



▲PLANET-B「あなたの名前を火星に」ネームプレート（本文記事参照）

〈研究紹介〉

タフな材料の探求

東京大学先端科学技術研究センター 榎 学

◆はじめに

材料がその形を保持しその機能を働かせるためには、その材料が一定の力学的特性を有することが必要である。そのための重要な特性として、“強さ”と“タフさ”があげられる。“強さ”は材料強度として知られており、平滑な部材に負荷した際に変形したり破壊したりするときの応力で表現される。一方、“タフさ”は破壊靱性として知られており、材料中に存在するき裂が進展するときの特性を表している。実際の材料はその程度の差こそあれ、何らかの欠陥を有しており、材料の健全性を保証するためには、どうしても破壊靱性を考慮に入れることが必要となってくる。特に、宇宙ロケット、航空機のように何よりも安全性が要求される構造物にとっては、極限的な環境下でのタフな材料の探求が重要となってくる。また同様に、どの程度の欠陥が実際に存在するかを調べることも材料の使用

にあたっては重要であり、すなわち非破壊評価という方法も非常に大切である。そこで、我々の研究室においては、(1)高温材料であるセラミックスの分散粒子を用いた高靱化、(2)金属間化合物の金属との積層化による高靱化、(3)それら材料のき裂進展の際のシミュレーション、(4)最終破壊以前の微視破壊現象のAE（アコースティック・エミッション）による評価、に取り組んでいる。

◆セラミックス複合材料

セラミックスは高温構造材料として期待されるが、その原子構造に依存する本質的な脆性とその本格的な利用を妨げている。このような脆性材料の高靱化の機構としては、き裂の偏向、き裂面の架橋、微視割れによる応力緩和等いくつかの機構が提案されており、簡単にいえばそれらはいずれもき裂の先端に障害を設けて、き裂の進展を阻止しようとするものである。した

がって、多くの場合あるセラミックスに他のセラミックス粒子を入れることにより、高靱化すなわちき裂進展抵抗の向上を図ることが可能である。このような高靱化機構の概念を図1に示す。

このようなセラミックス複合材料の作製にはホットプレスを用いている。所定の量のセラミックス粉末を溶媒中で攪拌した後、それを乾燥させ、さらにホットプレスに入れて、加熱しながら加圧することにより、材料の焼成を行う。この装置を用いることにより、比較的低温で緻密なセラミックスの作製が可能となる。図2には、炭化ケイ素に20%アルミナを入れた複合材料の、き裂進展抵抗を示す。図からわかるように、炭化ケイ素単体に比べて複合材料ではき裂進展の抵抗が上昇している。

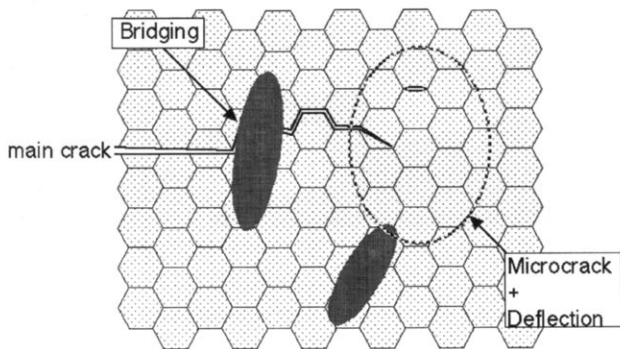


図1 脆性材料における高靱化機構

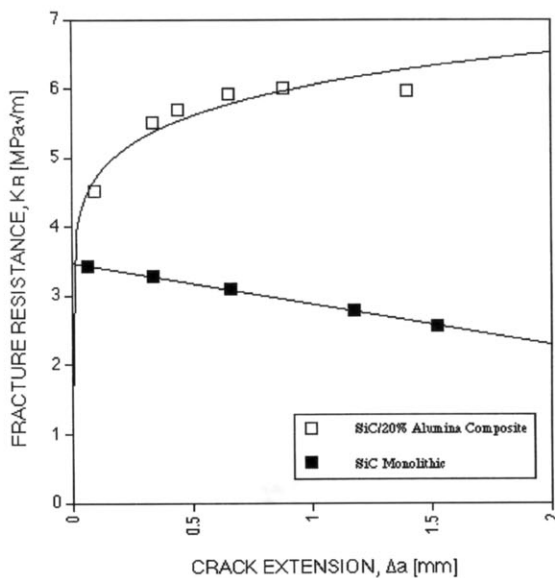


図2 セラミックス複合材料のき裂進展抵抗

◆金属間化合物積層材料

金属間化合物も軽量耐熱材料として期待されている

材料である。しかしセラミックスと同様にその靱性の低さが問題となっている。ただ、TiAl金属間化合物においては、一つの粒内に γ 相と α_2 相が交互に細かく積層した構造を有する材料が非常に大きな破壊靱性を示すことが知られている。これは γ 相と α_2 相との界面で割れた後に、その微視割れ同士が合体することによりき裂が偏向しながら進展することにより、大きな破壊靱性が得られるためである。しかし、他の系においてはこのような組織が存在しないためセラミックスと同程度の破壊靱性しか示さない。

そこで、非常に延性的な性質を有する金属と複合化することにより、脆性を克服することを目的として、金属/金属間化合物積層材料の作製を行った。これはセラミックス複合材料を同様にホットプレスを用いて作製する。NiおよびAlのシートを交互に重ね合わせて、それをホットプレスに入れる。Alの融点の直下の温度で保持することにより、NiとAlの界面で燃焼

