

# 「宇宙はブラックホールである」 という仮説についての一考察

ブラックホールと原子核  
そして超伝導のアナロジー

山脇正人

# はじめに

<https://natgeo.nikkeibp.co.jp/atcl/gallery/122301601/>



2022年ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡の運用開始  
標準理論では説明困難な観測結果が連日のように報告

- ・ 最古の銀河発見 <https://doi.org/10.3847/2041-8213/ac947c>
- ・ 遠方銀河の自転方向に偏り <https://doi.org/10.1093/mnras/staf292>

→密かに「ブラックホール宇宙論」が再注目

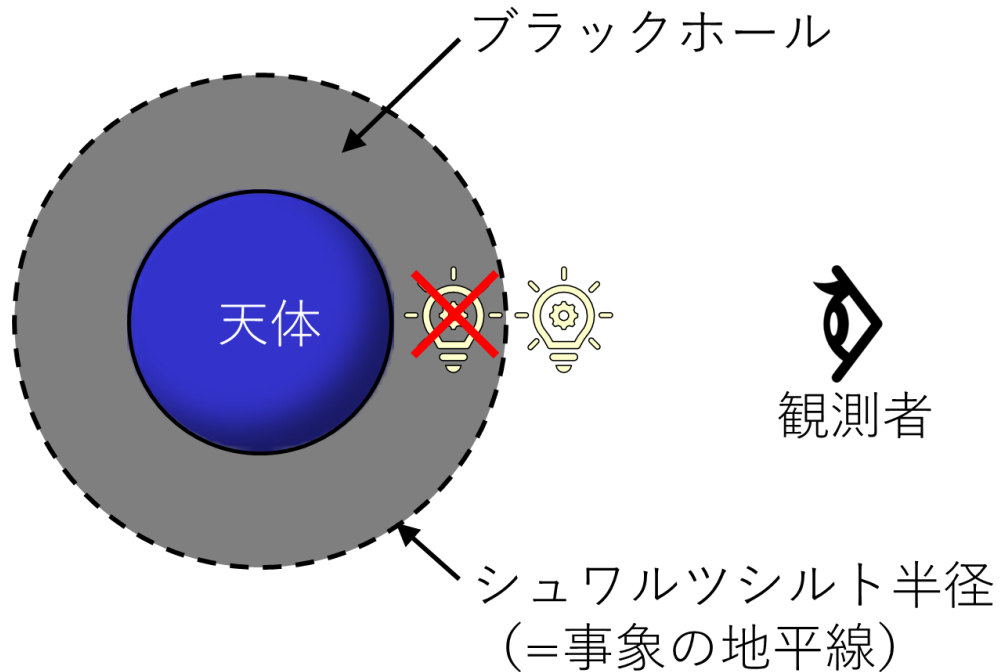
『宇宙はブラックホールの中にある？』

# アウトライン

1. ブラックホール宇宙モデルの背景
2. ブラックホール宇宙モデルの考察
3. ブラックホール宇宙モデルの深掘り
4. ブラックホール宇宙モデルのインフレーション
5. ブラックホール宇宙モデルの構築
6. まとめ

※詳細は<https://doi.org/10.51094/jxiv.63>参照

# ブラックホールとは



～ブラックホールの半径～

$$r_s = \frac{2GM_{r_s}}{c^2}$$

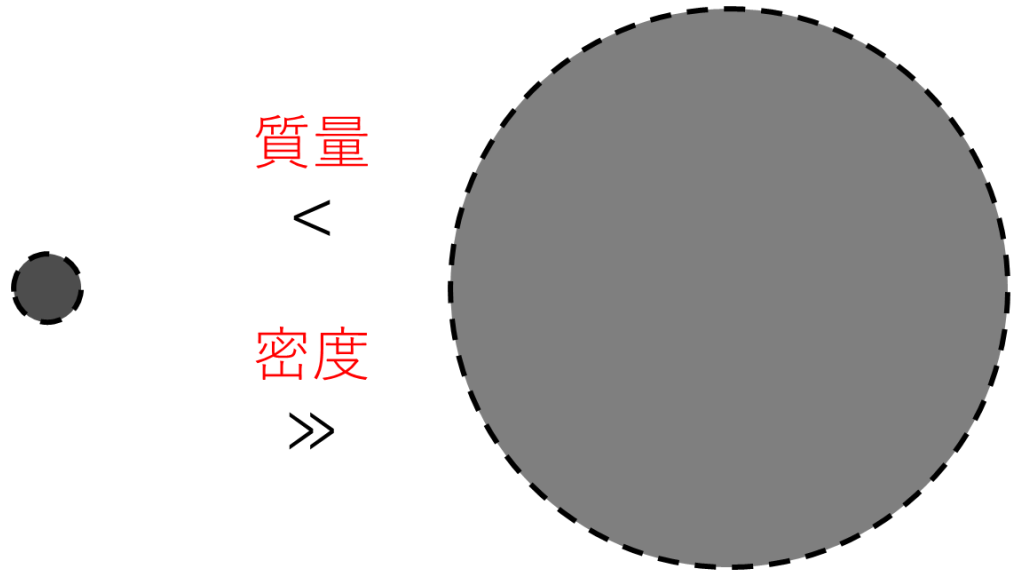
( $r_s$  : シュワルツシルト半径、 $G$  : 万有引力定数、 $M_{r_s}$  : ブラックホールの質量、 $c$  : 光速)

# 巨大低密度ブラックホール

$$r_s = \frac{2GM_{r_s}}{c^2}$$

→半径が2倍になると密度は1/4

$$M_{r_s} = \frac{4\pi r_s^3}{3} \rho$$



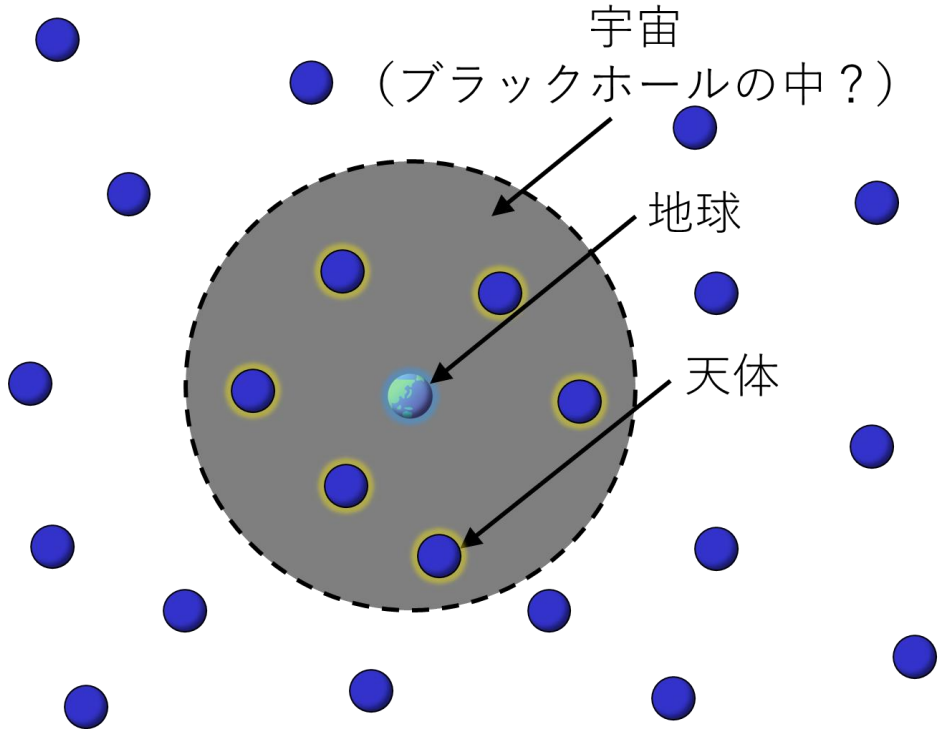
ブラックホール  
(一般的なもの)

巨大低密度ブラックホール  
(100億光年オーダー?)

