

# 急速な減光を示した超新星SN 2021ukt の可視近赤外観測に基づいた研究

せいめいユーザーズミーティング 9月12日

広島大学 深田 静

# 背景

- 大質量星の進化過程はまだよく判っていない
- 星周物質（CSM）との大規模な相互作用を示す**IIIn型超新星**の親星の候補に、30太陽質量を超える（単独の）大質量星がある
- IIIn型超新星の研究から、爆発直前の親星のCSMおよび質量放出過程を探ることができる

# 背景

## IIn型超新星

⇒ スペクトルに幅の狭い水素輝線が見られる超新星

- イジェクタとCSMの相互作用によって輝線を生成
- 大きな光球を形成し明るくなるものもある



## 研究の目的

新たなIIn型超新星の星周物質の特徴を調べ  
親星の進化について知見を得る

# 対象天体

## SN 2021ukt

|           |               |
|-----------|---------------|
| 分類        | IIn           |
| 母銀河       | NGC505        |
| 発見グループ    | ZTF           |
| 発見日       | 2021年 7月31.4日 |
| 爆発前の最終観測日 | 2021年 7月24.4日 |
| 赤方偏移      | 0.012886      |

- 爆発日は発見日と爆発前の最終観測日の中間の2021年 7月27.9日 ( $\pm 3.5$ 日)と推定
- またSN 2021uktまでの距離は赤方偏移から推定



2021年10月4日にせいめい望遠鏡のTriCCSによって撮像されたSN 2021uktのgバンドの画像

# 観測

## 測光観測

| 観測機器   | フィルター        | 観測夜数 |
|--------|--------------|------|
| HOWPol | B,V,R,I      | 10   |
| HONIR  | V,R,I,J,H,Ks | 8    |
| TriCCS | g,r,i        | 17   |

+ ZTF アーカイブデータ

## 分光観測

| 観測機器      | 観測日        |
|-----------|------------|
| HOWPol    | 2021年7月31日 |
|           | 2021年8月5日  |
| KOOLS-IFU | 2021年9月6日  |
|           | 2021年10月4日 |



