

**Baryon (Nearly) Free  
Gravitational Collapse and  
High Energy Astrophysics  
Magnetic CannonBall and Primodal BH  
for Fast Radio Bursts**

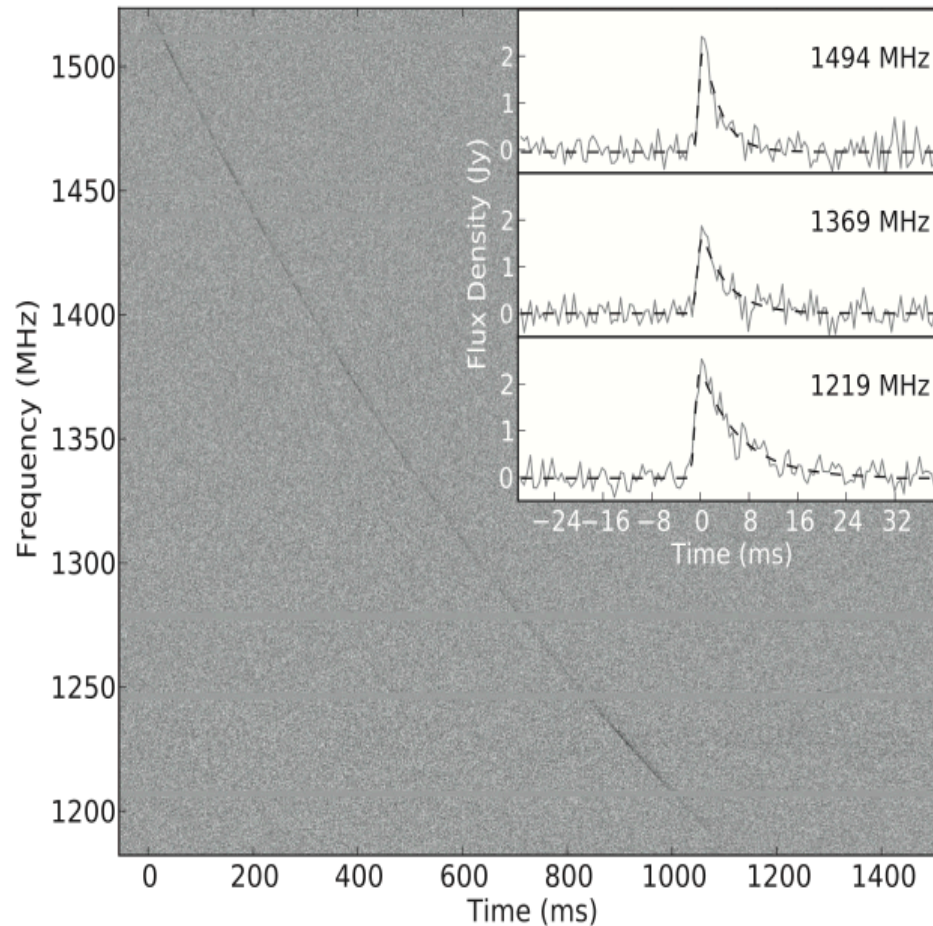
**H. Hanami (Iwate Univ.)**

**2014/10/02@Kashiwa**

説明不足な点、質問についての補足として、スライド  
(日本語) を添付しました。

# Fast Radio Bursts; Observing

- Intensity;  $\sim 1 - 10$  Jy, Short Duration;  $\sim 1 - 10$  ms
- DM;  $> 500 \text{ cm}^{-3} \text{ pc} \rightarrow$  Cosmological?