もしも宇宙サイズのブラック  
ホールがあればかなり低密度

# ブラックホール宇宙モデルとは

「巨大低密度ブラックホールこそが我々の宇宙である」



$$r_s = \frac{2GM}{c^2} \cong 1.48 \times 10^{26} \text{ m} \quad \frac{2 \times 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2} \times 1 \times 10^{53} \text{ kg}}{(3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1})^2}$$

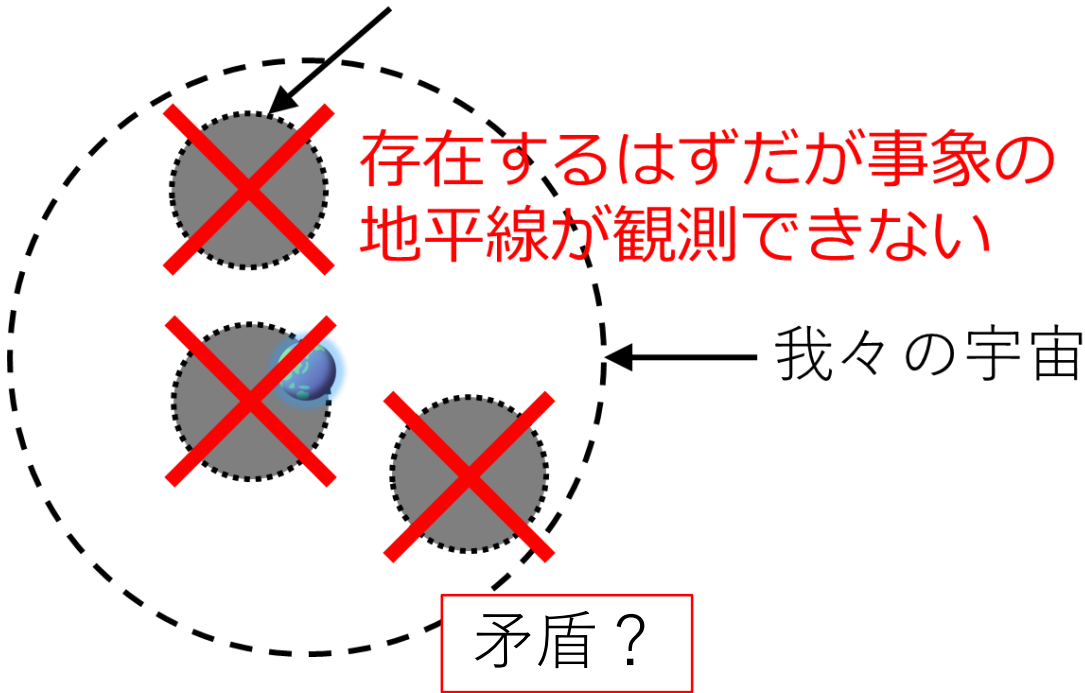
一方、138億光年  $\cong 1.38 \times 10^{26} \text{ m}$   $138 \times 10^8 \times 1 \times 10^{16} \text{ m}$   
 →ほぼ一致

# 巨大低密度ブラックホールはどこにある？

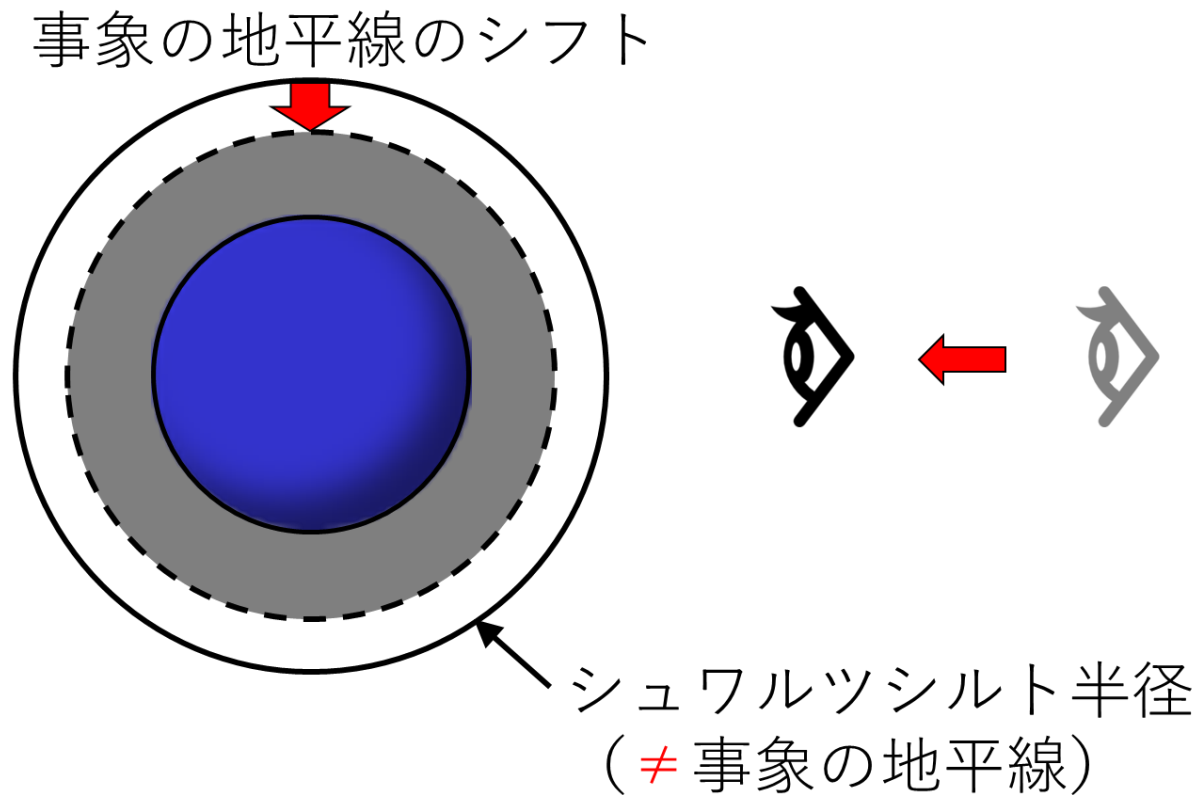
ダークマター・ダークエネルギーを含めると質量は「20倍」  
→密度も「20倍」

$$r_s = \sqrt{\frac{3c^2}{8\pi G\rho}} \cong 33\text{億光年} \quad 148\text{億光年}/\sqrt{20}$$

巨大低密度ブラックホール



# 事象の地平線がシフトする仮説

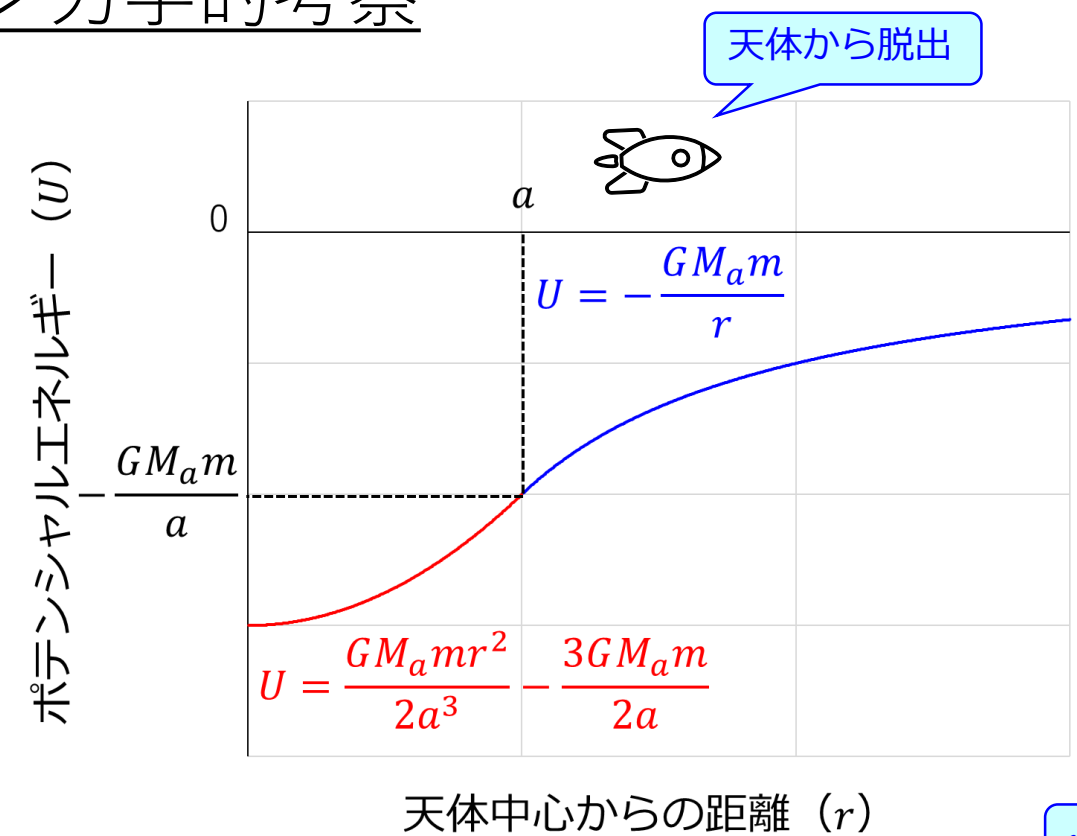


「事象の地平線は観測点によってシフトする」と考えれば説明できるのではないか？

# アウトライン

1. ブラックホール宇宙モデルの背景
2. ブラックホール宇宙モデルの考察
3. ブラックホール宇宙モデルの深掘り
4. ブラックホール宇宙モデルのインフレーション
5. ブラックホール宇宙モデルの構築
6. まとめ

