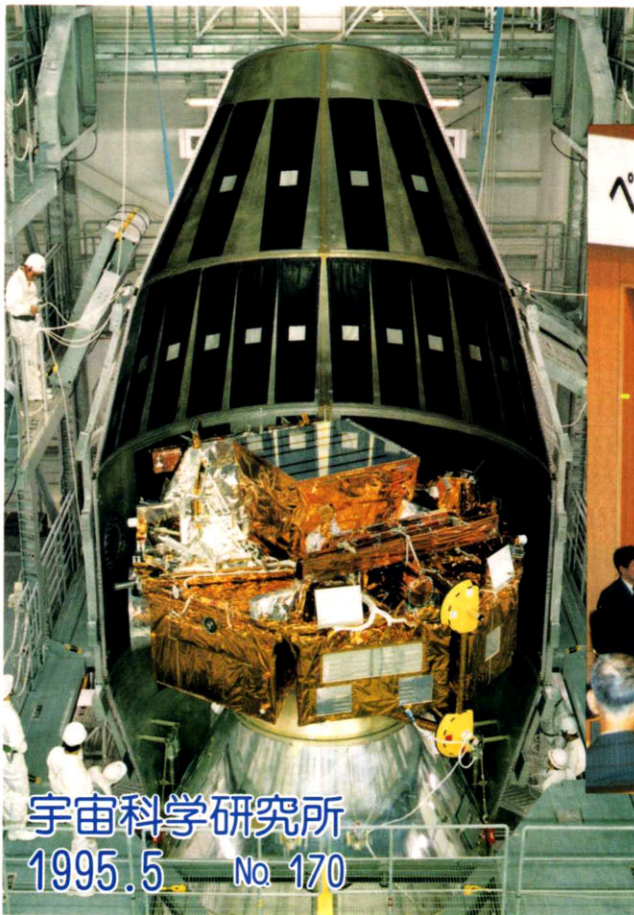




宇宙科学研究所
1995.5 No. 170



▲ペンシル40周年記念式典

◀ノーズフェアリングに収められたSFU (提供: NASDA)

＜研究紹介＞

X線で降着円盤をみる

宇宙科学研究所 満田 和久

◆質量降着と降着円盤

X線の波長域で検出されている天体の数は、近年の観測装置の感度の向上により急速に増えています。X線天文学の研究対象は、今や木星のオーロラから、100億光年も離れたクエーサーまで、ありとあらゆる天体にわたっています。これらの天体の中には、質量降着とよばれる現象が基本的な役割を果たす天体がたくさんあります。質量降着はX線天文学によって確立されたもので、X線天文学、さらには天文学全体にとっても最も重要な現象の一つであるということができてい

しょう。

降着という言葉は一般にはききなれない言葉ではないでしょうか。1962年に最初の太陽系外のX線星の発見の後、その星から放射される膨大なエネルギーを説明する答えとして考え出されました。歴史的な経緯についていうと、質量降着に初めて注目したのは、早川幸男先生、それに現在理化学研究所におられる松岡先生であったときいています。

太陽のような普通の星は、星間ガスから生まれ、その後、その質量や化学組成、周辺の環境に応じた進化の道をたどります。そして、その進化の最終段階には白色矮星、中性子星、ブラックホールといった、つぶれた小さな(太陽半径の千分の1から100万分の1)星になります。大きさは小さいとはいえ、質量は太陽程度あるいはそれ以上にありますから、こういった星の表面(ブラックホールの場合は表面は定義できませんが便宜上表面ということばを使います)では、莫大な重力となります。したがって、これらの星が、もう一つ別の普通の星と連星系、しかも両者の距離の大変小さな近接連星系、をつくっていた場合には、普通の星からのガスがブラックホールなどに降り積もり(つまり降着して)、その重力エネルギーが開放されます。その結果、X線連星の放出する莫大なX線エネルギー(単位時間のエネルギー量は太陽の10万倍)をまかなうことができるのです。一方、セイファート銀河の中心核やクエーサーなど活動性の高い銀河核からは、太

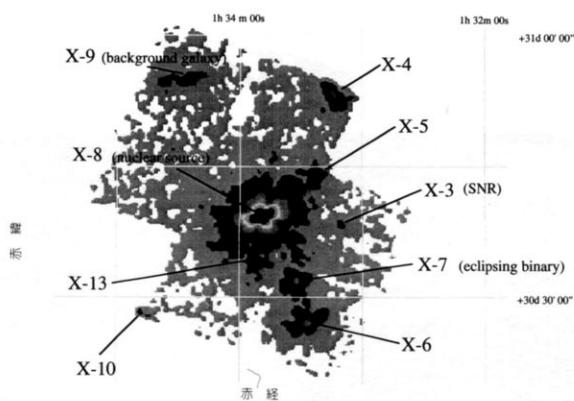


図1 渦巻き銀河M33の「あすか」衛星によるX線写真。この銀河の中心位置に明るく輝く天体も降着円盤を持ったブラックホールであることが「あすか」衛星の観測により明らかになってきました。

陽が放出しているエネルギーの実に1兆倍のエネルギーのX線が放出されています。ここには太陽の質量の1億倍の質量を持つ巨大なブラックホールがあり周辺の星などの物質を飲み込んでいると考えられています。このような巨大なブラックホールがいかにしてできたのか？どのようにして銀河は巨大なブラックホールに物質を与えているのか？これらは現在の天文学の最もホットな話題の一つです。しかし、ここでは、この話にはこれ以上深入りせず、X線星、活動銀河核などのX線天体で重要な役割を果たす『降着円盤』の方に焦点をあてて、それがいかにして現実の存在として認識され研究されているのかについて述べたいと思います。

降着円盤は重力エネルギーを熱エネルギーに変換し、さらにX線などの輻射に変換する巨大な装置であるということが出来ます。中性子星やブラックホールに落ちてゆく物質は、はじめはこれらの天体の周りを回っていたので、そのまままっすぐに落ちてゆくことはできず、重力中心に向かって回転しながら落ち込んでゆきます。このような時に落ちてゆく物質がつくる円盤の理論的な研究は1950年前後のワイツゼッカーらによる太陽系の起源の研究にさかのぼれるでしょう。そして今日ではX線星の発見や活動銀河核からのX線の検出を受けて、X線を放出するような物理状態の降着円盤がたくさんの研究者によって詳しく研究されています。しかし、理論的なモデルは未知のパラメータによって成り立っています。X線の観測によって降着円盤の存在をまず確かめ、理論的なモデルと助け合いながらその構造をあきらかにしてゆこうとしています。

◆X線で降着円盤をみる

中性子星やブラックホールに質量降着が起きるときに、そのエネルギーのほとんどは中性子星やブラックホールに近い降着円盤の一番内側の付近で放出されま

す。そのエネルギーは多くの場合X線の形で外へ放出されます。したがってX線で観測することは、降着円盤の内側のエネルギーが最も多く開放されている場所をみていることになるわけです。

