

現実宇宙の ブラックホール

目的

- 現実の宇宙のブラックホール候補にはどんなものがあるか
- なぜブラックホールが現実存在すると考えるのか
- ブラックホールについての典型的な誤解を正す

ブラックホール候補

星の質量程度のブラックホール

X線連星 5-10 M_{Sun}

Cyg X-1 (はくちょう座)、LMC X-3 (大マゼラン雲)、…

超巨大ブラックホール

銀河中心核 10^6 - $10^9 M_{\text{Sun}}$

天の川銀河(Sgr A*)、M87、…

Cyg X-1

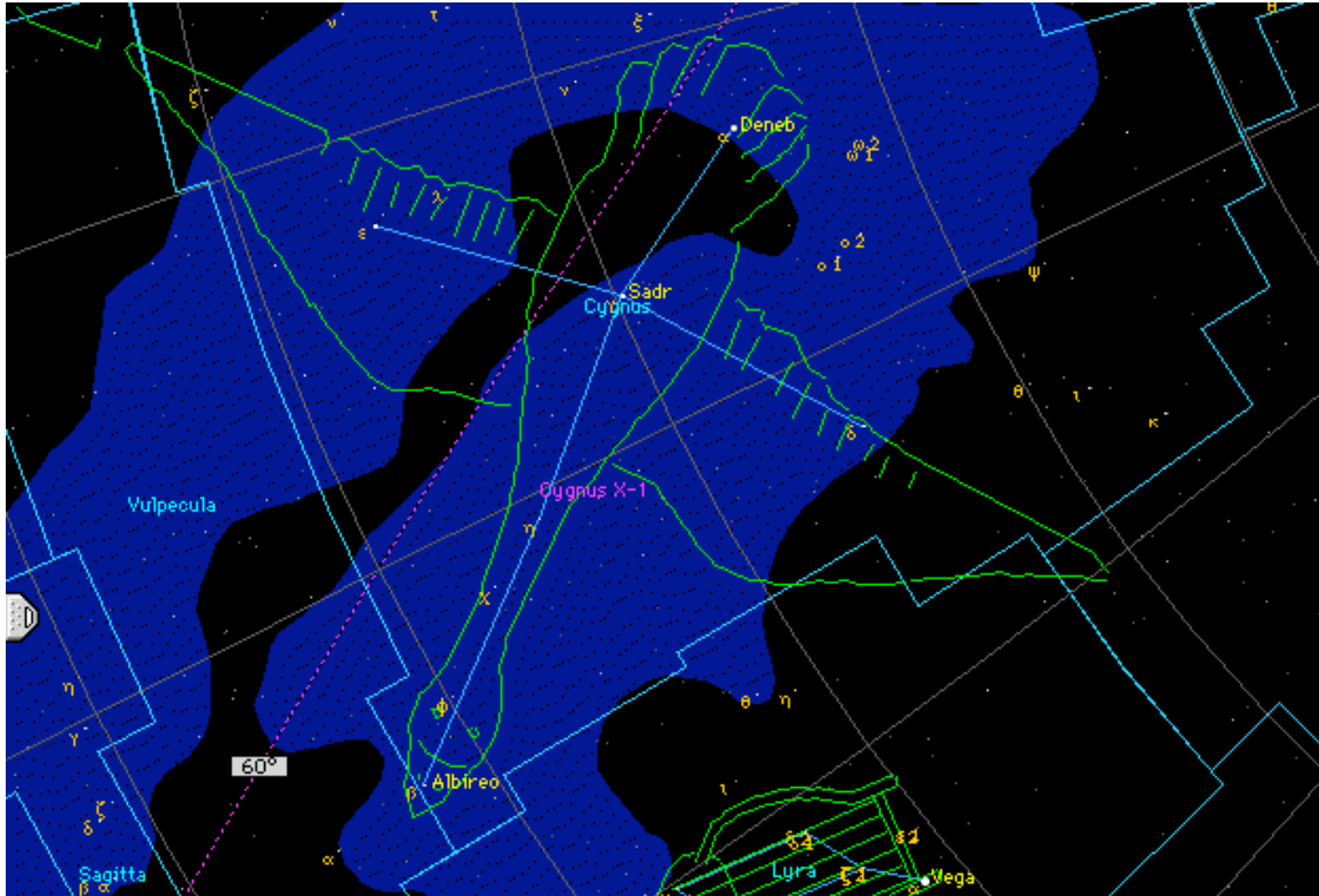


Image courtesy of the High Energy Astrophysics Science Archive Research Center (HEASARC), provided by NASA's Goddard Space Flight Center

Cyg X-1 想像図



Image courtesy of the High Energy Astrophysics Science Archive Research Center (HEASARC), provided by NASA's Goddard Space Flight Center