# ニュートン力学的考察



$$\frac{GM_a m}{r} = \frac{1}{2} m c^2 \rightarrow r = \frac{2GM_a}{c^2}$$

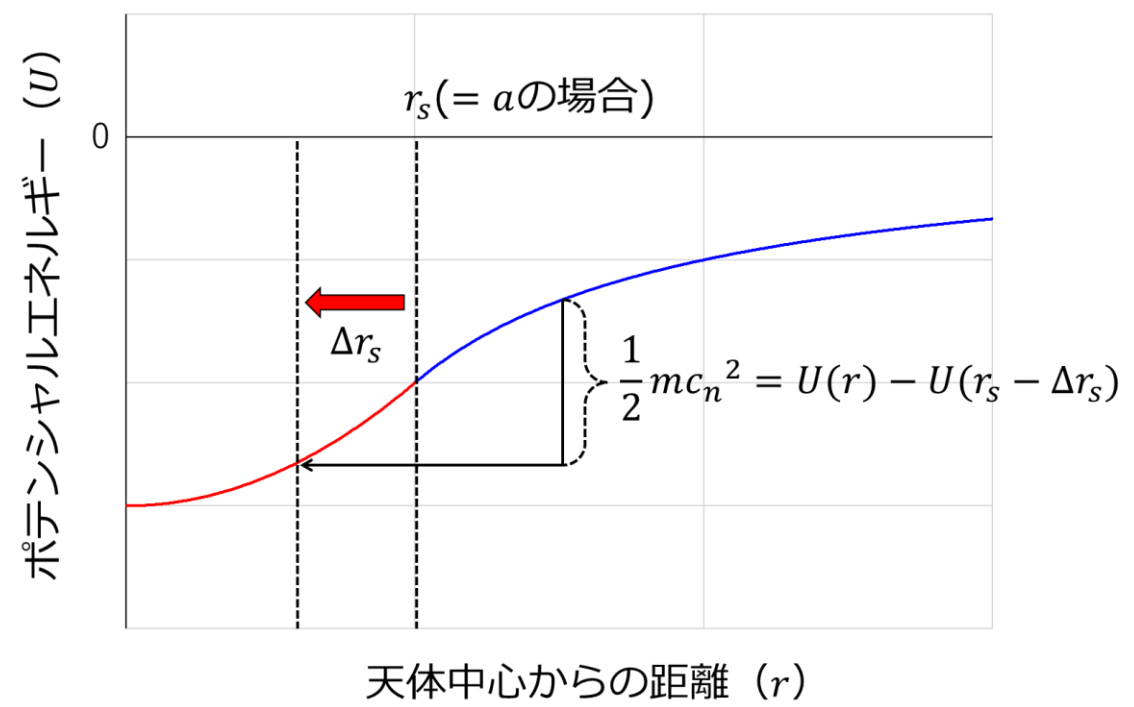
$r_s$ と偶然一致

「天体内部」を議論するなら次のように考えてみよう

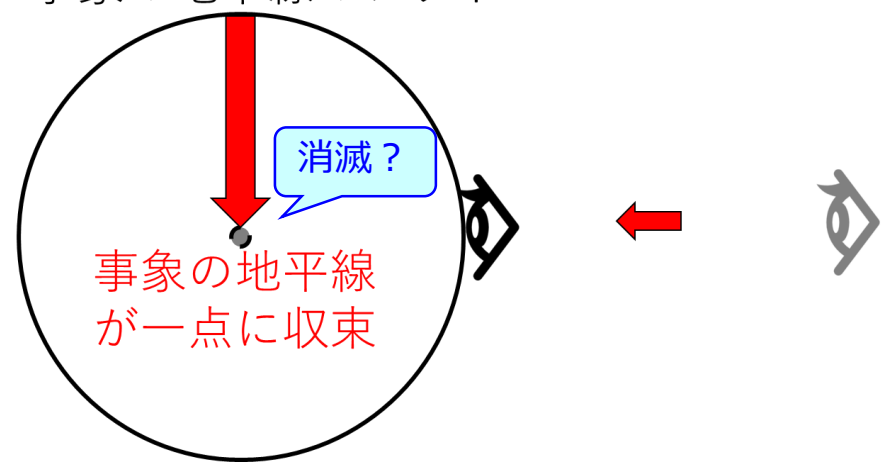
$$r_s = \frac{2GM_{r_s}}{(nc_n)^2}$$

相対屈折率  $n$  がポイント!

# ニュートン力学的考察



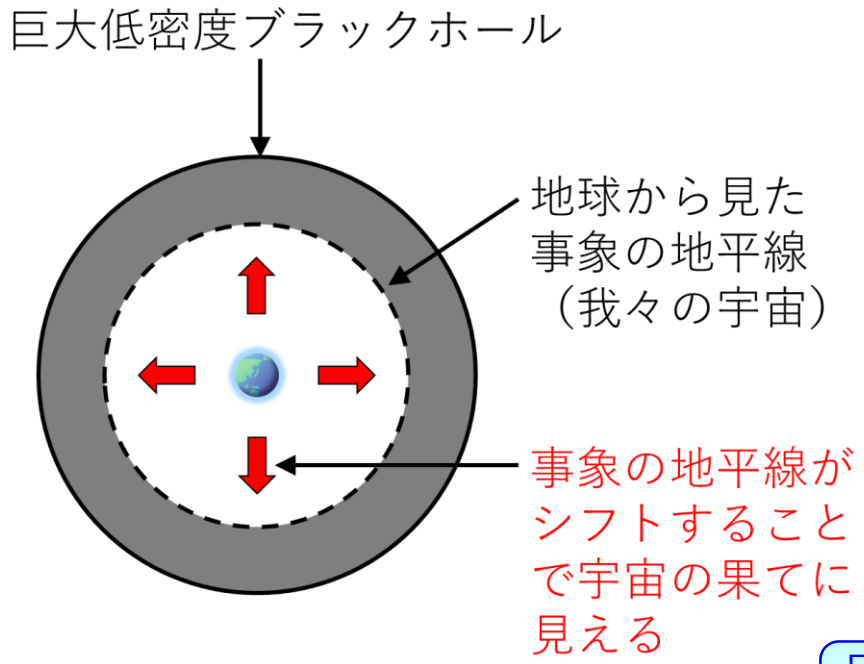
事象の地平線のシフト



観測者が事象の地平線  
に近づくと「逃げ水」  
のように遠ざかる

# ニュートン力学的考察

巨大低密度ブラックホールの内部に入るには？



～ブラックホール宇宙の条件～

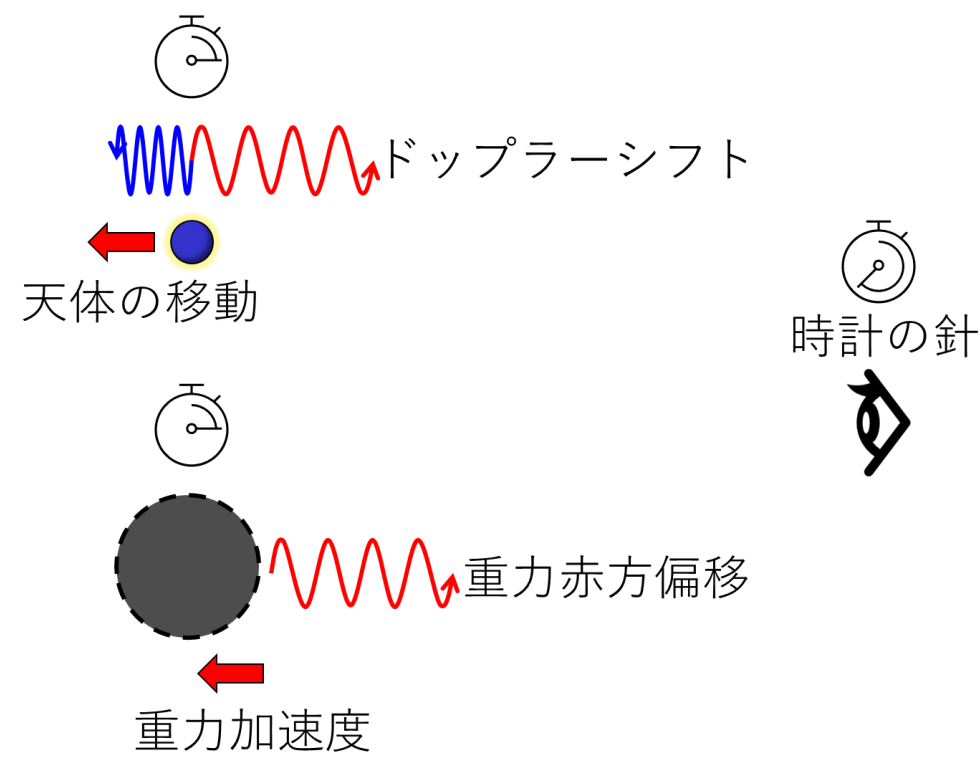
巨大低密度ブラックホールの内部にすっぽり入れる

$$\frac{(r_s - \Delta r_s)^2}{r_s^2} = 1 - \frac{2}{n^2} \rightarrow \text{相対屈折率 } n \geq |\sqrt{2}|$$

$$r_s = \frac{2GM r_s}{(n c_n)^2} \rightarrow r_s \leq \frac{GM r_s}{c^2}$$

我々の宇宙基準では  $c_n = c$

# 特殊相対性理論的考察



運動エネルギーと考えるとわかりやすい

$$dt = \frac{dt'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \rightarrow \left( dt = \frac{dt'}{\sqrt{1 - \pm \frac{1}{2} m v^2 / \pm \frac{1}{2} m c^2}} \right)$$

