

# Global Vegetation Indexを用いた世界植生図

Global Vegetation Map using Global Vegetation Index

村井俊治\*・本多嘉明\*

Shunji MURAI and Yoshiaki HONDA

地球環境の現状を監視することが人類存亡にとって重要である。従来の植物学等によって作成された世界植生分布図は作成に時間がかかりすぎる点や分類定義があいまいなどの点で問題があり、現状を把握しているとは言えない。そこで本研究では衛星データを利用した定量的な植生分類法を提案し、新しい植生分布図を作成した。この結果、世界の植生の分布状況や面積が明らかになった。

## 1. はじめに

産業革命以来、人間活動の拡大や人口の増加は地球の環境にとって負担となり、第2次大戦後は急激に大きな負担となった。そして先進諸国で環境問題が自国の問題として盛んに論じられるようになったのは1960年代後半からである。このような流れの中、1972年には地球規模の国際会議「国連人間環境会議」(UN Conference on Human Environment)がスウェーデンのストックホルムで国連によってはじめて開かれた。その約10年後、1982年の後半から1984年にかけてアフリカ大陸を見舞った大干ばつは約30万人の餓死者を出し、当時発生していた大規模なエルニーニョとの関連が注目された。これを契機に地球環境問題に対する世界的な関心が高まり、地球システム科学の新しい概念が打ち出され現在に至っている。

地球環境そのものを継続的かつ体系的に観測・監視し地球生態系の仕組みを解明する必要がある。正に「地球規模で考え、足元から行動を」(Thinking globally, act locally)は人類に求められるものである。

## 2. 研究の目的

本研究では、まず地球生物環境を表すものとして面的な情報を提供してくれる植生をとりあげる。植生の状態がどうあるかを把握するには植生の活動を時系列変化でとらえる必要がある。さらに定量的に論ずるためには似た植生型の植物が生息するのに適した生態環境および気候条件を区切るゾーニング(区分)が必要になる。このゾーニングは著者らによって生態気候区分(Eco-Climate Mapping)と称され新しい概念に基づいている。

そこで、本研究では、ゾーニングに欠かせないグローバルな植生分類の方法を提案し、世界植生図を作成する

ことを目的とする。

## 3. 使用するデータ

本研究で使用するデータは世界中の植物の活動状態を週ごとに示す週間グローバル植生指標(Global Vegetation Index, 以下GVIと呼ぶ)および世界2344地点の気候要素をデジタルデータにした世界気象情報である。

GVI(週間グローバル植生指標)は1982年4月以降、気象衛星NOAAのAVHRRセンサーの可視および近赤外バンドから求められる正規化植生指標(Normalized Vegetation Index: 以下NVIと呼ぶ)を雲の影響を除去するため一週間の最大値でポーラ・ステレオの座標型にモザイク集成的ものをいう。NVIは理論上-1から+1までの値をとるが、植生と深い関係があるのは0.1から0.6までであり、大きな値ほど緑色の植生(クロロフィル)の密度が高い。現在1989年12月下旬までのデータがそろっている。

世界気象情報は日本の気象庁が世界中の2344ヵ所の地上観測点で観測された気圧、気温、蒸気圧、湿度、風速、雲量等の月ごとの統計値をデジタルデータの形にまとめたものである。現在1982年1月から1989年1月までのデータがそろっている。

## 4. 植生区分の定義

気候は地圏の地球生物環境を決定する最も重要なもののひとつである。一般に、気候学では気候を分類する方法として主に次の4つがある。

- ①気候の成因による方法
- ②気候指数または気候要素の特性や階級による方法
- ③植生による方法
- ④自然現象による方法(植生以外の自然特性を利用したもの)

\*東京大学生産技術研究所 第5部

現在、最も一般的なかつ有効な気候分類であるKöppenの気候分類は③植生による方法を利用している。このことから植生と気候、ひいては地球生物環境は密接に関係を持つことが分かる。実際に植生型を分類することを考えると、大別して次の2つの方法がある。