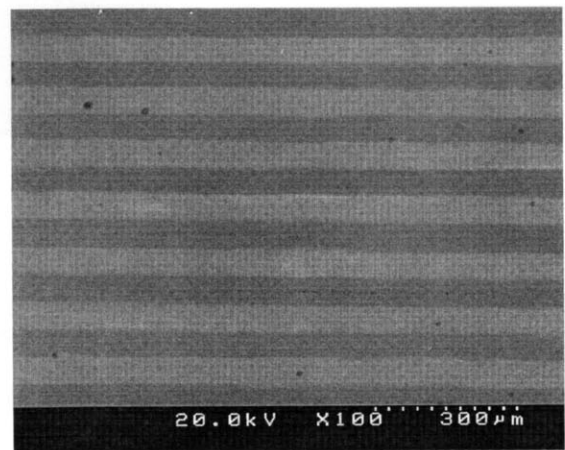


図3 Ni/NiAl積層材料の組織

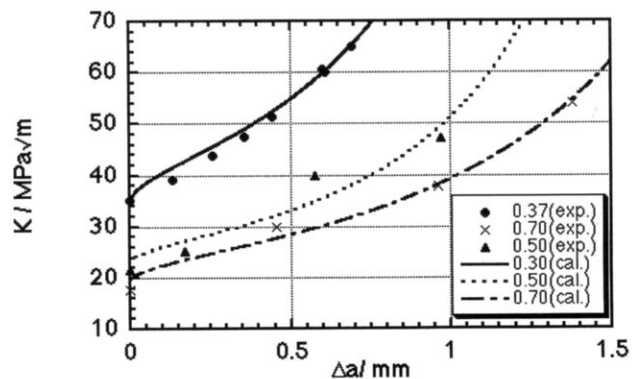


図4 Ni/NiAl積層材料でのき裂進展抵抗

合成反応が開始し伝播する。その後Alが完全に消費されNi/NiAl積層複合材料が形成される。さらに高

温で圧力を加えることにより内部の空孔をなくす。このときシートの厚さを変えることにより金属と化合物の組成比を変えた材料が作製可能である。

図3に得られたNi/NiAl積層材料の組織写真を示す。NiおよびNiAlの層がほぼ等間隔に交互に積層している様子がわかる。これらの材料においてその層を横切方向にき裂を進展させたときのき裂進展抵抗を図4に示す。NiAl単体の破壊靱性値の $8\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ に比べて大きな靱性が得られることがわかる。またき裂が進展するに伴い抵抗が大きくなるRカーブ挙動を示している。またNi層の割合が大きくなるにつれて、抵抗が大きくなることもわかる。またこれらの挙動はき裂の架橋による高靱化モデルを用いて説明することができる。

◆き裂進展のシミュレーション

複合材料をデザインする上で、その力学的特性を予測することは重要である。図5は粒子分散セラミックス複合材料におけるき裂進展の様子を示している。この計算においては、界面での離れや粒子の割れ等の影響を無視し、また2次元のき裂進展のみを考慮しているが、母相と強化相の熱膨張係数差による残留応力を考慮することにより、き裂が偏向しながら進展していくことが計算されている。そしてこのような偏向がき裂進展抵抗の向上をもたらすことも計算でき、このようなシミュレーションが材料設計の上で有効であることが理解できる。

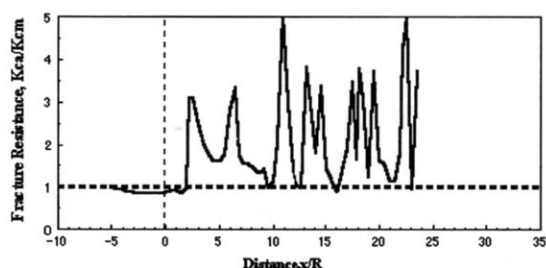
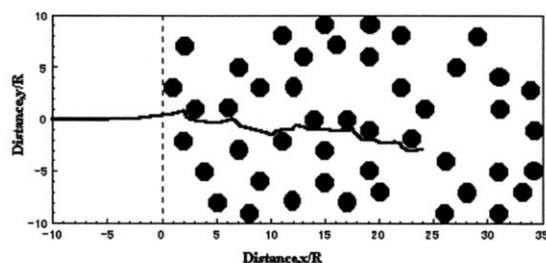


図5 セラミックス複合材料におけるき裂進展のシミュレーション

◆AEによる微視破壊過程評価

AEは材料内で生じた微視破壊等により放射される

弾性波であり、地球内部で生じた断層により地表で観測される地震と非常に類似した現象と考えることができる。したがって、AEを計測することにより、その材料における固有の壊れ方すなわち破壊過程を推定することが可能である。簡単に動的な破壊過程を追ってゆける点が、AEの大きなメリットである。また、AE波形について逆問題解析をすることにより、割れの大きさや破壊モード等を求めることが可能である。

地震の震源地を求めるのと同様にして、波形の到達時間差からAE源の発生位置を同定することが可能である。図6、図7はアルミナ粒子で強化したボロシリケートガラスの曲げ試験の際に観察されたAEの発生位置および負荷応力との関係を示す。図6においては、多数の微視割れが試験片全面にわたって発生した後破壊している様子がわかる。また図7においては、1カ所からき裂が進展し破壊に至ることが示されている。このようにAEの位置標定を用いることにより、材料の種類および試験環境の違いによって、最終破断以前に生じる微視破壊過程が大きく異なることがわかる。

