

〈研究紹介〉

# 液水ロケットエンジンの開発

宇宙科学研究所 倉 谷 健 治

液体水素と液体酸素を推進薬とする通称「液水口ケット」は長友研で推力100kgの規模で昭和48年頃より手がけられていた。物騒な実験を始めたものだとひやひやしながら後学のためにとNTCで立会った。液化能力が3ℓ/hr程度の細々としたものであるため、燃焼実験は最後の「おまけ」、暗くなるまで液化に懸命の努力を払っておられた。その際やたらがたがたと振れるメータで液化状況をモニタしているのを見て、とにかく計測面から手伝う必要があろうという印象を受け、続く1トンエンジン試験から実験班に加わった。

当時宇宙研では燃焼室圧25kg/cm², 真空推力7トンの管構造再生冷却エンジンをM-ロケットの第2段とするM-2H計画を練り上げ、ターボポンプには背中合わせに液水系、液酸系のタービンを取付け、その間をギアを用いずに排ガスの空気力で連動させるという独特の設計を持ち、またその駆動はガスジェネレータによるという多項目一斉開発方式を立案した。そうして漸く本格化しようとする時になって宇宙開発事業団の10トン計画とい

うのが、我々の正直な気持で表現すれば「やぶから棒に」出て来たため、結局宇宙開発委員会において大乗的見地から両者の調整が行われることになった。その結果、M-2Hによってフライトを目ざしていた我々の基本計画は放棄せざるを得ない事となり、東大方式のターボポンプの開発、液水エンジンシステムの早期開発により、問題点を洗い出すと共に、その成果を航技研を加えた3者による液水エンジン開発計画全般にフィードバックする事という新構想に組替えられた。

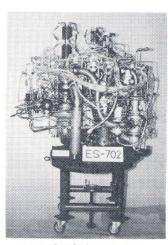
従ってその頃既に設計の完了していた燃焼器の1号機は7トンとするが、2号機からはNASDA供与の10トン(内圧35kg/cm²)を使用する事となり、ターボポンプ系は7トン、10トンの両者を開発する必要が生じた。一方宇宙研には当時多数の「構造屋」さんがおられたにも拘らず、タンク関係の開発の大部分をNASDAに譲った。当時在京の工学関係の方が手薄で、結局孤軍奮斗惨敗の涙をのんだ。またその不手際のせいもあって、以来液水ロケットの取まとめ役を引受ける事となり、

現在では全精力を傾け、もはや「化学屋」とはおこがましくて名乗れないような毎日となってしまった。

昭和51年頃はこのごたごたがあったが、一方、とにかく絶好の勉強の機会を与えられた事に対しそれだけの成果を挙げようという意欲にも燃えた。そこで先ず幅広い支援を所内の方々に御願いし、岩間研、森研、工作部の方々を、その頃は予想もしなかった極めてハードな基礎開発研究の仲間に引ずりこみ、少人数ながら精鋭のチームを結成した。また、開発項目が多いので、開発テンポを早くするため、水冷エンジン試験、タービン単体、ポンプ単体試験等を省略し、最も困難且重要と思われる各サブシステムの起動性の把握に焦点を絞り、一意ゴールへ向って直進するという方針を立てた。

幸いにして昭和54年12月、7トンエンジンの燃焼試験に成功し、最大の難関を乗り超える事が出来、かなりの自信を持ってその後の開発に臨み得るようになり、いよいよ最終のステージ試験に9月末から入ろうとしている。この間の技術面、研究面での細部は毎年の推進系シンポジウム等でもれなく報告しているので、ここでは思い付く二、三の点のみにふれておく。

先ず,最も手古ずったのは点火である。酸・水素混合気体は爆発可能混合域が広く,点火エネルギーも小さいという極めて爆発し易い性質をもち,しかも火炎は目に見えない。それ故,実験全般を



7トン級液水エンジン (ES-702)



