

Section 7. 超新星爆発と中性子星

7.1 超新星爆発

7.2 中性子星

前半のまとめ (1)

- 宇宙のスケール
 - 長さ、質量
- 太陽系
 - ニュートン力学で理解できる
- 系外惑星
 - 直接写真を撮る、ドップラー効果を使う、食を使う
 - 重心周りの運動 => ドップラー効果の程度

力学

力学

前半のまとめ (2)

- 太陽のエネルギー源は？

原子核物理

=> 原子核反応が必要 (化学反応や重力エネルギーでは足りない)

- 太陽の内部構造は？

=> 太陽の中心温度は 10^7 K程度

=> トンネル効果が必要

流体力学、力学

熱力学

量子力学

- 恒星の性質

- エネルギー源がなくなると、収縮して、熱くなる

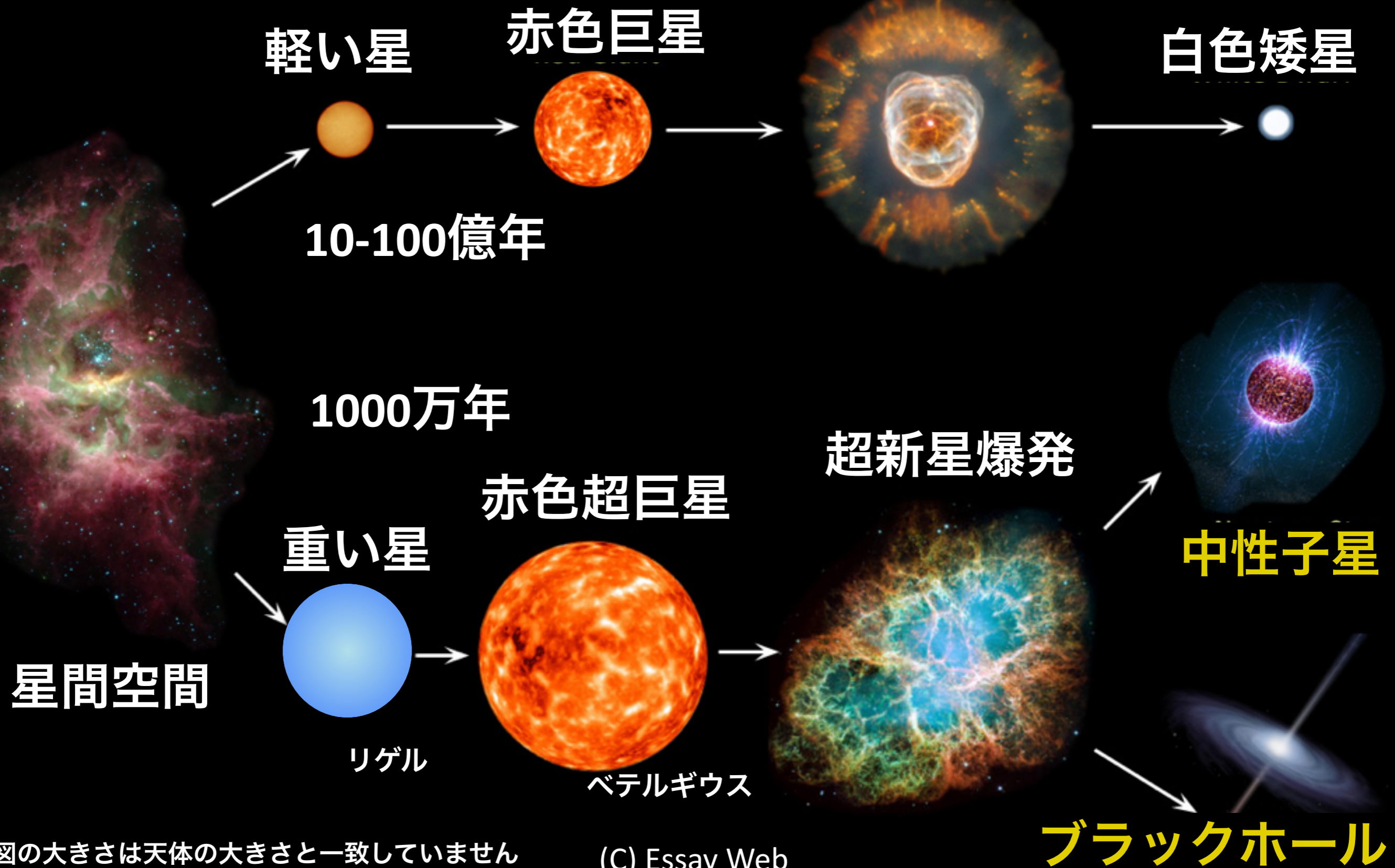
