

研究展望
Review

研究展望

近未来のリモートセンシングの展望

A VIEW OF REMOTE SENSING IN NEAR FUTURE

星 仰*

By Takashi HOSHI

1. 諸外国の宇宙開発の目標

アメリカでは地球から軌道衛星までの貨物と旅客の輸送機構を整備する。現在のスペースシャトルでは1kg当たり8000ドルの輸送費なので、2000年までに1/20にコストダウンさせる。そして、地球周回用の宇宙港を建設する。地球以外では当面月面と火星面を対象にして、有人基地、製造工場、ロボット工場の建設を計画しプロジェクトを推進する。これらのプロジェクトに関連して、惑星間輸送機の開発、月周回宇宙港、火星周回宇宙港を計画している。1986～2000年までの予算は約40兆円と推定される。

ソ連では詳細な情報を得ていないが、エネルギー計画により貨物・旅客輸送を発展させ安定させる。そしてサリュート計画に引き続きミール計画によって新しい宇宙ステーション計画を推進する。宇宙開発技術を地球以外の惑星ならびに衛星に応用し、輸送を容易にするために、ソ連製スペースシャトルのブラウンにより低軌道衛星の大型化を念頭において、100トン級の軌道衛星を実現させる。

欧州諸国ではアリアン計画を推進して、ロケット打ち上げ能力を向上させ、軌道衛星で15トン級、静止衛星で4トン級を1996年を目標に実現させる。次に、コンパス計画においてアメリカ宇宙ステーションに接続するモジュール、フライヤー、プラットフォームなどを開発し、その後、欧州独自の宇宙ステーションを開発する。

宇宙開発には欧州全体で2000年までに約13兆円を予定している。このほか、ドイツ、フランス、イタリアでは各国独自の宇宙開発計画がある。

わが国では2000年までに約6兆円を投資して、放送衛星と通信衛星が国内外の産業で製作・打ち上げを可能にする。宇宙科学研究としては地球対応の静止衛星・軌道衛星の技術を国内で発展させ月面、惑星探査へと拡張し、太陽系の解明へと努力する。銀河系あるいは他の星雲などに対して軌道衛星などによる天文台を建設する。

このほか、中国、インド、カナダ、ブラジル、インドネシアなどにも衛星の打ち上げ計画がある。

これらの打ち上げ計画に伴い地球観測の国際協力機関や委員会が活動しているので、それらの名称を示しておく。

- a. 宇宙空間平和利用委員会 (COPUOS)
- b. 世界気象機関 (WMO)
- c. 国際電気通信連合 (ITU)
- d. 宇宙空間研究委員会 (COSPAR)
- e. 国連各機関・国連宇宙部 (OSAD)
- f. 国連食糧農業機関 (FAO)
- g. アフリカ経済委員会 (ECA)
- h. ラテンアメリカ経済委員会 (ECLA)
- i. アジア太平洋経済社会委員会 (ESCAP)
- j. 国連開発技術協力局 (DTCD)
- k. 国連環境計画 (UNDP)
- l. 国連教育科学文化機関 (UNESCO)
- m. 国連災害救済官事務所 (UNDRO)

次にリモートセンシングにかかわる諸外国間の会議の主なものは下記のようなものがある。

- a. 地球観測衛星調整会議 (CEOS)

* 正会員 工博 筑波大学助教授 電子・情報工学系
(〒305 つくば市天王台1-1-1)

Keywords: remote sensing, satellite planning, earth observation system

- b. 静止気象衛星調整会議 (CGMS)
- c. 極軌道静止衛星グループ会議 (IPOMS)
- d. 極軌道プラットフォーム会議 (ICWG)
- e. 経済サミット・リモートセンシングパネル (ESPERSS)
- f. 宇宙ステーション国際フォーラム (IFEOS)
- g. 地域 (東南アジア, ラテンアメリカ, アフリカ) 会議
- h. SPOT 地上局会議 (GOSS)
- i. MOS-1 地上局会議 (MOMO)
- j. LANDSAT 地上局会議 (LGSOWG)

2. 衛星打ち上げ計画とその内容

(1) アメリカ

アメリカ航空宇宙局 NASA (National Aeronautics and Space Agency) の地球観測についての展望としては LANDSAT を民営に移管したので、民営でも LANDSAT という名称利用の許可をして、LANDSAT-6~9 号までの打ち上げ計画を見守る。また、スペースシャトルの能動式センサー SAR-A, SAR-B に引き続き、SAR-C 計画を進め、西ドイツとイタリアの共同開発 SAR-X と協調する。

