

IAS

ニュース

No. 71

宇宙科学研究所
1987. 2

〈研究紹介〉

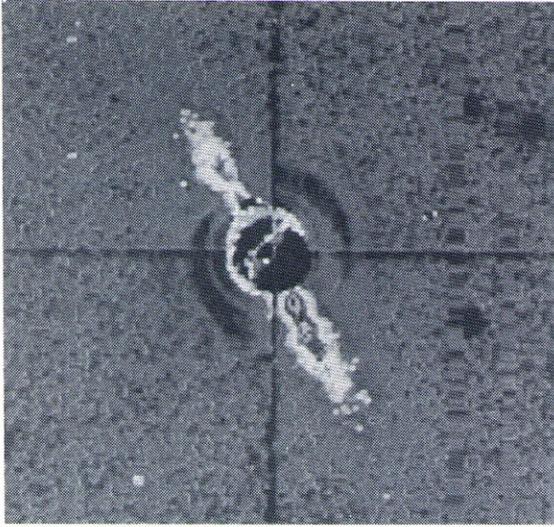
原始惑星系と塵の雲

京都大学理学部 中野 武 宣

織女星 (Vega) が塵の雲をまとっていたとは驚きであった。Vegaは分光測光上の基準とされる星である。その星をIRAS (赤外線天文衛星) で見たところ、 $60\mu\text{m}$ と $100\mu\text{m}$ の波長帯で、星の表面から出ていると予想されるものの10倍近い強度が測定されたのである。星の表面からの強度を引き去った残りのスペクトルは、絶対温度約85 Kの黒体放射でよく近似できる。これは塵による熱放射と考えられるが、塵の大きさが数 $10\mu\text{m}$ 以上ならば、塵の温度が85 Kとなるのは、星から約85AUの位置においてである (1AU = 1天文単位: 地球と太陽の平均距離)。これはIRASが見た波長 $60\mu\text{m}$ での源の広がり的一致する。このようなことが新聞に報道されたのは1983年8月のことであったが、これは私が太陽以外の星のまわりでの惑星形成の研究を始めて3ヵ月を経たばかりの時だったので、私にとっては二重の衝撃であった。

それから約1年後の1984年10月、私は再び新聞報道に驚かされた。近赤外でのCCD写真によって、画架座 β 星 ($\beta\text{ Pic}$) のまわりで塵の円板をほぼ、

edge-onに捕えたというもので、写真も載っていた (図1)。中心星をコロナグラフの要領で隠して撮ったもので、星から100AUよりも外側が写っており、少くとも400AUまで広がっている。300AUでの円板の厚さは約50AUなので、塵の軌道の円板中央面からの平均的傾きは 5° 以下と考えられる。また、中央面上での表面輝度分布は $r^{-4.3}$ (r は星から視線への距離) というべき則で近似できる。この星はA5型の主系列星であるが、この型の標準的な星に比べて0.3~0.8等級暗い。この星のスペクトルに赤化は見られないので、減光を起しているのは星間塵よりもはるかに大きい固体粒子と考えねばならない。従って、減光は星周囲の塵の円板によるものであり、その光学的厚さは0.3~0.7である。IRASはこの星にも非常に大きい遠赤外超過があることを確認している。 $12\mu\text{m}$ と $60\mu\text{m}$ での明るさの差 (色指数) は5.4等級にも達する。これは $60\mu\text{m}$ での強度が、 $12\mu\text{m}$ での強度を星の有効温度の黒体放射で $60\mu\text{m}$ まで伸ばしたときの強度の140倍もあることを意味する。なお、Vegaの色指



面架座β星のCCD写真

数は1.9である。β Picの質量は1.7~2.1M_☉、Vegaの質量は2.4~2.9M_☉と考えられる。(1 M_☉=太陽の質量)

IRASの点源カタログを星のカタログと対照させることによって、12μmと60μmでの色指数が1等級をこえる星が24個確認されており、“Vega-like star”と呼ばれている。これらの星の大部分は主系列星で、A型のものが多い。晩期型が少ないのは、暗くて観測しにくいのが原因の1つと思われる。B8型よりも早期の星が無いのは注目すべきであろう。

円板を構成している塵は、星間塵よりもはるかに大きい。これは星の周辺で星間塵が大きく成長したこと、あるいは惑星形成の過程が進行中であることを匂わせる。しかし、1.8M_☉の星の周りでは、その寿命1.8×10⁹年のうちに惑星が生れるのは、高々30AUまでである。また、3M_☉の星の寿命3.8×10⁸年のうちに惑星が生れるのは10AU以内である。Vegaとβ Picの塵の雲のうち、少なくとも観測にかかった部分は、惑星形成領域よりもはるかに外にある。それでは塵の雲はどのようにして生れ、惑星形成とどんな関係があるのだろうか。