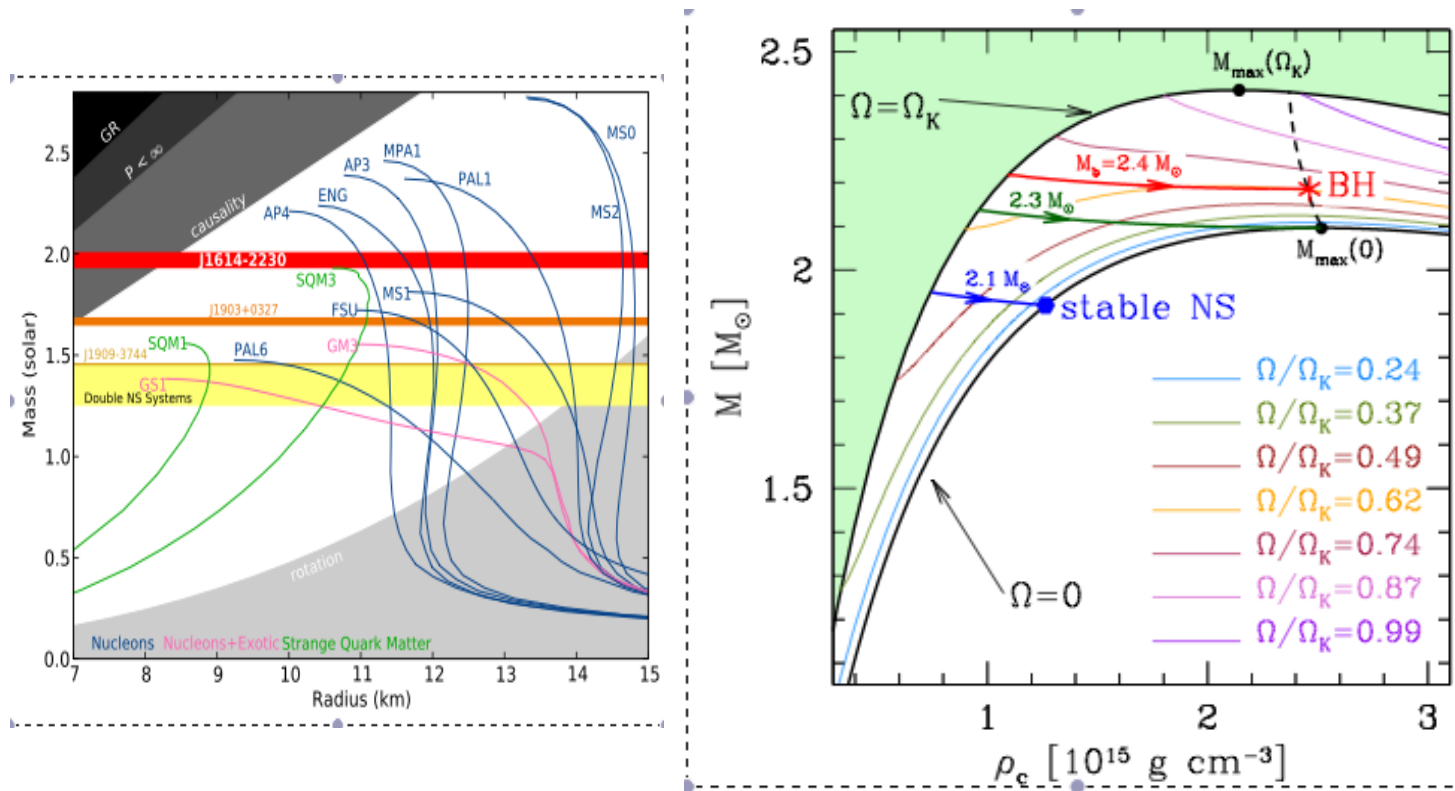


- Energy  
 $\sim 10^{40}$  erg

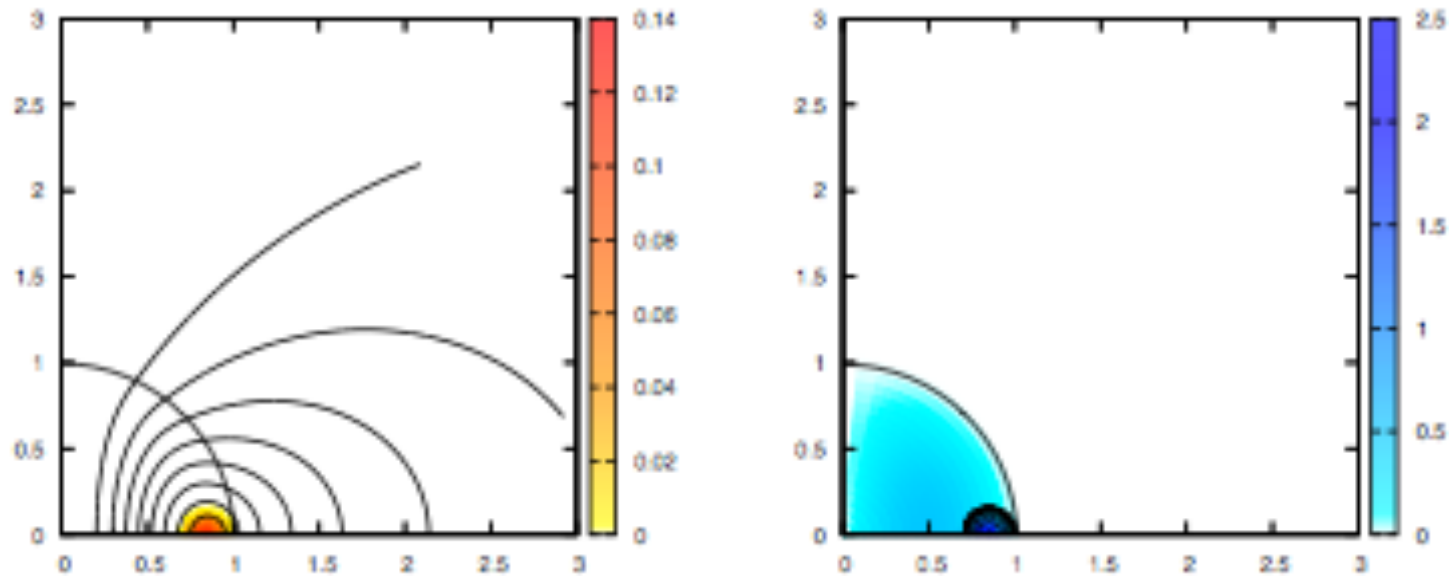
PARCS; Lorimer+  
2007, Keane+ 2011,  
Thornton+ 2013,  
Arecibo; Spitler+  
2014; (including  
Lorimer)

# Fast Radio Bursts; Objects

- Magnetars; Kulkarni+2014; Lyubarsky 2014
- **SupraMassive NS**; Age  $\sim 3 f_{0.1}^{-1} R_{10}^{-1} B_{12}^{-2}$  kyr with Mag. D.P. Rad. (Falcke & Rezzolla 2014)



