



AS ニュース

No. 9

宇宙科学研究所
1981.12

〈研究紹介〉

カルマン・フィルターとの20年

宇宙科学研究所 西村 敏 充

この研究紹介の御依頼を平尾先生より直接戴いた時、今年7月に新任の教官で新しい環境に慣れるのが精一杯で、まだろくな研究もしていない身にとって少々早過ぎるのではないかと思ったが、結局宇宙研にくるまでの研究を記すことで御容赦願うこととした。

表題のR・E・Kalmanは、1960年に有名なカルマン・フィルターの最初の論文をASMEに発表した。フィルターといえば大部分の方はラジオやステレオに用いられている浜波回路、つまりLC回路などハードウェアで構成されたフィルターを思い浮かべることであろう。

しかし、ここでいうフィルターとはソフトウェアによるフィルターで基本的にはある数式をコンピューター・プログラムによって実現するもののことをいう。結局これも雑音の中に埋もれた信号からいかに雑音の影響を取り除くかということにつきるので、ハードウェアのフィルターと目的としてはあまり変らない。

サイバネティクスで有名なノーバート・ウィー

ナーは、1940年代にこの信号検出の問題に取り組んで、フィルターを観測された信号にある重みを掛けて観測期間中、時間とともに積分して行く方式を考え、有名なウィーナー・ホッフの積分方程式に到達した。一数式を挙げずに言葉で説明するのはなかなか難かしいが、本文のスタイルに合わせて数式は用いない。この積分方程式の一般解を求めることは困難であったが、ウィーナーは信号の定常性、無限大の観測時間といった仮定を用いて積分方程式にフーリエ変換を適用し、さらにスペクトル分解の手法を用いてこの問題を解決した。その後、特に通信や回路の分野でこの理論は広く適用されて行く。

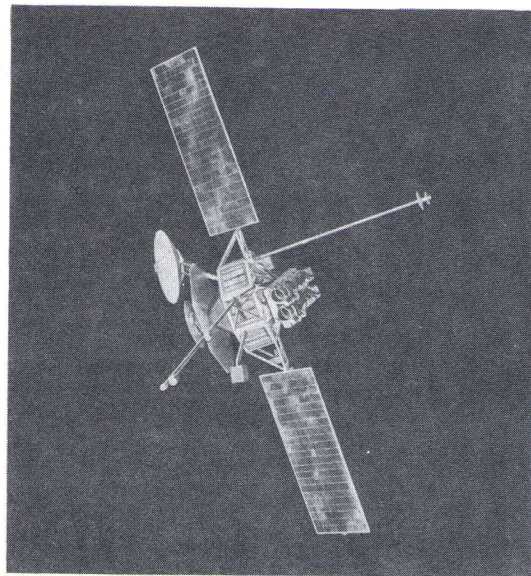
先程のカルマンの業績は、信号過程にダイナミカル・システム概念を導入し、雑音はすべて白色であるといった仮定を用いてこのウィーナー・ホッフの積分方程式の一般解を求めることに成功した。彼の理論は、信号過程が時変・非定常であり、観測期間が有限で、また信号や観測値にベクトル表現を用いることができる点で、ウィーナー

の業績を一步進めたものであった。

しかし、カルマン・フィルタはその後信号検出の分野ではほとんど適用されず、むしろ別の分野、たとえば宇宙航空の分野で真先に応用が試みられた。1961年にはすでにNASAのゴダード航行センターでアポロ計画を推進していたスタンレー・シュミットがカルマンと個人的に接触して、彼の新しい理論を知り、当時シュミットがアポロの月周回船のオンボード計算機による軌道決定であれこれ苦勞していたので早速適用を試みることとなった。当時はLSIも発明されて居らず搭載コンピュータの能力は限られていたので、実時間データ処理の可能なカルマン・フィルタが最適であり、結局これが後のアポロ計画の成功の一つの要因となったとされている。