- より重い原子核の核融合反応 => 星は「進化」する

Section 7. 超新星爆発と中性子星

7.1 超新星爆発

7.2 中性子星

星の一生

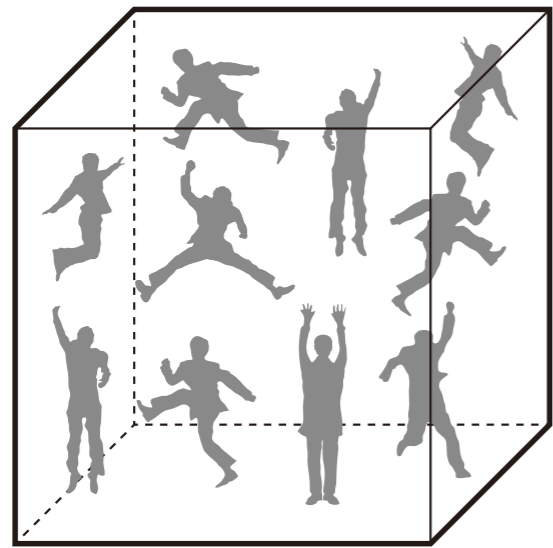


図の大きさは天体の大きさと一致していません

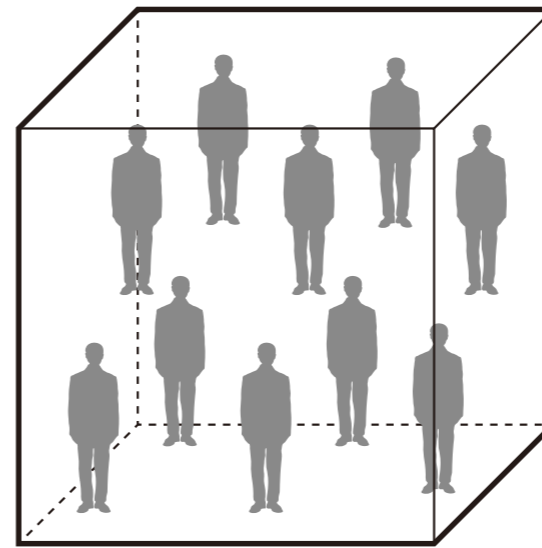
(C) Essay Web

理想気体の 圧力

普通の気体の圧力

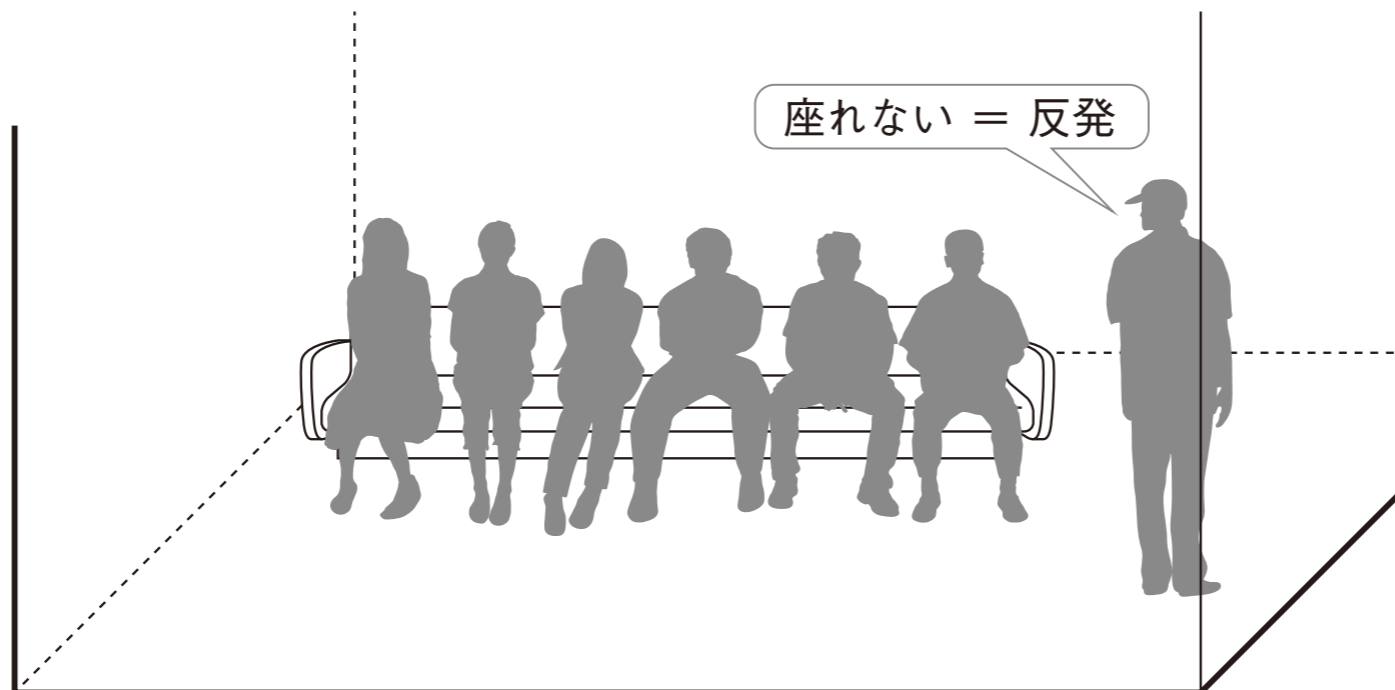


温度を下げる



圧力が下がる

縮退圧



温度がゼロでも圧力が生まれる

縮退圧

詰め込みすぎると
圧力が発生

量子力学
統計力学

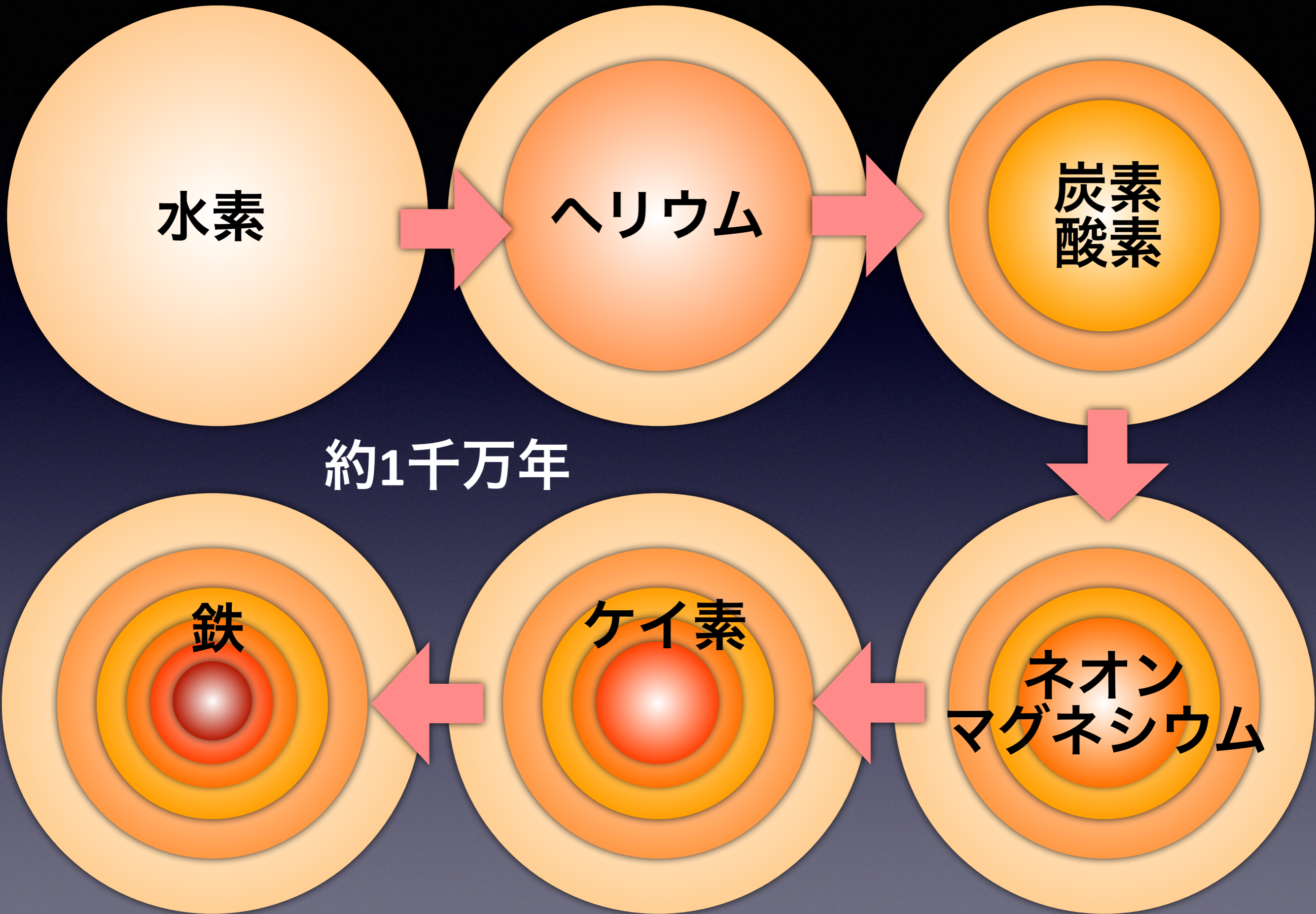
白色矮星：軽い星の最期 (縮退圧で支えられた星)



