

1996年 5月

APA No. 64-3

財団 法人日本測量調査技術協会

グローバルデータ作成の動向について

建石 隆太郎

1. はじめに

1972年 Landsat-1が打ち上げられて以来のリモートセンシングの動向を簡単に概観し、その中の地球環境問題の対策手段としてのリモートセンシングの位置づけを解説する。全地球をカバーする各種環境要素のデータ、すなわちグローバルデータの重要性とその作

成動向について述べる。一例として、土地被覆データについて解説する。最後に、グローバルデータ作成に対して日本がどう貢献できるかについて述べる。

2. リモートセンシングの動向

表1に各国の地球観測衛星の一覧を掲載する。1957

表1 地球観測衛星一覧

1996.3.25 Tateishi

| | Japan | China | Korea | India | Canada | France | ESA | Russia | USA | |
|-----------------------|--------|-------|------------|-------|--------|---------|------------|--------|---------------------------------|-------------------------|
| 1960 | | | | | | | | | | (TIROS-1) 1960 |
| 64 | | | | | | | | | | (NIMBUS-1) 64 |
| 66 | | | | | | | | | | (ESSA-1) 66 |
| 72 | | | | | | | | | Landsat-1 | 72 |
| 73 | | | | | | | | | | 73 |
| 74 | | | | | | | | | (GOES-1) | 74 |
| 75 | | | | | | | | | Landsat-2 | 75 |
| 76 | | | | | | | | | | 76 |
| 77 (GMS-1) | | | | | | | | | (METEOSAT-1) | 77 |
| 78 | | | | | | | | | SEASAT | Landsat-3 (NIMBUS-7) 78 |
| 79 | | | | | | | | | NOAA-6 | 79 |
| 1980 | | | | | | | | | | 1980 |
| 81 (GMS-2) | | | | | | | | | (METEOSAT-2) NOAA-7 (GOES-4) 81 | |
| 82 | | | | | | | | | Landsat-4 | 82 |
| 83 (INSAT-1B) | | | | | | | | | NOAA-8 (GOES-6) 83 | |
| 84 (GMS-3) | | | | | | | | | Landsat-5 NOAA-9 | 84 |
| 85 | | | | | | | | | | 85 |
| 86 | | | | | | SPOT-1 | | | NOAA-10 | 86 |
| 87 MOS-1 | | | | | | | | | (GOES-7) 87 | |
| 88 FY-1a | | | IRS-1A | | | | | | (METEOSAT-3) NOAA-11 | 88 |
| 89 (GMS-4) | | | | | | | | | | 89 |
| 1990 MOS-1b | FY-1b | | (INSAT-1D) | | | SPOT-2 | | | | 1990 |
| 91 | | | IRS-1B | | | | EERS-1 | | NOAA-12 | 91 |
| 92 JERS-1 | | | (INSAT-2A) | | | | | | | 92 |
| 93 | | | (INSAT-2B) | | | SPOT-3 | | | | 93 |
| 94 IRS-P2 | | | | | | | | | NOAA-14 | 94 |
| 95 (GMS-5) CBERS | IRS-1C | | RADARSAT | | | EERS-2 | Resours-02 | | | 95 |
| 96 ADEOS (FY-2) CBERS | | | (INSAT-2C) | | | | | | CTA* TRW* EW* | 96 |
| 97 TRMM | | | | | | SPOT-4 | | | SI* Eyeglass EW* | 97 |
| 98 KOMSAT | | | | | | | ENVISAT | | EOS-AM1 Landsat-7 | 98 |
| 99 ADEOS-II | | | IRS-1D | | | SPOT-5A | | | | 99 |
| 2000 | | | | | | | | | EOS-PM1 | 2000 |
| 01 ALOS | | | | | | | | | | 01 |
| 02 | | | | | | | | | | 02 |
| 03 ADEOS-III | | | | | | | | | | 03 |
| 04 | | | | | | SPOT-5B | | | EOS-AM2 | 04 |

SI*:Space Imaging EW*:Earth Watch CTA*:CTA Clark TRW*:TRW Lewis
CBERS: by China & Brazil Resours-02(1995) & Almaz 2(1996) : by Russia

