宇宙空間の開発ならびに平和利用の 国連会議に出席して

沖電気工業株式会社 森 田 清

1968年8月14日から27日にわたり、オーストリアの首都 Wien でロケットおよび人工衛星による宇宙開発とその平和利用に関する国際連合の会議が開かれ、日本からも18名の代表が出席した。内容は通信、テレビ、気象、航行、資源開発、生理衛生などあらゆる分野に及んでいる。本文はこれへの出席報告である。

1. ま え が き

本年はソ連が Sputonik, アメリカが Score なる最初の軌道衛星打上げに成功してから満10年に当る。その後、フランスが D-1 を 1967 年に上げたが、これらの国々との開発途上国との技術的格差は今後いよいよ広がる一方であり、これが国際連合の動きに微妙な影響を与えることが予想されるとして、インドが今回の会議開催に産婆役をつとめたといわれる。

インド自体はかねてから自国のモンスーンがアメリカの気象衛星によって予告され、これが農業に大きい助けとなっていること、ならびに衛星による教育放送をもってインドの文盲度改善をはかりたい気もちなどによって、衛星の平和利用にかねてから深い関心を示していたのである。その他、ヨーロッパ圏の通信衛星計画も次第に軌道に乗りつつあり、これと INTELSAT との協調もいずれは考えねばならぬ段階であり、これらが国連事務総長 U. Thant 氏を動かして今回の会議成立に至ったといえよう。

会議は Wien の Neue Hohburg の中央会議場にて議長はオーストリア外務大臣 Kurt Waldheim 氏、副議長はインドの Dr. Vikram Sarabhai 氏、参加国 75 カ国、参会者 570 名を算えた。会議の性質は科学、技術の情報交換であって、決議をしたり提案したり、政治問題への立入りは禁ぜられている。主な参加国とその首席代表の氏名は表 1 のとおりであった。

日本からの参加者は高木昇^{Int*}(東大宇宙研)、森田清

表 1

国 名	参加 人員	主 席 代 表
United States	63人	J. M. Webb (NASA)
Austria	52人	K. Waldheim (外務大臣)
USSR	38人	A. A. Blagonrawow (科学アカデミー会員)
Federal Republic of Germany	26人	Max Mayer (科学庁長官)
France	25人	Dennisse 教授 (CNES 所長)
Italy	20人	Robert Ducci (駐オーストリア大使)
Japan	18人	新聞欣哉 (駐オーストリア大使)
Sweden	18人	K. G. Lagerfelt (駐オーストリア大使)
United Kingdom	17人	Sir Robert Cockburn (Royal Aircraft Estab. 所長)
India	16人	Dr. V. Sarabhai (原子力委員長)
Canada	15人	J. A. Mac Cordick (駐オーストリア大使)
Czechoslovakia	15人	Vladmir Guth (科学院)
.....		

(沖電気)、謝敷宗登(科技厅)、大沢弘之、穂先巧、藤本芳男(いずれも日本大使館)、吉田正 I (NHK)、木村小一^{III}(電子航法研)、辻内順平^{IV}(東工大)、巻島勉^{III}(東商船大)、土屋浩^{II}(気象庁)、建部英一(経団連)、広瀬武(外務省)、飯田益雄(文部省)、鶴 宏(日電)、和波衛身(松下通)、飯塚康雄^{III}(沖電気)である。(肩番号は講演発表のセッション番号)

会議は総論¹³セッションの他に9つのセッション、すなわち通信¹³、気象⁴⁰、航法¹¹、宇宙技術の応用²⁰、生物と医薬¹²、波及効果¹⁸、教育と訓練¹⁵、国際協力²⁹、経済法律社会⁸の9部会から成っている。総論は全問題に対する概括説明であり、各部会において詳細な論文発表がある。前記各部名称の肩書番号がその論文件数で、総計198論文となる。この他、各部会に別々に討論会があり、夜は講義があって、朝9時30分から夜7時30分まで連日の会議と勉強会とであった。

各部会の議長、副議長の席は、参加各国にこれがひと

"Report on United Nations Conference on the Exploration and Peaceful Uses of Outer Space" by Kiyoshi Morita (Oki Electric Industries Co. Ltd., Tokyo)

* Int は Introductory Session

しく配分されるよう配慮がなされ、日本に対しては航法部会の議長に森田、また、国際協力に関する討論会の議長は高木に席が与えられた。

なお、用語は英、仏、露、中国の4カ国語で、その同時通訳を各自任意切換えて聴取するシステムであり、議場における中央座席は1国に4座席の配分、全体が国名のアルファベット順に配されており、日本の隣りはアイボリーコーストとケニアであった。以下、各部会内容を大略紹介する。

2. 通 信 (I-25, VIII-6, 10, 11)

1つまたは2つの静止衛星を用いての大陸間超遠距離通信は、すでにアメリカのINTELSATによって実用に供せられ、そのⅡ号は出力40W、帯域幅126MHz、電話240回線（またはテレビ2回線）の容量をもつ。Ⅲ号は同じく215W、225MHz、1,200回線（またはテレビ4回線）の容量をもって近く移動の予定である。