超新星爆発：重い星の最期



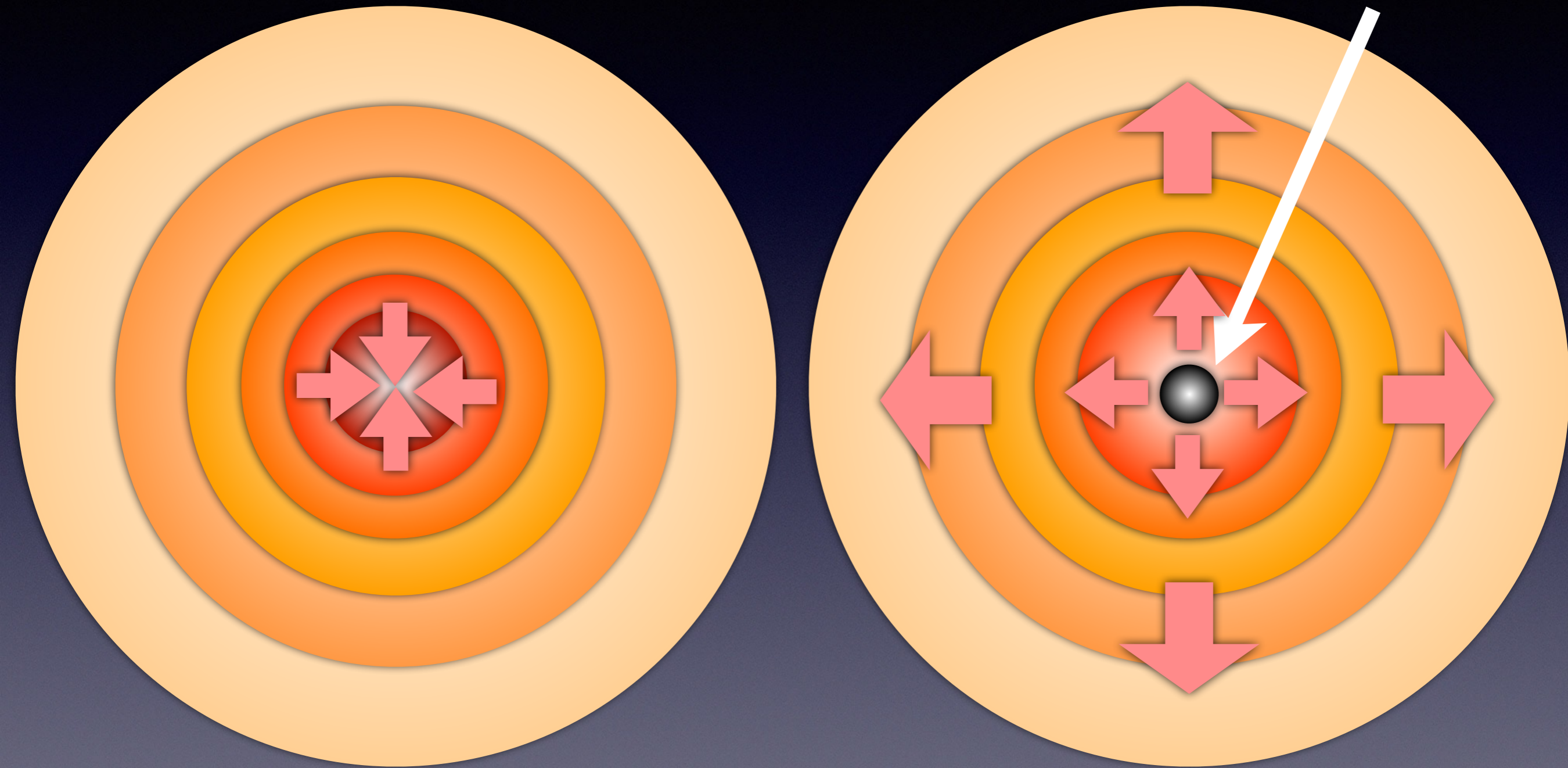
NASA/HST



図の大きさは天体の大きさと一致していません

星の「崩壊」
(< 1秒)

中性子星



超新星爆発！

超新星爆発

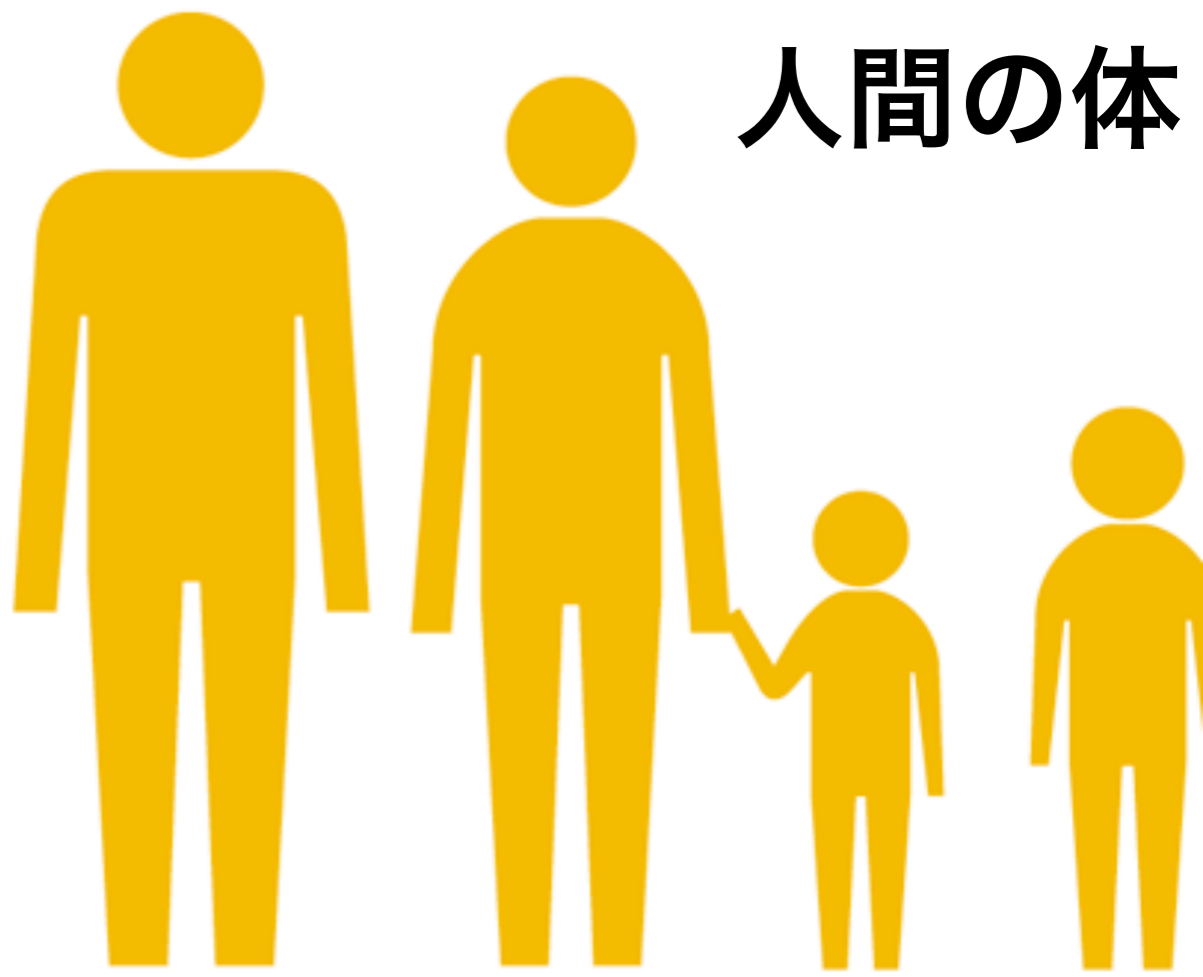
酸素・窒素

(C) NASA/HST

炭素

ケイ素

人間の体





星は爆発しているらしい
==> 星の中では何が起きているの？

超新星SN 1987A

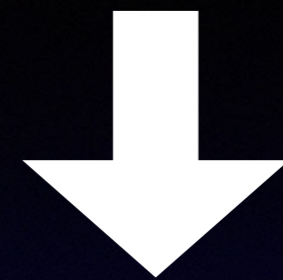
最近100年で最も近い超新星

(銀河系のとなり、大マゼラン雲、50 kpc)

