

超新星で探る
ダークエネルギー

野本憲一 (東京大学)

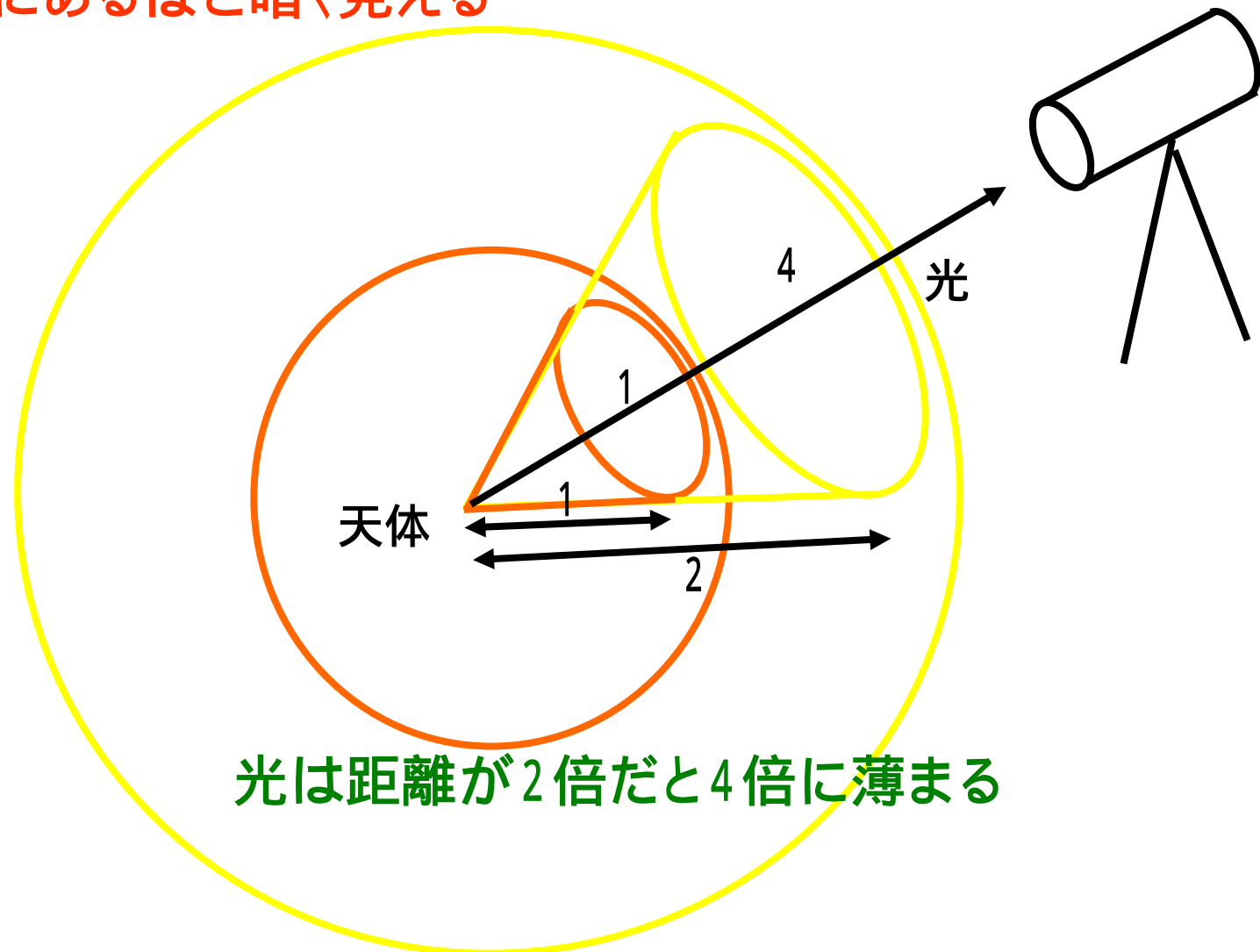
Supernovae

天体の見かけの明るさ

距離の二乗に反比例

単位面積あたりに来る光の量

遠くにあるほど暗く見える



光は距離が2倍だと4倍に薄まる

超新星で宇宙を測る(天体までの距離)

