北絶な星の最期一超新星爆発一

田中 雅臣 (国立天文台 理論研究部 助教)



C: Matthew Spinelli

.

間違い探し (5秒で絵が変わります)









<u>超新星爆発</u> 星が一生の最期に 起こす大爆発

太陽の数億倍の明るさ!



突如明るくなる星 => 新星 (nova)

「新星」よりも非常に明るいから 「超新星」 (supernova)



● 星は爆発している

● 何が起きているのか?

●超新星爆発の「謎」



冷泉家時雨亭叢書

明月記

フェリス女学院大学蔵 『新三十六歌仙画帖』

ー条院 寛弘3年4月2日 (西暦1006年5月1日)の夜以降、 火星のように非常に明るい客星が現れる

1006年超新星の残骸

C: NASA/Chandra

1054年超新星の残骸 (かに星雲、MI)

C: NASA/HST



I572年 ティコ・ブラーエ "Stella Nova"

I604年 ヨハネス・ケプラー

"Astronomie Populaire" by Camille Flammarion (Paris, 1884)

I572年超新星の残骸 (ティコの超新星)

C: NASA/Chandra/MPIA

1604年超新星の残骸 (ケプラーの超新星)

C: NASA/Chandra







肉眼で見えた歴史上の超新星爆発 (一部)

名前	西暦	明るさ(等級)
SN 185	185年	-8?
SN 1006	1006年	-9?
かに星雲	1054年	-4?
SN 1181	1181年	0
ティコ	1572年	-4
ケプラー	1604年	-3
SN 1987A	1987年	3

およそ100-200年に1回

100年に1回しか 研究のチャンスがない?

銀河の大きさ 約100,000光年 (10¹⁸km)

数千億の星!

ー番近い恒星 までの距離 約3光年 (10¹³⁻¹⁴km)

我々の住む銀河系





1つの銀河で100年に回

問題:毎日超新星爆発を見つけるには およそいくつの銀河を見ればよいか?

100の銀河を見れば1年に1回

30,000の銀河を見れば I日にI回!













問題:超新星爆発が 広がる速度は?

約10¹⁴ km (約10光年) 1572年にティコブラーエが観測した 超新星爆発の残骸(約400年が経過)

速度 = 距離/時間

距離:10¹⁴ km

時間:約400年 = 120,000日 = 2,000,000 時間 (2 x 10⁶)

速度 = 10¹⁴ / (2 x 10⁶) = 5 x 10⁷ km/時 ~ 10⁴ km/秒



約1万km

100

C: NASA



<u>歴史上の超新星爆発</u>

肉眼で見えた銀河系内の超新星爆発



C: NASA/HST

現代天文学の超新星爆発

望遠鏡で銀河系外に 年間500天体以上発見されている



星は爆発している 何が起きているのか? 超新星爆発の「謎」







図の大きさは天体の大きさと一致していません

(C: Essay Web)



