

## 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



## Section 7.

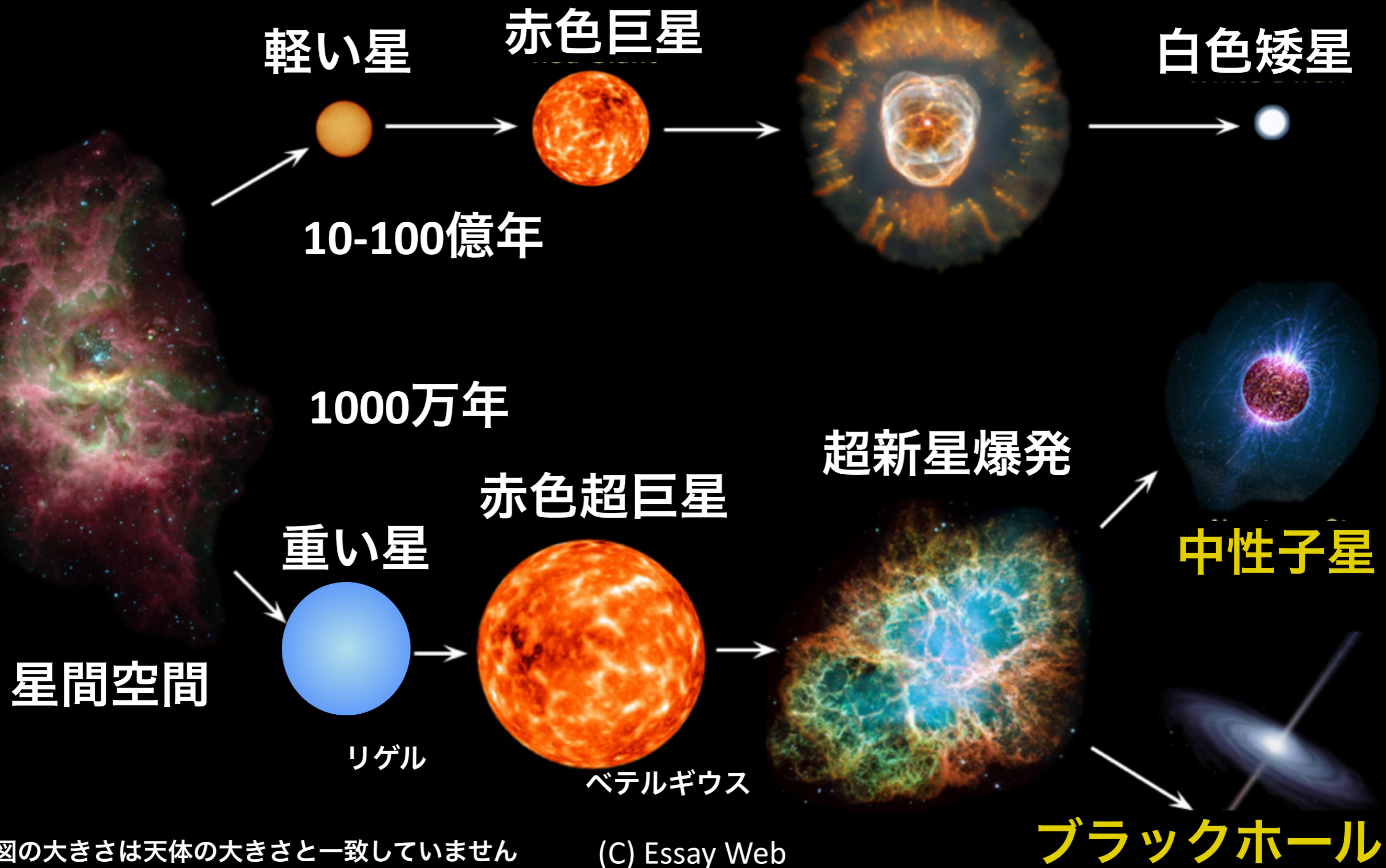
# 超新星爆発と中性子星

## 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



# 星の中のエネルギーつり合い

1粒子に関して：

熱エネルギー ~ 重力エネルギー

$$kT \sim GMm_p/R$$

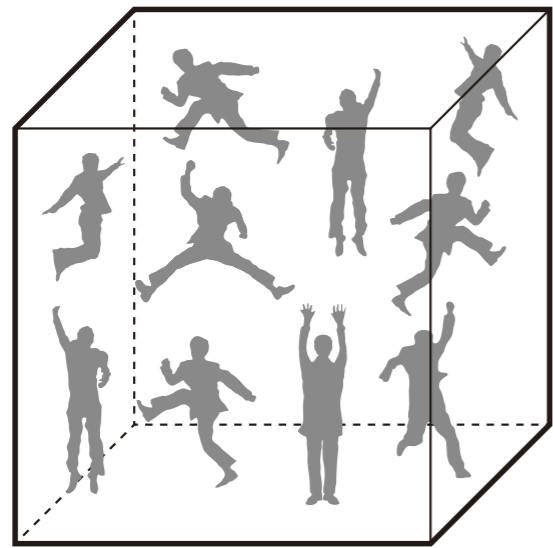
=> 同じ中心温度であれば、RはMに比例

- 重い星ほど大きく、密度 ( $M/R^3$ )が低い
- 軽い星ほど小さく、密度 ( $M/R^3$ )が高い

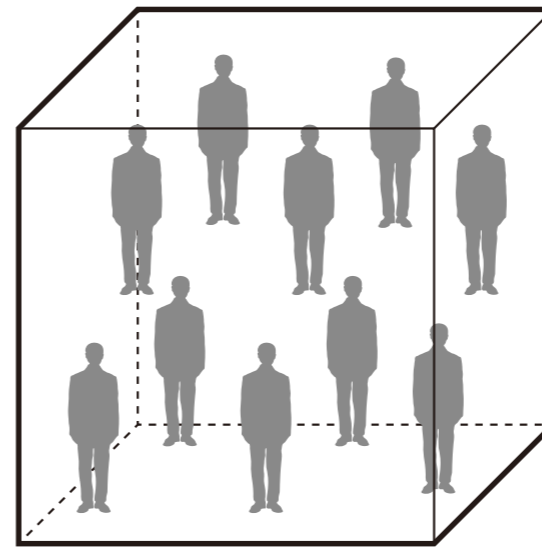


# 理想気体の 圧力

普通の気体の圧力

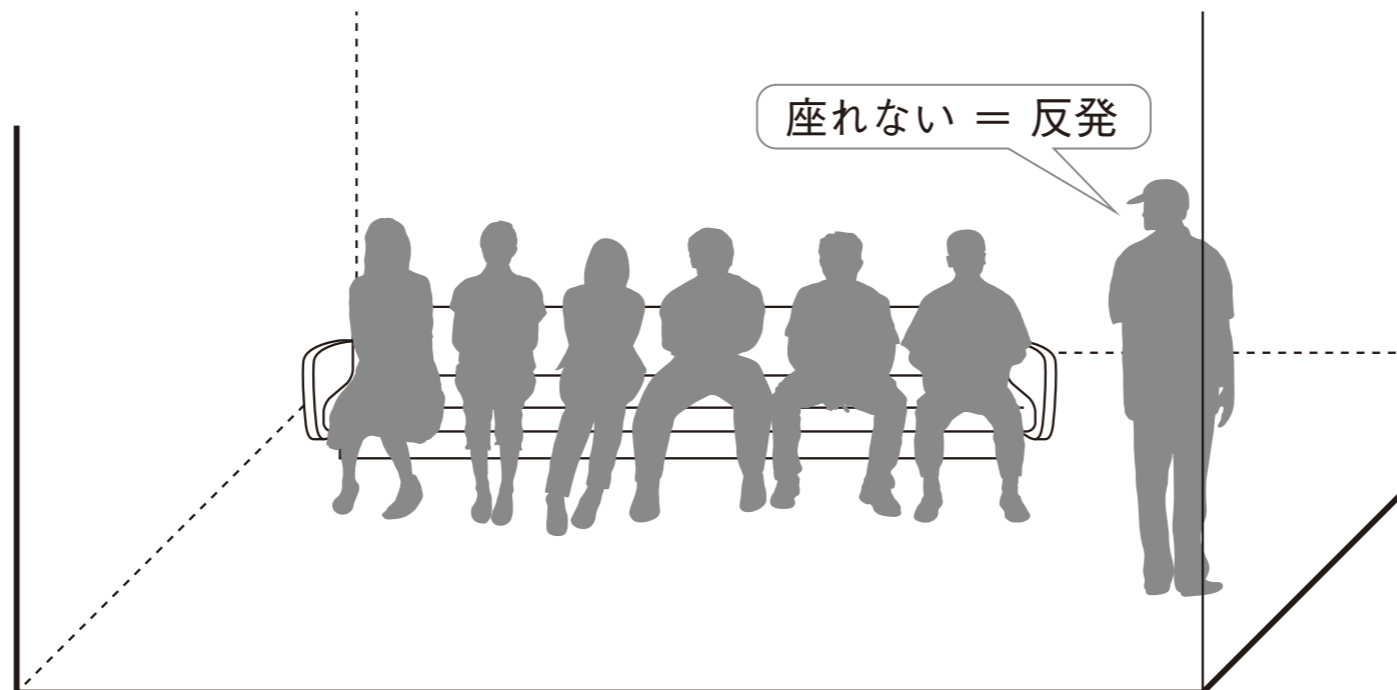


温度を下げる



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)