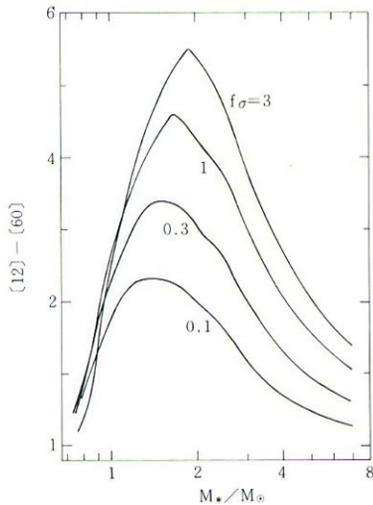
惑星形成過程における最初の出来事は、星の周りのガス円板中で塵が中央面に向かって沈澱し、微惑星を作ることである。ガス雲がハヤシフェイズの終り頃まで残っておれば、Vegaやβ Picの塵

の領域でも微惑星は生れる。惑星形成領域の外では、微惑星同士はごく稀にしか衝突しない。相対速度は微惑星表面での脱出速度よりも小さく、衝突は極めて非弾性的なので、衝突物質の大部分は重力的に束縛状態を作るが、ごく一部の破片は重力を振り切って飛び出すであろう。このような小破片同士の衝突により、更に小さい粒子が作られて塵の雲が生れたと考えるのが自然である。

生れたばかりの微惑星の集団は、非常にうすい円板を形成している。しかし、おたがいの重力散乱によって無秩序運動の速度は増加し、円板の厚みも $t^{1/4}$ (tは時刻) に比例してゆっくりと増加していく。1.8M_☉の星のまわりの初期のガス雲が、我が原始太陽系のガス雲とほぼ同じ構造をしていたとすると、 $t \approx 1 \times 10^8$ 年での微惑星の軌道の平均的傾きは3°となり、β Picの円板の厚さとほぼ一致する。

そこで塵の雲の簡単なモデルを作ってみることにする。塵の量は微惑星の量と衝突回数に比例する。塵の大きさは衝突破砕する系でよく見られる $dn(a) \propto a^{-3.5} da$ (aは半径) という分布をしているとする。この分布での最小の大きさは、Poynting-Robertson効果で決まる。最大の大きさ、すなわち、微惑星の衝突の際飛び散る破片の平均的大きさは、場所によらないとする。そうすると、ほぼedge-onの円板による散乱光の表面輝度は $t^{-1/4} r^{-35/8}$ に比例することがわかる。rのべき35/8=4.375は、β Picの値4.3に驚くほどよく一致する。この輝度分布は初期のガス円板の構造によらないことも注目すべきことである。β Picの円板のr=100AUでの明るさは16等級/arcsec²である。衝突の際飛び散る物質の割合と破片の大きさについて不自然でない値を取ると、この明るさに合わせることができる。また、このモデル円板の光学的厚さも観測とよく一致する。

このようにβ Picの塵の雲の性質をうまく説明できることに気を良くして、種々の星のまわりの塵の雲の性質を調べてみることにする。初期のガス円板の面密度を $1700f_{\sigma} (M_{\star}/M_{\odot})^{5/6} r_{\text{AU}}^{-3/2} \text{gcm}^{-2}$ とすることにする。ここでM_★は星の質量、r_{AU}はAU



塵の雲を伴う星の波長 $12\mu\text{m}$ と $60\mu\text{m}$ での色指数。星の寿命の1/10の時刻におけるもので、 f_σ は原始ガス円板の量に関するパラメーター（本文参照）である。

単位での星からの距離、 f_σ はパラメーターである。我が太陽系の現在の物質分布から推定した初期のガス円板は、 $M_* = 1M_\odot$ 、 $f_\sigma \approx 2$ でよく近似できる。微惑星の衝突が稀な遠方では、破片の量は衝突回数に比例するが、個々の微惑星の平均衝突回数が1をこえる領域では、破片の量は衝突回数によらない。微惑星同士の衝突時間とほぼ同じ時間で、破片も微惑星に衝突し、捕獲されてしまうからである。また、既に惑星が生れてしまった領域では、破片と塵は極めて少い。このようなモデルで塵の雲からの熱輻射を計算してみる。図は中心星の寿

命の1/10の時刻における $12\mu\text{m}$ と $60\mu\text{m}$ での色指数を M_* の関数として、 f_σ のいくつかの値に対して示している。IRASは星の表面からの輻射も同時に測定したはずなので、これも含めた色指数にしてある。 $M_* = 1.8M_\odot$ 、 $f_\sigma = 3$ に対する色指数は5.4となり、 $\beta\text{ Pic}$ の観測値と一致する。 M_* の大きいところで色指数が小さくなるのは、星の光度が大きく塵の温度が高いため、短波長の $12\mu\text{m}$ でも熱輻射が強くなるからである。一方、小質量星の光度は小さいため、塵の残っている領域の温度は低く、熱輻射は主として $60\mu\text{m}$ よりも長い波長で出ることになる。そのため、星の表面の色指数を測定したことになり、図のように小さくなるのである。このように、このモデルによってVega-like starとスペクトル型の相関をごく自然に導くことができる。