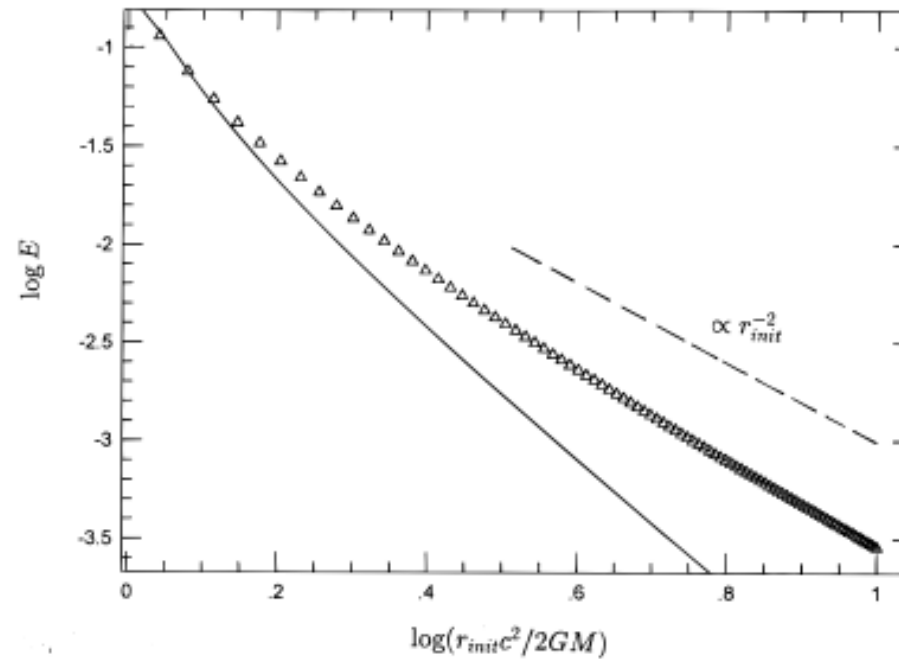
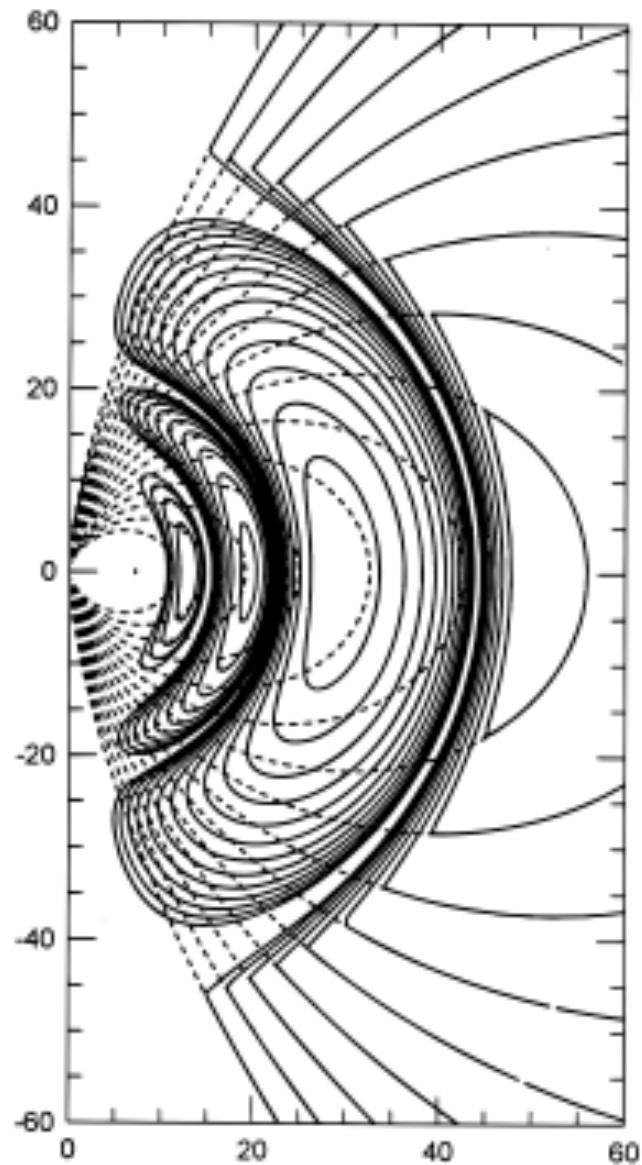
# NS Magnetosphere



(Glampedakis+2013)

- $E_{mgsh} \sim 10^{42} B_{12}^2 R_{NS}^3$  erg, Enough for FRBs
- Outside Magnetic Field  $\leftrightarrow$  Inside Current
- Gravitational Collapse; Current Disappears ?

