

グローバル GIS の必要性

The Needs of Global GIS

梶原 康司*・建石 隆太郎*・本多 嘉明**

Koji KAJIWARA, Ryutaro TATEISHI and Yoshiaki HONDA

地球環境モニタリングおよび地球環境の現状把握、理解を目的とするグローバルな環境データの収集が各所で進められており、すでに全球をカバーするいくつかのデータセットが存在している。このようなデータセットは互いに複合利用することによってはじめてモニタリング等に寄与することができるものであるが、複合利用を想定したグローバルデータセット作成は一般には行われていない。本稿では地球環境理解のために多種のデータを統一的に扱うことのできる Global Geographic Information System の必要性について述べる。

1. はじめに

昨今、地球環境保護に対して社会的関心が集まり、昨年(1992年)6月にはブラジルのリオデジャネイロで環境と開発に関する国連会議、いわゆる「地球サミット」が開催されて環境保護に対する具体的方策が検討された。このような会議が開かれるほど世界的に環境問題がクローズアップされているわけであるが、一般に環境問題として話題にのぼる気候変動や地球温暖化・オゾン層破壊・砂漠化・森林減少などのうち、東南アジアやアマゾンの森林伐採による森林減少のように人間活動が直接影響しているものは別として、どの程度人間活動が影響しているのか明らかでないものが多い。一方、増え続ける人口を支えるためには新たな農地や都市開発を避けることはできないから、地球環境に与えるインパクトを最小に押えるような開発が求められている。これを可能にするには人間活動が環境に与えている影響を明らかにする必要がある、そのためには現在よりも地球環境のメカニズムに対する深い理解が不可欠である。

このような観点から、さまざまな地球観測データを収集して地球環境のメカニズムの解明に利用しようとする動きが1970年代以降活発になり、国連をはじめとする多くの団体でグローバルな地球環境情報を収集するプロジェクトが企画され、現在も継続して行われている。そのなかには広域の情報を短時間で取得可能な人工衛星によるリモートセンシングデータの収集も含まれている。

しかしながら、これまでに収集・作成されたグローバルデータは、それらを統合して地球環境解明に利用するという思想に欠けていると言わざるを得ないものが多い。

本稿では筆者らがリモートセンシングデータを利用してグローバルな土地被覆モニタリングを試みた際に直面した問題の解決策を模索しているあいだに感じるようになったグローバル GIS の必要性について述べる。

2. 人工衛星データを用いたグローバルな土地被覆モニタリングにおける問題点

現在、地球観測のために運用されている人工衛星は多数あるが、それらに搭載されている陸域の観測用のセンサは LANDSAT の TM, SPOT の HRV や日本の MOS-1 搭載の MESSR に代表されるような高分解能(地上解像度が数10m)の光学センサが主流であるが、これらのセンサのデータを用いたモニタリングを年数回のインターバルで定期的に行うことは、データ量やコストの面で実質的に不可能である。そこで、より低分解能のセンサで高頻度に同一地点を観測できるセンサのデータを用いてモニタリングを行い、土地被覆が変化した場合の可能性がある地域を特定して、そのような地域を今度は高分解能センサのデータを用いて重点的にモニタリングするという方法をとることを考える。現時点でそのような目的に利用することが可能な光学センサは米国の気象衛星 NOAA に搭載された AVHRR センサだけである。もっとも、AVHRR センサの地上解像度は1kmであるから、そのままではやはりデータ量が多すぎる。そこで、米海洋大気庁ではこのデータをサンプリングして赤道付近で約16kmの解像度にし、さらに NDVI (正規化植生指標: Normalized Differenced Vegetation Index) を計算した GVI (Global Vegetation Index) と呼ばれるデータを配布している。GVI データは、南北極域を除き、ほぼ全陸域をカバーする。筆者らはこれまでこの GVI データを用いた、植生に基づくグローバルな陸域

*千葉大学映像隔測研究センター

**東京大学生産技術研究所 第5部

モニタリングの可能性を検討してきた。その結果、GVI データを用いれば、NDVI の季節変動から世界の植生のおおまかな分類を行うことはできるが、定常的なモニタリングによって土地被覆変化を検出することは現時点では難しいと結論せざるをえなかった。もちろん、アフリカのサヘル地域の干ばつによる植生の減少などの非常にドラスティックな土地被覆の変化はとらえることができるが、砂漠が拡大しつつある地域や森林の緩やかな減少が起こっている地域を特定することは困難である。その直接的な理由は GVI データ中の NDVI 値が土地被覆変化以外の要因で変動しており、その変動が緩やかな土地被覆の変化によるものよりも大きいと考えられることである。土地被覆変化によらない NDVI 値の変動を引き起こす要因の代表的なものとしては以下のことが挙げられる。

