

# 超新星爆発の初期放射で探る 爆発直前の大質量星の姿

村井 結太 (東北大学)

共同研究：田中雅臣、富永望、守屋堯、諸隈智貴、

Tomo-e Gozen コラボレーション

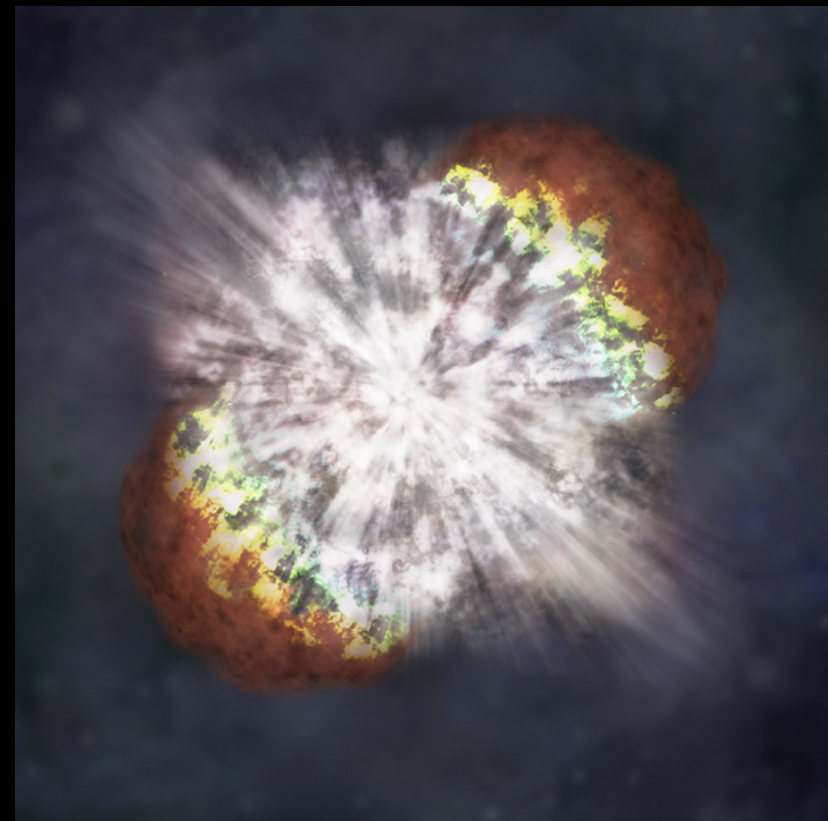
# 超新星爆発

## 爆発メカニズムによる分類

- ・ 核燃焼暴走型 (white dwarf)
- ・ 重力崩壊型 (massive star)

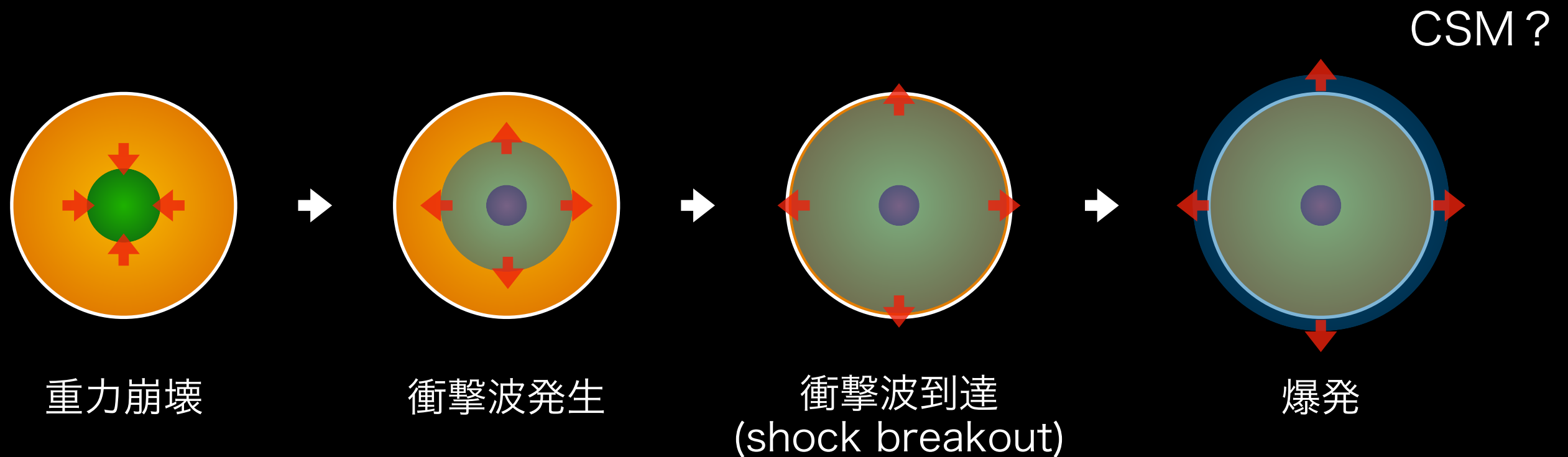


(ESA and Justyn Maund, QUB)



(NASA/CXC/M. Weiss)

# 重力崩壊型超新星爆発

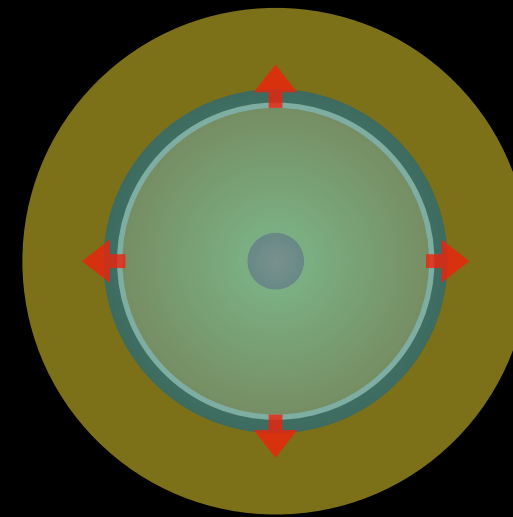


- 爆発直前 (数年) の姿 (半径, 星周環境など) . . . 未解明
- 爆発直後 (数日) の明るさ => 爆発した星の性質のみで決まる

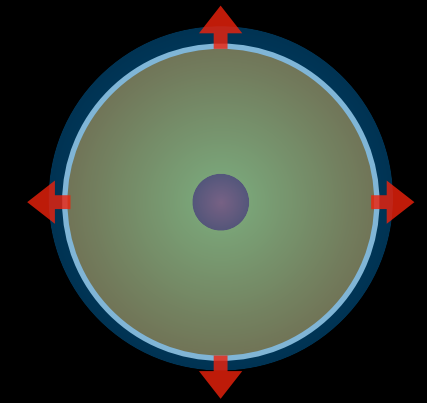
**=> 爆発直後 (数日) のデータが不可欠**

# 先行研究

Forster et al. 2018



CSMあり



CSMなし

- 4m望遠鏡 (DECam)
- 遠方天体 (分光データなし)

