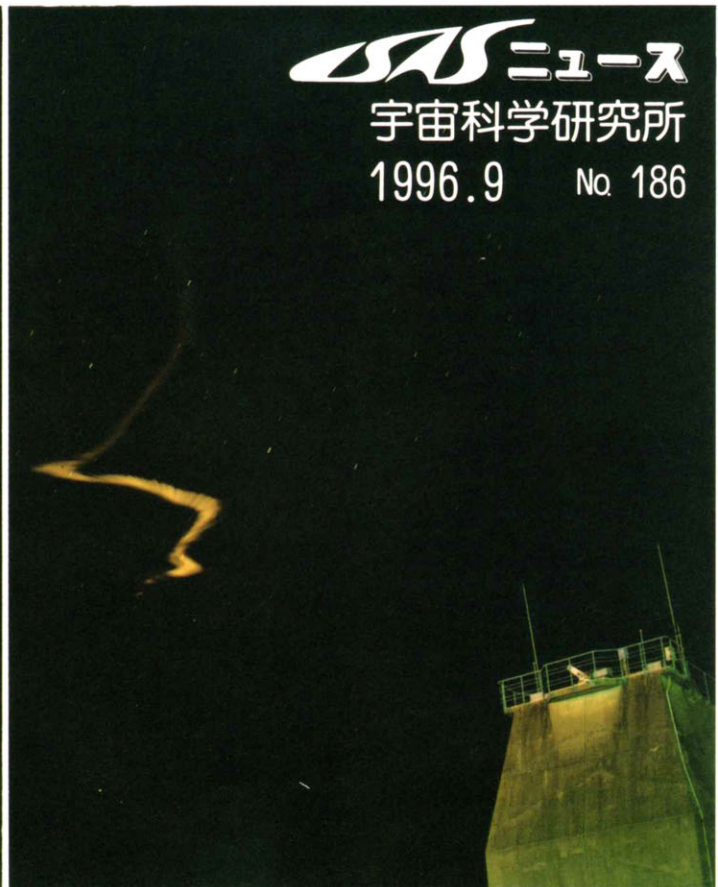




打上げを待つS-310-26(左)とTMA発光雲(右)〈撮影：前山勝則〉

〈研究紹介〉

宇宙機器と複合材料

宇宙科学研究所 向 後 保 雄

◆はじめに

“複合材料”は今や特殊な材料ではなく、身の回りを見渡すとあちらこちらに使われている材料になりました。たとえば、テニスラケットやスキー板、あるいはブラックシャフトと呼ばれているゴルフクラブなどはその代表的な例です。しかし複合材料は、歴史的に見れば1940年代に繊維強化プラスチック（FRP）が米国で初めて作られて以来、今日まで高々50年程度の歴史しかなく、現在の構造物の主流である金属材料とは比べ物にならないほど“若い”材料です。

ここでは、この“若い”材料がどのようなものであるか、宇宙構造物を造るうえでどのように役立っているのか、また、現在どのような研究がなされているかなどについて紹介します。

◆複合材料とはどんな材料か

複合材料とは、「二種類以上の材料を組み合わせ、個々の材料では持ちえない特性を示す材料」であり、目的に応じて設計可能な材料とすることができます。宇宙構造物に用いられる複合材料の代表例は、炭素繊維を樹脂でくるんだものです（「複合化」と呼んでいま

す）。炭素繊維は直径 $7\mu\text{m}$ の細い繊維ですが強度は鋼の2倍～4倍、重さは $\frac{1}{4}$ 程度と、軽くて強い材料です。しかし、炭素繊維だけでは構造物を形成することはできず、樹脂と複合化した繊維強化プラスチック（FRP: Fiber Reinforced Plastic）にすることによって構造材料として用いることができます。繊維の並び方は目的に応じて色々な組み合わせがなされ、組み合わせに応じて特性を変化させることができます。このように、二種類の軽い材料から、強い材料を作ることができることは「重さ」が重要な因子である宇宙構造物にとって非常に大きな利点であり、これが“若い”材料であるにもかかわらず、人工衛星の構体やアンテナ、太陽電池パドル等に多用されている所以です。図1は強度および剛性を密度で割った値（比強度および比剛性と呼ばれています）ですが、同じ重さでどれだけ強く、変形しにくい構造を作ることができるかの目安となります。この図を見ていただくと明らかなように、FRPが金属材料に比べて軽くて強く、変形しにくい材料であることがわかります。