( $t$  : 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)

# 特殊相対性理論的考察

運動エネルギーを  
ポテンシャル表記

～シュワルツシルト半径「外部」の式～

$$dt = \frac{dt'(r)}{\sqrt{1 - \left(-\frac{GM_a}{r}\right) / \left(-\frac{GM_a}{r_s}\right)}} = \frac{dt'(r)}{\sqrt{1 - \frac{r_s}{r}}}$$

ブラックホールに近づくにしたがって時間が遅れる  
※シュワルツシルト解の式とも一致

～シュワルツシルト半径「内部」の式～

$$dt = \frac{dt'(r)}{\sqrt{1 - \left(\frac{GM_{r_s} m r^2}{2r_s^3}\right) / \left(\frac{GM_{r_s} m r_s^2}{2r_s^3}\right)}} = \frac{dt'(r)}{\sqrt{1 - \frac{r^2}{r_s^2}}}$$

観測者から遠ざかるにしたがって時間が遅れる

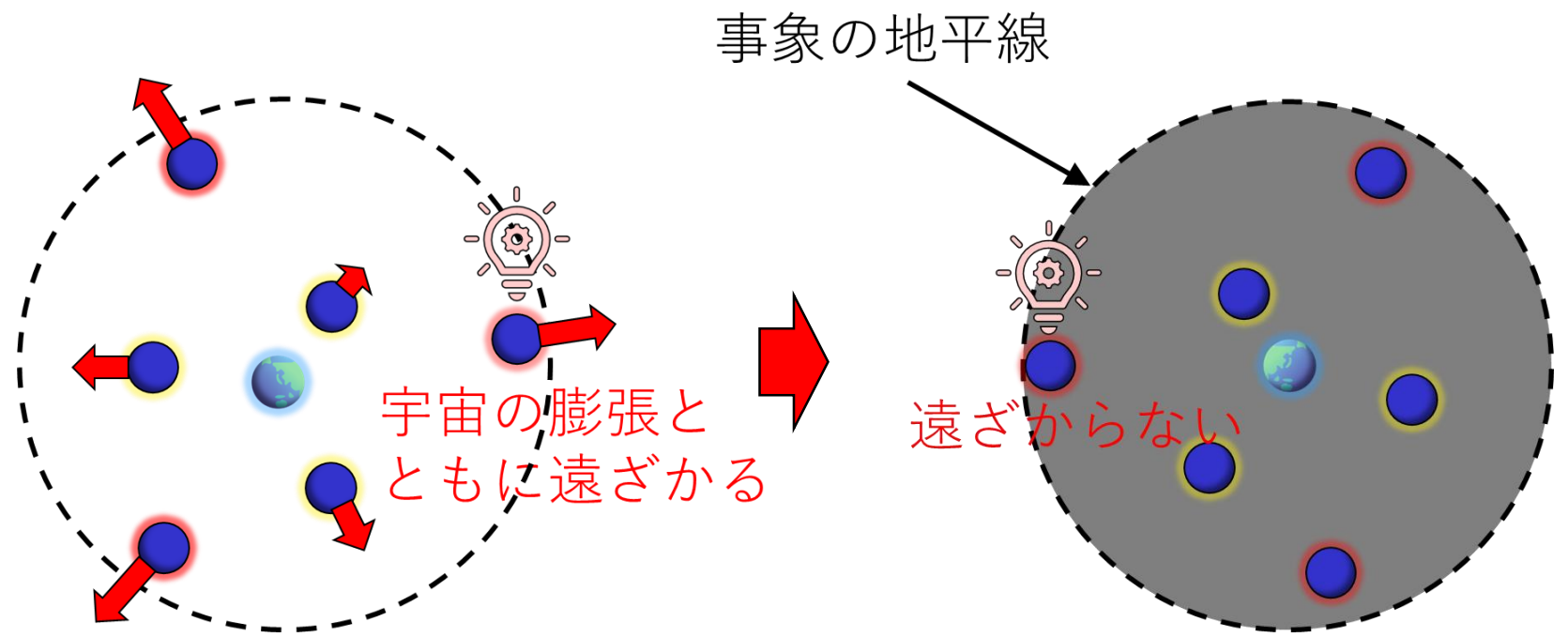
# 特殊相対性理論的考察

「シュワルツシルト半径内部の式」に注目

$$dt = \frac{dt'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad \text{比較} \quad dt = \frac{dt'(r)}{\sqrt{1 - \frac{r^2}{r_s^2}}}$$

$$\frac{v^2}{c^2} = \frac{r^2}{r_s^2} \quad \rightarrow \quad v = \pm \frac{r}{r_s} c$$

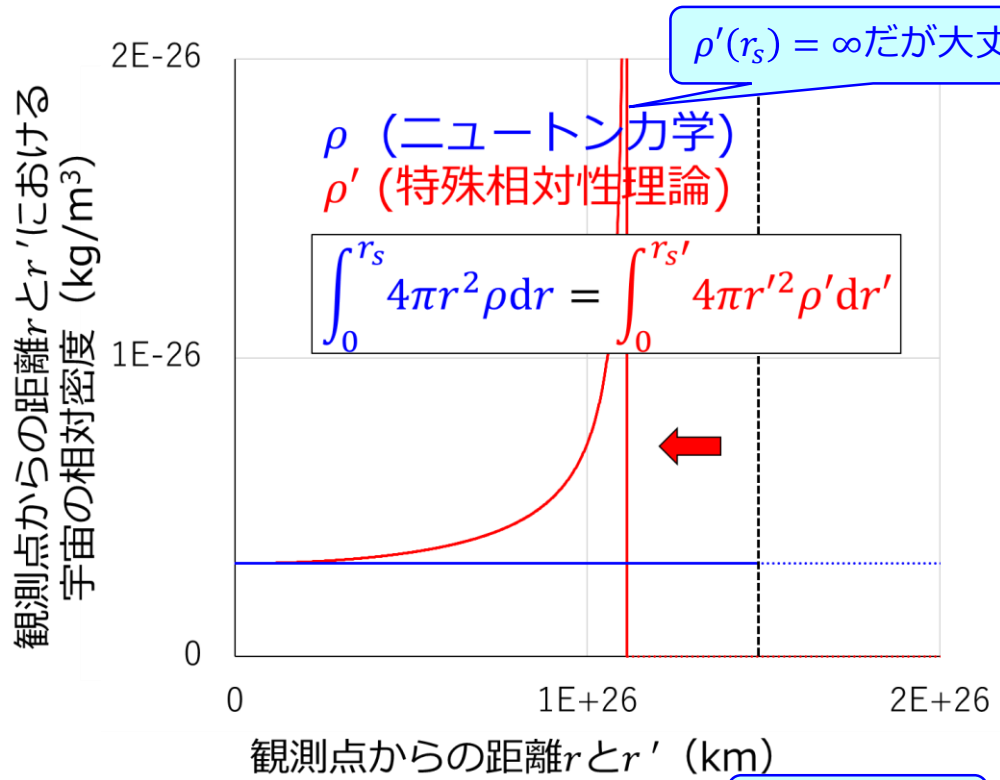
ハッブルの法則と同じ!



# 特殊相対性理論的考察

特殊相対性理論的効果を考慮したブラックホール宇宙の質量は？

$$M' = \frac{M}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \xrightarrow{\text{変換}} \rho'(r) = \frac{\rho}{\sqrt{1 - r^2/r_s^2}}$$



発散は回避

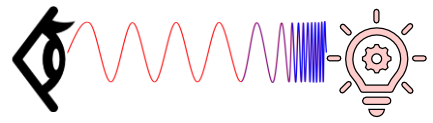
$$r'_s \cong 0.75 r_s \sqrt[3]{4/3\pi} r_s$$

# 特殊相対性理論的考察

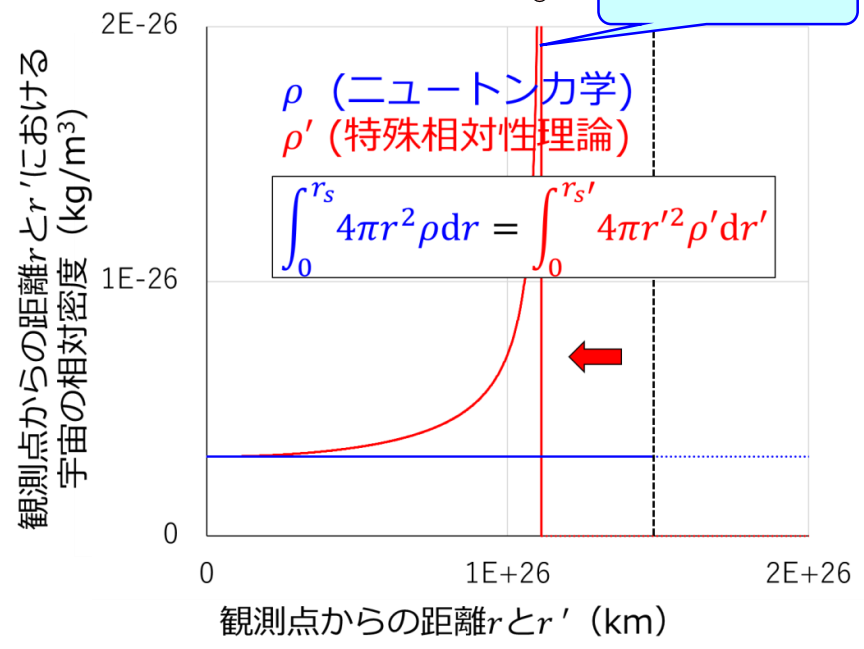
宇宙の果て近傍で長さが収縮→  
観測点に近づくにつれて長さが伸びる

$$L = \frac{L'}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \xrightarrow{\text{変換}} L = \frac{L'(r)}{\sqrt{1 - r^2/r_s^2}}$$

