

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

日本天文学会 2023年秋季年会 9月22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
- **IIn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
- IIn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

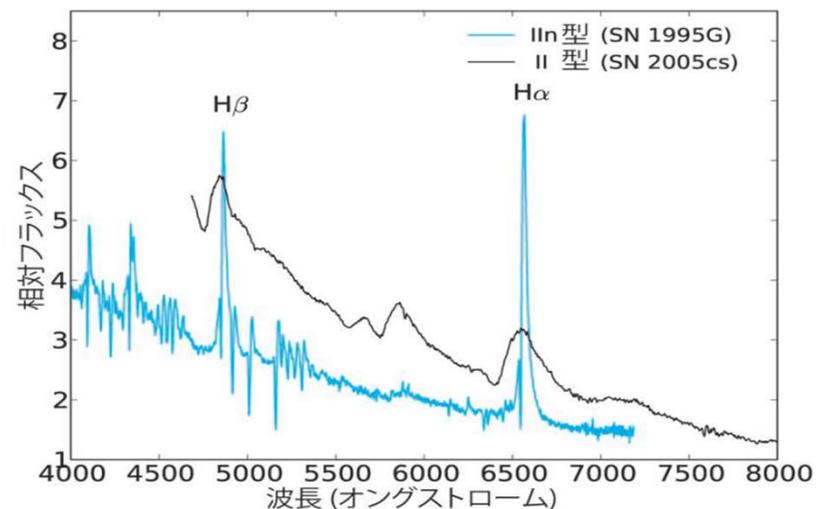
## IIn型超新星

⇒ 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	UGC505
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
- SN 2021uktまでの距離は赤方偏移から $57 \pm 0.8$  Mpc と推定