- ①種類組成を基準とする方法
- ②優占種の生活形を基準にする方法

①種類組成を基準とする方法は現地の綿密な調査を必要とし、地球全体のようなグローバルな分類をする際には適さない。②優占種の生活形を基準にする方法はグローバルな植生分布を調べるときよく用いられ、1年間にどのように植生の状態が変化するかはGVIデータから知ることができる。さらに、異常気象の影響をできる限り除き地球上の植生型(土地被覆)を分類する。従来の植物学、生態学、地理学等で用いられている植生区分のタイプ分けとその定義は極めて多く、それぞれが異なる。また、定量的な定義がない。そこで、著者らは衛星データ(GVI)の月変化のNVIのパターンから次の8つの植生区分を定量的に定めた。図1はそのパターンを示している。

- 1) 熱帯林  
パターンは年間を通じてNVIがおよそ0.3前後でほぼ一定である。
- 2) 常緑樹  
常緑樹はほぼ熱帯林と同じパターンを示すが、冬季に

NVIの値がやや下がり平たい丘の形に似ている。

- 3) 落葉樹  
ピークが約0.4と高いNVIの一山を示している。
- 4) ツンドラ  
NVIの変化パターンは非常に鋭いピークを持っている。
- 5) 草原  
NVIのピークが0.2程度である。しかし、草原のNVI変化パターンはピークが1つのもの2つのもの余りはつきりしないものと単純ではない。
- 6) 半砂漠  
一年を通じてNVIが低い、短期間だけNVIが少しだけ上がる。
- 7) 砂漠  
NVIが一年を通じてきわめて低いところで一定である。
- 8) 高山生砂漠  
標高が3000m以上でNVIが一年を通じてきわめて低いところで一定である。

5. 分類方法

ステップ1 月間GVIデータの作成  
一週間ごとにあるGVIデータを一月ごとのデータにまとめる。雲の影響を取り除くためにほぼ4週間ごとのNVIの最大値をひと月のデータとする。