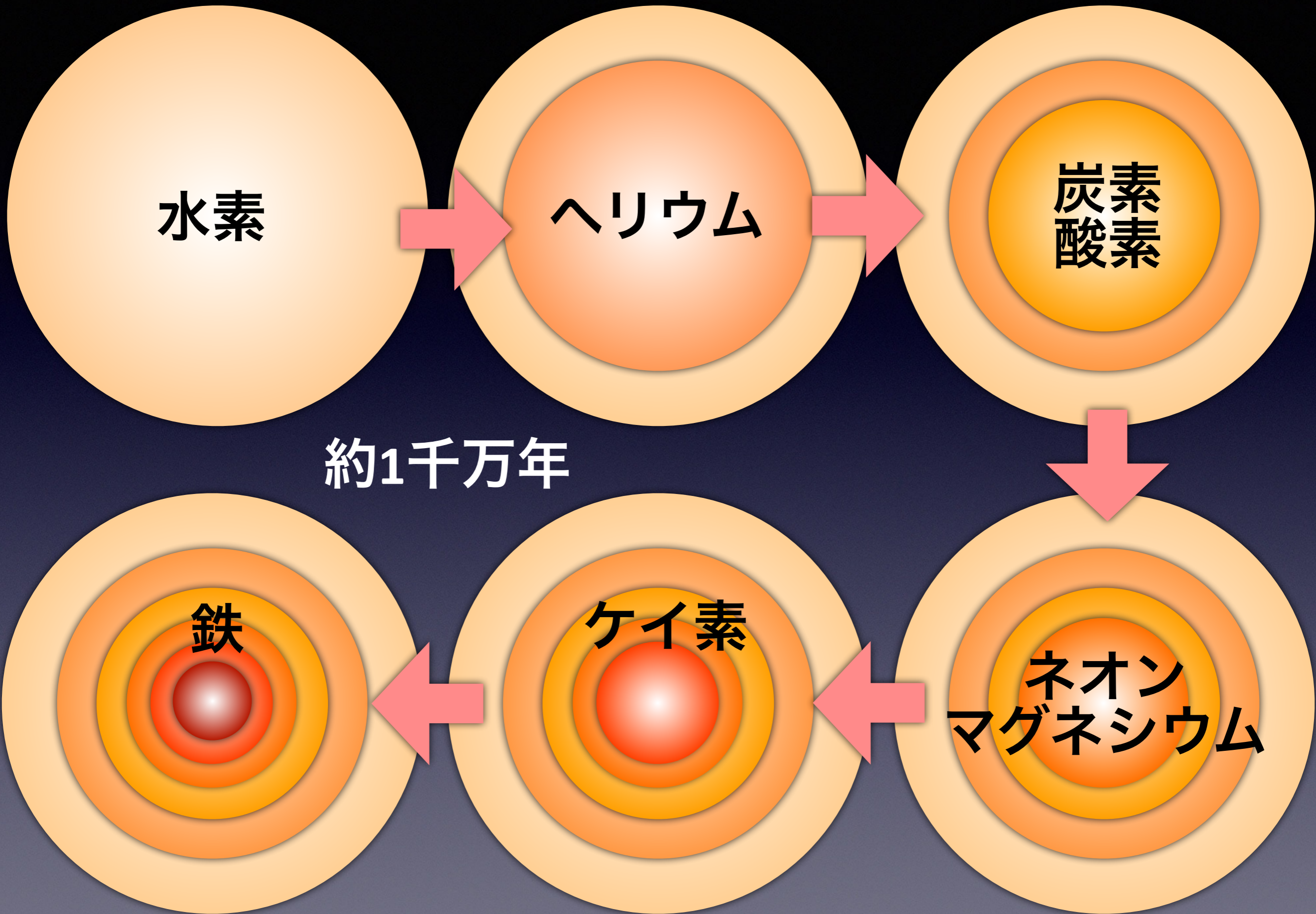


# 超新星爆発：重い星の最期



NASA/HST



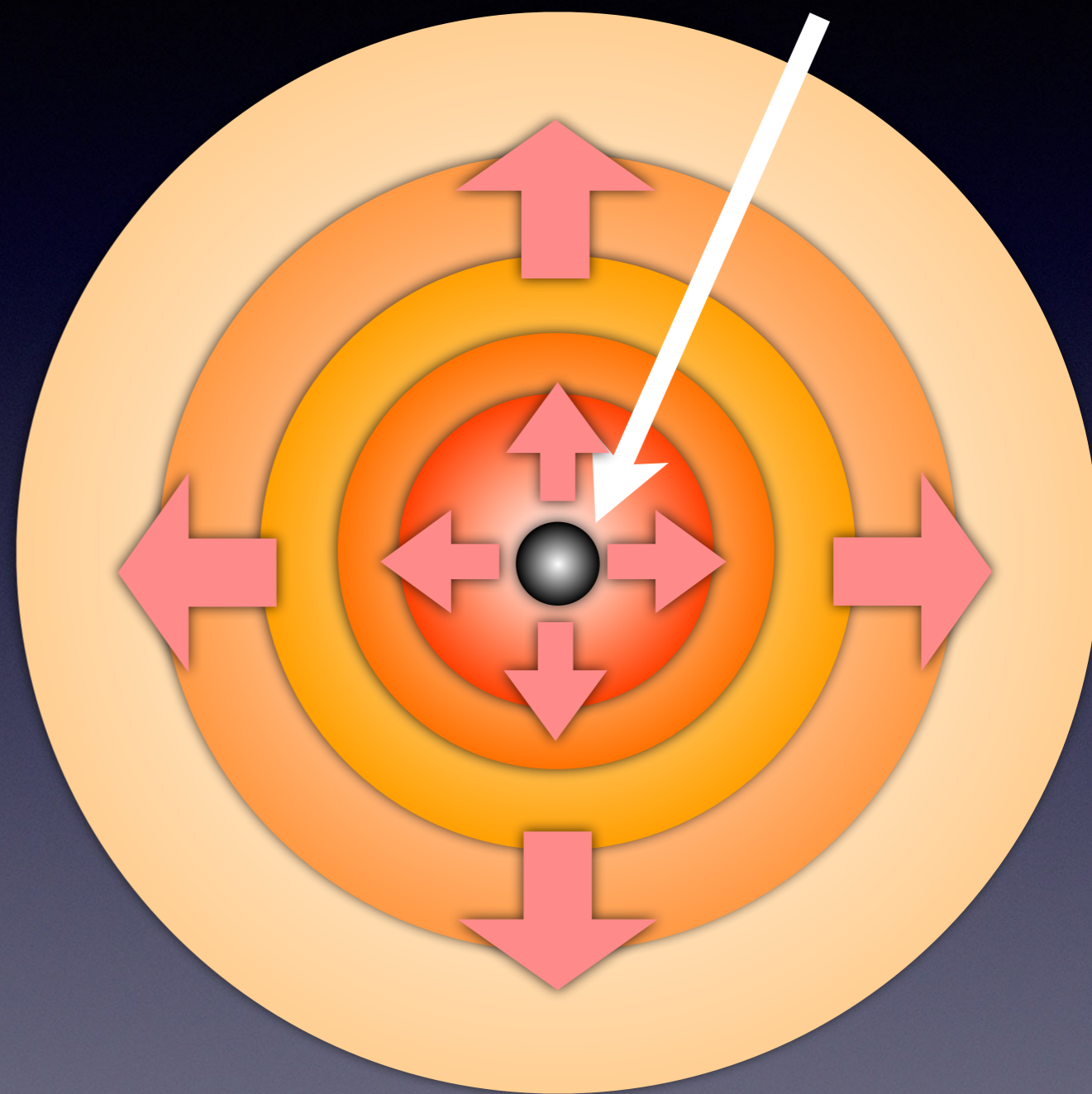
