

欧米の宇宙科学技術の現状 (その 1)

高 木 昇

1. 緒 言

筆者は宇宙科学技術海外調査団の一員として本年 2 月 22 日から約 6 週間にわたって米・加・英・独・仏・スイスの 6 カ国を訪問した。調査団は 4 月 3 日にパリで解散したが、筆者はその後、4 月 7 日から 18 日にかけてフローレンスで開かれた第 4 回宇宙空間研究会議 (COSPAR) に出席し、4 月 21 日に帰国した。

昨年、宇宙開発審議会が科学技術庁で発足し、わが国の宇宙科学技術をいかに進めるかを審議してきたが、上記調査団はその長期計画を立てるための参考となるように派遣されたものである。団員としては中西航空技術研究所長・宮地東京天文台長・難波国際電信電話会社研究所長と筆者、団長として兼重原子力委員の 5 人で、さらに千賀(経団連)・吉田(原研)・下邨(大蔵省)・村尾(科技庁)の 4 氏が随員として参加した。

近く調査団の報告がまとまる予定であり、また詳細な技術的報告は筆者が学会その他に寄稿中なので、ここでは旅行記風に訪問先の概要を記して参考に供したい。

2. 米 国

訪問先の一覧表を次に示す。

- 2 月 23 日 (木) Goldstone Tracking Station, JPL, NASA.
 24 日 (金) Jet Propulsion Laboratory (JPL), NASA.
 27 日 (月) Headquarters, National Aeronautics and Space Administration (NASA).
 28 日 (火) Goddard Space Flight Center, NASA.
 Federal Communications Commission (FCC).
 3 月 1 日 (水) Weather Bureau.
 " National Academy of Sciences, Space Science Board (NAS-SSB)
 2 日 (木) Wallops Station, NASA.
 3 日 (金) Langley Research Center, NASA.
 6 日 (月) Bell Telephone Laboratories (Murray Hill and Holmdel)
 7 日 (火) American Telephone and Telegraph Co. (ATT)
 " NAS-SSB-Committee on Internal Relations.
 8 日 (水) International Telephone and Telegraph Co. (ITT), Federal Laboratories.
 Radio Corporation of America (RCA), Astro-electronics Division.
 9~10 日 (木, 金) George C. Marshall Space Flight Center, NASA.

- 13~14 日 (月, 火) Launch Operations Directorate, NASA (Cape Canaveral).
 16 日 (木) National Research Council (NRC), Canada.
 Defense Research Board (DRB), Canada.
 21 日 (火) International Telecommunication Union (ITU)
 23 日 (木) Deutsche Bundesregierung
 24 日 (金) Max Planck Institut für Aeronomie
 27 日 (月) Office of Minister for Science
 University College, University of London.
 General Post Office
 28 日 (火) Radio Resaerch Station, Department of Scientific and Industrial Research.
 British Government-Royal Society
 29 日 (水) University of Manchester, Nuffield Radio Astronomy Laboratories (Jodrell Bank)
 30 日 (木) Comité Français Recherches Spatiales

