

観測ロケットから科学衛星の胎動まで

齋藤成文*

1. は し が き

東京大学生産技術研究所が、本年創立50周年を迎えるにあたり、その記念事業の一環として「生産研究」の特集を計画している。ついでに生研より巣立って行った観測ロケットの思い出を書く様のお勧めを頂いた。

近年、年をとって、速く若き日のことなど思い出すことが多くなったその内でも、私にとって生涯の仕事となった宇宙開発（決してよい言葉とは思っておらぬが、余りに一般化しているので、そのまま使わせて頂く）の口火となった観測ロケット事業であるだけに、お断りすることも出来ない。しかし開発事業のスタートの1955年（昭和30年）から2ヶ年間MITへの留学をして、最大の産みの苦しみを知らぬ私が、しかもロケット本体の専門ではない身でその思い出を述べるのには若干の後ろめたさがあったことは事実である。

しかし観測ロケットの産みの親、糸川英夫先生は病床におられ、その後継者の玉木章夫教授、森大吉郎教授は既に故人となられた現在、これらの先生方の間近にいた私がその思い出を記すことが私に残された仕事と思い、お引受けすることにした。それともう一つ、1964年（昭和39年）4月、観測ロケット事業が新設の宇宙航空研究所に移管され、この事業を担当されていた主な先生方は生産技術研究所を去られていった。この内で主要メンバーとしては私一人が残留し、新設の研究所は併任となった。

それにも拘わらず、観測ロケットと、それに続く科学衛星計画の進捗に伴い、ややもすれば併任の仕事にのめり込

み、本務の生研での勤務が疎かになることが多くなり、所内の先生方には大変ご迷惑をおかけすることになって了った。今思い出しても慚愧に堪えない思いで一ぱいである。その万分の一のお返しの意を含めて、以下述べることにする。

2. 生産技術研究所における観測ロケット開発研究のあけぼの時代

今次太平洋戦争後の教育制度改革を契機として、戦時中に設立された東大第二工学部は廃止され、相当数の講座を学内に放出、自らは生産技術研究所に脱皮した。学理を実際の工業製品として実用に供されるまでの生産技術（広義）の重要性、特に荒廃の極にあった祖国日本には最も緊要であるとの瀬藤象二学部長（当時）を始めとして、教官の総意に基くものであった。

その最大の特長は工学全般に渉る分野の専門家を擁し、当時屈辱にも似た学内環境を自らの力により跳ね除けよとの反骨精神に燃えた研究陣の熱意が充満していたことである。この特長を活用し、幅広い専門分野を統合した新しい開発研究プロジェクトが自然発生的に次々と発足したのも当然であった。

その一つが観測ロケット特別事業である。当時文部省学術局学術課長の職にあった岡野澄氏はその回顧録（文献2）でこの事業の大成した第1の理由として、糸川英夫教授の卓見と指導力、そして東大第二工学部を前身とする生産技術研が機械、電気、通信、冶金、建築、土木等の専門家を擁し、総合力を必要とする本事業の遂行に大きく寄与したことを挙げておられる。

以下この事業のあけぼの時代の経過を、主として文献1および2を参照して概説しよう。（当時私は若輩の助教授で、しかも留学準備に追われて、直接参画することは少なかった。）

最初に総合研究班としてスタートしたのはAVSA（Avionics and Supersonic Aerodynamics：航空電子工学と超音速航空工学）研究班であった。戦後の航空界は大戦を契機として急速に発展したエレクトロニクスを大きく採用した運行システムと超音速旅客機の実現の要望が大であった。従ってその研究構成メンバーも電子関係の高木昇教授と、旧航空の糸川教授を中心とし、それに構造・材料関係の先生方が主であった。当時の私の記憶では現在の航空宇



図1 道川実験所全景

宙技術研究所の設立委員会に参加し、航空電子工学の調査を発表した。しかし現実には予算の関係で、すべて削除され、後年運輸省の電子航法研究所の設立まで待たなければならなかった。