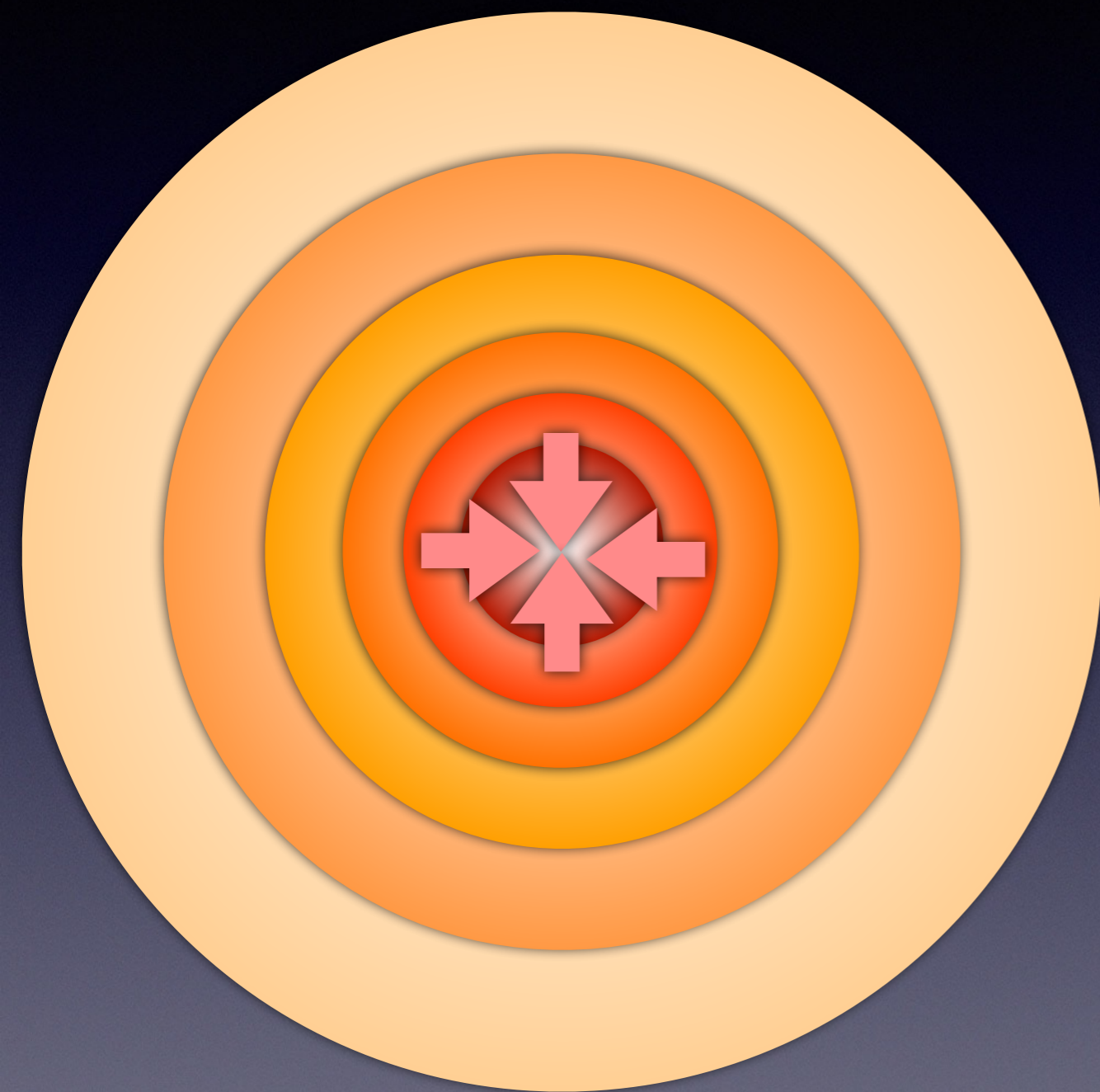


図の大きさは天体の大きさと一致していません



星の「崩壊」  
( $< 1$ 秒)