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



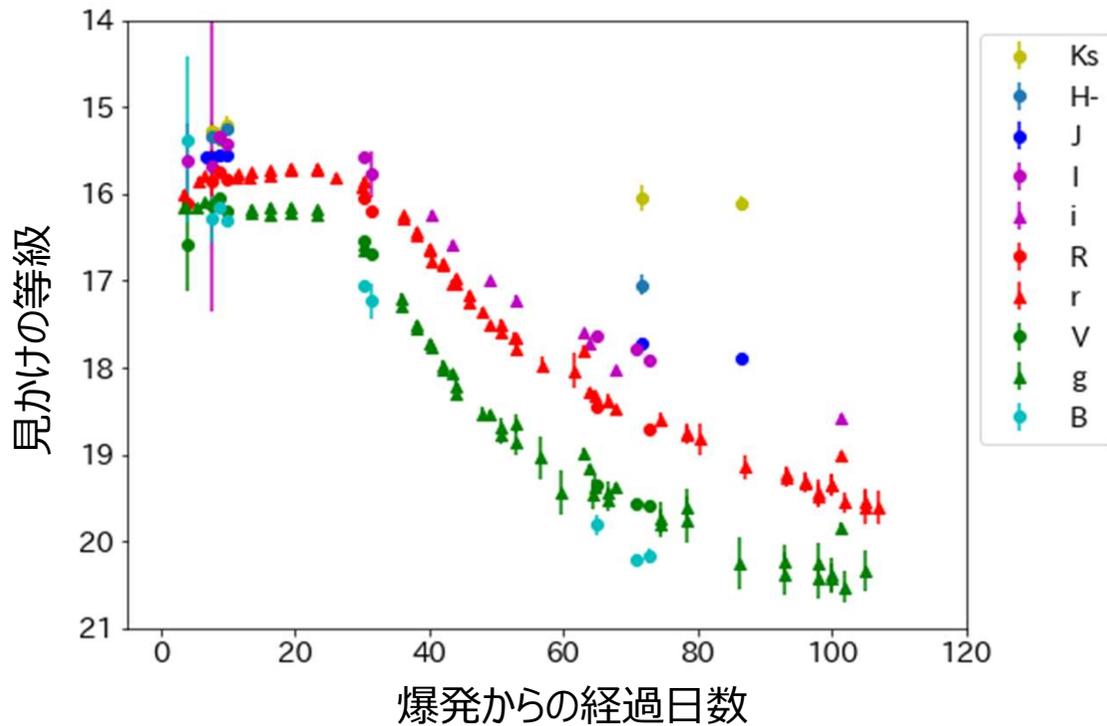
広島大学1.5m口径望遠鏡



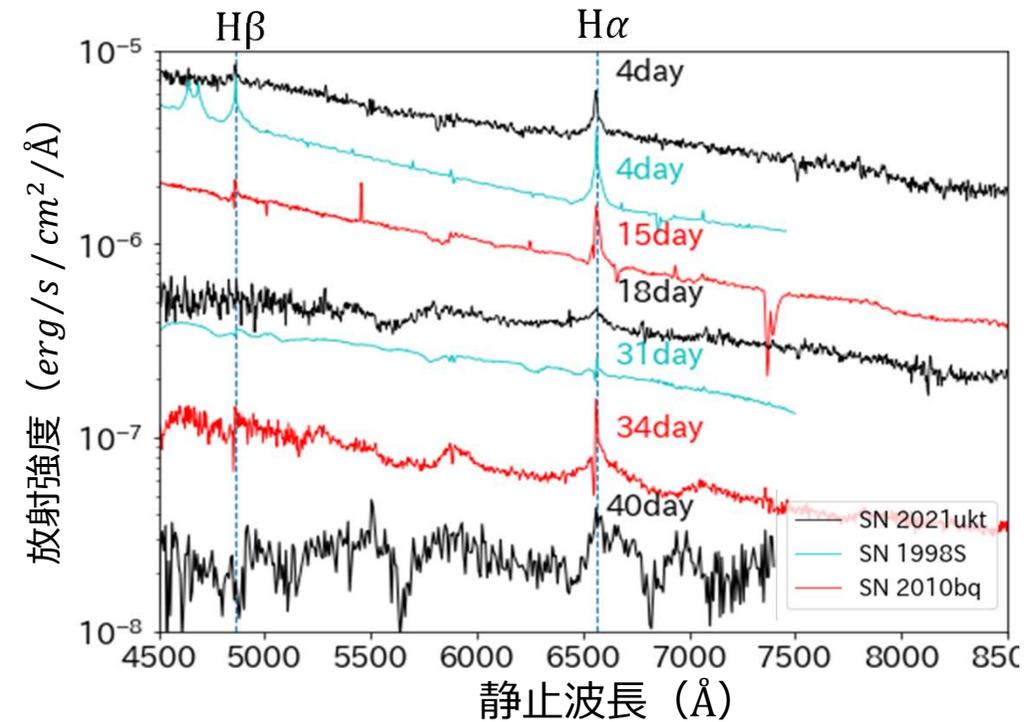
京都大学3.8m口径望遠鏡

# 結果：光度曲線とスペクトル

SN 2021uktの多バンド光度曲線



SN 2021uktと同類の超新星のスペクトル比較



- 初期にプラトー
- その後速い減光

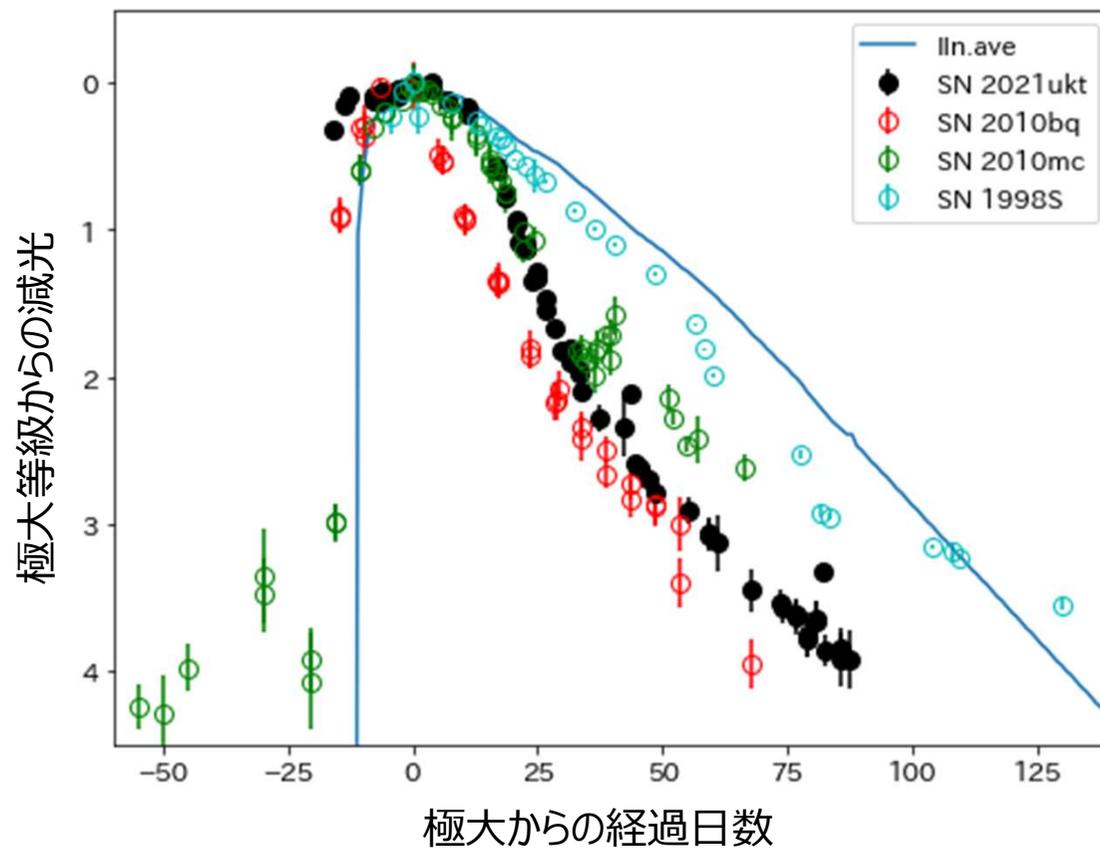
- 弱い輝線
- 早期の吸収線

# 議論：光度曲線

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)	極大等級
SN 2021ukt	$0.0636 \pm 0.0051$	$-17.92 \pm 0.03$
SN 2010bq	$0.0570 \pm 0.0034$	$-18.45 \pm 0.14$
SN 2010mc	$0.0420 \pm 0.0015$	$-18.31 \pm 0.13$
SN 1998S	$0.0265 \pm 0.0060$	$-18.54 \pm 0.10$

