

インフレーション宇宙に関する一考察  
～拡張型ブラックホール宇宙モデルの提案～

山脇正人\*

キーワード：ブラックホール、シュワルツシルト半径、事象の地平線、赤方偏移、ビッグバン

概要

宇宙論は現代においても様々なモデルが提案されているが、宇宙を一つのブラックホールと解釈する一説に対して検証と考察を行い、新たなモデルを展開した。事象の地平線が観測点のポテンシャルによってシフトするという予測から、遠方の天体の赤方偏移はドップラーシフトによるものではなく、ブラックホール近傍における重力赤方偏移と等価なものであり、また宇宙のインフレーションは必ずしも天体同士が遠ざかる（空間が膨張する）ものではなく、シュワルツシルト半径が拡大している、という結論に至った。

1. 緒言

近年、ブラックホールの存在を示す観測結果<sup>1</sup>が得られるなど、宇宙物理学への関心が高まっている。現代宇宙論においてはビッグバンモデル<sup>2</sup>が最も支持されているといえるが、近年興味深いモデルも提案されている。その一説<sup>3</sup>によれば、そもそも『我々はブラックホールの中に住んでいる？』とも解釈され、『我々から 138 億光年以上離れた場所は観測できず、宇宙の地平線（私たちに光が届くギリギリの場所）の先にあります。その先には何もないのではなく、観測できないだけで我々と同じような宇宙がずっと広がっているはずです。逆に言えば、138 億光年以上離れた観測者にとっては、我々は見えません。まさにこれはブラックホールと同じ状況です。』<sup>4</sup>と解説されている。そこで今回、この仮説（以下、ブラックホール宇宙モデルと称す）に対する検証と考察を行った。今回の検証と考察には、シュワルツシルト・ブラックホール<sup>5</sup>（質量のみ値を持ち、角運動量と電荷が 0 とする最も単純なモデルのブラックホール）を用いた。

2. ブラックホール

近年、銀河 M87 近傍から放出される光に、ブラックホールの存在を示す証拠となる赤方偏移が観測されたことが発表<sup>1</sup>されている。ブラックホールは図 1 のように光すら脱出できなくなる重力場が形成されるが、その条件は①式のようになる。

$$r_s = \frac{2GM}{c^2} \quad \text{①}$$

( $r_s$  : シュワルツシルト半径<sup>6</sup>、 $G$  : 万有引力定数、 $M$  : 質量、 $c$  : 光速)

---

\* 国立研究開発法人産業技術総合研究所分析計測標準研究部門

e-mail: [yamawaki.masato@aist.go.jp](mailto:yamawaki.masato@aist.go.jp)

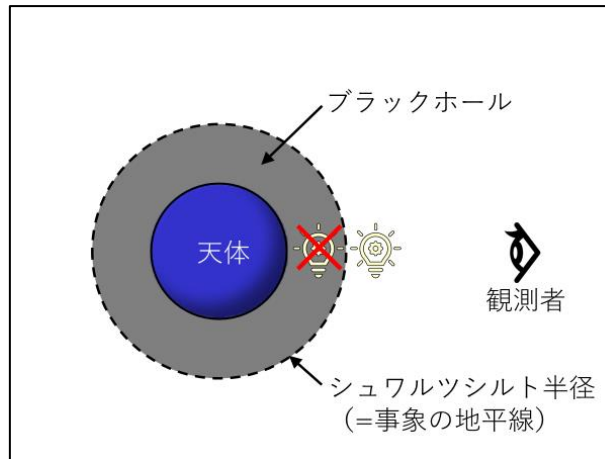


図1 ブラックホール

ある天体の半径がシュワルツシルト半径 $r_s$ 以下になるとき、その天体はブラックホールとなる。ブラックホールは超高密度な天体であるとイメージされることが多い。しかし、①式においては質量 $M$ と半径 $r_s$ が比例関係にあることから、例えば質量 $M$ が2倍になると、体積は8倍（半径 $r_s$ の3乗に比例）となり、その密度は1/4倍となる。つまり、ブラックホールは「質量」が大きくなればなるほど、その「密度」は小さくなっていくのである。よって、「超巨大」で「低密度」なブラックホールも存在しうることになる。そこで、このようなブラックホールを「超巨大低密度ブラックホール」（図2）と呼ぶことにする。