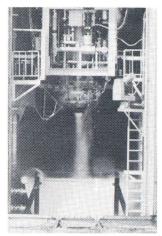
たて型スタンドにセット されたES-702

って爆発を招く。我々も再度不点火による爆発を 経験しそのすさまじさに度胆を抜かれた。幸い経 理その他事務関係をはじめ全所的に、この失敗を 物心両面から支えて頂き、再三にわたる挑戦が可 能となった。不点火の原因は点火器自体の内部で 酸・水素気流が高速のため点火し難いこと、また 点火器が作動しても、その火炎の勢いが弱く燃焼 器に流れる低温の主流に火炎が伝わらないことに よるが、夜の10時過ぎまで、点火条件を確めるた め、海辺に引出した点火器を遠巻きにして必死と なった。結局秋葉、岩間両先生の懸命な努力のお かげで、この難問も解決し得た。

このほか、液水エンジンの各サブシステムはい ずれも我々に取っては初体験で、それを手なずけ るには並々ならぬ労苦を伴なったのは当然である。 例えばタンク残液量の計測の不手際からタービン を空転させ、ディスク破壊に至ったが、これとて もタンク内に熱線センサを入れる関係上,保安の 立場から、電流を極度に落しすぎた事による。何 分予算の関係上、物は1個しか作れないので、こ れを壊さない事が絶対条件である。しかし定格運 転しないと意味がないので、慎重ではあるが、ま た大胆に割切る必要もある。そのため、我々の実 験では1シリーズ2~3回の運転を計画するが、 1度目から成功する事は皆無に近く,大体は追い つめられ,液水もこれ以上残っていないという最 終回に漸く所期の目的にたどりつくというのがむ しろ通例となっている。言い換えれば運転のノー ハウが極めて微妙で最近になって漸くそのむづか しさに納得が行くようになった。従って今では1 度や2度の失敗では落胆しない程頼母しくなって

来ている。ただ何分危険な水素を扱っている点で は常に初心に帰って、保安には今後も万全を期し て行きたい。

実験に当って,メーカまかせにせず自分でやれ という私の考え方のために所内の方々には一層迷



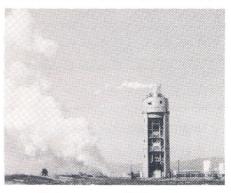
7トンエンジン燃焼実験

惑をかけた。また大学で やるからには最高の智恵 を絞ろうと叱咤もした。 その上1年の半分以上を 能代で過すという無茶を お願いして恐縮している。 最近我々の仕事がおざな りであるかのような批判 を外部から頂いたが,或 いは未だ力及ばず幼稚の

能代ロケット実験場での 域を出ない点はあるにし ても実験班全員が精魂を

傾けた仕事であった事を誇りとし反論して行きた い。最後に,石川島播磨重工,住友重機,川崎重 工、三菱重工の4社の方々には、それぞれ最も得 意とする分野で腕を奮って頂いた事, ユニゾン電 子, ユシヤ製作所, 東理社, マイクロテック, TEAC の方々, 更には液水実験とは言いながら砂浜でボ ンべ運びをされたり、吹雪の中で立番されたり、

縁の下の力持 ちをお願いし た方々, 我々 に仲の良い友 達づきあいを して下さった 能代の皆様に 厚く感謝した 61



能代ロケット実験場での 7トンエンジン試験風景

# 

#### ★昭和57年度宇宙開発関係経費の見積り

宇宙開発委員会はこの程来年度に支出を要する 宇宙開発関係経費を約1,080億円(対本年度比2. 8%増)と見積った。このうち文部省(宇宙研)の 分は約130.6億円(16.2%増)である。見積りの 基礎となった宇宙開発計画(55年度決定)の見直 し中、宇宙研関係は次の通りである。(1)ハレー彗 星観測の充実のため第10号科学衛星PLANET-A の打上げ目標年度を昭和59年度から昭和60年度に 変更。(2)これに伴い第11号科学衛星ASTRO-Cの 打上げ目標年度を昭和60年度から昭和61年度に変 更。(3)M-3S改I型ロケットは今後M-3SII型ロケ ットと名称を変更して開発を進める。

