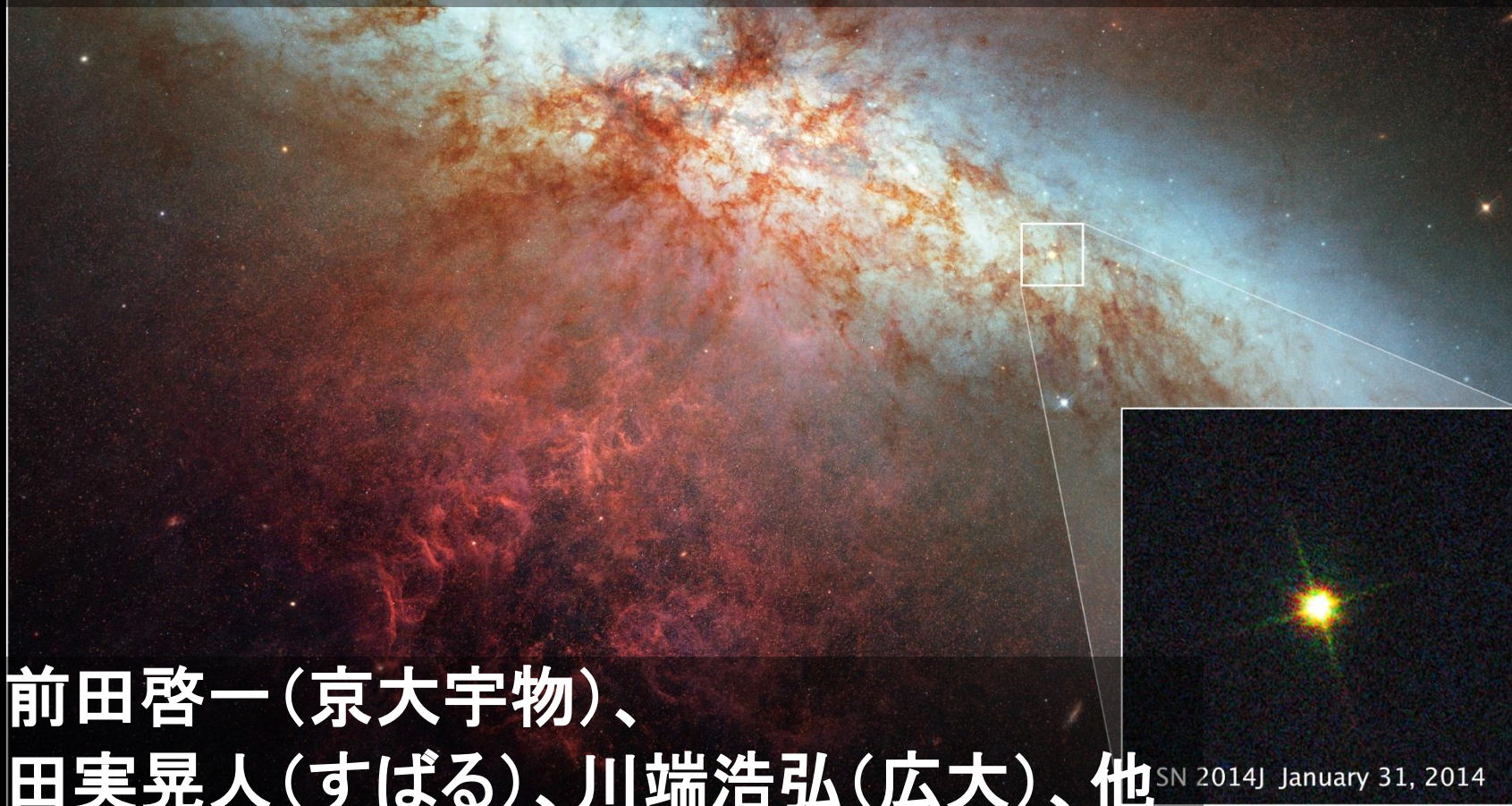


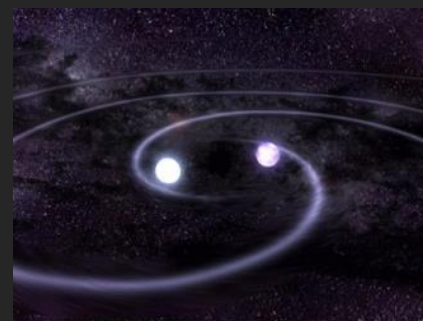
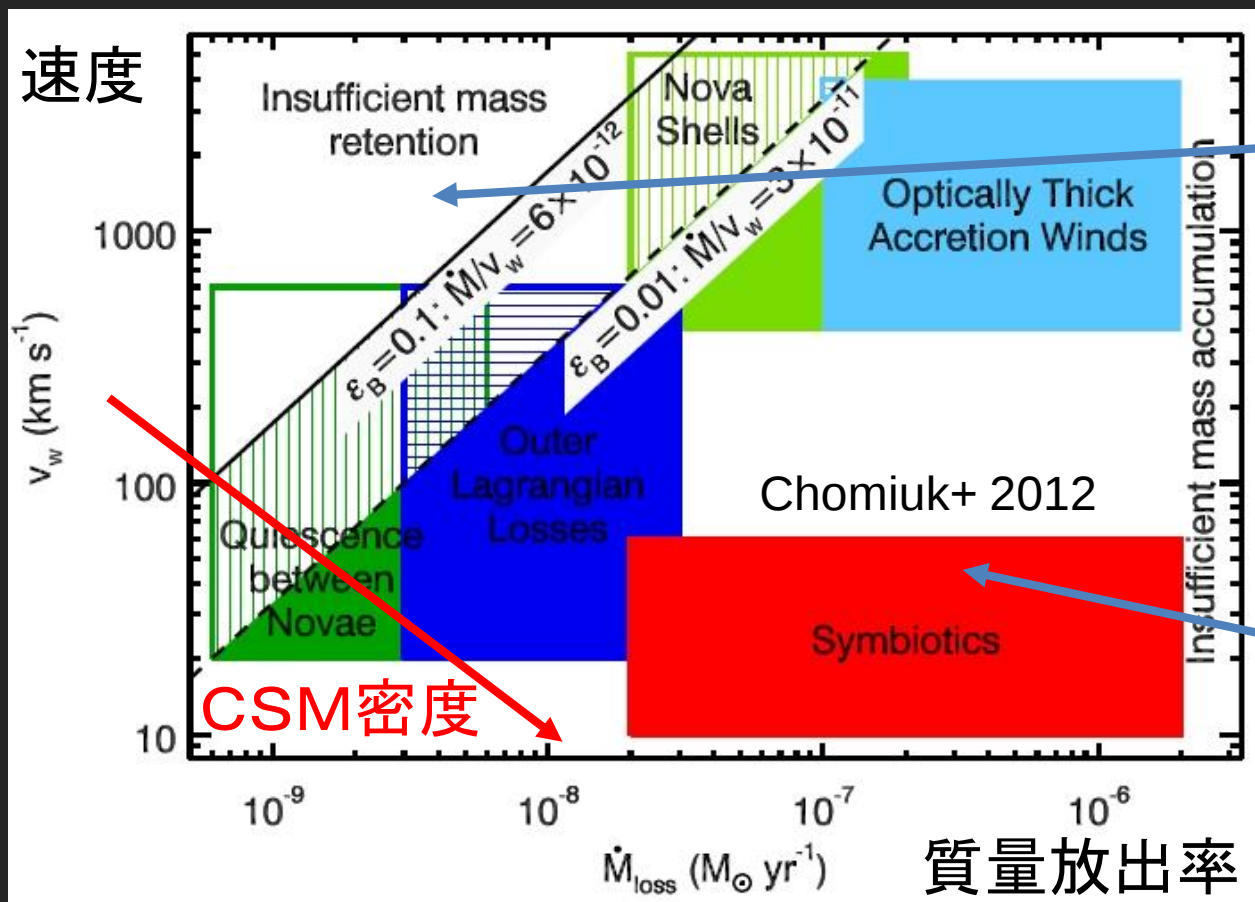
超新星SN2014Jの高分散分光観測： 連星進化モデルの予言する星周物質は存在するか？



前田啓一(京大宇物)、
田実晃人(すばる)、川端浩弘(広大)、他