次世代の宇宙研の大型ロケットであるM-Vにも複合

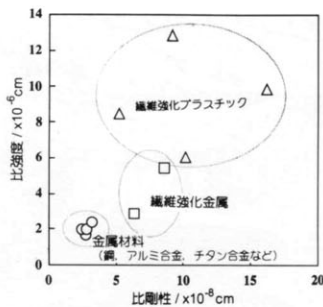


図1 複合材料と金属材料の特性比較

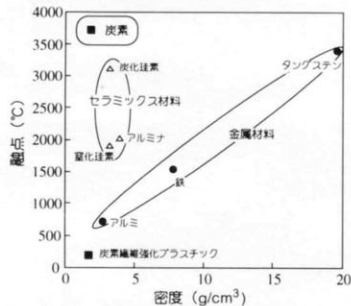


図2 材料の密度と融点の関係

材料はたくさん用いられています。例えば、キックモーター、第3段モーターおよびノズル部等はCFRPで作られています。また、ノーズフェアリング、機器搭載部などはCFRPを表皮材とするアルミハニカムサンドイッチ板から作られており、いずれもロケットの軽量化に大きく寄与しています。

◆高温で使える複合材料

このように、複合材料はすでに人工衛星およびロケットの構造材料として多用されている材料ですが、将来の宇宙飛翔体を考えた場合、高温で使える複合材料が期待されています。これは、ロケットの高性能化や将来のスペースプレーンのエンジンなどでは、高温において高強度な材料が必須であるばかりでなく、回収カプセルや、スペースシャトルに代表されるような宇宙往還機が、再突入の際に被る空力加熱から機体を保護する軽量構造材料の開発が望まれていることによるものです。

図2は材料の密度と融点の関係を示したのですが、宇宙構造用耐熱材料としては密度が小さく融点の高いものが 필요합니다。残念ながらCFRPはプラスチックの使用できる温度の制約から、1000℃以上の温度が要求される耐熱材料としては用いることができません。金属材料の中には、タングステンのように非常に高融点の材料もありますが、融点の高いものは密度も大きく、重すぎます。このような整理をすると、セラミックスや炭素材料は軽くて融点も高いことがわかります。しかし、これらの材料は一般に脆いため、そのままでは構造部材として用いることができません。そ

こで、ふたたび複合材料の出番となるわけです。CFRPの強化材として用いられた炭素繊維は炭素だけからできているので、図2中にもあるように軽量で高融点です。したがって、炭素繊維をセラミックスまたは炭素と複合化することによって、セラミックスまたは炭素の脆さを改善し、軽量で高強度の耐熱材料を作ることができます。現在では、炭素繊維ばかりでなく炭化珪素や他のセラミックスを用いた繊維も開発され、様々な種類の耐熱複合材料についての研究がなされています。

耐熱複合材料の中で、高温強度を問題にする場合、図3に示すように炭素繊維強化炭素複合材料(C/C複合材料)の特性は秀でており、2000℃以上の高温まで強度を保持することが可能です。また、C/C複合材料は他のセラミックスに比べ熱膨張係数も小さいことから、急激な温度変化に伴う熱衝撃に対しても損傷をうけにくいという利点があります。このように優れた高温特性を有することから、一部ではすでに実用化されている部材もあります。例えばM-Vロケットのスロート部は非常に高温になるため、C/C複合材料でできています。

このように、C/C複合材料は耐熱材料として非常に有望な材料ですが、もちろん欠点もあります。最も大きな欠点は、炭素からできているため酸化性雰囲気では500℃程度から酸化してしまうことです。ロケットのスロート部のように一度だけ短時間高温に耐える場合には酸化量を考慮した設計も可能ですが、将来の飛翔体では再利用が前提になるものと考えられるため、酸化を防止する対策が大切になってきます。これを行った例が、米国のスペースシャトルです。スペースシャトルでは、再突入時の空力加熱によって高温にさらされるノーズキャップやリーディングエッジにC/C複合材料が用いられており、酸化を防止するためC/C複合材料表面には炭化珪素(SiC)の被膜が形成されています。このように、セラミックスを表面に被覆(コーティング)してC/C複合材料と酸素の反応を防止