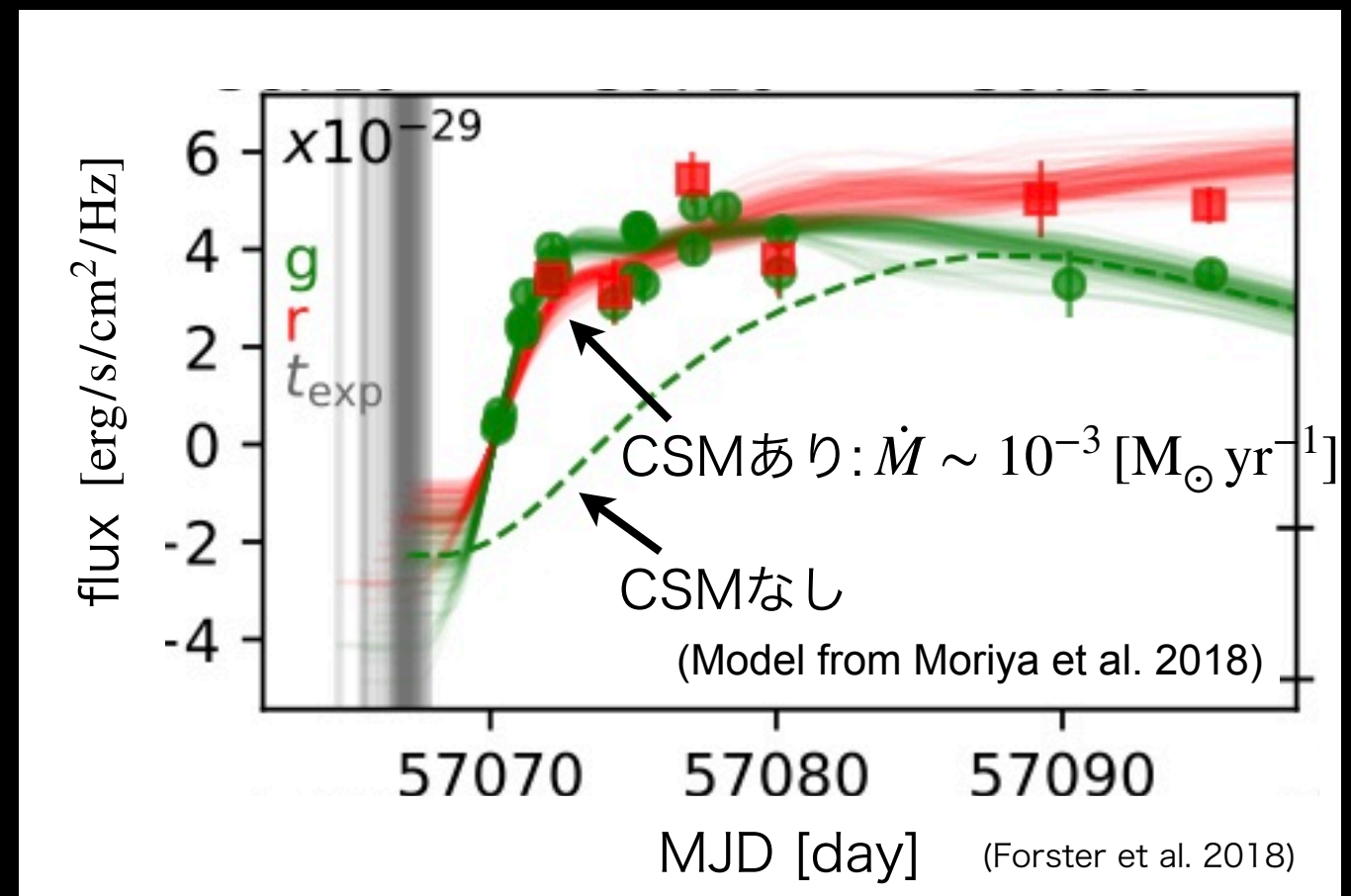
=> 爆発直前に大規模質量放出

( $\dot{M} \gtrsim 10^{-4} [M_{\odot} \text{yr}^{-1}]$ ) が

あったことを示唆

(Red Super Giant :  $\dot{M} \lesssim 10^{-5} [M_{\odot} \text{yr}^{-1}]$ )

- **本研究 => 近傍天体 (分光データあり) を解析、爆発前の姿を探る**



# 解析する天体の選出

- 基準 :

- 1) II型 (水素あり)
- 2) 発見日 : 2019-1-1以後
- 3) 距離 < ~100 Mpc

Tomo-e tns table  
SN : 14,220  
(2021/11/11 時点)



1) 2) 3) を満たすSN :  
1,593



データ数 > 6 SN :  
76

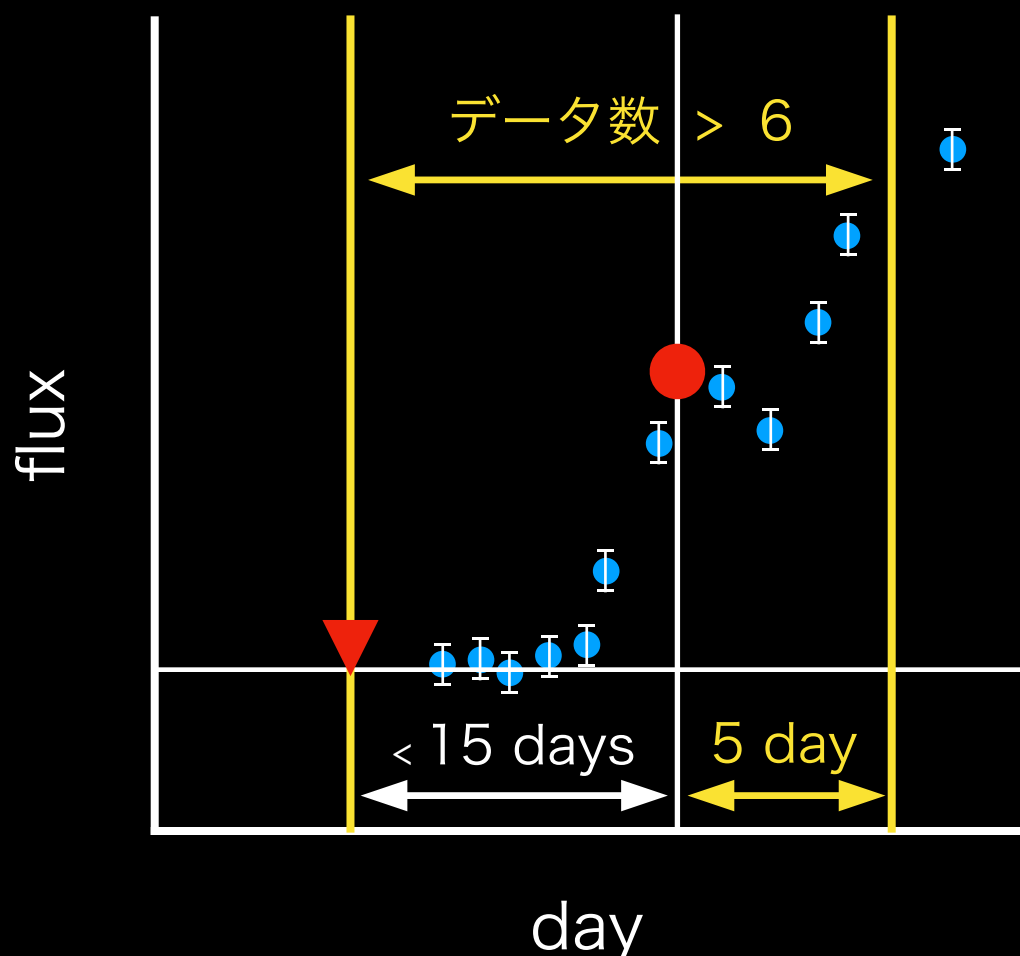


目で確認 :  
6

# 解析する天体の選出

## 基準 :

- 4) ● : Tomo-e のデータ  
● : 発見日 (他のサーベイ)  
▼ : 爆発が起っていないことが確認された最後の日 (同上)



Tomo-e tns table  
SN : 14,220  
(2021/11/11 時点)

1) 2) 3) を満たすSN :  
1,593

データ数 > 6 SN :  
76

目で確認 :  
6

# 解析する天体の選出

=> 以下の6天体を解析に使用

Name	Redshift $z$	Distance [Mpc]
SN 2020uqx	0.017	68
SN 2020aagy	0.02	80
SN 2021can	0.0207	82.8
SN 2021gvm	0.0246	98.4
SN 2021ejn	0.025	100
SN 2021gmj	0.0034	13.6 ?