このようにカルマン・フィルタはその内容的な特質はもちろんとし、60年代の米ソ宇宙開発競争、ケネディ大統領による月到達宣言（1962年）など宇宙開発の黎明期に真先に宇宙システムに採用されたことがその普及に大いに役立ち、その意味で幸運であったといえるであろう。そして、カルマン・フィルタにとってのもう一つの幸運は、やはり60年代に電子計算機が第1世代から第2世代へ移りさらに第3世代へと急速に進歩普及した時代であったことであるといえる。スカラー信号系であれば手計算でも何とかなるが、10次元、20次元といったベクトル系のベクトル、マトリクス演算は、大型コンピュータなしには到底手に負えるものではない。

カルマン・フィルタはこうして宇宙航空システム、特に衛星の軌道決定、航空機のナビゲーション、ロケットの誘導などに使われたが、最近ではさらに応用の範囲を広め、河川や大気汚染予測、地震波の検出、ひいては経済予測などにも使われはじめている。この場合フィルタによって検出される対象は、通信における高周波信号と違って、衛星座標であったり、プロセスの内部状態であったりして大分異なるけれども、結局それらを雑音の加わった観測値から検出しようという点で、フィルタとしての基本的機能には変りはない。



マリナー10号(アメリカの金星・水星探査機)

これ位でカルマン・フィルタの紹介は終りにして、筆者とのかかわりを少し述べさせて頂くことにする。最初にカルマン・フィルタの論文を読んだのは1962年頃で、その頃から十数年にわたって在籍したNASAのジェット推進研究所—JPL—においてであった。その後カルマン・フィルタの感度解析や、数値精度の向上をはかる平方根フィルタの解析、あるいはスムーザー（平滑器）などの研究を行うと同時に、JPLの深宇宙における追跡管制用の軌道決定プログラムへの適用などを試みた。

軌道推定は現在も、NASAでもまた日本でもガウスによる古典的な最小自乗法、あるいはその延長線上にあるベイズの重みつき最小自乗法が用いられている。しかし推定精度への要求が高まるにつれて、かなり長期間の観測データを処理する必要性が生じてきた。そうすると軌道の非線形性や、太陽光圧力、ガスジェットのリークなどノイズの影響を無視できなくなり、これらのファクターを考慮に入れることのできるカルマン・フィルタ、あるいはその拡張であるバッチ・セクエンシャル方式のフィルタの採用が必要となった訳である。

その端的な応用例が1974年のマリナー10号による金星—水星フライバイ・ミッションであった。これは金星の引力を利用して、いわゆるフライバイ制御を行って、水星に到達しようというもので

あった。このため金星到達直前に行われる軌道制御誤差は、水星到達時には1000倍程度増幅されるので、その計算を行うための軌道決定精度に対する要求は極めて厳しかった。そこでこのバッチ・セクエンシャル方式のカルマン・フィルターが適用され、軌道決定精度を17km程度に押えることができ、水星到達という目標を成功に導く一因となった。

その後もカルマン・フィルターの研究はつかずはなれず行い、特にその応用に心掛けてきた訳で

あるが、もう紙面も少くなったので割愛する。

カルマン・フィルターは宇宙研のロケットの電波誘導に用いられているし、また現在開発中の深宇宙用軌道決定プログラムには、どのようなフィルター形式を採用するかは今後の重要課題である。当面の目標はもちろん4年後のプラネットA計画であるが、その後に予想される宇宙研の色々なプロジェクトについてその要求を予測し、またJPLでの経験を生かして、最適なフィルターを開発できれば幸いであると考えている。



お知らせ

★宇宙研談話会 Space Science へのご案内

- ・日 時 隔週木曜日16時～17時
- ・場 所 宇宙科学研究所45号館5階会議室
- ・連絡先 宇宙科学研究所・理学系
大貝あて 467-1111(内)297

なお、現在予定されている談話会講師とテーマは下記のとおりです。

第6回 12月24日(木)

「プラネットA計画」

平尾邦雄(宇宙研教授)

第7回 1月7日(木)

「45メートル宇宙電波望遠鏡の建設状況」

森本雅樹(東京天文台教授)

昭和57年度ロケット観測募集

- ・×切期日 昭和56年12月21日(月)(必着)
- ・申 込 先 〒153 東京都目黒区駒場4-6-1
宇宙科学研究所
河島信樹
電話 (467)1111 内335

