



〈研究紹介〉

▲M-Vロケット1号機の打上げ（撮影：前山勝則）

ハニカムサンドイッチ板と有限要素法解析

東京都立科学技術大学工学部 渡 辺 直 行

■はじめに

現在の航空宇宙分野において、軽量化の観点から、複合材料とサンドイッチ構造は不可欠なものとなっている。複合材料については、この欄でもすでに何度か取り上げられているので、ここではサンドイッチ板について紹介する。サンドイッチ板は、軽くて剛性の低い心材（コア）を剛性・強度の高い薄い板で挟んだものであり、表皮とコアはシート型の接着剤で接着される。アルミ表皮／アルミハニカムコアのサンドイッチ板が多く使われているが、軽量かつ高強度、高剛性の要求が強い場合には、コアを厚くし、同時に表皮にCFRP（炭素繊維強化プラスチック）が用いられる。M-Vのノーズフェアリングは、基本的には表皮がCFRPでコアがアルミハニカムであるサンドイッチ板である。ただし衛星との電波による交信を行うため、別な素材でできている通称“窓”と呼ばれる部分があり、そこは表皮にGFRP（ガラス繊維強化プラスチック）、コアにノーメックス（ケブラ繊維強化プラスチック）を用いて電波の透過性を確保している。また、ASTRO-C、SOLAR-Aなどの衛星での主構造体は、ほとんどがサンドイッチ板でできている。このように軽量で曲げ剛

性が非常に高く、曲げあるいは圧縮を受ける部材として多用され、強度ばかりでなく座屈、固有振動数などの剛性要求からも有利である。

一方、計算機の急速な進歩と相まって、有限要素法（FEM）を代表とする数値解析法が様々な分野で使われるようになってきている。航空宇宙の構造設計においてはNASAが開発した汎用大型FEMソルバーNASTRANが必ずと言っていいほどに用いられている。しかしながら、さらなる軽量化の要求は、サンドイッチ板に限っていても、通常解析では追いつかない現象が起きている。ここではその内の二つの現象と、解析結果について述べる。

■細かい熱座屈（ディンプル）の問題

図1にハニカムコアのセル1つ分の有限要素モデルを示す。最も外側に厚さ t_f の表皮があり、次に厚さ t_a の接着シートがありその下に高さ t_c のコアがある。中立軸（中心）から離れた所に剛性の高い材料を配置すればよいので、衛星・ロケットの構造のように、軽量化を追及する場合は、表皮に高剛性タイプのCFRPを使い、コア高さ t_c を大きく、表皮厚さ t_f を小さくする。これにより太陽電池パドルなどには表皮厚さが0.1mmで、

コア高さが2インチ(50.8mm)というようなものまで使われている。表皮とコアは120℃で接着されるが常温に戻す間に、熱膨張係数の違いから(CFRPはほとんど0、アルミは $6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であり接着剤はさらに大きな値である)表皮に圧縮、コアに引張の残留熱応力が発生し、上記の様に表皮が極めて薄い場合には、図2に示すような表皮にコアの周期に一致する細かい熱座屈(ディンプル)が生じ、板としての剛性、圧縮座屈荷重が大きく低下する。また、常温ではこれが顕著で無い場合でも、宇宙空間では日影になる時などには温度がさらに低下しディンプルが生じる。太陽電池セルを貼る場合には、くぼみに接着剤が入りすぎて、せっかくの軽量化が台無しとなるなどの問題も生じる。

この現象は極めて複雑である。温度を下げていくと、表皮の熱による圧縮応力が増加し、それにより曲げ変形が大きくなるが、同時にその変形により応力が緩和される。熱応力解析と大変形解析と異方性(表皮は一層ではなく異なる特性の層からなる積層板である)の問題を同時に解かねばならない。図3に、 $b=9.5\text{mm}$, $t_f=0.1\text{mm}$, $t_c=20\text{mm}$, $t_h=0.05\text{mm}$ の場合の解析結果を示す。縦軸は温度の低下量で横軸はディンプル深さである。接着層が無い場合と0.1mmの接着層を持つ場合を比較する。接着層が無い場合は温度低下が50℃付近でディンプルが深くなり始めその後急激に増加し、最終的には $180\mu\text{m}$ にも達する。一方、0.1mmの接着層を持つ場合は80℃付近までディンプルはほとんど深くならず、その後緩やかに増加していくが、120℃でも $75\mu\text{m}$ にすぎない。この結果からは、接着層は安全側に働くように見える。ところが、実際に衛星構造などに使われるものでは、よりいっそうの軽量化のためさらに薄いシート型接着剤を使い、接着剤は硬化後にはコア箔

と表皮の接合点付近のみに集まるように特殊な処理がなされている。そのモデル化をしたのが図4であり、最終的な熱変形(実際の50倍に拡大してある)を同時に示す。この様なモデル化を行うと、図3に“穴開き 0.2mm ”として示すように、ディンプルは温度低下が少ない内からさらに大きく発生する事になり、より深刻な事態である事がわかる。

■ 空気力を受ける多層板の振動

軽量化による別な問題として、ハニカムサンドイッチ板が空気力により影響を受け、それが無視できなくなる事も近年発生してきている。有名なのは、大きな太陽電池パドルまたはアンテナが地上での振動試験において空気中で振動する際に、表面近くの空気を押しのける事でみかけの質量が増え、共振振動数が空気が無い場合に較べて低下する事として知られている。この問題については付加質量による近似解法により比較的容易に処理されてきている。一方、近年益々大型化、軽量化されてきた太陽電池パドルは、打上げ時には蛇

