

星から生まれる宝石たち - 宇宙鉱物学の夜明け

Sun Kwok

ダイヤモンドやルビー、サファイアなどは、その美しさと貴重さのゆえに、古くから珍重されてきた。これらの宝石類が宇宙の星々の間で大量につくりだされているなどといったら、びっくりする人が多いだろう。しかし、地球上と宇宙からの最近の望遠鏡観測は、星々から流れ出して宇宙空間をただよう物質から、宝石類を含む多くの固体粒子を見つけ始めているのである。

星間ダストの多様性

暗い夜、天の川の中心にそって暗黒星雲の帯が、シルエットのようにのびているのが見える。暗黒星雲の主体は冷たいガスで、それ自身は星の光を通してしまうが、背後の多くの星の光をさえぎる役目をするのが、ガスにふくまれているダストである。星間ダストは全星間物質中の1%程度にすぎず、そんなに豊富にあるわけではない（相対的にみればであるが）。しかしダストは、宇宙におけるいろいろなプロセスで大きな役割を演じているのだ。

星間空間にダストが存在することは、すでに約1世紀にわたって知られてきたが、その化学組成や起源は謎につつまれていた。星団ダストはきわめて冷たいので、スペクトルの可視領域での直接観測は不可能である。そのため、ダストによる星の光の選択吸収を観測することによって、ダストの性質を調べる方法がとられてきた。ダストを通過した星の光のスペクトルは、紫外領域の220nmに吸収帯をもつことが多い。このことから、星間ダストはグラファイト（石墨または黒鉛）であろう、と長いこと考えられてきたのだった。ところが、最近の赤外線観測から、宇宙空間には、とくに死につつまある老齢の星のまわりには、おどろくほど多種多様な組成の鉱物粒子が存在することが、わかってきたのである。

神話や伝説によれば、宝石は空から降ってきたものだという。けれども残念ながら私たちが現実に目にする指環のダイヤモンドは、もともと地球の内部でつくられたものである。一方、星間空間でつくられる鉱物粒子はひじょうに小さく、一般に μm 以下の大きさである。しかしながら科学者たちはいま、地球上に存在する極微小の宝石類には、本当に宇宙から来た、しかも地球よりも古いものがあるかもしれない、という可能性を検討し始めている。

そのような可能性の最初の根拠は、隕石の研究からもたらされた。1987年に、ナノメートルサイズのダイヤモンド（C）が、いくつかの隕石から発見された。つづいて、シリコンカーバイド（SiC）やグラファイト（C）も見つかった。これらの微粒子の同位体組成は、起源が太陽系内ではなく、別の宇宙空間でつくられたあと隕石にとりこまれたことを示している。さらに1997年、ワシントン大学（セントルイス）で隕石の分析をしていた科学者たちは、その中に多くのコランダム（鋼玉、 Al_2O_3 ）の粒子を発見した。これも星間起源であるように思われた。

では、これらの粒子は、宇宙のどこでつくられ、どのようにして隕石にとりこまれるようになったのだろうか。著者たちは星の赤外スペクトルの研究から、隕石中に見つかった粒子と、老齢の赤色巨星から放出された鉱物の間には、明瞭なつながりがあることを確かめた。死につく星は大量の固体物質をつくり出し、それを銀河中にまき散らしている。天と地のこのつながりは、現代天文学における最も注目すべき発見のひとつである。

宇宙鉱物学事始め

星の鉱物学は 1960 年代後半における最初の赤外線望遠鏡による観測からはじまった。それによると、老齢の赤色巨星（太陽と同程度の質量の星が膨張したもので、大量の恒星風を放出して惑星状星雲になる前の姿）の多くは、波長 $10\mu\text{m}$ の中間赤外域で発光スペクトルを示すことがわかった。この $10\mu\text{m}$ ピークは、 μm サイズのシリケート（珪酸塩）粒子によるものであることがすぐに同定された。シリケートは多様な鉱物をつくり、それらが集まって一般の岩石も構成している。

宇宙にこのような岩石質のダストが存在することは、大きな問題である。赤色巨星の極度に希薄な大気（それは地球大気の 10 億分の 1 以下の密度である）のもとでは、固体分子の形成はきわめて困難である。しかも、希薄とはいえ赤色巨星の表層大気の温度はなお 3000K はあり、

大部分の金属や鉱物の融点と沸点をこえている。このようなところで、固体粒子の凝縮はどんぐりあいにおこるのだろうか。

1982 年に打ち上げられた赤外線天文衛星（IRAS）は、宇宙鉱物学に新しい時代を開くことになった。この衛星は 10 か月の間に、中間赤外と遠赤外のスペクトル帯域で、全天の 97% を探査した。搭載されたオランダ製の赤外スペクトロメーターは、5 万以上の天体のスペクトルを得たが、そのなかには 4000 以上の赤色巨星のものが含まれていた。この赤色巨星のスペクトルから、著者たちのグループは、 $10\mu\text{m}$ （Si-O 結合の振動による）と $18\mu\text{m}$ （Si-O-Si 列の振動による）のシリケート発光ピークを見出した（図 1）。この発見から、老齢の星でシリケートがつくられていることは、もはや疑う余地がないと思われる。

