

第32回望遠鏡技術検討会
@ キャンパスプラザ京都
2014年4月12日

3.8m望遠鏡で超新星を研究しましょう

前田啓一

京都大学宇宙物理学教室

(2013年9月一)

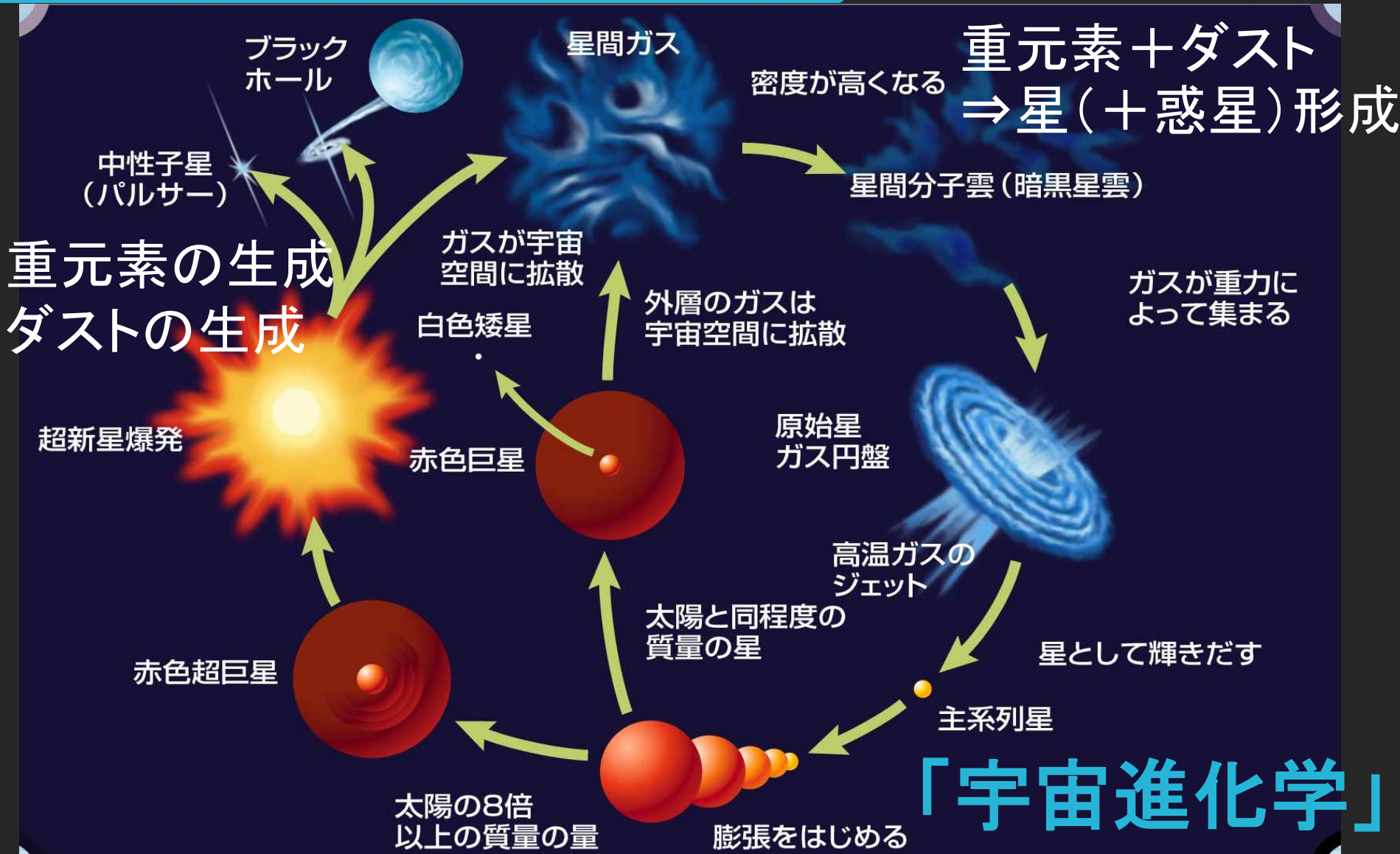
教科書に載っていること

- 超新星には二種類あり、スペクトルで水素があるものがII型、なければI型。
- 太陽質量の8倍以上の重い星は赤色巨星となり、その生涯の最後に重力に耐え切れず爆発してII型超新星となる。白色矮星という太陽質量程度の星が核暴走爆発してI型超新星となる。
- 上記のように、標準的な星の進化の理論から予想される爆発現象である。

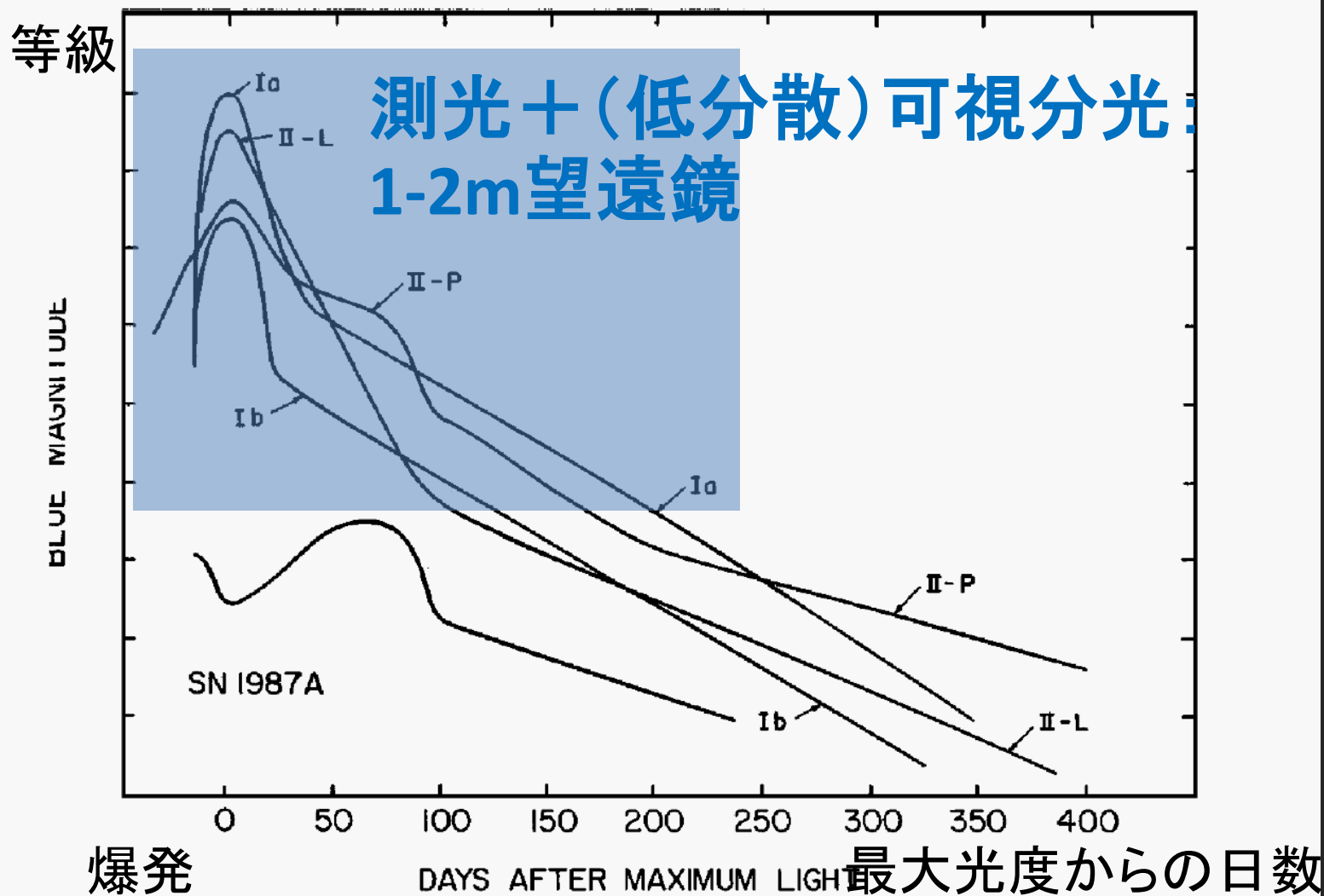
教科書に載っていないこと

- 超新星にはたくさんの種類があり、スペクトルで水素があるものがII型、なければIa型。他にも標準的な枠組みだけでIIp型、IIn型、IIb型、Ib型、Ic型などがあり、既存の枠組みに入らない超新星の発見が相次いでいる。
- 太陽質量の8倍以上の重い星は赤色巨星や様々な種類の星となり、その生涯の最後に重力に耐え切れず爆発して様々な種類の超新星となりそうだがその進化過程や爆発機構は依然としてわかっていないことだらけである。白色矮星という太陽質量程度の星が良く分かっていない進化をして核暴走爆発してIa型超新星となる。
- 上記のように、おおざっぱには標準的な星の進化の理論から予想される爆発現象であると信じたいが、あきらかに現在の理論で説明できないことだらけである。どのような星がどのような進化過程でどう爆発するのか？

