

発行人：惑星地質研究会 小森長生・白尾元理

事務局：〒193 八王子市初沢町 1231-19 高尾パークハイツ B-410 小森方 TEL. 0426-65-7128

月惑星研究所／NASA のサマーインターン制度に参加して

三河内 岳 (Mikouchi Takashi)

1. サマーインターンとは

今年の6月から2カ月半ほど、アメリカテキサス州の NASA/Johnson Space Center（以降 JSC と略す）で研究する機会を得た。正式な身分は、Lunar and Planetary Institute（月惑星研究所、以降 LPI と略す）の“サマーインターン（Summer Intern）”。インターンという言葉には、皆さんあまり馴染みがないかもしれない。日本では、大学での課程を終えた医大生が、実際の病院で研修するときなどに使う際、耳にする程度であろう。しかし、欧米ではよく使われる言葉で、この“サマーインターン”もあちこちの研究機関などで、毎年募集しているものらしい。向こうにいる間に読んだ“TIME”誌にも、編集に intern が活躍しているという記事が載っていた。

今回のサマーインターンに限っては、その資格を得るための身分は、大学の学部生、主に大学をその春に卒業し、秋に大学院に入学する学生を対象としているため、夏期休暇を使った2～3カ月という期間になるのである。このようにアメリカでは普遍的に見られるインターンという制度を、LPI も採用しているわけである。LPI でのインターンは私の年で17年目であった。この年は世界中から16人の学生がLPIに集まった。日本からは、私の大学の研究室の先輩である高鳥さんが2年前に参加したのが最初である。私は日本人で2人目。今回の16人の内訳は、アメリカ人が圧倒的に多く11人、カナダから2人、フランスから1人、メキシコから1人、そして日本からは私の1人であった。

まずここで LPI と JSC のプロフィールを書いておこう。この2つの研究所は、どちらもテキサス州第一の大都市ヒューストンの近郊に隣接しているが、それぞれ独立した機関である。LPI 設立の主旨は NASA の惑星探査の研究をサポートするためのものだった。アポロの月探査の頃にできて、当時は「月」という言葉しか付かなかった研究所だったが、今では「惑星」という文字が加わっている。一方の JSC は、LPI ができる前から常に人類の宇宙探査をリードしてきた研究所である。フロリダにあるケネディ宇宙センターに NASA の中枢が移ってしまったが、JSC も大きな役割を演じている。



写真1 NASA/ジョンソン宇宙センター。ヒューストン郊外にあり、広大な敷地に広がっている。

私の今回の JSC 訪問は実は 3 回目であった。今から 13 年前、1980 年に訪れたのが最初だ。医師である父が半年ほどアメリカの病院に勤めたことがあり、最後の 2 カ月に家族を呼んだ。最初の 1 カ月をニューヨークで過ごし、その後の 1 カ月はアメリカのいろいろな都市をまわった。ヒューストンにも父の学会のために立ち寄った。ヒューストンは医学の盛んな町としても有名で、父も学会のために立ち寄った。当然のように、ヒューストンの名所の一つである JSC にも行った。ラッキーなことに、当時、母の友人の知り合いに宇宙飛行士の日系三世エリソン・オニズカ氏がいて、彼にセンター内を案内してもらうことができた。一般人は立ち入り禁止のところまで見せてくれ、訓練用のスペースシャトルの操縦席に座らせてくれたのは今でもいい思い出だ。残念ながら、オニズカ氏は 1986 年のチャレンジャー号の爆発事故によって、帰らぬ人になってしまった。あの事故はアメリカの宇宙開発に大きな痛手であったのはもちろんだが、私自身にとっても衝撃的だった。

昨年、アメリカを訪れた機会にヒューストンまで足を延ばした。もちろん JSC を訪れるのが主目的であった。JSC では研究室の先輩である廣井さん（隕石と小惑星の反射スペクトルを研究中）が NRC（日本の学振にあたるような研究員）として研究していたので彼のところを尋ね、何人かの研究者に会わせてもらった。この時に会った Gordon McKay と話した内容が、4 年生のときの卒論のテーマになり、そして彼が今回の私のアドバイザーになった。この時 JSC の中を 12 年ぶりに歩いてみて思ったのは、自分の中での宇宙に対する興味の原点は、あの時オニズカ氏に JSC を案内してもらった体験にあるのではないかということだった。そして自分もいつかこの地で研究をしてみたいと強く心に感じていたのに気づいた。

そのような思いを実現させる機会となったのが、今回の“サマーインターン”であった。早速、高鳥さんに引き続いて、私もインターンに申し込んだ。指導教官の武田先生、宮本先生、そして廣井さんに推薦状を書いてもらい、首尾よく、先方の受け入れの通知を受け取ったのは今年の 2 月末であった。その日はちょうど卒論の提出日だったので、前日から大学に泊まり込んでもうろうとする頭で、ファックスを読んだのを今でもよく覚えている。

2. ヒューストンでの生活

日本を出発したのは 6 月 10 日で、学会発表などで直前まで忙しく、慌ただしい出国であった。ヒューストンの空港に廣井さんが迎えに来てくれていた。ダラスで乗り換えだったが、嵐のためフライトが 2 時間も遅れてしまい、すっ