## 宇宙航行の力学シンポジウム

- 11月5日(木)~11月7日(土)
- ・宇宙科学研究所(旧・宇宙航空研13号館講堂)
- ・問合せ先:(467)1111(内)235

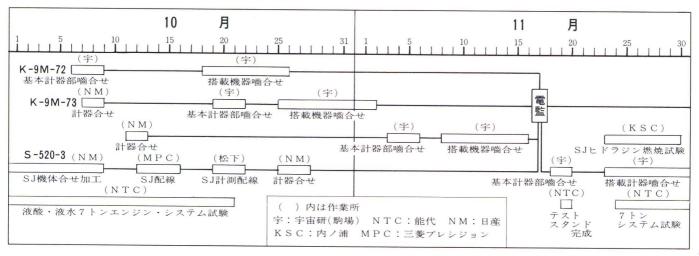
## ★「ひまわり2号」の打上げ

宇宙開発事業団が8月11日N-II型2号機で打 ち上げた気象衛星「ひまわり2号」は、8月20日 午後6時32分から行われた5回目の軌道修正で、 東経160°の赤道上空に静止し、9月8日のVISSR による雲画像の取得も鮮明で、衛星はすべてが極 めて正常な状態にある。「ひまわり2号」は、今 後更に入念な機能試験を経て、本年末頃東経140° に静止している初代「ひまわり」と位置を入れ換 え, 気象観測の主役の座に着くことになっている。

## 磁気圏・電離圏シンポジウム

- テーマ: オーロラ降下粒子とそれに関する波動 現象
- •期 日:11月20日金,11月21日生)
- •場 所:宇宙科学研究所45号館1階会議室
- 申込締切:10月20日(火)
- 世話人:東大理学部 小口高(812-2111内4590)
  - 宇宙科学研 西田篤弘(467-1111内321)

# ★ロケットの作業スケジュール(10, 11月)



# ★宇宙研談話会 Space Science へのご案内

これまで旧宇宙航空研究所の理学系で、つづけてまいりました"宇宙科学セミナー"を宇宙科学研究所の発足を契機に一新し、上記タイトルで行います。話題提供者には宇宙理学に関連する分野の専門家に登場いただきSpace Scienceに関する最近の総合報告や、重要なトピックスなどをとりあげ、専門以外の方々にもわかりやすく話していただく機会にしたいと思います。多数のご参加をお待ちしております。

•日 時 隔週木曜日 16.00~17.00までの一時 間。ただし、ロケット実験期間(8~ 9月、1~2月)、学会、シンポジウ ムはさける。

- •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1回 10月8日「宇宙科学と原子分子」 高柳和夫(宇宙研教授)
- 第2回 10月22日「Space Astronomyの世界の情況」 小田 稔(宇宙研教授)
- 第3回 11月5日「惑星電波の謎」 大家 寛(東北大理教授,宇宙研客員教授)
- 第4回 11月19日「太陽系の力学」 堀 源一郎(東大理教授)

# 宇宙科学特集号の原稿募集

宇宙科学研究所報告「宇宙科学特集号」の 原稿を下記のとおり募集いたします。執筆要 領は「宇宙科学研究所報告等寄稿要領」に依り ます。なお、図面については著者が墨入れし て下さい。

- · 〆切期日 昭和56年11月28日(土)
- 申込先 〒153 東京都目黒区駒場4-6-1 宇宙科学研究所 中村良治(世話人)あて
  電話(03)467-1111(代表)

# 能代短信

# 能代実験場(NTC) のちかごろ

現在NTCでは、高真空下での燃焼試験とこれに伴う諸試験のための設備の建設工事が本年11月20日を目途に行われている。また、52年度に開始された液水エンジン開発がこのほどステージシステム(燃焼器、ポンプ、液水・液酸タンク)としてわが国で初めて完成し、そのシステム試験を今年9月末~10月中旬に行うべく竪型スタンドを改造中である。なお9月22日~24日には東大教養の中村教授によるTMAの噴射試験とBaライナの射出試験が行われ、良好な結果を得た。(加勇田)

# 内ノ浦短信

# S-520-4号機ロケット回収に成功

さる 9 月 5 日 S -520-4号機ロケットが打ち上げられた。ロケットは正常に飛しょうし、発射後 4 分00秒で最高々度 224 kmに達し、7 分25秒に内之浦南東 315 kmの海上に落下した。

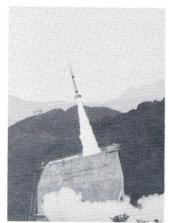
すべての搭載計器は正常に作動し、第9号科学衛星 EXOS-C の搭載機器の予備実験の目的で搭載された上昇大気中のオゾンの定量、分光器による散乱光スペクトル大気外線探査法による中間圏オゾンの測定が正常に行なわれた。

