

ケプラーの法則・ブラックホール

情報ゼミ生（3年次）レポート課題発表

ケプラーの法則

浪江貴弘

ケプラーの3法則

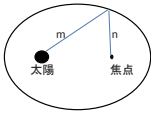
- ・ 惑星の動きは元々真円と考えられていたがケプラーによって1619年に観測データから3つの法則が導き出された。
- ・ ケプラーの法則は太陽と惑星の間だけでなく惑星と惑星などでも成立する



出典: <http://kamel2.jp/gp/contents/cp0222a/contents/relativ/answer06/index.html>

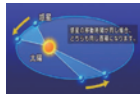
第1法則

- ・ 惑星の軌道は、太陽を1つの焦点とする楕円である
- ・ 楕円と言っても潰れ具合はわずかであり太陽から距離が離れるほど円から形づれる
- ・ $m+n=1$ 一定である



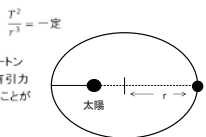
第2法則

- ・ 太陽から1つの惑星へ引いた動径が滑っていく面積速度は一定である
- ・ 面積速度とはある点が平面場で原点のまわりを運動するとき、その点と原点が単位時間に描く面積
- ・ 時間tで示し、動径r(t)はt秒後の動径r(t)と示し三角形の面積をよると
- ・ $|r \times p| = 2m \frac{dA}{dt}$
- ・ $r \times p =$ 角運動量 $r \times v =$ 角運動量
- ・ 角運動量保存の法則と面積速度の法則は等価である。



第3法則

- ・ 「惑星の公転周期Tの2乗」と「軌道の長径r」の比はどの惑星においても一定の値になる
- ・ ケプラーの第3法則はニュートンによって、運動方程式と万有引力の仮定から導くことができることが示された



超大質量ブラックホール

- ・ 最近の観測結果からS2がいて座A*の周りを楕円運動しているということが分かった
- ・ いて座A*とは銀河系の中心にある強い電波を発する天体である
- ・ いて座A*の周りを楕円運動しているということは銀河系の中心から大きな力を受けているということになる
- ・ この事実は銀河系の中心には超大質量のブラックホールが存在するという証拠である

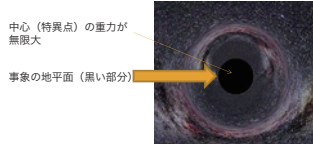


ブラックホール

神木智貴

ブラックホールとは？

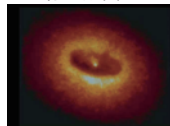
- ブラックホールの特徴
- ・ 目に見えない天体
- ・ 光さえも吸い込み脱出できない



最小のブラックホール (NASAが特定(読売新聞))

どのように観測するのか？

- ・ 吸い込まれる物質(チリやガス)は高温になる。降着円盤
- ・ 高温になった物質からX線が放出される。
- ・ X線を観測
- ・ 間接的にブラックホールを観測



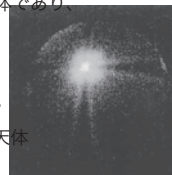
NGC 4261 銀河中心のブラックホールのX線画像 (NASA・STScI)

ブラックホール候補天体の発見

- ・ 1971年 白鳥座X-1 初のブラックホール候補天体であり、NASAのX線衛星「ウフル」によって観測された。

太陽からの距離が約6000光年離れている。

白鳥座X-1発見以降、候補天体が多数発見されている。



白鳥座X-1のX線画像 (X線天文衛星「あすか」より)

物質に与える影響

- ・ ブラックホール内部に入ると潮汐力が起きる
- ・ 潮汐力により物質が引き伸ばされる
- ・ 最後には物質が粉々になる



星を吸い込むブラックホール (c)AFP/NASA/S. Gezari and J. Guillochon

ブラックホールの蒸発

- イギリスの理論物理学者スティーヴン・ホーキング博士
- 量子論をブラックホールに適用すると
- ・ ブラックホールからニュートリノや光子が放出
- ・ エネルギーが減少
- ・ 爆発して消滅する。



スティーヴン・ホーキング博士

ブラックホールの謎

山本将也

ブラックホールとガス

- ・ ブラックホールは周囲のガスを引きつける性質がある。
- ・ ガスはブラックホールの周囲に近づくと、形状になる円盤に取り込まれてブラックホールの周りを周回し始める。

シュヴァルツシルト半径とは？

- ・ 天文学者のシュヴァルツシルトは相対性理論の式からも非常に小さく重い星があるならばある半径のところで曲率が無限大になってしまうことを見つけた。(現在ではこの考えは座標軸の取り方の問題と言われている。) この半径をシュバルツシルト半径*r_s*いい、ブラックホール半径であることがわかってる。

$$R = \sqrt{\frac{2GM}{c^2}}$$

重力定数, 天体の質量, 光の速度

図 1.3 シュヴァルツシルト半径の求め方

ニュートン力学から導き出すことができる脱出速度

質量M、半径rの天体表面からの脱出速度vとおくと運動エネルギーと位置エネルギーのつりあいで

$$\frac{1}{2}mv^2 = G \frac{Mm}{r} \quad \text{より} \quad v = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$$

ここでv=cにおいて脱出速度がシュバルツシルト半径の光の速さcと同じになるときの半径rを求めるとシュバルツシルト半径と偶然同じ式になる。

ブラックホールのサイズ

ブラックホールのサイズについて求める式はシュヴァルツシルト半径の求め方で解くことができる。

光の速度が 3×10^8 m/s、万有引力定数 6.673×10^{-11} m³/kg s²、ブラックホールはだいたい太陽の質量の約10倍の質量が多いので、 1.989×10^{31} kgをシュバルツシルトの半径に代入して計算すると30キロメートルになる。

地球をおしつぶすとどうなるのか？

ブラックホール押しつぶすと考えると脱出速度が大きくなる。脱出速度は先に書いた通り

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$$

だいたい地球の半径が100分の1になると秒速110キロメートルになる。脱出速度が30キロメートルを超えると光の速度で脱出しようとしても重力が強くなるので脱出できない。その半径は0.9センチメートルである。