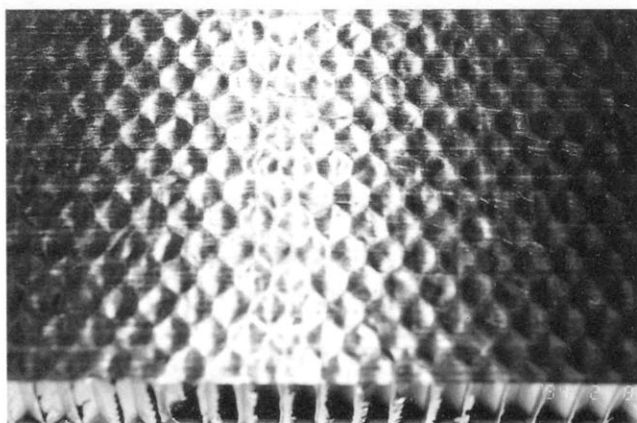


図2 熱座屈(ディンプル)を生じたハニカムサンドイッチ板〔写真：日本飛行機(株)提供〕

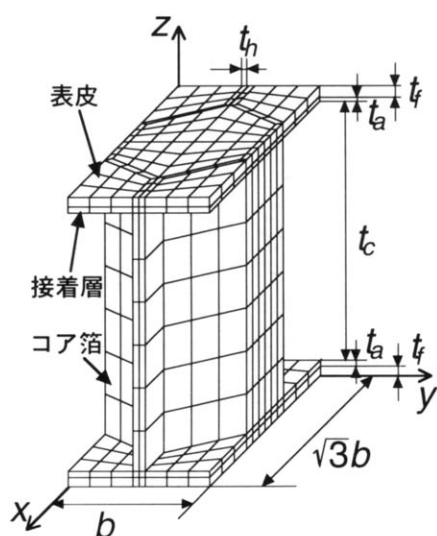


図1 接着層を含むハニカムサンドイッチ板の解析モデル

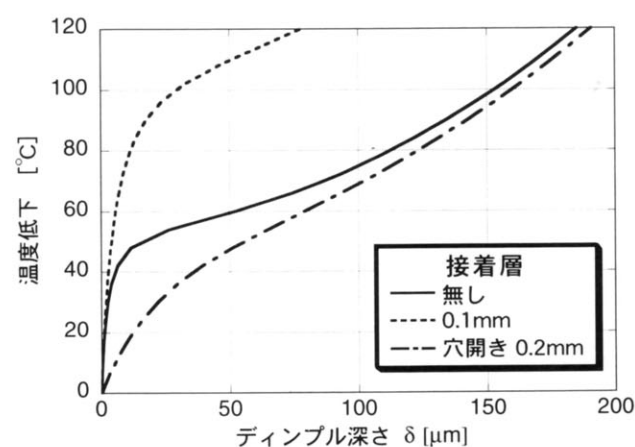


図3 穴開き接着層を含むハニカムサンドイッチ板のモデルと熱座屈変形

腹のように折り畳み収納される事が多くなっている。これらは、打上げ時の振動に際し、パネル間に挟まれた空気層から大きな影響を受ける。実際に、平成4年に打ち上げられた地球資源衛星（ふよう）1号に搭載されていた合成開口レーダーは、縦2.3m×横1.4m×厚さ22mm、質量15kg/枚のハニカムサンドイッチ板が6mmの間隔で8枚折り畳まれたものであった。振動試験において、面外方向の共振振動数は61Hzであったが、空気力を考慮しない有限要素法解析では52.1Hzと大きな差が生じた。間の空気層が板の振動に対して空気バネとして作用し、共振振動数をこのように17%も高かった。構造体の強度保証等を試験のみでの確認が不可能で、かなりの部分を解析により行っている衛星構造では大きな問題となる。

従来から造船などの分野において液体（重く圧縮されない）と構造の連成問題は比較的多く研究されているが、空気等の気体とのものはほとんど無い。我々は、空気と構造の連成振動の問題を有限要素法により統一的に解析することを試みた。解析した問題の一例を図5に示す。ここでは解析の簡単化のために、次の仮定をもうけた。多層板を一枚の柔軟な（もちろん非常に軽い）板と、両隣になる剛性の高い板（剛壁）でモデル化する。さらにそれらは紙面に垂直な方向に無限に続いているとする事により、二次元問題として扱った。ここで板（梁）の長さを1とし、空気層の厚さを d_a とし、それらを変えて計算した。最低次共振振動数の結果を図6に示す。横軸は空気層の幅を板の長さで割った無次元空気層厚さであり、縦軸は空気を考慮した時の振動数を空気が無い時のもので無次元化した振動数である。板の長さが0.2mのように短い時には振動数は常に1より小さく、空気の付加質量効果により振動数は低下することがわかる。0.5mの場合は、空気層が薄い時にはバネ効果で振動数は高くなり、空気層が厚い時には付加質量効果により振動数は低下する。0.8mの場合も同様である。空気層が薄い場合にモードが二つ存在するのは空気の流れの挙動が異なるためである。このことから、空気の付加質量効果とバネ効果がどういう場合にどのように現れるかを示すことができた。

■おわりに

軽量化により発生したサンドイッチ板の二つの問題と解析結果の一部を示した。ディンプルについては、実際にサンドイッチ板を製作・試験し、発生したディンプルの深さや曲げ剛性等について、解析結果と比較し良好な一致をみている。振動に対する空気の影響に

ついては、柔軟な板が2枚ある場合や、より実際に近い三次元解析も現在行っている。計算機の発展と相まって、宇宙開発においてはコスト低減や期間短縮の問題などから、数値解析に対する要求は今後益々増えてくるものと思われる。（わたなべ・なおゆき）