INTELSATは、そもそも従来のICAO, ITUなどの委員会が主に国際規約のとりきめを主務とするのと異なり、これはOperational Entityであり、通信の業務体制を扱うひとつの作業体である点がまったく異質である。現在の全世界的な通信網を構成する準備としては、1964年7月、まずWashingtonにおいて国際会議を開き、詳細にわたり各国の了解をとりつけ、1964年8月20日、このInternational Organizationが成立、以来国際通信のほとんど90%を扱うこととなった。ソ連とはこれに先だち1964年6月、Geneveで会議をもったが、ソ連の受入れるところとならず、INTELSAT協約加盟国は現在60数カ国に及んでいるが、ソ連およびこれと関係の深い国は加盟していない。このsystemでは、衛星による通信に関し研究、開発、構成、作動、維持の財政面は加盟国の共同負担によっている。機器製作についての発注はCOMSATが行なうが、その割当は各加盟国のINTELSATへの出資（アメリカが50%）に比例する立前となっている。

今回の会議で問題となったのはソ連の提案であった。それはこのINTELSATと同様、全地球的な通信網をめざしてINTERSPUTONIK衛星をあげたい、これはその加盟国の権利を1国1票、出資額に無関係にしようとする案である。

通信衛星で全地球のカバレッジを望むとすれば、地球の赤道面内で、(a)地球と同期し、地球自転と同方向に回転し、(b)遠心力と地球重力との釣合う円軌道しかない。これが36,000km(地表)の上空に相当するので、地球全域をカバーするには3個で足りる。

ソ連の提案に対してフランスは、ソ連がまだこの静止衛星を上げたことがないこと、また、ソ連案はその管理運営面につきまだなんら言及していない点を指摘し、アメリカは1970年、INTELSAT協定が本式に決定される時期までには、ヨーロッパ圏の別の静止衛星計画Symphonie衛星などもあわせてINTERSPUTONIKも考慮の対象となろうと発言したのであった。

ソ連は通信用衛星としては極軌道に近い、そして長楕円軌跡をもつMORNIA-1を上げており、1965～1966年にはこれでMoscow—Paris間に通信およびカラーテレビを送ることに成功している。この衛星は周期12時間で、衛星搭載の送信機出力は40W、地球の北半球側に遠地点をもつ（したがって長時間連続通信に都合がよい）。

次に、ESROなるヨーロッパ系宇宙研究のシステムについて説明する。これはEuropean Space Research Organizationの略で、4つの部門から成り立ち、その所在位置はヨーロッパ各国に分散している。すなわち、

(I) Directorate of Programs and Planning:
Paris (フランス)

(II) ESTEC (European Space Research and Technology Center: Noordwijk (オランダ))

(III) ESOC (European Space Operation Center:
Darmstadt (ドイツ))

(IV) ESRIN (European Space Research Institute: Frascati (イタリア))

の4つであり、このうち(II)のESTECがサテライト、ロケットそれ自体の開発研究および宇宙科学を扱って100 keVのProton Sourceや環境試験装置、部品信頼度試験設備を備えている。(III)のESOCはコンピューターが中心となり、IBM 360/50を備え、documentation retrievalを行ないESTECとオフラインのデータリンクをもっている。かつ、テレメトリー、テレコマンド、トラッキング網として4つの局、すなわちRedu (南ベルギー)、Ny Alesund (スピッツベルゲン)、Fairbanks (アラスカ)、Port Stanley (Falkland Island)を管轄している。

(IV)のESRINはESOCとIBM 1130コンピューターによるオフラインのデータリンクをもち、ESRO-II衛星(IRISと命名)、ESRO-I、HEOS-AおよびB衛星をNASAを通じて近く打上げの予定である。HEOS-Aは(Highly Eccentric Orbit Satelliteの略)apogee 25,000 km, perigee 500 km, 傾度28.5°のもの、同Bは1973年のなかばに打上げ予定とさく。

このESRINは科学衛星の開発に力を入れつつあり、Imperial College, London; University College, London;

図 1 商用地上局 (1968年) (INTELSAT 衛星を赤道上に示す)

表 2 アメリカ実験用通信衛星一覧

衛星名	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
SCORE													
ECHO I													
COURIER													
TELSTAR I													
RELAY I													
SYNCOM I													
TELSTAR II													
SYNCOM II													
RELAY II													
ECHO II													
SYNCOM III													
ATS-1													
ATS-2													
ATS-3													

Leeds University; Leicester University (以上英国), University of Utrecht(オランダ), フランス Saclay の Centre d'Etude Nucléaires などと密接な研究協力の態勢を作っている。

なお、この ESRO 計画¹⁰は同種の ELDO¹¹ (European Launcher Development Organization) 計画と並んで、ヨーロッパ自体の力で宇宙開発を行なおうとするものであり、英、仏、独がその主力をなしている。しかしいままでのところ、自力で上げたのは科学ロケットだけで、軌道衛星はまだ打上げていない。