1) 現在の GVI データの作成法ではオリジナルデータのサンプリング時に観測時の走査角が大きくなるときの観測データ採用されているため、センサへの入射光は大気による影響を大きく受けている。

2) 衛星が観測地点上空を通過する時刻が徐々に遅くなっているため、同じ季節であっても異なる年では観測地点の日照条件が異なる。また、季節が異なれば、同一年でも太陽高度の変化に伴う日照条件の変化がある。

3) センサ感度が経時変化（感度が低下）している

4) 大きな走査角、衛星の通過時刻の変化と季節による日照条件の変化は山岳地帯などの複雑な地形や地表面の反射特性が方向性をもっているような地域（一般に樹木の樹冠は方向性反射特性をもつ）では、土地被覆変化とはまったく関係なく、NDVI 値の変動を引き起こす可能性がある。

図 1 に 1986 年から 1988 年までの GVI データの年間平均をとった画像を示す。アマゾンやアフリカ中央の熱帯雨林地域をみると、年々 NDVI 値が低下しており、サハラ砂漠では逆に NDVI 値が上昇していることがわかる。これはおもに衛星通過時刻の遅れと大気効果の起因するものである。GVI をそのまま用いてモニタリングを行うためには、このような大幅な NDVI の変化のなかから土地被覆変化によるものを抽出しなければならず、先に挙げたサヘル地域のような大規模なもの以外を見いだすことは困難である。

そこで、NDVI 値の変化のなかから、上に示した土地被覆以外の変動要因の影響を取り除くことを考える。

1) の走査角は新たなサンプリング法を考案して GVI データを作成しなせば、中高緯度においてはある程度小さく抑えることができるが、1 日で全球を観測するセンサでは低緯度で観測域がほとんどオーバーラップしないため、大きな観測角のデータをすべて取り除くことは難しい。また、走査角が 0 度に近くても大気の影響が無く

なるわけではない。2) は衛星自身の問題と太陽高度の季節変化であるから、これをなくすことはできない。

3) も同様である。これらをまとめると、大気効果と走査角、観測時の太陽高度による地形、方向性反射等の効果および感度低下を考慮した補正が必要であることがわかる。

NDVI は可視・近赤外チャネルの出力から計算されるため、大気中の水蒸気による近赤外域の吸収が大きく影響する。したがって、大気効果を補正するためには、可視光の散乱による影響が無視できるような場合でも、観測地点付近の水蒸気量の推定が必要となる。しかし、衛星搭載のリモートセンサによる観測で陸域上空の水蒸気量を推定する手法はまだ確立されておらず、地上の気象観測結果などの他のソースからのデータを用いなければ補正は困難である。

また、地形の影響を見積もるためには観測地点の地形情報が不可欠であり、方向性反射についてはさまざまな地表面における特性について測定したデータを必要とする。さらに、センサの感度低下については、土地被覆に変化のない地域の観測値をモニタしてそれを基準としたときのセンサ応答の変化から低下の度合を知ることができるが、そのためにはモニタリングの期間中、土地被覆に変化がないと考えられる地域の反射特性をできるだけ正確に把握しておく必要がある。

このように、衛星データを用いた土地被覆変動のモニタリングを行うためには、用いる衛星データの他に実にさまざまな情報が必要であることがわかる。

ここでは、NOAA の GVI データを用いた土地被覆のモニタリングを可能ならしめるために必要な事柄を述べてきたが、衛星データを用いて地球環境のモニタリングを行おうとすれば、その種類は異なるにしろ、用いる衛星センサ以外のソースからのデータを用いずに実用的なモニタリング手法を確立することはできないであろう。そして、その際に必要となる情報は必ずしもリモートセンシングによって収集可能なものではなく、むしろそれ以外の現地調査等によって得られる情報が重要であると考えられる。そして、現在そのような情報を全球レベルで利用可能なデータはあまり整備されておらず、とくにデジタル化されているデータは限られている。

