

3.8m望遠鏡で迫る超新星爆発 の未解決問題II+ α

山中雅之 (京都大学花山天文台)

超新星爆発の(観測的)未解決問題

Ia型超新星

- 親星 (Single v.s. Double)
- 爆発モデル (速度、炭素)
- 多様性の起源は?
(Super-Ch、Iax-like、IIa)
- 距離指標としてのさらなる高精度化 (<-NIR phot)

重力崩壊型

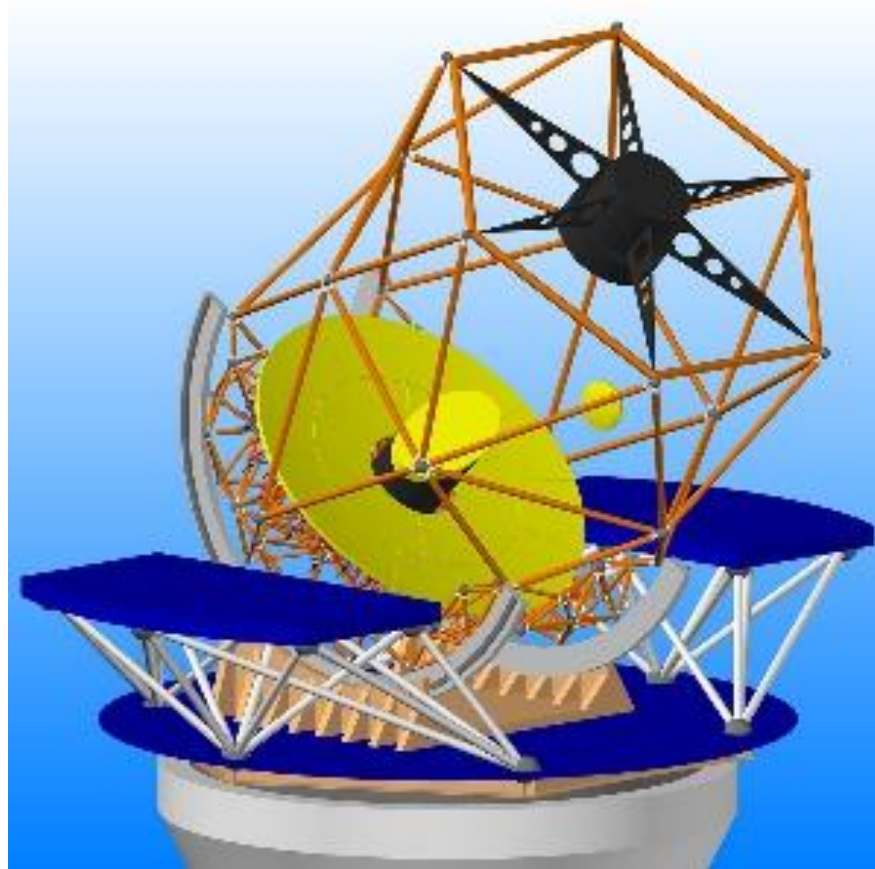
- SE SNeの親星 (単独 or 連星)
 - Ib/cの親星未発見
 - IIb、IILがprobeとなる?
- 全てのGRB-SNがIb/c?
- 超新星の爆発構造は?
 - 外層と内層で異なる?
- 爆発しない質量のType IIは?

正体不明天体

暗過ぎる超新星爆発の起源は?
さらなる**未発見爆発天体**の発見?
(重力波対応候補天体)

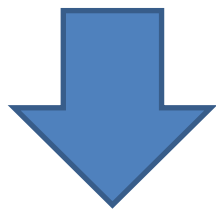
これらは全て**機動力が高く、柔軟な運用**が可能な
中口径望遠鏡でアプローチすべき未解決問題

3.8m望遠鏡で何ができるか？



我々が何をしたいか

近傍銀河(<30-100Mpc)に出現する
明るい、あるいは(かつ)特異な超新星爆発の
早期(爆発後数時間)度から1年後(程度まで)における
Opt phot, sp, sppol, NIR phot, sp フォローアップ観測



キーワード：
多様性、親星、爆発モデル、環境

3.8m望遠鏡で(物理的に)できそうな観測

- より深い測光分光 (限界等級22等くらい欲しい)
- 可視低分散分光
($R \sim 300$ で十分、限界等級19magくらい欲しい)
- 低分散近赤外線分光($R \sim 200$ で十分、限界等級 $\sim 16-17$ mag??)

3.8m望遠鏡への要望

- 可視測光分光装置(->面分光装置 by 太田さん松林さん)
- 偏光分光
- 近赤外線分光
- 突発時間変動天体 -> 装置の安定度

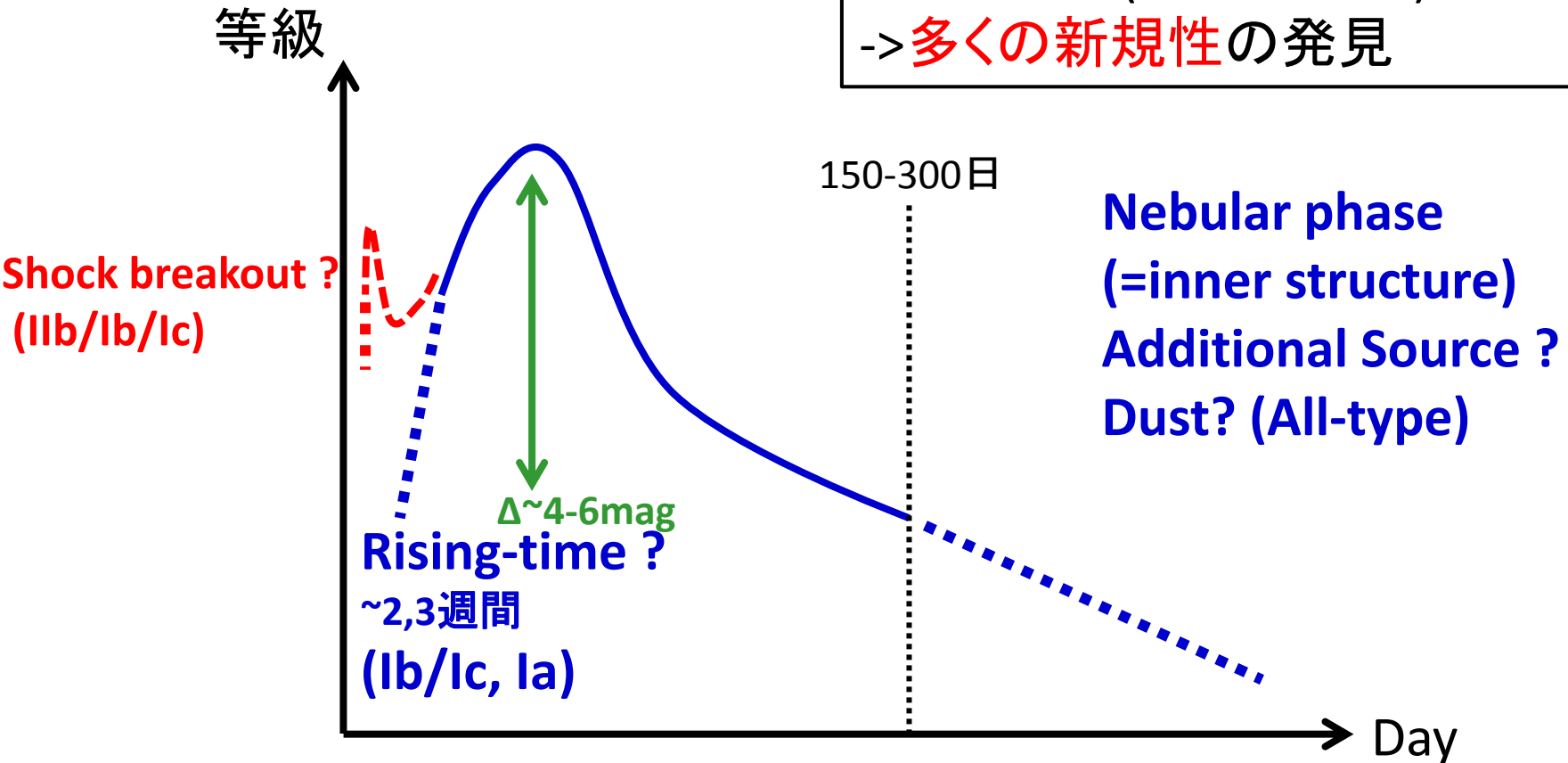
“明るい”超新星で何がわかるか

---- : 未だ依然として未解明な
点が多く残っている。

極大等級 < 12 mag

-> より暗い(早い or 後期)時期

-> 多くの新規性の発見



18等より暗い時期の可視分光/近外線測光 -> 3.8mに期待 (この講演)

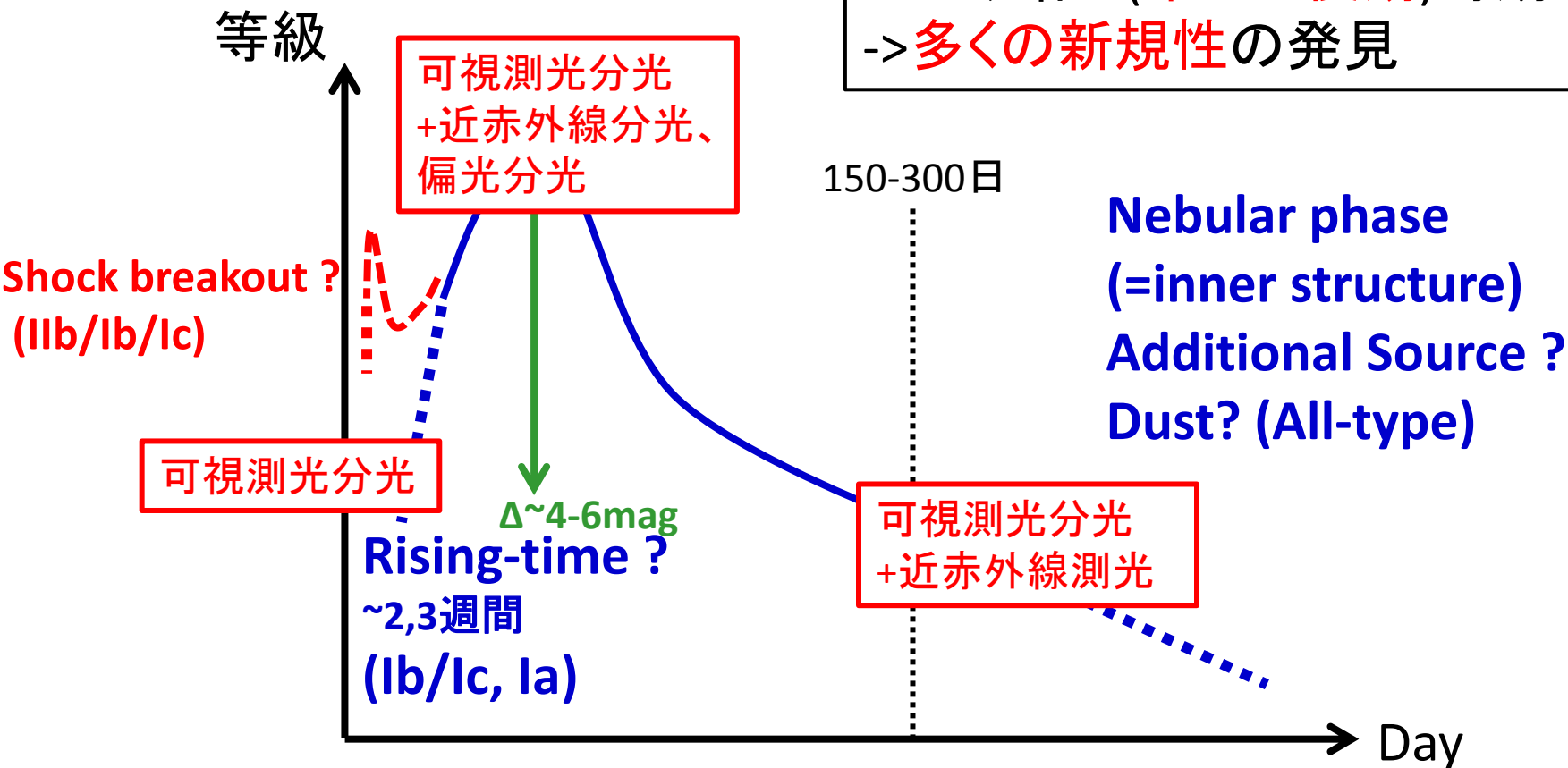
“明るい”超新星で何がわかるか

---- : 未だ依然として未解明な
点が多く残っている。

極大等級 < 12 mag

-> より暗い(早い or 後期)時期

-> 多くの新規性の発見



18等より暗い時期の可視分光/近外線測光 -> 3.8mに期待 (この講演)

例えば... 新種超新星の正体解明

本質的に暗く(速い)突発天体への対応
(like 重力波天体)

-> 爆発直後超新星発見を狙うKISS、
アマチュアとの連携

-> $m \sim 16-20$ 程度のpeak magを持つ天体の
多色測光分光観測

-> 3.8mによる即応測光(分光)

-> Subaru/FOCASによるToOで分光 ???

