

赤外線望遠鏡IRTSが見た銀河中心方向

## 〈研究紹介〉

# 金属やセラミックスを引き延ばす

宇宙科学研究所 佐藤 英一

### ◆ガラスの毛細管

高校の化学実験で、熱して軟らかくなったガラス管を引き延ばして毛細管を作った経験は、お持ちでしょうか。金属も、融点近くまで暖めると軟らかくなります。そこで、電気炉の中で金属試料を引っ張ってみると、20～30%程度伸びたところでくびれてちぎれてしまい、なかなかガラスのようにはいきません。

ガラス管を炎であぶってから一気に引っ張ると、先に細長くなった部分は周りより冷えて伸びが止まり、次にまだ伸びてない部分が伸びて、全体として均一な細い管にすることができるのです。このような“変形した部分は周りより変形しにくくなる”という現象を一般に“加工硬化”と呼びます。金属では、このような曲芸的な成形はとても不可能で、一定温度の炉の中で引っ張らざるを得ません。このとき、初めのうちは（別の原因による）加工硬化が生じ均一に伸びますが、10%も伸びないうちに加工硬化は止まってしまいます。

一方、ガラスは一定温度でもよく伸びます。融けた

ガラスの特性として、伸ばす速度（ひずみ速度）を速くするには引っ張る力（変形応力）もそれに比例して大きくする必要があります。このような材料では、ある部分のひずみ速度が大きくなってくびれが起こるとするには周りより大きな応力が必要であるので、くびれが生じにくく、均一によく伸びることになります。金属では、通常、変形応力を少し大きくするとひずみ速度は極端に速くなってしまいます。すなわち、くびれようとした部分の応力の増加が小さいので、すぐにくびれてちぎれてしまうことになります。

### ◆金属の超塑性

金属は、原子がきちんと並んだ結晶が集まって形作られています（図1）。原子相互の結合は非常に強固なのですが、原子の並びには、転位と呼ばれる皺のようなものが多数入っていて、この転位自体は比較的小さな力で動くことができます。普通の金属の変形は皆この転位の動きによるものです。

一方、結晶粒と結晶粒の間の結合は比較的に弱いため、

高温になると、結晶粒界で上下の結晶粒がすべることがあります(図1)。この粒界すべりは転位の運動に比べ非常にゆっくりとしたものなので、普通はあまり巨視的な変形に寄与しません。ところが、結晶粒の大きさを小さくしていくと、ゆっくりとした粒界すべりもたくさん生じることになるので、巨視的な変形のうちの大きな割合を占めるようになります。具体的には、結晶粒が $5\mu\text{m}$ 程度(ミクロン・オーダー)まで小さくなったときのことで、普通 $50\mu\text{m}$ から $500\mu\text{m}$ 程度である金属の結晶粒をここまで微細化するには、いろいろな工夫が必要です。

さて、このように微細な結晶粒をもつ金属を高温低ひずみ速度で変形させると、主に粒界すべりによって変形が進むようになります。このとき、ひずみ速度の応力依存性はとても小さくなり、ガラスと同様ある部分がくびれようとするのに必要な応力が大きくなるので、くびれにくく、よく伸びるようになります。この現象を“超塑性”と呼んでおります。チャンピオンデータとして、ギネスブックには5500%の伸び(もとの長さの56倍になる)が記載されており(1986年版)、現在では8000%という報告もあります。

ところで一口に“超塑性は粒界すべりでおきる”といっても、単純に一つの粒界がすべろうとすると、必ずその先の結晶粒に阻まれてしまいます(図1)。超塑性変形中には、これを緩和するメカニズムが常に働いていて、粒界すべりが連続的に起き続けているだろうと考えられておりますが、実はこの緩和のメカニズムが余りよくわかっておりません。材料を等質の連続体

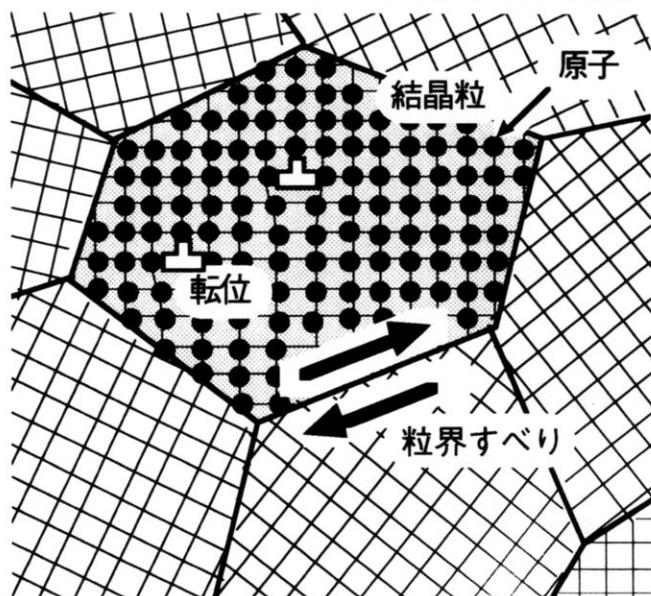


図1 金属は、原子が規則正しく並んだ結晶粒が組み合わさって作られている。原子の並びの皺(転位)が動いたり、結晶粒界がすべったりすると変形が生じる。

とみなす連続体力学と、規則的な原子の配列から出発する固体力学との間に挟まれて、メゾスコピックなスケールの結晶粒の動きを扱うという、超塑性独特の難しさによるためです。