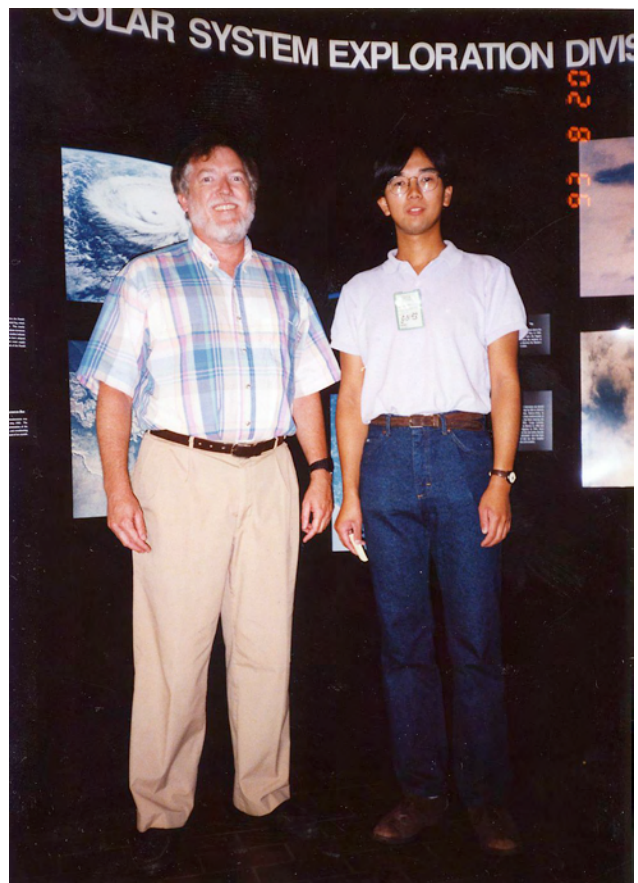


写真2 アドバイザーの Gordon Makay と筆者

かりと廣井さんを待たせてしまった。インターンのプログラムの10週間で暮らすことになるアパートメントに直行した。この間の私たちの生活のために、LPIがJSC、LPIのそばにアパートメントを借りてくれていた。“そば”と言っても、JSCの私の研究室まで車で10分ほどかかった。とにかくJSCの敷地は広く、端から端まで歩くと1時間近くの時間がかかる。やはり、アメリカでは車がないと暮らしていけないのを実感する。アパートメントの1つの棟に4人ずつが入った。1、2階にベッドルームとバス・トイレがそれぞれ1つずつ、リビングとキッチンが1階に1つのかなり広いスペースだった。ちなみにインターンには、生活費として毎週約\$250が支給された。物価の安いテキサスで暮らすには、十分過ぎる金額だ。旅費の援助が\$300しかなかったの、生活費の余った分と旅費の不足分でちょうど差引ゼロの勘定であった。

すでにアパートメントにはJoseph、Jennifer、Selina、Bradの4人が集まっていた。この日早速、みんなでダウントウンに繰り出す。今回の16人のうち半分の8人が女性で、さすがに外国では女性の研究者も多いことを感じる。私が入る棟は私が一番乗りだった。翌日から私のルームメイトになる、ケンタッキーからのRick、サウス・カロライナからのTed、メキシコからのPedroがやってきた。私とTedがJSCで、RickとPedroがLPIでの研究だった。アメリカ国内から来ている連中はほとんど車でやって来た。私は毎日行き帰りをTedに乗せてもらった。

プログラムの最初の日に16人がLPIに集まった。これからの10週間の注意等のあと、いよいよこれから研究を行なうJSCに入った。昔は一般の人も見学のために自由に所内（ただし決められた建物内に限る）に入れたのだが、現在はJSCに隣接して新しくビジターセンターができ、一般見学者は、トラムツアー以外にはJSC入れなくなっていた。このトラムツアーでは、所内にいる研究者はさながらサファリパークの動物のような気分である。

3. 私の研究内容

私たちインターンは、この10週間という期間内に、与えられたテーマについて結果を出さなければならない。期間の途中で研究の中間発表（1人10分程度のプレゼンテーション）、期間の終わりに3ページのアブストラクト提出、最終日には1人20分の最終プレゼンテーションが課せられていた。その他、インターンは毎週1回のセミナーへの出席が義務づけられる。セミナーの内容は惑星科学の多岐に渡る話で、特に興味深かったのが、Shoemaker-Levy 9彗星の木星への衝突と、過去のそのような分裂した彗星がガリレオ衛星に衝突した跡らしいクレーターが存在する話だった。この話は最近“Nature”誌に掲載されたが、やはりあのとき話してくれたPaul Schenkが著者だった。John Youngというスペースシャトルの最初の機長で、アポロでも月に降り立ったことがある宇宙飛行士の話も印象的だった。彼は6回も宇宙に飛び立ったそうだ

私が10週間にわたって行なった研究は、簡単にいえば「実験岩石学による隕石の研究」である。アドバイザーはGordonなのだが、彼はJSCのPlanetary Science部門のチーフで、超多忙のため、Loan Leという女性の人は一切の指導をやってくれた。彼女のオフィスに机をもらい、一日中一緒に研究を行った。JSCの朝は早く、私も毎朝8時から研究をしていた。仕事のあとに長い時間を取れるのでいい生活リズムだったと思う。言葉という大きな壁があったが、みんな我