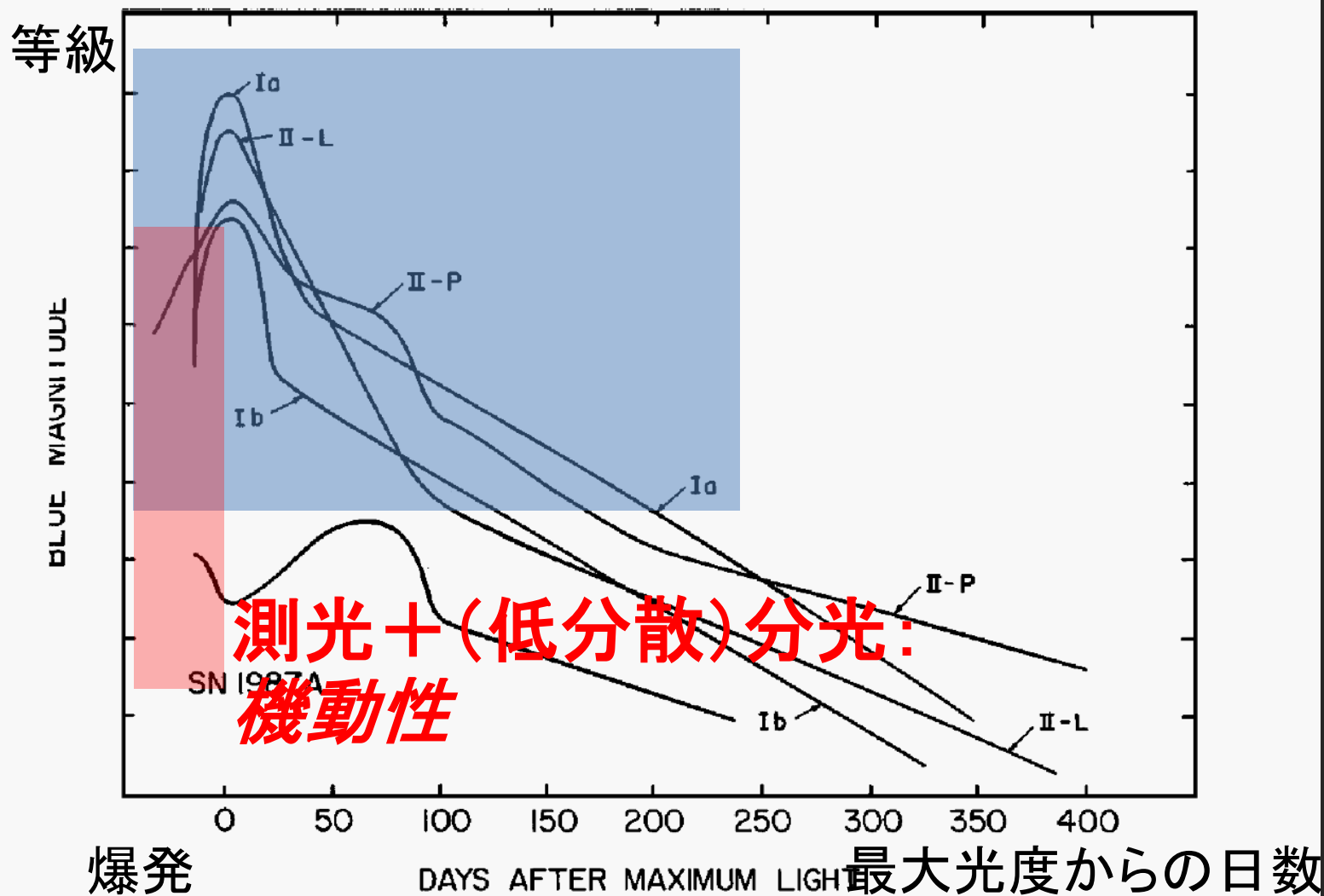
超新星＝宇宙の物質循環の鍵



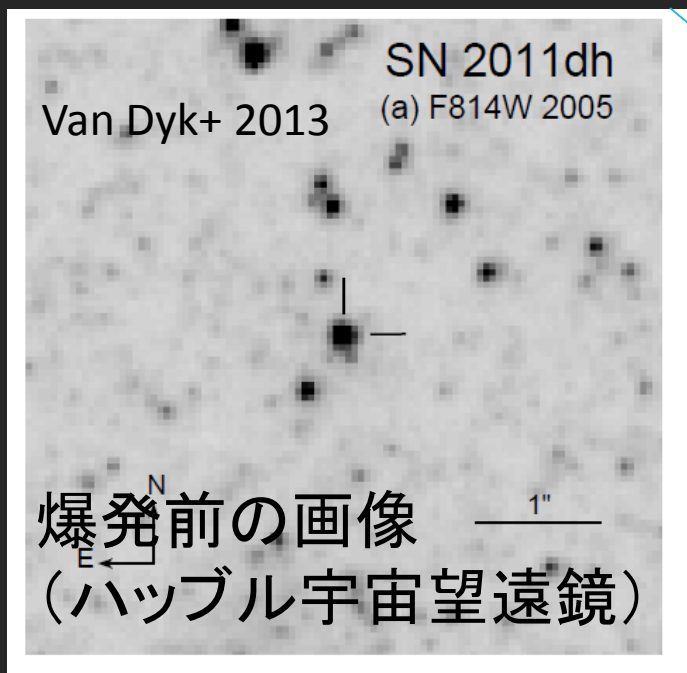
超新星の可視+近赤外観測: 1-2m



超新星の可視+近赤外観測: 3.8m



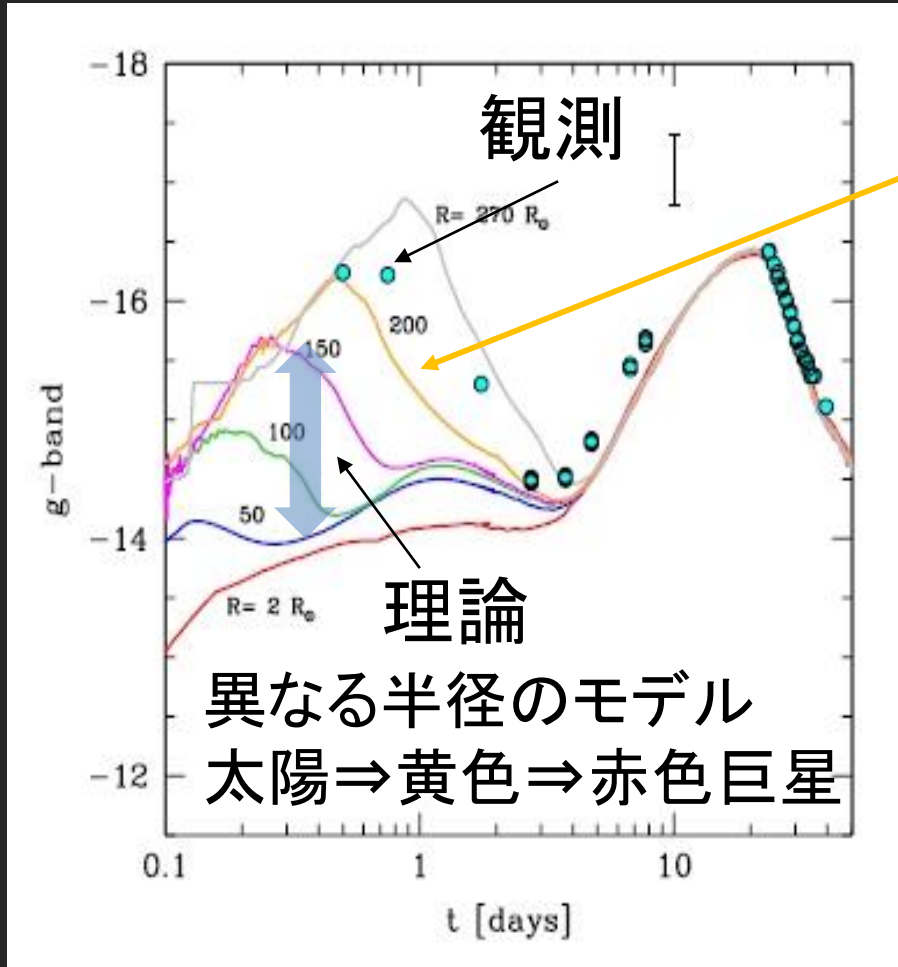
早期観測：爆発した親星は？



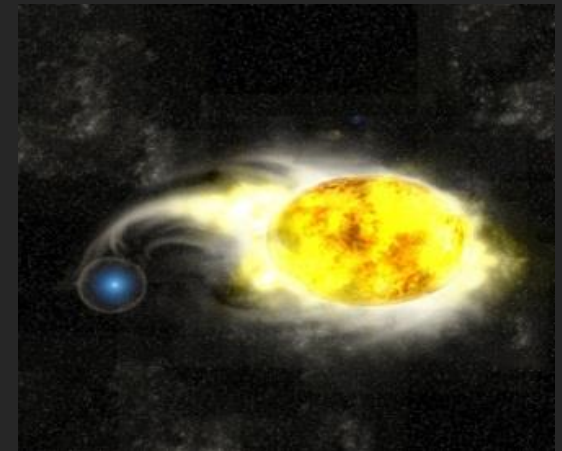
黄色巨星... 爆発しない星のはず(≠赤色巨星)。
星の進化理論への挑戦。
関係ない星？(偶然同じ視線方向)

超新星⇒恒星進化論

早期観測：爆発した親星は？



黄色巨星の爆発モデル
で良く説明できる(でない
と説明できない)
⇒黄色巨星の爆発。
連星進化で説明できる
(でないと説明できない)。



Bersten+ (+前田) 2012, ApJ

早期観測: 爆発した親星は?

Kavli Institute for the Physics and Mathematics of the Universe

東京大学 国際高等研究所 カブリ数物連携宇宙研究機構



LANGUAGES: ENGLISH 日本語

SEARCH THIS SITE:

SEARCH

g-band

ホーム
目的
寄付のお願い
機構案内
研究活動
ニュース & インフォメーション
広報
訪問者のために
職員のために
求人情報
関連リンク

黄色超巨星の超新星爆発の初証拠

2012年9月28日

東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構 (Kavli IPMU)

東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構のMelina Bersten特任研究員が率いる研究グループは、M51銀河に現れた超新星SN2011dhについて、爆発前の場所で観測されていた黄色超巨星が起源であることを爆発の理論的モデルを用いて突き止めました。また、これまで超新星爆発を起こすと考えられていなかった黄色超巨星が爆発に至る進化の道筋の解明にも成功しました。このモデルによると、爆発した黄色超巨星は近接連星を成していたと考えられます。研究グループは、この描像が正しいことを示す証拠として、将来の観測で伴星が検出されることを予測しました。

本研究成果は、9月20日発行のAstrophysical Journalに掲載されました。

掲載論文

Melina C. Bersten, Omar G. Benvenuto, Ken'ichi Nomoto *et al.* 2012 *ApJ* **757** 31 [doi:10.1088/0004-637X/757/1/31](https://doi.org/10.1088/0004-637X/757/1/31)

論文タイトル: "The Type IIb Supernova 2011dh from a Supergiant Progenitor"

著者:

Melina C. Bersten¹, Omar G. Benvenuto^{2,7}, Ken'ichi Nomoto¹, Mattias Ergon³, Gastón Folatelli¹, Jesper Sollerman³, Stefano Benetti⁴, Maria Teresa Botticella⁵, Morgan Fraser⁶, Rubina Kotak⁶, Keiichi Maeda¹, Paolo Ochner⁴, and Lina Tomasella⁴

重力崩壊型超新星爆発を引き起こす星の性質や爆発の多様性の起源の追究は、宇宙物理学において非常に重要な課題と言えます。重力崩壊型超新星爆発を起こすほど大きな質量の星は、爆発の直前には赤色超巨星が青色コンパクト星(ウォルフ・ライエ星)に進化していると考えられています。しかし、最近の超新星の観測で爆発前の星として黄色超巨星が見つかったことは大質量の星の進化を解明する上で深刻な問題となりました。

モデル
ない

る
い。



早期観測：爆発した親星は？

Kavli Institute for the Physics and Mathematics of the Universe

東京大学 国際高等研究所 カブリ数物連携宇宙研究機構



LANGUAGES ENGLISH 日本語

SEARCH THIS SITE:

