は無限大のエネルギーが爆発してその影響が今も残っているからだと考えられた。



ビッグバン説はどのようにして認められたのか

- 宇宙が膨張しているとしても宇宙の始まりは高温高圧の1点から始まったことには直接結びつかない
- 宇宙は最初不変的なものであると考えられており、外側の宇宙が誕生しつつあるとする定常宇宙論が主流だった。
- しかし、マイクロ波背景放射というマイクロ波が1964年に検出

- マイクロ波背景放射の存在により宇宙の初期状態が高温高密度状態であったことが確定した。

ビッグバン特異点

- 宇宙が1点から始まったとすると、初期状態が問題になる
- 宇宙誕生の時の体積ゼロの時空点をビッグバン特異点という。
- ビッグバン特異点には無限大のエネルギーがあると考えられる。
- しかし、無限大のエネルギーというのはアインシュタインの一般相対性理論では説明ができない。

- 量子重力理論(相対性理論+量子論)の完成が待たれる

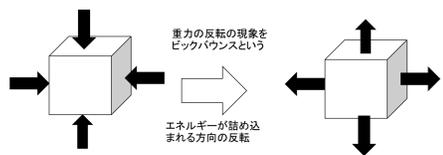
ループ重力理論 (M. ポジワルド(ペンシルベニア州立大学)の説)

- 4次元時空の内空間を複素数に拡張して非可換場を導入した重力理論*
- 最低エネルギー状態として空間の最小単位(原子)が登場する。
- この理論では宇宙初期の高密度状態であればビックバウンスが起こると考えられている。

- 新しい理論により宇宙はビッグバン特異点により始まったわけではないのではと考えられた
- *アシュテカによって創始された理論。11次元時空を考える超弦理論とは異なる

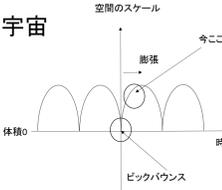
ビックバウンス

- 空間原子にため込めるエネルギー量には限界がある為、限界に達するとエネルギー的な(バウンス)が起こると考えられる。
- エネルギーの発散(空間が膨張し始める)



ビックバンが起こる前の宇宙

- 宇宙には始まりの概念が無くなり、収縮後に膨張へ転じるモデルが自然になる。
- 空間の膨張がビックバウンス後の世界ならばその前は空間の収縮が起こる世界



- 宇宙というのは始まりがあるのではなく収縮膨張の繰り返しだという考え方

参考文献

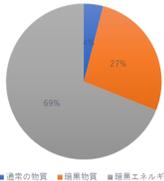
- 日経サイエンス:別冊196号宇宙の誕生と終焉(2013年12月佐藤勝彦(編))

暗黒物質候補『アキシオン』

IN学科 日比野穰里

暗黒物質とは

以前はミッシングマス(行方不明の質量)とよばれ1930年にはフリッツ・ツビッキーがかみのけ座銀河団でその存在を示唆していた。その後さまざまな観測からミッシングマスは宇宙に普遍的に存在していることが確かとなり暗黒物質と呼ばれるようになった。



最近の宇宙マイクロ波背景放射の観測によれば、暗黒物質は宇宙のエネルギーのおよそ22%を占めると考えられている物質である。

残りのうち4%が原子などの通常の物質。74%が暗黒エネルギーであるとされている。

・暗黒エネルギー 宇宙の加速膨張を引き起こすものと考えられている。

暗黒物質の候補

その性質は電荷を持たず、光を曲げる重力と同じ性質をもち、安定であると考えられている。未知の粒子あるいは観測されていない物質として次のものが考えられている。



候補アキシオン

クインとベッチェイは対称性の破れの概念に基づく方法により、量子色力学における強いCP問題に対処することに気づいた。対称性の破れとは本来は対象であるはずの自然が非対称になる場合があるという考え方がある。

これはベッチェイ-クイン機構と呼ばれ、その後ワインバーグによってベッチェイ-クイン機構から新粒子であるアキシオンがもたらされると考えられた。

- 対称性の破れ 原子核をまとめる強い相互作用を規定する理論による予言で、温度が変わって、液体が固体になるような相転移現象が発生し対称性が破れること。

XENON1Tによる実験

2020年6月17日、XENONの国際共同実験グループはXENON1T 実験で得られた観測データに、これまで予想していなかった過剰な事象が見つかったと発表しました。XENON1T実験は高純度の液体キセノンをを用い、暗黒物質や放射能などが液体キセノンと相互作用すると発生するわずかな光信号や電子信号を感知することで暗黒物質の検出を行っている。