超塑性変形中の結晶粒組織を観察していくと、粒界がすべって結晶粒の配列がずれていくと共に、結晶粒の大きさがだんだん大きくなっていくのが観察できます。結晶粒が(平均して)大きくなっているということは、多くの小さな結晶粒が食われて消滅していることを意味します。すなわち粒界すべりによって結晶粒の位置が入れ替わると、小さな結晶粒の消滅が促進され、結晶粒の大きさが大きくなるのです。そして結晶粒が大きくなると、粒界すべりが起きにくくなることから、変形応力が大きくなる、すなわち加工硬化も生じます。従来、変形に伴う粒成長は超塑性を損なうものという見方しかされてきませんでした。じつは超塑性の粒界すべりに本質的に付随するものであることと、加工硬化を通じてくびれの抑制にも一役買っていることがわかってきました。

#### ◆超塑性の応用

このような超塑性現象を利用すれば、ガラス管を膨らましてフラスコを作るように、金属の板をガス圧で膨らますことができます。通常のプレスは、雌型と雄型で材料の板をはさんで成形しますが、金型が非常に高価なこと、コーナー部の厚みが薄く弱くなること、複雑な形状にはプレスできないこと等が問題でした。超塑性ガス圧成形を用いれば、片方の型のみで均一な厚みの複雑形状の部品を成形することができます。

宇宙研でも、ひてん、GEOTAIL、そしてMUSES-Bの軌道・姿勢制御のためのRCS(リアクション・コントロールシステム)の燃料タンクに、超塑性成型を使っております。タンクはチタン合金製で、たとえばひてんの場合、直径385mm、厚み0.74mm(半球部分)の涙滴形状で、ガス圧成形された半球と円錐を溶接して作られております(図2)。

いくら超塑性といえど、ふつうに半球に膨らますと頂点部は裾野よりもだいぶ薄くなってしまいますが、軽量化のためすべて同じ厚みでなければなりません。そこで、中央部を厚くした素材から出発して、成形後に肉厚が均一となるように工夫しております。もしもこれを通常のプレスで作ろうとしますと、厚い板を半球状にプレスし、雄型にはめ込んで厚みを超音波で測定しながら外側を薄く削っていくという、複雑な行程が必要となります。

航空機の外板やフレームの多くは、軽量化のため薄

いスキンと複雑なスティフナからなる構造になっています。従来は、材料を莫大に無駄使いして厚い一枚板からスキンとスティフナを削り出したり、リベットで多数のスティフナをスキンに取り付けたり、いずれにせよ複雑な行程が必要でした。超塑性成形中に2つの材料を押しつけておくと、溶接したように、固相拡散で接合することができます。そこで、ガス圧による超塑性成形／拡散接合を用いて、スキンとスティフナを2～3枚の板から一気に作り上げてしまい、部品点数／工程数／重量の軽減を図ることが行われております。

おもしろいことに、チタン合金やジュラルミン（アルミニウム合金）など高強度化されていて通常の加工が難しい材料ほど、条件を選ぶと超塑性をよく示します。ただし、超塑性の加工速度は非常に低いため、電機、自動車のような大量生産の現場に取り入れてもらうことはなかなか難しいです。たとえば上述のRCS燃料タンクなどは1サイクルにほぼ1日がかかりますが、自動車では1部品数秒でプレスしているそうです。

#### ◆セラミックスの超塑性

堅くて割れやすいセラミックス—瀬戸物—が、ガラスのように伸びることなど想像できましょか。しかし結晶粒を超微細化さえしてやれば、セラミックスも超塑性を示すのです。もちろん金属の場合より1桁以上細かくしなければなりません…。最近、高純度の原料微粉末が作られるようになり、それから作られたファインセラミックスは、昔からの瀬戸物とは比較にならないくらい堅く、割れにくく、高温で超塑性を示すのです。今では、ジルコニアセラミックスにおいて最大1000%程度の伸びが報告されています。

昔からセラミックスは原料粉末を焼き固めて作ってきましたが、粉末が粗い場合、固まりにくいので、ガラス相を添加して固めるようにします。このガラス相が瀬戸物の割れやすさの一つの原因です。粉末が細くなるにつれ必要なガラスの量も減ってきて、わざわざ添加しなくてもよくなってきました。それでも、粉末表面に吸着していた不純物等によって、結晶粒界に0.001 $\mu\text{m}$ 程度のガラス相が残ってしまうことが間々あります。最近ようやく、このような数原子層程度の厚みのガラス相が、超塑性挙動に大きな影響を及ぼすことが分かってきました。

粉末を用いないで超高純度で超微細なセラミックスを作ろうという試みの中で、構成金属原子を含む有機化合物を熱分解して、そのままセラミックスとする方法が注目されています。粒界ガラス相の理解と制御を進めることにより、粒界相をなくして材料の耐熱性を