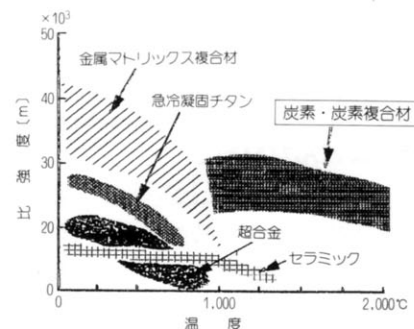


図3 各種材料の高温比強度

することが可能ではありますが、実際にはこれで全てが解決するわけではありません。前に述べたように、C/C複合材料は熱膨張係数が小さいため、表面にコーティングしたセラミックスとの熱膨張係数差からセラミックスに割れが発生します。酸素はこの割れを通してC/C複合材料と反応し、特性を劣化させます。また、SiCを被覆材にする場合には、SiCの使用可能な温度の制約から、1600℃程度までしか使えないことになります。このような観点から、割れの発生しないコーティングや、より高温で使用可能なコーティングに関する研究が進められています。

◆耐熱複合材料の課題

上で述べたC/C複合材料の適用例は、高温にはなるものの機械的な強度があまり問題にならないような部材でした。しかし、今後は高温でかつ高強度が要求されるような使い方がなされるものと思われます。宇宙研において検討が進められているスペースプレーン用エンジンであるエアーターボラムジェット(ATREX)エンジンは、その良い例です。空気吸い込み式のエンジンであるATREXエンジンでは、図4に示すようなチップタービンおよびファンが用いられますが、マッハ6を実現するためには材料温度が1500℃程度と予想されています。軽量化のため、冷却機構を使わずにこれを実現しようとする場合、C/C複合材料以外の材料は用いることができません。このため、現在C/C複合材料を適用するための検討が進められています。

C/C複合材料を用いて要求を満足する部材を作製するには、いくつかの課題があります。まず、複合材料によって図4のような複雑形状を最適設計すること自体に困難が伴います。高速で回転するチップタービンおよびファンには遠心力によって高い応力が発生しますが、これに合わせて繊維の配向を制御して各部品を組み上げていかなければなりません。このためには、各部品に発生する応力の解析や、これに適した材料を用いた材料試験、実際の形状に合わせた要素試験など

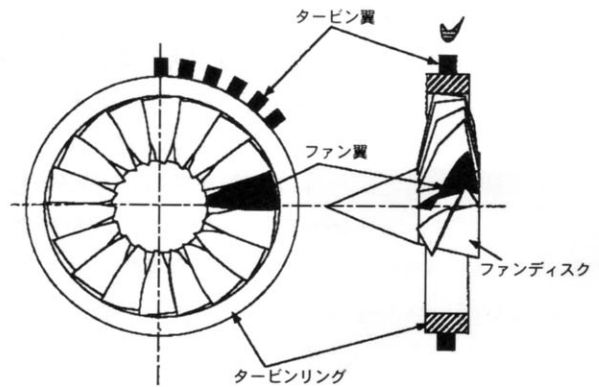


図4 ATRエンジンのチップタービン・ファン

多くの段階を経る必要があります。また、高温酸化環境で高強度を維持する必要があるため、酸化によるC/C複合材料への影響はより厳しいものとなります。したがって、耐酸化コーティングによる酸化の防止は不可欠で、コーティング方法自体、およびコーティングされた材料の特性劣化の評価等が、構造の信頼性にかかわる重要な問題となってきます。

これらの課題を克服してC/C複合材料をチップタービンおよびファンに適用することは、強度が問題となるような高温構造材料としての適用可能性を実証することでもあり、耐熱構造材料の開発において工学的な意義は大きいと考えます。

むすび

宇宙機器に適用可能な耐熱複合材料には、C/C複合材料以外にも炭化珪素、窒化珪素、アルミナ、ガラスなど様々な種類の複合材料があります。また、より厳しい熱環境では、アブレーション材料が重要な役割をはたします。これらはそれぞれ長所と短所を有し、使用条件によって最適な材料を選択していかなければなりません。

したがって、今後は耐熱複合材料の適用化を推進すると共に、ニーズにあった材料を選択できるような指針を明らかにすることも大切になって来るものと考えます。(こうご・やすお)



★S-310の打上げ

S-310-25、26号機は2機で1つの実験となっており、通称SEEK(Sporadic-E Experiment over Kyushu) ロケットと呼ばれています。このロケットは夏場に良く発生するスポラディックE層が夜間になると周期的に波打つ事が有るようなことが数年前にレーダーによる観測により明らかになった為、この発生原因などを調べる為に計画されました。

