

# 連載

## シネマ天文楽4 「空が落ちる日」

福江 純（大阪教育大学）

### 1 恐竜の冬

いまから6500万年前のある晴れた日、天から直径10km、質量が3兆トンほどの岩のかけらが降ってきた。彗星の核だったかもしれないし、小惑星だったかもしれない。3兆トンとはいっても、太陽系内の微小天体としてならそれほど大きなものではない。しかしひとたび地上に落ちたとき、衝突による爆発の規模はTNT火薬1億メガトンにも相当したと見積もられる。落下地点では巨大な火の玉が生じ、直後の衝撃波、地震、津波その他の一時的な災害だけでもものすごいものになっただろう。

さらには落下の衝撃によって、成層圏まで吹き上げられた多量の土砂・塵や水蒸気が、地球全体の環境破壊を引き起こしただろう。これら吹き上げられた物質の量は、落下した小天体の質量の10倍から100倍にものぼると推定される。土砂などは何年間もにわたって日光を遮り、生態学的なカataストロフィーをもたらしたことだろう。“彗星の冬”いや“恐

竜の冬”である。

6500万年前の恐竜絶滅（そして多種多様な生物種の大絶滅）は、直径10kmぐらいで質量3兆トンほどの彗星／小惑星の衝突によるものだというのが最近の定説だ。

話は1979年に遡る。当時、カリフォルニア大学バークレー校の核物理学者ルーイ・アルヴァレスと息子の地質学者ウォルター・アルヴァレスは、イタリアのグッピオで、中生代終わりの白亜紀と新生代始めの第三紀の境界粘土層（白亜紀と第三紀の頭文字を取って、KT境界層と呼ばれる）を調べていた。彼らは、中生代と新生代を区けるこのKT境界層で、セレンディップ的（つまり、思いがけず、タナボタ的に）に、多量のイリジウムその他の希元素を検出してしまったのだ。もしKT境界層におけるイリジウム異常が、アルヴァレスたちの調査した地域だけのもので終わったら、ことは局所的な異常で片付けられただろう。ところがその後、世界各地のKT境界層で、同様なイリジウム凝集が続々と見つかったのである。

地球規模でイリジウム異常が確認されるにいたり、これらのイリジウムその他の地表ではほとんどみられない希元素は、巨大な天体が地球に衝突して、その天体からもたらされたのだと推定された。またその天体の衝突によって巻き上げられた土砂や水蒸気が、地球全体の環境破壊を引き起こし、1億5千万年もの間、地球の覇者であった恐竜（図1）が絶滅したのだと推察されたのだ。恐竜たちは、地質学的にはまさに“一夜”のうちに、滅んだのである。

アルヴァレスたちの学説は、1980年代に、古生物学者、地質学者、物理学者、天文学者



図1 恐竜の休日

たちを巻き込んで、大論争を引き起こした。しかし、その後もさまざまな追加証拠や状況証拠が増えていき、いまでは大筋で認められている、と思う。詳しくは、石原・福江『SFを科学する』を読んで欲しいけど、絶版なので(笑)、古本屋を探して欲しい。

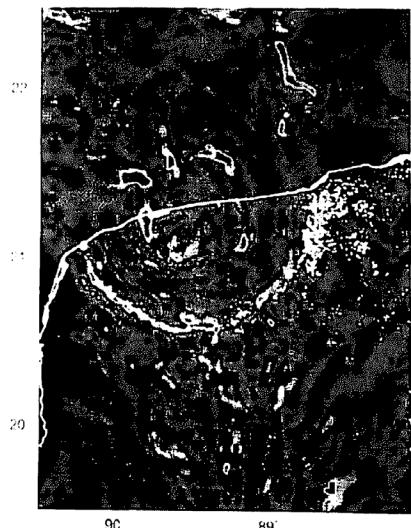
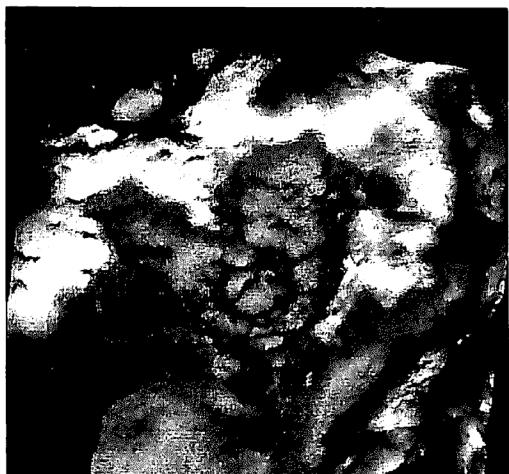