現用の世界通信衛星については、アメリカのものがその全部であり、図 1 が赤道上 INTELSAT 衛星の位置と受信地上局を示し、表 2 はその一覧、ここにはすでに寿命のつきたものも一応のせてある。図中 ATS とあるのは Application Technology Satellite の略で、各種の通信実験、気象観測、搭載機器の性能試験などに使われる静止衛星である。

3. テレビ (I-5.6)

テレビで期待される使命は、きわめて広域の教育が可能なことである。このとき静止衛星が良いことは、アメリカがすでに 8 個の衛星を静止軌道にのせ、通計 14 年間の経験を積み重ねたことで、もう決定版となった。初期

において打上げの困難、time delay が気になること、また、衛星の位置固定の困難の 3 問題は、今日解消したのである。

次に、使用周波数に関しては UHF か GHz 帯かの問題がある。前者は受信機が安くすむが、世界的に見てチャンネル数があまりとれない。いま衛星は相互干渉をさけて赤道面内 45° の spacing で配置、100 MHz のバンドを用い、FM 4 チャンネルが使えるとすると、地球半周の領域に対して 16 のテレビが送れる。FM でなく AM にし残留側帯方式を用いれば、1 衛星ごとに 16 チャンネル割り当てられるが、上記領域に対して衛星は 1 個しか配置できないであろう。それは AM 受信感度が良くて干渉が心配となるからである。

もし 10 GHz 以上を衛星からの最適放送周波数として用いるならば、チャンネル数は沢山とれ、orbit spacing も close となるけれど、伝搬損失が大きく、地上受信機がコスト高となる。現在用いられている down link 3.7 GHz と 4.2 GHz の場合、1 つの衛星に帯域幅 25 MHz をもつテレビを最高 20 のせ、orbit spacing 6° と考えるのが妥当であろう。このとき、地上は直径 3 m のアンテナでよい。

問題を元に戻して、衛星によるテレビの利用面を考えると、カバレッジが広がればますます良いというわけでもないで、プログラムの選定をどうするかが問題となる。W. Schramm (スタンフォード大学) は“テレビ宇宙中継の内容としては宗教、政治の理念、各職種の有効性予測を主とし、受信者は学生よりはむしろ教師が主体となるべきであり、この場合、教科内容の反省は往復手紙での連絡による。また補助手段として教課内容のプリント配布、経済規模として経費は衛星自体やその打上げ費用よりも、受信機の総価格のほうが段違いに大きいことなどにあらかじめ注目すべきである”という。

問題となるのは受信方式であり、これには 3 つの案があるといっている。すなわち、

(i) 直接に最終視聴者が 3 m アンテナで受信 (小村落用)

(ii) まず 3 m アンテナで受け、これを VHF 電波で再放送する。これを最終視聴者が受信する (小さい町、人口 1 万人)

(iii) まず 8 m アンテナで受け、これを強力な VHF 電波で再放送する。これを最終視聴者が受信する (大きい町、人口 10 万以上)

であり、どれを採用するかは地域社会の状況による。衛

図 2 衛星の内部配置

星のほうはこれに対して、

- (a) 大きい電力で2チャンネルを送り、上記(i)，
 - (ii)に対応させるか、または、
 - (b) 中電力で6チャンネルを送り、上記(iii)に対応させるか、
- のいずれかとなるう。

テレビ放送衛星（スピン安定）の一例を図2に示す。これは紙面に垂直な、そして衛星を切る面が地球の赤道面であり、図中上部のパラボラは常に地球を向くように機械的に衛星の自転と逆方向に回転させている。アンテナの利得は30 dB（周波数4.2 GHz）、放射電力32W、チャンネル数6というのがこの衛星のデータである。

英国の発表では、受信局をパラボラのサイズで分類して、その価格の概要は表3のようであるという。

以上はテレビ受信機に関するデータであるが、テレビ放送衛星システムとしての経費はどのようなものかにつ

表 3

パラボラの大きさ(m)	装 置 内 容	平均価格(1,000 円)
12~18	可動パラボラアンテナおよびフィーダー、ヘリウム冷却2連パラメトリック増幅器、自動追尾装置、2連受信機構成	560,000
4.5~9	可動パラボラアンテナとフィーダー、窒素冷却2連パラメトリック増幅器、自動追尾装置、2連受信機構成	430,000
1.5~3	固定アンテナとフィーダー、非冷却パラメトリック増幅器、受信装置	52,000
0.3~1	固定アンテナおよびフィーダー、トンネルダイオード前置増幅器、受信機	4,300
八木またはヘリカルアンテナ	固定アンテナ、トランジスタ前置増幅器、コンバーター	350