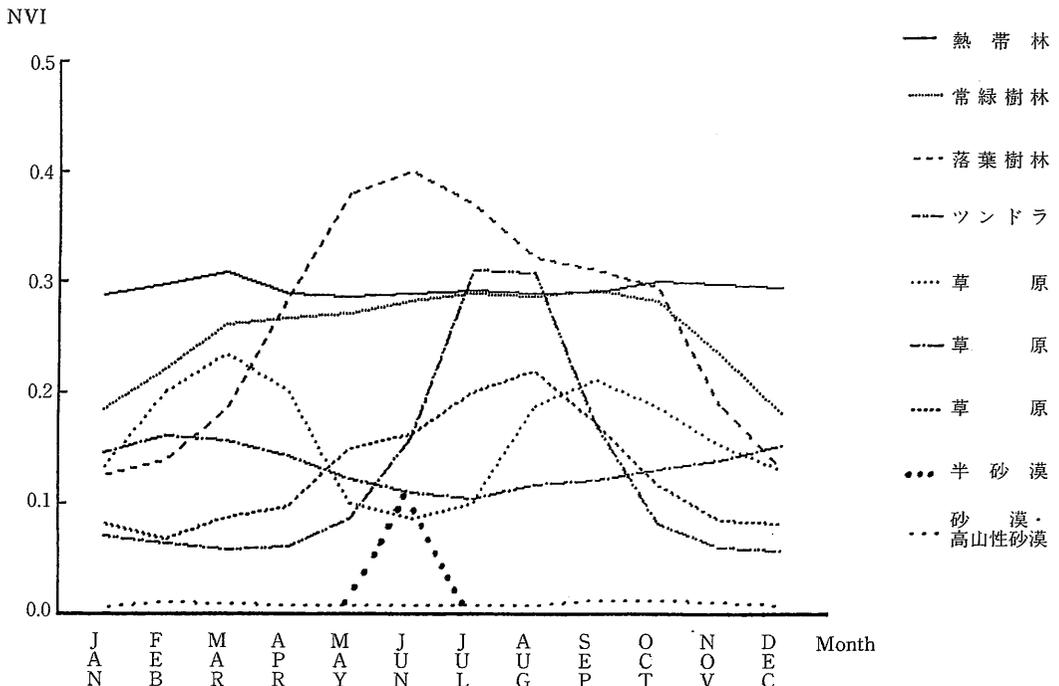


図1 NVI変動パターン

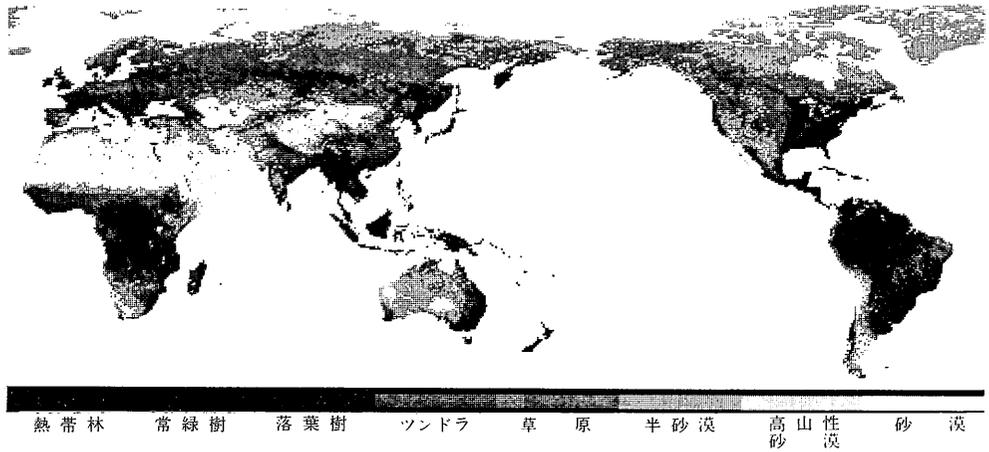


図2-1 1983年世界植生分布図

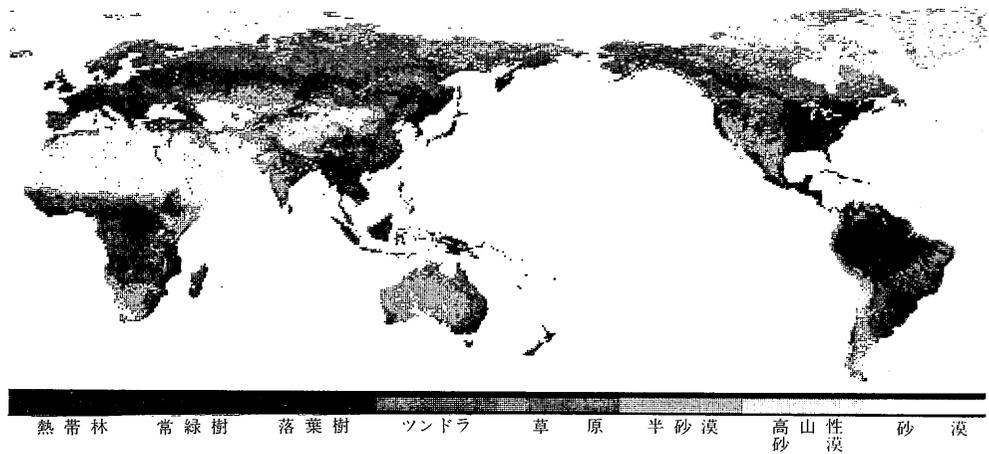


図2-2 1984年世界植生分布図

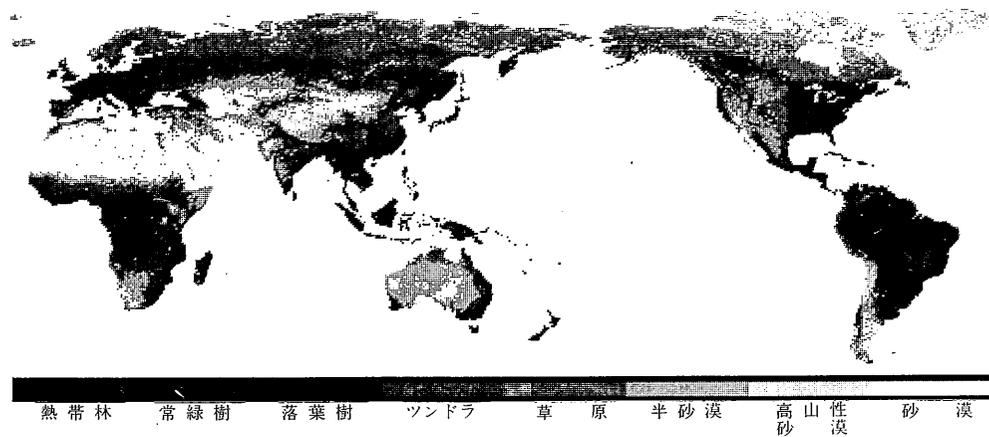


図2-3 1985年世界植生分布図

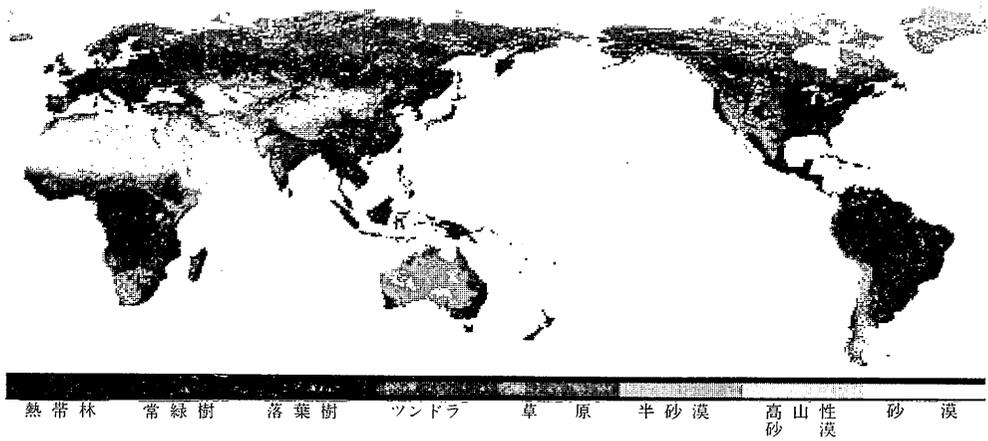


図2-4 1986年世界植生分布図

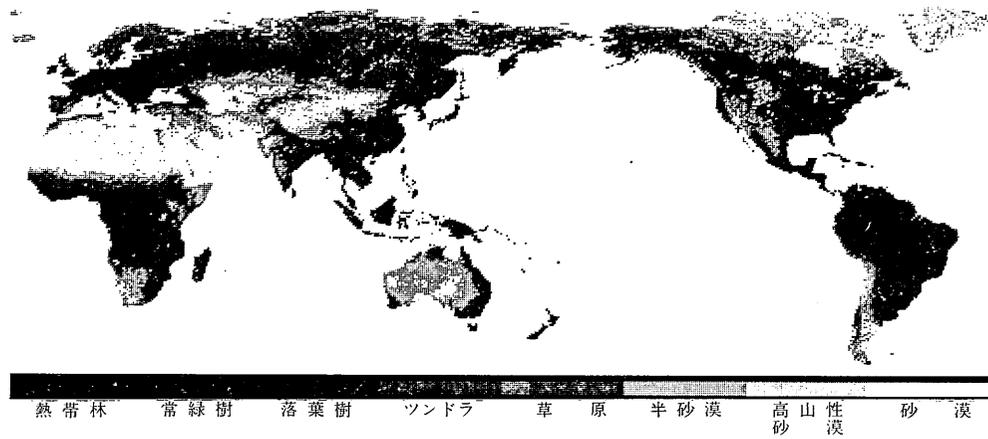


図2-5 1987年世界植生分布図

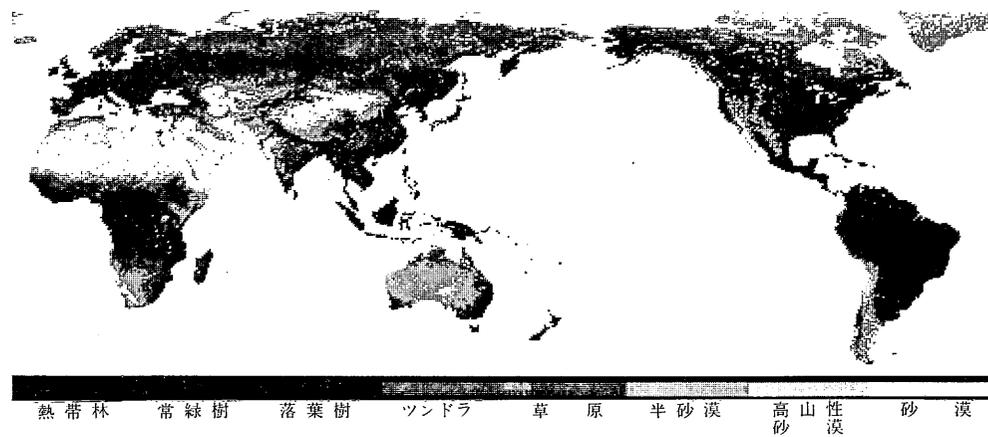


図2-6 世界植生分布図(1985年から1987年の平均)

表 1-1 1983年世界植生面積表

	熱帯林	常緑樹	落葉樹	ツンドラ	草 原	半 砂 漠	高山性砂漠	砂 漠	合 計
アジア州	680.1.23	2440.4.42	6533.11.83	2293.4.15	24212.43.84	9413.17.05	1502.2.72	8158.14.76	55226.