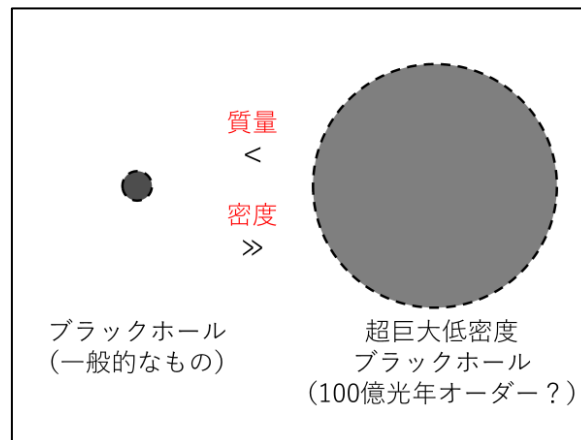


図2 超巨大低密度ブラックホール

### 3. ブラックホール宇宙モデル

ブラックホール宇宙モデルを解釈すると、図3のようなイメージとなる。この仮説に対する検証を、シュワルツシルト・ブラックホールを用いて行った。

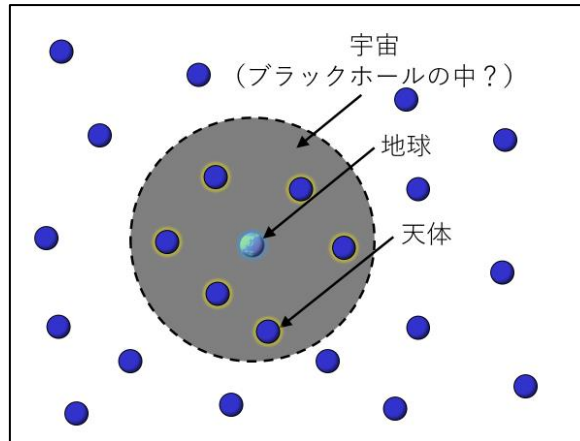


図3 ブラックホール宇宙モデルのイメージ

まず、宇宙を質量 $M$ で半径 $R$ の集合体と考え、①式からシュワルツシルト半径 $r_s$ を求める。観測可能な宇宙の全質量 $M$ は $1 \times 10^{53}$  kg (平均的な天体の質量 $2 \times 10^{30}$  kg、天体数 $5 \times 10^{22}$ 個で計算)、万有引力定数 $G$ は $6.67 \times 10^{-11}$  m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> s<sup>-2</sup>であることから、シュワルツシルト半径 $r_s$ は $1.48 \times 10^{26}$  mとなる。一方で、観測可能な宇宙の大きさが、138 億光年<sup>8</sup> (1 光年は約 $1 \times 10^{16}$  m) とすると $1.38 \times 10^{26}$  m となり、シュワルツシルト半径 $r_s$ と観測可能な宇宙の半径 $R$ がほぼ一致する。よって、『我々はブラックホールの中に住んでいる?』とするブラックホール宇宙モデルは、まんざらでもなく思える。

#### 4. 超巨大低密度ブラックホールの存在

ところで、我々の住む宇宙にはブラックホールなどのダークマター・ダークエネルギー<sup>9</sup>が存在し、その質量は観測可能な宇宙の全質量 $M$ の 20 倍以上とされる。宇宙の全質量を観測可能な宇宙の全質量 $M$ の 20 倍とするとシュワルツシルト半径 $r_s$ も 20 倍となり、観測可能な宇宙の大きさは当然一致しないことになるが、一方で次のような矛盾が生じる。ブラックホールの平均的な密度を $\rho$ とすると、ブラックホールの全質量 $M$ は

$$M = \frac{4\pi r_s^3}{3} \rho \quad (2)$$

( $\rho$ : ブラックホールの平均的な密度)

となる。ここで①式に②式を代入し、 $r_s$ に対して整理すると

$$r_s = \sqrt{\frac{3c^2}{8\pi G\rho}} \quad (3)$$

となる。つまり、 $\rho$ が 20 倍であれば③式より $r_s$ は約 0.22 倍となり、半径が約 33 億光年の「超巨大低密度ブラックホール」が存在する条件を満たす。また宇宙の密度が均一であるならば、この「超巨大低密度ブラックホール」は我々の宇宙のどこにでも存在しうる(地球と重なることさえも)ことになる。よって、「超巨大低密度ブラックホールが作り上げる事象の地平線」が我々の住む宇宙のあちらこちらで観測されなければならない。

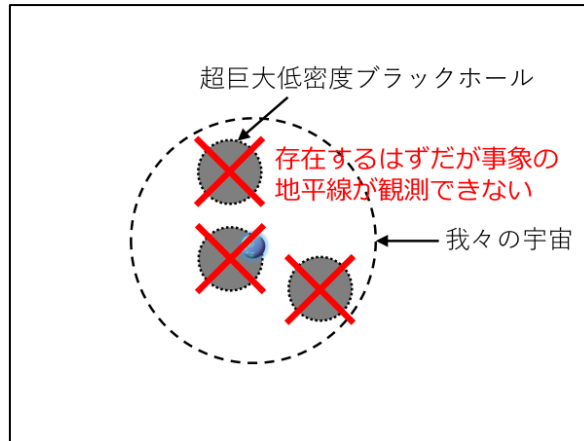


図4 存在するはずの「超巨大低密度ブラックホール」はどこへいったのか？

しかしながら、半径約 33 億光年もの巨大な事象の地平線がどこにも観測されないことから図4のような『存在するはずの「超巨大低密度ブラックホール」はどこへいったのか？』という疑問が生まれる。そこでこの疑問を解決すべく、図5のように「事象の地平線は観測点によってシフトする」と予測して考察をおこなった。

