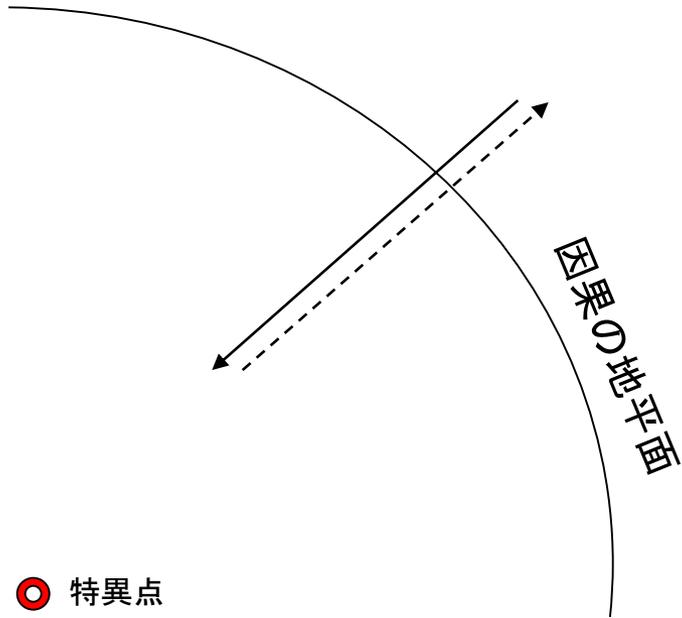


ブラックホールからの放射



○ 特異点

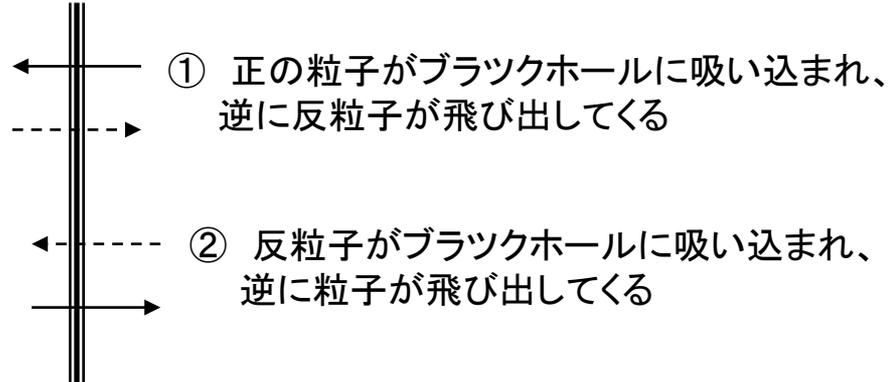
← 粒子がブラックホールに飲み込まれる

---▶ 反粒子がブラックホールから飛び出す

- ・ブラックホールには強い重力が働いているために何でも飲み込む。
- ・因果の地平面(下記参照)より内側に飲み込まれた物質は外に飛び出すことは決して出来ない。
- ・その物理的意味を逆に解釈すると、負のエネルギーを持った反粒子が飛び出してくるのと同等である。
- ・ブラックホールは反粒子にとっては、何でも吐き出すホワイトホールである。
- ・ただし、反粒子は検出器には決して掛からないため、あくまで仮想的な粒子である。
- ・もし反粒子がブラックホールに飛び込み、正のエネルギーを持った粒子がブラックホールから飛び出してくれば、ブラックホールはエネルギーを失って小さくなる。

因果の地平面: 質量を持つ物体には重力が働く。「万有引力の法則」によって、引力は物体の中心(重心)に近づくほど強くなる。引力が強くなると、そこから脱出するためには、速いスピードが必要になる。もしそのスピードが光の速度を超えてしまったら、何物もそこから脱出できない。その脱出が不可能になるほど近づいたときの限界の距離をシュバルツシルト半径またはその境界を因果の地平面という。地球がブラックホールにならない理由は、地球の大きさがシュバルツシルト半径よりもずっと大きいからである。

因果の地平面

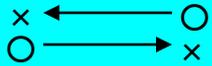


無の空間(エネルギー的には0)における量子的揺らぎによって右の①と②の現象が起きる

ブラックホールからの放射

量子的ゆらぎとは

エネルギーゼロの空間で、粒子が生成され、ごく短い距離移動して、消滅する。

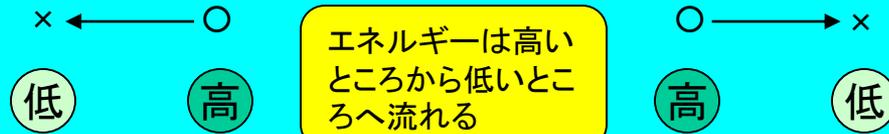


次ぎに粒子が消滅した場所で、逆に粒子が生成され、先ほど粒子が生成された場所で消滅する。

最初に粒子が生成された場所と、それが消滅した場所(ごく短い距離)が熱的に平衡な状態であれば、直ぐに反対の現象(消滅した場所で粒子が生成され、生成した場所で消滅)が起こるが、わずかに、最初に生成され場所の方が温度(エネルギー)が低い場合、下左矢印の方が頻繁に発生する。