Cyg X-1

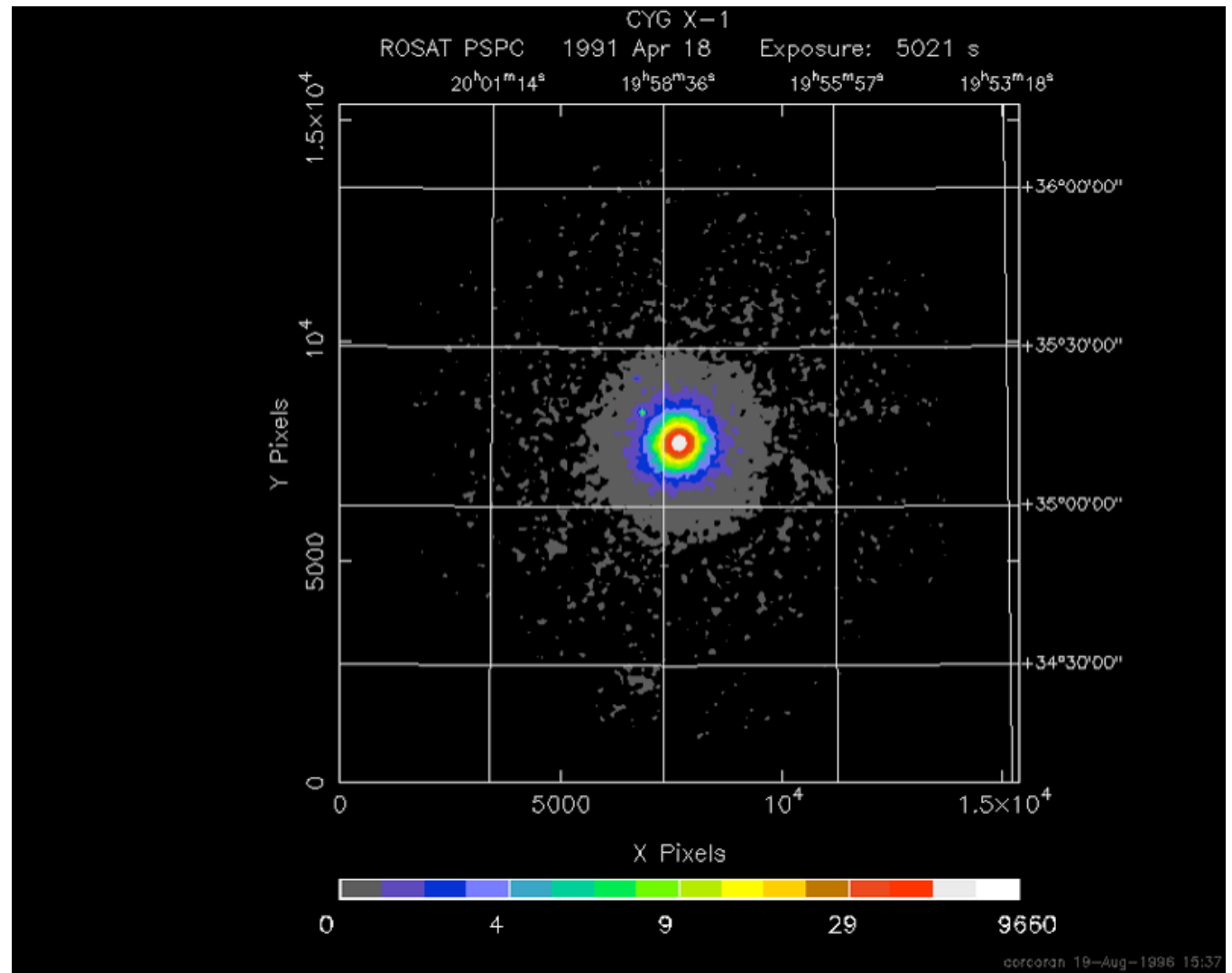


Image courtesy of the High Energy Astrophysics Science Archive Research Center (HEASARC), provided by NASA's Goddard Space Flight Center

超巨大ブラックホール (M87)

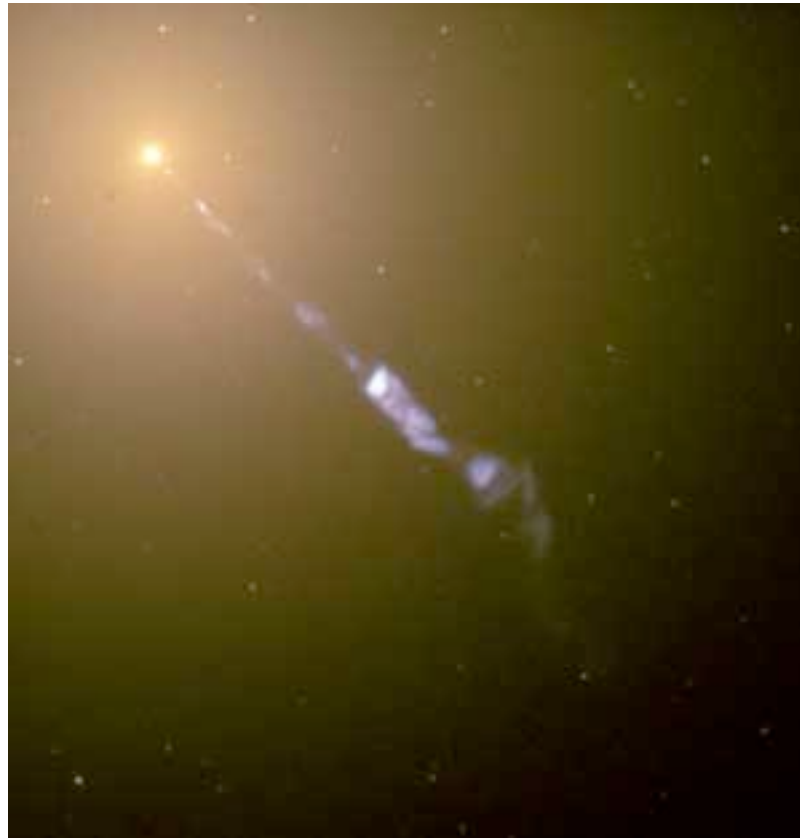


Image courtesy of NASA and the Hubble Heritage Team (STScI/AURA)

