

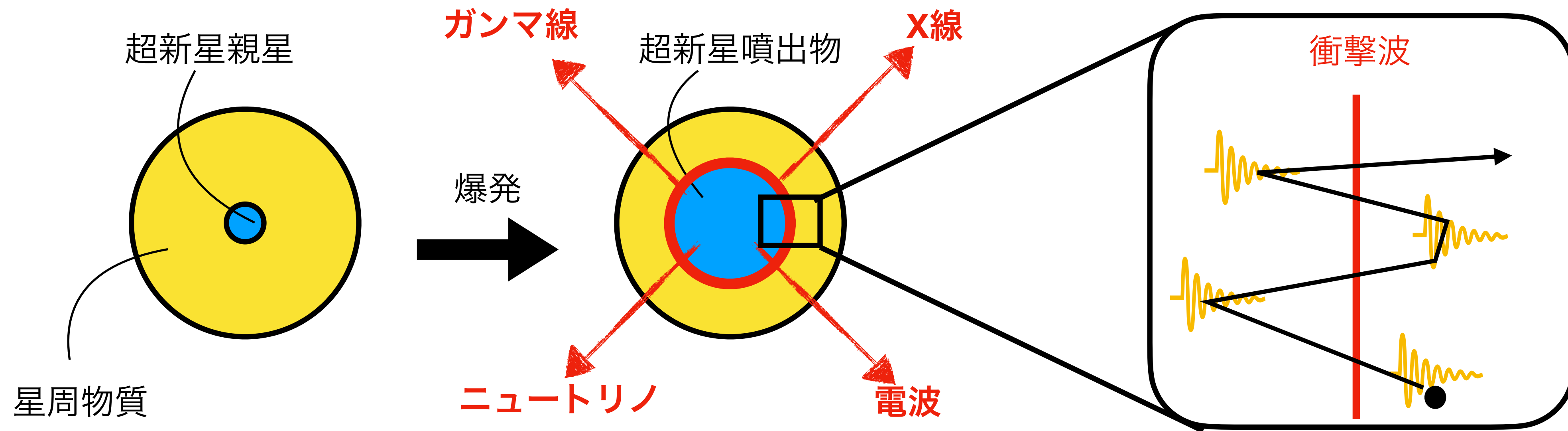
超新星親星の星周物質の探査手段としての シンクロトロン放射

松岡 知紀 (京都大学宇宙物理学教室 D1)

共同研究者：前田啓一, Herman Lee, 安田晴皇 (京都大学)

