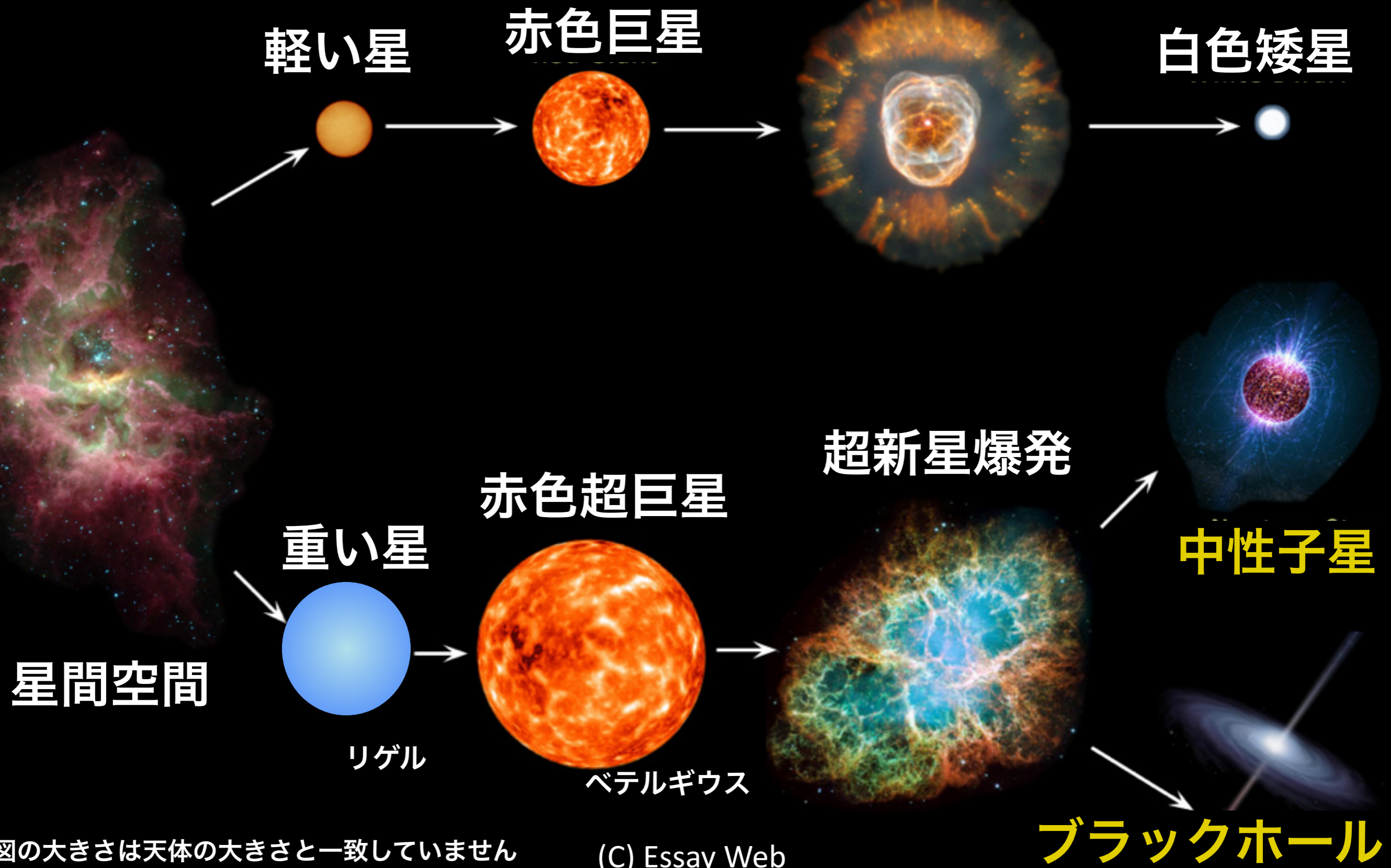


Section 8. ブラックホール

8.1 ブラックホール

8.2 ブラックホール天体

星の一生

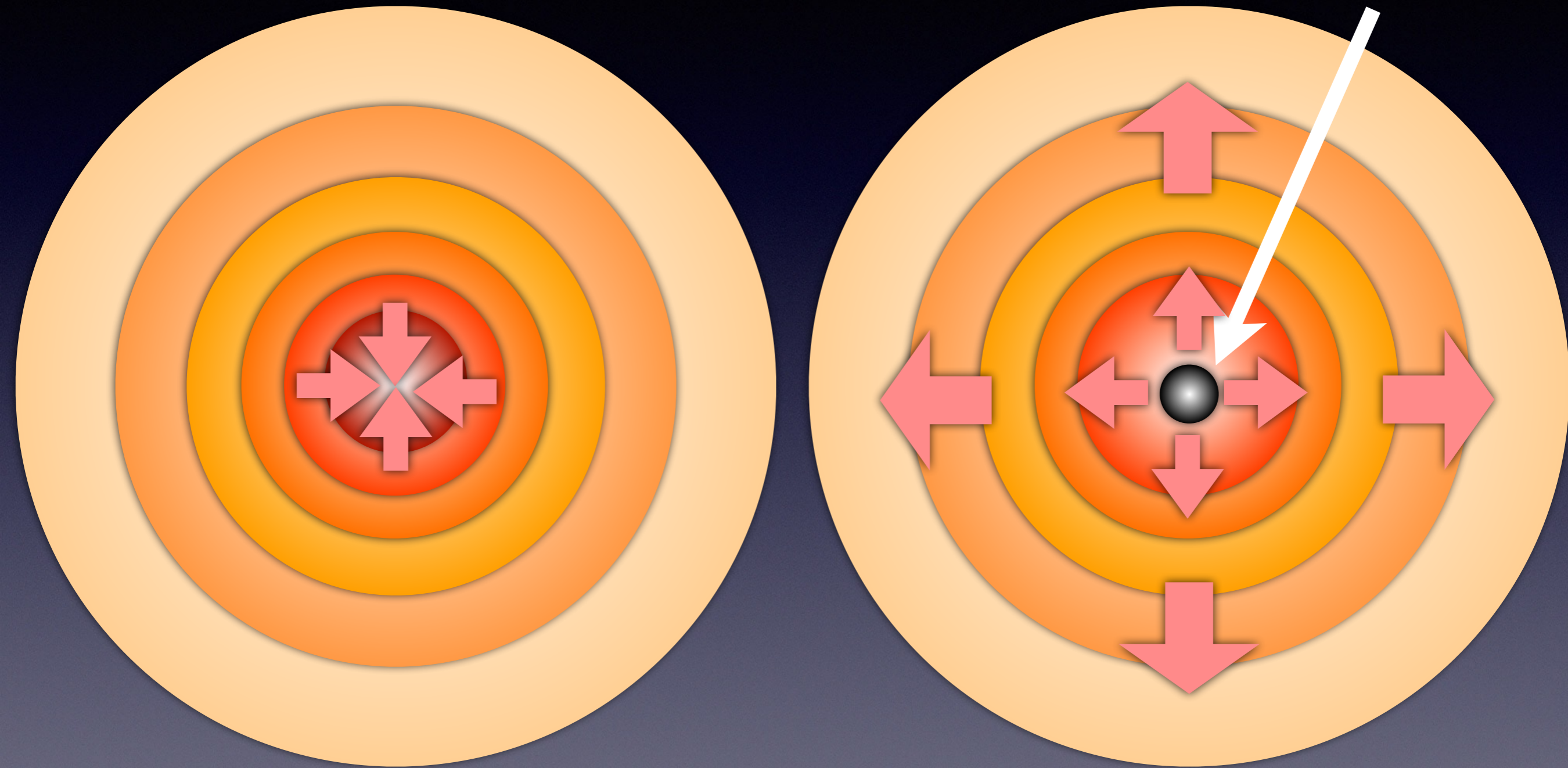


図の大きさは天体の大きさと一致していません

(C) Essay Web

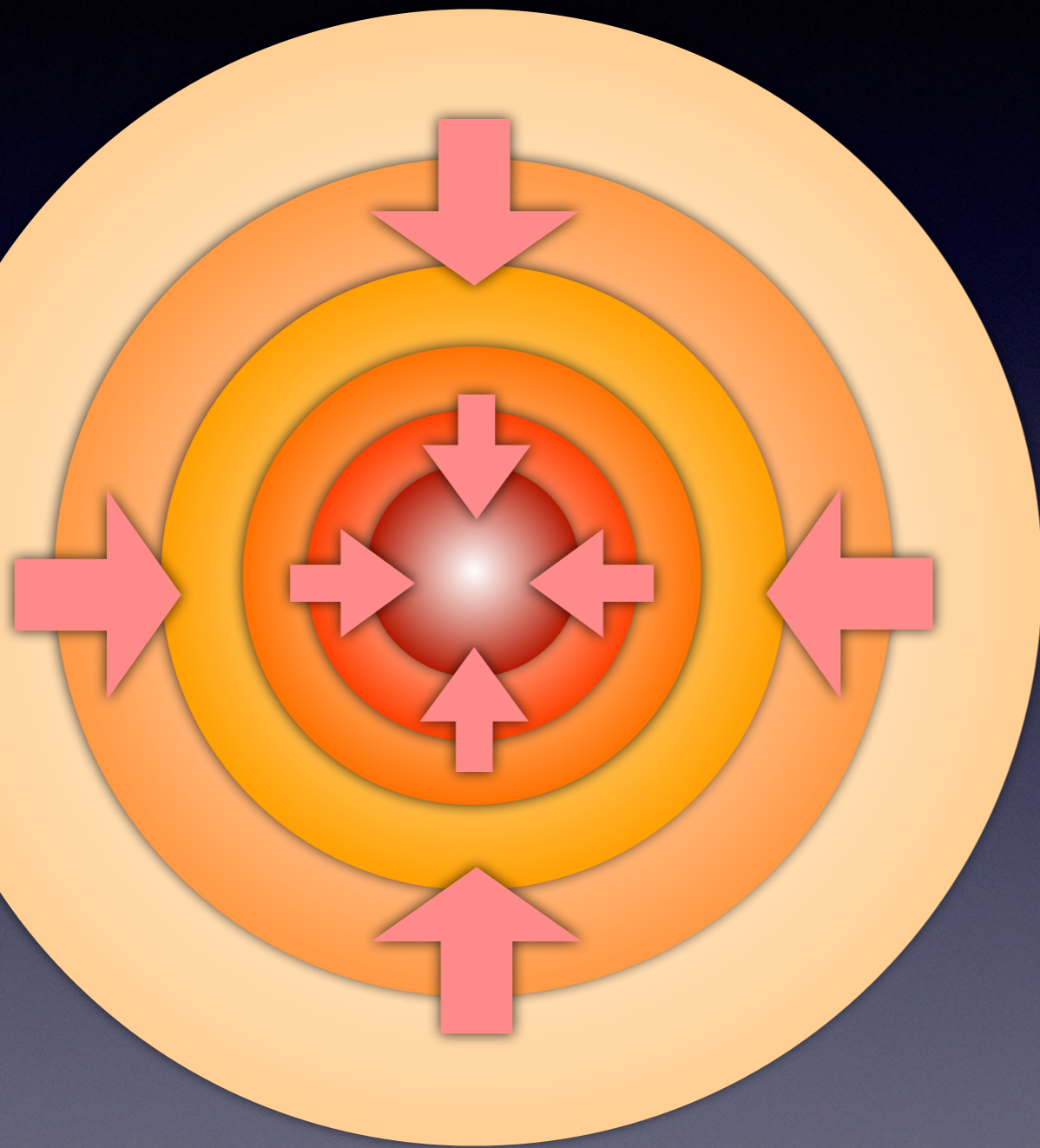
星の「崩壊」
(< 1 秒)