また、図8にはAE逆問題解析の概要を示した。AEセンサーの応答関数および媒体の波動伝播のグリーン関数を求めることにより、発生した個々のAEについて

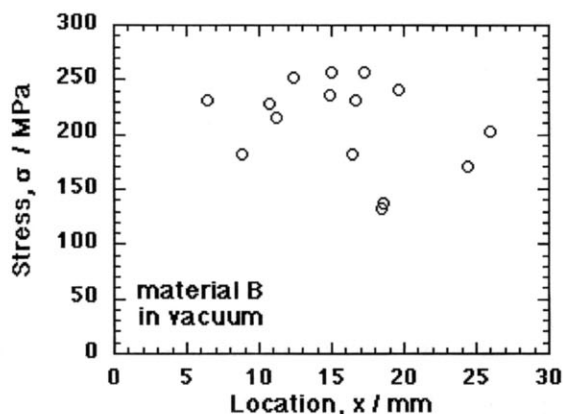


図6 真空中でのガラス複合材料のAE位置標定結果

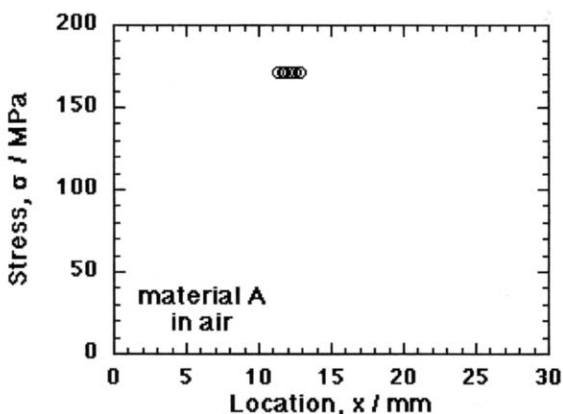


図7 大気中でのガラス複合材料のAE位置標定結果

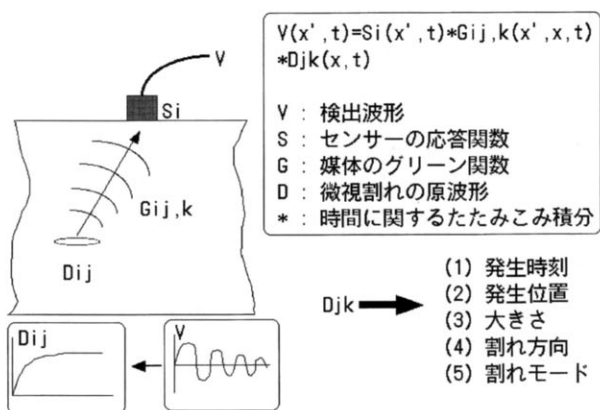


図8 AE逆問題解析手法の概要

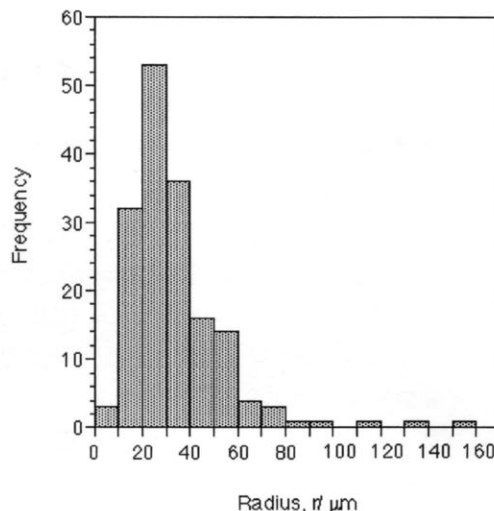


図9 ガラス複合材料における割れ分布

てそのAE源について、発生位置、発生時刻、生成時間、大きさ、破壊モードを求めることができる。図9にはガラス複合材料の破壊靱性試験中に得られた、割れの大きさの分布をしめす。この図から、どのような単位の割れが支配的であるかを求めることができる。

◆おわりに

破壊という現象は、固体が示す性質の中でもかなり複雑な現象であり、長い間研究が行われてきているにもかかわらず、簡単に予測ができない未だにフロンティ

アな部分を残しており、非常に興味深い現象であると言える。また、力学特性に優れた材料の開発の進展の仕方でも必ずしもドラスチックなものではなく、バランスの良い材料を開発するには長い年月がかかることが多い。我々の手がけている材料がいつの日か宇宙空間を旅することを期待して本文の結びとしたい。

(えのき・まなぶ)

お知らせ

★人事異動

発令年月日	氏 名	異動事項	現(旧) 職等
		(所内昇任)	
10. 5. 1	藤村彰夫	惑星研究系教授	惑星研究系助教授

★お詫び

98年4月号(No. 205)において一部誤りがありましたので、お詫びして訂正いたします。

6ページ左欄写真説明 【誤】 M-14TVC可能ノズル〜
→ 【正】 M-14TVC可動ノズル〜



★「あなたの名前」ついに装着(表紙写真参照)

きたる7月4日に内之浦の発射場からM-Vロケット3号機で打ち上げられる日本初の火星探査機PLANET-Bに、27万人の名前を焼き付けたアルミ板が5月末いよいよ装着されます。

全国から感動とともに寄せられた27万人の人々の名前は、一人一人が2cm×6cmの四角に記入されています。これを一枚一枚丁寧に切り取り、A3の紙に貼りつけると105個の名前で一杯になります。このA3を25%に縮小コピーしたものをもう一度A3に貼り直すと、そのA3には1680名の名前が含まれています。そのA3をA0の用紙に貼ると8枚入ります。このA0を撮影すると、そのネガ1枚に13440名の名前が含まれていることになります。

このネガをアルミニウムの板に焼き付けます。アルミの板は3.2cm×4.5cmの大きさで厚さ0.2mmで重さ1グラムです。このようなアルミ板を20枚作りました。2cm×6cmの四角に数名の名前を書いている人がいたせいもあって、20枚のアルミには、応募された27万694名の名前のすべてを焼き付けることができ、余ったスペースに、先頃惜しまれながら他界した宇宙科学研究所の山本達人さんの遺影や、初の衛星「おおすみ」と最新の衛星「はるか」の実験班員の寄せ書きなども含むことができました。このアルミ板20枚をダイナミック・バランス内に収容したPLANET-Bは、相模原キャンパスでの総合テストを終え、6月初旬には、フライト・オペレーションのため内之浦入りします。

なおこのアルミ・プレートはレプリカを作製し、8月29日に行われる宇宙科学研究所の一般公開において、

顕微鏡ルーペによる閲覧に供する予定です。

(の川泰宣)

★ビデオ「人工衛星－人工の星に魂を吹き込む－」がまたまた受賞!!

