

**環境特性に基づくアジア地域の土地分類と耕作強度・
土壌荒廃パターンとの関連性**

Numerical Land Classification of Asia Region using Environmental Characteristics and
its Relationship with Cultivation Intensity and Soil Degradation Patterns

立入 郁 ・ 恒川篤史 ・ 武内和彦

Kaoru TACHIIRI, Atsushi TSUNEKAWA and Kazuhiko TAKEUCHI

平成9年10月

第11回環境情報科学論文集別刷

**Reprinted from Papers on Environmental Information Science
No.11, October 1997**

社団法人 環境情報科学センター

Center for Environmental Information Science, Tokyo

環境特性に基づくアジア地域の土地分類と耕作強度・ 土壌荒廃パターンとの関連性

Numerical Land Classification of Asia Region using Environmental Characteristics and its Relationship with Cultivation Intensity and Soil Degradation Patterns

立入 郁*・恒川篤史*・武内和彦*

Kaoru TACHIIRI, Atsushi TSUNEKAWA and Kazuhiko TAKEUCHI

要旨: 南緯 20°から北緯 60°、東経 60°から同 160°の範囲において、緯度 1°×経度 1°を単位とし、植生、標高、土壌、年平均気温、年降水量の各データを用いてアジア地域の土地分類をおこなった。分類は correspondence analysis によって 3次元空間に各サンプルをプロットしたのち、cluster 分析を適用することによっておこなった。その結果、入力データのうち特に気温と降水量の寄与が大きく、それは分類後のカテゴリーの配置が、チベット高原を中心とした同心円上の構造と熱帯から亜寒帯へと変化する南北の構造を持つことにあらわれた。また、分類結果と耕作強度や土壌荒廃のようすとの関連性を χ^2 検定によって調べたところ、統計的に有意な関連を持つことが示された。

キーワード: 土地分類、環境特性、耕作強度、土壌荒廃、アジア

Abstract: 1°×1° grid cells in the Asia region were classified using the datasets of vegetation, elevation, soil type, mean annual temperature and annual precipitation. Correspondence analysis was used for plotting the samples on three-dimensional space, followed by the cluster analysis for classifying all samples into ten categories. The result of correspondence analysis indicates that temperature and precipitation are the most important factors causing remarkable spatial structures, that is, the concentric circle centering Tibetan Highlands and South to North change from tropics to subpolar. This land classification is verified by using χ^2 square test to highly correspond to cultivation intensity and distribution of soil degradation.

Key words: land classification, environmental characteristics, cultivation intensity, soil degradation, Asia

はじめに

アジア各地で進むさまざまな形の土壌荒廃現象は、細かく見ていけば個々に特有の原因で特有の現象が起こっているが、それらは互いに何の連関もなく起こっているわけではなく、その地域の基本的な環境条件や、人間の土地利用の形態などである程度の類型化が可能である。非常に多くのケースから一般的なものを抽出する際には、適度な数のファクターからまずそれらを分類してみることが全体を理解するために重要となるだろう。しかし、Köppen(1918)や Thornswaite(1933)など過去に行われた土地分類の多くが気温、降水量などを組み合わせて植生もしくは土壌の分布を説明するということを主目的としており、植生や土壌などをも入力し、総合的な土地分類を行った例は数が限られる。グローバルで扱いやすいデータセットが近年まであまりなかったこと、数多くのデータを整理するのに時間が費やされてしまうこと、などが原因であろうと考えられる。

しかし、近年の計算機の発達やオンラインまたはオフラインで手に入るデータベースの整備は、過去の研究者には非常に困難であった地表の分類をより簡単に、しか

も説得力のある形で可能にしつつある。

また、地球環境問題のなかでも重要な位置を占める土壌荒廃現象の理解と防止のためには各地域が潜在的にどのような危険を内包しているかを理解し、それに応じて土壌荒廃防止のための予防的処置を適用していくことが大切であろう。