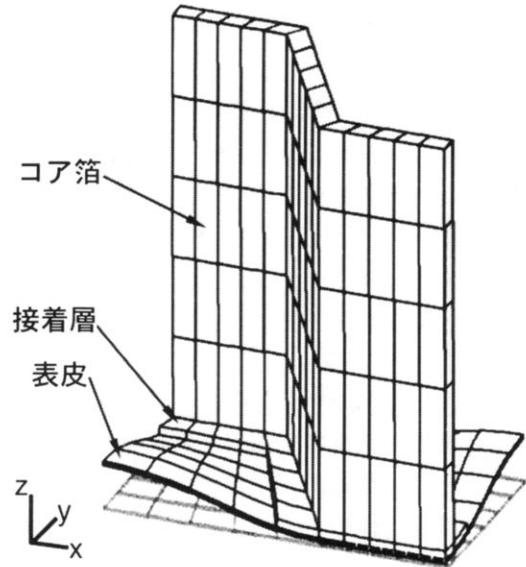


図4 ディンプル深さと温度低下の関係

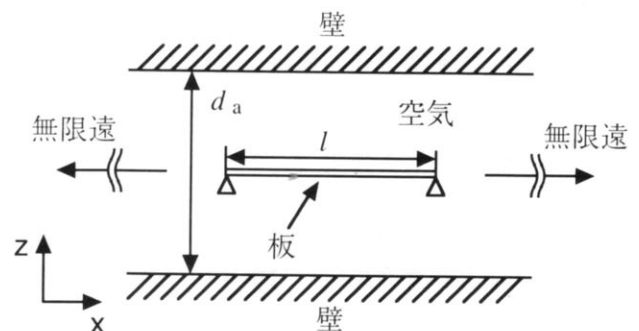


図5 構造と空気の連成問題

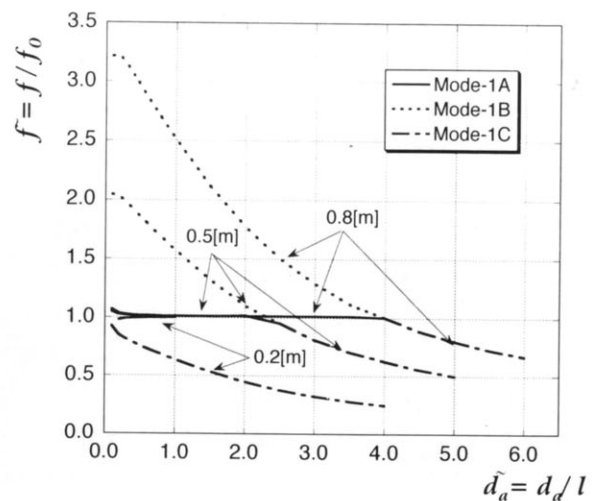


図6 基本振動数の空気による影響

お知らせ



★宇宙科学講演と映画の会

日 時 平成9年4月12日(土) 13:30(開場)～17:30

場 所 津田ホール (JR千駄ヶ谷駅前)

13:30	開 場
14:00	開会 司会 宇宙科学研究所教授 的 川 泰 宣 挨拶 宇宙科学研究所長 西 田 篤 弘
14:20	講 演 演題 灼熱の宇宙をさぐる — X線で見える宇宙 — 宇宙科学研究所教授 井 上 一
15:20	演題 宇宙に新しい瞳を向ける「はるか」 — 電波天文衛星の誕生 — 宇宙科学研究所教授 廣 澤 春 任
16:20	質疑応答
17:00	映 画
17:30	閉 会

主 催 文部省宇宙科学研究所

〒229 相模原市由野台3-1-1 TEL 0427-51-3911

後 援 (財)宇宙科学振興会



★M-V-1号機打上げ成功

■衛星はにかむ無翼の勝利

「少しテンションがゆるみました。」

「そうだね、今まで緊張の連続だったけど、KSCに来てからの作業、順調だったからね。」

「いや、太陽電池パドル固定ワイヤの張力が少し…」
こうしてワイヤ受金具の取り付けられている衛星表面のハニカム構造を補強したMUSES-Bは、4日間の日程遅れを出したことをはにかむように、2月3日節分の日、M-V-1号機上段に鎮座の後、フェアリングに覆われ、まずは福は内。

一方これを打上げるM-V型ロケットは、前の文部省科学官松尾教授を計画主任として1990年に開発開始。その後チャンバーの遅れ破壊に絡むチャンチャンババラや搭載慣性計測装置の光ファイバー・ジャイロ(FOG)の五里霧中などで約2年の遅れを生じたものの、小野田現M計画主任以下のM-V開発チーム全員による綿密な検討と弛まぬ努力の結果、全ての問題を克服。数多くの新機軸を織り込んだ文字通り頭の先から尻尾まで新開発のロケットとして処女飛行に臨むこととなった。但しM-Vには尻尾即ち尾翼はなく、液体ロケットに比べ発射時加速度の大きな固体ロケットを空力安定無しで打上げるのは、「無翼の勝利」を信じながらも気分的には甚だ安定感を欠く。打上げ直前まで制御系グループが構造や空力グループと共同で慎重なる

見直しを続ける傍らで、前の科学官曰く「ピッチのプラスとマイナス逆じゃないよね？」実際どんなに人事を尽くしたつもりでも、わずかなミスで全てが無になるプレッシャーに実験班全員緊張しつつ天命を待つ。

そして「おおすみ」記念日を強風で1日逃した2月12日13時50分、M-V-1号機はこれまでにない轟音と噴煙をM台地に残して堂々と飛び立っていった。そして衛星が軌道に乗るまでの8分間、それはこれまでM-V開発に関係したあらゆる人々にとって、6年余の歴史を一瞬に凝縮した短くも長い時間というのが実感ではなかっただろうか。

殆どノミナルと言って良い完璧な飛翔によって無事、MUSES-B改め「はるか」を軌道に投入した今、この場を借りて実験主任としての至らぬ点をお詫びするとともに、M-V関係者及び御支援を戴いた皆様に厚く御礼を申し上げる次第である。

内之浦ゆ 打ち上げてみれば「はるか」なる

宇宙の高天(たかま)に 幸(ゆき)は積もりぬ

(上杉邦憲)

■「はるか」と命名

軌道に投入されたMUSES-Bは「はるか」と命名されました。柔らかくしかも切れのよい素敵な響きの名前だと思えます。遙か宇宙の彼方を電波でながめる、といった注釈はこの際要りますまい。