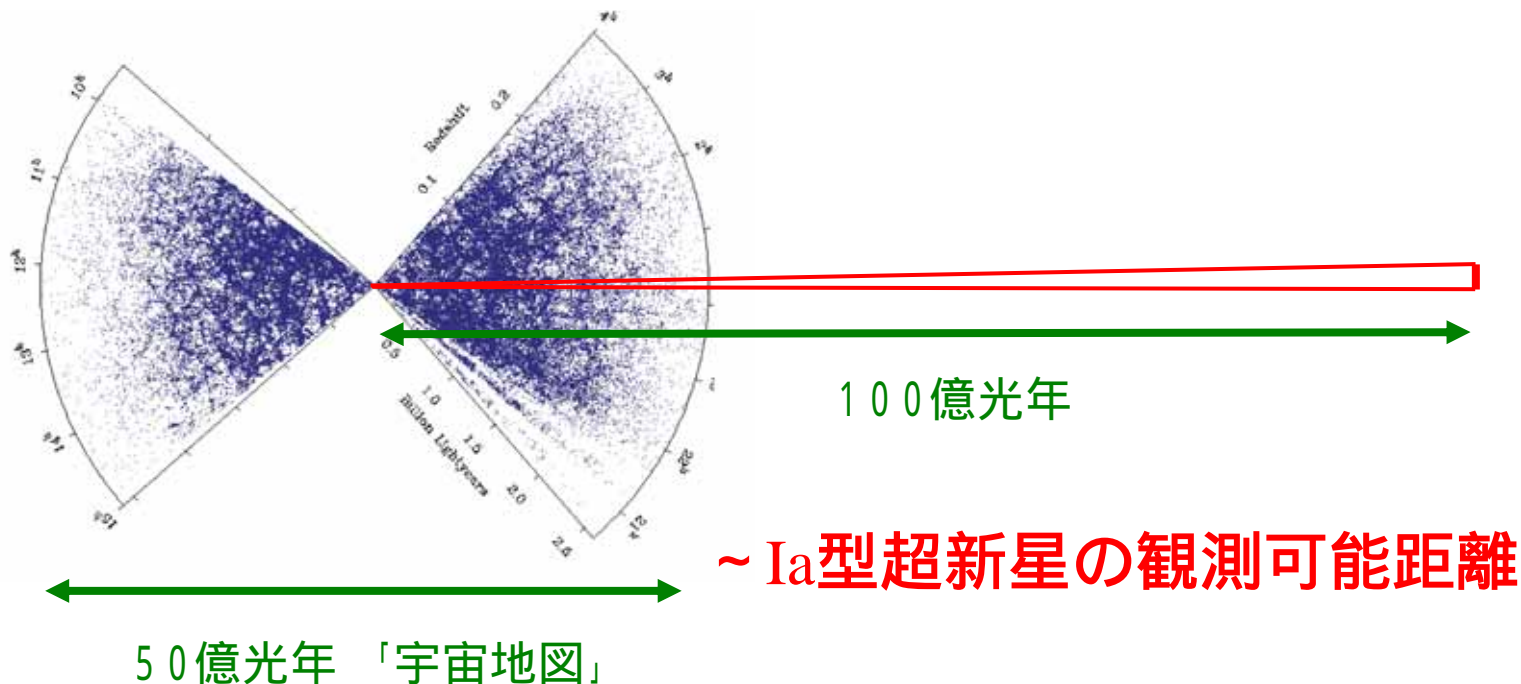
惑星の運動・レーダー : 太陽系近傍

三角測量(年周視差) : ~約1000光年

星団の星の色と明るさ : ~約10000光年まで

変光星の周期明るさの関係 : ~約5000万光年

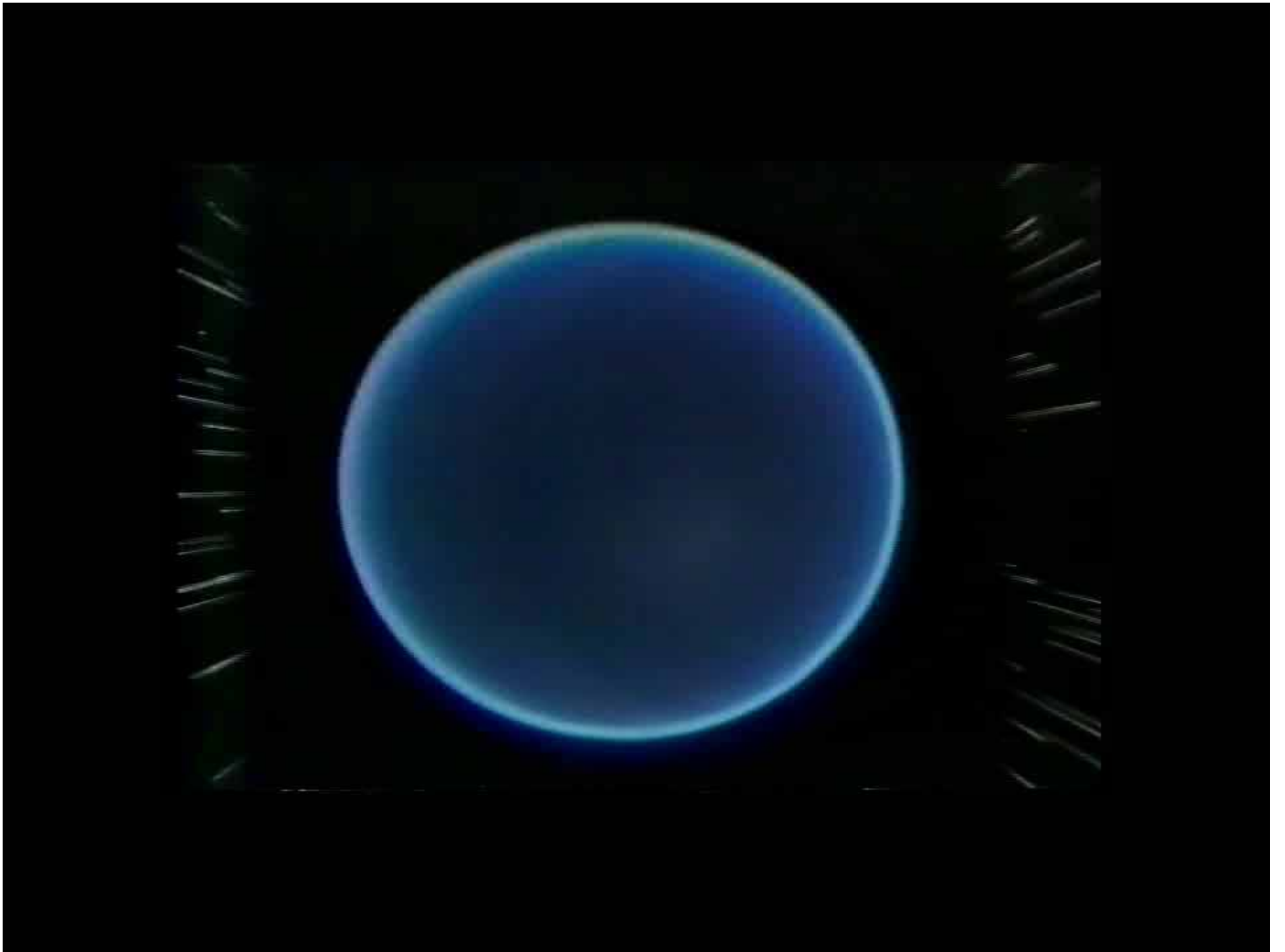
Ia型超新星の明るさ : ~約90億光年



超新星は精度良くたいへん遠方まで測定可能





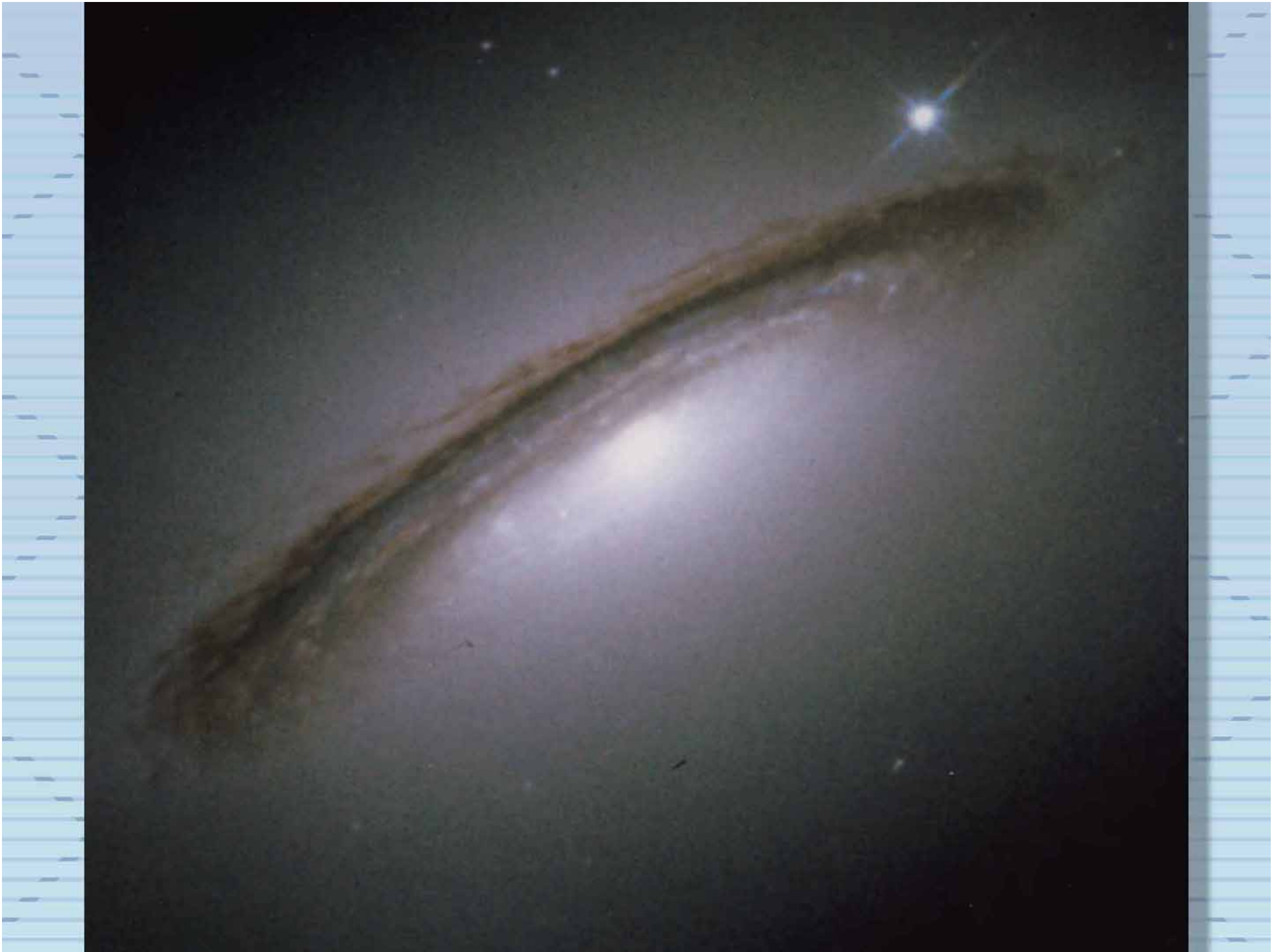






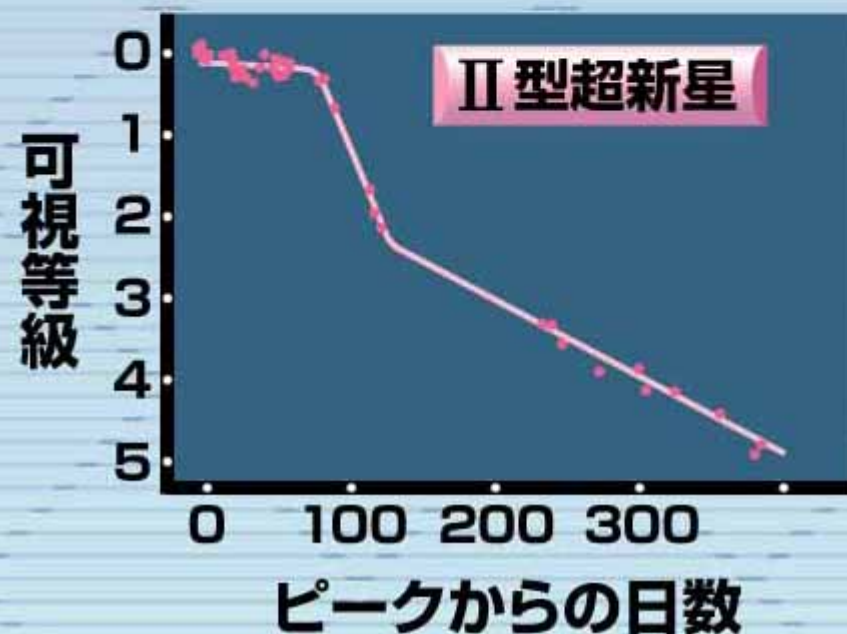
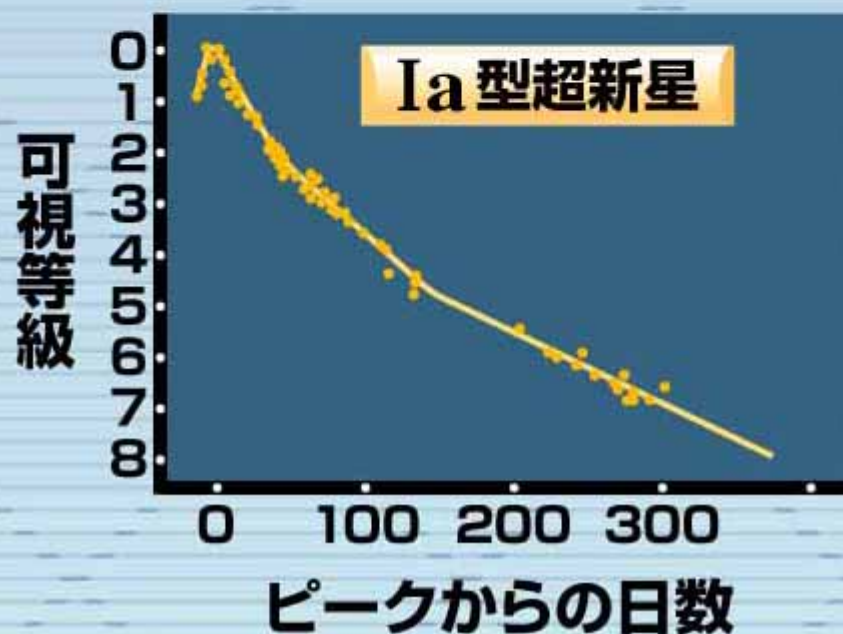
小柴昌俊名誉教授ノーベル賞受賞記念



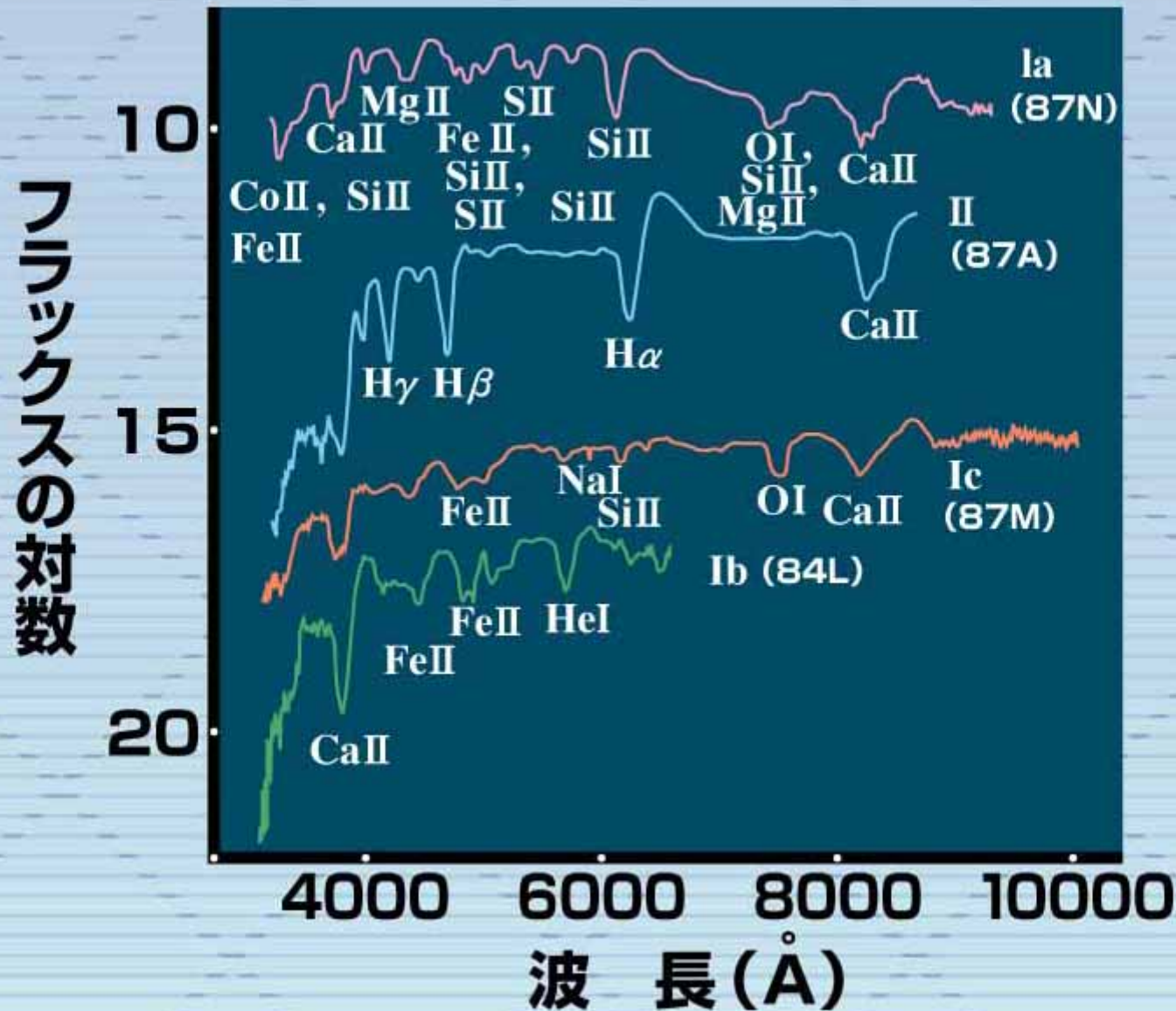


超新星のタイプ

	スペクトル	光度曲線
大質量星の重力崩壊 → II 型超新星	水素あり	プラトー型
白色矮星の核爆発 → Ia 型超新星	水素なし	指数関数型



超新星のスペクトル (最大光度付近)

