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

軽い星

赤色巨星

惑星状星雲

白色矮星

10-100億年

星間空間

1000万年

重い星

赤色超巨星

超新星爆発

中性子星

リゲル

ベテルギウス

ブラックホール

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：

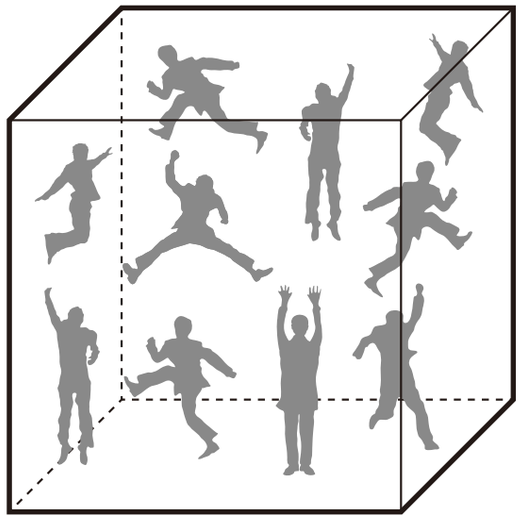
熱エネルギー ~ 重力エネルギー

$kT \sim GMm_p/R$

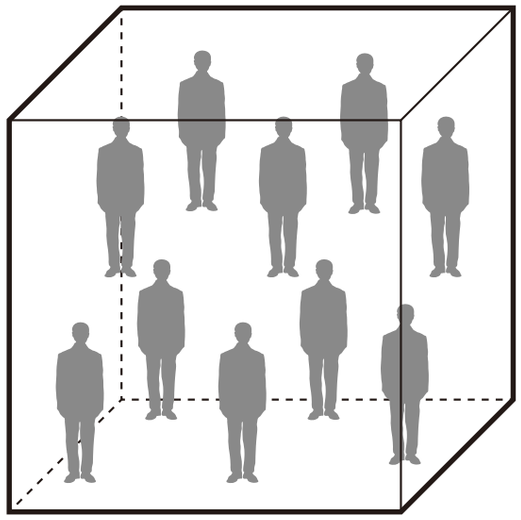
=> 同じ中心温度であれば、RはMに比例

- 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

普通の気体の圧力



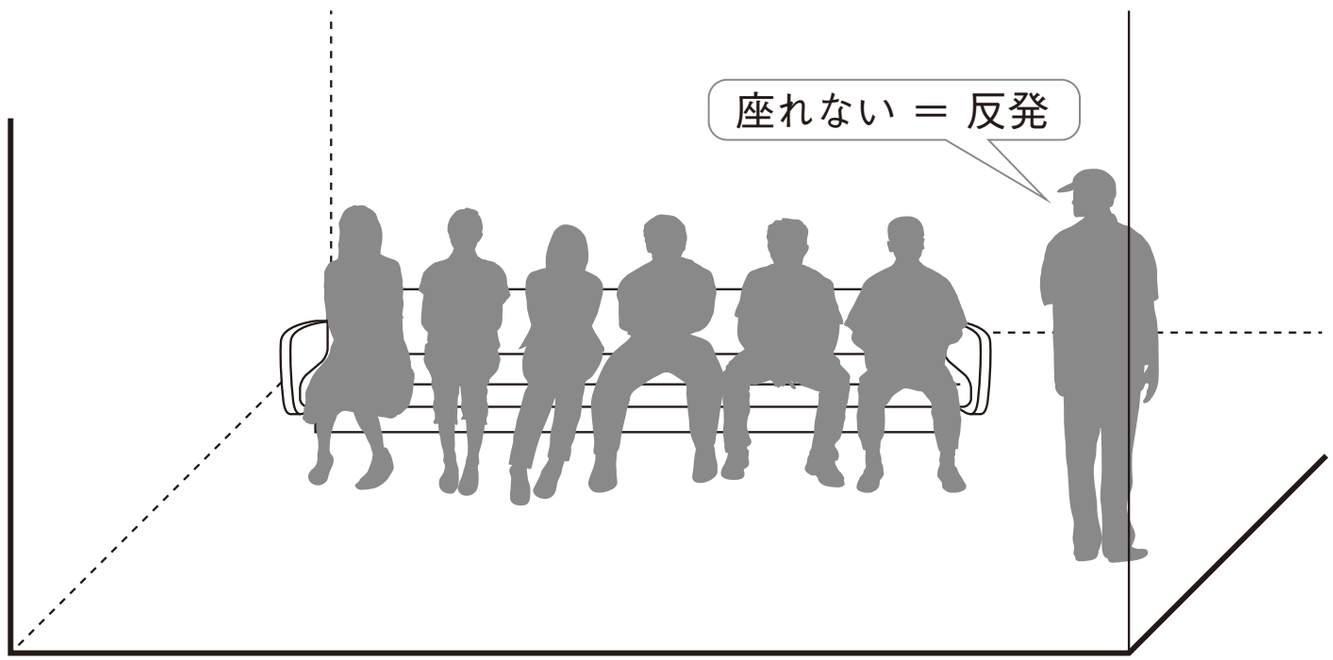
温度を下げる



圧力が下がる

理想気体の圧力

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)