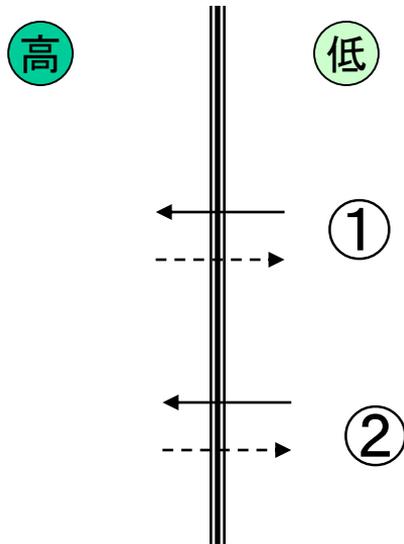
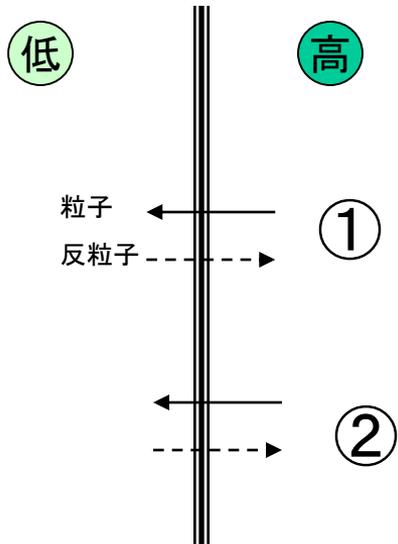
逆に温度が高い場合は、右矢印の方が頻繁に発生する。

※いずれ場合も左右の矢印の反応は起こるが、起こる割合に差が出切る。



A 因果の地平面

B 因果の地平面



ブラックホールの内部と外部の温度の差によって、

- ・Aの場合は②
- ・Bの場合は①

が頻繁に起こる。

従って、ブラックホールの内部の温度が高い場合には、ブラックホールから物質が放射される。

ブラックホールの内と外では、物質の流入、作用の流れが一方通行のため、熱平衡になることはない。

ブラックホールからの放射

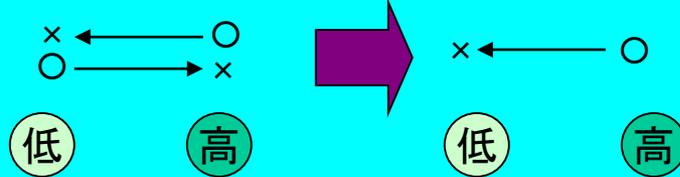
ゆらぎから放射へ

熱平衡にある空間でのゆらぎが、ごく狭い空間内で、左右の運動が瞬時にかつ等しい頻度で起こる。



このときマクロ的に見れば、エネルギーおよび運動量は、時間的、空間的に保存される。

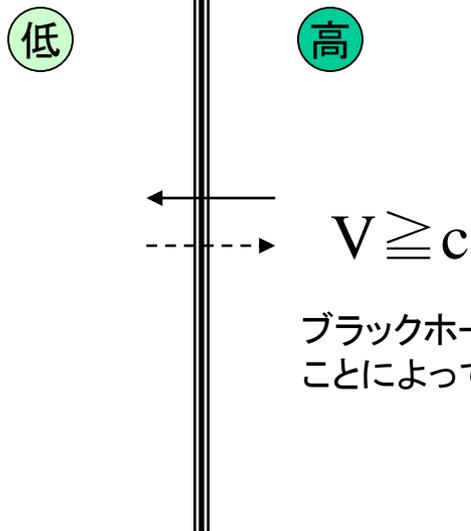
左右の空間が熱平衡でない場合は、一方からの放射が多く起こり、エネルギーが移動し、空間のアンバランスを解消して熱平衡状態に移行させようとする。



左右のエネルギーの流れが同等でない場合、その差の分、エネルギーは右から左に流れる。

このとき○点で生成された粒子は、×点で消滅せず実在粒子として遠方で他の粒子と相互作用を受けるまで長い距離を運動しつづける。なぜならそこで消滅した場合、運動量が保存されないからである。

因果の地平面



本来エネルギーが正の実在粒子は、因果の地平面を越えられない。なぜなら越えるためには光の速度を超える必要がある。

しかし、不確定性原理 $h \leq \Delta x \cdot \Delta p$ によって、ごく短い距離ならば、光の速度を超えることが可能となる。その際粒子はブラックホールから飛び出す。飛び出した後は、光の速度以下で飛行する。