写真 3 電気炉の置いてある実験室のようす。この奥の部屋にさらに 6 台の実験炉がある。すべて酸素分圧がコントロールできる。

慢強くやりとりしてくれた。私の方も、苦労しながらも徐々に慣れていったつもりだ。

NASA は、その予算規模から想像がつくように高価な器械をたくさん所有している。今回、私が主に使用したのは、酸素分圧がコントロールできる電気炉、走査型電子顕微鏡、エレクトロン・マイクロプローブなどであった。JSC の電気炉は、ジルコニアセルにより酸素分圧を直接測定でき、高い精度で目的の酸素分圧を得られるのが利点であった。

「隕石の研究」と書いたが、具体的にはアングライトというエコンドライトの一種についての研究であった。アングライトの特徴は非常に古い放射性年代（45.5 億年以前）をもつことで、太陽系最古の火成岩といわれている。残念なのは、今までたった 4 個しか見つかっていないという点だ。今回は、その 1 つの LEW87051（南極産のたった 0.6g の隕石）という隕石中のかんらん石に注目して研究を行った。このかんらん石は、直接この隕石の組成をもつマグマから結晶したのか、それとも別の所からやって来た（外来結晶）のかが議論となっていた。前者の説に対しては、いくつかの実験が行われたが、実験結果と実際の隕石が矛盾する点があった。それは、LEW87051 のかんらん石の中心部は Cr に富んでいることだった。

この Cr の濃集に対する謎を解明するために、実験を行った。まず実際の隕石と同じ組成の物質、それからその組成から 10%ほどかんらん石を取り除いた 2 つの物質を用意して、これを電気炉に入れて溶かした。最初かなりの高温で完全に溶かし（48 時間）、次に少し低い温度でかんらん石の結晶を成長させる（48 時間）。この実験を 2 つの組成に対して、低酸素分圧から高酸素分圧まで（I.W.-1～+4）の 6 段階、計 12 種行なった。しかし実際には高酸素分圧では、かんらん石が結晶する温度が下がり、結局 20 種以上やる羽目となった。

ただでさえ時間のかかる実験だが、一番困ったのが度々起こる停電であった。わずかの時間の停電でも、1300 度とか 1400 度の高温ではすぐ室温まで下がってしまい、すべて最初からやり直しになってしまう。今年の夏はとくに停電が多かったそうで、しかもなぜか停電は実験の最終日に起こるのだった。本当に全部の実験が終わるのか、最後の頃にはかなり焦ってしまった。この

ようにして得られたかんらん石の結晶だが、マイクロプローブで分析して、特にかんらん石とメルトとの間の分配係数を求めた。結果は予想に反して、酸素分圧が変わっても分配係数は変わらないということだった。この結果から、このかんらん石のコアの部分は外来結晶と考えた方がよさそうなのが分かった。

4. 追い込みと別れ

このような実験の繰り返しの毎日だったが、休日にはあちこちに出かけて行った。独立記念日はニューオリンズで迎えたし、大リーグの野球やコンサート、ダウンタウンへ遊びにもよく行った。夏のヒューストンは、とにかく蒸し暑い。テキサスというと乾燥してサボテンが生えているような景色を連想するが、それはあくまでも内陸部の話であって、ヒューストンのようなメキシコ湾岸地域は、夏はむしろキューバなどの気候に近い。最高気温はときに40度にもなり、しかも湿度は90%を越えているのだ。空気がもわもわと重い感じであった。ただ、サマータイムのため、暗くなるのは夜の9時頃で、夕方アパートメントに帰って来たら、プールで泳いだり、テニスをしたりして長い昼を楽しむことができた。

だんだんと10週間の終わりが近づくにつれて、みんな自分達の研究に片をつけるのに追われ、休日も研究室に出かけるようになった。私も最後の2週間くらいは毎日夜中まで残り、分析などを続けた。要約の締切は8月12日だった。この日付を見て、何か気づく人がいるかもしれない。今年の夏、世間を騒がせたペルセウス座流星群の極大の翌日だ。前の晩は研究室に泊まり込み、コンピューターと向かい合っていたが、ときどき外へ出ては夜空を眺めた。JSCはヒューストンの郊外にあるとはいえ、空はかなり明るい。さすがはアメリカ第4位の都市である。通算で30分ほど眺めたが、見えたのは数個だった。JSC内でも観測のネットワークを張っていたが、みんな予想が外れがっかりした様子だった。

要約をなんとか提出して一息付く間もなく、次は口頭発表の準備に忙しい日々だった。英語を母国語とするアメリカ人ですら顔色を変えてやっていたのだから、私なんかもう大変だ。それでも何回か練習し、問題なく本番の発表も終えることができた。

思えば長かったような短かったような10週間だった。最初の1カ月は時間が過ぎるのはとてもゆっくりだったが、時間がだんだんと加速するように、7、8月はあっという間に過ぎてしまった感じだ。それは16人みんなが口にする事だった。NASAという世界一流の研究所で、毎日惑星科学のスペシャリストたちと顔を合わせ研究できたのは、本当にいい経験だった。私としては、まだ研究に要領を得ない学部4年生の時ではなく、大学院に入ってから行けたのも良かった。多くのJSCの隕石研究者と、研究の話を交わすことができた。そして何よりも大きかったのは、15人の新しい仲間ができたことだ。それまで一度も顔を合わせたことのない16人が、ヒューストンの地に集い、10週間を一緒に過ごした。お互いが親しくなるのには10週間という期間は十分だ。その分の別れのつらさもある。別れの時に、私たちが約束したのは、来年3月の月惑星会議の時にまた再会しようということだった。同じ分野で研究を続ける限り、これからもずっと会えるチャンスはある。そう約束してそれぞれヒューストンを去っていった。