一方、海洋研究連合 (JOI) は世界気候研究計画に基づいて 1995 年までの宇宙からの海洋学研究の方針を示した。この中には海洋システムを解明する目的で、放射計による海洋の熱輸送、海色走査計による生物学的生産と移動、マイクロ波センサーによる海水の状況、高度計による海洋循環と風との関係、散乱計観測による風の影響などの開発研究を含んでいる。これらの研究には、NOAA, TOPEX (Ocean Topography Experiment) も活用される予定である。次に、NASA のグローバルスケール大気過程の計画は地球の大気を分析・解明する目的で、大気データの処理・データベースと物理的裏付けのある大気数値モデルを推進して予測モデルを開発する。

このほか、N-ROSS (Navy Remote Ocean Scanning System) は海軍が 1992 年に予定している衛星で LFMR (Low Frequency Microwave Radiometer), SSMI (Special Sensor Microwave Radiometer), レーダ高度計、散乱計 (NSCAT) を搭載予定にしている。地球の重力場、磁力場に関するデータ収集を目的とした地球ポテンシャルの研究衛星 GRM や磁場探査機 MFE、上層大気の物理・化学的メカニズムを理解するための上層大気研究衛星 UARS、わが国も参加する熱帯雨林観測衛星 TRNN、極軌道プラットフォーム POP (Polar Orbiting Platform)、静止気象衛星 GOES の I~M 号までが計画されている。NPOP-1 は 1997 年に降に計画されていて、MODIS-N の 40 バンド、HIR-

IS, ITER, AMSR, SCATT-1, ALT-1, AMRIR, AMSU, ERBI, SEM, GOMS (Geodetic and Geophysical Satellite) などがある。NPOP-2 は SAR の L, C, X バンドの搭載が予定されている。

(2) ソ 連

コスモス、ソユーズ、サリュートなどで代表される軌道衛星または宇宙船は空間的・経済的改良がなされよう。経済的改良の 1 つはソ連製の帰還衛星のロケットであるエネルギーと飛行体ブラウンの出現で使い捨ての帰還衛星が少なくなる。そして、宇宙中継基地への輸送力の強化とシリーズ化が予想される。

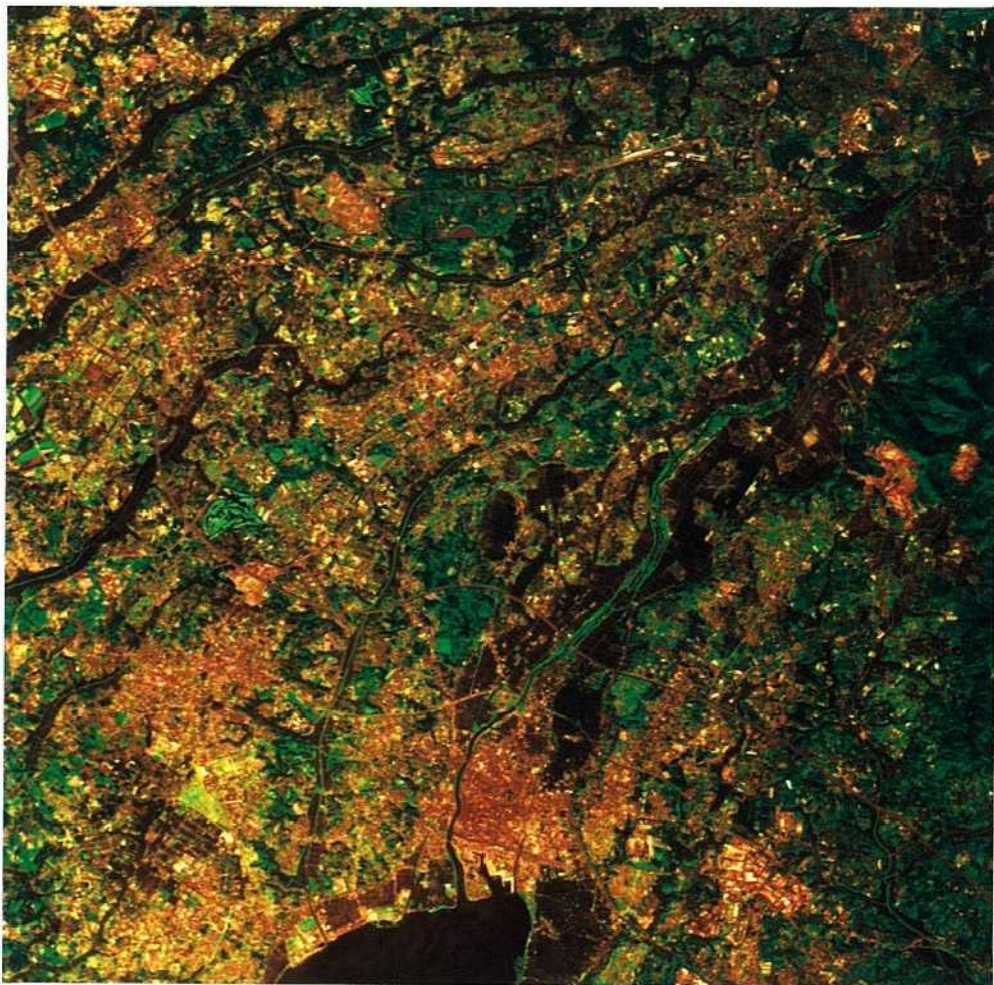
一方、これまでの宇宙船における人間や動物の長期的生存実験のデータをもとにして、火星への有人宇宙ステーション・ミールが計画されている。このミールは実験室クバンドと貨物室プログレスがドッキングするように設計され、現在 2 個目のクバンド 2 が増結可能になった。今後はクバンド 3 がドッキングできるようになる予定である。次に、地球表面の情報収集については欧米、中近東、日本と東南アジア、中国などに対して継続されようが、COSMOS 衛星画像や画像データについては公開の範囲が拡大される傾向にある。写真-1 は筑波学園都市付近の解像度 5 m の COSMOS 衛星の KFA 1000 画像である。この高度 272.8 km からの COSMOS 衛星画像は ISPRS 国際会議 (1988) から一般公開されたものである。また、情報抽出のアナログ写真方式とデジタル方式の近代化が進み、コンピュータ技術がより重要視され、宇宙物理と生態医学分野の知能データベースの構築と大容量の画像処理システムが開発されよう。