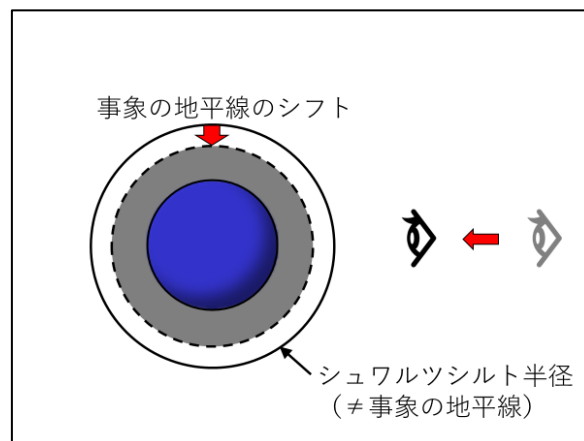


図5 事象の地平線が観測点によってシフトする（事象の地平線≠シュワルツシルト半径）という予測

## 5. 事象の地平線のシフト

「事象の地平線のシフト」について考察する前に、まず天体の重力ポテンシャルについて整理しよう。

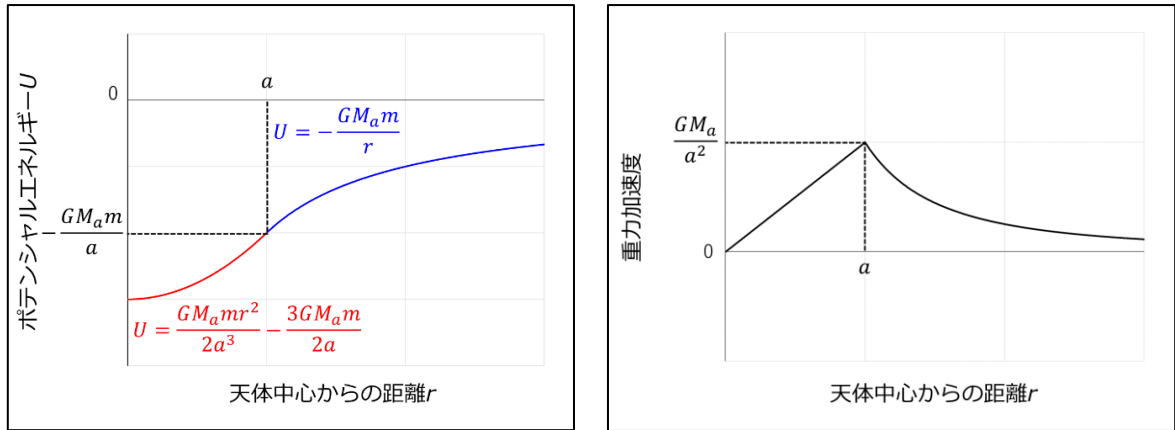


図6 天体のポテンシャルエネルギー（左）と重力加速度（右）

ある天体の半径を $a$ 、質量を $M_a$ 、ある粒子の質量を $m$ とすると、天体の外側（ $r \geq a$ ）のポテンシャルエネルギー $U$ （図6の青線）は

$$U = -\frac{GM_a m}{r} \quad (4)$$

となり、天体の内側（ $r \leq a$ ）のポテンシャルエネルギー $U$ （図6の赤線）は

$$U = \frac{GM_a m r^2}{2a^3} - \frac{3GM_a m}{2a} \quad (5)$$

となる。参考までに、重力加速度は図6（右）のようになり $r = a$ が最大値となる。

④式のポテンシャルエネルギー $U$ と、慣性系（速度 $v$ ）の運動エネルギー $K$ の和となる全エネルギー $E$ は

$$E = U + K = -\frac{GM_a m}{r} + \frac{1}{2}mv^2$$

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{GM_a m}{r^2} \text{ であるから}$$

$$K = \frac{GM_a m}{2r} \quad (6)$$

$$E = -\frac{GM_a m}{2r} \quad (7)$$

となり、⑤式のポテンシャルエネルギー $U$ と慣性系（速度 $v$ ）の運動エネルギー $K$ の和となる全エネルギー $E$ は

$$E = U + K = \frac{GM_a m r^2}{2a^3} - \frac{3GM_a m}{2a} + \frac{1}{2}mv^2$$

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{GM_a m r}{a^3} \text{ であるから}$$

$$K = \frac{GM_a m r^2}{2a^3} \quad (8)$$

$$E = \frac{GM_a m r^2}{a^3} - \frac{3GM_a m}{2a} \quad (9)$$

となる。さて、天体中心からの距離 $r$ を観測点とする事象の地平線のシフト $\Delta r_s$ について考えるが、ここではポテンシャルエネルギーを用いたニュートン力学的考察をおこなう。ある粒子の運動エネルギー $K$ が持ちうる最大値を $\frac{1}{2}mc^2$ とし、シフトした事象の地平線( $r_s - \Delta r_s$ )と観測点 $r$ のエネルギー差が常に $\frac{1}{2}mc^2$ を満たすと考える。ちなみに、観測点 $r$ のエネルギーは「自由落下系」であるポテンシャルエネルギー $U$ の場合と「慣性系」である全エネルギー $E$ の場合が想定されるが、ここでは観測点 $r$ が「慣性系」となる全エネルギー $E$ の場合について考察する。

まず、 $r_s \geq a$ の場合、

$$\frac{1}{2}mc^2 = -\frac{GM_a m}{2r} - \left( -\frac{GM_a m}{(r_s - \Delta r_s)} \right)$$

$$r_s - \Delta r_s = \frac{2GM_a r}{rc^2 + GM} \quad (10)$$

となる。 $r \rightarrow \infty$ の時は $\Delta r_s = 0$ となり①式が成立することから、⑩式は一般相対性理論と漸近する。

次に、 $r_s = a$ 場合を考えると

$$\frac{1}{2}mc^2 = -\frac{GM_a m}{2r} - \left( \frac{GM_a m (r_s - \Delta r_s)^2}{2r_s^3} - \frac{3GM_a m}{2r_s} \right)$$

$$c^2 = -\frac{GM_a}{r} - \left( \frac{GM_a (r_s - \Delta r_s)^2}{r_s^3} - \frac{3GM_a}{r_s} \right)$$

$$c^2 = \frac{3GM_a}{r_s} - \frac{GM_a}{r} - \frac{GM_a (r_s - \Delta r_s)^2}{r_s^3} \quad (11)$$