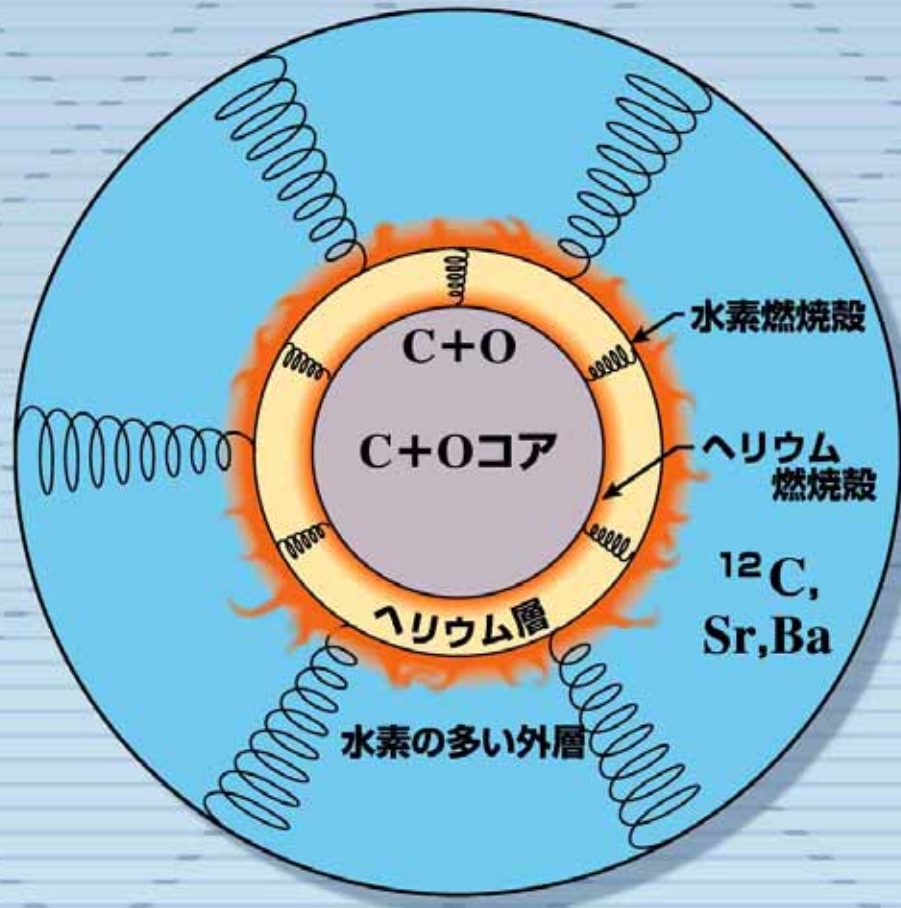




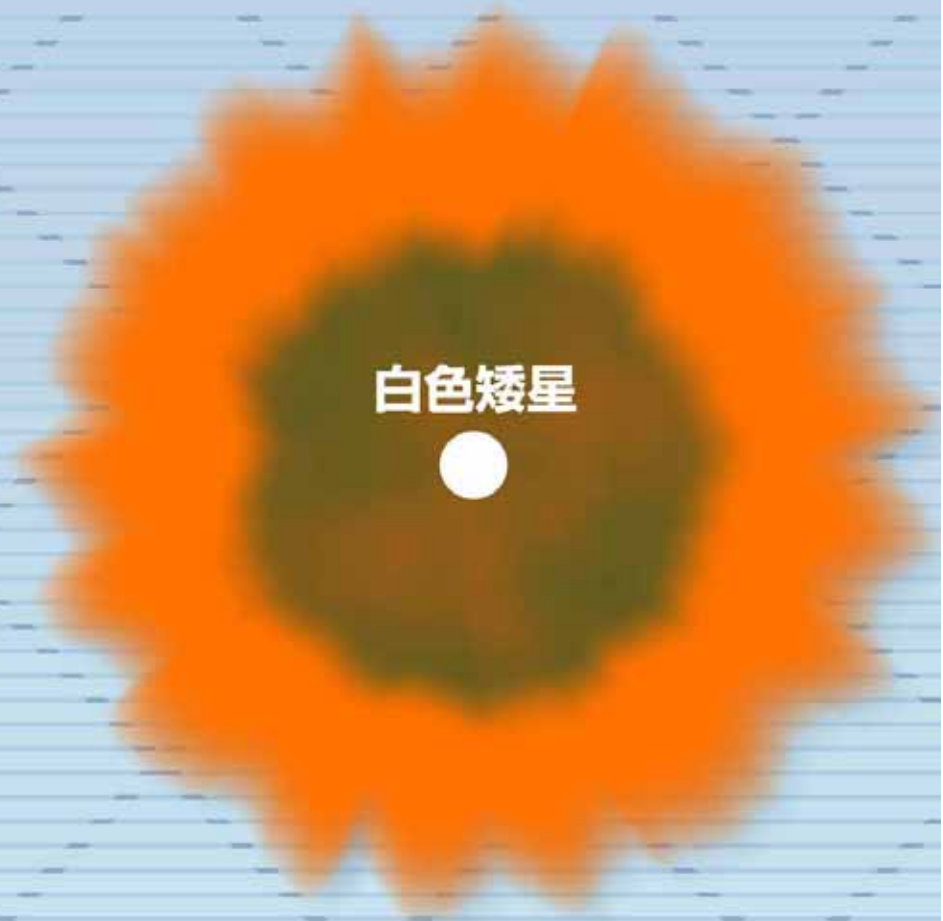


リング星雲

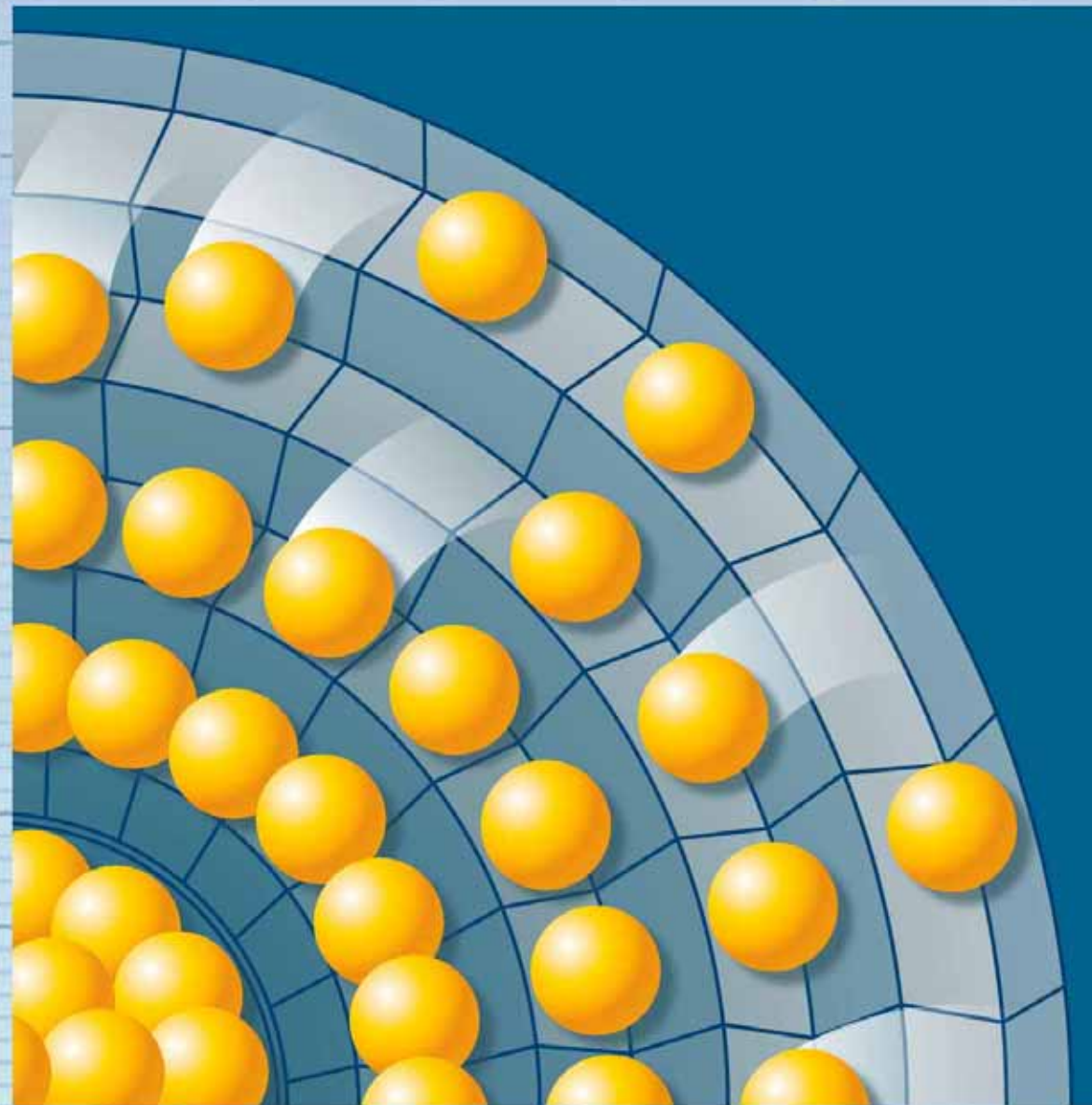
炭素の合成



惑星状星雲の形成



縮退する電子



白色矮星

☀ 質量 $0.6 - 1M_{\odot}$

☀ 半径 $\sim 0.01R_{\odot}$

☀ 中心密度 $\sim 10^9 \text{ kg/m}^3$

☀ 電子の縮退圧で重力とバランス

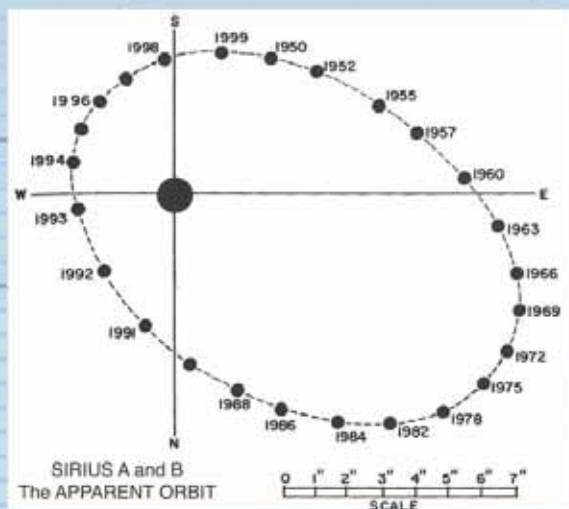
☀ 最大質量 $1.4M_{\odot}$

『チャンドラセカールの限界質量』

白色矮星



シリウスと伴星（白色矮星）



シリウスと伴星の軌道

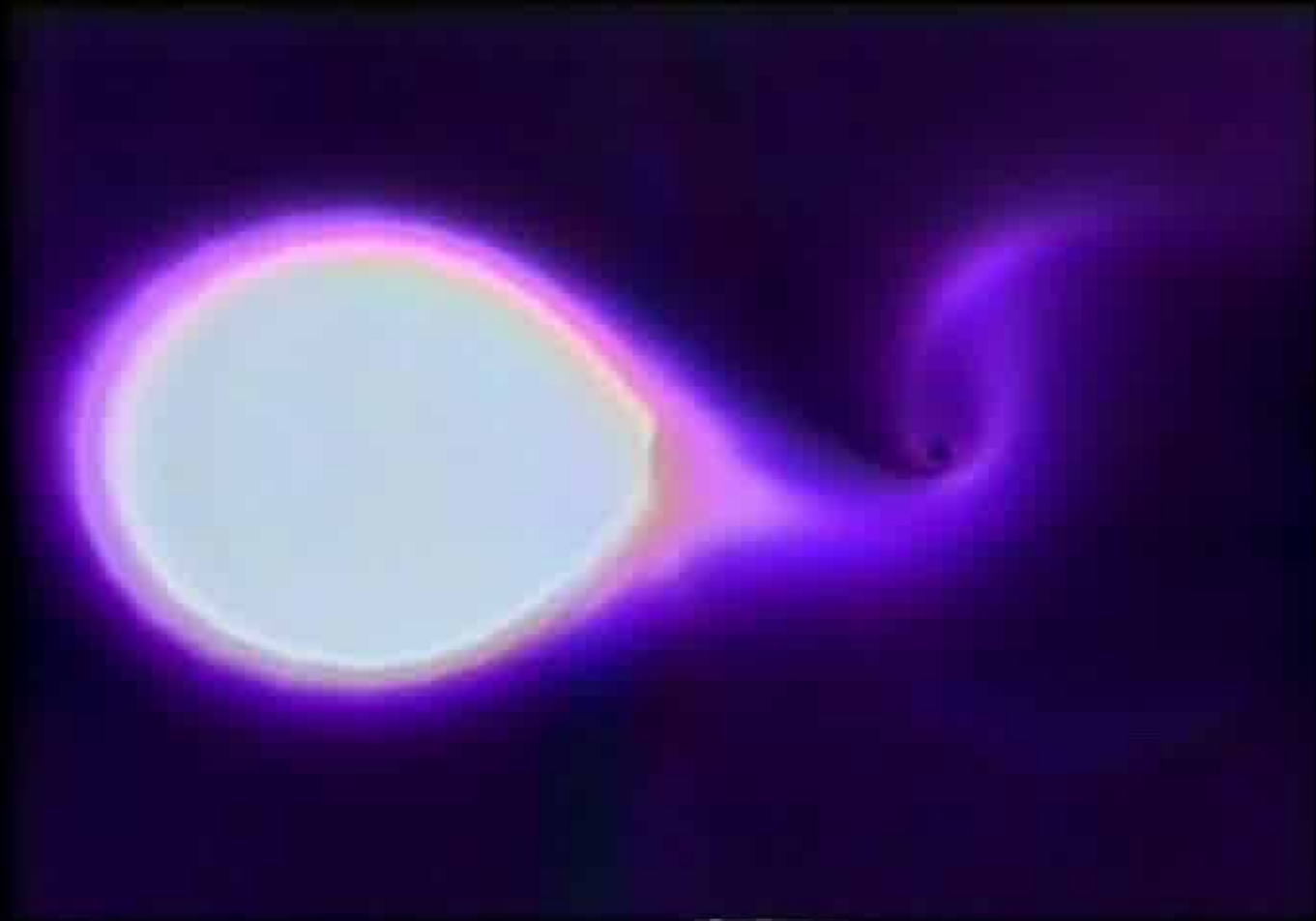


X線で観測したシリウスと伴星
（白色矮星）

資料/NASA

連星系と降着円盤





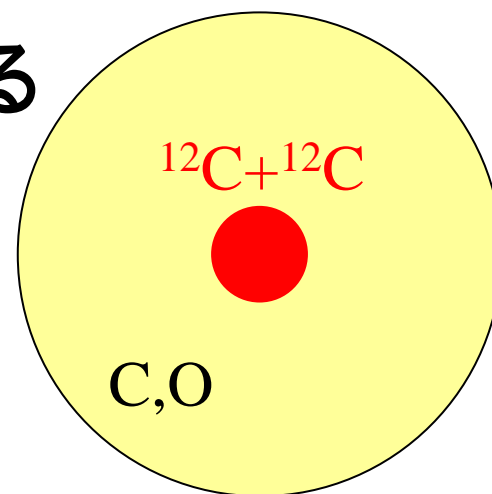
白色矮星の核爆発 Ia型超新星

- 質量の増加 **チャンドラセカールの限界質量**

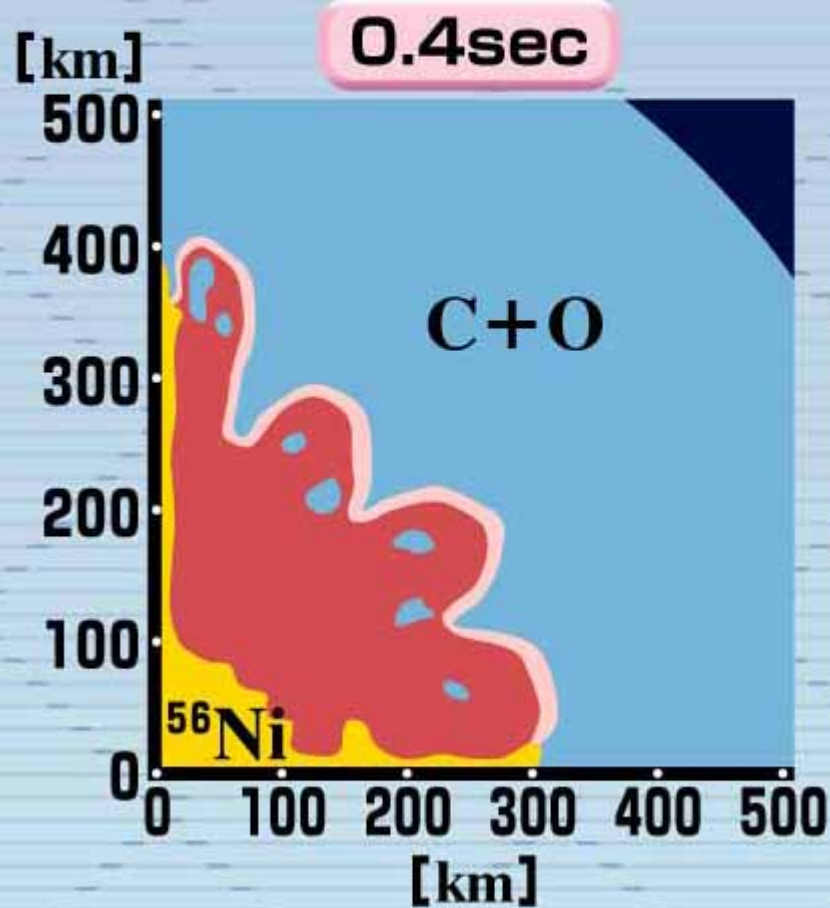
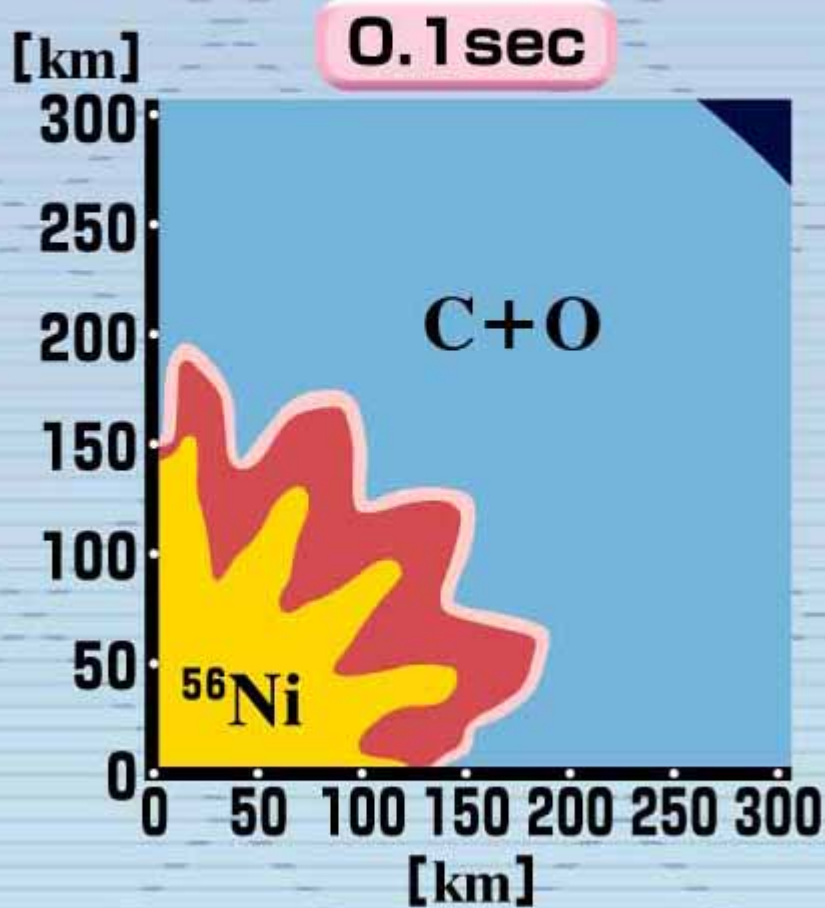
中心で $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$ の核融合反応が点火

燃烧波が爆発的に燃え広がる

炭素爆燃型超新星



白色矮星中の爆燃波



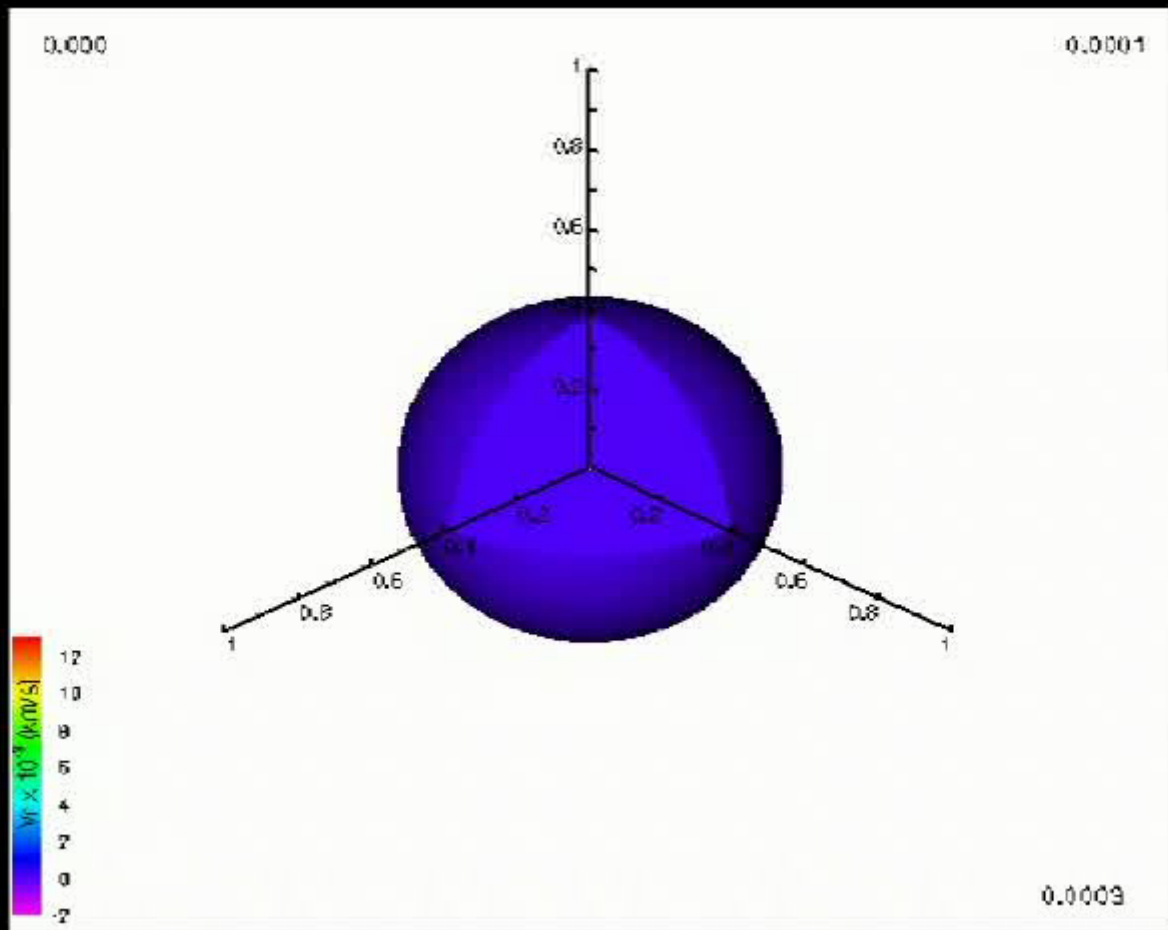
Niemeyer-Hillebrandt('95)