26号機にはTMAと呼ばれる発光雲を作る為の薬品が搭載しており、TMAの作る発光雲は地上4点(高知、宮崎、内之浦、種子島)から写真観測を行う事になっていました。この為、打上げ条件は地上観測点の2点以上が晴れている事(26号機)、月明りが無い事(26号機)、現象が出ている事(両号機)、と大変厳しいものとなりました。

26号機は8月21日0時30分に打ち上げられました。15分後に打上げを予定していた25号機の方は打上げ直

前になって肝心の現象の方が消えてしまった為打上げを延期し、8月26日23時丁度に打ち上げました。両号機で同一の現象を観測するという事は出来ませんでしたが、TMAは地上3地点が快晴、残り1地点も雲は有るものの発光雲自身は観測ができ、当初予想していた10~15分という観測時間よりも長く20分に渡って観測する事が出来ました(表紙写真参照)。また、宮原に新しく作られた精測レーダーによる計測もうまく行き、観測としては両号機共に申し分の無い観測が出来ました。今後は25、26号機の双方に積まれていた、電場計測器と電子密度計測器のデータから両号機のデータをつなぎ合わせて解析を行う事になります。

最後になりましたが、度重なる打上げ時刻の変更(実に32回たぶんタイトルホルダーでしょう)で、実験各班はもとより関係各位には大変お手数をお掛けしました。おかげ様で、大変貴重で良質のデータを得る事が出来ました。皆様の御協力と御理解を感謝致します。

(早川 基)

★第2回 日米 月・惑星会議

昨年に続いて本年も、宇宙研、Planetary Societyの共催による、第2回日米月・惑星会議が、8月5日から7日の3日間の日程で宇宙研において開催された。ホストは、もうすっかり宇宙研におなじみとなった、元JPL所長の、カリフォルニア工科大学教授 Bruce Murray博士で、宇宙研の惑星科学を代表する水谷教授と共同で企画されたものである。今年も、S. Gulkis, C. Pieters, R. Binzel, D. Stevenson ら米国から著名な科学者の参加があり、会議はまことに盛況であった。特に、今年はJPLの副所長格である、C. Elachi博士も参加され、特に小惑星探査計画であるMUSES-Cにおける、NASAとの協力関係についても、会議と併行して突っ込んだ討論の機会があり、まことに有意義であった。折しも、斎藤(宏文)先生のもとで滞在されているJPLのNew Millennium計画の推進者である Ross Jones氏も加わり、理工両面での議論も活発であった。会議は、初日が月探査、2日目が小惑星サンプルリターン計画、3日目が水星探査計画という内容で、米国参加者のために3日目夕方には、所内の施設ツアーも盛り込まれ、米国科学者の方々もみな一様に満足いただけたものと思う。偶然にも、彼らの到着された8月3日(土)には、所内一般公開があり、「百聞は一見に如かず」ということで、宇宙研の何たるかを存分に理解いただいたことが、幸いであった。

Bruce Murray博士の意気込みに圧倒されたかの感が

あるこの会議、早くも来年の企画やら、ロジックの手配やら、既に始動しているところがコワイところである。

(川口淳一郎)

★エド・ストーン氏来訪

先月の19日、JPL所長Edward C. Stone氏が来訪されました。氏はボイジャー計画の科学主任としてこの壮大な計画を成功に導いたことで有名ですが、1990年よりJPL所長としてガリレオ、ユリシーズやマジェランなどの大きな計画の指揮をとって来られました。所長室での懇談の後、所内の主な施設をご案内しましたが、たまたまC棟にはMUSES-B、Lunar-AそれにPlanet-Bの熱構造モデルがあり、これからM-Vを中心に展開する宇宙研の活動を見ていただくにはよい機会だったと思います。C棟では水谷さんのペネトレーター開発にまつわる苦労話に耳を傾けられ、同じくPlanet-Bの電磁干渉試験を実施中のシールド室ではシールド室そのものに大変興味を持たれた様子でした。最後は、今や定番となった「ようこう」運用室での日米協力の実際をご覧になりこれも大変満足された様子でした。所長室での懇談の折、後のスケジュールを気にしてそわそわしているわれわれを前に、お持ちになった木星の衛星ユーロパの最近のクローズアップ写真で明らかになった高速道路のようにみえる氷の割れ目の中に見える白い線や、これもはじめて磁場を持っていることが分かった衛星ガニメデの写真を示しながらいかにも嬉しそうに説明されるStone氏を見ていると、「アメリカの宇宙」健在なりという感じを受けました。

(鶴田浩一郎)