光の波長 $\lambda$ と比例関係 ( $L \propto \lambda$ )  
→ 赤方偏移



宇宙の果て



# 特殊相対性理論的考察

仮に、相対屈折率にも特殊相対性理論的効果を考慮してみる

$$n' = \frac{n}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

変換  $\longrightarrow n'_{r \geq r_s}(r) = \frac{n}{\sqrt{1 - r_s/r}}, \quad n'_{r \leq r_s}(r) = \frac{n}{\sqrt{1 - r^2/r_s^2}}$

( $n$  : 静止系の相対屈折率、 $n'$  : 慣性系の相対屈折率)

「無次元数」である相対屈折率 $n$ こそが、様々な物理量に特殊相対性理論的効果をもたらしている？

$$G'_{r \geq r_s}(r) = (1 - r_s/r)G$$
$$\rightarrow \alpha'_{r \geq r_s}(r) = (1 - r_s/r)\alpha$$

「無次元数」のため様々な物理量と一体化できるのでは？

$$G'_{r \leq r_s}(r) = (1 - r^2/r_s^2)G$$
$$\rightarrow \alpha'_{r \leq r_s}(r) = (1 - r^2/r_s^2)\alpha$$

# アウトライン

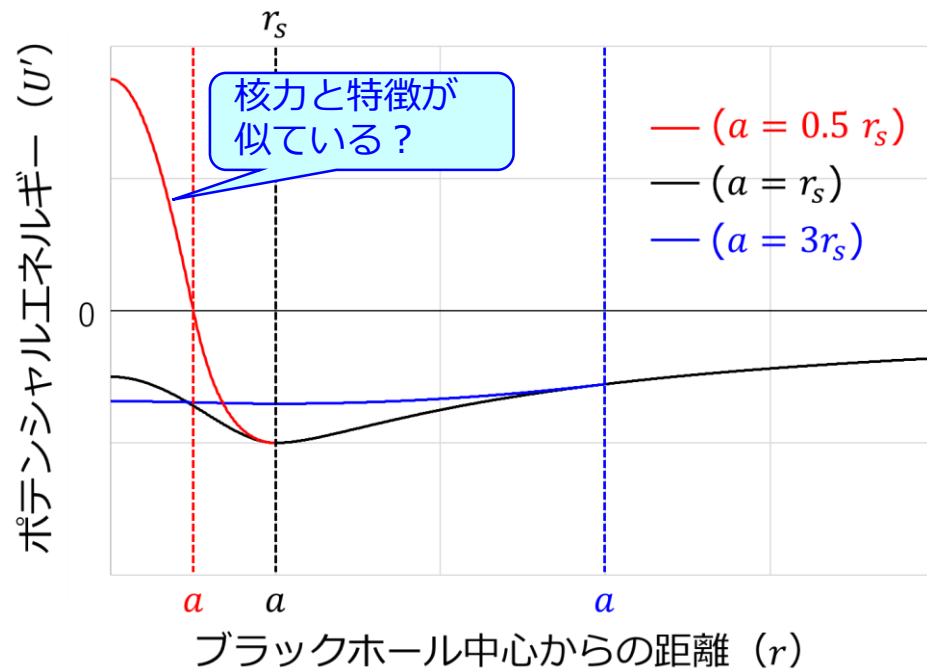
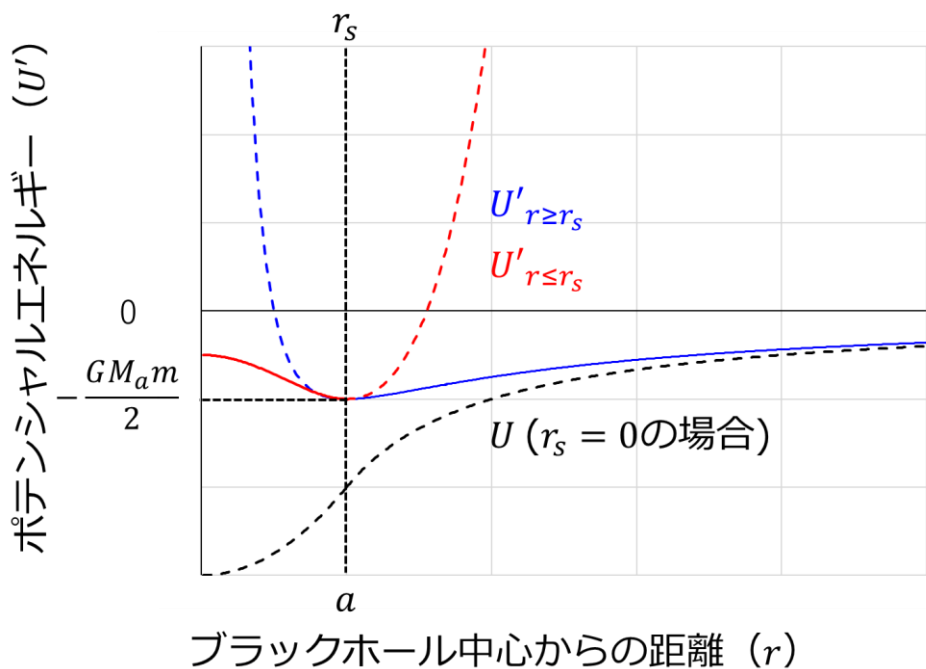
1. ブラックホール宇宙モデルの背景
2. ブラックホール宇宙モデルの考察
3. ブラックホール宇宙モデルの深掘り
4. ブラックホール宇宙モデルのインフレーション
5. ブラックホール宇宙モデルの構築
6. まとめ

# 重力ポテンシャル

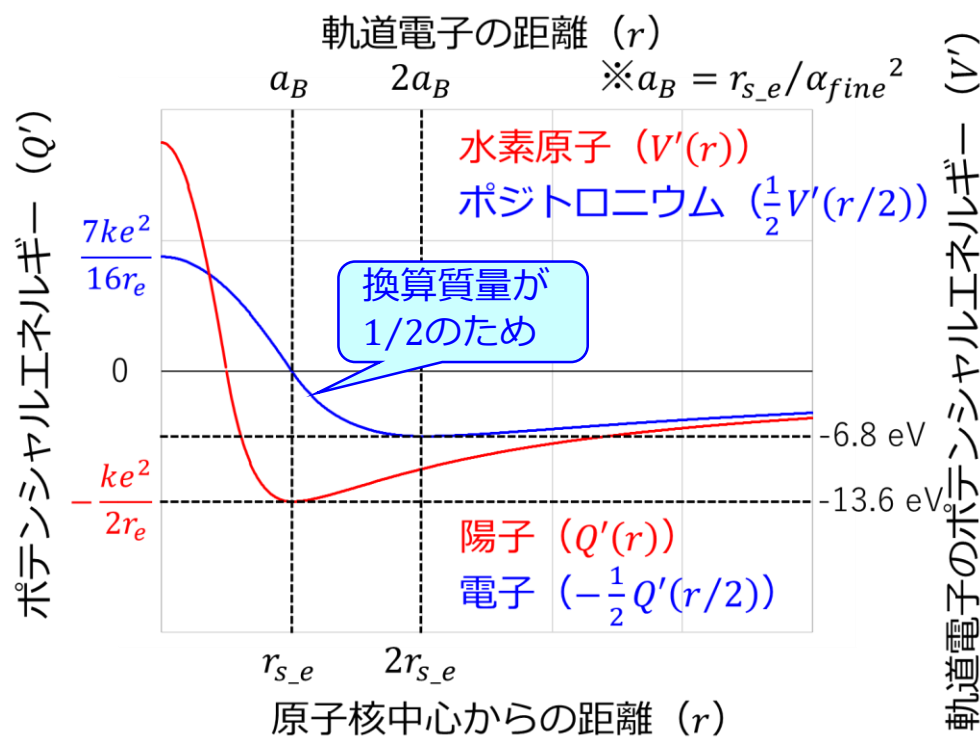
特殊相対性理論的効果を万有引力 $G$  ( $\rightarrow$ 加速度 $\alpha$ ) に集約

$$U'(r) = \int_r^{r_B} -\alpha' m dr + U'(r_B)$$

( $U'(r)$  :  $r \rightarrow \infty$ を基準とする地点 $r$ のポテンシャルエネルギー、 $r_B$  : 境界 ( $a, r_s, \infty$ ) )