ブラックホールの表面は光の速度で運動しているため、わずかにそれを超えることによって、ブラックホールの外に飛び出すことができる。

ブラックホールからの放射

アインシュタイン効果

本来は光は直進する

質量が大きい天体のそばを通過する際、
光の経路は曲がる

質量の大きい天体

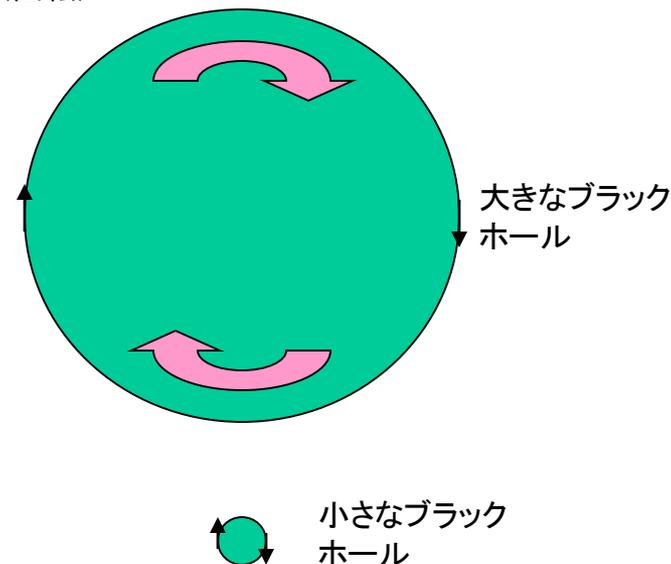
質量が大きいほど(密度が高いほど)その曲がり
は大きくなる

密度の高い物体

ブラックホール表面では光が回転運動をしている。
その経路がブラックホールの表面(因果の地平面)を
形作る。

本来の光の経路(直進)

ブラックホール表面に捕らえられた光の経路
(回転)



ブラックホールが小さければ小さいほど、表面を運動する
光の経路は大きく曲げられる。それは即ち表面での質
量密度が大きいことを意味する。

質量密度は、エネルギー密度に比例する。

質量密度は、その場所での温度に比例する。

ブラックホールは小さいほど表面温度が高い。即ち小さいブラックホールほど、たくさんの粒子がそこから放射されてくる。ブラックホールが小さくなればなるほど放射は激しさを増し、最後は大爆発を起こして消滅してしまう。これがホーキングのいう「ブラックホールの蒸発」である。

ブラックホールからの放射

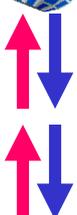
ブラックホールの外部

宇宙船は通常
の天体と同じように
引力の作用を受ける



質量を持つ粒子があると、
互いの重力子を交換する
ことによって引き合う

ブラックホールの外部では
重力子は光の速度で運動



重力を媒介する粒子
(重力子)の放出

ブラックホールの外から見れば
ブラックホール内部については
観測できないため何も言えない。

● 特異点

ブラックホールの外から見れば
言えることは、ブラックホールの
表面(ここから観測可能)から
重力子が放出されていることだけ

ブラックホールの内部



ブラックホールの内部
に落ちた者から見れば、
重力子は光の速度を
超えることはない

● 特異点

ブラックホールの内側に落ちてしまった
物体は、特異点方向からの重力に引
かれる。もはや脱出不可

ブラックホールは普通、強力な重力(引力)の精で何でも飲み込み、大きくなる一方であるが、一方物質を放出して小さくなる。ではなぜ引力が生じるのか？

ブラックホールは外側(因果の地平面の外部)と内側では、様相が異なり、外側から内側を観測することが出来ない。外側ではブラックホールは常に引力しか働かない。

しかしその引力は通常の日体と同じであるため、放出される重力子(重力を媒介する素粒子)は光速で飛び出してくる。ただし内部は観測できないため、(特異点ではなく)ブラックホールの表面から発生しているようにしか捉えられない。