# 画像の再処理

- ・ (超新星爆発の写っている画像) - (超新星爆発前のstack画像)
- ・ 両者の波長特性が違う => 引き算が失敗することがある

ex) SN 2021gmj

Pan-STARRSで引き算

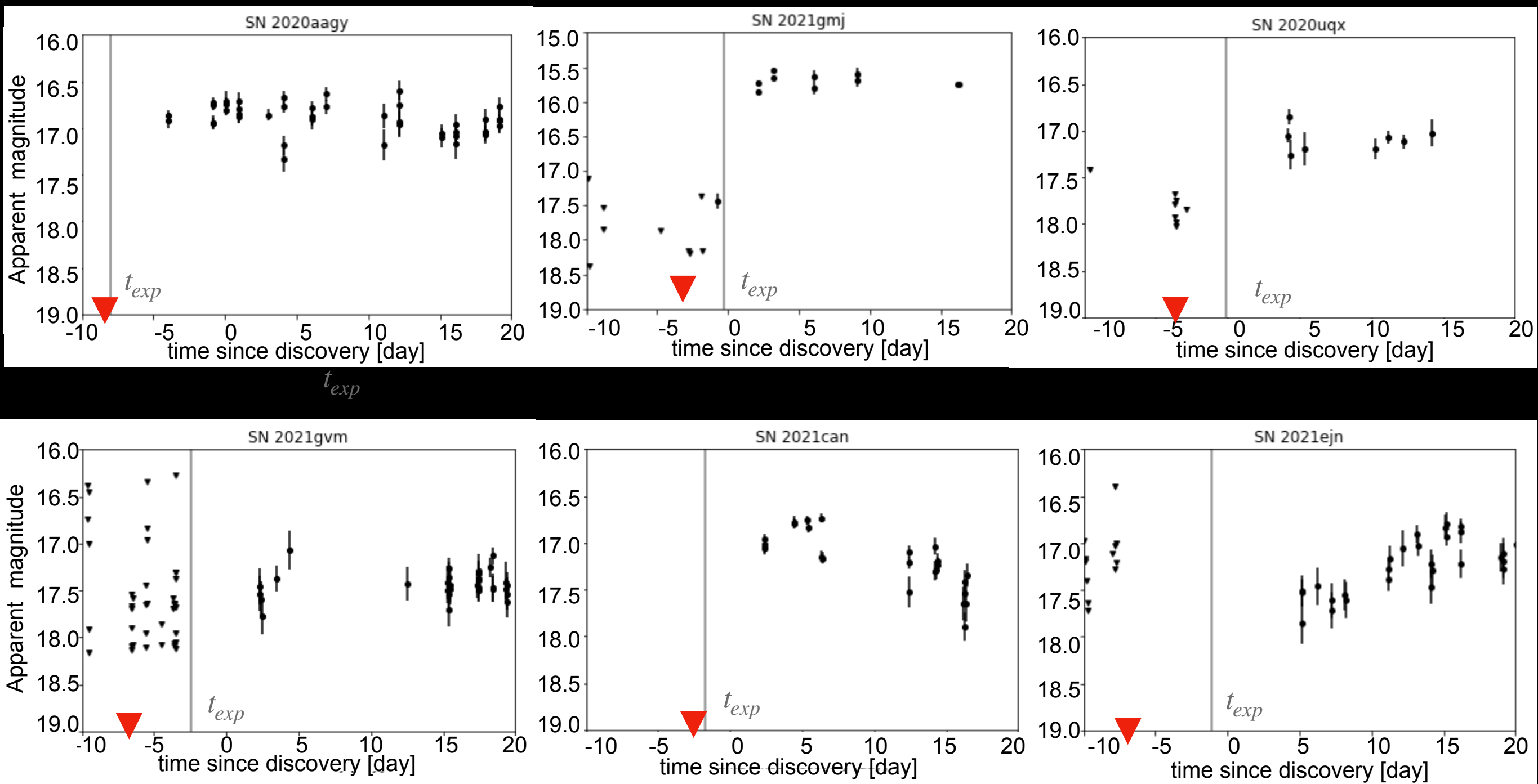


Tomo-eで引き算





# Light curve

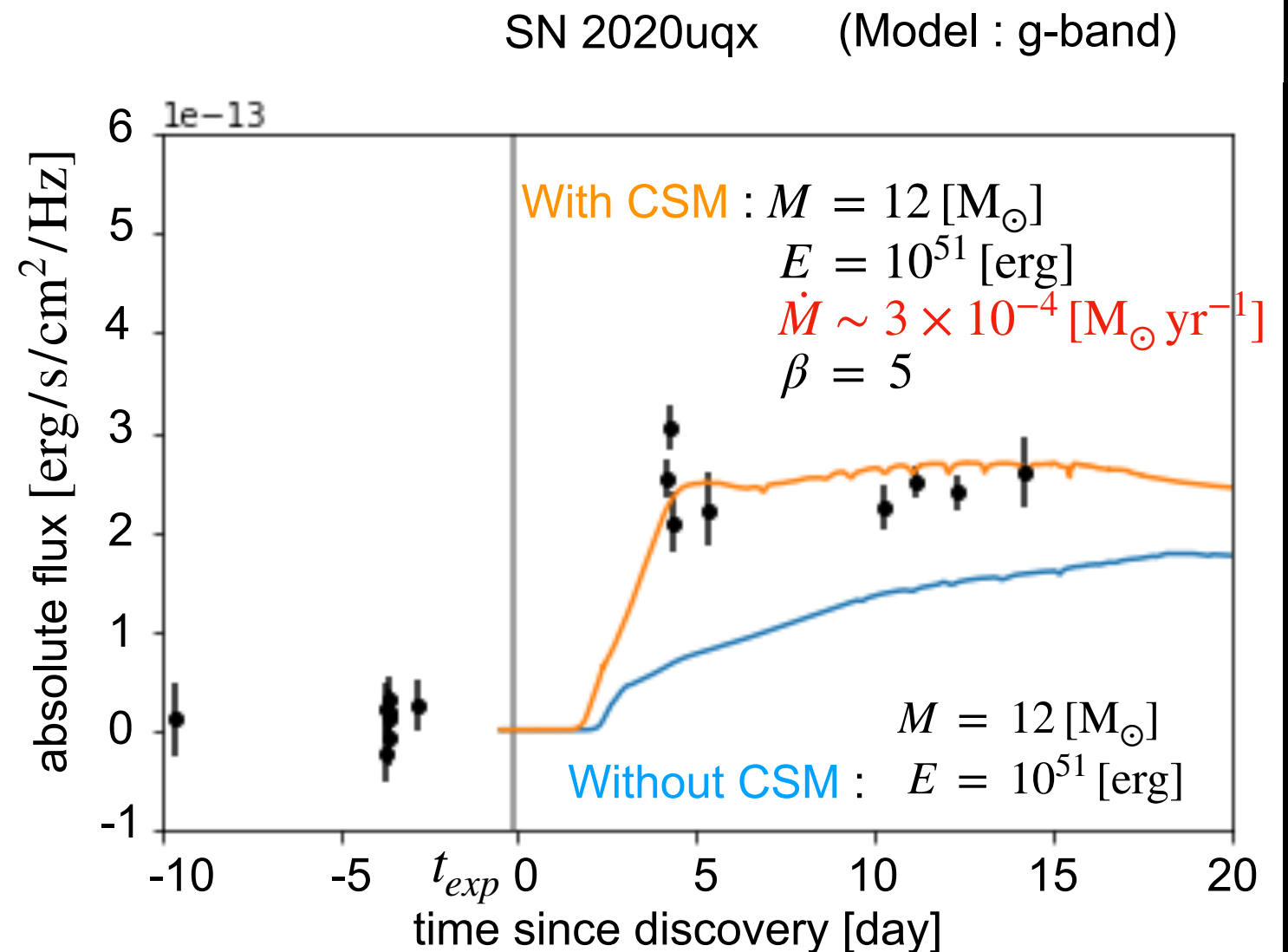


# 理論モデルとの比較

Moriya et al. 2018 (Forster et al. 2018 でも使用)