Supernova 2014J in Galaxy M82
Hubble Space Telescope ■ WFC3/UVIS ■ ACS/WFC

Ia型超新星への進化とCSM: SD vs. DD



Double
Degenerate (DD):
⇒ **Clean ISM**

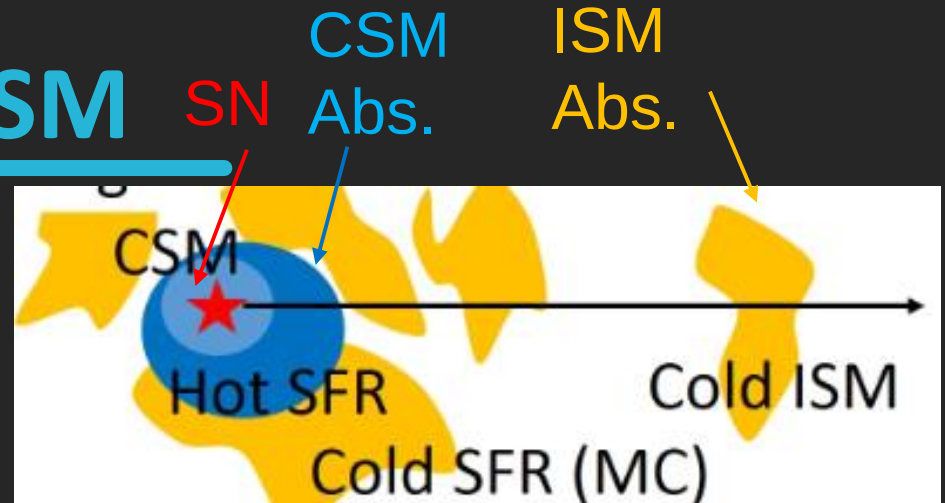
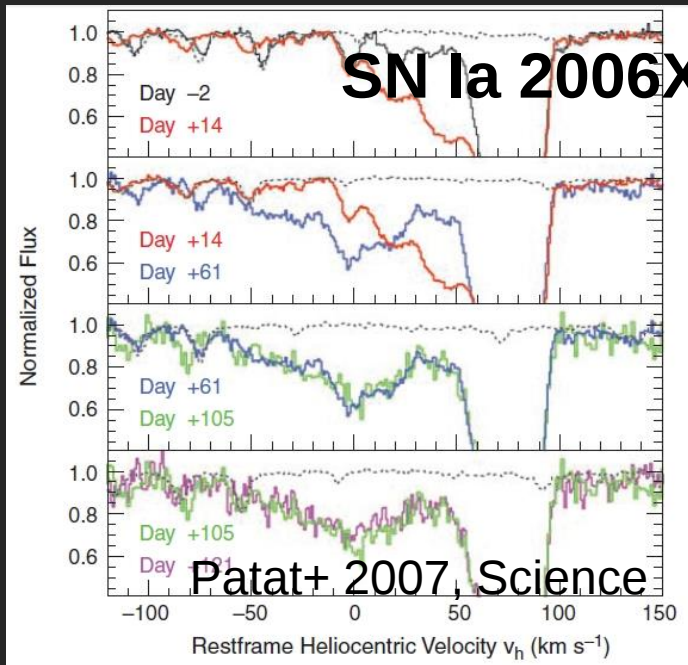