図2 チュラブクレーターの重力異常。立体図(上)と平面図(下)で、平面図の白い線はユカタン半島の海岸線を表している。

(<http://miac.uqac.ca/>)

また実際、その後の調査により、ユカタン半島でこの時期の衝突クレーターの痕跡が発見された(図2)。長い年月にわたる堆積作用のためにクレーター形状こそ埋没しているが、重力異常の分布パターンがきれいな円形にな

っているのだ。こんにち、チチュラブクレーター(Chicxulub Crater)と呼ばれている。だから、それによって恐竜が一夜に滅んだかどうかは異論があるとしても、6500万年前にディープインパクトが起きたこと自体は実証されたと考えて間違いないだろう。

ということで、今回は、小天体の地球衝突についてだ。以前の、吉川さんの記事なども参照されたい。なお、映画のネタなどは、(いまはなき)サイアスや、アエラの『天文学がわかる』などに掲載された記事とかぶるが、ご了承願いたい。

## 2 『ディープ・インパクト』『アルマゲドン』

1998年は隕石映画が目白押しだった。まず夏に公開されたのが『ディープ・インパクト』。これを9月も中旬になってから観に行った。一人で映画を観にいくことはあまりないのだが、やはり天文やSFネタで呑み代を稼いでいる人間としては、観ておくのも仕事のうちかと思った次第だ(必要経費で落ちるんだろうか?)。前評判はいろいろ聞いていたが、結末は知らなかったので、結構(かなり)感動だった。たしかに、(天文の)“専門家”としては言いたいことは山ほどあるし、別な立場の(SF; 笑)の“専門家”としても言いたいことは海ほどあるし、物語のロジックでも気になるところはたくさんあった。でも、ヒロインのレポーターが同僚の母子をヘリコプターに押し込んだシーンと、彗星破壊用の核爆弾を積んだ宇宙船メサイアが大彗星に向かってカミカゼ特攻するときと、最後の大統領の演説のところで、(大のオッサンが)3回も泣いてしまった(^^;)。その後、DVDも買って再見したが、やっぱり同じところでジーンとなってしまった。もう、こりや、全部OKちゅうしかないだろう。

余談だが、NASAが計画している彗星探査機に、deepimpactという名前がついている。希

望すれば名前も乗っけてくれるそうだ。詳しく述べはホームページ

(<http://deepimpact.jpl.nasa.gov/>) 参照。

一方の『アルマゲドン』だが、こっちは(1998年の) 冬休み直前に観に行ってきた。監督マイケル・ベイ、ダイ・ハード男ブルース・ウィリス主演の大作である。リブ・タイラーがブレイクしたり、リブのオヤジさんたち(エアロスマス) のテーマミュージックでも話題をさらった。

彗星によって軌道をかき乱された小惑星が、地球への衝突軌道に乗ってしまう。それに対し、石油採掘のプロであるハリー(ブルース・ウィリス)らが、小惑星の地盤に穴を掘り、その底で核爆発を起こしてアステロイドを内部から破壊分割するちゅう弾けた話である。しかし！ “こいつはハンパじやネエ！！” 初っ端の、流星シャワーでニューヨークがぼこぼこになる映像をみたときに思った感想だ。とにかく、テンポが超快適だし、絵(CGとミニチュアの区別がつかない)も凄いし、前半なんてメチャ笑えるし(ハリーの片腕AJとリブ演じる娘ができていて、ハリーが切れてしまうシーンなんか、シビアなところで超オフザケ！)、とにかくエンターテイメントに徹している。