又、電離層の電子温度・密度、高エネルギー電子、陽子、重粒子の分布の観測も正常に行なわれ、 LSIの高エネルギー粒子による誤動作実験、無重 力状態の熱制御システム方式の実験にも成功し所 期の目的が達成された。

又, 搭載の緩降下実験装置は, 発射後 367 秒, 地上からのコマンドによりシーケンスを開始し, パイロット, メイン, 各パラシュートとともに正 常に機能し温度, 加速度, 姿勢などの計測データ の取得という所期の目的が達成された。

なお、同装置は5日に回収船によって回収された。

発射時の天候はくもり、地上風は北2m/s, 気温 21.2℃であったとのこと。



# ◀9月5日ランチャードームから打ち上げられたS-520-4号機

## ▼回収船からペイロードを引き上げる -



#### ~表紙カット~

S-520-4によって打ち上げられ,海上に落下した回収部が回収船に手繰り寄せられる所。回収に際しては聞くも涙の物語が存在する。別稿で関係者のみなさんに紹介していただく予定である。

## 内ノ浦短信

# S-310-11号機ロケット打ち上げ成功

中層大気圏および下部熱圏の観測を目的とした S-310-11号機は9月7日18時38分打ち上げられた。

ロケットの飛しょうは正常で発射後3分36秒に 最高々度193kmに達し、7分7秒後に内之浦南東 海上265kmに落下した。

一酸化窒素密度測定器は開頭から下降時の高度 90kmまでの間一酸化窒素分子からの大気光を観測 し良好なデータを得ることができ、成層圏、中間 圏大気温度観測器は酸素分子による太陽光の吸収 スペクトルの構造を精密に観測することに成功し、 大気温度構造についての資料を得た。エアロゾル ・オゾンの観測器も正常に動作し、科学衛星搭載 用機器の試験としての目的を達成することができ た。

又,電子密度観測器および電子温度測定器も正常に動作し,日没時の下部電離層中の電子密度・ 温度を高精度で観測した。

発射時の天候はくもり,地上風北西3m/s, 気温 22℃であったとのこと。

# "はくちょう"衛星の国際共同観測騒動記

松 岡 勝

"はくちょう"は日本最初の天文衛星である一方,世界のX線天文衛星ラッシュの最後に打ち上げられたものである。先輩衛星が次々に先立ち残った"はくちょう"はお家芸のX線バーストの観測だけでなく,光や電波との共同観測で大もてである。この共同観測のうちで"はくちょう"チームが最も力を入れているのが,X線バーストの光とX線の同時観測である。これはX線バーストの迷を解くために提案されたもので,今年から日米科学協力事業が実現している。この研究はSAS-3という衛星で種を蒔いたアメリカのMITのルーウィン教授がコーディネイトしたもので,光の観測は主にチリーにあるESO(ヨーロッパ南部観測所)の望遠鏡を使ってなされている。

観測はX線バースト源と太陽角度の都合で4月中旬から8月に限られている。"はくちょう"チームにとってこの時期が最も忙しく,特に同時観測期間は電話,テレックスがアメリカ,チリー,ヨーロッパと駆けめぐる。一刻を競うことは電話が最も便利だ。1979年にはMITからジャーニガンというポストドクターがやってきて連絡の道を拓いた。1980年のMIT側の連絡役はコミンスキーという大学院のお嬢さんだったこともあってか(?),小田先生が毎日の電話のデイト役をなされた。今年は小川原先生と小生が連絡役を務めた。何時起るかわからない20~30秒の出来事を,時間と空間を隔てた違った観測手段で同時に捉えることはそうたやすいことではない。それでもこれまで10個の現象を捉えることができた。

さてこの解析はMITとわが方の両グループがあたった。光とX線のプロフィルの相関からいくつかの物理的パラメーターを出そうとする解析であるが、数学的厳密さと観測量の統計的不確定さがからんでなかなか難しい。しかもまずいことにMIT側とわが方とで食い違いが出てしまった。これに加えて時間的、空間的な隔たりによる行き違い

も事を複雑にしてしまった。先方が一生懸命やっているときには、こちらが忙しくて気のない応答をし、こちらが本腰を入れたときには、先方は他のことで忙しいというように、海を隔てた共同研究の難しさが感じられた。