1954年4月のAVSA研究会においてロケット輸送機を目標とする研究開発計画を作成した。糸川先生の活躍により同年度の生研中間試作費60万円、文部省科学研究助成金40万円、そしてロケット協力メーカー富士精密工業(株)(後にプリンス自動車(株))を経て、現在の日産自動車(株)が通商産業省鉦工業試験研究補助金250万円を受領することが出来た。これらにより、ペンシル、ペビーと呼ばれるロケットの設計、開発がスタートした。

ここで国際地球観測年(IGY)とロケット観測の要望について触れねばならない。世界各国が協力して地球物理学的諸現象を観測する国際事業はその第1回国際観測年(IGY)が1982~83年、第2回が1932~1933年に行われ、わが国の科学者はその初回より参加し、それ相当の成果(特にアジア地区として)を挙げてきた。

1954年9月の予備会合で第3回IGYが1957年7月~58年12月と決定、更に新しい観測手段として、第2次世界大戦を契機として発展した観測ロケット(Sounding rocket, SRと略称)による上層大気観測が加えられた。このローマ会議にわが国代表として出席された前田憲一京大教授、永田武東大教授らはロケット観測計画への参加を強く要望し、学界、文部省への強い働きかけとなった。



図2 道川実験場にて、左より糸川教授、福田生研所長、茅東大総長、前田京大教授(1958.6)

上述の2つの動きを知った前述の岡野学術課長は、その立場上両者のドッキングを計られ、ここに1955年より東大観測ロケット開発事業が正式に開始し、文部省は約1750万円という当時としては破格の開発費を計上した。

これを受けて生産技術研究所は所の正式事業として星金正治所長を長としたSR研究班を発足させた。その中心となったのは前述の高木、糸川両教授の外に後々までこの事業の主力メンバーになった先生方は次の通りである。航空関係の玉木章夫教授(空力)、森大吉郎助教授(当時、構造)、電気・電波系の野村民也助教授(テレメータ)、丹羽登助教授(通信)、黒川兼行助教授(レーダ)、船舶の安藤良夫助教授(高張力鋼開発)、精密の植村恒義助教授(光学観測、高速写真撮影)、土木の丸安隆和教授(光学観測ならびに実験場土木建設)、建築の勝田高司教授(建物空調)、池辺陽助教授(実験場建築設計)、機械の平尾收教授(ロックーン)、応物の富永次郎助教授(ロックーン計測)、そして大型パラボラ・アンテナの建設に多大の指導を頂いた建築の坪井善勝教授の名を挙げさせて頂く。そして後にSR研究班に参加、主要メンバーになられた方に秋葉鏝二郎助教授(ロケット推進)、浜崎襄二助教授(レーダ)、更にMIT留学後、1957年10月から参加した私、齋藤成文教授がいる。

重量わずか215g、全長12.3cmの文字通りペンシル(又はワン・ダラー)ロケットの地上発射実験が1955年4月、都下国分寺の廃工場地で行われた。ついで同年8月、新しく解説された秋田道川実験場で初の飛しょう実験が実施された。私は4月のテストを参観者として見学したが、同年8月よりフルブライト研究員としてMITエレクトロニクス研究所に留学し、この間のSR研究班の血みどろの苦難の歩みを折々の通信でしか知る途はなかった。

3. 観測ロケットの開発

2ヶ年のマイクロ波低雑音受信に関する研究を終了、帰国したのは観測ロケット実用第1号となったK-6型ロケット完成のちょうど1年前のことであった。私の研究そのものが米国宇宙開発の大きな流れの内の一つであった様に、これからの観測ロケット事業の重要課題であるとの先生方の説得に従って、この特別事業の一員として参加することになった。

1957年冬、小雪降る秋田駅頭に降り立って、道川実験場でのロケット実験に見学者として参加した。当時の米国留学の生活からは想像も出来ぬほどひどい環境のもとでの実験班の悪戦苦闘の有様を見て胸つまる想いであった。