まず、降着円盤そのものを見ることができるよう、ブラックホールを含むと考えられる天体から考えることにしましょう。というのは、中性子星を中心に含む場合は、中性子星の表面や磁場の存在が問題となるからです。ブラックホールの周りの降着円盤の中では非常に単純化して考えるとだいたい次のようなことが起きているでしょう。ブラックホールの重力圏に入ったガスはまずブラックホールの周りを回転し、輪のようなものを作ります。これは地球の周りを人工衛星や月がまわっているのと同じようにケプラー運動をしています。ですから、そのまま重力だけしか働かないなら月が地球に落ちてこないようにそのガスも落ちることはいないでしょう。しかし、実際にはガスの中では摩擦力が働くため、物質の一部はより半径の小さな軌道へと移ってゆき、その結果、円盤が構築されと考えられます。物質がより半径の小さな軌道に移るとき、その分の重力のエネルギーが開放されます。その半分は新しい軌道での運動エネルギーを維持するために使われますが、残りの半分は外に捨てられます。すなわち、一旦熱エネルギーに変換された後、輻射として宇宙空間に放出されるわけです。そこでブラックホールを含む近接連星系からのX線スペクトルはこのような、降着円盤のいろいろな半径の場所からの輻射の重ね合わせということになります。ブラックホールのまわりの降着円盤の一番内側の半径はなにで決まっているのでしょうか。ブラックホールにはシュバルツシルト半径と呼ばれる時空の境界があります。このようなブラックホールではシュバルツシルト半径の3倍の半径より

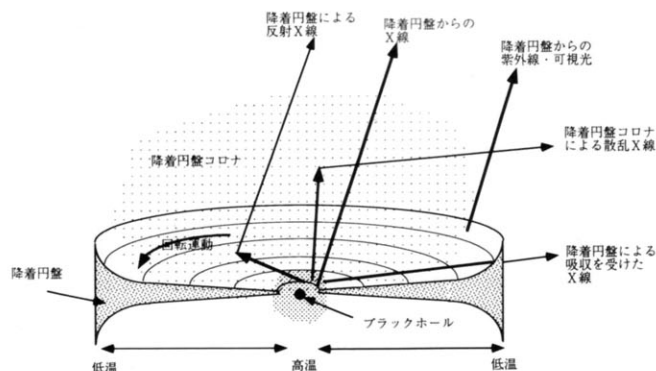


図2 ブラックホールを含むX線星の降着円盤の模式図。円盤を円盤の面に垂直な面で切り、それを斜め上からみたところ。

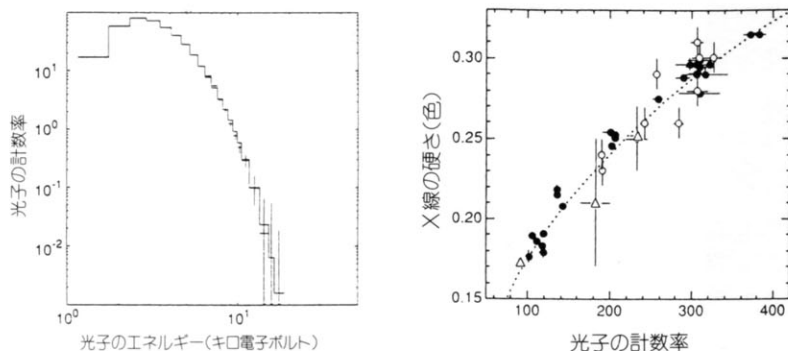


図3 大マゼラン銀河のなかのブラックホール候補LMC X-3の銀河によるX線スペクトル(左)と、それから求められる降着円盤の最内縁近くの輻射温度に比例するパラメータ(この図ではX線の硬さを温度の代わりに使っています)とX線強度の関係(右)。破線の曲線は降着円盤から予想される関係を示しています。

内側では安定な回転軌道がないため、そこから内側では降着円盤は形成されずに自由落下していくと考えられます。この半径は、太陽の10倍の質量のブラックホールでは約30kmとなります。

現在活躍中の「あすか」衛星の先輩格である「ぎんが」衛星は、「ぎんが」衛星自身が発見したものを含めてたくさんのブラックホール候補天体を観測しました(ここであくまで候補としているのは、まだブラックホールであることが100%確実とは言えないからです)。これらの天体からの連続X線スペクトルの主要な成分は上で述べた“降着円盤のいろいろな半径の場所からのX線放射の重ね合わせ”という描像で非常によく説明することができました。さらに、これらのブラックホール天体の中には3桁を越えるX線の強度変化を示すものもありましたが、一つのX線源について見るとこのように大きなX線の強度変化を示しても、X線スペクトルから求められる一番内側の半径は一定と考えて矛盾ありません。その絶対値にはいろいろな不確定な要素が残りますが、上で述べた値と矛盾のない数十kmという値が得られました。逆にこれからブラックホールの質量を求めることもできます。これらのことから、ブラックホールのまわりの降着円盤からのX線放射をとらえているということが確実になったわけです。

◆降着円盤の構造を探る

連続X線スペクトルの観測から降着円盤の中心部のまさにエネルギーを開放しているところのことは少しずつわかってきました。一方、中心からくるX線の様子を詳しく調べると、X線がそのまま、観測者にくるのではなく、その一部は降着円盤の比較的外側とそれに付随する物質の影響を受けてから外へでてくることがわかります。

X線ディップはこのような現象の中でも最も目立つものの一つです。X線ディップはX線の一部がある一

定の時間の間のみ低温のガスにより吸収されて起きる現象です。吸収物質は、降着円盤の最外周付近であると考えられ、このことから降着円盤は最外周付近では厚くふくれあがっていると考えられます(図2参照)。さて、ディップのような現象の中には中心からのX線が完全に吸収されている状況になることがあります。ところがこのような場合でも、もとの数%のX線は吸収を全く受けずに観測されることがあります。これは、すべてのイオンが完全電離するくらいの高温度でかつ大変希薄なガスが中性子星

やブラックホールの重力圏全体と同じくらい大きな領域に広がっていて、これがX線を散乱しているためであると考えられています。このような高温ガスは降着円盤から発生するコロナというイメージで降着円盤コロナと呼ばれます。降着円盤コロナの存在はまた別のことから示されています。中心からのX線が時間変動したとします。このとき、降着円盤コロナで散乱されたX線は散乱されなかったX線に比べると少しだけ余計な道のりを旅してきますから、時間的に少し(典型的には数ミリ秒)遅れてやってきます。このため時間変動も遅れます。このような時間変動の遅れは中性子星やブラックホールを含むX線連星から実際に観測されています。

降着円盤はその面に比較的沿った角度から見ると、X線吸収体として働きますが、真上近くから見た場合には、今度はX線をパラボラアンテナのようにX線を反射する反射体として働きます。活動銀河核や、中性子星・ブラックホールを含むX線連星からこのような反射によると考えられるX線も観測されています。

降着円盤の構造を調べるもう一つの重要な手がかりは線スペクトルにあります。もしも、シュバルツシルト半径からそう遠くないところから線スペクトルが放射されたらなにが起きるのでしょうか。線スペクトルは特定のエネルギーを持つX線ですが、降着円盤の回転運動によるドップラー効果、そして一般相対論が予言する重力による赤方偏移、このふたつの効果によってX線のエネルギーは変化し、結果として線スペクトルが放出される半径、我々が降着円盤を見る角度に応じて、複雑な形を示すようになります。逆にこのようなところから線スペクトルが放出されていればその形から降着円盤の回転と重力の効果を測定することができるはずです。X線星の場合にはこのように中心に近い領域からは線スペクトルは放出されていません。しか