オセアニア	155.1.83	937.11.01	633.7.44	0.0.00	2337.27.47	3654.42.96	1.0.01	790.9.28	8507.
北 米	358.1.48	1261.5.20	4513.18.61	356.1.47	10688.44.07	6129.25.27	10.0.04	937.3.87	24253.
南 米	2502.14.48	6726.38.94	2486.14.39	0.0.00	3499.20.25	1053.6.10	308.1.79	700.4.05	17274.
アフリカ	195.0.67	2589.8.87	4016.13.75	0.0.00	3846.28.58	3312.11.34	4.0.01	10742.36.78	29204.
合 計	3890.2.89	13953.10.38	18181.13.52	2649.1.97	49082.36.50	23563.17.52	1824.1.36	21323.15.86	134465.

上段：×1000平方キロメートル 下段：パーセント

表 1-2 1984年世界植生面積表

	熱帯林	常緑樹	落葉樹	ツンドラ	草 原	半 砂 漠	高山性砂漠	砂 漠	合 計
アジア州	191.0.35	1945.3.52	9096.16.47	3641.4.78	23065.41.76	7939.14.38	1335.2.42	9014.16.32	55226.
オセアニア	17.0.20	555.6.52	286.3.36	0.0.00	3114.36.60	4052.47.63	2.0.02	482.5.67	8507.
北 米	110.0.45	830.3.42	5727.23.61	530.2.19	10725.44.22	4347.17.93	7.0.03	1975.8.14	24253.
南 米	668.3.86	7222.41.81	1786.10.34	0.0.00	5255.30.42	1333.7.72	332.1.92	679.3.93	17274.
アフリカ	15.0.05	1568.5.37	2605.8.92	0.0.00	9948.34.06	3482.11.92	3.0.01	11563.39.66	29204.
合 計	1001.0.74	12119.9.01	19499.14.50	3171.2.36	52107.38.75	21154.15.73	1679.1.25	23734.17.65	134465.