観測にかかった塵の雲の領域では、星の寿命をかけても惑星は生れそうにない。しかし、そこでは惑星形成のごく初期の過程が進行中だと考えられる。そのため、Vega-like starは惑星形成過程に対する何らかの検証の場を提供してくれるに違いない。ここに述べた範囲では、惑星形成に関する我々の理論を修正する必要性は見当らない。今後、更に色々のことを調べていきたいと思う。

（なかの・たけのり）

お知らせ



★人事異動

発令年月日	氏名	異動事項	現(旧)職等
62.1.1	小山勝二	(昇任) 宇宙圏研究系助教授	宇宙圏研究系助手
"	向井利典	太陽系プラズマ研究 系助教授	惑星研究系助手
"	満田和久	(採用) 宇宙圏研究系助手	

★外国人研究員

招へい研究員氏名	国籍	研究課題	期間	所属
Roland Schilling (マックスプランク 研究所量子光学部 重力波アンテナ開 発センター長)	ドイツ 連邦 共和国	レーザー干渉 計を用いた重 力波アンテナ の開発	61.12.25) 62. 3.31	宇宙圏研究系 宇宙科学第一部門 (外国人客員部門 教授)

宇宙オートメーションと ロボテックス小研究会

期日日 昭和62年2月17日(火)

場所 68号館1階会議室

問合せ先 宇宙科学研究所・研究協力課
共同利用係(467)1111(内235)



★S-520-9号機 打上げ成功

昭和61年度第2次観測ロケット実験の第1号機としてのS-520-9号機は予定どおり1月15日17時10分之内浦実験場から上下角79.4度で上げられ、5分4秒後に最高高度365.2キロメートルに到達した後9分45秒後に之内浦南東海上に落下した。このS-520-9号機は、電場計測、波動および粒子計測、ロケット電位の制御等これから打上げるEXOS-D、GEOTAILなど磁気圏探査衛星の搭載機器の技術開発を主目的としこれにオゾン観測が相乗りしたロケットであったが、一部波動計測などのアンテナ伸展等の不具合を除き、イオンビームを用いた電場計測、低エネルギー電子分析器などは所期の目的を達成した。また、打上げ前の噛み合せならびに飛しょう前試験における機器干渉の対応に関する貴重な経験とあわせて将来の衛星搭載機器開発に有効な実験を行うことが出来た。(河島信樹)

★GEOTAIL計画合同設計会議

昭和62年1月5日から9日迄、GEOTAIL計画の日米合同設計会議を開催した。GEOTAIL計画は宇宙科学研究所とNASAとの国際協力事業であるため、次の点について共同で作業をすすめる必要がある。即ち、(1)NASAが搭載する観測計器と衛星のインターフェース、(2)衛星とこれを打上げるスペースシャトルとのインターフェース、(3)プレーバックモードのデータ受信を行うDSNとのインターフェース、である。NASA側からの出席者は、NASA本部より2名、Goddard Space Flight Centerより7名、JPLより4名、Kennedy Space Centerより1名、Johnson Space Centerより1名、およびIowa大学、TRW及びApplied Physics Laboratoryの観測機器担当者6名、と総計22名の多数にのぼり、時には日本側の出席者を越える数であった。

宇宙研単独のプロジェクトであれば従来の経験や慣行に照らして問題なく受入れられる事についても論理的説明を求められる場面がしばしばあり、しかも分業化の行われているNASAでは早い時期から細かい点にまで関心を寄せる専門家がいるた

め、上杉先生には大活躍していただいた。しんどい事ではあるが、このような議論を通してNASAのproject managerやproject scientist達の宇宙科学研究所にたいする信頼が高まっている。科学の側では、衛星の仕様がほぼ決まったため研究目標に関するworkshopを開催し、GEOTAILの観測によって解明すべき問題について認識を深めた。またこの共同計画の基礎となるMemorandum of Understandingについても、文部省の担当官に来所していただいて共に検討を行い、最終案に近い所まで仕上げることができた。

次の合同設計会議は7月と11月の予定であるが、その他にも機器担当者など小人数の打合わせ会も開催する。生協食堂でのNASA諸氏の箸の使いかたも、ますます上達することと思う。

(西田篤弘)

★スペースゴルフ再挑戦!