https://kids.yahoo.co.jp/zukan/astro/winter/0001.html

超新星爆発：重い星の最期



NASA/HST

水素

ヘリウム

炭素
酸素

約1千万年

ネオン
マグネシウム

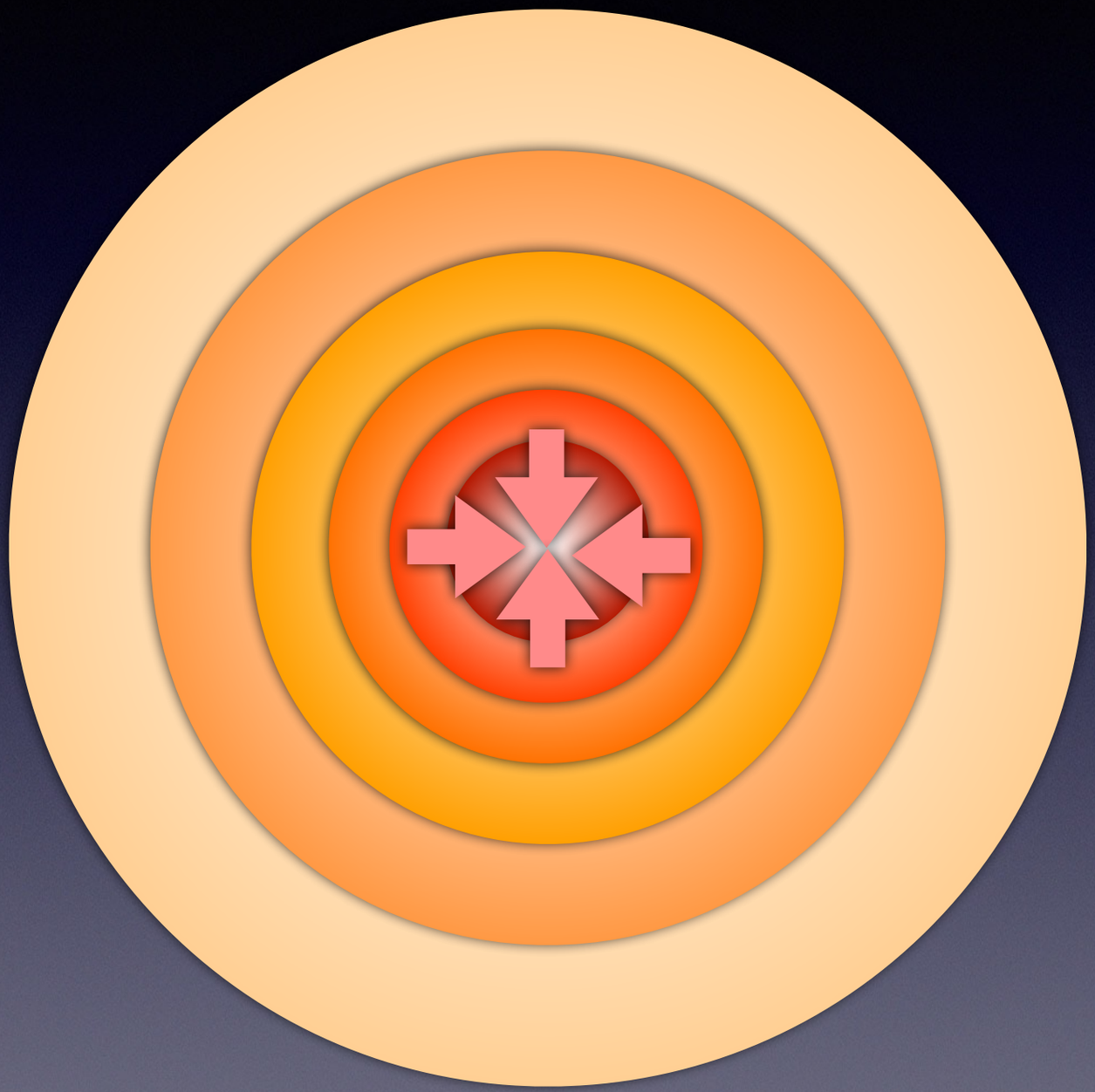
ケイ素

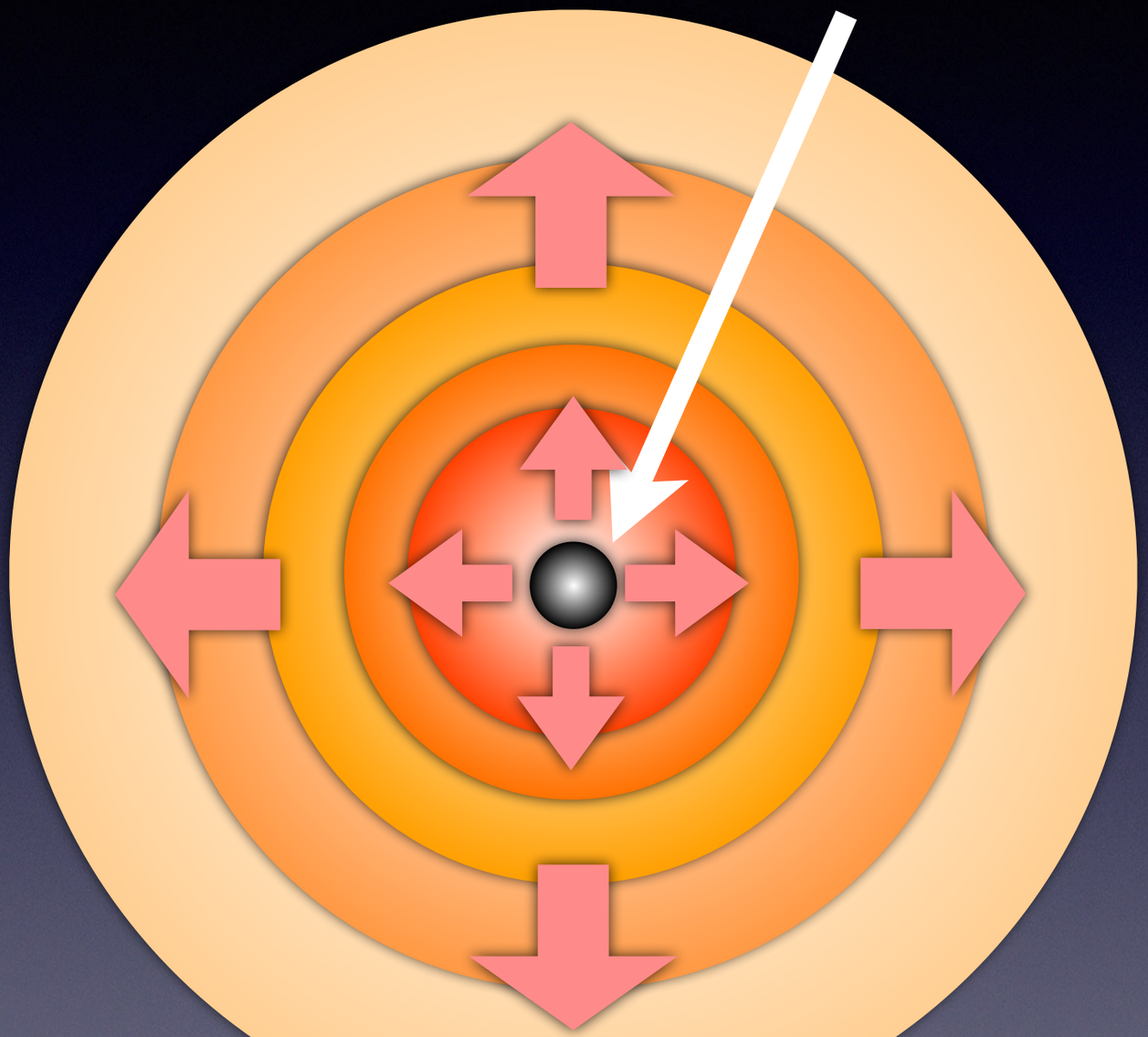
鉄