図の大きさは天体の大きさと一致していません



hydrogen 1 H	Ľ																	² He
1 0079 Ithium	beryflium	1										I	boron	carbon	nitrogen	oxygen	fluorine	4 0026 neon
ů	Re												Ř	ċ	Ń	Ô	F	No
6.041	00122												10.01					
sodium	magnesium	1											aluninium	silicon	phosphorus	sulfur	chlorine	argon
11	12												13	14	15	16	17	18
Na	Mg												AI	Si	Ρ	S	CI	Ar
22.990 polassium	24,305 calcium		scondum	titankum	vanadium	chromium	mongonese	imp	coball	nickel	000000	zine	26.982 dollarm	28.086 demonstra	30.974	32.065 solonium	35.453 bromine	39.94 koratan
19	20		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
					<u> </u>	1 44	A-5	~		20	A-0		~ .		~~			
K	Ca		Sc	Ťi	Ň	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
K	Ca		Sc 44.900	Ti 47.867	V 50.942	Cr	Mn 54.938	Fe	Co 58.933	Ni 58.693	Cu 63,546	Zn	Ga 69.723	Ge 72.61	As 74.922	Se 78.96	Br 79.904	Kr 83.80
K 30.098 rubidium 37	Ca 40,078 strontium 38		Sc 44.966 yttrium 39	47.867 zirconium 40	50.942 nicolum 41	Cr 51.996 molybdenum 42	Mn 54.938 technetium 43	Fe 55.845 ruthenium 44	CO 58.933 modium 45	Ni 58,693 palladium 46	63.546 silver 47	2n 65.39 cadmium 48	Ga 69,723 Indium 49	Ge 72.61 tin 50	As 74.922 antimony 51	Se 78.96 telurium 52	Br 79.904 iodine 53	83.80 xenon 54
K 39.098 rubidium 37 Rb	Ca 40.078 strontium 38 Sr		Sc 44.566 yttrium 39 Y	47.867 zirconium 40 7 r	50.942 nioblum 41	51.996 molybdenum 42 Mo	Mn 54,938 technetium 43 TC	Fe 55.845 ruthenium 44 RU	Co 58.933 rhodium 45 Rh	Ni 58.693 patladium 46 Pd	Cu 63.546 silver 47	Zn 65.39 cadmium 48 Cd	Ga 69.723 indum 49	Ge 72.61 50 Sn	As 74.922 antimony 51 Sb	Se 78.96 teturium 52 Te	Br 79.904 Iodine 53	83.90 xenon 54 Xe
830.048 rubidium 37 Rb 85.468	Ca 40,078 strontium 38 Sr 87,62		44.506 yttrium 39 Y	47.867 zirconium 40 Zr 91.224	50.942 nicolum 41 Nb	51.996 motybdenum 42 Mo	54.938 technetium 43 TC	Fe 55.845 ruthenium 44 Ru 101.07	Co 58.933 rhodium 45 Rh	26 Ni 58,693 pallacitum 46 Pd 106,42	63.546 silver 47 Ag	Zn 65.39 cadmium 48 Cd 112.41	Ga 69,723 Indium 49 In	Ge 72.61 Im 50 Sn 118.71	As 74.922 antimony 51 Sb 121.76	Se 78.96 telurium 52 Te 127.60	Br 79.904 Iodine 53 I 126.90	Kr 83.90 xenon 54 Xe 131.29
X 30.098 rubidium 37 Rb 85.468 caesium	Ca 40.078 strontium 38 Sr 87.62 barlum		44.986 yttrium 39 Y 88,906 Iutetium	47.867 zirconium 40 Zr 91.224 hafnium	50.942 nioblum 41 Nb 92.906 tantalum	51.996 motybdenum 42 Mo 95.94 tungsten	54,938 technetium 43 TC [98] thenium	Fe 55.845 ruthenium 44 Ru 101.07 osmium	Co 58.933 rhodium 45 Rh 102.91 iridium	Ni 58.693 patlacitum 46 Pd 106.42 platinum	Cu 63.546 silver 47 Ag 107.87 gold	Zn 65.39 cadmium 48 Cd 112.41 mercury	Ga 69,723 indium 49 In 114.82 thallum	Ge 72.61 tin 50 Sn 118.71 koad	As 74.922 antimony 51 Sb 121.76 bismuth	Se 78.96 teturium 52 Te 127.60 potonium	Br 79.904 iodine 53 1 126.90 astatine	Kr 83.80 xenon 54 Xe 131.29 radon