表 4 経 費

設 備 の 内 容	経 費(1,000円)
衛星およびその打上げ費用	
ブースター	1,440,000
打上げおよび制御	325,000
衛星（再打上げの場合の予備品を含む）	1,260,000
打上げに対する保険	540,000
小計	3,565,000
地上局設備	
6チャンネル送信局（1局）	270,000
25 ft アンテナ再放送局（10局）	810,000
10 ft アンテナ再放送局（200局）	720,000
10 ft アンテナ直接受信局（10,000局）	1,800,000
テレビ受信機（50,000台）	1,800,000
小計	5,400,000
最初の投資（総必要経費の10%）	900,000
年間維持費	
投資の利息	540,000
次期衛星準備金	720,000
地上局補修費	1,080,000
プログラム費	1,260,000
小計	3,600,000

いて、アメリカの Hughes 社が発表したデータの一例を示そう(表4)。ただしこれは、初期設備投資の額だけが扱われている。

4. 電 源 (I-5.11)

通信衛星でもテレビ衛星でも問題になるのは、衛星搭載の電源である。図3は地上受信が直径2mのパラボラで非冷却パラメトリック増幅器である場合、衛星のチャンネル数（回線数）と必要な有効全放射電力との関係を示す図である。この横軸は最高10kWになっているが、この程度までは太陽電池でまかなえる。しかし、さらに増して20kW以上になると、かえって原子力発電のほうが

図 3 局容量対衛星の EIRP (アンテナ直径 2 m, 非冷却パラメトリック増幅器使用)

図 4 内芯熱イオン反応炉 (ITR)

図 5 直列連結された熱イオン堆変換炉概要図

経費的には太陽電池よりは廉価であるという発表がドイツの W. Rash 他 2 氏から行なわれた。

その要旨は、静止衛星搭載用として in-core thermionic nuclear reactor を利用しようというにある。燃料は UO_2 93%，ブースターを用い、増殖プルトニウム、減速剤は $\text{ZrH}_{1.5}$ ，発生熱でタンゲステンプレート熱し，ここからの熱電子を利用，発電するもので，冷却剤は Na を利用する。

図 4 がこの反応炉であり，図 5 はその詳細，六角形は減速剤にかこまれた熱イオン燃料棒の断面を示す。反応炉の高さは約 45cm，この上に長さ 2 m，幅 1 m ほどの冷却面がとりつけられるが，これで出力約 40kW という。価格は 100kW 出力のもので 500 万ドル（打上げ費は 20～30×100万ドル），ちょうど 20kW 出力が境で，ここでは Si 単結晶太陽電池（1kW 発生に 10m² の面積）と価格が同じという。ただ，反応炉電源の弱点は重量がきわめて大きいことで，出力 20kW で 1t，50kW で 1.5t，100kW で 2t という数字を示している。しかし，12GHz で

静止衛星を利用し，アフリカ全域をカバーしようとする，衛星は放射電力 400 kW を必要とする概算なので，将来は反応炉のほうも実用になるであろう。

なお，反応炉をスタートさせるのは，衛星が打上げられて高度 500km に達したとき，カドミウムの棒（アクチューエーター）を引出して点火するのである。

5. 気象衛星 (II-1,3)

現在 NIMBUS, ESSA なる低高度衛星が（高度 1,200～1,400 km）ほぼ円軌道でまわっており，その軌道面は赤道面に対し 102° 傾いている。そして地球の写真を撮り，気象情報を送っているが，その 1 枚のカバレッジは NIMBUS で 1,920km²，ESSA で 2,730km² という（図 6 参照）。写真はイメージ蓄積形のビジコンで撮り，それを 200 sec かけて地球へ 140MHz の FM によるデータ伝

送をする。スタートの“間”と，位相合わせの準備期間をかけて 1 枚の画が受信できるのであるが，衛星が水平線から出てまた水平線へ没する約 20 分の間に，同一地点で約 4～5 枚の画を受けることができる。また，受信は八木アンテナで簡単にすむ。日本の場合*東京上空へ朝 9 時頃飛来するこの気象衛星は，次の 1 周期には 28°5′ 西へずれて香港上空あたりへ現われる。この間の時間，すなわち周期は 112 分である。

これらは APT (Automatic Picture Transmission System) といい，広く世界の各地で受信されている

* 日本では清瀬で受け，マイクロ波で筑波へ送り，ここから気象庁へ連絡のルートをとる。

APT システムの動作

図 6 受信範囲の面積

が、その設置箇所は 300 を越える現状である。

ソ連もまた COSMOS No. 168 なる気象衛星を周航させているが、このほうは磁気メモリー形であり、利用が少しめんどうである。

気象の予報はきわめて大切で、World Meteorological Organization (WMO) は、この重要性を全世界的な立場から再認識し、新たに WWW (World Weather Watch) といわれる組織が作られることとなった。今回の会議では WMO の委員がこれを説明して、その目的は“将来、大気圏の科学を進歩させて気象情報サービスの恩恵をすべてのメンバー国が受けられるようにし、もって農業、商業、工業の活動に大切な的確、適時の気象予報を通じ、人間の生命と財産とを守ろうとする”にある。しかもさらに、この組織は“航空、航海の安全と水資源の確保、食糧生産の増大に大きく寄与するであろう”といっている。そして、これが行なう仕事は、①世界全球的な Global Observing System の確立、②気象センターを設け、その観測データの処理、蓄積、保存と索引など、global な data-processing system を整備、③かつ長距離通信網を確保して、上記データの迅速な交換がメンバー国間で行なえるようにする。④さらに、研究プログラムと⑤教育と訓練、以上の 5 項目からなっている。