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

(C) NASA/HST

酸素・窒素

炭素

ケイ素

人間の体



星は爆発しているらしい

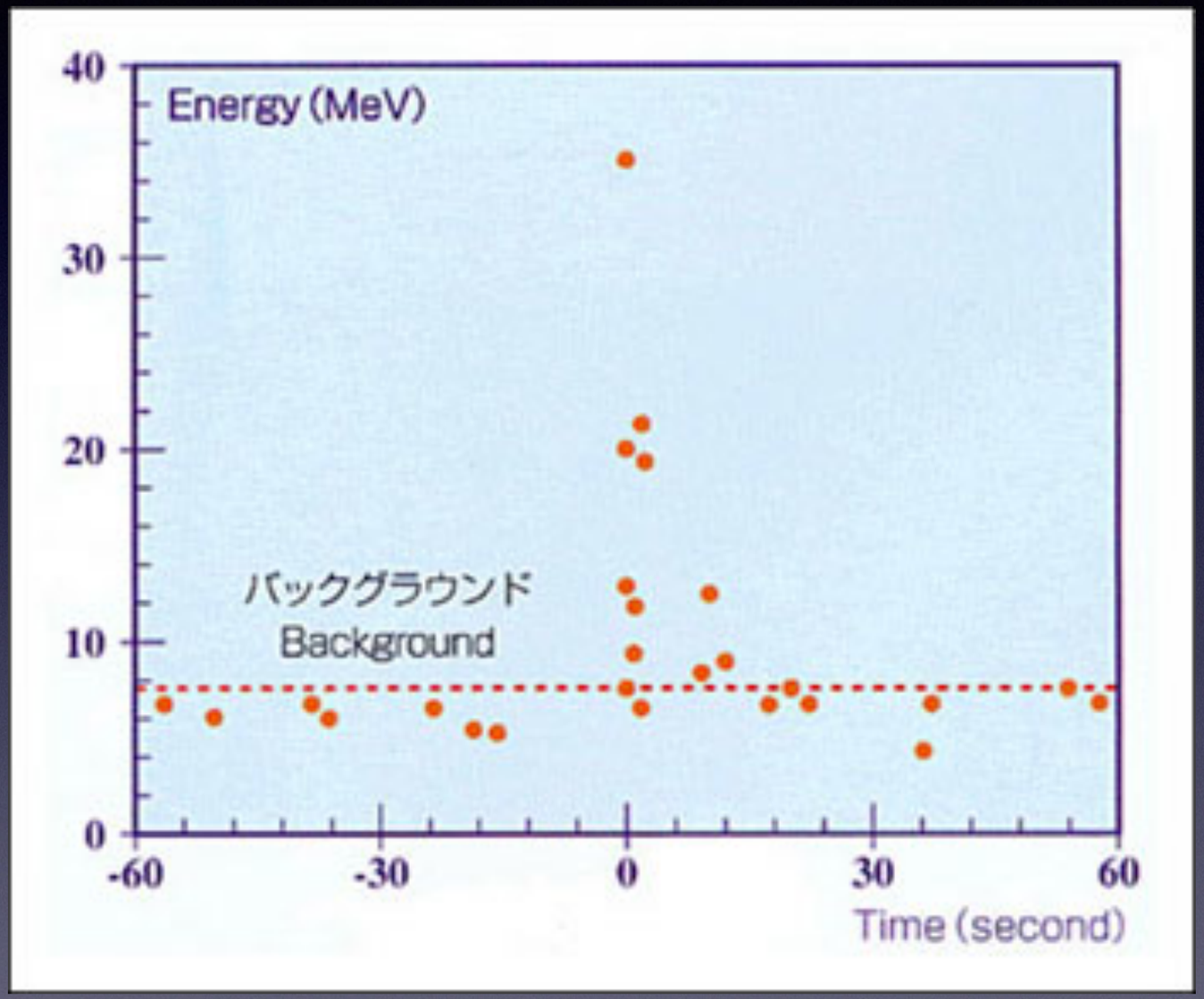
==> 星の中では何が起こっているの？

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)