この話を続ける前に、ロックーン実験(後々まで生研と関係が深かった)について触れねばならない。地上からの

観測ロケットに並行して、大気球でロケットを吊り上げ、10数kmの上層より発射するロックーン計画が当時、宇宙科学者の立教大学中川教授を長とし、各分野の専門家を組織して行われていた。1957年6月3日、岡倉天心や、戦時中の風船爆弾発射地として有名な茨城県五浦海岸で行われた実験が、私にとって最初のロケット実験となった。第1回目はロケット燃焼中断のため失敗、次の6月5日の第2号機の大気球放球時に事故が発生した。忘れもしない、朝搭載機器不調のために遅延して、9時55分放球された大気球が折からの風にあおられ、ロケット点火用のタイマー箱が地面にたたかれて破損、ために放球5秒後実験班の頭上で、全長2.8mのシグマ2型ロケットは暴発して了った。私は玉木教授とともにロケット実験の危険性を身をもって感得した。ロケットは71秒間飛しょう(テレメータ・データより)、後刻、南方4kmの常磐線沿線に落下していたことが判明した。⁵⁾

この事故を契機としてロックーン計画は生産技術研究所の平尾收教授を主班とする組織変えを行い、大気球打上げ方式や、気球素材の見直しから再出発した。そして1960年6月、青森県六ヶ所村で行われたシグマ4型(全長2.9m、重量40kg)による高度110kmまでの宇宙線、大気圧の観測に成功という掉尾を飾ることが出来た。ロックーンそのものは中断されたが大気球に関する技術は現在でも宇宙科学研究所で行われている大気球特別事業へと引継がれ集大成した。

私が正式メンバーとして道川実験場のロケット実験に参画したのは1958年6月からのK-6型ロケット(直径245mmと直径150mmの2段式、全長5.4m、全重量0.26ton、搭載機器重量約10kg)の打ち上げからである。

第1図には道川実験場の全景を、第2図にはテレメータ塔前での茅東大総長、福田生研所長、糸川教授らの写真である。6月20日のK-6型2号機はテレメータ、レーダの信号に中断という若干の不安定はあったものの、ロケッ

トは正常に飛しょうし、高度約50kmに達した。

その後、K-6型ロケットはIGY期間の12月末までに13機(内4機は飛しょう性能テスト)、翌年3月までに更に4機が打ち上げられ、IGYの計画種目である上層大気の大気圧、気温、気圧、宇宙線、太陽放射スペクトルの観測を行って、IGY参加の国際的公約を何とか果たすことが出来た。^{1), 2)}

次に行われたのが直径420mmの第1段、直径250mmの第2段、全長約10m、重量約1.5ton(搭載重量50kg)の2段式K-8型ロケット(図3)の開発である。

K-8計画の最大難関は径420mmロケットモータの開発で、大直径のポリサルファイド系コンポジット推薬、金属ノズル、高張力鋼板を用いた溶接チャンバーなどが主なものであった。ここでロケットの性能が向上し、速度や到達高度が大となるに従って振動、加速度等の機械的条件が厳しくなるとともに、空力加熱による熱的変形、真空気密の問題が搭載電子機器ならびに機体から突出しているアンテナ系にとって致命的重要課題となって来ることを知った。

忘れもしない1960年9月22日、K-8-3号機は最高々度187kmに達し、わが国で初の電離層内正イオン密度などの観測に成功した。当日、私と浜崎助教授が開発したわが国初のパラメトリック低雑音増幅器(雑音指数2dbという国際トップレベルであった)をレーダ受信機に附加していた。レーダ・トランスポンダからの電波は2度に涉り、急激な低下(多分搭載機器の一部不調による)を経験したが、低雑音受信機の効果により、完全にレーダは作動するという成果を収めた。私の専門技術分野で多分世界的に見ても最初の実用実験であっただけに、喜びは一入であった。

K-8-5号機が1961年3月、わが国で開発されたレゾナンス・プローブ法による171kmまでの電子密度、電子温度の観測に成功するなど、やっとわが国の観測ロケットも国際レベルに達することが出来た。しかし喜びもつか