★MT-135-64号機噛合せ

MT-135-64号機は、7月30日に電波監理局によるレーダーの検査を受けた後、机上での測定系のチェック、タイマー試験の後、振動、衝撃試験を終え、最後にパラシュート系とオゾン測定系に100Gの衝撃を加える試験を行って順調に飛翔前試験を終えた。64号機の発射日は、米国の成層圏モニター衛星SAGA-IIが内之浦に最接近する9月13日が選ばれている。40km以上は化学反応の影響が明瞭に現れる高度領域で、これまでのMT-135号機の観測で、オゾンの変化がフロンによるものか、太陽活動によるものか、分離出来る可能性が出てきた。MT-135ロケットによる観測は、ADEOS衛星に搭載されているオゾン観測器の検証にも役立つものである。

(小山孝一郎)



ロケットのはじまり

宇宙科学研究所 的川泰宣

人類は古くから宇宙を飛ぶことを夢見てきたが、現実はどうやってそれを実現するかを知らなかった。そのカギを握っていたのはロケットである。しかもこのロケット技術は、すでに11世紀には、明らかに中国で使われていた形跡がある。

人類がはじめに作り上げたのは初歩的な固体推進剤、つまり火薬を用いたロケットである。それは、矢に火薬入りの筒を取り付けただけの簡単なもので、当時の中国（宋）では「火箭」と呼ばれていた。その矢じりに毒を塗り、20本とか30本ずつまとめて竹製・木製の円筒につめ、一斉に発射した。矢は竹でできており、長さは90cmほど。

やがて1126年、宋はツングース系の女真（金）の侵入を受けて首都開封を占領され（靖康の変）、杭州に都を移して南宋と称した。この金の首都汴京（開封）を、1232年にチンギス汗の後を嗣いだ第三子オゴタイが包囲した。この戦いで守備側の金は、宋から習い覚えたロケット兵器を使って、モンゴル軍をさんざん悩ませた。2年の包囲攻撃を受けて、結局金はモンゴルの軍門に下ったが、モンゴルは苦しめられたロケット兵器の技術を金から学び、アジアからヨーロッパにまたがる大征服戦に使った。このモンゴルの跳梁の結果、ロケット技術は、早くも13世紀の末には、ヨーロッパにまで知られるようになった。

15世紀には、ヨーロッパでロケットが戦闘に盛んに用いられた。しかしちょうどその頃、ロケットの宿敵となる鉄砲が世界史に登場した。鉄砲は同じ火薬を使用しながら、ロケットよりはずっと扱い易くて精度が高い。



火箭の発射方法

こうして16世紀以来、ロケットはヨーロッパでは兵器の脇役にまわり、もっぱら花火や信号弾として数百年にわたって「窓際の時代」を過ごすことになった。

18世紀後半になり、イギリス軍の砲兵部隊にいたウィリアム・コングレーブが、ボディ（火薬筒）を厚紙ではなく鉄で作り、火薬を改良し、安定棒の位置をケー

スの脇ではなく中心軸に一致させた。コングレーブのロケットは19世紀の前半、イギリスの対ナポレオン戦争を初めとするさまざまな国との戦いで使用したので、その威力に悩まされた各国は競ってロケットを開発・保有することになった。



とはいえコングレーブ ベルヌ『地球から月へ』のロケットも、長い安定棒をつけて重心を後に送るタイプで、姿勢の制御などはむろんできなかったので命中精度は低かった。そして19世紀半ばまでに大砲の命中精度が飛躍的に向上するに及んで、ロケットは再び兵器としては主舞台を降りることになる。

ロケットが大砲の威力に圧倒されていたころ、科学の進歩に促されてSF（空想科学小説）は次第にその質を高めていった。1835年から1865年までの30年間は、「SFの黄金時代」と呼ばれ、人々が競ってSFの中に、月や他の惑星に住む「人間」を追い求めた時代であった。この黄金時代の仕上げの年、1865年に、あらゆる角度から見て「初めての本格的SF」と呼ばれるに値するジュール・ベルヌの『地球から月へ』が世に出た。ギリシャ神話のイカロスの物語以来、たえず人間を宇宙に駆り立てた未知への飽くなき好奇心を、ベルヌのSFは激しく揺り動かした。科学的で生き生きとした事実に満ち、躍るような筆致で書かれたその物語は、以後、夢という高性能の推進剤で宇宙時代に向って人類を強力に加速することになった。『地球から月へ』はつぎつぎと各国語に翻訳され、科学者を含む膨大な読者を獲得していった。そして人々に宇宙旅行のリアルな夢を伝え、それに刺激された少年少女たちの中から、宇宙開発のパイオニアが続々と育っていった。19世紀末から20世紀にかけて宇宙に夢を馳せたパイオニアたちが、例外なくSFの愛読者だったことは特筆してよい。その中から、ツィオルコフスキー、オーベルト、ゴダード、フォン・ブラウンなどの宇宙開発のパイオニアたちが次々と育ってきた話は、すでに旧聞に属する。まずは、火箭のはじまりの一席はこれにて。