恒例の実験関係者による投票では延べ191名の応募

がありました。アンテナを展開した衛星のたまたまからの連想からでしょうか、織姫、舞鶴といった美しい名前が多かったのが特徴です。その中から、佐藤豊(日産)、中田詩子、近藤久美子(日本飛行機)、渡辺理絵(NEC)の4名の方が「はるか」と投票されました。高校2年生の中田詩子さんは、1991年に亡くなられたランチャ班の中田篤君の一人娘で、今回の実験期間中に内之浦を訪問された途次の応募でした。

なお、国際的にはHALCA (Highly Advanced Laboratory for Communications and Astronomy) とすることに致しました。

今回はいわゆる傑作がほとんど無かったのも特徴ですが、その中で文句無し河本正光君(松下通信)の「大風呂敷」をISASニュース編集委員長賞としました。同君は織姫の名前も寄せており、その日和見的态度は私の諒としないところではありますが、記念品として赤い大風呂敷を贈呈致しました。

これまで命名のための選考委員は長老の役とされており、些かの感なきを得ません。(松尾弘毅)

■ はるか初期運用

1997年2月12日13時50分M-V-1号機に乗って地上を離れ、見事軌道に投入されたMUSES-Bは、同日20時31分、衛星「はるか」となって、内之浦の上空に姿を現しました。2月28日6時20分、前日夜中のパスの作業で殆ど展開を終えていた大型アンテナの主反射鏡は、ここで完全に展開しました。

「はるか」の初期運用は順調に行われています。太陽電池パドルとKuバンドアンテナの展開は軌道投入直後の非可視時間中に正常に行われました。三軸姿勢制御を確立した後、近地点高度を高めるための軌道制御を、2月14日、16日、21日と、3回にわたって行いました。近地点は今後の実験に十分なところまで上がっています。軌道要素は、遠地点21,400km、近地点560km、軌道傾斜角31度、周期6時間20分となっています。衛星の電力の状況、温度分布なども極めて良好です。Kuバンドアンテナが正常に駆動されることも確かめました。

大型展開アンテナの展開はこの衛星の最大の実験課題です。作業の確実を期するために、運用チームは2月23日、KSCに移動しました。24日深夜、まず、副反射鏡の伸展を行い、成功しました。次いで、27日午前3時、主反射鏡の展開を開始しました。慎重に作業を進め、息をのむような時間を経て、見事、主鏡は展開しました。開始からおよそ3時間が経ち、可視時間の制約のために、仕上げの作業は翌日のパスに残すこと

にしました。既に難関は越えており、KSCに集っていた面々、ここで成功を喜び合った次第です。翌28日に展開を完了したことは初めに記したとおりです。

(廣澤春任)

★宇宙学校開催

恒例の宇宙学校が、1月12日と2月16日の2回、それぞれ東大教養学部と相模原市立産業会館で行われました。東大の会場は400人、相模原の会場は200人の会場でしたが、どちらもほぼ満席となる盛況振りでした。

講師は中村匡、上田佳広、安部正真、森田泰弘、成尾芳弘、的川泰宣の宇宙研の諸先生のほか、河崎行繁先生(三菱化学・生命科学研究所)と小林憲正先生(横浜国大)にも応援をお願いしました。

宇宙学校の特徴はロケットの話から宇宙の話まで幅広い授業があること、それに何ととっても長い質問タイムでしょう。先生のお話は20分で終わって、そのあと1時間が質問タイムです。子供たちの理科離れなどどこ吹く風、とぎれることなく質問が続きます。東大の会場では惑星と生命についての質問が特に多く集まりました。火星からの隕石中に生命の痕跡が見つかったというニュースが流れてからまだ日が浅かったからでしょうか。授業が終わったあとも安部、河崎両先生の前には質問者の列ができました。相模原では、さすがに銀河連邦の子供たち、マニアックな質問がたくさん出ました。一番困った顔をしていたのが、ブラックホールについての質問の集中砲火を浴びた上田先生でした。相模原での宇宙学校は、待望のM-Vロケット1号機打上げ成功!の直後でしたので、森田先生の特別サービスでロケット搭載カメラの映像も流されて盛り上がりました。最後は世界平和についての議論まで飛び出し、大変楽しくて有意義な宇宙学校でした。

(村上 浩)





第5回 電子とイオンの結合

宇宙科学研究所 崎本一博

私たちに日常なじみのある原子や分子は電氣的に中性になっているものがほとんどです。

これは私たちが住んでいる環境が穏やかであるためです。それでは、はるか上空の電離層とか、太陽や星の大気、あるいは希薄な星間雲などにある原子を考えてみましょう。このような領域では、紫外線が飛び交っており、原子は常に紫外線にさらされることになります。原子が紫外線を吸収すると、その構成要員である電子が飛び出すことがあります。これを電離といいます。従って、紫外線がうようよしている過酷な環境では、原子は中性ではなく、電子がはぎ取られたプラスのイオンとして存在することになります。つまりそのような領域はプラズマになっているわけです。一度電子がはぎ取られてしまうと元に戻れないかというと、そうではありません。イオンがプラズマ中を漂っているうちに別の電子と出会う可能性があります。そのときに、もしもイオンが電子を引き寄せて光を放出すると、電子とイオンは再び結びつき合うことがあります。これを再結合と言います。プラズマ中の中性原子とイオンの割合は、電離と再結合の釣り合いで決まることになるわけです。

ここでは再結合過程についてお話してみたいと思います。宇宙でもっとも多く存在しているのは水素原子です。水素原子が電離すると電子と陽子に分かれます。電子と陽子は点電荷と考えてよいので、二つの粒子の再結合のしくみは単純で十分にわかっていると言えます。しかし、電子をたくさん持った原子では問題は単純ではありません。そのような原子では、電子が一つ位はぎ取られてもまだ電子が残っており、イオンを点電荷とみなすことができません。この違いのために、再結合のしくみも複雑になってきます。そこで、点電荷にはない過程として登場してくるのが二電子性再結合です。電子がイオンに近づいたときにイオンの中にいる電子を興奮させると、その反作用として近づいてきた電子がイオンに一時的に捕獲されることがあります。共鳴と呼ばれるこの状態は、放っておくと再び元の電子とイオンに分かれてしまいます。しかし、電子と陽子の場合よりも電子がイオンの近傍に長く滞在できるため、光を出して再結合する可能性がずっと高くなります。近づいてくる電子とイオンの中にいる電子の二つが関係するので、二電子性再結合という