中性子星



超新星爆発！

失敗すると、、、



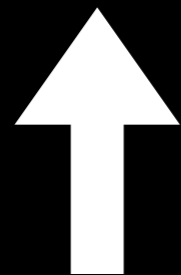
ブラックホール



「ブラックホール」



光さえ抜け出せない天体
= 直接は「見え」ない



秒速 約10km



光の速度

秒速 約300,000km



C: NASA

半径 約6,000 km

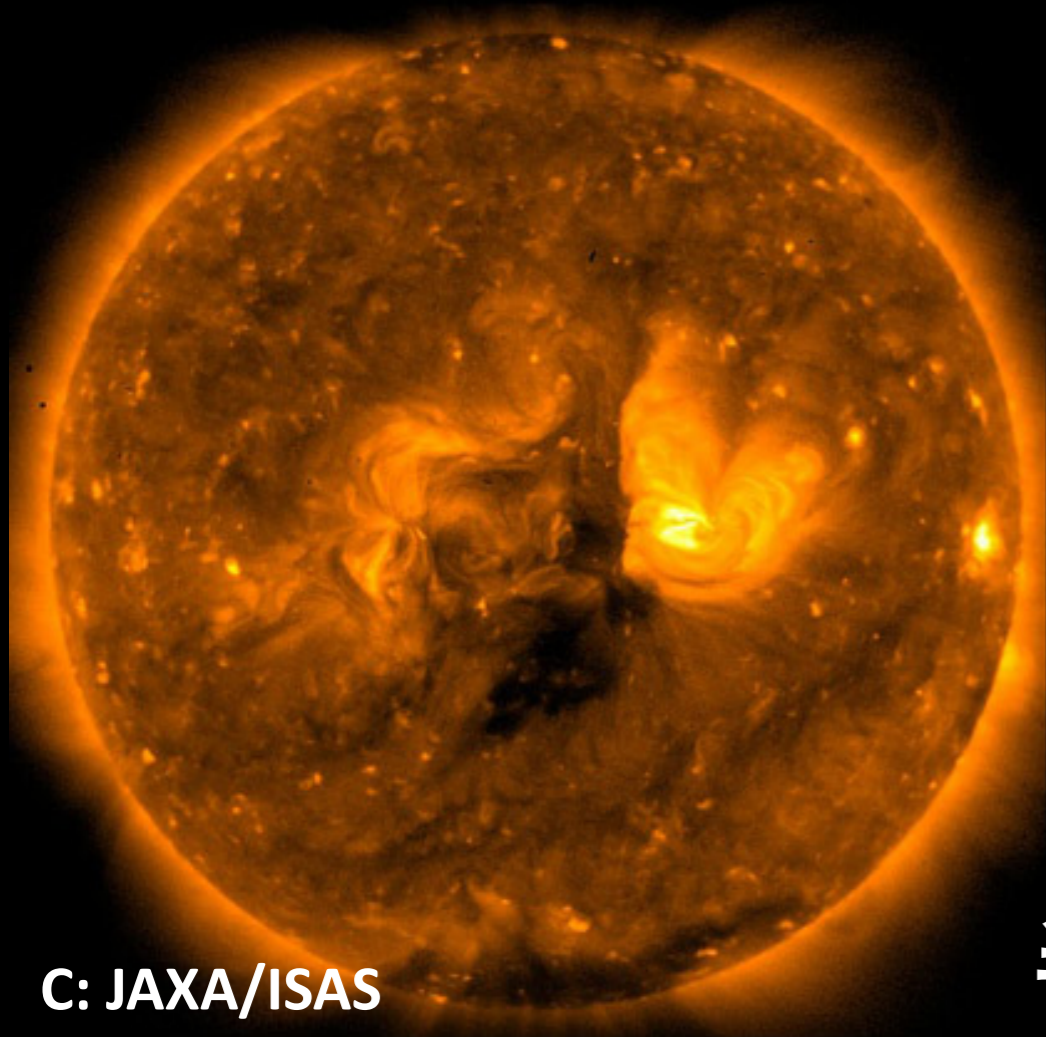
地球は「見える」

↑ 秒速 約600km <<

光の速度
秒速 約300,000km

太陽も「見える」