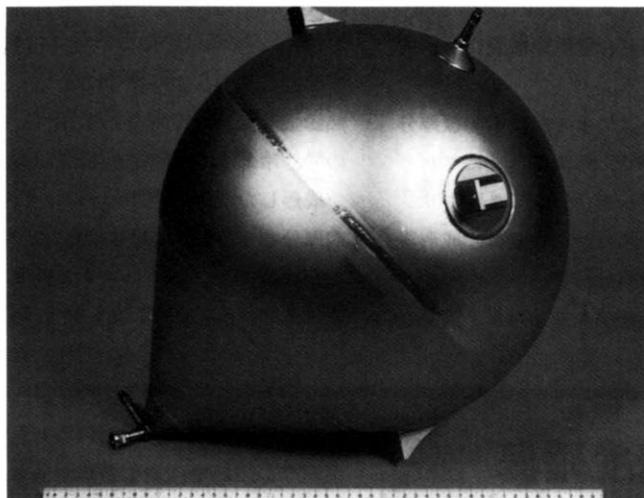


図2 ひてんのRCS燃料タンク。チタン合金製で、等肉超塑性ガス圧成により作られた半球と円錐の部分を溶接して作られている。

向上させるとともに、結晶粒を微細化して超塑性特性を向上させることが期待されています。そして現在この手法により、結晶粒が10nm (0.01 $\mu\text{m}$ ) 以下のナノ結晶材料を作ろうとしております。結晶粒がこのくらい細くなると、結晶粒の内部にある（表面に現れていない）原子の数が少なくなり、材料すべてが結晶粒界から成り立っているような材料になってくるのです。このとき、多くの物性値の反応速度定数が飛躍的に大きくなった、非常に活性化された材料が得られるのではないかと期待しております。

#### ◆内部応力超塑性

これまで述べてきたのとは別に、全く異なるメカニズムによる超塑性があります。FRP（繊維強化プラスチック）はご存じだと思いますが、同じようなものでMMC（金属基複合材料）と呼ばれる材料があります。これは、金属に強化繊維を分散させ、耐熱性を向上させた材料です。これに温度サイクルをかけながら低い応力を付加しますと、材料は、思いもかけない速さで、しかも付加応力に比例した速さで変形を始めます。ひずみ速度が応力に比例することから、ガラスと同様くびれない変形を延々と続けることができるのです。

MMCの金属部分は転位の運動により変形しますが、そのときのひずみ速度は応力に強く依存し、応力の5乗程度に比例します。温度変化中のMMCの内部には、繊維と金属の熱膨張率の違いから、不均一でかなり大きな内部応力が生じています。内部応力は体積平均すると0になってしましますが、外から応力を加えると話は別です。応力に空間的揺らぎがあるときのひずみ速度の平均は、平均応力に対するひずみ速度よりも大きくなり、しかも揺らぎが大きいときは平均応力に比

例します。厳密な解析は実験結果と良く合致し、この現象を“内部応力超塑性”と呼んでおります。

MMCは、硬い繊維を多数含んでいるので、非常に成形しにくい材料です。そこで、この内部応力超塑性は実用面から興味を持たれています。ただしこの現象には急速な温度サイクルが必要なので、残念ながら大きな部品の成形は非常に難しいでしょう。

逆に、大きな温度変化のあるところで使用すると、思いもかけなかった軟化が起きることが予想されます。今後の宇宙空間での大型の構造物において、FRPによる構造部材は原子状酸素による劣化が問題となります。一方MMCではその心配はありませんが、温度変化による強度低下を検討する必要があります。

### ◆終わりに

超塑性現象の基本的な説明と最近の研究とを簡単に紹介いたしました。材料に要求される温度が高くなり、普通の金属から、複合材料、超合金、セラミックスと、どんどん扱いにくい材料を使いこなさなければならなくなってきました。どの材料でも、いかに成形して製品を作り、使う時はいかに変形をさせないか、という相反する要求に答えなければなりません。このような材料の変形という現象は、連続体力学と固体物理学の狭間に位置するメゾスコピックなスケールであるところに、独特のおもしろさがあると思っております。

(さとう・えいいち)

## お知らせ



### ～ 宇宙研一般公開 ～

**日時** 7月29日(土) 午前10時～午後4時30分  
**場所** 宇宙科学研究所  
 (神奈川県相模原市由野台3丁目1番1号)  
**公開** ペンシル水平発射から40周年に係るロケット展示、宇宙実験・観測フリーフライヤー(SFU)関係展示、コンピュータゲーム、インターネットの実演、開発試験中のM-Vロケット、宇宙科学の将来計画、バブロケット、他に映画会、ミニミニ宇宙学校、スタンプリナー等も実施します。  
**問合せ先** 宇宙科学研究所庶務課企画広報係  
 電話 0427(51)3911 内線2205

### ★シンポジウム

#### 科学衛星・宇宙観測シンポジウム

**開催日** 平成7年6月28日(水)～30日(金)  
**場所** 宇宙科学研究所本館2階会議場

#### 宇宙利用シンポジウム

**開催日** 平成7年7月18日(火)～19日(水)  
**場所** 日本学術会議講堂及び会議室

問合せ先：宇宙科学研究所研究協力課共同利用係  
 TEL 0427-51-3911 (内線 2234, 2235)

〈表紙写真〉 SFUに搭載された赤外線望遠鏡IRTS遠赤外線ラインマッパーによる観測結果の例。底面に投影されたIRAS衛星のマップ上に、IRTSの観測パスと実時間の観測データ(炭素イオンスペクトル線強度)を重ねたもの。IRTSはこのような観測を約400周回続けた。(芝井)

### ★人事異動

発令年月日	氏名	異動事項 (採用)	現(旧)職等
7. 5. 16	川田 光伸	宇宙圏研究系助手	

### ★ロケット・衛星関係の作業スケジュール(7月・8月)

7 月						8 月							
1	5	10	15	20	25	30	1	5	10	15	20	25	30
M-V-1						B 1 仮組立							
M-14ノズル計器合せ (日産)						B2PL計器合せ (日産)							
後部筒+SMRC合せ (日産)						M-34TVCシステム試験 (日産)							
S-520-20 嚙合せ						M-24ノズル計器合せ (日産)							
(ISAS)						第2次大気球実験 (SBC)							
MT-135-62, 63 嚙合せ (ISAS)													