密な測光分光 + 近赤外線測光の時間発展でのアプローチ
KISS + 3.8m + (Subaru/FOCAS??)

年間発見数とStrategy

year	全個数	V<13mag	Peak<16mag
2010	568	3	50
2011	888	7	71
2012	1033	5	79

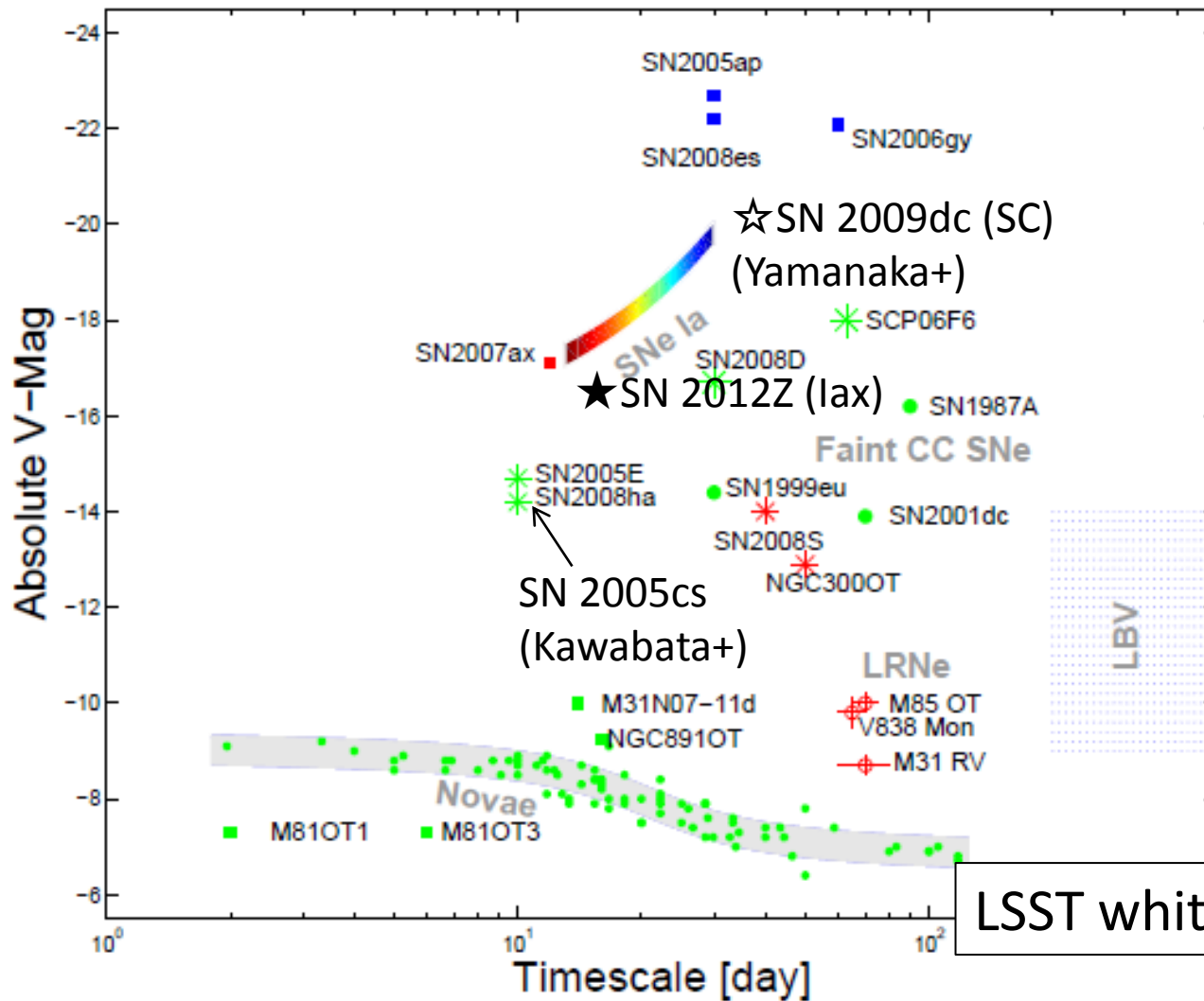
V<13 mag

-> 可視測光分光+近赤外線測光分光 + 偏光分光

V<16 mag (特異な天体)

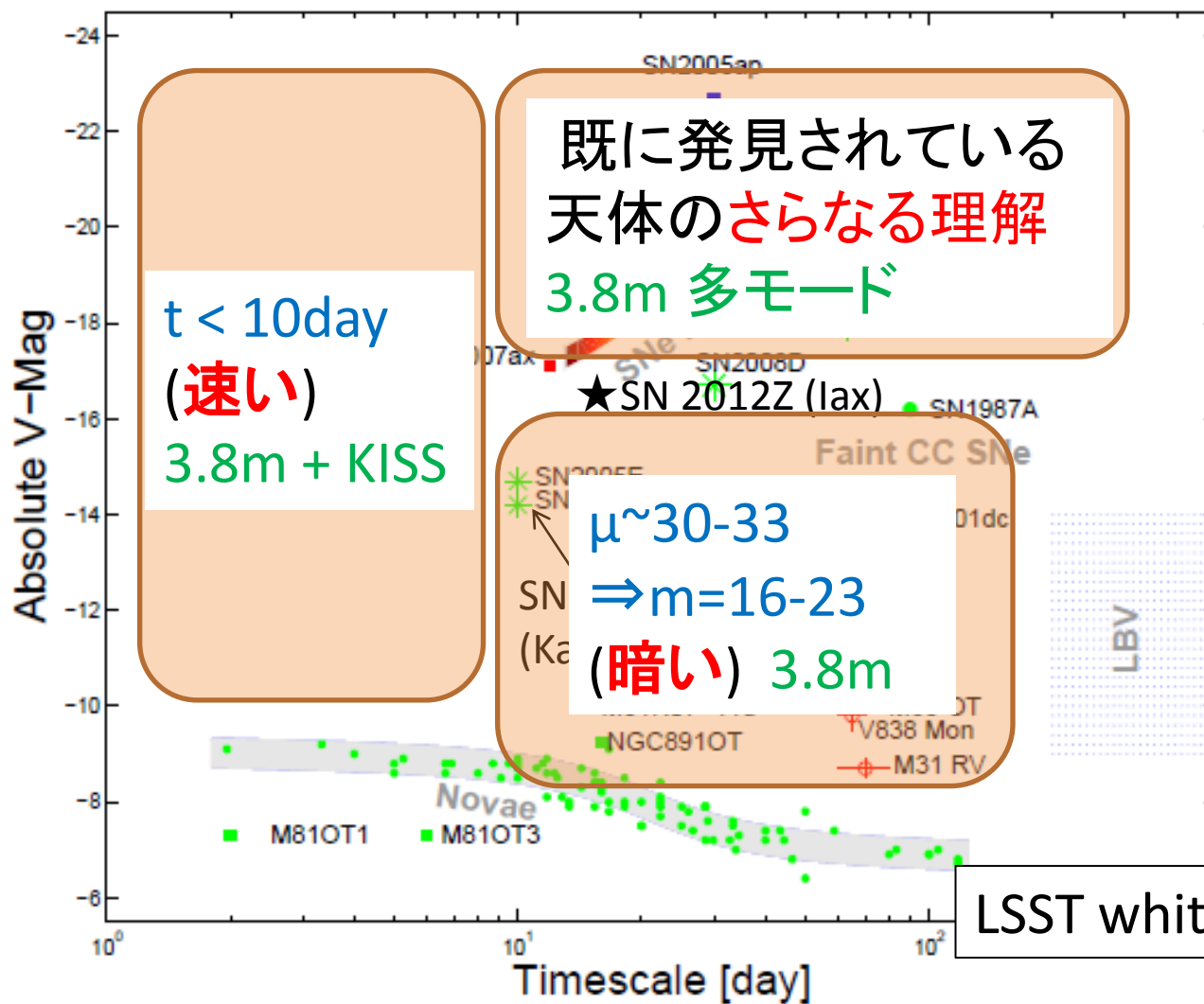
-> 可視測光分光+近赤外線測光

LSST 時代(2020-)の突発現象



LSST white paperより

3.8m 望遠鏡時代(2015-)の突発現象



LSST white paperより

まとめ

1. 超新星の観測的研究は測光と分光が肝
2. 突発天体なので、装置の安定性が欲しい
3. 装置のconfigurationは単純なのものが望ましい。(分光装置; $R \sim 200$ で十分！)
4. 明るい天体は多モードで爆発機構を明らかに。
5. 暗い(珍しい、特異な)天体は測光分光で
6. 他プロジェクトとの共同研究の親和性高い

3.8m望遠鏡での回帰/古典新星の 可視近赤外**高分散**分光観測の提案

Observations properties of recurrent/classical nova

Nova ejecta

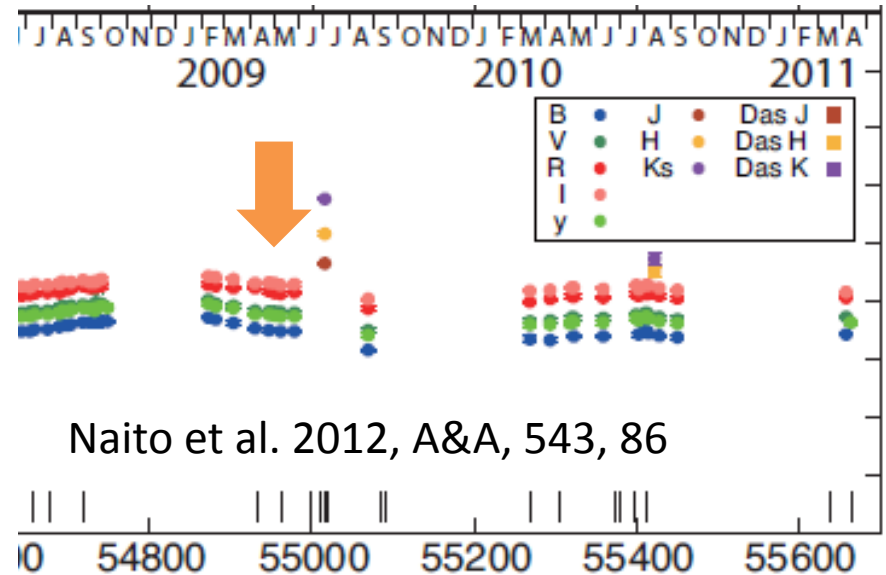
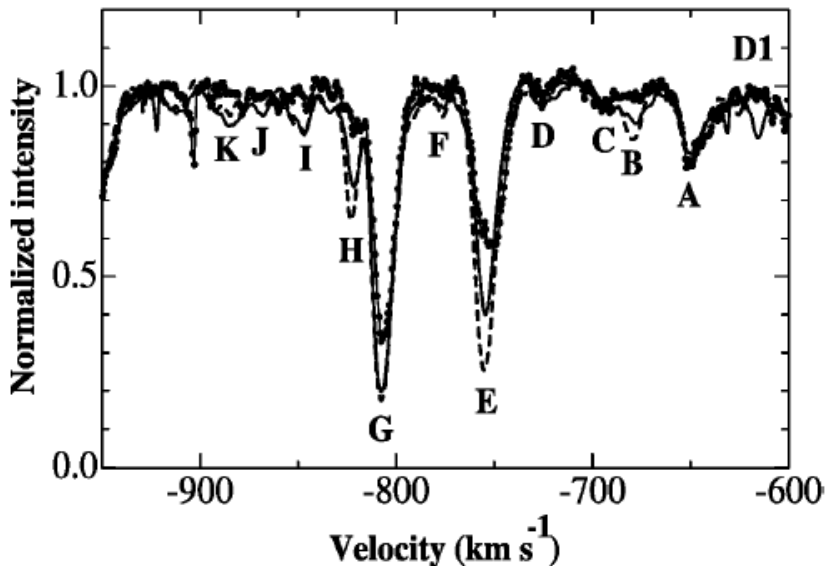
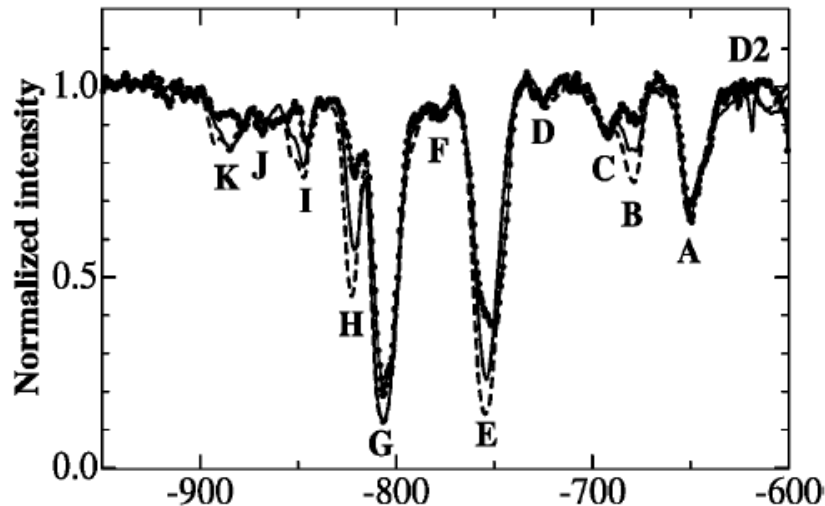
- > 可視
- > 紫外
- > 超軟X線源
(白色矮星表面付近)