本研究では、まず基本的な自然条件を理解するため、植生、土壌、標高、年平均気温、年降水量にもとづき緯度 1 度ごとのメッシュを単位としてアジア地域の土地分類を行い、その結果と耕作強度や土壌荒廃パターンとの関連性を検証した。

1 分類・解析手法

1.1 分類に用いたデータ

本研究の分類対象領域は、東西が東経 60°から同 160°(幅 100°)、南北は南緯 20°から北緯 60°(幅 80°)の範囲であり、分類単位は 1°×1°とした。つまり赤道直下で 1 辺約 111km の正方形、北緯 60°では南北の長さはかわらず、東西の長さがちょうど半分約 55km となる。また今回あつかった範囲の中には 100×80 の 8,000 サンプ

*東京大学大学院農学生命科学研究科

ルが含まれているが、そのうち約 62%にあたる 4972 サンプルが海であった。ここではそれらは解析から除外し、残った 3028 のサンプルを分類することとした。

なお分類には、①植生、②土壌、③標高、④降水量そして⑤気温という 5 つのデータを用いた。それぞれのデータの概要と出所は、以下のとおりである。

① Matthews の植生分類

1°×1°メッシュのデータで、優占植生を 32 に分類したものである。100 を越える文献をもとに、衛星画像解析による補正を行って分類されている(Matthews, 1983)。

② Zolber の全球気候モデルのための土壌分類

優占土壌ユニット(土壌タイプのクラス分け)、傾斜区分、土壌質の区分、土壌相といったデータを含む、土壌タイプの全球的分布を表す。FAO の世界土壌図と Matthews の植生データから緯度 1°×経度 1°のグリッドセルへ変換することにより作成された。ここで用いた 26 のいわゆる「土壌大分類」に「氷」を加えた、27 のカテゴリによる土壌ユニットの普及版のほか、106 土壌分類による土壌ユニットの完全版、7 つの傾斜カテゴリによる優占的土壌傾斜、8 つの土質カテゴリによる優占的土壌質、18 土壌相カテゴリによる優占的土壌相が UNEP/GRID から提供されている。

③ ETOPOS

米国地球物理データセンター(NGDC)が原データを作成したものであり、5分 および 10 分のデジタルデータを統合したもので、緯度経度 5 分(約 9 平方 km)の空間分解能、1 度あたり 12×12(セル)で区切って 1 m 単位で標高値が与えられている。標高値は海拔約 8,000m の高さまで及ぶ一方、このデータセットには水深も含まれ、水深約 10,000m までのデータが含まれている。

④ 年降水量および⑤年平均気温

1920-1980 年の観測データにもとづいている。これらは NCAR(National Center for Atmospheric Research)のホームページ (<http://www.ncar.ucar.edu>) で入手可能である。④、⑤とも 0.5°×0.5°の解像度を持つ。

1.2 分類手法

まず、取得したデータにより、メッシュの大きさが違うためその大きさをそろえる作業が必要であった。具体的には、①と②は 1°メッシュ、それ以外ではさらに細かいメッシュであったので、後者については複数のメッシュの平均をとることにより 1°メッシュのデータに変換した。

また各データをそれぞれ 10 のカテゴリに分類した。①と②については、生成過程などに関する従来の知見をもとに、各カテゴリに含まれるサンプルの数の偏りがあまり大きくなるように考慮して再分類した。また

定量的なデータである③～⑤については、おもにサンプル数の偏りをなくすことに配慮して分割し、これらもそれぞれ 10 のカテゴリにふりわけた。統合された後のカテゴリについては Table1 を参照されたい。なお、ここではカテゴリの数をあまり多くしないこと、カテゴリ間のサンプル数にあまり差をつけないことに配慮してふりわけたため、例えば降水量が 1000mm 以上にはカテゴリが 2 つしかないなど、議論の余地がある。これについては後にも少し触れる。