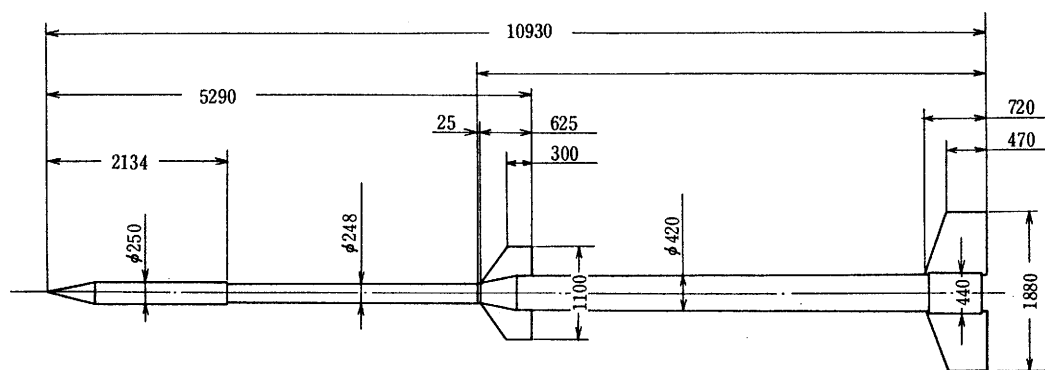


図3 K-8型ロケット(単位mm)

の間、1962年5月24日、同じK-8型の10号機が重大事故を起した。

19時50分、暗やみの内で発射されたロケットはランチャー上で爆燃、火のついた推薬が飛び散り、当日1.5 km離れたレーダ・センターにいた私には実験場は火の海と見えた。徹底的事故調査を行ない、その原因は推薬の亀裂によるチャンバーの集中過熱であることが判明した。以後、固体モータの製造工程の改善と検査方法の精密化によって、この種の爆発事故は2度と生じていない。

この爆燃事故はロケット発射場における保安距離の算定に多くの貴重なデータを提供することになった。第4図は飛散した推薬片の分布状況の精密検査を行っている実験班首脳の方の真剣な表情を示している。そしてこの事故を契機として鹿児島宇宙空間観測所(KSC)への実験場移転が急速に進められた。

KSCの詳細に触れる前に、K-9 M型ロケットについて一言しよう。ポリウレタン系の新推薬を採用すると共に、構造の軽量化により、K-8型と全く外見上同一のこの新型ロケットは1963年5月20日、その2号機が新装半ばのKSCラムダ台地より発射され、最高々度341 kmに達した。以後K-9 M型ロケットは現在に至るまで中型科学観測用として数々の成果を収めている。

4. 鹿児島宇宙空間観測所(KSC)の建設とL-型ロケット

K-8型ロケットの目鼻が付きかけた1960年には高度1,000 km以上の内側バンアレン帯の直接観測が可能なL-型の開発計画が進められた。このための実験場を太平洋岸に新設するための候補地選定が幅広く行われた。1960年10月、鹿児島県肝付郡内之浦町を糸川教授が訪れ、内々の話合いの上翌年2月には高木、糸川、玉木、丸安、齋藤



図4 K-8-10号機の残骸を調査する、左より玉木教授、吉山助手、高木教授、糸川教授および秋葉助教授(1962・6)

教授らすべての専門家が同地の具体的建設候補地調査を行って長坪地区を決定した。公表したのが1961年4月、そして1962年2月、当時の茅東大総長をお迎えしてKSCの起工式を行った。

人工稠密なわが国では米国、オーストラリアなどの様な広大な平地を望むべくもなく、この内之浦の長坪地区も山並みつづきの半島であり、当時電力線すらない僻地であった。これより丸安教授による航空測量から始まり、数多くの山の頂きを削って台地を作るという世界有数の自然と調和した実験所の出現となった。東京大学の施設部の要請を受け、土木設計は丸安教授、建物の設計は池辺教授、構造は坪井教授、環境設計は勝田教授と生産技術研究所の専門家が総動員して担当して下さった。新実験所の設備関係を担当した私から見て、これらの先生方の献身的ご協力なくしてはKSCの今日はないと思っている。