星で生まれるシリケートは地球の地

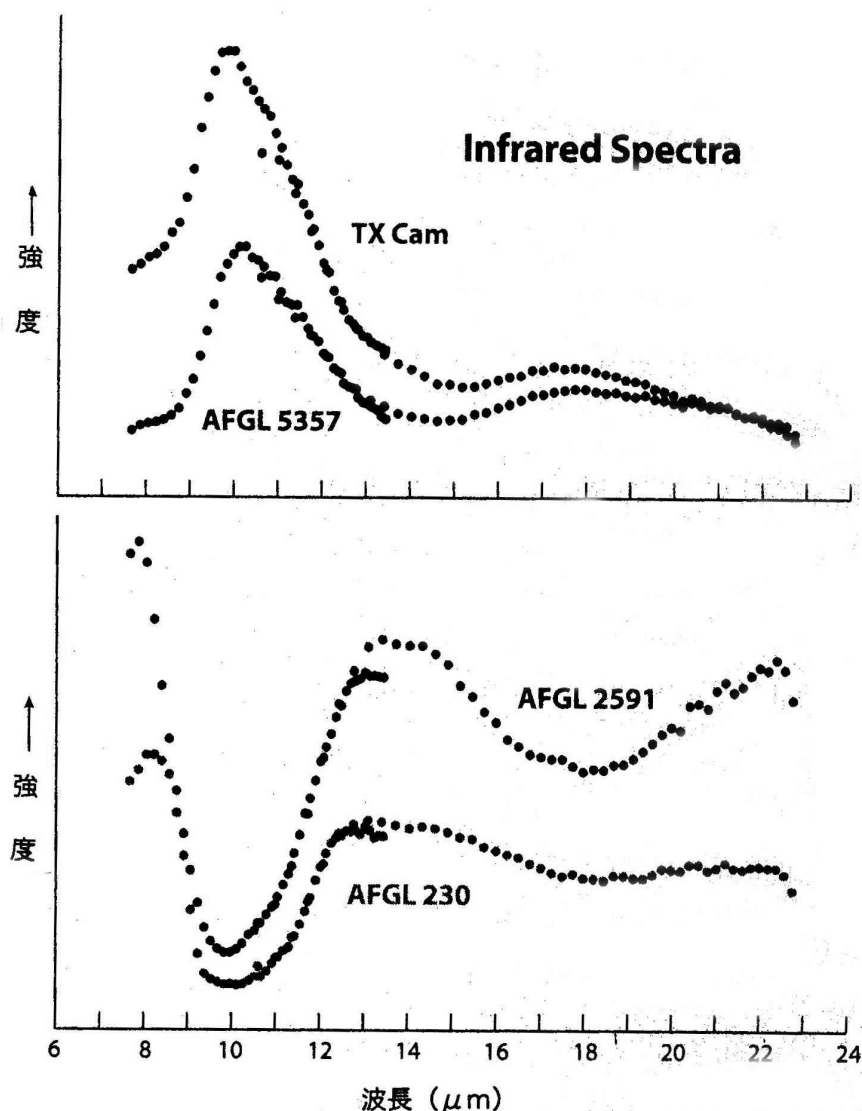


図 1 IRAS によって得られた 4 つの赤色巨星の中間赤外スペクトル。（上） $10\mu\text{m}$ と $18\mu\text{m}$ のピークはアモルファスなシリケートダストによる発光帯。（下） $10\mu\text{m}$ と $18\mu\text{m}$ の谷は同物質による吸収帯。

殻をつくる物質と似てはいるが同一ではない。地球上のシリケートはほとんどが結晶の形をしており、狭くてシャープなスペクトルのピークを示すが、星のシリケートにはそれが見られない。星にある Si-O 結合は、明らかに結晶構造ではなく、ガラス以上にアモルファスな形である。

老齢の星、とくに炭素にとむ赤色巨星（炭素星）には、もう 1 つの固体物質のシリコンカーバイド（SiC）がふつうに見られる。この物質は地球上では、カーボランダムという人工結晶形としてのみ知られている。IRAS のスペクトロメーターは、SiC を含む星が 700 以上あることを明らかにした。ごく一般的に言えば、老齢の赤色巨星は、それが酸素にとむか炭素にとむかによって、シリケートかシリコンカーバイドのどちらかをもっているのである。

もしこれらの固体粒子が、星の大気中で凝縮生成しうるのならば、シリケートやシリコンカーバイド以外の鉱物も存在するのだろうか。熱いガスから最初に凝縮する固体物質は、最も高い温度で固体を形成するものであるはずだ。アルミニウムとチタンの酸化物は、融点が高いうえに、比較的存在度の高い元素の化合物であるから、そのような物質のよい候補と考えられる。

老齢の星が生み出す宝石類

IRAS のスペクトルデータを調べていた Irene Little-Marenin（ウェルズリー・カレッジ）は、多くの赤色巨星のスペクトルに $13\mu\text{m}$ のピークを見つけた。これを検討したアムステルダム大学の天文学者たちは、 Al_2O_3 のアモルファスな形を示すものと解釈した。 Al_2O_3 の結晶形は、自然界でダイヤモンドに次いで硬い鉱物のコランダムである。この考えにつづいて、William Glaccum（シカゴ大学）は、NASA のカイパー空中天文台による赤外観測にもとづいて、 $13\mu\text{m}$ の奇妙なピークはサファイアによるものだとのべた。サファイアは、コランダムの Al 原子が Fe や Ti で置換された青色の結晶である。

これらの提唱は、実験室でのコランダムやサファイアのきちんとしたスペクトルデータがないために、検証がむずかしい。しかし、ドイツのイエナにあるマックスプランク研究所では、実験室でこれらのスペクトルを測定できる。イエナの科学者たちは実際の測定をもとに、 $13\mu\text{m}$ ピークの源として、コランダムのほかに、ルチル（金紅石、 TiO_2 ）とスピネル（尖晶石、 MgAl_2O_4 ）も可能性があると考えた。酸素にとむ赤色巨星のスペクトルには、ガス状の TiO_2 が広く認められるから、ルチルの存在する可能性は大きい。地球上では、ルチルはルビーやサファイアの中にごく細い針状結晶として見られことがあり、反射光で星状パターンをつくっているのが観察される。