このようにして得られたデータセットを用いて次のように分類を進めた。まず correspondence analysis 中の等質性分析とよばれる手法を用いて多次元空間上に各サンプルをプロットし、つぎにその座標を用いてクラスター分析を行った。数量化の方法や空間スケールの点で相違があるが、基本的には Takeuchi *et al.*(1990)の方法に近い。correspondence analysis は、数量化Ⅲ類と同じく質的なデータを数量化するための手法であるが、1-0 のダミー変数によるデータのみならず頻度の概念をもつ一般のクロス集計表を処理できる点ですぐれている(Hill, 1974)。プロットの際の次元数は一意的には決められないが、ここでは 3 次元とした。また最後のステップにおいてのカテゴリ数は、入力データと同じ 10 とした。

なお、計算は東京大学大型計算機センターの日立 HITAC M-880/310 およびワークステーション富士通 F4/20H を用いて行い、ソフトは等質性分析が SPSS/HOMALS、クラスター分析は SPSS/QUICK CLUSTER、クロス表作成には SPSS/CROSSTABS、を用いた。また、計算の際のデータの整形・加工には必要に応じて Fortran77 を用いてプログラムを作成した。

1.3 耕作強度、土壌荒廃との関連性の解析

前項の手法で行われた土地分類の結果得られた各カテゴリ(以下土地類型と呼ぶ)と、耕作強度、さらにはそれらの結果引き起こされると考えられる土壌荒廃との関連を調べた。耕作強度は 1.1 の①、②などと同じく GRID つくばで入手可能な Matthews の耕作強度データセットを用いた。これは 1960-79 年に出された国ごとの報告に衛星画像解析を統合して推定したものである。これも緯度 1°×経度 1°のメッシュを単位とするデータであり、耕作強度 1-5 はそれぞれ耕作面積率 0%、20%、50%、75%、100%の 5 段階に対応している。また、ここでいう「土壌荒廃」は、国連砂漠化防止条約(United Nations, 1994)で「土地荒廃」が定義された際、その例として挙げられたもののうち i) 風又は水による土壌侵食、ii) 土壌の物理的、化学的及び生物学的又は経済的特質の悪化、をさすものとし、そのデータとしては、UNEP が GLASOD の一環として製作した地図(UNEP and ISRIC,

1990)のデジタルデータ版(これも GRID つくばで入手可能)を用い、GIS 解析用ソフトウェアである ARC/INFO を用いてラスターデータに変換して解析を行った。また土壌荒廃の原因とされる人間活動は耕作だけではなく、放牧、伐採なども考慮すべきであろうが、データ取得が困難であることなどから、ここでは人間活動の代表として耕作を取りあげるのにとどめた。

なお、耕作強度、土壌荒廃とも、その関連性の検証はクロス表を用いて χ^2 検定を行った。

2 結果

2.1 カテゴリの数量化と分類結果

Correspondence analysis を用いたプロットでは、各サンプルがプロットされる空間と同じ空間に、各カテゴリもプロットされる (Table1)。Table1 にみられる各カテゴリの座標において、左から順に第一軸、第二軸、第三軸方向の座標となっている。これらの座標を見ると、第一軸は降水量の小から大への変化と符号こそ異なるが非常によく一致している。このことから第一軸は、特に降水量に関連の深い性質を表す軸であると判断される。また、第二軸は、温度と降水量について、顕著な極値を持つ凸なカーブになっている。このことから、これら2つのファクターに何らかの関連のある軸だといえる。第三軸は、標高において450m未済で負それ以上で正となっているが、他のどのファクターとも明確な対応を示しておらず、前述の2つの軸に対する補完的な軸であるといえる。以上の事実から、今回の分類においては、第一に降水量、続いて温度が、大きく寄与していると結論できる。