Single
Degenerate (SD):
⇒ **Dirty CSM**

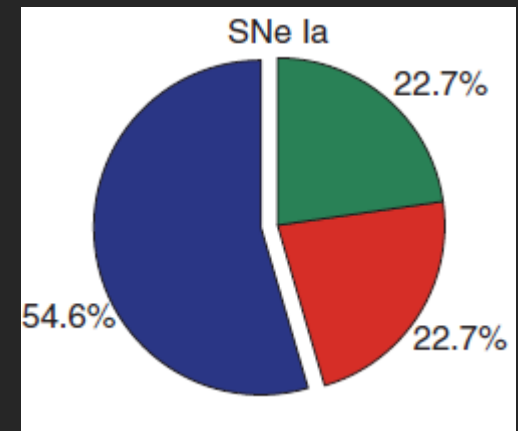
SD vs. DD = Ia型超新星の未解決大問題
判別する鍵はCSMの存在？

高分散分光で探るCSM

いくつかの超新星で時間変動が検出 ⇒ これらはCSM(?)



数十のIa型超新星で
Blueshiftを示す例 > Redshift
⇒ CSM outflowの証拠(?)

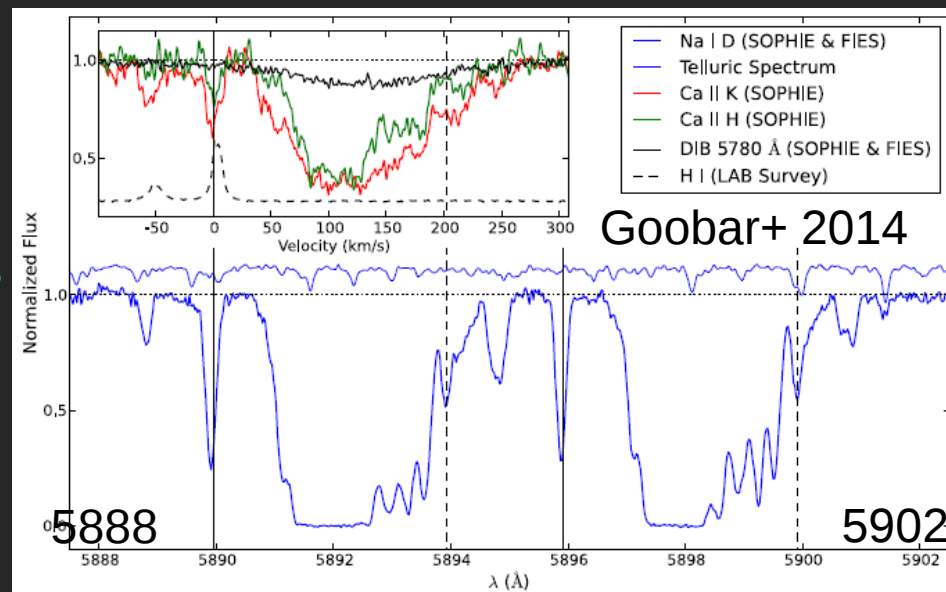
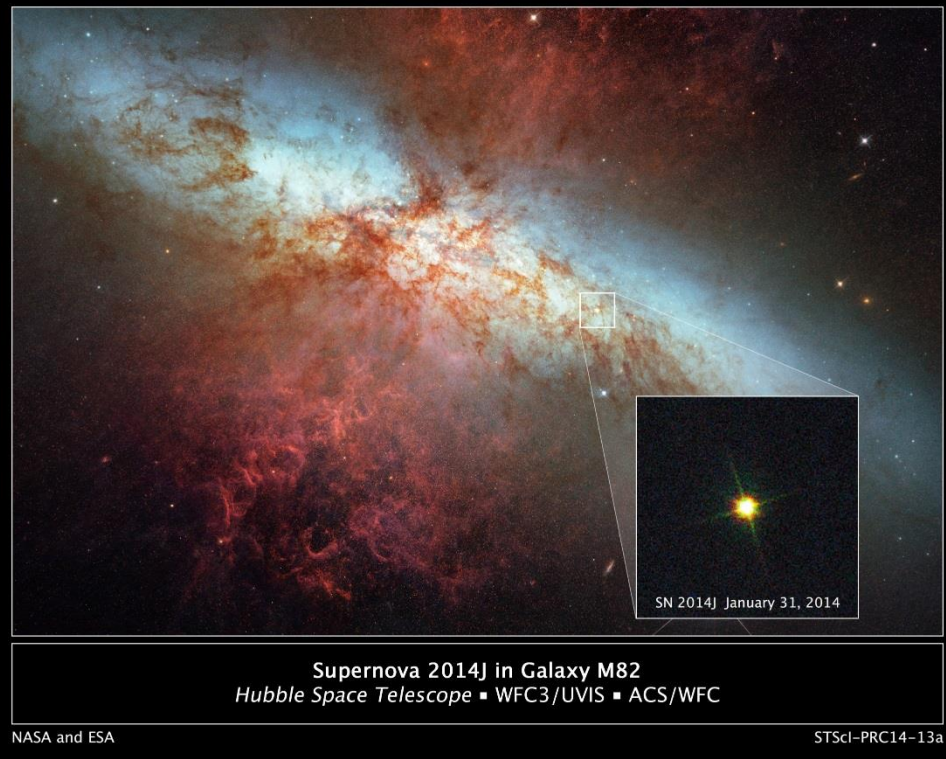