SEARCH

ブル
ない

ホーム

目的

寄付のお願い

機密案

研究活

ニュー

広報

訪問者

職員の

求人倍

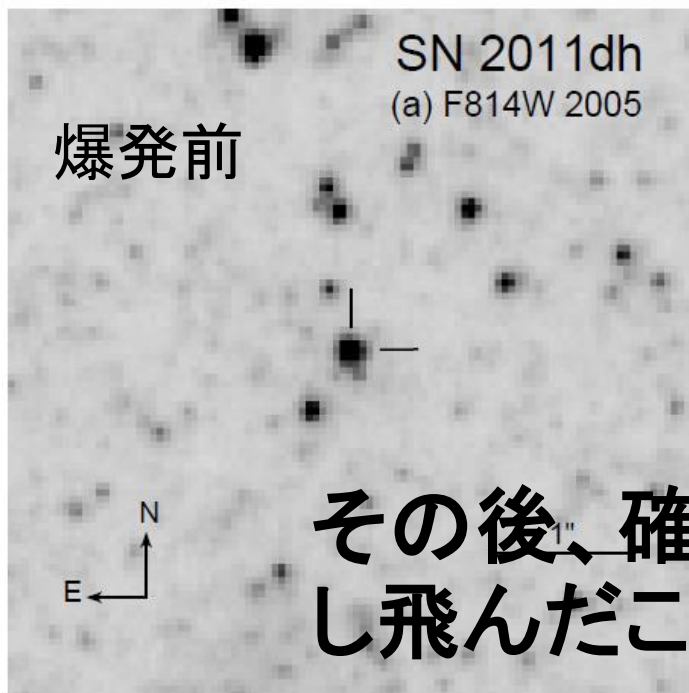
関連リ

黄色超巨星の超新星爆発の初証拠

2012年9月28日

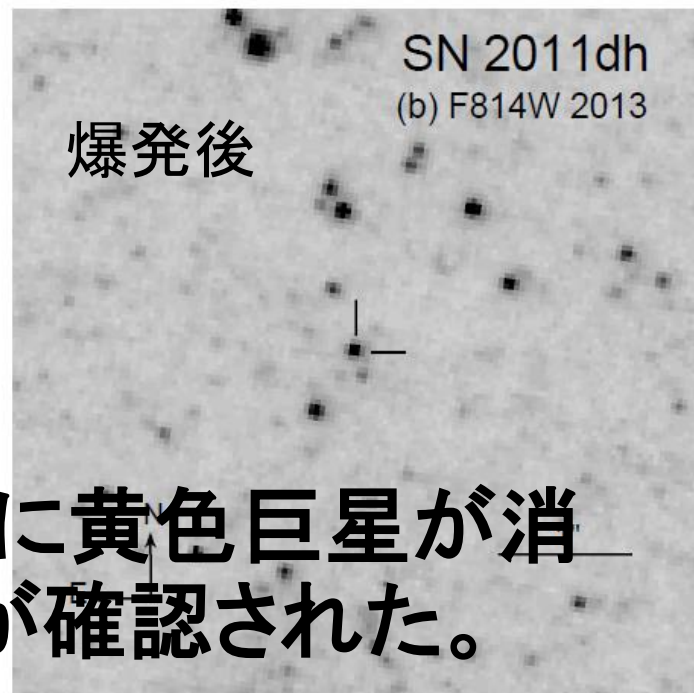
SN 2011dh
(a) F814W 2005

爆発前



SN 2011dh
(b) F814W 2013

爆発後



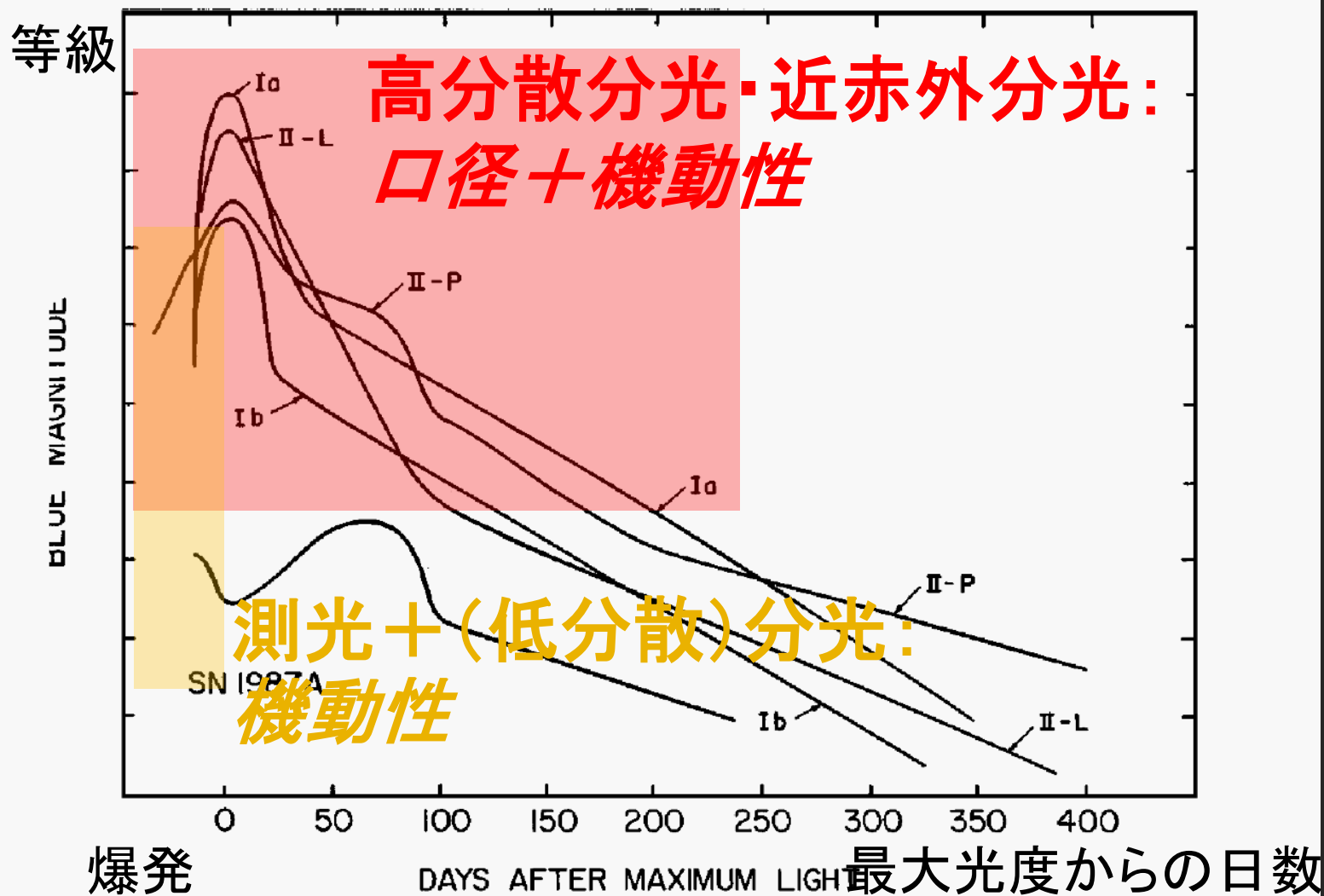
その後、確かに黄色巨星が消し飛んだことが確認された。

この恒星は、黄色超巨星に進化していると考えられています。しかし、最近の超新星の観測は爆発前の星として黄色超巨星が見つかったことは大質量の星の進化を解明する上で深刻な問題となりました。

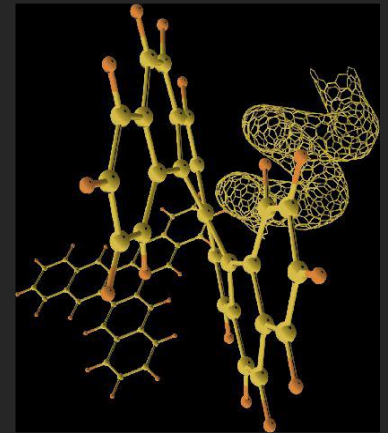
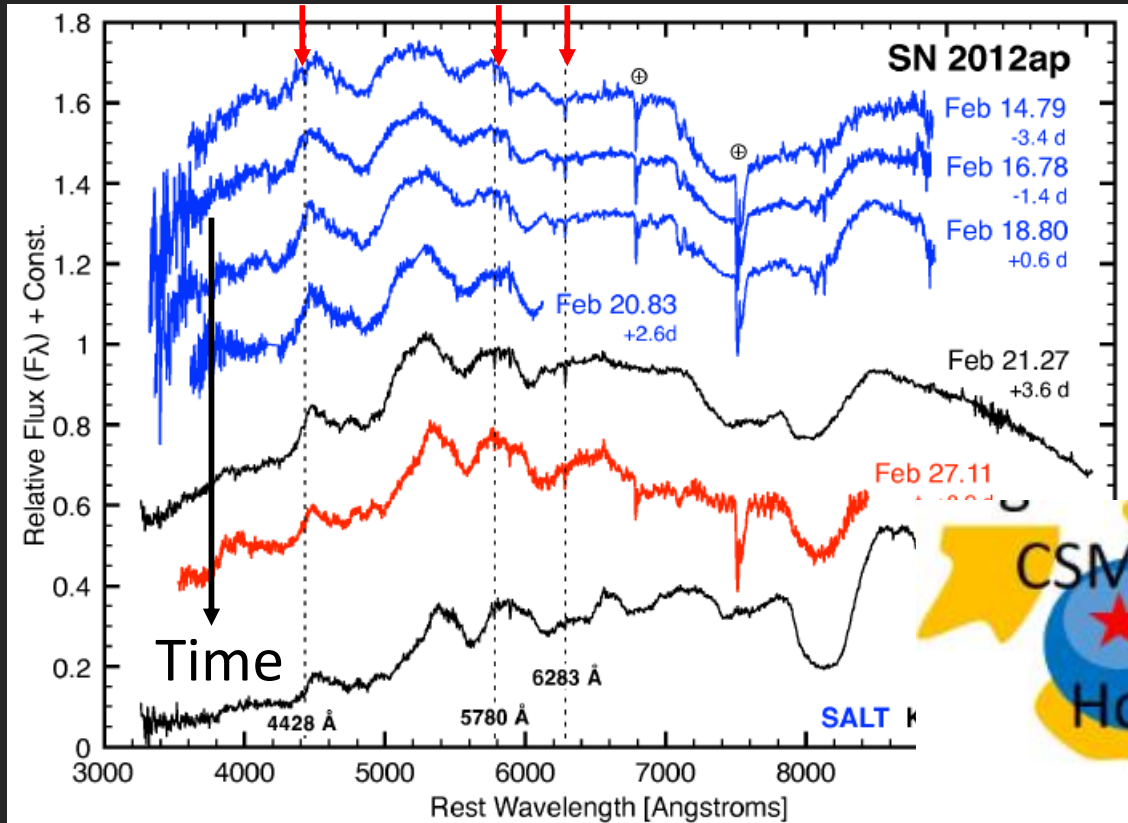
g-band