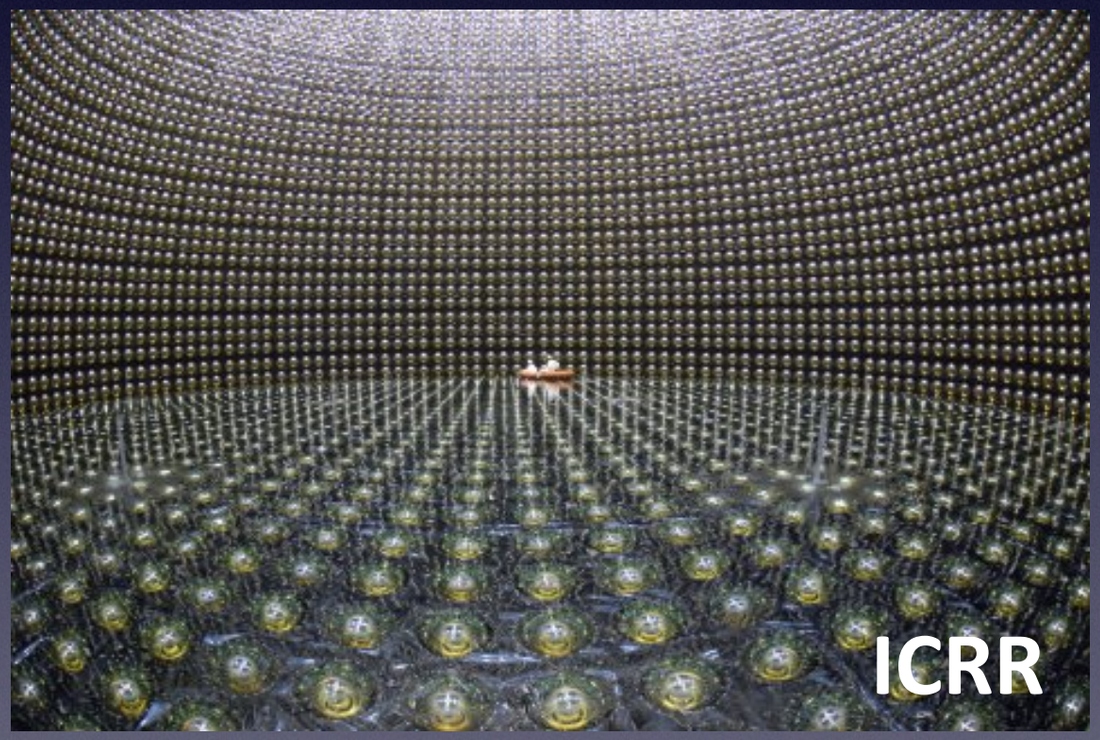
SN 1987Aから
ニュートリノを検出



カミオカンデ

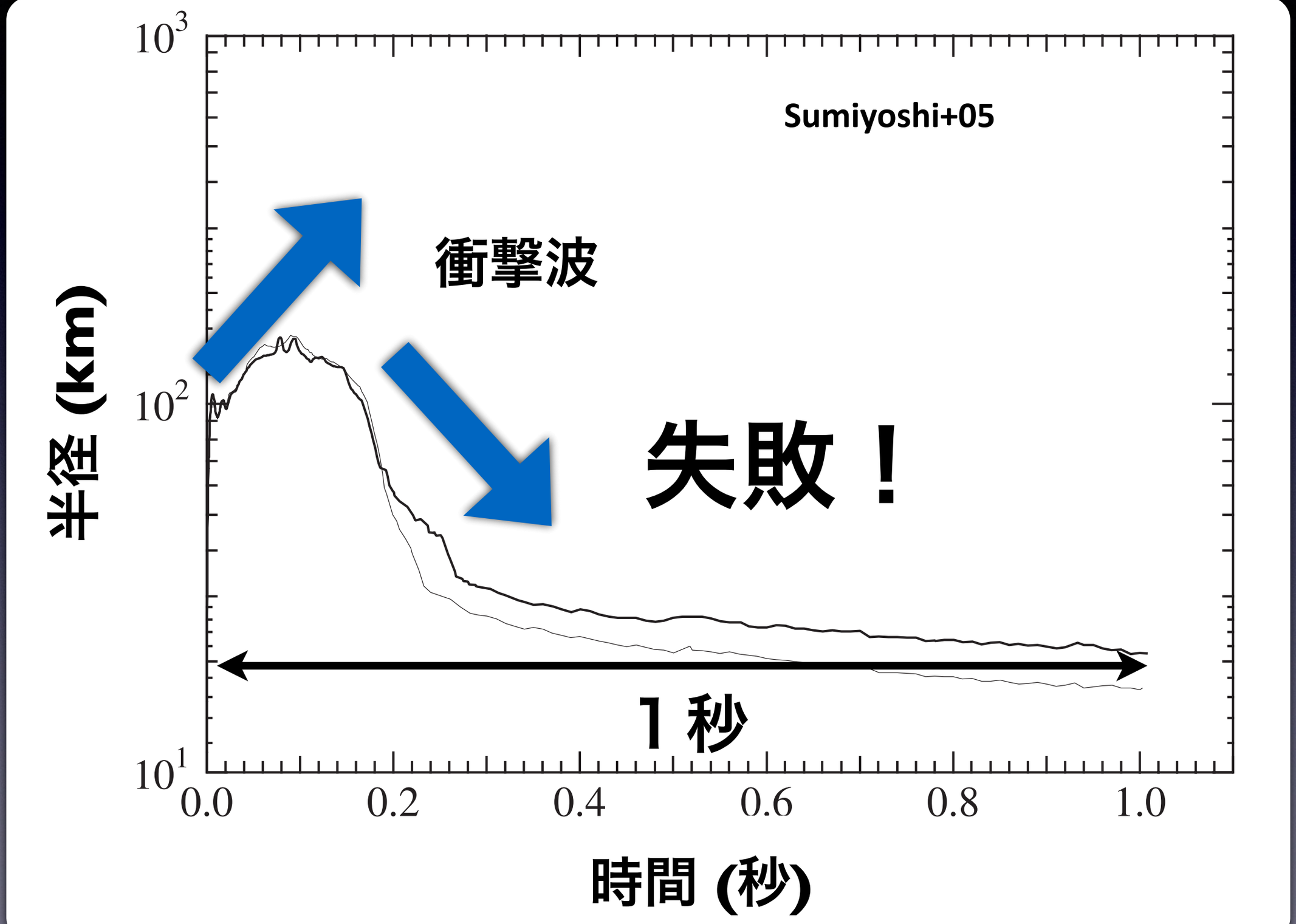
↓

スーパーカミオカンデ

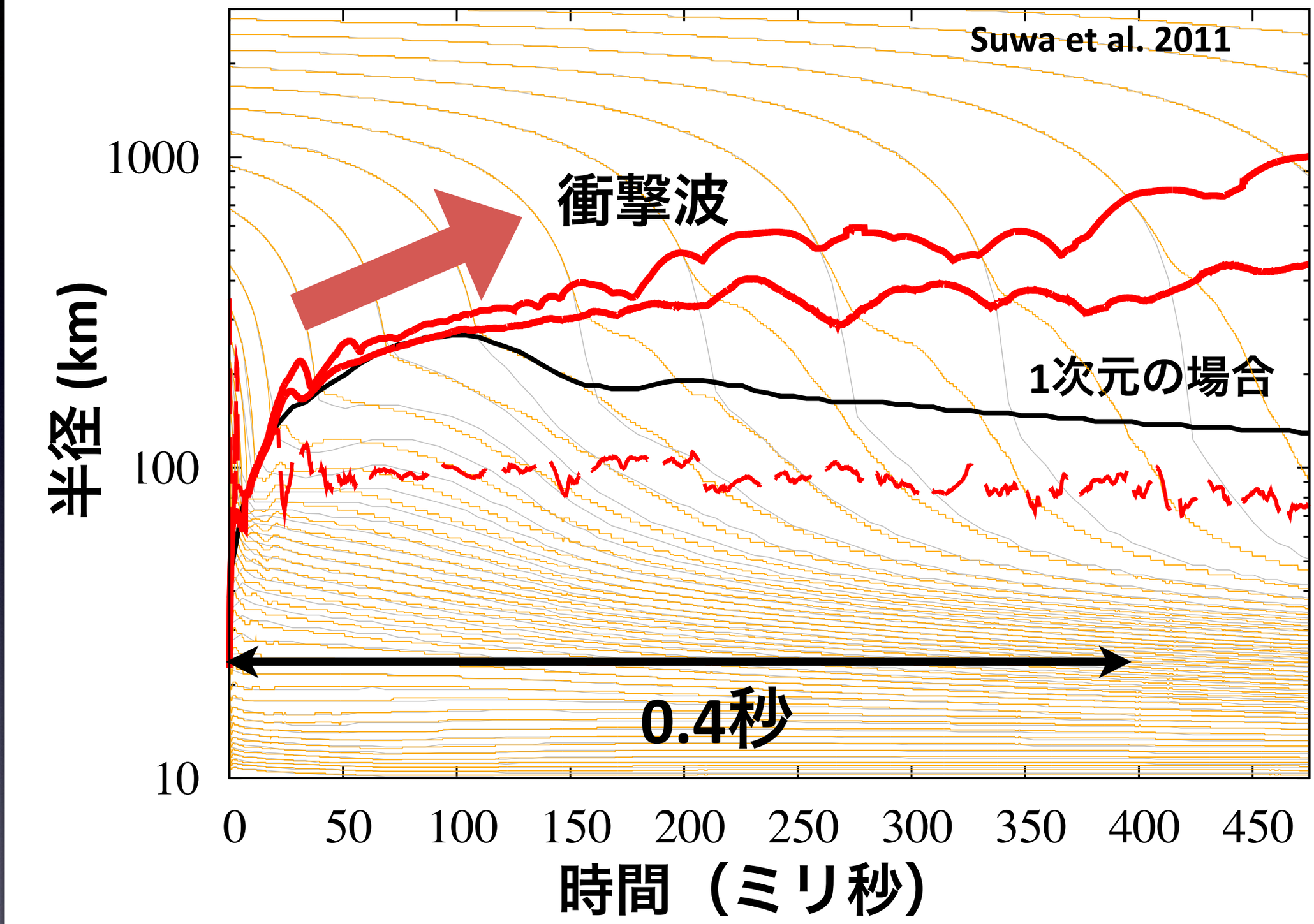


超新星爆発で大量のニュートリノ(~ 10^{53} erg)が
放出されていることが証明された