米国では主として NASA の本部と付属の研究所を見学し、それに宇宙通信に関係ある諸会社・科学アカデミー・気象庁等を訪問した。以下、それぞれについて見聞を記す。

(1) NASA 本部

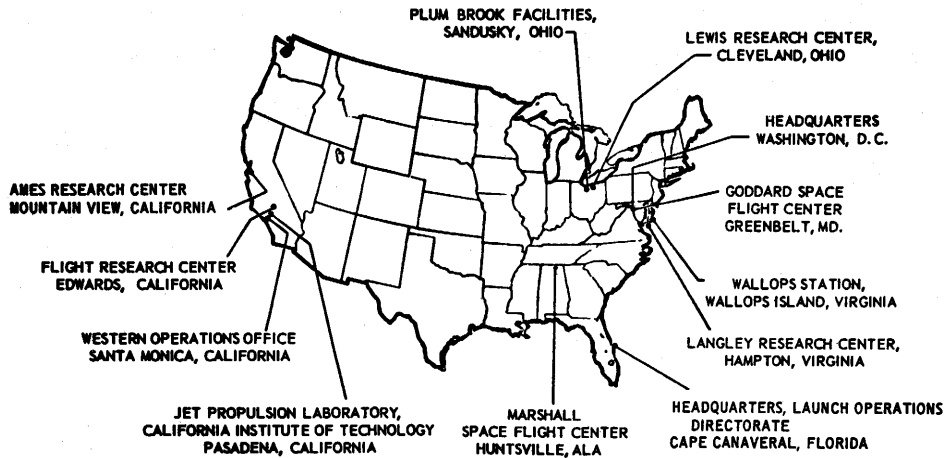
本部は Washington 市内にあり、ここは管理機関で、研究所・発射場等は第 1 図に示すように全国的に散在している。本部の人員は約 650 名、その組織は大きなものであるが、われわれが興味あるところを抜き出して説明する。

本部の長官はケネディ政権になってから Glennan から Webb に代わったが、長官代理は変わらず、有名な H.L. Dryden である。その下に Office of the Associate Administrator があり、その管理下に次の六つの局がある。

(1) Office of Life Sciences Programs

(2) Office of Launch Vehicle Programs. (a) Vehicles, (b) Propulsion, (c) Launch Operations の 3 課があり、これに付属して (i) George C. Marshall Space Flight Center (ii) NASA Launch Operations Directorate, Cape Canaveral. の研究所と発射場がある。

(3) Office of Space Flight Programs. 局長は A. Silverstein で、次長は来日したことのある H.E. Newell である。ここに 4 課あり、(a) Satellite and Sounding Rocket Programs (課長は M Stoller で、第 3 回東京



第1図 Locations of NASA Installations.

シンポジウムに來日した), (b) Lunar and Planetary Programs, (c) Applications and Manned Flight Programs, (d) Space Flight Operations.

ここに四つの施設が付属している. (i) Goddard Space Flight Center (ii) Jet Propulsion Laboratory (カリフォルニア工科大学が運営) (iii) Wallops Station (iv) Space Task Group (Langley Field)

(4) Office of Advanced Research Programs. ここは元の NACA と考えればよく, 3課・4施設がある. (a) Aerodynamics and Flight Mechanics (b) Structures and Operating Problems (c) Power Plants (i) Langley Research Center (ii) Ames Research Center (iii) Lewis Research Center (iv) Flight Research Center(Edwards)

(5) Office of Technical Information and Educational Programs

(6) Office of Business Administration

ここでわれわれは一日を費して NASA の現状と将来計画について全般的な話を聞き, また討論をしたが, その要点のみを記す.

まず Dryden の挨拶があり, 宇宙科学の国際協力の話を始めたが, 途中で国会に呼ばれて退席した. ソ連が月ロケット, 人間衛星と着々と先手を打ってゆくために, 国会が NASA への風当たりが強く, Dryden はその矢面に立っているようである. 筆者は当日の夜, テレビでニュースを見ていたら Dryden が国会議員から手痛く追及されているのを見てほんとうにきのどくに感じた.

Dryden の話が続いて国際協力のすすめ方について各国の実例を A.W. Frutkin (Office of International Programs の長) から聞いたが, これについては後記する.

次に上記 (3) 局の Assistant Director for Program Planning and Coordination の D.D. Wyatt から NASA の全般的計画の話があった. それを要約すると,

(1) NASA の目標は (a) 宇宙の科学的探求, (b)

気象衛星, 通信衛星等の実用的応用, (c) 人間の宇宙飛行の三つに大別できる. その手段の開発として, (a) 大気球, (b) 観測ロケット, (c) 科学的的人工衛星, (d) 月・惑星ロケット, (e) 人間飛行用ロケット等になる.