このほか地球環境のモニタリングを始めとして、地球表面への応用としては石油・ガス・鉱物の資源調査、森林保全・火災調査、農作物・原子力発電所のモニタリングと監視、地殻構造の調査などが発展するであろう。

(3) ESA (European Space Agency)

欧州宇宙機関 ESA は 1990 年に予定している ERS-1 (European Remote Sensing Satellite-1) で、世界海洋循環、熱帯海洋・地球大気の実験を試みるために、高度 $H=777$ km から、AMI, RA, ATSR-M のセンサーで地球を観測する。AMI の SAR モードでは、 30×30 m² の分解能をもつセンサーが含まれている。次に、1993 年には ERS-2 を計画し、1995 年頃の欧州極軌道プラットフォーム EPOP に関係づけられる。EPOP は 1997 年以降とされ、10 種類の搭載候補センサーがある。分解能も受動式・HIRS で 10 m, SAR の C バンドで 10 m~1 km とバラエティに富んでいる。一方、気象分野では METEOSAT (MGS) を 1992 年アリアン 4 号ロケットで打ち上げる計画である。

フランスはベルギー、スウェーデンなどと協力して、



写真—1 筑波学園都市付近の COSMOS 衛星画像 (© SOJUZZKARTA)

これに伴い SPOT の受信局を 11 以上に拡大する。現在の SPOT・HRV ではパンクロ 10 m, マルチスペクトラル 20 m の分解能になって独立しているが、緑 (G) から近赤外 (IR) までを 4 センサーに統合して、 $0.61 \sim 0.69 \mu\text{m}$ に 10 m 分解能を挿入する計画である。

イタリアは ERS における ERS-1, METEOSAT, Earthnet 計画に参加して協力する。また、アメリカの SAR-X 計画に参加して、マイクロ波放射計や高いビットゲートのセンサー開発をする。このほか、ユーザのためのビデオ・ディスプレイ・システム (VDS) 計画もある。

イギリスの宇宙開発の予算は国防省と民生部門に配分され、ESA の分担費 14% が計上されている。1990-1994 年間に毎年 5% ずつ増加させる方針である。貿易工業省の中に科学工学研究会議、自然環境研究会議を設置しているの、地球科学や地理学の分野がより発展す

るだろう。

西ドイツは MOMS (Modular Optoelectronic Multispectral Scanner) に光学センサー MOMS-1 (波長帯 $0.575 \sim 0.625 \mu\text{m}$, $0.825 \sim 0.975 \mu\text{m}$, 分解能 20 m) を設計して、高度 292 km から観測幅 140 km で観測されてきた。この経験を生かして、前後および直下視するステレオ画像抽出を MEOSS センサーで実現させ、インドの SROSS-2 に搭載する予定である。さらに、MOMD-S-Stereo をアメリカのスペースシャトルに搭載 (1992 年) する計画もある。このほか、SAR の Xバンドをイタリアと共同開発して、SIR-C と同時にスペースシャトルに搭載する。西ドイツは自国の衛星打ち上げが少ないので目立たないが、写真測量技術をリモートセンシングに先端的に技術協力してきている経緯がある。これからの電子技術で、どこまで新システムを生み出すかが注目される。

(4) 日本

科学技術庁、文部省宇宙研究所そして宇宙開発事業団 NASDA などを中心になって、わが国の宇宙開発を推進している。ここ 10 年間では、GMS, MOS の技術を基礎にして、ERS, ADEOS, JPOP の開発をする。気象衛星 GMS は国内以外に、主地上受信局 17 と小規模の地上受信局 25 をすでに抱えている。1993 年には GMS-5 を H-II ロケットで打ち上げる。一方、MOS-1b を H-1 ロケットで 1990 年 2 月 7 日に MOS 打ち上げに成功したので、MOS 軌道衛星の地上受信局を増設させる方向にある。