（まとかわ・やすのり）

第31回コスパー総会に出席して

長 瀬 文 昭

宇宙空間科学研究委員会（COSPAR：Committee on Space Research）が主催する第31回コスパー総会（31st Scientific Assembly of COSPAR）は1996年7月14～21日の1週間英国のバーミンガム市で開催された。このコスパー総会は2年に一度開催されるもので、地球表面・気象・気候、地球・月・惑星および太陽系、地球大気・惑星大気、惑星磁気圏・太陽系プラズマ、天体物理、生命科学、材料科学等多岐にわたる研究分野の世界中の研究者が参加し、宇宙からの（または宇宙における）研究の成果が発表される。バーミンガム総会には2000名近い研究者が参加し、ポスター論文を含めて約2200編の論文が発表された。1週間の間に毎日20以上のシンポジウムが平行して開催されるマンモス総会である。

私の出張は自身が組織委員会委員でもある“X-ray Timing”と“Radio Pulsar”のシンポジウムに出席し、講演を行うことが主な目的であった。ところが、私が現在このCOSPARの国内対応委員会である学術会議・宇宙空間研究連絡委員会の幹事であることから、西田所長（COSPAR副会長、宇宙空間研連委員長）からどうせ行くなら各々2回ずつシンポジウムの前後で開かれるBureau meeting（理事会）およびCouncil meeting（加盟各国および各研究分野の代表者会議）に同席するよう指示され、渋々（おっと失言！喜んで）これらの会議にも同席した。

それというのも、次期の第32回コスパー総会は日本が主催国となり、名古屋の国際会議場で開催することに内定しており（バーミンガムのCouncil meetingに於いて、1998年7月に名古屋で第32回コスパー総会を開催することが正式に決定された）、その準備のために諸事見聞しておくことが目的であった。Council meetingに同席して、このCOSPARを取りまとめていくことの大変さを痛感し、会長、事務局長の調整能力と理事会・事務局の懸命な努力に敬服した。ところでこの会議で、名古屋の次の2000年総会はポーランド・ワルシャワに内定した。私はさらに研究会期間中夕刻より各科学分科会毎に開催されるBusiness meetingに出席するためにあちこち駆けずり回る羽目になり、ずいぶん多忙な研究会出席であった。

ただ今回幸いであったのは、バーミンガム大学の知人であるMike Church, Monika Church夫妻（共にX線天文学者で宇宙研に滞在したことがある）のお世話になったことである。まずバーミンガム大学特約の代理店からレンタカーを大学割引で予約しておいてくれた。

おかげで滞在中機動力があって助かった。到着翌日の日曜日早朝には小田稔先生をHeathrow空港にお迎えに上がるのに役立った。先生は世界の宇宙科学研究発展に寄与されたことでコスパー賞（COSPAR Award）を受賞されることになっており、その授賞式に臨むためにおいでになった。ご夫妻で大きなスーツケースを3個持っておいでになったが、なんとその内の1つは山登り道具が入っていたとか。何でもバーミンガムの後はスイスへ避暑に出かけ、山歩きを楽しむとおっしゃっていた。

このレンタカーのおかげで、会議やシンポジウムの合間に？（本当は合間などない！）、バーミンガム市近郊外のウォービック城やシェークスピア生誕地といわれるストラットフォード・アポン・エイボン、最もイギリスらしい田舎といわれるコッツウォルズの村々などへ出かけることが出来た。Mikeはまた彼のオフィスにわれわれ専用のワークステーションを用意してくれた。私は一度これを使って宇宙研に入り私宛のe-mailを読み、返事を書き始めたのであるが、日本とヨーロッパ間の回線があまりに遅く反応が鈍いのに辟易して、一度限りでこの端末を使うのは止めた（おかげで帰ってから溜まった100通以上のe-mailを処理する羽目に落ち込んだ）。堂谷君（彼はこの総会で若手研究者に与えられるゼルドビッチ賞を受賞した）はこの端末で毎日夜な夜なe-mailを読んだり、論文原稿を書いたりしていたようだ。