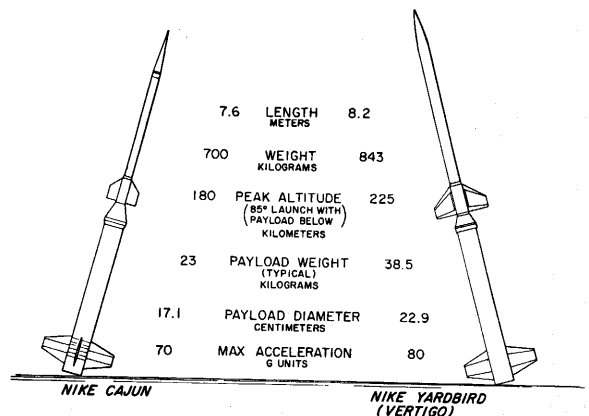
(2) 大気球は各大学・研究所合わせて年間数十個上げている. 高度 30 km までの各種観測を行なっているが, 同時に将来ロケットにのせる観測器の予備実験にもなる.

(3) NASA では観測ロケットの標準機種として次の4種にしたい考えである.

	搭載量 (ポンド)	到達高度 (マイル)	価格 (ドル)
Nike Cajun (固燃)	50	90	1万~1.5万
Aerobee Hi (液燃)	150	160	3万~4万
Javelin (固燃)	40	800	8万
Journeyman (固燃)	120	1200	?

年間 80~100 機の打上げを行なっている(今までに試験ロケットを含めて 800~1000 機打ち上げている).

上表の価格は大約であり, 観測器の費用, 打上げ費, 地上設備費を含まない. 観測ロケットには年間 700 万~1000 万ドル使っているが, これは NASA 全体の費用



第2図

の 1% 以下である。観測ロケットは本来の観測の外に、人工衛星にのせる観測器の予備試験にも利用している。

なお、ミシガン大学は古くから固体燃料の観測ロケットを開発してきたが、参考までにその標準機種と性能を記すと第 2 図・第 3 図となる。また筆者が本年 4 月にフロレンスで開かれた COSPAR に出席したとき、ソ連では、1960 年度に約 160 機の観測ロケットを打ち上げたと聞いてその数の多いのに驚いた。ただし打上げ場所はソ連領土内のみならず、太平洋であげた 60 機を含んでいる。

(4) 1960 年度に NASA は 12 個の科学衛星を軌道にのせた (ソ連は 3 個、ただし重量 6.5 トン)。それらはすでに新聞に報道されており、周知のところである。これから行なうもので、国際協力の一例として次のようなものがある。電離層測定用の人工衛星で、電離層の上側から電子密度を可変周波の電波を出しながら測るもので、カナダが考案し、人工衛星をカナダが作って米国がロケットで軌道にのせるものである。

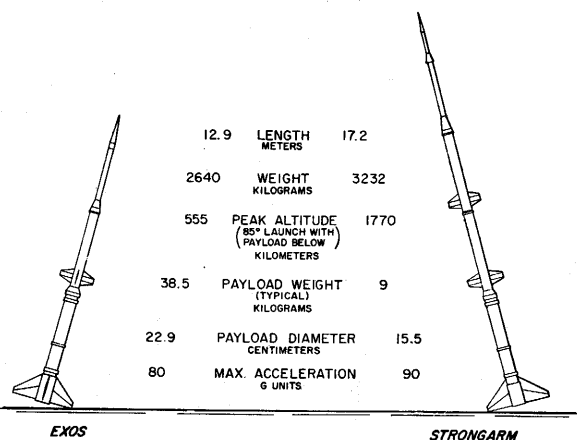
英国にはスカウト (固体燃料、4 段式ロケット) を 3 機提供し、英国が観測器を作り (dielectric constant sensor, electron temperature sensor, ion spectrometer, cosmic ray sensor), 米国に打ち上げてもらうものである。

今までに行なわなかった新しいものとして Gamma Ray Telescope をのせた人工衛星を上げる予定である。これは高エネルギーガンマ線が宇宙のどの方向から来るか調べて、ガンマ線の分布地図を全天にわたって作るものとするものである。