広島大学1.5mかなた望遠鏡



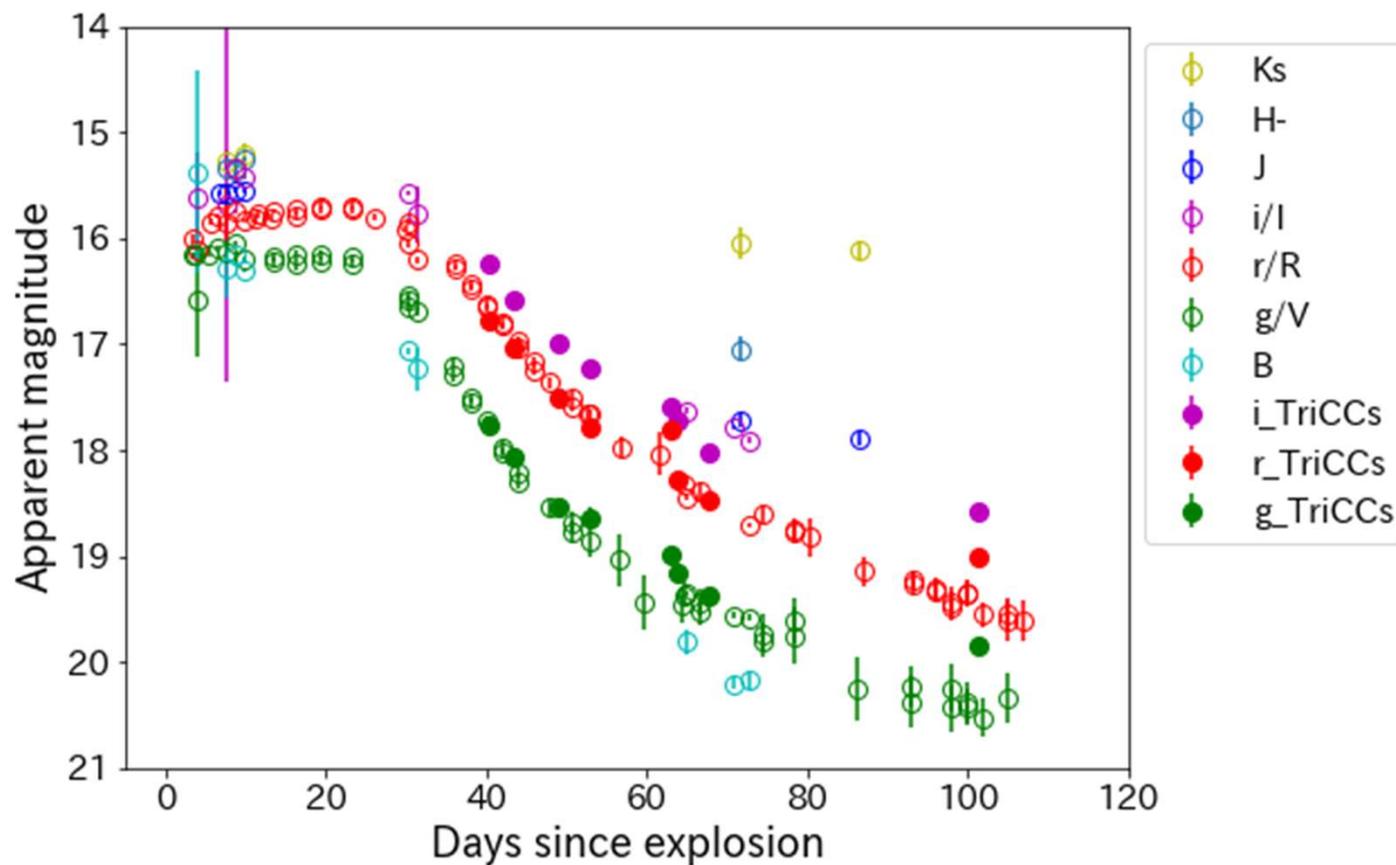
京都大学3.8mせいめい望遠鏡

# 結果：光度曲線

➤ 初期にプラトー

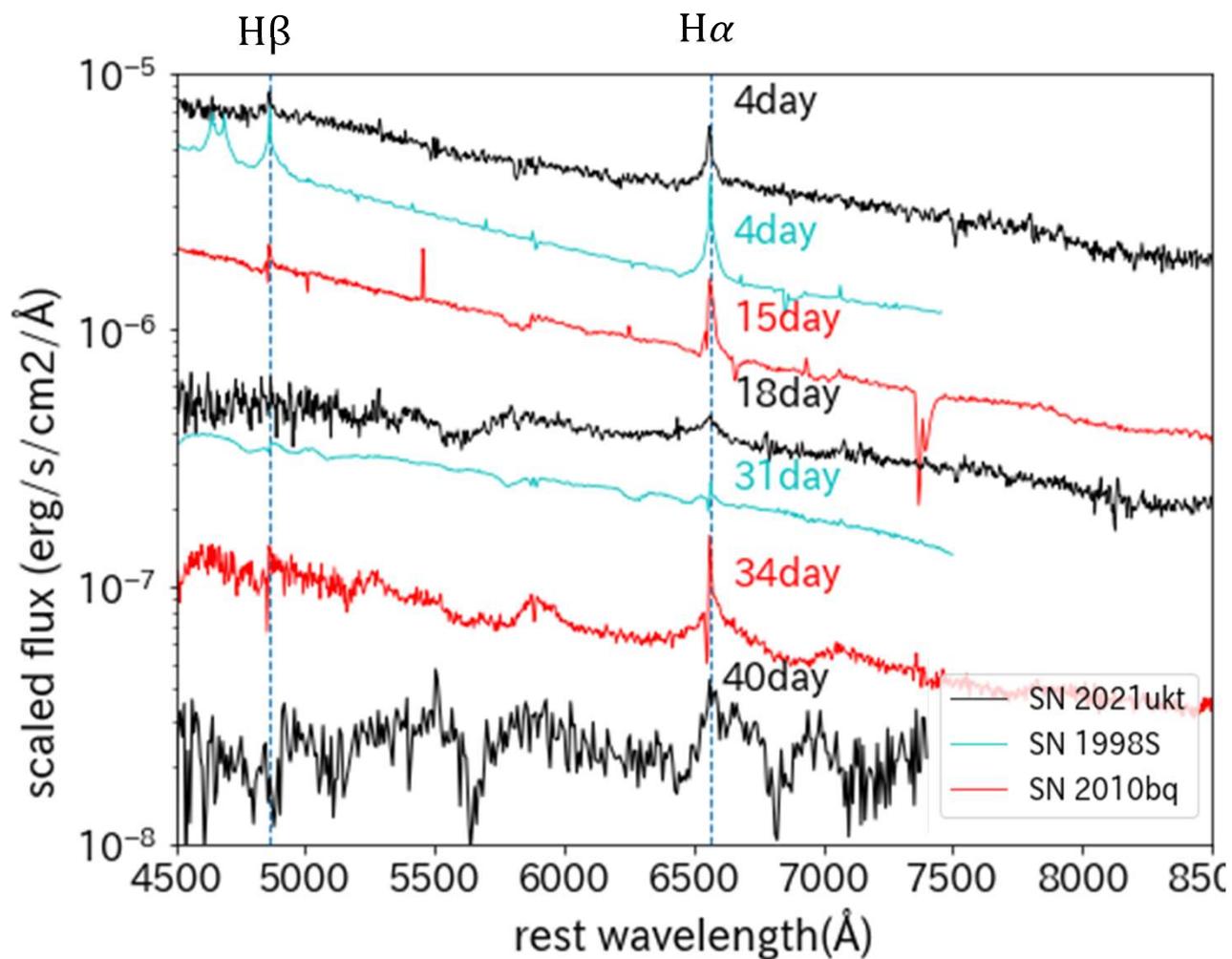
➤ その後速い減光

SN 2021uktの多バンド光度曲線



# 結果：スペクトル

- 21uktのスペクトルを同類の超新星と比較したもの



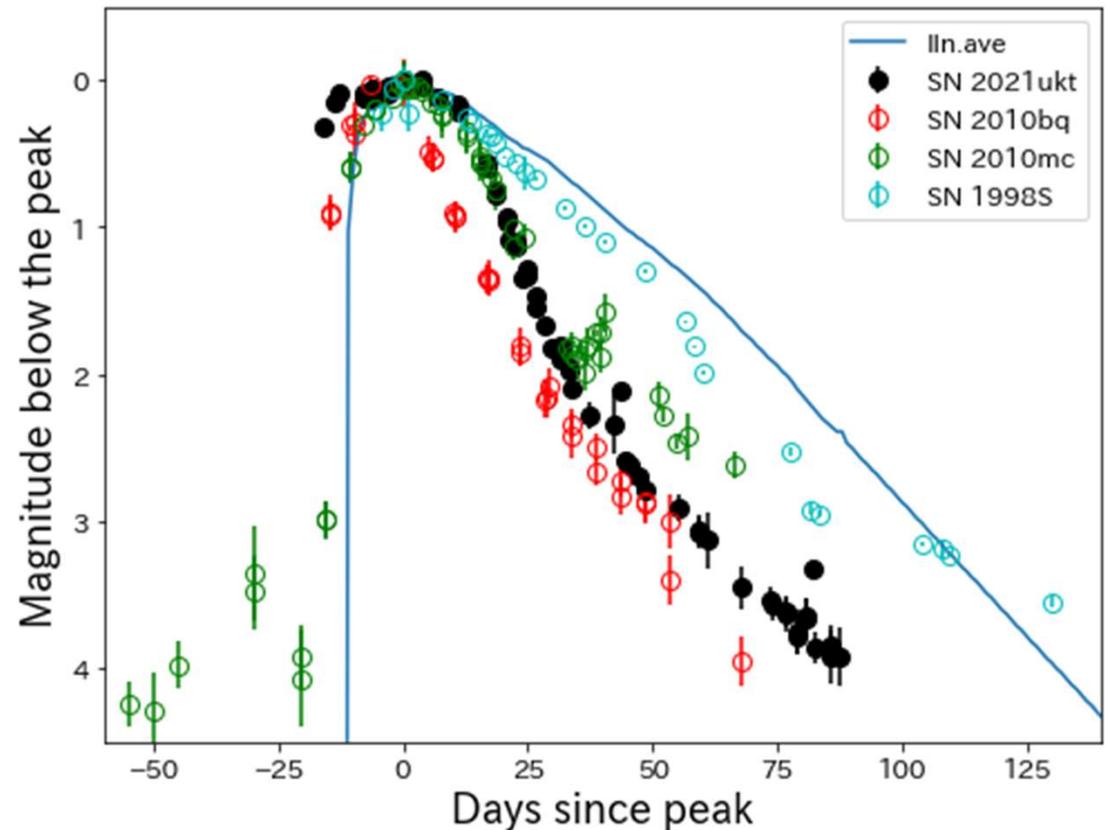
# 議論：速い減光

- 21uktは平均的なIIn型超新星と比べて**速い減光**を示した

過去によく観測された同類のIIn型超新星3つとの比較

| 天体名        | 減光率 (mag/day)       |
|------------|---------------------|
| SN 2021ukt | $0.0636 \pm 0.0051$ |
| SN 2010bq  | $0.0570 \pm 0.0034$ |
| SN 2010mc  | $0.0420 \pm 0.0015$ |
| SN 1998S   | $0.0265 \pm 0.0060$ |