よって妙な名前で呼ばれています。

二電子性再結合の重要性が最初に指摘されたのは、1960年代のこと、太陽コロナに存在する鉄イオンの電離平衡の問題においてです。その後、核融合プラズマをはじめ温度が数万度以上の高温プラズマにおいて、あるいはX線レーザーの発振機構の一つとしても大事であると考えられています。また、二電子性再結合の際に放出される光を観測することは、プラズマの状態を診断する上でも非常に役に立ちます。ところが、二電子性再結合をマイクロプロセスとして実験室で調べられるようになったのは、1980年代半ば以降になってからです。原子物理として実験できるためには高度な技術の進歩を必要としました。ところがこの実験にはとんだ伏兵が潜んでいました。というのは、一般に実験を行う際に電場や磁場を完全に除去することができません。実験装置の中にわずかですが電場・磁場が残ります。たいがいの実験ではこの電場・磁場を気にしないで済むのですが、二電子性再結合の場合には非常に大きな影響を及ぼすことがわかりました。そのために、電場・磁場の影響のない二電子性再結合を実験的に調べるができなくなっているわけです。宇宙プラズマや核融合プラズマでも電場・磁場はつきものです。このようなプラズマ中で二電子性再結合が電場・磁場によって実際にどう影響されるのか、また、それによってプラズマ診断をどう考え直すべきなのか、本当のところはまだよくわかっていません。

最後にイオンが分子である場合の再結合についてお話しましょう。電子と分子イオンの衝突でも共鳴状態を作ることができます。しかし、多くの場合、分子が壊れる方（解離）がずっと起こりやすいので、光を放出することはあまりありません。このため、分子イオンでは、二電子性再結合は起こりにくく、解離性再結合と呼ばれる過程が重要になってきます。こちらの方は惑星の電離圏で主要な再結合過程と考えられています。解離性再結合がマイクロプロセスとして理論的にも実験的にも調べられるようになったのはごく最近のことです。分子の場合、振動・回転状態がどうなっているか、解離した後どんな生成物ができるのか等、いろいろと面白い問題があります。このマイクロプロセスを調べるにも、ストレージリングと呼ばれる大がかりな加速器を使ってやっと詳しい実験ができるようになってきた、というのが現状です。

(さきもと・かずひろ)

8hr + 42hr

佐藤 英一

かつて“80日間世界一周”のなかのインドのジャングルを駆け抜ける列車に憧れたものだが、今回、バンガロールでの超塑性国際会議で招待講演をするのを機会に、会議の休日を利用してマドラスからデリーまでのインド亜大陸縦断の汽車旅行を試みた。カルカッタ（マドラス郊外）の原子力センターから1年間私の研究室に滞在していたDr. Valsanと論文執筆の打ち合わせの必要があったし、デリーのインド技術大学のProf. Dubeと日印共同研究のプロポーザルを打ち合わせの必要があったためである。

インドの汽車の予約は、日本の旅行社ではなかなかやってくれない。結局Dr. Valsanに頼んで寝台席を予約してもらうこととなった。インドの通常の夜行列車は、エアコンクラス(A/C)の1, 2等, 普通クラスの1, 2等, 座席の自由席からなっている。両クラスともベッドの形状は同じで、1等は上下2段×(横向き1 or 2)のコンパートメント, 2等はカーテンだけの上下(2 or 3)段×(横向き2 + 通路を挟んで縦向き1)となっている。1.676mの広軌(幹線のみ)なため、車内は非常に広く、特に1等のベッドではのびのびと寝られた。また、エアコンクラスのみシート、枕、毛布がついており、客層も高いため比較的安全だという。料金は次式のようなのである。

飛行機 ≒ A/C1等寝台 ≧ A/C2等寝台 > 普通1等
(約4倍) (約1.5倍)

寝台 ≧ 普通2等寝台 ≧ 自由席
(約2倍) (約4倍)

マドラスーバンガロール間は約350km, 夜10時に出発で早朝6時到着。冬なのでエアコンの必要はないとのことで、Dr. Valsanと一緒に普通1等で行く。一眠りをしたら着いてしまった。

バンガロールーニューデリー間は約2100km, 夜6時に出発で翌々日の正午到着。42時間一人旅を十分に堪能することができた。今度は一人なので、比較的安全であるというエアコンクラス(2等)を予約しておいてくれた。

バンガロールを出て朝チャイ(インド式の甘いミルクティー)のサービスで目が覚めると、赤茶けたデカン高原のまっただ中。360°地平線の見える平らな大地を、汽車は止まりそうなほどのんびりと走っていく。もちろん単線でディーゼル機関車である。駅名を地図と照らし合わせていたら、全く進んでいないようでいってしまった。寝るともなく、起きるともなく、



ベッドでごろごろしていた。

朝昼晩の食事は、機内食のようなものを注文できる。ベジタリアンを頼むと、ご飯にチャパティ、汁気のないカレー(野菜の煮物)と汁っぽいカレー、ヨーグルトにチャイといったメニューであった。車内で料理しているそうであり、おいしくはないが最低限の清潔さは保証されている。Prof. Dubeに、駅で売っているものは果物以外買い食いするなときつく戒められていたため、この車内食のみで過ごした。

夕方、ようやく山々が見えるようになってきた。アジャンターの石窟寺院などのあるデカン高原北端の山々である。といって、ほとんど平らなところを走っていることには変わりない。ボンベイーデリー間の電化複線の幹線に入り、汽車はようやく速くなった。