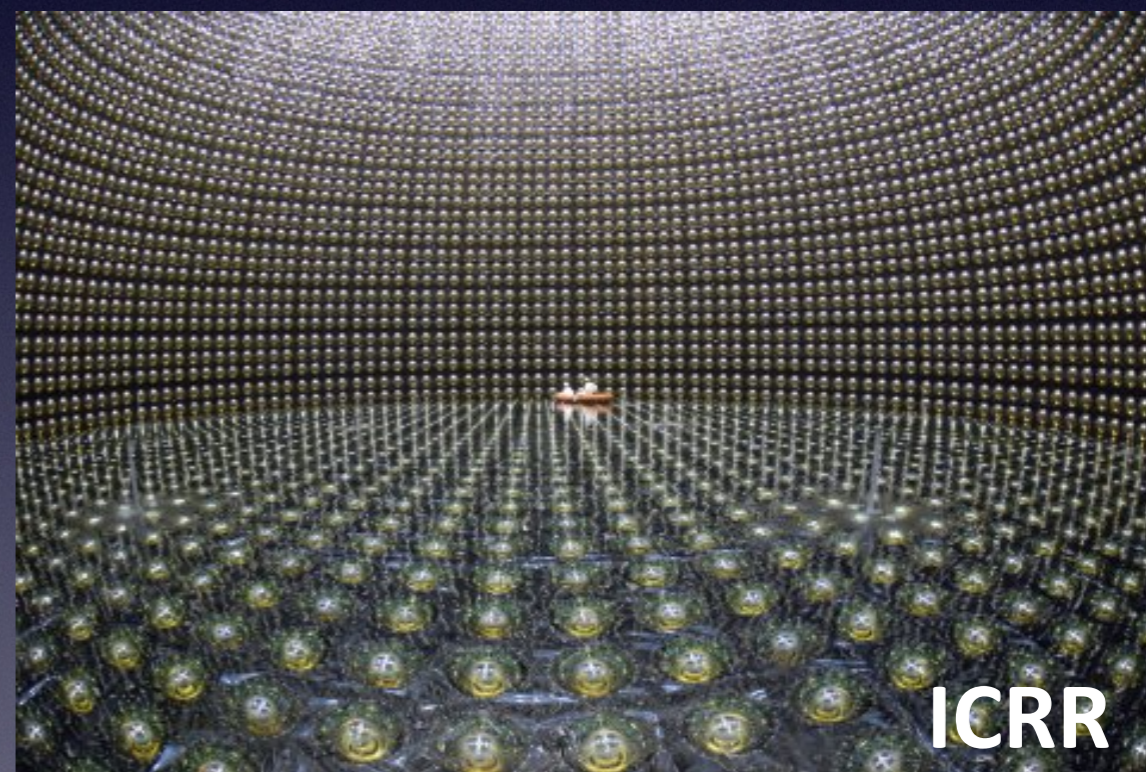
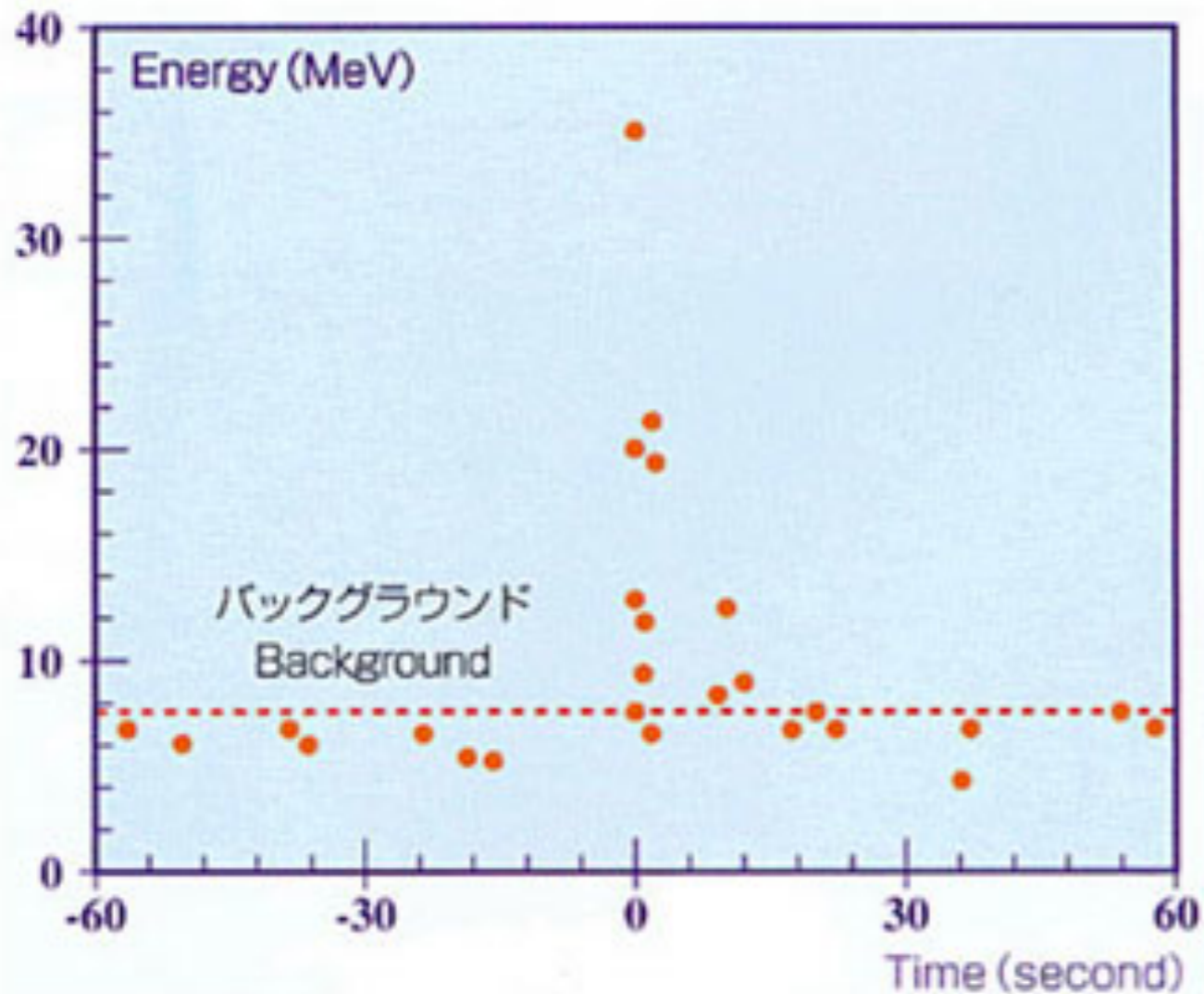