see also Matsuoka et al., ApJ, 885, 41, 2019

超新星の電波放射



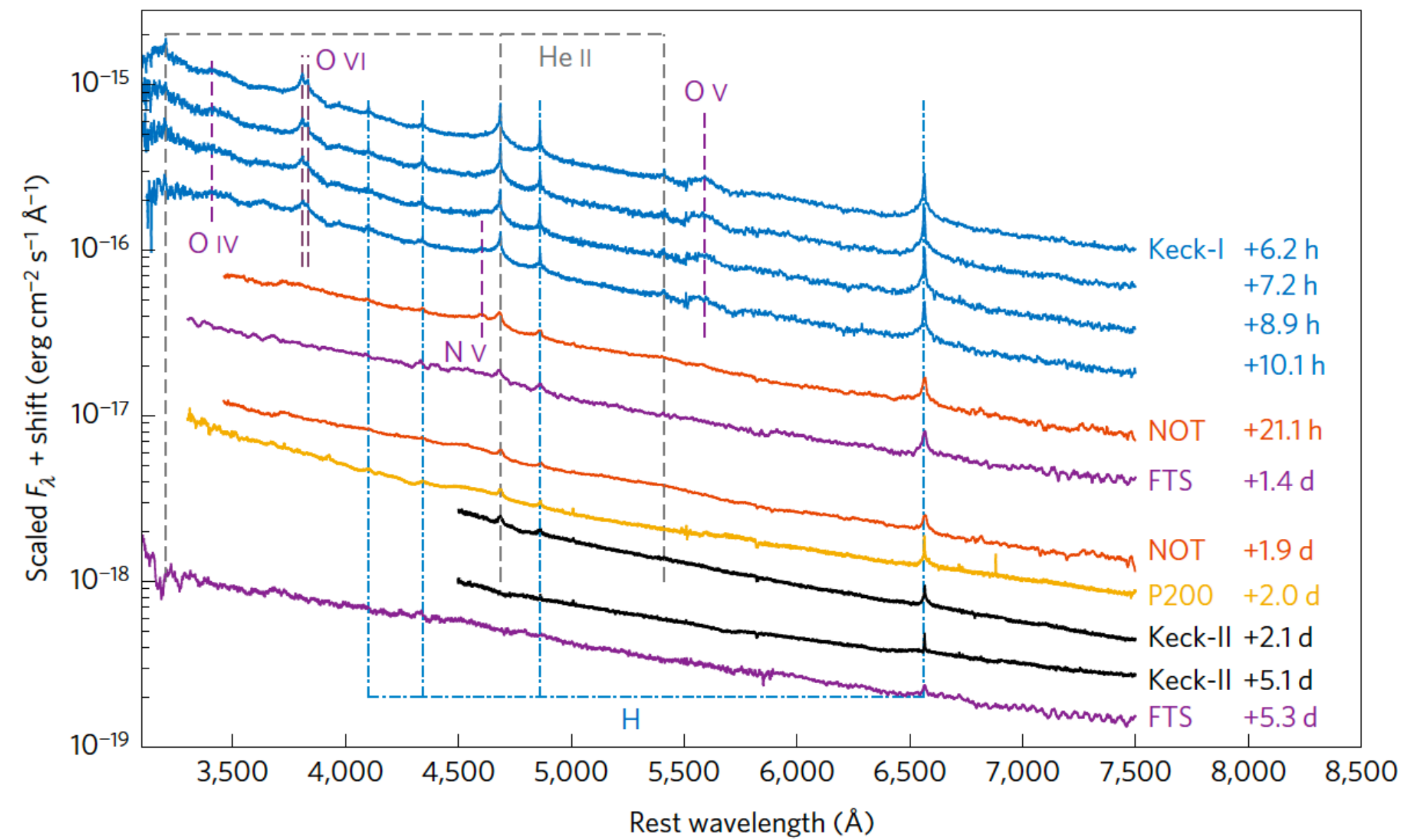
- 爆発前の質量放出現象 => 星周物質の形成
- 超新星噴出物と星周物質の衝突 => 荷電粒子の加速、乱流磁場の増幅 (Drury 1983)