超巨大ブラックホール（想像図）



Image courtesy of CXC/A. Hobart

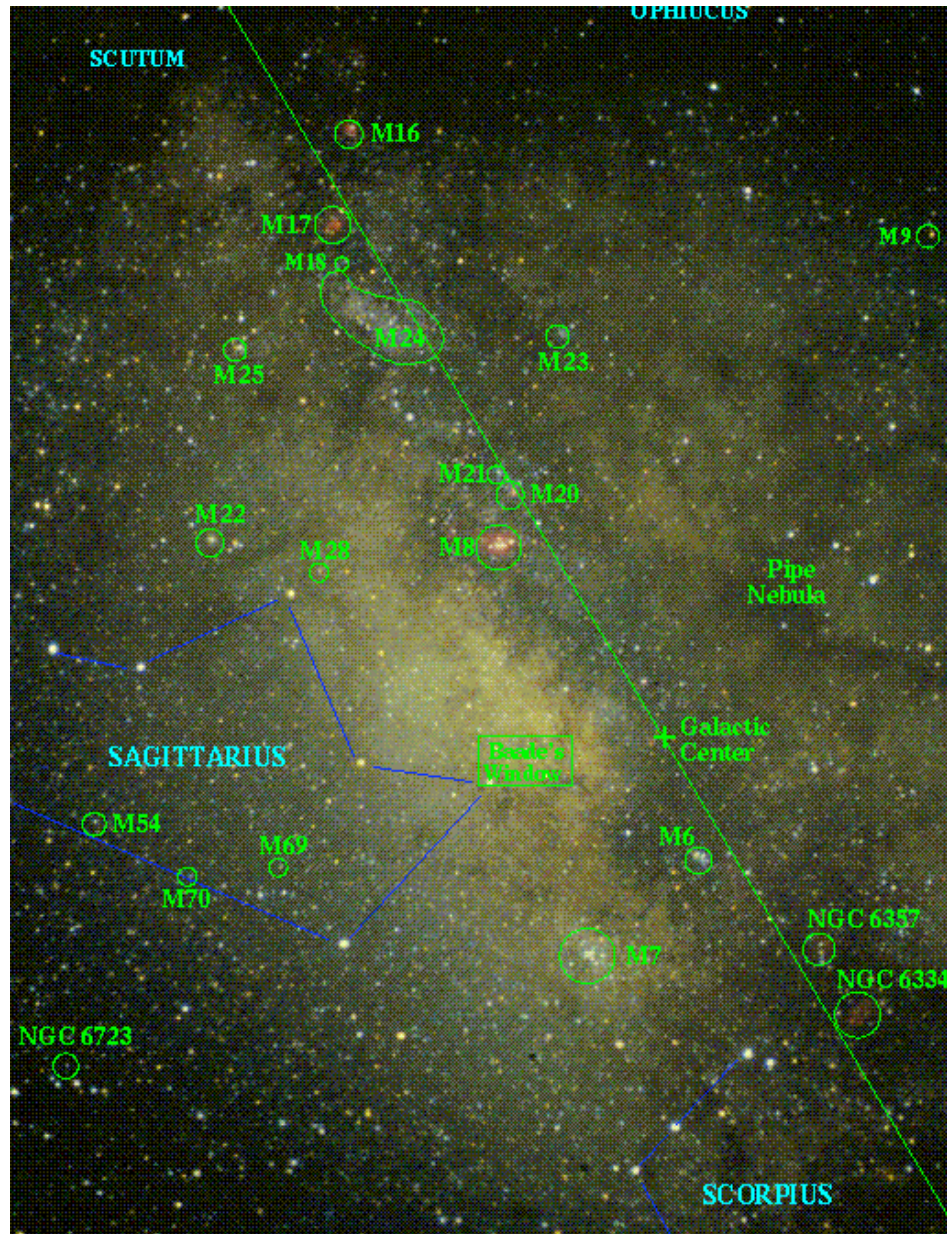
超巨大ブラックホール（天の川銀河）

天の川銀河中心の
ブラックホール：

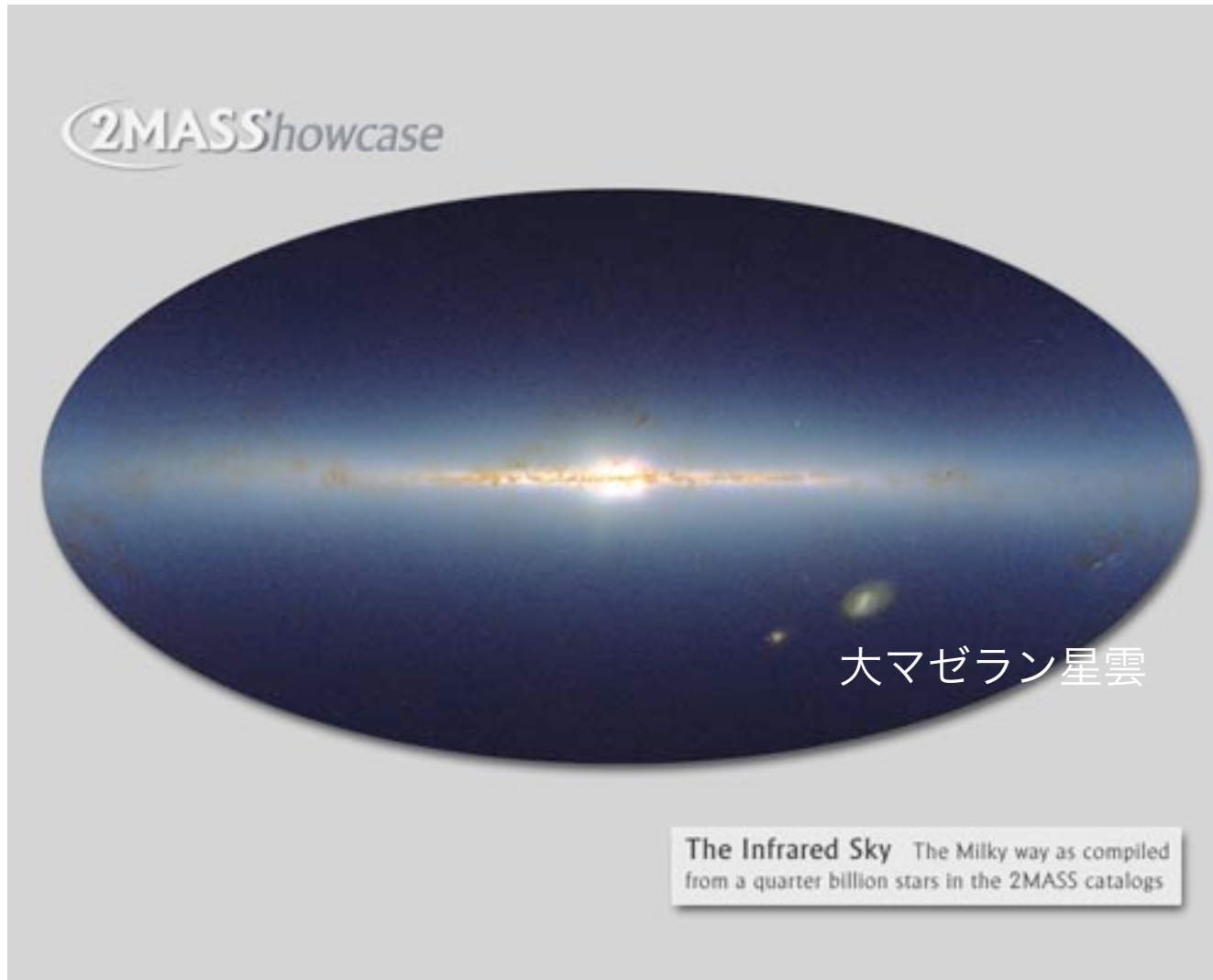
Sgr A*

銀河中心方向
(さそり座～いて座)

Image courtesy of B.Keel,