1月26日早朝、未だ暗闇に沈む55号館に人影が吸い込まれていく。これから4日間にわたり2年振りに開かれるスペースゴルフに参加する面々である。

今回のコンペの目的は、「さきがけ」を1992年初頭地球スウィングバイさせ、その後地球とほぼ併走、抜きつ抜かれつで形を太陽周回軌道を回らせようというのである。こうすることにより「さきがけ」搭載の磁場、プラズマ、太陽風の3観測器はその頃打上げられる予定のGEOTAILとの共同観測をはじめ、ISTP計画にも貢献出来るのではないかとこの訳である。

設計寿命1年+ α の α が6年以上かどうかの問題はあるものの、1992年に地球接近を果すためには「さきがけ」が3度目の近日点通過をする1月末に軌道変更を行うことが最適との解が得られ、理学、工学双方御親戚の方々の賛同、JPL/DSN局の全面的後援の下に、スペースゴルフへの再挑戦が決定された。

とは言っても現在探査機と地球との距離は2億2千万キロ余り、第1回の時(距離約百万キロ)とは異なり、テレメータ送信は高利得アンテナしか使えない。従って予定の速度変更量37m/sを出

すにも姿勢変更は不能。姿勢変更はせずにRCSをスピン同期でパルス噴射させ、1日に7～10m/sずつ速度変更するという、いわばドライバーショットなし、パッティングだけのゴルフとなった。

さて第1日目1番ホール、修正量2m/sの短いパット。久し振りのグリーンに固くなったのかRCS一瞬不調なるも無事終了。やや乱れた姿勢を立て直し2番ホールに向う。今回の修正量は5m/sとかなりのロングホールである。充分狙いをつけて打ったつもりがなんとロストボール。修正量は予定通りであったが、姿勢変化が思いの外大きく、ロックオフ状態となる。2年間のさきかけ運用で初めての行方不明である。キャンベラ局で同時受信支援中のJPLからも、今回西村教授に代り電話連絡担当の横田君を通じ、大丈夫かとの問合せ。この様な事態に備えアップリンクは3億キロの距離でも中利得アンテナを介して確保という設計が大いにものを言うことになった。予め探査機に仕組んでおいた姿勢立直しのためのRCS噴射シーケンスをコマンドで起動させ、待つこと30分、無事にボールはグリーン上に戻って来た。

第2日目、この日からはプレーヤーの技倆を勘案し、当初5m/sの修正2回の予定だったものを3.3m/s3回に修正して挑戦した。4日目に至るまで各ホール間の姿勢微調整も含めて順調に推移し、合計11ホール、予定修正量37m/sをクリアすることが出来たのは幸いであった。それについても各ホール終了とほぼ同時に「只今の視線方向速度変化量××m/s」と報告されるDSN局の力には改めて恐れ入った次第である。

2月2日成績発表。測距の結果1992年1月8日「さきかけ」は地球中心から約1万8千kmを通過の見込みとのこと。無修正の場合の約1500万kmにくらべ接近距離を千分の一近くに縮めたことになる。残燃料は約3kg。今後数回のわずかなショートホール開催で地球スウィングバイの可能性が出て来たと言えよう。

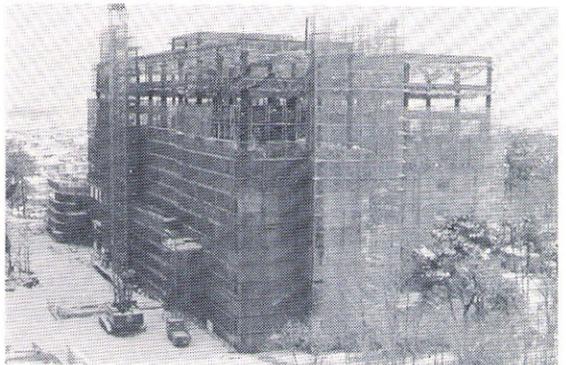
(上杉邦憲)



鹿児島宇宙空間観測所



能代ロケット実験場



相模原キャンパス

★雪の中のISAS

1月20日前後、全国に散らばった宇宙研の諸施設が雪の洗礼を受けた。とりわけ折からS-520-9の打上げを控えていたKSC(写真上)は、実験場に行きつくのさえ難渋するほど。車はチェーン恋しや右左。相模原キャンパスのA棟(写真下)やNTC(写真中)もさることながら、さすが臼田(表紙カット、撮影:高野忠)、雪が「板」についてる。なおKSCは前山、NTCは加勇田、相模原は柳沢の諸氏の、時ならぬ秀作でした。