前回「日本企業映像フェスタ97」に続いて科学技術映像祭で科学技術庁長官賞ポピュラーサイエンス部門を受賞。

4月17日科学技術館サイエンスホールにおいて授賞式が行われ、61作品の中から16作品が選定された。

受賞に際して「人工衛星を設計し、宇宙に打ち出すまでに実に様々なことが行われ、打上げ時のショックや宇宙空間での厳しい温度差などのため、何度も試練を繰り返し、試行錯誤してとても長い時間と大きな労力がそそぎ込まれていることや、副題にもあるように、人工衛星に携わる人々にとって人工のものに魂をそそぎ込んでいくことが示され、良く理解できます。」と高い評価をいただいた。(渡邊遊喜枝)

★「講演と映画の会」開催

今年17回目の講演と映画の会は、4月25日(土)千駄ヶ谷の津田ホールが満席になるほどの多くの方を集め、開催された。

の川教授の司会進行で、講演に先立ち西田所長のOHPを使った宇宙研の現状及び挨拶から始まり、平林教授による「はるか」がつくる巨大な腫一、そして上杉教授による「いざ小惑星へ」の講演と活発なQ&Aも行われ、講演が終了した後も講師の先生に日頃抱いている質問が熱心になげかけられ、宇宙の関心度の大きさをここでも感じさせられ、有意義な講演と映画の会でした。(渡邊遊喜枝)

★「GEOTAIL」長時間日陰

3月8日の夜、「GEOTAIL」衛星はまさに凍てつくばかりに冷え込みました。ふだんは太陽光エネルギーのお陰で快適な温度に保たれているのですが、この夜、201分という長時間の日陰(蝕)に入ったからです。温度にクリティカルな機器はいつものように予め予熱をしていたので、ほんとにクリティカルなところまでは下がらずにすみましたが、なにもできない衛星外部表面の温度は -50° 、内部でも多くの機器が搭載されている上部シェルフの温度が -20° 以下にまで下がりました。打上げ前の電源系・熱設計における日陰時間の条件は2時間以内ということでしたが、バッテリー容量も一部の観測装置をオフすることにより無事切り抜けてその後も元気に観測を続けています。「GEOTAIL」はその名の通り地球の尻尾を観測する衛星で、当初のミッション期間は3年半の予定でした。その間

には2時間を越える日陰が生じないように軌道修正が行われていたわけですが、遂に燃料が尽きた現状では長時間の蝕に入るのはやむをえません。いうなれば、今や余生を送っているはずの身ですが、衛星本体も観測装置も余生というにはあまりにも元気で、他のISTP衛星との共同観測では今も中心的な役割を果たしています。特に、磁気圏尾部におけるプラズマ粒子の速度分布関数の観測を通して、巨視的構造変化とそこでのミクロなプラズマ過程の関連で数多くの新しい概念を打ち出しつつあります。

「GEOTAIL」衛星への期待はまだ当分続くものと思われま。

(向井利典)

★「はるか」が22GHzも…

「はるか」の電波天文観測は1.6GHz(波長18cm)、5GHz(6cm)と22GHz(1.3cm)で行う予定でしたが、22GHzの感度に問題があって「はるか」の22GHzポインティングも非常に測りにくくなっていました。

けれども今年1月に鹿児島大学電波天文学グループがオリオン星雲の水メーザーがどんどん明るくなっていくことを発見しました。水メーザーの周波数は22GHzバンドにありますので、急いでオリオン水メーザーの観測を計画しました。3月17/18日の観測により22GHzポインティングを測りました。3月20/21日「はるか」がそのポインティング測定結果を使って、米国のVLBAと同時にオリオン水メーザーを観測しました。4月10日ニューメキシコ州のソコロにある相関局からニュースが届きました・・・干渉フリンジが出ました!

残念ながら「はるか」にとって4月から9月までオリオンが太陽に近過ぎるので観測できません。けれども、15年前のオリオン水メーザーバーストは1.5年以上つづきました。もしこんどのバーストがほぼ同じようにつづけば、10月の「はるか」と地上電波望遠鏡の22GHzフリンジを期待できます。

そうしている間に、比較的弱いキューサーの22GHzフリンジを探しています。

(Philip・Edwards)

★西田所長に紫綬褒章

本年の春の褒章の受章者が、さる4月28日に発表され、西田篤弘所長に紫綬褒章が贈られました。

西田先生が磁気圏の構造・運動に関する物理学の研究分野で、世界的なリーダーの一人として活躍されてきたことは周知のとおりですが、その功績がこのような形で認められたことは、私たちにとってもまことに喜ばしいことです。(中谷一郎)