ひき続いてこの3次元座標を用いてクラスタ分析を行い、Fig.1 の分類を得た。チベット高原を中心として同心円上に広がる乾燥→潤湿という構造と、特に東海岸で顕著な、低緯度から高緯度に向かう温暖→寒冷という構造が顕著に見て取れる。また、各カテゴリ特徴的な性質を考察してみると、いくつかのカテゴリでは、非常に特徴的な環境特性がみられた。例えば、カテゴリ9は、植生は⑨ないし⑩、標高は⑧から⑩、土壌は⑨に属する地域を主な構成因子とし、チベット高原周辺のアジアでもっとも乾燥した地域に特徴的な分布を見せている。また、カテゴリ7は植生タイプ5や土壌タイプ9と、カテゴリ4は土壌タイプ4、カテゴリ6は植生タイプ2を特徴的な構成要素としている。

2.2 耕作強度、土壌荒廃との関連

前項で得られた分類結果に、1.3 で述べた手法を適用して、耕作強度や土壌荒廃との関連性を考察した。土地類型と耕作強度、土地類型と土壌荒廃のそれぞれのクロ

Table 1 Category scores of environmental factors

ELEVATION		
①<100m	(-0.65, -0.50, -0.25)	
②<200m	(-0.18, -0.09, -0.75)	
③<300m	(-0.38, -0.09, -0.75)	
④<450m	(-0.50, -0.35, -0.13)	
⑤<600m	(-0.55, -0.28, 0.35)	
⑥<800m	(-0.02, -0.23, 0.44)	
⑦<1000m	(0.12, -0.33, 0.74)	
⑧<1500m	(0.48, 0.31, 0.06)	
⑨<3000m	(0.54, 0.38, 0.06)	
⑩3000m~	(0.91, 0.98, 0.88)	
VEGETATION		
①降雨林 (Matthews's 2, 4, 5)	(-1.90, 0.37, -0.43)	
②季節風林 (3, 6)	(-1.54, 0.63, 0.70)	
③常緑針葉樹林 (8, 9)	(0.11, -1.05, 0.22)	
④雨緑林 (10)	(-1.66, 0.01, -0.29)	
⑤夏緑林 (11, 12)	(0.26, -0.97, 0.96)	
⑥疎開林 (13~17)	(-0.93, -0.06, -0.09)	
⑦低木林 (18~22)	(0.52, 1.08, -1.14)	
⑧草原 (23~28)	(0.48, -0.31, -0.84)	
⑨灌草 (29)	(0.79, 0.03, -0.09)	
⑩砂漠 (31)	(0.89, 1.48, 0.67)	
SOIL		
①赤黄色土、ラテライト性土 (Zolber's 1, 6, 14)	(-1.72, 0.57, 0.35)	
②灰色・褐色森林土 (2, 13)	(-0.52, -0.08, 0.12)	
③ポドゾル性土 (4, 12, 16)	(-0.75, -0.88, -0.22)	
④栗色土・草原土 (3, 8, 11)	(0.60, -1.05, -1.24)	
⑤塩成土、アルカリ土 (19, 26)	(0.72, 0.75, -0.14)	
⑥半砂漠・砂漠土 (17, 24, 25)	(0.55, 1.11, -1.04)	
⑦沖積土 (10)	(-0.44, 0.07, -0.08)	
⑧グライ土・黒泥土 (7, 15, 23)	(-0.40, -0.51, 0.24)	
⑨岩屑土・残層土 (9, 18, 21)	(0.58, -0.12, 0.73)	
⑩母材が支配的な土壌 (5, 20, 22)	(-1.31, -0.10, -0.45)	
TEMPERATURE		ANNUAL PRECIPITATION
①<-4℃ (0.54, -1.06, 1.43)	①<100mm (1.02, 1.73, 0.87)	
②<-1℃ (0.35, -1.09, 0.24)	②<200mm (0.74, 1.28, -0.72)	
③<1℃ (0.36, -1.08, -0.50)	③<300mm (0.66, 0.56, -0.97)	
④<3℃ (0.56, -0.86, -1.09)	④<400mm (0.61, -0.54, 0.20)	
⑤<7℃ (0.77, 0.47, -0.59)	⑤<600mm (0.51, -0.77, -0.10)	
⑥<10℃ (0.89, 1.03, 0.24)	⑥<800mm (0.27, -0.96, -0.20)	
⑦<15℃ (0.56, 0.91, 0.68)	⑦<1000mm (0.19, -0.74, 0.43)	
⑧<22℃ (-0.94, 0.57, 0.53)	⑧<1000mm (-0.32, -0.36, 0.27)	
⑨<25℃ (-1.44, 0.49, 0.02)	⑨<1700mm (-1.40, 0.32, 0.38)	
⑩25℃~ (-1.26, 0.14, -0.57)	⑩1700mm~ (-1.80, 0.47, -0.07)	