また『ディープ・インパクト』では、天体を海に落として津波を起こさせたが、『アルマゲドン』では、都市にバンバン落としてくれて、派手なシーンを演出している。とくに(おそらく) ノートルダム寺院から眺めたパリの潰滅シーンは凄かった。冒頭シーンでは、6500万年前に恐竜を滅ぼした彗星がユカタン半島に落ちたシーンも再現されていたが、これも凄かった。

そして、映画作りの定石通りの展開とはいえ、泣かせるツボもはまっている。最後の30分は、息をも吐かせぬ展開。そしてお約束の交代劇、これってなあ、ほんと定石なのに。

そう、ちょっとスレタ人間なら、ハリーと若い AJ のどっちかが犠牲になるのは最初から予想つくし、とくに最後の段階でハリーが AJ と交替するのは、誰でもわかつたろう(ここは相手を殴って気絶させエアロックに放り込むのが黄金のパターン)。でもでも、その展開がわかつても、泣かされてしまう。もー、涙ボロボロ。

も一つおまけ。話題の『アルマゲドン』を見に行こうとしていた矢先に、『アステロイド世界崩壊の日・巨大隕石大激突！』という映画をTVで放映していたので、一応チェックした。こっちは、ちょっと別な意味で笑えた。小惑星の成分を彗星と混同していたのはまだいい方で、望遠鏡の扱いとかは10数年前のイメージ(いまどきの望遠鏡はぜんぶコンピュータ操作だぞう)。洪水シーンは模型だって丸わかりだし(制作費かけなき過ぎ)、小惑星をレーザーで破壊するというアイデアは買えるとしても、そいつが戦闘機に乗せれる装置で、どーしようもなくチャチい！！ レーザー光線が宇宙空間で見えるぐらいは演出として目えつぶるけど、宇宙空間のシーンがあまりにも貧弱で『2001』に完敗。10年前の映画ならともかく、1997年の映画やもんなあ。… “何コレ”／“アレ模型やなあ”／“FFVII (ファイナルファンタジー7) の方がCG綺麗や”などと口々に文句を付けながら、結局、ラストまでダラダラみたもんだ。

しかし、天体衝突という同じ素材(ネタ)を扱っても、レシピと味付けによって、これだけいろいろな料理ができる点が、映画(ソフト)の凄いところかもしれない。

ところで、これらの“隕石映画”は、核戦争とか、火山噴火や地震などの天変地異とか、最近だとバイオハザードなどと共に、いわゆる破滅モノ(パニックモノ)になる。そこで気になるのは、映画(つくりごと)だけならともかく、そんな地球規模の危災が本当に起

こるのか、という点だろう。映画の余韻を残しながら眩しい陽光の下に踏み出したときに、ふと空を見上げて不安になるものだ。そして実は、それが本当に起こったし、またこれからも起こりうるのである。

### 3 天体衝突の衝撃

まず、小天体の衝突によって、どれくらいの衝撃が起こるのだろうか。細かく言えば、衝突する天体の質量、材質（密度など）、地球への衝突方向、突入する速度、地表面への突入角度など、さまざまな要因があることだろう。しかし、衝突で生じる破壊エネルギーは、基本的には、小天体がもっていた運動エネルギーだと考えてよい。