(東京大学大学院理学系研究科鉱物学専攻)

ツングスカ異変の跡を訪ねて

篠田 皎 Akira SHINODA

1. はじめに

この夏は異常なまでの恐竜ブームであった。そしてこの 10 年ばかりの間、恐竜の絶滅について大きな話題になっているのが隕石衝突説である。世界の生物相を一変させるような現象とは比較になるまいが、今世紀最大の隕石落下として有名なのがツングスカ異変である。昨年（1992 年）の夏、同地方を訪問する機会を得たので、簡単に現地の状況を報告しよう。

2. ツングスカ異変

1908 年（明治 41 年）6 月 30 日の朝 7 時過ぎ（GMT 0 時 17 分頃）、シベリア中部のポトカメンナヤ・ツングスカ川（エニセイ川の支流）流域の上空 8 km のあたりで、TNT 換算で約 12 メガトンに相当する爆発が起こった。衝撃波と爆発によって、半径 40km の範囲内では原生林が放射状になぎ倒されて大火災が発生し、轟音が 1000km 以上の彼方まで聞こえた。その直前、シベリア鉄道沿線の各地では、太陽のように明るい巨大な火の玉が北西の方向に飛んで行くのが見えた（図 1）。

イルクーツクでは異様な地震が、シベリアから英国にいたる広い地域では微気圧振動が記録されている。その夜、ヨーロッパ各地では夜空が明るい銀色に輝き、深夜でも燈下なしに新聞を読むことができたという。当時カリフォルニアで太陽放射を観測していたアボットが 7 月から 8 月にかけて大気の不透明度が低下したことを記録しているなど、世界各地で異常な現象が起こっているようである。

しかし日本では、夜空の明るさが全く問題になっていない。恐らく隕石爆発に伴うダストの雲は、西の方だけに広がったのであろう。なお気象台では、ルーチン観測の記録用紙は一定期間保存後、廃棄することになっているので、明治時代の記録は残っていないようである。

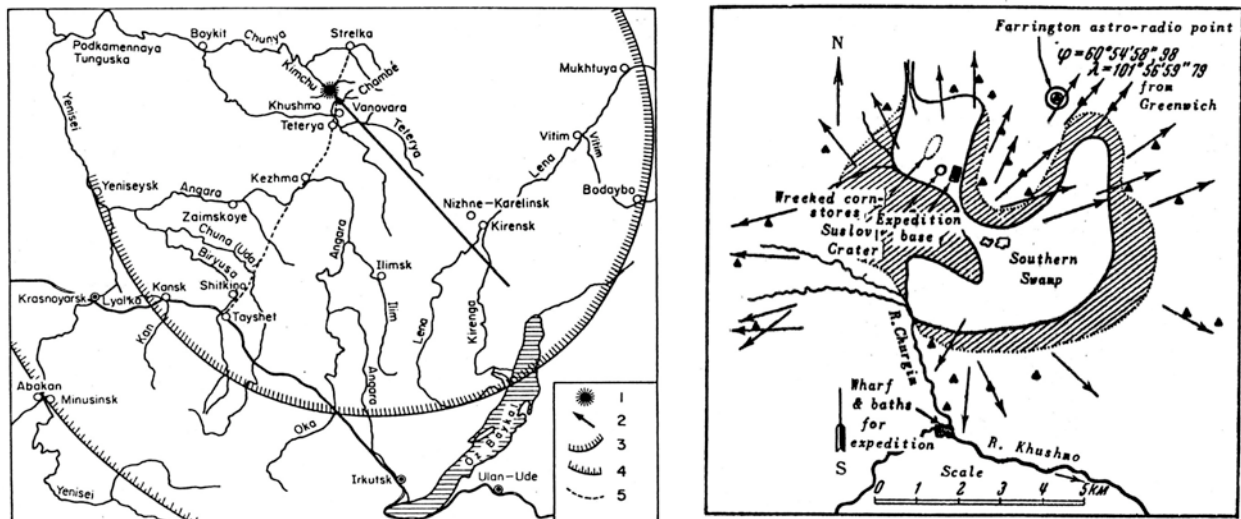


図 1. (左図) ツングスカ異変のおこった場所。1.隕石の落下地点。2.表面に投影した隕石の飛行経路。

3.発光現象が観測された範囲。4.爆発音が聞かれた範囲。5.探検隊のルート。（E.L. Krinov, 1966 より）

図 2. (右図) 隕石落下中心地付近の見取図。矢印は倒木の方向。（K.A.Kulik の原図：E.L. Krinov, 1966 より）

3. 現地へのアプローチ

初めて現地調査へ行ったのはクーリック隊（1927）で、戦争による中断の後フロレンスキー隊（1958）が再開・継続し、1990年以降は International Tunguska Expedition（ITE）として今に至っており、私達3名の日本人が参加したのは第3回の ITE であった。

全員はクラスノヤルスクに結集することになっていたが、何日に行けばよいのが問い合わせても返事がなく、全くあてずっぽうで日程を決めるほかなかった。結局8月1日にクラスノ入りをしたが、そこで2泊するはめになった。なお日本の旅行社はクラノスまでの航空券を取ってくれたが、ハバロフスク以遠はキャンセル待ちの形となった。クラスノの空港には TUNGUSKA と書いた厚紙を持った人が迎えに来ており、車で町外れの学園地区にある宿舎へ案内してくれた。アカデミー関係の宿舎で、夏は子供の療養所として使われている所らしい。