半径 約700,000 km





太陽を小さくつぶすと、、、

↑ 抜け出すのに
必要な速度 >

光の速度

秒速 約300,000km

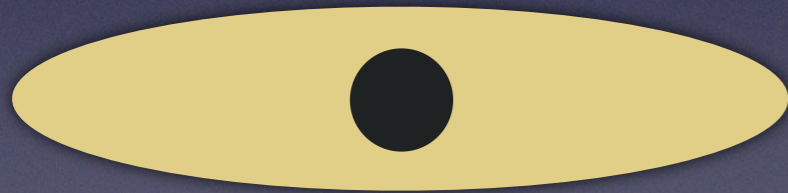
光が抜け出せなくなる
ブラックホール！

●
半径 約3 km

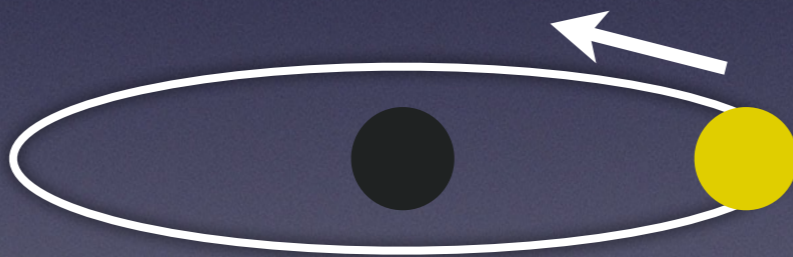
ブラックホールは見えないのに、
なぜいると信じられているのか？

ブラックホールの見つけ方

1. 吸い込まれる
ガスを見る



2. 相手の星の
軌道を測る