上段：×1000平方キロメートル 下段：パーセント

表 1-3 1985年世界植生面積表

	熱帯林	常緑樹	落葉樹	ツンドラ	草 原	半 砂 漠	高山性砂漠	砂 漠	合 計
アジア州	1096.1.98	1965.3.56	12006.21.74	3300.5.97	19684.35.64	7476.13.54	1351.2.45	8550.15.12	55226.
オセアニア	374.4.39	879.10.33	423.4.98	0.0.00	1824.21.45	3974.46.72	0.0.00	1032.12.13	8507.
北 米	475.1.96	1409.5.81	6052.24.95	628.2.59	9556.37.40	4259.17.56	9.0.04	1865.7.69	24253.
南 米	5841.33.81	5297.30.66	1692.9.79	0.0.00	2371.13.73	1033.5.98	313.1.81	728.4.22	17274.
アフリカ	557.1.91	3542.12.13	4291.14.69	0.0.00	7406.25.36	3229.11.06	3.0.01	10176.34.84	29204.
合 計	8341.6.20	13091.9.74	24464.18.19	3928.2.92	40842.30.37	19971.14.85	1676.1.25	22151.16.47	134465.

上段：×1000平方キロメートル 下段：パーセント

表 1-4 1986年世界植生面積表

	熱帯林	常緑樹	落葉樹	ツンドラ	草 原	半 砂 漠	高山性砂漠	砂 漠	合 計
アジア州	1435.2.60	2355.4.26	11772.21.32	2727.4.94	19813.35.88	7214.13.06	1219.2.21	8691.15.74	55226.
オセアニア	348.4.09	836.9.83	436.5.13	0.0.00	1635.19.22	4383.51.52	0.0.00	869.10.21	8507.
北 米	504.2.08	1499.6.18	6035.24.88	537.2.21	9876.40.72	4044.16.67	6.0.02	1753.7.23	24253.
南 米	5985.34.63	4993.28.90	1565.9.06	0.0.00	2613.15.13	1039.6.02	281.1.63	801.4.63	17274.
アフリカ	676.2.31	3579.12.25	4297.14.71	0.0.00	7286.24.95	3033.10.33	0.0.01	10331.35.37	29204.
合 計	8946.6.65	13261.9.86	24105.17.93	3264.2.43	41223.30.66	19712.14.66	1509.1.12	22444.16.69	134465.

上段：×1000平方キロメートル 下段：パーセント

表 1-5 1987年世界植生面積表

	熱帯林	常緑樹	落葉樹	ツンドラ	草 原	半 砂 漠	高山性砂漠	砂 漠	合 計
アジア州	1273.2.31	2623.4.75	11139.20.17	3438.6.23	20956.37.94	6756.12.23	1127.2.04	7915.14.33	55226.
オセアニア	326.3.83	844.9.92	294.3.45	0.0.00	2094.24.61	4494.52.83	0.0.00	455.5.35	8507.
北 米	462.1.90	1569.6.47	6111.25.20	862.3.55	9997.41.22	4139.17.06	4.0.02	1110.4.57	24253.
南 米	4177.24.18	6165.35.69	1923.11.13	0.0.00	2890.16.73	1293.7.48	242.1.40	584.4.28	17274.
アフリカ	416.1.42	3262.11.17	4529.15.51	0.0.00	7247.24.95	3561.12.19	3.0.01	10185.34.88	29204.
合 計	6654.4.95	14463.10.76	23997.17.85	4300.3.20	43184.32.12	20243.15.05	1375.1.02	20249.15.06	134465.