現在軌道上にある各種の衛星のうち、最もわれわれの日常生活に関係が深いのは気象衛星であり、このため会議でも、この第 II (気象) の session に最も多くの論文 (40 編) が提出された。しかしこれには II A. Sounding Rocket, II B. APT, II C. Satellite, II D. Regional の 4 つの special session があり、くわしい現地報告と討論が重ねられ、また、中南米地域の上空を衛星でとらえた時間推移をカラーテレビのスローモーションで見せた (実際現象を 10,000 倍に高速化) V. E. Suomi (University of Wisconsin の宇宙科学技術センター所長) の発表など、特に注目を集めた。ここでは台風や竜巻や雨雲の動きが明瞭に写っている II-3。

なお、これら気象観測衛星は、通信衛星にくらべ前述のようにきわめて低高度である。この運動が静止衛星のそれといかに違うかを表 5 に示す。

表 5

高度 h (km)	周期 T (h, min)	速度 V (km/sec)	可視半弦 θ	カバレッジ比 A/A_0 (%)
1,000	1 45	7.6	30'12"	6.8
2,000	2 04	6.9	40'27"	12.0
10,000	5 48	4.9	67'10"	30.5
36,000	23 56	3.1	81'19"	43.5

ここで h は衛星の地表からの高度、 T は回転周期、軌道を円軌道とみて V はこの軌道上の線速度、 θ は衛星の射影点と、地球への公切線の切点との間の角、 A/A_0 は可

視(衛星からの)地球表面積と地球全面積との比で、

$$\frac{A}{A_0} = \frac{(1 - \cos \theta)}{2}$$

で与えられる。

6. 航行衛星 (III-5)

航行には航海と航空とがある。まず航海について述べると、元来、船舶の位置決定には従来から Loran A, Loran C, Decca, 最近 10 KHz 程度の超低周波を用いる Omega など、いずれも原理は同じ双曲線航法ながら各種のものが整備され、定時差曲線のチャートが発表され、広く実用されている (ただ地域によっては、たとえば Aleutian 海域には適当な Loran 局がなくて、日本の漁船は困っているとのことである)。そこで、いまここに改めて衛星を用いて位置ぎめをしようとする企ては、その精度が特にすぐれているのでない限り、企画そのものに魅力がない。

この点に関し、すでにアメリカ海軍で実用されている Transit なるシステムは充分要求を満足し、今回の会議においては、これが民間用にも供せらるべく技術が公開されたことが知らされた。その原理は図 7 に示すとおりで、1 つまたは数個の 1,000 km 高度の極軌道衛星が周回している。この衛星は 2 分に 1 回ずつ自分の位置をコードで海上航行の船舶に知らせている。もちろん衛星は動いていて、これを地球上の陸地 3 点から測位し、コンピューターを用いその軌道が予定軌道からどれだけずれているかを 1 時間に 1 回ぐらいの割合でチェックし、そのデータを衛星へ送っているのである。船舶のほうでは衛星からの電波を受け、そのドプラーシフトと衛星の位置情報とから現在位置を知るのである。

この方式では、衛星搭載の発振器の周波数安定度が問題になる。現用のものは周波数が 5×10^{-12} の安定度をもつ 400 MHz の発振器で、その水晶は $\pm 0.001^\circ \text{F}$ に制御された恒温槽中に入れてある。なお、衛星と地球との間の通信の通路は ionosphere を通過し、ここでの伝搬速度が真空中と異なることによる測定の誤差を軽減するため、本方式では上記 400 MHz の他に 150 MHz も使って速度差異による誤差を補正している。

この Transit III-5 は、現存する唯一の衛星航法のシステムであり、精度数十 m という。日本からは 3 つの静止衛星を打上げ、双曲線方式で北 Aleutian の海域航行の船の位置づけをする案 (塚飯) とか、この海域の漁船の隻数が将来どのように増加してゆくかの統計推定 (木村) とか、衛星の射影点付近での船舶の位置ぎめ (牧島) などの論文を出している。

漁船が大量の漁獲を得て陸揚げし、もう一度元の位置

図 7 海軍航行衛星の主要部の概要

に戻ろうとしても、なかなかこれができない、何か方法はないか、また衝突防止を衛星で行なえる、などのことが討論された。

次に空については、北大西洋上空の航空が年とともにいよいよ激しくなり、現在は年間通計 7 万機の往復であるが、1975年にはこれが15万機にも及び、この 4 割が超音速機であろうという(図 8 参照)。そしてすべての航空機が、燃料の節約できる航路とジェットエンジンの動作に最適な高度とで飛びたいわけで、ここに運航の混み合いが生ずる。