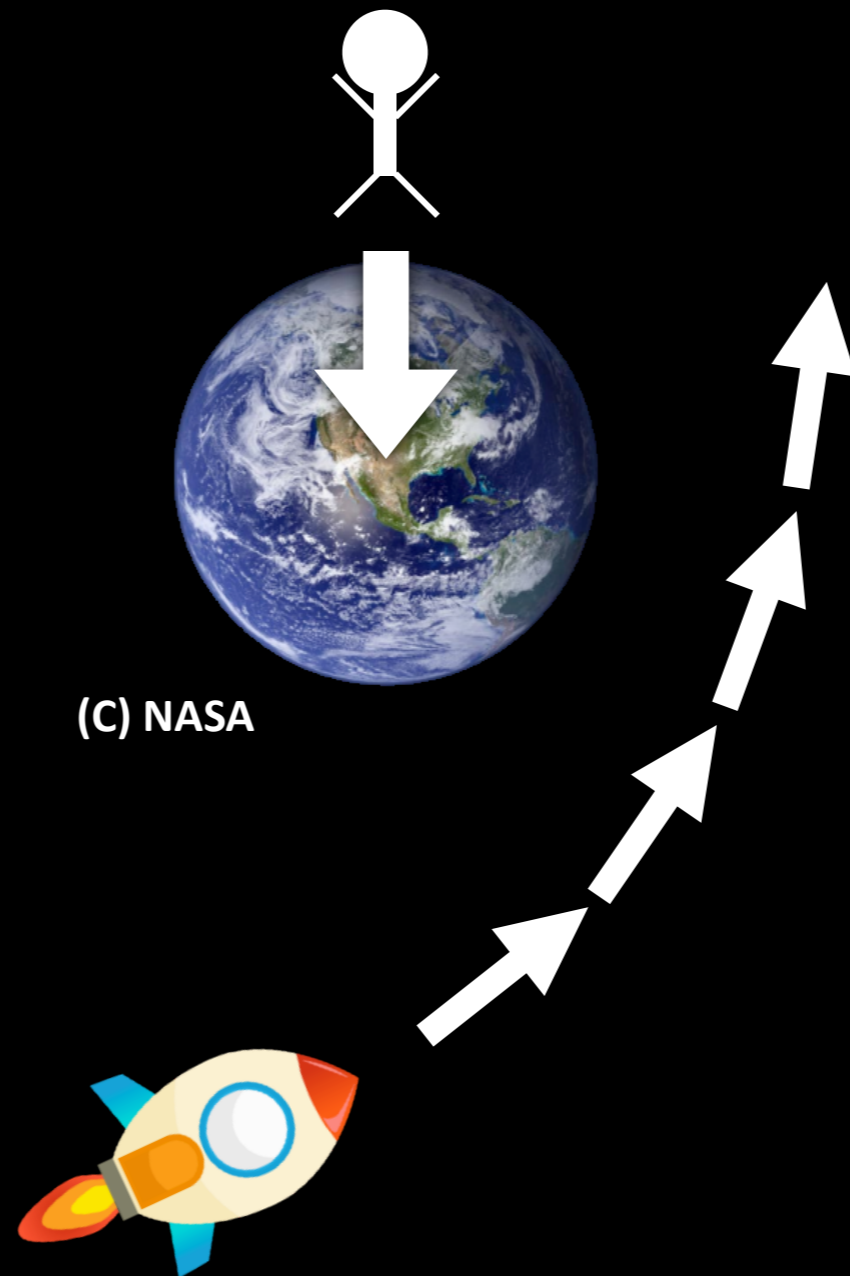


3. 重力波

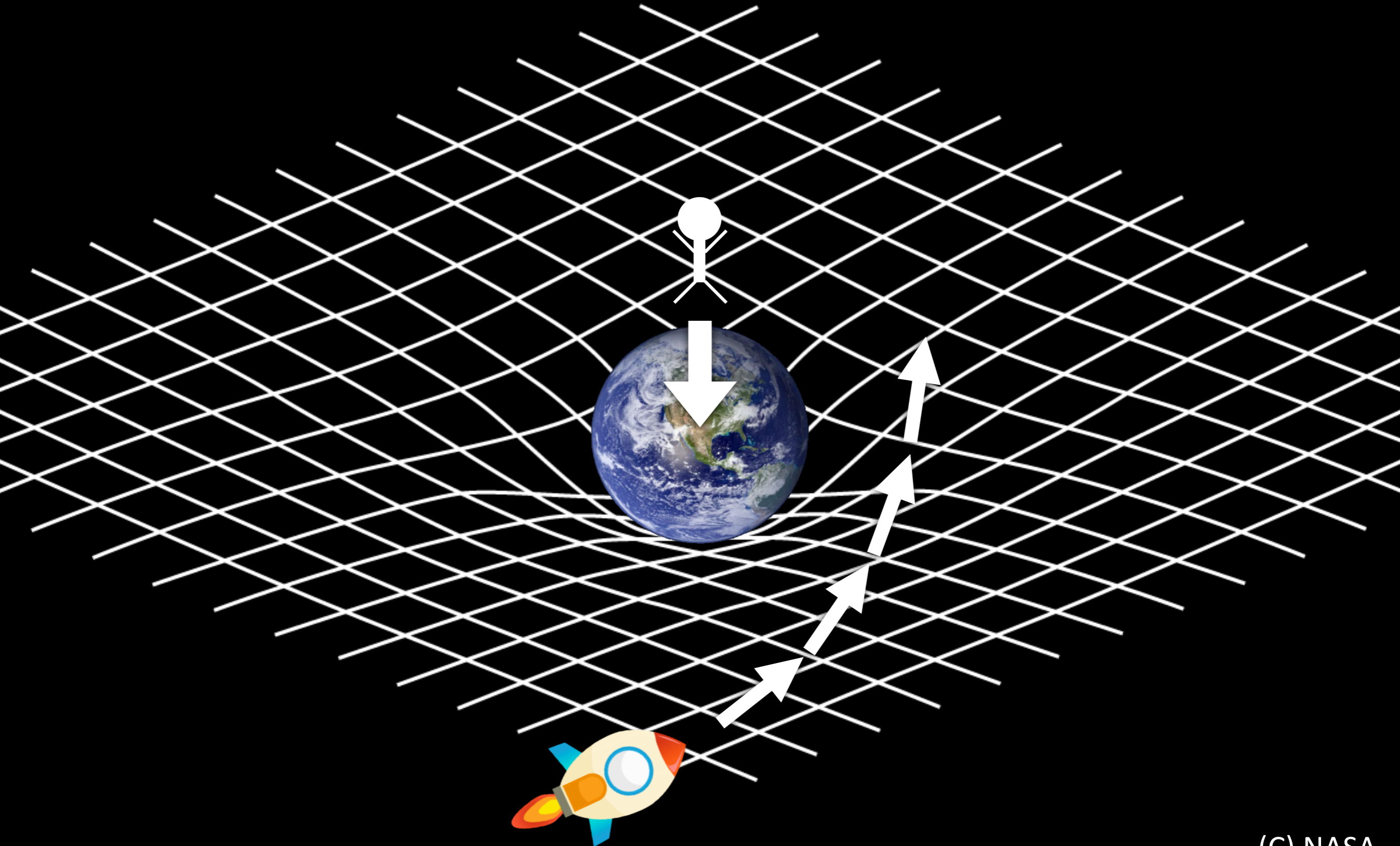


脱線：重力波の話題

重力

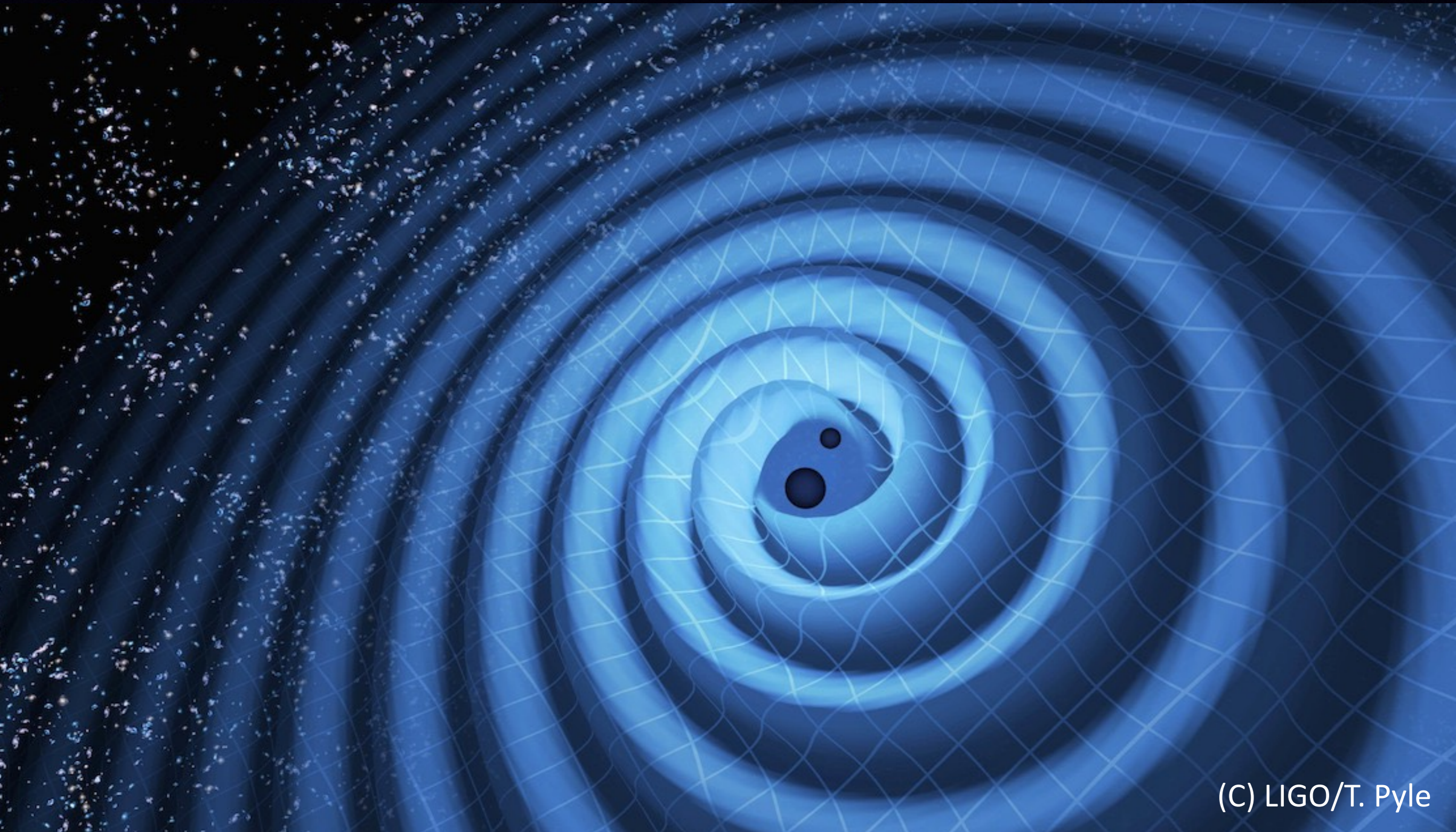


重力：時空のゆがみ



重力波：時空のゆがみの伝播

「**強重力天体**」が動き回ると、強い重力波が発生

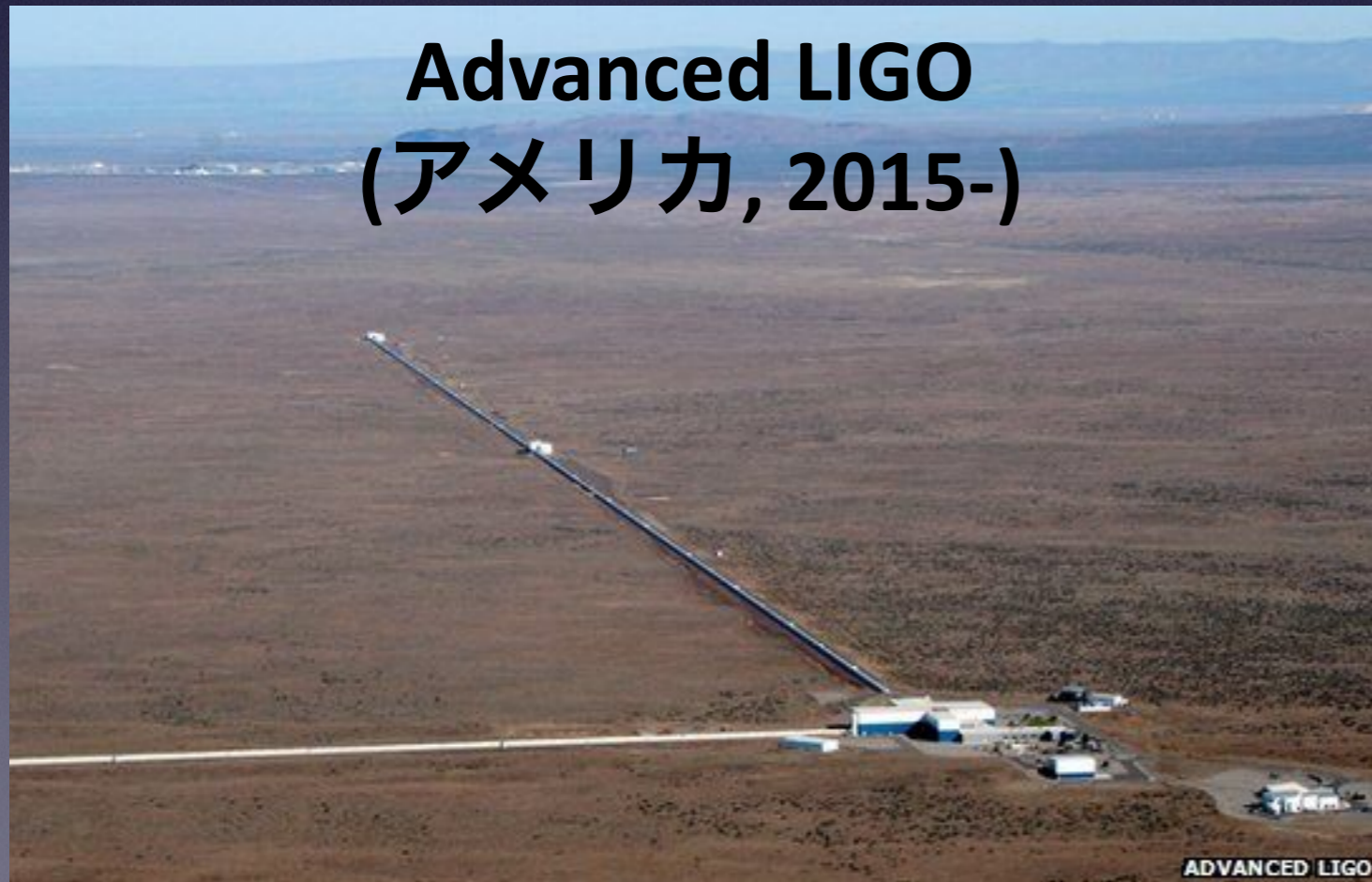


重力波望遠鏡

Advanced Virgo
(ヨーロッパ, 2017-)