年初めての人工衛星ス皮トニク1号の打ち上げから数年後には早くも米国が一連の気象衛星の打ち上げを開始した。この10年余りは気象衛星時代と特徴づけることができる。リモートセンシングが実質的に始まったのは、1972年のLandsat-1の打ち上げからである。これ以降10数年はLandsat時代と名付けることができる。1986年フランスにより解像度10mのSPOT-1が打ち上げられた。これを皮切りに日本、インド、中国、欧州宇宙機関など多くの国が地球観測衛星を打ち上げ始めた。この機関を仮に多様化時代と呼ぶ。さて、1996年、今年は新しい2つの動きがある。先ず、日本によるADEOSの打ち上げである。これは、地球環境研究を主目的とした各国の衛星打ち上げの先がけとなるものである。また、米国Earth Watch社により、3mの高解像度商業衛星Early Birdが打ち上げられる。

過去20数年の衛星リモートセンシングの歴史を振り返ってみる。Landsat-1に搭載されたセンサMSSは解像度80mである。人々は185km四方の詳細な画像に驚き、その画像データから土地被覆、地質など情報を引き出すための研究を精力的に行った。これは1970年代のことである。1980年代半ば、地球環境問題が急速にマスコミに流れ出し、これと呼応して地球環境の研究が重視されるようになってきた。米国NOAA衛星に搭載されたAVHRRデータが脚光を浴び始めたのはこの頃である。解像度は1kmであるが観測幅が2700kmであるため1日で全球を観測するのが特徴である。NOAA衛星は本来、気象衛星であるが、AVHRRのため陸域観測にも威力を発揮している。今後は、日本のADEOSシリーズ、米国のEOSシリーズ、フランスのSPOT-4と地球環境研究のための衛星が次々と打ち上げられ、地球環境重視が続く傾向である。一方、高解像度の商業衛星の出現は地域の実用リモートセンシングを促進させると期待できる。

3. 地球環境

地球環境問題について簡単に振り返ってみよう。地球環境問題は、人間の持つ技術の発展、その結果としての爆発的な人口増大が原因となって起こった。このため人間が地球環境に及ぼす影響力が急激に増大し、人間にとて快適でない、ひいては人類の存続が危ぶまれるような地球環境に変化しつつあるかも知れない

い、というのが地球環境問題である。

約46億年前、地球が誕生した。生物が誕生したのは約38億年前、生物が陸上に進出したのは約4億年前である。この間絶えず地球の温度、大気成分などの環境は変化してきた。この環境変化の要因は自然現象であり、人間ではない。いわゆる、地球環境問題とは、人間活動が原因となる地球環境の変化のことである。

1万年前、農耕・牧畜が始まった頃の世界の人口は約500万人であった。東京の人口の半分以下である。2000年前、紀元の頃は、約1.5億人。日本の現人口より少し多めである。300年前、産業革命の前の1650年には、5億人まで増加した。人口の急激な増加は産業革命以降に起きた。1850年に10億人、1930年に20億人、1975年に40億人、1994年には56億6千万人。2050年には100億人に達すると予測されている。この人口増大は初期には農耕技術、最近では工業技術の発展が原因である。この人口増大に象徴される人間活動の拡大により、地球温暖化ガス(CO₂, CH₄など)の増加、酸性雨、海洋汚染、砂漠化、森林減少、生物種の減少など様々な環境変化が起きてつつある。

地球の誕生以来、地球環境は絶えず変化してきた。今、問題なのは、人間が原因でこの変化のスピードが速まりつつあるということなのである。

地球環境問題に対して、我々はどう対処すればよいのであろうか。次のような段階を踏んで対応するのが一般的な考え方である。

ステップ①

地球環境の各要素の現状および過去の変化を観測・推定する。(モニタリング)

地球環境の各要素には、物理的要素と社会的要素がある。物理的要素は陸域、海洋、大気の様々なものがある。例えば、陸域では、太陽入射放射量、土地被覆、植生現存量、一次生産量、標高、降水量、河川流量、蒸発散量、土壤水分量、積雪水量などである。海洋では、太陽入射放射量、海面温度、海水、海面水位、クロロフィル量等がある。大気では、各種大気成分の濃度、エアロゾル、水分量、温度、圧力、風、雲のタイプ・量・高度などがある。社会的要素には人口、土地利用、工場排ガス量、自動車排ガス量、灌漑水量、廃棄物量などがある。