そこで、トラフィックについて規則があり、航空機の前後相つぐ 2 機の間隔は 15 分、上下高度の間隔は 600 m、横並びの間隔は 220 km に保てという。しかし、将

来のトラフィックはこれではさばき切れないので、横間隔をもっと狭め 100 km にしようとする動きが ICAO に出たそうである。もしすべての飛行機が慣性航法(三次元的な加速度計をもって対地加速度を知り、これを 2 度時間積分して航行距離を求める)をするなら簡単であるが、さしあたり現状はこれと違うので、航空機の位置を刻々衛星で測定し、運航を管制しようという案がフランスから出されたⅢ-4。

それは、西経 10° と西経 60° に当る位置に静止衛星を 1 つずつ上げ、航空機の位置をこの計 2 つの衛星で interferometric に測定し、これを衛星が陸上基地局へ連絡、その指示によって衛星は、相つぐ航空機の飛行間隔を制御しようとするものである。2 つの衛星を使うところから、これを Dioscures system (双子) といっている。まだ実施までには至っていないが、これはフランスの Villiers, Manuali 両氏の案であるⅢ-6。

英国からは、同じく北大西洋の航空機運行の連絡と管制のために、カナダ東岸と英国西岸との間の大円弧に沿う道に浮島をほぼ等間隔に 3 個並べる。VHF の通信機(送受)とヘリコプターの発着所のため、この直径は 100 m 程度にしたらい。そして航空機は、この飛石伝いともいうべき浮島からの無線で航路を誘導してもらい、また浮島は衛星と連絡をとって管制の目的を達するという方法を提案した。これは航空機、特に SST の航法についてのものであり、英国 Briggs, Braybrook 両氏の案であるⅢ-7。

だいたいにおいて飛行機は、その行動に管制が加えられることについて支障がないが、船舶では船長の権限が

図 8 北大西洋上の交通予測

強く、管制がむずかしいのが現状である。

7. 測地衛星と資源開発衛星(IV-4.5)

まず測地について述べる。地図を作る場合、地上での測量の他に(a)航空機をとばして写真をとる方法もあるが、別に(b) flare triangulation といって、風船を上げ、これで flare (火の合図) を作り、地上数点でこれを観測することで位置を確かめる方法がある。(a)は比較的狭い領域しか扱えず、(b)は広くて北アメリカ-南アメリカ間、北アメリカ-ヨーロッパ間、ヨーロッパ-アフリカ間など、国境をまたぐ領域にも有効に利用できる(ただし距離 500mile 以内)。しかし場合によっては、政治折衝がむずかしく、実施できない所もある。

今回、衛星が測地に利用できるとなるとIV-6、その応用はきわめて広範囲に及び、上記(a)も(b)ともに達成でき、光学的ならびに電子的に同時観測を行なうことによって精度もあがる。さらに、もし衛星の軌道が少し変化したとなると、それは地球の重力場の変化に基因するわけであるから、上記の精密観測から、それも沢山の衛星をとばしての各観測値から、地球の幾何学的形状のみでなくダイナミックな形状——重力とジオイド(表面を全部平均海面とみなした地球の形)とで代表される——も知ることができる。

このような衛星の利用は、すでに1958年にその効果が知られ、1962年にはアメリカ国防省の Anna 1-B 衛星、つづいて NASA の GEOS 衛星が打ち上げられ、本格的な研究調査が現在行なわれている(Hawaii 大学 G. P. Woollard 氏の論文より)。

次に資源開発については、oceanography に関するものと geology に関するものがある。前者はIV-5 海水、海流、海表面の温度分布、波の状況を低高度衛星で知りまた、各海域に設けた観測ブイで大洋物理、大洋気象に関するデータを知り、これを放送、さらにこれと同じく

写真 1 Gemini 衛星から撮ったチャド湖、チャド、ニジェール、ナイジェリアの各共和国の写真(埋った砂丘、その他、地相学上の特色が写っている)

衛星があつてまわる。これを Remote Sensor といい、これによって上記の他に各種生物現象、海の水位、海岸線の状況変化などがつかめるのである(アメリカ海軍 NASA/NAVOCEANO 計画部長 J. W. Sherman 他 1)。

また後者はIV-4、衛星をとばして大地の写真を撮るのであるが、光の波長別にそのデータを整理すると、地質、地文、地相学的に必要な情報が、従来人跡未踏といわれた地域についても容易に得られるので、資源開発ができるという。例として写真 1 は Gemini 衛星でサハラ砂漠南端の Lake Chad を撮ったもので、湖の状況は肉眼で見ることのできない湖底までも明瞭に写っている。これは湖面全域にわたり垂直入射の光成分を用い得たからであろう。A の部分に湖底の砂丘、D、C の部分は旧海岸線である。