(5) 以上の人工衛星は電離層用、宇宙線用とかそれぞれいくつかの観測器はのせているものの、単目的であった。2~3 年後には今より大型ロケットが使えるようになり、1 トンの人工衛星を軌道にのせられるようになれば観測器のみ 500 kg のものが積めるようになる。すると観測器の種類も 25 以上積むことができ、多目的な観測が同時に行なえる。そうするといくつかの現象の相関がわかり、宇宙科学の解明が早くなるばかりでなく、今までの小型人工衛星では 1 機ずつが単目的のために設計され、order made の感があり、人と時間と金が浪費された。大型化人工衛星では各観測器を超小型モジュール化し、自由に交換できるようにし、これとテレメータとのつながりも標準化すれば、ready made の人工衛星となり、時間と人が節約できる。

これは空飛ぶ観測所ともいえ、各国から新しい観測器を自由に持ち込んでのせてもらい、国際協力の一助にしたい。現在計画中のものは

(a) Orbiting Geophysical Observatory (OGO) これに二つあり、Eccentric OGO は近地点 175 哩、遠地点 70,000 哩で、粒子・地球物理の研究用に、Polar OGO は近地点 175 哩、遠地点 700 哩の極軌道で、大気層、



第 3 図

電離層ならびに極地方の研究をする。

(b) Orbiting Solar Observatory (OSO) これは高度 300 哩の円軌道で、衛星は常に太陽の方を向くように姿勢制御を行なうもので、太陽から放射される紫外線・X 線・Lyman- α 線・ガンマ線・その他あらゆるものを捕えて太陽を直接観測するものである。

(c) Orbiting Astronomical Observatory (OAO) これは空飛ぶ天文台で、500 哩の円形軌道、重さ 3,500 ポンド、長さ 10 呎、直径 10 呎、これに 36" の望遠鏡のをせ、分光器、電子装置を付属したものである。恒星・惑星・星雲などを観測するものであるが、正確な衛星の姿勢制御が解決すべき重要問題であろう。

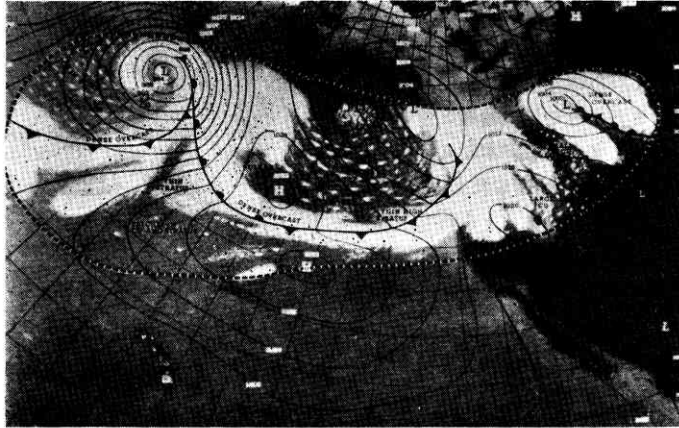
以上の大型衛星は 1 年以上の寿命があり (電源から)、毎年 1 機ずつそれぞれ上げるようになる。すると従来の小型単目的衛星は不要になろう。観測ロケットは上述のように目的がちがうので、毎年 100 機くらい上げるつもりである。

(6) 月ロケット、惑星ロケットについては JPL のところでまとめて述べる。

(7) 気象衛星 気象衛星 Tiros (Television and Infrared Observation Satellite) 1号、2号はわれわれが訪問した 3 月にはすでに上がっており、3号がその後上がり、日本近海に発生した台風を日本に通報してくれたこともすでに新聞紙上で発表されている。

Tiros 1号は軌道上で衛星のスピン軸がふらつくことが発見された。これは衛星内電子機器に流れる電流と地球磁界間に働く力に基づくことがわかった。2号ではこの効果を打ち消すためにコイルを衛星にまいた。さらに赤外線検出器のをせて地球の上からみた熱の出入の分布を測り、地上における結果と比較検討中である。

Tiros により地球表面の雲の状況の写真が何百万枚と撮れたが、それを解析してつなぎ合わせた一例を第 4 図下図に示す。これは東アジアからアメリカ西部にわたるもので、上図には地上からの気象観測図を比較のため示



Experimental cloud depiction chart prepared from TIROS pictures superimposed on NAWAC OOOZ mapanalysis of May 20, 1960.