上段：×1000平方キロメートル 下段：パーセント

表 1-6 世界植生面積表 (1985年から1987年までの平均値)

	熱帯林	常緑樹	落葉樹	ツンドラ	草 原	半 砂 漠	高山性砂漠	砂 漠	合 計
アジア州	1268.2.30	2314.4.19	11639.21.08	3155.5.71	20151.36.49	7149.12.94	1232.2.23	8319.15.06	55226.
オセアニア	349.4.10	853.10.03	384.4.52	0.0.00	1851.21.76	4284.50.36	0.0.00	785.9.23	8507.
北 米	480.1.98	1492.6.15	6066.25.01	676.2.78	9810.40.45	4147.17.10	6.0.03	1576.6.50	24253.
南 米	5334.30.37	5485.31.75	1727.9.99	0.0.00	2625.15.20	1122.6.49	279.1.61	704.4.08	17274.
アフリカ	550.1.88	3461.11.85	4372.14.97	0.0.00	7313.25.04	3274.11.21	3.0.01	10231.35.03	29204.
合 計	7981.5.94	13605.10.12	24188.17.99	3831.2.85	41750.31.05	19976.14.86	1520.1.13	21615.16.07	134465.

上段：×1000平方キロメートル 下段：パーセント

## ステップ2 典型的な植生型の変化

植生型によって固有のNVIの年間変動がある。1983年から1987年までの5年間の月間GVIデータの中から世界気象情報の2344ヵ所の観測点に一致した地点の植生変化をもとめる。つぎに次式によって求められる植生安定指数を利用し安定した植生変化をしている地点を選び出す。

植生安定指数＝

$$\sqrt{\frac{\sum_{Y=83}^{87} \left( \sum_{M=1}^{12} (Y \text{年}M \text{月の} NVI - 5 \text{年} \sim \text{平均} NVI) \right)^2}{5 \times 12}}$$

その後、植生型によって決まる典型的なNVI変動パターンを求める。パターンは熱帯林、常緑樹、落葉樹、ツンドラ、草原、半砂漠(ほぼ無植生)、砂漠(無植生)の7つがある。これら典型的なNVI変動パターンを図1によって示す。

## ステップ3 各年のグローバルな植生型分類

1983年から1987年までの5ヵ年の月間GVIデータに対し、ピクセルごとにNVI年間変動パターンを調べ、植生型の分類を行う。植生分類はピクセルごとのNVI年間変動パターンのNVIのピークを用いて基準化を行いステップ2で求めた典型的な植生変化パターンとの距離を求める。基準化の意味は北半球と南半球による植生変化パターンのいずれを補正するためである。それぞれのピクセルは最も距離の近い植生パターンに分類される。さらに砂漠と判定された地域のうち標高が3000m以上のために植生がないと考えられる地域を高山性砂漠として別に分類した。

## ステップ4 異常気象の影響除去

異常気象のように気象条件が悪いときには本来のNVI年間変動パターンをとらない地域が出てくる。土地被覆を分類するという意味において森林であるところがNVI年間変動パターンが正常でないからといって森林と分類されないのは土地被覆分類の点で良くない。そこで、世界気象情報を用いて異常気象を示している観測点が多い1983年、1984年を除き、後の1985年、1986年、1987年の3年間のGVIデータを用い3年間の月別平均GVIデータを作成する。この平均GVIデータを用いて植生分布図を作成する。

ところで、異常気象とは気象庁の「異常気象レポート84」によれば次の2つの場合と定義されている。

- ①それぞれの地点で月平均気温や月降水量が過去30年間あるいはそれ以上にわたって観測されなかったほど平均値から偏った場合
- ②月平均気温が正規分布する場合は、平均値からの偏差値が標準偏差の2倍以上偏った場合