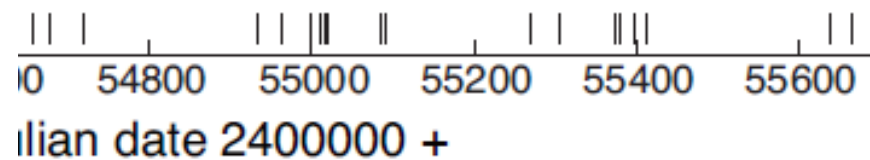
Windと伴星(?)との衝突
->硬X線

(回帰)共生新星系ならば
->共通外層との相互作用？
->ガンマ線、高励起輝線

話題① 極端に遅い新星V1280 Scoにおける 新星風周りのMultiple shell (NaI D)



Naito et al. 2012, A&A, 543, 86



High-velocity features 11成分の検出
(Fe II, Balmer seriesには見られなかった。)

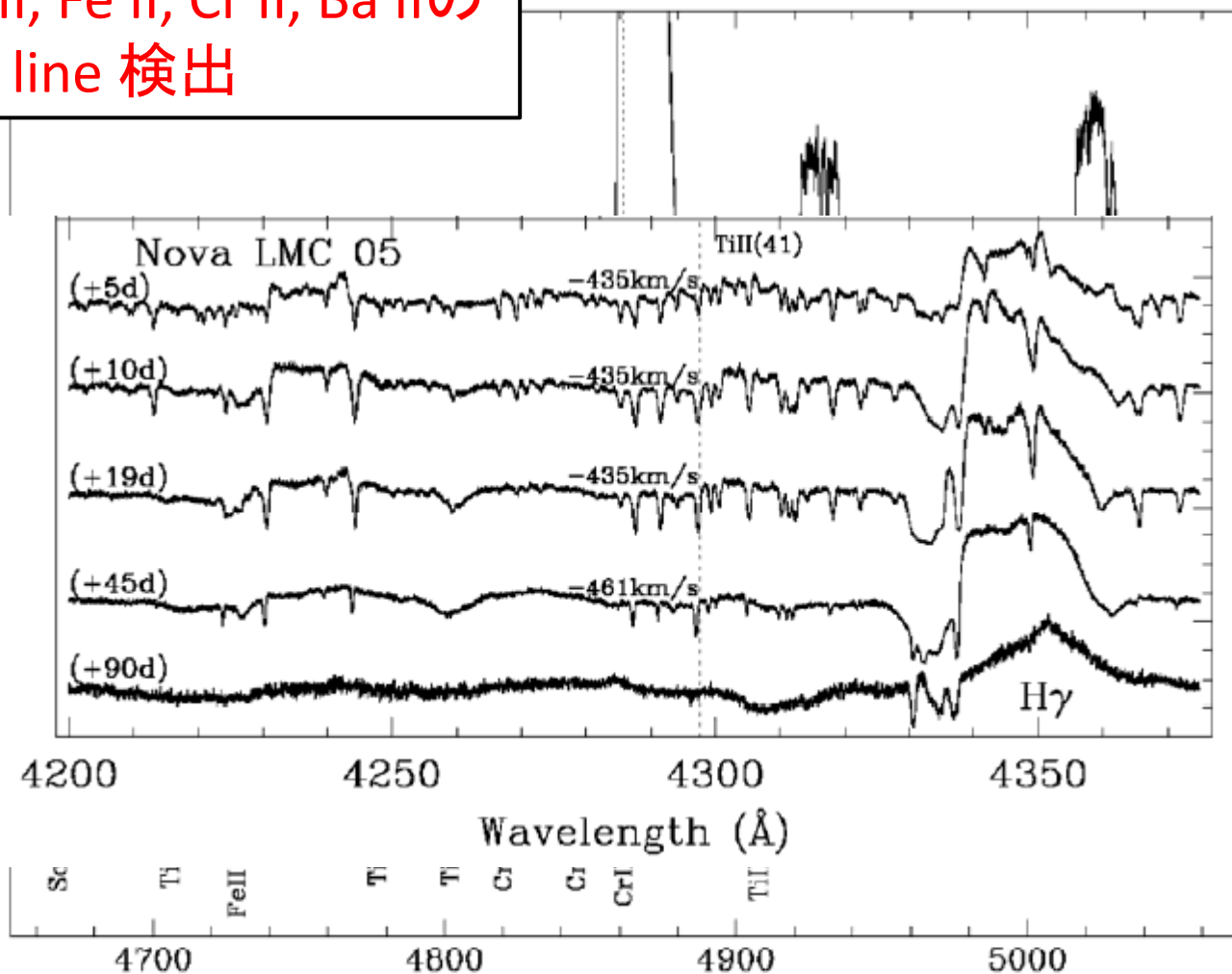
Subaru/HDS (R~55000)による結果
(たぶん)R~20000でもいくつかの成分は検出可