この実験の際の過剰な事象の可能性は、

1. 新たな背景事象の可能性
2. 太陽アキシオンの可能性
3. ニュートリノの新たな性質の可能性

これら3つが考えられる。



太陽アキシオンは初期の宇宙で生成された暗黒物質ではないが、太陽アキシオンの発見でアキシオンが暗黒物質である事の説明が可能になるかもしれないといわれている。

考えられる卒業研究のテーマ

- ・アキシオンの分布による銀河の回転速度の違い
- ・対称性の破れ(相転移)のメカニズム

などのシミュレーションが考えられる

参考文献

- ・日経サイエンス『新粒子「アキシオン」』2018年5月号
- ・暗黒物質直接探索実験 XENON1T が電子散乱事象の超過を観測 <https://www.ipmu.jp/ja/20200617-XENON1T-ExcessEvents>
- ・天文学辞典 <http://astro-dic.jp/>

宇宙観の変遷

IN学科 東良元文

天体と文明

- ・紀元前2000年頃、暦法が誕生。
 - ・エジプト文明 → 太陽暦
 - ・メソポタミア文明 → 太陽暦
- ・暦の登場によって、農業の効率を高め、文明社会の発展に貢献した。
- ・メソポタミア文明では、天体などの自然的活動を利用した、占いによる治世が行われ、これが天文学の始まりとなる。



上図: エヌマ・アヌ・エンリル 出典: 大英美術館

- ・エヌマ・アヌ・エンリル → 最古の占星術文献であり、天体の動きを記録してある。

地球中心の宇宙

- ・2世紀頃、プトレマイオスのアルmageストによって、天動説のモデルが完成した。
- ・聖書の解釈の一致から、キリスト教は天動説を推進し、17世紀の天文学者ヨハネス・ケプラーの発表した、ケプラーの法則が現れるまで、長らくの間信じ続けられることとなった。
- ・その間に発見された天動説を揺るがす事実は、政治的な封殺が繰り返されることとなった。



上図: プトレマイオスのモデル

- ・ガリレオ・ガリレイ → 地動説を唱え、カトリック教会から有罪判決を受ける。

太陽中心説

- ・12世紀、西ヨーロッパ世界がイスラーム文化との遭遇によって、数学的知識やプトレマイオスの天動説を獲得し、ルネサンス期が始まる。
- ・15世紀の司祭ニコラス・コペルニクスによって地動説が誕生、17世紀の天文学者ヨハネス・ケプラーの発表した、ケプラーの法則によって数学による研究が進んだ。

- ・ケプラーの法則 → 太陽に対する火星の軌道から推定された定式。惑星の軌道が楕円運動を描いていることを示し、従来の説を覆すものとなった。

ニュートン力学の誕生

- ・18世紀、アイザック・ニュートンの著書『プリンキピア』によって古典力学が誕生し、同時に、天体の運動を統一的な理論である万有引力の下、力学的に示した。
- ・背景には、ケプラーの法則が用いられており、惑星と太陽間での運動だと思われていた法則が、惑星と衛星にも同様に成立することが示された。

海王星の発見

- ・古典力学による太陽系モデルの解明が続く中、天王星の軌道が式に即した動きをしないことが明らかとなる。それに対し、天王星に影響を与える他の惑星の存在が仮説として挙げられた。
- ・のち、1846年にベルリン天文台の望遠鏡観測によって天文学者ユルバン・ルヴェリエの予測通りの軌道に沿った、海王星の存在を観測した。

ハレー彗星の軌道

- ・紀元前の歴史から彗星は記録されており、その文献は多くの文明間でみられ、その内、初めて軌道が確立されたものがハレー彗星である。
- ・ニュートンの予想では、彗星がもし回歸するのであれば、楕円軌道をとると予想しており、天文学者ハレーは観測とその予想を基に、出現記録を調べ、次の彗星の出現時期を予測した。
- ・そして1758年、ハレーの予測通りに彗星が現れ、ニュートン力学の長期記録的な裏付けとなった。

参考文献

- ・大英美術館: https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_K-4292
- ・JAXA-海王星: <http://spaceinfo.jaxa.jp/ja/neptune.html>