中性子星



超新星爆発！



超新星爆発

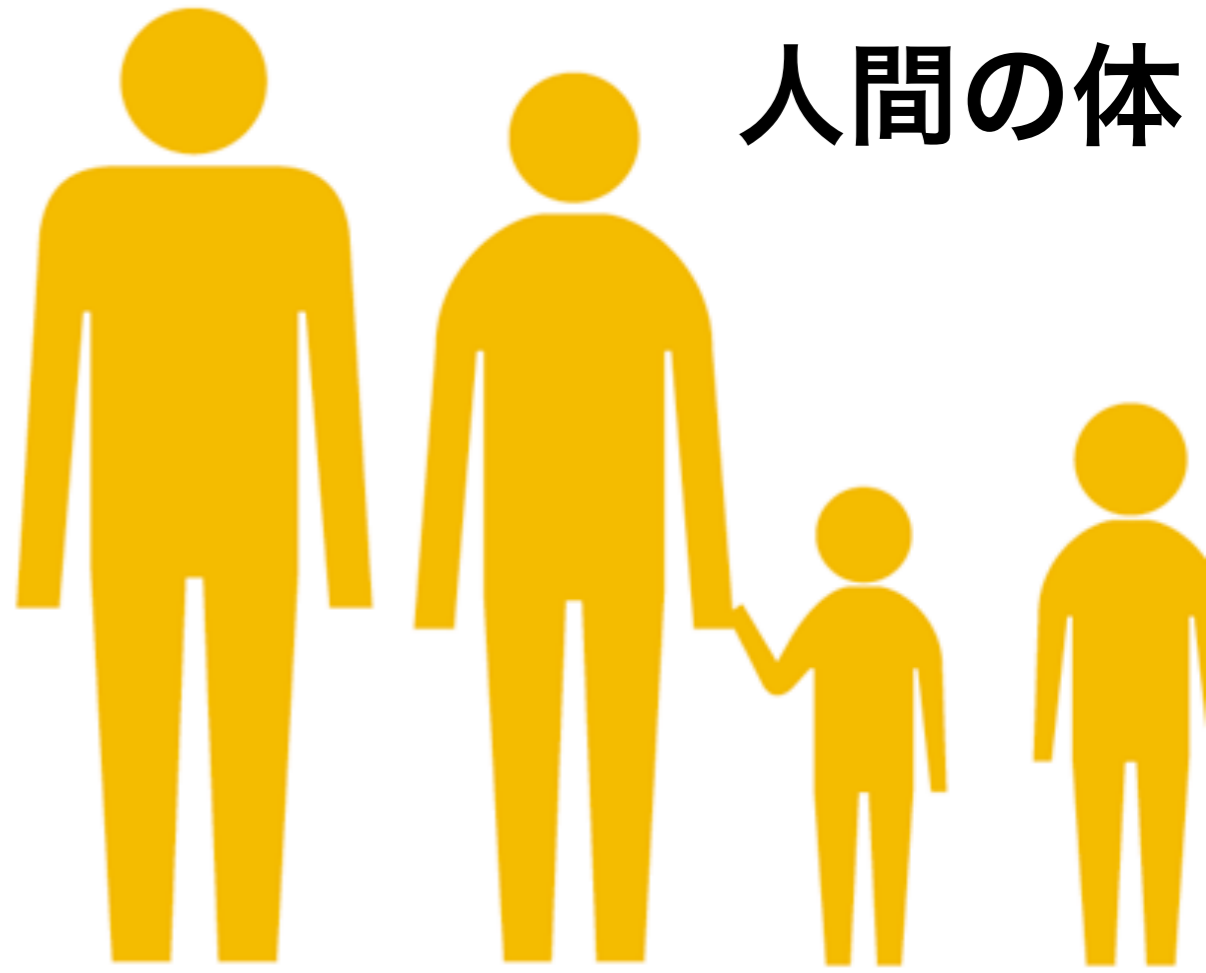
酸素・窒素

(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

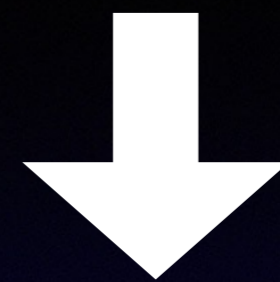
(銀河系のとなり、大マゼラン雲、50 kpc)



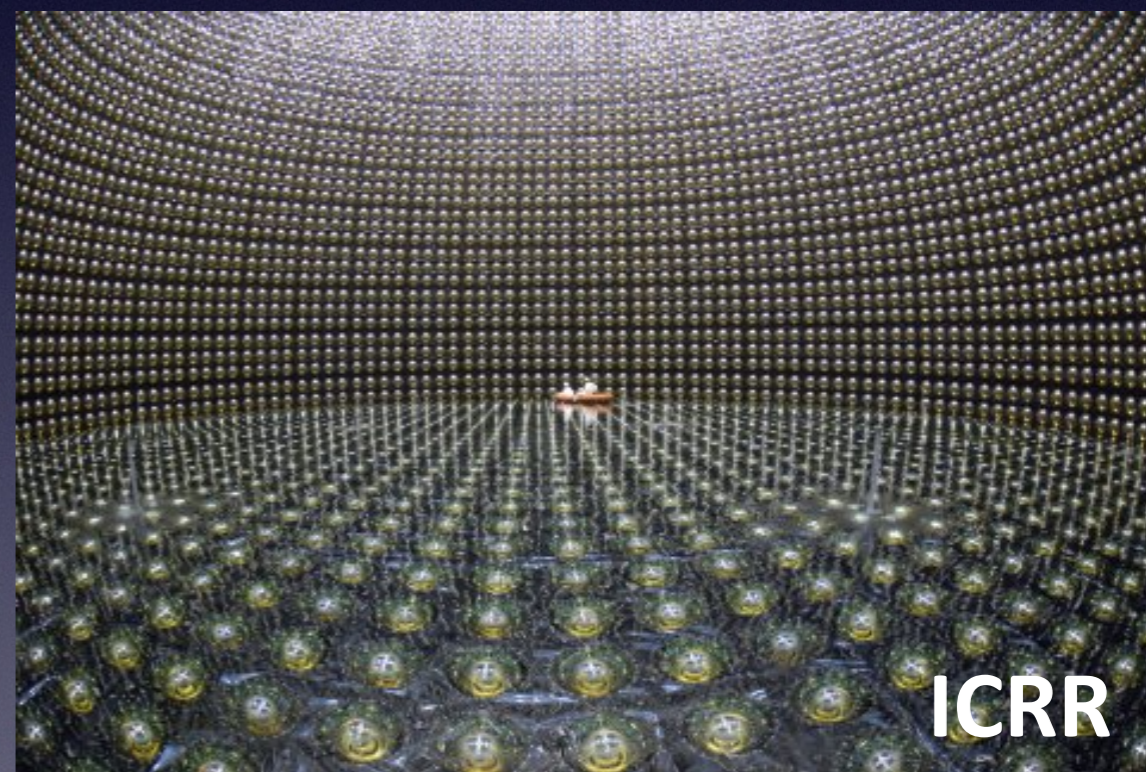
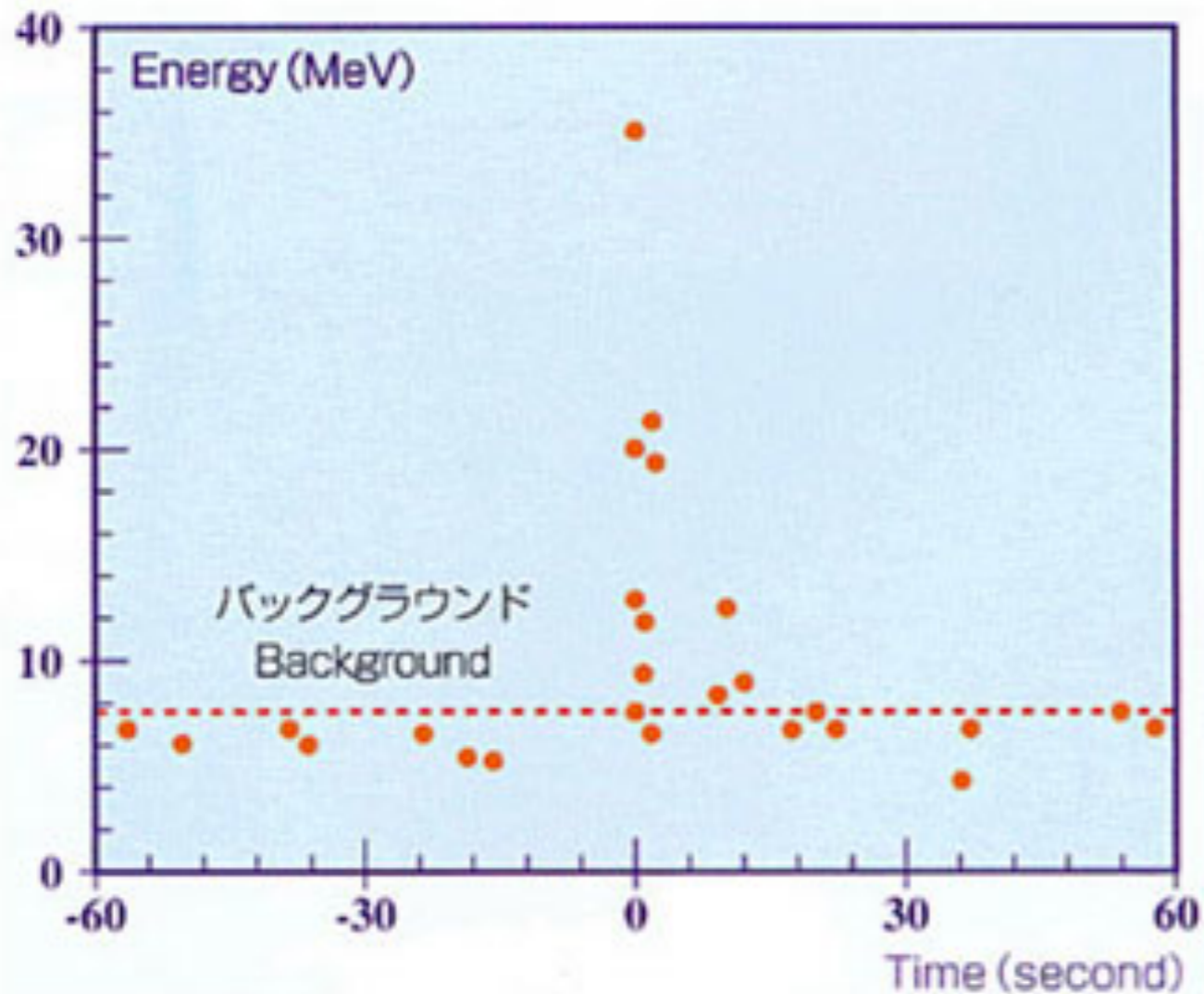