Sadakane et al. 2010, PASJ, 62, 1381

話題② Transient Heavy Element Absorption (THEA) Systems

Sc II, Ti II, Fe II, Cr II, Ba II の
Narrow line 検出

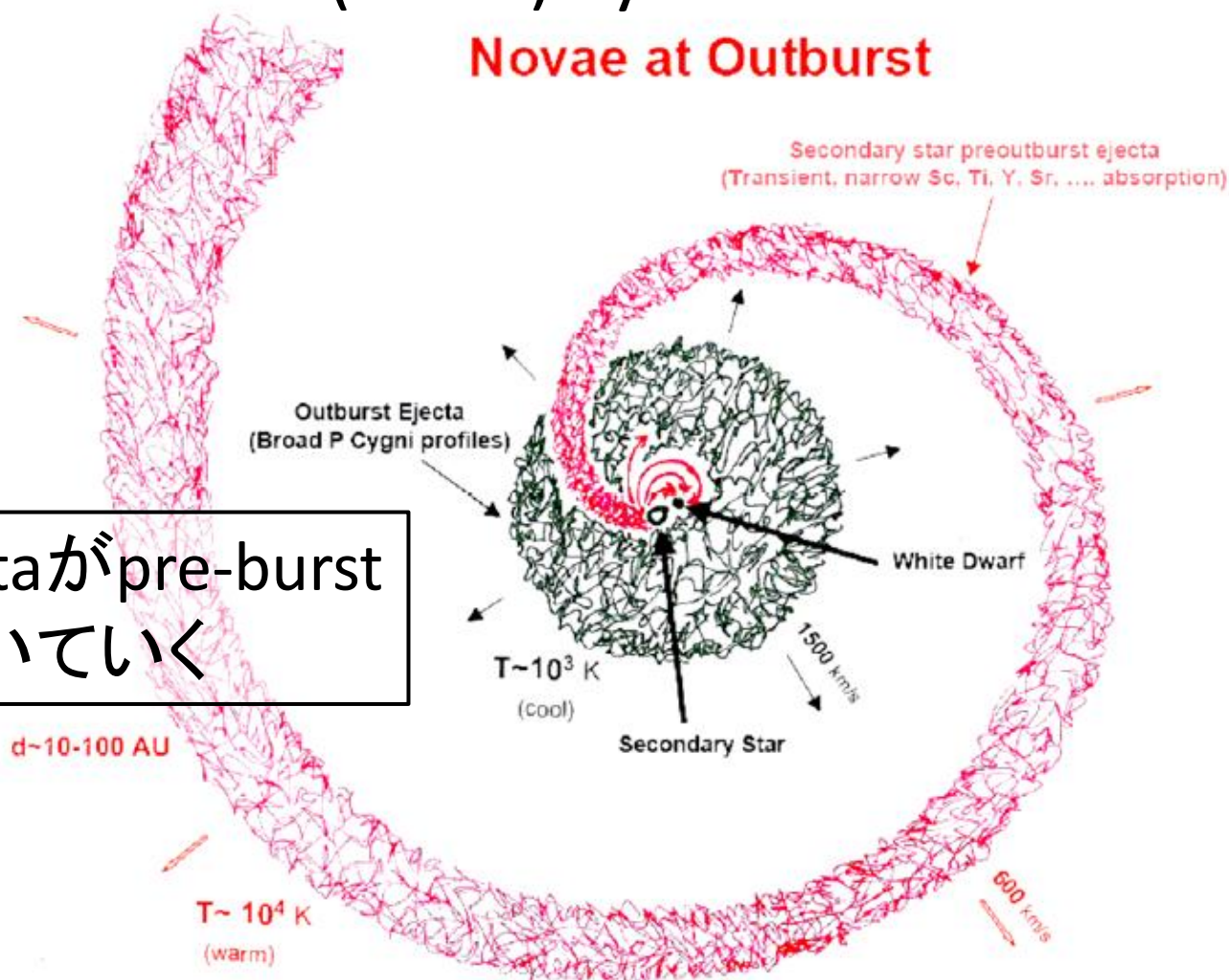
Figure 5



話題② Transient Heavy Element Absorption (THEA) Systems

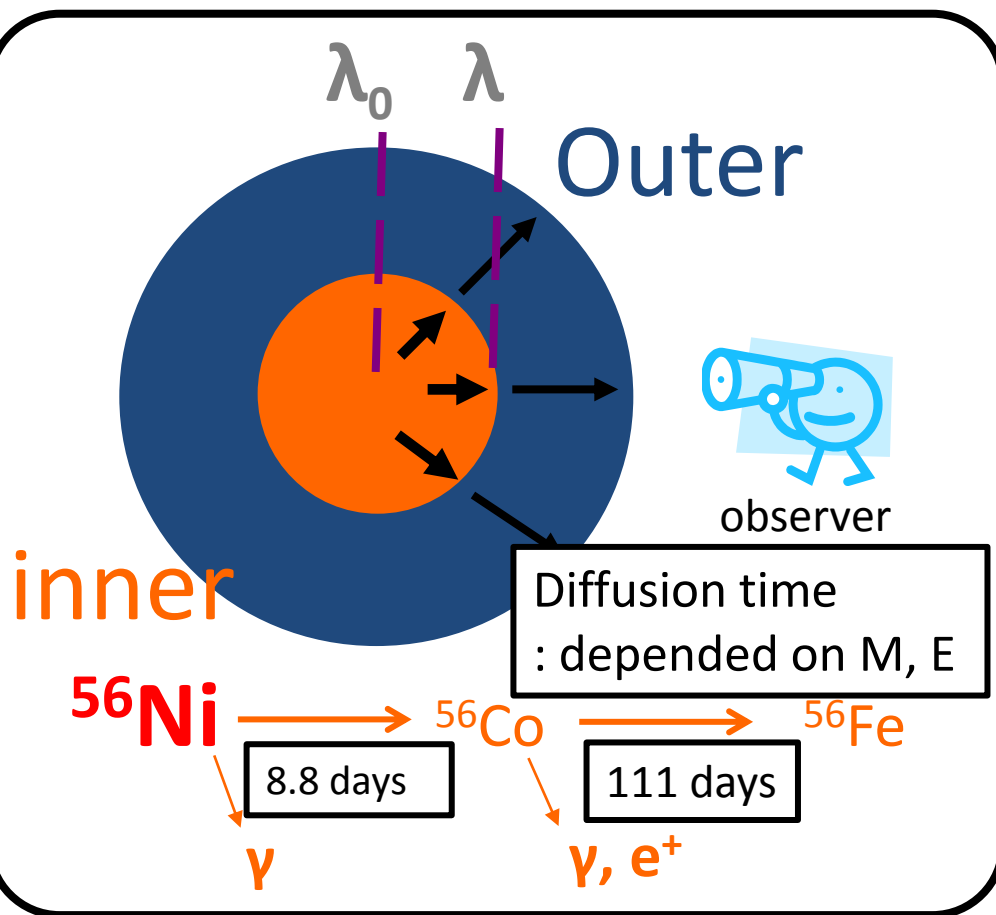
Novae at Outburst

Nova ejectaがpre-burst CSMを掃いていく

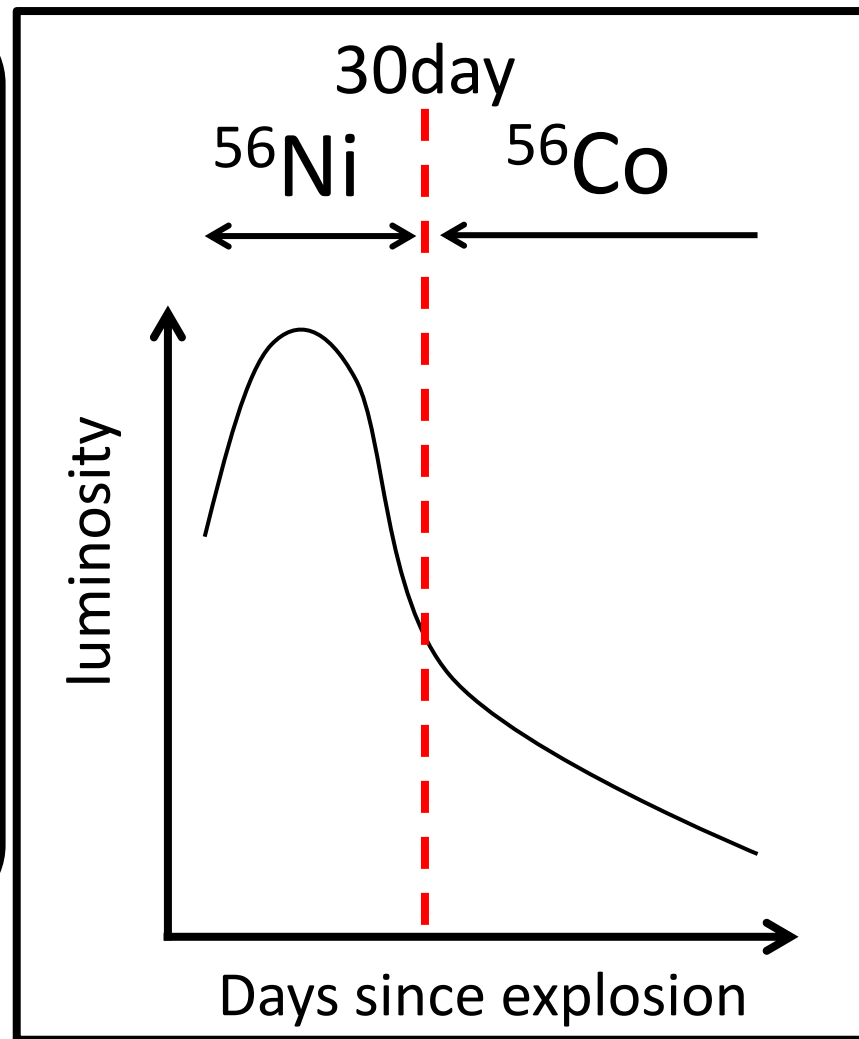


高分散分光で新星親星環境を探れそう

What we can know from SNe observations ?



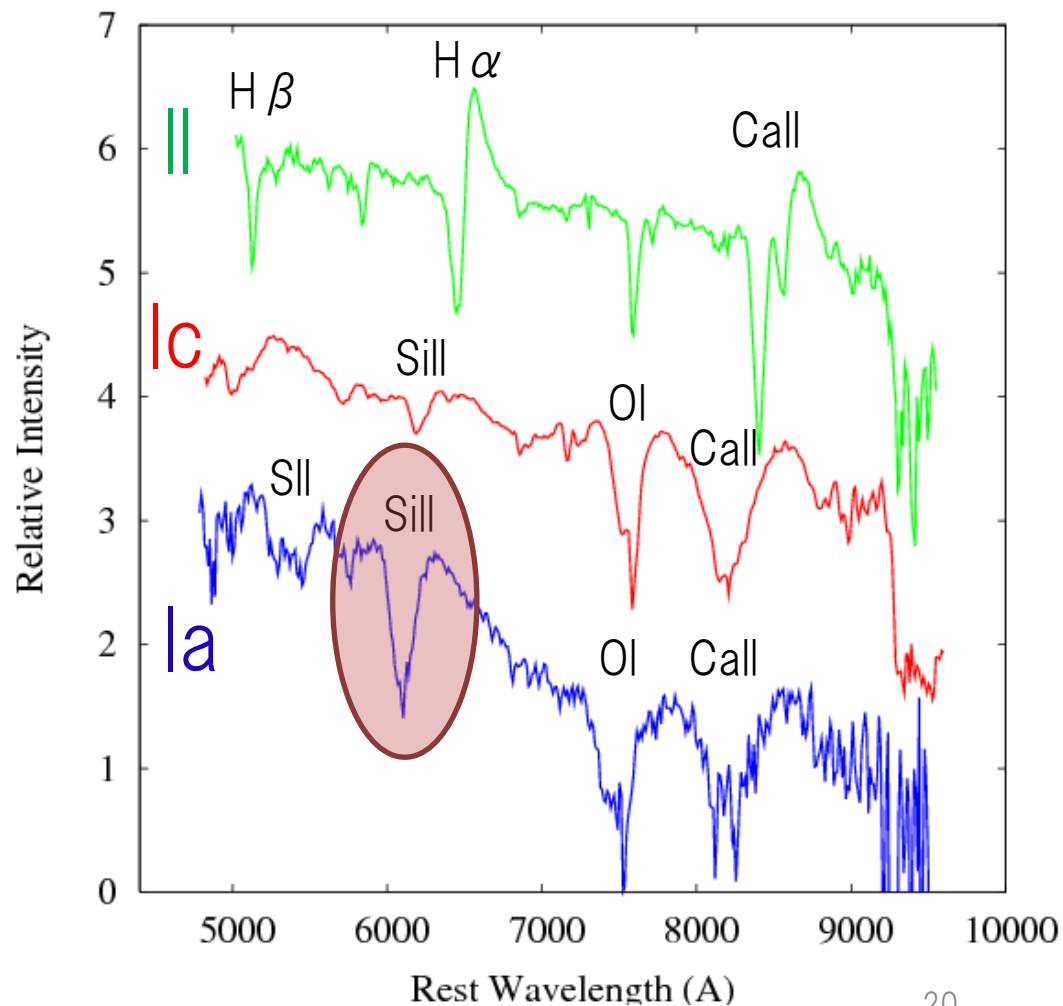
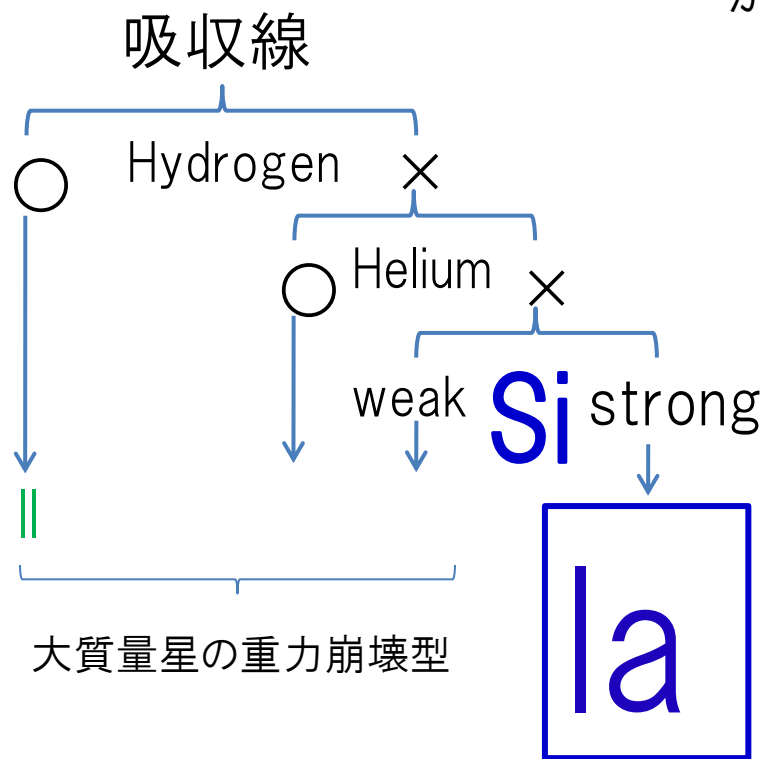
Ejecta interact with gamma-ray from ^{56}Ni decay $\Rightarrow$ Thermarised ejecta, the radiation peaked in optical wavelength



$\longleftrightarrow$ timescale

超新星の観測的特徴と分類

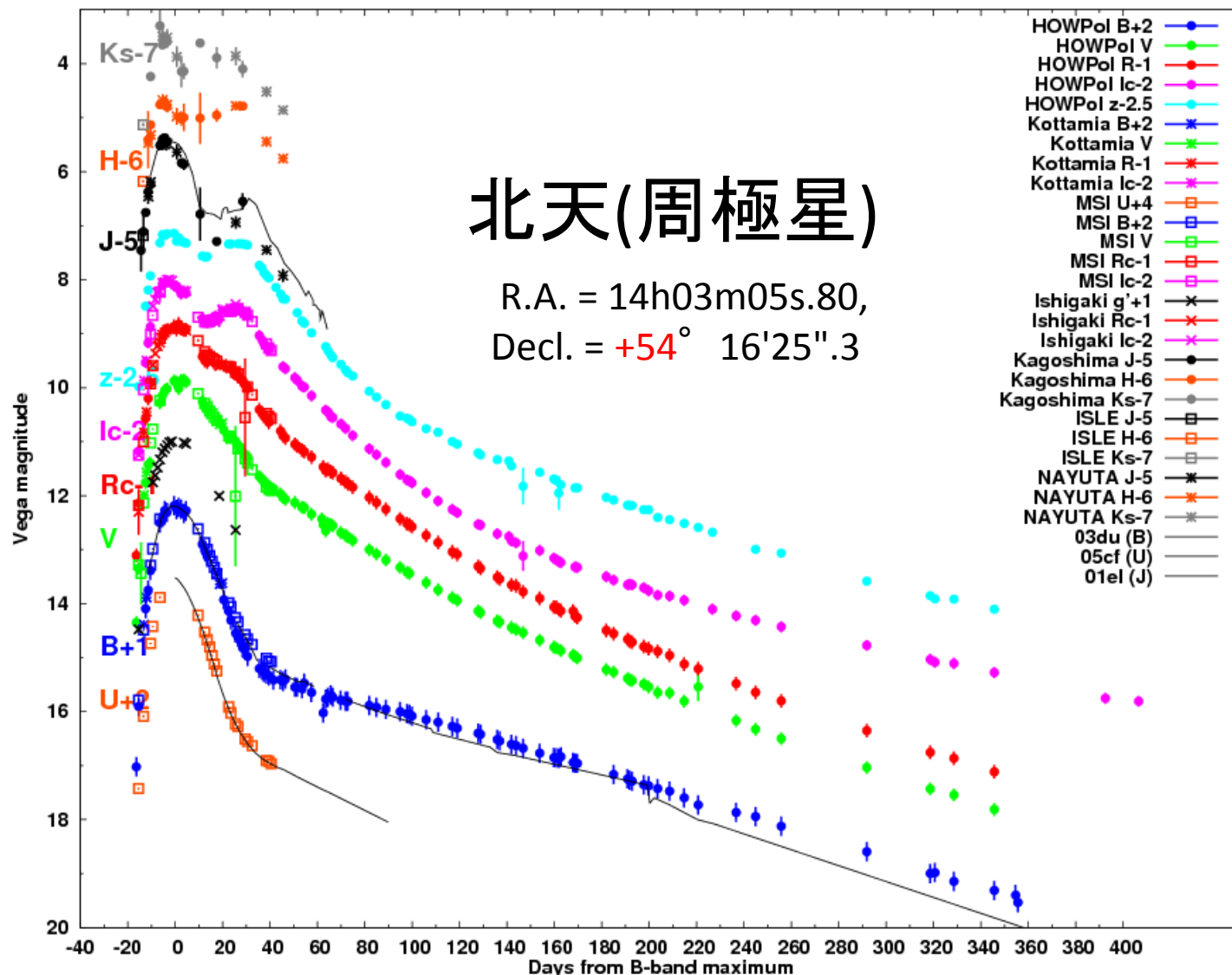
かなた望遠鏡/TRISPECで取得したスペクトル (R₁₅₀)