K rubidium 37 Rb 85.468 caesium 55	Ca 40,078 strontium 38 Sr 87,62 barlum 56	57-70	44.906 yttrium 39 Y 88,906 Iutetium 71	47.867 Zirconium 40 Zr 91.224 hafnium 72	13 V 50.942 nicolum 41 Nb 92.906 tantalum 73	51.996 motybdenum 42 Mo 95.94 tungsten 74	54.938 technetium 43 TC [98] thenium 75	ruthenium 44 Ru 101.07 osmium 76	Co 58.933 rhodium 45 Rh 102.91 indium 77	20 Ni 58,693 pallacitum 46 Pd 106,42 platinum 78	Cu 63.546 silver 47 Ag 107.87 gold 79	Zn 65.39 cadmium 48 Cd 112.41 mercury 80	Ga 69,723 indum 49 In 114.82 thallum 81	Ge 72.61 tin 50 Sn 118.71 koad 82	As 74.922 antimony 51 Sb 121.76 bismuth 83	Se 78.96 telurium 52 Te 127.60 potonium 84	Br 79.904 Iodine 53 1 126.90 astatine 85	Kr 83.90 xenon 54 Xe 131.29 radon 86
X Tubidium 37 Rb 85.468 caesium 55 Cs	Ca strontium 38 Sr 87.62 barlum 56 Ba	57-70 X	44.956 yttrium 39 Y 88.906 Iutetium 71 Lu	47.867 zirconium 40 Zr 91.224 hatnium 72 Hf	V 50.942 nioblum 41 Nb 92.906 tantalum 73 Ta	51.996 molybdenum 42 Mo 95.94 tungsten 74 W	54,938 technetium 43 TC 198 thenkum 75 Re	ruthenium 44 Ru 101.07 osmium 76 Os	Co 58.933 rhodium 45 Rh 102.91 iridium 77 Ir	Ni 58.693 palladium 46 Pd 106.42 platinum 78 Pt	Cu 63.546 silver 47 Ag 107.87 90kd 79 Au	Zn 65.30 cadmium 48 Cd 112.41 morcury 80 Hg	Ga 69,723 indium 49 In 114.82 thallium 81 TI	Ge 72.61 tin 50 Sn 118.71 kead 82 Pb	As 74.922 antimony 51 Sb 121.76 bismuth 83 Bi	Se 78.96 teturium 52 Te 127.60 potonium 84 PO	Br 79.904 iodine 53 I 126.90 astatine 85 At	Kr 83.80 xenon 54 Xe 131.29 radon 86 Rn
K rubidium 37 Rb 85.468 caesium 55 CS 132.91	Ca 40.078 strontium 38 Sr 87.62 barium 56 Ba 137.33	57-70 ×	44.996 yttrium 39 Y 88,906 lutetium 71 Lu 174.97	47.867 zirconium 40 Zr 91.224 hatnium 72 Hff 178.49	23 V 50.942 nicolum 41 Nb 92.906 tantatum 73 Ta 180.95	51.996 motybdenum 42 Mo 95.94 tungsten 74 W 183.84	54,938 technetium 43 TC [98] rhenium 75 Re 186,21	101.07 055.845 ruthenium 44 Ru 101.07 05mium 76 OS 190.23	Co 58,933 rhodium 45 Rh 102,91 iridium 77 Ir 192,22	Ni 58,693 pallactum 46 Pd 106,42 ptatinum 78 Pt 195,08	Cu 63.546 silver 47 Ag 107.87 gold 79 Au 196.97	Zn 65.39 cadmium 48 Cd 112.41 morcury 80 Hg 200.59	Ga 69,723 Indium 49 In 114.82 thallium 81 TI 204.38	Ge 72.61 Iin 50 Sn 118.71 Iead 82 Pb 207.2	As 74.922 antimony 51 Sb 121.76 bismuth 83 Bi 208.98	Se 78.96 tetturium 52 Te 127.60 potonium 84 PO [205]	Br 79.904 iodine 53 I 126.90 astatine 85 At [210]	Kr 83.90 xenon 54 Xe 131.29 radon 86 Rn [222]
85.468 132.91 tranclum 87	Ca strontium 38 Sr 87.62 bartum 56 Ba 137.33 radium 88	57-70 ★ 89-102	44.986 yttrium 39 Y 88,906 Nutetium 71 LU 174.97 Iawrencium 103	47.867 zirconium 40 Zr 91.224 hatnium 72 Hf 178,49 rutherfordium 104	23 V 50.942 nicolum 41 Nb 92.906 tantalum 73 Ta 180.95 dubnium 105	51.996 molybdenum 42 Mo 95.94 tungsten 74 W 183,84 seaborgium 106	13 Mn 54,938 technetium 43 Tc 198 rbenium 75 Re 186.21 bohrium 107	26 Fe 55.845 ruthenium 44 