SELENE 計画について

鶴田 浩一郎

SELENE計画は、月の科学観測と将来の月利用の可能性の調査、また、そのための基礎技術の開発を目的に宇宙開発事業団と宇宙科学研究所の共同プロジェクトとして、昨年度「研究」（宇宙研は「基礎開発」）が認められ、今年からいよいよ「開発研究」に入ることになった。事業団で今、開発が進められているH-II Aロケットを使って2003年頃打上げることを目指している。月の全表面にわたって詳細な観測を行うことを目的としており、月の内部構造を調べるLunar-Aとは相補的なミッションである。衛星のドライ重量1.3トン強、燃料を含めると2.9トン近い重量のかなり大きな探査機である。衛星本体（母船）、推進モジュール、リレー衛星の3つの要素から構成されている。衛星本体は高度100キロメートル、軌道傾斜角95度の円軌道に投入され、蛍光X線分光計、ガンマ線分光計による元素分布の測定、赤外線分光観測による鉱物分布測定、可視カメラ、レーザー高度計、電波サウンダーにより地下構造を含む月面地形の測定、磁力計やプラズマ観測器による月の環境測定が行われる。また、月軌道からの地球磁気圏の撮像も予定されている。リレー衛星はVLBI観測用の小型電波源を搭載する50kg弱の小型衛星で、遠月点高度2400キロメートル、近月点高度110キロメートルの楕円軌道に投入され母船の電波（ドップラー信号）を中継する。これによって月の裏側の重力場を測定することが出来る。推進モジュールは母船による観測が終了した後、切り離されて月面に軟着陸を行う着陸実験機となる。この中にも小さな電波源が搭載されていて、この電波とリレー衛星の電波源からの電波を地上のVLBI局で精密に追跡することによって月の重力係数を高い精度で決めるとともに月の僅かな運動を求める。SELENEは母船搭載の観測機だけでも200kgを超え、リレー衛星、着陸実験機を加えると、これまでの宇宙研の科学衛星に比べて大きく複雑なものとなっている。世界的に見てもアポロ計画以降最大の月探査機で、21世紀初頭の月研究の基礎となるデータを取得することになる。衛星が大きく月に関する広い問題をカバーしているために参加研究者の数も多い。機関として参加している国立天文台の研究者をはじめ、全国の大学、研究所からの参加研究者の総数は200名を超える規模である。また、事業団と宇宙研といういわば「文化」を異にする二つの実施機関が協力して一つのミッションを遂行するという点でも新し

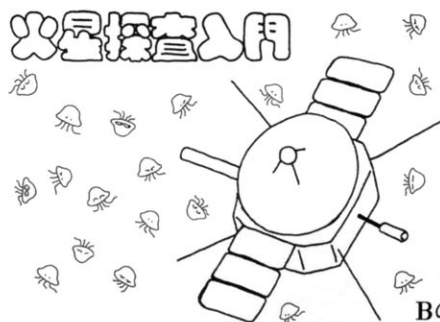
い要素を持った計画である。

新しい大型の計画を新しい枠組みのもとで始めるということで、SELENE計画の初期の段階で、開発目標の設定、開発の進め方、体制についていろいろ議論がなされた。現在我々が持っている月に関する知見から判断して、事業団が目的としている月の利用可能性の調査という目標の達成にも、SELENEを科学ミッションとして成功させることが最善の方策であると考えられた。この認識に立ってSELENEの開発体制は科学観測を最も実のある形で実現することを主眼に考えられた。結果的に現在の開発体制、すなわち、事業団、宇宙研、国立天文台の代表からなる月探査連絡会を上部組織としてその下に実行組織としてプロジェクトチームを作って開発に当たることになった。プロジェクトチーム運営の重要な柱に研究者の主體的な参加を確保するという考えが取り入れられているのもこのような事情による。事業団、宇宙研両組織の理解もあって、プロジェクトチームの活動は当初予想されたよりはるかに円滑に進められてきた。これまでのところ、両組織のいわば「良いとこ取り」をしてきた感がある。

これには事業団の長島氏、滝沢氏、宇宙研の佐々木氏、飯島氏といったプロジェクトの中心で活躍している方達の見識と努力に負うところが非常に大きいことも見逃してはならない。

「研究」がスタートする前の予備的な検討段階を含めるとプロジェクトチームの活動は2年に及ぶ、この間駒場のオフィスを中心にチームの新しい「文化」とも言えるものが芽生えつつある。オール日本の月ミッションを誇るに足るものとすべく、組織の壁を越え、責任分担の範囲を超えて知恵を出し合っていこう（厳しい相互批判と同義の場合も多々あるが）という意気込みが広がってきたように思える。これから、更に「開発」フェーズに進み、衛星の試験が始まると更に多くの人々がプロジェクトに新たに関わってくることになる。これまでに無かった難しい問題も出てくるかもしれない。しかし、SELENE計画を成功させることを第一義の目標として衆知を結集していく限り解決できない問題はないだろう。日本の宇宙開発の新しい進め方の一つのモデルケースとしてもSELENEを是非成功させたいものである。

（SELENEプロジェクトサブリダー）

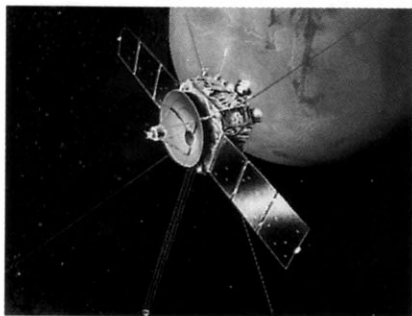


火星探査機Planet-Bの科学的なねらい

や期待される観測上の成果は、このシリーズの別稿に解説があります。一方、これと並んで工学的にも、このミッションは大きな意義を持っています。我が国初の惑星探査機として、今後、日本の宇宙科学が深宇宙に展開していくために必要な、いくつかの新しい工学技術の確立を狙っているのです。

これらの技術には、例えば、軌道制御、超遠距離通信、自律運用システム、高性能2液推進系、軽量・高機能な搭載機器などが含まれます。中でも、搭載機器の小型・軽量化は、最も大きな課題の一つでした。比較のため、諸外国の火星探査機を見てみましょう。アメリカのバイキングが、3.4トン、マーズオブザーバーが、2.6トンのヘビー級、画期的な軽量化を図ったマーズパスファインダーでも、1トンと、言わばミドル級、ロシアのフォボスやマーズ96に至っては、6トンを越すスーパーヘビー級です。それに対して、我がPlanet-Bは、ナント540kgと、フェザー級です。ボクシングで言えば、フェザー級とヘビー級が同じリングに上ることになります。しかし、軽くても狙う科学成果は、世界チャンピオン級という方針を貫くこととしたため、減量に随分苦しみました。