ステップ②

各環境要素間の関係を調べる。すなわち地球環境のメカニズムを明らかにする。(メカニズム解明)

ステップ③

人間活動により、ある環境要素が変化したとき、他の環境要素が如何なる影響を受けるかを推定する。(シミュレーション)

ステップ④

人類が存続していくための地球環境を保全するために必要な人間活動の方向性・制約を明確にする。

上記のステップ①、モニタリングは野外での直接測定およびリモートセンシングの手段により実行される。リモートセンシングの役割はモニタリングの手段である。リモートセンシングにより土地被覆、植生現存量、一次生産量、標高、降水量、河川流量、蒸発散量、土壤水分量、積雪水量、海面温度、海水、海面水位、クロロフィル量などが直接あるいは間接的に観測できる。これらの情報を地球規模で面的に捉える手段は衛星リモートセンシングをおいてほかにはない。例えば、NOAA-7のAVHRRが全球を観測し始めたのは1981年のことである。まだ、たかだか10数年しか経つ

ていない。地球環境のモニタリングには、継続的な観測が重要である。なぜなら、継続的に観測して初めて環境要素の変化がわかるからである。

4. グローバルデータ

3のステップ①(モニタリング)の成果はグローバルデータである。すなわち、グローバルデータとは地球環境の各要素の全球を対象としたデータのことである。今、様々なグローバルデータが作られつつある。

グローバルデータを作成するには次の方法がある。

- (a) リモートセンシング(例: 土地被覆)
- (b) 地図の数値化(例: 標高)
- (c) 直接観測(例: 降水量、河川流量)
- (d) 調査(例: 人口)
- (e) 他のグローバルデータからの派生(例: 蒸発散)

初期の頃は(b)地図の数値化によりグローバルデータセットを作成していた。1つ例を挙げてみよう。ETOPO5と呼ばれる緯度経度5分メッシュ(赤道で約9kmメッシュ)の標高データである(図1)。これは米国ワシントン大学のDr. Margaret Edwardsが地図から作成し、米国のNational Geophysical Data Center(NGDC)が配布している。現在ではTOPO

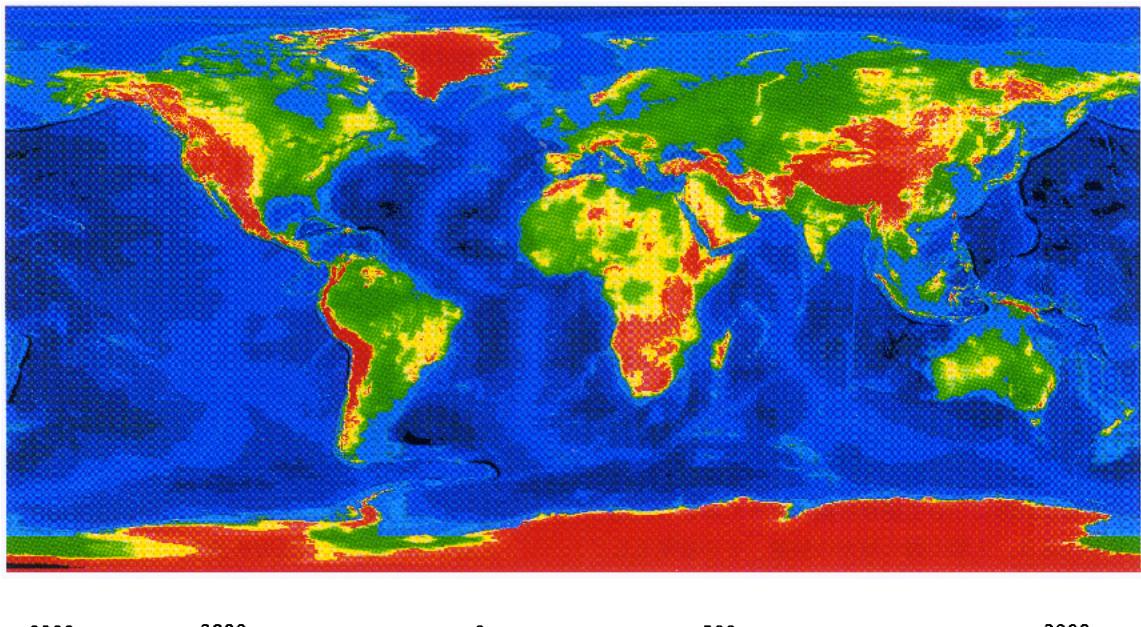


図1 ETOPO5

1と呼ばれる30秒(1 km) メッシュの標高データがCD-ROMでNGDCから配布されている。これは、米国の Defense Mapping Agency(DMA)の3秒メッシュのデータを荒くしたデータである。精度は地域により悪いところがある。