低質量連星系を成す白色矮星
の熱核暴走反応爆発

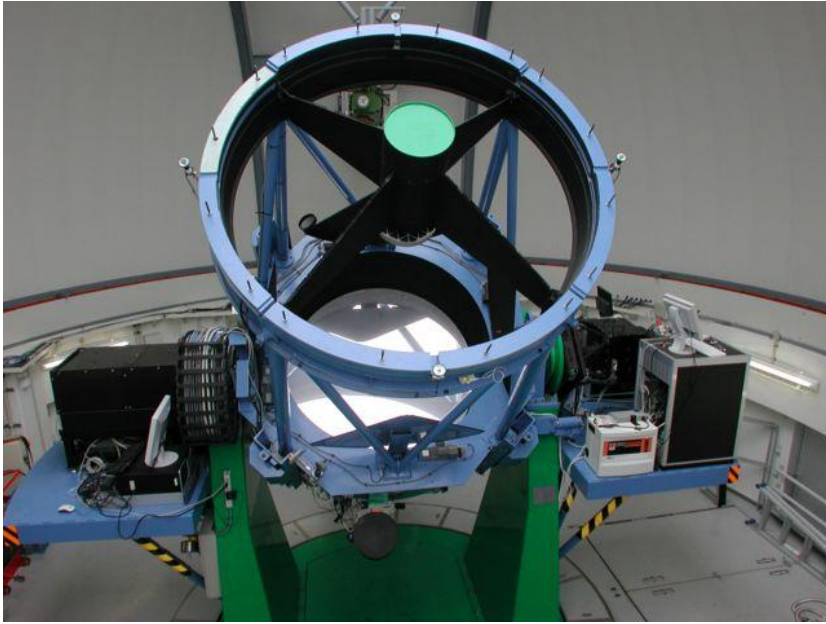
成果(見込み)例2: 超近傍M101に出現したIa型超新星SN 2011fe

MY on the behalf of OISTER, in prep

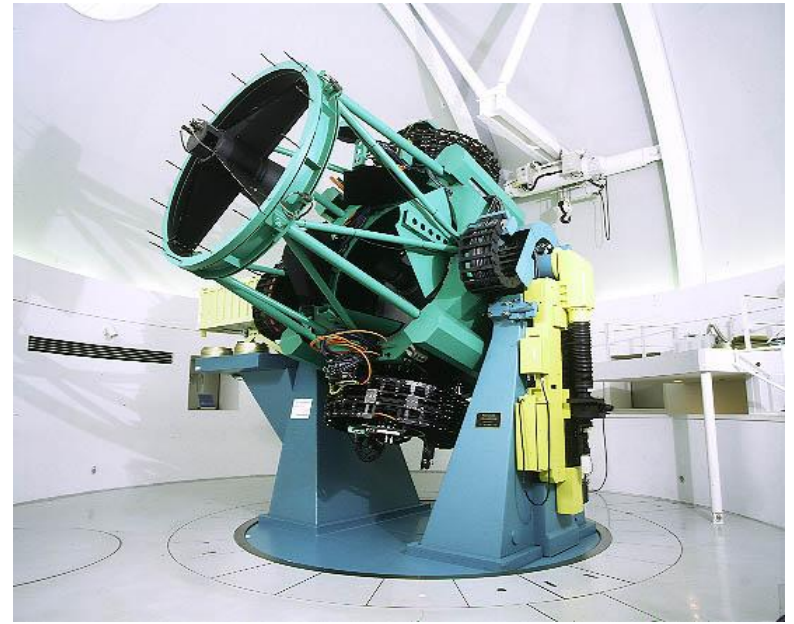


現状までの日本での観測体制

1. 大学望遠鏡 + 公共天文台



広島大1.5m かなた望遠鏡



ぐんま天文台1.5m望遠鏡

Resourceの整備をしつつ突発天体の観測

-> 装置開発+現場観測マンパワー不足

-> 可視測光分光はOK. しかし、近赤外線観測が不足

成果例1: スーパーチャンドラセカル超新星の観測

MY, Kawabata, S. Kinugasa, K. Tanaka, M. et al. 2009, ApJL, 707, 118

可視測光

1.5m Kanata/ HOWPol

0.5m MITSuME@OAO

近赤外測光

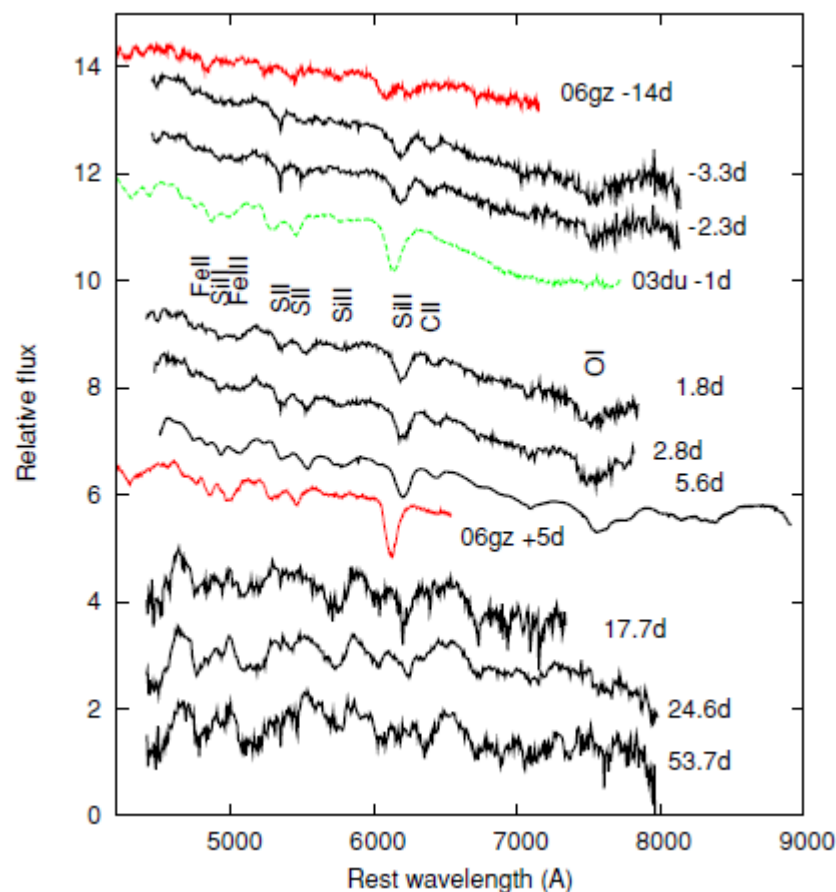
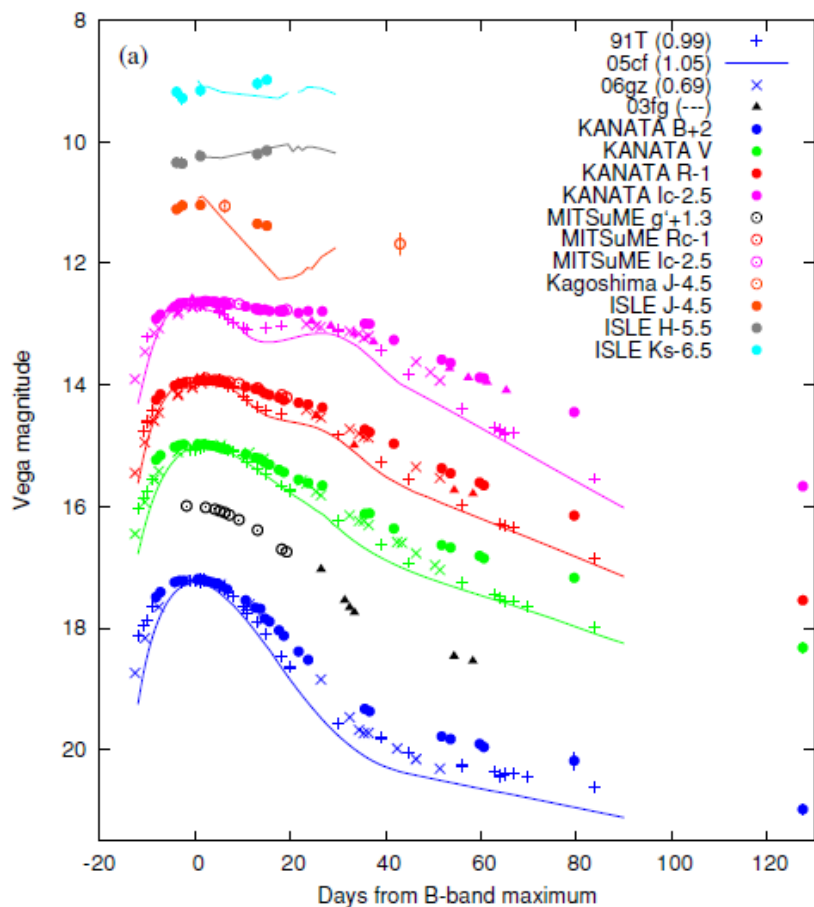
1.88m/ISLE@OAO

1.0m/Kagoshima

可視分光

1.5m/GLOWS@Gunma

8.2m Subaru/FOCAS



現状までの日本での観測体制

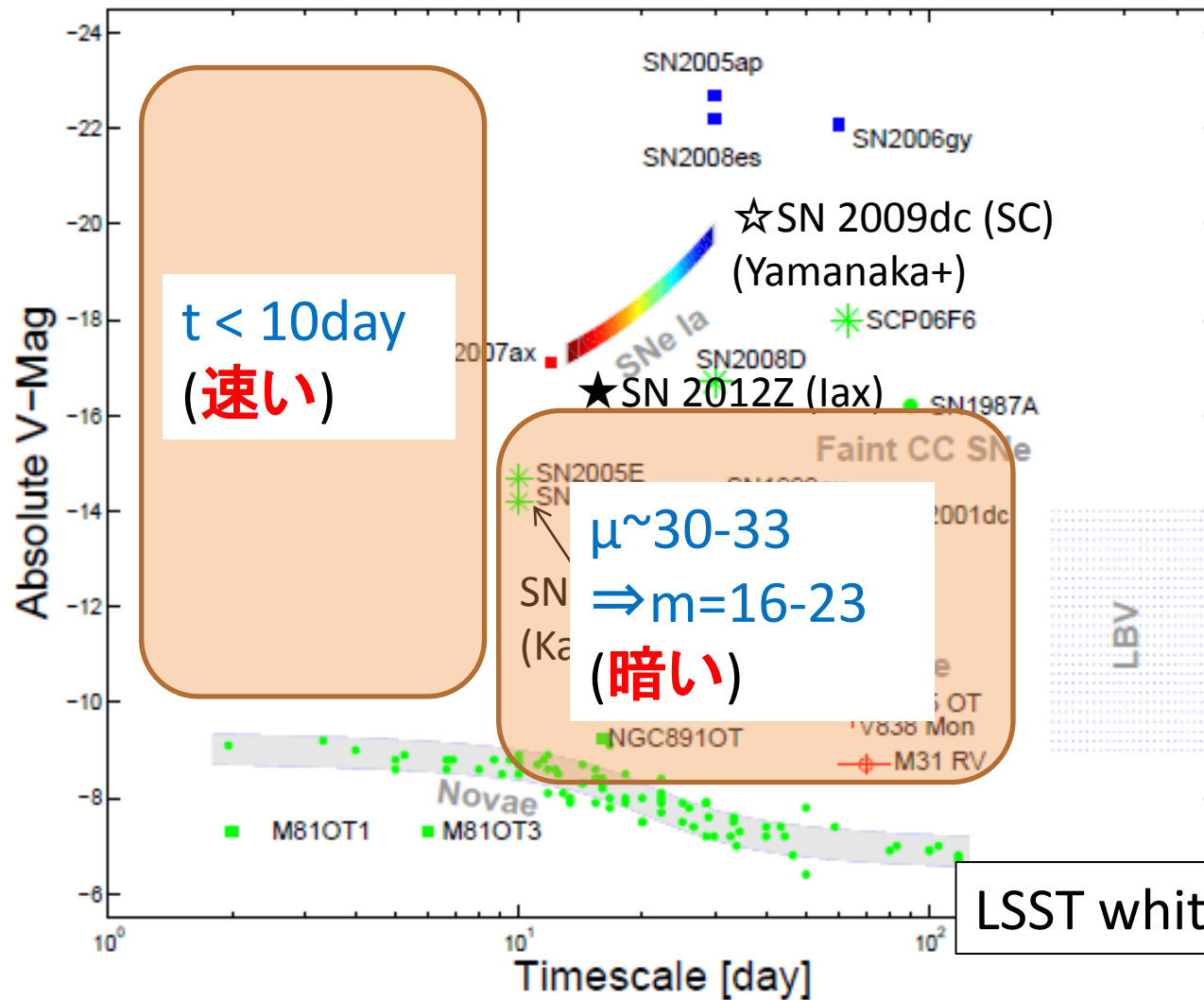
2. 光赤外線大学間連携 (OISTER)



Resourceの整備と本格的運用への運び

- > 装置開発+現場観測マンパワー不足をサポート
- > 時間的に密な可視測光分光+近赤外線観測の実現
- > 3.8mにはさらなる多モードでの観測に期待
(中分散分光 + 近赤外線分光 + 偏光分光)

LSST 時代(2020-)の突発現象



LSST white paperより

“3.8m望遠鏡”時代における突発天体サイエンス戦略

従来(1990年代-2012)



30-100cmクラス

+



1-2mクラス

分光・近赤外測光

測光

超新星爆発の新しい多様性
e.g.) super-Chandrasekhar SN、
GRB-SN、低光度SN等々の発見

何をターゲットとするか

超新星の爆発機構・親星の正体
⇒より広い波長/多モード観測

爆発可能性が理論予測されている

未発見・未同定天体

⇒より暗い天体の測光分光観測

3.8m時代 (2012- ??)