Planet-Bの基本形状にも軽量化の工夫がされています。下の図をご覧ください。姿勢安定方式としては、スピン型を採用して制御系を簡素化し、地球との通信に必要な高利得アンテナをスピン軸方向に置きます。このアンテナを地球方向に向け、しかも、太陽電池パドルを太陽方向に向ける必要があります。幸い火星から見たとき、地球と太陽方向の成す角は、最大でも45°の範囲にあります。このため、 $\pm 0.7^\circ$ という鋭い指向特性を持つアンテナを地球に向けても、太陽電池には十分な光が当たります。この形状を用いることにより、



アンテナや太陽電池パドルを衛星本体に対して回転させるメカニズムを省くことが可能になり、重量の節約と信頼性の向上を達成しています。

第4回 こんな工夫がいっぱい

— Planet-B の衛星システム —

中谷 一郎

構造・材料にも新しい技術を開発し、軽量化を図っています。例えば、高利得アンテナの鏡面は、炭素繊維強化樹脂(CFRP)を、3軸織と呼ばれる特殊な手法で織り上げてあります。また、推進系のヘリウムタンクは、 1cm^2 当り250kgの高圧に耐え、且つ、極度の軽量化を図るため薄いチタン合金で作り、その周囲を炭素繊維強化樹脂で覆うという方式を導入しています。

この他、軽量化に寄与するバス系の新技術としては、水素吸蔵合金を用いた電池、17%の高効率太陽電池、DRAMによる半導体データレコード、軽量分散形のコンバータ、エレクトロニクス of 新しい基板材料および実装手法の導入などの例が挙げられます。

軌道設計に関して言うなら、打上げ後、地球の引力圏を脱出するまでの約5.5カ月間に、月スイングバイを2回、地球スイングバイを1回行うというユニークな方式も、搭載推進剤の重量軽減を狙ったものです。

これらの技術は、文章にすると、数行ですんでしまっていますが、一つ一つの技術開発の裏には(文学的な表現をお許し頂けるなら)、担当者達の涙と汗の試行錯誤を含む長いドラマが隠されているのです。Planet-Bで開発した軽量化技術は、今後の科学衛星設計の原点となる一つの雛型を創り出したと言えます。

話題を変えて、自律運用システムのことを御紹介しましょう。地球と火星の間の距離が遠いため、電波の往復に随分時間がかかります。時期によっては、電波伝播遅れが往復40分を越え、地球からの直接的なリモートコントロールが不可能です。また、軌道上で最も複雑な運用を行う2回の時期(地球の引力圏から脱出するとき、火星周回軌道に投入するときの軌道・姿勢運用)には、搭載アンテナが地球方向から外れた向きになるため、地球からのリアルタイムの監視と制御が出来ません。さらに、「合」と呼ばれる数週間は、Planet-Bが、地球から見て太陽の反対側に位置するため、通信が途絶し、探査機が放置されます。このようにPlanet-Bは、地球からの直接の世話なしに自律的に生きていくため、かなり賢く設計してあります。

部分的な例を紹介しただけで紙数が尽きましたが、Planet-Bは、工学の立場から、地味ではあるが極めてチャレンジングな技術の集大成であることをお分り頂ければ幸いです。(なかに・いちろう)

<PLANET-B 打上げまであと2ヶ月>

文部省在外研究員として、1997年3月より1年間、米国NASA／ジェット推進研究所（JPL）に、Visiting Scientistとして滞在した。研究テーマは「惑星探査のための宇宙ロボティクス」で、私は火星探査ローバの研究グループの一員となった。折しも、その年の夏に火星探査機「Mars Pathfinder」の着陸が予定されていて、スタッフの緊張と興奮が伝わってきた。Mars Pathfinderは、NASAのディスカバリ計画の1つであり、小型軽量、低コスト、短期開発の探査機を方針としている。探査機は、米国独立記念日の7月4日に火星赤道付近のアレス峡谷にみごと軟着陸に成功し、ソジャーナと呼ばれる移動探査車が着陸機の周囲を走行し、火星表面の画像をたくさん地球に送信した。着陸の日には、JPL内にはいくつもの部屋が用意され、報道陣だけではなく、プロジェクトにかかわった人の家族も招待され着陸成功の喜びを分かち合った。とても米国らしい光景であった。また着陸の様子は、インターネットやNASAテレビを通じてリアルタイムに全米に報道された。JPLのあるパサデナでは、米国惑星協会主催のPlanetfest'97が同時期に開催され、宇宙研共催のWater Rocketをはじめ、シンポジウムや展示など数多くのイベントが行われ、火星着陸の瞬間には数千人の人が感動と興奮で大スクリーンに釘付けになった。その見せ方のうまさとその奥にある自信は大したものである。子どもに夢を与え、国民の理解を得ながら、ミッションを遂行する強い姿勢がうかがえた。1997年はJPLにとっていくつかのビッグイベントがあり、火星着陸のほかに、Mars Global Surveyorの火星到着、エアロブレーキ技術による軌道修正、土星探査機Cassiniの打上げなどがあった。このような機会にJPLに滞在し、肌でその興奮を感じることができ、またミッションに携わった人と知り合いになることができ、大変幸運であった。