1995 年にヨーロッパ宇宙機関（ESA）は、赤外線宇宙天文台衛星（ISO）を打ち上げた。この衛星には、IRAS のものよりも感度の高い赤外スペクトロメーターが搭載された。イエナのグループはウィーンの仲間たちとともに、実験室で得られた結果を ISO の精度の高いデータと比較し、 $13\mu\text{m}$ ピークの最適の候補はスピネルである、と結論づけた。スピネルは地球上では、赤から青までさまざまな色を示すが、それは、Mg 原子が Fe、Zn、Mn など、また Al 原子が Fe や Cr で置換されることに原因がある。赤いスピネルは、しばしばルビーと混同されるほどである。

こうして見てくると、老齢の赤色巨星は、高温と低密度というきびしい条件下にかかわらず、宝石類のダストをつくり出す力をもっていることがわかるのである。

惑星状星雲で生まれる鉱物の謎

さてわれわれは、宝石のように魅力あるもののほかに、もっと地味な鉱物についてもふれなければならない。ISO ミッションのもう 1 つの成果は、結晶質シリケート造岩鉱物と、カーボネート（炭酸塩）鉱物を探知したことである。NGC6302 と NGC6537 をはじめ多くの惑星状星雲では、フォーステライト（苦土かんらん石、 Mg_2SiO_4 ）とエンスタタイト（頑火輝石、 MgSiO_3 ）が見出された。

NGC6302 と NGC6537（図 2）は、バタフライかアワグラスのような形をした星雲で、ISO の観測は、固体ダストが存在すると予想される中央部のくびれの部分でなされた。これらの星雲のガスは 1 万 K の温度があり、NGC6302 の中心の星は約 25 万 K の超高温（これまでに知られた最も熱い星の 1 つ）である。こんな星雲の中で、どのようにして大量のシリケートやカーボネートの鉱物がつくり出されるのか、そのしくみはまだまったくわかっていない。

惑星状星雲は、赤色巨星から放出されたガスの衣である。この星雲に見出される結晶質シリケート鉱物は、赤色巨星で生まれたアモルファスなシリケート粒子が、何らかの原因で結晶質に転化したことを示しているのだろうか。それとも、結晶質の粒子は惑星状星雲の中で独自につくられたものだろうか。後者の場合だとしたら、数千年の年齢しかない惑星状星雲の中では、きわめて効率のよい方法で、急速に結晶質粒子が凝縮したことになるだろう。