彗星や小惑星など小天体の地球への“落下”は、実は地球の重力場の中での“落下”ではなく、軌道運動している地球とやはり軌道運動している小天体との“衝突”である。というのは、地球の脱出速度は秒速 11.2km だが、地球の公転速度は秒速 30km 近くあり、さらに放物線軌道（双曲線軌道）を描いて飛翔する小天体の地球軌道付近での運動速度はもっと大きい。したがって、地球の公転運動の後方からよほどまい角度で突入しない限り、地球と小天体との相対速度は、一般に、地球の脱出速度よりかなり大きいのだ。すなわち、地球への小天体の突入においては、小天体の地球に対する重力エネルギーよりも、小天体のもっていた運動エネルギーの方が十分大きいことを意味するのである。

具体的に、小天体の運動エネルギーがどれくらいかを計算してみよう。小天体の密度は石ころぐらい、すなわち、 $5\text{g}/\text{cm}^3$  ( $=5\text{kg}/\text{m}^3$ ) とする。小天体が球状だと仮定すれば、直径をいろいろ与えて、小天体の質量を計算することができる。さらに、小天体の突入速度は、上に書いたように、秒速 30km ぐらいはあるだろうが、ここでは“小さ目”に、地球の脱出

速度（秒速 11.2km）としよう。小天体の質量  $m$  と速度  $v$  がわかれば、 $mv^2/2$  から、小天体の運動エネルギーを計算することができる。具体的な値を表 1 に示す。

表 1 小天体の運動エネルギー

直径	質量	運動エネルギー
20m	2 万トン	$1.3 \times 10^{15}$ J
200m	2 千万トン	$1.3 \times 10^{18}$ J
2km	200 億トン	$1.3 \times 10^{21}$ J
10km	2.6 兆トン	$1.6 \times 10^{23}$ J

参考までにいろいろな現象のエネルギーを表 2 に示しておく（横尾編『新・宇宙を解く』61 節）。いろいろな現象のエネルギーと比べると、小天体の運動エネルギーがいかに大きいかわかるだろう。

表 2 いろいろな現象のエネルギー

現象	エネルギー
雷	$10^{10}$ J
広島型原爆	$6 \times 10^{13}$ J
浅間山噴火	$10^{15}$ J
ビキニ水爆	$6 \times 10^{16}$ J
マグニチュード 8 の地震	$10^{17}$ J
地球上に存在する全核兵器	$4 \times 10^{19}$ J

さらに、衝突天体のサイズによって、どれくらいの破壊が起きるかは、計算や実験によってかなりよくわかっており、経験的な公式も得られている（補遺 1）。

具体的に、石ころ程度の密度 ( $5\text{g}/\text{cm}^3$ ) の天体が、地球の脱出速度（秒速 11.2km）程度の速度で衝突したとしよう。そのときの衝突クレーターのサイズを予想すると、表 3 のようになる。

もし直径 20m の天体が衝突すると 200m ぐらいのクレーターができ、最大級の核実験ぐ

らいの破壊を引き起こすだろう。直径 200m の天体の衝突では 2km 強のクレーターが生じ、巨大地震程度で局地的に甚大な被害を引き起こす。そして衝突天体のサイズが 2km になると、20 数 km ものクレーターができる。このときは、TNT 火薬 100 万メガトンに相当するエネルギーを放出し、地球規模の災害になるはずだ。さらに、“恐竜殺し（ダイノソアキラー）”と呼ばれる 10km ほどの天体の衝突では、なんと、地表に 120km もの大穴をうがち、白亜紀第三紀境界時と同じくらいの規模で、生物種の大絶滅が起きるのである。

表3 クレーターのサイズ

直径	衝突クレーターの半径
20m	240m
200m	2.4km
2km	24km
10km	120km

映画『アルマゲドン』の“グローバルキラー（地球殺し）”は、テキサス州ほどの大きさがあるが、これは観客の持つイメージを考えてわざと設定したもので、実際はほんの 10km ほどのサイズで十分地球は壊滅するだ。おおコワ！！