となる。ここで①式から得られる $c^2 = 2GM/r_s$ を用いると、 $r \rightarrow \infty$ の時は $\Delta r_s = 0$  (または $2r_s$ ) となることから、⑪式は一般相対性理論と漸近する。また、 $r = r_s$ の時は $\Delta r_s = r_s$ となり、図7のように事象の地平線は一点に収束する ( $(r_s - \Delta r_s) = 0$ )。つまり、事象の地平線は近づけば遠のく「逃げ水」のようなものと解釈される。

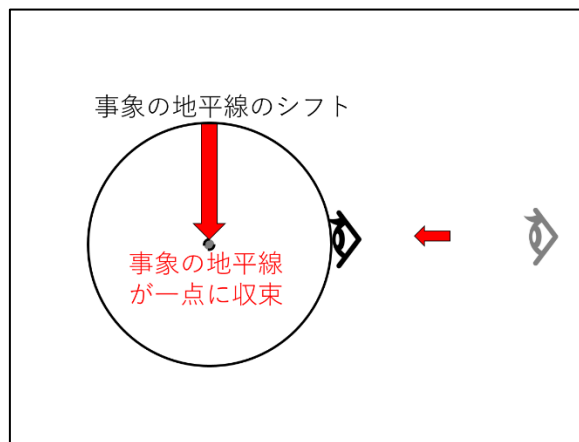


図7 観測点がシュワルツシルト半径まで近づくと事象の地平線が一点に収束するという解釈

次に、 $r_s \leq a$ の場合（事象の地平線が天体内部に位置）を考えると

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}mc^2 &= -\frac{GM_a m}{2r} - \left( \frac{GM_a m (r_s - \Delta r_s)^2}{2a^3} - \frac{3GM_a m}{2a} \right) \\ c^2 &= -\frac{GM_a}{r} - \left( \frac{GM_a (r_s - \Delta r_s)^2}{a^3} - \frac{3GM_a}{a} \right) \\ c^2 &= \frac{3GM_a}{a} - \frac{GM_a}{r} - \frac{GM_a (r_s - \Delta r_s)^2}{a^3} \quad (12) \end{aligned}$$

となる。同様に①式から得られる $c^2 = 2GM/r_s$ を用いると、 $r \rightarrow \infty$ 、 $\Delta r_s = 0$ の時、 $a = r_s$ （または $-r_s$ ）となる。これは、「観測点 $r$ が天体に近づかない限り、事象の地平線が天体内部に位置することは無い」と解釈できる。また、 $r = r_s (= \Delta r_s)$ の時、 $a = r_s$ となる。

ここで漸くではあるが、図4の疑問となる『存在するはずの「超巨大低密度ブラックホール」はどこへいったのか?』について考える。そのために、 $r \leq a$ の場合（観測点 $r$ が天体内部）を考えると、

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}mc^2 &= \left( \frac{GM_a m r^2}{a^3} - \frac{3GM_a m}{2a} \right) - \left( \frac{GM_a m (r_s - \Delta r_s)^2}{2a^3} - \frac{3GM_a m}{2a} \right) \\ c^2 &= \frac{GM_a}{a^3} (2r^2 - (r_s - \Delta r_s)^2) \quad (13) \end{aligned}$$

となる。同様に①式から得られる $c^2 = 2GM/r_s$ を用いると、⑫式と同様に $r = r_s (= \Delta r_s)$ の時、 $a = r_s$ となる（⑬式と⑫式は連続）。これは、常に半径 $a = r_s$ の天体表面と観測者が同じ位置にあり、また、少なくとも観測者から半径 $r_s$ 以内の場所には事象の地平線が観測されることはないことを意味する。よって、図8のように『存在するはずの「超巨大低密度ブラックホール」は観測者の常に目の前（ $4\pi$ 方向）に存在し、シフトした事象の地平線が宇宙の果てをつくりあげている』（つまり、観測者から常に半径 $r_s$ の場所に事象の地平線が存在する）と解釈することができる。もし、事象の地平線のシフト $\Delta r_s$ を考慮しなければ『観測者から常に半径0の場所が事象の地平線』となってしまう、我々の宇宙を説明することができない。また、一般相対性理論で取り扱う図6（右）の重力加速度は $r = a$ が最大値となるため、事象の地平線のシフトは考慮し難しい。

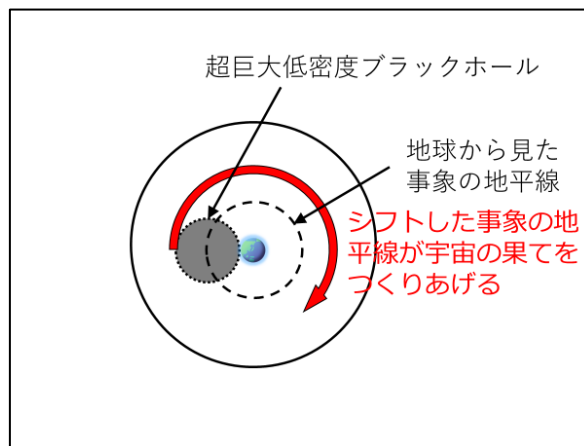


図8 超巨大低密度ブラックホールのシフトした事象の地平線が宇宙の果てをつくりあげるという解釈

## 6. ブラックホール宇宙の赤方偏移

次に、ブラックホールがもたらす時間が遅れについて考える。一般相対性理論によれば図9のように強い重力場による時間の遅れや赤方偏移が生じ、事象の地平線上では時間が停止していることになる。