### ★SFUで卵を産んだイモリ

初冬の新潟からうつらうつら冬眠しながら宇宙研経由種子島のクリーンルームに運び込まれ、体重計に乗せられ腹をゴロゴロ触られたあげく、太い注射針で固いスティックを皮膚の下に入れられた二匹のイモリは、打ち上げ前7分にブロックハウスからオフコマンドが送信され軌道上で再び電源の入るまでの22分間、漆黒の静寂に続く過重力と振動を体験し、ロケットからSFUが切り離されるとふわっと浮き上がった。

日本のロケットに乗せられて初めて宇宙に飛び出した生物となったこのイモリたちは、最初に切符を手にした2匹が、SFUのペイロードボックスに乗り込んですぐに(といっても打ち上げの25日も前だったのだが)冬眠から目を覚ましてしまったかもしれないということ而降ろされてしまい、かわりに急遽乗り込んだのだ。それ以来、普通は衛星への電源がオフされる時でもイモリの装置には電力が供給され続け、組立棟から射座へ運ばれる車の上でもフェアリングから臍の緒が電池ボックスへと伸びていた。

打ち上げから1週間、ホルモン剤の効果が薄れてしまうかもしれないと、フライング気味に水温が20度に上げられ、カメラが水槽の窓のあちらこちらを動き、まだ卵が産みつけられていないことを確かめた。地上では水槽の底にいて、あまりカメラにむかってポーズを取らなかったのだが、このときばかりは頭、足、腹模様が写ったはずだ。3月30日には観察窓の上に産んだ卵の画像が地上に送られた。春とばかり思っていたところが、4月6日に急に温度が零下20度近くまでさがり、短い宇宙旅行の幕が閉じられた。地上への回収後、卵やその発生が調べられる。(山下雅道)

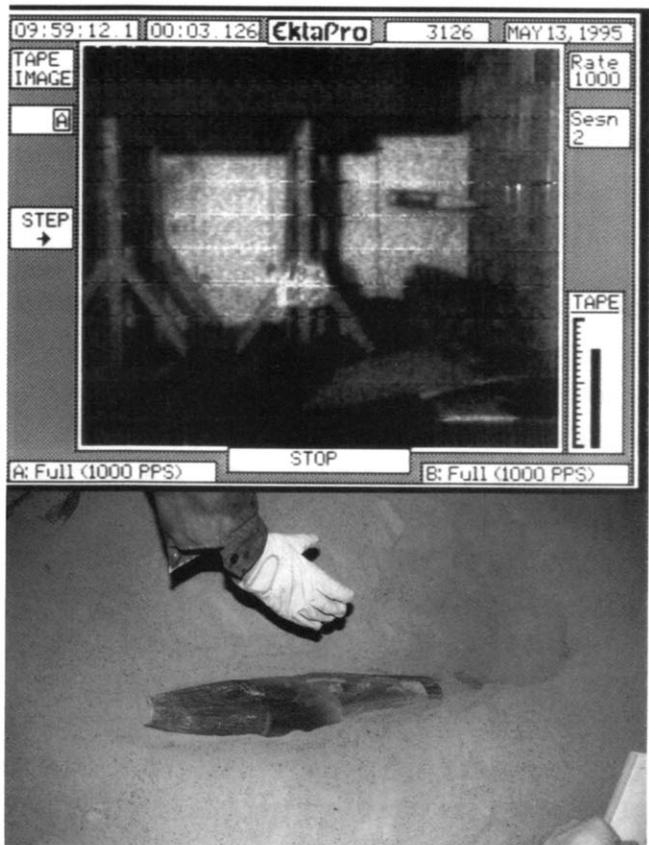
### ★SFUの材料実験(MEX)はじまる

地上重力下で融液を凝固・結晶成長させると、液相中に生じた自然対流が液体中の温度、濃度場に乱れをもたらす。その結果、得られた結晶には組成の不均一化、欠陥の発生が起こり、品質低下の要因となっている。地上では試料寸法を極力小さくしても流れを抑えることは困難であるが、宇宙では対流による擾乱のないプロセスを行う事が可能である。SFUを利用した凝固・結晶成長実験(MEX)は、半導体、酸化物超伝導体と同様の凝固形態を有する透明有機物質の融液を微小重力環境で一方向凝固させ、その際の結晶の形態と液相中の濃度変化を光干渉顕微鏡で可視化し、生成結晶の組成分布に及ぼす重力効果を調べることを目的としている。

MEX搭載機器はBIO(宇宙生物学実験)と同じモジュールに収納され、MEXとバス機器間のデータ/コマンドの送受信はBIO制御コンピュータを介して行われる。5月19日までのMEX運用状況としては、3月28日に周回軌道上の機能試験を行い、センサデータ、画像データが地上に送信されたことを確認した。4月27、28日に実施された第1回実験では、実験シーケンスの中断とそれに伴うデータ欠損が見られた。この現象はMEXとBIOの制御用コンピュータ間の通信エラーに起因するものと考えられ、以後の実験ではMEX運用シーケンスの変更により対処する予定である。(栗林一彦)