Steinberg+ 2011, Science

時間変動のない吸収線系の起源は謎。
統計的な議論が正しければかなりCSMが
混ざっているはず。

SN Ia 2014J in M82

- 距離 $\sim 3.6\text{Mpc}$:
 - 20年に一度の頻度。
- 2014年1月21日に発見。
- 爆発日時は1月15日(推定)。
- 2月2日に最大、 $R \sim 10.5$ 等。
- 世界中で追観測がなされる。
 - MeVガンマ線検出(Ia型初)。
 - 偏光の時間進化。
 - Mid-IR。
 - 高分散分光、などなど。



SN 2014Jの高分散分光

MJD	Phase	Telescope ^a	Instrument	Resolution	Wavelengths (Å)
56681.5	-8.9	GAO 1.5m	GAOES	~ 37,000	4,800 – 6,700
56684.6	-5.8	GAO 1.5m	GAOES	~ 37,000	4,800 – 6,700
56696.6	+6.2	OAO 1.88m	HIDES	~ 50,000	5,000 – 7,500
56703.5	+13.1	Subaru 8.2m	HDS	~ 50,000	3,700 – 6,400
56713.6	+23.2	OAO 1.88m	HIDES	~ 50,000	5,000 – 7,500
56735.5	+45.1	Subaru 8.2m	HDS	~ 50,000	3,700 – 6,400 6,400 – 8,500
56748.5	+58.1	GAO 1.5m	GAOES	~ 37,000	4,800 – 6,700
56755.5	+65.1	GAO 1.5m	GAOES	~ 37,000	4,800 – 6,700
59945.5	+255.1	Subaru 8.2m	HDS	~ 40,000	3,700 – 6,400

-9 to + 65 days (ToO)、+255 days (non-ToO)

群馬 GAOES: 本田、橋本 他

岡山 HIDES (ToO): 川端、森谷 他

すばる HDS (DDT): 田実、田中 他

すばる HDS: 前田、田実 他 (open-use, S14B + 15A, 4 nights)

SN 2014Jの高分散分光

Submitted to ApJ

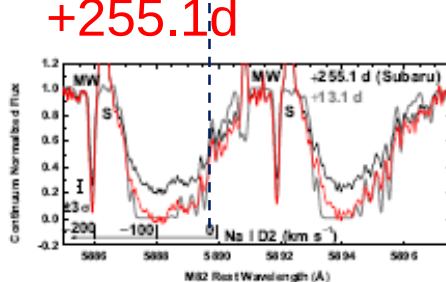
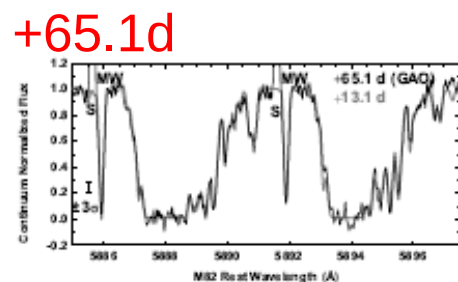
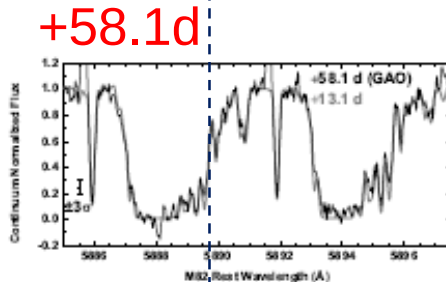
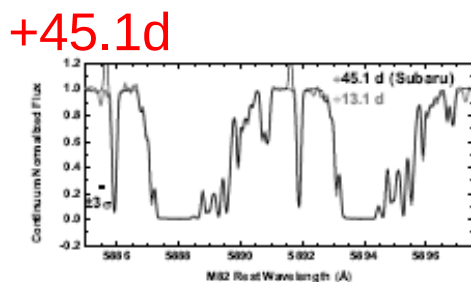
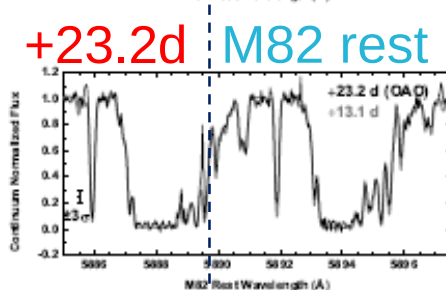
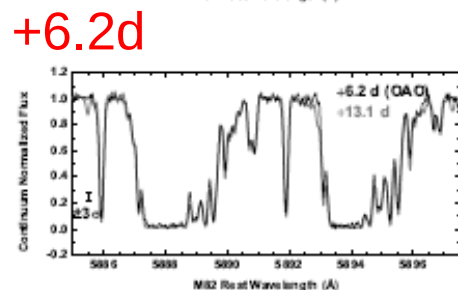
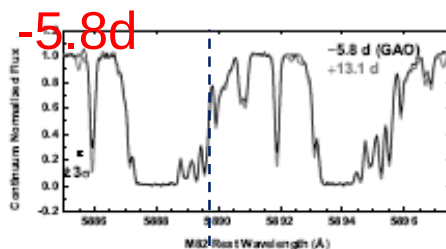
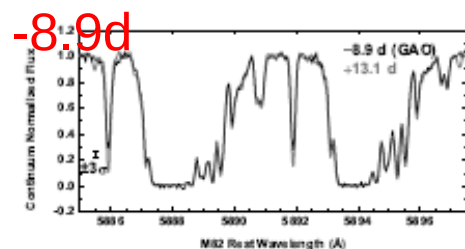
Sodium Absorption Systems toward SN Ia 2014J Originated in Interstellar Scale²⁰