なお、申込用紙は研究協力課観測事業係まで請求して下さい。

★ISASニュースNo.8の訂正

4頁「お知らせ」

宇宙輸送と推進系シンポジウム⇒宇宙輸送シンポジウム

爆発現象の流体力学小研究会

期 日：12月28日(月)～29日(火)

場 所：筑波大学構造工学

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

回収体の空気力学小研究会

期 日：1月16日(土)

場 所：宇宙科学研究所15号館輪講室

問合せ先：宇宙科学研究所 研究協力課 共同利用係

MAPシンポジウム

期 日：1月18日(月)～19日(火)

場 所：宇宙科学研究所(旧宇宙航空研13号館講堂)

問合せ先：宇宙科学研究所 研究協力課 共同利用係

宇宙放射線シンポジウム

期 日：1月27日(水)～28日(木)

場 所：宇宙科学研究所(旧宇宙航空研13号館講堂)

問合せ先：宇宙科学研究所 研究協力課 共同利用係

宇宙エネルギーシンポジウム

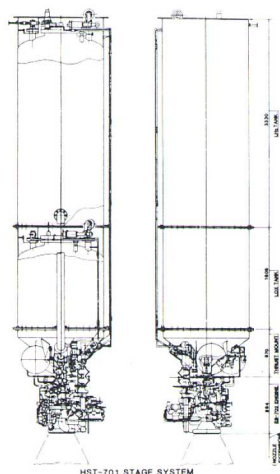
期 日：1月28日(木)～29日(金)

場 所：宇宙科学研究所45号館会議室

問合せ先：宇宙科学研究所 研究協力課 共同利用係

液水／液酸ロケットステージ燃焼試験に成功

昭和51年度より始まった液水／液酸ロケットの本格的な開発は、昭和54年度でエンジンを構成する主要なコンポーネント（燃焼器、ターボポンプ、ガスジェネレーター、タービンスピナー等）の開発を終え、昭和55年度にはこれらを組合せてエンジンを構成し、昭和55年12月には7トン級エンジンの燃焼試験を行い良好な結果が得られた。今年度はこのエンジンに液水／液酸タンクシステムを組合せてステージを構成し、ロケットとしての機能と形態を整えるようになった。この間の開発の経過についてはISASニュースNo.7に詳しく紹介されている。今年8月にNTCにおいて、タンクシステムに液体窒素を充填し、タンクの断熱性能を調査した。液水タンクの自然蒸発率は1.07%/hrで、液酸タンクは3.56%/hrの結果が得られ、予想したそれぞれの値2.0%/hrおよび4.4%/hrに比べ良好な成績であった。エンジンおよびタンクシステムの良好な結果を踏えて、9月26日から10月21日の日程でステージシステムの試験を行った。タンクシステムはNTCの堅型燃焼テストスタンドに垂



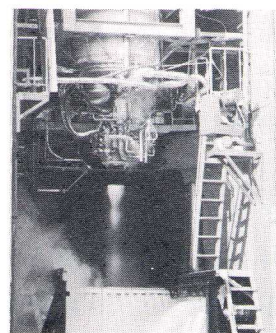
直に固定され、その後液酸タンク下部のスラストマウントにエンジンが取り付けられ、タンクとエンジン間の配管が結合された。このステージ試験の目的は実際の飛しょう状態を想定して、次の項目を調査・確認することである。

第3回運営協議員会議

7月16日に開かれ、以下のような事項を審議した。

1. 専任部門（工学系）の教官人事
 - ・ 衛星応用工学研究系宇宙エネルギー工学助教授
 - ・ システム研究系軌道工学助手
2. 客員部門（工学系）の教官人事
 - ・ 宇宙探査工学研究系宇宙自動機構工学教授
 - ・ 衛星応用工学研究系宇宙材料実験教授
 - ・ 衛星応用工学研究系宇宙材料実験助教授
3. 研究委員会規則の制定

- ①ステージシステムがテストスタンドのGSEから何の供給も受けずに自立運転ができること。
- ②推進剤有効利用制御システム（PU制御）が計画どおり作動すること。