Univ. of Alabama



天の川銀河（断面図）



Atlas Image [or Atlas Image mosaic] courtesy of 2MASS/UMass/IPAC-Caltech/NASA/NSF

チャンドラX線衛星

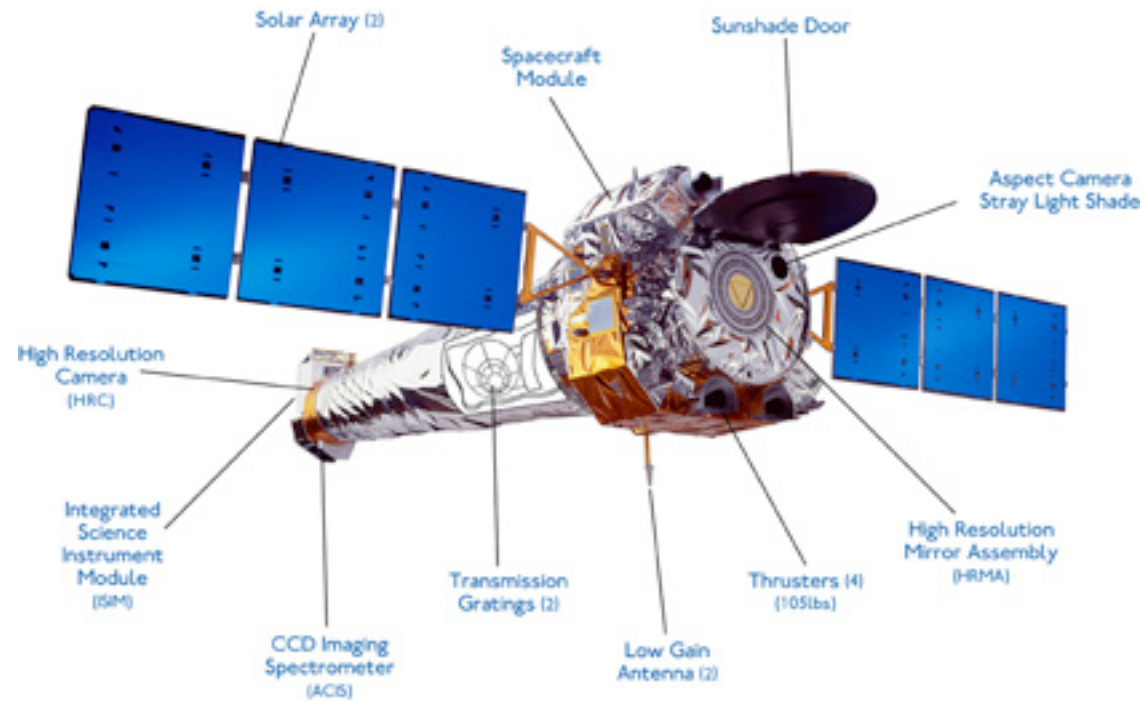


Image courtesy of NASA/CXC/SAO

Sgr A* (X線イメージ)