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）




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



まだE ~ 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

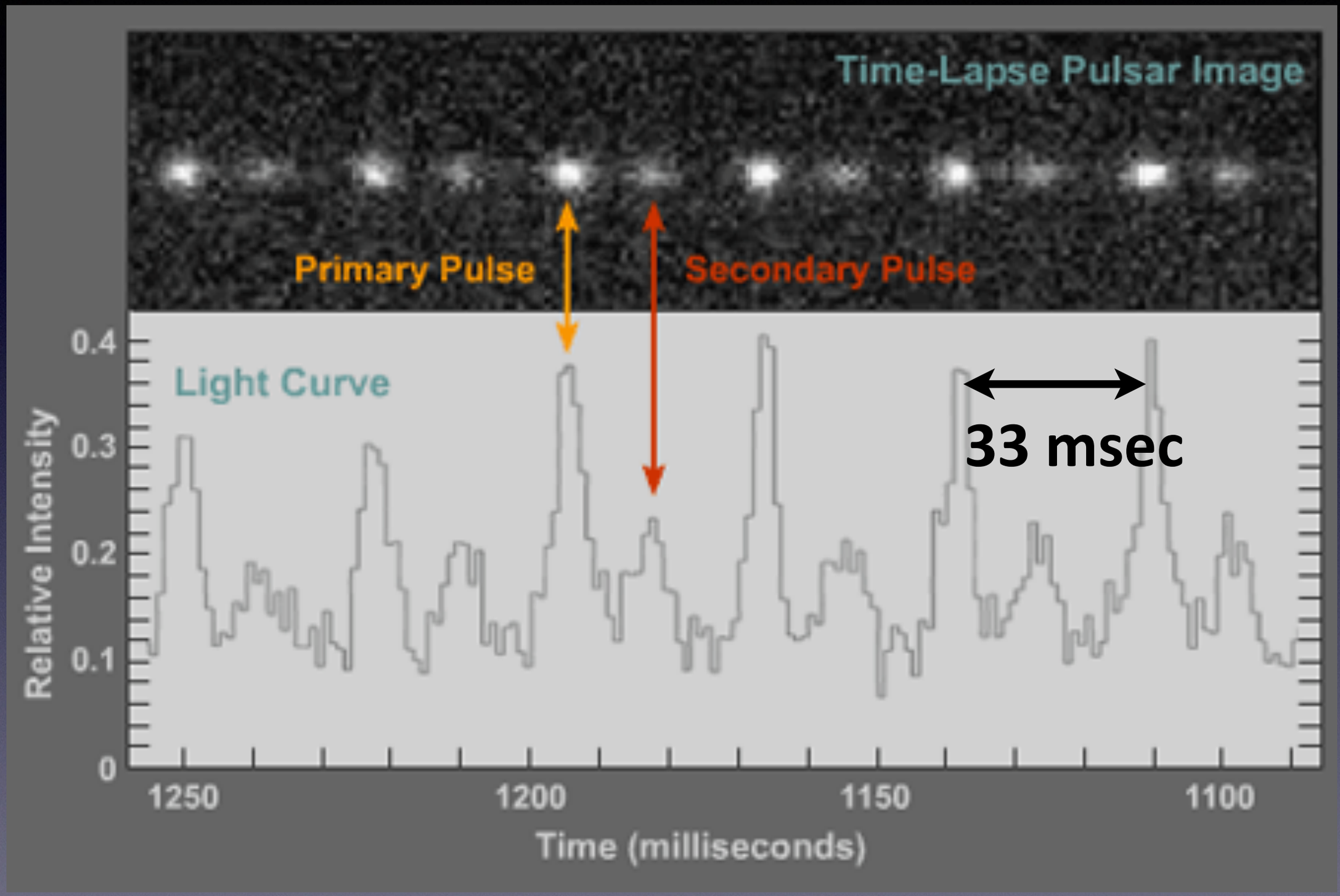