3. 既存のグローバル・データの問題点

現存するデジタル化されたグローバルデータの例を表 1 に示す。ここに示されたデータはその形態として気象観測データのようなポイントデータ、海岸線・河川等のベクタデータ、土壌や標高（図 2 参照）、植生分類等のラスタデータに大別することができる。なかには高層気象客観解析データのように 3 次元構成のデータもある。これらのデータのほとんどは標高データを除けば、それ

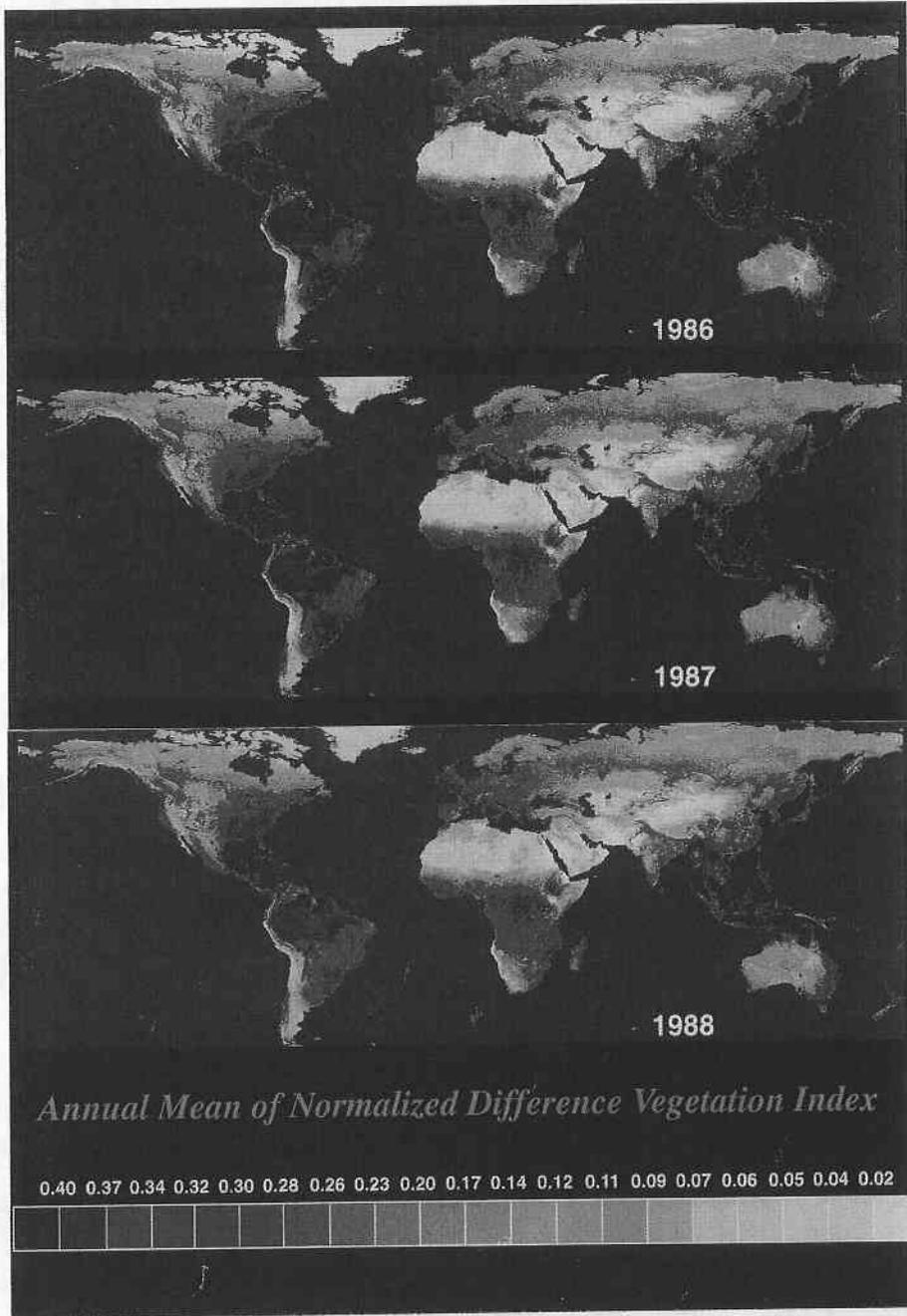


図1 NDVIの年間平均画像の変化

それぞれの分野の専門家あるいは機関が独自にそれぞれの利用目的にあうように作成したもので、異なる分野のデータと統合利用して個々のデータからでは知ることのできない新たな情報の抽出を目的として作成されたものではない。しかしながら、他のデータと共に利用すれば地球環境理解に重要な情報を提供し得るものもある。たとえばFAO/UNISCOの土壌分類データは、世界の土壌を