翌日 ITE の世話役アンドレエフさんにあつて現地の状況を聞き、参加費用とヘリコプターのチャーター料分担金を支払った。インフレがひどいので、ヘリコプターのチャーター料がいくらになるか見当もつかないとのことであったが、その場で一人あたり確か700ドル払い、帰途に100ドル返金してもらったように記憶している。

3日の11時過ぎ、ローカル空港から27人乗りのジェット機でヴァナヴァナに向かった（飛行時間約1時間45分）。ITEのメンバーが22名だから、貸切同様である。ここはポドマケンナヤ・ツングスカ川に面した村で、爆心地の南60kmに位置している。中央広場にはクーリックの天測点と、彼を記念する小博物館が立っていた。ヘリが盛んに使われるようになるまで、この村がツングスカ調査唯一の基地で、現地に至る全長90kmの“クーリックの道”が始まっている。

4. 現地の状況

爆心地はイルクーツクの北方約800kmの小盆地内にある。このあたりはシベリア卓状地（アンガラ盾状地）のほぼ中央にあたり、標高約400mの高原であるが、100m前後の起伏が多く、平地はほとんどない。中生代三畳紀の頃に大規模な火山活動があったので、各所に玄武岩が分布しており、問題の盆地は「カルデラ状盆地」と呼ばれていた。

北側にひとときわ高いのがファリントン山（521.8m）、その南側から盆地内に突き出しているのがストイコヴィッチ山（482.1m）で、いずれもこのあたりを見渡すには絶好の場所である。クーリックが小屋を立てたのはストイコヴィッチ山の西麓で、盆地内の湿原はこのへんでくびれて南北ふたつに分れている。

北湿原はやや盛り上がった泥炭地に多数の池が点在しており、当初は隕石クレーターかと誤解されたものである。南部は一連の大きな沼沢で、ストイコヴィッチ山の東まで回り込んでいるようである。水はチュルギム川の清流となって南壁を切って流れ出し（小さな滝あり）、フシマ川に合流している。ここプリスタンにもクーリックの小屋がある。またファリントン山の西側を越えて5kmばかり北に進むとキムチュ川に出るが、その川岸にも地球化学ラボの小屋が建っており、少し西にはチェコ湖がある。

湿地にはヨシやスゲのような水草が多く、トクサやミツガシワ（日本では氷河時代のレリック

として有名)、ミズゴケ等の苔類、各種の地衣類が生えている。陸地は亜寒帯性の原生林タイガに覆われている。カラマツ、トウヒのような針葉樹とシラカンバの組み合わせで、樹齢約 80 年だが直径は 20cm くらいしかない。

5. 異変の痕跡

1927 年に初めてこの地域を調査したクリークは、原生林が放射状に倒れていることを確かめた。私たちの行動範囲(チェコ湖、プリスタン間)の至る所に倒木が残っており、特にチュルギム滝東側の尾根の南斜面には、数十本の木が平行に横たわっており壮観であった。またファリントン山西麓に横倒しになっていた巨大な根も印象的である。

2 図から明らかなおとおり、爆心地は南湿地の北西部である。ファストが推定した位置として案内された場所は、沼から 400 m ばかり北の木立のなかで、GPS による位置は $60^{\circ}53'26''\text{N}$ 、 $101^{\circ}53'52''\text{E}$ であった。このあたりでは爆風を真上から吹き付けたので、枝を失った古木が立枯れをしていた。その他焼け焦げた木や、苔に覆われた倒木などはどこにでも転がっていて、さほど珍しいものではないが、やはり感動的である。また注意して探すと、大異変の爆風や火災を生き延びた直径 30cm 級の老樹は、想像以上にたくさん残っているようである。

なおチュルギム滝のすぐ下にある岩の北面には、何物かが勢いよく衝突したような感じの跡があり、割れ目が放射状に広がって直径 30cm 弱の円錐状の穴になっており、同じようなものは東側の壁にもあった。マイクロクレーターと呼ばれていたが、異変との関係は未確認である。

火球の目撃者は大勢いたし、爆発はものすごいものであった。だが隕石そのものは全く見つかっていない。フロレンスキー隊以降、土中からいわゆる宇宙塵(流星塵。ガラス質や磁鉄鉱を含む球粒)が検出されており、これが数少ない地球外物質ということになっている。1991 年の第 2 回 ITE に参加したイタリア隊は、古木の樹脂の中から宇宙塵を検出して話題となった。

原因については 1930 年代から彗星説(当初はウィンネッケ彗星、近年ではエンケ彗星の破片)が有力であるが、岩石質の小惑星が衝突したとの説もつよく、結論は出ていない。いずれにせよ今世紀最大の謎であることには間違いない。

私自身来年度の再訪を考えているところなので、興味のある方はご一報をいただきたい。

〈問い合わせ先〉〒606 京都市左京区北白川下池田町 93-4 篠田 皎(京都府立鴨沂高校教諭)

付 記

ツングスカ(一般にはツングースカとよばれている)異変については、これまでに多くの論文や書物が発表されている。参考までにそのうちのいくつかを紹介しておく。

1. Krinov, E.L., 1966: Giant Meteorites. Pergamon, London.

異変のおこった当時の状況、その後の探検や研究のいきさつが 141 ページにわたってくわしくのべてある。事件の全貌を知るにはこれが一番よいだろう。

2. В. Вонский, 1968, Тройкушка-Повесть о Тунгусском

Метеорите. Издательство МЫТЛЬ, Москва.