### ★ペネトレータ貫入実験(神岡)

山腹に開いた入口から中へ進むと蛍光灯と水銀灯によって真っ直ぐな坑道とさまざまな機材が浮かび上がる。湿度90%以上。といっても気温が低いためにベタベタした感じはない。壁の割れ目から地下水が迸っている。坑内に据え付けられた射出装置に直径14cm、長さ80cmの構体をセットする。“発射!”の合図とともに構体は秒速300 mで打ち出される。構体は途中に置いてある姿勢計測用ベニヤ板に次々と丸い貫通孔を開けながら、前方に立ち塞がる巨大な砂箱に消える。中



写真上 砂箱に貫入直前のペネトレータ(高速ビデオ写真)。中央と左のついでには姿勢計測用のベニヤ板を張るための木枠。

写真下 砂中から掘り出されたペネトレータ。

## M-V事情

### ★M整備塔改修

整備塔は1月15日、M-3S II-8号機の打ち上げを最後にその役目を無事に果たすことができた。昭和57年8月完成以来、3S型で2機、3S II型で8機、合計10機打ち上げたことになる。8号機の打ち上げが終わると、たくさんの工事関係者が待ちかねたように内之浦入りした。次世代宇宙研の大型ロケットM-V型1号機の打ち上げを来年夏に控え、大改修が始まったのである。阪神大震災で工事着工の遅れが心配されたが、1月30日安全祈願祭を無事終え、現在三菱神船以下4社約40名が菜種梅雨の最中遅くまで作業している。

進捗状況はほぼ予定通りで、4月末現在塔の内部は可動床や昇降床など撤去物の取り外しは終了し、130tのロケットを支える組み立て台、及びシュラウドリングと同じレベルになる2U階の設置が終了した。上部は20t天井クレーンを50tに変更するため、屋上に鉄骨を更に4mほど継ぎ足し、屋根を張り終えたところである。ランチャはブームを機械加工するため撤去し、工場に返送したので、台車だけが宮原の方を向いたまま外にぽつんと取り残されている。火炎偏向板はV型ではコンクリート製の固定式となるため、周辺舗装の掘削が始まった。



今後工事が予定通り進めば、11月にはまわりの足場が解体され、今までよりひとときわ高く美しくなった整備塔が姿を現すことになろう。その後、調整運転及びダミーロケットを使っての性能試験を経て12月末には宇宙研へ引き渡しとなる運びである。(池田光之)

には約70トンの月の砂(のような砂)が詰まっており、粉塵舞い上がる中での構体の掘り出しと砂の埋め戻し作業は想像を絶する。

これまで、能代の高圧ガス式射出装置を使ってペネトレータの貫入特性を調べてきたが、今回は岐阜県神岡町にある日本油脂(株)神岡出張所の大型射出装置を使って試験を行った。射出装置から水平に打ち出し、約30m離れた位置に砂箱を置いた。約0.1秒間の飛行中に空気力によって構体は少しのけぞり、やや斜めになって砂箱に貫入する。これによって、“迎角”がついた状態での貫入試験を行うことができる。

今回の試験で、射出時の衝撃や貫入時の速度および姿勢といった貫入条件に関するデータが測定できること、構体が砂箱を突き抜けず、砂中に止まること、かなりの難作業ではあるが、掘り出しや埋め戻し作業の手順が確立し、ある程度の時間見積りが可能となったこと、などを確認することができた。つまり迎角付き貫入試験を行う準備が整ったといえる。(石井信明)

### ★ASTRO-E計画スタート

「あすか」に続く次期X線天文衛星ASTRO-Eの開発が、平成11年度(1999年度)の打ち上げを目指して、この4月から正式にスタートした。この衛星には、「あ

すか」に搭載されたものを改良したX線反射鏡が5台搭載され、そのうちの4台の焦点面にはX線CCDカメラが、1台の焦点面には、入射してくるX線の波長を非常に精度よく決めることのできるマイクロカロリメーターとよばれる精密X線分光装置がおかれる。これらの軟X線望遠鏡に対し、波長の短いX線(硬X線)をこれまでにない感度で観測することのできる硬X線検出器も搭載される。これらの観測装置によって、ASTRO-Eは、非常に広い波長範囲を精密に分光することのできる高性能軌道X線天文台となる。観測装置は、宇宙研・東大・都立大・名大・京大・阪大・理研・NASA-GSFC・MIT等の研究者の協力によって製作されるが、打ち上げ後は、それら日米の研究者に閉じずにひろく世界の研究者の利用に供せられることとなる。そのため、衛星の開発にあたる日米の研究者に、欧米の一般のX線天文学の研究者の代表を加えて、科学作業グループをつくり、ASTRO-Eを少しでも有意義な衛星にするべく議論を積み重ねて行くことにしている。その第一回の会合が、この4月12日から14日にかけて宇宙科学研究所大会議場で開かれた。活発な議論が行われ、観測装置の基本的な設計や、全体の進め方の大枠が固められた。(井上 一)



## SF 『シューメーカー・レビー第9彗星』

電気通信大学 柳澤正久

この彗星の木星への衝突が確実にになった1994年初め、我々はこの現象を木星上で観測すべく核融合推進宇宙船で木星へと向かった。一週間前に木星到着。母船は軌道に残し、大気中に浮かんで観測を行う有人気球に乗り移った。この彗星は2年前の木星への異常接近で約20個の破片に分裂し、今回はそれらが一週間ほどの間に次々とぶつかって来る。我々は破片の中でも最大クラスのK核に狙いをしぼり、その衝突予想地点から3000kmほど南に離れた観測予定地に気球を進めた。南緯48°、外気は-150℃という寒さだ。