分類することによって各地の土壌特性・土壌生産性を把握し、農業開発等に利用する目的で作成されたものであるが、仮にそれぞれの土壌についての分光反射特性のデータを収集することが可能であるとすれば、リモートセンシングによる土地被覆の把握に多大な貢献をするデータとなる。

ところが、これまで作成されてきた、あるいは現在作

表1 既存のグローバル・データセット

データ名	データの内容	解像度	作成者/機関
FGGE LEVEL II-C 降水量、積雪データ	1978年12月1日 -1979年11月30日	約3万地点の日降水量、 積雪量	World Data Center-A NOAA(USA)
SDデータ (全球のオリジナル観測 データ)	00Z、12Zの地上気象、 高層気象等	全球の1度	気象庁数値予報課
高層気象客観解析データ	地上一対流圏全層の指定 面における気温、露点、 風ベクトル等	2.5度メッシュ	気象庁数値予報課
世界気象データ	気圧、気温、蒸気圧、湿 度、風速、雲量、降水量 の日、半月、月データ	2,344地点	気象庁統計室気候調査室
南半球、北半球、大気気 候地の格子点データ	等圧面高度、海面気圧、 露点温度等	5度メッシュ	NCAR
世界地上月別データ	月平均気圧、気温、 降水量	1,000地点	NCAR
北半球成層圏、気候値の 月別格子点データ	等圧面高度、気温等	北半球5度メッシュ	NCAR
植生分布の格子点データ	原植生の分類、 耕作の度合	1度メッシュ	NCAR
土壌、植生分布の格子点 データ	土壌分類、植生分類	1度メッシュ	NCAR
世界土壌データベース	土壌分類	2分メッシュ	UNEP/GRID
陸面の標高データ	標高	10分メッシュ	NCAR
World Data Bank II	海岸線、国境線、河川等	100万分の1対応	アメリカ合衆国CIA
世界標高水深データ (ETOP05)	標高及び水深	5分メッシュ	NOAA NESDIS NGDC