SN 1987Aから ニュートリノを検出

カミオカンデ

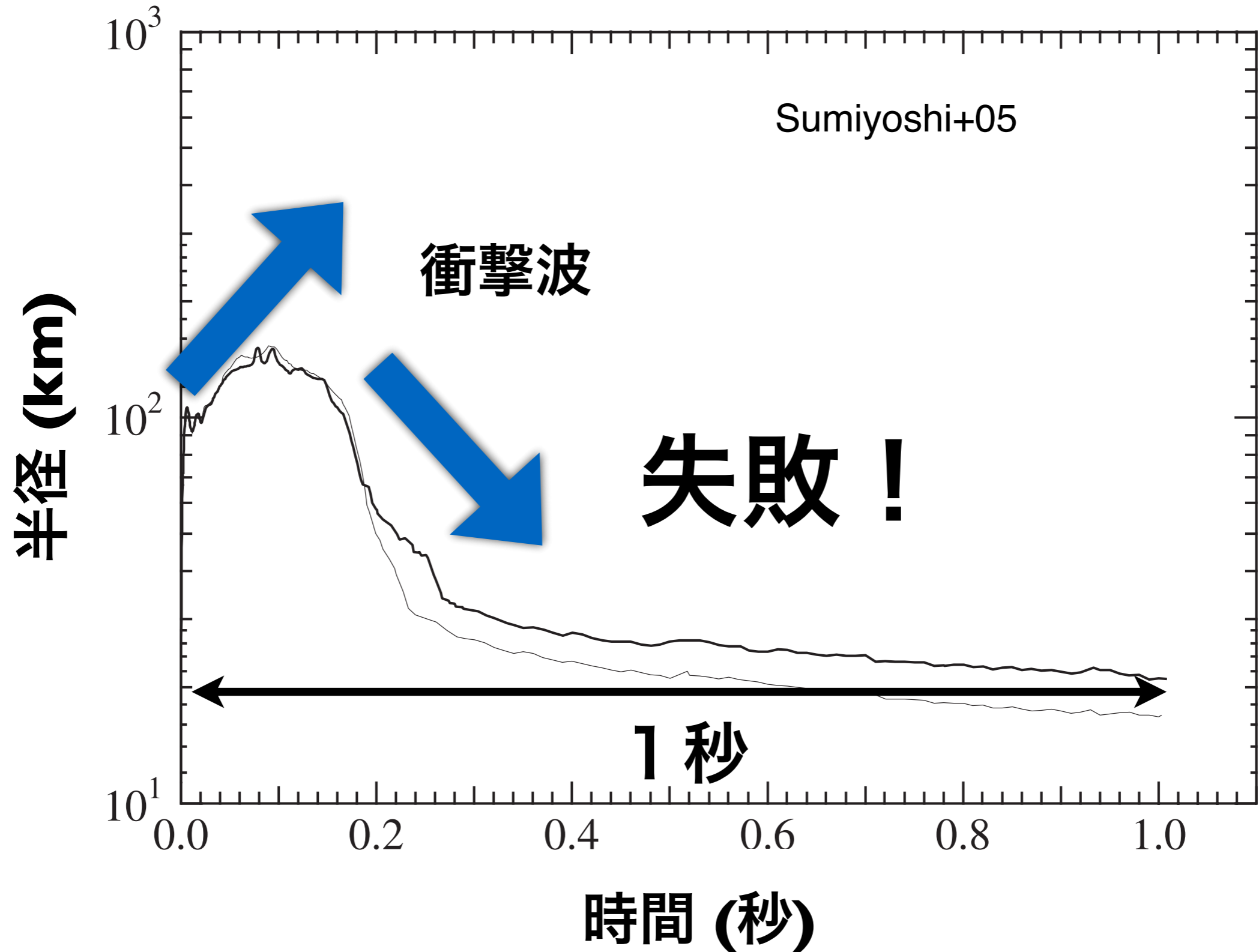


スーパーカミオカンデ



超新星爆発で大量のニュートリノ($\sim 10^{53}$ erg)が
放出されていることが証明された

コンピュータシミュレーションの結果 (1次元球対称を仮定)