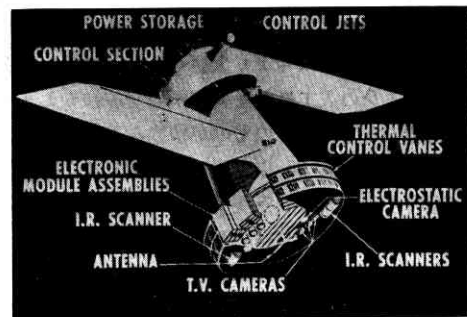
Actual TIROS photographs taken on May 20, 1960.

第 4 図

した。従来地上観測点が不十分なために気象図に誤りがあったのが、Tiros の写真により修正されたこと。インド洋沖で台風の発生を Tiros が発見し、オーストラリアにあらかじめ通報できたこと。その他気象上大いに貢献した。

しかし Tiros の方式はまだ完全なものではない。衛星のスピンの軸が空間に固定されているために常にテレビカメラは地球を真下に写さない。地球の反対側ではカメラは空を向く。写真がとれる時間が限定され、また軌道の関係上北緯 50° から南緯 40° の間しか写さない。

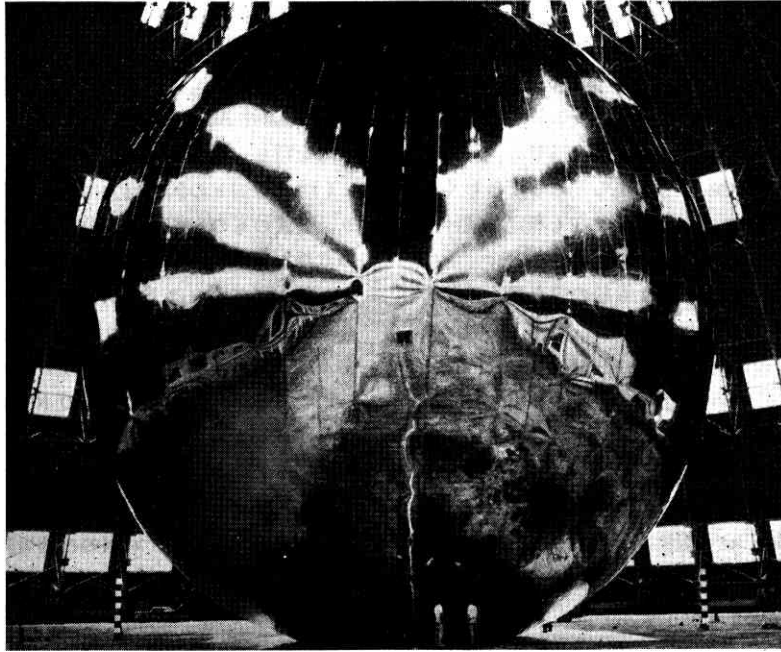
これを改良したものが Nimbus 衛星である(第 5 図)。これはカメラが常に地球の方を向くように衛星の姿勢を制御する装置を備え、極軌道を回す。すると地球表面を全部測ることができる。テレビ・赤外線ほかに静電カメラも備えている。寿命は 9 カ月以上で、年に 3~4 機上げる。これによれば世界中の気象が常におかるので、必要に応じて日本上空でビデオテープを再生して受けることが可能になれば、台風の予知には効果を発揮することになる。そうすれば気象衛星による世界の受ける利益は莫大で、国際協力の実が上がるであろう。



第 5 図

次の段階として考えているものに Aeros Meteorological Satellite がある。これは 22,300 哩の高度に上げた衛星で地球上の一点に見かけ上静止している。これによれば地球表面のある特定点を常に見ているので、必要に応じて地上から命令を出せばその地点の気象が随時知ることの便がある。Nimbus は 2~3 年中には上がるが、Aeros は 22,300 哩の高度で静止している衛星を上げるのがまだ可能か否かわからない状態であるので、だいたいの話となる。