翌朝気がつくと汽車は霧の中。ガンジス、ジャムナ一両大河流域に入って、景色が青々としているのがわかる。冬の朝はよく濃い霧が発生し、デリー空港も午前中閉鎖になることがままあるそうである。

タージマハールで有名なアグラを過ぎると、デリーまでいよいよ3時間。さらにデリーに近づくと、線路の回りにはスラムが続くようになる。そういえば、これまでも小さな町の周りには必ず小さなスラムがあったことに気づく。と、ようやくニューデリー駅に汽車は到着、私の最長の汽車の旅は終わった。

(さとう・えいいち)

その五 実験室における活用

斎藤 義文

我々の実験室はD棟の3階(新D棟)にあり、この実験室のクリーンルーム内で様々な実験装置の制御やデータ収集を行うためにパソコンを使用しています。我々の実験室では、衛星やロケット搭載用の低エネルギーの荷電粒子や中性粒子の観測器の開発を行っています。これらの搭載機器を開発するためには、実験室で実際に荷電粒子を測定器に入射してその特性を測定するための較正実験装置が必要ですが、主にこの較正実験装置のコントロールをパソコンで行っています。具体的には荷電粒子を発生させるためのイオンソースのコントロールに1台(写真 右)、真空チャンバー内に置いた観測器の制御とデータ収集のために1台(写真 左)、そして最近実験室に導入したCAMACデータ収集システムの制御用に1台の計3台のパソコンを使用しています。

イオンソースのコントロール用パソコンは、主にイオンソースに供給する8つの電源のコントロールに用いているのですがこれに用いているのはなんと今では殆ど見かけなくなってしまう8インチのフロッピーディスクドライブのついた初代PC-9801で、一時期よく使われていたTURBO PASCALで作成したプログラムが今でも元気に走っています。昔からあるもう一台のパソコンは真空チャンバー内に置いた観測器に与える電圧の制御、観測器の方向を変えるための回転台の制御、そして取得したデータの表示、ファイルへの保存などを行います。このパソコンは先のイオンソースコントローラに使っていたよりは新しい80286マシンのPC-9801RXを用いています。このパソコン上で走っているプログラムはGEOTAIL衛星に搭載した低エネルギー粒子観測器(LEP)の準備を行う直前に私の先輩と、私の二人で作りました。プログラムはTURBO Cを用いて作ったのですが、最近のようにGUIが簡単に使えるわけでもなくかなりの作業量になりました。急いで作る必要があったため、徹夜作業でプログラムをした覚えもあります。最近導入した3台目のパソコンは80486 DX2 66MHzのPC/AT互換機でWindows 3.1上で作製したプログラムを用いてCAMACデータ収集システムのコントロールに使用しています。さすがに昔からある2台のパソコンよりは速いのですが使っているOSも同時に重くなっており、もう少し速いパソコンを使いたいところです。

さて、このようにして用いてきた我々の実験室のパソコンですが、最近のパソコンの進歩は目まぐるしいものがあり、特に日本におけるPC/AT互換機のここ数年の普及は少し前には考えられなかったぐらいです。これだけ高性能のパソコンが近くに現われてくると、実験室の制御用パソコンにもより高性能なものを用い、制御システムもより使いやすいシステムに変えていきたいという欲望にかられてしまいます。その上、そろそろ老朽化のため、イオンソースの制御システムを新しいものに置き換える必要がでてきました。そこで現在我々は、今回お話しした昔からある2台のパソコンを最近の高速なPC/AT互換機パソコンを用いて1台に統合し、より操作性のよいシステムを作るべく作業を進めています。最近ではWindowsなどのように、少し重いのが難点ですが手軽に操作性のよいプログラムを作ることのできるGUIを備えたOSがありますので今度はこれらを用いてより使いやすいプログラムを開発していく予定です。さらに我々の実験室にはクリーンルームの中までイーサネットのケーブルが繋がったため、これの有効利用も考えています。従来、取得したデータはフロッピーディスクに入れてA棟まで運びそこでデータ処理をするというようなことをしていましたが、今後はイーサネット経由でデータを運ぶことができるようになる予定です。また、長時間データを監視する必要があるような場合に、A棟の研究室に居ながらにしてリアルタイムでデータを取得することも可能になります。このようにパソコンの進歩に応じて実験室における機器制御もより使いやすく便利なものになっていくものと期待しています。

(さいとう・よしふみ)



辛島先生の御退官によせて

藤井 孝 蔵

辛島先生が退官されるときがとうとう来ました。これで私が学生だった頃の駒場15号館（といって分からない人の方がもう多いのでしょうね）の教官は誰もいなくなりました。私が初めて辛島先生の研究室に来たのは昭和49年でした。宇宙研の衛星が順調に上がり始めた頃です。辛島先生もまだ40前で、血気盛んな頃でした。いきなり渡されたプログラムに超幾何関数なんかがいっぱいできて往生したのを覚えています。学生として7年、昭和63年に宇宙研に戻ってから職員として10年近く一緒に仕事をさせていただいたことになります。

辛島先生は昭和31年に学部を卒業されてすぐに宇宙研、当時の理工学研究所の助手に採用されました。以来、40年にわたって宇宙研の流体力学研究を支えてこられました。意外に思われる方も多いと思いますが、辛島先生はスポーツをよくされました。昔は15号館は人数が少なかったので所内対抗といえ総出でした。心臓を悪くされてからは機会がなくなりましたが、辛島先生と卓球をしていじめられた方も少なくないと思います。スキーも毎年行きました。その昔忘年会で聞かせていただいた「風洞小唄」はほとんど覚えているのですが、辞められる前に正確な歌詞をお聞きして後生に語り継ぐのが私たちの義務だと思っています。

学生当時を思い出すと、誰かが先生の部屋から帰ってくるとその表情から「いつてきたな」というのが必ず分かるくらい厳しく指導していただき(?)ました。研究に関しては大変厳しい（昔の仲間といつも話題となるのは最近はまるくなったよね、なんです）辛島先生ですが、何故か女性には甘く、私の研究室の歴代の秘書さんもみな口を揃えて「優しいですよ」といっていたのが何よりの証拠です。このギャップについての「理論的解明」は私にはとうとうできませんでした。