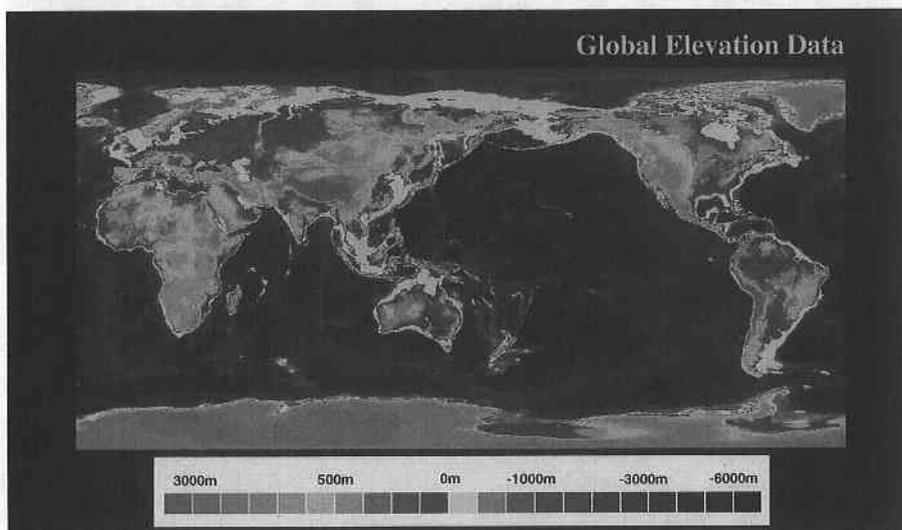


図2 グローバル標高データ ETOP05

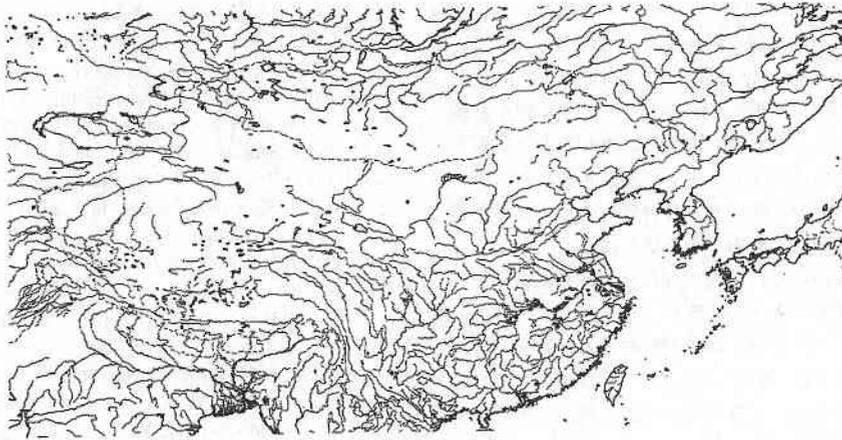


図3 WDB II の出力例 (部分)

成されつつあるデータはこのような利用を想定していないか、その可能性があることがわかっていてもそれにどう対応するかというベースラインがないために、それぞれが独自の空間・時間分解能やデータ構造を採用しており、複数のデータの同時利用を困難にしている。

WDB II (World Data Bank II) は海岸線・湖、河川、国境線を既存の地図からデジタル化したベクタデータである (図3参照)。海岸線と湖、河川、国境線は区別できるようにカテゴリー化されており、さらに、それぞれのカテゴリーはいくつかにランク分けされている。このデータは種々の投影法による地図の描画や、衛星画像に海岸線や河川をオーバーラップして表示するような場合には有効なデータである。しかし、線のカテゴリー化やランク分け以外の構造化はなされていないため、たとえばある大河川に流れ込むすべての支流を知る、といった目的での利用は、不可能ではないが、そのためにはある程度の労力を要する。また、河川や湖岸は比較的短い時間でその位置が変化する可能性があるにも関わらず、このデータには編集のための配慮がない。

このWDB II は作成時に多方面での利用を考慮した構造化を行ってれば、非常に利用価値の高いデータセットになり得たと考えられ、その意味では、逆にグローバルデータセットが多方面での利用を想定する必要性を示す好例ともいえる。

データの構造化については、ラスタ型グローバルデータについても考える必要がある。表1にある例からも分かるように、既存のデータセットの解像度は非常に粗いものが多い。データ量を抑えるために解像度を粗くせざるを得ないという面もあるが、細かいデータを得ることのできない地域が多いため、一定の解像度で全球をカバーするデータを作成しようとする、どうしても粗いものになってしまう。しかし、データ作成時に高解像

度のデータが全球にわたって入手できないという理由で、すでに存在している高解像度のデータを粗い方にあわせて情報量を減らしてしまうというのでは本末転倒である。データを階層化して、全球をカバーしていないようなデータでも高解像度のものがあれば、それを利用できるようにしたデータセットを作成すべきであろう。

環境モニタリングあるいは環境理解に利用できるデジタル化されたグローバルデータは現在のところ少ない。今後データの整備を行なっていく際、十分な解像度で全球のデータが一挙に入手できることはまず考えられないから、入手できたものから既存のデータセットに組み込み、データの精度を部分的にでも向上させて、それらをすぐに利用できるような構造化されたデータセットを作成していく必要がある。

3. グローバル GIS の必要性

前節で述べたデータセットの構造化は、種々の環境データに対して統一的に考えなければならないことは明白である。すべてのデータセットがそれぞれ独自の構造化手法を採用すれば、同時に複数のデータセットを用いる際に大きな障害となることは容易に想像できるからである。個々のデータセットはそれぞれ複数の他のデータセットと共に利用されることを想定した上で、統一された、あるいは体系化された構造化やフォーマットによって作成されなければならない。そして、これらのデータセットの管理、利用を効率的に行うためのシステムが必要となる。

現在、ローカルかつ利用目的を限った場合には、複数のデータの統合利用/管理を可能とするシステムとしてGIS (Geographic Information System: 地理情報システム) が実用化されている。GIS の発展の背景は種々のデータの統合利用を可能にすべきであるという考