地球世界時1994年7月16日。最初のA核が衝突する日である。K核も一週間前に比べかなり明るくなっている。ポヤッとほしているが織女星と肩を並べている。明るさをモニターしていると、パッと一瞬増光した。10分で元の明るさに戻ったが、どうやら木星磁気圏にとび込んで静電気を帯び、表面の塵がとび散ったらしい。地球軌道上のハッブル宇宙望遠鏡も2日前G核で同様の現象を観測したという。

7月19日。3日前からの衝突がすごい現象をひき起こしていると地球では大騒ぎだ。観測の準備が徹夜で進められる中、K核は衛星の一つであるエウロパに次ぐ明るさになっている。夜明けが近づき空がポーッと明るくなってきた。いよいよ衝突だ。K核はいつの間にやら南の空に移動している。急に赤味をおびてきた。衝突まであと1分、核は真赤だ。今頭上を北に向かって通過していった。雲海が不気味に赤く照らされている。日本の岡山天体物理観測所からも、K核が一瞬赤外線で見えたという連絡が入ってくる。最後は地球から見た太陽の10倍以上に輝いたかと思うと北の地平線に吸い込まれていった。

すぐに、おわんを伏せたような青白いキノコ雲が立ち昇ってきた。立ち昇るといふより噴き出してきたという感じだ。ぐんぐん大きくなり近づいて来る。だいたい色から赤へと雲の発する光の色が変わるにつれ、それに照らされた周りの景色も万華鏡のように変わる。2~3分経つとキノコ雲の出す光はだいぶ鈍くなってきたが、その上部は太陽光を散乱してキラキラ輝いている。とうとう空一面この雲に覆いつくされてしまった。

その時である、衝突から7~8分たったであろうか。ドーンという衝撃に続いて周囲の温度が急に上がりは

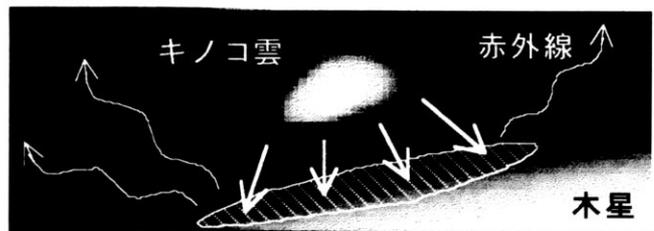
じめた。すごい嵐だ。我々の乗った気球は上下の区別もつかないほどに翻弄され、100km以上も流されてしまった。空全体が赤く鈍い光を放ち、無数の流れ星が北から南へとんでいる。岡山からは、衝突点付近から強烈な赤外線が放射されていると言ってきた。宇宙空間にとび出したキノコ雲が落下してきて木星大気と衝突しているらしい。すさまじい気流に加え、空全体を鉄板焼の板で覆われたような熱さだったが、この騒ぎも10分ほどで収まった。

やがて太陽が昇ってきた。普段は朝日に照らされた雲海の上に白いアンモニアの雲がとぶ美しい夜明けも、今日は一面の薄黒い雲に覆われている。その向こうに小さな太陽がポヤッと光っている。地球からはこの雲が黒いしみとして小さな望遠鏡でもよく見えているという。気が付いてみると大粒の火山灰が降っている。採取してみると、岩石質のものと何だか有機物みたいなものが混じっている。

突然、気球が激しく揺れだした。衝突からは1時間以上たっている。そして、あたりは褐色の霧に包まれた。どうやら衝突で木星の大気の子に発生した津波がやってきたらしい。霧は大気がかきまわされて凝結した有機物と思われる。同様の津波は、E核やG核の衝突でも発生し、それが広がっていく様子をハッブルが観測したという。

火山灰は細かくなったが依然降り続けている。やがて津波の第2波もやって来た。まだまだ踏み留まって観測を続けたいが、一連の衝突で木星磁気圏の電子密度が上昇し、通信もとぎれがちだ。やむなく観測を終了、地球への帰還の途についた。(終わり)

(注) 以上の話は数多くの観測事実に基づいています。  
(やなぎさわ・まさひさ)



ハッブル宇宙望遠鏡 (NASA) が可視光で写したG核衝突8分後のキノコ雲。上部が太陽光を散乱して輝いている。この頃、落下したガスが木星大気と衝突して激しい擾乱と赤外線の放射をひき起こしていたらしい。

## 久し振りのヨーロッパで思ったこと

木下 舜 春

今回、短期間ではあったが、スペインとオランダを訪問する機会を得た。

スペイン、オランダの旅を満喫する前に我々には、マドリッドに到着早々やるべきことが待っていた。INSAとの間で「ISOに係る拡張オペレーション業務契約」の調印式と契約に関する協議である。

ISO計画についてISASに係わるのは、平成3年からである。その後ESAとの協力協定の締結でISASは、スペイン、ヴィラフランカのISOコントロールセンターにおける第2ステーション組み入れの発生費用を負担することになった。ISOは、今年の9月にアリアンロケットで打ち上げられる。そのため協定業務に関して今年度にINSAと契約を締結する必要があった。この契約については、財源的なこと、また契約の内容で様々な問題を克服しなければならなかったので、調印式は意義深いものがあった。INSAのホセ・マリア・パルガ社長はじめスタッフのグレゴリオ・ロドリゲス・パセロ、ラファエル・I・デ・ヘルメネジルド、ホセ・M・ドラードの方々と、この契約の介添役のESAのステファン・J・ウィックス氏のにこやかな笑顔のなかによく契約を成し終えた安堵感が見え隠れした。調印式後の契約に関する協議は、もっぱら来年度の契約金額の問題であった。我々にとって予想できない増額なので、はっきりした根拠を求め、それによって検討することを提言しなければならなかった。