わが国の ERS は欧州の ERS と区別するために、JERS とよばれている。1992 年に計画されている JERS は光学センサー 4 バンドをもち、近赤外センサー IR (波長帯 0.76~0.86 μm) のみ前方視と直下視の 2 方向で観測する。短波長の赤外センサーとしては 4 バンド (波長帯 1.60~1.71, 2.01~2.12, 2.13~2.25, 2.27~2.40 μm) を有し、観測幅 75 km 内を 18×24 m² の分解能で地表・海洋を詳細にデータ抽出する。以上の受動式センサー 8 バンド以外に能動式センサー SAR-L バンド (1.275 GHz) を 75 km 幅で観測する。このセンサーの分解能は 18×18 m が予定されている。

次に、ADEOS は 1993 年以降に計画されているもので、MOS, ERS に後続する地球観測技術衛星である。ADEOS には AVNIR の 4 バンド (0.40~0.50 μm , 0.50~0.60 μm , 0.62~0.72 μm , 0.82~0.92 μm) で分解能 16 m, 観測幅 80 km と OCTS の 12 バンド (0.43~0.45 μm , ..., 11.5~12.5 μm) で分解能 700 m, 観測幅 1500 km を予定している。

ADEOS をさらに発展させたのが JPOP (極軌道プラットフォーム観測システム) である。この JPOP はアメリカの NPOP, ESA の EPOP とともに国際協力で地球を観測するシステムである。JPOP では 1998 年以降に H-11 以上の能力のロケットを用いて、高度 824 km で計画している。

(5) インド

広大な国の 1 つであるからリモートセンシング技術の活用性が十分あることから、BHASKARA と INSAT シリーズをすでに打ち上げてきた。今後は INSAT (India National Satellite) システムに主力をおいて計画している。この INSAT はインド放送、通信省および気象省の多目的実用通信衛星である。このほか 1988 年 3 月にソ連のポストークで打ち上げられた IRS-1 (India Remote Sensing Satellite) には 2 台のセンサー LISS-1, 2 を搭載していて、分解能も 72.5 m と 36.25 m である。これらはともに 4 バンド (0.45~0.52 μm , 0.52~0.60 μm , 0.63~0.69 μm , 0.76~0.90 μm) あり、太陽同期軌道

で高度 904 km, 回帰 22 日となっている。LANDSAT, SPOT につぐ分解能であるから、陸域の解析に駆使されている。今後は IRS-1B, IRS-1C, IRS-1D/2A など を 1995 年頃までに打ち上げる計画である。

(6) その他の諸国

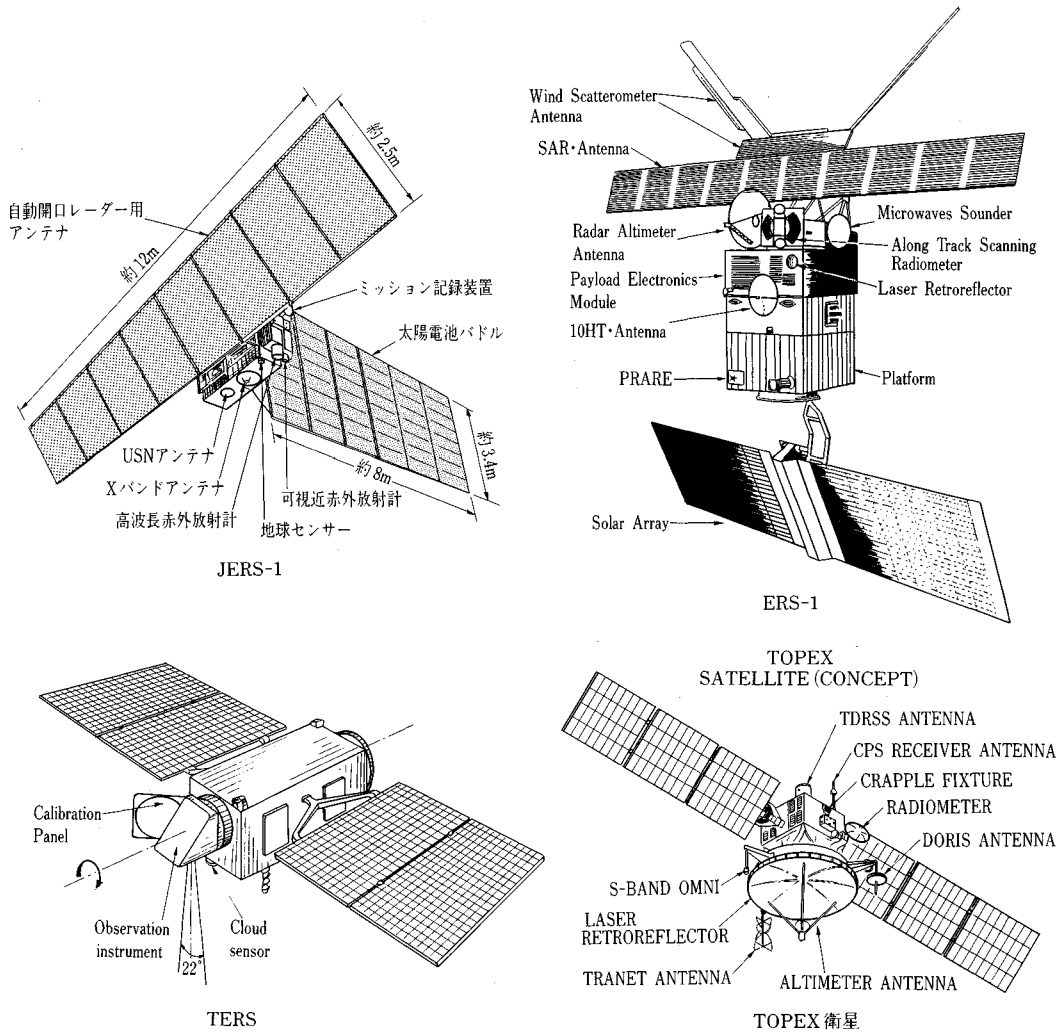
中国はブラジルと協力して 1.36 t 級の地球観測衛星 EIS を 1992 年頃に打ち上げる計画である。中国全体のリモートセンシングは国家技術委員会の国家遙感中心 (NRSC) が計画、推進、開発、サービスなどを行う。この NRSC の配下である科学院や測絵局のリモートセンシング部門が活躍している。最近では LANDSAT-TM の地上局も建設されたので、リモートセンシングの応用分野 (土地利用、農作物、森林、岩石・鉱物、砂漠化など) の研究が進展すると思われる。