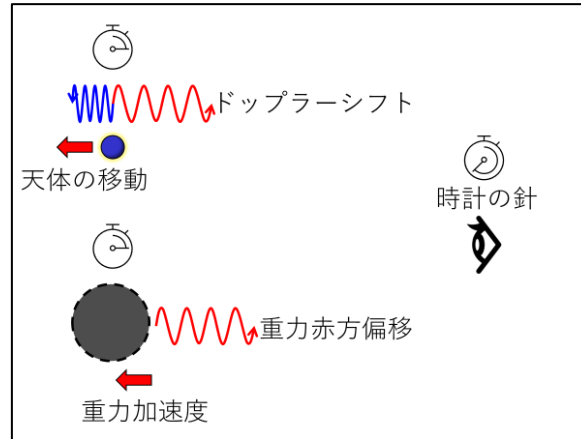


図9 時間の遅れと赤方偏移

まず、特殊相対性理論<sup>10</sup>の式

$$t = \frac{t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (14)$$

( $t$  : 静止系の時間、 $t'$  : 慣性系の相対時間、 $v$  : 慣性系の相対速度、 $c$  : 光速)  
 に対して、観測点 $r$ が天体 $a$ の外側 ( $r \geq a$ ) であるときの運動エネルギー $K$ は⑥式より

$$K(r) = \frac{1}{2}mv_r^2 = \frac{GM_a m}{2r} \rightarrow v_r^2 = \frac{GM_a}{r}$$

$$K(r_s) = \frac{1}{2}mv_{r_s}^2 = \frac{1}{2}mc^2 = \frac{GM_a m}{2r_s} \rightarrow c^2 = \frac{GM_a}{r_s}$$

( $v_r$  : 観測点 $r$ の運動エネルギー $K$ の速度成分、 $v_{r_s}$  : 観測点 $r_s$ の運動エネルギー $K$ の速度成分)  
 となり、⑭式に当てはめて考えると

$$t = \frac{t_r}{\sqrt{1 - \left(\frac{GM_a}{r}\right) / \left(\frac{GM_a}{r_s}\right)}} = \frac{t_r}{\sqrt{1 - \frac{r_s}{r}}} \quad (15)$$

( $t$  : 静止系( $r = \infty$ )の時間、 $t_r$  : 慣性系 (観測点 $r$ ) の相対時間)  
 となる。観測点 $r$ が $r_s$ に近づくとしたがつて時間の遅れが生じる。

同様に、観測点 $r$ が天体 $a$ の内側 ( $r \leq a$ ) であるときの運動エネルギー $K$ は⑧式より

$$\frac{1}{2}mv_r^2 = \frac{GMmr^2}{2r_s^3} \rightarrow v_r^2 = \frac{GMr^2}{r_s^3}$$

$$\frac{1}{2}mv_{r_s}^2 = \frac{1}{2}mc^2 = \frac{GMmr_s^2}{2r_s^3} \rightarrow c^2 = \frac{GM}{r_s}$$



となり、同様に⑭式に当てはめて考えると

$$t = \frac{t_r}{\sqrt{1 - \frac{(GMr^2)}{r_s^3} / \left(\frac{GM}{r_s}\right)}} = \frac{t_r}{\sqrt{1 - \frac{r^2}{r_s^2}}} \quad (16)$$

となる。⑬式により「観測者から常に半径 $r_s$ の場所に事象の地平線が存在する」と解釈できることから、 $t$ は観測者の時間、 $t_r$ は観測者からの距離 $r$ における相対時間となる。よって、観測者からの距離 $r$ が $r_s$ に近づく（つまり、観測者から遠ざかる）にしたがって時間の遅れが生じることになる。ここで、⑭式と⑯式を比較すると

$$\frac{v^2}{c^2} = \frac{r^2}{r_s^2} \rightarrow u_r = \frac{r}{r_s} c \quad (17)$$

の関係が得られる。これはハッブルの法則<sup>11</sup>と等価であることから、図10のようにブラックホール宇宙では観測点からの距離が遠い天体ほど赤方偏移すると考えるができる。重力赤方偏移について特殊相対性理論を用いた考察については、本プレプリント ver.2 を参照されたい。