- 21uktが比較した中では**最も大きい減光率**を示した

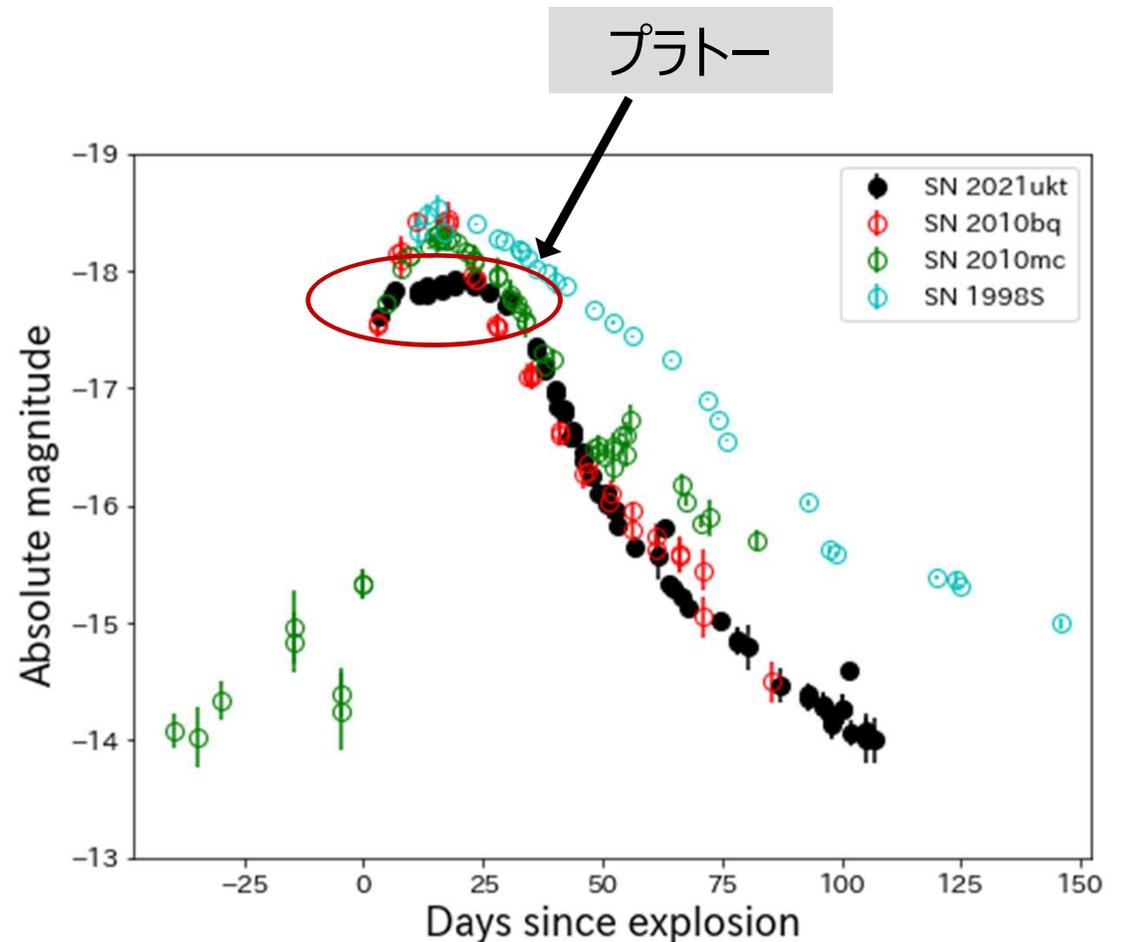


# 議論：極大等級とプラトー

過去によく観測された同類のIIIn型超新星3つとの比較

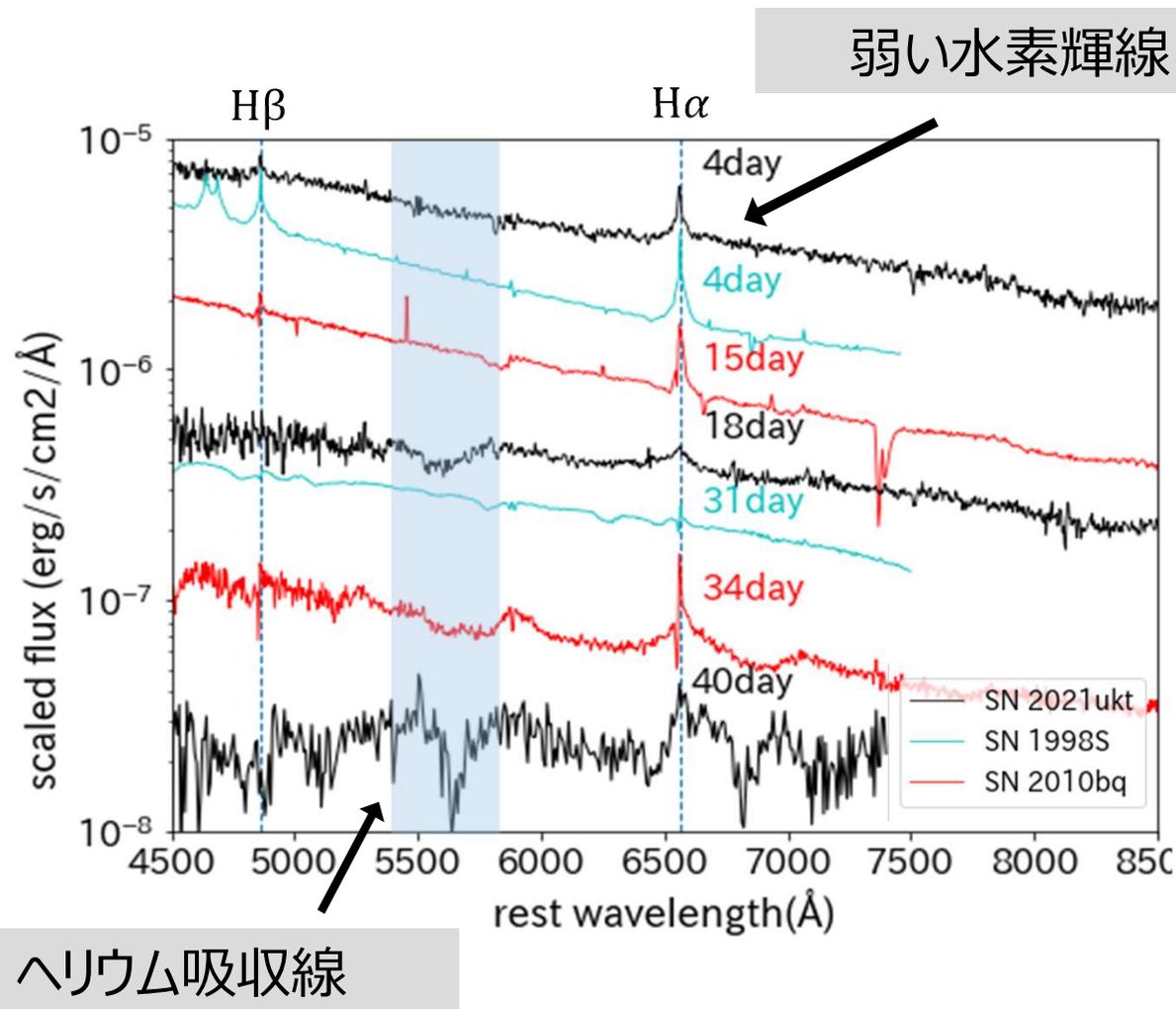
| 天体名        | 極大等級              |
|------------|-------------------|
| SN 2021ukt | $-17.92 \pm 0.03$ |
| SN 2010bq  | $-18.45 \pm 0.14$ |
| SN 2010mc  | $-18.31 \pm 0.13$ |
| SN 1998S   | $-18.54 \pm 0.10$ |