(8) Mercury 計画 これについてはすでに新聞発



第 6 図

表があり、公知なので記すのを省略する。月へ 2~3 人の人をのせて行き、地球に戻る計画を Apollo と称しているが、これの開発には数十億ドルも必要とし、アメリカといえどもなかなかふみ切れないと述べていた。

次に Office of Launch Vehicle Programs 局の次長 M.W. Rosen からロケットについての話があった。それをまとめると、

(1) 観測ロケットは前に述べたので省略する。今までに軍が数多くのロケットを作って混乱していたが、NASA は軍と協力し、大型ロケットは次の 6 種を標準のものとして決めた。Scout, Thor-Agena B, Atlas(Mercury 計画用), Atlas-Agena B, Centaur, Saturn. Mercury 計画が成功すれば人間をさらに遠くに運ぶことになり、Atlas は不用になろう。また、Thor は空軍のもので、今後は作らないかも知れないので、これも落ちて 4 種類になるかと思われる。

(2) Scout 4 段式全固体燃料ロケットで、150 ポンドの搭載物を 300 海里の高さの軌道にのせることができる。観測ロケットとしては、4,000 哩以上上がる。空力試験、再突入問題の試験にも使用できる。現在 1 機 3~4 億円で、これを Poorman's Satellite と称している。ほかの液燃ロケットを使う人工衛星の価格は Scout の数倍以上である。1958 年に研究開始、現在 4 機目で風船を軌道にのせることができた。英国初め各国で米国からこれを給与されることを望んでいるものである。

(3) Thor-Agena B 液燃ロケットで、1,600 ポンドの重さを 300 海里の軌道に、850 ポンドを 1,200 海里の軌道にのせることができる。気象衛星、科学衛星に使

用する。Thor (第 1 段) は空軍の IRBM, Agena B (第 2 段) は空軍が Discoverer を軌道にのせたものの改良型で、信頼性が高い。そこで従来の Thor Able, Delta, Juno II の代わりに使っている。

(4) Atlas-Agena B これは、Atlas (ICBM) に Agena B をつけたもので、5,800 ポンドを 300 海里の高さの軌道に、750 ポンドを月に送る能力を持っている。月ロケット、通信衛星、科学衛星に使用する。

(5) Centaur 第 1 段が Atlas、第 2 段は液体酸素と液体水素を用いた高性能のもので、これの試験には成功している。8,500 ポンドを高さ 200 海里の軌道にのせることができ、月へは 1,450 ポンドを送ることができる。したがって月・惑星ロケット用、22,300 哩の軌道を回る同期衛星などに使う予定である。

(6) Saturn については別記する。また原子力・イオン推進の話もあったが省略する。

次に Office of Space Flight Programs 局の L. Jaffe から通信衛星について話があった。

(1) 昨年 Echo 衛星・Courier 衛星の打上げによって、人工衛星が通信に利用できることがわかり、気象衛星と並んで人工衛星の二大応用である。

(2) Echo 衛星 (第 6 図) Echo は厚さ 1/1000 インチのマイラーの両面にアルミの蒸着膜を付けたもので、風船の直径は 100 フィートである。これを電波の反射体として利用し、JPL の Goldstone Station (米国西部) と Bell 電話研究所の Holmdel (米国東部) との間で電話・電信に成功、続いて大西洋を越えて Holmdel と Paris, Holmdel と Jodrell Bank (Manchester 大学)

間の通話、音楽放送にも成功した。また、Cedar Rapids と Dallas 間で模写電送にも成功し、電波の反射を使ういわゆる Passive Satellite の実用性が確認された。

Echo I は極めて軽いために太陽の放射線・宇宙塵・大気圧の影響を受け易く、軌道が太陽の活動に伴って変動する。数カ月後に Echo が球形から変形したらしく、その変形の程度を電波の反射能から現在も測定を続けている。