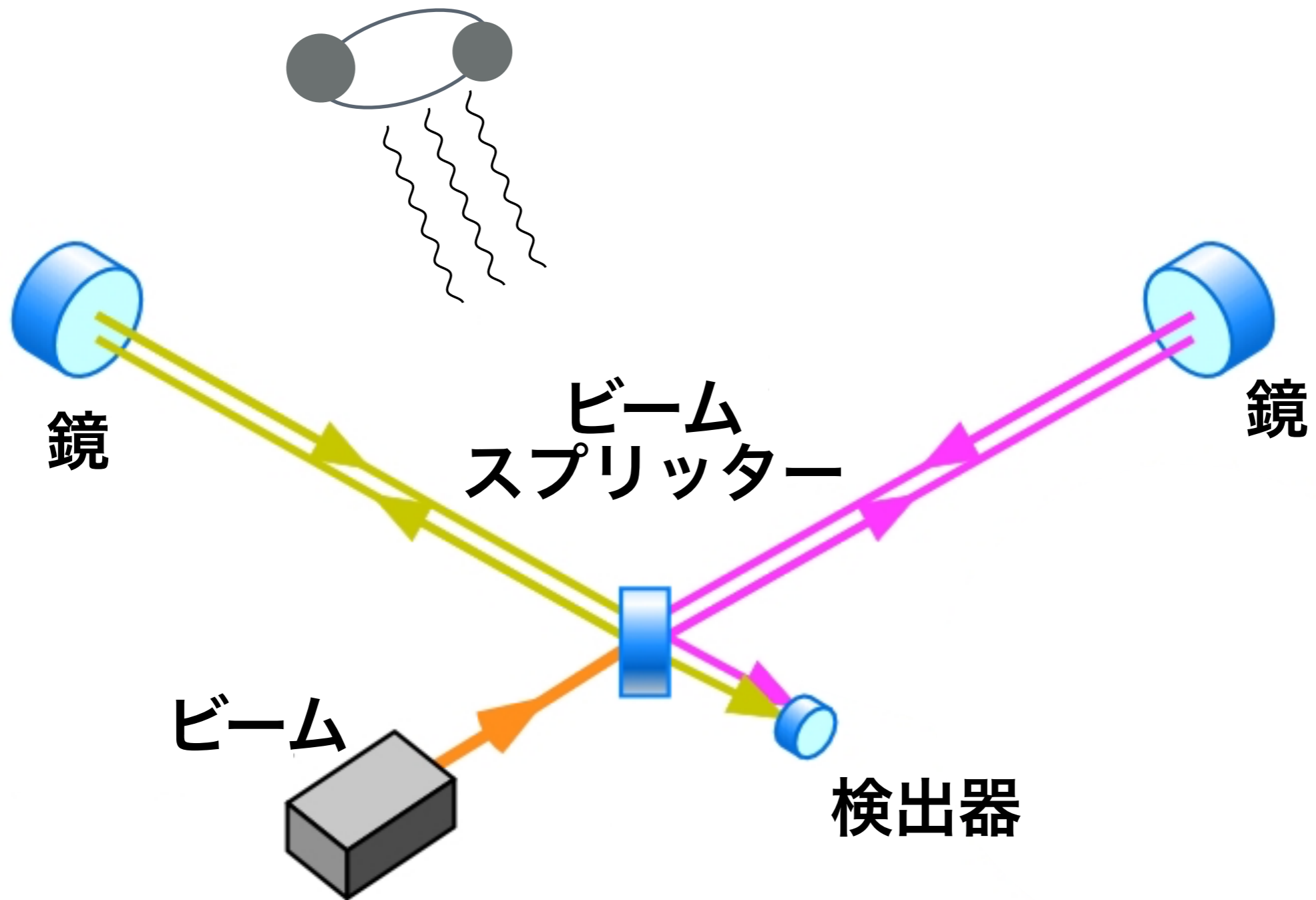


Advanced LIGO
(アメリカ, 2015-)

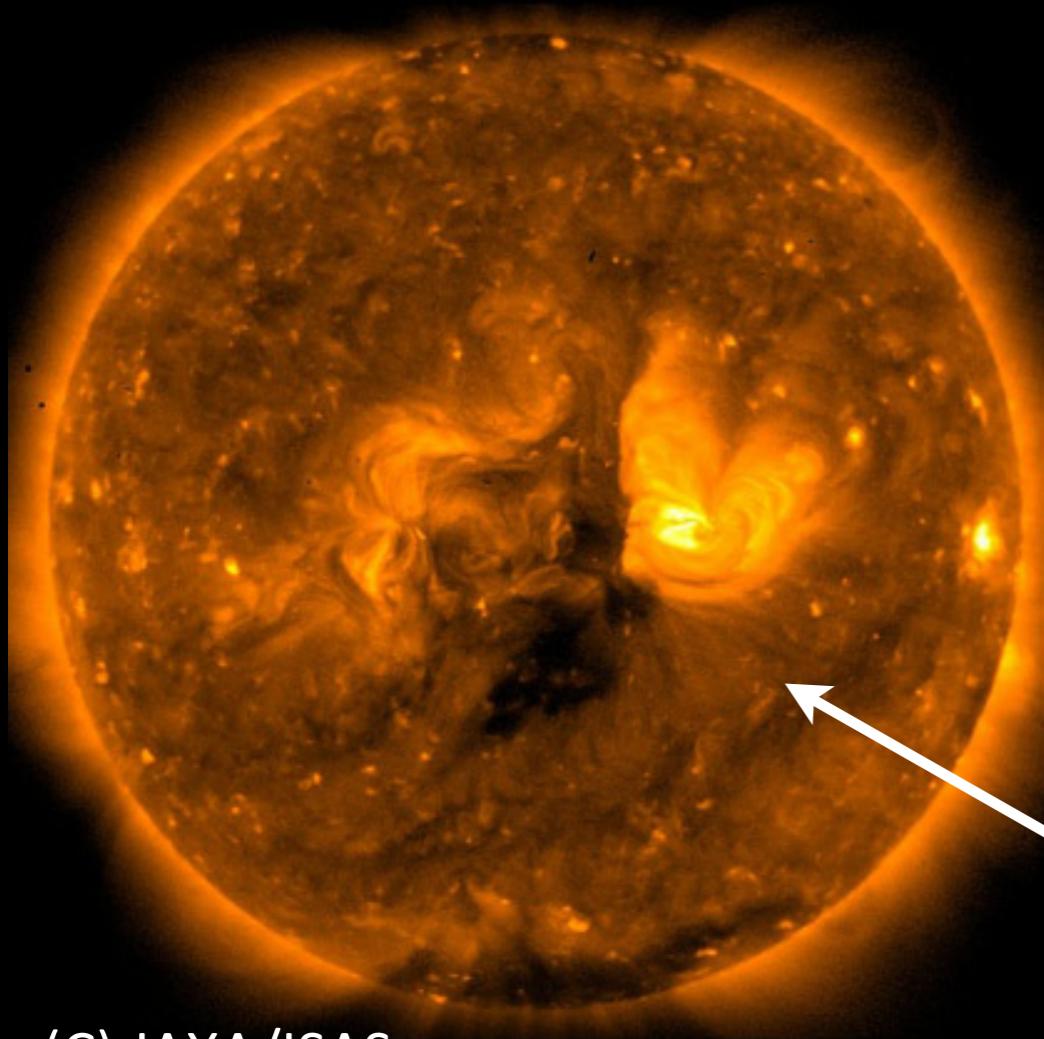


KAGRA (日本)