- 21uktは他の類似超新星に比べて暗め
- 極大光度前後の山が削られてプラトーとなっているようにも見える



# 議論：スペクトル

- 21uktの水素輝線は他に比べ弱い
- ヘリウム吸収線 (Ib型に付随) が早い段階から顕著に存在



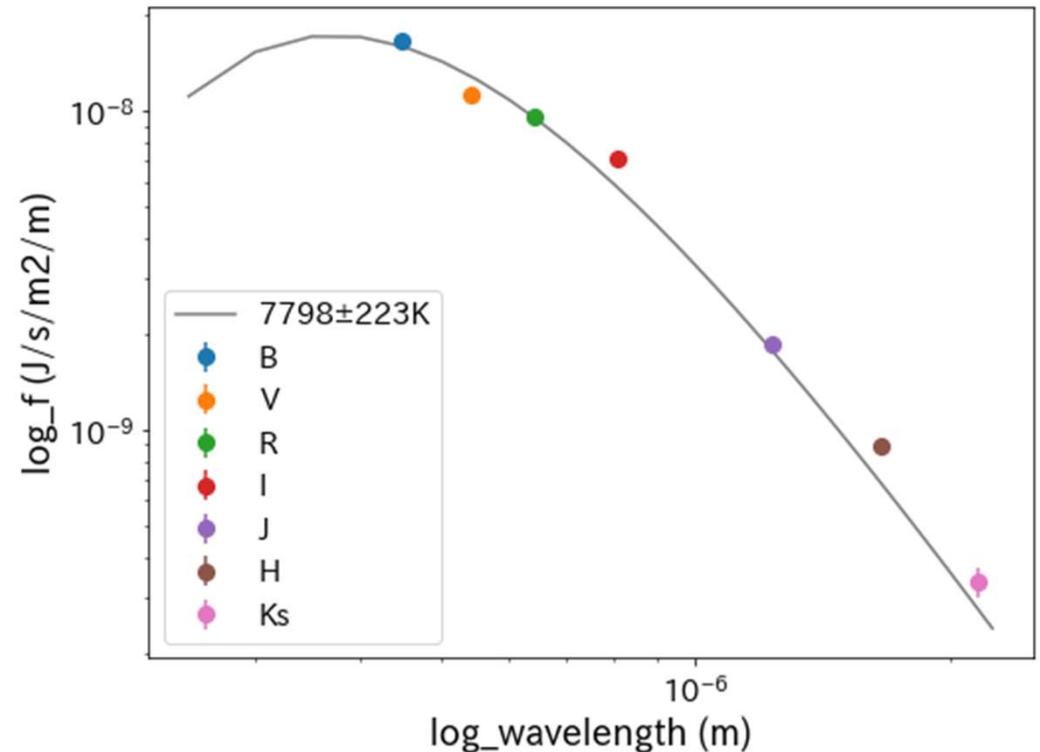
# 議論：SEDとBBフィット 1

## スペクトルエネルギー分布（SED）

- スペクトルエネルギー分布とは波長における放射強度の分布のことである。
- IIn型超新星の光球を黒体（BB）と近似し、SEDを以下のプランク関数を用いた関数でフィッティングすることで光球の温度と半径を求めた。

$$\frac{4\pi R^2}{4\pi D^2} \times \pi B_\lambda(T)$$

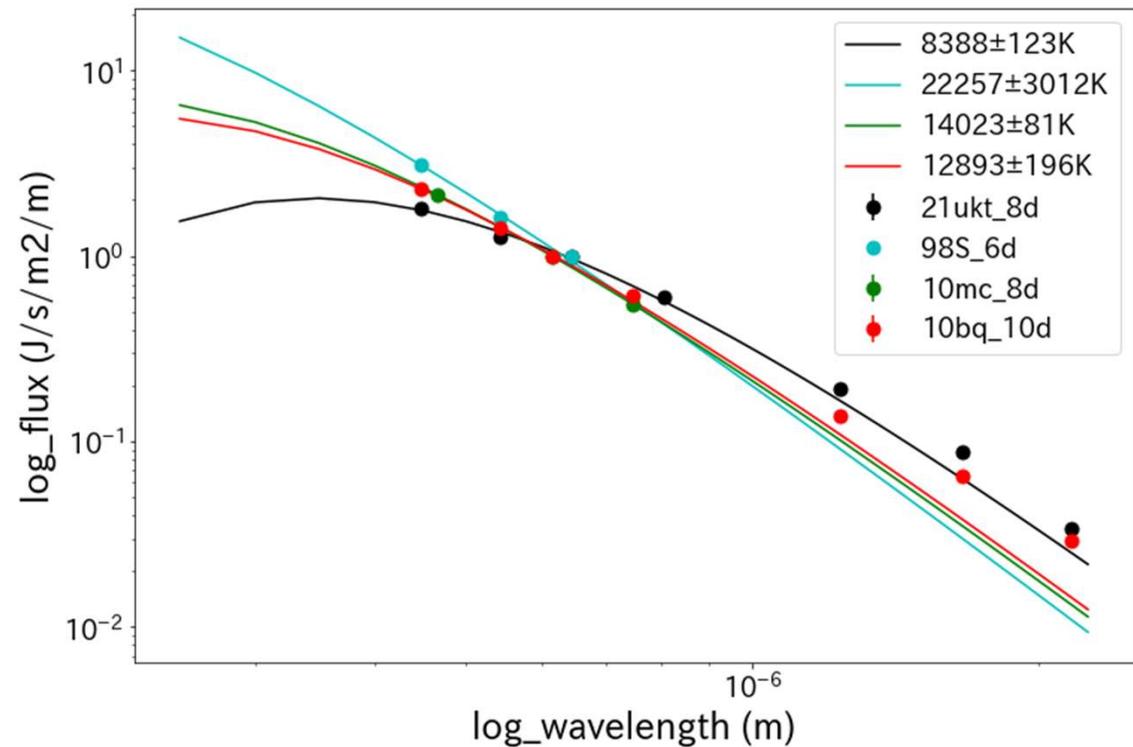
$R$ : 光球半径  
 $D$ : 天体までの距離  
 $B_\lambda(T)$ : プランク関数