7トン級液水／液酸ステージ燃焼試験 S56.10.16 ×15:20

左下にステージの概略図を示した。

ステージ各部の機能を調整し、点火器試験を行った上でステージ試験を実施した。まず、タンクへの液水／液酸の注液およびエンジンの予冷運転によって、エンジン起動に至るまでの状態を調査した後、10月16日と19日に2回ステージ燃焼試験を実施した。1回目の燃焼試験ではPU制御は行わず、50秒間運転した。エンジンはタービンスピナーの点火後約2.5秒で定常運転に入り、また20秒後にはGSEより切離されてステージは自立運転状態になった。エンジンは50秒間終始安定に作動し、起動直後より液水タンクは燃焼器再生冷却管出口より抽出した水素ガスで、また液酸タンクはタービン排気ガスと熱交換した酸素ガスによって安定に加圧された。定常状態におけるエンジン出力は定格の118%であった。第2回目の燃焼試験では起動後10秒で自立運転状態にし、15秒からPU制御を開始した。PU制御は両タンク内に設けた10点のホットワイヤ型レベル計の出力を比較し、液酸ポンプ吐出ラインのPU弁を制御している。54秒間の燃焼は良好で、PU制御も満足できるものであった。この試験によって液水ロケット開発は所期の成果を収め、ここに7トン級ロケットステージシステムはほぼ完成の域に達した。（棚次）

第4回運営協議員会議

10月9日に開かれ、以下のような事項を審議した。

1. 専任部門（理学系及び工学系）の教官人事
 - ・ 宇宙圏研究系赤外線天体物理学教授
 - ・ 太陽系プラズマ研究系磁気圏プラズマ物理学教授
 - ・ 惑星研究系惑星大気物理学教授
 - ・ 宇宙探査工学研究系電子計装工学助手
2. 客員部門（理学系及び工学系）の教官人事
 - ・ 宇宙圏研究系宇宙圏観測システム助教授
 - ・ 宇宙探査工学研究系宇宙自動機構工学助教授
3. 技術部・観測部関係人事委員会委員選出

人 事 異 動

(56.8.1～56.11.30) ※印 客員部門

発令年月日	氏 名	異動事項	現(旧)官職等	発令年月日	氏 名	異動事項	現(旧)官職等
56.8.1	蓬茨 霊運	(採 用) ※共通基礎研究系(客員教授)システム研究系助手	立教大学理学部教授	56.9.1	塩入 淳平	※衛星応用工学研究系教授	東京大学工学部教授
"	的川 泰宣	(昇 任) 衛星応用工学研究系助教授	観測部教務補佐員	"	梅田 高照	※衛星応用工学研究系助教授	東京大学工学部助教授
"	棚次 亘弘	(併 任) 宇宙輸送研究系助教授	システム研究系助手	56.11.1	西田 篤弘	(昇 任) 太陽系プラズマ研究系教授	太陽系プラズマ研究系助教授
"	安部 隆士	(併 任) ※宇宙圏研究系教授	東京工業大学助手	"	清水 幹夫	惑星研究系教授	共通基礎研究系助教授
"	近藤 一郎	※惑星研究系教授	東京大学宇宙線研究所教授	"	栗原 邦郎	システム研究系助教授	東京大学工学部助手
"	大家 寛	※共通基礎研究系教授	東北大学理学部教授	"	関口 豊	(配置換) システム研究系助手	宇宙探査工学研究系助手
"	三浦謹一郎	※太陽系プラズマ研究系助教授	国立遺伝学研究所分子遺伝部長	"	横山 幸嗣	(転 任) 宇宙探査工学研究系助手	東京大学生産技術研究所助手
"	斉藤 尚生	※惑星研究系助教授	東北大学理学部助教授	"	木村 磐根	(併 任) ※太陽系プラズマ研究系教授	京都大学工学部教授
"	小川 利紘	※共通基礎研究系助教授	東京大学理学部助教授	"	前田 弘	※宇宙探査工学研究系教授	京都大学工学部教授
"	松本 紘	※共通基礎研究系助教授	京都大学超高層電波研究センター助教授	56.11.16	奥田 治也	(昇 任) 宇宙圏研究系教授	京都大学理学部助教授
"	渡辺 公綱	※共通基礎研究系助教授	東京大学農学部助教授	"	松本 敏雄	(併 任) ※宇宙圏研究系助教授	名古屋大学理学部助教授