- 21uktは平均的なIIn型超新星と比べて**速い減光**を示し、比較した中では最も大きい減光率であった

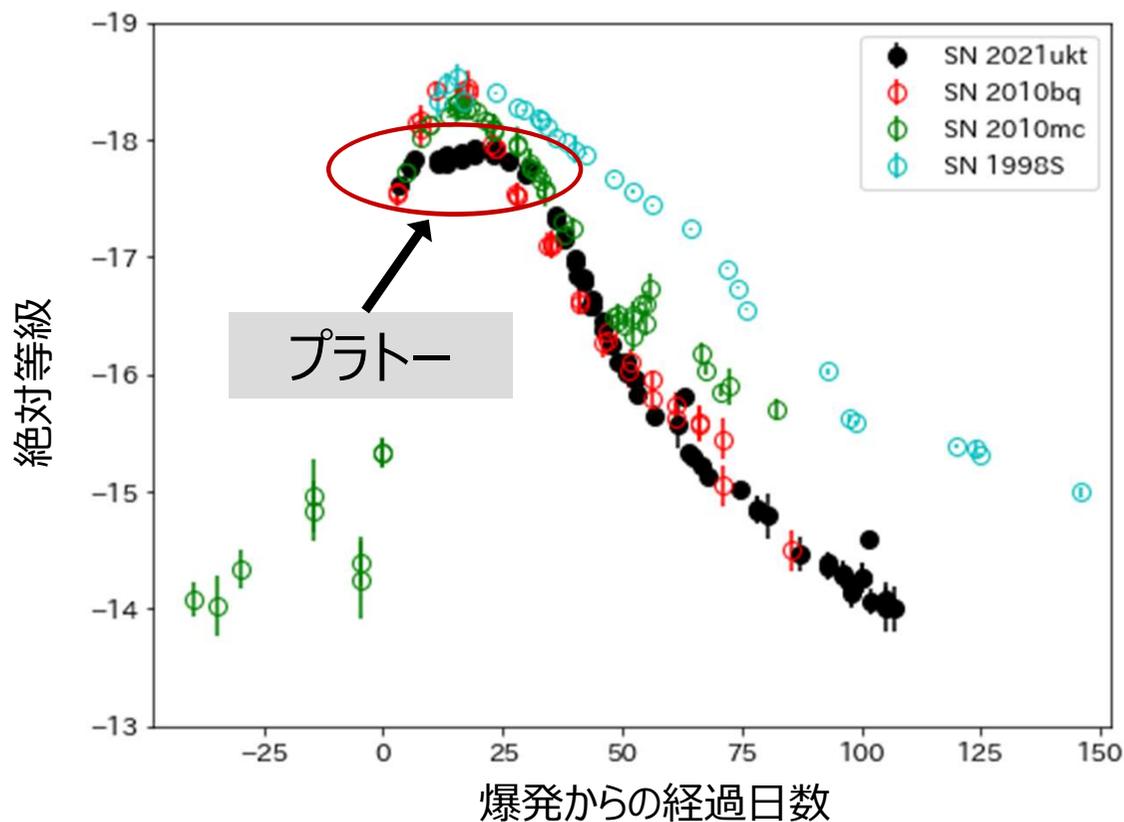


# 議論：光度曲線

過去によく観測された同類のIIn型超新星3つとの比較

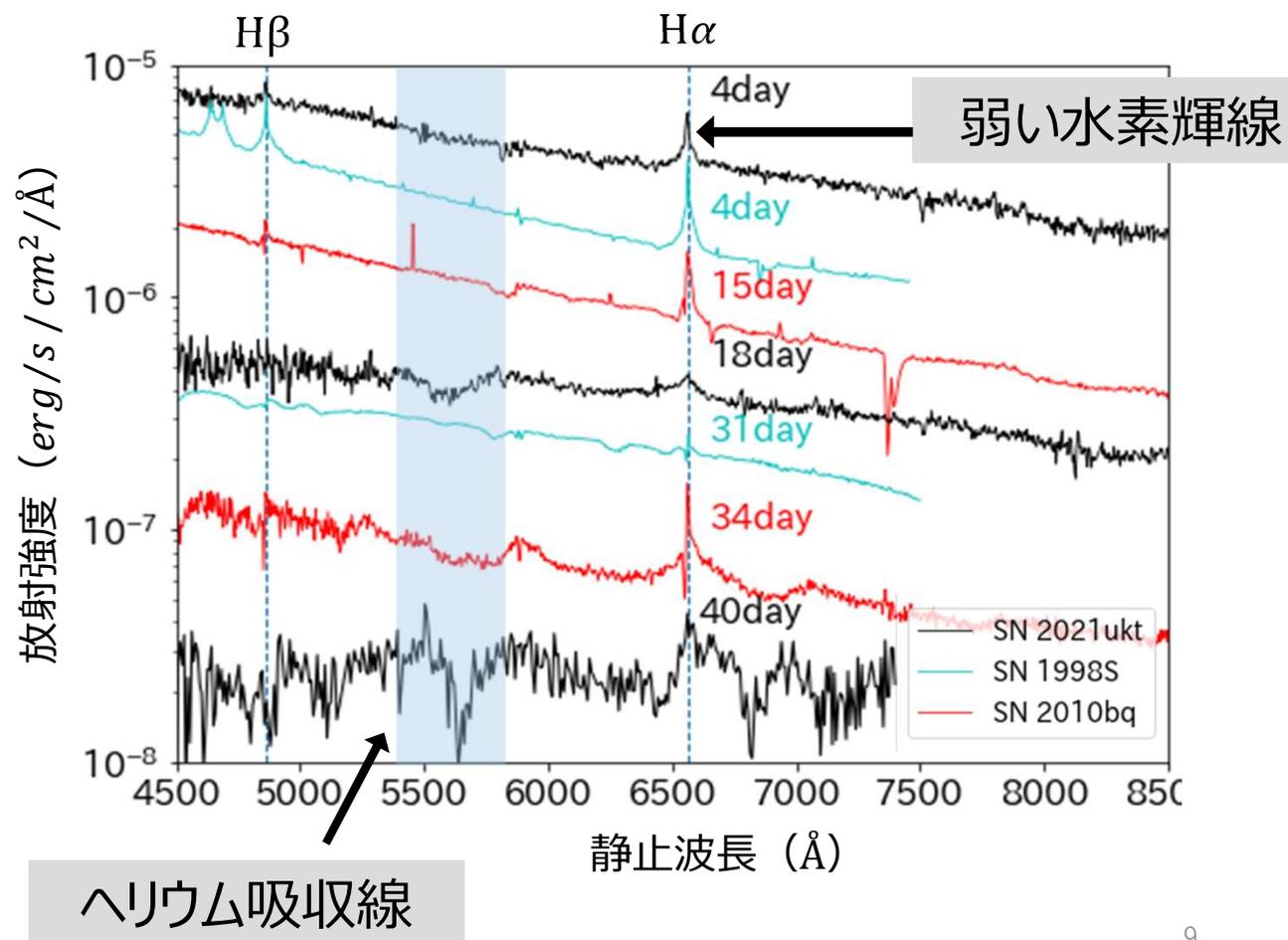
天体名	減光率 (mag/day)	極大等級
SN 2021ukt	$0.0636 \pm 0.0051$	$-17.92 \pm 0.03$
SN 2010bq	$0.0570 \pm 0.0034$	$-18.45 \pm 0.14$
SN 2010mc	$0.0420 \pm 0.0015$	$-18.31 \pm 0.13$
SN 1998S	$0.0265 \pm 0.0060$	$-18.54 \pm 0.10$