もう 1 つの、カーボネート鉱物の成因も問題である。最も一般的なライムストーン（石灰石、

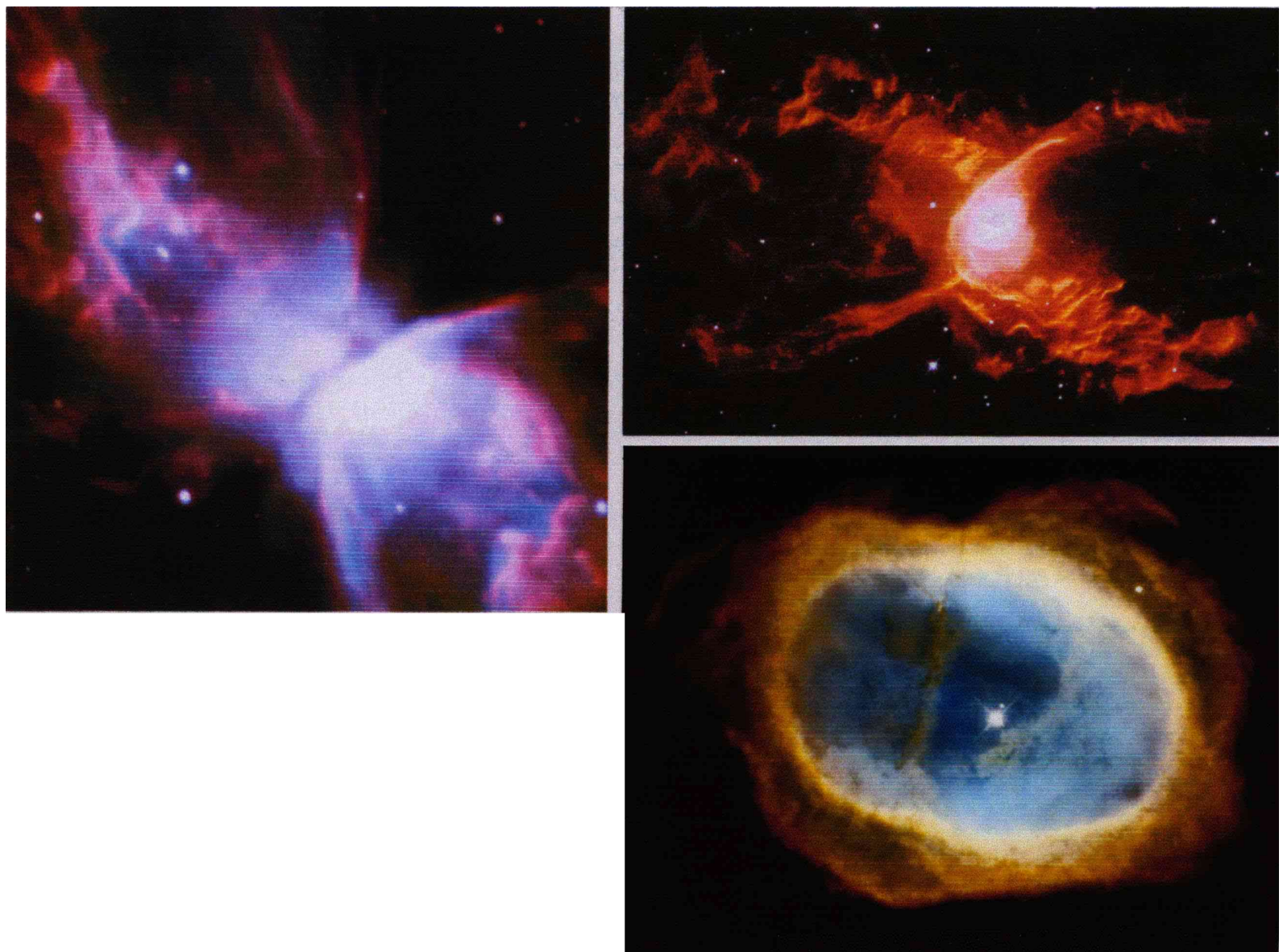


図2 （左上）惑星状星雲 NGC6302、（右上）惑星状星雲 NGC6537（右下）ほ座の惑星状星雲 NGC3132
（ハッブル宇宙望遠鏡撮影）

石灰岩)をつくるカルサイト(方解石、 CaCO_3)やドロマイト(苦灰石または白雲石、 $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$)は、ふつうは水のある環境でできると信じられている。それがNGC6302のような水のない熱い惑星状星雲の中で、いかにして大量のカルサイトやドロマイトがつくられるのか。このことも完全な謎である。この問題は、2001年11月にオーストラリアのキャンベラで開かれた、国際天文学連合(IAU)の惑星状星雲シンポジウムで、熱い議論がたたかわされた。しかし、観測でわかった各種鉱物の存在量を説明できるような理論は、まだできていない。

ダイヤモンドは永遠に

ダイヤモンドは純粋な炭素の結晶である。宇宙における炭素の存在度の大きさからみて、星間物質にはダイヤモンドが含まれているのではないかと、天文学者たちは長いこと推測してきた。1987年に隕石中からダイヤモンドの微粒子が発見されたことは、この考えをより確かなものにした。地球では、ダイヤモンドは地下深部の高温・高圧・高密度の場所で作られるが、星間ダイヤモンドは、超新星爆発の強い衝撃を受けたガスの中で生成すると考えられる。ただし、微小なナノダイヤモンドは、原始星をとりまくディスク、おそらく原始太陽系星雲自身の中でもつくられただろうという、新しい研究も現れてはいるが(本誌 Vol.14, No.3, Sept. 2002, p.37 の論文抄録参照)。

ダイヤモンドは可視光ではほとんど透明であり、赤外部でのスペクトル特性もはっきりしないので、星間ダイヤモンドを直接探知することはむずかしい。最近までその見通しは暗かった。ところが1980年代初めに、Herbig Ae/Be星とよばれる若い天体の赤外スペクトルに、 $3.43\mu\text{m}$ と $3.54\mu\text{m}$ の対をなす未知のピークが発見された。この特徴を示す最もよい例は、カメレオン座の暗黒星雲HD97048と、おうし座の暗黒星雲Elias1である。ベルギーの天文学者たちは、ISOを使ってこの2つの天体を観測し、上記のスペクトルピークを確認したが、その特徴をもたらす原因にまでは考えがおよばなかった。

一方、炭素化合物の赤外特性を研究してきたフランスのOlivier Guilloisは、この観測結果につよい興味をいだいた。そこで彼は文献をあさり、台湾の科学者グループが、ダイヤモンドの赤外スペクトルをみごとにとらえているのを見出したのである。Huan C. Changを中心とする台湾グループは、合成ダイヤモンドに水素を当てると、ダイヤモンド結晶の角に水素原子が付着することを発見した。純粋なダイヤモンドは赤外部での特性をほとんど示さないが、この水素原子がくっついたダイヤモンドの結晶は、星で観測された一対の発光ピークをはっきり見せたのだ。星間ガスの大部分は水素原子なので、星間ダイヤモンドが水素にかこまれているだろうことは、しごく当然である。この一連の作業は、宇宙におけるダイヤモンド存在の最初の確証となった。Guilloisたちは、HD97048の周辺領域には、 $10^{17}\sim 10^{18}$ トンのダイヤモンドダストが分布すると見積もっている。これはまことにおどろくべき量である。

21世紀になって、われわれは星の鉱物学の新しい時代に入った。老齢の赤色巨星が、正真正銘の宝石をはじめ、さまざまな鉱物をつくり出していることは、もはや疑う余地がない。これらの星たちは、極度に低密度な高温ガスの中で、困難な仕事をなしとげているのである。しか

も、つくり出された物質は、とほうもないスケールで銀河系全体にまき散らされている。その物質の片われを、隕石中の微粒子とはいえ、いまわれわれが手にできることもおどろきである。

人類が恒星に旅立つのは何世紀も先のことになるだろうが、その星たちがわれわれに天の宝石をプレゼントしてくれているのは、何という喜びであろう。

[訳者付記]

ここに紹介した論説は、次の論文の翻訳である。

Sun Kwok, 2002, Gems from the stars. Sky & Telescope, Vol.104, No.4 (Oct.2002), 38-43.

ほぼ全訳であるが、一部省略または簡略化したり、言葉を補って意識した部分もあることをお断りしておく。著者の Kwok はカナダのカルガリー大学の天文学教授で、惑星状星雲と星の赤外スペクトル研究の専門家である。すでに本誌では、同じ著者の論文「宇宙の石炭を掘る」を紹介したが (Vol.14, No.2, June 2002, p.18~21 参照)、今回の論文はその姉妹編といってよいものである。

私はこの論文を読んで少なからぬ衝撃を覚えた。赤色巨星や惑星状星雲については、通り一遍の教科書的知識はもっていたつもりであるが、これほどまでに多種多様な固体物質をつくり出していることは、ほとんど知らなかったからである (天文学者からは何をいまさら、といわれるかもしれないが)。また、このような天文学と鉱物学の境界領域にまたがる内容の論文を、最もポピュラーな天文雑誌「Sky & Telescope」が掲載したことも、注目してよいだろう (日本の天文雑誌の姿勢とは大ちがいである)。