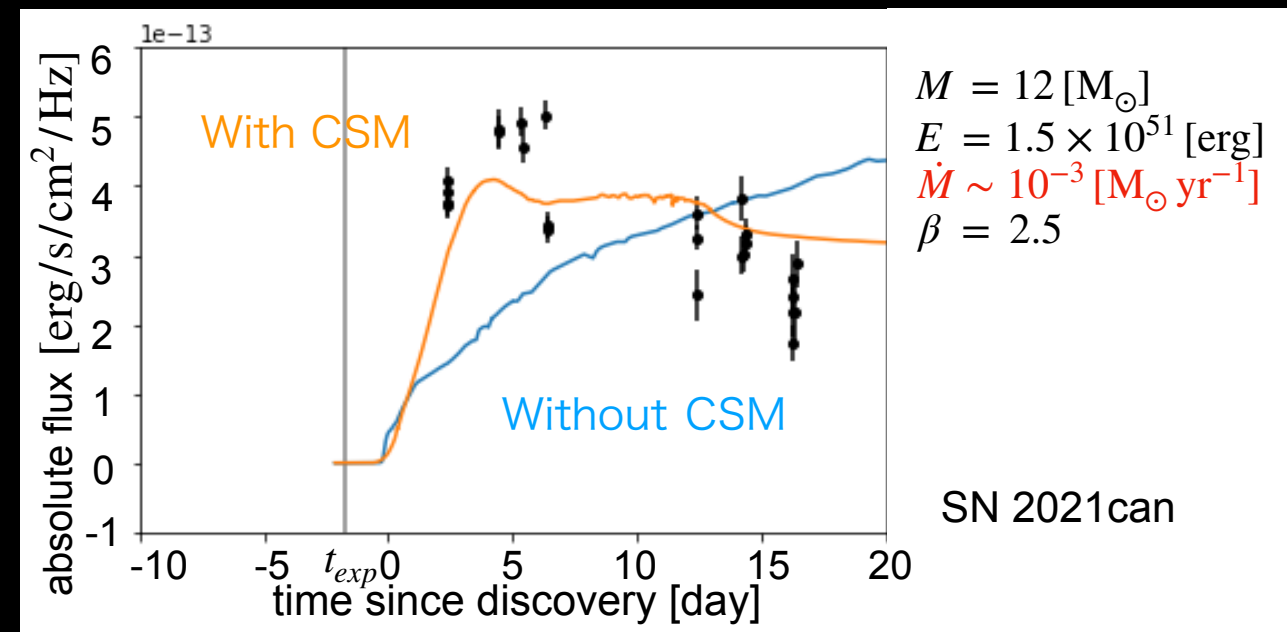
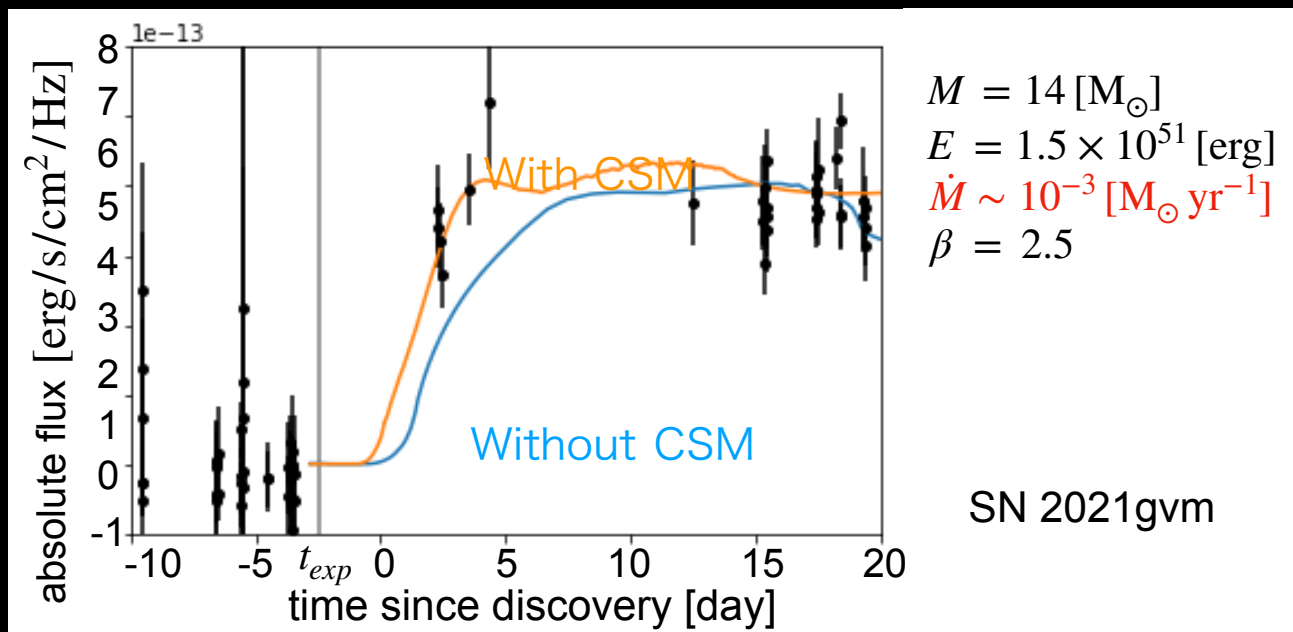
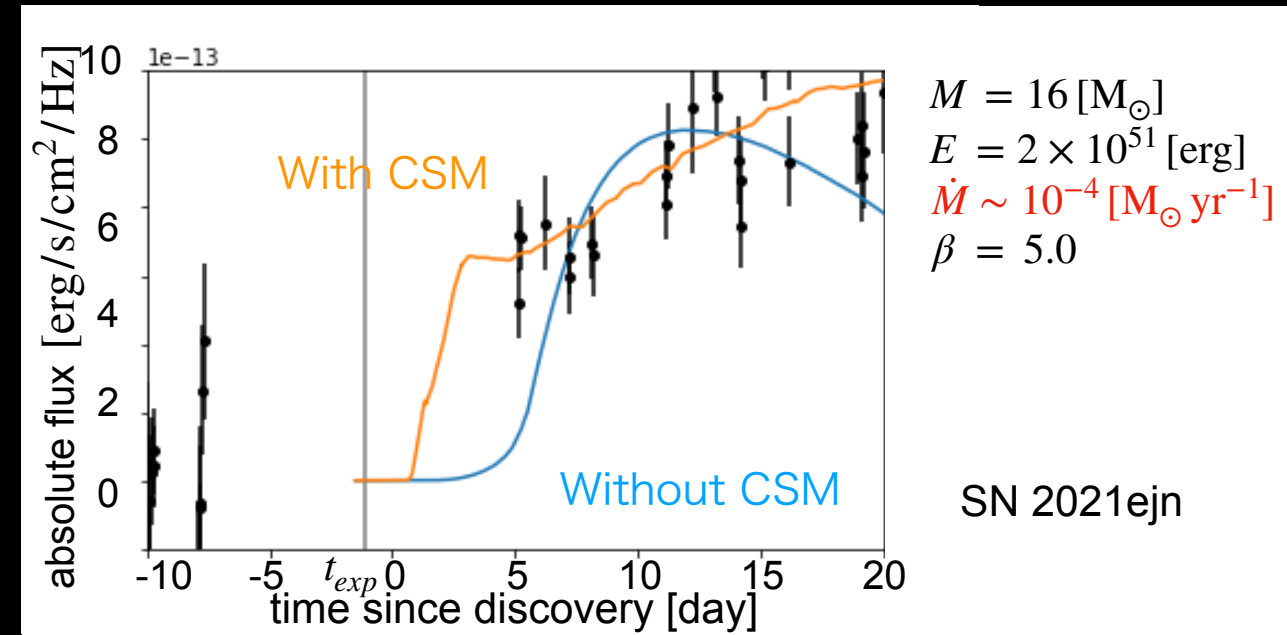
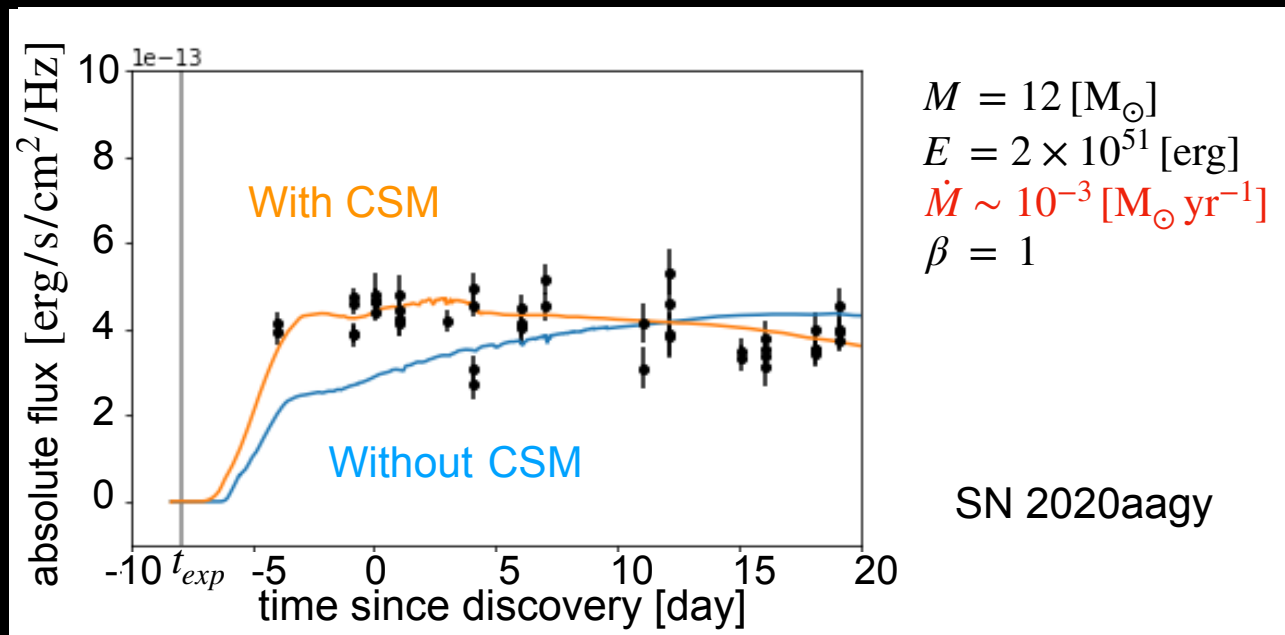
- $M [M_{\odot}]$  : progenitor mass  
=> 12, 14, 16
- $E$  [erg] : explosion energy  
=>  $5 \times 10^{50}$ ,  $1 \times 10^{51}$ ,  $1.5 \times 10^{51}$ ,  $2 \times 10^{51}$
- $\dot{M} [M_{\odot} \text{ yr}^{-1}]$  : mass-loss rate  
=>  $1 \text{e-}5$ ,  $3 \text{e-}5$ ,  $1 \text{e-}4$ ,  
 $3 \text{e-}4$ ,  $1 \text{e-}3$ ,  $3 \text{e-}3$ ,  $1 \text{e-}2$
- $\beta$  : wind-acceleration parameter  
=> 1, 1.75, 2.5, 3.75, 5