同じ明るさの天体



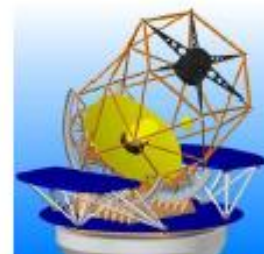
測光



分光

既知天体の爆発構造・
機構の解明のための
新知見を得る

+



中分散分光
偏光分光
近赤外線分光

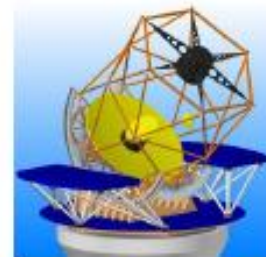
あれば嬉しい

より暗い天体



測光

+



分光

未知の機構をトリガーとする、あるいは理論
で予測されている新種天体の発見と同定

2000年代の近傍超新星爆発の研究

- Ia型
 - super-Chの発見 (SN 2003cg, Howell et al.)
 - peculiar Type Iaの発見 (SN 2002cx, Li et al.)
 - 水素を付随するIIaの発見 (SN 2002ic, Hamuy et al.)
- CC SNe
 - GRBを付随する/しないbroad Type Icの発見
 - XRTを付随するIb/cの発見
 - Super-Luminous Supernovaeの発見 (Quimby et al.)
 - 爆発しない質量のCC SNe (赤色巨星問題)
 - LBVに付随するIIIn/Ibnの発見 (Pastorello et al.)
 - 多くのtransitional的Type II(IIb, IIL, IIIn) SNeの発見

2000年代の近傍超新星爆発の研究

- Ia型
- super-Chの発見 (SN 2003cg, Howell et al.)

キーワードは”多様性”

研究の基本: 測光と分光でサンプルを集める。

-> 放射源である ^{56}Ni mass、

Light Curve fittingやline velocityからMej、KE

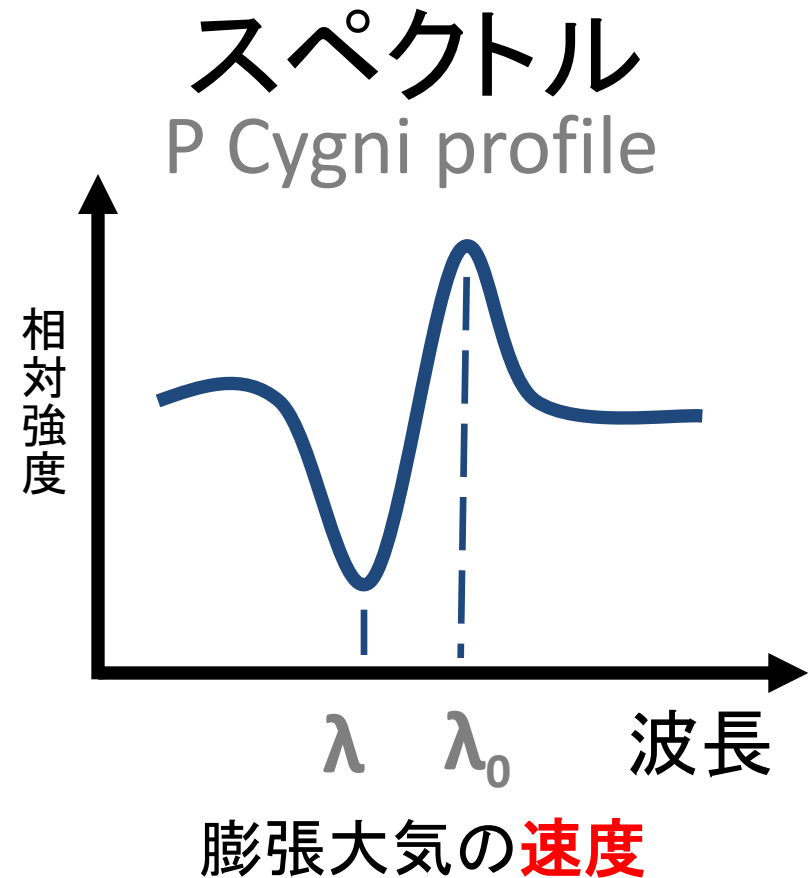
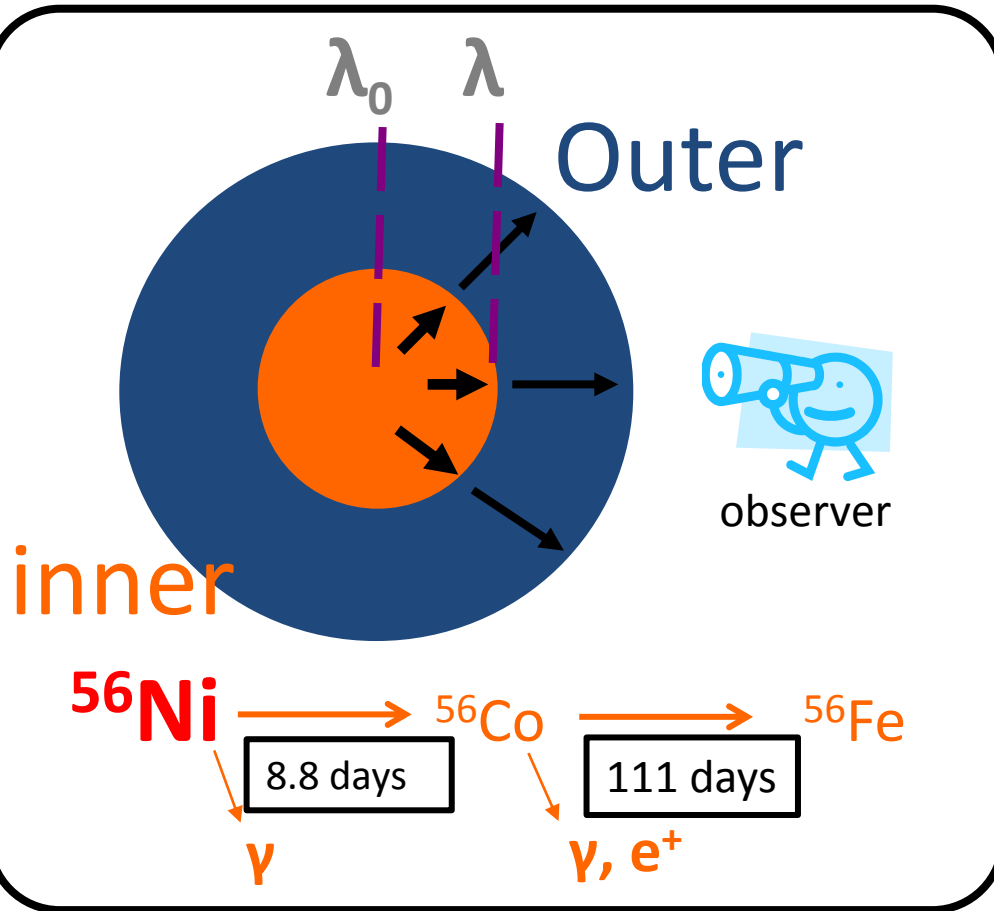
-> 親星や爆発モデルに制限

話は単純、それ故国際競争激しい。

肝は論文文化へのスピード

- 多くのtransitional的Type II(IIb, IIL, IIn) SNeの発見

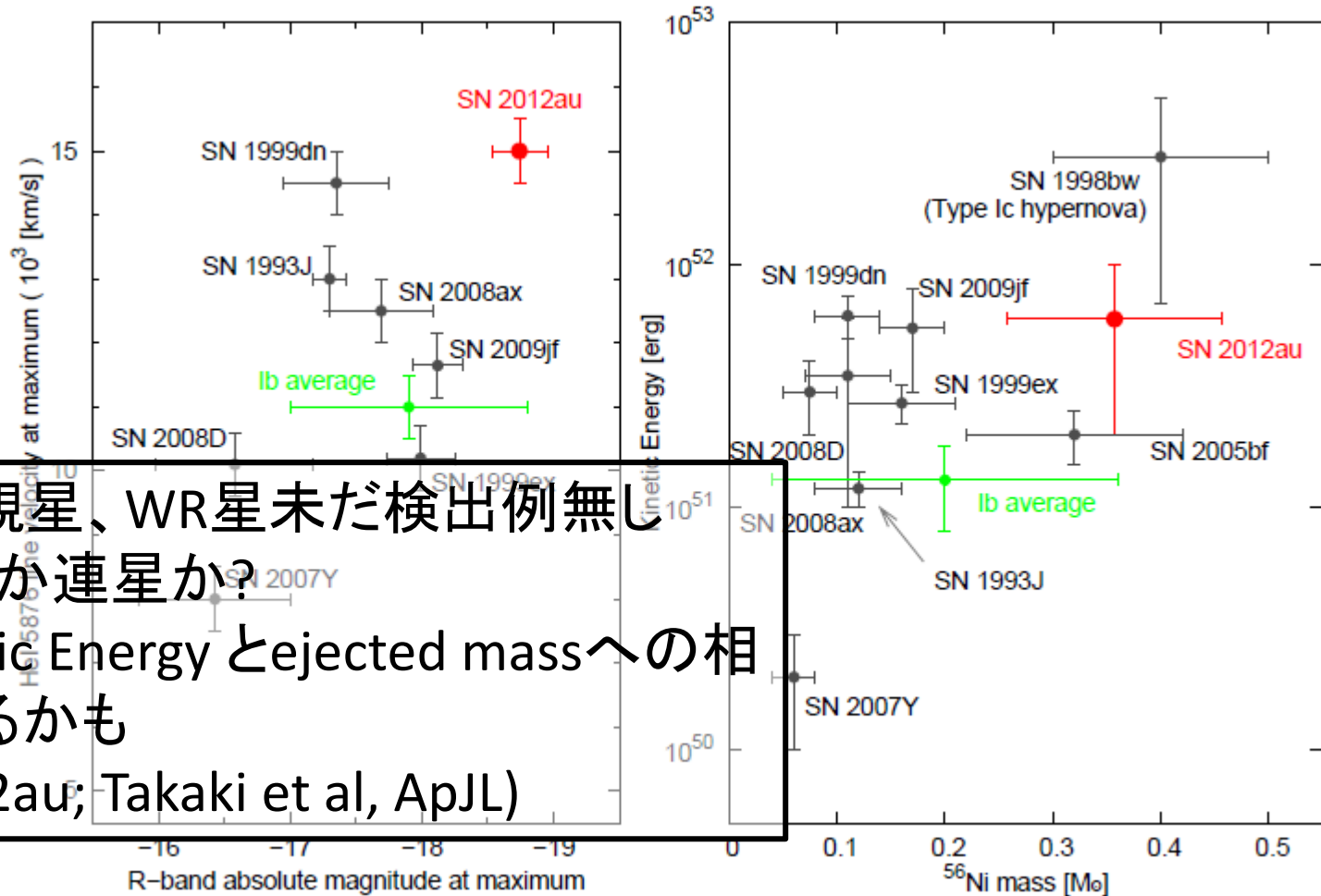
What we can know from SNe observations ?