カナダは国立の CCRS (Canada Center for Remote Sensing) が中心になって活動している。大きな国であるからリモートセンシングの活用性がある。たとえば、石油・ガス開発、海洋航行の船舶監視、農作物生産予測、氷河・雪の調査などに成果を挙げている。CCRS には航空機 SAR-580 と船舶ソーナなども保有していて、わが国の科学技術庁の SAR 航空機実験 (1986 年) にも、CCRS の SAR-580 がチャーターされた経緯がある。将来においては、RADARSAT を 1994 年に打ち上げる計画である。この RADARSAT の分解能は 10~100 m の範囲を複数装備され、刈り幅は 500 km を予定している。このほか欧州の ERS-1 にも準加盟していて、総経費の 6% 分担している。

これまで各国の衛星打ち上げ計画について述べてきたが、これらの中でいくつかの衛星の外観について、図-1, 図-2 に示しておく。

3. 地球観測センサーの分解能

諸外国のプラットフォーム搭載センサーの中で、2000 年までに計画されている地球観測用センサーの分解能について、受動式と能動式に分けて整理してみると図-3, 図-4 となる。図-3 は高受動式センサーの水平分解能を軌道方向と刈り幅方向の 2 軸とする平面にプロットしたものである。この図から明らかなように、開発センサーは原点方向に進み、10 年後には 8~10 m 解像度の受動式マルチ・チャンネル画像データが科学者の手に入るようになる。また、衛星カメラによるフィルムでは 5 m 解像度が得られる。一方、図-4 の能動式センサーの分解能は 10~40 m の範囲に収まる傾向にあり、ミリ (mm) 波からメートル (m) 波のマイクロ波長のいずれにおいても、受・送信の形式として HH, HV, VH, VV が用いられ、これらの各画像データがユーザの手に入るようになる。