=> 非熱的放射（電波、X線、 γ 線、ニュートリノなど）

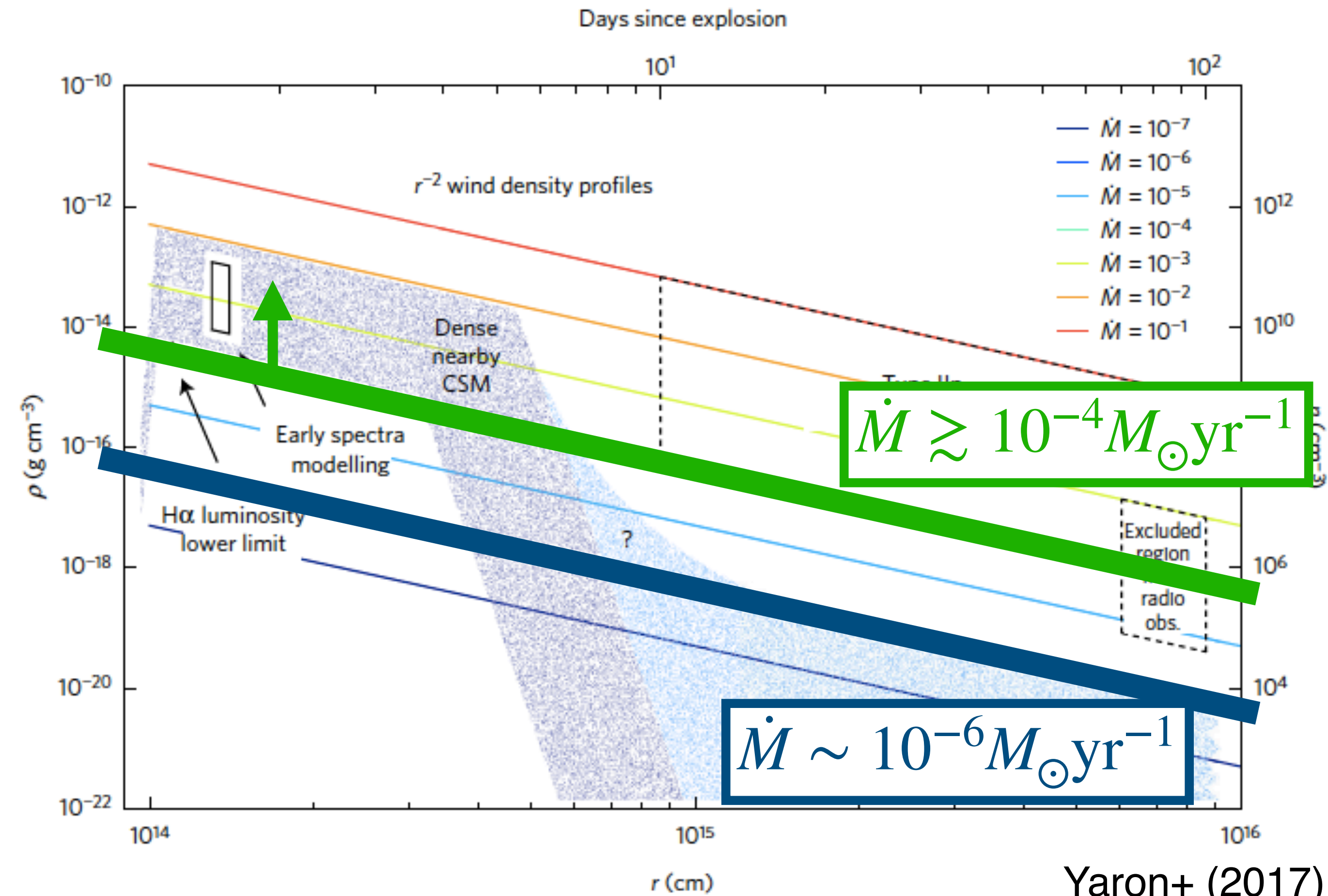
超新星の電波放射：大質量星の質量放出史を直接的に引き出す手段

大質量星の大規模な質量放出

Type II-P SN 2013fsのスペクトル



爆発から数時間後に高階電離輝線を検出
(電離光子による星周物質の加熱)



Yaron+ (2017)