夜の部も先に挙げたBusiness meetingやCOSPAR主催のレセプション、コンサートと忙しかった。時間のあいている日にはChurch夫妻が郊外のレストランへ夕食を食べに連れて行ってくれた。バーミンガムあたりでも郊外へ出かけると美味しい田舎料理を食わせる店がある。Church夫妻はさらに気を利かせてバーミンガムコンサートホールのチケットを買っておいてくれた。Mikeは前方の非常に良い席が取れたと自慢気で、同伴した家内は大喜びであったが、小生には少々ありがた迷惑なことではあった。どうも薄暗いコンサートホールで音楽を聞いていると、すぐに眠くなるので。結局2回ともコンサートチケットの小生分は体よく知人にお譲りした。家内は2回もコンサートに行けて御満悦、私はホテルでゆっくり疲れを癒すことが出来て満足。ま、今回は公私ともに充実した、楽しい出張をさせていただいた。それにしても会期中に提出して帰るべき発表論文の原稿を、今から大慌てで書かねばならないのは憂鬱である。（ながせ・ふみあき）

宇宙通信工学（最終回）

宇宙での超遠距離通信、夢のまた夢

平 林 久

小宇宙「通信」シリーズも最終回、まじめなエキスパートの文章が続いたので、八方破れ（末広がり？）に終わろう。

超遠距離通信工学という名の部門にいる。このごろ、「ちょう」という言葉が流行っているが、この部門名の方が元祖。英語名は、Deep Space Communicationと名づけられた。これをまた逆翻訳すると、ふつつ「深宇宙通信」と訳される。専門用語でいう深宇宙は、月までとか太陽系内ぐらいまでの距離をいう。

私はもともと天文畑なので、「宇宙」と聞くと百億光年の広がりイメージし、「深宇宙」には深淵の極みの宇宙を感じる。それがたかだか太陽系内ぐらいに使われると、過大広告のように感じる。

深宇宙という言葉は、人間の宇宙活動の拡大につれて定義が拡大すると考えたい。NASAの惑星探査機のパイオニアやボイジャーが太陽系から飛び出ている。ボイジャーの発電能力と送受信能力とからみて、21世紀に入っても通信は成り立つ。かくして深宇宙通信の範囲は少しずつ拡大する。

電波望遠鏡は、ビッグバンによって宇宙が始まった頃の電波を捕まえることができる。この電波は、百億年を超える時間を生真面目に走り続けていたわけで、ほんとにご苦労なことである。

宇宙が始まって10万年もすると宇宙が晴れ上がり、電波のとおりやすい透明な宇宙の時代に入る。このとたんに飛び出した電波が今捕まるのだから、これ以上の遠距離の電波通信はありえない。これは、宇宙そのものと人との間で交わされた超遠距離通信といえる。

通信というと、普通は知性体どうしのやりとりを考える。超遠距離通信の記録を大きく書き換えるには、宇宙人の電波を捕まえるに限る。実際、超遠距離通信部門と聞いて、「宇宙人の電波でも捕まえるんですか」と聞く御仁もいる。

宇宙文明はどの程度離れて存在するのだろうか。一千光年先か、一億光年先か。幸い、現状の地球文明の技術でも、伝送レートをぎりぎり落として通信距離を稼ぐと、一千光年の距離との通信も可能である。

期待する人には申し訳ないが、今の私達の仕事は宇宙の堅い観測に属する。その仕事の中から、宇宙と人として協力する超遠距離通信を思考実験してみよう。

星間空間ではメーザー（ご存知 Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiationの略）現象が起こっている。広い宇宙空間の特殊な星周辺領域で、OH、H₂O、SiO、CH₃OH等の分子が、次々と誘導放出の連鎖反応で、そろった強力なマイクロ波を放出する。宇宙空間が増幅器である。

電波の発生体が等方的に電波を出していても、光速に近づいていくと、相対論的な効果が働いて、進行方向にビームが絞られてくる。これはアンテナでビームを絞ったのと同じである。宇宙でよく見られるシンクロトロン輻射は、素過程としては磁場の周りを螺旋運動する個々の荷電粒子の相対論的ビーム効果によっている。更に、活動銀河核からの高エネルギー電子ビーム全体が中心から飛び出してくると、これ全体が前方にビームを集中させる。このような活動銀河核をビームの前方でみると、実体よりも遥かに輝いてみえる。