海洋衛星SEASATとTOPEX

東京大学海洋研究所 瀬川 爾 朗

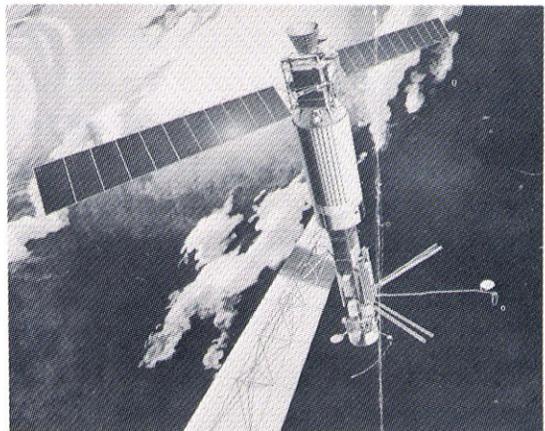
当時カルフォルニア大学の教授であった宇宙物理学者ウィリアム・カウラ (William Kaula) の提唱により、1967年にマサチューセッツ州ウィリアムズタウンで開かれた会議は、その後の人工衛星による地球研究を方向づけた重大な会議であった。それ以後、1970年代にSKYLAB、GEOS、SEASATなどの地球観測衛星が打ち上げられ、人工衛星が地球の観測にとっていかに有効なものであるかが証明された。これらの人工衛星に搭載された機器の中でも、レーダー高度計 (Radar Altimeter) と合成開口レーダー (Synthetic Aperture Radar) は特に画期的なものであった。

15年前までは人工衛星の軌道を±1mの位置精度で予測することなどは考えもおよばないことであった。軌道予測誤差の半分以上は、地球上の重力ポテンシャルのあいまいさによるものであったが、人工衛星からのマイクロ波レーダーによって地球の三分の二を占める海面上のジオイドがわかり、したがって地球上の重力分布がはるかによく分かることになったのである。人工衛星の軌道がわかれば、人工衛星から地球面に垂直に発せられたレーダー波の反射時間から地表面の凹凸がわかる。地表面が海面のときには、その凹凸はジオイドにほとんど等しい。この場合、重力と衛星軌道とは相補的関係にある。SKYLAB~SEASATシリーズでもっとも巧みな点は、この相補性を利用していることである。SKYLABに装備されたレーダー高度計は、信号の分解能では±1mの精度があると言われたが、軌道の精度 (特にその高度については) は数10mであったと思われる。ただし、人工衛星の運動はきわめてスムーズであるので、その誤差はバイアス的誤差とみなされ、他の情報と組合せることにより、かなり改善される。このようにしてSKYLABの段階で地球の重力に関する情報はかなり豊富になった。GEOSに載せられたレーダー高度計は分解能±50cmといわれるものであったが、軌道予測もかなりよくなり、数多くの軌道の相互調整によって、最終的には高度測定精度として±30cmに達することができた。GEOS以後、

地球重力モデルはきわめて確かなものとなり、それに続くSEASATの精度を大いに高めたのである。現在知られている海洋ジオイドの精度は±10~20cmと思われる。

レーダー高度計はジオイドの研究以外に数々の用途があるが、その中でも、海洋ダイナミクスへの応用がクローズアップされている。海水の循環は地球の気候や水産資源などに大きな影響を与える。ところが、海水の運動は海面の凹凸を引起すので、海面高度の変化をはかれば海流などの変動がわかる訳である。SEASATは1978年6月に打ち上げられたが、わずか3ヵ月足らずで使用不能となった薄命の衛星であった。ところで、海洋の循環を常時モニターするための人工衛星が最近計画され、1991年にNASAとCNESによって打ち上げられる予定である。それはTOPEX (Topography Experiment of the Sea Surface) という衛星であるが、それが搭載する高度計は±2cmの精度があるといわれ、海洋の循環流の殆どが検出できると考えられている。日本でも各方面よりTOPEXを利用すべく研究計画書が提出されている。

SEASATに搭載されたもう一つの機器である合成開口レーダも、水平分解能20mで地表のレーダ画像をとらえるものであって、驚くべき性能をもつ。これの応用も色々あるが、海洋では波浪の方向スペクトルから海面の状況や風などを調べることに応用されている。 (せがわ・じろう)



悩める NASA

宇宙科学研究所 中谷 一郎

NASAのGoddard Space Flight Centerに、GEOTAILの仕事で来てから9ヵ月経ちました。NASAという巨大な組織のごく一部分を群盲の一人として撫でた訳です。

私がこちらへ来たのはスペースシャトル、チャレンジャーの事故の直後で、その後も無人ロケットの打ち上げの失敗が続き、NASAにとって最悪の年に当たってしまいました。これらの事故そのものも衝撃的でしたが、それに続く諸プロジェクトの延期、取り消し、縮小などの影響も計り知れないものがありました。

研究やオペレーション活動の継続性の問題（平たく言えば飯の食いあげ）もさることながら、NASAの意義、今後進むべき方向などに関する基本的な考え方に遡った議論が聞かれました。

そのうちの一つ、NASAのプロジェクトが大きくなり過ぎたという議論は、宇宙研との対比でいつも興味深いものでした。大プロジェクトは立案から実施まで十数年を要し、技術の陳腐化（打ち上げた直後に博物館行き!）、周囲情勢の変化に伴う計画の変更次に次ぐ変更（膨大な紙屑の作成作業!）、士気の低下、小回りの効くup-to-dateな研究の欠落等々よく聞かれる議論が繰り返されました。中にはNASA分割論、大幅（10分の1）縮小論などradicalな意見も聞かれます。