(V. ウロンスキー: クリークの道——ツングス隕石物語, ムイスリ出版所)

(邦訳 中山一郎訳, 1971: ツングース隕石の謎, 大陸書房)

クリークにはじまるツングスカ探検のくわしいドキュメンタリー物語。

3. Baxter, J., and Atkins, T., 1976: The fire Came By--The riddle of the great Siberian explosion. Doubleday & Co. Inc., New York.

(邦訳 青木栄一・木暮利定訳, 1977: 謎のツングース隕石はブラックホールか UFO か. 講談社)
邦訳の題名はいかにも興味本位だが、内容はまじめな本である。

4. Stoneley, J., 1977: Cauldron of Hell: Tuguska. Simon & Schuster, New York.

上記の3と同様、事件の経緯といろいろな説が紹介されている。

5. 旧ソ連科学アカデミー隕石委員会の編集になる隕石雑誌『МЕТОРИТИКА』(隕石学)(1989年に第48号が出ているがそれ以降は不明)には、毎号ツングスカ異変の論文が多数掲載されている。

6. Chyba, C., 1993: Death from the Sky. Astronomy. 21, 12 (December), 38-45.

本号発行直前に入手したもので、カラー図版と写真でツングスカ異変を要領よくまとめている。

この事件は1908年におこったのだから、すでに85年もたっているわけであるが、篠田氏の報告を読むと、なぎ倒された原生林の倒木がいまだに生々しく残っていることにはおどろかされる。やはり寒い土地ゆえのことだからであろうか。(小森長生)

論文紹介

チクシュループ多重リング衝突盆地

Sharpton, V.L., Burke, K., Camargo-Zanoguera, A., Hall, S.A., Lee, D.S., Marin, L.E., Suarez-Reynoso, G., Quezada-Muneton, J.M., Spudis, P.D., and Urrutia-Fucugauchi, J., 1993: Chicxulub Multiring Impact Basin: Size and Other Characteristics Derived from Gravity Analysis. Science, 261, 1564-1567.

1977年 W. Alvarez らによって、イタリアのローマに近いグビオの町の郊外で、6500万年前の白亜紀と第三紀の境界(K-T境界)を示す部分に、イリジウムが濃集下粘土層が発見されて以来、恐竜の小惑星(または彗星)衝突絶滅説が大流行してきたことは、すでに周知のとおりである。その後、この衝突説を支持すると思われる新しい発見が相次ぎ、大衝突のおこった場所としてカリブ海周辺が注目されるようになった(くわしい経緯については、最近出版された、地球衝突小惑星研究会編『いつ起こる小惑星大衝突』講談社ブルーバックスなどを参照)。

1978年頃からメキシコ石油公社(Pemex)が行ってきた、空中地磁気探査のデータを検討していた G. Penfield は、ユカタン半島北岸に大規模な地磁気異常帯があるのをみつけた。これは重力異常図の特徴とも一致し、ユカタン半島北岸のチクシュループ(Chicxulub、悪魔の尾を意味するマヤの方言に由来)の町を中心に、直径180kmの大環状構造が埋もれていることがわかってきた。またこの地域のボーリングコアの検討から、この構造がK-T境界にできたものであることも判明した。ここに紹介する論文は上述の経過をふまえて、新しい重力異常図のデータから、環状構造の性質と規模を再検討したものである。

著者等は、19.5°N~22.5°N、88°W~90.5°Wの間の地域で、陸上3675、海上3134か所の重力を測定し、くわしい重力異常図をつくった(図1)。この地域の重力異常値は-16.4mgal~+53.6mgalの範囲を示し、その極大値から判断すると、中心の異常値の高いまわりに、3つの主要なリングと第4の最外縁の断続的なリングが認められた(図2)。これら各リングの直径のお互いの比(リング2/1、リング3/2など)は2の平方根に近く、多重リングクレーターのリング間隔の法則にしたがっている。中心部は重力異常値が高いことから、この構造の中心には、密度の高いインパクトメルト岩による質量