7.2 中性子星

超新星爆発：重い星の最期



NASA/HST

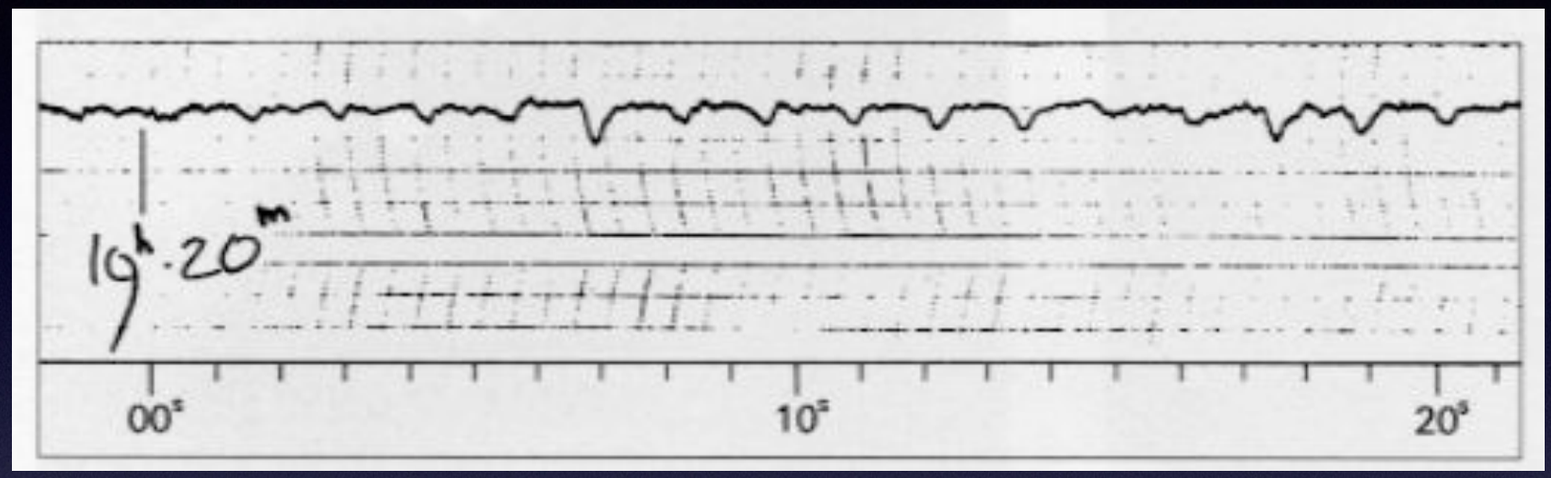
「かにパルサー」　周期33ミリ秒



http://astronomyonline.org/Stars/HighMassEvolution.asp

1967年の発見

宇宙から周期的にやってくる電波