し最近の「あすか」衛星の観測で活動銀河核の場合には、鉄イオンからの線スペクトルが広がった構造を持っていることがわかってきました。この結果を降着円盤の回転と重力の効果に結びつけるにはさらに慎重な解析が必要であると考えられますが、降着円盤とそこでの重力の様子についての直接的な知識が得られることが期待されています。

◆終わりに

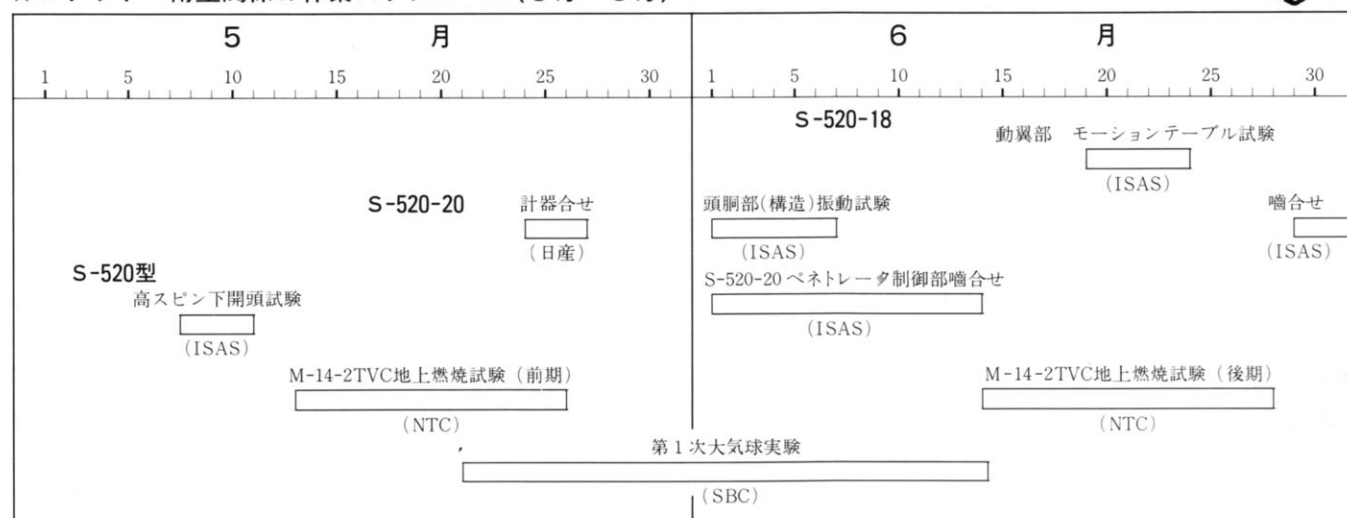
降着円盤、それは、軸対称をした一見単純なシステムですが、時と場合によって様々な顔を見せる生き物のようなシステムです。ここには触れませんでした、

X線の時間変動を作り出したり、時には円盤の中心から光速に近い速度で物質を回転軸方向に吐き出し、いわゆるジェットを作り出すこともあります。これからさまざまな顔をみせ我々X線研究者を楽しませてくれることでしょう。最後になりましたが、ここで述べた研究はいろいろな人との共同研究の成果です。ご教授・ご指導いただいたり、また一緒に研究を進めていただいたたくさんの諸先生方・研究の仲間たちと衛星計画の関係者の皆様に深く感謝いたします。

(みつだ・かずひさ)

お知らせ

★ロケット・衛星関係の作業スケジュール(5月・6月)



★教官人事異動

発令年月日	氏名	異動事項	現(旧)職等	発令年月日	氏名	異動事項	現(旧)職等
7.4.1	廣瀬 和之	衛星応用工学研究系助教授		7.4.1	向井 正	惑星研究系教授	神戸大学理学部教授
"	藤本 龍一	宇宙圏研究系助手		"	山田 功夫	惑星研究系助教授	名古屋大学理学部助教授
"	徳留 真一郎	鹿児島宇宙空間観測所助手		"	辻 隆	共通基礎研究系教授	東京大学理学部附属天文学教育研究センター教授
"	三浦 昭	宇宙科学企画情報解析センター助手		"	恩田 邦藏	共通基礎研究系講師(客員助教授)	東京理科大学基礎工学部助教授
7.4.1	高橋 忠幸	宇宙圏研究系助教授	東京大学大学院理学系研究科助手	"	川戸 佳	共通基礎研究系教授	東京大学教養学部教授
"	北村 良実	共通基礎研究系助教授	鹿児島大学医療技術短期大学部助教授	"	福森 義宏	共通基礎研究系助教授	東京工業大学生産理工学部助教授
7.4.1	平林 久	衛星応用工学研究系教授	衛星応用工学研究系助教授	"	常深 博	共通基礎研究系教授	大阪大学理学部教授
"	稲富 裕光	宇宙基地利用研究センター助教授	宇宙輸送研究系助手	"	川口 則幸	共通基礎研究系助教授	国立天文台電波天文学研究系助教授
7.4.1	雄田 元紀	システム研究系研究主幹	システム研究系教授	"	馬場 昭次	システム研究系教授	お茶の水女子大学理学部教授
"	栗木 恭一	宇宙推進研究系研究主幹	宇宙推進研究系教授	"	河崎 行繁	システム研究系講師(客員助教授)	三菱化学生命科学研究所主任研究員
"	廣澤 春任	宇宙探査工学研究系研究主幹	衛星応用工学研究系教授	"	小林 康徳	宇宙推進研究系教授	筑波大学構造工学系教授
"	的川 泰宣	鹿児島宇宙空間観測所所長	宇宙探査工学研究系教授	"	麻生 茂	宇宙推進研究系助教授	九州大学工学部助教授
"	高野 雅弘	能代ロケット実験場所長	システム研究系教授	"	宮崎 文夫	宇宙探査工学研究系教授	大阪大学基礎工学部教授
"	中谷 一郎	宇宙科学企画情報解析センター長	宇宙探査工学研究系教授	"	渡辺 直行	宇宙探査工学研究系講師(客員助教授)	東京都立科学技術大学工学部助教授
"	"	次世代探査機研究センター長	"	"	河野 通方	衛星応用工学研究系教授	東京大学大学院工学系研究科教授
"	栗林 一彦	宇宙基地利用研究センター長	宇宙輸送研究系教授	"	前田 正史	衛星応用工学研究系助教授	東京大学生産技術研究所助教授
7.4.1	栗木 恭一	システム研究系研究主幹	宇宙推進研究系教授	"	原島 文雄	衛星応用工学研究系教授	東京大学生産技術研究所教授
7.4.1	松本 敏雄	宇宙圏研究系教授	名古屋大学理学部教授	"	青木 隆平	衛星応用工学研究系助教授	東京大学大学院工学系研究科助教授
"	國枝 秀世	宇宙圏研究系助教授	名古屋大学理学部助教授	"	町田 忍	宇宙科学企画情報解析センター助教授	京都大学理学部助教授
"	松本 結	太陽系プラズマ研究系教授	京都大学超高度電波研究センター教授	7.4.1	鈴木宏二郎	東京大学大学院理学系研究科助教授	宇宙輸送研究系助手
"	藤井 良一	太陽系プラズマ研究系助教授	名古屋大学太陽地球環境研究所助教授	7.4.1	岩間 彬	平成7年3月31日限り停年により退職した	宇宙推進研究系教授
"	大家 寛	惑星研究系教授	東北大学理学部教授	"	酒巻 正守	平成7年3月31日限り停年により退職した	宇宙探査工学研究系助手
"	阿部 豊	惑星研究系助教授	東京大学大学院理学系研究科助教授				