これらの議論に私が参加していると、引き合いに“Small is beautiful”の例として宇宙研が出てきます。我々が限られた予算で止むを得ずしていることが、何かしっかりした哲学に基づいているように言われると返事に困りますが、必ずしもお世辞だけではないようです。

Goddardでの私のジョギング仲間の一人M氏は、NASA分割論の持ち主で、シャトルやスペース・ステーションが大きなミスジャッジであったと言います。彼は、Advanced Mission Analysisとい

うセクションで活躍中のいわばシステムエンジニアで、Goddardの知恵袋のような存在です。毎日午休みにジョギングしながら、NASAの基本政策批判に始まり、宇宙論、日本文化論に至るまで議論しています。NASAを2分割して、一方は小回りの効く研究機関とし、2～4年計画の小プロジェクトを今の10分の1の予算で行い、他方はビッグプロジェクトのfunding agencyとなるというのが彼の案で、ジョギング中ゼイゼイ言いながら、二人で議論をしています。私達は、これらの議論の結果をまとめて“Thoughts during Jogging”と題して出版しようではないか、と半ば本気の冗談を言っています。

悩めるNASAよ、汝は何処へ行く?という観点からの話ばかりをしましたが、これはジャーナリズムが得意とするmisleadingな報道に似ています。全体としてNASAの職員達は底抜けに明るく、相変わらず楽天的で健康です。そして大部分の研究者の士気は高く、結構猛烈社員もいて、週に一度は夜中の3時まで仕事をするという人の話も聞きます。彼らは世界の宇宙開発をリードするという宿命を常に念頭に置き、「創造的なプロジェクト」という観点を忘れません。

無人ロケットとロボティクスによる経済性の追求という議論が、説得力を持ちながらも一つ迫力を欠くのは、「NASAには、国民に、否、人類に夢を与える義務があるではないか。ロボットを火星に送り込んでもアポロの興奮は得られない」という哲学が、常に心の底にあるからだと思われる。

外国で生活することは、実は自国のことを考える一番よい方法だという気がし始めています。NASAにいるときこそISASは将来何処に行くべきかを考えるのに、最も適したチャンスかも知れません。（なかたに・いちろう）

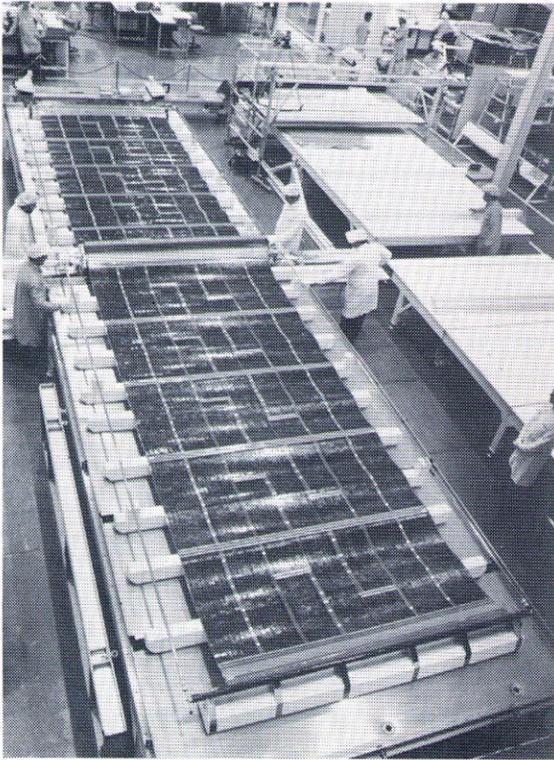


★スペーステレスコープの巨大な太陽電池パネル

天文学の革命をおこすだろう

うと言われるハッブルスペーステレスコープは、チャレンジャーの事故で打上げが遅れ、現在のところ1988年の打上げが予定されている。これに使う太陽電池パネルは巨大なもので、あまりに重いので地球重力下では自分で自分を支えきれない。そこでイギリスでのテストの際には、写真のように水に浮かせたポリウレタンフォームの上でテストをしたそうである。

(Spaceflight, 1986年12月号)



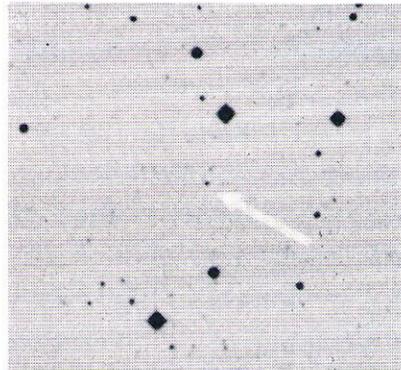
★最も遠方のクェーサー

イギリスの天文学者達が、 $z=4.01$ (z は赤方偏移)のクェーサー(QSO, 準星ともいう)を発見した。彼らは、オーストラリアにあるUKシュミット望遠鏡を用いて、銀河系の南極に近い彫刻室座の天空でクェーサーの搜索をしたところ、19.5等級と非常に暗いが異常なスペクトルを示す天体を見つけた(写真参照)。そこで、AAT(英豪望遠鏡)を用いて分光観測をしたところ、大きい赤方