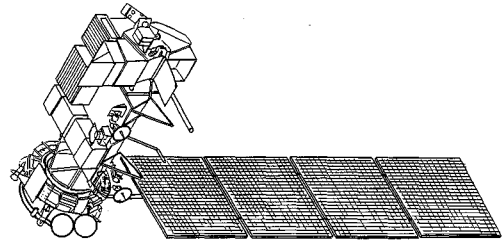
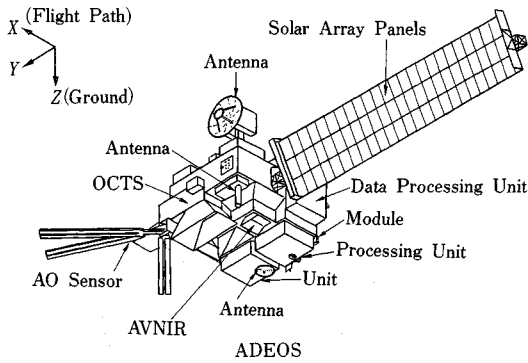
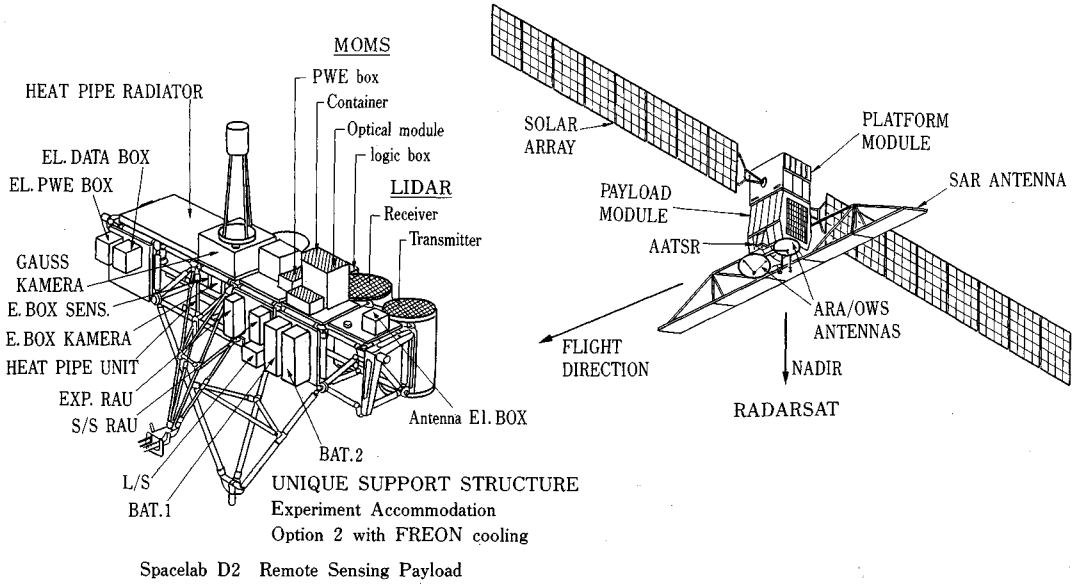
図一 ERS-1, JERS-1, TOPEX, TERSの外観

わが国のセンサー開発は MOS-1 の MESSR に見受けられるように、最新の CCB センサーがすでに搭載されてきた。しかし、分解能は 50 m、バンド数 4、ビット列 6 bit と画像データとしての特徴に欠ける。では将来どのような画像センサーが必要なのだろうか。NASA, ERS および NASDA は POP, EPOP, JPOP などについて、科学者や利用者にそのスペックを現在問いかけている。著者の衛星画像データへの提案は LANDSAT 級の軌道衛星を用いたとき、受動式センサーの水平分解能 2 m、バンド数 20、ビット列 16 bit である。この中で水平分解能 2 m だけが技術的検討を要する。現在運行している気象衛星 GMS は 36 000 km 離れていても、1.25 km の水平分解能を有する。単純に高度 700 km にすれば、水平分解能 24 m となる。将来の静止衛星において 100 m の高分解能のセンサーを開発するこ

とができれば、高度 700 km の軌道衛星から水平分解能 2.5 m は可能となるからである。高度を下げれば、情報抽出速度も高速化しなければならないし、それに伴うデータ転送・保管法も変更しなければならない。これは容易なことではない。しかし、目標は必ずや達成されよう。わが国の宇宙開発も輸入技術から脱皮してくるであろうから、現在可能な技術での開発計画から近未来を予測した技術に基づいての開発計画へと変貌するであろう。

4. 地球観測システムへの期待

これまで生存してきた母なる地球は局所的には科学的な解明がなされてきている。しかし、地球をマクロ的に観測することに慣れていないため、地球全体の現象の把握に長い歳月を費やす結果となった。紀元前 4 000 年以