ス表を作成した (Table 2, 3)。さらにそれらに χ^2 検定を適用することにより、関連の有無を検証した。

土地類型と、耕作強度とのクロス表を Table2 に示す。縦に並ぶ10のカテゴリが本稿で得られた土地類型、横に並ぶ5つのカテゴリは耕作強度であり、1から順にそれぞれ耕作面積率0%, 20%, 50%, 75%, 100%を示す。また、6つ目にある耕作率(cult. rate)は、総耕作面積 (0.2×a1+0.5×a2… (但し a1, a2 はそれぞれ20%または50%耕作されているサンプル数) で計算された量) をサンプル数で割った値で、1サンプルあたりの平均耕作面積率を示す。

中央アジアの肥沃な地域である4や沿岸の多雨地域の6や8の土地類型ではこの値が非常に高く、砂漠またはその周辺に広がる7や9ではほとんど耕作は行われていない。また、この2元クロス表に χ^2 検定を適用した結果、土地類型と耕作強度の関連性は0.1%水準で統計的に有意であった。またこのときの自由度は40、 χ^2 値は1003.273、CramerのV値は0.286であった。

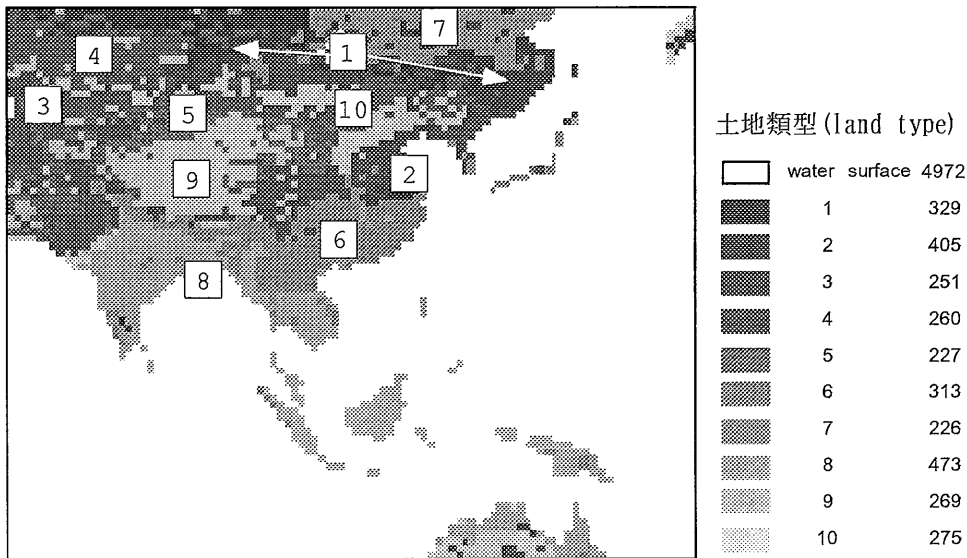


Fig 1 アジア地域の土地分類の結果

つぎに、土壤荒廃の様子との関連を見ていく (Table 3)。土壤荒廃タイプの分類は UNEP and ISRIC (1990) のものをもとに加工した。この表からいくつかの重要な特徴が見て取れる。たとえば、土地類型 2,4,6,8 は、水による土壤荒廃が深刻な地域で、その中でも特に 6 と 8 は荒廃の程度が強い。また、2 と 8 は化学的劣化