# クーロン力とのアナロジー



検証性と還元性の  
高さに期待

$$Q'(r) = \int_r^{r_B} \Gamma \gamma k e^2 dr + Q'(r_B),$$

$$\Gamma = \begin{cases} r_{s\_e}/r - 1 & (r \geq r_{s\_e}) \\ 1 - r^2/r_{s\_e}^2 & (r \leq r_{s\_e}) \end{cases}, \quad \gamma = \begin{cases} 1/r^2 & (r \geq a) \\ r/a^3 & (r \leq a) \end{cases}$$

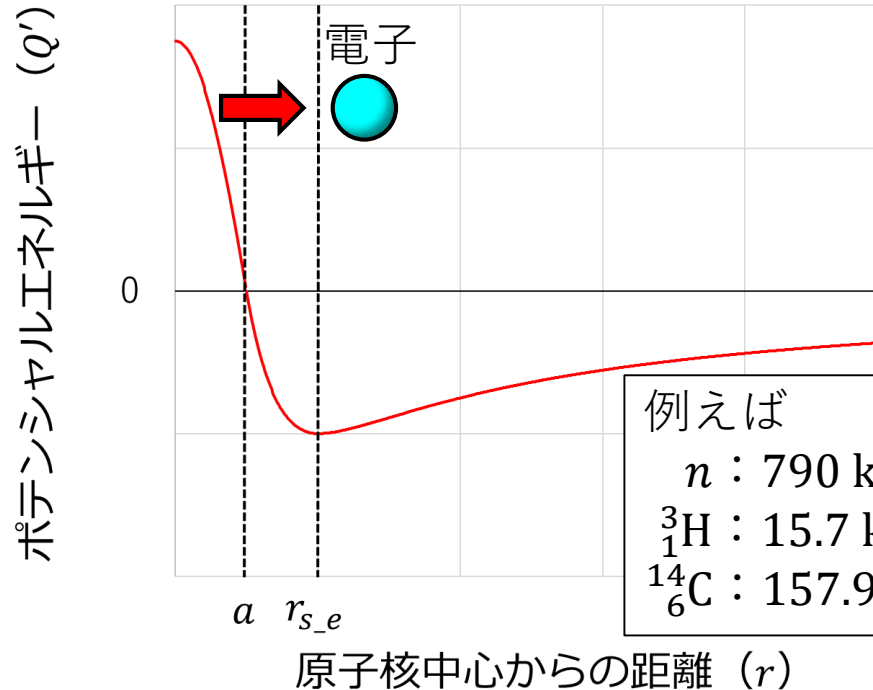
( $r_{s\_e}$  : クーロン力によるシュワルツシルト半径、 $r_B$  : 境界 ( $a, r_{s\_e}, \infty$ ) ) 21

# 【検証1】 $\beta$ 崩壊

$\beta$ 壊変前は「親核種のクーロンポテンシャルが軌道電子により十分遮蔽されて0価である」とみなすと、「 $\beta$ 壊変の瞬間に娘核種は+1価に帯電」

$$Q'(0)/Z = \left( \frac{3}{2} \left( \frac{Zr_{s_e}}{a} \right) + \frac{3}{4} \left( \frac{a}{Zr_{s_e}} \right) - \frac{5}{2} \right) \frac{ke^2}{Zr_{s_e}} \cong m_e c^2 + E_{\beta^-}$$

( $Z$  : 原子番号、 $E_{\beta^-}$  :  $\beta$ 線の最大エネルギー)



例えば

$n$  : 790 keV (実験値782 keV)

${}^3_1\text{H}$  : 15.7 keV (実験値18.6 keV)

${}^{14}_6\text{C}$  : 157.9 keV (実験値156 keV)

複数の核種で $E_{\beta^-}$ を良く近似!

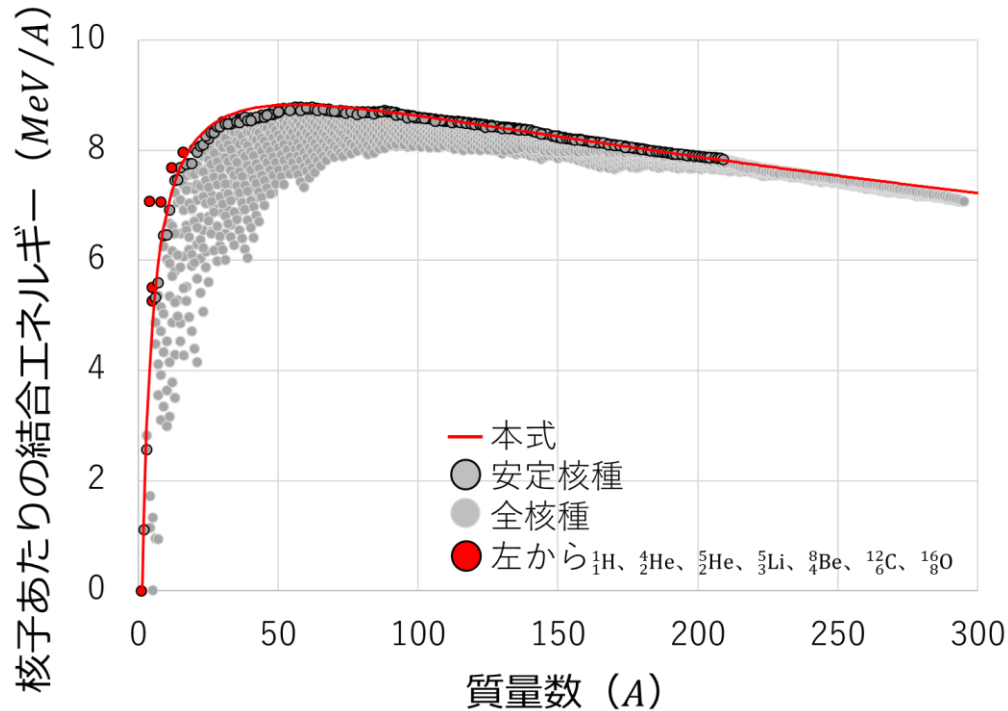
→角運動量 (電荷分布) の考慮などが今後の課題

# 【検証2】 核力

詳細はプレプリント参照

$$Q'(0)/A \cong 20.9 \times \left( \frac{3}{2} \left( \frac{Zr_{s_e}}{a} \right) + \frac{3}{4} \left( \frac{a}{Zr_{s_e}} \right) - \frac{5}{2} \right) \frac{Zke^2}{A^{5/3}r_{s_e}}$$

(A : 質量数、20.9 : 表面張力に反比例する係数)



実験値を良く近似！

→核力には表面張力を一定とする拘束条件が存在？

# 【検証3】 超伝導

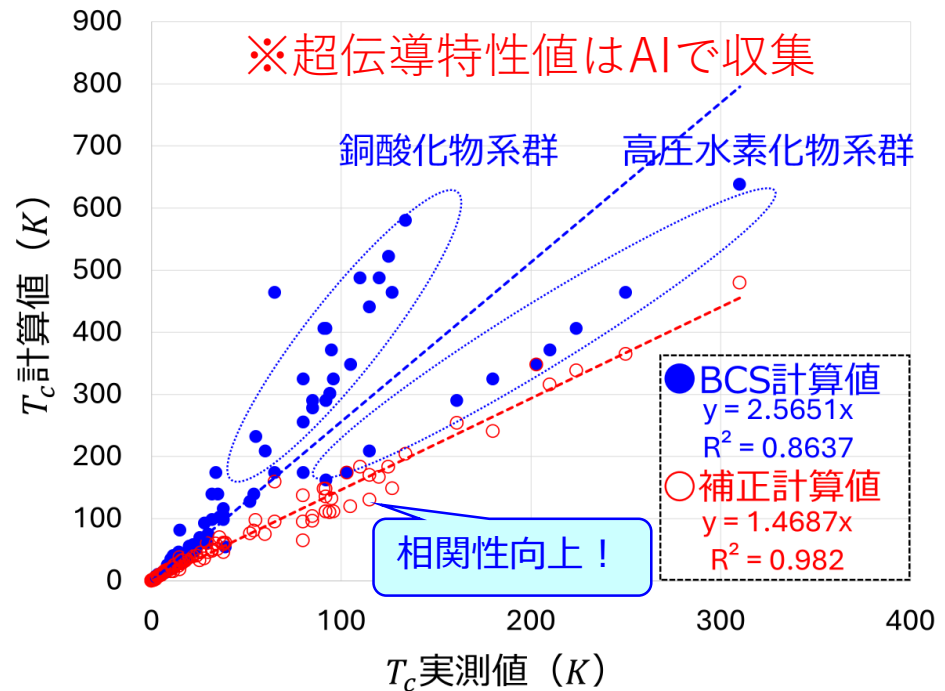
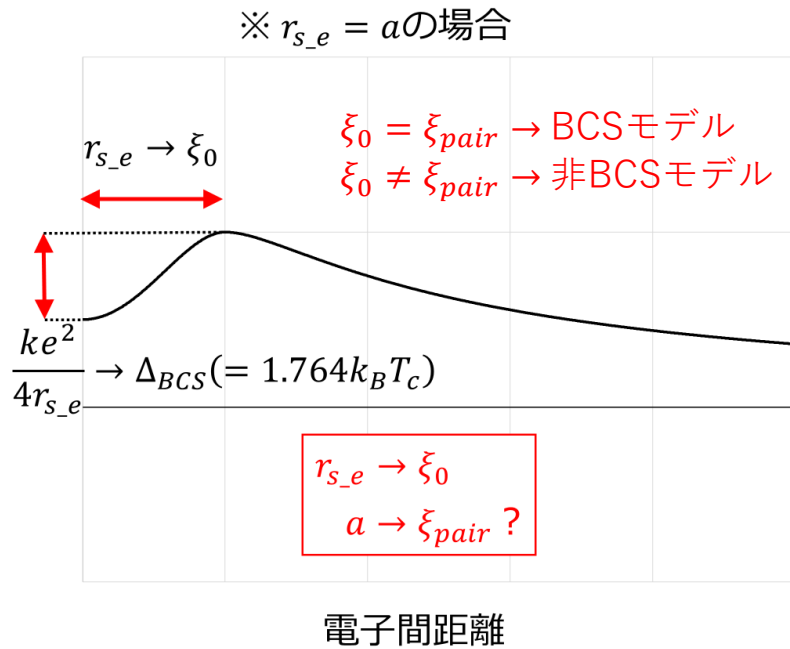
詳細はプレプリント参照