Echo 系列の将来計画としては風船の膜を強くしたものをまず上げる。マイラーは2層にし、直径140呎、重さ600ポンドのものを高さ1500哩の軌道に上げる。次には一つのロケットから3箇の衛星を飛び出させるものを試みる。また球形以外の形で電波の反射のよいものも上げたいし、広帯域通信(テレビなど)が Echo で可能かどうか、地上設備を改良して確かめてみる。

(3) Active Satellite 衛星の中に中継器を置き、地上からの電波を受信し、再び増幅して地上に送出する方式の通信衛星を Active Satellite という。これの実用性も陸軍があげた Courier で確認された。ただし Courier は delayed repeater 方式で、衛星で受信したものを tape に収め、あとから再生して地上に送るものである。

通信衛星には現在二つの方式が考えられている。同期衛星(24時間衛星)と低高度衛星である。前者は高度22,300哩の軌道にのせ、見かけ上静止しているものであり、これによれば、3箇の衛星で極地方を除いては全世界にわたって通信が可能である。ただし地上から衛星間を電波が往復するのに0.5秒以上かかるので、通常の会話が円滑にゆくか、商業用通信としてその品質が危ぶまれている。またロケットとして Centaur を使わなければならないので経済上引き合うかどうか、衛星を見かけ上静止させるための制御方法、衛星のアンテナをいかにするかなど解決せねばならぬ問題が多々ある。

低高度衛星は3000~8000哩の高度で、順次50箇の衛星を打ち上げるとほぼ世界通信が可能となるもので、これは現在の技術ですぐにでも可能であり、来年早々実施される予定である。

まず Project Relay 衛星が陸軍であげられるが、これは重さ100ポンド以下、600~2,500哩の楕円軌道にのせる。広帯域通信(テレビも)の可能性を確認すると同時に、衛星は放射能帯を何回かくぐるので、太陽電池・トランジスタなどの放射能障害の程度を調査する。衛星の寿命が商業通信には経済的にひびくので、必要によってはその対策をたてねばならない。

ほとんど同時にベル電話研究所が衛星を作って NASA と共同で上げる通信衛星も上がることになる。

なお、午後は各国と米国との国際協力の仕方、NASA と National Academy of Science との関係、その他の討論を行なった。

(1) 各国との国際協力は個々の場合に応じて異なり、公式のものもあり、非公式のものもある。相手の国の立場を尊重して行なう。

たとえば英国とは Scout を3年間の中に3機上げることをとり決めたが、これは政府間協定で公式のものである。カナダとは人工衛星をカナダが作って米国が上げるのであるが、これはカナダの Research Establishment と NASA との公文交換で行なっており、非公式。観測ロケットではオーストラリアと公式に、イタリーとは非公式に行なっている。

二国間協定にはまず両国の技術者間で十分な了解がついていることを前提とし、次には政府の代表とみなされる機関と話をとり決めたい意向である。

通信衛星、気象衛星の場合には通信会社、気象庁などの機関同志が協定を行なうことになる。

(2) NASA と National Academy of Science (NAS) との関係。NAS には Space Science Board (SSB) があって、ここで全米の宇宙科学の学者の意見をまとめている。同時に COSPAR を担当している。

NASA は軍以外の宇宙科学プログラム(ロケットや人工衛星)を遂行する責任があり、NAS はこれに勧告する立場にある。NASA は方策をたてるに当たって学者の意見をとり入れるが、それに二つあり、一つは NAS の SSB を通して、他は NASA 本部に Space Science Steering Committee (SSSB) があって、これを通す。

SSSB は NASA の局長、部長その他 NASA の職員で構成しているが、その下に次の七つの小委員会がある。

(1) Aeronomy, (2) Astronomy, (3) Bioscience, (4) Ionospheric Physics, (5) Lunar Sciences, (6) Particle and Fields, (7) Planetary and Interplanetary Physics.

小委員会は NASA の職員のほかに学識経験者45人が加わって構成し、全米の意見が反映するようになっている。最後の決定は SSSC が行ない、これは毎週1回開いている。

(1961年9月15日受理)

—(その2)は14巻2号へ掲載の予定—