最初の写真の
ほぼ x10倍～

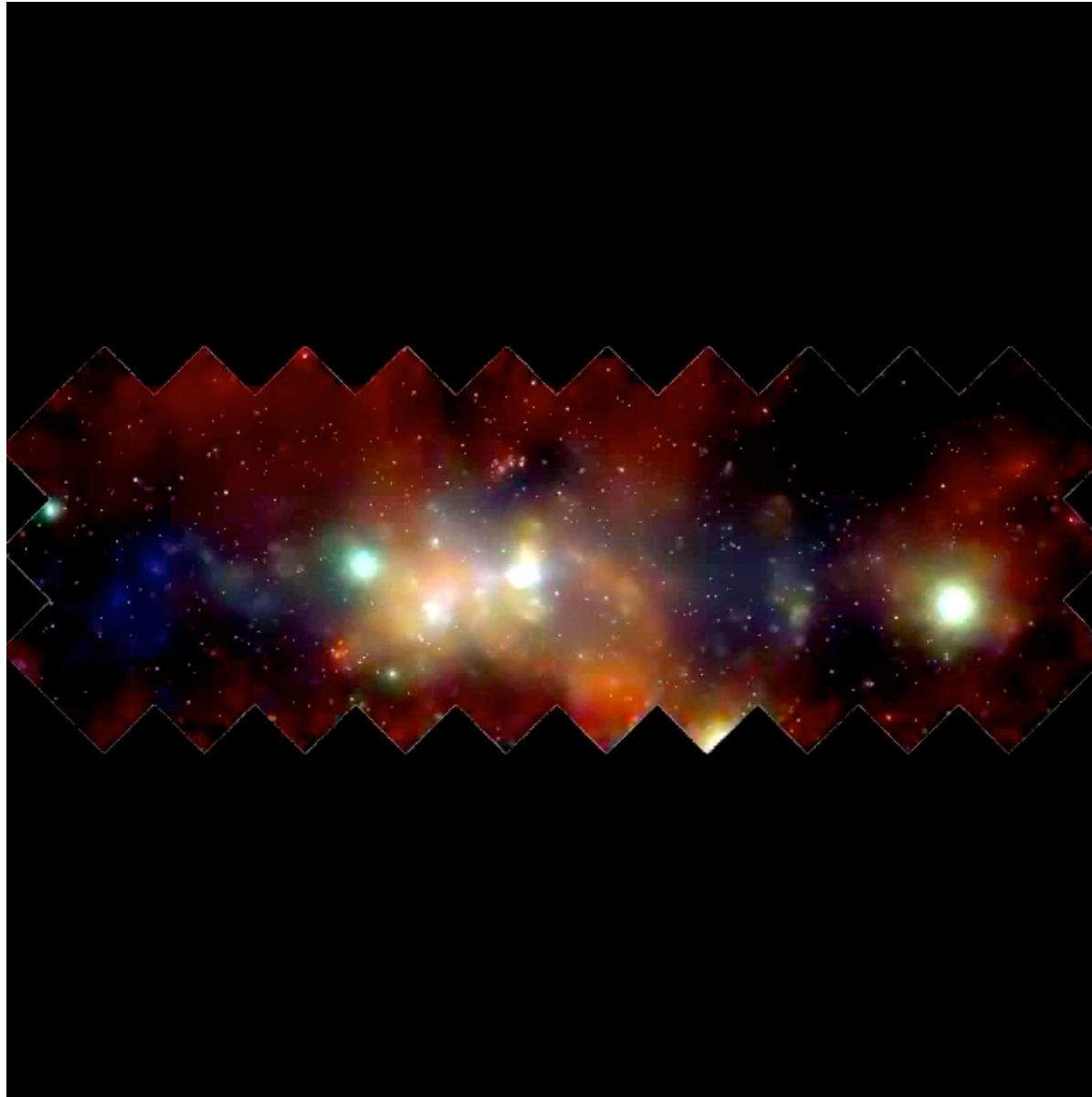


Image courtesy of NASA/UMass/D.Wang et al.; NASA/CXC/MIT/F.K.Baganoff et al.