多分流体の非線形性に起因しているんだと思います。助手の佐藤さんがしっかりされていたのか、ずっと研究室秘書を雇われなかったのですが、佐藤さんが停年退職されたこともあって最後の年だけは研究室秘書を雇われました。そのせいか更に厳しさが影をひそめ、この1年は大変助かりました（中村さんありがとう）。

ここ数年はいつ部屋に伺ってもパソコンに向かって実験データを処理するプログラムを作っておられました。いまでも、流体现象に関する話を始めるといつまでも終わりません。流体の分野では理論、実験と並んで数値シミュレーション技術が多く成果をあげていますが、計算力学ではなく流体力学の立場からこれに取り組まれた先生の功績は小さくないと思います。実際、この分野で活躍されている多数の辛島研究室出身者がいます。

4月以降も研究者として引き続きご活躍されると思いますが、くれぐれも健康に留意して末永く宇宙研の流体研究者に苦言を呈していただきたいと願っています。本当に長い間ありがとうございました。

（ふじい・こうぞう）

宮川さんの停年によせて

下村 和 隆

宮川さんは理化学研究所・生産技術研究所を経て、昭和47年より宇宙航空研究所に勤務され、現在に至っております。その間ロッキーン実験、第1号科学衛星『しんせい』への観測機器搭載等、常にロケットと関わりをもってこられたそうです。一緒に仕事ができるのは

M-V-1の実験が最後となってしまいましたが、実験が成功しほっとされていることと思います。長い間、通信KE班のチーフとして我々を指導して戴きありがとうございました。宮川さんとの付き合いはKSCでのロケット実験が主で宇宙研、メーカーを問わず私達班員

にとって頼り甲斐のある良きチーフであり、兄貴のような存在でした。通信KE班の仕事はロケット打上げの為の支援が主で、予算も少なくトラブル続出の昭和38年製の古い設備を腫れ物に触るごとく大事に使い、宮川さんにとって、頭が薄くなる思いのここ数年間であったように思います。これから先も古い設備を少ない予算で使いこなす通信KE班の伝統を守って行かねばならないと思っております。長い出張期間中、一歩仕事を離れますと家族・趣味等について話をする機会は多く、宮川さんが家族の事をお話されときの表情は、私達が羨ましくなるほどの愛妻家そのものであったように思います。あるとき「下村君残念ながら100回を切ったよ」と言われたことがあります。私は趣味のゴルフで100を切るという目標があり、切ったときの喜びは、大変なものであったように記憶していますが、宮川さんの表情にはいくばくかの寂しさが感じられたのを憶えています。それほど元気な宮川さんです。今後も健康に十分留意され、益々のご活躍をお祈り致します。

(しもむら・かずたか)



市田さんへ

小野田 淳次郎

市田さん。月日のたつのはほんとにはやいですね。あれはもう23年か24年も前。私が学位論文を書くために砂川研の装置を借りて実験をさせていただいた頃。毎日、午後から夕方にかけて、実験の指導と手助けをして下さいました。当時は、大変厳格で口やかましい先生とも思いましたが、実験というもの、後になってもっと厳格に行っておけば良かったと思うのが常だとは、後になって分かりました。その後だけでも何人の学生の実験を指導し、手助けしたことでしょう。学位を取った構造系の学生の大半が市田さんにお世話になっていましたね。来年度からの日大での学生指導、適任ですね。

あれからもう14年くらいになりますね。宇宙研が相模原キャンパスの整備を始めた頃。ちょうどM-3S II型ロケットの開発に追われていた頃。ロケット機体の構造試験をする設備を当時の駒場キャンパスに建設するわけには行かず、相模原キャンパスに構造機能試験棟を建設しました。構造機能試験棟の構想を綿密に纏め、工事が始まると、未整備で不便な相模原キャンパスに毎日のように足を運ばれましたね。おかげで使いやすい試験棟ができあがり、ぎりぎりのスケジュールながらM-3S II型ロケットの構造試験も終えることが



研究室旅行で学生諸君他と。
かがんでいるのが市田さん。

出来ました。

M-Vの開発でも次から次と構造・機構試験が行われ、市田さんと構造機能試験棟の活躍が続きました。おかげでM-V-1号機も見事に成功することとなりました。こんなに長い年月が過ぎたのに、私には市田さんが変わったという意識が殆どありません。私も一緒に年をとったからでしょう。これからも変わらない市田さんでいてください。

(おのだ・じゅんじろう)

宇航研のマドンナ

中井雪子

マドンナといっても例の女性の事ではありません。夏目漱石の「坊ちゃん」にも登場する皆のあこがれの的、そう図書室の前山昭子さんの宇航研時代の愛称のことです。先達で、前山さんのお若い頃の写真を見せていただく機会がありました。女優さんのプロマイドのようで、すっかり見とれてしまいました。

私が前山さんと親しくお話をするようになったのは、その写真の時代より少し後になります。プロマイドから抜け出たような前山さんにお会いできなかったのは大変残念でしたが、その頃もマドンナの雰囲気は充分に持っていらっしゃいました。そして今も気品のある美しさ、時に幼児の様な純真な笑顔と、図書室のマドンナであり続けていらっしゃいます。

私が前山さんと初めてお話をしたのは、宇航研時代にあったクラシック音楽を聴く会の事だったような気がします。その後はお互いに大好きな猫達の話、共通の趣味の生け花の事、そして仕事の悩みと、私の中でその存在が次第に大きくなっていきました。

また、宇宙研、境界研と所属組織は異なりましたが、図書室を共同運営することになり、仕事に対する心構



えや情熱といったものを、身をもって教えていただきました。私の人生の大半は、前山さんと一緒にあったと言っても過言にはならないでしょう。定年を迎えられる前の一年間をご一緒に仕事ができ、本当に良かったと思っています。