このため、はじめから解析に携わってきた大橋 隆哉さんと小生がこの6月第一回目の共同論文に 決着をつけるため先方に出向いたわけである。研 究の詳しい内容はこの小文の目的ではないので省 略するとして、今回ほど共同研究の難しさを感じ たことはなかった。どちらか一方がリードした研 究ならまとまりも早かったかもしれない。今回は MITもわが方も独立に解析をし、ことは統計とコ ンピューターのからんだ問題のためどちらも単純 に論駁することもできない。一方は天下のMIT、 対するは"はくちょう"もてる宇宙研、どちらも 一方的に譲ることまかりならぬ構えであった。つ きつめた解析の話し合いのあと、主義主張は両者 が歩み寄るという結末にこぎつけることができた。

今回はMITで実際に解析を担当したジャーニが ンと話し合った他、アムステルダムでMITの親分 格のルーウィン教授との最後のつめを田中靖郎先 生をまじえて行った。

国際化が進むなかで多国籍(今回は3ヵ国)の 共同研究論文も多くなるであろう。データや観測 器の微妙な内容のやりとり、それにコンピュータ ーによる厖大な解析などから大小さまざまな食い 違いが生ずることは当然である。それに言葉の壁 も大きいこともあって、共同研究者が頻繁に一同 に会する予算的、時間的余裕が欲しいものである。

見方は別であるが、わが国独自の大型光学望遠 鏡に余裕があれば、今回の同時観測もスムーズに いったであろうとも感じた。



#### ★インドの人工衛星

さる6月にESAのアリアンロケット3号機が打ち上げた3個の人工衛星の1つであるインドの国産通信試験衛星Apple(重量616kg)は2枚ある太陽電池パネルのうち1枚が展開できなかったが、部分的な機能は維持できる可能性がある。インドは国産の衛星打上げロケットSLV-3の開発も進めており、去年の7月の衛星打上げにつづき、さる5月には重さ38kgの人工衛星RS-DIの打上げに成功した。インドは今年中にも、リモート・センシング技術の習熟を目ざしてBhaskara IIとよばれる衛星を打ち上げる予定である。

(Nature, Vol.292, pp.6, July 2,1981)

## ★ソ連のサリュート 6 号計画が終了

ソ連の軌道ステーション, サリュート 6 号に伴う計画は, この 6 月のコスモス1267との無人ドッキングの成功をもって終了した。この間にサリュ

ート6号を訪れた宇宙飛行士は28名,有人および無人のドッキングは計34回,また生物学・医学上の実験は約900回に達する。宇宙飛行士のうち最も長くサリュート6号の機上に滞在したケースは、約6ヵ月に及んだ。ソ連は,有人宇宙船を月や惑星に送り出す基地として恒久的な軌道ステーションを打ち上げ,乗組員が交代でそれを維持運営することを次の宇宙計画のステップとしているが、その実現はまだしばらく先のことになろう。

(Nature, Vol.291, pp.605,

June 25, 1981)

# ★打上げロケットの失敗について

イギリスの雑誌SPACEFLIGHTによれば、19 57年から1978年までの間にアメリカの試みた宇宙ロケット発射の機数は839機であるが、うち101機が打上げに失敗している。成功率88%というわけである。同記事は、その他世界各国について同様の統計を紹介しており、アメリカの場合シャトルの登場で、使い捨ての打上げロケットはもう余り用がなくなるだろう、と結んでいる。

(SPACEFLIGHT, Vol. 22, No.11-12, 1980)

# クレーター



クレーターの厳密な科学的定義はまだないが ( 将来もありそうもないが),大雑把に言えば,クレーターとは天体の表面にみられるほぼ円形状の くぼみと考えて良いであろう。クレーターという 言葉は月の表面にこれを発見したガリレオによっ て最初に使われたもので,現在でもクレーターと 言えば月のものを思い浮べる方が多いであろう。 月のクレーターの成因については長い間,火山説 と隕石衝突説の両論が火花を散らしていたが,アポロ宇宙船による高分解能写真が得られるようになって,クレーター火山説はほとんど姿を消した。 しかしこの事は必らずしも,月や他の惑星に火山活動がないという事を意味しない。火星には明らかに火山と思われる高い山があるし,木星の衛星