著者ものべているとおり、宇宙における鉱物生成の問題は、天文学と鉱物学や地質学などの関連分野を結ぶ、21 世紀の大きなテーマになっていくにちがいない。私たちはいままさに、宇宙鉱物学の夜明けの時代を迎えているのである。これからの研究の動向に大いに注目していきたいと思う。

(小森長生 訳)

月面ミステリーは50年ぶりに解決されたか？

この話題は、2月21日の朝日新聞第1面に「月面ミステリー50年ぶりに解決」のタイトルで紹介されたので、記憶されている読者も多いことだろう。要約すると、「50年前にアマチュア天文家スチュワートは月面上の閃光を目撃・撮影し、彼自身はこれが隕石の月面衝突だと考えた。最近 NASA の研究者ブラッティによって、このときの衝突でできたクレーターが発見された」という記事である。

朝日新聞以外のマスコミからも報道されているが、出典はいずれも NASA・JPL のホームページのニュース (<http://www.jpl.nasa.gov/releases/2003/23.cfm>) によっているようだ。ここではまず、ブラッティらの発表に対して批判的なコメントも載せている、「Sky & Telescope」誌のホームページのニュースの全訳を紹介する。

Beatty, J.K. and Bobra, M. , 2003, January, 23. 「月で最も若いクレーター？」 The Moon's youngest crater?, http://skyandtelescope.com/news/current/article_852_1.asp)

1953年11月15日の晩、アマチュア天文家レオン・スチュアートは新しいカメラのテストをしていた。4番目と最後のコマを撮影した後で、彼がカメラの焦点板に目をやると、月の明暗界線付近に星のような輝きが見えているのに驚いた。暗室に飛び込み、急いで乾板を現像してみると、そこには明るい閃光が写っていた。スチュアートは、この明るい閃光が、月に大きな隕石が衝突したことの結果であると確信した。

しばらくしてスチュアートは、この写真を「The Strolling Astronomer」誌（ALPO：月惑星観測者協会の機関誌）に発表した。人工的なものではないかとの疑いによって無視されていたが、最近になってスチュアートの主張は、ジェット推進研究所の天文学者B.J.ブラッティの注目するところとなった。彼女とポモナ大学の学生L.L.ジョンソンは、クレメンタイン探査機が1994年に撮像した月の高解像度画像から、月表側の中央付近にある新鮮なクレーターを丹念に調べた。その結果、シュレーターとパラスの間にある直径1.5kmの新鮮な小クレーター（3.88°N、2.29°W）を見出した。その小クレーターとまき散らされた明るい光条は周辺に比べて青みを帯びており、太陽風による“風化”をほとんど受けていないほど新鮮なクレーターであることがわかった。

直径約40mの小天体が衝突すれば、この大きさのクレーターが形成される。ブラッティとジョンソンによれば、①閃光を発するに必要なエネルギー、②どのくらいの大きさの小天体が百年間に数回程度月に衝突するかの確率、のどちらの点からみても、直径約40mの小天体が衝突したと考えれば説明ができる。彼らは、50年間にわたるスチュアートの疑惑がようやく解決したことを確信した。この結果は、まもなく発行される「Icarus」誌近刊号に掲載される。

しかし未解決なのは、閃光の継続時間が長すぎるという点である。スチュアートは閃光の始まりと終わりを見ていないが、彼の記事から判断すれば、閃光は少なくとも8秒以上は継続し