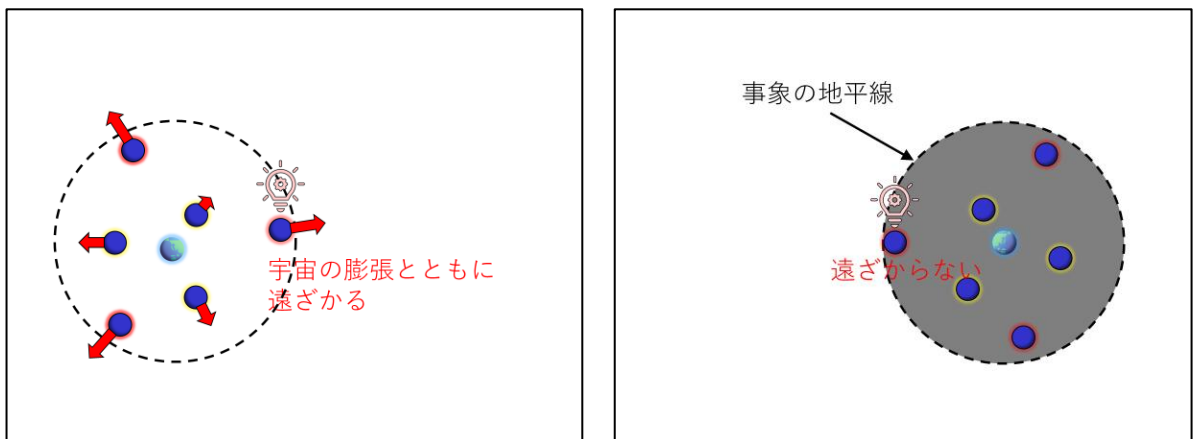


図10 ハッブルの法則によるドップラーシフト赤方偏移（左）とブラックホール宇宙の重力赤方偏移という解釈（右）

## 7. ブラックホール宇宙のインフレーション

次に、ブラックホールのインフレーションについて考える。ブラックホールは周囲の天体などを取り込み膨張することができるが、これは次のような関係式で表現することができる。

$$r_s + \Delta r_s = \frac{2G(M + \Delta M + 4\pi r_s^2 \rho_{\Delta r_s} \Delta r_s)}{c^2} \quad (18)$$

( $\Delta M$  : ブラックホールが周囲から取り込んだ質量、 $\Delta r_s$  : シュワルツシルト半径の増減、 $\rho_{\Delta r_s}$  : 膨張した領域の密度)

また、⑱式に②式を用いて $\Delta r_s$ に対して整理すると

$$\Delta r_s = \frac{r_s \Delta M}{M - 4\pi r_s^3 \rho_{\Delta r_s}} = \frac{\Delta M}{4\pi r_s^2 (\rho/3 - \rho_{\Delta r_s})} \quad (19)$$

となる。つまり、ブラックホールが誕生した直後（初期のブラックホール宇宙）は $\rho/3 \gg \rho_{\Delta r_s}$ であるため、周囲の物質を取り込むことで膨張するとともに密度が低下する。一方で、ブラックホ

ールが成長（「超巨大低密度ブラックホール」化）して $\rho/3 < \rho_{\Delta r_s}$ となると、⑩式の $\Delta M$ は負である必要があり、周囲の物質を取り込むことで膨張することができなくなる。そこで超巨大低密度ブラックホールまで成長した宇宙の膨張について以下のように考察した。

⑬式から「観測者から常に半径 $r_s$ の場所に事象の地平線が存在する」と解釈するならば、事象の地平線を越えた位置に存在する物質も宇宙の全質量から除外されると解釈できる。つまり「ブラックホールの誕生は質量の消滅に等しい」と予測した。

予測の検証として、全質量 $M$ 、半径 $R$ 、平均的な密度 $\rho$ の「あるブラックホール宇宙」を考え、ニュートン力学的に考えると

$$M = \int_0^R 4\pi r^2 \rho dr = \frac{4}{3} \pi \rho R^3 \quad (20)$$

となる。次に、質量に対する特殊相対性理論の式

$$M' = \frac{M}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (21)$$

( $M$ ：静止系の質量、 $M'$ ：慣性系の相対質量、 $v$ ：慣性系の相対速度、 $c$ ：光速)を用いると

$$M_r = \frac{M}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \rightarrow \frac{4\pi r^3}{3} \rho_r = \frac{4\pi r^3}{3} \frac{\rho}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\rho_r = \frac{\rho}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (22)$$

( $M$ ：静止系の質量、 $M_r$ ：慣性系の相対質量、 $\rho$ ：静止系の密度、 $\rho_r$ ：慣性系の相対密度)が得られる。⑮式を導いた時と同様に、⑳式は

$$\rho_r = \frac{\rho}{\sqrt{1 - r_s/r}} \quad (23)$$

のように変換できるため、半径 $r_s$ から $R$ までを積算した全質量 $M_i$ （つまり、半径 $r_s$ のブラックホールの質量を除外）は

$$M_i = \int_{r_s}^R 4\pi r^2 \rho_r dr = \int_{r_s}^R \frac{4\pi r^2 \rho}{\sqrt{1 - r_s/r}} dr \quad (24)$$

となる。ここで $r_s/r = s$ として計算<sup>12</sup>すると

$$\begin{aligned} M_i &= -4\pi\rho \int_{\frac{r_s}{R}}^1 \frac{r_s^2}{s^2 \sqrt{1-s}} \left(-\frac{r_s}{s^2} ds\right) = 4\pi\rho r_s^3 \int_{\frac{r_s}{R}}^1 \frac{1}{s^4 \sqrt{1-s}} ds \\ &= 4\pi\rho r_s^3 \left[ -\frac{\sqrt{1-s}}{3s^3} + \frac{5\sqrt{1-s}}{12s^2} + \frac{5\sqrt{1-s}}{8s} - \frac{5}{8} \tan^{-1} \sqrt{1-s} \right]_{\frac{r_s}{R}}^1 \end{aligned}$$

$$= 4\pi\rho r_s^3 \left( \frac{R^3}{3r_s^3} \sqrt{1-r_s/R} - \frac{5R^2}{12r_s^2} \sqrt{1-r_s/R} - \frac{5R}{8r_s} \sqrt{1-r_s/R} + \frac{5}{8} \tan^{-1} \sqrt{1-r_s/R} \right) \quad (25)$$