スペインではマドリッドの壮大な王宮のほか、近郊のトレドへ出かけることができた。

トレドはマドリッドから車で約1時間、タホ川に囲まれた小高い丘の上にある古い都で、6世紀以来1000年の間スペインの首都であったという。中世の昔そのままの建物が現在まで残され、迷路のような狭い道が古い建物の間をぬっており、地図を見て歩いていても迷子になりそうなどころである。トレドでは歴史保存のため新たな建物の建築が制限され、道路も昔のままのことで車1台がやっと壁をこすらないで走るのが不思議と思えるような狭い道であり、しばし中世へタイムスリップした感じで寺院やグレコの家を見てまわった。

また、マドリッドのプラド美術館、アムステルダムのゴッホ美術館などで多くの絵画、特に宗教画のみごとと壮絶さにふれることができた。アムステルダムでは、ナチの目を逃れて必死の思いでアンネ・フランクが隠れ住んだ部屋を見学したときは、胸を打たれるとともに、重苦しい思いをさせられたものである。

この他、オランダでのESTECの立派な展示場、運河巡りやチューリップの美しさなど今でも楽しく思い浮

かべているが、ヨーロッパに行っても感じるのは、歴史的建造物と絵画、それも宗教画のみごとに圧倒されることである。

この世に人間が誕生し、神の存在「宗教」を考え出し、自らの考えの正当性を主張して他の考えを征服するための戦争を行い、そして、その時々の様子を表現した絵画や、建造物を見せつけられると、日本人は宗教に無関心と良く言われ私も無宗教といえるが、自ら信じる「神」を考えの基本において行動する心を持つ人間とはいかにすごい生き物であるかと思う。

宇宙が誕生してからの歴史からみると、人間の歴史はほんの1コマに過ぎないであろう。その1コマの間に人間は宗教のほか様々な歴史を経ながら科学技術を進展させ、現在の文化国家を築き上げてきた。このような人間という生物が存在する地球という星が他にあるだろうか。地球外生命体があるのかとは、良く言われることであるが、生命体が存在することだけでも極めて少ない確率であるといわれる。ましてや人間のように心を持ち、宗教を考え、科学技術を発展させるような生命体が他に存在することはいかに広い宇宙でもあり得ないだろうともいわれている。(もちろん反対意見もあるというが)

でも、私としては宇宙には夢があると思っていたい。地球以外にも人間のような生命体があったとすれば、どのような歴史を持っているのだろうか。UFOを信じる訳ではないが、もしもと考えるだけで楽しくなるというものである。

旅行の途中で奥田先生との会話と、夜の9時過ぎでも明るいオランダ・アムステルダムのホテルでそのようなことを考えていたことを思い出してみた。

(きのした・きよはる)





## 第2回 『「超」整理法』を超えて

橋本樹明

前回「超整理法」なる、書類を分類せず時間順に整理していく方法を紹介しました。今回は私の実践経験と私なりの修正案をご報告します。

私自身がそうだったように、皆さんが一番抵抗をもたれると思うのが「時間順の整理」でしょう。著者は大学教授であるので、「試験等は毎年決まった月に行われる」等の前提を置いています。私も教育研究職であるのであてはまる点も多いのですが、なんとと言っても宇宙研の特徴は、宇宙開発プロジェクトをやっていることで、大量の文書が不定期に発生すること。しかも人工衛星は基本設計を行ってから寿命がつきるまで10年近くに及ぶので、その間必要な資料は保存しておかなければなりません。時々「3～4年前に行われた〇〇検討会の結果はどうだったか」などということが問題になり、記憶は定かで無くなります。

また「超整理法」によると、使った書類は最新のところに戻すので、順番が最初に発生した時と異なってしまいます。自分が使うために参照したのなら、その日付は大体覚えていますが、他人に「ちょっと見せて欲しい」と言われたときなどは記憶に残らず、大昔の資料がずいぶんと手前（最近の資料の位置）にあることなど、よく経験します。

一方、人工衛星プロジェクトの場合、各衛星の仕事は比較的独立しているので、私は衛星毎でファイルを分けていました。超整理法の出番は無いように思われました。しかし月探査機LUNAR-Aと火星探査機PLANET-Bはいろいろなところを共通設計としており、両者を同時に扱った資料などどちらに分類して良いか困

ることが出てきました。

そこで私は「超整理法」に修正を加えて導入することにしました。すなわち封筒にタックシールを付けることにしたのです（写真参照）。「LUNAR-A衛星」、「姿勢制御系」、「OHP」など、とにかく中身に関係しそうなキーワードを何個でもつけてしまいます。（通常は1～2個ですが8個になったものもある）これならどのキーワードでも探せるので、どこに分類したかわからなくなる心配はないし、タックだけを見て高速検索できます。「超整理法」でも補助分類として、要返信書類は赤い袋、住所録は青印を付ける等の色別を用いていますので、私の方法も著者の主旨に反していません。しかしこの方法に頼ると、著者も忠告しているように分類の弊害が出る可能性があります。タックシールは高速検索用と割り切って、すぐに見つからなければ時間順に全封筒を探す方が良いでしょう。

私の整理法はまだ過渡期なこともあり、ファイルによる分類も併用しています。結果は、保存用書類に対しては、整理に時間もかからないし、検索も問題にならない時間でできます。書類が迷子になることもほとんどありません。ただ、期限付きの提出書類の良い整理法が見つかっておらず、ときどき締め切りを忘れてしまうことがあります。（決して意図的にはありません）このへんは新著、「続・超整理法」を参考にしたいと思います。

