

ブラックホール・タイムトラベル

情報ゼミ生(3年生) レポート発表

ブラックホール 谷川翔太

ブラックホール 藤谷悠磨

タイムトラベル 井原貴幸

ブラックホールとは

- 天体の一つ。高密度であり、きわめて強い重力のために物質だけでなく光さえも脱出できない。
- 「ブラックホール」(黒い穴)という名は、アメリカの物理学者ジョン・ホイーラーが1967年に命名した
- それ以前の名前は「collapsar コラプサー」と呼ばれていた



ホイーラー(1911-2008)

ブラックホールとは

- 高密度で大質量のきわめて強い重力をもつ天体である。
- とてつもなく大きい質量のためすべてを吸い込み、外に出ていくことができない。また、光すら外に出ることができないためその存在を直接見ることはできない。

ブラックホールの発見

ブラックホールの有力候補、白鳥座X-1

・1916年、ドイツの天文学者カール・シュバルツシルトはアインシュタインの理論の解によって不思議な天体の存在が予測されることを示した。シュバルツシルトは難解なアインシュタインの方程式を解き、質量を持った物体が周りに造る重力場をあらわす方程式の解を発見した。



・1970年代、「X線を発する何らかの物体と、巨大な天体が連星を作ってお互いの周りを回っている」という星(白鳥座X-1)が発見される。これがブラックホールである。

ブラックホールができるまで

恒星が核融合によって重い元素を作っていく
核融合が進み鉄ばかりになると核融合は止まる。
自身の重力によって縮んで行く力を支えられなくなるため、段々と縮んで行く。その間、恒星は温度が上昇している。
1000億℃を超えたあたりで核融合とは別の反応(光分解)が起き始める。光分解は吸熱反応であるため温度と圧力が急激に低下していく。
星の収縮が進み超新星爆発が起こる。その後、残されたものが中性子星かブラックホールになる。

ブラックホールの中に入ると?

重力はその物体との距離が近ければ近いほど強く働くため、「これより近づくとならぬ速度が光速を超える」と言う距離が存在する。これを「シュバルツシルト半径」と呼び、その距離を球面として表したのが事象の地平面である。この面より内側に入ってしまうと、出てくることが出来なくなる。

・外から見ると物体が赤くなる。重力で引き寄せられているため物凄いスピードで移動するため、光の赤方偏移が起こるからである。

・物体がいつまでもそこで止まっているように見える。速度が大きくなると言うことはその物体の時間の流れが遅くなるということである。ブラックホールの、事象の地平面付近で限りなく光速に近いスピードで引き寄せられるため、いつまで経っても進まないため止まって見えるということである。

熱力学との関係

・高温の物質と低温の物質を接触させておくと、熱は、高温の物質から低温の物質に移動するが、外部から何らかの操作を行わない限り、低温の物質から高温の物質に熱が戻ることはない。これが熱力学第二法則である。



・ホーキングは弱いエネルギー条件と宇宙検問仮説により、ブラックホールを含む古典的過程では、事象の地平面の面積が減らないことを示した。このことは、事象の面積が熱力学のエントロピーと類似していることが分かる。簡単に説明すると、「ブラックホールは常に増大する」と「エントロピーが増大する」ということが類似している。

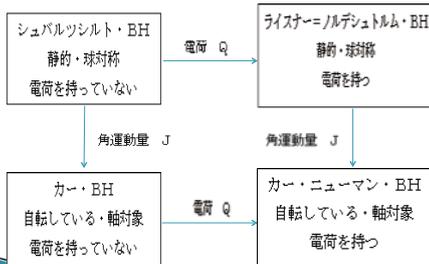
ブラックホールの歴史

- [1916年]アインシュタインの一般相対論の完成。
一般相対論・・・重力の正体は時空の歪みであるという理論
- 同年、ドイツのカール・シュバルツシルトが、一般相対論の重力場方程式の特別な解を発見
→この解が、BHを表す最初の解である
- [1939年]アメリカのオッペンハイマーとシュナイダーが、「星は自分自身の重力によって無限小に縮小する」と指摘。ここにいたって初めて、ブラックホールの概念が誕生
- [1971年]実際の宇宙において、世界最初のX線衛星ウルフによって、はくちょう座X-1が発見される
→これが最初のブラックホール天体の発見である。

ブラックホールはどのようにできるか

- 太陽の3倍以上の質量を持った重い星では、星の燃焼後、超新星爆発が起きる
- 質量が太陽の8倍以下の場合には、爆発によってすべて吹き飛んでしまう
- 8〜30倍の場合には中性子星が残る。それ以上重い場合、中心核は限りなく重力崩壊を続け、ブラックホールが形成される
- 重力崩壊**・・・星によってガスなどがどんどん吸い込まれたりしてある程度の質量を越えようと、自らの質量を支えることが出来なくなり、中心に向かって無限に落下し始めること

ブラックホールの種類



タイムトラベルとは

『時間の流れから独立して過去または未来に移動すること』

タイムトラベルの方法

- ウラシマ効果
- ブラックホール



...etc

ウラシマ効果 (高速ロケットで未来に行く)

ウラシマ効果

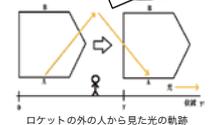
→速く動いている物体の時間が遅れる現象

(飛行機で1年飛行して0.000027037秒)

光の速さと距離x、時間tの関係式

$$\rightarrow x = c \cdot t$$

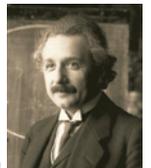
左右の図で光の進んだ距離が違う！



相対性理論

相対性理論

アインシュタインが発見した特殊相対性理論と一般相対性理論の総称



1905年 **特殊相対性理論**

光速近くで運動するときの物理法則

- 特殊相対性原理
- 光速不変の原理

1916年 **一般相対性理論**

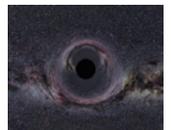
強い重力場の理論

- 一般相対性原理
- 等価原理

ブラックホールと一般相対性理論

ブラックホールとは

→一般相対性理論で予測される解のひとつ



ブラックホールのイメージ
"Dumb" Title / Wikimedia Commons
Image courtesy of NASA's Space Telescope Science Institute

特徴

- 高密度かつ大質量で強い重力
- 光すら脱出することが困難
- 候補天体は多数観測されている

ブラックホールでタイムトラベル

一般相対性理論によると強い重力の元では時間の流れが遅くなる。つまり・・・

→ブラックホールで未来へのタイムトラベルが可能