親星の近傍にのみ存在する高密度な星周物質：爆発直前 ($\sim 10 \text{yr}$) の大規模な質量放出の示唆

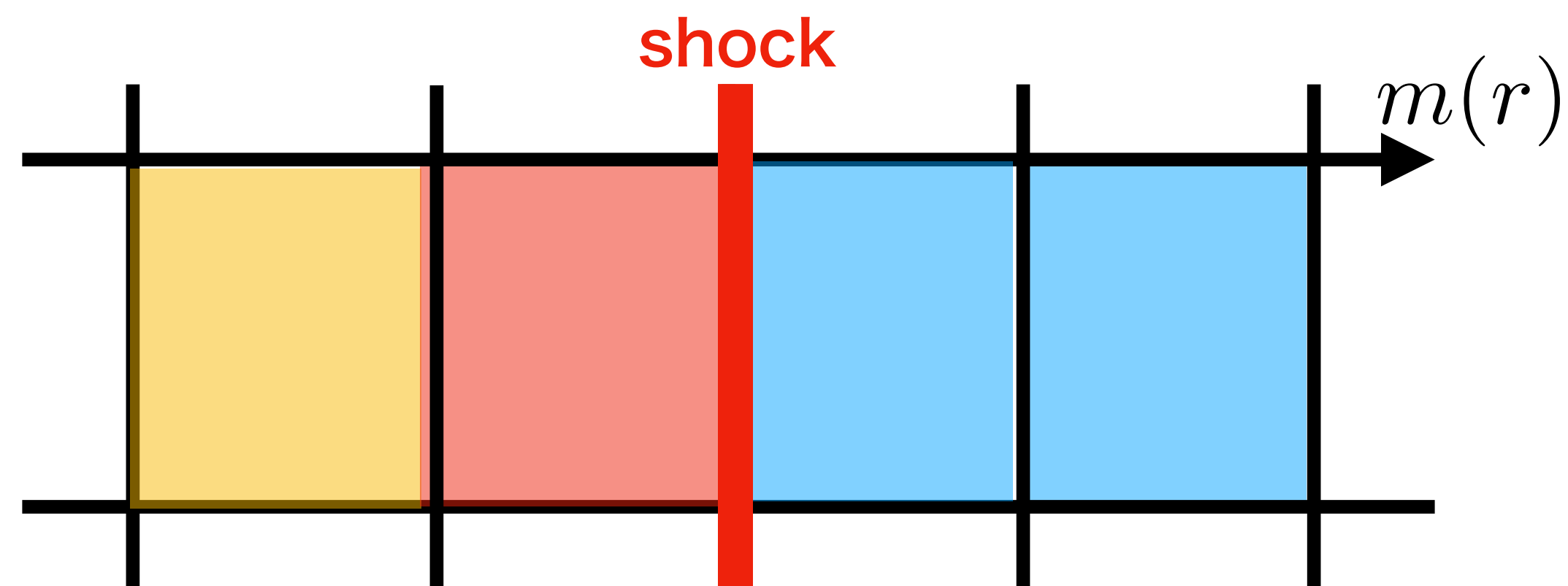
✓ 観測バイアス、密度の大きな不定性あり。

計算手法

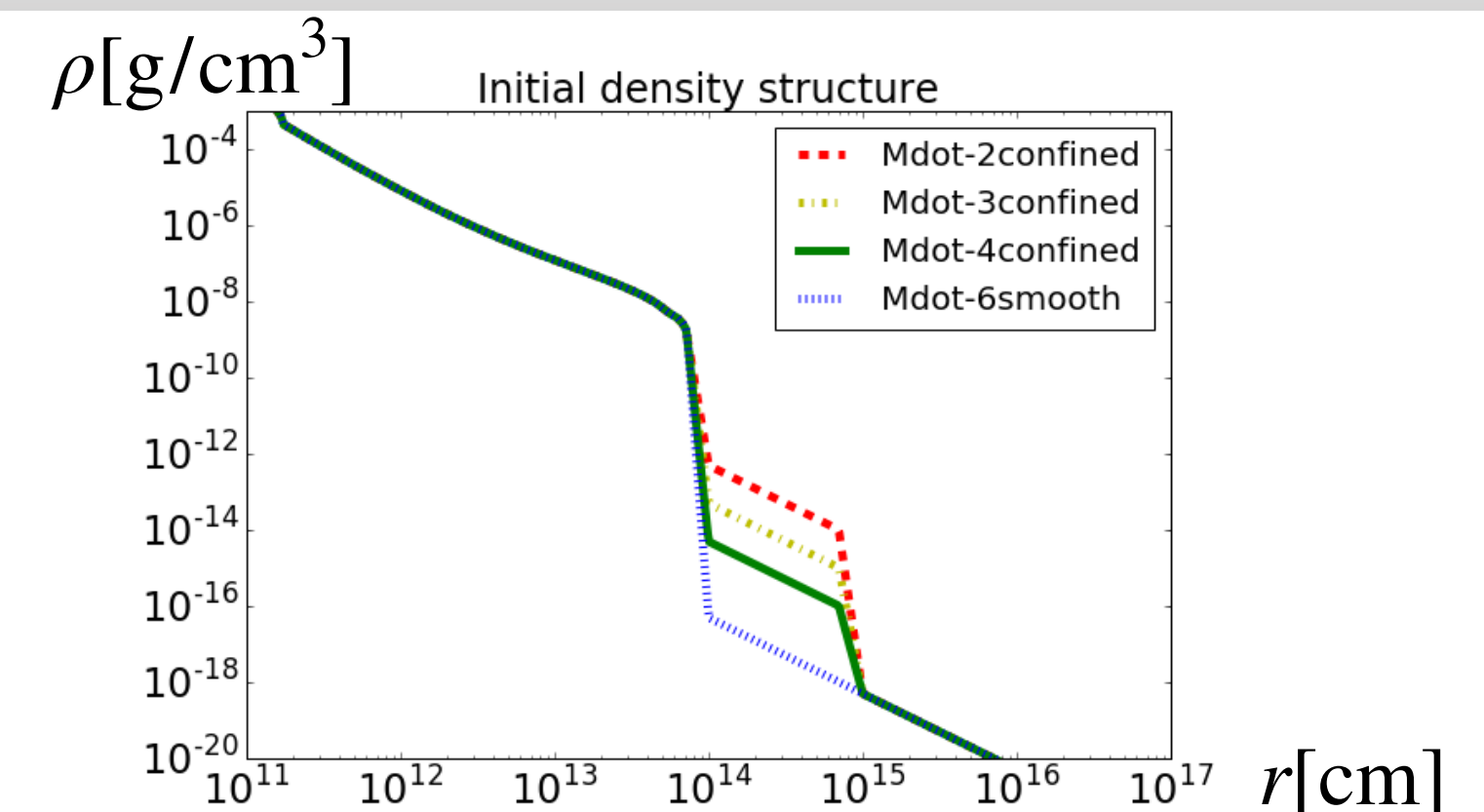
- 流体計算 : SNEC (Morozova+ 2015) : $\rho(r), V_{\text{sh}}$

- 赤色超巨星 + 星周物質の系を爆発

- 粒子加速、磁場増幅



- 輻射輸送 : シンクロトロン放射



- 赤 : zones newly shocked

$$u_e = \epsilon_e \rho_{\text{sh}} V_{\text{sh}}^2, u_p = \epsilon_p \rho_{\text{sh}} V_{\text{sh}}^2, u_B = \epsilon_B \rho_{\text{sh}} V_{\text{sh}}^2 \Rightarrow N(E), B$$