Ejecta interact with gamma-ray from ^{56}Ni decay $\Rightarrow$ Thermalised ejecta, the radiation peaked in optical wavelength

$\longleftrightarrow$ timescale

未解決問題② Ib/Ic/Iib SNeの正体は?



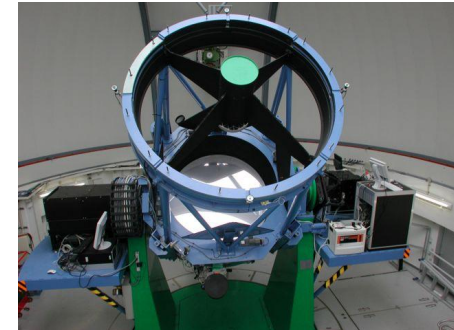
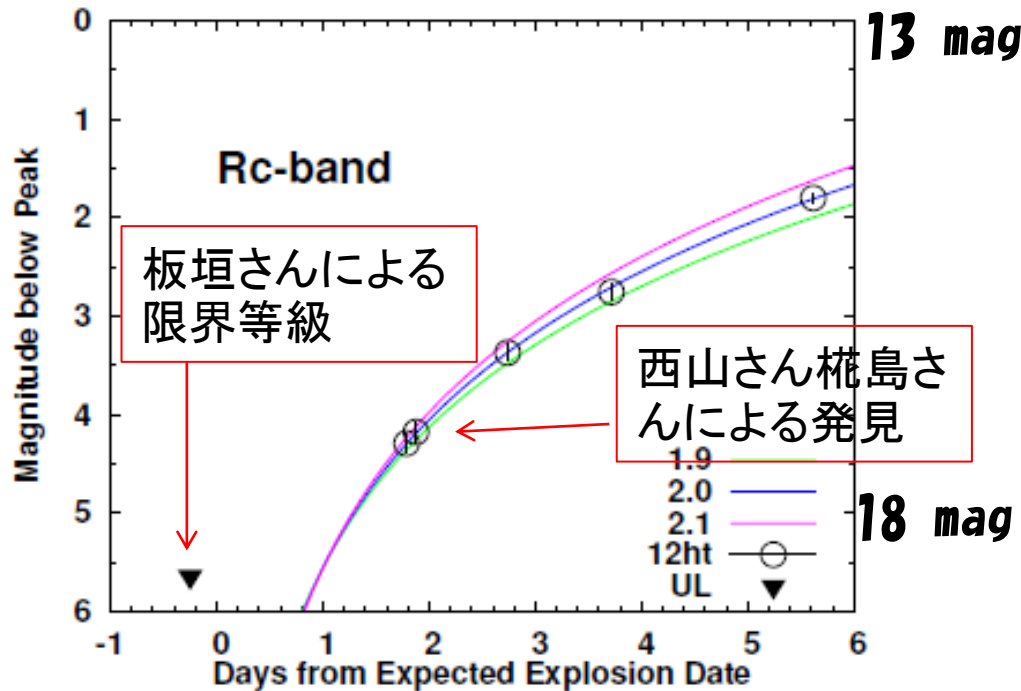
-Ib/cの親星、WR星未だ検出例無し
-単独星か連星か?
-> Kinetic Energy と ejected mass への相関があるかも
(SN 2012au; Takaki et al, ApJL)

即応観測 + 近赤外線分光の時間発展での
アプローチ (OISTER + 3.8m)

(transitional) Type Ia SN 2012ht

爆発日推定 成功: 2012年 Dec. 17.3+/-0.5

史上4例目



Rising time
17.6d

M101のような近傍銀河(<10Mpc)での出現数はかなり少ないが、
30-50Mpc程度の距離なら年間10以上は発見される

-> **17-18mag** での即応低分散分光がしたい。

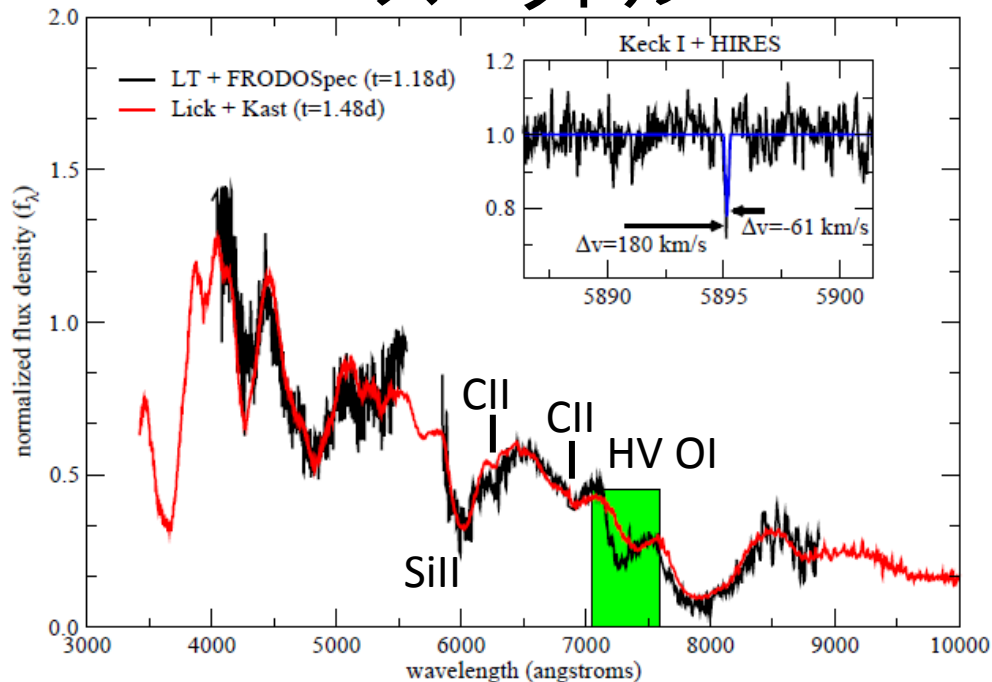
-> 3.8mサイズでの観測が最適

Yamanaka, M. et al., in prep

未解決問題① Iaの親星はSD or DD ?

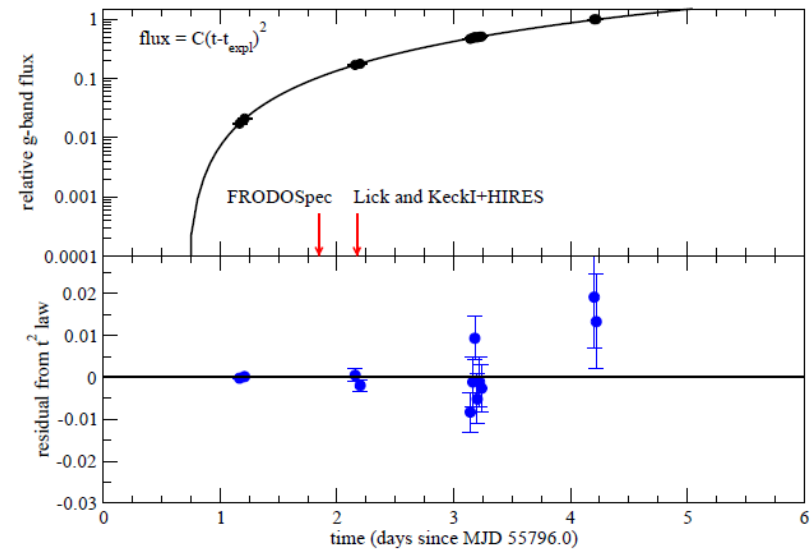
SN 2011fe in M101 (~6.4Mpc)
ここ20年で最も近いIa型超新星
V~9.8mag @ peak

スペクトル



Nugent et al. 2011, Nature, 480, 344

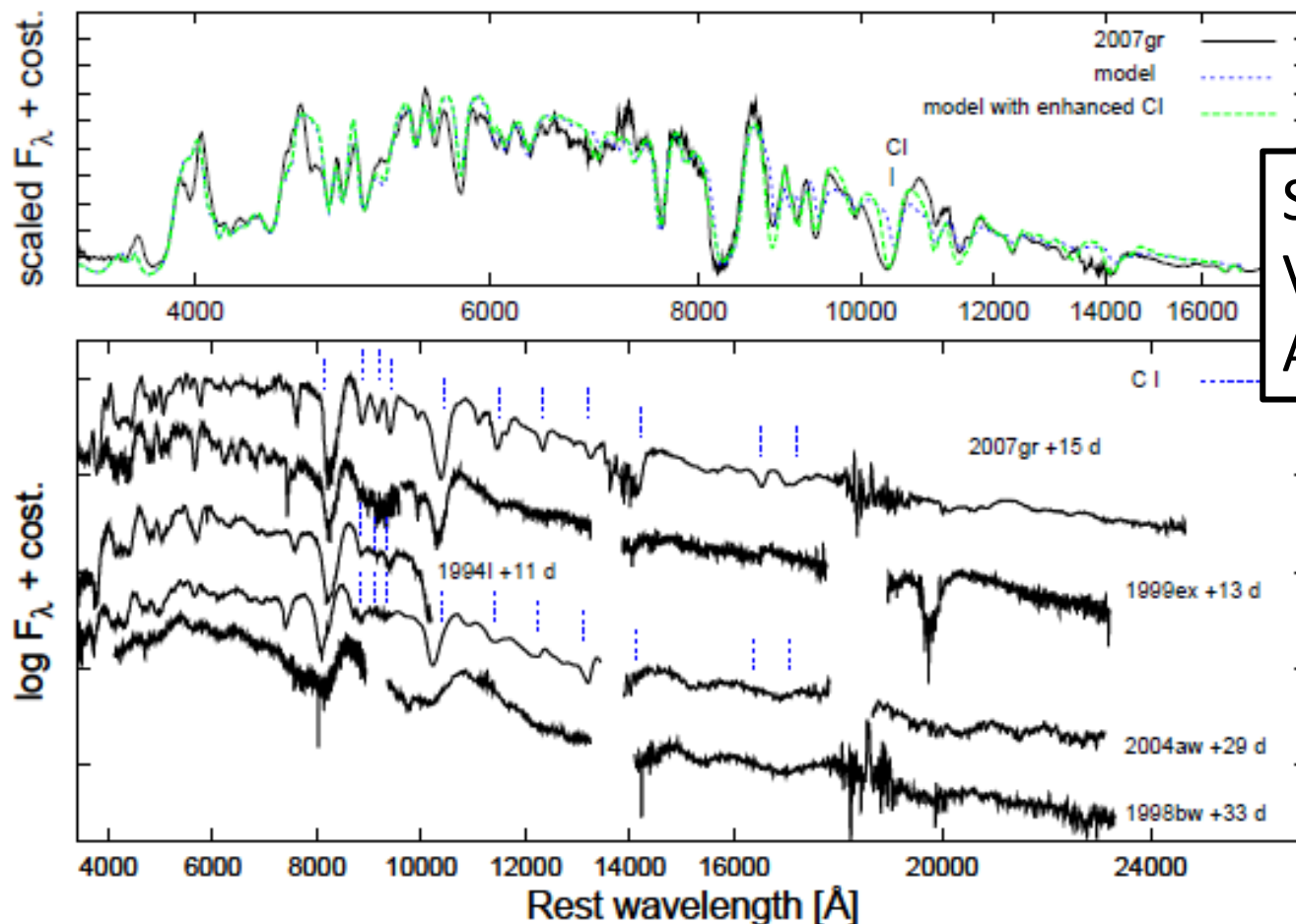
初期ライトカーブ



分光@17mag
機動力の高い3-4m
クラスでの研究

超早期からの測光と分光でのアプローチ (3.8m + KISS)