～表紙カット～

第 1 回宇宙研陸上大運動会開催される

第 1 回宇宙研陸上大運動会は、快晴にめぐまれた10月30日(金)13時より中庭において行なわれた。最初に松尾大会運営委員長の開会宣言、森所長の挨拶、東照久氏がユニークな選手宣誓のあと、全員で準備体操を行い競技に移った。今回は、管理部(白)、宇宙理学(青)、宇宙工学45(黄)、宇宙工学56(赤)の4チームに全体を分け、チーム対抗を主とする百歳リレー、綱引き、障害物競走、流星おとし、キックレース、4色対抗リレー、所内マラソン、風船割りの8種目で互に力を競った。また、アトラクションとして、宇宙研音頭、ホームラン競争(自由参加)が行なわれた。特に所内マラソンでは日頃の練習が物を言い、4.2kmコース16分32秒という素晴らしいタイムで管理部増田さんが優勝した。

競技は4チーム合同による風船割り競争を最後

に盛況のうちに午後4時30分すぎ予定の全競技を終了した。引き続き、閉会式が行われ、竹田管理部長から成績発表、森所長から所長杯、賞品授与等が行われ、松尾大会運営委員長の閉会の辞をもって終了した。今回の運動会は、午後から半日と短い時間であったが、一同童心にかえて、競技に、応援にと楽しい一時を過ごした。

因みに、同点の場合の順位決定については、竹田審判委員長から「綱引き」の勝者を上位とする旨あらかじめ公表されていたものでこれにより、管理部が準優勝となったものである。

なお、順位は右記のとおりである。

本号の表紙カットはマラソンのスタート風景。

順位	部	点数
1 位	宇宙工学56	149
2 位	管理部	141
3 位	宇宙工学45	141
4 位	宇宙理学	140

のびちぢみ会社滞在記

三 浦 公 亮

世界でも、宇宙での「のびちぢみ」のメカを作っている会社は数少ない。アストロ・リサーチ社は、のびちぢみのカラクリのメカを専業としていたいへん珍しい会社である。

夏が終りに近づくころ、明星の八巻さんと、サンタ・バーバラという、ハイソサエティの避暑地のイメージにひかれて、トランクの底に海水着をしのばせて、でかけたものである。

EXOS-CのBI-STEMアンテナというのは、要するに日常使っているコンベックス・スケールを、二本背中あわせにかみあわせながら、繰り出すようなものである。われわれの作業は、受入れテストであるから、先方の職工さん達が、アンテナをいろいろな条件で、のばしたりちぢめたりするのを日がな一日眺めていることである。いや本当に検査官であるから、しっかりと監督しなければならないのである。しかし、20米のアンテナが6～7分かかってのびるのであるから、それはもうゆっくりであり、つい眺めていることになる。

八巻さんはとみると、職工さん達のエレキの知識がたいへん低いので、はらはらして、口も手もだしたくてジリジリしている様子なのである。だがしかし、検査官であるから、絶対にテストを手伝ってはならないのである。

そのうち、面白いことに気がついた。テストのプロセスが疑わしいときに、私共が日本語で話し合うのである。すると何か極めて批判的な事を言われたと勘違いするらしく、彼等は俄然躍起となって、弁解にこれつとめる。つまり、クリティカルなところで、日本語を話せば、事態は好転することになる。しかし、そのうちにはお互に気心も通じ合って、そんな作戦も使う必要はなし、私共も彼等の精一杯の努力を感謝してわかれたのである。今でも、6フィートのびる毎にかける独特の掛け声になつかしく憶い出される。

滞在中、日本から「のびちぢみ」に興味をもつ

た男が来ていることが、社長の耳にはいり、会おうということになった。ヘッジペス博士、学者社長である。この男が考えだしたいろいろのアイデアを社員が作るというシステムである。中でもアストロ・マストは出色のアイデアである。三本柱のトラスをねじることによってらせん状にちぢめるこの方式は、ボエジャーでも使われたし、宇宙構造物の基本的部材となっている。