図1 スチュアートと彼が撮影に使用した口径20cm 望遠鏡。



図2 スチュアートが1953年11月15日に撮影した月の閃光現象。

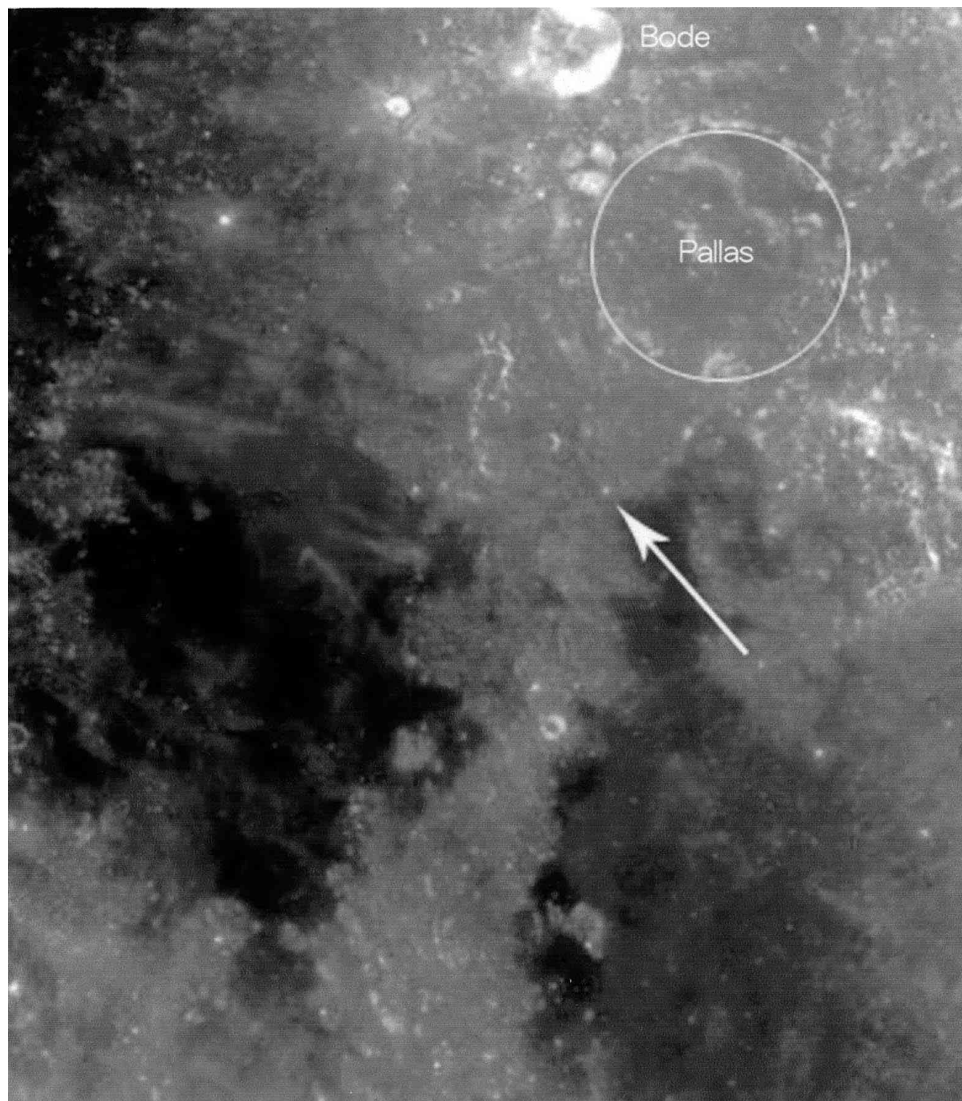


図3 ブラッティとジョンソンが“スチュワート事件”によってできたと主張した小クレーターの位置(矢印)。(クレメンタイン探査機撮影)

いるらしい。ブラッティは、これを膨張する衝撃波、またはどろどろに溶けた物質の放射状に広がる小塊なのではないかと考えている。1999年のしし座流星雨のとき、月面上に数個の閃光がビデオ記録されたが、メロッシュによれば閃光は数ミリ秒しか継続しなかったという。

スチュワートは明るい静止流星(彼の観測地であるオクラホマ州 Tulsa の彼の裏庭に向かってきた流星で、長い尾を残さなかった流星)にだまされたのだろうか。ブラッティは、この可能性はほとんどないという。というのは、撮影された閃光は小さく、まん丸だからである。「静止流星が月の進行方向に現れるのは65万分の1の確率しかありません」と彼女は付け加えるし、またスチュワートが有名な1コマを撮影したのは、暗くなってまもなくだったが、この時間の流星はまれにしか出現しない。1953年には人工衛星も打ち上げられていないので、それと見間違える可能性もない。

「スチュワート事件は、大きな天体が硬い表面に衝突した唯一の記録です」とブラッティは主張する。もし彼女が正しく、スチュワートの説明が支持されるものならば、衝突の物理学は大きな変更を必要とされるだろう。

* * * * *

上の記事を受けて、6週間後に新たな展開があったことを、同じ「Sky & Telescope」誌のホームページでは伝えている。こちらは上記の記事との重複があるので要約を掲載する。

ていたはずである。「そこが問題なのです」と衝突クレーターの専門家、H.J.メロッシュ(アリゾナ大学)は批判する。衝突の爆発エネルギーによって、白熱した火の玉が形成し、毎秒10km以上のスピードで広がる。つまり8秒間の閃光は、蒸発した岩石の白熱した雲に対応するので、形成されるクレーターは少なくとも直径80km以上でなければならない(訳者注:直径→半径の間違いか)。

ブラッティは1994年にシューメーカー・レビー第9彗星の破片が木星に衝突したとき、数秒間の閃光を放ったことを考慮した。スチュワートの写真ネガは、噂によれば、閃光のまわりに暗いハロが写って

Beatty, J.K., 2003, March 5, 「月の閃光は未解決のまま」 Lunar flash doesn't pan out. Sky & Telescope http://skyandtelescope.com/news/current/article_890_1.asp

この数週間、衝突クレーター愛好家は、1953年11月15日に家サイズの小天体が月面に衝突したことを確信して、意気揚々としていた。アマチュア天文家の記録には、このような月面上の一時的な現象 (Transient Lunar Phenomena) が数百も記載されているが、スチュワート事件が他と違っているのは、目撃され、かつ写真にも撮影されていることである。しかもクレメンタインの画像から、その時に形成したクレーターを発見したブラッティとジョンソンは、その結果を学術誌「Icarus」1月号に発表した。これを受けてマスコミは声高らかに「NASAは月のミステリーを50年ぶりに解決した」と報道したわけである。

しかし J.E. ウェストホール (ALPO) が、もう少し古い資料を掘り出したことによって、これはミステリーでなくなってしまった。彼は、クレメンタイン画像に写っていた白斑が、スチュワートが決定的な写真を撮るよりも前の、一連の望遠鏡による写真にも“かなりはっきりと”写っていることに気づいたのである。それらは、1919年に撮影されたウィルソン山100インチフッカー望遠鏡での写真、1937年に撮影されたリック天文台36インチ望遠鏡での写真である。「正直いつてがっかりしたわ」、ウェストホールの新事実の発見を聞いたブラッティは落胆している。

このクレーターは、位置も最初にブラッティとジョンソンの考えたほどには、一致しない。ウェストホールや D. チコと G. セロニック (「Sky & Telescope」誌編集者) の注意深い測定によると、閃光の位置は、クレメンタイン画像の候補クレーターの位置とは 1° 、約30kmずれている。

もし、スチュワートの見たものが、衝突による閃光でなければ、一体何だったのだろうか。静止流星ではないかと考える人もいるが、これでは閃光時間が短すぎるということで除外される。写真乾板上の斑点がまん丸であることから、迷光や乳剤の欠陥である可能性も否定される。1967年、スチュワートのオリジナル乾板は、アリゾナ大学月惑星研究所で調査された。しかし今日、オリジナル乾板はどこにあるか行方不明で、それなしには“スチュワート・イベント”の謎は解決されることがないであろう。