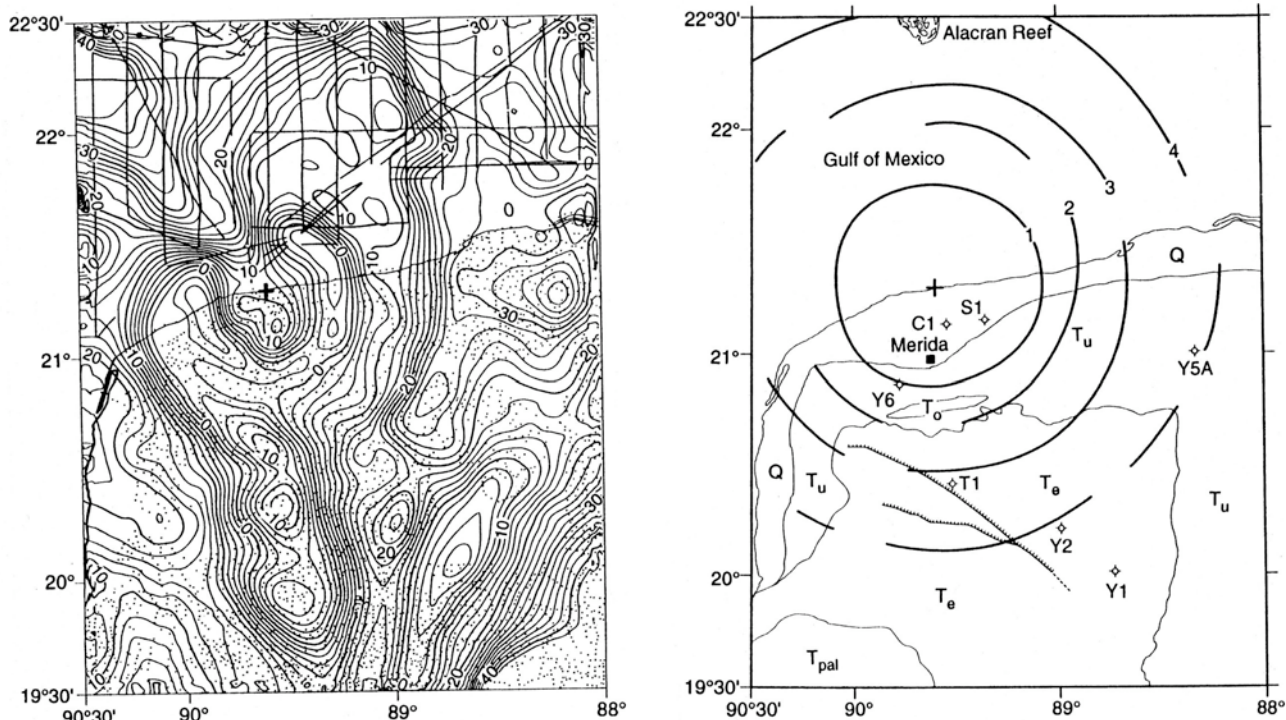


図1 (左図) チクシュループ衝突盆地の重力異常の等高線図 (+印は盆地の中心。等高線の間隔は 2mgal)

図2 (右図) 重力異常から読み取られた4つのリング構造と表層地質 (Q:第四系、Tu, Te, Tpal はそれぞれ上部第三系、始新統、暁新統)

集中と、隆起した基盤岩が存在すると思われる。中心部とリング1との間には同心円状の深い重力トラフがみられるが、これは密度の高いメルト岩が少なく、低密度の破砕物が多いためであろう。

よる発達するリング3の内側は、けわしい重力勾配をしめしており、このリング3がチクシュループクレーターのリムと一般に解釈されている。しかし著者らはここにみられる重力勾配は、大衝突で掘りおこされたクレーター形成時の一時的 (transient) な形によるもので、このときできた一時的なクレーターの直径 (Dt) は $170 \pm 25 \text{ km}$ 、深さは $45 \sim 60 \text{ km}$ であつたと見積もっている。

チクシュループ盆地の広がりを示す重力の低い地域は、中心から約 140 km の距離にまで及んでいるので、著者らはここに第4の最外縁のリングがあると考えている。このリング4は、平均して 2.5 mgal 重力が高く、希薄で不連続なパターンとしてあらわれている。

月の多重リング盆地や地球上の複合クレーターの研究によると、クレーターの最外縁のリムの直径 (D) は $Dt = 0.5 - 0.65 D$ の関係がある (H.J. Melosh, 1989 ほか)。この関係からチクシュループ盆地では $Dt = 170 \text{ km}$ とすると $D = 260 \sim 340 \text{ km}$ となる。一方、2の平方根のリング間隔則からも $D = 300 \text{ km}$ と予想される。これらの予想は、重力異常値からきめたリング4の位置ともよく合うので、著者らはリング4こそチクシュループ盆地の最外縁のリムであると判断し、この盆地の直径は約 300 km であると結論づけた。

ところで、海中にある盆地の北の部分は、従来重力異常のデータが少なかったので、東西方向の断層運動で失われたものとされていたが、著者らによると、リングの延長とみられる重力異常帯が存在する。ただしこの地域は、北から盆地内部へのびる局所的に重力の高い個所によって隠されているという。

結論として著者は、チクシュルーブ盆地のような大衝突構造は、40億年昔の激しい衝突時代以降に内部太陽系でおこった最大の衝突事件の1つであるとする。そしてK-T境界におけるこのような大事件は、生物の大量絶滅の強力な証拠になるとのべているが、これについては議論のあるところであろう。

さて、チクシュルーブの他にもう1つ、アメリカのアイオワ州にある直径35kmのマンソン(Manson)クレーターも、生成年代が6500万年前とされ、シベリアにあるほぼ同年代の他の2つのクレーターとともにK-T境界の事件の産物とされてきた。これら4つのクレーターが1つの大円弧上にあることから、地球に衝突した彗星が分裂落下したという考えもあった。しかし今回、時期をほぼ同じくして発表された次の2論文が、マンソンクレーターについての新しい事実を伝えている。

Izett, G.A., Cobban, W.A., Obradovich, J.D., and Kunk, M.J., 1993: The Manson Impact Structure: 40Ar/39Ar Age and Its Distal Impact Ejecta in the Pierre Shale in Southeastern Dakota. *Science*, 262, 729-732.

Blum, J.D., Chamberlain, C.P., Hingston, M.P., Koeberl, C., Marin, L.E., Schuraytz, B.C., and Sharpton, V.L., 1993: Isotopic comparison of K/T Boundary impact glass with melt rock from the Chicxulub and Manson impact structures. *Nature*, 364, 325-327.