なぜブラックホールが
存在すると考えるのか？

星の質量程度のブラックホール

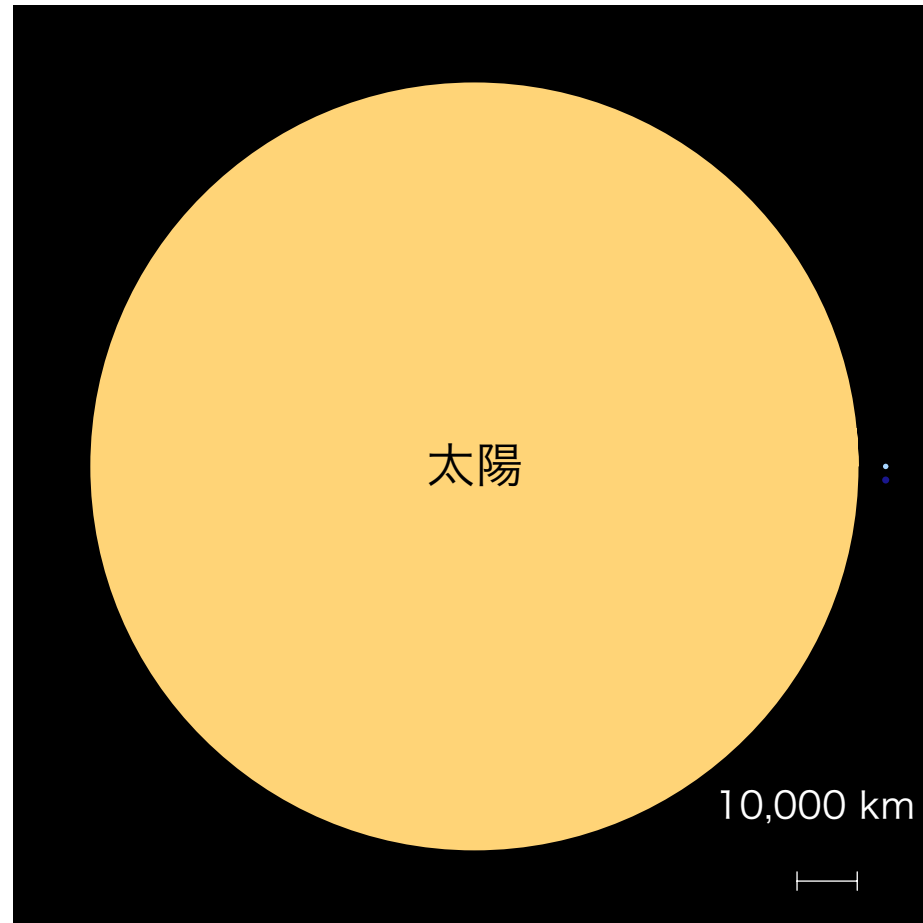
コンパクト物体の種類

重力：常に引力

外向きの力（圧力）がなければ重力に対抗して安定でいることはできない

-  星：熱核融合の圧力
-  白色矮星：電子の縮退圧
-  中性子星：核子の縮退圧
-  ブラックホール：重力崩壊

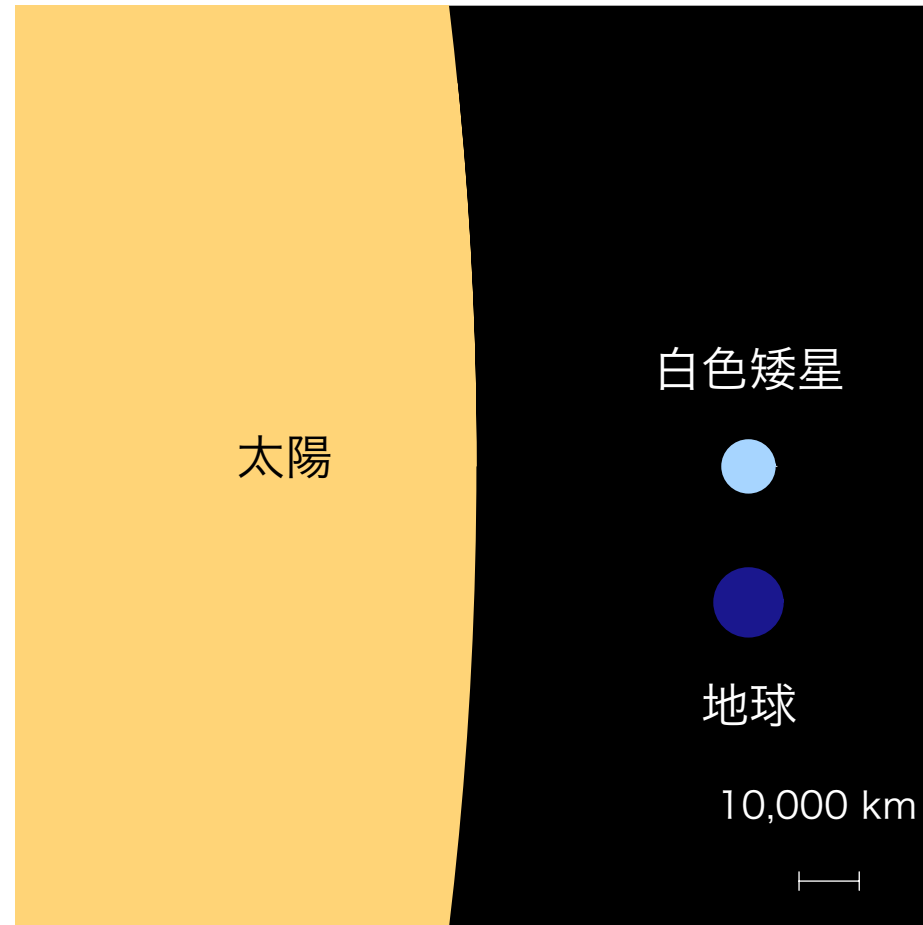
コンパクト物体の比較