意な関連性が示された。

つぎに、個々の土壤荒廃タイプごとの分布を細かく見ていくことにする (Table 4, 5)。1 から 10 は土地類型を、横に並ぶ 0 から 4 の数字土壤荒廃の程度を表している。土壤荒廃の程度には UNEP and ISRIC (1990) の凡例にある severity をそのまま用いた。Table 4, 5 にそのまま χ^2 検定を行ったところ、いずれも 1% 水準で統計的に有意な関連性が示された。また、このほかの、化学的劣化および物理的劣化についても同様の検定を行ったところ、化学的劣化については同様に 1% 水準で土地分類との統計的に有意な関連性が示されたが、物理的劣化については土地分類との統計的に有意な関連はなかった。なお、Table 4, 5 とも、縦(1-10)は土地類型名、横(1-4)は被害の度合いを示す (数が多いほど被害大)。

Table 2 土地類型(1-10)と耕作強度(1-5)の関連

	1	2	3	4	5	total	cult. rate
1	308	0	3	16	2	329	0.047
2	349	1	5	47	3	405	0.101
3	222	1	0	23	5	251	0.089
4	173	0	0	87	0	260	0.251
5	211	0	0	16	0	227	0.052
6	214	36	30	13	19	312	0.163
7	223	0	0	2	1	226	0.011
8	333	21	23	59	31	467	0.195
9	262	0	0	7	0	269	0.020
10	233	0	0	41	0	274	0.112
total	2528	59	61	311	61	3020	0.113

も無視できない地域である。これらは、さきに述べた、耕作強度の高い地域ともよく一致している。また、3,4,5,10 の地域では風による土壤荒廃が顕著であり、1 と 7、特に 7 は重大な土壤荒廃要因がなく、土壤の安定した地域となっている。3 と 9 は、利用されない不毛の地が多く分布している。

ここでも、Table 3 について χ^2 検定を行い、0.1% 水準で、土地類型と土壤荒廃パターンとの間の統計的に有

3 考察

本研究で得られた結果を次ページの Table 6 にまとめた。この表から、土壤荒廃のタイプには自然条件が、強度には耕作密度がより大きく関係していることが読みとれる。具体的には、主に多雨地域に広がる土地類型 8,9 で水による侵食が、主に半乾燥地帯に広がる土地類型 3,4,5 で風による侵食が特徴的であり、耕作面積率が 10% を越える地域は強い土壤荒廃にみまわれている。

Table3 土地類型(1-10)と土壤荒廃タイプの関連

hは強度, wは軽度をさす。また, Wtは水による侵食, Wdは風による侵食, Cは化学的劣化, Pは物理的劣化, wasteは不毛の土地, stableは土壤荒廃のない地域を指す。また, 複数の土壤荒廃タイプをもつサンプルがあるため, 小計は他の表と必ずしも一致しない。

	h/Wt	w/Wt	h/Wd	w/Wd	h/C	w/C	h/P	w/P	waste	stable
1	30	72	3	4	0	2	0	3	2	212
2	73	151	12	10	2	23	0	1	8	117
3	2	22	10	62	7	11	0	0	120	16
4	24	131	20	24	0	0	0	0	14	46
5	13	78	20	33	2	9	0	1	42	21
6	151	126	1	0	1	8	0	0	0	23
7	7	5	0	0	0	0	0	0	0	214
8	183	113	0	1	17	23	2	7	0	104
9	1	39	8	3	0	3	0	1	83	100
10	24	86	36	45	3	2	1	0	30	43