$$0.000000000000000000000001 = 10^{-21}$$



(C) JAXA/ISAS

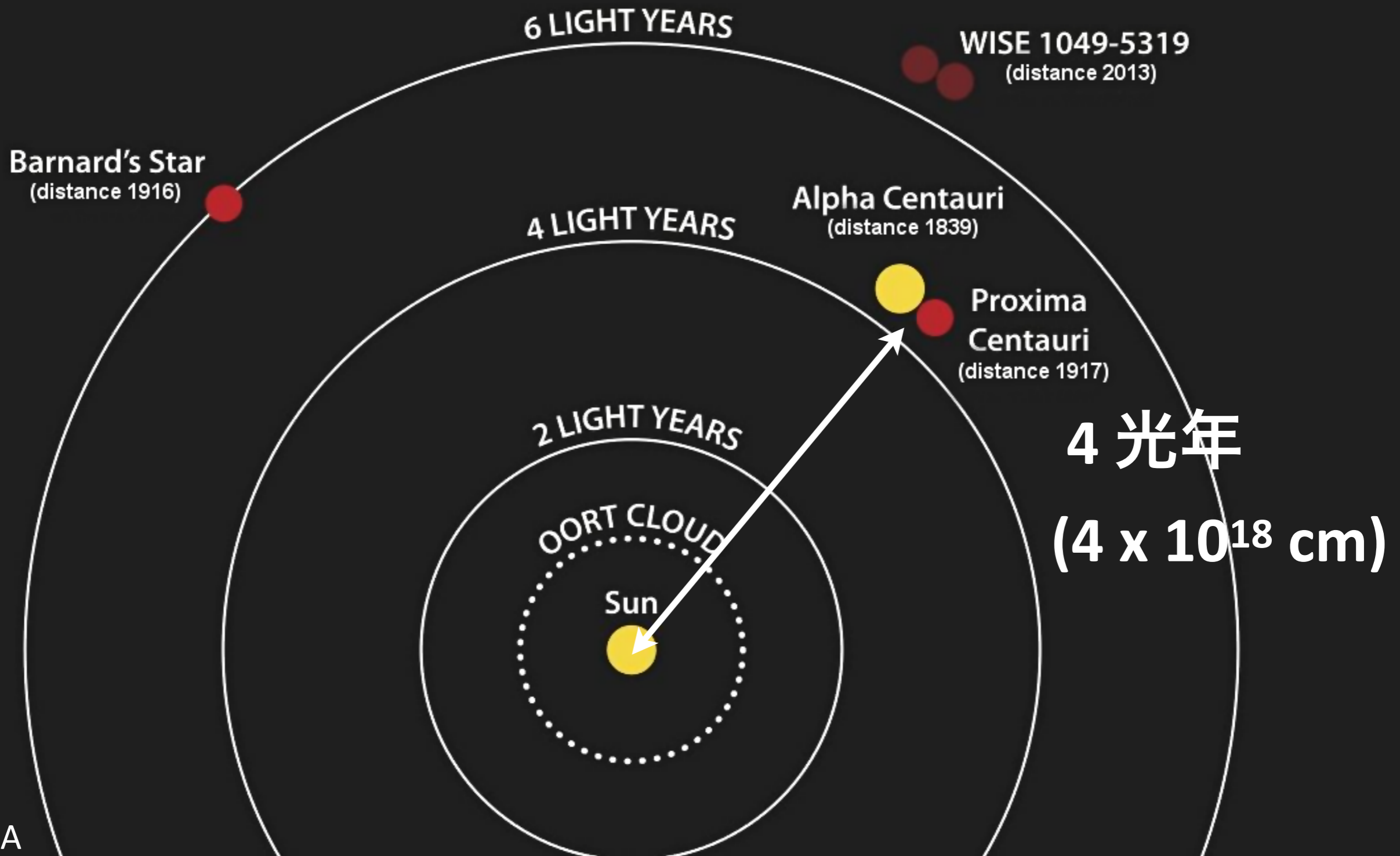
1億5000万km
(1.5×10^{13} cm)

太陽と地球のあいだの距離が
水素原子1個分だけ変わる程度！

($1\text{\AA} = 0.1 \text{ nm} = 10^{-8} \text{ cm}$)



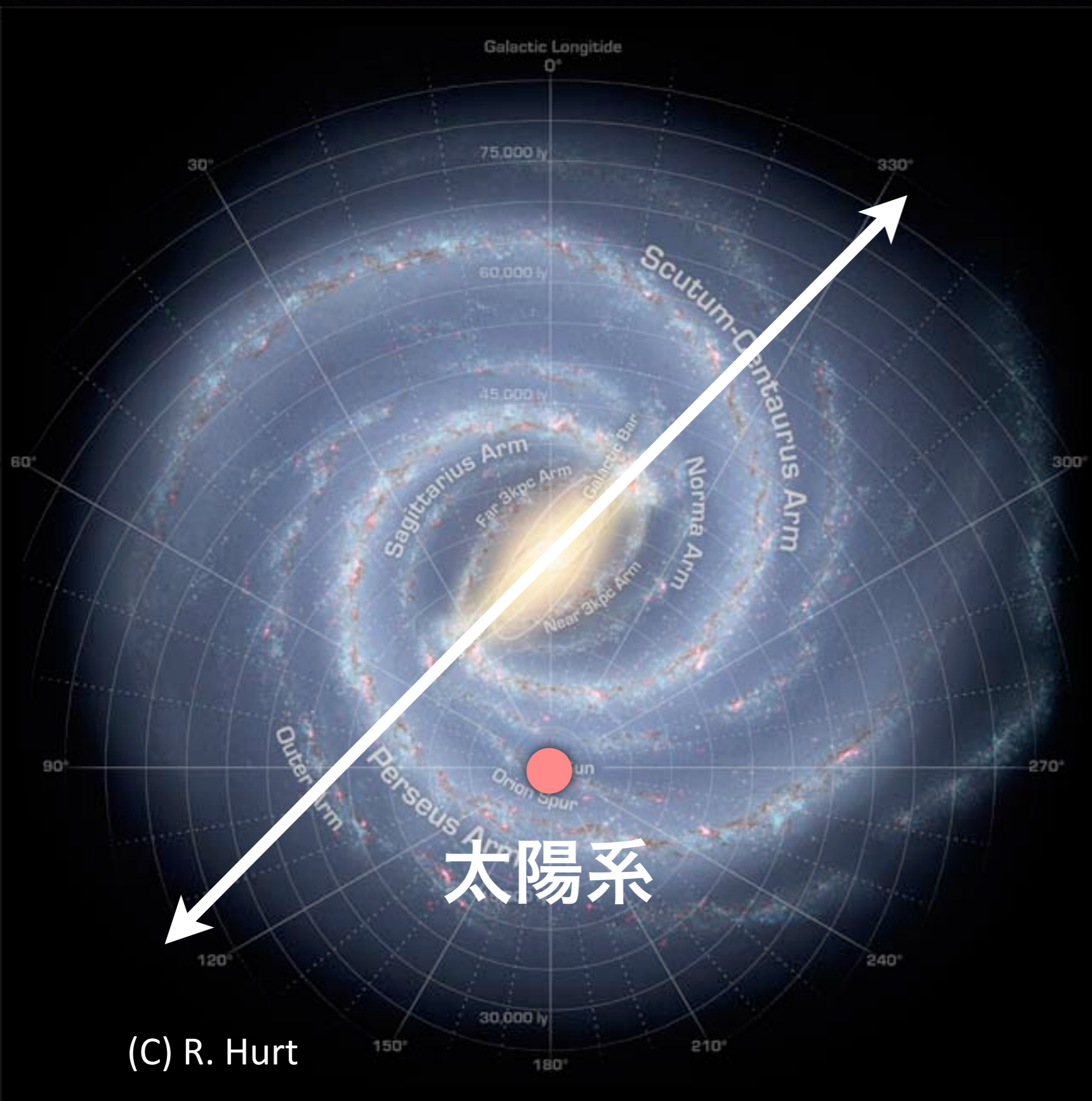
(C) NASA



髪の毛の幅 $40 \text{ } \mu\text{m}$ ($4 \times 10^{-3} \text{ cm}$)

$$10^{-21} = \frac{\text{髪の毛の幅 } (4 \times 10^{-3} \text{ cm})}{\text{アルファセンタウリまでの距離 } (4 \times 10^{18} \text{ cm})}$$