# SN 1987Aから ニュートリノを検出

カミオカンデ



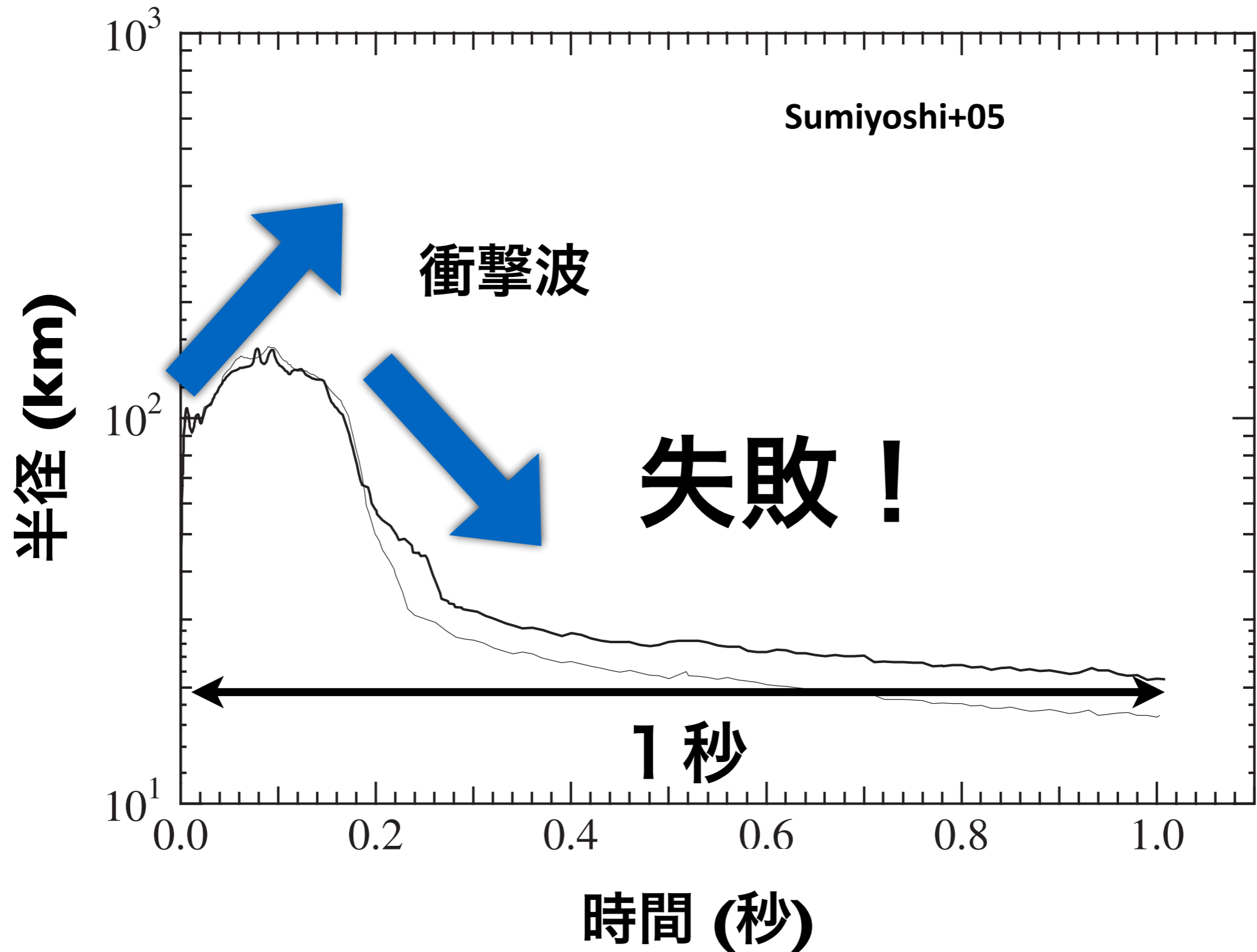
スーパーカミオカンデ



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)