# Magnetic CannonBall : 磁気波動砲モデル

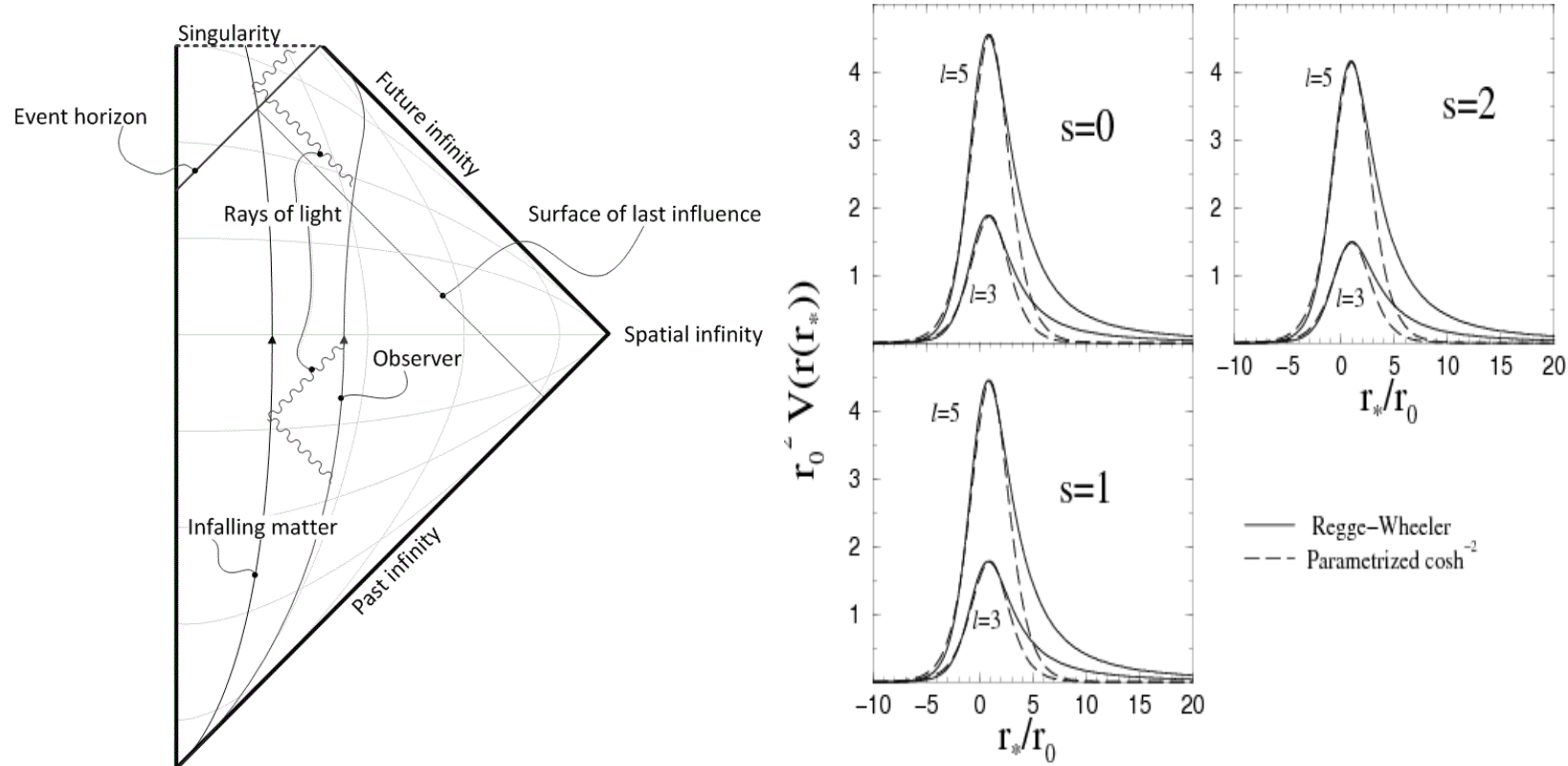


Hanami, H. 1997, ApJ. 491, 687  
物理学会誌 Vol.50, No.3, 1995

# 磁気波動砲モデルのまとめ

- 重力崩壊 → 磁気エネルギーの増幅と放射
  - BH 半径まで磁束保存：磁場増幅  $\sim B_0(R_0/R_{BH})^2$
  - BH 磁気圏のエネルギー
    - \*  $\sim B_0^2(R_0/R_{BH})^4 R_{BH}^3 = B_0^2 R_0^4 R_{BH}^{-1}$
    - \* 中性子星  $R_0 \sim 10\text{km} \rightarrow R_{BH} \sim 1\text{km}$  なら、  
 $E_{EM} \sim 10^{43} B_{12}^2 R_{NS}^4 R_{BH}^{-1}$  erg；FRB には充分。
  - 放射時間  $\sim R_{BH}/c \sim 10^{-3}\text{sec}$ ；FRB の継続時間程度。
- プラズマ相互作用と粒子加速：周囲の密度に依存。
  - GHz 電波放射：高周波電磁波発生機構 粒子加速
  - ガンマ線：観測できる検出限界以下なので、出ていないと言えない。

# Decaying Field in Collapse



Tortoise Coordinate;  $r^* = r + a \log\left(\frac{r}{a} - 1\right)$ ,  $a$ ; S. Radius

Regge-Wheeler Eq.;  $\left(\frac{\partial^2}{\partial r^{*2}} - \frac{\partial^2}{\partial \tau^2} - V(r)\right)\Psi = s$ .