私たちの住む銀河系



銀河の大きさ
約100,000光年

$$10^{23} \text{ cm} = 10^{21} \text{ m}$$

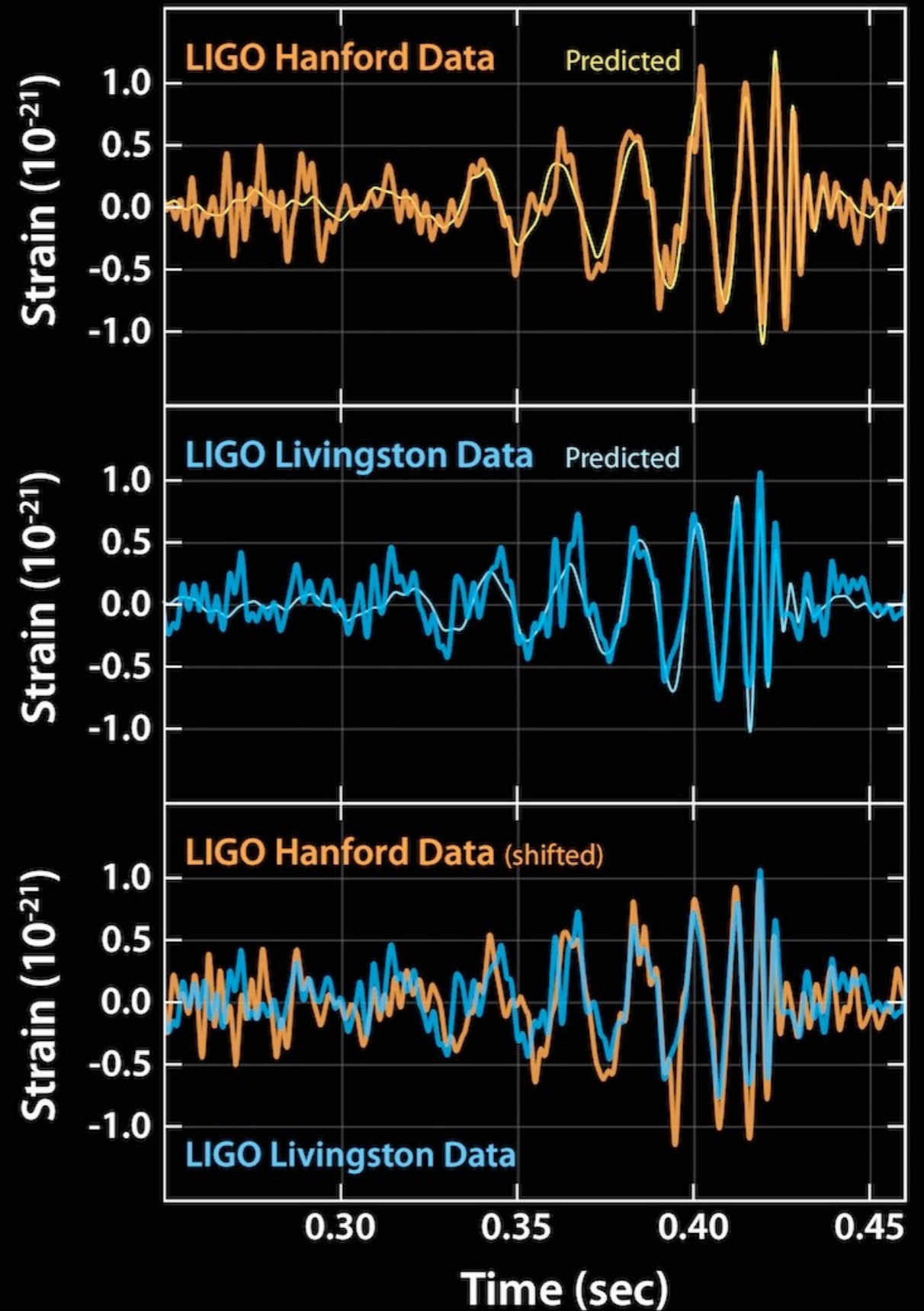
銀河系の大きさが
わずか1m変わる程度！

2015年9月14日

重力波 初の直接観測

ブラックホールの合体

LIGO Scientific Collaboration
and Virgo Collaboration, 2016, PRL, 061102



2017年10月



The Nobel Prize in Physics 2017

Rainer Weiss, Barry C. Barish, Kip S. Thorne

Share this: 991

The Nobel Prize in Physics 2017



© Nobel Media. Ill. N. Elmehed
Rainer Weiss
Prize share: 1/2



© Nobel Media. Ill. N. Elmehed
Barry C. Barish
Prize share: 1/4



© Nobel Media. Ill. N. Elmehed
Kip S. Thorne
Prize share: 1/4

The Nobel Prize in Physics 2017 was divided, one half awarded to Rainer Weiss, the other half jointly to Barry C. Barish and Kip S. Thorne *"for decisive contributions to the LIGO detector and the observation of gravitational waves"*.