$R \gg r_s$  のとき

$$M_i \cong 4\pi\rho r_s^3 \left( \frac{R^3}{3r_s^3} \sqrt{1 - r_s/R} \right) \cong \frac{4}{3}\pi\rho R^3 \quad (26)$$

となり、 $M \cong M_i$  より⑳式と㉔式は漸近する。

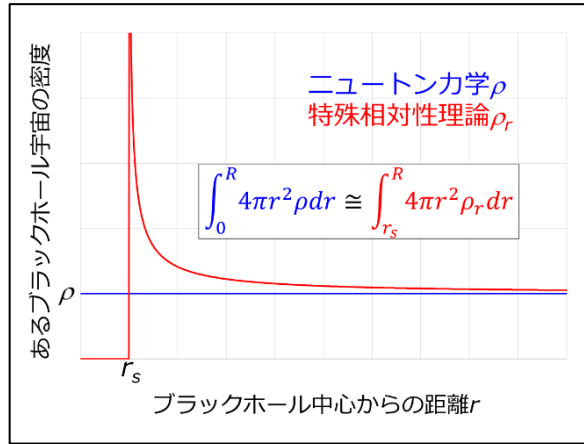


図 1 1 ブラックホールの質量は宇宙の全質量から無視できるという解釈

以上のことから、図 1 1 のようにブラックホールの質量は宇宙の全質量から無視できることとなり、図 1 2 のようにブラックホールの誕生 ( $\Delta M < 0$ ) により超巨大低密度ブラックホール宇宙が成長できるようになる。ちなみに、 $\rho = \rho_{\Delta r_s}$  では③式より  $r_s$  も一致することからブラックホール宇宙とその外側の時空間 (外側のブラックホール宇宙?) は重なり合う。例えば、仮に加速器などで超小型のブラックホールが誕生したとすると、周囲から質量を取り込むことですぐに低密度化してしまい、我々の宇宙と重なり合う。

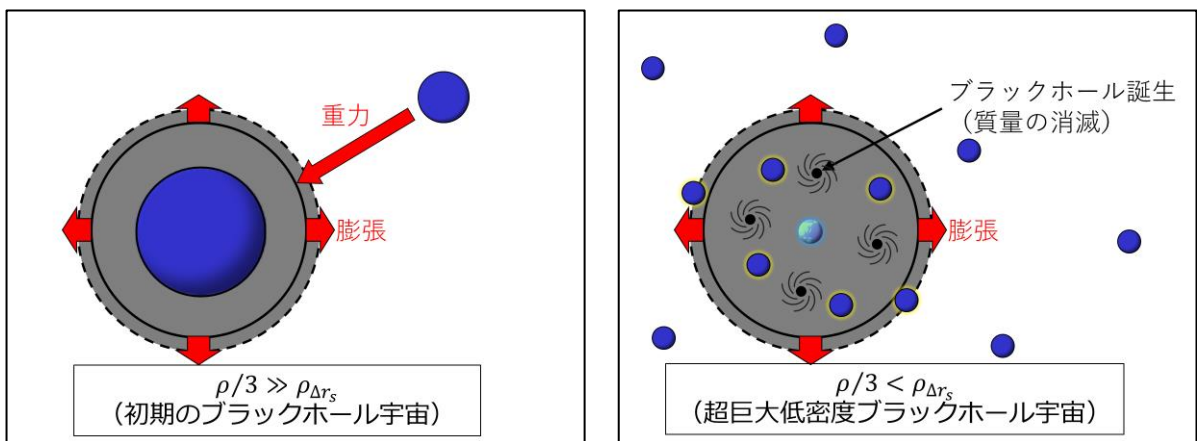


図 1 2 初期ブラックホール宇宙のインフレーション (左) と成長したブラックホール宇宙 (超巨大低密度ブラックホール) のインフレーション (右) についての解釈

ここで、『我々はブラックホールの中に住んでいる?』とするブラックホール宇宙モデルに戻る。⑲式で予測したように「ブラックホールの誕生は質量の消滅に等しい」と考えると、観測可能な宇宙の全質量  $M$  から導かれたシュワルツシルト半径  $r_s$  と観測可能な宇宙の半径  $R$  がほぼ一致す

ることから、『我々の宇宙は一つのブラックホールである』という結論に至る。

最後に、⑲式から導かれる解釈を加えて本考察を終える。⑲式に対する単位時間当たりの変化 ( $\Delta t$ ) について考えると

$$\frac{\Delta r_s}{\Delta t} = \frac{1}{4\pi r_s^2 (\rho/3 - \rho_{\Delta r_s})} \frac{\Delta M}{\Delta t} \quad (27)$$