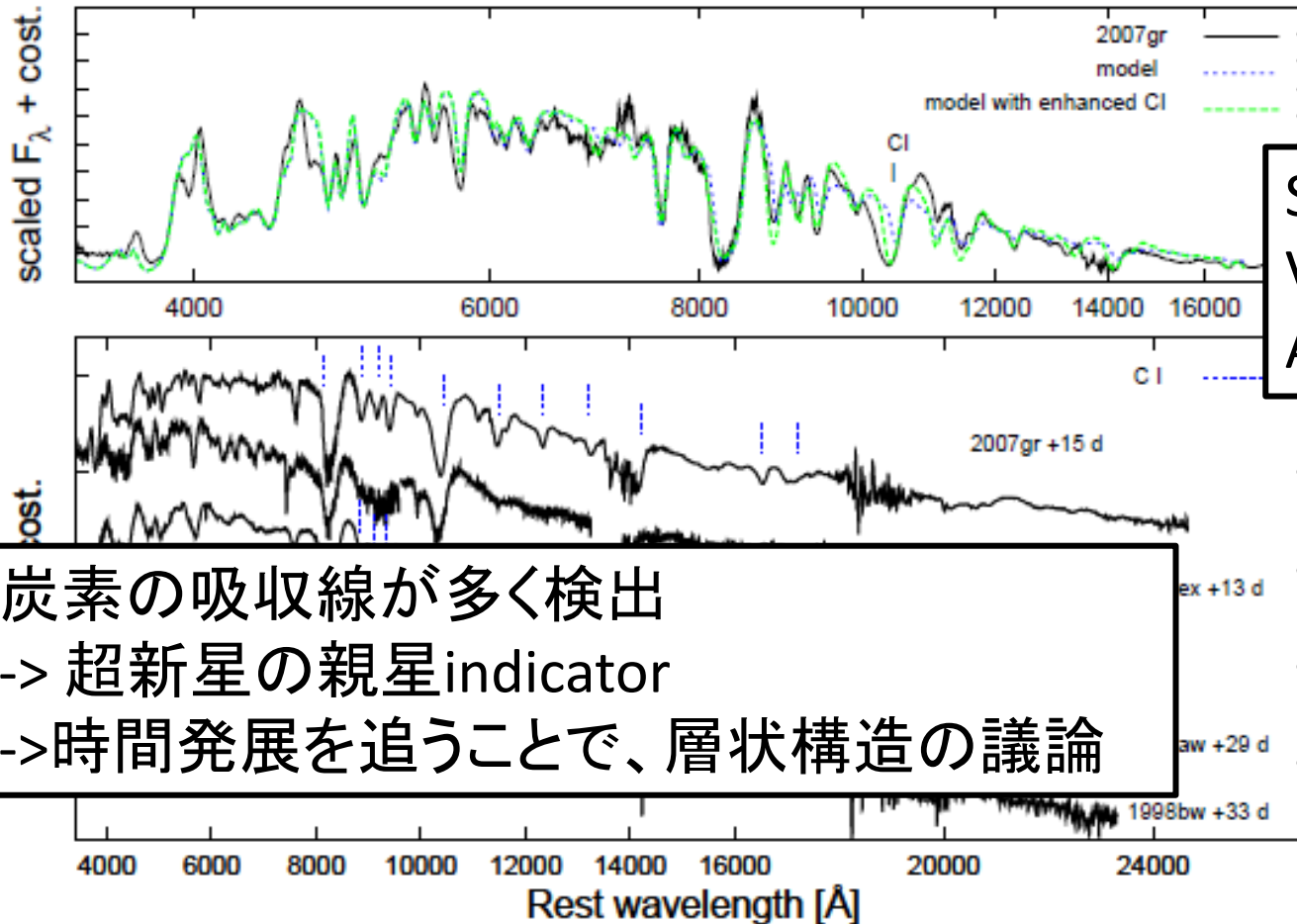
未解決問題② Ib/Ic/Iib SNeの正体は?



SN 2007gr ;
Valenti et al. 2008,
ApJL, 673, 155

即応観測 + 近赤外線分光の時間発展での
アプローチ (OISTER + 3.8m)

未解決問題② Ib/Ic/Iib SNeの正体は?

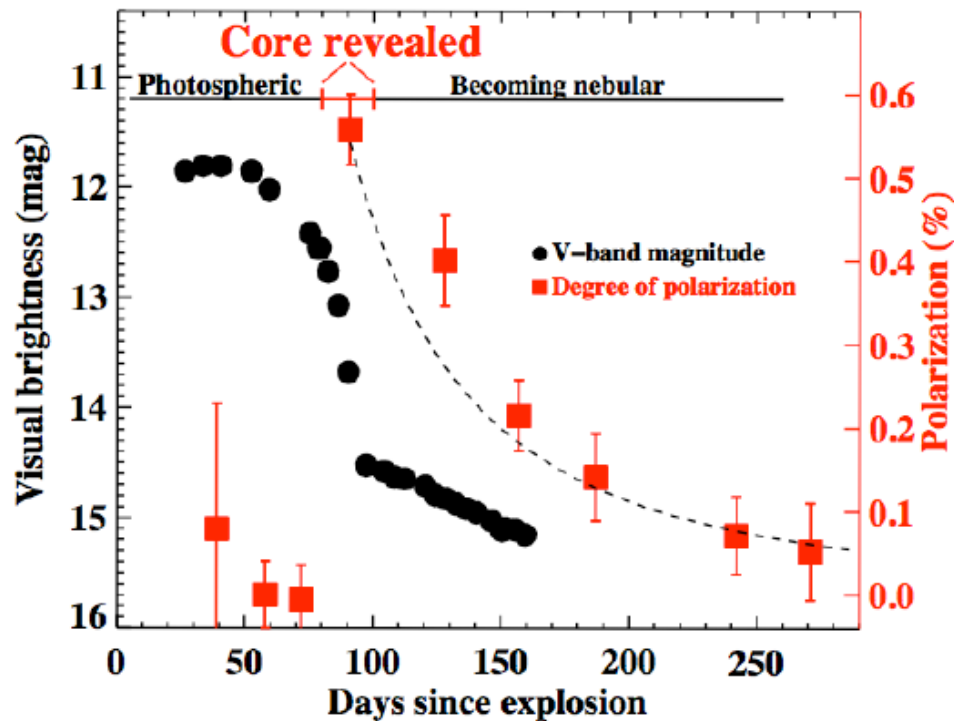


SN 2007gr ;
Valenti et al. 2008,
ApJL, 673, 155

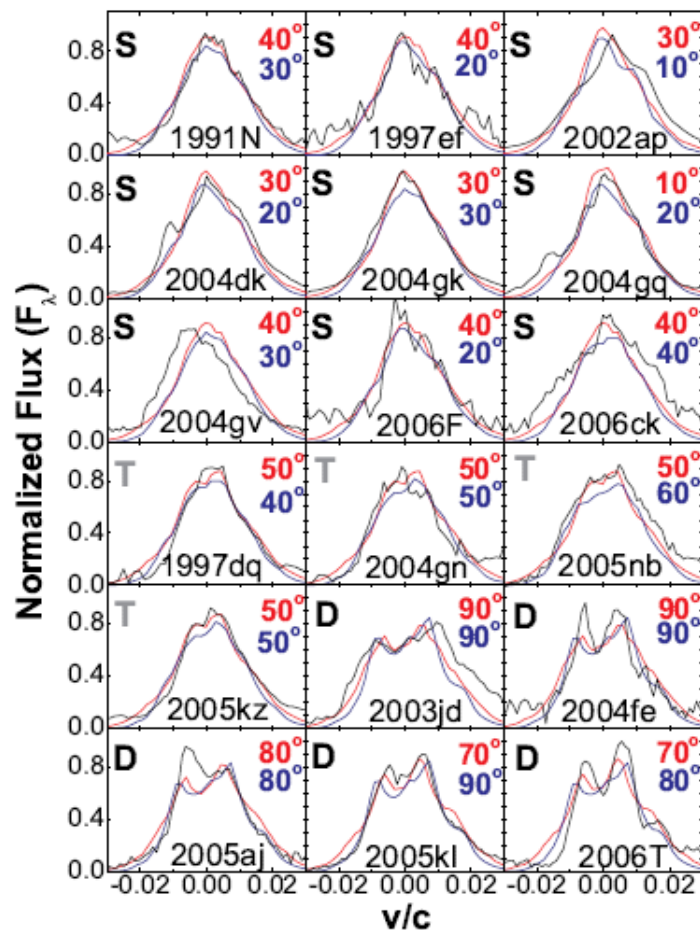
炭素の吸収線が多く検出
-> 超新星の親星indicator
-> 時間発展を追うことで、層状構造の議論

即応観測 + 近赤外線分光の時間発展での
アプローチ (OISTER + 3.8m)

未解決問題③ (all-type共通)爆発構造は? (外層/内層の相違)



Leonard,, S. 2006, Nature, 440, 505

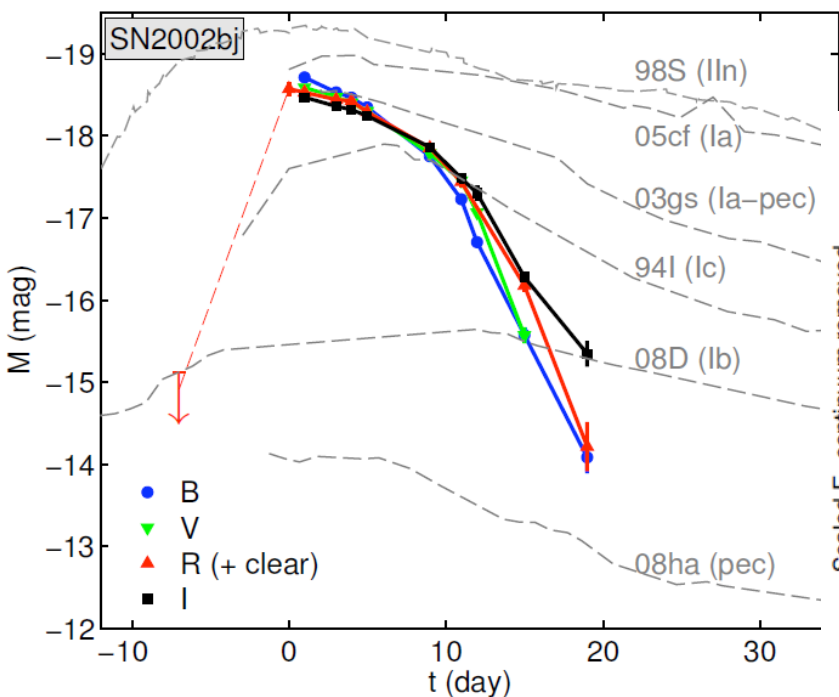


Maeda, K. et al. 2008, Science, 319, 1220

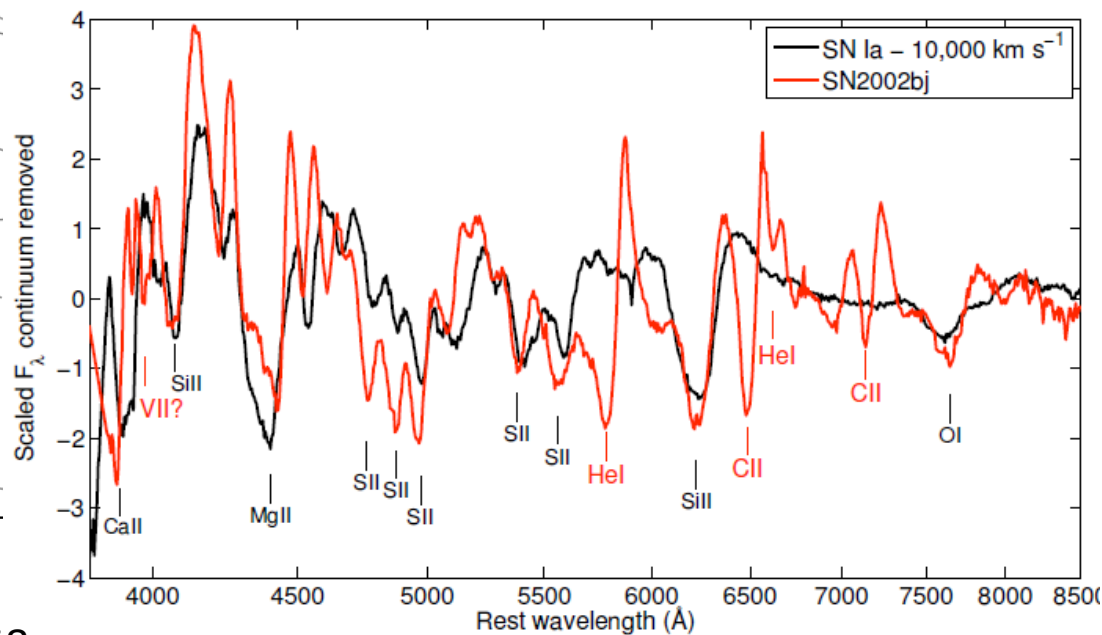
密な測光分光 + 偏光分光の時間発展でのアプローチ
(OISTER + 3.8m)

- IIP
- 急減光期に偏光度急上昇 (外層 -> 内層の多様性)
- では、Stripped envelope SNeでの偏光度時間発展は？
- まずはType IIL。IIn、I Ibあたりの水素外層を持つ

未解決問題④ 新種超新星の正体解明



Poznanski eta l. 2010, Science, 327, 58



密な測光分光 + 近赤外線測光の時間発展でのアプローチ
KISS + 3.8m + (Subaru/FOCAS??)