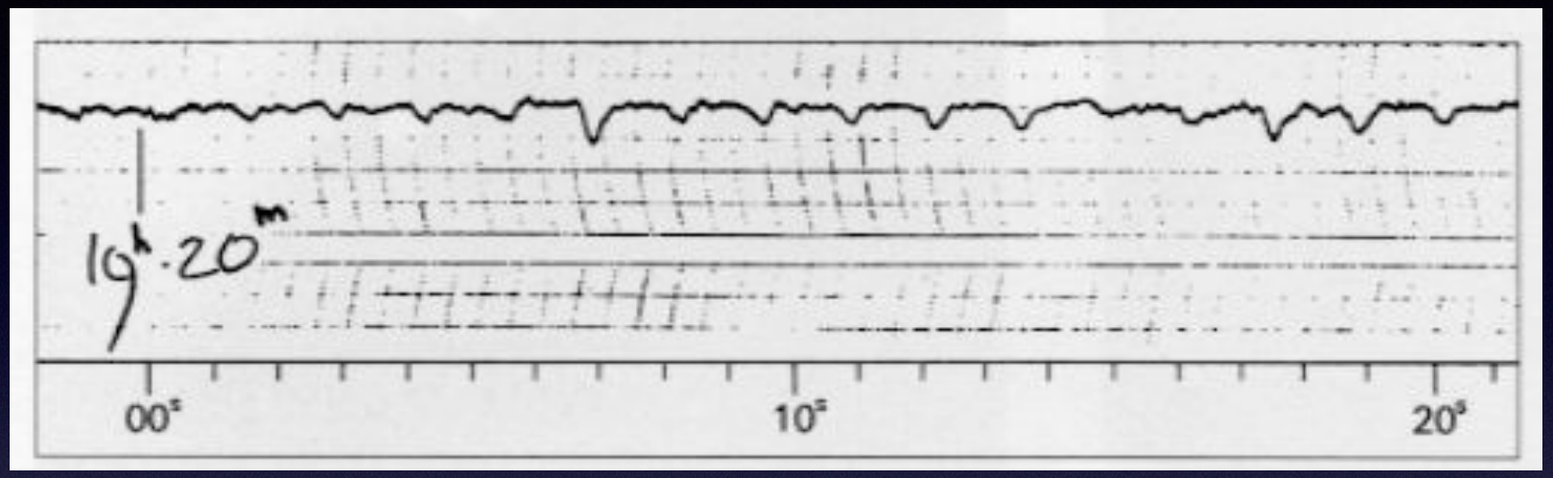


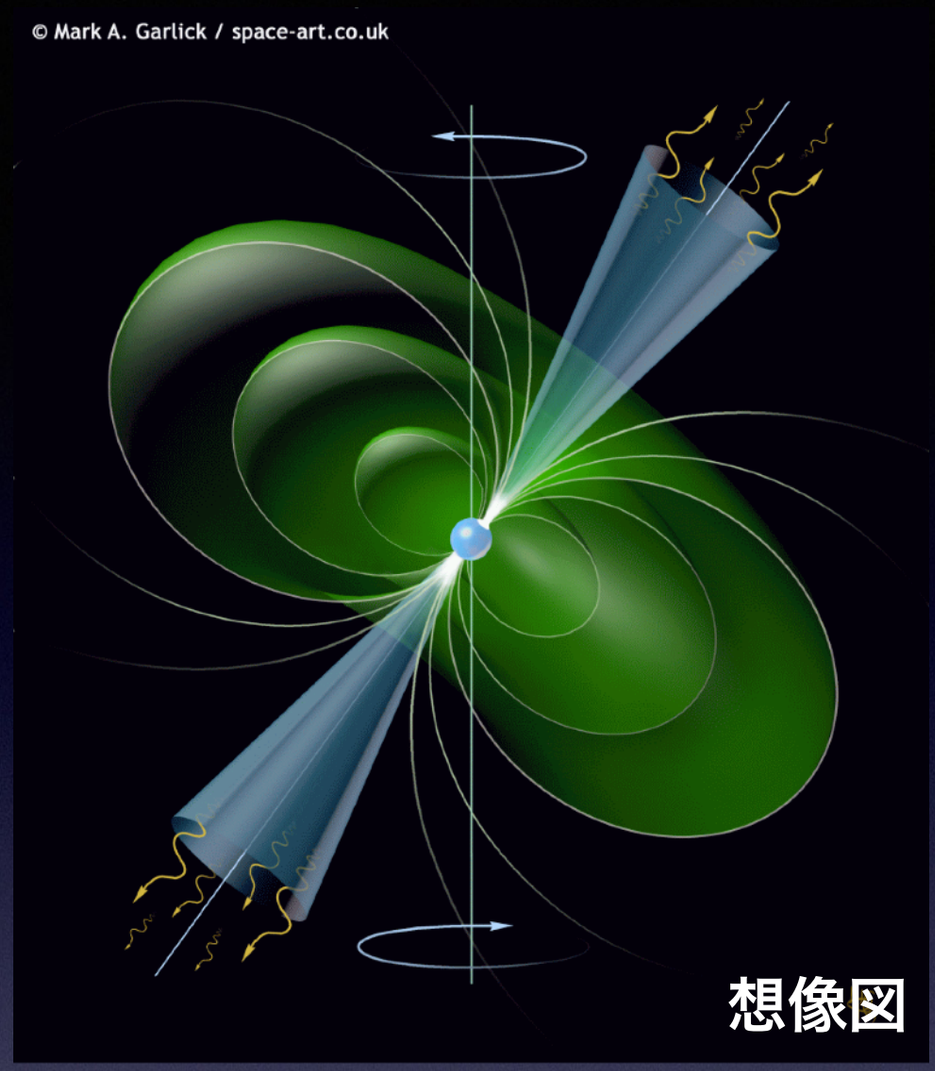
“LGM-1”
周期1.337秒

Little Green Man


想像図

“Little Green Man”の正体

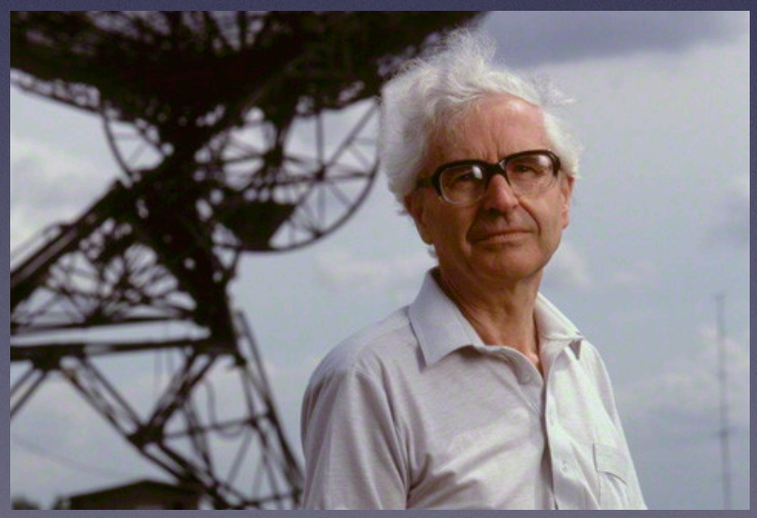




回転する中性子星！



Jocelyn Bell Burnell