最近は(a)リモートセンシングの利用が重視されている。今、打ち上げが計画されている地球観測衛星(*)は土地被覆、植生現存量(バイオマス)、オゾン、降水量、海洋クロロフィル、雪氷分布など種々の環境要素のグローバルデータセットの作成に利用される予定である。(注*:ADEOS日1996、TRMM日米1997、EOS-AM1米1998、ADEOS-II日1999、EOS-PM1米2000)また、ある程度グローバルデータが整備されると、それらから派生的に新しいグローバルデータセットを作成することも可能である。例えば、筆者が作成した蒸発散データもその1つである。図2は30分メッシュの月別蒸発散データで、日照時間%データ、アルベドデータ、温度、標高、Soil water holding capacityデータ、降水量データからあるモデルに基づいて派生的に作られたものである。

従来のグローバルデータセットの1データは緯経度で30分ないし1度メッシュという例がほとんどであった。しかし現在は1 kmメッシュを単位として整備するのが一つの目安となっている。これは全球画像をモザイクできるAVHRRデータの解像度の約1 kmに符合している。

国際共同研究であるIGBP(International Geosphere Biosphere Programme 国際地球圏生物圏プログラム)では地球科学研究目的のためAVHRRデータから全球1 kmの土地被覆データセットを作成しようとしている。また、米英独の複数機関の国際的な共同作業グループであるGLOBE(Global Land One-km Base Elevation)は、1 kmメッシュの全陸域の標高データセットを作成しようとしている。

大陸規模では、国連のFAO(Food and Agriculture Organization)は農業開発などの土地利用計画を主目的として全アフリカ大陸の縮尺1:200,000から1:1,000,000の土地被覆データセットを作成する計画、Africover、を遂行中である。

現在、いくつかの機関でグローバルデータを収集し、研究あるいは教育・啓蒙のために配布している。たとえば、

- UNEP/GRID(国連の一機関)
- NOAA/National Geophysical Data Center(米、データセンター)
- Rutgers University(米、大学)
- Earth Observing System Data and Information System(EOSDIS)/Distributed Active Archive Centers(DAAC)(米、EDC、JPL、CIESINなど複数センターのネットワーク)

国連のUNEP/GRIDは1985年にナイロビとジュネーブの2カ所で発足し、現在は世界11カ所に協力センターがある。日本では1991年に8番目の協力センターとして、国立環境研究所内にGRID/Tsukubaが発足した。

5. 土地被覆データ

グローバルデータ作成の1例として、筆者がアジアの研究者と共同で行っているプロジェクトを紹介しよう。1993年、アジアリモートセンシング協会(Asian Association on Remote Sensing:AARS)の中に土地被覆ワーキンググループ(正式名はWorking Group on 1 km Land Cover Database of Asia)を作成した。現在アジア・オセアニア29カ国49人のメンバーから成っている。このワーキンググループの最終目的はアジアの1 kmメッシュの土地被覆データを作成することである。1996年中にはNOAA/NASAが作成したPathfinder AVHRR Land Data Set(8 kmデータ)を用いて4分メッシュ土地被覆データを作成・配布する予定である。

1995年にはワーキンググループ内で土地被覆分類項目システムを定めた。現在AVHRRデータからいくつかの特徴画像を作成し、これを参考にして29カ国のメンバーと共にグランドトルースを収集しようとしているところである。ここで4枚の特徴画像を紹介しよう。図3は1年を通じて正規化植生指標(NDVI)が0.3以上の地域を示している。この地域は常緑植生の可能性が高い地域である。図4は1年を通じてNDVIが0.15以下の地域である。この地域は植生が少ない地域である。図5は、NDVIが0.2を超える始める月を示している。植物の成長の季節に相当する。図6は、NDVIが0.2以上の月の数を示している。すなわち、植物の葉の緑の持続期間に相当する。