70数haのKSCは本格的なM-型ロケットによる科学衛星の打ち上げから、衛星テレメータ・トラッキングまでを行う世界有数の人工衛星発射場として世界に輝かしい歴史を誇っている。私自身、KSC建設に際しての総合的計画を推進するためのKE(鹿児島施設・設備の意)研究班の委員長を務め、全般の取りまとめに専心した。思い出に残る2, 3について述べよう。

ロケットおよび衛星テレメータ受信用に直径18 m大型パラボラ・アンテナの計画が1960年より始まった。同じ頃、国際電電KDDも来るべき国際衛星通信時代に対処すべく、20 m直径アンテナ計画を有していた。私共はKDDとの協力のもとにその制作をともに三菱電機(株)に依頼し、その実現に努力した。大パラボラ反射鏡の構造設計はこの分野の大家である坪井教授の指導を受けて三菱電機の機械技術者が努力した。同社はその後、東京天文台の電波天文用大型アンテナ、宇宙研臼田の64 m径アンテナの建設を担当し、今や世界のトップ・レベルのアンテナ・メーカーになっている。

また当時米国のJPLで計画中であったカセグレイン給電方式を急ぎよ採用に決定し、KDDはその第1号の衛星通信地球局として優れた特性を誇ることになった。三菱電機の喜連川技師と共に渡米調査に当たった私は、この採用を電報で要請したという思い出がある。低雑音パラメトリック増幅器と共にカセグレイン方式の大型アンテナは世界の衛星通信地球局の40%以上をわが国のメーカー(三菱(株)、NEC(株))の製作担当となっている。

科学衛星打ち上げの電波追跡をも兼ねるロケット追跡用精密レーダもわれわれの誇りである。浜崎教授を長とするレーダ班の長年に渉る経験を基にした精測レーダは三菱電機、NECの両社の分担制作で、後に宇宙開発事業団の種

ヶ島宇宙センターの建設においても米国技術陣の太鼓判で、本方式がそのまま採用されている。国際的にトップレベルにあることはその後の実用実績がよく示している。

衛星系、ロケット系、地上施設ならびにダウン・レンジ系全体の準備状況を司令連絡し、ロケットの発射を行うための発射管制司令連絡装置はこれまたわれわれ実験班の長年に渉る体験から考案された。そして後年私が宇宙開事業団の非常勤理事（初代）時代に、種ヶ島宇宙センターの発射管制設備計画への取りまとめを当時の島秀雄理事長からの特命を受け、その任を果たしたことは忘れ得ぬ思い出である。KSC 建設の経験を十二分に活用することが出来たと思っている。

大型観測ロケットとして計画された L-型は直径 735 mm の新推薬ポリウレタン系と 100 キロ高張力鋼をチャンパー材とする高性能ロケットである。従ってその完成には数多の難問をクリアーせざるを得なかった。1968 年 12 月 9 日の KSC 開所式の 2 日後に行われた L-2（2 段式を示す）-2 号機は 184 kg の搭載機器を積んで 402 km に達した。

後に述べる経緯により 1964 年 4 月、生産技術研究所の観測ロケット開発事業は改組し、新設された航空宇宙研究所にすべて移管され、同時に KSC も新研究所の附属となった。この新体制のもとに 3 段式 L-3-1 号（第 1 段径 735 mm、第 2 段径 420 mm、第 3 段径 420 mm、全長 19.2 m、重量 7.03 ton）は 1964 年 7 月に高度 857 km、その 2 号機は待望の 1,052 km に達することが出来た。

また改良型 L-3 H ロケット（第 1 段径 735 mm、第 2 段径 735 mm、第 3 段径 500 mm、全長 16.5 m、全重量 9.5 ton、搭載量第 2 段 170 kg、第 3 段 100 kg）は最高々度

2,000 km を目標としていた。L-3 H-2 号機は 1969 年 7 月に最高々度 1,822 km に達し、以後世界有数の大型科学観測用として実用されている。但しこのロケットはわが国初の人工衛星「おおすみ」打上げ用 L-4 S 型の下段にも用いられたが、L-3 H 型時代を含めて数度に渉る不具合を生じ、私は高性能な悍馬ロケットとの印象を持っていた。