Ru 101.07 osmium 76 OS 190.23 hassium 108	Co 58,933 rhodium 45 Rh 102,91 indium 77 Ir 192,22 moltreetum 109	20 Ni 58.693 pattactium 46 Pd 106.42 platinum 78 Pt 195.68 ununnitium 110	23 Cu 63,546 silver 47 Ag 107.87 gold 79 Au 196.97 unununium 111	Zn 65,39 cadmium 48 Cd 112.41 mercury 80 Hg 200,59 unurbium 112	Ga 69,723 indium 49 In 114.82 thallium 81 TI 204.38	Ge 72.61 tin 50 Sn 118.71 koad 82 Pb 207.2 unenquadium 114	As 74.922 antimony 51 Sb 121.76 bismuth 83 Bi 208.98	Se 78.96 tetturium 52 Te 127.60 potonium 84 PO [205]	Br 79.904 iodine 53 I 126.90 astatine 85 At [210]	Kr 83.80 xenon 54 Xe 131.29 radon 86 Rn [222]
K rubidium 37 Rb 85.468 caesium 55 CS 132.91 trancium 87 Er	Ca strontium 38 Sr 87.62 barium 56 Ba 137.33 radium 88 Da	57-70 ★ 89-102 ★ ★	44.996 yttrium 39 Y 88,906 lutetium 71 Lu 174.97 lawrencium 103 L F	47.867 zirconium 40 Zr 91.224 hatnium 72 Hff 178.49 rutherfordium 104 Df	23 V 50,942 nicolium 41 Nb 92,906 tantalum 73 Ta 180,95 dubnium 105 Db	51.996 motybdenum 42 Mo 95.94 tungsten 74 W 183,84 seaborgium 106	54.938 technetium 43 TC 1981 rhenium 75 Re 186.21 bohrium 107	101.07 osmium 76 05 190.23 hassium 108	CO 58,933 rhodium 45 Rh 102,91 iridium 77 Ir 192,22 moltnerium 109 M4	Ni 58,693 pallactum 46 Pd 106,42 platinum 78 Pt 195,08 ununnitum 110	Cu 63.546 silver 47 Ag 107.87 gold 79 Au 196.97 unununium 111	Zn 65.39 cadmium 48 Cd 112.41 mercury 80 Hg 200.59 unurbium 112	Ga 69,723 Indium 49 In 114.82 thatlium 81 TI 204.38	Ge 72.61 Iin 50 Sn 118.71 Iead 82 Pb 207.2 Unerquadium 114	As 74.922 antimony 51 Sb 121.76 bismuth 83 Bi 208.98	Se 78.96 tetturium 52 Te 127.60 potonium 84 PO [205]	Br 79.904 iodine 53 I 126.90 astatine 85 At [210]	Kr 83.90 xenon 54 Xe 131.29 radon 86 Rn [222]
K rubidium 37 Rb 85.468 caesium 55 Cs 132.91 trancium 87 Fr	Ca strontium 38 Sr 87.62 barlum 56 Ba 137.33 radium 88 Ra	57-70 * 89-102 * *	44.986 yttrium 39 Y 88.906 Nutetium 71 Luu 174.97 Iawrencium 103 Lr	47.867 zirconium 40 Zr 91.224 hatnium 72 Hf 178,49 ruthertocdium 104 Rf	23 No.942 nicolum 41 Nb 92.906 tantalum 73 Ta 180.95 dutnium 105 Db	106 SI 1996 molybdenum 42 MO 95.94 tungsten 74 W 183.84 seaborgium 106 Sg	Mn 54,938 technetium 43 Tc 198 rhenium 75 Re 186.21 bohrium 107 Bh	101.07 osmium 76 OSS 190.23 hassium 108 HSS	Co 58,933 rhodium 45 Rh 102,91 indium 77 Ir 192,22 meitreenum 109 Mt	20 Ni 58,693 patlacitum 46 Pd 106,42 platinum 78 Pt 195,08 unurnitium 110 Uun	23 Cu 63,546 silver 47 Ag 107,87 90kd 79 Au 196,97 unumunium 111 Uuuu	Zn 65.39 cadmium 48 Cd 112.41 morcury 80 Hg 200.69 unurbium 112 Uub	Ga 69.723 indium 49 In 114.82 thallium 81 TI 204.38	Ge 72.61 tin 50 Sn 118.71 kead 82 Pb 207.2 unenquadium 114 Uuq	As 74.922 antimony 51 Sb 121.76 bismuth 83 Bi 208.98	Se 78.96 tetturium 52 Te 127.60 potonium 84 PO 12059	Br 79.904 iodine 53 I 126.90 astatine 85 At [210]	Kr 83.80 xenon 54 Xe 131.29 radon 86 Rn [222]