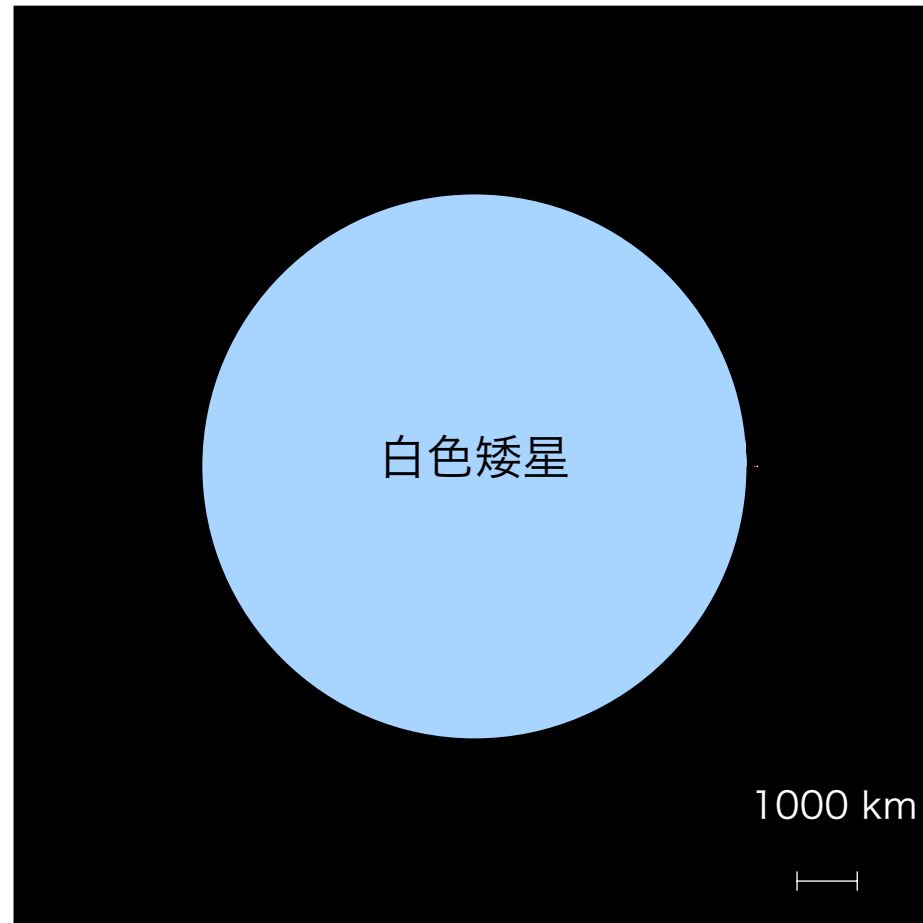
注：コンパクト物体は
全て太陽質量とする

※色は実際のを反映しているわけではありません。

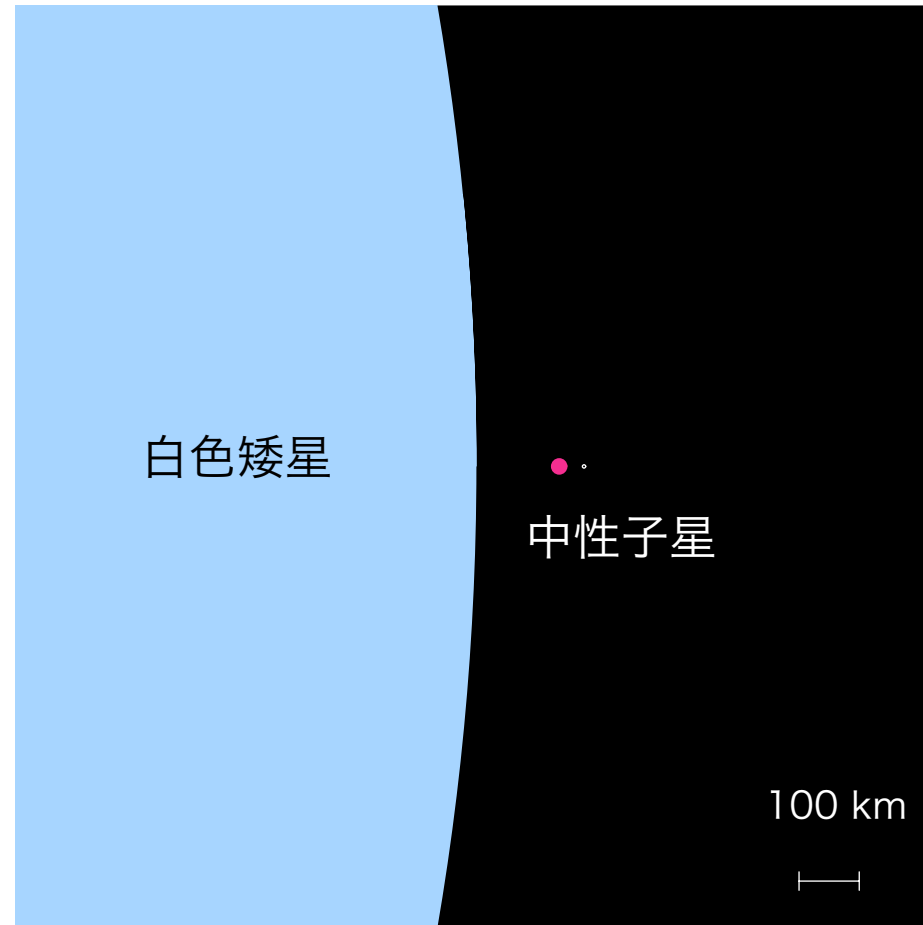
コンパクト物体の比較 (×10)



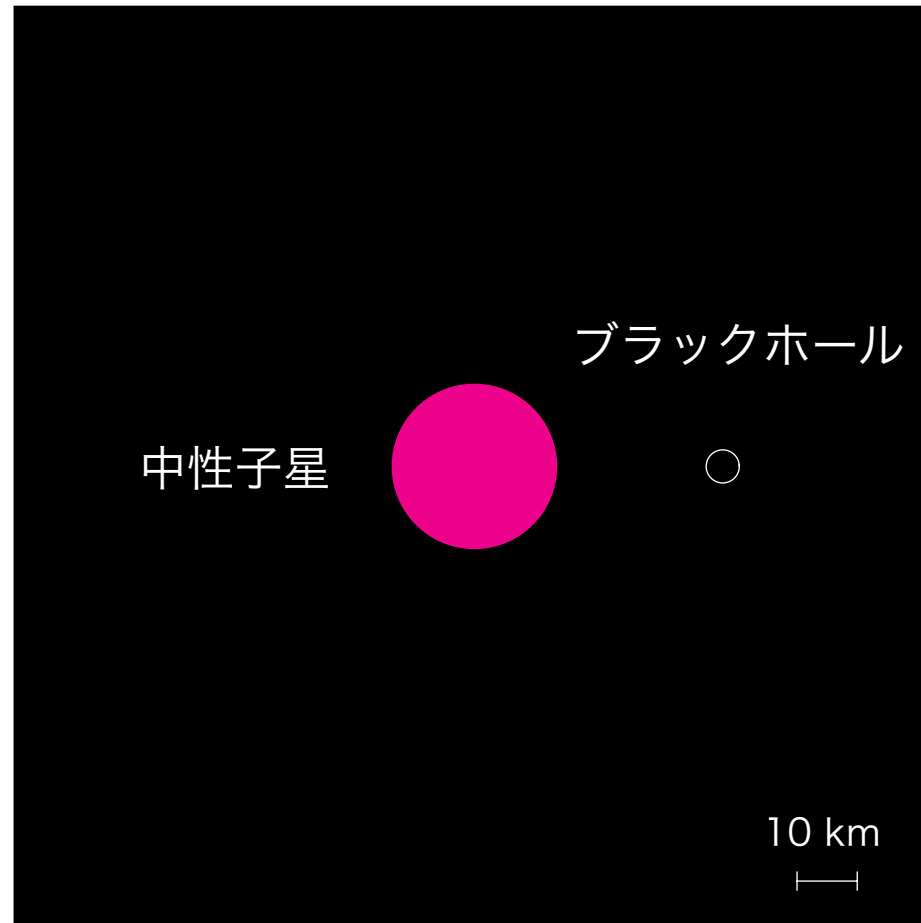
コンパクト物体の比較 (×100)



コンパクト物体の比較 (×1000)



コンパクト物体の比較 (×10000)