$$v_{\text{wind}} = v_0 + (v_{\infty} - v_0) \left(1 - \frac{R_0}{r}\right)^{\beta}$$



=> CSMありのモデルが観測データに最も近い (5/6天体)

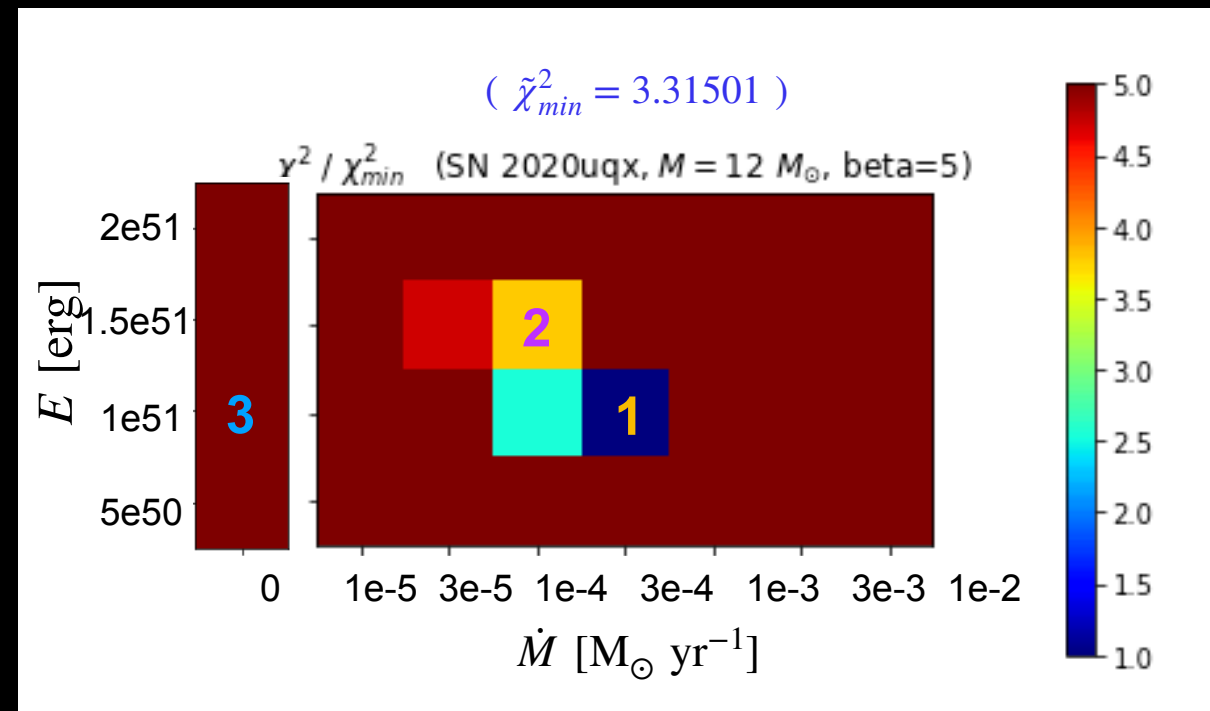
# 理論モデルとの比較



⇒ CSMありのモデルが観測データに最も近い (5/6天体)