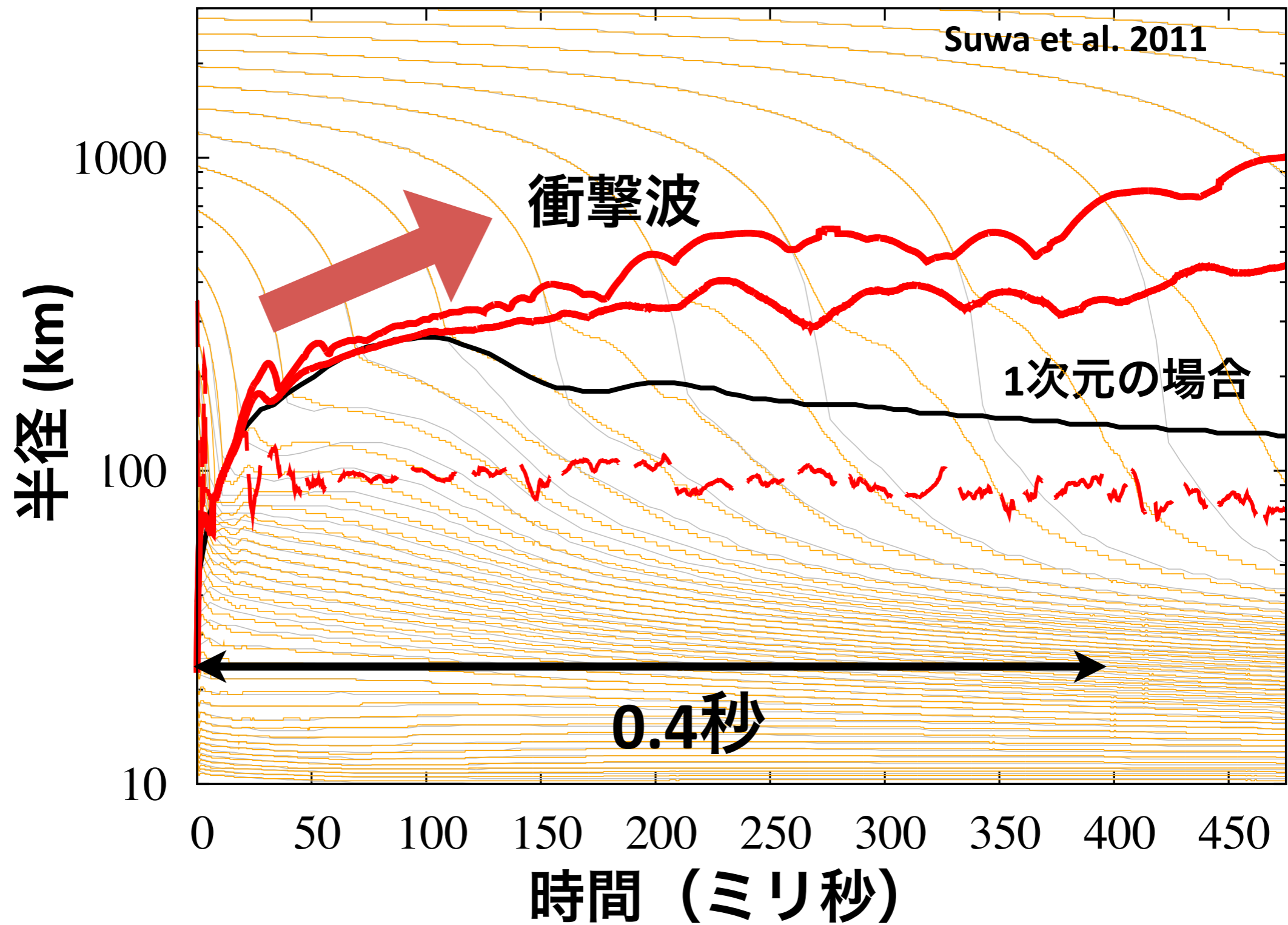


# アメリカのグループの結果

A. Burrows

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





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



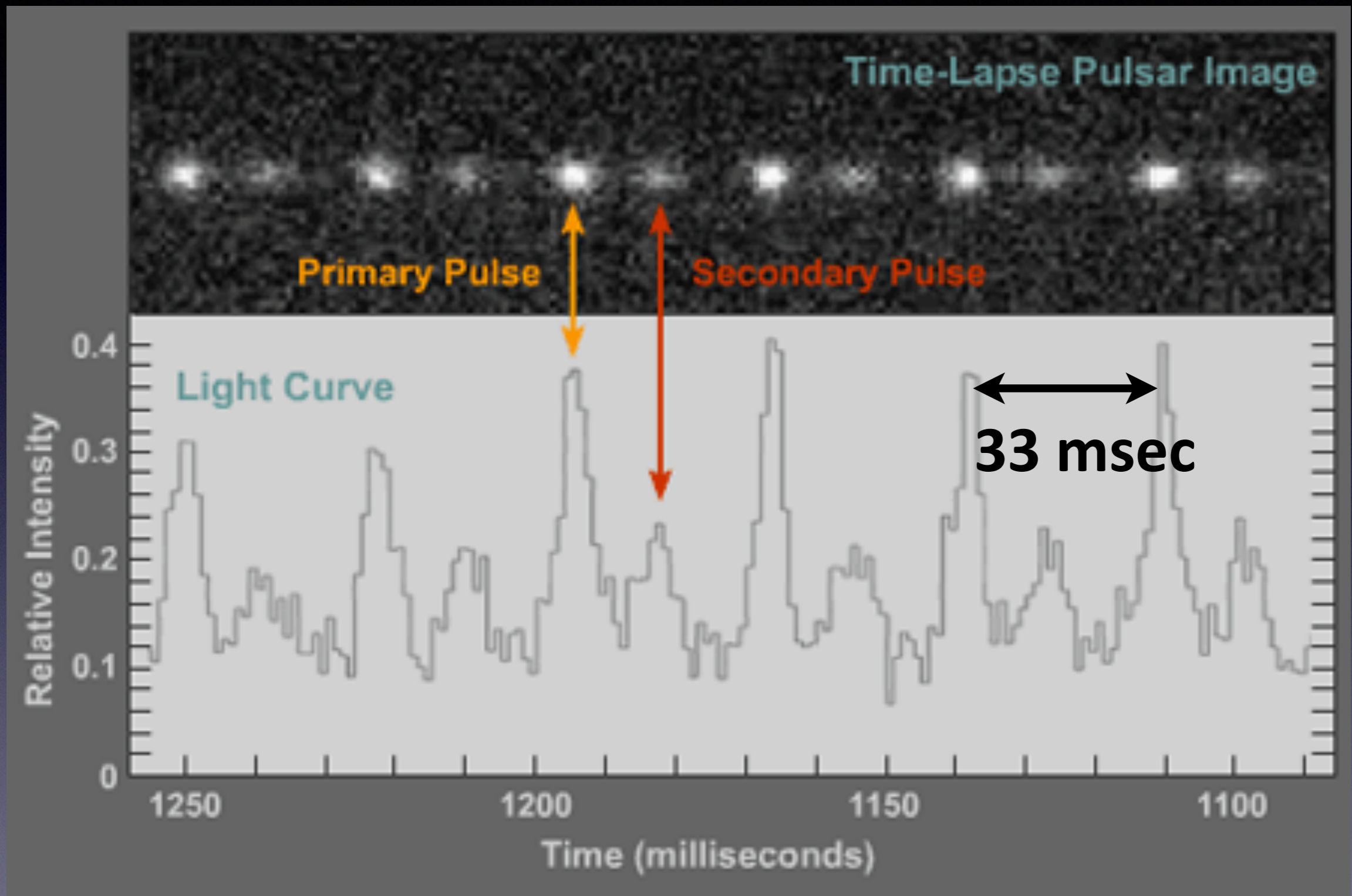
# 超新星爆発：重い星の最期



NASA/HST