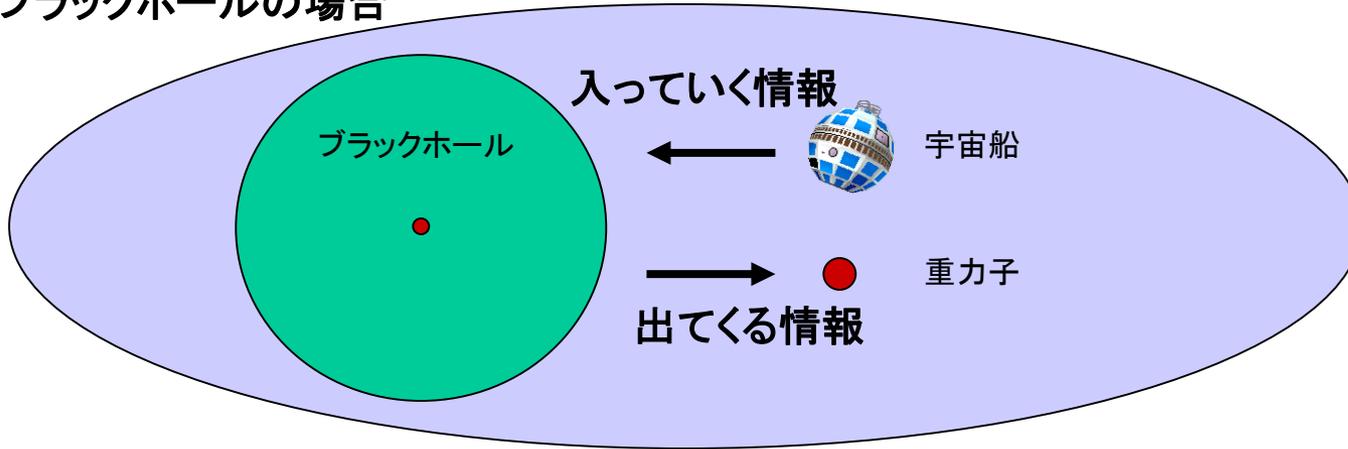
ブラックホールからの放射

ブラックホールの放射に何か情報はあるのか？

それはかつて飲み込んだ物体が持っていた情報が、ブラックホール内部でシャッフルされて、出てきたもの。すなわちブラックホールに落ちて、情報は内部に保存されていて、消えたわけばてない。

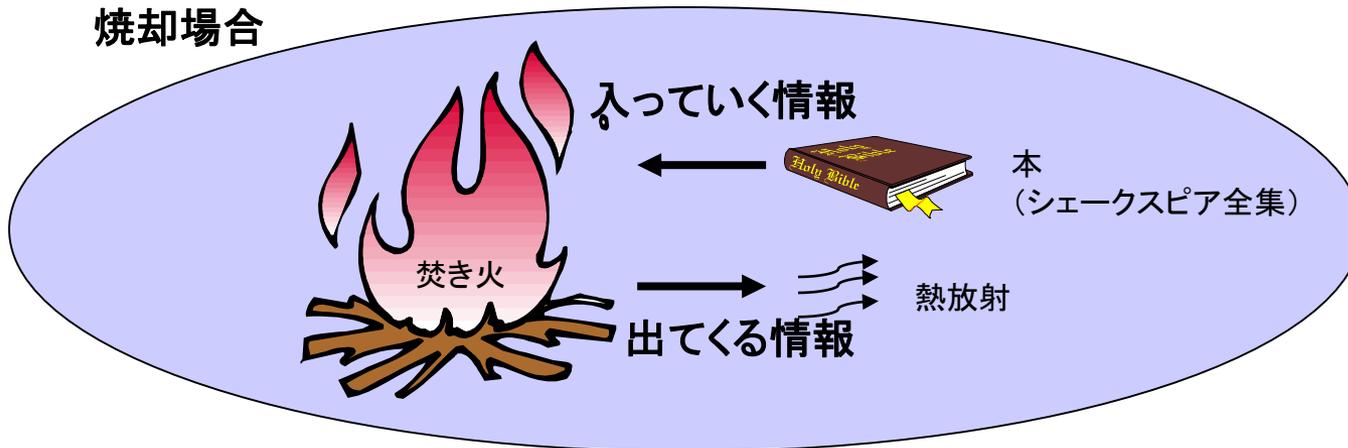
同じように物を燃焼させて、熱となったものから放出された放射の中にも、ランダムに見えるが、元の情報が含まれている。

ブラックホールの場合



$$\begin{array}{l} \text{ブラックホールの内部に有る情報量} \\ + \\ \text{ブラックホールの外部に有る情報量} \\ || \\ \text{宇宙全体の情報量} = \text{不変} \end{array}$$

焼却場合



$$\begin{array}{l} \text{燃焼によって失われた情報量} \\ + \\ \text{熱によって放射された情報量} \\ || \\ \text{全体の情報量} = \text{不変} \end{array}$$

ブラックホールの内部を含めて宇宙全体が持つ情報量は不変である。このことはこの宇宙内部で起きたことすべてが因果律的に閉じている。つまり原因と結果の関係において、すべての事象が宇宙内で完結していることを意味している。宇宙は宇宙外の存在を必要とせず、宇宙自身に内在する一つの自然法則によって完全に成り立つ。これはこの宇宙において神の存在と死後の世界が否定されたことを意味する。

ブラックホールからの放射

ブラックホールに飲み込まれた情報はどこに保存されているのか？

飲み込まれた情報

放射される情報