#### 4 天体衝突の頻度

ところで恐竜の絶滅も大事だし面白いが、問題は未来だ。巨大隕石や彗星の“落下”による地球規模の厄災は起こるのだろうか？ 空が落ちる日は来るのだろうか？

先に結論を言えば、空が落ちる日までの「待ち時間」は、天体のサイズによって違うのである。

太陽系の中に散らばっている小惑星や彗星など微小天体の数は、どれぐらいのモノが何個ぐらいありそうか、大まかには見積もられている。これらの見積もりから、平均的な衝

突間隔も計算されている（表4、図3）。大きなヤツは数が少ないので衝突の平均間隔も長く、小さなヤツは数が多いので衝突しやすい、という単純な理屈である。

表4 小天体の平均衝突間隔

衝突天体の直径	衝突間隔
数 10m	数 100 年
200m 程度	1 万年
数 km	100 万年
10km 程度	1 億年

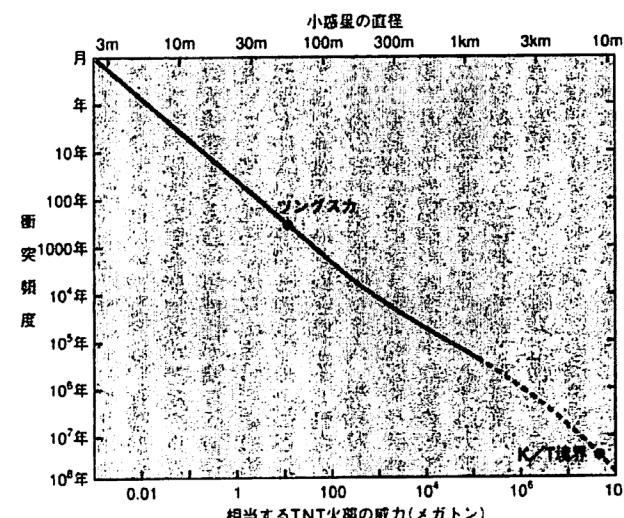


図3 小天体の衝突頻度（カール・セーガン『惑星へ』下巻より）

具体的には、直径が数 10m の比較的小さい天体は、平均的には数百年に一度衝突し、200m 程度になると 1 万年、数 km では百万年に一度、そして 10km のサイズでは 1 億年に一度ぐらいいの頻度で衝突する。

が、これはあくまでも平均だ。だから、たとえば、恐竜が絶滅した 6500 万年前に 10km 程度の天体が衝突したからといって、今後、3500 万年は大丈夫だという意味ではない。この場合の平均的な間隔が 1 億年というのは、数千万年から数億年の範囲内ぐらいと考えるべきで、つまりは、5000 万年先まで大丈夫か

もしれないが、数十年後に落ちるかもしれないのだ。…びびらして、どーする！？

### 5 ケーススタディ：ツングースカ事件

今世紀初頭の1908年の6月30日に、シベリアのツングースカ上空で<なにか>が大爆発した。各地に置かれた地震計の記録などから、爆発のエネルギーは12.5メガトンにものぼるものだと見積もられている(Ben-Menahem 1975)。これは水素爆弾に匹敵するエネルギーである。爆発は、高度8.5kmで生じたと推定された。爆発の衝撃波は各地で記録されたが、現場がシベリアの奥地だったため、科学的な調査が行われたのは何年も経ってからだ。よく知られているように、放射状になぎ倒された木々など、大爆発の生々しい痕跡は見つかったが、いわゆる隕石孔(クレーター)はなく、爆発の原因ははっきりしなかった(図4)。

そこでこの謎の大爆発、いわゆる“ツングースカイベント”はいろいろな憶測を生んだ。爆発の原因として、隕石など小天体の衝突説以外にも、反物質天体が衝突したという説(反物質だから跡形も残さず爆発して消えた)、原初のミニブラックホールだったという説(衝撃波だけを残して地球の裏側へ突き抜けていった)、はてはUFOの爆発だったという説(この場合は核融合炉の暴走だろうか)、などなど、いろんな説が出た。