長い部材をたたみこむ、もっとも自然で基本的なかたちは、ねじることによってらせん形にたたみこむかたちであるというのは、筆者のかねがね主張していることである。そのような例は、自然界にもいろいろみられる。アストロ・マストは、これを地でいっている。

社長には、だから敬意を表して、しかしその後で、あなたのところの直線部材はたしかに素晴らしい。だけれども、もう一つ次元の高い平面部材のたたみこみのアイデアはないではないか。スペース・ミラーのようなキロメートル・サイズの平面膜をたたみこむにはどうすればよいか。一次元のたたみこみがらせんなら、二次元の場合はこうですと、我田引水の話にもちこんだのであった。

後日譚。

ある学会の懇親会の席上、飛行機構造設計の大先輩がその御高齢にもかかわらず、お元気の様子。

「先生、お丈夫そうでよろしいですね」

「いや、そうでもないんだよ。実は最近むすこを手術してね。普通の場所だと組織はまっすぐに通っているのに、縫合しやすいんだが、あそこの組織はらせん状になっているんだってねえ。だからなかなかうまくつかなくて、弱ったよ」

独白 「ブルータス、おまえもか」

機械的環境試験



観測ロケットという乗物の主客は物理観測用の機器であり、介添役はテレメータ、レーダ、プログラムタイマ等である。

旅行中にこれらの乗客が受ける熱、振動、衝撃、加速度、気圧の変化等の環境条件は生優しいものではないから、出発直後あるいは旅行中に病気になることも稀ではない。

このロケットという乗物は高価で、しかも現在では1回限りの消耗品で再使用の利かないものであって、お客様には絶対に病気になってもらっては困るのである。そこで出発前に十分これらの環境に耐えるようなトレーニングが必要となる。

観測ロケットや人工衛星搭載用機器の環境試験

には大別して(1)ロケット上昇中の環境試験
(2)宇宙空間の環境試験の2種類がある。

表題の機械的環境試験は(1)の範囲で振動試験、衝撃試験、回転加速度試験、スピン試験、音響試験等がある。また環境試験から離れるが、機体が正常な姿勢を保つための動釣合試験もこの範囲に含めている。

観測機器をわが子のように手塩にかけて作られた担当者の方々にとって騒音と共にゆすられ、落され、振り回され、ということは耐え難いことと思われるが、つつがない旅行が出来るためとお考え頂き御容赦願いたい。

—宇宙研— 今澤茂夫

熱真空試験



人工衛星のハードウェア設計の基本は、大雑把に言えば、衛星打上げ時の機械的振動や衝撃に耐えること、そして宇宙空間での長期間にわたる熱的環境に耐えて正常に機能すること、の二つの拘束条件を下敷にして全てのサブシステムを設計し、これらを相互に矛盾なく組み上げる技術にある、と言ってよい。

この内で、衛星の耐熱環境性を確保する、いわゆる「熱設計」の技術は宇宙開発の進展と共に設計の表舞台に登場し、比較的最近に市民権を得た新しい技術の一つであり、その熱設計の良否を最終的に評価・確認する手段が熱真空試験である。評価・確認の方法は決して一通りに限らないが、その要点は、宇宙空間の人工衛星にとっての熱的

環境、即ち、高真空、熱シンク(Heat Sink)、分子シンク(Molecular Sink)および太陽光照射を中心とする軌道熱入力、をできる限り忠実に地上の実験室(スペースチャンバ)内に実現させ、この中に衛星全体を封じ込めて、種々の熱的条件を課しながら、衛星各部の温度が設計予測通りであるか、また諸々の機器が所定の機能や性能を発揮するか、を確認することにある。

このような熱真空試験は場合により、10日も2週間も昼夜兼行で続く最も苛酷な試験となるが、人工衛星にとっては「心身共に健康である」との認定を受け、晴れて大空へ飛び立つために通らねばならない一大難関である。