「超整理法」の難点の1つは、若干コストがかかることです。整理用封筒として使用済みのものを再利用しているうちは良かったのですが、最近の経費節減、省資源運動と電子メールの普及により、不要封筒の発生率は激減しました。「超整理法」を始めて半年ほどで、過去数年にわたってたまっていた使用済封筒は底をついてしまったのです。また色付き封筒の入手し辛さは、色別分類を困難にしています。茶色と白以外は手に入れにくく、私は東急ハンズで緑、水色、黄色等を入手していますが品切れのことも多いです。どなたか赤い封筒を売っている店をご存じでしたら紹介して下さい。

（はしもと・たつあき）

<参考文献>

野口悠紀雄：「超」整理法，中公新書，1993

野口悠紀雄：続「超」整理法・時間編，中公新書，1995





## SFU と私

松岡 忍

未明、雨音で目が覚めた。うっすらと目を開けると黒雲に覆われ、雨に打たれるクレアレイク湖が突然飛び込んできた。

一瞬、見慣れぬ景色に驚いたが、意識がはっきりしてくるにつれ、昨夜半ヒューストンに到着したのを思い出した。この地を訪れるのは、今回で何回目になるであろう。臉は閉じたものの眠り付けぬまま、何時とはなく追憶に浸ることになってしまった。

初めて、ヒューストンのジョンソン・スペース・センターを訪れたのは、1988年7月。暑い日であった。そしてこの時よりシャトルによるSFU回収のための本格的な技術ミーティングが始まった。当時、出張したメンバーはNASAとの打合せに臨み、会議前日にホテルの一室を借り、全員でNASA側の質問を想定し、種々対策を立てた。しかしそれら想定質問が当たることは希有であり、殆どは予測もしなかった質問が飛び出し、四苦八苦したものである。例えば、構造ワーキンググループ会議は、日本であれば阿吽の呼吸で片づく、シャトルのカーゴベイとSFU主構体間の力の作用・反作用の考え方から議論が始まると言ったように、技術者間のミーティングにおいても、文化が変われば発想のしかたも変わるのではなかろうかと、暗澹とした気分になった記憶が鮮明に残っている。

ジョンソン・スペース・センターでの理屈の世界とは異なり、ケネディ・スペース・センターでの会議は、SFUが回収のみのミッションと言うことも影響しているかもしれないが、実作業に係る話題が中心となり、理屈よりも事態に即し対応策を考えると言った姿勢が窺えた。NASA内部も所変われば、日本と同様考え方が異なるものと思われる。

また、ケネディ・スペース・センターの思い出は、1989年3月安全性審査会フェーズIの時シャトルの打上げを見たこと、何時だか忘れたがランチパッドで打上げ整備を行っているシャトルを、目の当たりに見たことである。地上に横たえられたシャトルオービタは、ジャンボジェット機の大きさに慣れた目から見ると、小さくあまり感慨が沸くとは言い難いが、メインタン

ク・固体ロケットモータを装着し、垂直に立てられたシャトルは壮観である。米国が「宇宙開発の第一人者は我にあり」と世界に誇りたい気持ちが良く分かる。

この様にして始まったNASAとの調整は、SFUのメンバーにとっては苦悩の連続であったと言えよう。

静荷重試験とモーダルサーベイによる動的試験で検証されたSFU構造数学モデルの確立と、打上げ直前の補強。推進系に使用した楕円配管の安全性に関する三年越しの調整。やっと安全性審査会フェーズIIIに持ち込んだと思ったとたんフェーズIIに遡っての論議等々、技術論議だけでも数え上げたら切りがない。

それに加えるに、日米間の損害賠償相互放棄問題の調整に絡むシャトル利用の契約書(Launch Service Agreement)締結の遅れによる技術調整の空白。

種子島射場に輸送してから打上げまでのトラブル対策と、スケジュール延期の調整・協議。

毎日が緊張の連続で、今思い起こしても手に汗握る。

三省庁／四機関に加えNASAをも含み開始されたSFUプロジェクト。当初このプロジェクト遂行に懸念を示す声も聞かれたが、本年3月18日17時無事H-II 3号機により打上げられ、今は運用軌道で拍子抜けするくらい順調に実験・観測が行われているものの、まだまだ回収までNASAとの間で調整すべき問題が残存する。

ウトウトしていたのだろうか。気が付いたら、雨が上がり窓から日が差し込んでいる。雨に洗われ朝日を照り返すクレアレイク湖は何時になく美しい。

今日もまた暑い一日になりそうだ。

(無人宇宙実験システム研究開発機構(USEF))

：まつおか・しのぶ



ISASニュース始まって以来の大変更(?)だった「A4」版化。今月は通常号としての2号目ですが、さてここでクイズです。より読みやすい紙面にするために今月号はある変更を加えました。先月号と何が違うでしょう。「わかった!」人は編集部におこしください。正解の場合は委員一同、その繊細な注意力を賞賛させていただきます。

(芝井)

ISASニュース

No.171

1995.6.

ISSN 0285-2861

発行：宇宙科学研究所(文部省) ☎229 神奈川県相模原市由野台3-1-1 TEL 0427-51-3911

The Institute of Space and Astronautical Science

◆ISASニュースに関するお問合わせは、庶務課法規・出版係(内線2211)までお願いいたします。