K. Maeda^{1,2}, A. Tajitsu³, K.S. Kawabata^{4,5}, R. Foley⁶, S. Honda^{7,8}, Y. Moritani^{2,4}, M. Tanaka⁹, O. Hashimoto⁸, M. Ishigaki², J. Simon¹⁰, M.M. Phillips¹¹, M. Yamanaka^{12,13}, D. Nogami^{1,13}, A. Arai⁷, W. Aoki⁹, K. Nomoto^{2,19}, D. Milisavljevic¹⁴, P.A. Mazzali^{15,16}, A.M. Soderberg¹⁴, M. Schramm^{2,17}, B. Sato¹⁸, H. Harakawa^{9,18}, N. Morrell¹¹, N. Arimoto³

Take away:

- SN 2014Jの吸収線系は複雑、主に**blueshift (CSM候補)**。
- 一方、**250日以上**のタイムスケールで**変動なし**。
- この吸収線系は**すべてISM起源**であることを**明確に**示した。
- 個々の超新星について、**時間変動のない**吸収線成分の起源が明らかになったのは**初めて**。統計的な議論は正しいのか？

No Na ID Variability up to +65 day



Na IDは時間変動を示さない。

+30日まで確認されていた。

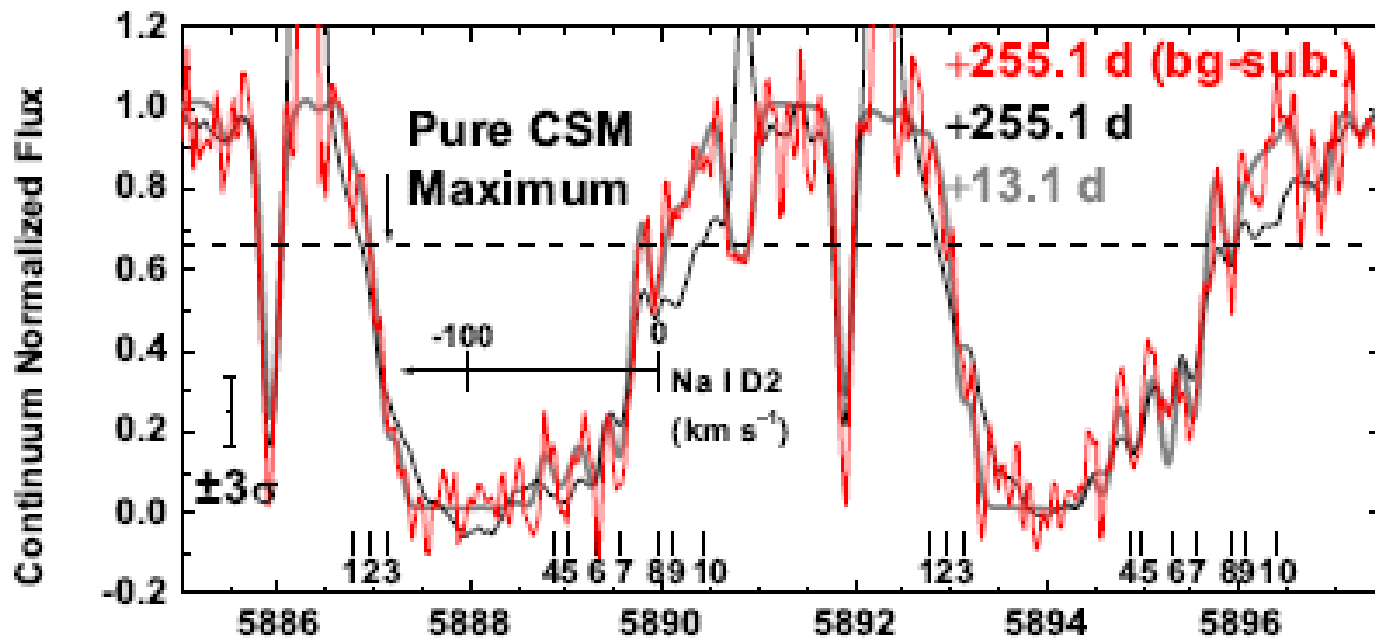
Foley+2014, Ritcy+2015

+65日でも時間変動無し。

+255日のデータは後述。

後期(> 200日)の高分散分光の初めての例。

No Na ID time variability even at +255 days

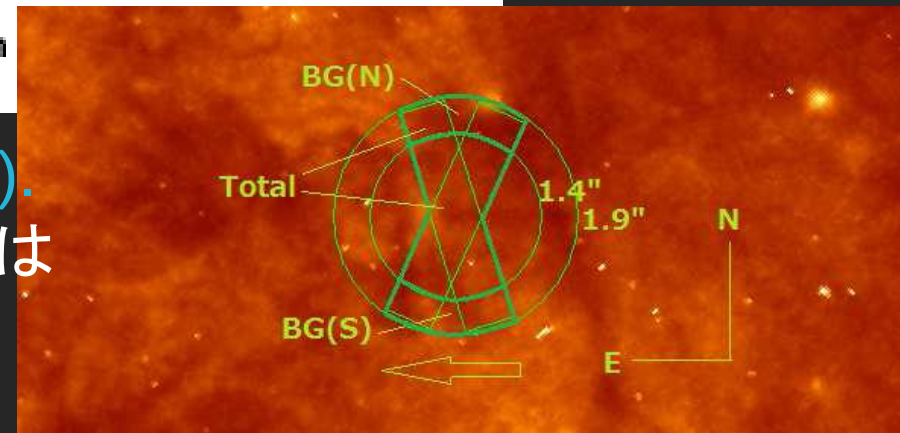


Slit setup on a pre-HST F555W image

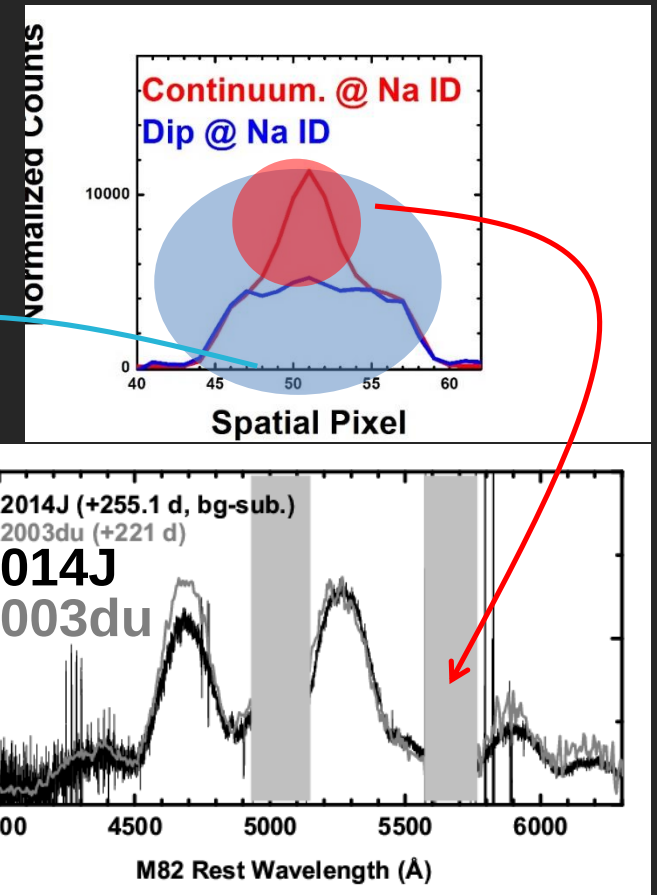
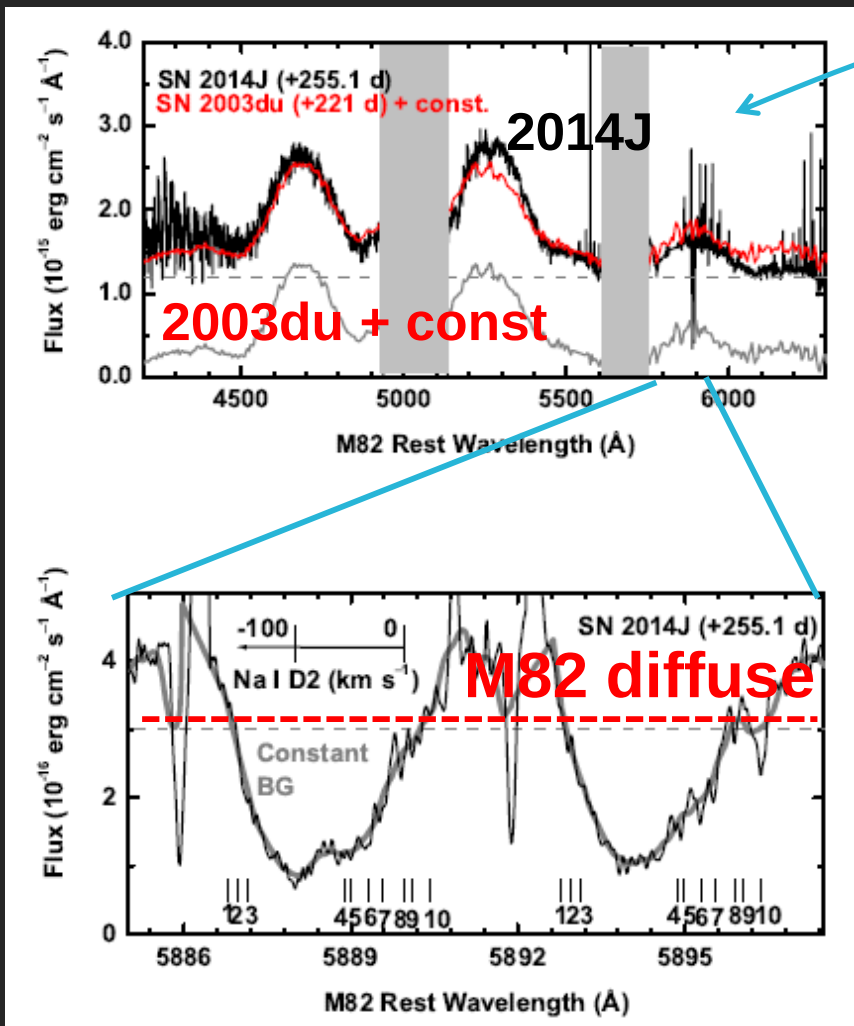
KM+, in prep

M82 Rest Wavelength

Subaru/HDS observation (PI: KM).
S/N ratio は低いものの、時間変動は
見られない。
Negative for CSM.