$$\Delta_{new} = \left( \frac{\xi_0}{\xi_{pair}} \right)^3 \frac{\hbar v_F}{\pi \xi_0} \quad (\xi_{pair} \geq \xi_0)$$

$$\Delta_{new} = \left( 3 \frac{\xi_0}{\xi_{pair}} + 6 \frac{\xi_{pair}}{\xi_0} - 8 \right) \frac{\hbar v_F}{\pi \xi_0} \quad (\xi_{pair} < \xi_0)$$

( $\xi_0$  : BCSコヒーレンス長、 $\xi_{pair}$  : クーパー対相関長)

クーロンポテンシャルエネルギー



超伝導材料の設計へ還元! ?

# 新たな仮説の提案

【仮説1】 核力の起源は電荷である

【仮説2】 陽子は陽電子の集合体である

【仮説3】 数多の未発掘超伝導体

※詳細はプレプリントにて

# アウトライン

1. ブラックホール宇宙モデルの背景
2. ブラックホール宇宙モデルの考察
3. ブラックホール宇宙モデルの深掘り
4. ブラックホール宇宙モデルのインフレーション
5. ブラックホール宇宙モデルの構築
6. まとめ

# ブラックホールの条件を維持しつつ膨張するには？

～ブラックホール宇宙膨張の平衡関係～

$$r_s + \Delta r_s = \frac{G(M_{R_s} + \Delta M + 4\pi r_s^2 \rho_{\Delta r_s} \Delta r_s)}{c^2} \xrightarrow{\text{整理}} \Delta r_s = \frac{\Delta M}{4\pi r_s^2 (\rho/3 - \rho_{\Delta r_s})}$$

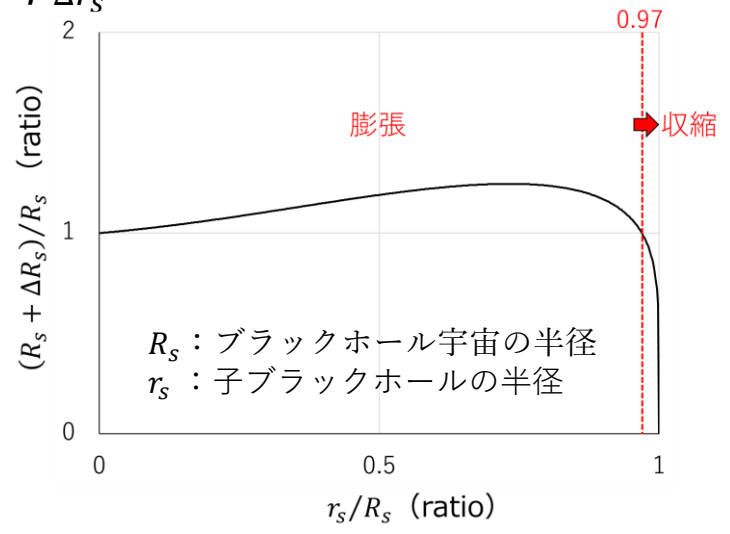
( $\Delta M$  : ブラックホール宇宙が周囲 (親ブラックホール) から取り込んだ質量、  
 $\Delta r_s$  : シュワルツシルト半径の増減、 $\rho_{\Delta r_s}$  : 親ブラックホールの密度)

→  $(\rho/3 - \rho_{\Delta r_s})$  が正か負で膨張の過程が異なる

$\rho/3 \geq \rho_{\Delta r_s}$  : 周囲の物質を取り込むことで膨張

$\rho/3 \leq \rho_{\Delta r_s}$  : 子ブラックホールが誕生して膨張？

特殊相対性理論的效果を考慮



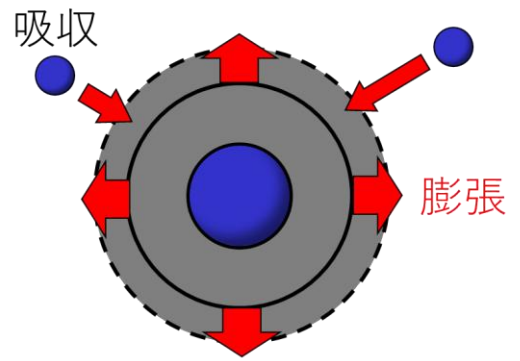
子ブラックホールが成長すると宇宙は膨張する傾向

# アウトライン

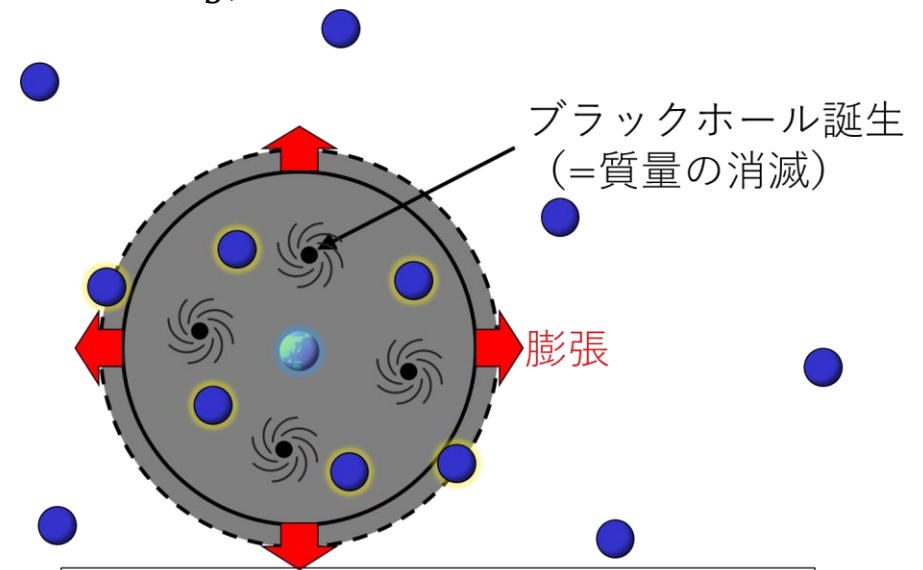
1. ブラックホール宇宙モデルの背景
2. ブラックホール宇宙モデルの考察
3. ブラックホール宇宙モデルの深掘り
4. ブラックホール宇宙モデルのインフレーション
5. ブラックホール宇宙モデルの構築
6. まとめ

# インフレーションのストーリー

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



$\rho/3 \gg \rho_{\Delta r_s}$   
(初期のブラックホール宇宙)



$\rho/3 < \rho_{\Delta r_s}$   
(巨大低密度ブラックホール宇宙)