)。

超新星の可視+近赤外観測: 3.8m



高分散分光: 星間ガスの性質



超新星
光源

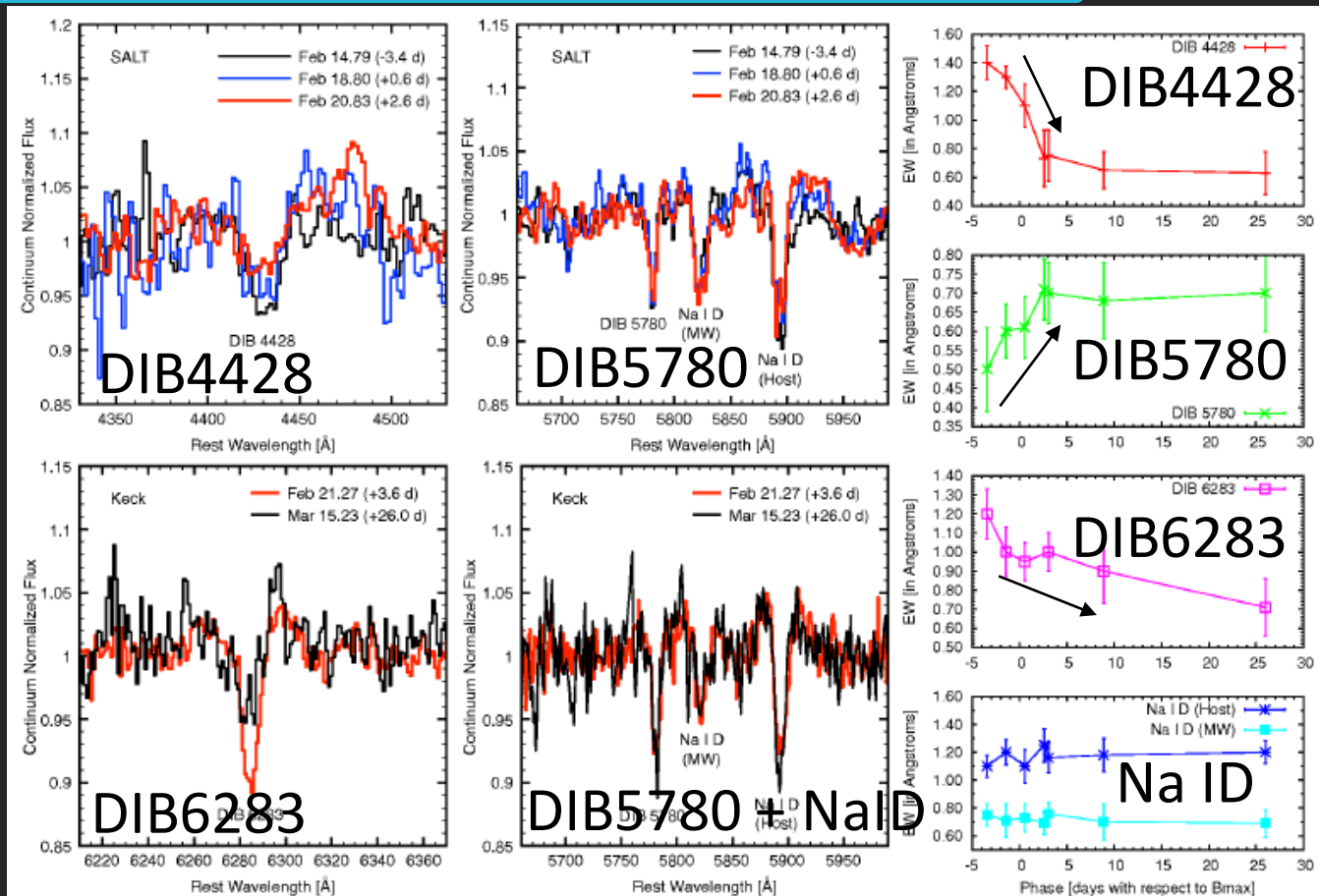
星間ガス
吸収



- Diffuse Interstellar Band: 星間ガスによる吸収線。
- 星形成の盛んでない濃いガス雲中に存在する分子？
- 地上では不安定な分子？ 起源が100年来の謎。

超新星⇒化学

高分散分光：星間ガスの性質



時間変動

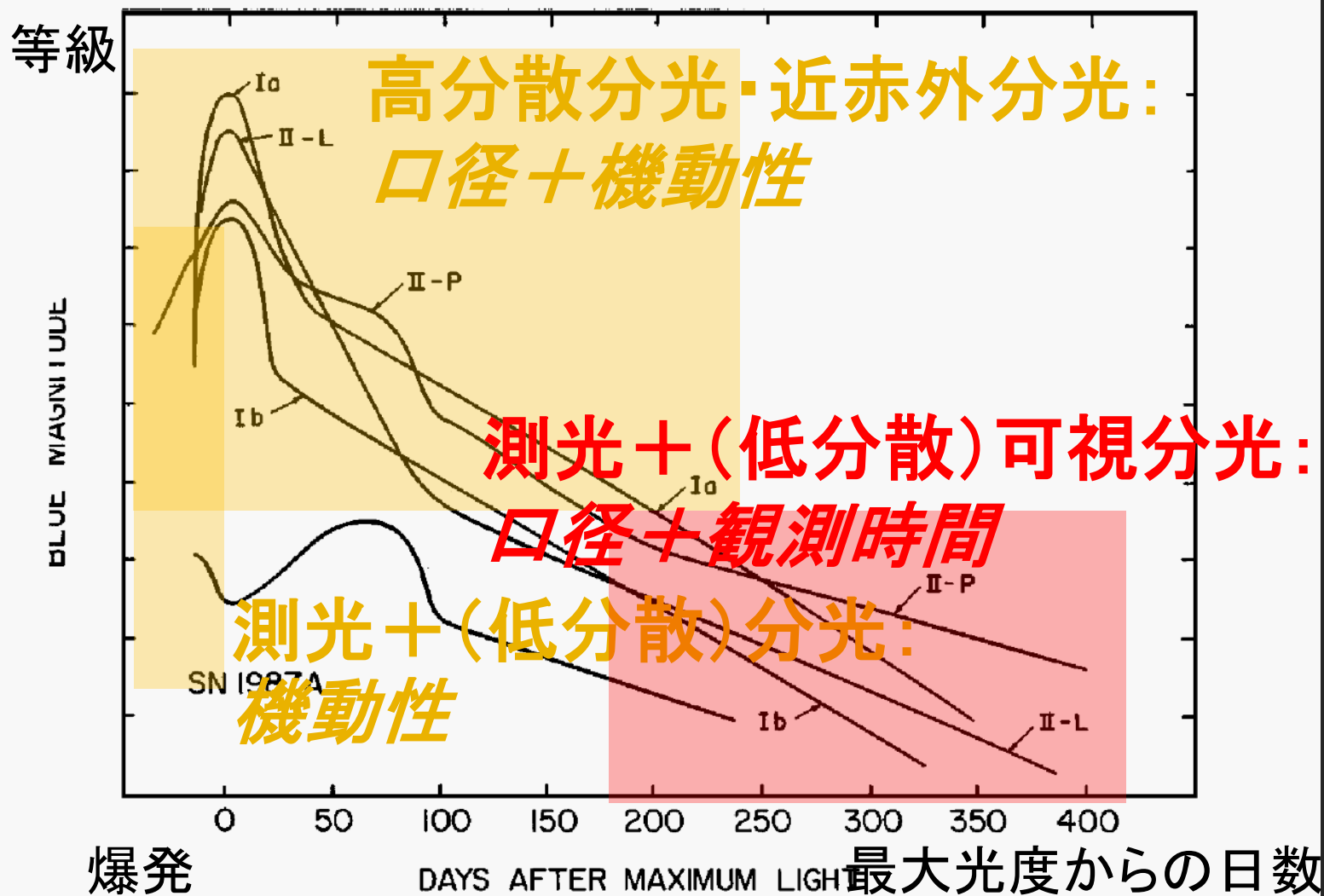


超新星のすぐ
近傍(星形成
領域)に存在。

Diffuse Interstellar Bandの起源への重要な示唆。

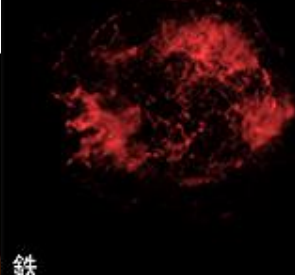
“熱い”星形成領域にも存在する⇒どのような分子？地上で再現できるか？

超新星の可視＋近赤外観測：3.8m



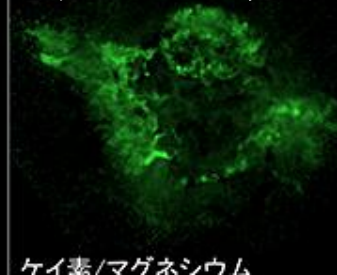
重力崩壊型超新星の爆発機構

鉄



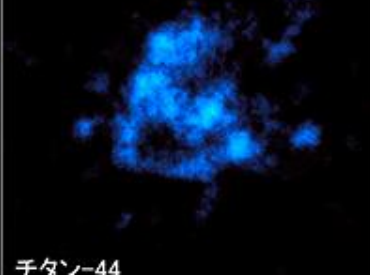
鉄

マグネシウム



ケイ素/マグネシウム

^{44}Ti (核ガンマ)



チタン-44

広報活動

Home > [広報活動](#) > [プレスリリース \(研究成果\) 2014](#) >

報道発表資料

2014年2月20日

独立行政法人理化学研究所

[← 前の記事](#) [↑ 一覧へ戻る](#) [→ 次の記事](#)

いいね!

42

ツイート

82



広報活動

[プレスリリース\(研究成果\)](#)

2014

2013

2012

2011

2010

2009

2008

2007

2006

2005

超新星「カシオペア座A」は非対称に爆発した

—高エネルギーX線宇宙望遠鏡でチタンの鮮明な天体写真を撮影—

この発表資料を分かりやすく解説した「[60秒でわかるプレスリリース](#)」もぜひご覧ください。

ポイント

- 高エネルギーX線の集光撮影で元素の量や位置を直接観測可能に
- 超新星爆発で飛び散った放射性チタンの非対称な空間分布を発見
- 重力崩壊型の超新星爆発のメカニズムを理解するうえで貴重な観測結果

重力崩壊型超新星の爆発機構

鉄

マグネシウム

^{44}Ti (核ガンマ)

広報活動

鉄

Home > 広報活動 > プレスリリース (研究成果) 2014 >

報道発表資料

2014年2月20日

独立行政法人理化学研究所

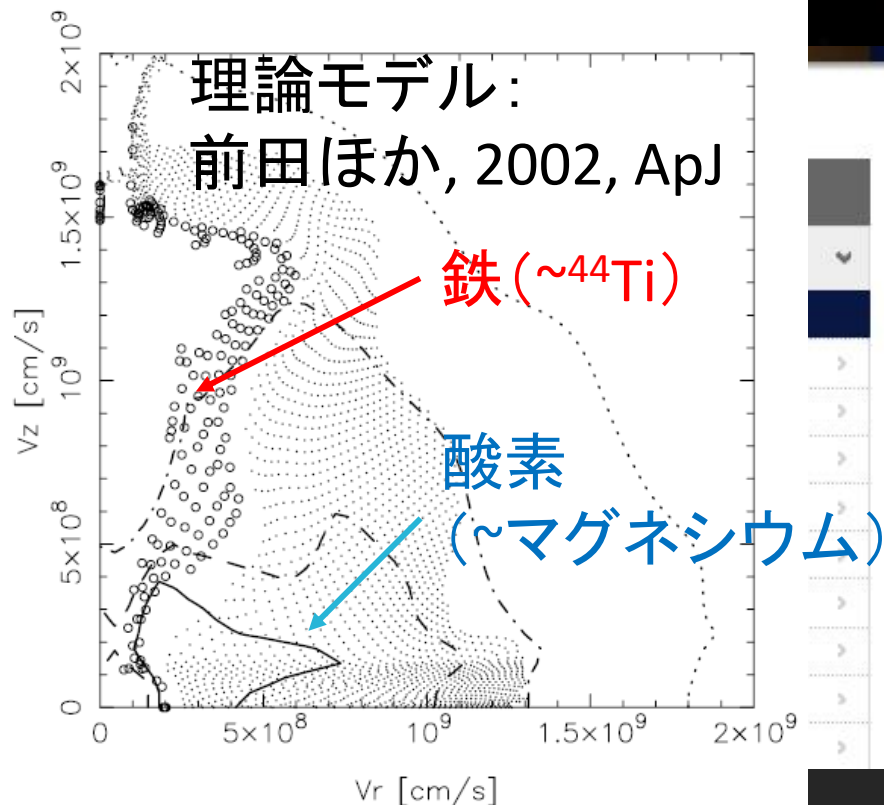
超新星「カシオペア座A」は非対称に爆発した

—高エネルギーX線宇宙望遠鏡でチタンの鮮明な天体写真を撮影—

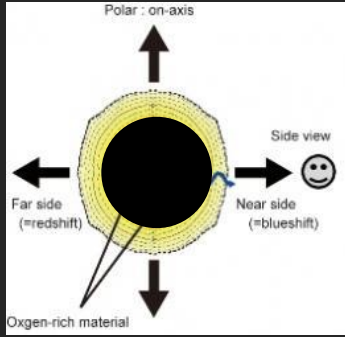
この発表資料を分かりやすく解説した「60秒でわかるプレスリリース」

ポイント

- 高エネルギーX線の集光撮影で元素の量や位置を直接観測可能に
- 超新星爆発で飛び散った放射性チタンの非対称な空間分布を発見
- 重力崩壊型の超新星爆発のメカニズムを理解するうえで貴重な観測結果