—筑波大— 小林康徳



発光雲事始め

中村 純二

私はどうやら視覚型にできているらしい。小さい時から花火が好きで、田舎町の花火大会の日など大屋根に登りきりであったし、大学に入っか

らは、両国の花火見物に度々歩いて出かけたりした。また山中で焚火をすると、最初チョロチョロと小さい炎を出し、やがて勢いよく音を立てて燃

上るが、それを経験するのは中々の楽しみであった。

大学では分光学を学び、卒業後炭化水素の燃焼機構を調べるようになった。ローソクの場合でも、火災の場合でも最も本質的な燃焼部分は青緑色の内炎である。炭化水素と酸素は複雑な連鎖的化学反应の末、 CO_2 と H_2O になるが、その際、必ず C_2 や CH などの中間基が作られ、これらが化学反応の際出るエネルギーを帯スペクトルとして放出するのである。地上の光源には燃焼の際の外炎のように単なる熱放射によるものや、放電、あるいは蛍光によるものなど4種類位考えられるが、内炎のような化学発光は炎以外には容易に見られるものではない。

ところが、昭和31年から南極観測が始まり、オーロラは化学発光によるものらしいというので、私は早速オーロラ観測隊員を志願し、昭和基地に向った。回を重ねる中、オーロラの真の姿に迫るには、やはり電離層の高度で直接測定を行う必要があると感じた。第三次で越冬中、エキスプローラー3号が、ヴァン・アレン帯を発見したとのニュースを知り、この気持は益々強くなった。

その頃、生産研で行われたペンシルロケットに始まる飛しょう体の開発は順調に進み、昭和37年にはカップ・ロケットが高度百軒に達するようになった。私共は夜光の搭載機器と共に、ロケットが高速度で夜光層に突込む際、彗星のように周囲の大気を光らせるかも知れないと考え、いわゆるロケット・ヴェークの観測器も携えて秋田県道川に向った。しかし航跡を検出する試みは失敗に終わった。

それならば積極的に超高層に発光雲を作ってみてはという話になった。消防研の燃焼仲間にはテルミットの実験で、照明弾の仲間には光薬の実験で、夜光グループには観測機器の面でそれぞれ協力して頂き、私自身火薬の免許など取って、昭和43年5月内之浦で最初の発光雲実験を行うことに

なった。ところが生憎梅雨の最中でロケットは打上げられず、ナトリウム弾は地中廃棄、ロケットは12月まで保管となった。その後、S-300-1号機や3号機の場合でもそうであったが、数ヶ月間保管されたロケットの推薬にはクラックが入り、異常燃焼を起すのが常であった。K-8L-2号機もその例にもれず、12月に発射された際には正常に飛ばず、搭載機器も凡て不調であった。Na弾の場合、内部で緩慢な十数秒遅れの燃焼を起し、僅かに側壁の3ヶの窓からロケットのスピンに応じ間欠的にD線の光が見えただけである。しかしこの黄色い光は、船間と都井岬の2観測点から撮影され、これによって期せずしてロケットの航跡が算出された。すなわち最高々度は予定より80km低く103km、方位は予定より 17° 左方にずれたことなどが判明した。

昭和39年1月、K-8L-5号機の実験により、我国では初めて、夕陽に輝くオレンジ色のナトリウム発光雲が作られた。しかも、高度90km以下では乱流、それ以上では拡散という予想通り、ゆっくり発光雲が拡がり曲って行った姿は、今でも鮮やかに想い出される。もっとも当時は危険品操作室などなく、屋外で火薬の作業などするにあたり、防爆壁には計測台地のシェルターを利用し、西の空に雷雲が現われると急いで弾ごと屋内に持込む有様であった。

その後緑色のバリウム雲や紫色のストロンチウム雲、あるいは青白色のトリメチルアルミニウム雲などが作られ、現在ではバリウム成型爆薬によりオーロラ帯上空の電界や二重層まで検出されるようになりつつある。

今後は、宇宙科学研という新しい革袋を得て、より高度な科学的要求のもと、炭化水素発光雲やNO雲、ユーロピウム雲、リチウム雲など、夜空を美しく彩る宇宙花火の実験が益々華々しく行われることを期待したい。



新年号はオールカラーです。乞御期待。

ISAS ニュース

No. 9 1981.12.

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 TEL03-467-1111
The Institute of Space and Astronautical Science