X-Z

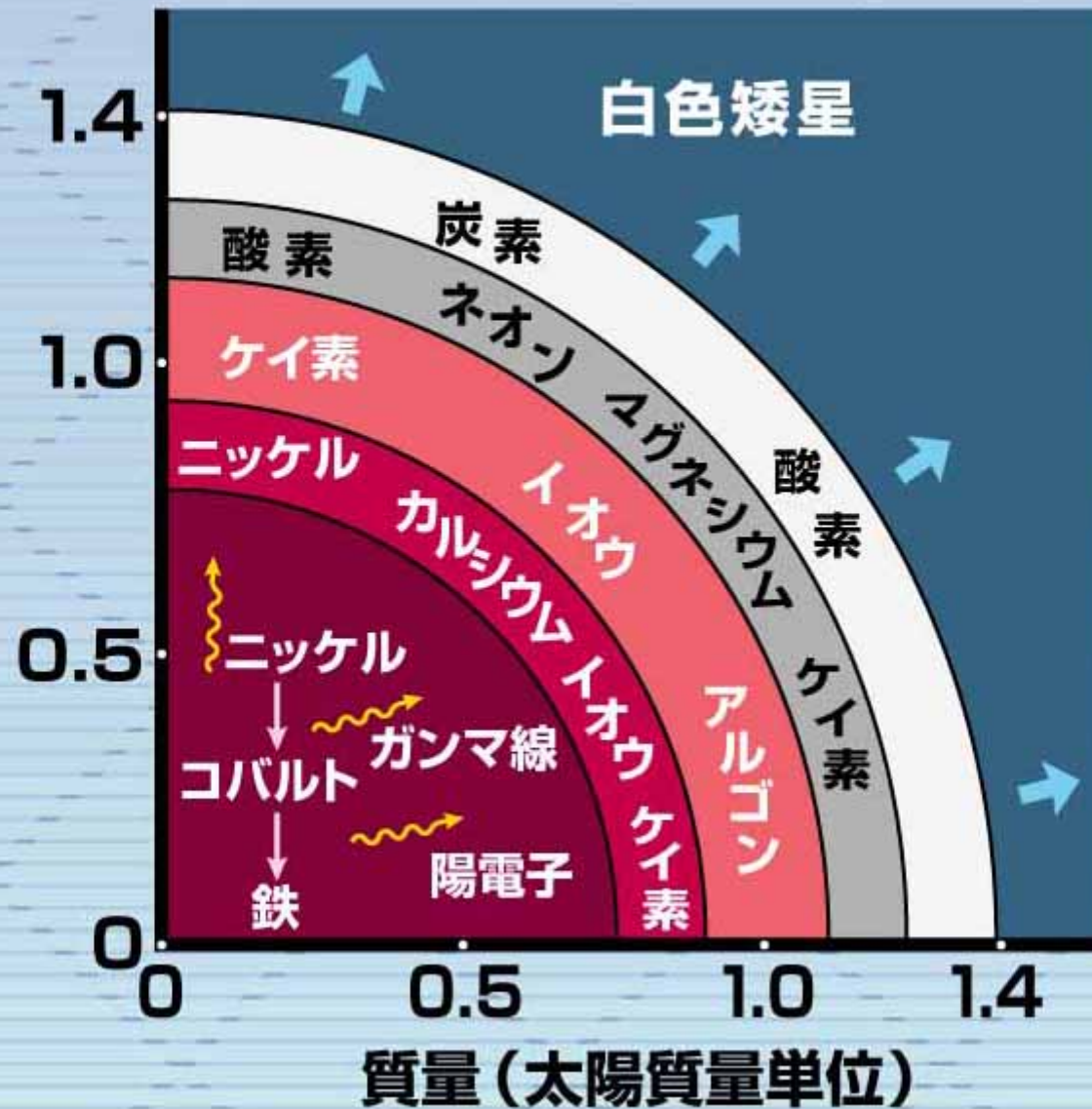


Y-Z

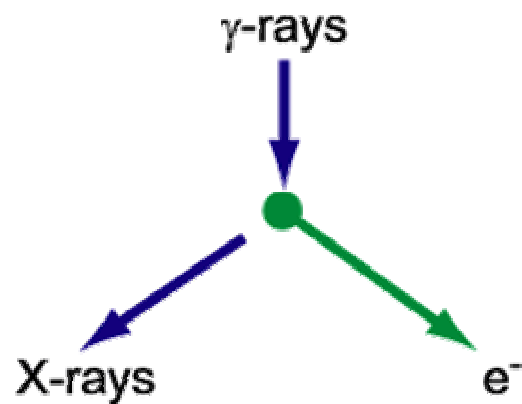




Ia型超新星の元素合成

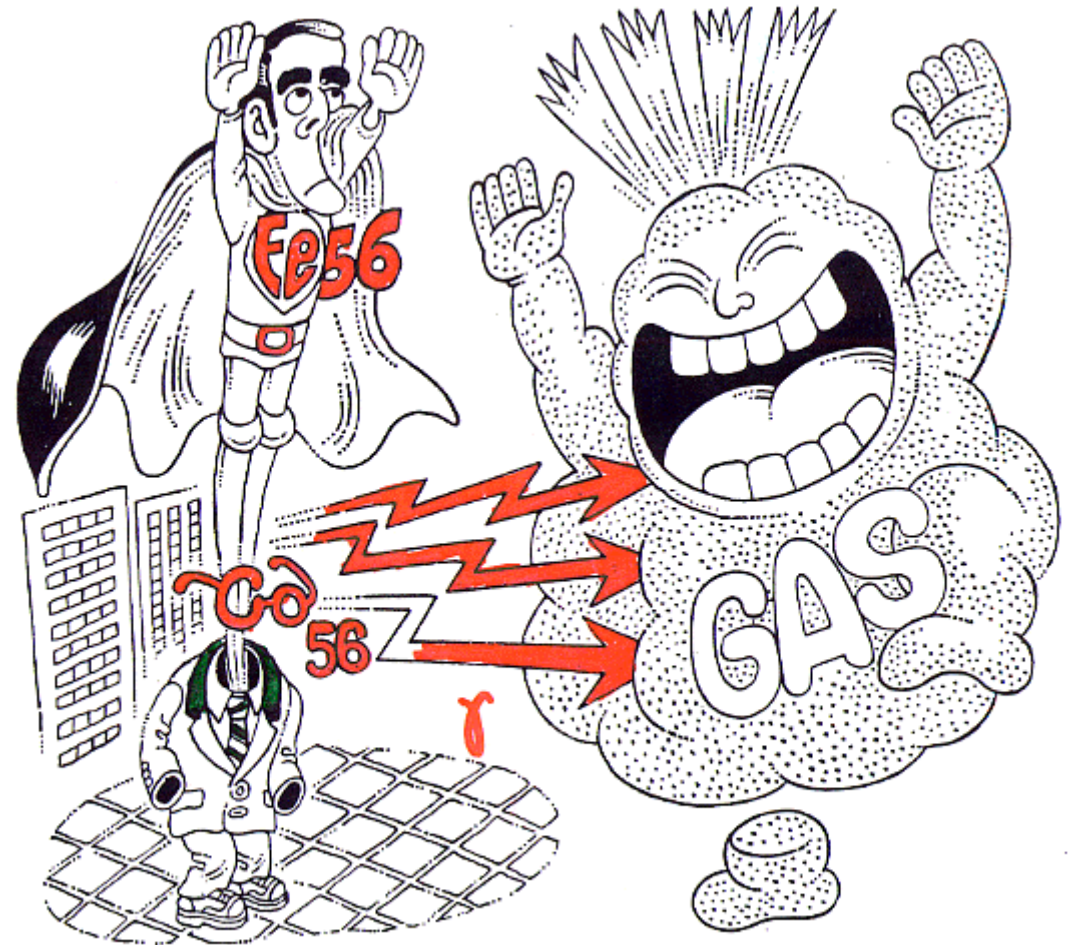


放射性元素 ^{56}Ni , ^{56}Co の崩壊



Photoabsorption Excitation/Ionization

$L \ll M(^{56}\text{Ni})$
Shape: M_{ej}



© Haruyo Nomoto

Ia型超新星の 光度曲線(明るさの時間変化)

明るさほぼ一定だが
実はばらついている

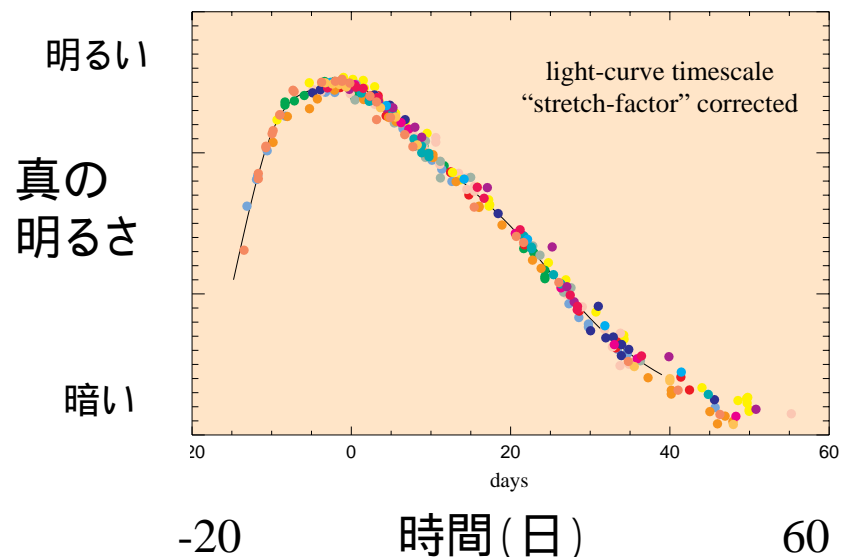
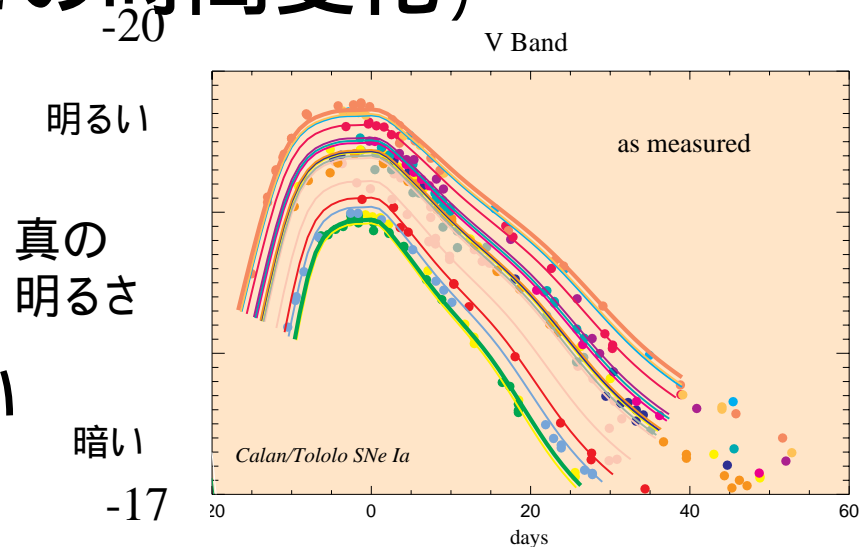
明るい ゆっくり暗くなる

理由はまだよくわかっていない

暗くなる速さを使って補正

十分一定 (~10%以内)