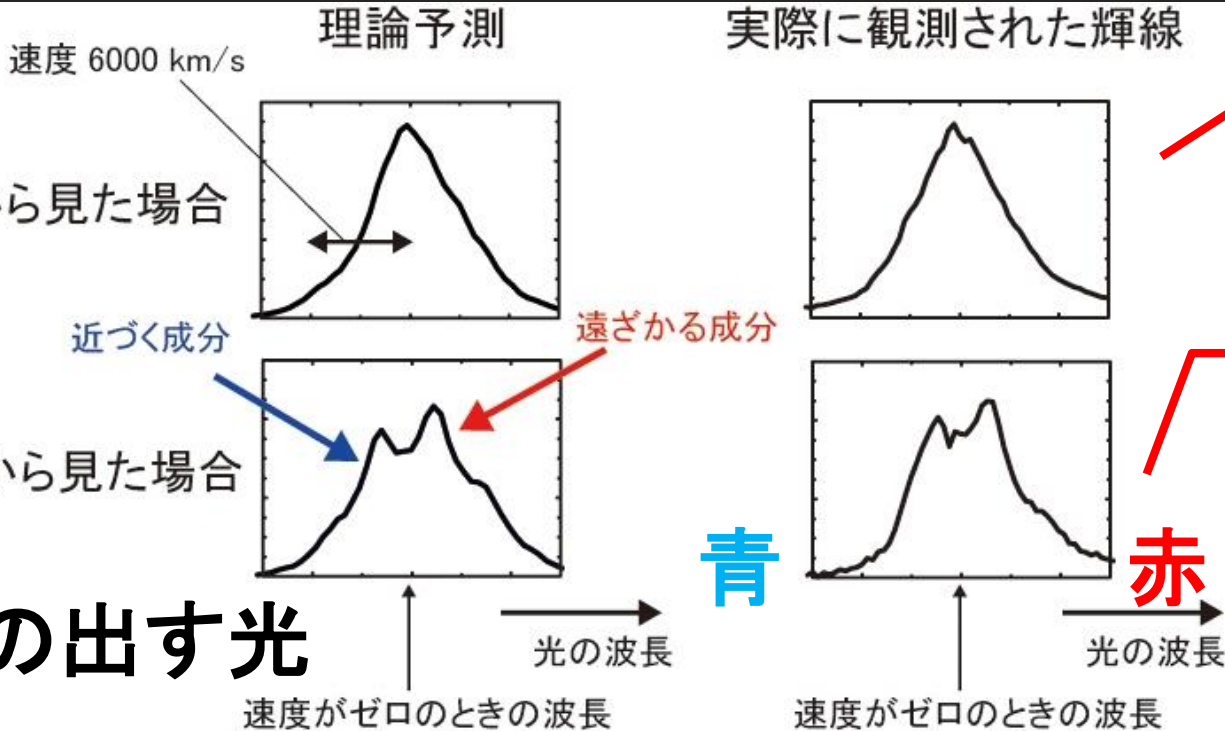
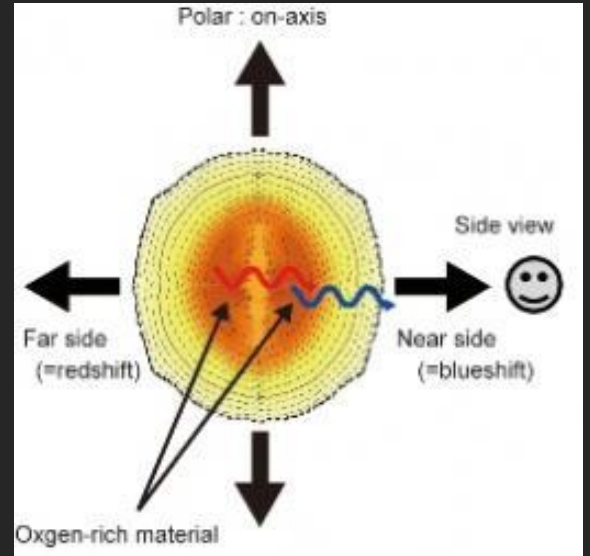


後期分光：爆発機構



~1年

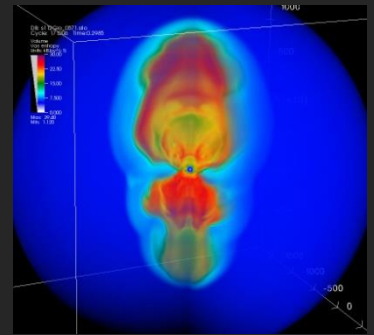
すかすかになって、
内側まで見通せる



酸素の出す光

青

赤



重力崩壊
型超新星
の理論



Ambler-gaining pieces from a 19th-century boat, aerial view, floor plan, discovered in 2005.

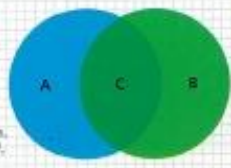
Biologists do study the modern, industrialized world. However, for the majority of us, art we handle and every structure we encounter is an ancient piece of handcraft. Much is hardly recognizable after the natural ravages of the centuries. Some of it probably much older when it was new. But still, we regularly find objects and structures of art. They come in all sizes, from minuscule beads to ancient field systems covering any of them are works of art in their own right. Of course I want to understand the one pretty boubles. But I must admit I love them for their own sake too.

source material is as physical as any fossil, any microbe, or any isotope, but we are also getting less tangible: material culture. The objects we find once interacted passionately of mind, each reflecting and forming the other. But minds scatter to the wind, all that remains of the interplay between ancient humans and the world around them, culture to learn the shape and movements of its former partner, the culture of mind, or there.

WRY is an archaeologist and a journal editor based in Stockholm, Sweden. He blogs at scienceblogs.com.

ION

the study of adaptive variation in the brain and old combines tools used to study a variety of art individual brains to entire ecosystems—only natural selection acts on brain structures itself, social organization, communication, g others. In the spectrum of scientific disciplines, combination of **MOLOGY** and **NEUROSCIENCE**!



アメリカの一般向け雑誌からのInterview + 掲載

SCIENTIFIC METHOD

Do certain supernovae explode only aspherically?

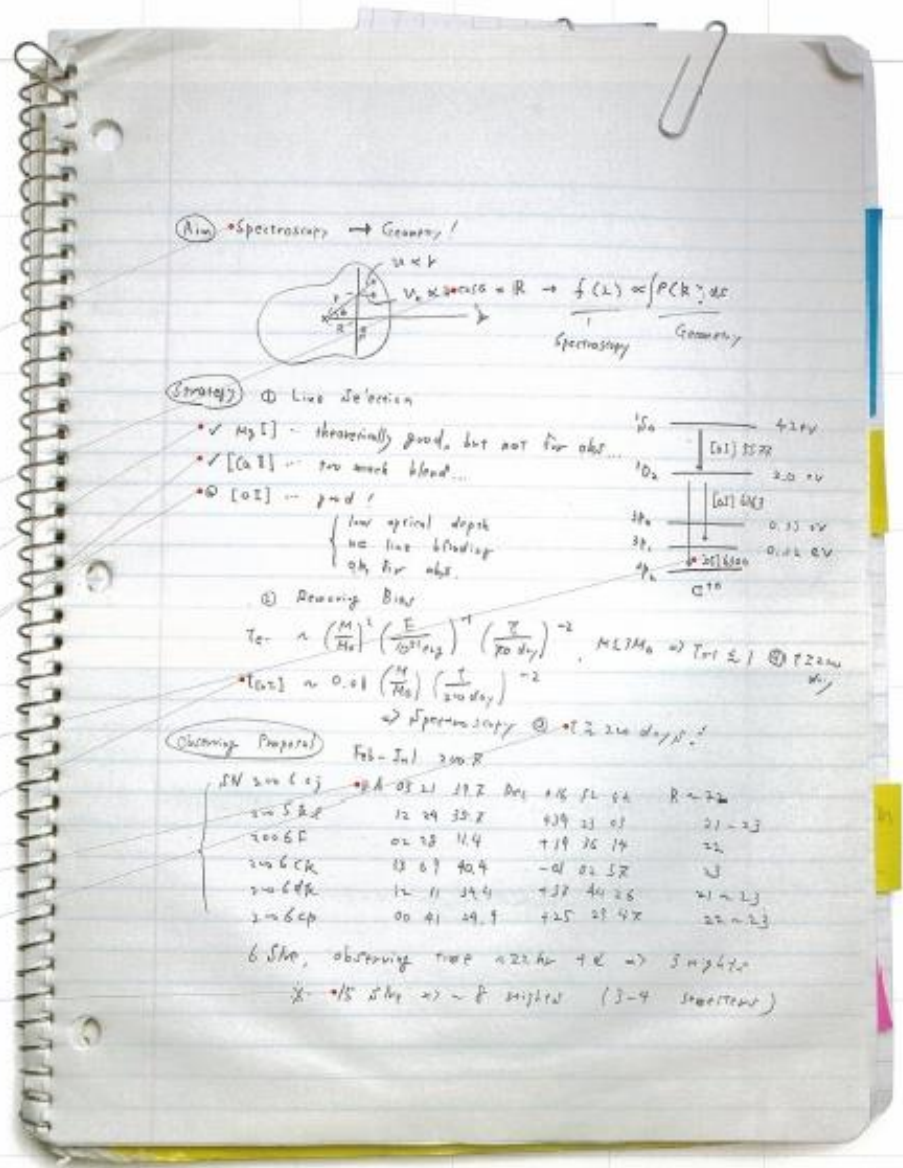
The universe would contain only hydrogen, helium, and a few other light elements, were it not for supernovae. These stellar explosions create the elements that make up the planets and life. For nearly 30 years, astronomers have investigated the explosion mechanism in supernovae. Their two most promising theories both require that the explosions be asymmetrical, but until now nobody had observed the true nature of supernovae asymmetries. Recently, a team led by University of Tokyo astronomer KEICHI MAEDA examined the geometry of a certain class of supernovae and found that they are, indeed, all aspherical.