- 21uktは平均的なIIn型超新星と比べて**速い減光**を示し、比較した中では最も大きい減光率であった
- 極大等級は他よりも暗く、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



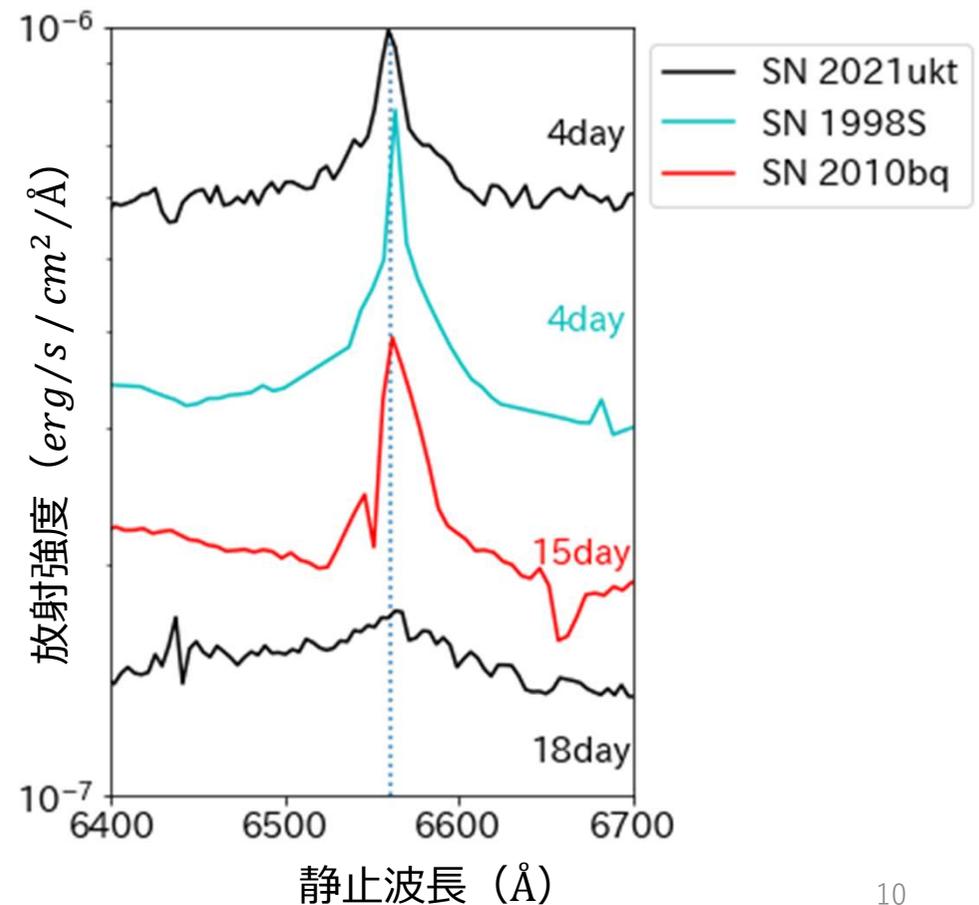
# 議論：スペクトル

- 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：スペクトル

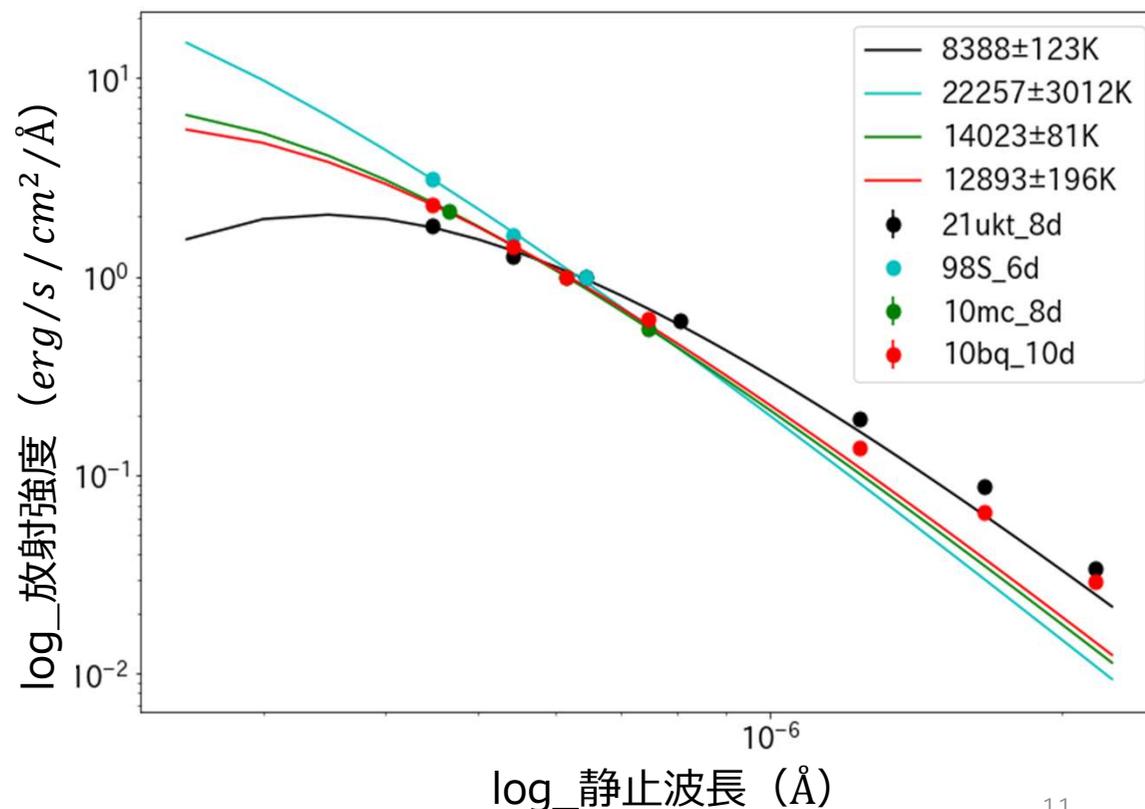
- 21uktの水素輝線は他に比べ弱い
- ヘリウム吸収線 (Ib型に付随) が早い段階から顕著に存在
- 極大付近の広輝線成分はほかのIIIn型超新星と同程度