さて暮らしについて触れると、ひとくちでいって生活しやすい。エルニーニョの影響で、気温35度を超す日何日もあったが、湿気が少なくて過ごしやすかった。米国の朝は早い。まだ暗い午前6時前から道路が渋滞する。朝7時から仕事をして夕方5時には帰宅する。仕事の効率が非常にいいのであろう。夏時間では夜8時過ぎまで明るいので、スポーツなどでプライベートの時間をエンジョイできる。非常に健康的である。夕食は家族と一緒にとり、家族の団らんを楽しむ。中



には夜遅く、自分の部屋でインターネット経由で仕事をする人もいるらしい。住宅事情と電話料金システムのなせる技であろう。なにしろ市内は何時間かけても同じ料金なのだから。物価はそれほど変わらないと思うが、量に対しては非常にお得である。米国のスーパーマーケットはおすすめの観光スポットの一つである。種類も数も豊富で、しかも安い。見ているだけでも楽しい。量り売りはいいシステムである。必要な分だけを買うことができる。中には清算前に並びながら果物やパンを食べはじめてしまう人もいる。でも客はもちろんのこと店員も気にする様子はない。不思議である。おおらかというべきか。First In, First Serveも徹底している。順番がくるまで、長い行列を気長に待っている。せっかちは禁物である。

米国人は健康によく気を遣う。暇さえあれば体を鍛えている。TVではよくエアロビクスが放映される。食べ物も自然食品や健康食品をよく見かける。ビタミンAという栄養剤の店もたくさんある。Low Fat, Fat Free, Dietなどという言葉に弱いようだ。そんなに気を遣っていないが、ハンバーガーやポテトチップを好んで食べる。米国文化なのであろう。新聞は街の自販機で購入できるが、日曜日は早々に売り切れる。日曜の新聞に限って広告で割引クーポンがついているからである。Savingという言葉も好んでつかわれている。

宇宙分野では、最近特に、小型軽量・低コスト・短期開発で、より成果が得られることが期待されている。日常生活と通じるものがあるようだ。

（くぼた・たかし）

－スクラムジェットエンジン－

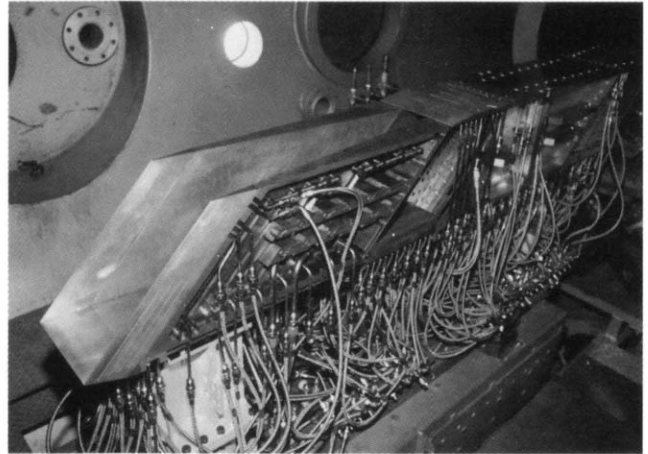
八柳 信之

スペースプレーンでは離陸、大気中の加速上昇推進、及び宇宙空間で作動するロケットエンジンの機能を備えた複合エンジンの実現が必要となります。とりわけ、スクラムジェットは複合エンジンの中で最も重要な役割を担うものですが、未だ世界的にも実証されたエンジンではありません。このエンジンについて技術課題と研究現状などについて説明します。

スクラムジェットはラムジェット的一种で、エンジン内での燃焼を超音速状態で行わせるもの、すなわち **Supersonic Combustion Ramjet** の頭文字をとって **SCRAM** ジェットと称するものです。一般にラムジェットは高速飛行時に吸入した空気を空気取入口とディフューザで減速させ発生する動圧（ラム圧）によって空気圧力を高めます。さらに空気取入口部に発生する衝撃波を利用して圧縮効果を高め、この圧縮された空気流へ燃料（多くの場合水素）を噴射して連続燃焼させ、その燃焼ガスをノズルから大気中へ膨張、加速させて、推進力を発生させます。しかし、飛行マッハ数が高くなると亜音速まで減速して圧縮することはエンジン内の温度を著しく上昇させ、燃焼生成物の解離を生じエネルギー損失が増えます。このため超高速作動領域では空気流の減速、圧縮を部分的にとどめ超音速流中で燃焼させるスクラムジェットが飛行マッハ数5～6を境に亜音速燃焼ラムジェットに比べて高い性能を発揮することになります。このスクラムジェットエンジンを実現する上で最大の技術課題は、大気中を超高速で長時間加速飛行することによる空気加熱に耐えられる高温高強度かつ超軽量材料の実現を前提として、「スクラムジェットははたして幾つのマッハ数までの加速が可能か」ということを実証することが最大の命題です。

これまで米、ロ、仏において、地上試験や飛行試験が行われてきましたが未だゴールは示されていません。ここで特に記述しておきたいことは、地上風洞試験では高温空気を吹き出す特殊なエンジン燃焼風洞が用いられますが、可能な模擬飛行マッハ数は約8が上限で、それを越えるマッハ数には衝撃波を利用して空気のエンタルピーを高める高温衝撃風洞が用いられることになります。しかしその性質上試験時間は数ミリ秒と極めて短いものであり、従ってマッハ8以上での実証には飛行試験が是非とも必要になります。