が、どうやら最近では、ほぼ隕石の空中爆発、という線で落ち着いているようだ。妥当といえば妥当だが、個人的にはミニブラックホール説に興味があったので、ちょっと残念ではある。

じゃ、なぜクレーターを残さなかったのかというと、これは落下する天体の強度や大気への突入速度などに關係する。映画などでもあったように、彗星というのは、俗に汚れた雪玉といわれるぐらい、脆い構造をしている。一方、隕石には、炭素やケイ素などを主成分

とする石質隕石と鉄が主成分の鉄質隕石などがあるが、こちらはかなり丈夫だ。おおざっぱに言って、石質隕石は彗星の10倍くらい強靭だし、鉄質隕石はさらにその10倍くらい頑丈なのだ。そして衝突速度やサイズにもよるが、頑丈なヤツは壊れずに地表まで落下し、脆いと途中でバラバラに碎け散るというわけだ。



図4 ツングースカ。当時の写真(上)とその後の爆発直下点の写真(下)。

(<http://olkhov.narod.ru/>)

そして当時の地震データの解析などに基づいて計算された最新の研究(Foschini 1999)によると、ツングースカイベントは、具体的には、直径約60mで質量約40万トンの<石質小惑星>が、約16.5km/sの衝突速度で突入し、大気との“衝突”に耐えられなくなって、

ついに 8.5km の高度で空中爆発したモノだと考えられている。詳しい解析は補遺 2 で述べておく。

## 6 空を落とさないために

天が落ちてきはしないかという杞の人の憂いは、今日では、たんなる“杞憂”ではない。だけど、われわれ人類も手をこまねいているわけではない。地球近傍小天体 NEO を看越し、それらから地球を守るために組織くスベースガードも動いている（宇宙怪獣から地球を守る一昔前の地球防衛隊みたいで、ちょっとクール）。そう、人類の科学技術は、恐竜殺し（ダイノソアキラー）はもとより、もっと小さな天体をも検出できる水準に達したのである。さらに技術的には、それらの小天体を地球衝突軌道からそらせるだけのレベルにある。いま、人類は有史以来はじめて、自分自身の手で“アルマゲドン”を回避することができる時代なのだ。恐竜ちゃんには夢も希望もなかつたが、人類にはまだまだ希望があるぞ。人間をなめんじゃないぞ（って、誰に向かつて言ってるんだろう？）。まあ、もっとも、恐竜の二の舞を踏まないためには、しなければならないことがたくさんあるだろう。何よりも、必要なときに正しい選択をしていかなければならぬ。選択をするのはわれわれ一人ひとりである。

## 補遺 1 衝突クレーターのサイズ

地球に飛來した小天体の運動エネルギーを  $W[J]$  とすると、その小天体が地球に衝突したときにできるクレーターの大きさ  $R[m]$  は、以下の式で表される（『新・宇宙を解く』61 節）。

$$R = 2.15 \times 10^{-3} W^{1/3}$$

小天体の密度を  $5\text{g}/\text{cm}^3$  とし、地球との衝突速度を  $11.2\text{km}/\text{s}$  として、いろいろな直径の小天体の質量と運動エネルギーを計算することができる（表 1）。さらに、それらの運動

エネルギーの値を上の式に入れると、本文で示したように（表 3）、いろいろな直径の小天体が衝突したときの衝突クレーターのサイズを見積もることができる。

## 補遺 2 よどみ点から圧潰する

地球大気に突入した小天体の“壊れ方”について、少し詳しく述べておこう。

宇宙から速度  $V$  で飛来してきた天体は、速度  $V$  が一般に毎秒数  $10\text{km}$  のオーダーなので、地球の大気圏には超音速で突入するだろう。地球からみれば、大気は静止しているが、天体からみると、大気は天体の周辺を流れいく超音速流として観測される。ただし、天体からみても、地球の大気と接触する天体の先端の 1 点だけでは、流れは静止していて、その点から天体の周囲に流れがわかれていくような場所が存在する。そこを「よどみ点」（stagnation point）と呼んでいる。