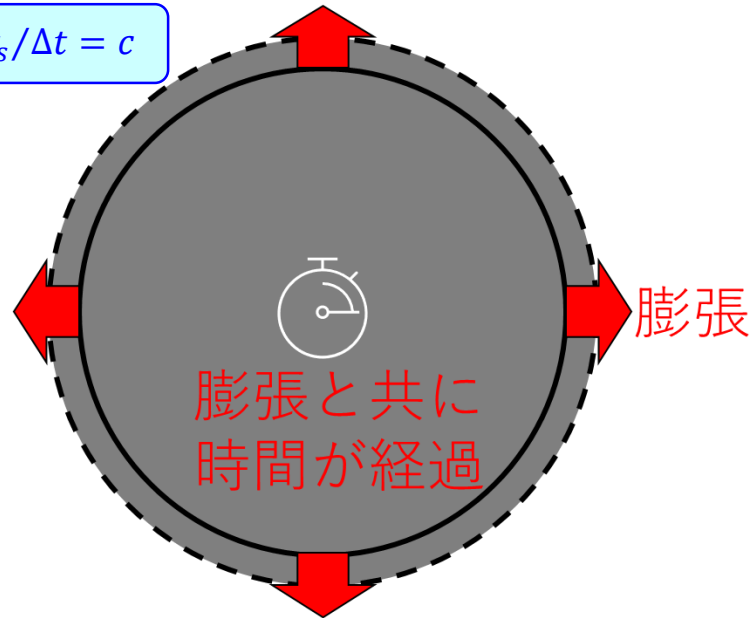
- 初期の宇宙 ( $\rho/3 \geq \rho_{\Delta r_s}$ ) : 周囲の物質を取り込むことで膨張
- 成長した宇宙 ( $\rho/3 \leq \rho_{\Delta r_s}$ ) : 子ブラックホールが誕生して膨張

# 時間のストーリー

～ブラックホール宇宙の膨張と時間の関係～

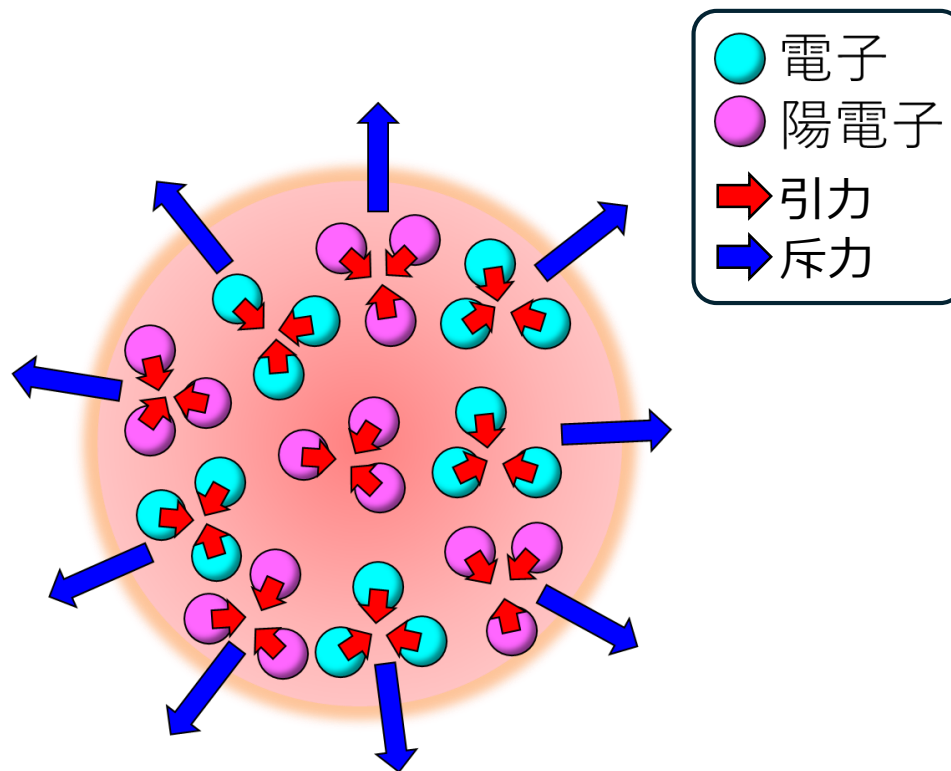
$$\frac{\Delta r_s}{\Delta t} = \frac{1}{4\pi r_s^2 (\rho/3 - \rho_{\Delta r_s})} \frac{\Delta M}{\Delta t} \rightarrow \Delta M = 4\pi r_s^2 c (\rho/3 - \rho_{\Delta r_s}) \Delta t$$

光速で膨張しているならば  $\Delta r_s / \Delta t = c$



もしも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  
(内部では大爆発なのかもしれないが)

# はじまりのストーリー



超高压・高密度中の融合と反発

電子と陽電子には「強い斥力」が働いて互いに弾き飛ばされる一方で、電子同士・陽電子同士は融合して陽子と反陽子が生まれる

# シュワルツシルト計量との比較

～シュワルツシルト半径「外部」の式～

$$c^2 d\tau^2 = \left(1 - \frac{r_s}{r}\right) c^2 dt^2 - \left(1 - \frac{r_s}{r}\right)^{-1} dr^2 - r^2 (d\theta^2 + \sin^2 \theta d\varphi^2)$$

静止系 (dr=dθ=dφ=0) →  $dt = \pm \frac{d\tau}{\sqrt{1 - \frac{r_s}{r}}}$  本考察と一致

(τ : 固有時間、t : 座標時間 (r → ∞)、r : 動径座標、θ : 余緯度座標、φ : 経度座標)

～シュワルツシルト半径「内部」の式～

$$c^2 d\tau^2 = \frac{1}{4} \left( 3 \sqrt{1 - \frac{r_s}{r_g}} - \sqrt{1 - \frac{r^2 r_s}{r_g^3}} \right)^2 c^2 dt^2 - \left(1 - \frac{r^2 r_s}{r_g^3}\right)^{-1} dr^2 - r^2 (d\theta^2 + \sin^2 \theta d\varphi^2)$$

静止系 & r<sub>g</sub>=r<sub>s</sub> →  $dt = \pm \frac{2d\tau}{\sqrt{1 - \frac{r^2}{r_s^2}}}$

係数が不一致。一般相対性理論的な議論は未来のAIに任せたい

(r<sub>g</sub> : 天体の表面における動径座標の値)

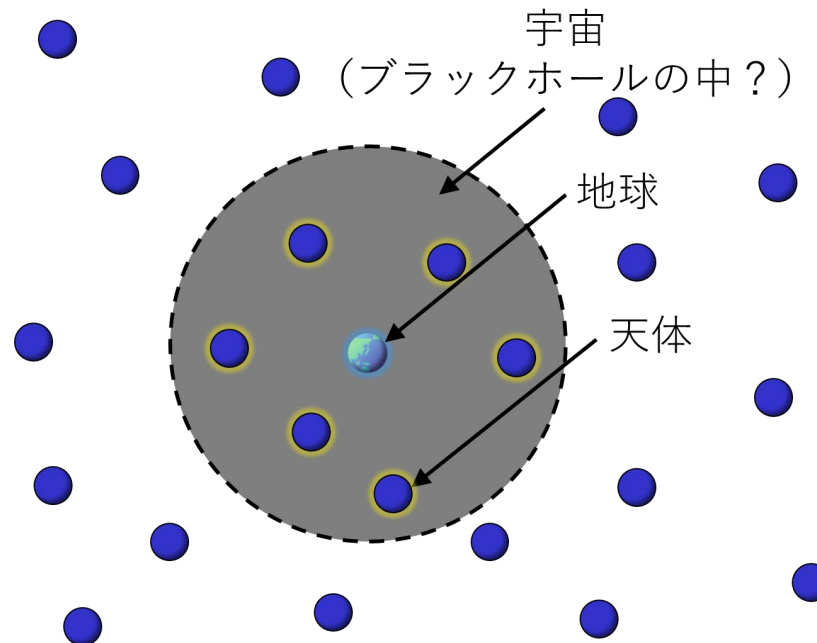
# 観測可能な宇宙の質量の見積もり

1/2と考える理由は  
プレプリント参照

$$r_s = \frac{GM_{r_s}}{c^2} \rightarrow M_{r_s} = \frac{r_s c^2}{G}$$

( $M_{r_s}$  : 観測可能な宇宙の全質量、 $r_s$  : 観測可能な宇宙の半径)

→我々の宇宙の全質量は $1.86 \times 10^{53}$  kg



# アウトライン

1. ブラックホール宇宙モデルの背景
2. ブラックホール宇宙モデルの考察
3. ブラックホール宇宙モデルの深掘り
4. ブラックホール宇宙モデルのインフレーション
5. ブラックホール宇宙モデルの構築
6. まとめ

# まとめ

- ブラックホール宇宙モデルについて考察した
- 宇宙のインフレーションはシュワルツシルト半径の拡大である、という見解に至った
- ブラックホール内部の「斥力」を示唆する関係式が得られた
- クーロン力のアナロジーへ展開した
- 本考察を基にブラックホール宇宙モデルを構築した

## おわりに

- 本ブラックホール宇宙モデルは、ビッグバンモデルにも通じるものがある
- 一方で、インフレーションにおいてはビッグバンモデルと解釈が異なる
- 原子核や超伝導とのアナロジーが成立するならば、ミクロな研究が宇宙モデルへフィードバックもできるかもしれない

ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡が発見した最古の銀河（やブラックホール）は、それらがわずかに数億年という短期間で誕生したことを意味しており、標準理論の修正が求められています。一方で、ブラックホール宇宙モデルは「もともと親ブラックホールに存在していた銀河がシュワルツシルト半径の拡大により観測された」と解釈できることから、本ブラックホール宇宙モデルがビッグバン理論と多元宇宙論などとの架け橋になってくれるようなことを期待しています。