5. 科学衛星計画の胎動と宇宙航空研究所への移管

L-型ロケット計画の進捗と共に、宇宙科学者の願望は科学衛星による宇宙観測へと、その夢は膨らむ。1963 年 4 月には学会会議 COSPAR 国内委員会主催の「人工衛星に関するインホームル・シンポジウム」が開かれている。これを受けて衛星打上げ用とは銘記されなかったものの、その能力を備えた直径 2.4 m の大型ロケットの開発が開始された。同時に本格的衛星打上げの準備段階として L-3 H 型ロケットの上段に 480 径の球型モータを附加した 4 段式ロケット L-4 S 型による衛星打上げシステム計画が浮上した。

これらの科学衛星計画の胎動と共に、東大内に宇宙科学研究を主務とする新研究所を新設するという要望が大きくなった。学内の度重なる検討の結果、既設の航空研究所を廃止し、その構成員に生産技術研究所のロケット研究グループ、及び理学系の研究者を加え、新しい宇宙航空研究所を共同利用研として東大内に新設されることが決定された。

私は若輩の教授で、その検討には参加していないが、独自の地道な研究を求めていた旧航空研究所の所員の不満が強いことは知っていた。航研と生研の話し合いは必ずしも



図 5 初の人工衛星「おおすみ」成功の際の喜びの実験班、左から森、玉木、野村、齋藤、平尾邦雄東大教授と前田京大教授、内之浦町の児童からお祝いを受ける野村実験主任の表情は綻ぶ（1970 2 11）



図 6 KSC に設置された「おおすみ」記念碑（1978 8）

円滑に進行しない状態で、1963年12月に新研究所設立予算が認められた。当時観測ロケット実験を行っていた私自身、唐突とも云えるこのニュースを聞き、大変不安になったことを覚えている。これは当時主導権争いをしてきた科学技術庁の宇宙開発推進本部の新設との対抗上の行政的決断というのが実情である。

1964年4月以降、生産技術研究所の観測ロケット・チームは殆どすべて新研究所に移るが、ロケット実験そのものの計画は何ら変更なしに進められた。数次に渉る失敗の末、1970年2月11日、初の人工衛星「おおすみ」の成功となるまでの技術上の問題ならびに、宇宙開発の主導権争いという行政上の難問をクリアするまでのわれわれ実験班の苦しみは今思い出しても胸つまる想いである。^{6), 7)} 第5図に「おおすみ」成功の当日の報道発表、第6図にはKSCに設置された「おおすみ」の記念碑を示してある。

6. 謝 辞

以上生産技術研究所における観測ロケット研究の経過の大略を述べた。(詳細は文献1～7参照。) 想えばこの開発研究は生産技術研究所の様な熱意に満ちた専門家集団なしには成功はなかったとの想いが強い。そして移管後も私を始め生研に残った先生も何ら変ることなく、開発事業に協力して下さった。特に立場上本事業にのめり込んでしまっ

た私に対しても温かく寛容であったことを深く深く感謝する気持ちで一ぱいである。

なお本文に掲げた写真は更に独立の機関へと発展した宇宙科学研究所から提供して頂いた。

*東大名誉教授(元第3部教授, 元宇宙開発委員長代理, 文化功労者)

参 考 文 献

- 1) 宇宙空間観測30年史および年表 文部省宇宙科学研究所 1987年3月.
- 2) 軌跡—宇宙空間観測30年記念随想集 文部省宇宙科学研究所 1986年9月.
- 3) 荻窪ロケットの思い出(日産) 荻窪ロケット思い出編集委員会 1977年3月.
- 4) 我が国の宇宙開発のあゆみ 宇宙開発委員会 昭和53年8月.
- 5) 齋藤成文「科学観測用ロケットの発展の経過」7. 観測ロケットの発達と科学衛星の進展 私のノートから(その一) 日本航空宇宙学会誌 第26巻, 第299, 1978年12月.
- 6) 齋藤成文「日本宇宙開発物語」 三田出版会 1992年4月.
- 7) 齋藤成文「宇宙開発秘話」 三田出版会 1995年8月.