入手可能な平均値の情報は1931年から1960年のものであり、最高値と最低値が記録されている。したがって、異常気象かそうでないかの判断は①の場合に当てはまる

かそうでないかによって行った。図2は上記の方法で分類した世界植生図である。

## 6. 世界植生図が語るもの

本研究で得られた世界植生分布の結果を表1によって示す。これらの表から1983年および1984年の結果とその他の年の結果を比較すると、1983年および1984年の熱帯林と判定された地域がその他の年よりかなり小さいことが解る。これは、本研究の新しい植生分類が植物の生活活動をNVIの変化パターンでとらえ、そのパターンに基づいて分類を行っているためである。すなわち、1983年および1984年は異常気象のため熱帯地域に本来の植物の生活活動をしなかった部分が多くあることを示している。

異常気象の影響をできるだけ取り除いた1985年から1987年の3年間の平均から作成した植生分布に注目すると、全世界で森林(熱帯林・常緑樹・落葉樹)は約34%、草原(ツンドラ・草原)は約33%、砂漠(半砂漠・高山性砂漠・砂漠)は約33%とそれぞれ3分の1ずつと極めて興味深い結果が得られた。

本研究で得られた植生分布図で用いている言葉は本来の植物学とは異なり、先に述べたような年間のNVIの変化パターンによって定義されたものである。砂漠と分類した中には1年を通して雪氷に覆われた部分も含まれている。

## 7. 今後の発展

今まで世界にどれだけの面積の森林や砂漠があるのか信頼性のある定量的統計がなかった。また、その定義もあいまいであった。本研究により定義が定量的に明らかにされ、面積と分布が求められたことは意義が大きい。しかし、次に述べるいくつかの問題点が残されている。

1) ツンドラなど高緯度地域では冬季に太陽高度が低くなり、地表面の観測が十分なされていない。この解決のため、人工衛星から得られたデータ以外にも植物の生息限界などの情報を加味する必要がある。植生の生態学的限界値の情報を蓄積し、地上で得られた観測値とともに分類に応用する必要がある。

2) GVIデータは20kmと粗いが、現在4kmあるいは1kmの分解能のデータ整備が行われており、さらに精度を高める必要がある。(1991年1月14日受理)

## 参考文献

- 1) 吉岡邦二：植物地理学，共立出版，昭和48年6月30日
- 2) 吉野正敏：気候学，大明堂，昭和53年5月27日
- 3) 奈須紀幸：大気と海洋，日本放送出版協会，昭和61年3月20日
- 4) 岩城英夫：生態学概論，日本放送出版協会，昭和61年3月20日
- 5) 本多嘉明，村井俊治：GLOBAL VEGETATION

- INDEXを用いた植生図について：日本写真測量学会  
次年学術講演会発表論文集 pp 135~138：1989年10  
月
- 6) Yoshiaki Honda, Shunji Murai; Vegetation Mapping Using Global Vegetation Index and Weather Data; 10th ACRS, Kuala Lumpur, Malaysia, pp A-2-4-1~A-2-4-6；1989年11月
  - 7) 村井俊治, 本多嘉明：衛星による地球生物環境の変動  
解明：文部省科学研究費 重点領域研究 衛星による  
地球環境の解明」 pp65~70：1990年2月
  - 8) Yoshiaki Honda, Shunji Murai; Vegetation Mapping Using Global Vegetation Index; ISPRS Commission IV Tsukuba Japan pp 608~615：1990年5月
  - 9) Shunji Murai, Yoshiaki Honda; Eco-Climate Map; ISPRS Commission I Manaus Brazil；1990年6月
  - 10) Shunji Murai, Yoshiaki Honda; Vegetation Mapping Using Global Vegetation Index; V International Congress of Ecology 1990 S2-3-04 [14]；1990年8月
  - 11) Shunji Murai, Yoshiaki Honda; Global Change Monitoring of Biosphere using NOAA Vegetation Index and Geo-information; The National Biological Conference of Thailand including Asia and the Pacific Regions; Global Change; Effects on Tropical Forest, Agricultural, Urban and Industrial Ecosystems；1990年10月