R-W Potential;  $V(r) = \left(1 - \frac{a}{r}\right) \frac{l(l+1)}{r^2}$



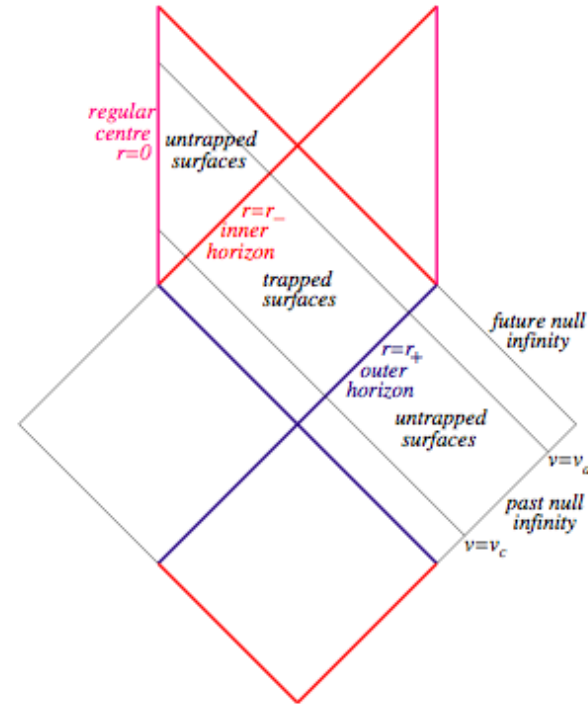
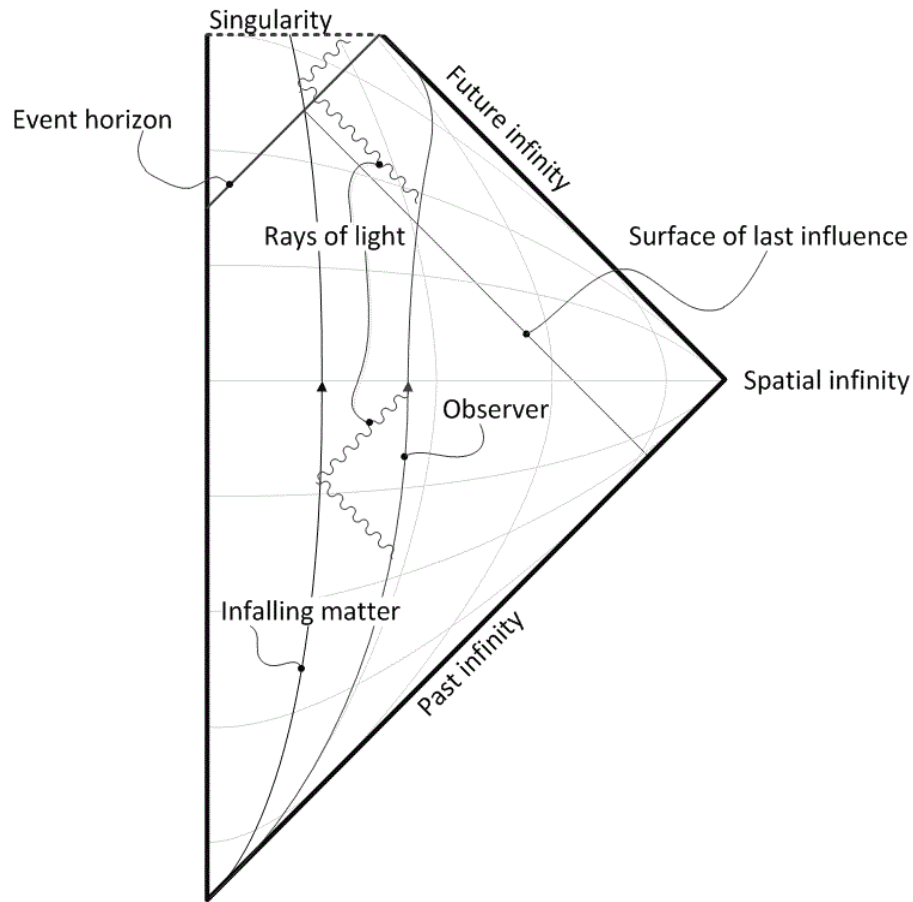
# 重力崩壊に伴う非バリオン場のエネルギー放出

