

pulsarにおける粒子加速: review

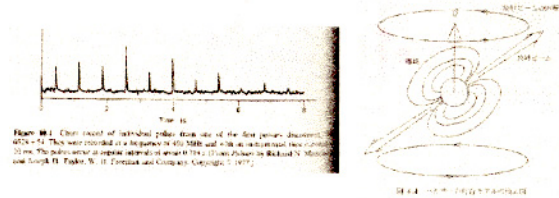
東京大学星野研D1: 水田孝信

今日のお話

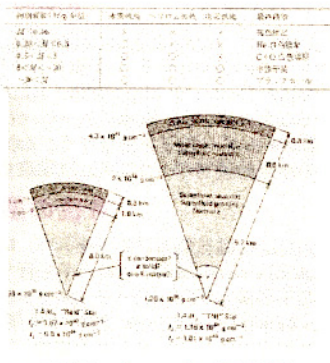
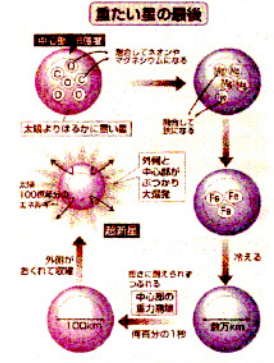
1. pulsarとは?
2. pulsar磁気圏モデル

1. pulsarとは?

非常に正確な周期の電波パルスを放出する天体
 1967年に発見され現在500個以上を確認
 周期は1.6ms~4s
 周期の正確・短さ → 回転により生成
 安定に回転 → 重力が遠心力より強い
 ⇒ 回転が速いので超高密度天体: 中性子星
Pulsarは磁場を持ち高速回転している中性子星

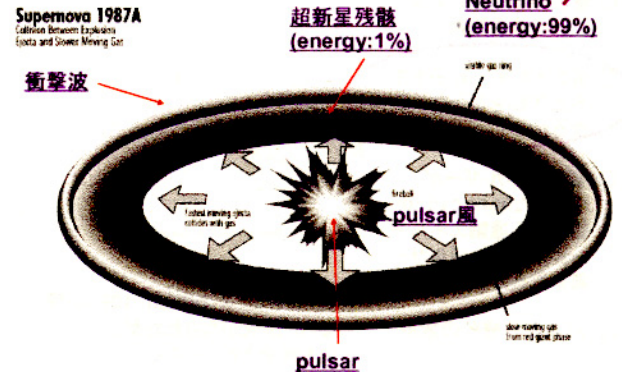


pulsarの生成



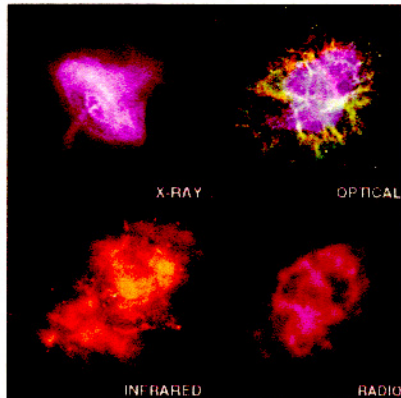
収縮により回転速度が上がる
 $e + p \rightarrow n + \nu$ 。
 eは普通。nとp*の超流動状態。
 中心はquark?

pulsarと超新星爆発



Crab Nebula: 超新星残骸と pulsar

Crab pulsar
 1054年爆発
 距離: 2kpc=6500光年
 大きさ: 12km
 (残骸: 3pc=10光年
 =660,000AU)
 質量: 1.4 M_{\odot}
 周期: 33ms
 磁場: $10^{12}\text{G}=10^{17}\text{nT}$
 GJ密度: $2 \times 10^{12} \text{ #/cc}$
 電磁気力/重力 $\sim 10^{13}$



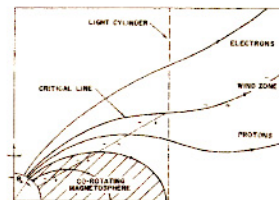
Here are pictures of the Crab at x-ray (Chandra), optical (Palomar), infrared (Keck), and radio (VLA) wavelengths.

2. pulsar磁気圏モデル

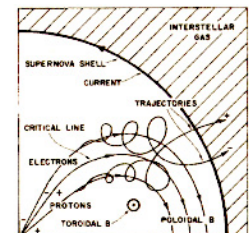
Goldreich & Jullian, 1969

- $\Omega \parallel B_0$
- Light cylinder $\Omega \times r = c$
 より内側で共回転外側では開いた磁力線

pulsar近傍



残骸近く



磁場の維持と電場

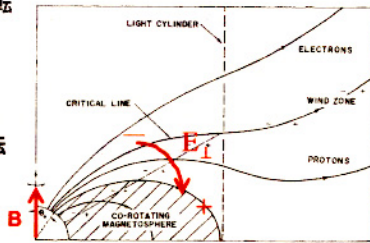
強いBとプラズマが共回転

$$E_{\perp} + \frac{\Omega \times r}{c} \times B = 0$$

共回転

E_{\perp} 発生

分極により ρ_e が発生



Goldreich-Julian密度とstreaming line

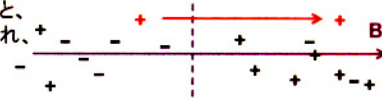
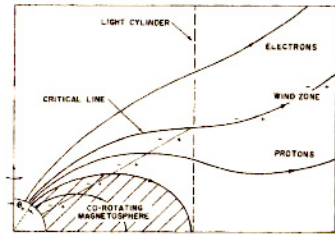
$$\rho_{GJ} = -\frac{\Omega B}{2\pi c} \frac{1}{1 - (\Omega r/c)^2 \sin^2 \theta}$$

null surface ($\rho_{GJ}=0$)
を境に分極

粒子は磁力線に沿って流出
高緯度: electron line
低緯度: positron (proton) line

粒子がnull surfaceを
通過する?

+が流出していないとすると、
chargeのバランスがくずれ、
eの流入が必要



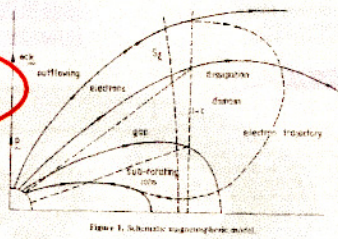
多くの問題

○ 電流閉鎖問題、又は $\rho_{GJ}=0$ 通過問題

○ 高エネルギー粒子を生み出す E_{\parallel} をどうやって作るか?

○ 磁場エネルギーが卓越したlight cylinder領域から運動エネルギーが卓越したパルサー風を作る方法

○ パルスの成分の放射



Goldreich & Jullian, 1969以降
多くの研究がなされたが、
何も解決されていない。

まとめ

- ・質量が8~30 M_{\odot} の星は、超新星爆発をおこし、中心に磁場を伴い高速回転する中性子星、pulsarを形成する。
- ・pulsarはcharge separationした粒子が共回転することにより、磁場を形成。その磁場によって、charge separationを維持。
- ・高エネルギー粒子を生成するために沿磁力線電場が必要。その形成維持のメカニズムは現在も未解決問題。

今後の展望

- ・pulsarの磁気圏などのモデルは、Maxwell方程式とsingle particle的アプローチで行われてきた。粒子の集団的アプローチ、plasma physicsが必要である。
- ・potential gapの形成、維持は未解決問題。単純化された定常モデルで議論。
- ・今後、このpotential gapの形成維持の問題の解決を目指す