Antony Hewish

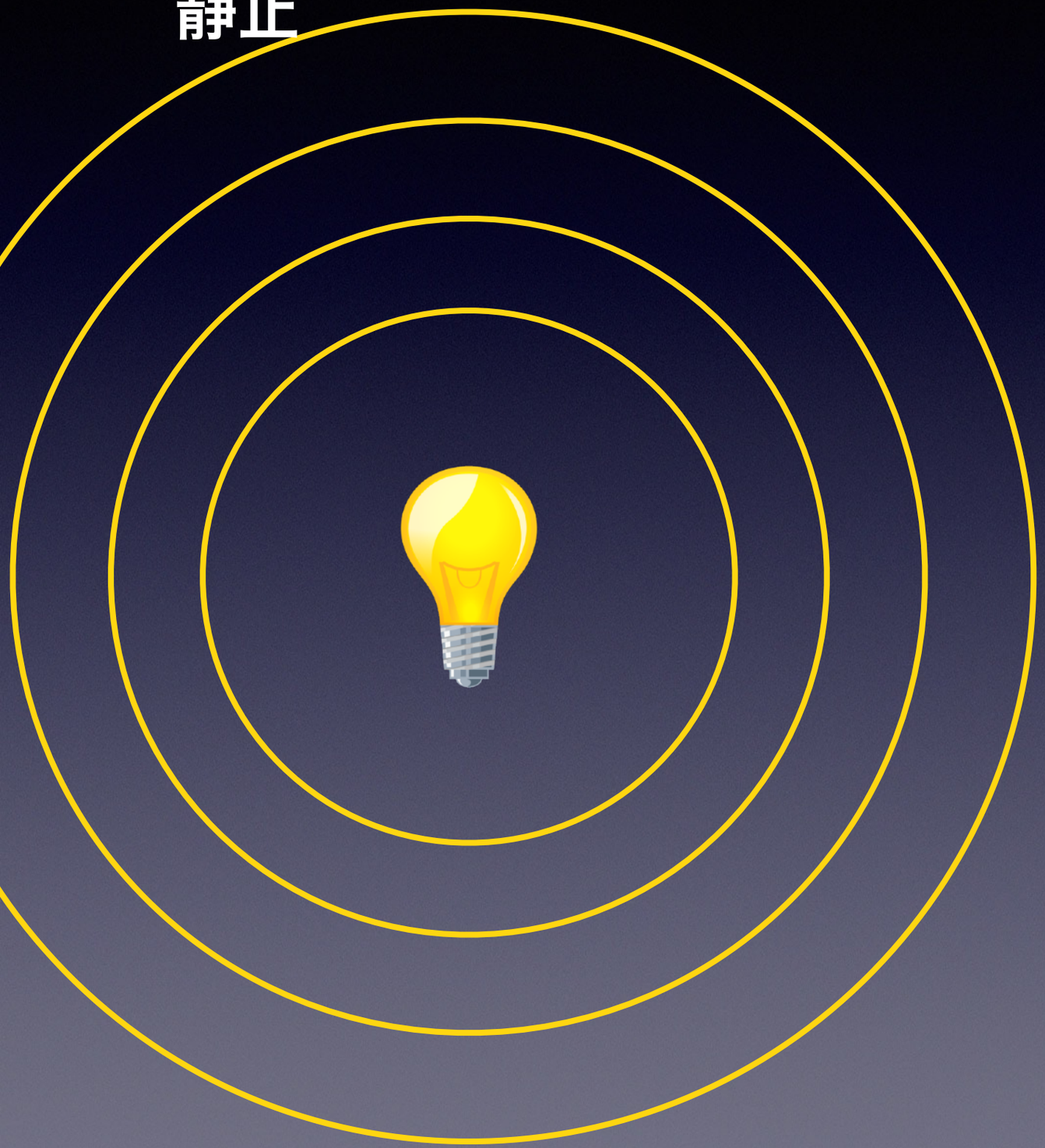
1974年ノーベル賞

中性子星ってどんな星？

「相対論的ビーミング」

相対論
電磁気学

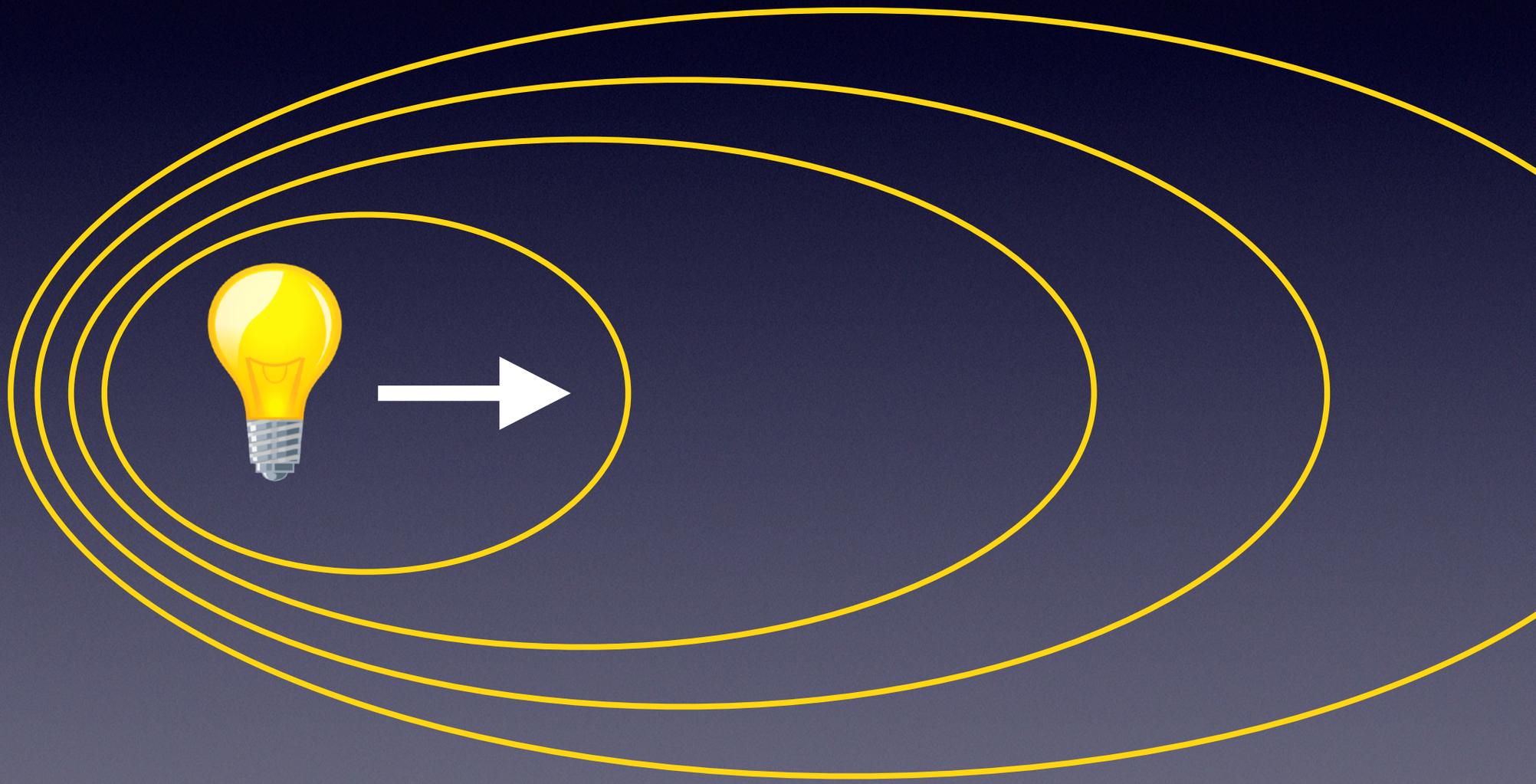
静止



相対論
電磁気学

「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