*Lanthanide series

* * Actinide series

ripe	lanthanum 57	cerium 58	praseodymium 59	neodymium 60	promethium 61	samarium 62	europium 63	gadolinium 64	terbium 65	dysprosium 66	holmium 67	erbium 68	thulium 69	ytterbium 70
1103	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
	138.91	140.12	140.91	144.24	[145]	150.36	151.96	157.25	158.93	162.50	164.93	167.26	168.93	173.04
es	actinium 89	thorium 90	protactinium 91	uranium 92	neptunium 93	plutonium 94	americium 95	curium 96	berkelium 97	californium 98	einsteinium 99	fermium 100	mendelevium 101	nobelium 102
	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No
	[227]	232.04	231.04	238.03	[237]	[244]	[243]	[247]	[247]	[251]	[252]	[257]	[258]	259

http://www.bpc.edu/mathscience/chemistry/history_of_the_periodic_table.html





超新星爆発!



宇宙の始まり

現在



私たちはみな星の子です





C: Matthew Spinelli

٠.



万が一爆発したら。。。

-10等星ぐらいになる (半月の明るさ)

2年間ぐらいは 肉眼で見える

太陽ほど大きくは見えない

地球は滅亡しない

×線やガンマ線は大気で完全に吸収される 超新星の爆発放出物は届かない (1万年ぐらい遅れてくる)

オリオン座の運命 (今後1千万年)



C:田中雅臣



星は爆発している 何が起きているのか? 超新星爆発の「謎」



理論と コンピュータ シミュレーション



国立天文台 天文シミュレーションプロジェクト スーパーコンピュータ

観測的な研究



国立天文台 すばる望遠鏡



どうやって爆発するのか分からない!





超新星爆発!

コンピュータシミュレーションの結果



ドイツのグループの結果

Marek &



http://www.rzg.mpg.de/visualisation/scientificdata/rzgprojects/type-ii-supernova-simulations

日本のグループの結果



固武 慶さん (国立天文台)

Kotake & Iwakami

http://www.jicfus.jp/jp/promotion/pr/mj/2011-1/

超新星爆発が

どう起きるか分からない

元素の起源が分からない 人間のルーツが分からない

スーパーコンピュータに 乞うご期待







爆発する星の最期の瞬間が分からない!



図の大きさは天体の大きさと一致していません

元の星が どうだったのか?





爆発をいかに早く 見つけられるか?









KISS: Kiso supernova survey 東京大学木曽観測所 シュミット望遠鏡





広視野カメラKWFC

究極の間違い探し





超新星爆発 最初のI時間を探る

深宇宙での超新星探査へ



東京大学木曽観測所 シュミット望遠鏡









どうやって 爆発するのか?

Entropy [kB/baryon] 13.5

elocity [cm/s

1.0e+09

5.0e+08





ApJ, 678, 1207 0000 大規模数値 シミュレーション

lwakami et al.









国立天文台 天文シミュレーションプロジェクト スーパーコンピュータ

国立天文台 すばる望遠鏡



星は爆発している 何が起きているのか? 超新星爆発の「謎」

ありがとうございました