吸収線系はすべてISM起源

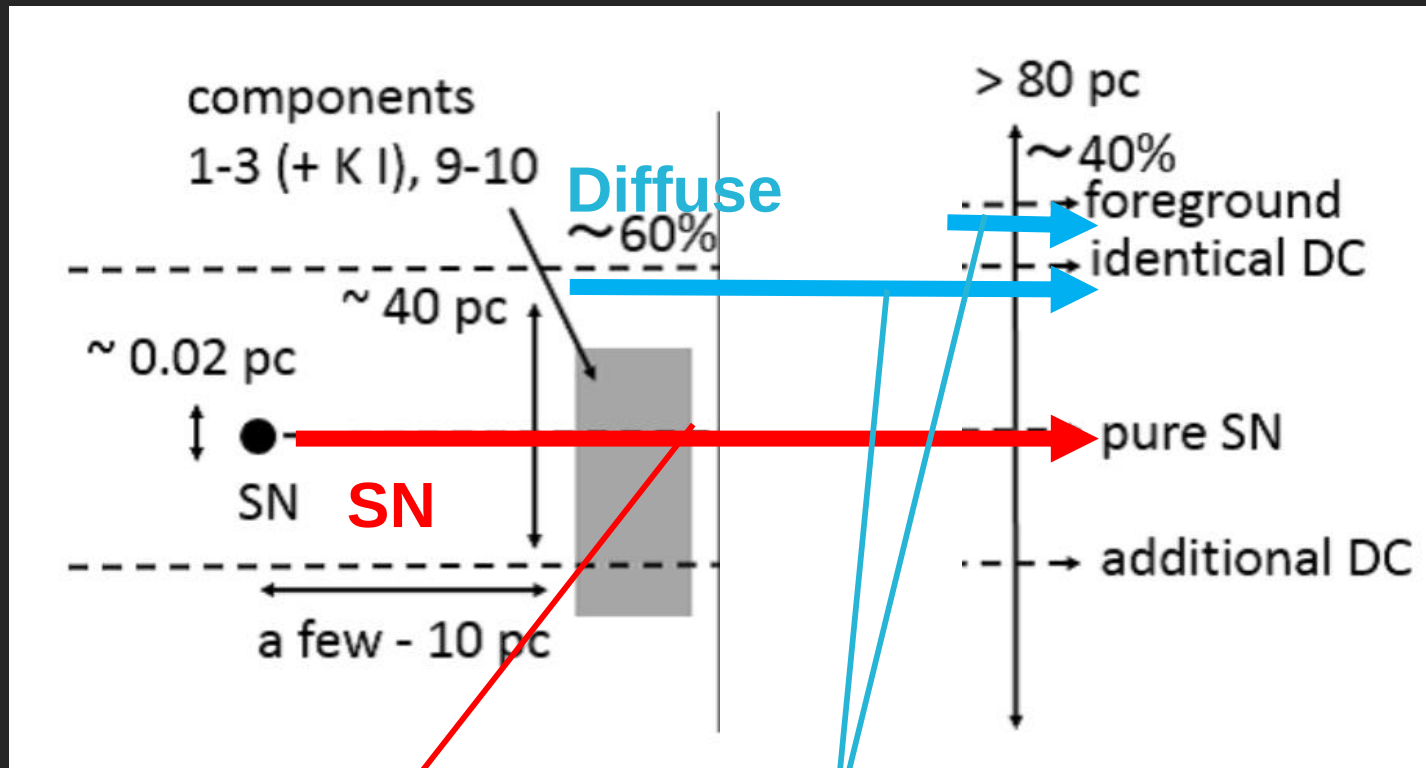


超新星に固有な吸収源は、背景 diffuse より深い吸収線は原理的に作れない。

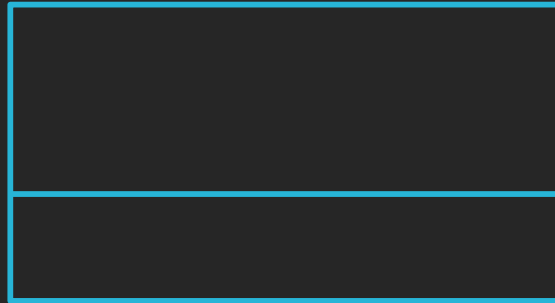
⇒ 超新星の視線方向に沿った吸収線系と diffuse 吸収線系は同一。

Strongly against CSM.