作成中の4分メッシュ土地被覆データの特徴は以下

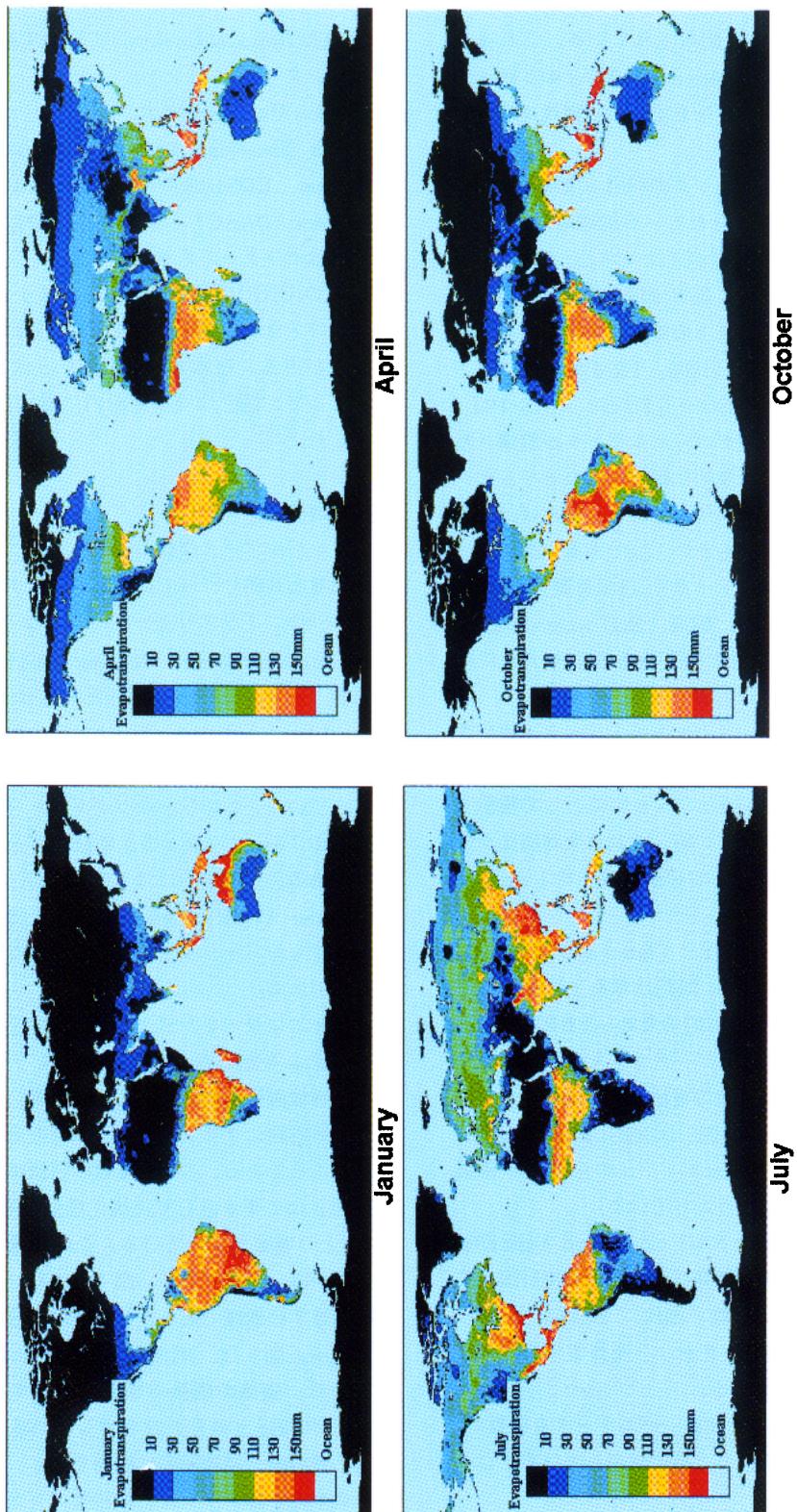
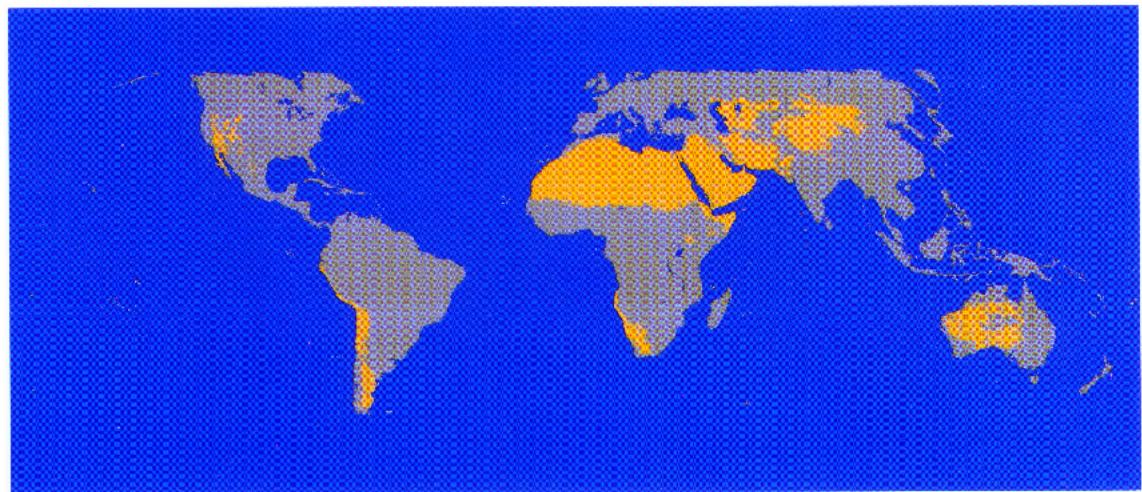