★ペンシル40周年記念式典・講演会

(表紙写真：撮影・新倉克比古)

4月23日午前10時から東京大学山上手会館において、ペンシル40周年・「おおすみ」25周年記念式典・祝賀会が春の嵐のような強い風の中挙行されました。

記念式典は、秋葉所長の「先駆的事業を完遂され、我が国の宇宙科学の発展の基礎を築かれた諸先輩の御努力に深く敬意を表し、折りに触れ御支援をいただいた多勢の方々の御好意に対し、心よりお礼を申しあげます」と挨拶された式辞に始まり、来賓の文部省岡村学術国際局長から次のような祝辞（代読）が寄せられました。「欧米に比べ、遅れて出発した我が国の宇宙科学研究が、今日、世界に互して多くの発展を遂げることが出来たのは、ペンシルロケットの開発や『おおすみ』の打上げなど、宇宙科学創世の時期に研究者の献身的な御努力を初めとして、その情熱と不屈の精神を受け継いだ多くの研究者、技術者の昼夜を分かたぬ努力の賜物であり、これまでの関係各位の御労苦に対し、深く敬意を表するものであります」。また宇宙科学研究所平尾名誉教授からは、我が国のロケット開発の輝かしい歴史を振り返り、「40年前純粋に科学の目的のために独自に宇宙に挑戦するという世界で初めての壮大な計画がスタートしたのであります」と感慨ひとしおの祝辞をいただきました。次いで秋葉所長から丸安隆和、齋藤成文、岡野 澄、戸田康明、村田 勉の各氏への記念品贈呈、松尾教授からの海外宇宙機関及び国内関係機関の祝電披露が行われました。

記念祝賀会は、宇宙開発委員会委員長代理野村民也氏から祝辞を賜り、戸田康明氏の乾杯の音頭に始まり250人余の方々が親しく懇談され、西田教授の閉会の辞により午後0時30分散会しました。

同日午後2時からラフォーレミュージアム六本木において行われた「宇宙科学講演と映画の会」では、500人の参加者があり、秋葉所長の挨拶に続き、日本のロケットの生みの親、現組織工学研究所主宰の糸川英夫



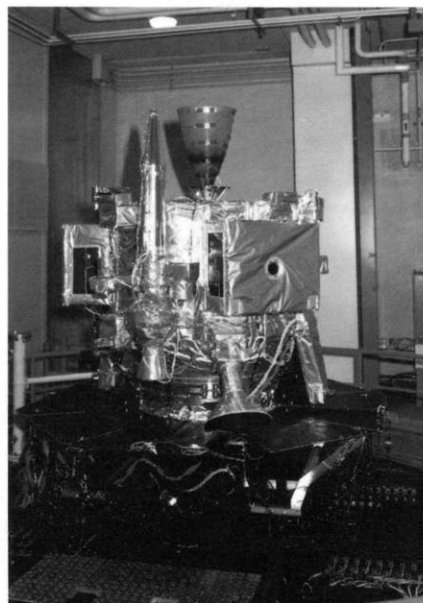
先生の「ペンシル40年に想う」、松尾教授の「ミュールケットの時代」、宇宙科学研究所小田名誉教授の「宇宙・物質・生命」と題した講演が行われ、ビデオ「宇宙研究のあゆみ」が上映されました。講演後の質疑応答ではロケット開発当時、開発に携わっておられたフロアの方から回答が出るなど、盛況裡のうち午後6時無事終了しました。
(丸山謙一)

★LUNAR-A熱真空試験

ルナーAの熱真空試験は、3月14日から飛翔体環境試験棟のクリーンルームにおいて準備作業が進められ、その後、大型スペースチャンバに移動し、4月5日から14日まで昼夜連続の熱真空試験が実施されました。

この試験は母船、推進系およびペネトレータから構成されるルナーAの約1000ノードからなる熱数学モデルの検証と温度制御用ヒータの容量を確認することを目的として行われました。

試験内容はルナーAがミッション終了までに熱的に遭遇する環境を模擬しており、地球から月に向かうトランスルナーモード、月に数百kmまで接近する月周回モード、ペネトレータを月に投入する投入モード、太陽光の熱入力遮断される月食モードと、大別して4



モードの項目について行いました。特に月周回モードでは、月からの赤外輻射熱入力を想定して、黒色塗料を施したヒータパネルを準備しました。

各試験モードの結果は、ルナーAの熱設計の検証を行ううえで有効なデータを得ることができました。またこれらのデータはフライトモデルの熱設計に反映することを予定しています。

写真はルナーAがスペースシャープに納められたところを示しています。黄色の多層断熱材で覆われた部分が母船を、上部には2液推進系のノズルを、銀色の部分が月面に貫入するペネトレータを、また母船下部には月赤外輻射の熱入力を模擬したヒータパネルを示します。

(大西 晃)

★PLANET-B PM総合試験

1998年打上げ予定の火星周回探査機PLANET-BのPM総合試験が今年の3月に飛翔体環境試験棟にて実施された。今回の主要目的は、LUNAR-A/PLANET-Bから採用されたコンポーネント間の新しいI/Fでのコマンド/テレメータ機能の確認、及び、深宇宙ミッションの多岐に渡る観測モード要求から来る64bps～64kbpsと広範囲な編集ビットレートでの衛星システムの基本機能の確認である。これに合わせて厳しい重量/電力要求の中で設計された各機器が、衛星システムの中で設計通りの機能・動作をする事の確認も大きな要素である。

試験には、共通系として搭載データ処理系とデータレコーダ、観測系は海外からの2機器を除いた全機器（6コンポーネント、14機器）が搬入され、インターフェース試験、及び、全機器を接続してのシステム機能試験が実施された。衛星システム試験としては付き物のトラブルは発生したが（むしろトラブルが無い方が不安要素を増やす?）、関係者の協力によりほぼスケジュール通りに試験は実施され、当初の目的は果たせたものと考えている。

今後、8月に予定されているEMC（電磁環境適合性）



試験に向けて搭載各機器の単体性能評価、及び、衛星システムとしての性能評価を行い、これらの結果をフライトモデル設計の中に反映させていく方針である。

（山本達人）

★火星探査ワーキンググループ

標記集会在4月3日～4日にかけてドイツのハンブルクで開かれた。正式名称はIMEWG (International Mars Exploration Working Group)。今回は第5回目、参加者はアメリカ、ロシア、イギリス、ドイツ、フランス、オーストリア、フィンランド、イタリア、オランダ、ESAを含め約30人、日本からは、筆者のみであった。

火星探査は、世界各国の宇宙科学においてメインテーマの一つとなりつつあり、各国のプロジェクトを協調して行う必要性から生まれたのがこの作業グループである。

アメリカは96年にランダ (Pathfinder) とオービター (Mars Global Surveyor) の2機の打ち上げが決まっている。加えて98年以降 “Goldin-Huntress Contract for Mars Exploration” と称する約束で「2年に1度の火星ウィンドー毎の2機ずつの打ち上げ」が計画されている。2005年には、火星サンプルリターンを狙いたいという意気込み。アメリカは、Med-Liteと呼ばれるM-V相当の経済的なロケットを開発し、次々と軽量の探査機・ランダを火星に送り込む予定で、宇宙研としては、注意深く見守る必要があろう。