精度良い距離測定可能



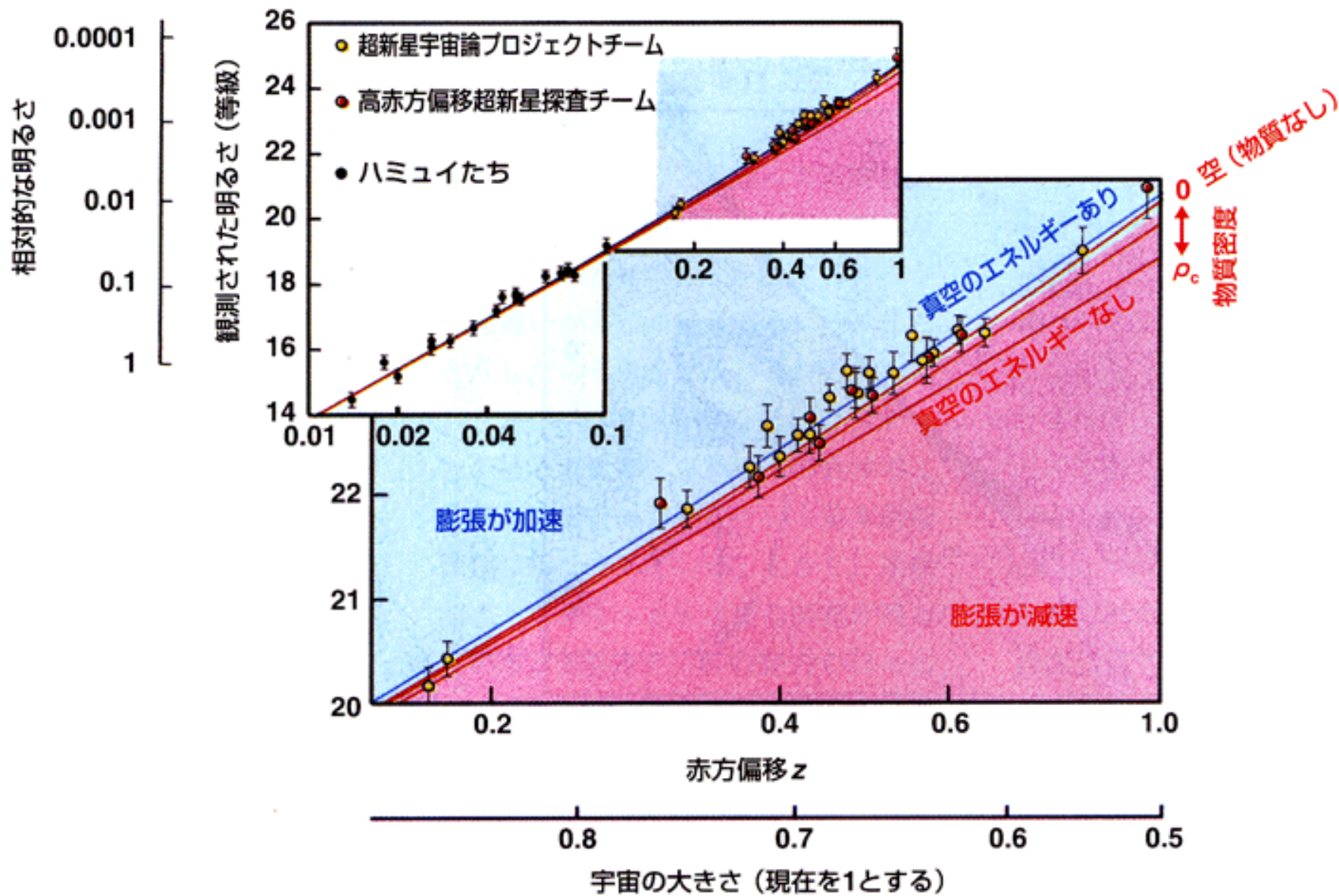
Ia型超新星の利点

1. 明るさほぼ一定

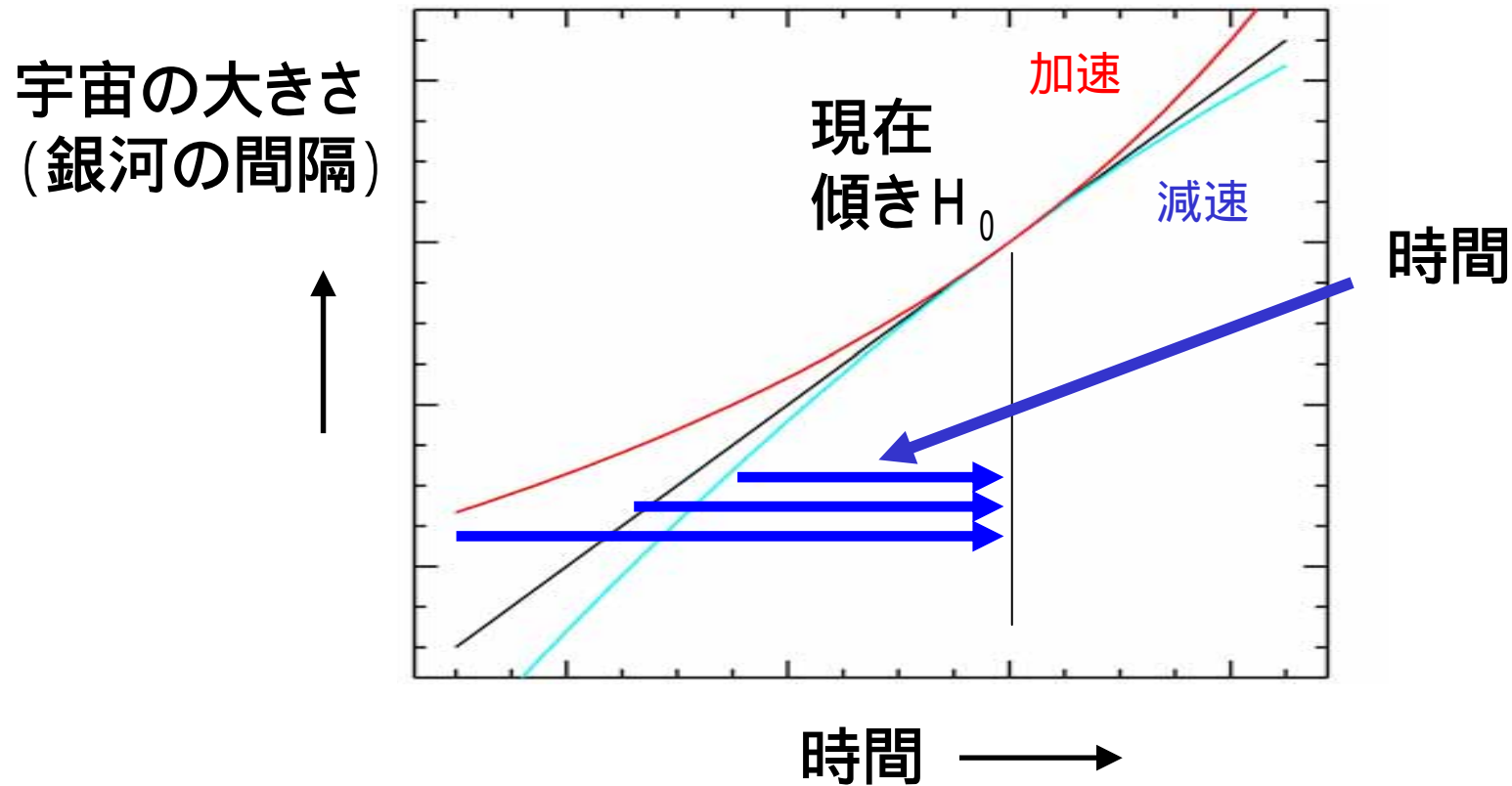
- 爆発する白色矮星の明るさほぼ一定 $\sim 1.4M_{\text{sun}}$
(チャンドラセカールの限界質量)
放射性元素 ^{56}Ni の質量 ほぼ一定 $\sim 0.6M_{\text{sun}}$

2. 銀河に匹敵する明るさ

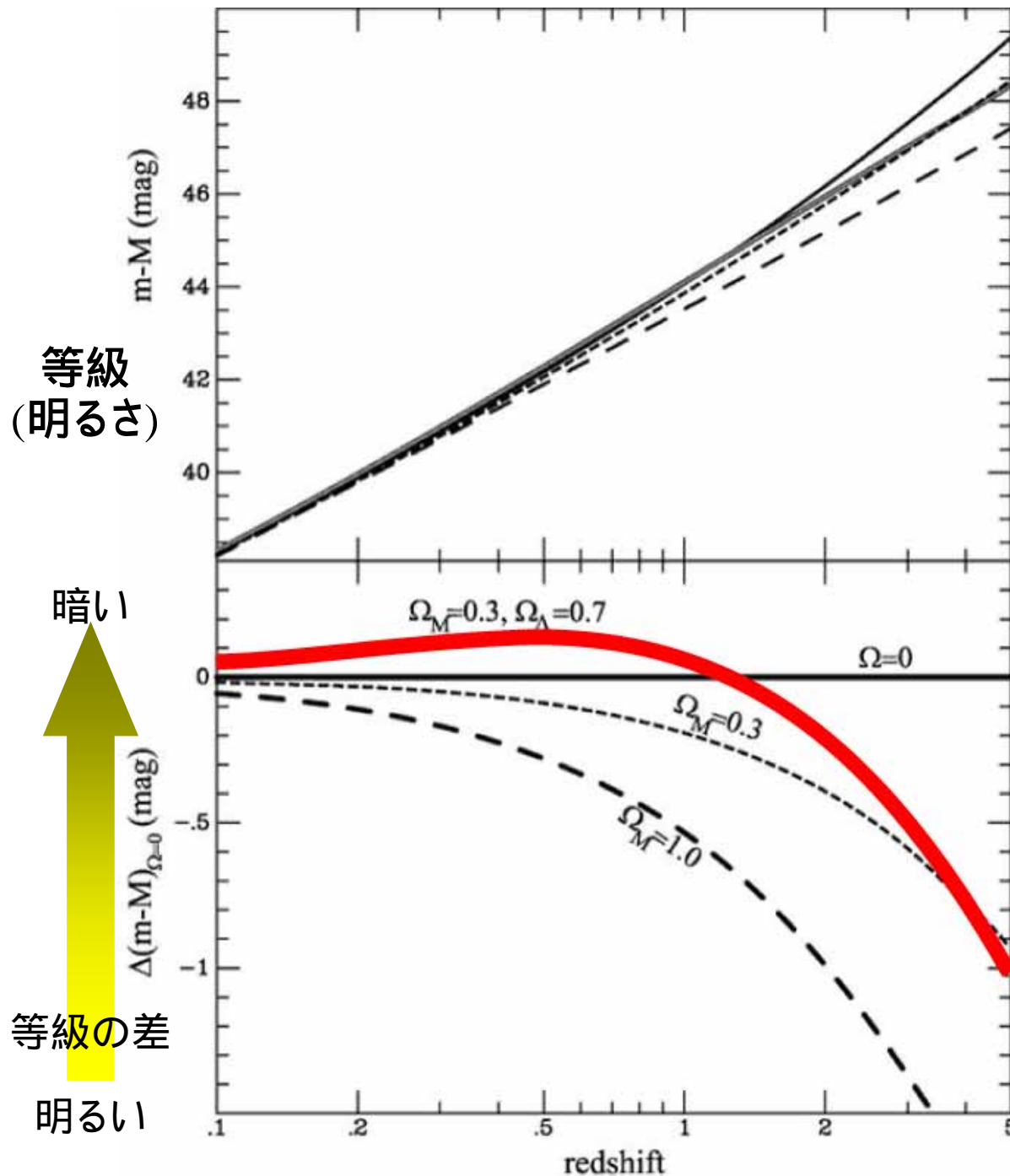
- 遠方の超新星の観測が可能
- 宇宙膨張の「速さの変化」が測れる



宇宙膨張の速さが変化していると



宇宙膨張が**加速** (**減速**) していると
天体からの光が届く時間が**長い** (**短い**)
距離が「**遠い** (**近い**)」
(距離) = (光速) × (時間)
見かけの明るさが「**暗い** (**明るい**)」

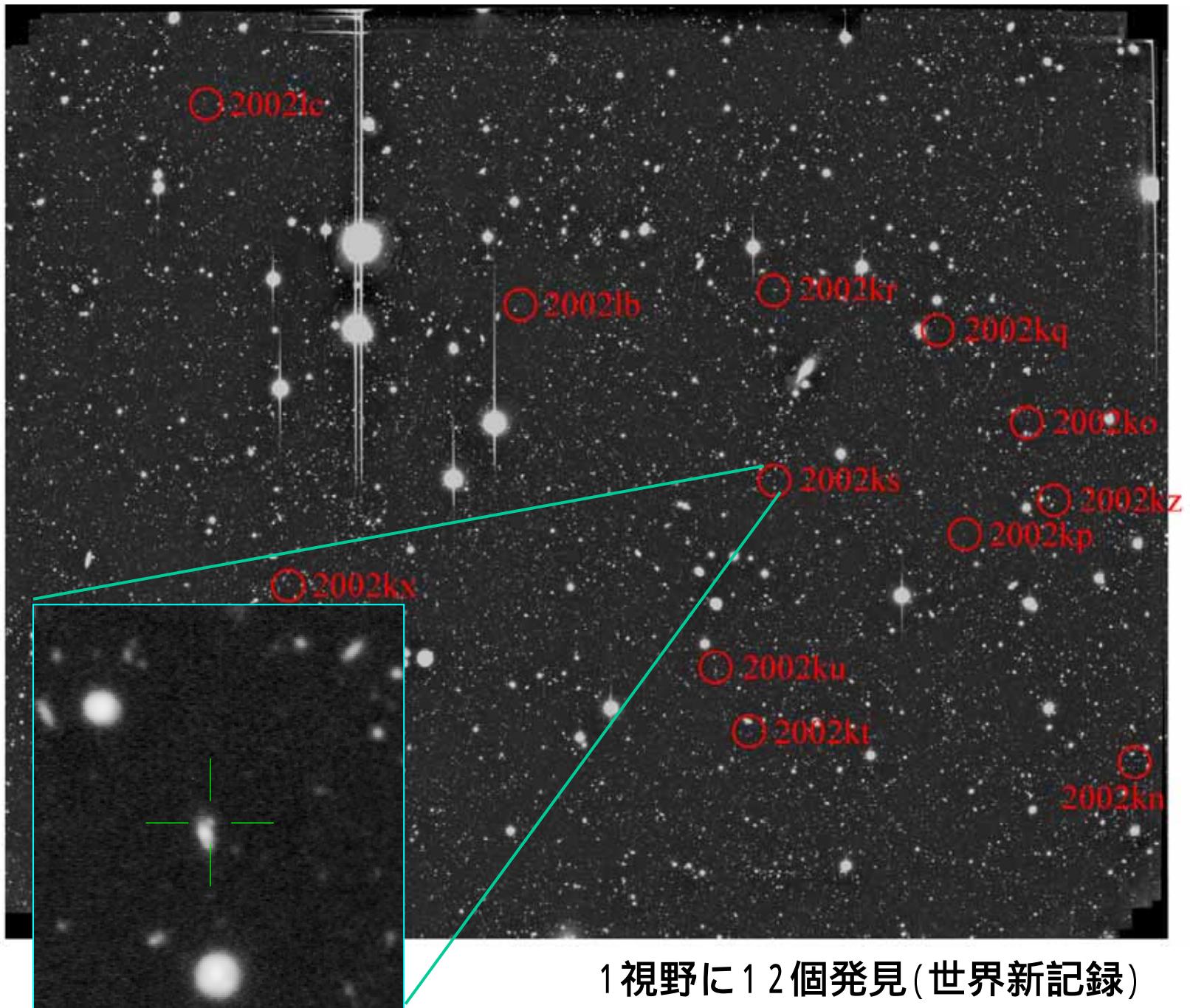


Ω_M : 物質の密度(引力)
 Ω_Λ : ダークエネルギー密度(斥力)

$\Omega=0$ が
 空っぽの宇宙に対応







朝日新聞

夕刊

©朝日新聞社 2003年
 〒104-8011 東京都
 発行所 中央区豊洲5丁目3番2号
 朝日新聞東京本社
 電話 03-3545-0131

すてきな藤家具専門店



マダムロタン目黒
 東京都目黒区柿の木坂1-1-6
 ☎03(3724)1339
 AM10:00~PM7:00(年中無休)
<http://www.madamrotanmeguro.com/>

人は分か
 誰にも理解
 孟司さんの
 ×
 「金魚の
 フン然」大
 うのに野党

宇宙の運命 これで分かる?

超新星18個発見

ハワイにある国立天文台のすばる望遠鏡が、数十億光年先にある超新星18個を発見した。土居守・東京大助教(観測的宇宙論)らのグループが29日に発表した。宇宙が膨張する様子の分析に適した距離にあり、これらの超新星を今後、何度か観測すれば、「宇宙が加速膨張しているか」という宇宙の運命をめぐる議論が決着がみられると期待されている。

ハワイ・すばる望遠鏡

超新星は、星が最後に起こす大爆発。今回の18個は、いずれもくじら座の周辺でみつけた。推定距離は40億〜70億光年。うち12個は1枚の画像に写っていた。口径8.1メートルのすばる望遠鏡は、膨張の仕方を決ま



観測可能に

膨張を続けるか 収縮に転じるか

その速度が減速している場合、膨張が止まって収縮に転じ、やがて宇宙がつぶれてしまう可能性もある。宇宙年齢を137億歳とした米航空宇宙局(NASA)の今年2月の発表は加速説を支持したが、試算は間接的な推計にとどまっていた。膨張速度の変化をより直接的に求めるには、数十億光年以上遠方で、距離も明確な超新星の明るさの変化を調べなければならない。しかし、こうした超新星は暗くて観測が難しく、これまで数個しか見つかっていなかった。今回の超新星を今後、何度か観測することで、宇宙が現在の半分の大きさだったころの膨張の様子をみるができるとみられる。土居助教は「同じ超新星を今秋以降にも観測する予定で、それによって宇宙の膨張について明確な結論が得られるだろう」と話している。

画像1枚に12個

1枚の画像で発見した12個の超新星。数字付きの丸で囲んだ部分にある。数字は、超新星につけられた識別番号。この画像の範囲は、満月がほぼすっぽりと入る大きさに相当する。田中志さんとSXDチーム提供