え方であり、その面ではグローバルデータについて本稿で述べてきたことと同様な目的をもって開発されてきたものといえる。しかし、これまでの GIS は利用分野(たとえば地図学、地理学、土壌学、測量学や都市計画など)を特定して、それぞれの目的にあったシステムを開発するという方向で発展してきたため、入力されるデータそのものが、そのときの利用分野以外の多方面で利用されることを想定したものである必要はなく、そこで複数のデータからあらたに生成されたデータも他の分野での利用をあまり考慮する必要がなかった。

地球環境モニタリング、環境理解のための研究では、2. で述べたように、どの分野からアプローチしても必ずその分野ではカバーしきれない学際領域の情報が重要になってくる。そしてそれらのなかには、多くの分野で必要とされるものも含まれる。たとえば、地形や気温、大気循環といった情報を必要としない分野はそれほどないだろう。それならば、このようなデータ(地球環境理解のための中核をなすデータという意味でコア・データと呼ぶことにする)は常に誰からでも容易に利用できるように整備すべきで、このようなデータを扱うためには従来の GIS をより発展させたグローバル GIS が必要であらう。

グローバル GIS ではコア・データやその分野特有のデータから抽出された情報が、他分野では入力データ資源となるケースが多くなると考えられるため、入力、出力データともに統一的な扱いが可能になっていなければならない。また、そうすることによってグローバル GIS のデータベースは自己増殖的に大きくなり、環境データの整備にも大きく貢献することができる。今後、地球環境のメカニズム解明に挑戦していくためには、このような考えかたに基づくグローバル GIS の実現が不可欠であらう。

(1993年1月20日受理)

参 考 文 献

- 1) 柴崎, 本多, 梶原, 1992, 地球環境のためのグローバル GIS と今後の課題, 測量, 5.
- 2) 梶原, 建石, 1992, NOAA GVI データ利用上の問題点の検討, 写真測量とリモートセンシング, Vol. 31, No. 3, 16-24

- 3) 松本, 小田島, 梶原, 建石, 1991, NOAA GVI データの大洋天頂角依存性の検討およびその補正, 写真測量とリモートセンシング, Vol. 30, No. 3, 34-41
- 4) Holben, B. N., 1984, Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data, Int. J. remote Sensing, Vol. 7, 1417-1434
- 5) M. F. WILLSON, 1985, A Global Archive of Land Cover and Soils Data for Use in General Circulation Climate Models, Journal of climatology, Vol. 5, 119-143
- 6) TOWNSHEND, J. R. G., JUSTICE, C. O., 1988, Selecting the spatial resolution of satellite sensors required for global monitoring of land transformations, 1988, Int. J. remote Sensing, Vol. 187-236
- 7) Singh, S. M., 1988, Lowest order correction for solar zenith angle to Global Vegetation Index (GVI) data, Int. J. remote Sensing, Vol. 9, 1565-1572
- 8) Singh, S. M., 1988, Simulation of solar zenith angle effect on global vegetation index (GVI) data, Int. J. remote Sensing, Vol. 9, 237-248
- 9) BARTLETT, D. S., HARDISKY, M. A., JOHNSON, R. W., GROSS, M. F., KLEMAS, V., HARTMAN, J. M., 1988, Continental scale variability in vegetation reflectance and its relationship to canopy morphology, Int. J. remote Sensing, Vol. 9, 1223-1241
- 10) PHULPIN, T., LULLIEN, J. P., LASSELIN, D., 1989, AVHRR data processing to study the surface canopies in temperate regions / First results of HAPEX-MOBILHY, Int. J. remote Sensing, Vol. 10, 869-884
- 11) Gutman, G. G., 1990, Towards Monitoring Droughts from Space, J. Climate, Vol. 3, 282-283
- 12) Lloyd, D., 1990, A phenological classification of terrestrial vegetation cover using shortwave vegetation index imagery, Int. J. remote Sensing, Vol. 11, 2269-2279
- 13) Kidwell, L. B., 1991, NOAA POLAR ORBITER DATA USERS GUIDE, National Oceanic and Atmospheric Administration, Washington, D.C.
- 14) Kajiwar, K., Tateish, R., 1990, Integration of Satellite Data and Geographic Data for Global Land Cover Analysis, ISPRS, The Symposium on Cartographic and Data Base Application of Photogrammetry and Remote Sensing, Tsukuba, Japan
- 15) Tateishi, R., Kajiwar, K., Odajima, T., 1991, Global Land Cover Classification by Phenological Method Using NOAA GVI Data, The Asian-Pacific Remote Sensing Journal, Vol. 4, No. 1