図2 蒸発散データ



>0.30

図3 常緑植生地域



<0.15

図4 植生のほとんどない地域

のとおりである。

—グランドトルースおよび成果データの検証はアジア・オセアニアのメンバー国で行う。しかし、データ処理は全陸域で行う。

—土地被覆分類項目システムは地球環境研究および土地利用情報抽出を双方を目的に含むいわば汎用目的の土地被覆データ作成を目指す。

—一旦作成した土地被覆データは固定的な成果ではな

く、より信頼度の高い情報が得られれば、内容を変更するフレキシブルなものとする。

6. 日本の貢献

グローバルデータが作成されると、それらをデータベースとして管理し、データ処理ソフトも整備して地理情報システム（GIS）を構築することが必要になってくる。これは3で述べたステップ②「メカニ

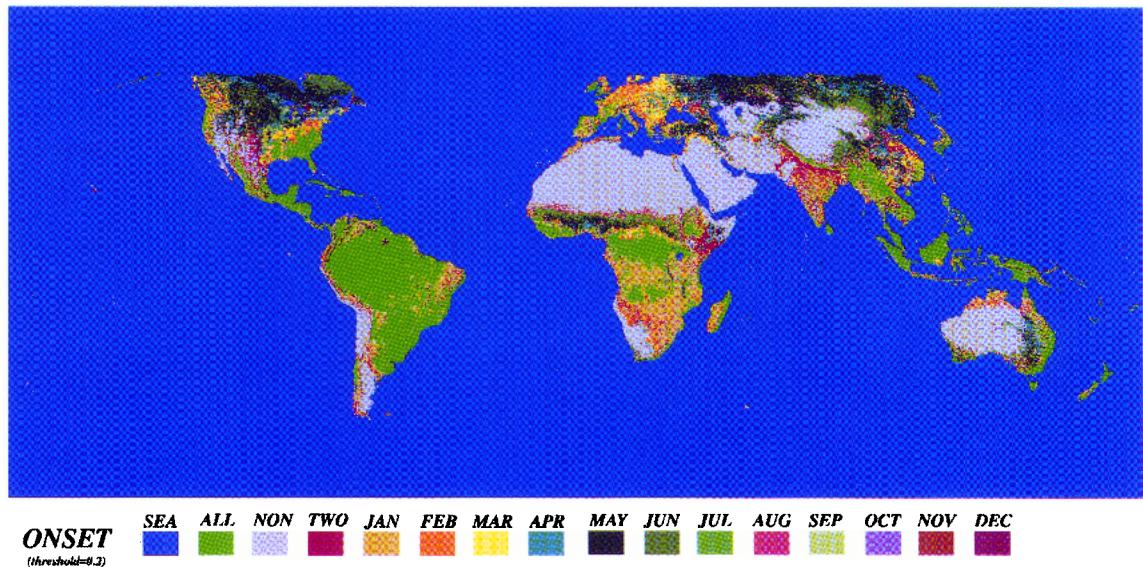


図5 植生成长期

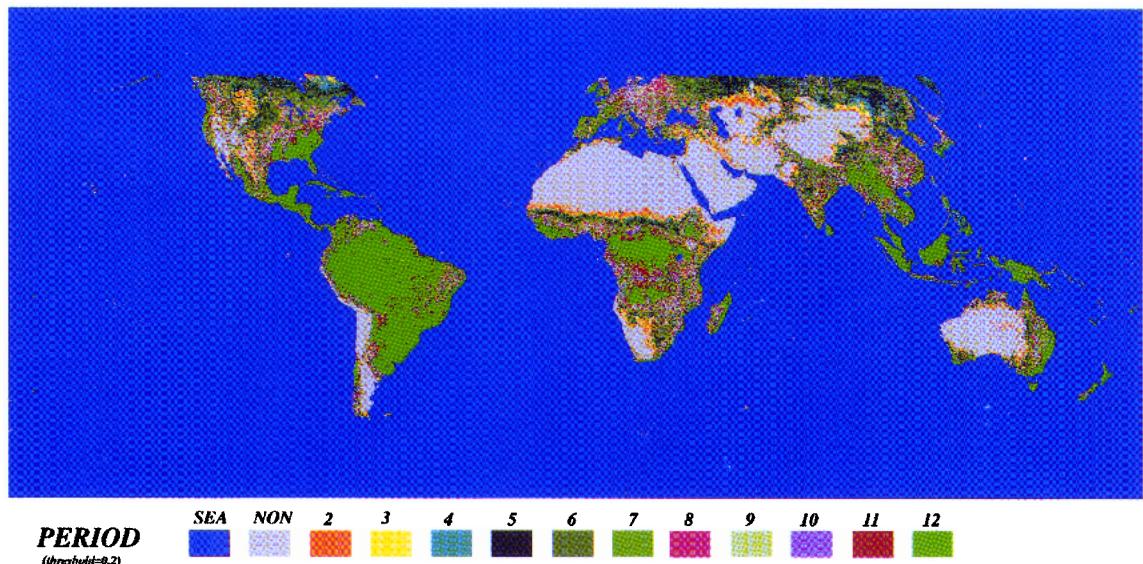


図6 植生繁茂期間

ズム解明」やステップ③「シミュレーション」を容易に行うためのものである。いわゆるグローバルGISの構築である。現在ではまだ利用に耐えるグローバルGISは完成されていない。GIS構築以前にグローバルデータセット作成に精力を注ぎ込んでいる状況である。

グローバルデータあるいはグローバルデータベース

作成に対して日本はどう貢献できるであろうか。

—ある環境要素についてグローバルデータを作成する。

—グローバルデータセット作成における問題点を解決する。例えば、