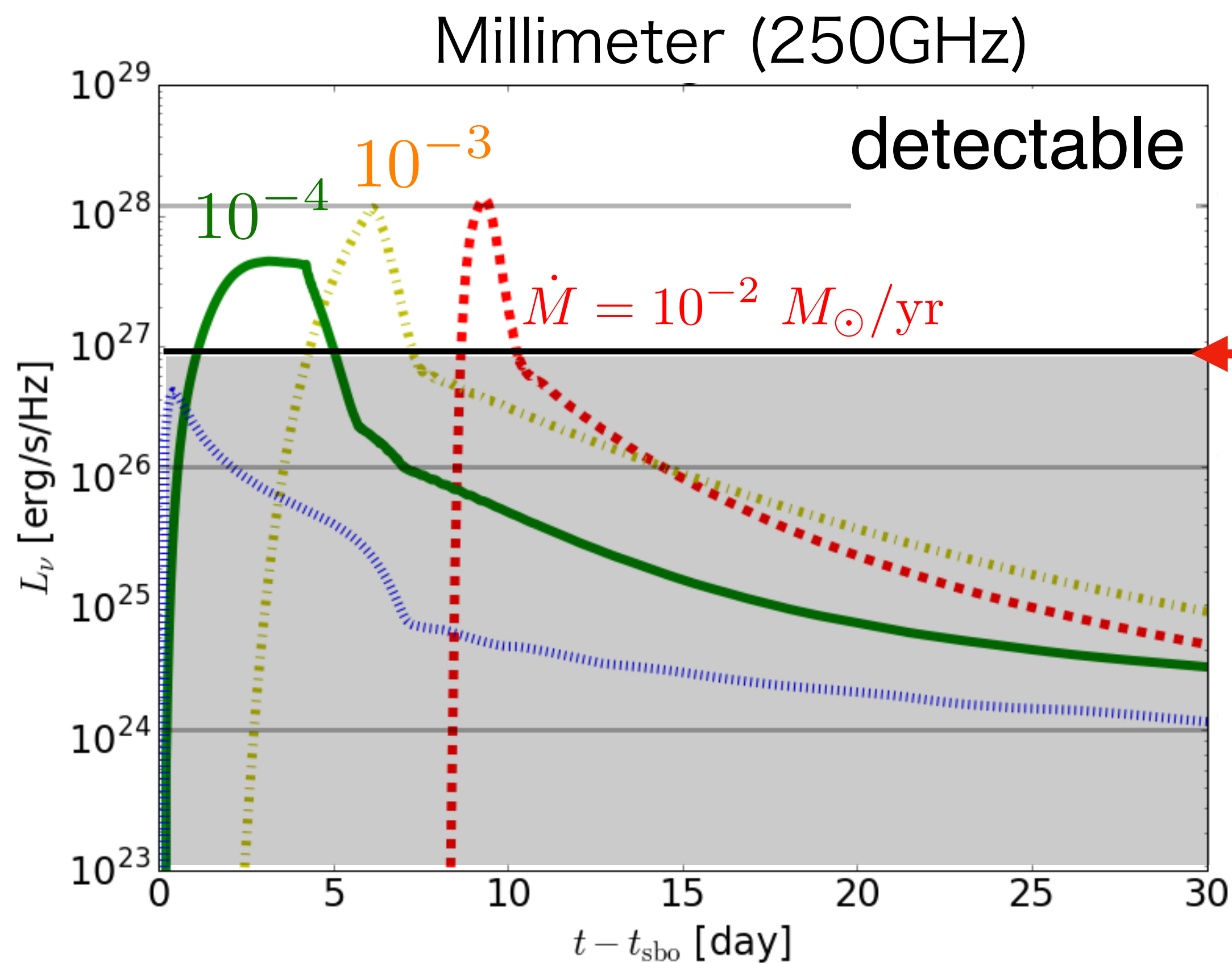
- 黄 : zones shocked before

cooling, p-p collision

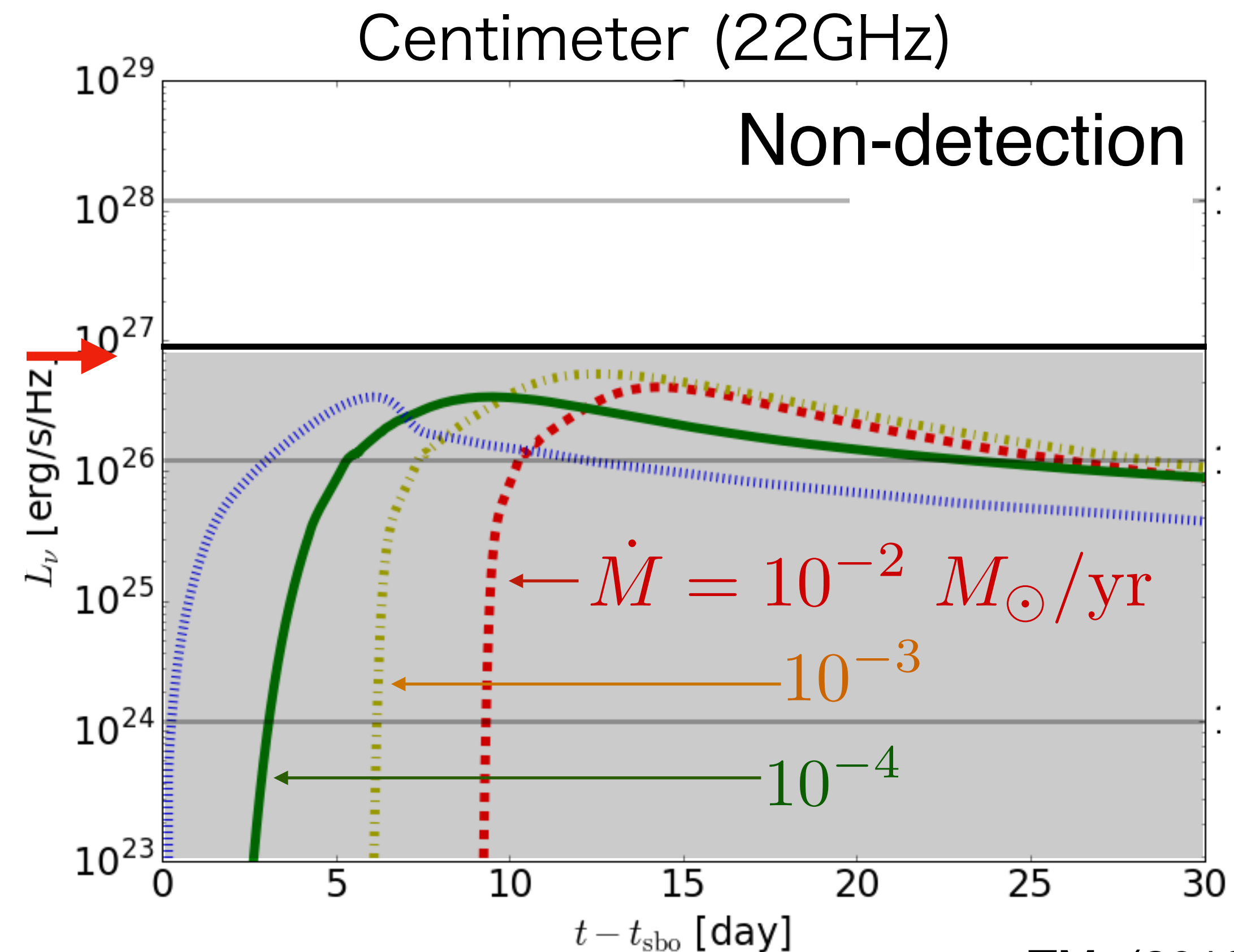
- 青 : unshocked zones

free-free absorption

光度曲線



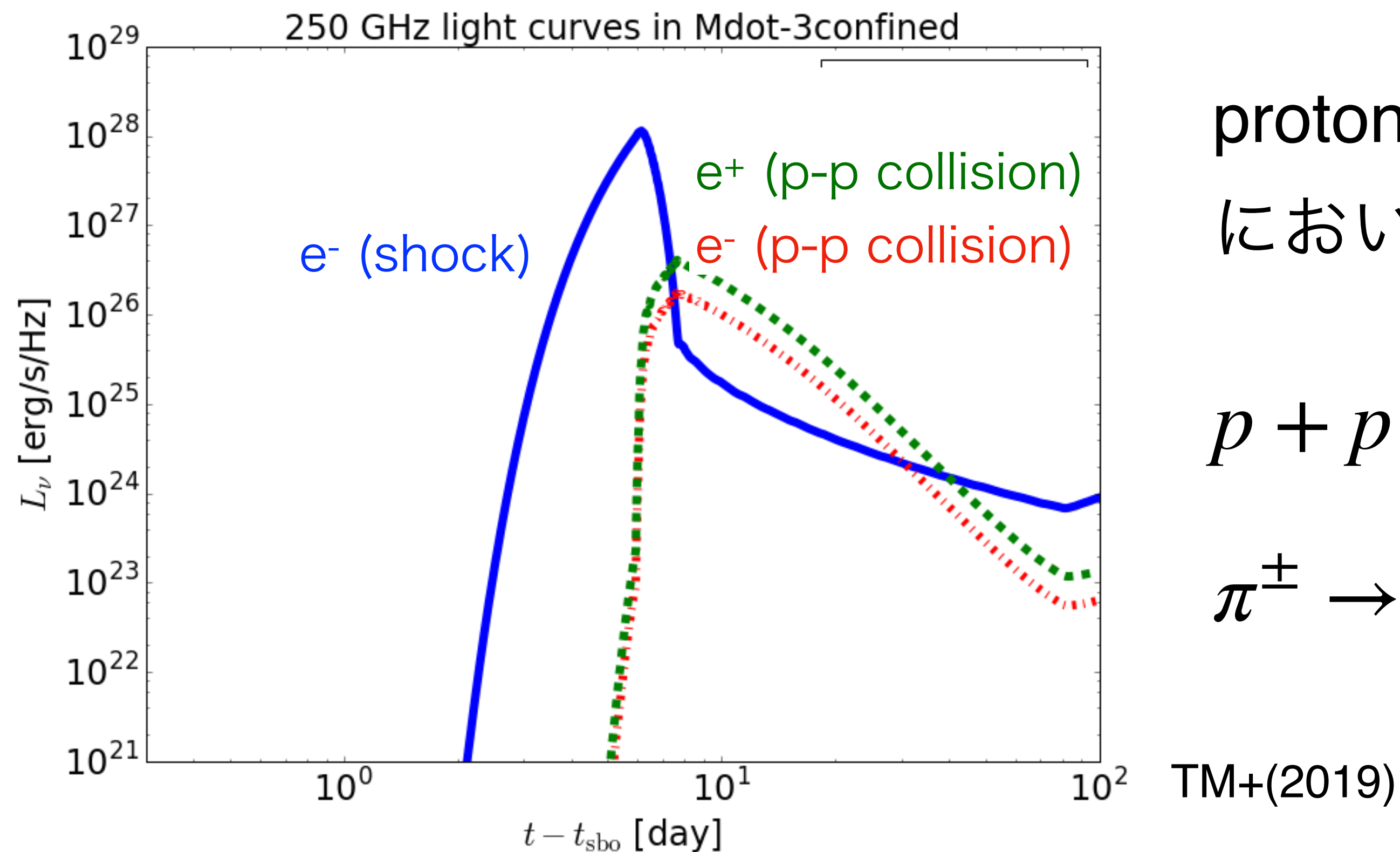
1 mJy
for SNe
@30Mpc



TM+(2019)

ALMAのToO観測によるミリ波検出が、超新星親星近傍の星周物質をトレースする重要な手段であることを提唱した (ToO観測プロジェクトがALMAに受理済み, Maeda+)

陽子衝突に伴う電子・陽電子生成



proton-interaction (高密度な星周物質
において効率よく発生)

$$p + p \rightarrow p + p + \pi^\pm$$

$$\pi^\pm \rightarrow \mu^\pm, \mu^\pm \rightarrow e^\pm$$

電波光度のピーク：衝撃波に加速された電子 (primary electron)

爆発から1ヶ月：陽子衝突で生成された電子、陽電子 (secondary electron)

まとめ

- 超新星の電波放射：星周物質をトレースする強力な手段。質量放出史を推定するツールの一種になりうる。
- 大質量星の爆発直前の活動性：爆発から10日以内のミリ波観測で検証可能。ALMAのToO観測が有効。
- 電波光度のピーク：primary electron。
- 爆発から1ヶ月後の放射：secondary electron。