# 議論：SEDとBBフィット

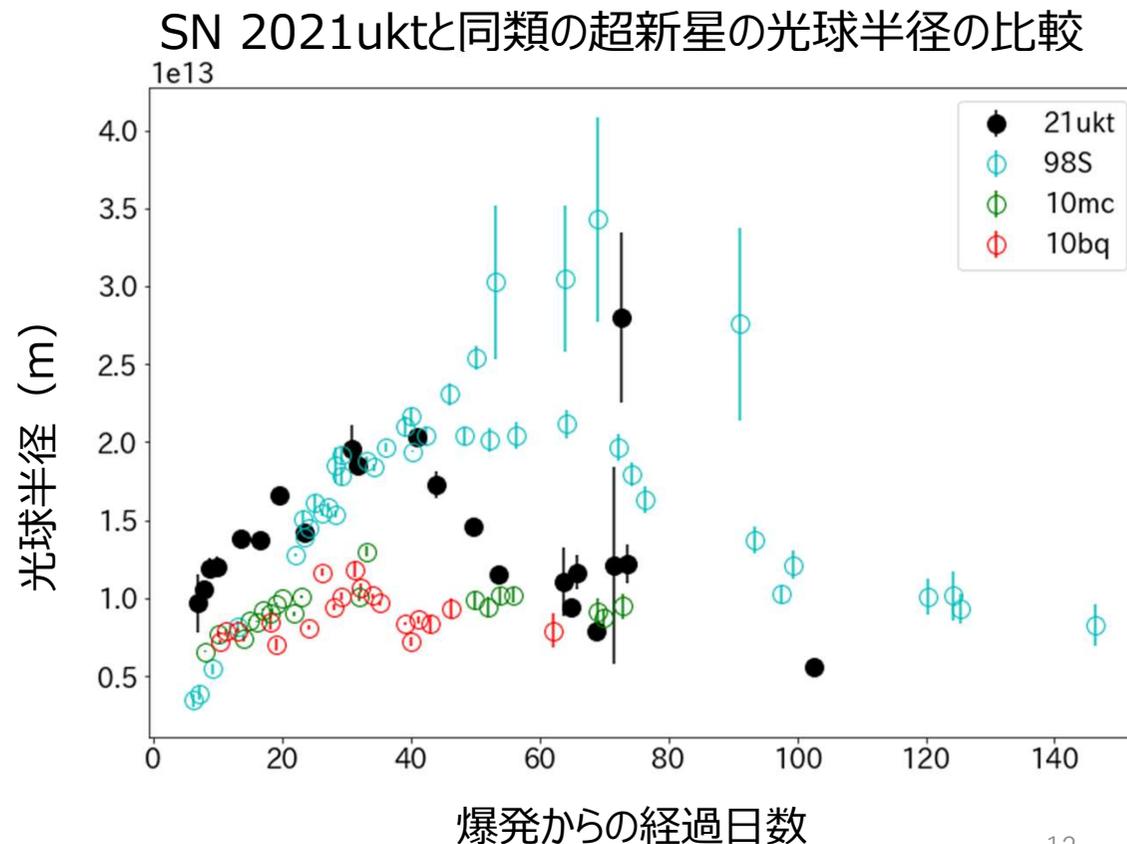
- IIn型超新星の光球を黒体 (BB) と近似し、SEDをプランク関数を用いた関数でフィッティングすることで光球の温度と半径を求めた
- 21uktの温度 ( $\sim 8000\text{K}$ ) は他の同類の超新星に比べて有意に低い

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



# 議論：SEDとBBフィット

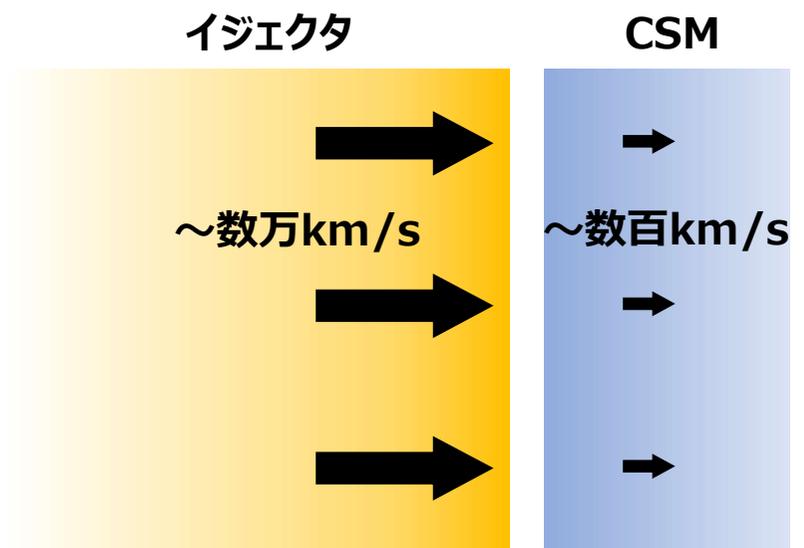
- IIn型超新星の光球を黒体 (BB) と近似し、SEDをプランク関数を用いた関数でフィッティングすることで光球の温度と半径を求めた
- 21uktの温度 ( $\sim 8000\text{K}$ ) は他の同類の超新星に比べて有意に低い
- 光球半径はほかのIIn型超新星と同程度か大きい



# 議論：CSMと相互作用

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を行う。

- ⇒ イジェクタの速度が速いほど、CSMの密度が高いほど、相互作用は強くなる。
- 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

- 光球半径・広輝線成分  
⇒ **イジェクタ速度は遅くはない**
- 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？**

低密度CSM

高密度CSM



親星

CSMとの相互作用による外側の光球が速い段階で衰退して内側が見え出した

**親星周りのCSMの分布が狭い範囲に集中？**

# 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た
- 今後、H $\alpha$ 輝線と光度曲線のモデル化を試み、親星の質量放出過程をより明らかにしていく