アメリカのグループの結果

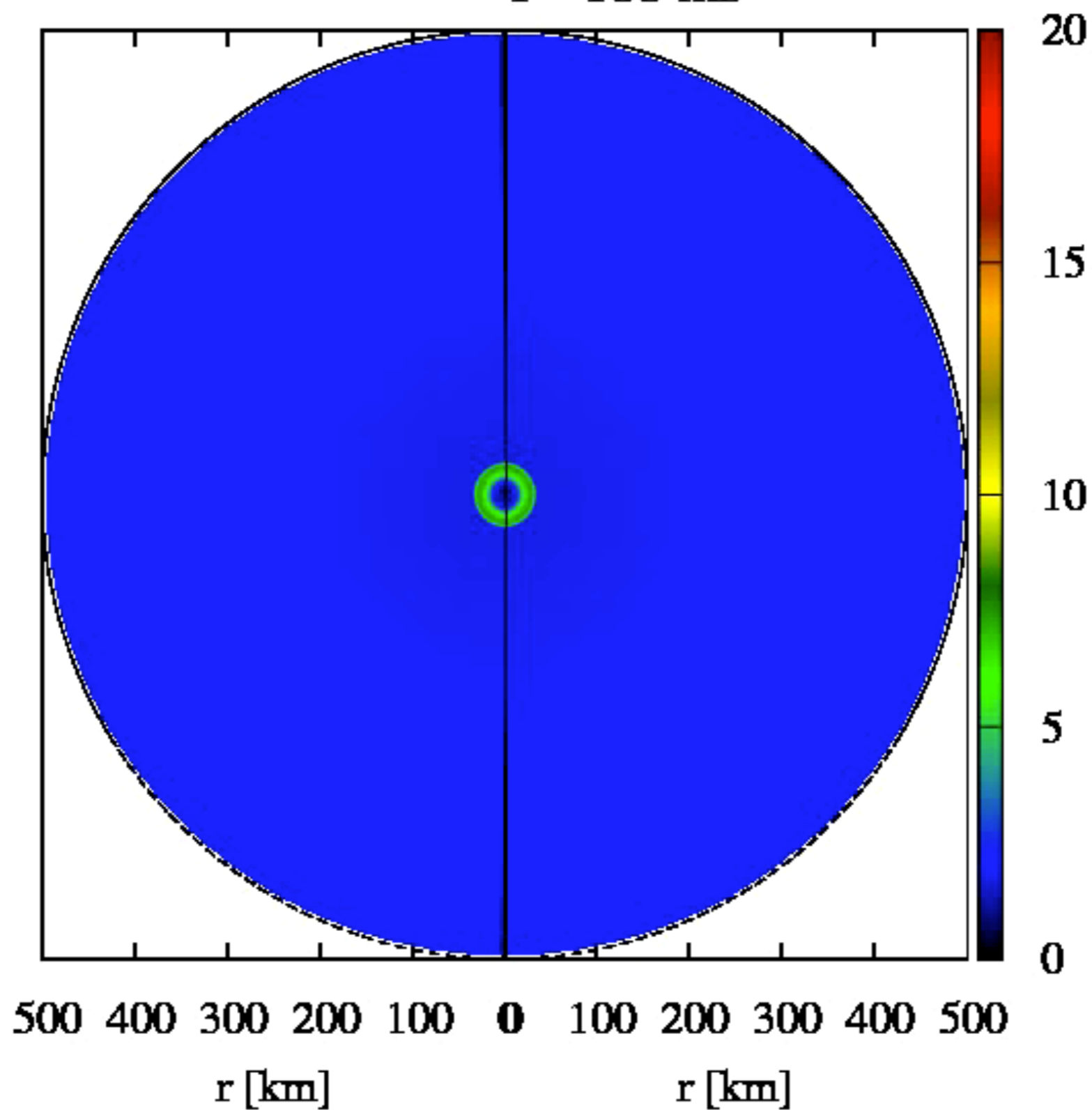
A. Burrows

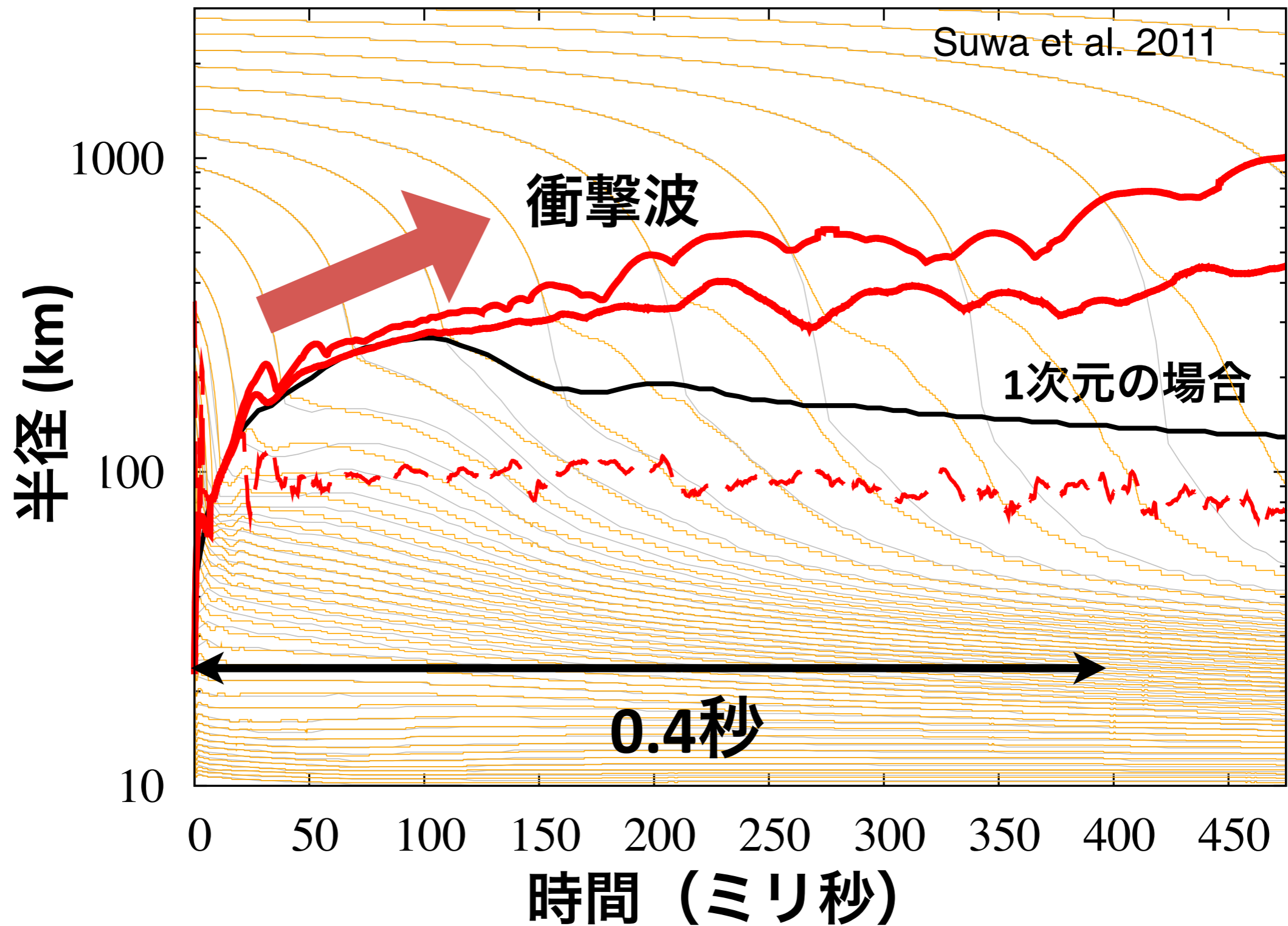
S20.0 ENTROPY
LEA VELOCITY
Time = -168.0 ms
Radius = 500.00 km

日本のグループの結果

Suwa et al. 2011

$T = 188 \text{ ms}$





まだ $E \sim 10^{50}$ erg (1桁足りない)

現代宇宙物理学の最大の謎の1つ

まとめ：超新星爆発

- 重い星は一生の最後に爆発する
- 重力エネルギーがエネルギー源
=> ニュートリノが受け渡して爆発
- 超新星爆発によって重元素が放出される
=> 身の回りの元素の起源！
- 実は詳細なメカニズムはまだ分かっていない