- グローバルデータの精度をどう評価しどう記述するか。現在、配布されているデータにはほとんど

精度に関する記述がない。精度のわからないデータを用いて得られた結果の信頼性は評価できない。如何に精度を評価し記述するかは重要な問題である。

- 土地被覆などのデータのカテゴリーの決め方。例えば、土地被覆のカテゴリーは国、プロジェクトにより様々である。如何にして共通のカテゴリーをつくるか。
- メタデータの標準化

-各機関、研究者が独自に行っているグローバルデータの作成に関して、共通した議論の場を設ける。これは種々の問題解決のためにコミュニケーションの場を設けるという意味で最初になすべきことである。このステップを省くと、各国、各機関で重複した努力をすることとなり、極めて非効率的となる。

—多数のグローバルデータを含むグローバルデータベースを設計する。このためには、多くの関係国際機関とのコミュニケーションが大切である。

—ローカルデータの一元化。地域的なデータを一ヵ所にまとめ、グローバルデータの一部とする機構を作る。なぜなら、多くの価値ある地域データが公開されずに埋もれているからである。

文献

Ryutaro Tateishi (Ed.) , Report of the International Workshop on Global Databases, International Archives of photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXX, Part 4 W 1, Boulder, USA, May 1995

(千葉大学環境リモートセンシング研究センター)