ヨーロッパは、もともと Intermarsnet の主唱者であり、米、露の火星ミッションにバルーン、ローバー、計測器レベルの協力をするほか、2003年にアリアン5を用いてランダ4機をばらまく計画で、仏、独、伊、英、フィンランド、米、露を含む多くの国が参加を予定している。

ロシアは、予算の逼迫から計画が遅れているものの、Mars96、98を初めとし、プロトン、モルニャで2003年頃迄の火星探査を計画、NASAとの共同プロジェクト、通称 “Mars-together ('98)” を検討しているほか、ドイツ、フランス、フィンランド等との協力の準備も進めている。

日本もフランス、ドイツ、スウェーデン、カナダ、アメリカ等の参加を得て、Planet-Bがスケジュール通り進んでいるものの、更なる国際的な火星探査の協調プロジェクトが期待されている。

（中谷一郎）

★ハンブルグ国際月ワークショップ報告

IACG (Inter-Agency Consultative Group、宇宙研もその一員である) とEGS (ヨーロッパ地球物理学会) の

M-V事情

★第2回 M-34モーター地上燃焼試験

M-V型ロケット3段目M-34モーターの2回目の地上燃焼試験が4月25日、能代ロケット実験場にて行われた。本モーターは直径2.2m、全長3.12m、重さ10.93トンの高性能固体ロケットモーターである。今回の作業は2週間以上におよぶ長丁場であったが、試作1号機の作業の経験が生かされ、きわめて順調に進行した。また、試験当日だけ天候、風向きに恵まれ（大量の燃焼ガスが陸側に流れない方向という意味）実験班員の日頃の行いの良さが実証された。

結果も良好で、投棄式後方着火点火器の着火・吹抜け特性、モーターの燃焼特性、可動ノズル推力方向制御装置の機能・性能など、実機の製作に向けて貴重なデータが取得できた。おそらくこの原稿が研究所のみなさんの目にとまるころには、比推力も確定し、各ミッションの担当者の方の目の色が変わっていることと思われる。

試験当日は検討会后、恒例の祝賀会が催され、前々日の高野教授の能代実験場長就任祝賀会で痛めつけられた肝臓が悲鳴をあげる中、初代場長・倉谷名誉教授が実験班員にはっぱをかけられ、全員身がひきしまる思いであった。

M-V型ロケットの推進、推力方向制御系の開発試験は飛翔1号機の打上げまで後2回を残すのみである。5、6月にかけて1段目M-14モーターの地上燃焼試験をひかえているために、まさに休む間もなく、という感じがするが持ち前のチームワークの良さで乗り切れることであろう。4月の後半に能代で行われた本試験、市内あちこちで見かける満開の桜が印象的であった。

（堀 恵一）

共催で上記の会議がハンブルグで4月5日から7日まで開催された。この会議の開催は昨秋のオーストリアで開かれIACGで決めたもので、21世紀の月探査計画を国際的に進めていく事を推進するために必要と考えられたものである。

東京では桜が咲き始めたというのに、ハンブルグに着いてみれば曇り空で風も冷たく、まだまだ春遠しという季節。会議は昨夏のコスパー会議が開かれた場所と同じであったが、夏には会議が終わったあとゆっくりとレストランやカフェでビールやコーヒーを飲んで楽しく長い夕方を過ごせたのにたいし、今回は路上に置かれた椅子席はしまわれたまま。風は冷たく私の日本から持ち込んだ風邪もなおらず、早々にホテルに戻るという始末であった。

★ING飛行試験

3月6日から14日にかけて、M-V型ロケット用慣性誘導装置エンジニアリングモデル（ING：Inertial Navigation Guidance system）の航空機搭載試験を行いました。現在開発中のINGの航法精度を評価することを目的として、航空宇宙技術研究所に依頼して、実験用航空機（ドルニエDo228型）搭載による航法性能試験を行ったものです。

試験飛行としては、直線飛行を2回、周回飛行を1回行いました。第一回目は、調布飛行場を出発し、高度2000フィートにて荏田・横須賀間を往復しました。天候も良く飛行日和でしたが、また花粉も多く飛び散り、アライメント中はじっと耐えなければならず、大変緊張しました。第二回目は、同じく調布飛行場を離陸後、高度2000フィートにて大宮・関宿・古河・熊谷の順に周回飛行を行いました。第三回目は、第一回目と同じコースにて直線飛行を行いました。このころには眼下に見える景色を楽しむ余裕ができました。飛行試験は順調で、貴重なデータを無事取得することができました。

本試験は、1年以上も前から打ち合わせを重ね、準備してきました。航空技術研究所飛行実験部・制御部の皆様、および関係メーカーの方々のご協力に心より感謝いたします。（久保田 孝）



本来の会議では将来の月探査計画に関して定期的に意見を交換し、国際協力を促進することを目標とした国際月探査ワーキンググループ（略称：ILEWG、イリユーグと発音するようです）を設立することにし、私がはからずもその初代議長に任命された。わが国によせる国際的期待が高い事を示すものとして、2年任期の議長を引き受けることにした。ILEWGでは電子ネットワークを使い各宇宙開発機関で月探査計画がどのように進んでいるかの情報を関連研究者に流すとともに、年1回のワークショップ、2年に1回の国際会議を開くことを決めた。来年はILEWG主催の第1回の国際会議を日本が担当することになり、そのための準備もそろそろ始めなければならないことになりそうである。

（水谷 仁）

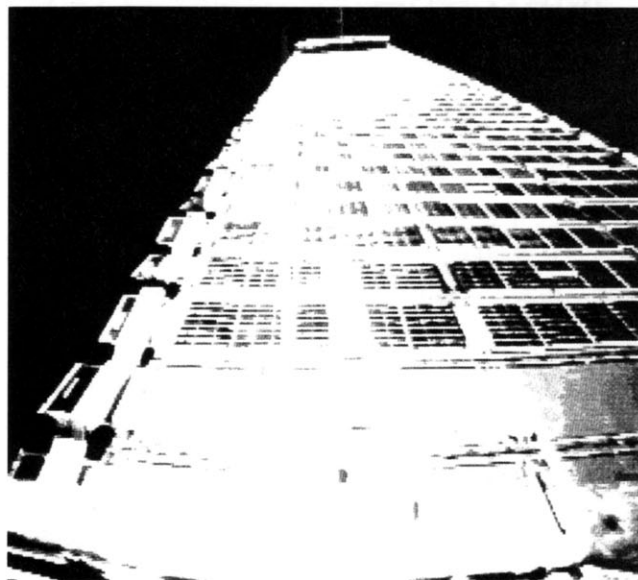
特集：SFU

★SFUの打上げと初期運用

宇宙実験・観測フリーフライヤ（SFU）は、2月1日の打上げ予定日が3回も延期される結果となったが、去る3月18日17時01分（日本標準時）に種子島宇宙センターから発射されたH-IIロケット3号機によって静止気象衛星5号（GMS-5）とともに打上げられ、約13分後に、予定通り高度330km、傾斜角28.45度の円軌道に投入された。衛星の国際標識は1995-011Aである。