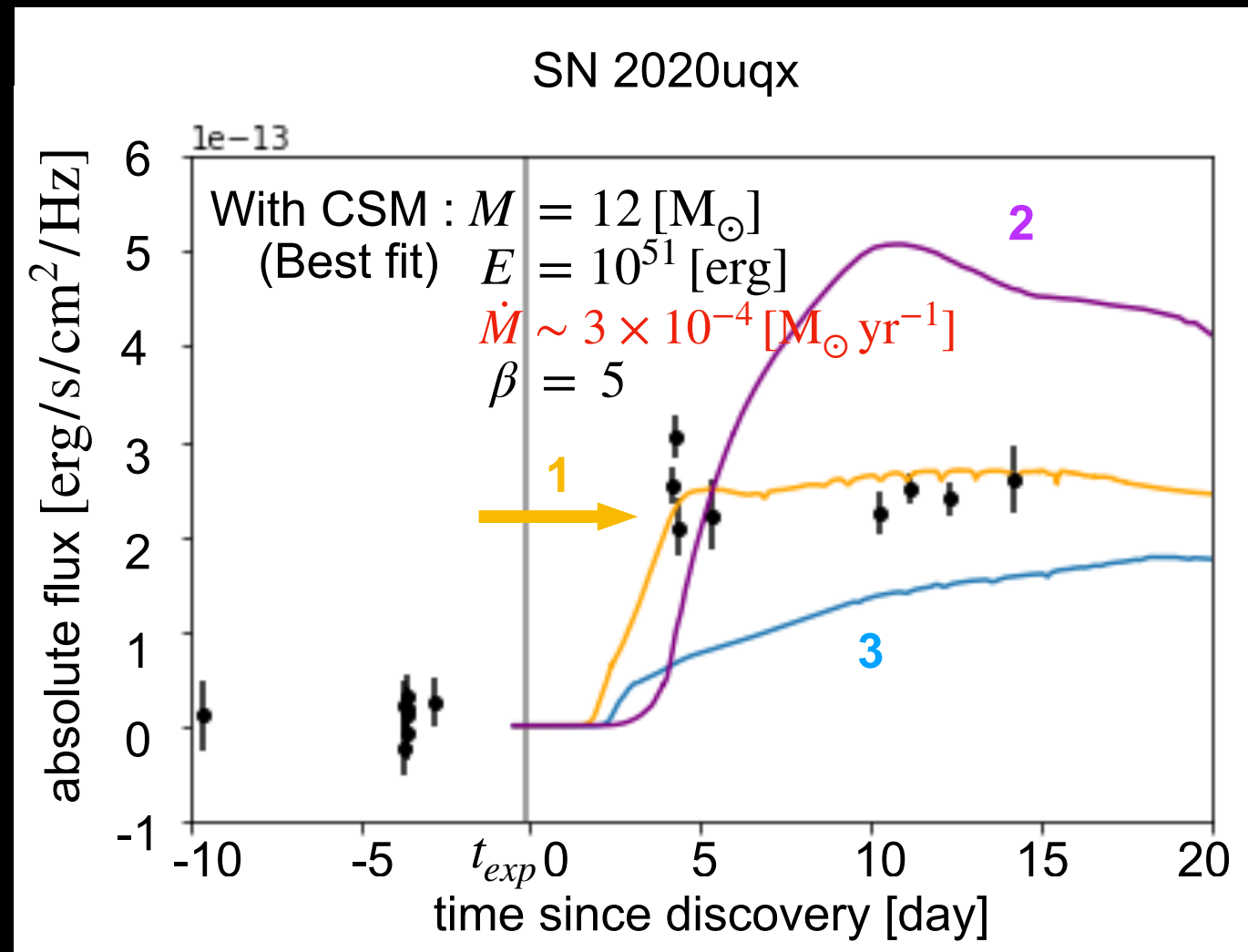
# 結果

$\chi^2$  分布図

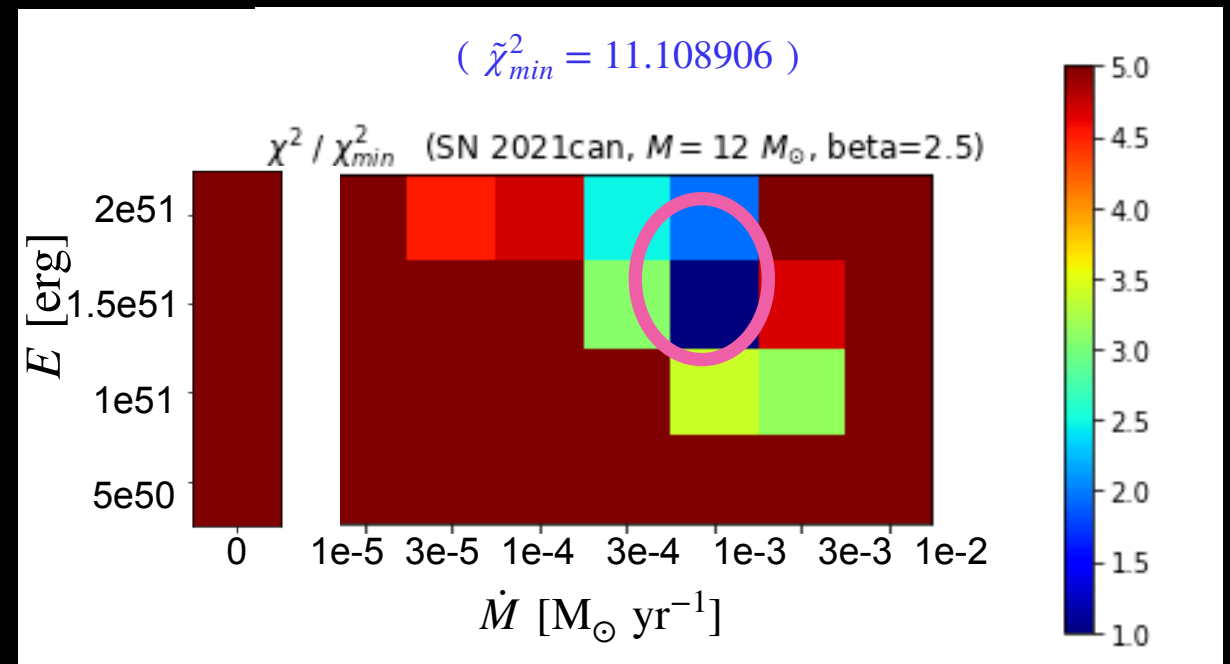