上記のIzettらによれば、マンソンクレーターの溶融岩に含まれる衝突変成でできたハリ長石(sanidine)片の $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代は、7380万年前 $\pm$ 30万年であった。またサウスダコタ州のPierre頁岩中のCrow Creek部層(白亜紀のカンパニア世)から採集された、マンソンクレーター起源の衝突変成を受けた石英、長石、ジルコン片も同時代であったという。

またBlumらは、チクシュルーブとマンソンの両ボーリングコア中に含まれる衝突ガラスについて、Sr、Nd、Oの同位体組成を求めたが、両クレーターでは明らかにその組成が異なっていたという。そしてマンソンクレーターはK-T境界でできたものではないとのべている。これらの事実は、K-T境界の衝突事件とのかかわりに新たな問題を投げかけるものとして注目されるだろう。

(小森長生)

論文抄録

火星のタルシス台地の伸張テクトニクスの定量的分析: ジオダイナミックな関係

Thomas, P.G. and Allemand, P., 1993: Quantitative Analysis of the Extensional Tectonics of Tharsis Bulge, Mars: geodynamic Implications. *Jour. Geophys. Res.*, 98, E7, 13097-13108.

火星のタルシス台地の北縁および南縁には、正断層や、テクトニックな原因で生じたと思われる楕円形のクレーターが多数存在する。地溝の幅から火星表層部の厚さを見積もり、楕円形クレーターからその地域が受けた歪みの量を考察した結果、これらの地形の成因はタルシス台地そのものの膨張だけでは説明できないことがわかった。その説明としては、表層の大規模地滑りが考えられる。マリナー峡谷東端付近のリッジ群は、地滑りがそこで終止したためにできたものであろう。

(寺蘭淳也)

火星のエリシウム地域での火山活動による揮発物の放出

Plescia, J.B., 1993: An Assessment of Volatile Release from Recent Volcanism in Elysium, Mars. *Icarus*, 104, 20-32.

火星のエリシウム地域の平原は、アマゾン代後期（200～500Ma）に噴出した比較的若い火山物質（低粘性溶岩）でおおわれている。その量は 10^5km^3 と見積もられ、この溶岩が 1.0 重量%の H_2O を含んでいるとすれば約 10^6kg の水が放出されたことになる。他に CO_2 が 10^6kg 、S が 10^{15}kg 、Cl が 10^{13}kg 、F 10^{13}kg も放出された。このうち H_2O と CO_2 は火星の気候変動にそれほど影響しなかったが、S は大気中で SO_2 となり、そのエアロゾルは日射をさえぎって、一時的に気候を寒冷化したと考えられる。(K)

火星の火山アポリナリス・パテラの活動史と大気圏への関与

Robinson, M.S., Mouginis-Mark, P.J., Zimbelman, J.R., Wu, S.S.C., Ablin, K.K., Land Howington-Kraus, A.E., 1993: Chronology, Eruption Duration, and Atmospheric Contribution of the Martian Volcano Apollinaris Patera. Icarus, 104, 301-323.

アポリナリス・パテラは北の平原と南の高地の境の 9°S 、 186°W に位置する火山で、タルシス地域の若い火山とエリシウム地域の古い火山との中間的年齢をもつ。この火山は主火山体をつくった大規模な爆発性噴火と、その後南斜面に扇状地状に広がる溶岩原を形成した低粘性溶岩の流出によって特徴づけられる。主火山体の体積は 10^5km^3 、その形成期間は 10^7 年くらいと見積もられる。この間に放出された水蒸気量は 10^5kg で、他の放出ガスとともに火星の気候に大きな影響をおよぼしたであろう。(K)

INFORMATION

●1994・95 年度会費納入のお知らせ

早いもので『惑星地質ニュース』も創刊してから、すでに満 5 年が経過しました。創刊号は 4 ページだったものが、今年の第 5 巻はすべて 12 ページで構成できるようになりました。これも、わかりやすい原稿を書いて頂いた方々と熱心な読者の皆様のおかげと感謝しております。

現在『惑星地質ニュース』は、毎号約 140 名の方々に発送しています。大まかな内訳は、大学などの研究者 45%、大学学部学生 15%、高校・中学教師 16%、天文アマチュア 13%、マスコミ（新聞社の科学部、科学雑誌編集部、科学系の出版社など）10%となっています。マスコミ各社には謹呈として送っていますが、これは日本の惑星地質の現状を知らせると共に、書いて頂いた原稿を多くの人の目に触れさせたいとの意図からです。惑星地質に興味をもつ方々にこれからも有意義な『惑星地質ニュース』をお届けするつもりです。

さて、惑星地質研究会では『惑星地質ニュース』の 94・95 年度の 2 年度分の購読料・送料として 1200 円をお願いすることになりました。92・93 年度分は 1000 円でしたが、1 月からの郵便料金改定にともない、200 円だけ値上げさせていただきます。同封の郵便振替用紙で惑星地質研究会事務所に送金をお願いいたします。

編集後記：今回は東京大学理学部の三河内さんと鴨沂高校の篠田さんから原稿をいただきました。アメリカとロシアの話ですが、最近の円高によって世界はますます狭くなり、外国の研究者と交流する機会はかつてないほど盛んになってきていることを感じます。また、宇宙研の寺蘭さんからは抄録を送っていただきました。今年も皆様のご協力で、なんとか誌面を作っていくことができました。来年もよろしくお願いいたします。(S)