なお、いまでは特に資源探査のための衛星 EROS が開発され動いている。高度 500km、軸傾斜 93°、同期軌道で local noon より 2 時間 30 分だけ早く、そして周期 17 日である。

8. 波及効果(INT-6, VI-5.9, 12, 18)

衛星の製作と打上げの科学技術は、各方面に種々な発達を招来し、その中には思いがけないものも現われた。

たとえば、(i) vector cardiograph といって、三次元的に心臓の鼓動を調べる器械ができ、(ii) 小児麻痺、クル病の患者のために歩行補助機ができた。これはクモのように 8 本足をもった椅子に当人が腰かけて簡単な操作をするだけで、誤まって暗やみで崖から足を 1 歩ふみはずしても自動的に元へ戻り、坂道も上下できる。これは月衛星 Surveyor に関する研究(月面盲目歩行)の副産物である。(iii) V. Rogallo という NASA の研究者は、水晶圧電子で micro-meteoroid(流星微粒子)の感知器を製作、高さ 1 cm から塩の粒子の 1/1000 の重さを落しても電流出力があらわれるものを作ったが、これは後に孵化寸前の鶏卵が内部のヒヨコの心臓の鼓動で impact を受けるのを卵の殻の外から探知することができ、鶏の品種改良に役立った。(iv) 500°C に短時間は耐えられる Pyrrons という長鎖結合ポリマーが NASA で開発され、1,300°C で連続使用できる super alloy 超高温合金が同じく NASA で研究開発された等々である。

なおこの他、ドイツでは宇宙プラズマに関連して、プラズマ弧光溶接(直流アークにガスを吹きつけて強力なアークにする)の技術が発達し、高真空技術に関連して高圧力チェンバーから低圧力チェンバーへ、パイプで空気を奔流させるその流速がマッハ22に達するものもできた。このとき各チャンバーの圧力の比は $10^7:1$ という。イタリアは ELDO 計画に参加して heat shield の技

術が著しく発展したことを報告VI-12, ユーゴスラビアは宇宙技術が各方面の総合技術であるところから、これに参画することにより OR (Operations Research) と PERT (Program Evaluation and Review Technique) の手法に習熟する機会が得られたことを感謝しVI-18, アメリカの Indiana 大学では ARAC (Aerospace Research Applications Center) なるものを1962年に開設し、35万部に及ぶ宇宙関係の文献の整理、公開、応用への便宜供与を行なっているというVI-5.

9. 国際協力(VIII-10.11)

世界各国が宇宙開発に関し協力しうる形はいろいろ考えられるVII-6. NASA の衛星に世界各地が観測網を敷くことに協力したこと、ヨーロッパ地域に ELDO, ESRO なる共同開発計画があること、カナダは、その国内に地磁気の北極があり、オーロラの観測にも便であるところから、ロケット打上げによって各種宇宙物理現象の解明に努め、地球科学の発展に寄与している。日本もまた上層大気、イオン層などの観測に力をつくして世界に貢献した。開発途上国は、またそれぞれの立場から宇宙開発に貢献することができよう。その地理的な位置そのものが役立つからである。フランスが本国からでなくサハラ Hammaguir から衛星 DIAPASON を打上げたなど、その一例であり、ケニヤが赤道直下の国であることは宇宙開発の立場から重要である。

北緯 10° アフリカ西岸のシェラレオネは人口 320 万の小さい国であるが、国連が Centre for Information and Consultation for Space Application (仮称) を設け、ここで世界の国々への Space segment 割当を考え、実益ある応用面を教え、天然資源の発見を助けてくれることを望むと発言した。また、イスラエルは Tel Aviv 大学の Planetary and Space Science の研究所から NASA へ学者を派遣したが、この人が Cosmic Dust についての研究にすばらしい成果をあげた。このことをイスラエルの人達が知って同胞の科学的才能から、ひいてはイスラエル人そのものの能力を高く評価、すなわち自信をもつようになったことを報告している。

10. 法律、経済の諸問題(IX-4.7)

従来、各国がもっていた領空という考えは、宇宙開発とともに考えなおさねばならなくなった。宇宙は世界共通のもので、宇宙開発による利便はどの国が開発したにせよ、その利便を世界の国々が等しく享有する権利がある。かつて月衛星無人着陸にソ連およびアメリカが成功したあと1年半をへて、この両国は共同声明を発し、世界中どの国も月の上に領土的野心をもつことを控えよ

うではないかといったが、この考えは改めて是認せらるべきである。宇宙に大量破壊の武器を打上げて定在せしめてはならず、ミサイルに核弾頭をつけて地球上を周回し、そしていずれかの国へ打ち込むことは行なってはならない。

宇宙飛行士の安全を保証するため、1963年、ITU は救難信号用として特に 20.007 MHz の電波を割当てたが、これは従来、航空機、船舶における非常時電波(500 kHz, 2182 kHz など)と同様に、これを傍受した国々は宇宙飛行士の救難に全力をあげてもらいたい。また、宇宙船が不時着し、その国に損害を与えた場合の賠償問題は慎重に扱わねばならない。そして、具体案をきめねばならない。