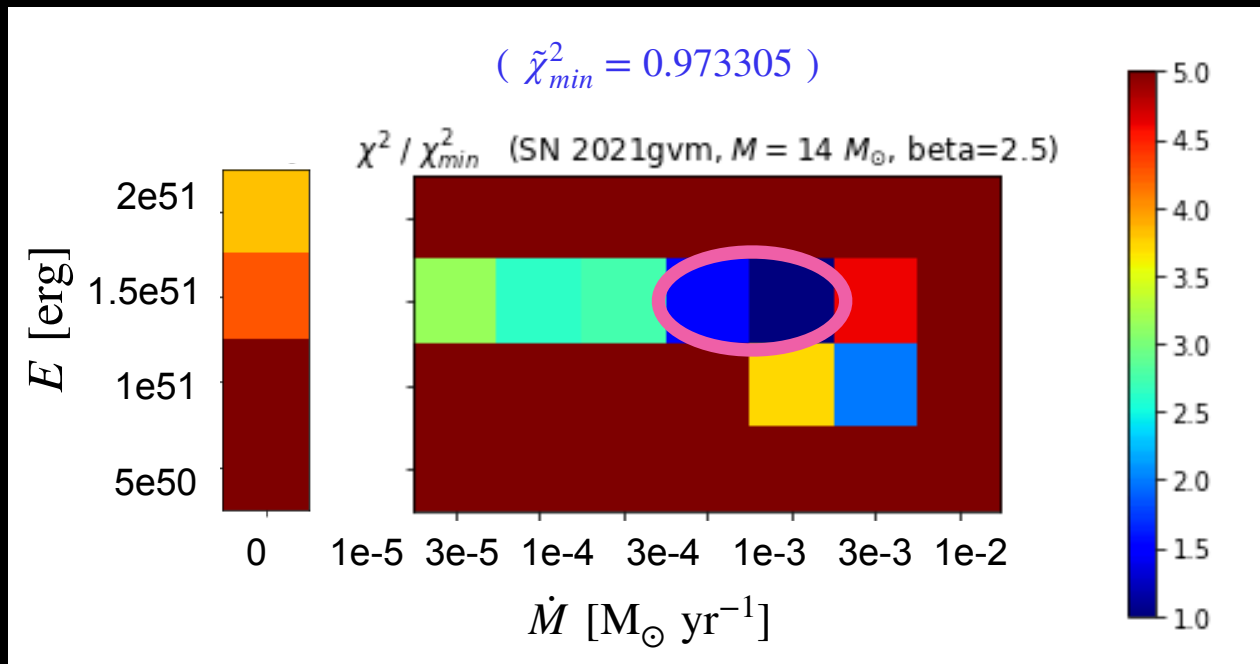
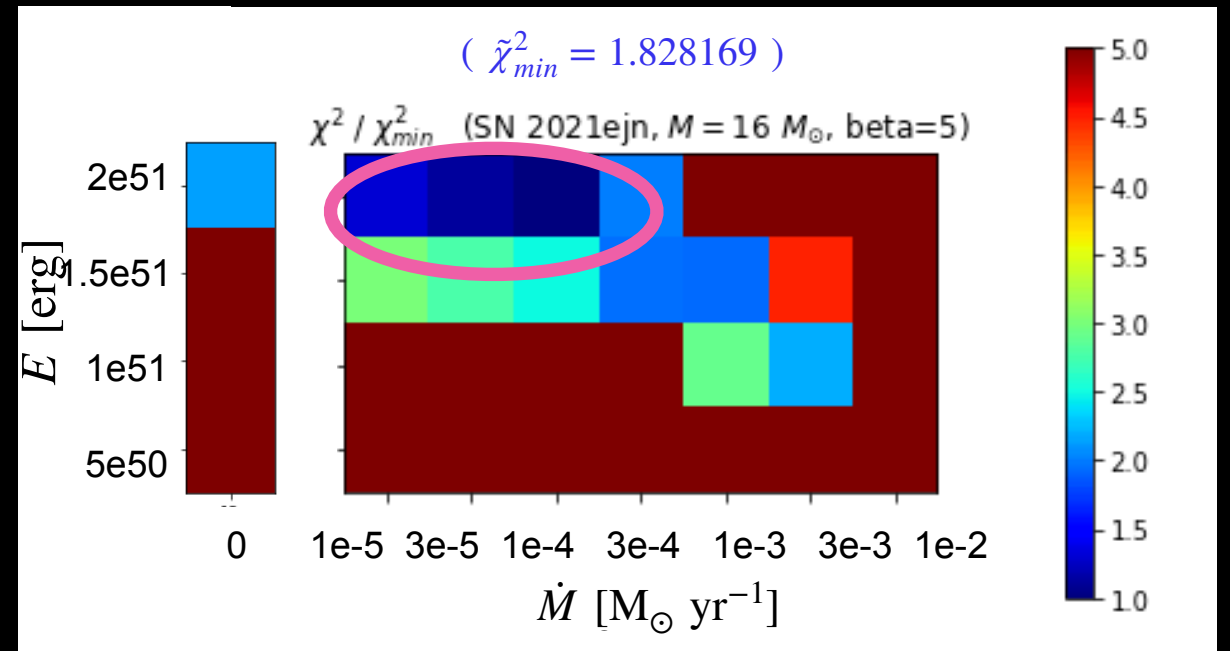
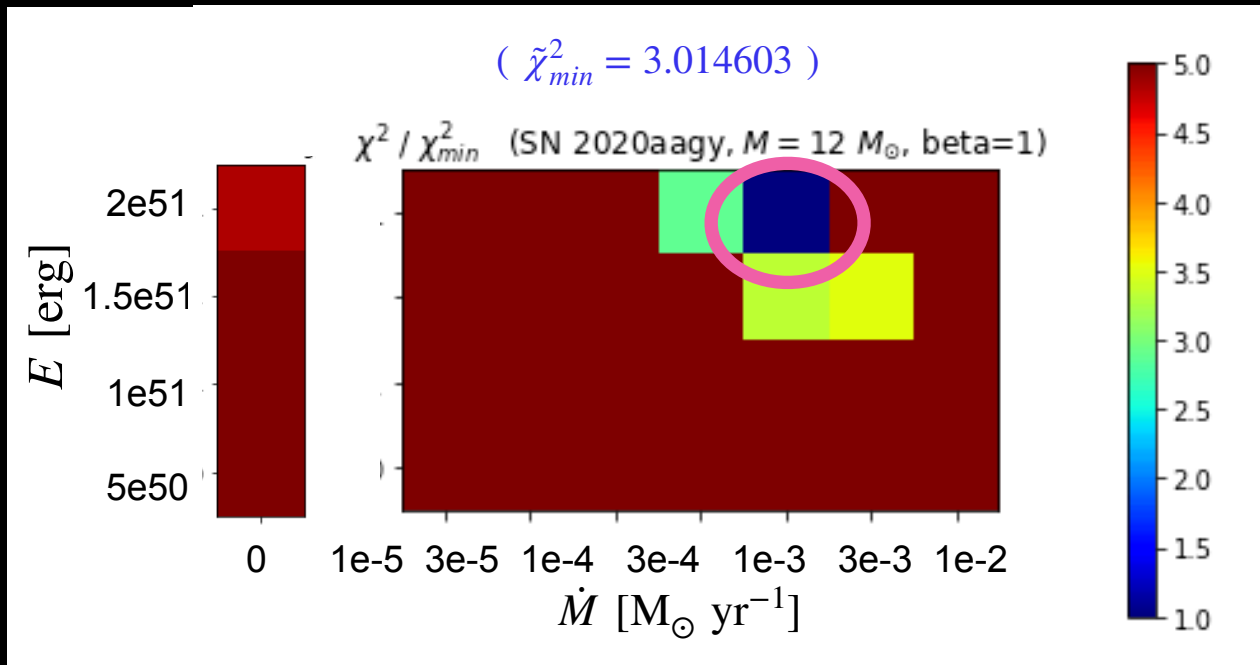