ここで欧米およびロシアの現状を簡単にふれてみま



水冷式スクラムジェットエンジン

す。米国ではスペースプレーン計画（NASP）の要であった技術飛行実験機（X-30）が中止のやむなきに至りましたが、X-30に搭載予定エンジンの1/3サイズモデル（これまで試験されたもので最大級）による地上試験を1994年にNASAラングレー研究所で行い（マッハ数6.8）設計値を上回る推力発生に成功しています。同年、衝撃風洞を用いたマッハ数8～14の試験にも成功しています。またエンジンと機体を統合化して、その推進性能を明らかにするためスクラムジェットエンジン付き実験機の飛行実験計画（HYPER-X）を1997年からスタートさせました。ヨーロッパでは主にフランスが積極的にスクラムエンジンの研究開発計画（PREPHA）を進めており、1991年にはスクラムエンジン単体の飛行実験をロシアのミサイルを用いて実施しています。またロシアは米国に匹敵する技術を有していると言われ、近い将来マッハ数15の飛行試験を実施する計画（IGLA）を持っています。

この様な流れの中で我々の研究室では最大試験時間60秒、模擬飛行マッハ数8までの吹出し式エンジン燃焼風洞（RJTF）を1994年に完成させました。これに合わせて「研究用スクラムジェットエンジン」の試作を行い、現在マッハ数4～8の試験を進めています。写真は水冷式スクラムエンジンで全長は2.1mです。さらに高いマッハ数での試験が必要となりますが、マッハ数8～15に対応する試験設備として「高温衝撃風洞」の整備を進めており、1999年からスクラムエンジンの試験を進め、性能の検証を行う予定です。

（航空宇宙技術研究所 やつやなぎ・のぶゆき）



大気球が翔ぶ三陸

山 川 健

私の住んでいます大船渡市は岩手県の沿岸の南部にある東北では珍しく温暖な所です。暦の上の寒中に雨が降り、ヤブツバキが赤い五弁の花を咲かせます。文部省宇宙科学研究所の三陸大気球観測所のある三陸町は北隣の町です。三陸町には私たちには珍しい地名が数多くあります。その中から2〜3拾ってみました。千歳、根白、越喜来、綾里。順番に読みますと「せんざい」「こんぱく」「おきらい」「りょうり」といった読みになっています。アイヌ語にその地名語源を追った著書がありました。岩手県久慈市出身の吉田耕一郎著の「岩手の古地名集」です。千歳 (chep-ta-usi)「鮭が郡来する所」、根白 (kompu-an-ke)「コンプのある所」、越喜来 (okes-ra-i)「山裾の低い所」、綾里 (ri-oru)「高台から浜降りの路のある所」と解いています。

三陸沿岸はご存じのようにリアス式海岸で知られ、地名の語源が物語るように変化に富んだ沿岸は国立公園になっています。しかしこのリアス式海岸のV字型やU字型の湾が仇となり沿岸は過去に何度も大津波に襲われて来ました。死者、行方不明者が二万二千人余りを数えた1896年の明治三陸大津波の時、綾里の白浜で駆け上がった津波の高さは38.2mにもなったと言われています。1933年の昭和三陸津波でも白浜で23mの波高を記録し「TUNAMI」を国際語にしていまいしました。この津波も沿岸では今、忘れられた頃の災害になって来ました。

沿岸に点在する定置漁場では今が本格的な春漁シーズンで、主にマス類が網にかかっています。この地方で「サクラマス」と呼んでいるのは実は和名が「カラフトマス」です。そして和名が「サクラマス」、つまり本当の「サクラマス」を「ママス」と呼んでいます。「カラフトマス」はちょうどサクラの季節が一番の漁期ということでその名が付いたようです。この他面白い名前では「エゾイソアイナメ」が「ドンコ」、スケトウタラを「キツネタラ」、アイナメを「ネウ」などむしろ親しみを覚える名が付いています。

三陸大気球観測所から放球される大気球は、この沿

岸に機影を写しながら上昇して行きます。

長時間観測のブーメラン気球、長距離飛行が得意な衛星リレー気球、極付けは高高度気球。97年1月に放球した高高度気球は結局50.22kmまで上昇する新記録になり、私も皆さんの喜びをカメラに収めることが出来ました。おかげで高高度気球の高度記録はNHKの全国ニュースで放映し国際ニュースとして海外にも流させて貰いました。小型ロケットの領域の観測に道を開いたこの気球は、新しい大気球観測の幕開けを感じさせてくれました。私が大気球の取材を始めたのは、もう20年以上も前になります。その頃「白鳥座X線星」がブラックホールの可能性が強いという話を聞き驚いたものでした。私にとってブラックホールはそれまで童話の世界の話でしかなかったからです。

私はもともと宮沢賢治の童話の世界に出て来る星座の話が好きでした。

「天の川の西の岸に、すぎなの胞子ほどの小さな二つの星が見えます」と書き出している、ご存じの「双子の星」チュンセ童子とポウセ童子が、一晩中銀笛を吹く。その曲が宮沢賢治作詞、作曲の「星めぐりの歌」です。

放球され力強く舞い揚がる大気球が、目当ての星を求めて上昇を始めますとついこの「星めぐりの歌」を口ずさみたくなるから不思議です。

あかいめだまのさそり ひろげたわしのつばさ
あおいめだまのこいぬ ひかりのへびのどくろ
オリオンは高くうたひ つゆとしもとをおとす
また宜しくお願いします。

(NHK釜石通信部 やまかわ・けん)



「いつでも夢を」という歌が昔流行ったが、長い間の人類の夢であった宇宙旅行も現実のものとなりつつある。先ず名前だけでも一足お先に宇宙へと、27万人の夢が宇宙へと旅立つ日も近い。ただそれだけのことと言ってしまうと身も蓋もないが、夢なくして人類の進歩・発展はあり得ない。(荒木)

ISASニュース

No.206 1998.5

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

◆本ニュースに関するお問い合わせは、庶務課法規・出版係(内線2211)までお願いいたします。(無断転載不可)

*なお、本ニュースは、インターネットでもご覧になれます (<http://www.isas.ac.jp>)。