打上げ数日前になってから、スペースシャトルEndeavour（STS-67）との接近回避やアリアンロケットで打上げられるEutelsatとの地上局使用計画の調整という予期しなかった作業も発生したが、打上げ後は、軌道高度上昇制御計画の変更を余儀なくされたことを除いて、全て順調な初期運用を行うことができた。すなわち、（準）コールドローンチのSFUでは、ロケットから分離された後に機器に電源が接続され、この時点からSFUは自動制御シーケンスによりリアクションジェット系（RCS）を用いて姿勢の太陽捕捉を実施した。これは打上げ後最初にSFUからの電波をとらえたチリ大学Santiago局からの実時間テレメトリをモニタしている相模原運用センタ（SOC）で確認された。地球一周回後の沖縄地上局可視中にSOCから送られたリアルタイムコマンドにより2枚の太陽電池パドルの伸展・展開に成功した。発生電力は予測どおり約2.8kw。

引続いてSFUは3月19日早朝、軌道制御スラスト（OCT）による第1回の軌道高度制御（テストマヌーバ：約9km上昇）を予定通り実施した。その直後、軌道決定値の生成の手間どりなどの問題が生じたので、打上前に予定していた軌道制御計画を急遽見直し、3回で行うことにしていた軌道制御を5～6回にわけて実施することとした。3月23日に行った第5回目の軌道制御により高度486kmのミッション運用軌道が確立できたので、第6回目の制御は不要となった。ホイー



SFU搭載カメラ（MTV）が捉えた太陽電池パドル（片翼）のようす

ルと磁気トルカによる高精度の姿勢制御に移った3月24日からは、モニタテレビ（MTV）による太陽電池パドルの撮像（写真）、宇宙環境モニタ（SEM）の高圧電源投入などを含むバス機器のチェックアウトが順調に行われ、26日には初期運用フェーズを終了して27日から実験・観測フェーズに移行した。

なお、3月20日には搭載GPS受信機を稼働し、一点測位モードおよびカルマンフィルターモードによる機上航法に我国の宇宙飛翔体として初めて成功した。

終りに、今後の順調な運用を祈るとともに、SFUに関係してこられた国内外の大変多数の方々全員に対し、熱意と御努力に敬意を表しておきたい。（二宮敬虔）

★SFU搭載赤外線望遠鏡IRTS

IRTS（Infrared Telescope in Space）は、日本での初めて人工衛星に搭載した赤外線望遠鏡です。この望遠鏡が普通の望遠鏡と大きく違うのは、超流動液体ヘリウムで全体が摂氏-270度の極低温に冷やされていることです。このため整備塔に大型のヘリウム容器を持ち込み、IRTSのタンクを超流動ヘリウムでいっぱいにしたり、打ち上げ12時間前まで衛星に配管を繋いだままにして超流動状態を保つ作業をしたりと、SFUにつまれている一実験としては飛び抜けて大変な作業が必要でした。打ち上げられてからも、太陽光を遮るためのサンシールドの展開、望遠鏡の蓋開け、太陽指向のSFU標準姿勢からIRTS観測姿勢への移行等、様々な難関がありました。しかし、関係の方々の努力によりこれらのハードルをすべてクリアし、3月30日から天体の観測を始めることができました。

4月20日現在、IRTSは順調に観測を続けています。望遠鏡の焦点部には4つの観測器が搭載されていますが、これらの心臓部である赤外線センサーも、ほぼ設

計通りの性能が確認できました。4つの観測器のうち2つは米国との共同研究であることから、NASAのDeep Space Networkの各受信局の支援も得て、観測データを収集しています。

波長1～10 μ m帯では、世界でも初めてこの波長帯のスペクトルを一度にとれる分光器を搭載しており、数え切れない程の星のスペクトルや星間塵の熱放射スペクトルを観測しつつあります。100 μ m帯では、これまでの衛星観測に比べてずっと高い角度分解能、高いS/N比で、星間空間の炭素イオンや酸素原子の輝線を捕えており、解析が楽しみです。もっと長波長のサブミリ波帯でも、星間空間の極低温の塵の熱放射や3K背景放射が、やはり過去の衛星よりも高角分解能、高感度で観測されています。

大勢の方の支援を無駄にすることなく観測を成功させることができはるとするとともに、これからのデータ解析でどんな新しい結果が出てくるかを楽しみにしています。（村上 浩）

—IRTSと同時進行したBIO実験は次号掲載予定—



隕石と小惑星

西松建設(株)技術研究所 齋藤 潤

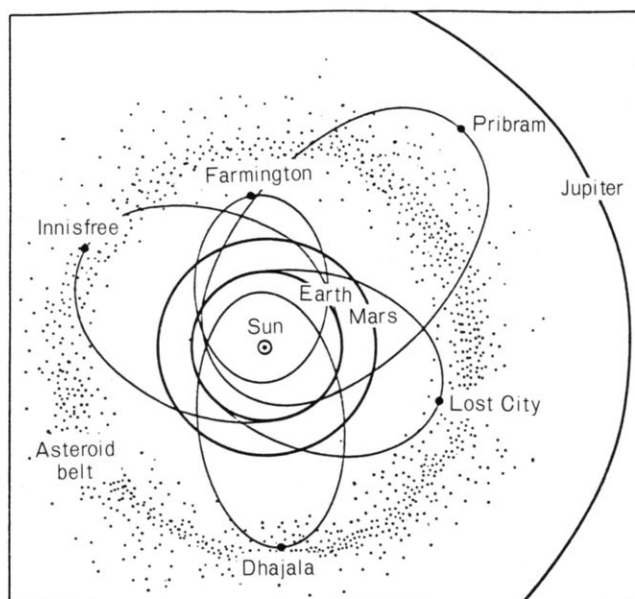
隕石は、月探査で回収された月の石や宇宙塵とならんで、我々が手にする事のできる数少ない地球外の物質である。我々研究者は隕石を様々な角度で研究する事で、それらがどのようなプロセスを経て形成されたのかを明らかにしつつある。しかし、我々はその隕石が太陽系のどこから来たものなのかについて十分に知っているわけではない。

その数少ない情報の一つは、隕石が流星として落下するときの経路を観測して、それがどこから来たのか軌道を計算して得ることができる。右の図は、地球落下前の軌道が推定された数少ない隕石である Dhajala, Farmington, Innisfree, Lost City, Pribram の各コンドライト隕石の例を示す。この図で分かるように、この隕石は小惑星帯の付近から放出されて、地球へ落下してきたものと推定されている。

また、地上から望遠鏡を用いて測定した小惑星の反射スペクトルを研究すると、いくつかの隕石種と対応するスペクトルを示すものが発見されている事からも、隕石は小惑星から来たものと推定されている。しかし、隕石が具体的にどの小惑星のどの地域から来たのかについて確固たる証拠が得られたわけではない。この事をはっきりさせない限り、隕石を用いた小惑星の起源の研究の基礎が十分に完成したとは言えない。小惑星を詳細に調査し、構成物質とその分布を明らかにするためには、その天体の地質を詳しく調べる事が不可欠である。

ここで少し地質調査するときに留意しなければならない点を考えてみよう。地質の調査をするときには、崖や川底に露出した地層（露頭という）を一つ一つ記録して、最終的にはその地域の地層の3次元的な分布（地質構造）を推定する事が必要である。その時に最も大切な事は、どの場所に、どの地層があったかという事を地図上に正確に記録する事である。