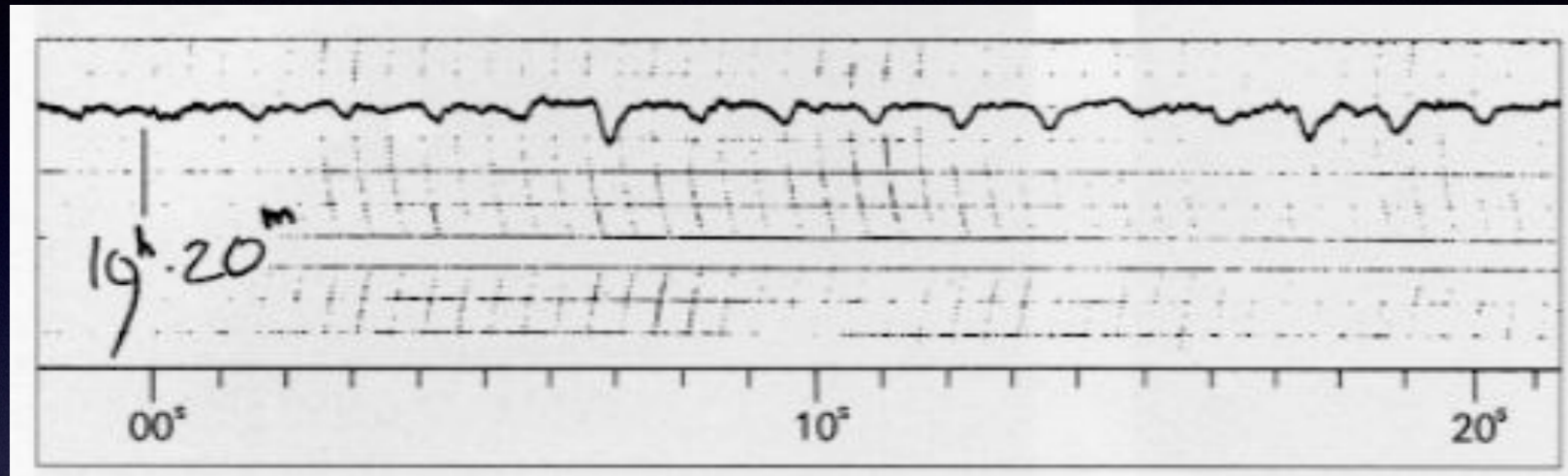
# 「かにパルサー」 周期33ミリ秒





# 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

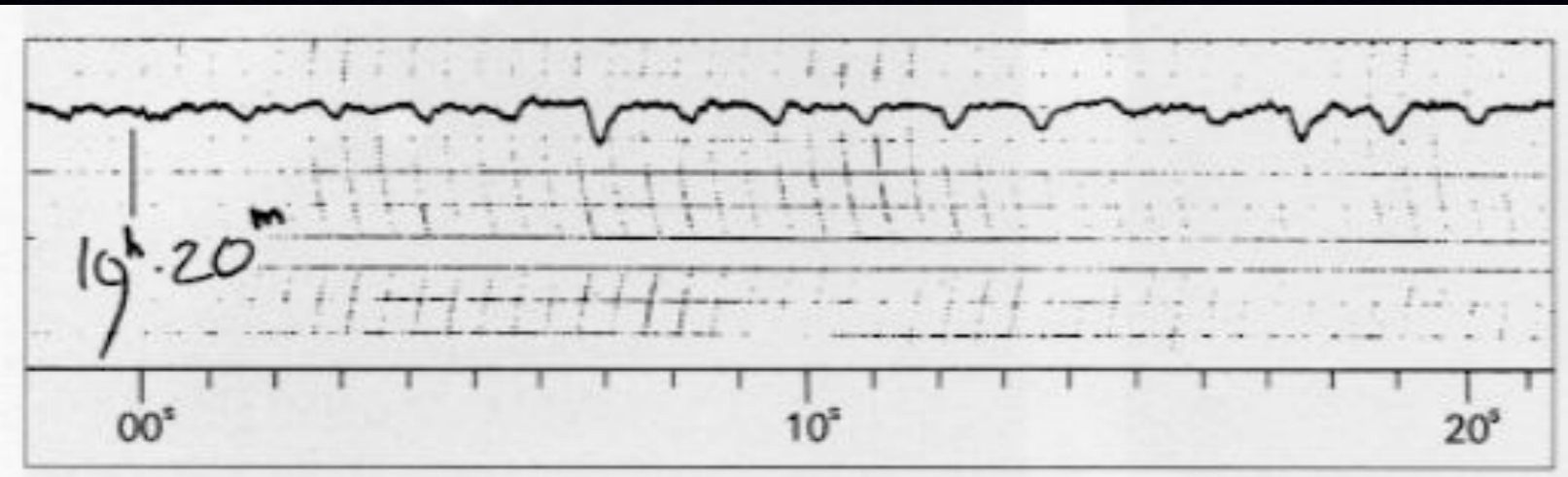
Little Green Man



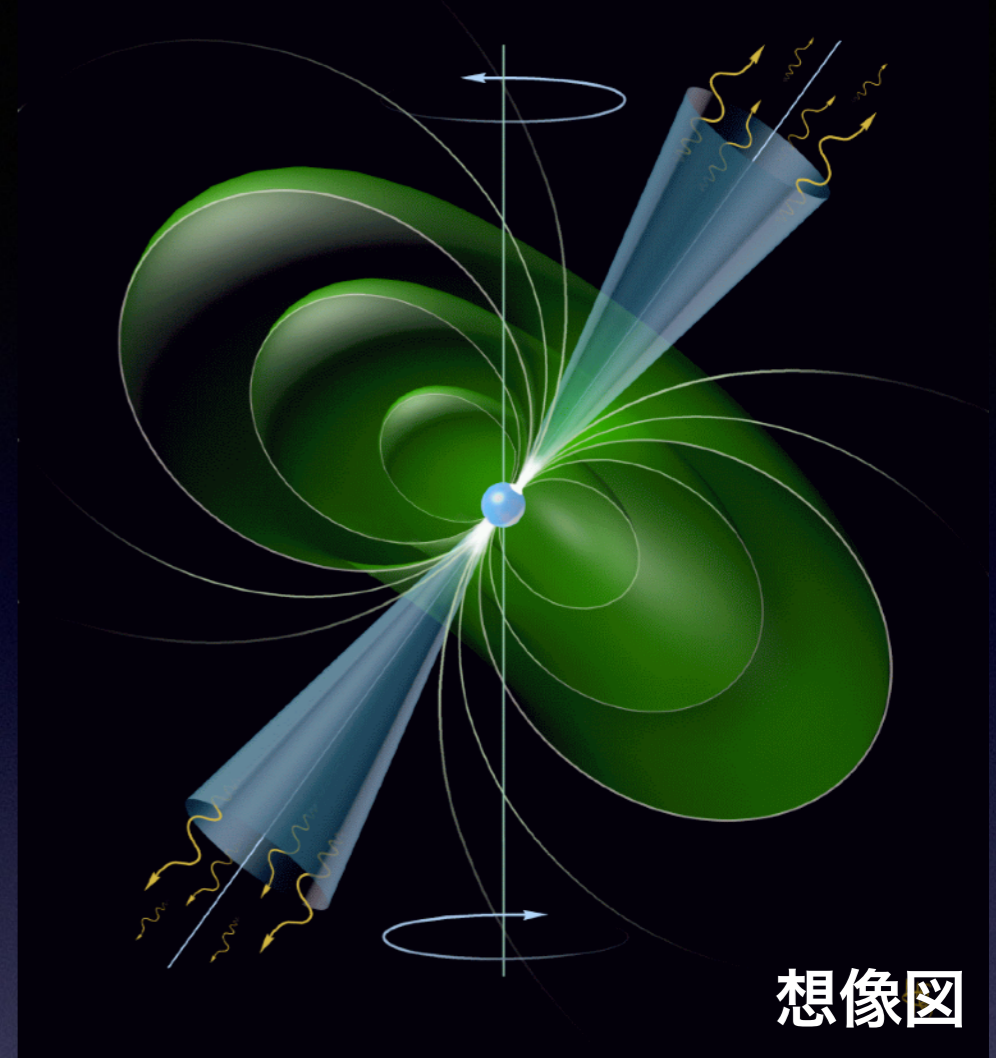
想像図



# “Little Green Man”の正体



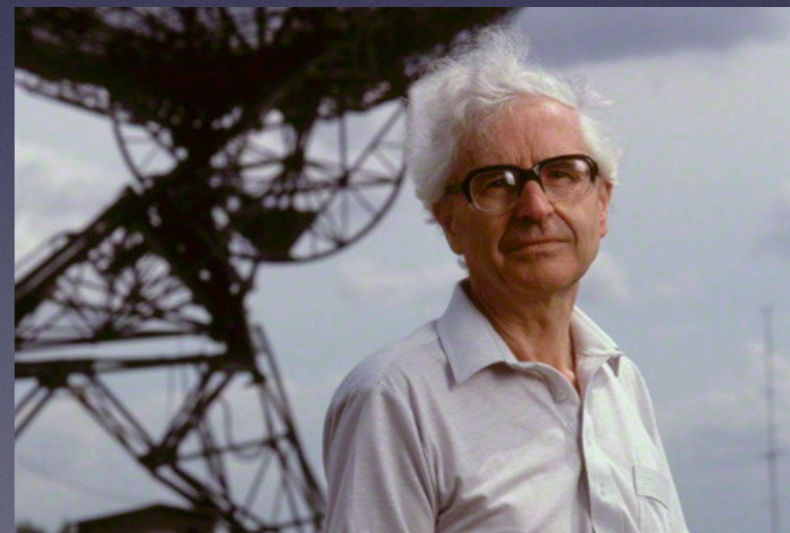