これらのことが当部会では論ぜられたが、ソ連はこの問題については先覚者で、1962年、すでに International Agreement on the Rescue of Astronauts and Space Ships の草案を作り、1964年これを米国に示し、やがて国連の法律部会で審議にかけ、ようやく1968年4月22日これが text of agreement となって満場一致可決されたのであって、これが発効にはいまソ連、英国、米国などの批准を待つばかりという。

宇宙ロケットの残骸の回収もまたこの部会の議題となった。事実この回収ができれば、10億ドルもの経済となるとアメリカは発表した。ただし、その所有権は依然それを打上げた国に所属する。

11. む す び

以上を総括して、次のようにいえる。国際間の通信・テレビ用衛星については現用の INTELSAT に対抗してソ連が INTERSPUTNIK、ヨーロッパ圏が SYMPHONIE なる衛星を打上げようとする気配が濃厚であり、また、開発途上の国々の間では、国連自体がグローバルな通信衛星をもち、かつ運営することを望む空気も見られ、1970年の INTELSAT 本協定決定には幾多の難問が横たわっていることが知られた。日本の Domestic Satellite はどういう space segment によって行なうべきか、考えさせられる面もある。

気象衛星は問題なく、世界の人々皆現在その恩恵に浴して感謝し、航行衛星は海上でも航空機とともに通信連絡用——基地と船舶または航空機との間——としての活躍が将来大いに期待される。衛星が資源開発にも役立つこと、また、宇宙技術の波及効果として各方面の科学技術がこのために進歩発展しつつあることの2つは、今回の会議で得た新知識である。

米ソ両国が多く他の国々を引き離し、トップにたっている宇宙科学および技術の内容が今回の会議で初めて

詳細公開されたが、これには他の国々の国際的な協力が大いに貢献していること、また、今後はこの新しい科学技術を通じて世界的な情報交換、教育文化の普及、資源開発、航行の安全とスピード化などが行なわれるであろう。

うことが明らかとなった。

(付記) 次に示す文献は(イ)(ロ)を除き会議の席上で配布せられたものであり、I、IIなどは部会番号である。
(昭和43年11月25日受付)

文 献

Item No.	Subject	Author	Nationality or Organization
INT-6	The aerospace stimulus to technological advance	John L. Sloop, Mac C. Adams	U. S.
I-5	Satellite system for educational television	Dr. Harold A. Rosen	U. S.
-6	Satellites for education: lessons from a decade of experience with educational television	Wilbur Schramm	U. S.
-11	Conceptual study of satellites for direct-TV-broadcast with incore-thermionic-reactor and electrical propulsion	W. Rasch, A. Quast, W. Oldekop, W. Scharf	West Germany
-25	"Molnia-I" communication satellite	M. R. Kapanov	USSR
II-1	The role of meteorological satellites in World Weather Watch		WMO
-3	Continuous observation of weather motion	Verner E. Suomi	U. S.
III-5	The U.S. Navy navigation satellite system	R. B. Kershner	U. S.
-6	The DIOSCURI system of air control and navigation by satellite	J. Villiers, B. Manuali	France
-7	Satellites and ocean platforms for civil aviation operations over the North Atlantic	J. H. Briggs, L. J. Braybrook	U. K.
IV-4	Geologic applications of earth orbital satellites	W. T. Pecora	U. S.
-5	Space craft oceanography—its scientific and economic implications for the next decade	Charles C. Bates, Leroy Cheney	U. S.
IV-6	The satellite geodesy program	Dr. George P. Woollard	U. S.
VI-5	The university role in technology utilization programmes	Arther M. Weimer	U. S.
-9	Stimulating effects of space aerodynamics on technical and scientific developments	Dr. Walter Wuest	West Germany
-12	Space activity and its influence on industry	I. Capriolo, E. Vallerani	Italy
-18	Some possibilities for the application of industrial technology in space research to the benefit of the developing countries	Vladimir Genic	Yugoslavia
VIII-1	Little league space research	Uri Shafir	Israel
-6	Can the INTELSAT experience serve as a precedent for international cooperation in other fields?	Frank E. Loy	U. S.
-10	The work of the European Launcher Development Organization		ELDO
-11	The European Space Research Organization		ESRO
-14	Needs of the developing countries in the field of the practical benefits to be derived from space research and exploration		Sierra Leone
IX-4	International liability for damages caused by the launching of objects into outer space-theory and applications	Paul G. Dembling	U. S.
IX-7	International co-operation in the rescue of astronauts	G. P. Zhukov	USSR
(イ)	Constructing Inexpensive Automatic Picture Transmission Ground Stations	NASA SP-5079	U. S.
(ロ)	Navigation und Verkehrskontrolle von Schiffen und Flugzeugen mit Hilfe von Satelliten	H. C. Freisleben VDI-Z Bd.109 Nr. 30 S. 1423; Okt. 1967(III)	West Germany