初めて地質調査をする学生が先生に必ず注意される事の一つは、調査する露頭の付近に転がっている石（この様な石を転石と言う）を用いて議論をしてはならないという事である。なぜなら、転石はその露頭の石であるという保証がないからである。それは雨の日どこか他の場所から流れてきたのかもしれない、また誰かがよそで拾った石をそこで捨てただけなのかもしれない。つまり、場所に関する情報は転石には本来含



落下する以前の軌道が推定された隕石の軌道。これらの隕石は、小惑星帯付近から地球へ来たものと推定されている。

まれている。

この話を隕石と小惑星との関係にあてはめて見ると、隕石は小惑星の物質である可能性が高いものの、それらは実は転石であって小惑星の地質構造に関する直接的な情報を持っていないという事になる。その意味で隕石学者は、小惑星の転石という、地質学の方法では本来議論に適していないものを用いて何とか小惑星の構造や形成メカニズムに関する情報を得ようと努力してきたわけである。

しかし、いつまでもそうであってよい事はない。我々は地球外の物質から情報を抽出し、それを具体的な天体の構造と組み合わせて議論する事によって、この太陽系の惑星がどのようにして形成されてきたかを考察していかなければならない。

これを行うための第一歩が、小惑星の探査とサンプルリターンである。小惑星探査によってその地質調査が可能になれば、ある小惑星の地質構造を構成する物質がどのような隕石種に該当するかについて情報を得る事ができるだろう。そしてその情報は隕石を単なる「転石」から地質調査の「試料」へと変身させるのである。隕石の研究者にとって小惑星の詳細な探査は新しい時代への第一歩になるだろう。

（さいとう・じゅん）

翔べーブラジル第1号科学衛星—

小 山 孝 一 郎

3月8日から15日まで、ブラジルが初めての科学衛星を作るということで、ブラジルの宇宙科学研究所(INPE)が開いた“ブラジル第1号科学衛星に関するシンポジウム”に参加しました。

さて当の科学衛星ですが、重さ約80kg、98.5度の軌道傾斜角をもって、高度約800kmに中国のロケット「長征」を使ってブラジルと中国で共同開発したリモートセンシング衛星を打ち上げる時に、ついでにこれを打ち上げてもらうという計画です。

観測器には、30cm×30cm×40cmのスペース、電力30W、重力20kgの制約のもとで、大気からの光を測る分光計、特にブラジル上空の強い高速荷電粒子の測定器、電離層の基本的なパラメータの電子密度、温度を測るキャパシタンスプローブ、電子温度プローブ、そして磁力計の5つの観測器が搭載される予定です。

これらの5つの観測器のうち、3つまでに日本人研究者が深く関わっており、今回はこれらの機器に関する全体的な要求をまとめシステム側に返すために、個々の観測器の詳細について議論するというので、私の他に、極地研究所の岡野教授、理化学研究所の河野研究員が招待されました。私とブラジル研究者達との交流は1981年に日本の科学衛星「ひのとり」がブラジル上空の電離層を観測し、かれらの地上からの観測とデータを交換したことに始まります。

3月8日の19時頃に岡野先生と一緒に成田を出発して、ロスアンジェルスで給油と乗員交替の後、現地時間の3月9日の朝6時にサンパウロへ着きました。結局23時間の長い旅ということになります。

INPE差し向けの車で、研究所のあるSan Jose Dos Camposまでは高速道路で約1時間、着いた時にはすでに2日目の会議が始まっていました。翌10日も9日にひき続いて朝8時30分から18時まで、観測器の4つのグループ、システムグループ、そしてGPSグループの6つに分かれて議論し、最後に各グループのまとめ役が皆さんの前で報告して終わりました。

会議の途中で、部屋の正面に直方体の衛星に4枚の太陽電池パドルを付けたモックアップが持ち込まれました。1981年に打ち上げた日本の科学衛星「ひのとり」の小型版という所です。私はプラズマグループのAbduさんに、「ひのとり」に私達が採用したと同じように、パドルの先端に電子温度プローブの電極、そしてこれと180°反対側のパドルにキャパシタンスプローブ、これと直交する2枚のパドルの先端に磁力計センサーと

カウンタバランスを付けることを勧めました。

衛星の位置を知るために米国研究者による差動GPSが搭載されます。これはまだ米国で試されたことはないと伺いましたが、ブラジルの科学衛星が打ち上げられるまでには、2個の米国衛星での実験結果が出ているだろうとのことでした。またこのGPSにより衛星より高い高度の電離層プラズマ密度の様子を知ることができそうですから、私達も興味があります。計画してから約1年半後の来年の末には打ち上げということので、大変過密なスケジュールがたてられておりますが、ブラジルの第1号衛星ということで、出席した皆さんの熱意は充分に感じることができました。パドルの展開、熱設計など、日本も初めは苦労したと思われる多くの問題に対しては、宇宙研の工学の先生方の助言が必要ではないかと思っ出席しておりました。

3月10日、3日目の午後の会議の終わるころから、私は熱が出はじめ、ホテルに帰り着くやベッドに潜り込みました。続く土、日、月、火曜日、高熱で食事できず、夢うつつで過ごしました。最後にお医者さんにホテルの自室で往診していただき薬局で注射まで打たれるはめになりました。水曜日の朝、ようやく、研究所に行き、磁力計担当のTriveddiさん、そして最後にこの衛星のマネージャーのネレさんのお部屋を訪ねました。机の上に林友直先生らの書かれたマイクロサテライトの論文が置いてありました。何回も読んだのでしょうか、手垢の付いた紙の角がすり切れているのが印象的でした。既に太陽も沈み、暗くなりかけた頃、私と岡野先生はネレさんらの見送りを受け、研究所を後にし木曜日の朝0時にサンパウロを出て、金曜日に日本にたどり着きました。

風邪のため、ブラジルの名物(?)の子牛のステーキとシュラスコを賞味する機会がありませんでしたが日曜日の夜、研究所の宇宙科学のセクションでただ一人の日本人で今度の衛星の分光計の主任研究者である高橋博士の奥様に作っていただいたおにぎりの味は決して忘れることはないでしょう。そしてまた風邪のおかげで先の愉快的な、人なつこい2世のお医者さん、シュラスコを食べ過ぎていささか標準体重を超している薬局の主人などとの新しい出会いがありました。世界中どこに行っても人の心、肩の暖かさは同じです。

(おやま・こういちろう)



第1回『「超」整理法』のすすめ

橋本樹明

溢れかえる書類をどうやって整理したら良いか、これはどんな職種の方にとっても永遠のテーマかもしれません。そんなことから、書類整理術に関する連載を始めます。いろいろな立場の方々からご自身の整理法を紹介していただき、みんなで参考にしようという企画です。読者の方の中でユニークな整理法を実践している方がいらしたら、ぜひ編集部までご連絡下さい。

「私はこんな整理法をやっている」とか「こういう整理法をやったら失敗した」とか何でも結構です。

さて、一口に書類整理と言っても、いろいろなものがあるでしょう。会議の資料、技術論文、会計簿、人事資料、試験問題等々。パソコンや計測機器のカタログやマニュアルも書類と言えるでしょう。広義には書籍も書類に入るかも知れません。