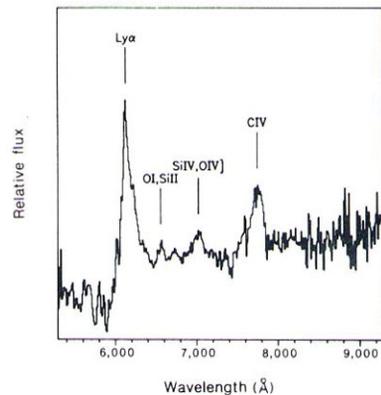
偏移を持つクェーサーであることがわかった。これまでに知られていた最も遠方のクェーサーは $z=3.80$ であり、とうとう $z=4$ の大台を越えるものが見つかったわけである。

われわれの宇宙は、約百数十億年前の「ビッグバン」以来、膨張し続けている。そのため、遠くにあるものほど早いスピードで、地球から遠ざかっているように見える。また遠い天体ほど、光が地球に届くのに時間がかかるので、より昔の姿を観測していることになる。

今回発見されたクェーサーのスペクトル(図参照)は $z=4.01$ を示し、後退速度は光速の約92%にも達する。われわれ人類の知識がより一歩、宇宙の果てに近付いたことはもとより、ビッグバン以後の宇宙の進化を知る上でも、重要な発見であろう。(ネイチャー誌1月8日号より)



シュミット望遠鏡で撮影された最も遠方のクェーサー0046-293(矢印)



このクェーサーのスペクトル。もともと波長 1216Å の $\text{Ly}\alpha$ 線が、約 6000Å に赤方偏移している。

固体ロケット(最終回) — 展望 —

固体ロケット技術は現在成熟期を迎えたという声を耳にするようになりました。確かに、長年の努力にも拘らず、過塩素酸アンモニウム以上の高性能酸化剤はなかなか見出されず、比推力の向上幅は著しく鈍化の傾向を見せています。

しかし、果たしてこれをもって成熟期の到来と見なしていいのでしょうか。ともあれ、まず現在どのような性能向上努力が払われているか、幾つかの例をあげましょう。

推進組成としては過塩素酸アンモニウムの一部をHMXのようなニトロ化合物で置き換える試みが続けられています。目的は比推力の向上ですが、低燃速化によってノズルのスロートを絞り、同じ出口面積のノズルでも開口比を大きくとれるための効果が大部分で甚だ間接的な方策といえます。この例のように最近の比推力向上は主として高開口比ノズルの適用によるものです。大きさや質量の制約の下でノズルを高開口比とするにはこの他、伸展ノズルと軽量耐熱材としてのカーボン複合材の採用が一つの鍵となる技術です。前者は段間長の制約を避け、後者は大型化による質量比の劣化を救います。

図は宇宙研で試作した伸展ノズルの動作過程を示す写真です。これに見るように伸展機構が作動後に棄却され余計な質量を残さないところがミソとなっています。性能向上のもう一つの方向は質

量比の改善でケース、ノズルあるいはライナの材質向上に加え設計上の工夫にも進歩が見られます。たとえば宇宙研では廃棄型後方着火点火器を開発中です。これによれば用済みの点火器を放棄できる上、点火器体積分だけの推進剤を余分に充填出来る訳です。

又、数値シミュレーションの進歩は合理的設計に役立てられその結果として地上実験の回数を減らし費用の節減にもなっています。

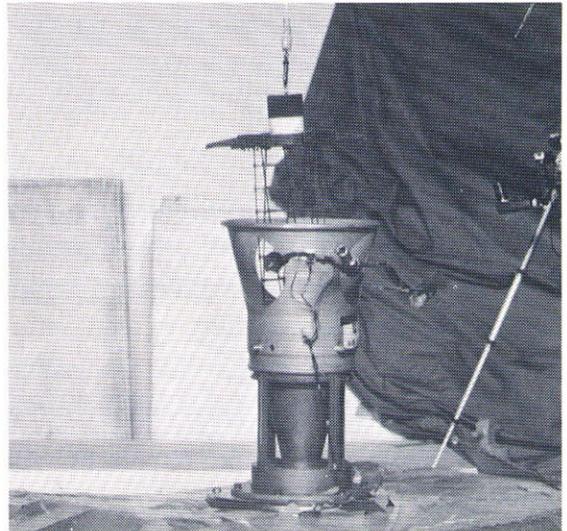
このような地道な努力の積み重ねが目覚ましい固体ロケットの進歩の原動力となってきたことを思えば今後もその成果は総合性能に大きく反映するに違いありません。