〔訳者付記〕

訳者の月面撮影の経験からいうと、こんなにうまく月面衝突を写真にとらえられるのだろうか、というのがスチュワート・イベントの率直な疑問であった。スチュワートが、テストしていたカメラは乾板を使用するもので、撮影のためには、ピントグラスと乾板を交換しなければならない。暗闇の交換作業に要した時間は、記事中では「8秒以上」となっているが、私の体験からいうと数分は要していたはずである。

また、ブラッティの月への直径1.5kmサイズのクレーターの形成率の見積もりも百年に数個としているが、これも大きすぎるように思える。月と地球のクレーターの単位面積あたりの生成率はほぼ同じと考えられている。地球の全陸地面積は月の全表面積の約5倍があるので、最近100年間で地球の陸地には、このサイズのクレーターが10個以上できても不思議はないことになるが、これは実際とは大きく隔たっている。

マスコミの発表では、一般受けするニュースを大きくとりあげ、それが事実でないにもかかわらず、ほとんど報道されないことが多い。3月23日現在、NASAはもちろん、ウエストフォールによってブラッティの新発見が否定されたことを報じていないし、日本も新聞も同様である。戦争ばかりでなく科学の報道についても、事実を選択的に報道することによって、事実が歪められる可能性がある。このような事態を防ぐには、私たち一人一人が正しい判断力を身につけるしかないように思う。

(白尾元理 訳)

論文抄録

ドイツ南部に落下した隕石のミステリー

Heinlein, D., 2002, Neuschwanstein: Sensational meteorite fall in the Bavarian/Austrian Alps. Meteorite, Nov. 2002, 39-40.

2002年4月6日20時20分(世界時)ごろ、-17等の非常に明るい火球が、南ドイツと西オーストリアで多くの人に目撃された。火球は幸い、ヨーロッパ火球ネットワーク(EN)の10か所のカメラで撮影された。この記録を解析したチェコのオンドレヨフ天文台のP. Spurnyによって、大気中の飛行経路と太陽中心軌道が正確に求められた。火球は、オーストリアのインスブルックの東北東12km、高度85kmで出現、91km飛行してドイツのガルミッシュバルテンキルヘンの20km西、高度16kmで消えた。大気圏への突入速度は21km/s。流星体はいくつかの破片に分裂して、バイエルンとチロル地域に落下。搜索の結果、7月14日に1750gの隕石片1個を回収。発見場所は有名なルートビヒ二世のノイシュバンシュタイン城から数kmの地点だったので、Neuschwanstein隕石と命名することが提案されている。

計算されたこの隕石の太陽中心軌道は、1959年4月7日にチェコスロバキア(当時)に落下したPribram隕石のそれと、おどろくほどよく似ている(下の表参照)。このことから、2つの隕石は同一起源のように思われるが、PribramがHグループの普通コンドライト(H5)であるのにたいして、Neuschwansteinはエンスタタイトコンドライト(E6)であり、単純に同一起源だとは考えがたい。今後の詳しい情報が待たれる。

(K)

軌道要素	Neuschwanstein (E6)	Pribram(H5)
軌道長半径 (a)	2.40±0.02AU	2.401±0.02AU
軌道離心率 (e)	0.670±0.003	0.6711±0.0003
近日点距離 (q)	0.7931±0.0009AU	0.78958±0.00007AU
遠日点距離 (Q)	4.01±0.04AU	4.012±0.005AU
近日点引数 (ω)	241°1±0.2	241°738±0.015
昇交点黄径 (Ω)	16°82666±0.00001	17°80285±0.004
軌道傾斜角 (i)	11°43±0.06	10° .478±0.004

イギリス南西部に見出された三畳紀後期の衝突堆積物

Walkden, G., Parker, J., and Kelley, S., 2002, A Late Triassic impact ejecta layer in Southern Britain. Science, 298, 2185-2188.

古生代以後に地球上で形成された衝突クレーターは160余りが知られているが、衝突放出物が遠方まで見られる例はまれである。著者たちは大ブリテン島南西部で、衝突放出物に特徴的な、球粒と衝撃石英を含んだ三畳紀の堆積層を発見した。この堆積物に含まれるカリウム長石のAr-Ar年代は、214±

2.5Maを示し、三畳紀後期の Norian 期に相当する。この年代は、三畳紀に形成されたいくつかのクレーター、たとえばイギリスに比較的近い、カナダ北東部の Manicouagan (直径 100km)、フランス中部の Rochechouart (直径 25km) などのクレーターの形成時期とほぼ合致する。この衝突堆積物は、中生代における地球外天体の衝突が、どこでどのようにおこったか、また生物絶滅の時期とどう関係するか、をさぐるうえで重要である。(K)

原始火星でおこった大衝突の環境への影響

Segura, T.L., Toon, O.B., Colaprete, A., and Zahnle, K., 2002, Environmental effects of large impacts on Mars. *Science*, 298, 1977-1980.

火星の南半球高地に多数見られる峡谷のネットワーク(水系)は、大爆撃時代の終わり近くの、35億年前ころに形成されたと考えられている。この当時おこった大衝突は、厚さ数mから数100mの高温放出物のブランケットで、火星を包みこんだであろう。著者たちのシミュレーションによると、このおおい火星表面を暖ため、数十年から数千年にわたって地下水や局地の氷をとかし、蒸発させた。たとえば火星で最大級のクレーターをつくった直径250kmの小惑星の衝突は、TNT火薬で 10^{11} メガトンのエネルギーを生じ、厚さ16mの水で火星をとりまくだけの水蒸気を大気中に放出した。この水蒸気は年間約2mの降雨をもたらした。この雨によって多数の谷地形が形成され、また地下の帯水層も涵養されたであろう。(K)