- 天体の重力崩壊
  - 電磁場：磁気波動砲（FRBs？）
  - ニュートリノ：重力崩壊型超新星、GRBs
- BH 蒸発：BH 形成は宇宙初期くらいしかない
  - BH ← インフレーション場のゆらぎ
  - BH ← ボゾン星 ← これも宇宙初期？
- 臨界的ボゾン星の準重力崩壊と蒸発 ～ 量子重力の検証？

# CTA tests Quantum Gravity?

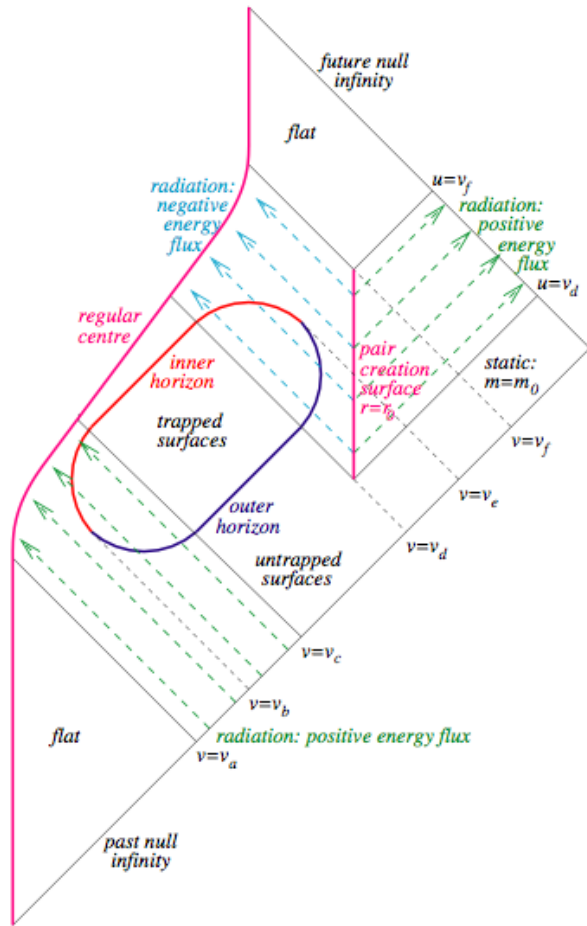
- Primordial BHs
- White Holes
- Warm Holes
- **NonSingular BHs**  $\sim$ Reissner-Nordstrom BH

# NonSingular Black Hole



Bardeen 1968, Dymnikova 1992, Mars 1996, Borde 1997,  
Mbonbye 2005, Hayward 2006

# Black Hole Fireworks?



Collapse & Evaporation of Field  
Quantum Effect Near Trapping

Horizon :  $l_P R \tau \sim 1$

Curvature  $R \sim M/r^3$ , Trap-  
ping Time  $\tau$ , Plank length:  $l_P$

Quantum Region;  $r_Q \sim \frac{7}{6} a$   
( $a$ : Schwarzschild Radius)

# 場の自己重力捕獲と蒸発

- インフレーション場？ (ゆらぎ) の重力捕獲と蒸発
  - Trapping 地平線の曲率、継続時間、Plank 長の積が  $O(1)$  として、概算すると、
    - \* Trapping (Evaporation) Time :  $\tau \sim \frac{a^2}{l_P} \sim \frac{m^2}{l_P}$
    - \*  $\ll t_{Hawking} \sim m^3$
    - \* 静的 BH の蒸発よりも桁違いに質量が大きい (長寿命)
  - Trapping Time  $\tau \sim 10^{10}\text{yr}$  (Hubble time)
    - \* Mass :  $\sim 10^{26}\text{g}$
    - \* Energy :  $\sim 10^{47}\text{erg}$  : FRB には充分。
    - \* Scale :  $r_Q \sim .02\text{cm}$
  - 放射過程 : 今後の課題 (BH 蒸発に準ずる?)