これからもお元気で、いつまでも私たちのマドンナでいていただきたいと願っております。

(なかい・ゆきこ)

鈴木さん、栄一さん

前山勝則

駒場キャンパス時代の話ですが、西門を通り抜ける新人に守衛さんの一人が「何研の方？」と声をかけたら、「はい、岡山県出身です」と返事が返ってきた。古典的逸話ですが何遍聞いてもニヤリとしてしまう。われわれは、お人柄から推察して、この守衛さんは鈴木栄一さんだ、と信じきっています。

その鈴木さんがいよいよ停年。過ぎ去って行く時間を流れる川の水に例えるように、昭和37年12月1日入所の鈴木さんは、毎朝毎夕通り過ぎるわれわれを温かく見守ってこれ、この3月をお迎えになります。われわれの惜別の思いは言い尽くせません。

冒頭の逸話の時代は職員との交流も多かったので、われわれもよく守衛室に通ったものだった。茶菓子をいただきながらの雑談、閑談、清談、冗談。鈴木さんはいつも穏やかに語られ、静かに耳を傾けられた。われわれの社会勉強の時間でもあったのです。

鈴木さんの背広の着こなしのよさに気がついていました。実は鈴木さんは洋裁の専門家の時代があった方でして、まずは研究所一の着こなし名人でしょう。まっすぐ手を伸ばしてみて、背広の袖口から白いワイシャツが覗かないようなチョベリバな着方をしている人



達は、直ちに鈴木さんの所へ行き教を請うべし、です。

職場旅行の観光旅館で引き当てたニュージーランドツアーの一件を楽しげに思い出しながら、鈴木さんはこうおっしゃった。「ここにいたからこそ会えた人、経験出来たこと。たくさんあって幸せでした」。

月並な言葉しか思いつかなくて歯がゆい気持ちですが、どうかお元気で。そうして、これまで通り、時には「八海山」を一緒に茶碗で飲みましょう、栄一さん。

(まえやま・かつのり)



旧駒場キャンパスの高速風洞に関する思い出

辛 島 桂 一

風洞と私との関係は昭和31年4月東京大学理工学研究所に助手として就職して以来今日まで41年間にわたります。就中、私にとって最も思い出深い風洞は旧駒場キャンパス60号館の高速風洞設備であります。この設備は超音速風洞と極超音速風洞の2風洞で構成されており、昭和33年に理工学研究所が航空研究所に改組された際に研究設備の整備強化の方策として作られた超音速気流総合実験設備の一部であり、昭和37年度に完成しました。特に後者は我国で建設された最初の大規模極超音速風洞で、当時国内ではその建設経験が皆無なため設計・製作を直接担当された私の恩師の河村教授をはじめとする建設委員会の方々が大層苦労されたと聞き及んでいます。

上記風洞設備の建設に直接関与する機会がなかった私は、利用者として大いにその恩恵にあずかるつもりでいましたところ、思いがけず建設後の風洞の後始末で苦労する羽目になりました。何分にも経験と詳細なノウハウ不足の状態ですり手探りで作った風洞ですので最初から設計通りの性能を期待することが無理であるのは止むを得ないにしても、風洞が規格通りの性能を発揮せず、特に極超音速風洞は始動すら出来ない状態でした。それ故、不具合の原因を突き止め、風洞を使える状態にまで改善することが河村教授より私に与えられた仕事であります。風洞に関する知識や経験に乏しい駆出しの私は最初は何から手を付けてよいやら分からず右往左往の状態でしたが、引き受けた以上はやらざるを得ないと覚悟を決めて、試行錯誤の方法で挑戦することにしました。超音速風洞では $M=4$ のノズルが始動困難であることを除いて特に深刻な不具合がなかったのは幸いでしたが、そのノズルを始動させようとして風洞の駆動圧力を上げていたところ、ノズルブロックを整流筒に押し付ける油圧装置が力不足でブロックが動きだし、危く大事故になるところで、命から

がら逃げた記憶が今でも鮮明に蘇ります。

一方、極超音速風洞が始動出来ない深刻な不具合の原因は測定室の空気洩れにあることは容易に推定出来ましたが、その解決には意外に手こずり、土方仕事の毎日でした。空気洩れの可能性が考えられる箇所を慎重に点検した結果、苦労の末に測定室をコンクリート台座に固定するボルト部分からの僅かな空気洩れが原因であることが判明し、始動不能の難題を無事解決できて胸を撫で下ろすと同時に、極些細な空気洩れでさえ大型風洞の死命を制する原因になりかねない現実の厳しさを貴重な教訓として学びました。尚この風洞では測定部で様な極超音速流の実現を目指して模型支持装置や噴流捕獲筒の改良に苦労した結果、ほぼ満足できる状態になりましたが、始動圧力比不足のため $M=9$ ノズルの実用を断念せざるを得なかったことは今でも残念に思っています。その後、航空研究所は宇宙航空研究所、更に文部省宇宙科学研究所に改組され、キャンパスが相模原市に移転のため駒場の風洞設備を放棄するまでの約30年間、私は引続き保守管理の実務担当者として当該設備に関わり、自身の研究の遂行と併行して測定データの精度や信頼性の向上に苦労した日々が懐かしく思いだされます。その間に生じた様々な故障や不具合の処理を通して多くの貴重な経験や知識の蓄積ができましたし、特別事業関係のロケットの空力計測にもこの風洞設備は頻々利用され大いに役立ちました。

これらの経験や知識が本研究所現有の高速風洞実験設備の建設に際して大いに役立ったことは言うまでもありませんが、長年の思いを込めて建設したこの風洞設備が、現在共同利用設備として全国の空力研究者の利用に提供され役だっていることを考えると、それは私の大いなる喜びであり、正に風洞屋の冥利に尽きるものであります。(からしま・けいいち)

ISASニュース

No.192 1997.3.

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>)。