芹沢助教

偽証罪でス

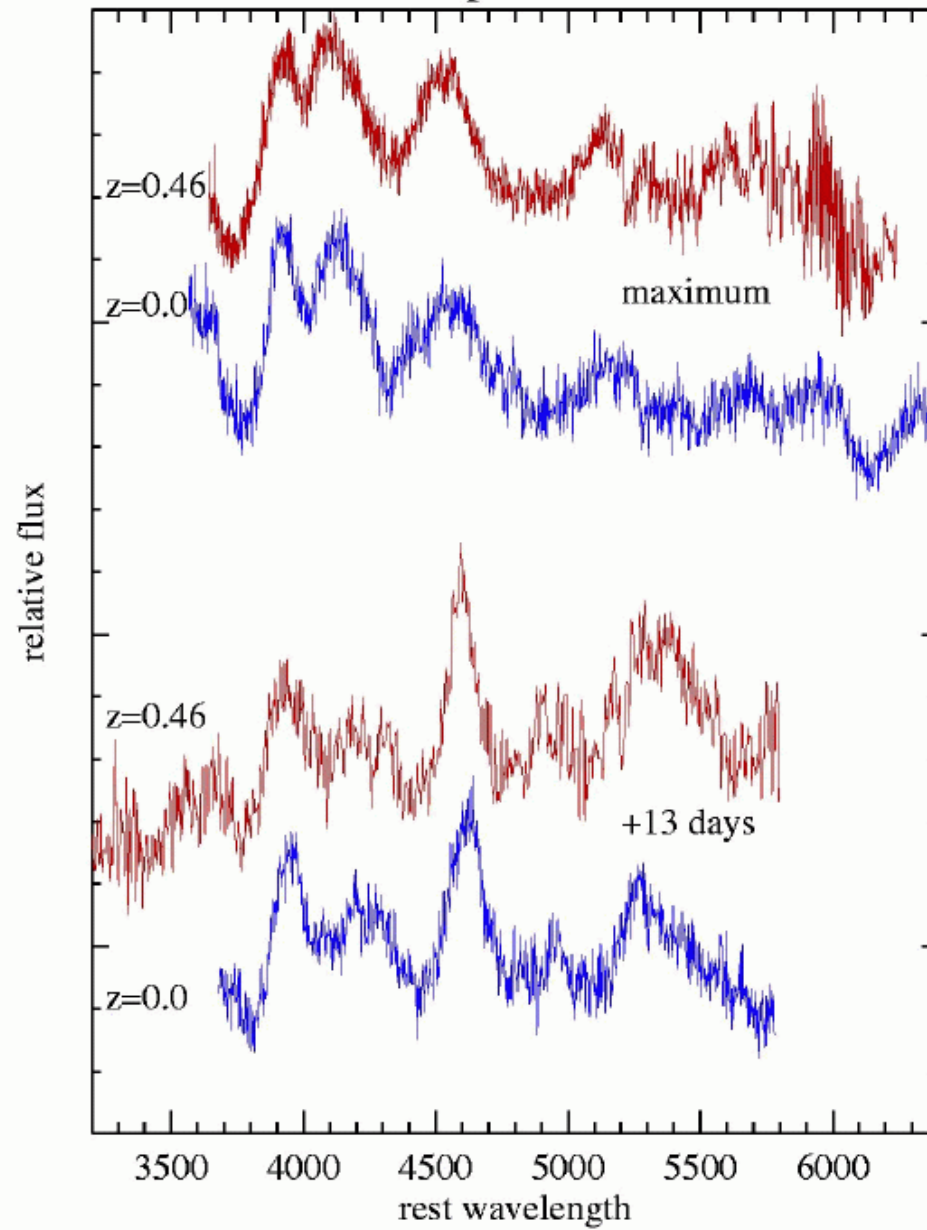
【クレーブランド(米・伝子スハイオ州)】村山知リーブランド博)日本人の研究者2人は28日、偽りが米国の研究施設から試料を盗んだとされる「遣ンサス大助



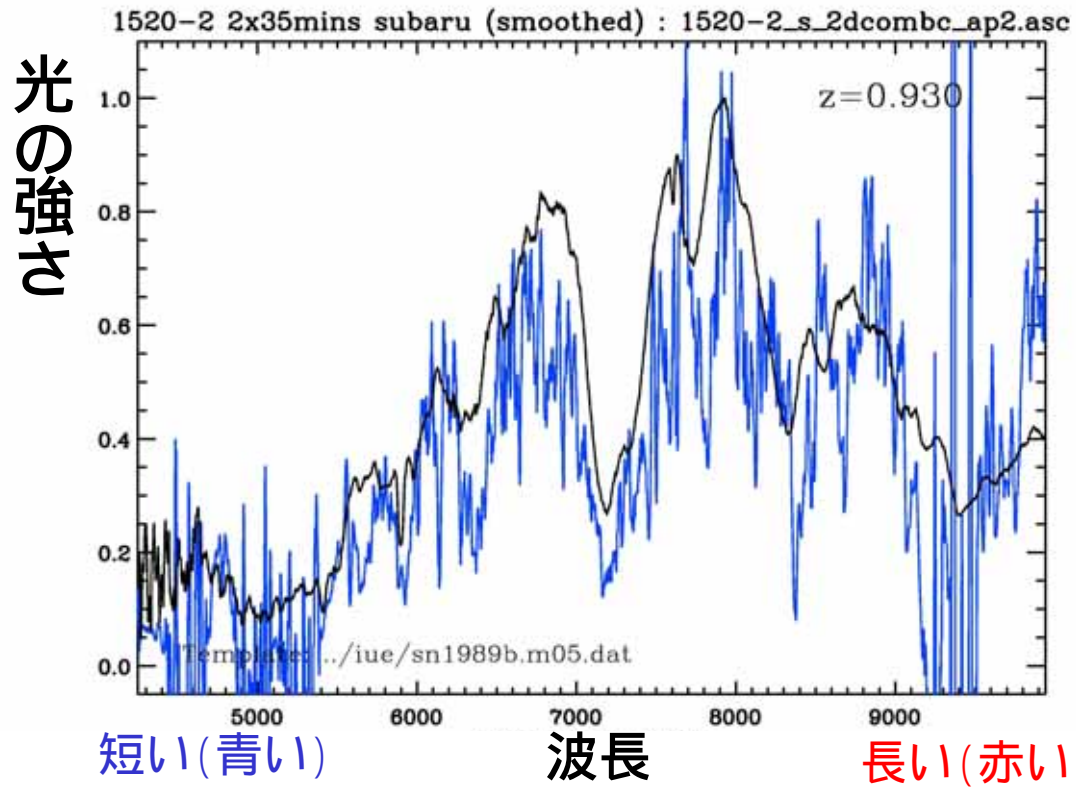




Hi/Low z SN Ia Spectra; Time Evolution

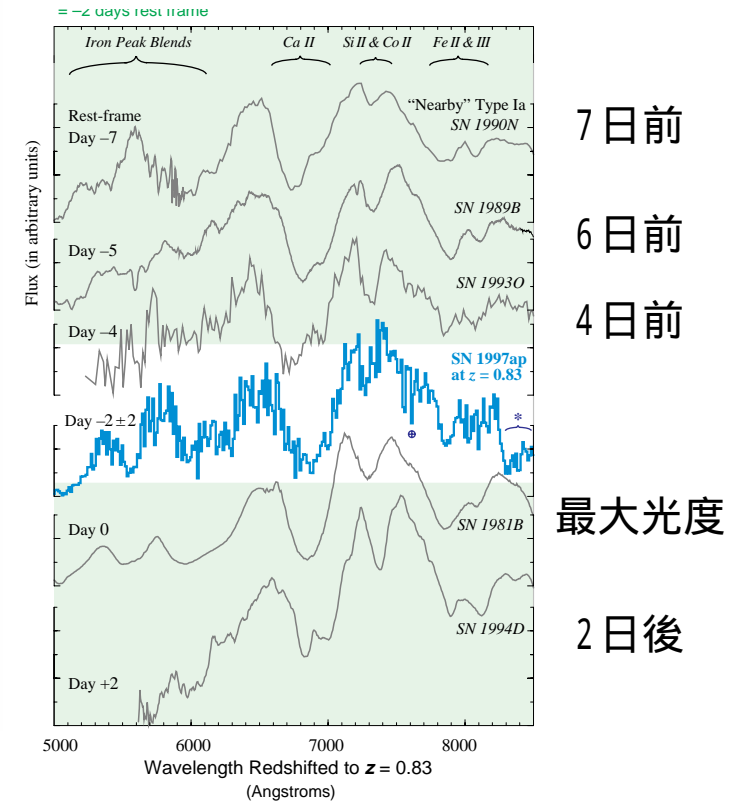


スペクトル



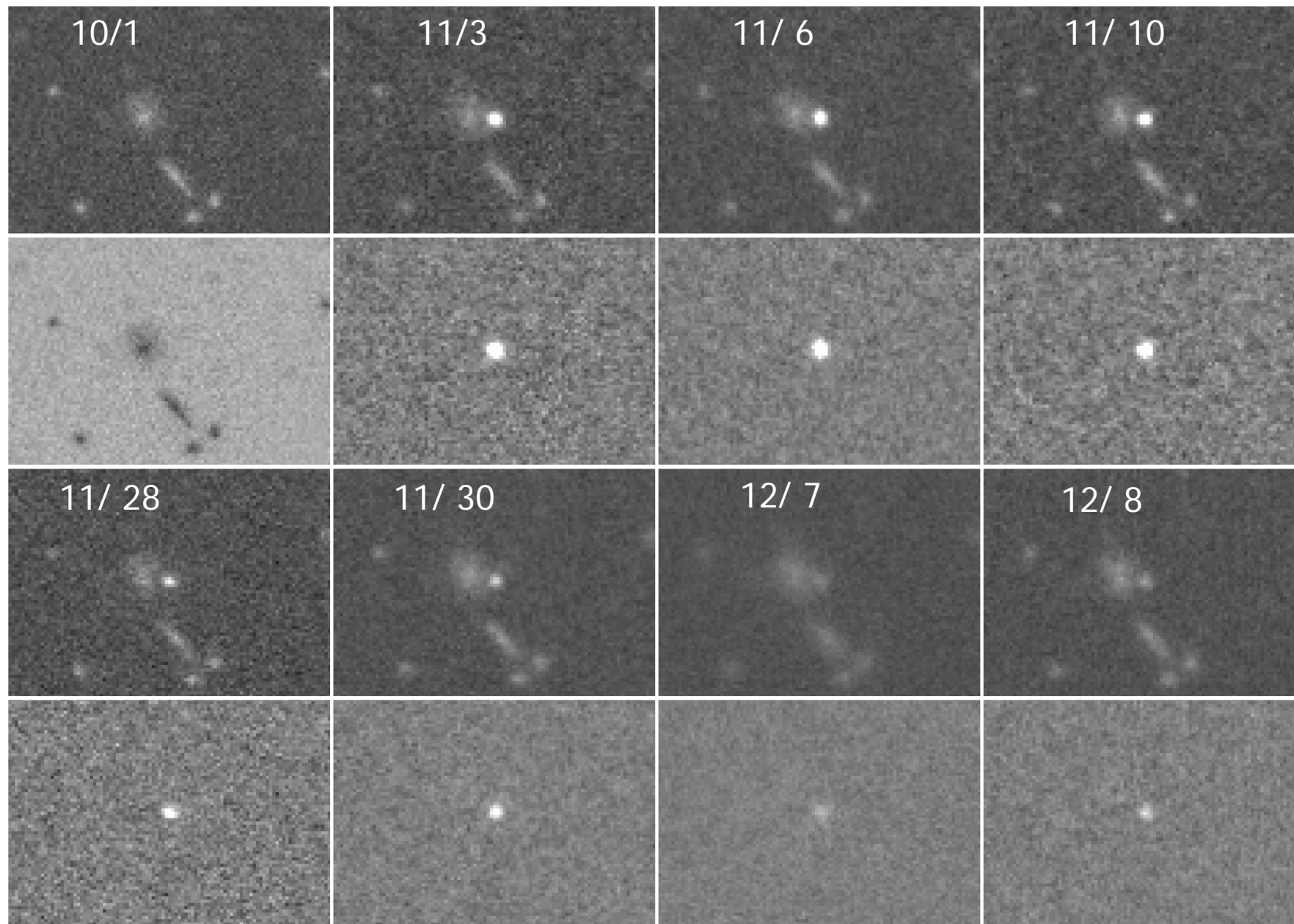
SN2001cw(赤方偏移 $z=0.93$ 、すばる望遠鏡 FOCASによる)を近くの超新星SN1989bと比べた例

最大光度からの日数によるスペクトルの変化



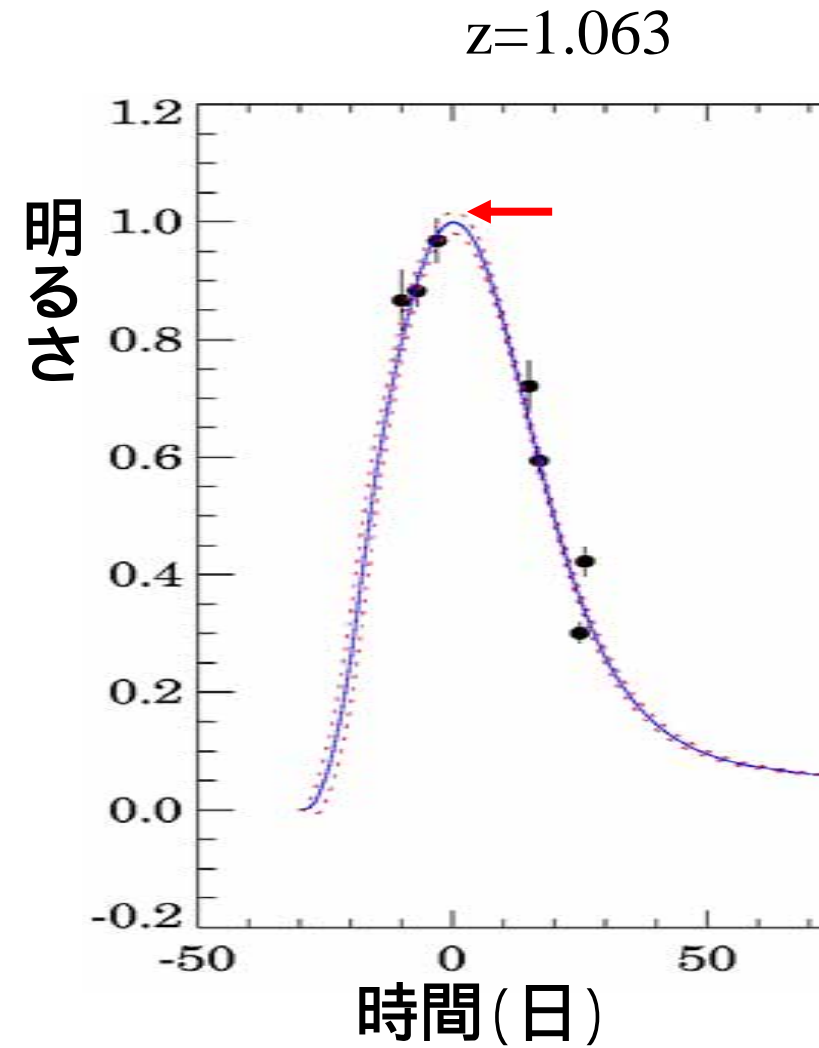
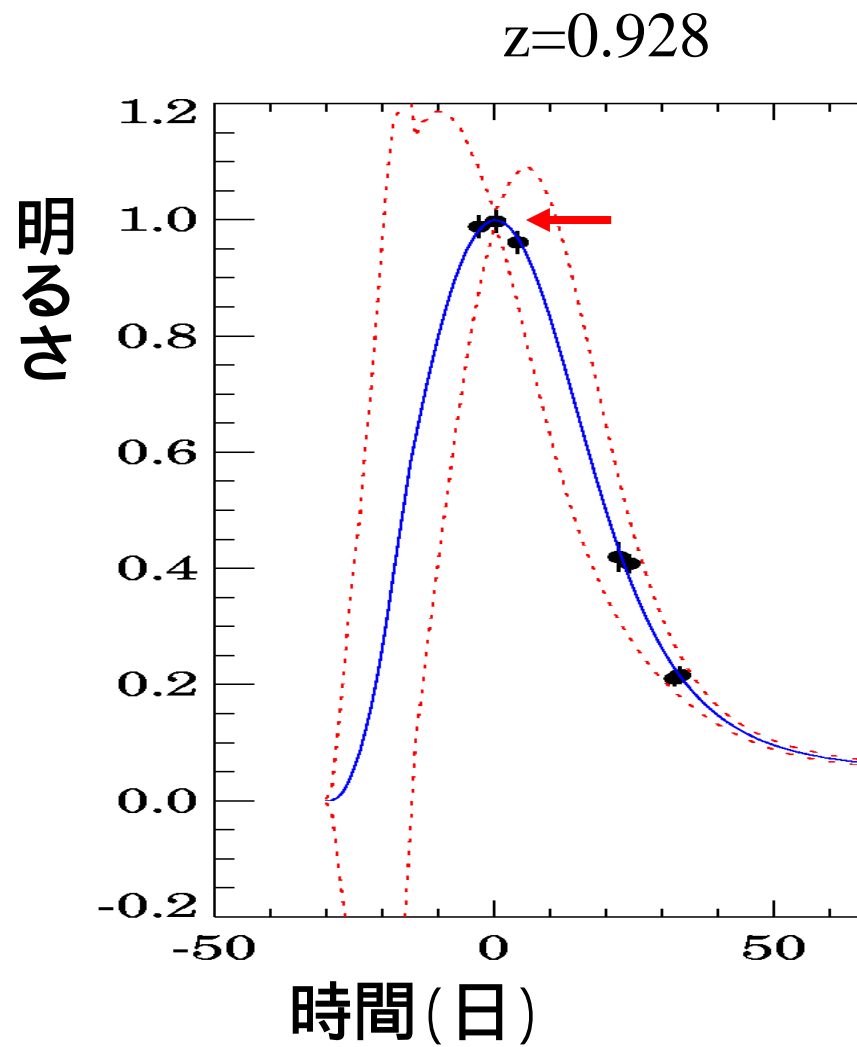
Perlmutter, et al., Nature (1998)