LANDSAT-6

図-2 RADARSAT, SPACELAB-D2, LANDSAT-6, ADEOSの外観

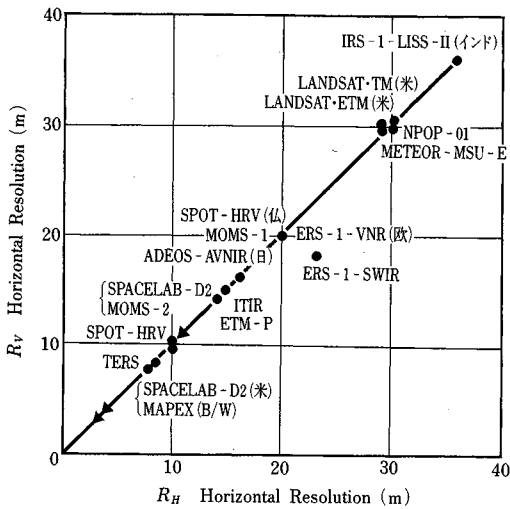


図-3 高受動式センサーの分解能

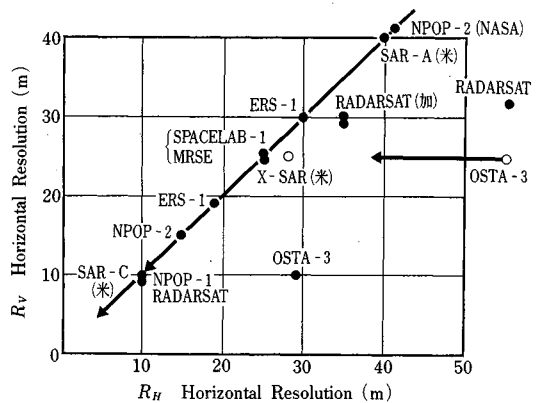


図-4 能動式センサーの分解能

前から人類が抱きつづけてきた夢から飛行体が生まれ、今や人間の60数cmの眼の間隔でも、幾kmもの眼基線長の巨人に仮想的になりすますことができるようになってきた。また、地球上の位置から観測しなければ宇宙を探れなかったことが、衛星を打ち上げる技術により、銀河系の宇宙を探索することが可能になってきている。しかし、この未知探査には巨額の経費がかかる。この一部でも実生活に還元できるものは何かあるのだろうか。その1つに地球観測システムの確立がある。CO₂・SO₂・N₂Oの増加、酸性降雨、温室効果、フロン、メタンの増加、オゾンホール、沙(砂)漠化、そして熱帯林(マングローブ林もその1つ)の伐採といった現象は地球環境問題と相互に関係している。これらの地球環境問題の原因はかなり科学的に判明してきたが、国連環境計画(UNEP)が提案している『人間らしい幸福な生活を送れるような気候を守り、将来の世代に現在の環境の質を引き継ぐ国際的な管理体制』を早期に築くために、これらの地球環境問題の要因に直接メスを入れることは至難の技である。現在の文明を維持しながら妙薬を求めなければならないからである。リモートセンシングによる地球観測システムの確立は、この妙薬探しの手がかりになることはほぼ間違いない。すでに開発されてきたリモートセンシングセンサーを駆使すれば、海面温度、大気循環、大気ガスの変動、土地被覆パターンの現状といった情報が容易に抽出可能である。地球環境問題にかかわる多くの観測項目は一時的なデータでは不十分であるだろうから、長期的モニタリングの観測システムが不可欠となる。軌道衛星はこれらの地球観測に最も適したものであるから、リモートセンシング技術による地球環境モニタリングには地球観測システムの確立が早期に望まれる。今年の日米科学技術協力に基づいて合意したプロジェクトは地球環境・温暖化を柱にして17項目ある。地球科学部門の中に12項目もあって、そのほとんどは地球観測システムに関係している。

このシステムでは前章で述べたように、画像データの解像度が向上することから、土木・建設工学分野での活用性が拡大されよう。たとえば、水文・水理・港湾分野の蒸発散量の算定、水と熱のサイクル、面的な降雨量観測、洪水のリアルタイム調査、波の高さ、土質工学の含水比の測定、岩石の組成、都市域などの大型建造物の位置とその変動、都市位置の分布とバランス、土地被覆現況、温・排水の拡散と変化、陸・海上の交通機関の位置、地形の三次元座標、山岳地方の土砂崩れ予知、地震・津波・洪水の被害状況およびこれらすべての項目に関する主題図作成のマッピングなどが考えられる。

5. おわりに

リモートセンシング技術の展望の一部として、地球観測センサーの分解能と地球観測システムについて述べてきた。このリモートセンシング技術はコンピュータの発展とともに進行してきている。写真測量が定性的処理からデジタル処理に移行してきたように、リモートセンシング画像もコンピュータによるデジタル処理が主流である。リモートセンシングのプラットフォームは人工衛星だけではなく、従来の航空機もあり、これからの調査も含まれている。身近なところでは、国土地理院の一部でカラー航空写真をデジタル画像データに変換しようとしている。この画像データは都市部で50cmの解像度をもつ。一戸建ての家屋はむろんのこと、交差点の自動車の台数から高速道路上の車の車間距離まで計測できる。このカラー画像データの1シーンは4000×3000画素あり、2×1.5kmの地域をカバーする。この1シーンのデータ量は36GByteに及ぶ。だからこそ、これからのリモートセンシング技術とのかかわりには、想像以上に情報管理、特にデータ量管理の能力が要求されてくるし、解析に対しては高速な情報検索などによる情報収集能力と環境が不可欠となる。したがって、今後ますますコンピュータ技術とリモートセンシングに関連する土木・建設分野の画像・図形処理技術とが密接になると思われる。

このほかりリモートセンシング画像データの解析システムに関連する研究を2,3追記しておく。

シャノンのエントロピー理論はいま問題解決するのに駆使されたが、最近では下火となりつつある。これに代り、25年前にZadeh(1965)が提唱したFuzzy理論が脚光を浴び各分野で現在応用されている。