ノーベル物理学賞

重力波観測への貢献に対して

Section 8. ブラックホール

8.1 ブラックホール

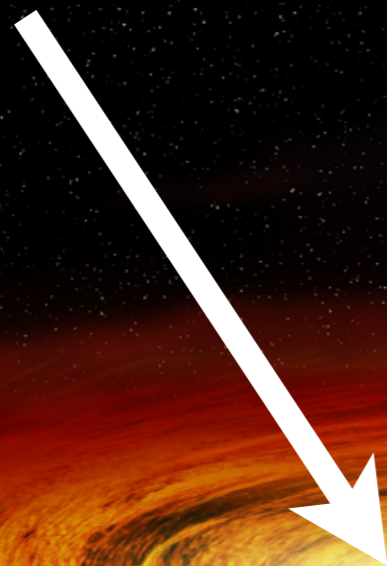
8.2 ブラックホール天体

想像図

普通の星

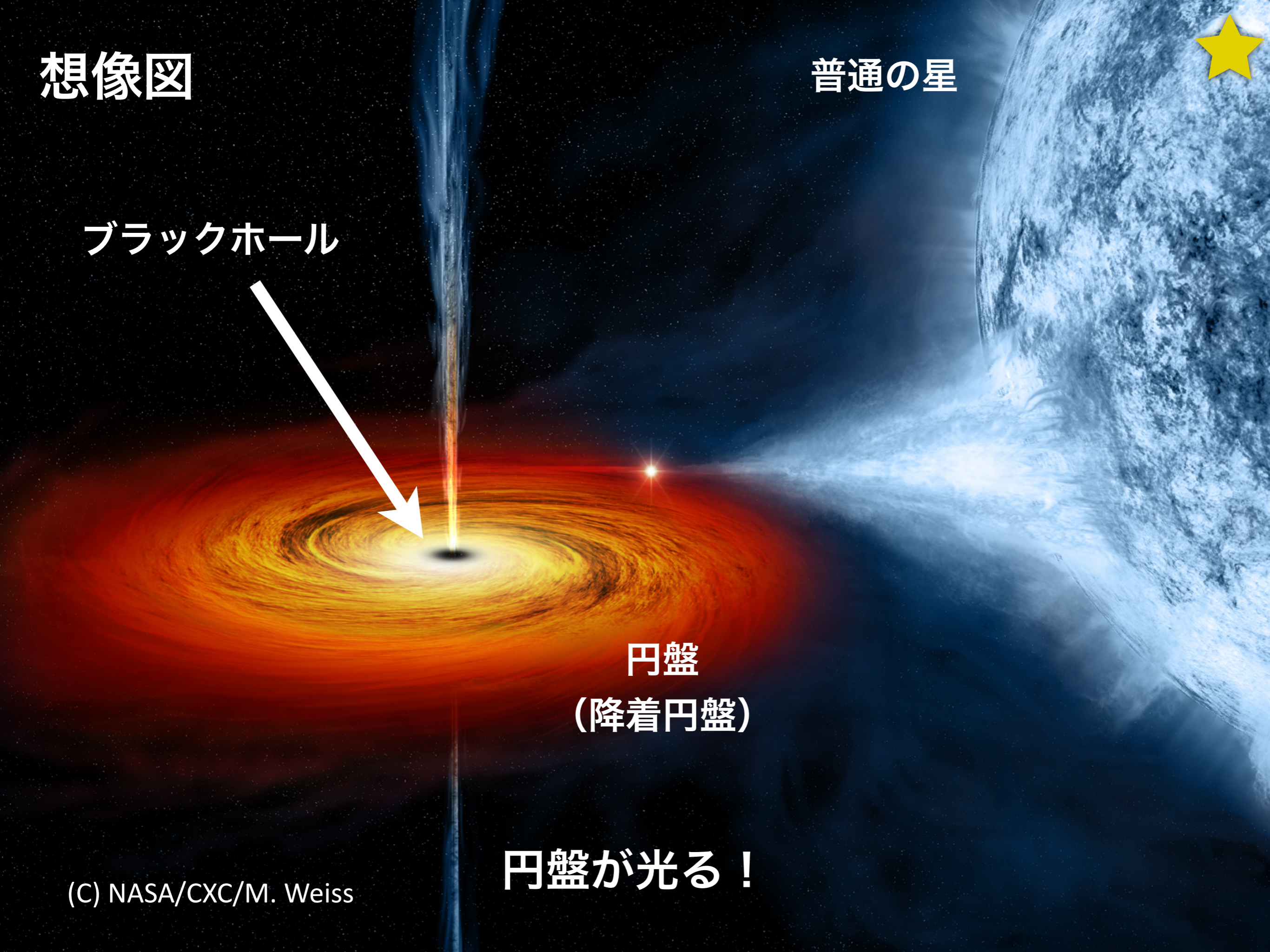


ブラックホール



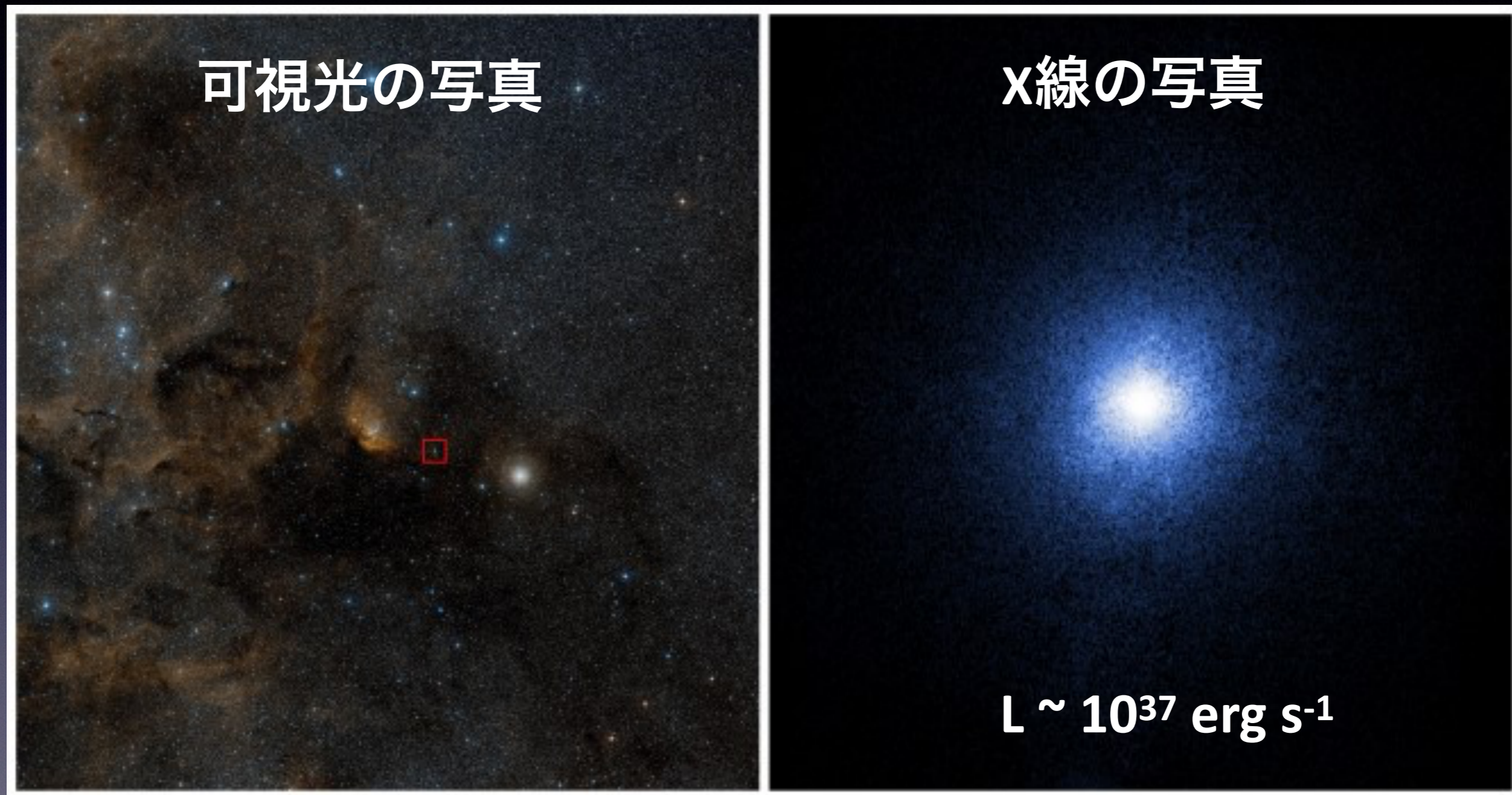
円盤
(降着円盤)

円盤が光る！



はくちょう座X-1

最初に発見されたブラックホール天体



Credit: NASA/CXC (X-ray); Digitized Sky Survey (Optical)

レポート課題3b

ブラックホールの影



<https://www.miz.nao.ac.jp/eht-j/c/pr/pr20190410>

- この天体は距離 $d = 17 \text{ Mpc}$ に位置しており、リングの見かけの半径は 20 マイクロ秒角 ($20 \times 10^{-6} \text{ 秒角}$) である。リングの半径の実際の長さを求めよ。
- 上記で求めた長さがシュバルツシルト半径だとして(*)、このブラックホールの質量を概算せよ。

*実際はシュバルツシルト半径の

$3 \cdot \sqrt{3}/2$ 倍になることが知られています。

まとめ

- **ブラックホール**

- 脱出速度 > 光の速度
=> 光が逃げられない (見えない)
本当は相対性理論で扱う必要がある

- **ブラックホール天体**

- ブラックホールにガスが落ち込む => 降着円盤
- 重力エネルギーをエネルギー源にして光る
- 10太陽質量程度のブラックホールの場合
主にX線で光る ($T \sim 10^7$ K)
- 実際に多くのブラックホール天体が観測されている