となり、宇宙は光速で膨張していることから  $\Delta r_s / \Delta t = c$  として、⑳式を整理すると

$$\Delta M = 4\pi r_s^2 c (\rho/3 - \rho_{\Delta r_s}) \Delta t \quad (28)$$

となり、初期のブラックホール宇宙 ( $\rho/3 \gg \rho_{\Delta r_s}$ ) においては天体を取り込み膨張するとともに時間が経過し、超巨大低密度ブラックホール宇宙 ( $\rho/3 < \rho_{\Delta r_s}$ ) においてはブラックホールの誕生 ( $\Delta M < 0$ ) とともに膨張し、時間が経過 ( $\Delta t > 0$ ) すると解釈することができる。すなわち、図 13 のように宇宙の膨張が無ければブラックホール宇宙の時間も進まない。

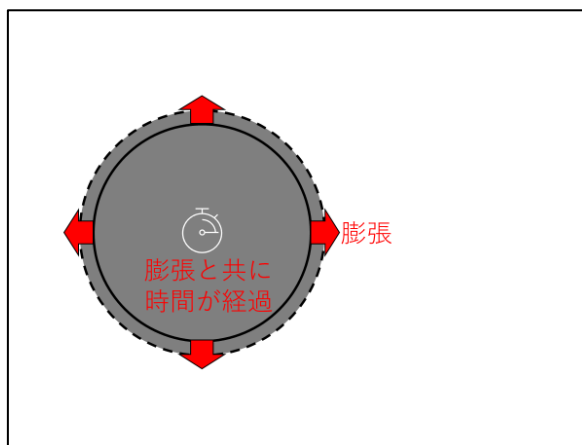


図 13 ブラックホール内部では膨張と共に時間が経過するという解釈

## 8. 結言

今回、『我々はブラックホールの中に住んでいる?』という一説から、ブラックホール宇宙モデルについて検証し、「拡張型ブラックホール宇宙モデル」を提案した。本モデルは、1960年代多くの科学者から支持されていた定常宇宙モデル<sup>13</sup>に近いイメージを持たれるかと思うが、その始まりは超新星爆発などによるブラックホールの誕生に帰することから、ビッグバンモデルにも近い。本モデルとビッグバンモデルとの決定的な違いとしては、そのインフレーションにあり、ビッグバンモデルは空間が膨張する（天体同士が遠ざかる）に対し、本モデルはシュワルツシルト半径が膨張する（天体同士は遠ざからない）という点にある。

ニュートン力学と一般相対性理論は様々な条件下において漸近するが、これはシュワルツシルト半径  $r_s$  の導出においても当てはまる<sup>14</sup>。決定的な違いとしては、ニュートン力学ではシュワルツシルト半径から一時的に有限の距離まで飛び出すことが可能（最終的に戻ってくる）であることに対し、重力加速度を議論する一般相対性理論ではシュワルツシルト半径から外には一瞬たりとも出ることができない、という点にある。この点において、今回の検証にあたって予測した「観測点により事象の地平線がシフトする」という考えは、いわゆる「観測者効果」のような問題を

生じさせてしまうことになる。(一般相対性理論が重力加速度で議論した理由は、この問題を回避するためではないか?と筆者は考えている)しかしながら、電子の二重スリット実験<sup>15</sup>などからみられるように、現代物理学において「観測者効果」は無視できないことから、「観測点により事象の地平線がシフトする」という考えも一概に否定することはできない。

#### 付記

本原稿は、産業技術調査の一部から個人的な考察をしたものである。

#### 参考文献

- 
- <sup>1</sup> The Event Horizon Telescope Collaboration *et al* 2019 *ApJL* **875** L1, <https://doi.org/10.3847/2041-8213/ab0ec7>
  - <sup>2</sup> R. A. Alpher, H. Bethe, and G. Gamow, *Phys. Rev.* 73, 803 – Published 1 April 1948, <https://doi.org/10.1103/PhysRev.73.803>
  - <sup>3</sup> Popławski, N.J. A nonsingular, anisotropic universe in a black hole with torsion and particle production. *Gen Relativ Gravit* 53, 18 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10714-021-02790-7>
  - <sup>4</sup> <https://dot.asahi.com/dot/2022022500042.html?page=1>
  - <sup>5</sup> <https://astro-dic.jp/black-hole/>
  - <sup>6</sup> <https://astro-dic.jp/schwarzschild-radius/>
  - <sup>7</sup> [https://w.wiki/4\\$C2](https://w.wiki/4$C2)
  - <sup>8</sup> <https://www.nao.ac.jp/faq/a0602.html>
  - <sup>9</sup> <https://astro-dic.jp/%ce%bbcdm-model/>
  - <sup>10</sup> A. Einstein, (June 30, 1905), *Annalen der Physik (Leipzig)* 322 (10): 891–921, <https://doi.org/10.1002%2Fandp.19053221004>
  - <sup>11</sup> Hubble, E. P., 1929, *Proc. National Academy of Science of the USA*, Vol. 15, 168, <https://doi.org/10.1073/pnas.15.3.168>
  - <sup>12</sup> [無理関数の原始関数の一覧 - Wikipedia](#)
  - <sup>13</sup> F. Hoyle, A New Model for the Expanding Universe, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 108, Issue 5, October 1948, Pages 372–382, <https://doi.org/10.1093/mnras/108.5.372>
  - <sup>14</sup> <https://youtu.be/46g2QvXVj1s>
  - <sup>15</sup> Jönsson C, *Zeitschrift für Physik*, 161:454, <https://doi.org/10.1007/BF01342460>