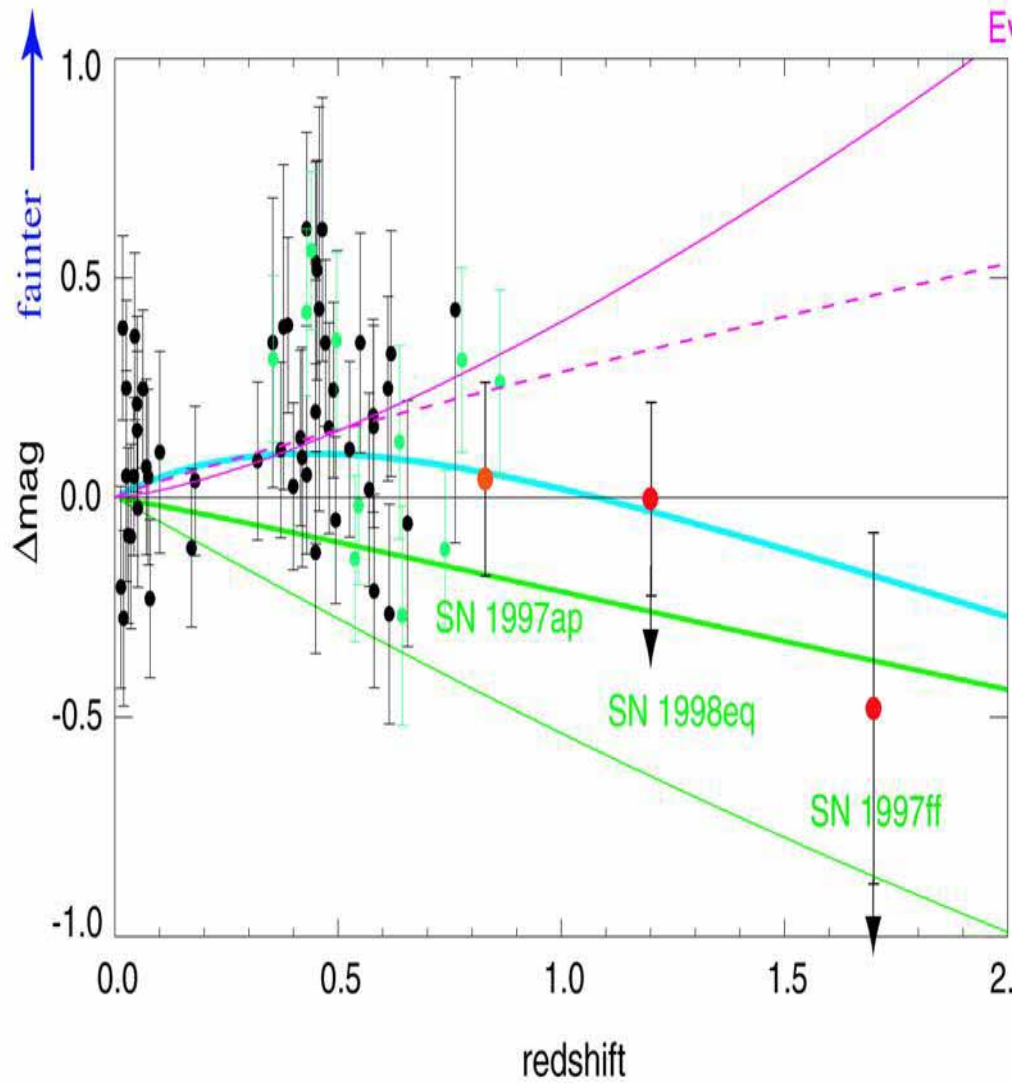
超新星SN2002kp ($z=0.928$) の明るさが変化する様子
上:もとの画像 下:10/1との差

光度曲線の例



明るさから超新星の距離がわかる

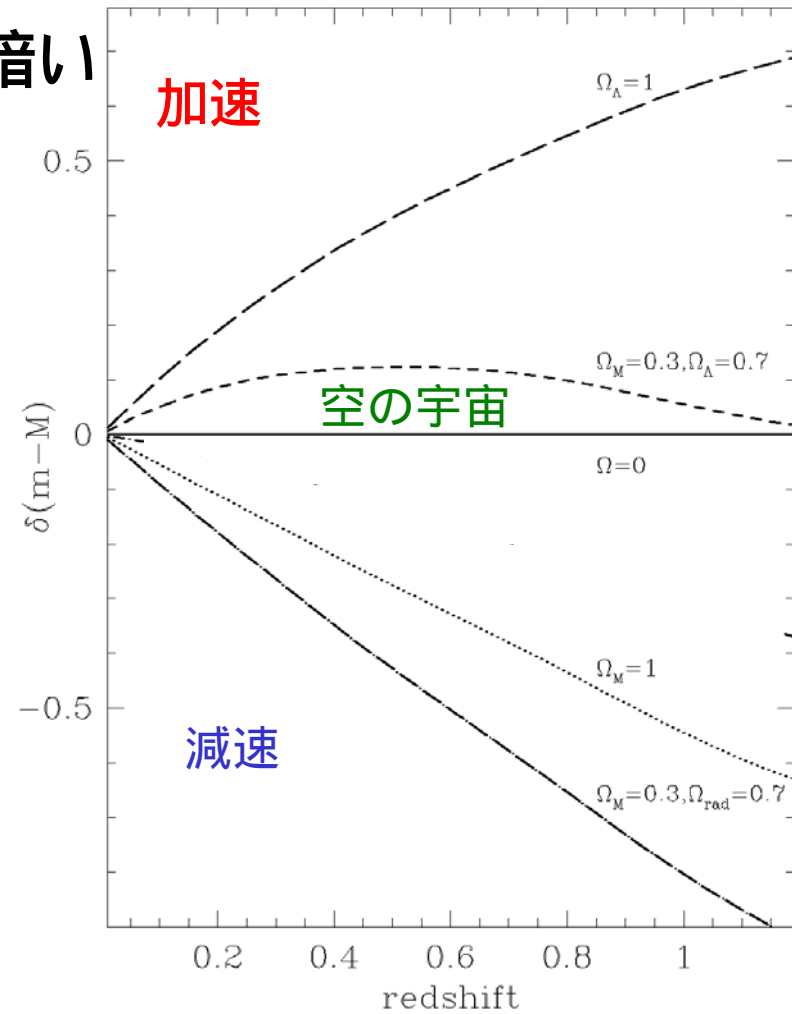
宇宙膨張は加速する！ 1998 パールムッター博士ら リース博士ら



赤方偏移

暗い

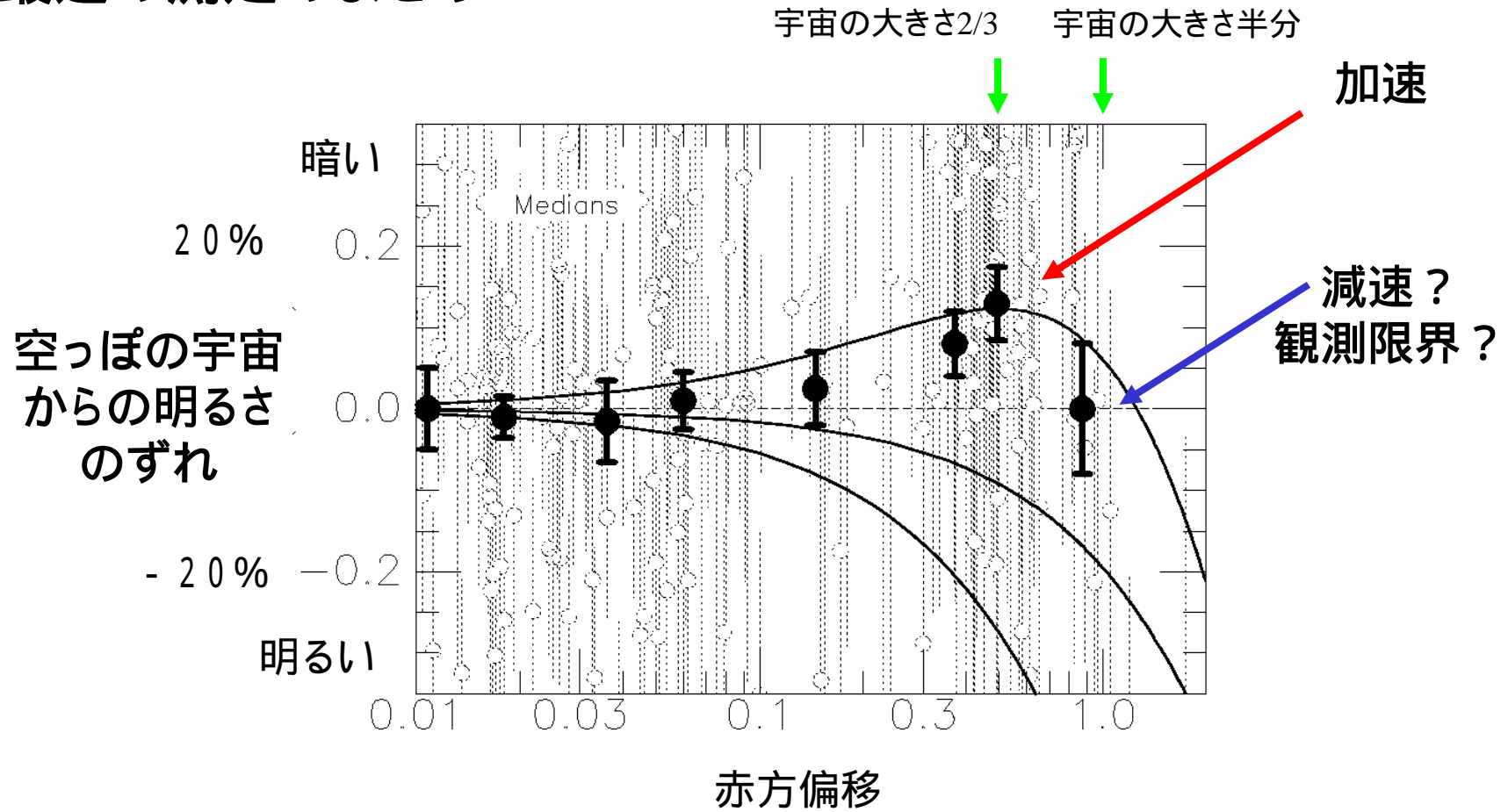
加速



明るい

赤方偏移

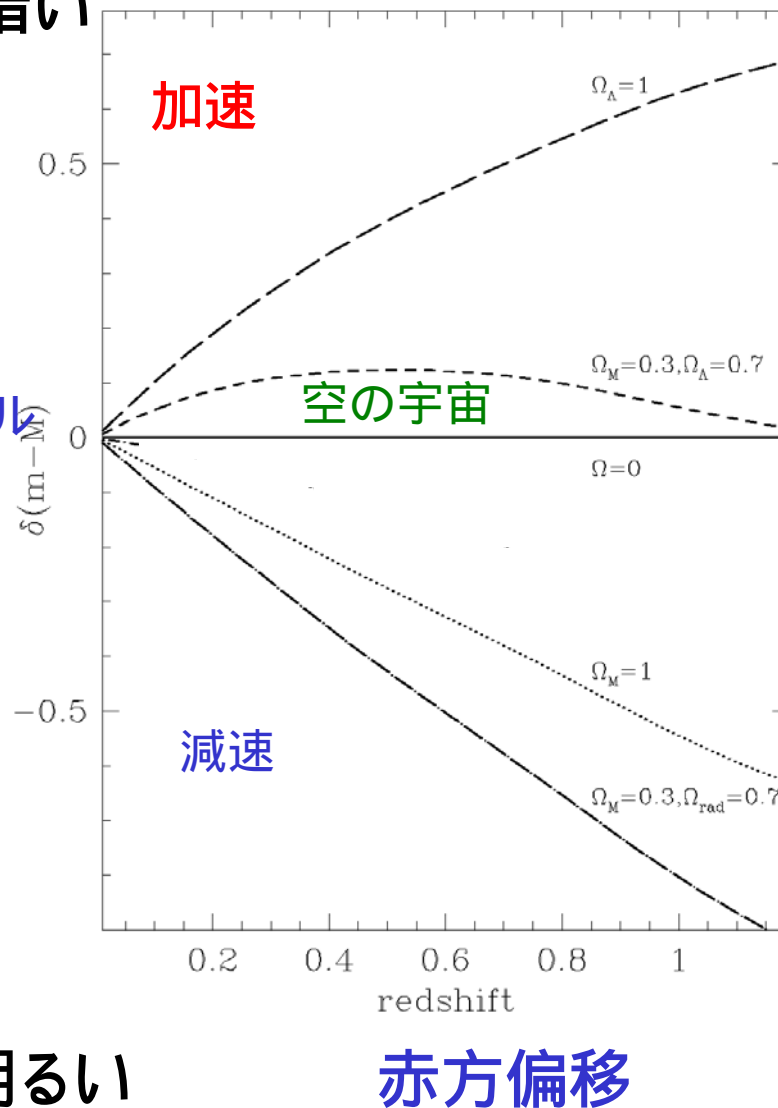
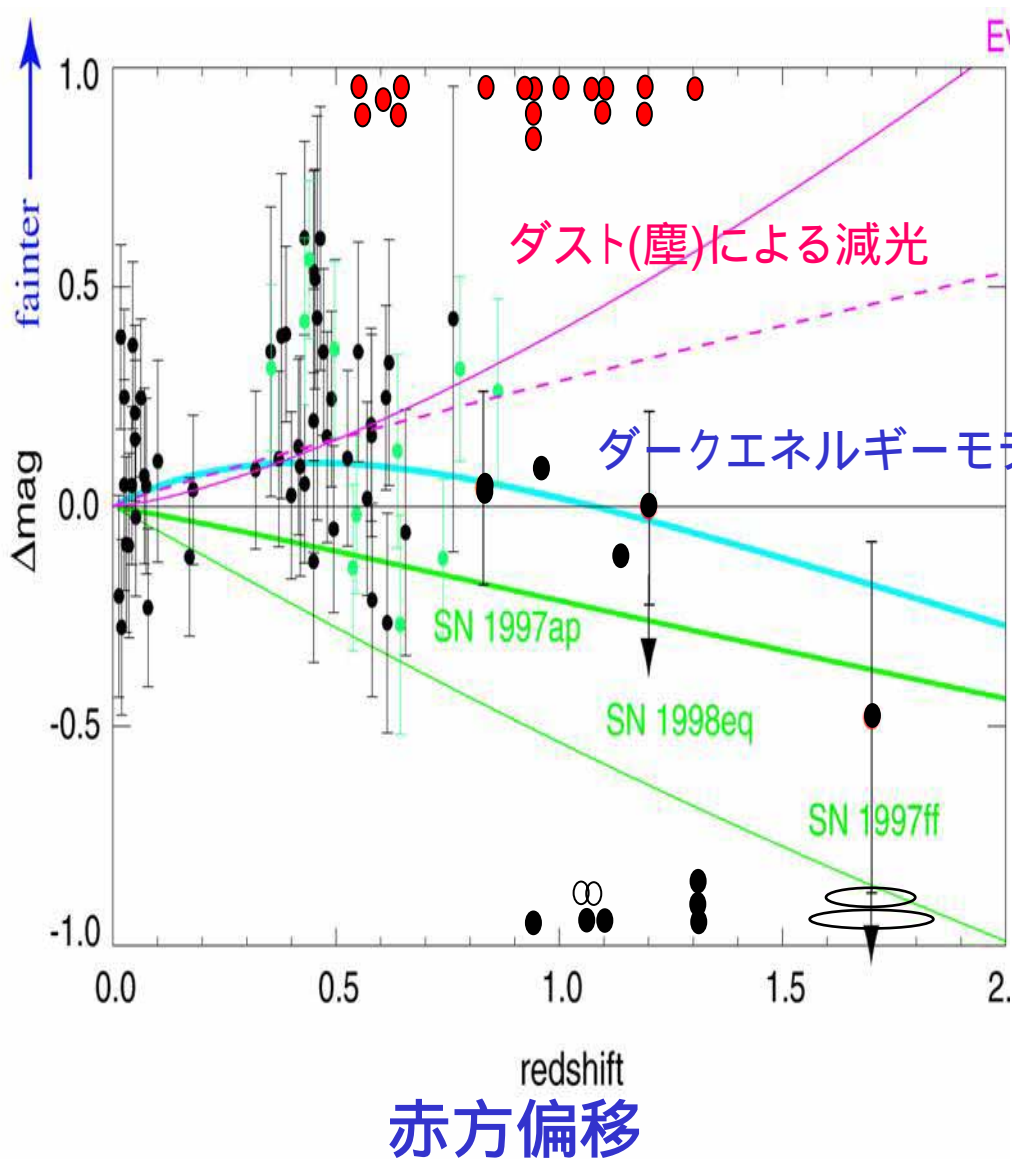
最近の測定のまとめ