INFORMATION

●彗星探査機ロゼッタの打ち上げ延期

ヨーロッパ宇宙機関(ESA)の彗星探査機ロゼッタの、今年1月の打ち上げが延期された。ロゼッタは標準型のアリアン5ロケットで打ち上げられる予定だったが、昨年12月に改良型アリアン5EC-Aが打ち上げに失敗したため、標準型の使用も慎重を期して見合わせるようになったためである。これによって、2011年のウィルタネン彗星(46P/Wirtanen)到着は困難になった。当初の計画では1月打ち上げ後、2005年8月火星、同年11月と2007年11月地球を、それぞれスイングバイして、2011年彗星到着が予定されていた。2011年にどうしてもウィルタネン彗星に着くためには、上記の軌道を変更して2003年10月打ち上げ、金星スイングバイのコースにすれば可能であるが、探査機本体が金星と太陽の高温に耐えられる設計でないため、この案は望みうすだ。火星スイングバイの場合、次の打ち上げ好期は2005年前半となる。目標の彗星はテンペル2(10P/Tempel2)、チュリュモフ-ゲラシメンコ(67P/Churyumov-Gerasimenko)、ハウエル(88P/Howell)などが候補にあがっており、到着は2013~2015年になる見込み。(Nature, 421, 23 Jan. 2003; Science, 299, 24 Jan. 2003 などによる)

●海王星に3個の新衛星発見

2002年8月、スミソニアン天体物理センターのM. Halman、カナダのJ. Kavelaasたちのグループによって、海王星に3つの新衛星が発見された。発見はチリのセロトロロ天文台の口径4mブランコ望遠鏡でなされ、その後各地の大型望遠鏡で追跡観測、確認された。軌道の概要は次のとおり。

衛星仮符号	軌道長半径	軌道離心率	軌道傾斜角(対黄道面)
S/2002N1	2190万1000km	0.431	120°.5
S/2002N2	2015万2000km	0.173	56°.9
S/2002N3	2136万6000km	0.437	42°.5

明るさはいずれも24~25等級、直径は30~40kmと推定される。海王星の衛星は従来8個が知られており、今回の新発見で合計11個となる。

●木星に 13 個の新衛星大量発見

ハワイ大学の S. Sheppard たちは、2002 年末に木星に 1 個の新衛星 (S/2002J1) を発見したが、さらに今年に入って 3 月初めまでに、12 個の新衛星を発見した。この発見は、マウナケア山頂の 8.3 m すばる望遠鏡、3.6 m カナダ - フランス - ハワイ望遠鏡、2.2 m ハワイ大学望遠鏡による観測でなされた。仮符号は S/2003J1～S/2003J12 まで。公転周期は 504 日～983 日。S/2002J1 も含めてすべて、最外縁を回る逆行衛星の仲間である。光度は 23～24 等級。直径は 1～4km のごく小型の衛星。詳細は次号以降で。これで木星の衛星数はいっきょに 52 となった。なお 2001 年までの大量発見については本誌 Vol.14, No.3 (Sep. 2002) を参照されたい。(IAU Circular 8087～8089 などによる)

●ニューホライゾンズ計画にゴーサイン

本誌 Vol.14, No.2 (June, 2002) で紹介した、冥王星とカイパーベルト天体の探査をめざすニューホライゾンズ計画は、米国科学界と議会の支持を受けて、2003 会計年度に 1 億 1500 万ドルの予算が承認された。これによって、今後順調に準備がすすめば、当初の計画通り 2006 年 1 月の打ち上げが実現するはずである。ニューホライゾンズ探査機は、2007 年初めに木星をスイングバイし、2015 年に冥王星から 1 万 km、その衛星カロンから 2.7 万 km のところを通過する。最接近の前後数か月にわたって、両天体の撮影や赤外・紫外スペクトル観測、冥王星近傍のプラズマや荷電粒子の観測などが実施される。その後は 10 年以内にカイパーベルト天体の少なくとも 1～2 個に近づく予定である。

●アマルテアはガレキの集まりか？

ガリレオ探査機は 2002 年 11 月 5 日、木星の第 5 衛星アマルテアをフライバイし、そのさいの精密な重力観測の解析から、この衛星の平均密度が $0.99 \pm 0.25 \text{ g/cm}^3$ と決められた。アマルテアは半径 $135 \times 82 \times 75 \text{ km}$ の不規則な形の衛星で、これまで平均密度はよくわかっていなかった。今回求められたこの異常に低い密度の値から、アマルテア本体は空隙の多い瓦礫の集合体のようなものではないかと考えられる。ただし、その瓦礫のサイズや空隙の程度は不明である。なお、8 年間にわたったガリレオ探査機の活動も終わりに近づき、2003 年 9 月 21 日には木星大気圏に突入してその使命を終える。

●第 6 回 International Conference on Mars のお知らせ

1973 年以来不定期に開かれてきた、火星の探査と研究の国際会議の第 6 回が、次の要領で開催されます。

期 日：2003 年 7 月 20 日～25 日

場 所：カリフォルニア州パサデナの California Institute of Technology (Caltech)

主 催：Caltech, JPL, LPI, NASA

内 容：マーズグローバルサーベイヤーとマーズオデッセイの探査成果を中心に、火星の成層堆積物の性質と成因、火星の初期と現在の水、火山作用の役割、安山岩の存否とスペクトル観測の問題、地殻の残留磁気など、火星地質学に関する多くの問題点が議論される予定です。くわしくは、<http://www.lpi.usra.edu/meetings/sixthmars2003/>をご覧ください。

問い合わせ先：Arden Albee (6thMars03@gps.caltech.edu)

編集後記：スペースシャトルの事故はまことに痛ましいできごとでした。でもこれで宇宙の開発や研究を止めてはなりません。否、ますます盛んにすべきです。宇宙はお金がかかるとしゅっちゅういわれていますが、戦争にかける膨大なお金のことを思ったら、宇宙のための費用なんて安いものです。戦争よりも宇宙を、そして地球に平和をの声を大にしましょう。 (K)