のイオのように現在も噴火をつづけている火山を もつ天体もある。けれどもこれらは例外的であっ て、色々の惑星や衛星のクレーターの大部分は隕 石の高速度衝突によって作られたものである事は 疑いがない。アメリカの多くの惑星探測機によっ て明らかにされたように、大気を持たない惑星や 衛星の表面は例外なく多くのクレーターでおおわ れている。このような多くのクレーターをつくっ た惑星表面での激しい衝突現象は、恐らく惑星の 進化に大きな影響を与えたと思われる。そのため クレーターに関する各方面からの研究はクレータ 一学として惑星科学の一分野に成長しつつある。

-名古屋大学理学部- 水谷 仁



# 宇宙科学研の誕生を祝す

茅 誠司

私は1923年3月に当時の東北帝国大学理学部物 理学科を卒業したが、当時は量子物理学の胎動の 時期で、ドイツの雑誌が来ると、それを見るのに 夢中であった。物理教室の雑誌会というのが1週 1回あって年に2回位当るのでその際読んで紹介 したのがZeitschrift für Physikの中にあったス レーター・クラマースの攝動論の論文であった。 これは天体力学の応用であって量子力学に応用で きる基礎を与えるものであったが, 私などには誠 に難解だったので説明もうまくやれなくて、小林 巖先生(今健在)に笑われてしまったことがある。 この天体物理学の攝動論はその後は無縁であった が、畏友萩原雄祐氏が学術振興会から Celestial Mechanicsを4巻6冊の英文で出版されたので、 私の書架にこの友人の偉業を讃える為に飾ってお くことにした。

この萩原君に就いては面白い話がある。昭和27 年10月学術会議の秋の総会で、私と現在の会長伏 見康治君の2人が原子力の件に就いての提案を行 ったが、それはこの年アメリカ進駐軍の禁止が解 けて日本でも核分裂の研究ができることになり、 学術会議でもこの際原子力の問題をどうするかが 問題になった。私は当時自然科学方面から選ばれ た副会長をしていたので、この問題は日本として 最初原子力の文献を集めて勉強することを学会に 勧めようという提案を出した。しかし反対が強く てこの提案を引き下げた。この頃この反対の急先 峰の広島大学の三村剛昻君と共にうさぎ屋という 菓子店に行って、甘いものの喰べ比べをしようと いうことになり、伏見康治君、長谷川万吉君(福 井大学長), 萩原雄祐君(東京大学名誉教授) と私 の5人がもなかと石衣を喰べた。結果1等は三村 君, 2等茅で,一番下が萩原さんで,これは甘い ものなんか食べられないといって断ったからであ る。

しかし萩原さんの業績は、有名なポアンカレー の天体力学の本に次いで最後のものになるのでは ないかと噂をしている。

東京大学の天文学教室は飯倉にあった。ここは 測量の三角点の原標がある所として有名な所であったが、そこは街の真中で天文教室としては適当 な場所ではなかった。そこで文部省の意見も採入 れてこの三角点原標は大切に保存する条件の下に 手離し、天文教室を本郷の浅野邸あとに新築する ことにした。

しかしその頃から宇宙研究の方法が変って来た。 空気が汚染されて天体の観測に適しないというの で萩原さんは東京が邪魔になると仰有るので大き い望遠鏡を岡山県の海浜に近い山上に建てる計画 をされ、当時文部省の学術課長であった岡野澄君 と大蔵省主計局に座わり込んだ。あの汚い翁さん は誰かと局員がきくとあれは天文台長だと言う。 はじめのうちは局員は馬鹿にして見ていたらしい が、そのあまりの熱心さにそれは尊敬の念に変り、 その結果が74吋望遠鏡の予算が通った時2人は互 に抱き合って喜んだという噂があった。

しかし時代は変って天文学は光学望遠鏡の範囲を離れて波長の長い電波やもっと短いX線に入ってきた。使用器具もそれに応じて変ったので宇宙研究の為の特別の研究所を作る必要に迫られて、学術会議が宇宙科学研究所の創設を政府に勧告した訳である。東京大学が宇宙研究のほかに航空の研究者を頭に入れて両者を合せた研究所を作ることに同意したのであったが、今回原案に還って宇

宙科学研究所が誕 生したことは誠に 慶賀に堪えない。



ISASニュー スの一層の充 実のため御意

見をお寄せ下さい。

**ISAS**ニュース No. 7 1981.10.

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