2003年5月までのまとめ トンリー博士らによる

宇宙膨張の加減速測定

●: すばる望遠鏡で発見した超新星



THE WHITE HOUSE

WASHINGTON

April 20, 1999

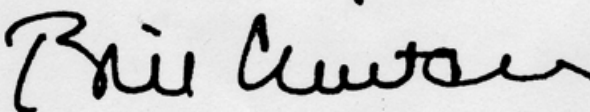
Dr. Saul Perlmutter
Lawrence Berkeley National Lab
1 Cyclotron Road
Mailstop 50-232
Berkeley, California 94720

Dear Saul:

I am delighted to congratulate you and your Supernova Cosmology Project research team on receiving *Science* magazine's "Breakthrough of the Year" award. This recognition is a fitting tribute to your remarkable discovery that the universe is expanding at an accelerating rate. You and your team can take great pride in this achievement and in knowing that your finding is helping us gain a deeper understanding of the wonders of our universe.

I commend you for your unwavering commitment to scientific discovery, and I wish you much continued success.

Sincerely,

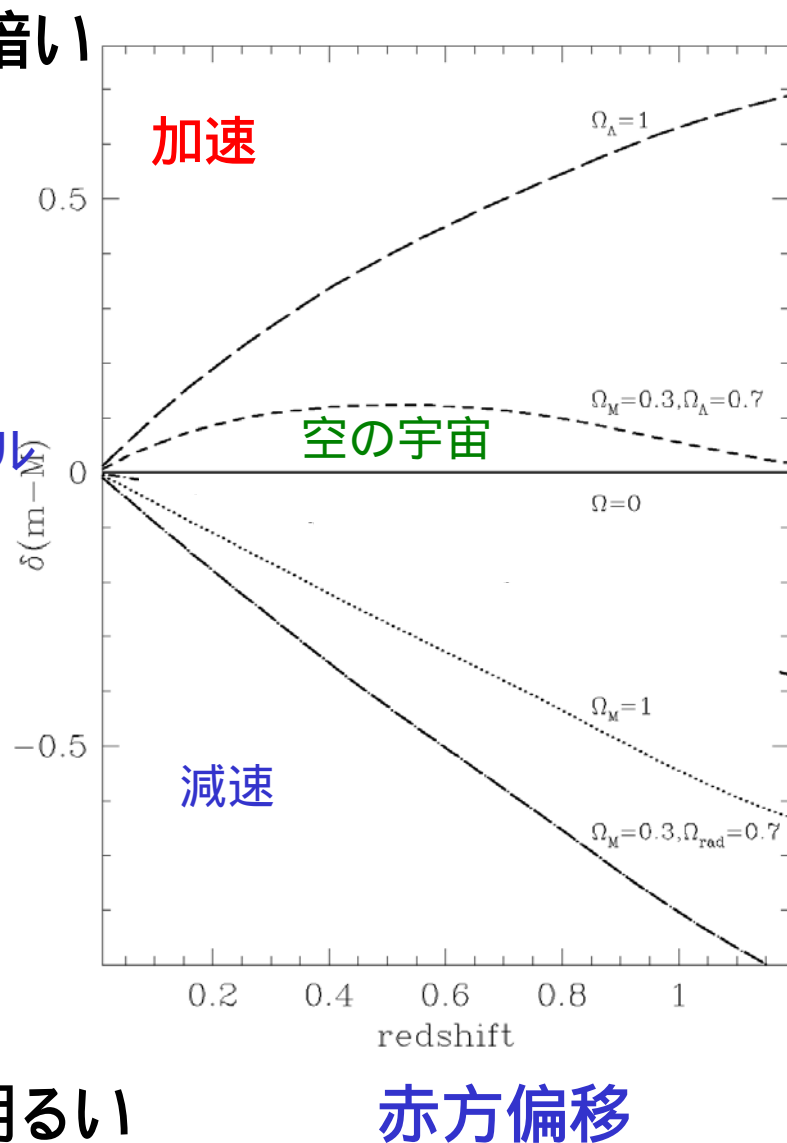
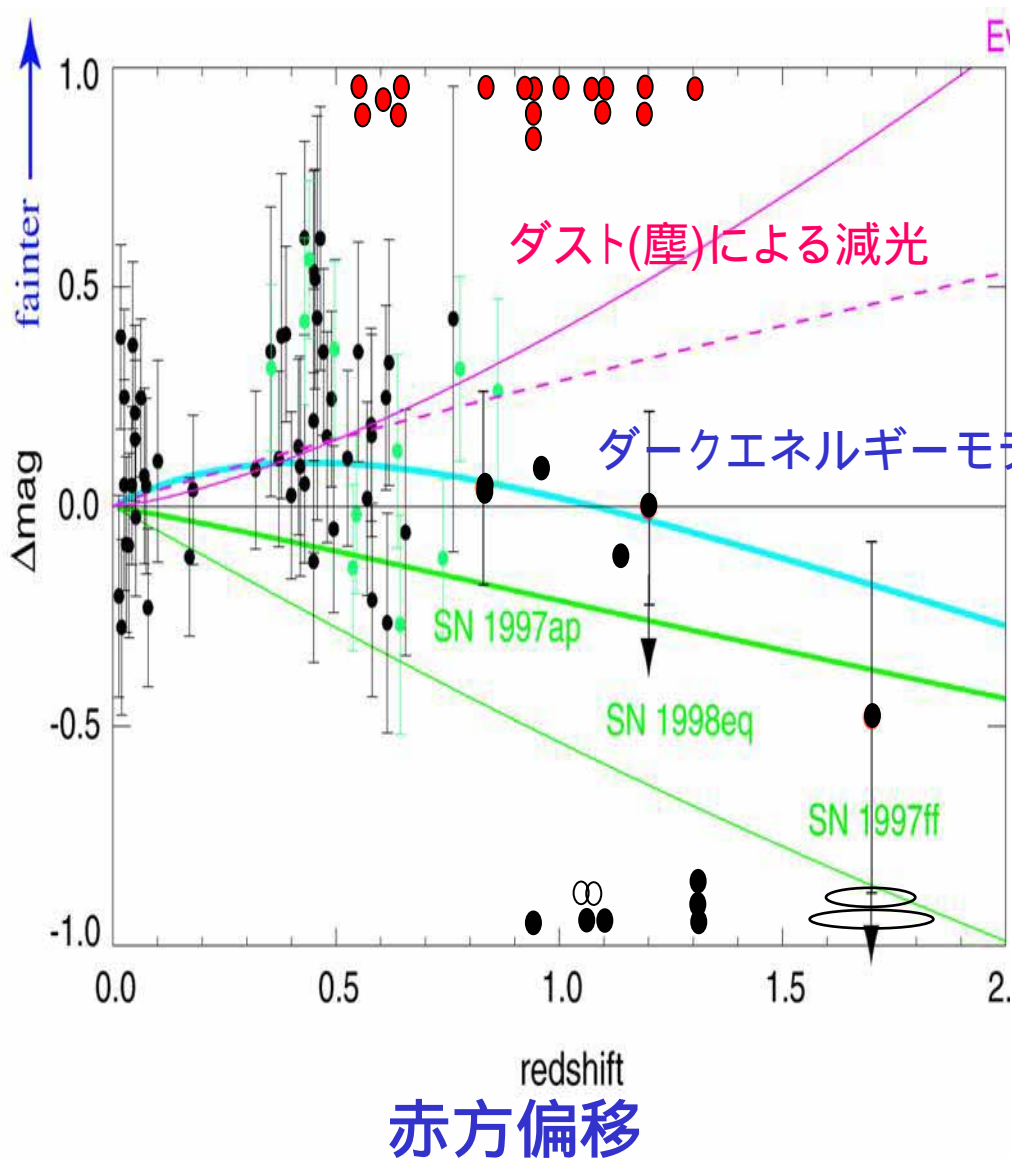
A handwritten signature in cursive script, appearing to read "Bill Clinton".

Distant Supernova in the
Hubble Deep Field



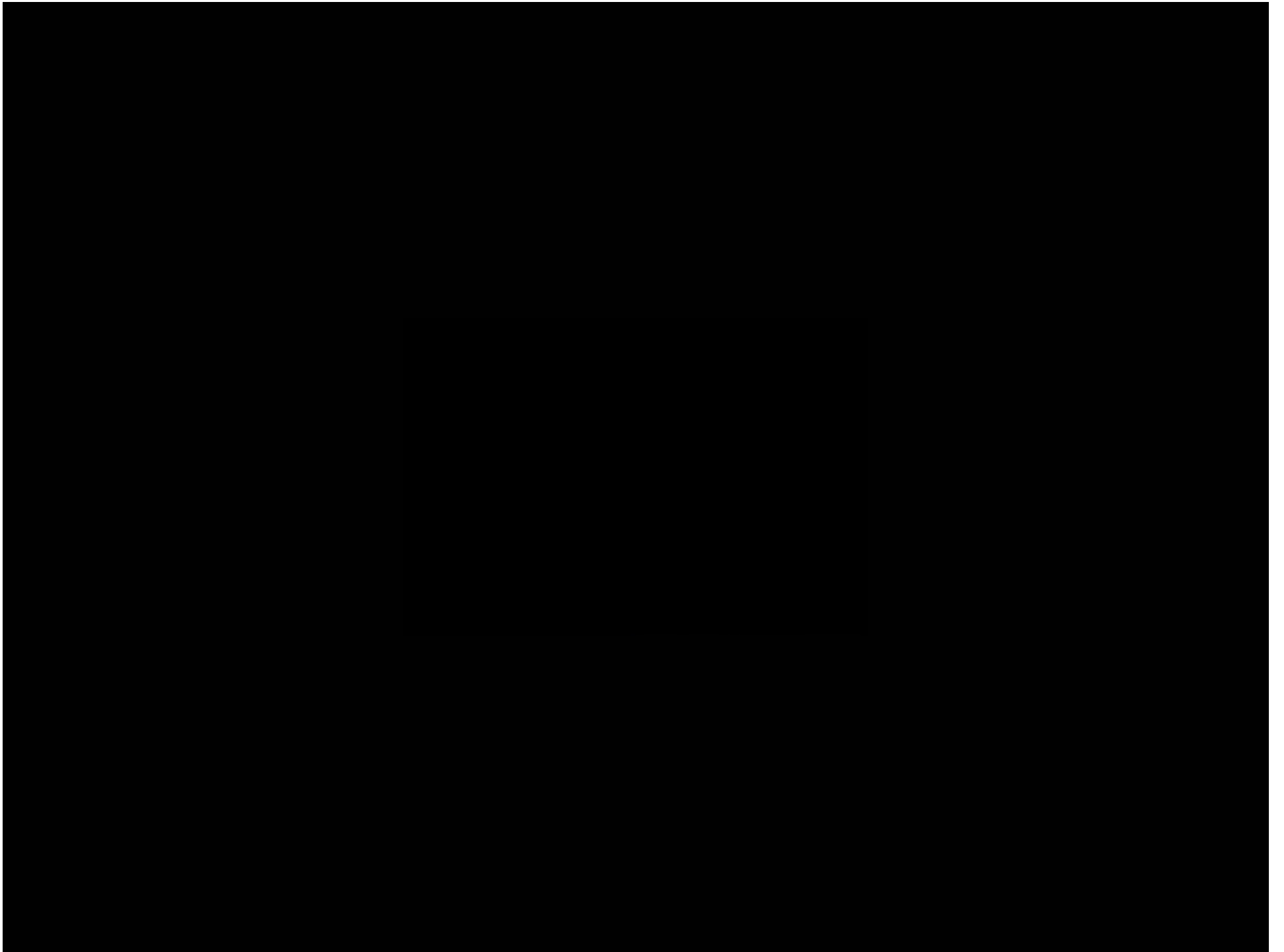
宇宙膨張の加減速測定

●: すばる望遠鏡で発見した超新星



超新星SN1997ff@赤方偏移 $z=1.7$

- からっぽの宇宙の場合より「明るい」
- 宇宙膨張の「減速」期の存在を示唆
 - 「ダストによる減光」説
 - 「昔のIa型超新星は暗かった」説 } では説明困難
- 宇宙膨張
 - 加速(インフレーション) 減速
 - 加速(第2のインフレーション)



遠方の超新星の観測

- 宇宙膨張が加速している
- 斥力源：**ダークエネルギー**が存在する

普通の物質
～ 4%

ダークエネルギーの正体
(状態方程式等)を探るには
更に遠方の超新星の観測が必要。
(**JWST, SNAP**, 30m 望遠鏡



Supernovae