Section 7. 超新星爆発と中性子星

7.1 超新星爆発

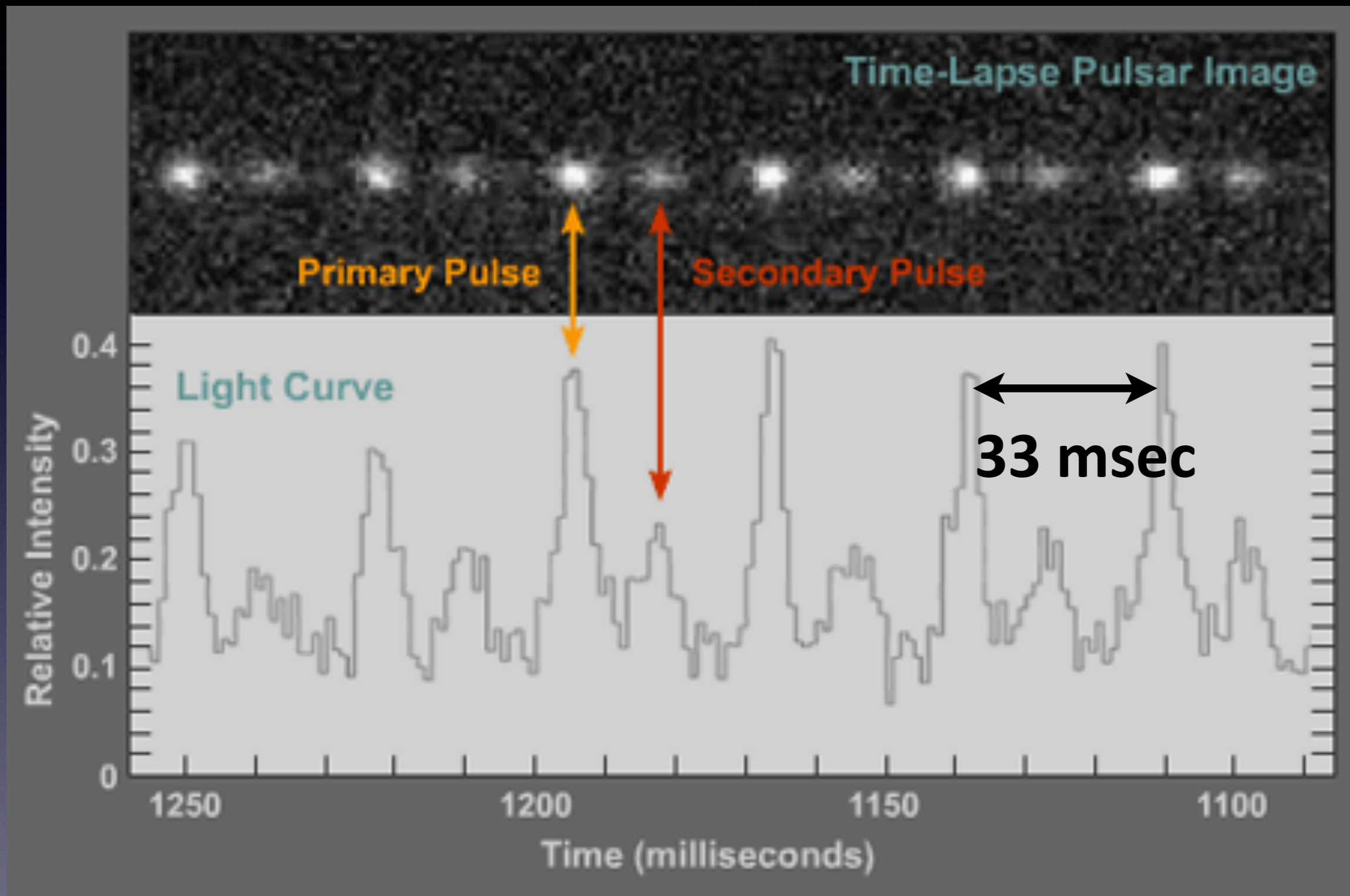
7.2 中性子星

超新星爆発：重い星の最期



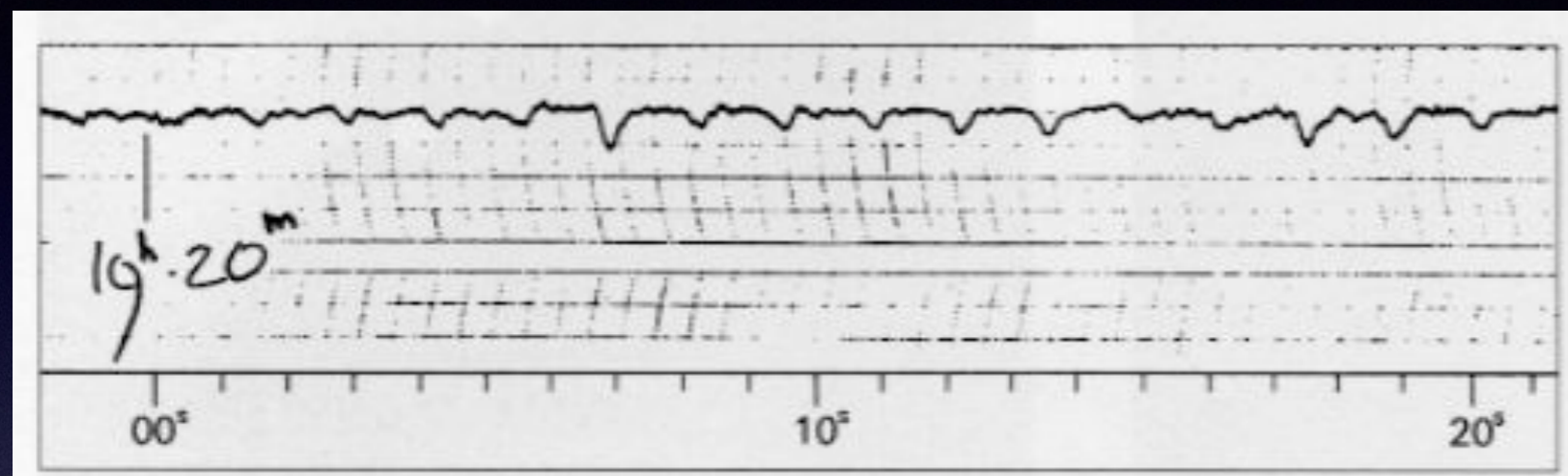
NASA/HST

「かにパルサー」 周期33ミリ秒



1967年の発見

宇宙から周期的にやってくる電波



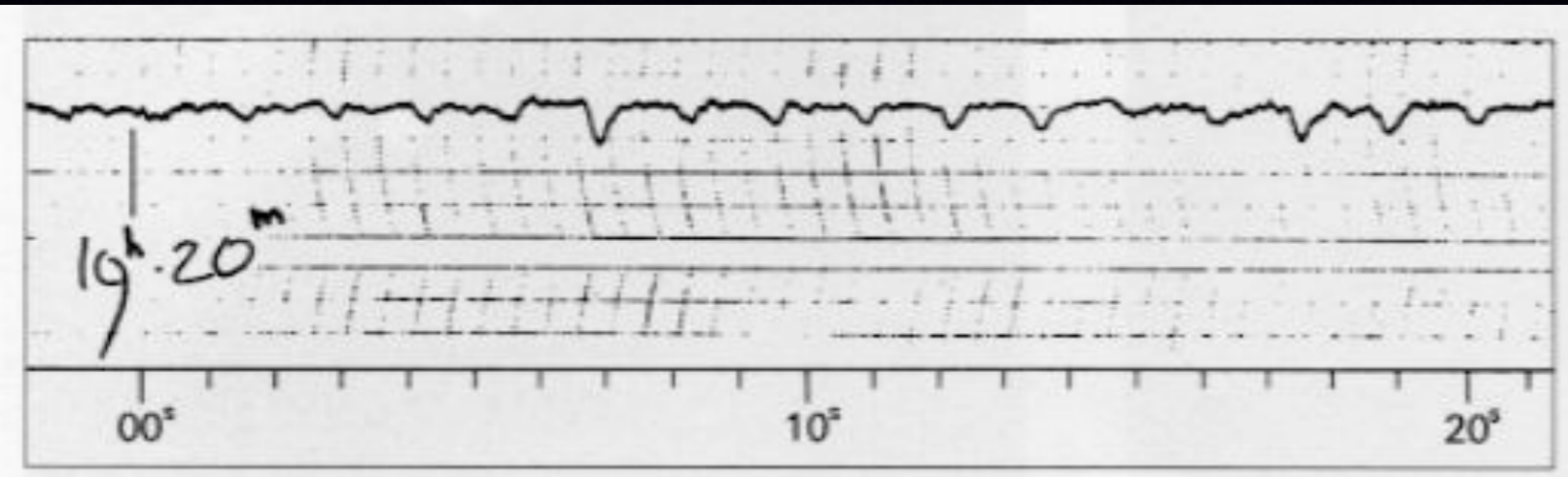
“LGM-1”
周期1.337秒

Little Green Man

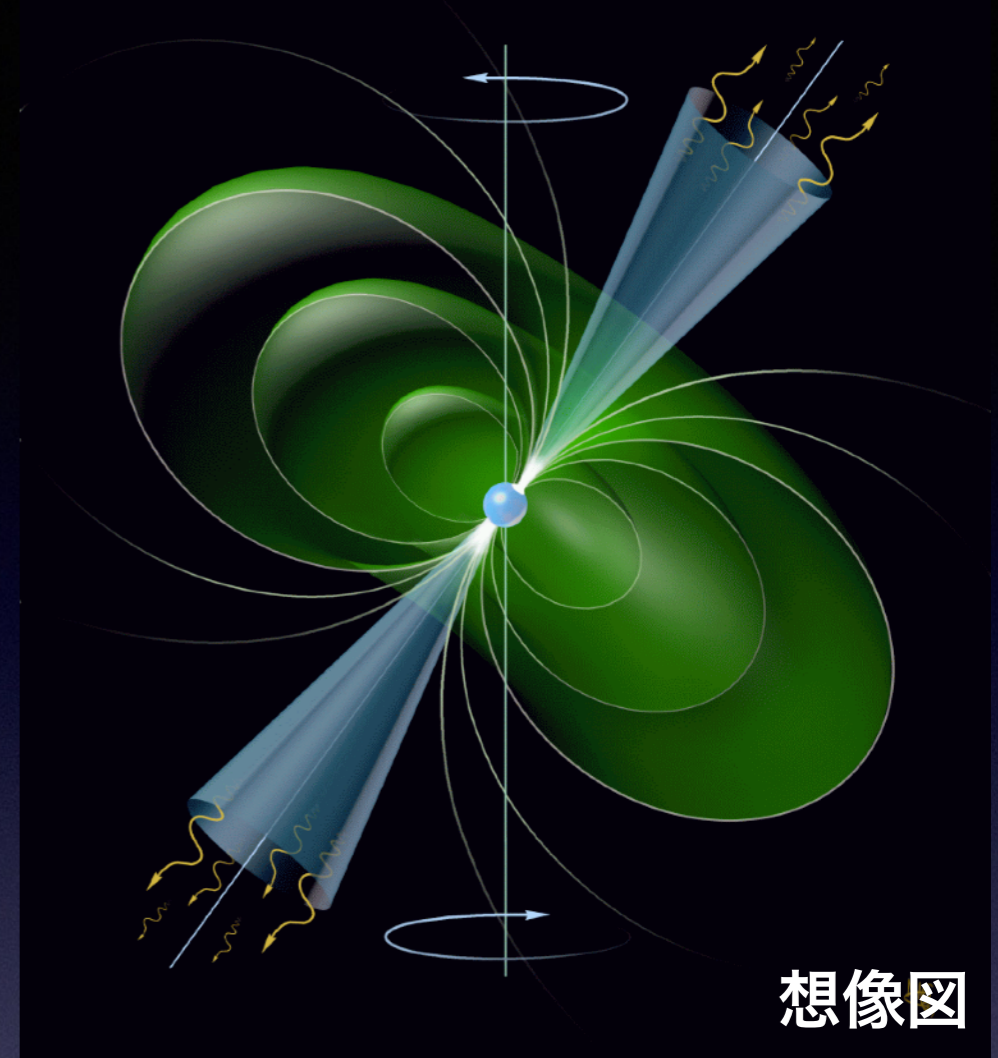


想像図

“Little Green Man”の正体



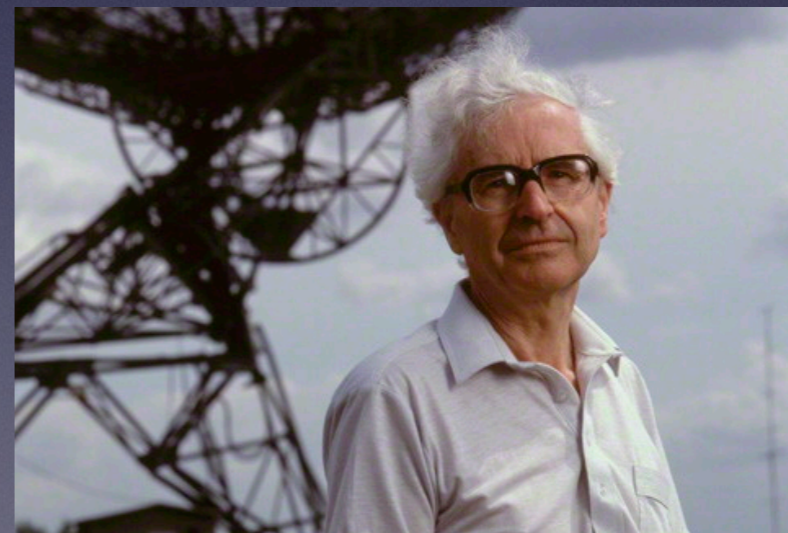
回転する中性子星！



想像図



Jocelyn Bell Burnell



Antony Hewish