逆に、宇宙で電波や光を集中させるメカニズムはないだろうか。質量があると重力によってレンズの効果を果たす。実際こうして、「重力レンズ」といわれる現象がたくさん見つかっている。その源が星スケールではMACCHO、銀河スケールでは綺麗なアインシュタインリングをみせるものまで見つかっている。

私たちは自然現象としてのこんな面白い事実を観測している。遠い遠い将来、こんな技術を発展駆使して、宇宙文明と超遠距離通信を展開する時代が来たら、超おもしろそうー。（ひらばやし・ひさし）



“You are in Japan”

Boris V. Novozhilov

The following is from the diary of a man who has been living in Russia all his life and visited Japan three times when he was over sixty. He became attached to Japan at a glance, however, a lot of noteworthy and very right things were firstly rather strange for him.

...We, Prof. M. Kohno and I, are returning from a scientific trip. I buy *nama-biiru* and the shop-girl should give me 490 change, I see she has a palm of coins fairly enough to give me the sum. Instead of that, the girl begins to ask and explain me I do not know what. I hear a lot of *sumimasen*. At last I think out to show her my palm with coins. She takes 10 and gives me a coin of 500. I am surprised why she did not give me the change at once. Prof. M. Kohno says:

“The girl does not want you to be aggravated by nine coins.” And then he adds:

“*You are in Japan, Boris!*”

...Never had I such favourable conditions for living and working. The lodge is only about fifty meters from my office. My room is very comfortable. The office, PC, the library at any time... Saori-san and Rumiko-san are well disposed to me and help me very much.

...Only two or three times I saw blind people, but every pavement has a special yellow goffered path and a blind person is able to reach any place he wants using this path, for example, to catch a train.

...*I am in Japan.*

...When children go to school or return home, special persons with bright flags necessarily stay at each cross-roads to achieve safety.

...Our work goes on. It is very interesting to discuss some practical problems with Prof. M. Kohno and H. Maruizumi san. Young Dr. Toru Shimada is a very skilled researcher.

...At an evening I was walking along the street near the Fuchinobe Park. Suddenly, I heard a signal of a bus stopped close to me. The bus stop was in the distance about fifty meters, but the driver thought that I would not be there in time and wanted to help me. Amazed I could only say:

“*Arigatoo, I am Walking.*”

...*Watashi wa Nippon ni imasu.*

...All dogs are on leads. What is more, their masters always have tools in order to clean the ground after pets. *Shinjiraremasen!*

...There are a great number of combustion problems we intend to solve: nonlinear response functions, erosive burning of highly metallized propellants in large scale motors, gasless combustion behind the stability boundary. I am lucky, maybe we will be able to use a supercomputer.

...In the morning, particularly on Saturdays and Sundays,

Sagamihara looks like a stadium.

Both children and adults run, play tennis or baseball, visit sport grounds and pools. As a result, the average length of life in Japan is one of the highest in the world.

... わたくしは日本にいます。

...We had our joint presentation at 20th International Symposium on Space Technology and Science in Gifu. I think our theoretical study of nonlinear effects during propellant combustion should be continued.

...How many places and cities M. Kohno-sensei, H. Maruizumi-san and T. Akatsu-san have shown me! Tokyo, Yokohama, Nagasaki, Kyoto, Himeji, Minamata... The list is too large.

...Practically, it is impossible to see a young giving up his place in a bus or train to old persons (and a girl as well!).

...*Yes, you are in Japan.*

...What a nice place Sagami is! They all are very friendly. The same in the coop, lodge, cafeteria, seven-eleven, in the street. I try to speak *Nippon-go* with the ISAS guards.

... 私は日本にいます。

...The whole day in Kamakura city with my friends. *Ureshii desu.*

...The small seminar on erosive burning of solid rocket propellants. Again I am able to work together with young researchers. It is impossible in Russia now.

...The farewell party in the Fuchinobe park...

...The way to Narita...

...*Arigatoo, Japan.*

...*Sayoonara...*

August 15, 1996

Prof. Novozhilov is professor of Institute of Chemical Physics, Russian Academy of Science, Moscow. He is a world famous combustion scientist, especially by the theory of nonsteady propellant combustion, Zeldovich-Novozhilov theory. He was invited to ISAS as a visiting researcher in 1994 and in 1996. He has made a contribution to the development of M-V by participating in solving the problems with respect to the combustion stability and erosive burning of highly aluminized propellants in large scale solid rocket motors.

ISASニュース

No.186 1996.9.

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)