SN 2021uktの爆発10日目のSEDにBBフィットした図

# 議論：SEDとBBフィット2

- 爆発から10日以内の同類の超新星とのSED/BBフィットの比較
- 21uktの温度 ( $\sim 8000\text{K}$ ) は他の同類の超新星に比べて有意に低い



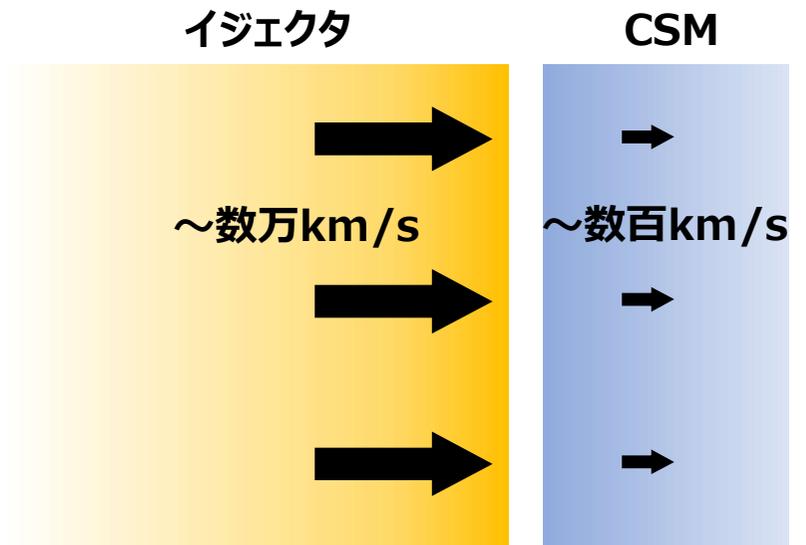
# 議論：CSMとの相互作用

IIn型超新星では速度成分の大きいイジェクタが速度成分の小さいCSMと衝突し、運動エネルギーの一部が放射エネルギーに変換され放射が強くなる。

⇒ イジェクタの運動エネルギーが大きいほど、CSMの密度が高いほど、放射は強くなる。

- 水素の輝線が弱い
- 光球温度が低め

⇒ **イジェクタとCSMの相互作用が弱いIIn型**



# 議論：速い減光とヘリウム吸収線

- 極大直後の速い減光  
⇒ **CSMの密度勾配が大きかった？**
- 早期から見えたヘリウム吸収線  
⇒ **(Ib型)超新星本体のスペクトル？**

**CSMとの相互作用による外側の光球が早い段階で無くなった**

**親星周りのCSMの分布が狭い範囲に集中？**

低密度CSM

高密度CSM



親星

# まとめと今後

- SN 2021uktは他の同類のIIIn型超新星と比べてCSMとの相互作用が弱かった。
- SN 2021uktの親星は近傍に星周物質が集中するような分布をしていたことが推測される。
- 今後は親星の質量放出とCSMの関連や極大でのプラトーの要因について議論する。