Because supernovae are distant objects, it is impossible to measure their geometries directly. Instead, to determine the shapes of the explosions, Maeda and his colleagues observed the color of the emitted light. When a moving object emits light, its speed and direction affect how an observer will perceive the light's color. If the source is approaching, wavelengths shorten, and the light is blue-shifted—the faster the source is traveling, the closer to blue it appears. If the source is receding, the light is red-shifted. When a star explodes, matter on one side hurtles toward us, and matter on the opposite side flies away. If there is more blue-shifted light than red-shifted, or vice versa, we know the explosion is aspherical.

In order to determine which way the color of the light had shifted, the researchers needed a point of reference. When different elements are excited, they emit characteristic frequencies of light. Some of the elements in supernovae emit light that is too blue for observation or too complicated to analyze, but oxygen emits a strong, simple orange with a wavelength of 2,200 angstroms. The researchers used this color as the basis for their observation and were able to derive supernova geometry from how much light was redder than 6,300 angstroms and how much was bluer (or, in this case, yellower).

The researchers chose which supernovae to observe by considering both placement in the sky and how much gas shielded the inner matter. By calculating how much time is needed for the density of the outer gas to decrease enough to let light through, the team determined they should look only at supernovae at least 200 days old. They settled on 15 supernovae to observe directly.

The team found asymmetries in a sufficient proportion of the supernovae to determine that all of the supernovae were aspherical. "Our observation confirmed that asphericity is an essential ingredient in a supernova explosion," Maeda says. "However, the detailed explosion mechanism is still an open question."



Ia型超新星の爆発機構

超新星残骸SN1006 (「明月記」に記された 超新星)

Kyoto University

京都大学

検索

[イベントカレンダー](#)
[刊行物・資料請求](#)
[お問合せ](#)
[アクセス・マップ](#)
[サイトマップ](#)
[リンク](#)

現在の場所: [ホーム](#) > [研究](#) > [お知らせ](#)

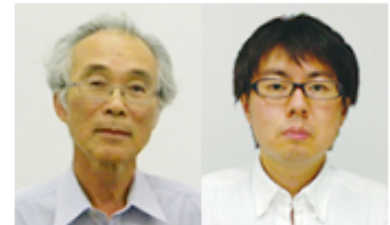
ホーム
* 概要
● 教育

藤原定家の超新星は非対称爆発をした - X線天文衛星「すざく」が明らかにした標準光源の「ゆがんだ」形状 -

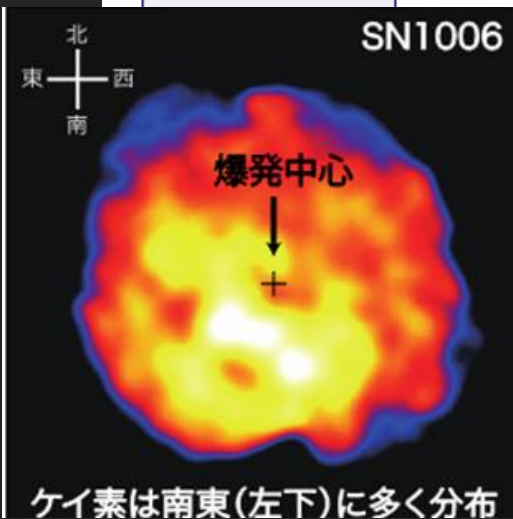
2013年7月2日

内田裕之 日本学術振興会特別研究員(理学研究科)、小山勝二 同名誉教授、山口弘一、スミソニアン天体物理学センター研究者らのグループの共同研究で、「明月記」に記録した超新星SN1006が非対称にゆがんだ爆発をしたことが明らかになりました。

この研究成果は米国の科学雑誌「アストロフィジカル・ジャーナル」(771号:2013年7月15日発行)に掲載されました。



左から小山名誉教授、内田特別研究員

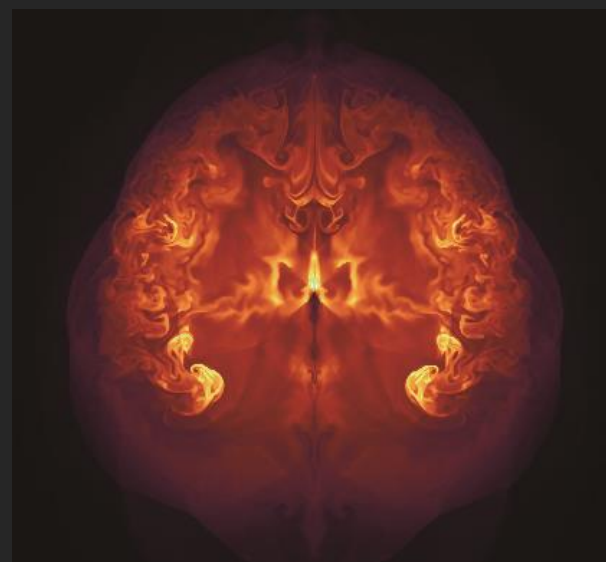
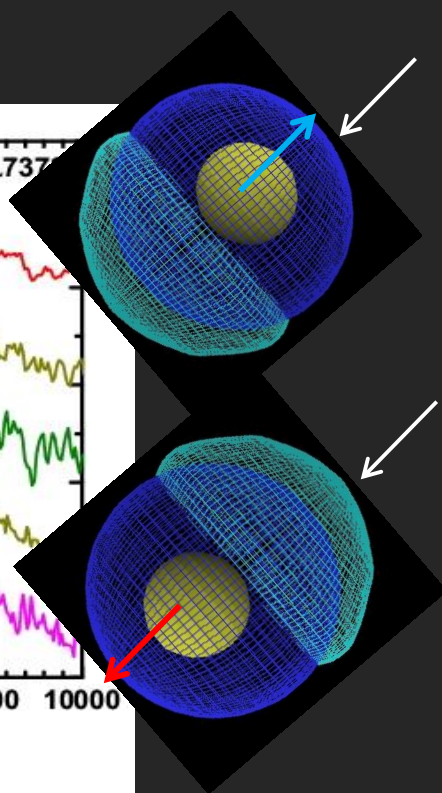
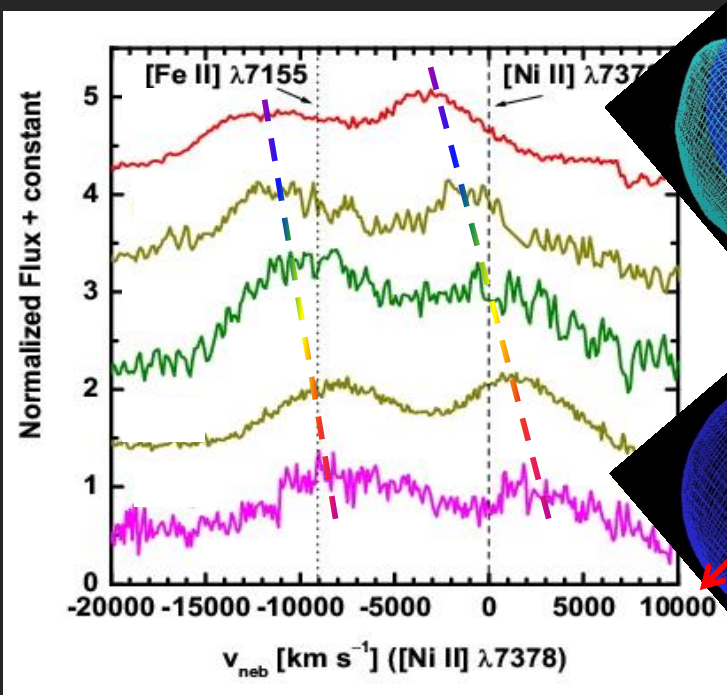


定家は1006年に超新星爆発があったことを「明月記」に記録として残しました。その記録と現在の研究から、この超新星は史上最も明るく輝いた核星走型超新星といわれています。この型の超新星はIa(いちイー)型と呼ばれ、明るさが一定の標準光源として宇宙の加速膨張の発見に寄与してきました。明るさが一定の標準光源であるためには、爆発が対称に行わなければならないと考えられてきましたが、藤原定家の超新星SN1006は、鉄などの元素がある方向に偏った非対称

後期分光: Ia型超新星の爆発機構

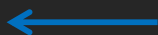
後期に見える鉄族元素放射の波長のずれ⇒球形からのずれ。

前田他, 2010, Nature



スパコンでの核暴走爆発の
数値シミュレーション
前田他, 2010, ApJ

Blueshift



Redshift



Ia型超新星の爆発機構

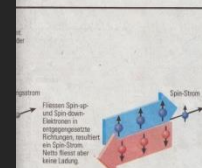
Neue Zuercher Zeitung (スイスの新聞)

ノイエ・チュルヒャー・ツァイトウング (ドイツ語: **Neue Zürcher Zeitung**、略称 **NZZ**) はスイスのチューリッヒに本拠を置く主要ドイツ語日刊新聞の一つである。

1780年1月12日にチュルヒャー・ツァイトウング (ドイツ語: **Zürcher Zeitung**) の名でザロモン・ゲスナー (Salomon Gessner) によって創刊され、1821年に現在の紙名に変更された。長い歴史を持つ有数の老舗である。

Computer von morgen

neueste Entdeckung der Festkörperphysik



Schichtstrukturen sehr aufwendig herzustellen. Zum anderen lassen sich die speziellen Effekte dieser Systeme nur bei tiefen Temperaturen beobachten. Deshalb begann man, nach einfacheren und robusteren Systemen zu suchen. Das führte rasch zu den dreidimensionalen topologischen Isolatoren, die vor drei Jahren zum ersten Mal erwähnt wurden. Damals zeigten die theoretischen Physiker Charles Kane und Eugene Mele an der University of Pennsylvania auf, welche ganz speziellen Voraussetzungen im Inneren eines Isolators vorliegen müssen, damit er topologische

sen. Mit Langzeitbeobachtungen, teilweise Monate nach dem Supernova-Ereignis, konnten **Keiichi Maeda** von der Universität Tokio und seine Kollegen nun zeigen, dass die expandierende Wolke asymmetrisch im Weltraum ver-

einen Oberflächen ausser geben den Festkörper ein relativ einfaches es sich nach solchen ihnen liess. Gleichzeitig ersten Kandidaten, ungenau des Schwermetalls dem leichteren Halb-

e Materialien
 en die Gruppen von Zahid Hasan von der zruy im Jahr 2006 erzielender Qualität her spekroskopischen Merkmalspezifische Signatur in Oberflächenzustände. Ein Jahr später gelang den in Zusammenarbeit der physikalischen Gruppe an der Universität Zürich und mit Hugo Mitarbeitern am Pauli der Schweiz, dass e wirklich nur eine in. Wie theoretisch vorher Spin parallel zur zeigt immer senkrecht richtung der Elektronen.

Bei herkömmlichen Materialien ist das andere. Hier zeigen gemessene Werte Spin in die eine wie in die entgegengesetzte Richtung.

Eine Hauptursache der Suche nach besseren topologischen Isolatoren. Je kleiner nämlich die parasitären Leckströme sind, die bei Raumtemperatur im Inneren des Materials fliessen, desto deutlicher können die topologischen Randströme zutage treten. Gleichzeitig versucht man, Proben mit möglichst kleinem Querschnitt zu synthetisieren, um den relativen Oberflächenanteil zu vergrössern.