次に、ニューロ・コンピューターあるいはニューラルネットワークが情報処理の人工知能分野などで話題となっている。ニューラルネットは医学の神経回路(Neural Network)から発展したもので、ニューロンのモデルが基本になっている(McCulloch(1943), Rosenblatt(1958))。わが国では甘利(1978)や麻生(1988)などがニューラルネットワークの手解きをしている。

一方、計算機のシステム開発では記憶容量の増大と低価格化により、大規模な統合システムを具現化する方向にあり、その一つがオフィス・ファイリングシステム(Tsichritzis *et al.* (1983))である。これより発展してきたマルチメディアシステムは通信分野より提案されたもので、数値・文字、図形、画像、音楽などの各メディアに対して、メディア変換機能を内蔵させ各メディア間を相互に通信可能にしてシステム化しようとするものである。地理情報システム(GIS)を地図メディアの一部

として注目されている。

ところで、1945年、大統領の科学顧問であった Bush はメカニカルツールの Memex の中で文書の構造化の必要性を述べた。スタンフォード大学の Engelbart は文書の構造化の論文をその後発表した。そして、ブラウン大学の Nelson は Hypertext の論文を1960年代に発表している。これがハイパーテキストの始めともいわれている。Nelson の発想の中には図書館に内蔵する書籍・雑誌などの資料をすべてデータ化して、各資料を用語で結合する構想が含まれていて、最終的には世界各国とリンクするものであった。この Hypertext では文章メディアのみを対象にしているが、最近ではハイパーマルチメディアシステムが注目されている。現在のところ実稼動しているハイパーマルチメディアシステムは見当たらないが、リモートセンシングの画像データから作成された分類図と地形図そして人口統計資料などが重ね合されて活用されているのもハイパーマルチメディアシステムの教材である。土木・建設分野での法規、資料、設計書、図面、地図などは OA 化の影響を受けて十分整理はされていようが、各メディア結合は不十分であることが多い。この機会に土木・建設の各分野において、ハイパーマルチメディアの構築の糸口を少し離れて、リモートセンシングしていただくことを期待して筆を下ろす。

最後に、本稿作成の機会を与えて下さった第四小委員会小委員長・森杉寿芳教授にお礼申し上げる。

参 考 文 献

- 1) RESTEC：宇宙開発事業団委託業務成果報告書（世界の地球観測衛星の調査），pp.54～57，1988.
- 2) 次世代リモートセンシング技術調査研究グループ：次世代宇宙リモートセンシング技術に関する研究，電子技術総合研究所調査報告，No.220，pp.1～181，1989.
- 3) NASA：Earth Observing System, Reference Handbook, pp.1～67, 1988.

- 4) Butler, D.M.：NASA Earth Science Programs, CEOS, Ottawa Canada, 1988.
- 5) Second Meeting DFVLR：International Polar-Orbiting Meteorological Satellite, Ottawa, Canada, 1988.
- 6) ESA：Report of the CEOS Working Group on Sensor Calibration and Performance Validation, Paris, 1989.
- 7) NASA：EOS Reference Handbook, Goddard Space Flight Center, pp.1～153, 1990.
- 8) NASA：EOS A Mission to Planet Earth, pp.1～36, 1990.
- 9) Zadeh, L. A.：Fuzzy Sets, Inf. Control, Vol.8, pp.338～353, 1965.
- 10) Goguen, J. A.：L-Fuzzy Sets, Journal of Mathematical Analysis and Applications, Vol.18, pp.146～174, 1967.
- 11) McCulloch, W.S. and Pitts, W.：A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity, Bulletin of the Biophysical Society, Vol.5, pp.115～133, 1943.
- 12) Rosenblatt, F.：The Perceptron：A Probabilistic Model for Information Storage and Organization in the Brain, Psychol. Rev., Vol.65, No.6, pp.386～408, 1958.
- 13) 甘利俊一：神経回路網の数理—脳の情報処理様式—，産業図書，1978.
- 14) 麻生英樹：ニューラルネットワーク情報処理—コネクショニズム入門，あるいは柔らかな記号に向けて—，産業図書，1988.
- 15) Tschritzis, D., Christodoulakis, S., Economopoulos, P., Faioutsos, C., Lee, A., Lee, D., Vandenbroek, J. and Woo, C.：A Multimedia Office Filing System, Proc. of the 9th International Conference on VLDB, pp.2-7, 1983.
- 16) 情報処理学会：特集マルチメディアデータベース，情報処理，Vol.28, No.6, 1987.
- 17) 星 仰：ハイパーメディアによる画像データベース—リモートセンシングへの応用—，高度リモートセンシング技術に関する調査研究報告書，資源観測解析センター（投稿中）.

(1990.6.7・受付)