1974年ノーベル賞



中性子星ってどんな星？

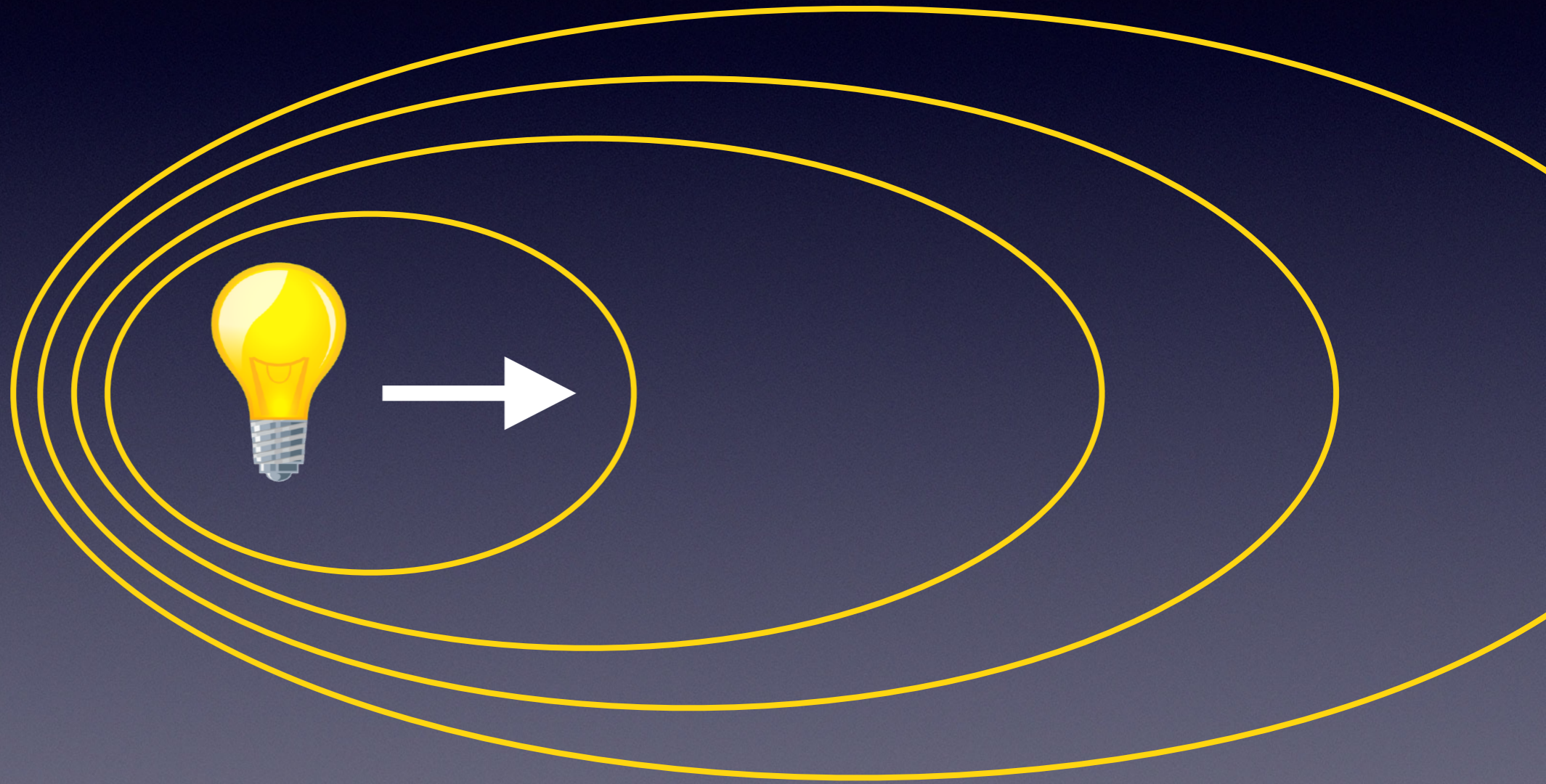
「相対論的ビーミング」

静止



「相対論的ビーミング」

光の速度に近いスピードで運動している場合



レポート課題3a

- 星を一様密度の剛体球と仮定したとき、星のもつ角運動量を、質量 M , 半径 R , 角速度 ω で表せ
- 太陽の回転周期は約25日である。
太陽が中性子星の大きさに潰れたとするとき(*), 角運動量保存則から中性子星の回転周期を求めよ。
ただし、星の密度は一定で、
回転は剛体回転だと仮定して良い。

*実際の宇宙では太陽は中性子星にならないので
これはあくまで仮想実験であることに注意して下さい。

まとめ：中性子星

- 超新星爆発の後に残される極限天体
「巨大な原子核」 => 原子核物理学の実験場
- 高速回転する「パルサー」として観測される
- 回転してもちぎれない => 高密度天体
- 角運動量保存 => 小さく潰れると速く回る