Obwohl das Gebot der topologischen Isolatoren noch jung ist, gibt es in der Fachliteratur bereits viele Konzeptvorschläge für neuartige elektronische und spintronische Komponenten, welche die einzigartigen Eigenschaften dieser Materialien ausnützen. Bringt man etwa einen topologischen Isolator in die Nähe eines Supraleiters, so wird die metallische Oberfläche des Isolators supraleitend. Wie Kane zeigen konnte, sollten sich in der supraleitenden Grenzschicht völlig neuartige Anregungen mit teilhenartigen Eigenschaften erzeugen lassen. Diese sogenannten Majorana-Fermionen haben den gleichen Spin wie Elektronen, tragen aber keine elektrische Ladung. Gegenwärtig wird in mehreren Labors daran gearbeitet, diese Idee umzusetzen.

Vorschlag für Quantencomputer
 Inzwischen gibt es auch Vorschläge, wie sich mit Hilfe von Majorana-Fermionen Quantenbits, also die Informationseinheiten eines Quantencomputers, realisieren lassen könnten. Wegen der besonderen Eigenschaften der Majorana-Fermionen wäre ein aus solchen Quantenbits bestehender Quantencomputer topologisch vor Fehlern geschützt. Das mit wäre eine der grössten Hürden auf dem Weg zu einem funktionsfähigen Quantencomputer aus dem Weg geräumt. Es ist deshalb kein Wunder, dass topologische Isolatoren gegenwärtig von vielen Forschern als «heisse» Technologie in condensed matter physics betrachtet werden.

Der Autor leitet die Gruppe für Oberflächenphysik am Physik-Institut der Universität Zürich.

Eine Frage der Perspektive

Viel von Supernovae nur Schein

Supernovae vom Typ Ia dienen Kosmologen zur Entfernungsbestimmung. Die beobachtete Vielfalt dieser Sternexplosionen hat jedoch Zweifel aufkommen lassen, wie zuverlässig dieses Distanzmass ist. Jetzt gehen Astronomen Entwarnung.

Thorsten Danneberg

Supernovae überraschen Astronomen durch ihr plötzliches Aufblähen. Ein zuvor unscheinbarer Stern erhöht seine Helligkeit enorm, nach einigen Wochen schwindet der Glanz wieder. Bei allen Supernovae vom Typ Ia zeigt die Lichtkurve einen ähnlichen Verlauf. Daraus schlossen Astrophysiker, dass diese Sternexplosionen nach einem einheitlichen Muster ablaufen. Das verleiht ihnen eine besondere Bedeutung. Mit der richtigen Eichung kann aus dem Verlauf der Lichtkurve die Distanz dieser Ereignisse mit einer Ungenauigkeit von nur zehn Prozent gemessen werden. Das ist eine wichtige Grundlage, um die Expansion des Kosmos zu vermessen. Es gibt allerdings Zweifel an der Zuverlässigkeit dieses Distanzmasses. Trotz allem fast identischen Helligkeitsverlauf unterscheiden sich die Supernovae nämlich in ihren spektralen Eigenschaften. Eine internationale Forschergruppe hat nun herausgefunden, wobei diese Vielfalt in der Einheit kommt.

Nach der gängigen Theorie entstehen Supernovae vom Typ Ia in Doppelsystemen. Dabei zieht ein Weisses Zwerg (ein alter, fast ausgebrannter Stern) so lange Material von seinem Begleiter an, bis er 1.38 Sonnenmassen erreicht. Durch den Massezuwachs steigert Druck und Temperatur im Inneren des Weissen Zwergs. Wird die kritische Masse erreicht, zünden spontan Kernfusionsreaktionen: Sauerstoff- und Kohlenstoffatome, die hauptsächlich Bestandteile eines Weissen Zwergs vornehmlich zu schweren Atomen. Die Zündung geht in ein paar Sekunden los, wobei der Stern binnen weniger Sekunden zerstört. Zurück bleibt eine Explosionswolke, die sich typischerweise mit einer Geschwindigkeit von 10 000 Kilometern pro Sekunde ausbreitet. Die radioaktiven Isotope in der Wolke – insbesondere Nickel-56 – sind einer Halbwertszeit von sechs Tagen – bestimmen die zeitliche Entwicklung der Leuchterscheinung.

In den letzten Jahren haben Astronomen eine verwirrende Vielfalt bei den Supernovae vom Typ Ia entdeckt. Einige scheinen ihre Explosionswolken mit ungewöhnlichem Tempo, etwa 50 Prozent schneller, auszubreiten zu haben. Mit Langzeitbeobachtungen, teilweise Monate nach dem Supernova-Ereignis, konnten Keiichi Maeda von der Universität Tokio und seine Kollegen nun zeigen, dass die expandierende Wolke asymmetrisch im Weltraum verteilt ist. Dazu sind aus Modellrechnungen geschlossen, was die Grundstein für diese Asymmetrie bereits in den dreissigen Sekunden der Explosion gelegt wurde. So deuten die Analysen darauf hin, dass die Explosion ausserhalb des Zentrums des Zwergsterns beginnt.

Die unterschiedlichen spektralen Eigenschaften erweisen sich somit als weitgehend konstant. Ein solches einheitliches Ergebnis resultiert aus denen die Supernovae beobachtet wurden.

Laus Stefan Tauberberger vom Max-Planck-Institut für Astrophysik in Garching, einem Co-Autor der Studie, dürfte dieses Resultat die Kosmologen beruhigen. Denn es entkräftigt Bedenken, die Supernovae vom Typ Ia könnten wegen ihrer spektralen Vielfalt ungeeignete Indikatoren für kosmische Entfernungen sein. Es besteht sogar die Hoffnung, dass durch dieses Verständnis dieser Supernovae die Ausdehnung des Weltalls noch genauer vermessen zu können.

Ia型超新星宇宙論にも密接に関係

“暗黒エネルギー”：2011年ノーベル物理学賞



Brian Schmidt @ 京大宇宙教室 (2013年10月)

新種の超新星の例

<http://prc.nao.ac.jp/extra/uos/ja/author-kawabata/>
<http://prc.nao.ac.jp/extra/uos/ja/author-maeda/>

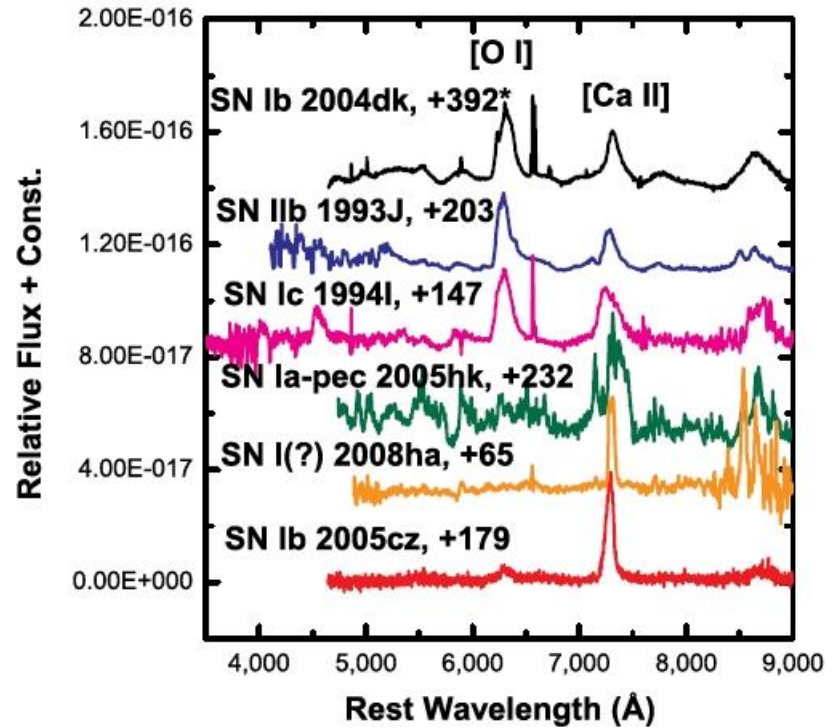
川端, 前田他, 2010, Nature

星形成の盛んでないところで発生する。

初期観測は重力崩壊型に見える。

後期:カルシウム輝線が強い⇒
「Ca-rich 超新星」。

その後多数発見、起源は未だ謎。



分光宇宙アルバム

著者紹介
川端 弘治

氏名	川端弘治
所属	広島大学 宇宙科学センター
職名	准教授
専門分野	光学赤外線天文学

この連載企画で読者のみなさんに紹介したかったこと
 天文学の入門書を見ると、超新星は星全体が吹き飛ばす大爆発のことで、限界質量を超えた白色矮星が示す核爆発型超新星と、重い恒星が進化の最終段階で示す重力崩壊型超新星とがあることが判るといいます。より詳しい教科書ですと、重力崩壊型には、水素に富んだII型の他に、水素は欠乏しているがヘリウムに富んだIb型、水素もヘリウムも欠乏しているIc型があると書かれていると思います。さらに細かい分類