小天体が破壊されるかどうかについての基本的な考え方は、このよどみ点でのパワーバランスだ。すなわち、よどみ点での（空気の）圧力が天体の強度よりも小さければ天体は壊れないが、天体の強度よりも大きくなったら、天体は圧壊して空中爆発すると仮定するのである。この方法は Foschini (1999) の論文に詳しいが、この論文ではじめて使われたものではなく、Foschini (1999) の論文では、比熱の値を少し修正した点が新しい。

まず、遠方での最初の速度を  $V$ 、エンタルピーを  $h$  とし、よどみ点でのエンタルピーを  $h_0$  とすると（よどみ点では速度は 0）、ベルヌーイの式から、

$$V^2/2 + h = h_0 \quad (\text{A1})$$

が成り立つ。

天体の速度が超音速であることから、（遠方での運動エネルギーに比べて）遠方でのエンタルピーを無視し、さらによどみ点での（空気の）温度を  $T_0$ 、圧力を  $p_0$ 、密度を  $\rho_0$ 、定圧

比熱を  $c_p$ 、比熱比を  $\gamma$  とすると、

$$\frac{V^2}{2} = h_0 = c_p T_0 = \frac{\gamma}{\gamma - 1} \frac{p_0}{\rho_0} \quad (\text{A2})$$

となる。

ここで、よどみ点での密度は、少し圧縮されてはいるものの、空気の密度にだいたい等しいとしよう。そして空気の密度は、高度  $z$  と共に指数的に減少して、大気のスケールハイト  $H$  (だいたい 8km) と海面での空気の密度  $\rho_s$  を使うと、

$$\rho = \rho_s \exp(-z/H) \quad (\text{A3})$$

と表される。これを代入して少し整理すると、

$$V^2 = \frac{2\gamma}{\gamma - 1} \frac{p_0}{\rho_s} \exp(-z/H) \quad (\text{A4})$$

のようになる。

さらに、よどみ点での圧力  $p_0$  が、天体の力学強度  $S$  に等しくなったときに、天体が崩壊すると考えると、天体の突入速度  $V$  と強度  $S$  の間の関係として、最終的に、

$$V^2 = \frac{2\gamma}{\gamma - 1} \frac{S}{\rho_s} \exp(-z/H) \quad (\text{A5})$$

が得られるのだ。

表 A1 天体の強度と突入速度

天体の種類	$S$ [Pa]	$V$ [km/s]
彗星	$1 \times 10^6$	2.3
炭素質コンドライト	$1 \times 10^7$	7.4
石質隕石	$5 \times 10^7$	16.5
鉄質隕石	$2 \times 10^8$	33.0

注) 強度(圧力)の単位は Pa (パスカル)

この (A5) 式から、高温でプラズマ状態に

なった空気の比熱比を 1.7 とし、海面での空気の密度  $\rho_s$  を  $1.29 \text{ kg/m}^3$ 、スケールハイト  $H$  を 8km、そして爆発高度  $z$  を 8.5km とすると、天体の強度  $S$  と突入速度  $V$  に対して、具体的に表 A1 の数値が得られる。

ツングースカイベントを引き起こした天体の突入速度は、おそらく地球の脱出速度から公転速度の間ぐらい (秒速 10 数 km) のはずだから、上の推定速度から考えると、鉄質隕石では突入速度が大きすぎるし、彗星では小さすぎることになり、石質隕石が一番もっともらしいと結論されるのである。すなわち、強度の弱い彗星が秒速 10 数 km で突入すると、はるか上空で爆発四散しただろうし、頑丈な鉄質隕石だと隕石として落下してしまい、石質隕石だからこそ 8km 程度の高度で空中爆発したのだ。と推定されるのだ。