第1回としては、その中でも教育研究職である私の仕事上関係するもの、すなわち人工衛星の技術資料や会議資料、関係する研究論文、予算申請書類、レクリエーション大会の実施要項など、私個人が管理し私自身が使うものについて扱います。

このような目的の整理術として、昨年、『「超」整理法』なる本が話題になりました。著者によると、一般に多くの人が信じている「整理＝分類」がそもそもの間違いである。すなわち分類するのに時間がかかり、忙しい人は整理ができなくて、結局机の上に積み上げることになる。また過去の書類をどこに分類したかわからなくなり、行方不明になることが多いとのこと。そこで著者は発想の転換をして、時間順の整理法を提案しています。会議資料、論文、製品カタログ等、何でも角形2号の封筒に入れ、封筒の表にタイトルを書き、そのまま時間順に本棚に立てていくのです。人間の記憶は「どこに置いたか」は不確かであるが、「いつ頃の物か」は意外と良く覚えているものであるというのが著者の主張で、いっさい分類を行わないと言うことがポイントです。

また、過去の書類を参照したときには、一番新しいところに戻すことにします。こうすれば自然と良く使う封筒（＝書類）が手前になり、奥の方にたまった封筒はアクセス頻度が低いことになるので、廃棄するときに役立つということです。すなわち定期的に、奥の方の封筒のうちから永久保存しないといけな

ものだけ取り除き、あとは思い切って捨ててしまうのです。

私自身、この本を最初に読んだときには、時間順の分類などとてもないと思いました。しかしそれは、我々は幼少のころより「整理は分類なり」と教え込まれているためであって、だまされたと思って一度試してみなさい、と著者は述べています。純真な私は、素直に聞き入れて実行に移したのでした。その結果は次回にご報告するとして、もう少し「超整理法」を分析してみましょう。

まず、「取り出した書類は一番手前に戻す」これはコンピュータで用いられているキャッシュメモリの原理と同様です。一番最近に使用した書類が次に使う可能性が高いので、こういう配置にしておく平均アクセス時間を最小化できます。

次に、分類による整理法は、整理したてのときは整然としているが、時間が経つとだんだんバラバラになっていく（エントロピーが増大していく）ので、大変な労力（＝エネルギー）を使ってそれをくい止めなければならないのです。一方超整理法は、ただ順番に並べて行くだけで秩序が作られていく、エントロピーが減少するシステムです。なんとすばらしいことか！

我々は整理するときに、どうしたら簡単に探すことができるかを考えます。しかし減多に使わない過去の書類の整理に多大な時間を費やしたら、それは本当に得でしょうか。超整理法では、多少探す時間が長くなっても整理に時間をかけないので、トータルで得になります。

一般に検索問題では、解への到達可能性が保証されているかどうか重要です。「超整理法」では最悪、全封筒のタイトルを見ていけば、いつかは（大抵は10分以内）見つかります。ファイルに綴じてしまって、どのファイルに入れたかわからなくなったら、最悪全ファイルの全ページを見なければなりません。

このように超整理法は工学的にも興味深い手法ですが、誰にとっても最適方法では無いでしょう。次回は『「超」整理法を超えて』と題して、私なりの修正案を紹介します。（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



種子島のいも焼酎

柴 藤 羊 二

先日、松尾先生から、「いも焼酎」の原稿を書けというFAXが入り、なんでわたしが焼酎のことを書かなければならないんだろうかと考え込んでしまいました。たしかに私も酒は嫌いではなく、種子島に初めていったときも芋から作った焼酎を飲んでうまいものだと思い、昔は、毎晩飲んでいました。そのことについて書かされるのかなと、先生に電話をしたら米国に出張中で連絡がとれないとのことであった。

しょうがないので編集係の人に電話をしたら、ISASニュースの「いも焼酎」というコラムにどのようなことでもいいから書けばいいとのこと。参考に今までに書かれたものを送ってもらい、読んでみたが皆名文ばかりで、さて私はなにを書けばいいのか、再度考え込んでしまいました。悩んでもしょうがないので、どうせ書かされるならコラム名をそのままもらい「いも焼酎」に関連したことを選びました。

30年前に出張先の種子島で最初に飲んだいも焼酎は、「南泉」という銘柄で少し濁った、独特の香りがあり、飲んでみるとほんとに南の島にいるという実感が湧いてくるものでした。当時の南種子町は、都市化されておらず、ほんとに素朴なところでありました。宿がある数百mの通りだけが繁華街であり、なぜか、その通りに面して飲み屋が七軒もありました。昼間に通るとバラックだての古い建てやで、カウンタの下は昔なつかしいタタキの土間であり、とても「バー」などには見えない、うらぶれたものでした。しかし、夜になるとネオンがつき、打ち上げ隊の人々が明かりに誘われる蛾のように集まるから不思議な現象でした。

ごたぶんにもれず、私なども出張したときには、夜毎宿を出てその七軒の飲み屋を順番に訪ねていき、また、帰りに再度七軒を順にハシゴして、宿に帰るのは

毎度深夜過ぎという生活をしていました。結局、のべ14軒でいも焼酎を飲んでいただけになりますが、次の日に二日酔いで頭が痛くなることもなく過ごせたのは純粋ないも焼酎であったのと、若かったからではなかったかと思われます。

このように種子島では、毎夜毎夜吞んでいたいも焼酎ではあったが、東京で吞むとあまりうまく感じないのが、不思議でありました。やはり、その土地の風土にあったものが長年にわたって淘汰されて残った為ではないかと思われます。

私も鹿児島宇宙空間観測所を、数回訪れたことがありますが、残念ながら一度も内之浦に泊まるチャンスがなく、地元のいも焼酎を味わったことがありません。次に行く機会があれば是非、内之浦に泊まって、地元のいも焼酎を味わって、種子島のものと比較したいと思っています。当然、内之浦で吞む焼酎の味も格別なものであると、今から楽しみにしています。

ある人が、うまい焼酎同士ならそれらを混ぜ合わせて吞むともっとうまくなるのではないかと言われました。それは本当の酒の味がわからない人たちの考えであり、種子島の焼酎と内之浦の焼酎はそれぞれのうまさがあり、その地で吞むことで格別な味わいがあるのでしょう。それを混ぜ合わせて吞むようなことをするような馬鹿なことはやらないものです。

うまい茨城の地酒を吞みながら書いているため、だんだんと酔いがまわってきて、なにを言っているかわからなくなってきました。次の機会に、内之浦で地元の「いも焼酎」を松尾先生と吞めることをたのしみにして、今日はこれにて失礼いたします。

(宇宙開発事業団：しばとう・ようじ)



高橋義昭さんとのお付き合いはとても長くなります。もともとは雀友で、後ろから見ているとホントに下手なのですが、前に回るとなかなか勝てず、私が未熟な故に実力が未だに見抜けないのだと思っています。とにかく確実に参加の見込めるメンバーでした。

編集委員会には発足以来の参加で、この間生字引(長く居るというだけでは条件に欠けます)として皆を支

えてくれました。ニコニコしながらときどき凄い(ひどい)ことを云う人柄は、編集会議の雰囲気にはピッタリで誰からも愛されたものです。

古い仲間と別れるのはまことに残念ですが、彼なら新天地でもいじめられることなく勿論いじめることもなく大いに活躍なさることでしょう。

益々のご発展を祈ります。

(松尾)

ISASニュース

No.170

1995.5.

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

◆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。