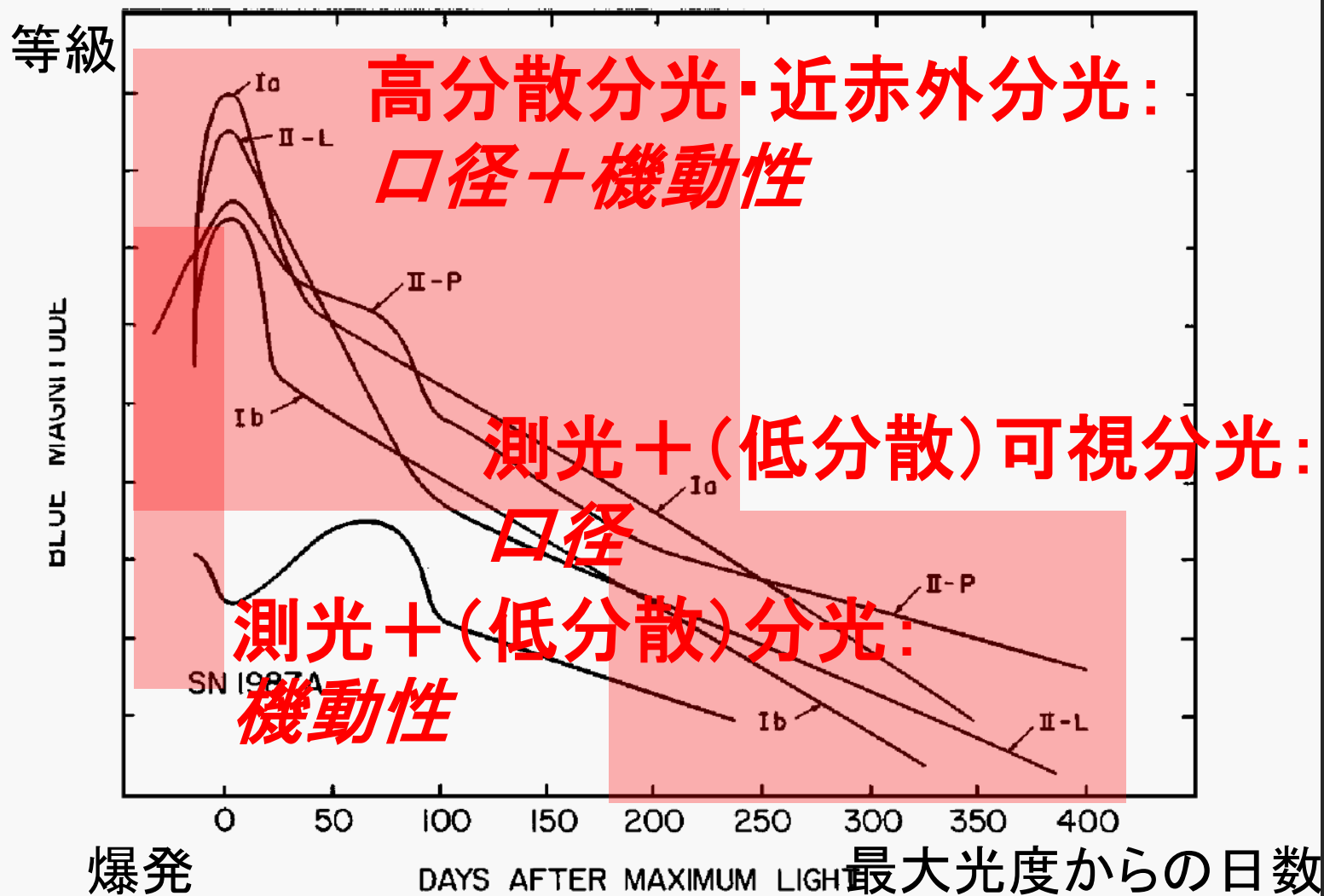
分光宇宙

著者紹介
前田 啓一

氏名	前田啓一
所属	京都大学 理学研究科 宇宙物理学教室
職名	准教授
専門分野	理論・観測天文学

この連載企画で読者のみなさんに紹介したかったこと
 驚き、そして納得。川端さんが観測した超新星2005czのすばる望遠鏡での後期スペクトルを見たときの感想です。この「変わり種」の超新星、その正体が何であるのかしっぽをつかまなかったのですが、ついにその解明の鍵を手に入れたと思った瞬間です。

超新星の可視＋近赤外観測：3.8m

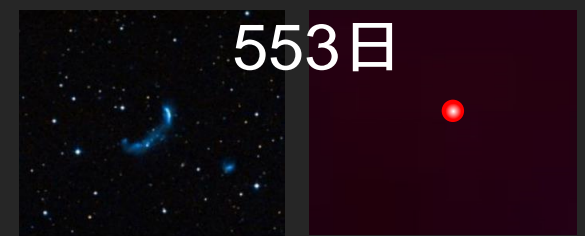
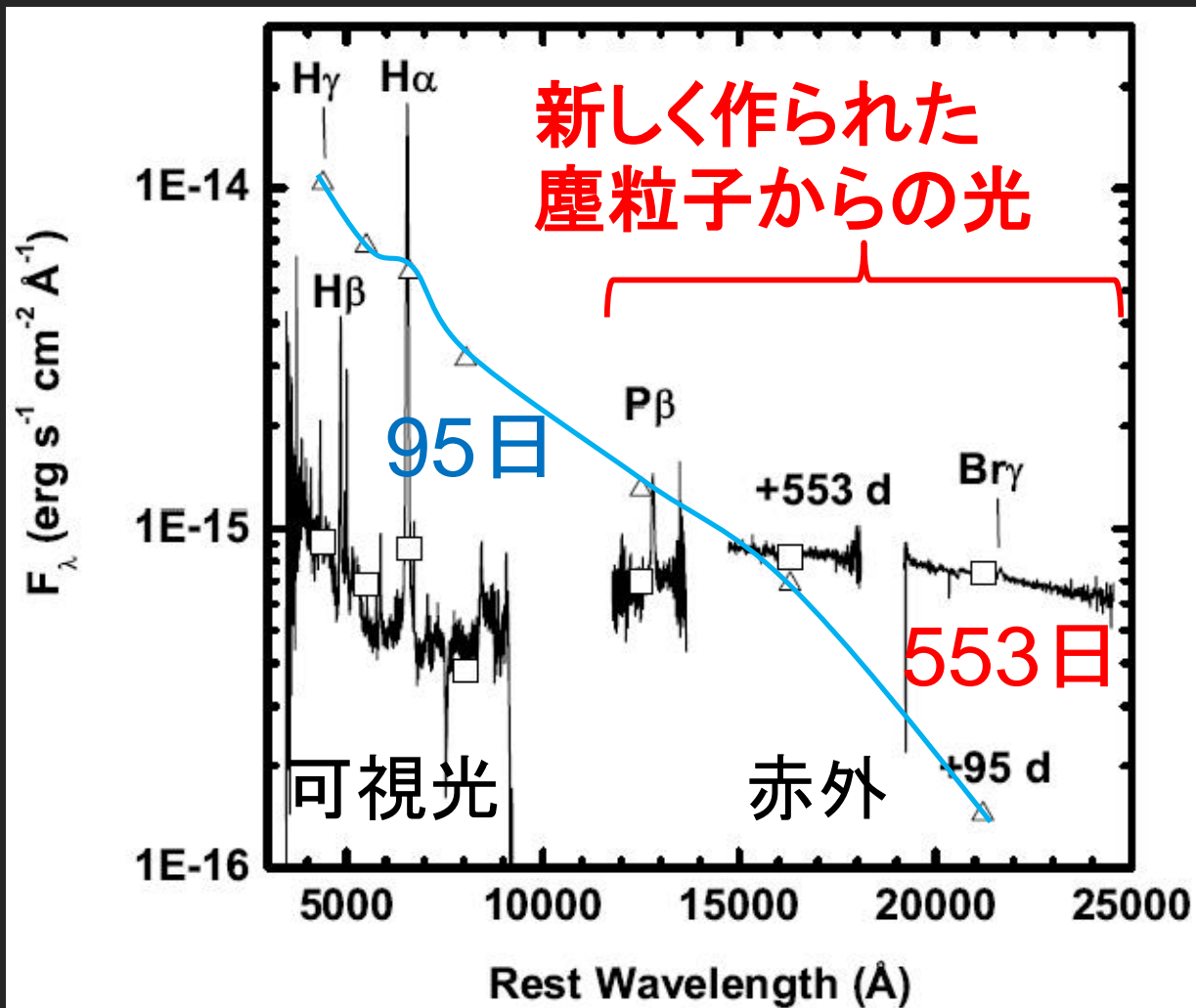


超新星は宇宙のダストの起源か？

近赤外分光：星間ダストの起源

すばる望遠鏡(補償光学)

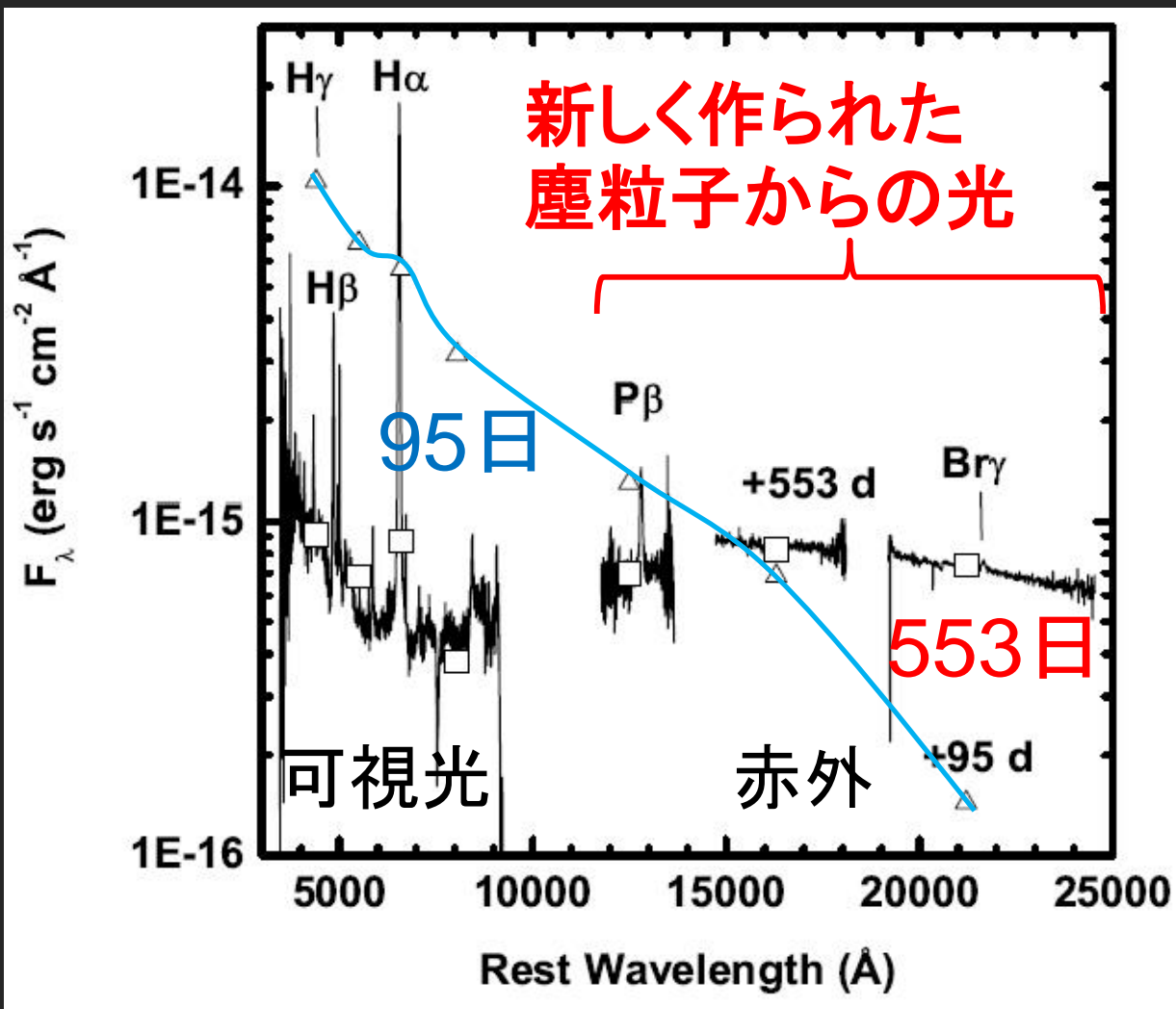
可視光 近赤外



前田他, 2013, ApJ

超新星はダストを
作っている！

近赤外分光：星間ダストの起源



超新星ダストの近赤外分光による検出：

⇒世界初。

#測光観測：国内1-2m
(上野ほか)

可視＋近赤外：

⇒生成ダストの核種、
サイズの決定。

⇒SN 1987Aに次ぎ二
例目。

⇒ダスト性質決定の新
手法を考案。

まとめ

- 星の進化、超新星爆発機構は未解明問題の宝庫。
- 超新星の理解なしに恒星進化の理解なし。
- 超新星の理解なしに宇宙の進化の理解なし。
- 化学・核物理などへも波及効果。
- 新種の超新星の発見が相次いでいる。

- **3.8mで是非！**