最後に、Ben-Menahem (1975) と Foschini (1999) で得られたパラメータをまとめておこう。

出現時刻 (UT)	1908 06 30 00:14:28
爆発地点の緯度	北緯 $60^\circ 55'$
爆発地点の経度	東経 $101^\circ 57'$
爆発の高度	8.5 km
爆発エネルギー	12.5 メガトン
天体の種類	石質隕石
天体の密度	$3500 \text{ kg/m}^3$
天体の質量	4 億 kg
天体の直径	60m
爆発光の絶対等級	-29.4
突入速度	16.5 km/s
突入経路の俯角	3°
突入経路の方位角	115°

### 参考文献

- 石原藤夫・福江 純、1987 年、『SF を科学する』講談社  
横尾武夫編、1993 年、『新・宇宙を解く』恒

恒星社厚生閣

カール・セーガン、1998年、『惑星へ(上下)』

朝日文庫年

Ben-Menahem A. 1975, Phys Earth Planet

Inter 11, 1

Foschini L. 1999, A&Ap 342, L1

## ☆ ちょっと気になる天文用語 ☆ 福江 純（大阪教育大学）

### 61 おうし座 T型星／Tタウリ型星(T Tauri star)

主系列星直前の進化段階の星で、おうし座分子雲のような星形成領域に分布している若い星を「おうし座 T型星／Tタウリ型星 (T Tauri star)」と呼ぶ。Tタウリ型星では、原始星と同じく、星の中心での核融合はまだ起こっていない、重力エネルギーの解放によって光っている。

Tタウリ型星は赤外放射が強く多くのスペクトル線をもつが、とくに、H $\alpha$ の輝線と Li の吸収線が存在することが Tタウリ型星の定義になっている。また、H $\alpha$ の輝線が強くて等価幅が 1nm より広いものを「古典的 Tタウリ型星 (classical T-Tauri star)」、H $\alpha$ 輝線が弱くて等価幅が 1nm より狭いものを「弱輝線 Tタウリ型星 (weak-line T-Tauri star)」と亜分類する。これらの輝線は中心星と中心星を取り巻くガス円盤の境界付近から放射されている。

### 62 YSO(young stellar object)

原始星や Tタウリ型星など、生まれかけている星を「若い恒星状天体 YSO (young stellar object)」と総称する。若い順に、初期原始星→（双極分子流を伴う）原始星→古典的 Tタウリ型星→弱輝線 Tタウリ型星と進化していくと考えられている。そして中心部の核反応に火がついた段階が「零歳主系列星 ZAMS (zero-age main sequence star)」である。

太陽質量程度の星が形成されるまでには約 1000 万年かかるが、同じ質量の星の寿命の約 100 億年に比べれば非常に短い。その 1000 万年のうち、大部分の期間は Tタウリ型星として過ごす。原始星の段階は短く、100 万年程度にすぎない。

### 63 林フェイズ(Hayashi phase)

天文学の分野で日本人の名前が付いた用語は非常に少ない。現代諸科学が欧米中心に進んだこと、日本において基礎科学の振興が重視されなかった（されていない）ことなど、いろいろな理由があるだろう。そのような中で、星の理論に大書されているのが、「林フェイズ (Hayashi phase)」と「林トラック (Hayashi track)」である。

星が生まれるときの進化の道筋（トラック）を HR 図の上にプロットしてみたとき、かつては、HR 図の右下の方（低温で暗い領域）から左上に進んで主系列に落ち着くと考えられていた。これを提案者の名前を取って、「ヘニエイトラック (Henyey track)」と呼んでいた。しかし日本の故林忠四郎は、星は HR 図の右上から下に向かって主系列に至ることを示した。これが「林トラック (Hayashi track)」で、その段階の星を「林フェイズ (Hayashi phase)」と呼ぶ。これは、星が生まれたときには星全体が対流状態にあるためだ。なお、林トラックの右方の星が存在できない領域を「林の禁止領域」と呼んでいる。