コンパクト物体の比較

ブラックホールが存在する理由 1

中性子星をブラックホールにするにはせいぜい
数倍圧縮すればいい。

cf. 星と中性子星の違いは半径で5万倍

とは言え、核子スケールより先はよく知られていないのにブラックホール以外の状態になることはないのか？



ある程度重力が強くなると、もはやいかなる圧力をもってしても重力に対抗することはできなくなる

なぜ安定な状態がないのか？

ニュートン重力：質量がソース

一般相対論：エネルギー・圧力も重力のソース

正の圧力 → 引力

重力に対抗するための正の圧力 → 重力 → 状況は悪くなる一方

圧力が無限でも平衡にはなりえない

ブラックホールが存在する理由2

仮に何らかの圧力のメカニズムが核子スケールより先にあっても、
(e.g. クォーク星) ブラックホールの存在は不可避

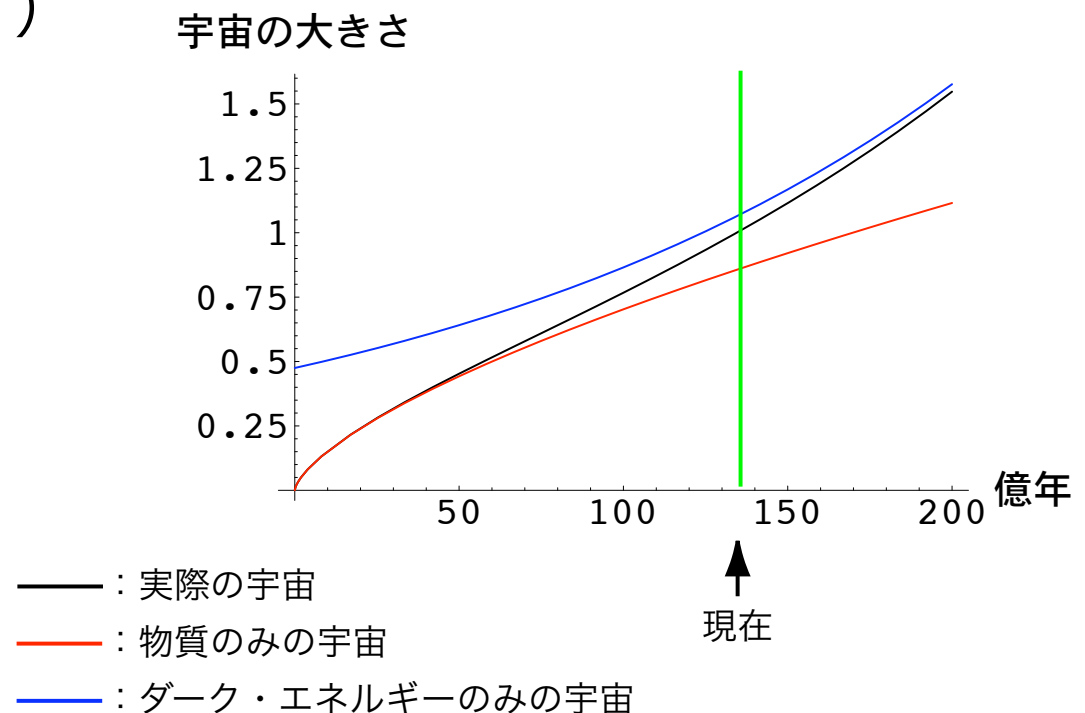
なぜ安定な状態がないのか？

ブラックホール：正の圧力 → 引力

ダーク・エネルギー（正の宇宙定数）：

負の圧力 → 反発力 → 加速宇宙

（エネルギー保存則より）



ブラックホールにまつわる 誤解

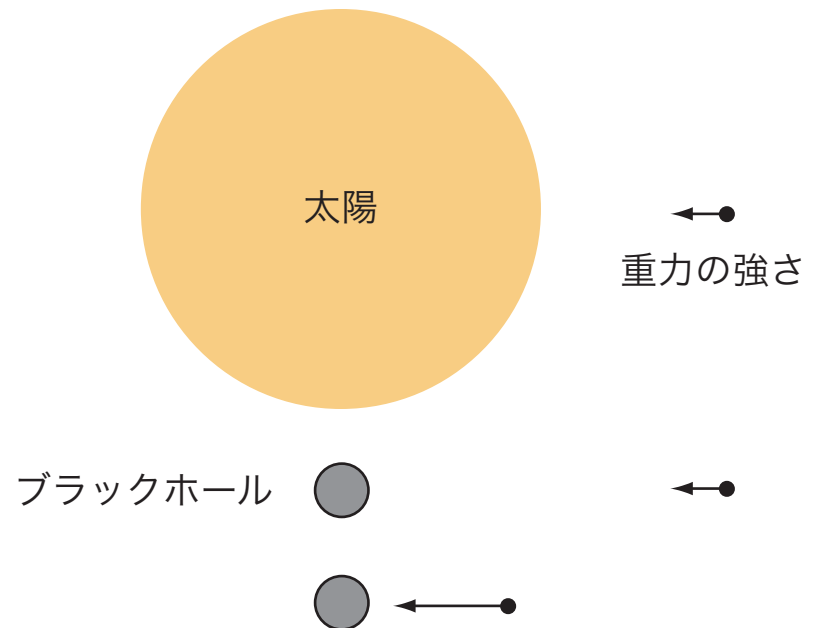
ブラックホールは星より重力が強い？

X線連星からのイメージ？

同じ重力理論 → 同じ距離では同じ重力

ただし (ニュートンポテンシャル) $\sim 1/r$

ソースに近づけば重力は強い



Cyg X-1 想像図



Image courtesy of the High Energy Astrophysics Science Archive Research Center (HEASARC), provided by NASA's Goddard Space Flight Center

ブラックホールは星より重力が強い？

ブラックホールが星と比べてコンパクトで近づけるから重力が強いだけ

X線連星？ → 特別に近距離にある連星系

ふつうの星でこのような連星系は作れない

こういう場合にのみブラックホールの存在がわかる

ブラックホールは高密度？

巨大なブラックホールは高密度である必要はない

M：大 → 密度：小 $\rho \sim \frac{M}{M^3} \sim M^{-2}$

- 太陽質量程度のブラックホール密度： 10^{16} g/cm^3
- 超巨大ブラックホール $10^6 \sim 10^9 M_{\text{Sun}}$ ： $10^4 \sim 10^2 \text{ g/cm}^3$



ブラックホールが存在する理由3
低密度のブラックホールもある