( $M, \beta$  固定)

light curve

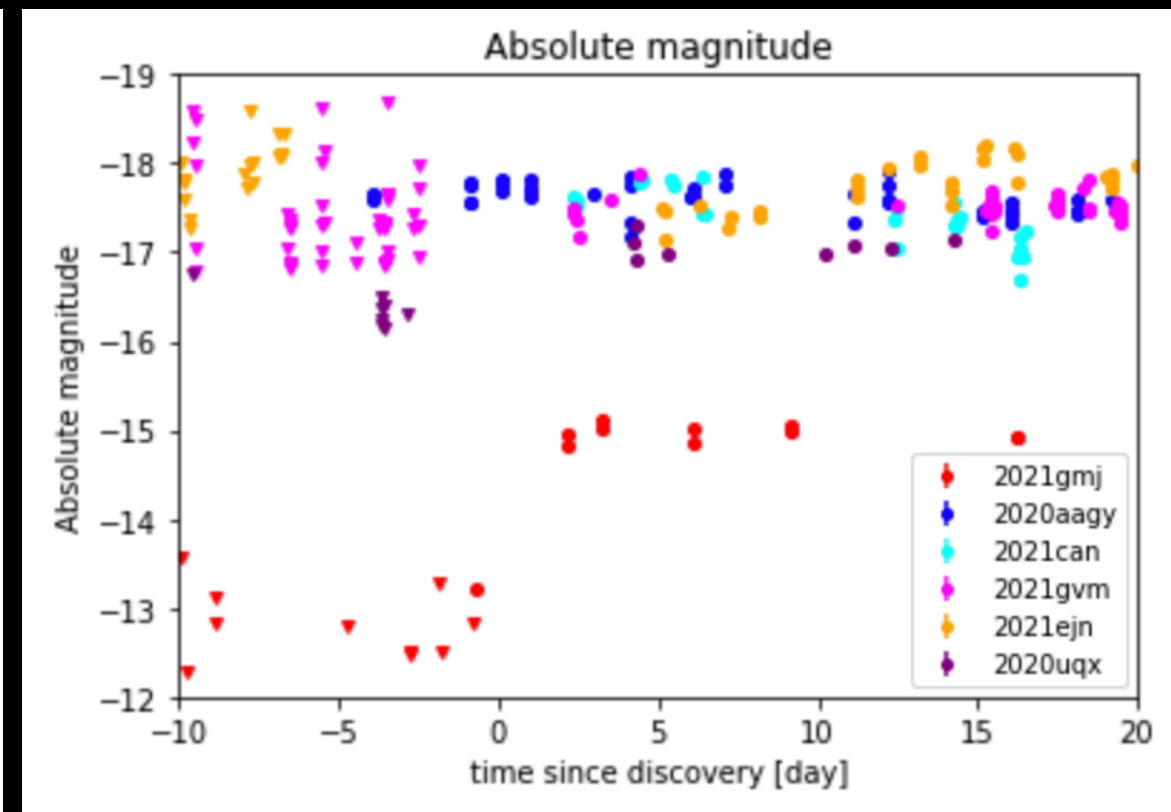
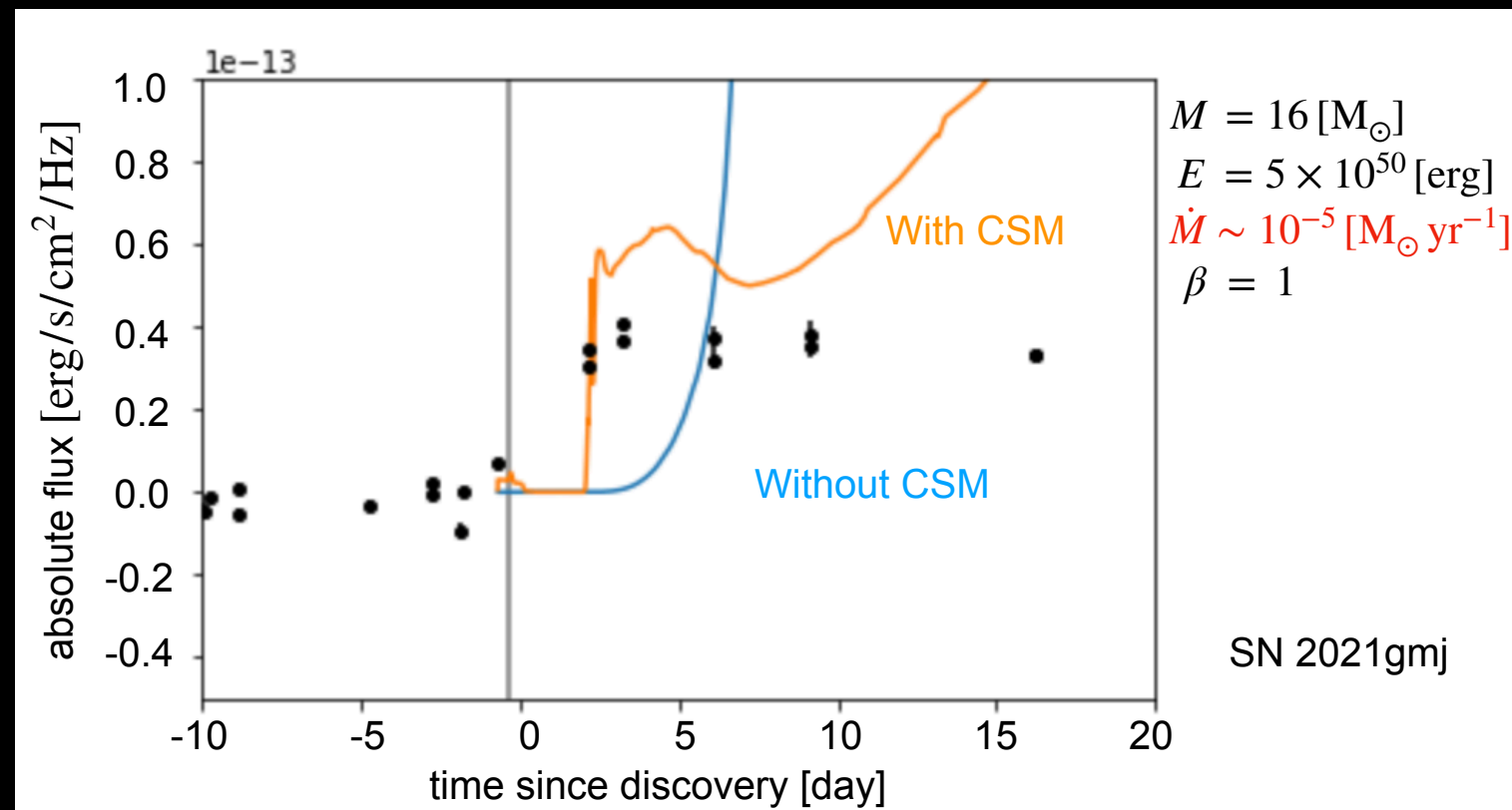


# 結果



$\Rightarrow \dot{M} \sim 10^{-4} - 10^{-3} [M_{\odot} \text{ yr}^{-1}]$   
( $\dot{M} \gtrsim 10^{-4} [M_{\odot} \text{ yr}^{-1}]$  in Forster et al. 2018)

# 結果



- Faint SN (ピーク絶対等級：-15 mag)  
⇒ モデルグリッドに含まれていない
- せいめい・かなた望遠鏡グループと共同研究

⇒ 観測データとモデルが比較できず... (1/6天体)

# まとめ

- Tomo-eによる近傍の超新星爆発の初期データを確認
- 分光で水素外層があるとわかっている超新星爆発を研究
  - => 爆発直前の星にCSMが存在する可能性 (5/6 天体)
  - =>  $\dot{M} \sim 10^{-4} - 10^{-3} [M_{\odot} \text{yr}^{-1}]$  : 先行研究と類似
- SN 2021gmj : Faint Supernova (1/6 天体)
  - => せいめい・かなた望遠鏡グループとの共同研究