回転する中性子星！



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」

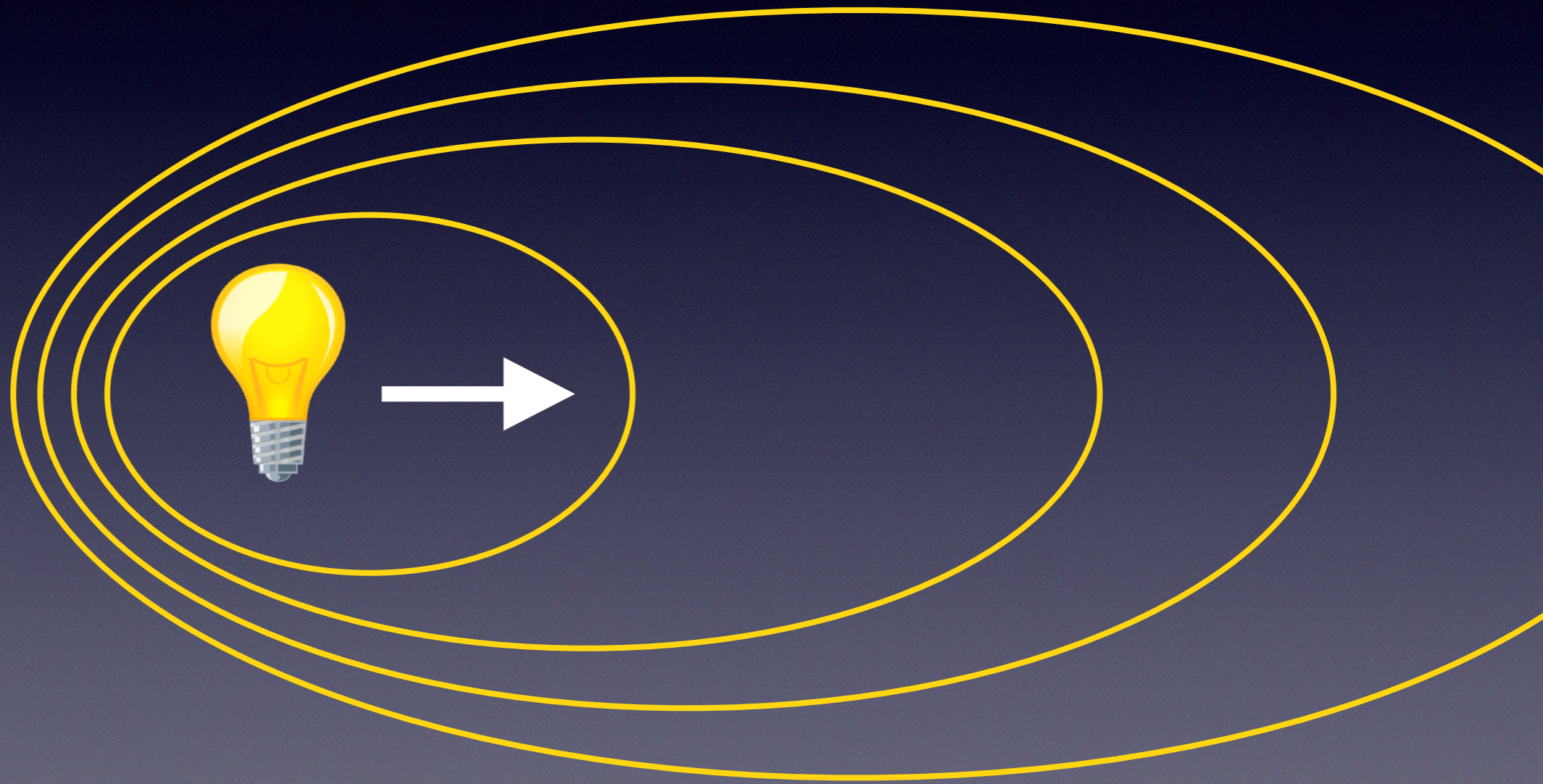
静止





# 「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





# 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