SN 2014Jの吸収線系の起源 = CSM ×



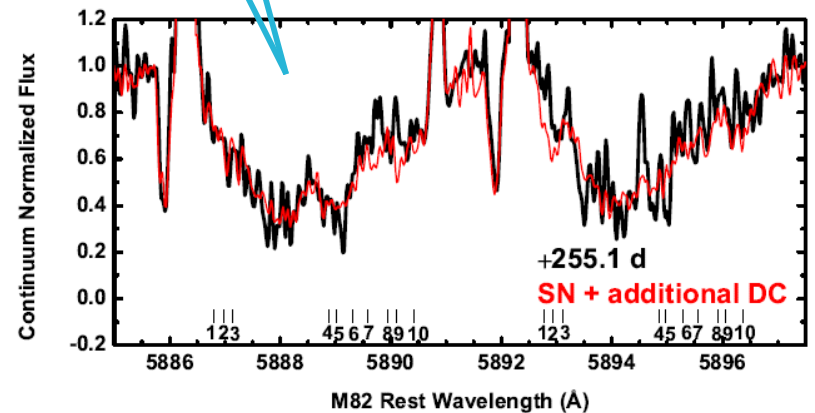
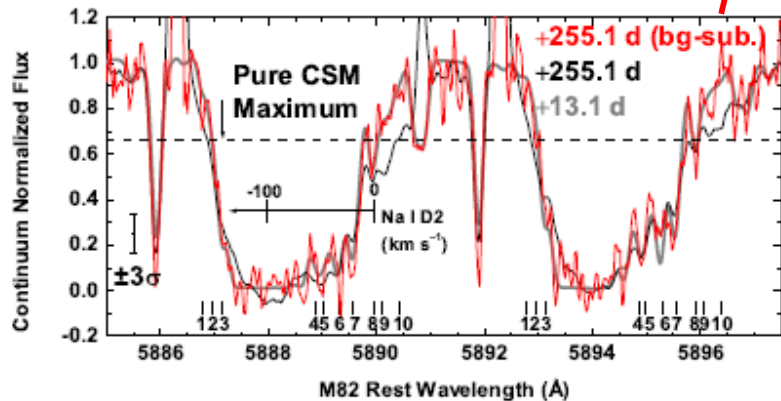
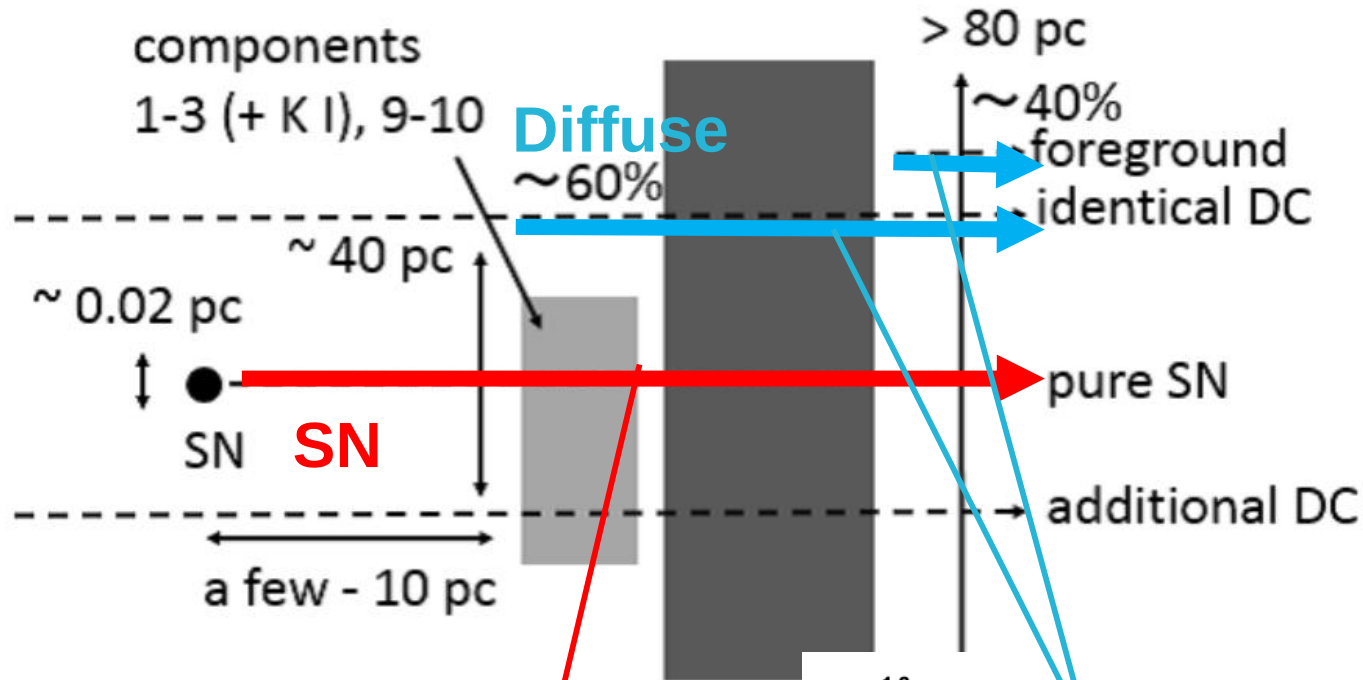
+



=



SN 2014Jの吸収線系の起源 = ISM



Summary & Remarks: SN 2014JのCSM

- CSM起源の吸収線系は存在するか？⇒No。
 - 個々の超新星について、時間変動がない成分の起源を明確にした初めての例。
 - SN 2014Jは複雑なblueshift構造を持つ吸収線系を示したにも関わらず、これらはすべてISM起源である。
 - 今後統計的な“Blueshift vs. redshift⇒CSM”の議論を深める基礎になる。
- CSMの兆候は見られたか？⇒No。
 - 偏光：時間変動なし、UVにpeak。Kawabata+ 2014.
 - IR: ダストエコー検出無し。KM+ 2015, Johansson+ 2015.
 - 電波+X線：SNとCSMの衝突の兆候無し。Margutti+ 2014.

SN Ia CSM研究の今後(個人的展望)

- S14B-S15A: Subaru/HDSでの観測 (fixed windows)。
 - First paper on SN 2014J. Further analysis on going (田実さん達と).
 - やはり時間進化は重要。今後はToOモード? (⇒ S16A)
- 3.8mならToOもやりやすい？
 - 最低15等台まで行けないときつい。これより明るいもの(年に1-2天体)をintensiveにやる？
 - 低分散でextinctionの激しいものを狙うのもあり。たとえば、SN Ic 2012apの吸収線系のDIB時間変動(Milisavljevic+ 2014)。
- 別の診断としては、可視偏光、NIR撮像。
 - むしろNIR撮像などは3.8m向き？ JHKで21等くらいが最低必要。
 - Subaru/IRCS S12ABなど(本原さん達と) ⇒ 復活狙う？