一方、全く視点を変え21世紀において固体ロケットの直面する諸問題を想像すると、今から真剣に取り組まねばならない課題は少なく無いと言えましょう。一つは低費用、大型化への対処です。たとえば常温硬化型推進剤による発射場での推進剤充填はこれに対し有効な技術と思われれます。将来の環境保全に対する配慮として燃焼ガス組成中のハロゲン含有ガス成分を減少させる努力は必須です。このためにもラムロケットのような空気取り込み式推進器の将来性には注目する必要があるでしょう。固体ロケット技術者の一層の発奮を期待してこの連載の終わりといいたします。

— 宇宙研 — 秋葉隼二郎

伸展ノズル実験

(下)伸展前 (右)伸展後 (高野雅弘助教授提供)





各駅停車の旅

青柳 鐘一郎

男は——諸井薫の筆法を籍りれば——男は、今度の出張の帰路は気ままな旅にしたいと思い立った。何十回となく往き来した出張先だが、目が覚めると目的地に着いている寝台列車か新幹線と特急のあわただしい旅に馴れていた。

今回の出張は男にとって最後のものだった。四十年を越す研究所勤めのしめくりにと、たいした役にも立たないロートルを班員に加えてくれた実験主任の慮りを男は痛いほど感じていた。

「ちょっと贅沢かな」東能代から上野までの乗車券1枚だけを持って駅の構内に立つと、旅行客らしい姿はなく、土地の人か学校帰りの生徒の姿だけだった。秋田行きの各停列車は、特急だと1駅のところを10ヵ所ほどの駅に止まる。窓外には北国の11月の風景が流れていた。

男はふと戦争中の買出しを思い浮かべていた。父母の郷里である新潟まで鈍行列車に揺られての米の買出しの記憶は、取締りの眼を盗む不安やリュックサックに詰めた米の重さの感触は薄れたが、鈍行列車への郷愁は残っていた。

秋田から乗り継いだ列車は横手止まりであった。プラットフォームに降り立ったときの爽やかな解放感と異郷の地でひとりぼっちになったような寂寥感は、男に来し方を思い起こさせていた。

戦争も3年目に入った昭和18年12月、時局の切迫から実業中学を3ヵ月短縮して卒業した少年は、兵科に進むか就職かの選択を迫られた。「愛国」の至情に燃える優秀な級友の多くは少年航空兵を志願して「国」の礎として散っていった。5年間の軍国主義教育もヒトラー崇拜の校風も、軍事教練の嫌いな柔弱な少年にとっては効がなかったといえる。就職の道を選んだ少年は帝大航空研究所に入った。航研機で名を馳せていた憧れの研究所である。原動機部製図室に配属され、戦闘機のスーパーチャージャの図面引きの毎日であったが、戦局は切迫の度を加え、次第に図面引きより防空

壕掘りの比重が高まっていった。「土木工学研究所に入ったようなものだ」と男は感じていた。

勤めの傍ら夜間の工専に通うようになったのは、まわりに帝大出の俊秀が群居しており、自分の学力不足をいやというほど知らされたからである。しかし学校とて例外ではなく、絶間ない空襲警報に授業が中断されるのが日課であった。定年間際になった今でも、男が未だに夜学通いしているのは、この空白を埋めたいからかもしれない。

昭和20年8月、広島・長崎の新型爆弾（当時それが原子爆弾とは知らされなかった）の悲劇を代償に平和が戻った日、26号館屋上に集った室員に室長が告げた。「男は去勢され、女子は凌辱されることを覚悟しておくこと」幸いそれも杞憂に終わって研究所は翌昭和21年3月理工学研究所として再出発した。航空研究の禁が解かれ航空研究所が復活したのは更に12年の後であった。

横手に1泊した男は翌日、院内、新庄、米沢と乗り継いで夕刻福島まで辿り着いた。いつもは寝台列車の窓外も覗いたことのない道筋だった。

3日目は新幹線で1時間ほどの距離を5時間余りかけての上野までの行程である。何台もの特急列車に追い越されながら、鈍行列車は数人の乗客を乗せてひっそりと走っていた。

男は「私の人生旅だった」と呟いて、気障だなどと嗤った。そして少し散文に言い直していた。

「私の人生は鈍行列車だったな。でもこの上ない贅沢な旅をさせてもらったようだ——」

暖房のぬくもりの豊かな各駅停車の列車は終着駅に着こうとしていた。（おおやぎ・しょういちろう）



2月5日、第11号科学衛星“ぎんが”が誕生しました。唯一のX線天文衛星として世界中の注目を浴びています。次号では、速報をお伝えする予定です。（芝井）

ISASニュース

No.71 1987.2.

ISSN 0285-2861

発行：宇宙科学研究所(文部省) ☎153 東京都目黒区駒場4-6-1 TEL 03-467-1111

The Institute of Space and Astronautical Science