Table4 Water erosion の強度と土地類型の関係

	0	1	2	3	4	total
1	227	26	46	29	1	329
2	181	51	100	32	41	405
3	227	4	18	2	0	251
4	105	57	74	24	0	260
5	136	29	49	11	2	227
6	36	33	93	102	49	313
7	214	2	3	0	7	226
8	177	42	71	146	37	473
9	229	1	38	1	0	269
10	165	19	67	20	4	275
total	1697	264	559	367	141	3028

Table5 Wind erosion の強度と土地類型の関係

	0	1	2	3	4	total
1	322	0	4	1	2	329
2	383	0	10	10	2	405
3	179	7	55	4	6	251
4	216	4	20	18	2	260
5	174	6	27	17	3	227
6	312	0	0	0	1	313
7	226	0	0	0	0	226
8	472	1	0	0	0	473
9	258	1	2	8	0	269
10	194	4	40	26	10	275
total	2736	24	158	84	26	3028

また, 物理的劣化だけが土地分類との有意な関連持たなかったのは, 十分なサンプル数を待たなかったからだと考えられ, その他の土壤荒廃タイプとの関連性が有意だったことから, 本研究の土地分類が, 環境条件の, 土壤へのインパクトの与え方を相当程度抽出し, 分類していることが示された。

4 議論

本研究で用いた分類の特徴は, 主観的な判断が極力省

かれているところにある。従来の分類の多くが, 要素の因果関係を理解した上での分類者の経験的な判断によってなされていた(たとえば, Yoshino, 1980)のに対し, 用いたデータから分類結果に至るアルゴリズムがはっきりしており, 再現性が高い点がすぐれている。また, 従来の分類手法の結果と比べると, Herbertson(1905)においては, とくに土壤荒廃という面で重要になる草原地帯のカテゴリが明確でない。また, James(1935)の分類結果は本稿での分類結果とかなり近いが, 彼もまた植生の違いを分類の基本としている。また山地というカテゴリを作っているのに対し, 本稿の分類では特にそのようなカテゴリをもうけず, 標高を含めて各自然条件のカテゴリが統一的に数量化されている。また, 従来の分類は, 地図化した際に煩雑になるのを避けるためだと思われるが基本的に飛び地を作るのを避けていたのに対し, 本稿の分類ではそれにとらわれず, 周囲のカテゴリに左右されずにその土地の条件のみを考慮して分類している。

一方, 先に述べたように, 統計学的理由によりカテゴリの線を引いたため, どうしても実際の問題点が正しく反映できない部分もあった。降水量の多いサンプルについての問題はその代表的な例である。どの程度までカテゴリの数を増やせるか, またサンプル数の偏りが許されるか検討の余地がある。また, 人間活動全般を考慮に入れた解析を行うため, 耕作以外の人間活動に関しても利用できるデータを探さなければならない。

おわりに

インターネット上に公開されたデータをもとに, アジアの土地分類を行った結果, 得られた分類図は, 土壤荒廃の種類と強度を評価した 'World map on status of human-induced soil degradation' (UNEP and ISRIC, 1990) と対応していた。本研究の結果からの, アジア地域で進

Table 6 土地類型・耕作強度・土壤荒廃の関連表

カテゴリ	主な分布域	自然条件	平均耕作面積率 (%)	土壤荒廃
1	シベリア中部	低温でやや乾燥 常緑針葉樹林と 夏緑林が特徴	4.7	弱いwater erosionも ほぼ安定
2	中国中部	岩層土と1000mを 越える標高が特徴	10.1	強いwater erosionと 弱いchemical deterioration
3	アララ海周辺	半砂漠・砂漠土上の 低木林/草原が特徴 降水量100-300mm	8.9	弱いwind erosionと wasteland
4	中央アジア北部	タイガから草原への 移行帯、栗色土・草原土 1-3°C, 300-600mm	25.1	弱いwater erosionと やや強いwind erosion
5	チベット周辺部	低木林・砂漠の半乾燥/ 乾燥地帯標高1000m以上 ~400mm	5.2	弱いwater erosion と 強いwind erosion wasteland
6	中国・華南	季節風林を特徴とする いわゆるモンスーン地帯 土壤①、②が特徴的	16.3	ほぼ全域でwater erosion 程度も深刻
7	シベリア東部	岩層・残層土上の夏緑林 低温 300-700mm	1.1	ほぼ安定
8	インドシナ南部 インド インドネシア	年平均22°C以上、 降水量1000mm以上の 高温多湿地域	19.5	強いwater erosion chemical/physical deteriorationもひどい
9	チベット高原	ほとんどが砂漠地域 半分以上が標高3000m 以上の高原	0.2	弱いwater erosion 安定もしくはwasteland 多い
10	華北- 内蒙中部	草原上の半乾燥地 降水量200-600mm 約1/4は25°Cを越える	11.2	弱いwater erosionと 強いwind erosion サブグループ有り?

む各種の土壤荒廃現象は、植生、標高、土壌、気温、降水量という、基本的な6つのパラメータの組み合わせによって成る環境条件と、平均耕作面積率をもとに、ある程度系統的に理解できる。

また、本研究では耕作率を特に取り上げて人間活動を取り上げたが、放牧、伐採などの指標を探し、同様の解析を行う予定である。

本研究では、別々になされた各自然条件の調査結果を主観性を排除した形で統合し、それをもとに各サンプルを10の土地類型に分類した。これは実際に土壤荒廃に対する方策を考える際、その土地のトータルな自然条件を把握し、それと似た事例はどこか、を考える上で有効である。また、一つの条件に注目するあまり他の条件を取り返しの付かない形で悪化させてしまう、という失敗も、短絡的に改善方策を適用する前に、その土地の自然環境の全体像の理解に基づき、異なる立場の人間がしっかりとした議論を重ねることで減らしていけるに違いない。本研究で試みた手法は、そのような議論の土台になりうる客観的な評価手法であると信じる。

謝辞

本論文をまとめるにあたり、富士通エフ・アイ・ピー株式会社のみなさまには、貴重な助言をいただいた。この場をお借りして、厚く御礼申し上げたい。

なお、本研究は文部省科学研究費補助金創成的基礎研究費 No.08NF0901 (研究代表者: 佐々木恵彦) による研究

成果の一部である。

引用文献

- Herbertson, A. J. (1905) The major natural regions -an essay in systematic geography-. *Geogr. J.* 25, 300~312
- Hill, M. O.(1974) Correspondence analysis -a neglected multivariate method-. *Appl. Statist.* 23, (3), 340~354.
- James, P. E. (1935) An outline of geography. Ginn and Company, Boston, 475pp.
- Köppen, W. (1918) Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahreslauf. *Pet. Mitt.* 64, 193~203, 243~248.
- Matthews, E. (1983) Global vegetation and land use -new high resolution data bases for climate studies-. *J. of Clim. and Appl. Meteorol.*, 22, 474~487.
- Takeuchi, K., Tsunekawa, A. and Ikeguchi, H. (1990) Numerical classification of natural regions of Japan. *Geogr. Rep. Tokyo Metropol. Univ.*, 25, 269~287.
- Thomswaite, C. W.(1933) The climates of the earth. *Geor. Rev.* 23, 433~440.
- UNEP and ISRIC (1990) World map on status of human-induced soil degradation. Boom-Ruygrok, Haarlem, The Netherlands.
- United Nations (1994) United Nations Convention to Combat Desertification in Those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa. Final Text A/AC.241; 12 September 1994. 外務省 (仮訳)「深刻な干ばつ又は砂漠化に直面している国 (特にアフリカの国) における砂漠化防止のための国際連合条約」 99pp.
- Yoshino, M. M. (1980) Natural regions of Japan. *GeoJournal* 4, 161~172.