

平成22年6月1日現在

研究種目：若手研究(B)  
 研究期間：2007～2009  
 課題番号：19780186  
 研究課題名（和文） 中国黄土高原における気候-土地被覆-土壌浸食の空間分布と相互関係の解明  
 研究課題名（英文） Study of the Inter-relation between Natural Environment Factors and there Spatial distributions -Climate, Vegetation and Landuse and Erosion  
 研究代表者  
 高山 成 (TAKAYAMA NARU)  
 山口大学・農学部・非常勤研究員  
 研究者番号：40403373

研究成果の概要（和文）：土地利用ベクタデータと  $AI$ ,  $WI$  メッシュマップの空間解析では、黄土高原において森林の9割が  $0.37 < AI < 0.6$ ,  $2300 < WI < 3200^{\circ}\text{C}$ , 天然草地の9割が  $0.48 < AI < 0.84$ ,  $2300 < WI < 3000^{\circ}\text{C}$ の範囲に存在していた。森林と草地はそれぞれ、 $AI$  が 0.67 と 0.5,  $WI$  はともに  $2850^{\circ}\text{C}$ 付近であり、森林と草地を区分する気候要因は乾燥条件であり、気候要因から見て潜在的に森林と天然草地が存在する範囲が明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：The distribution of  $AI$  on the area of natural forest and natural grass-land is significant difference in the distribution of  $AI$  between natural forest and natural grass-land, though there is no difference in the distribution of  $WI$ . In conclusion, transition of vegetation from forest to grass is caused by aridity level in Shaanxii area. In the transition belt of vegetation from the forest to the meadow (steppe),  $AI$  ranges from 0.34 to 0.58, approximately. The spatial distribution of potential forest area and meadow area was presumed by using  $AI$  and  $WI$  through the relationship between climate and vegetation in the Shaanxii area from this result.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	3,000,000	0	3,000,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
2009年度	200,000	60,000	260,000
年度			
年度			
総計	3,700,000	210,000	3,910,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業環境工学

キーワード：生物環境情報・リモートセンシング・地理情報システムGIS・黄土高原・浸食

## 1. 研究開始当初の背景

中国内陸部に位置する黄土高原では年降水量の約 70%が夏季のモンスーンに伴う豪雨となって集中し、雨水が透水性の低い黄土の上を表面流となって流れるため、深い浸食谷（ガリ）が刻まれる。黄土高原から黄河に流出する土砂は年間 16 億トンとも言われるが、そのうちのおおよそ 60%から 90%がガリ浸食に起因する。

こうした背景から、近年、中国政府は「退耕還林・退耕還草」や「封山育林」といった緑化政策を推進している。さらに緑化にチェックダムシステムを併用することにより、総合的かつ有効な浸食対処を講じようとしている。しかし、黄河中・上流の大部分では天然植生が早くから破壊され、黄土高原に残されてきた天然森林の面積は土地面積の 3%に過ぎず、天然草地も少ない。このため、地域によっては、潜在的な水資源量に対して不適切な樹種による植林などがなされ、枯死や成長阻害あるいは苗木が活着するも浸食を止めるまでに成長するには程遠いといった事例が報告されている。緑化の将来的な持続性を維持するためには、地域の実状に適合した還林・還草（緑化）の方策を選択しなければならない。そのためには、気候と植生の関係を詳細に調べ各種植生ごとの潜在的な分布域を示す必要がある。

気象要素のうち温度条件（熱資源）と水分条件（乾燥度）は、その場所に生育可能な植生種を決定する。これまで多くの研究においてこれら 2つの要素を気候指数として表現して気候区分を行い、気候区ごとに優占する植生種（タイプ）が示されてきた。しかしながら、黄土高原において降水量が 300mmを下回る地域では、土壌水分の涵養率が降雨強度により支配される。すなわち、同じ程度の降水量の地域であっても雨の降り方によって植生の様相は異なり、さらにガリ浸食の発生度合いも全く異なるものになる。つまり黄土高原においては気候と植生の関係のみならず、ガリ浸食の程度を組み込んだ新たな地域区分や潜在植生マップが必要とされる。

このような観点から申請者はこれまで、①降水量、降り方に関する統計解析と確率論的表現 ②降水の降り方、降水量、乾燥度などに関する各種気候指数のメッシュマップ化 ③現存植生と気候指数の空間解析といった研究を行ってきた。本研究ではこれまでの研究結果を基に、気候条件、土地被覆、土壌侵食の 3要素の相互関係が地域によってどのように成り立っているのかを明らかにし、新たな気候区分を行う。

## 2. 研究の目的

本研究によって特に達成したいのは、地域ごとに気候—土地被覆—浸食の 3要素の相

互関係を分析し、そのバランス関係が地域によってどのように変化するかを面的に示す事である。気候についてはこれまでに、雨季安定度指数、雨季最盛期の平均日降水量、月降水量平年値、月可能蒸発散量平年値、月乾燥度（AI）指数平年値、月有効積算温度（WI）等の各種気候指数の 1 km メッシュマップをまとめた。また、土地被覆については「中国人文・経済・環境・気候データ集（中国科学院, 2005）」の 1km メッシュ土地被覆、土地利用データを使用する。残る浸食については高解像度衛星データからガリのマッピングを行い、流域ごとの単位面積ガリ総延長距離を計測する。

## 3. 研究の方法

### (1) 気候区分

植物の生育を制限するのは水分（乾燥）条件と温度条件である。乾燥条件を乾燥指数（以下  $AD$ ）、温度条件を有効積算温度（以下  $WI$ ）によって評価した。 $AI$ は降水量/可能蒸発散量（以下  $ET_0$ ）で求められ、値が 0 に近いほど乾燥が強いことを示す。黄土高原内に位置する中国気象局の観測局 53 地点を対象に気候指標を算出した。 $ET_0$ は十分に水が与えられている時の気象条件から起こりうる最大可能蒸発散量で、Penman-Monteith 法により求めた。P-M 法は一般気象データから  $ET_0$ を算出する方法である。また、 $WI$ は作物栽培限界と言われる  $10^{\circ}\text{C}$ を植物の活動温度域と見なし、 $10^{\circ}\text{C}$ 以上の日平均気温を積算した値である。使用したデータは黄土高原に位置する 53 地点の気象観測局における 1971 年から 2000 年までの 30 年間の日気象観測データである。降水の 8 割が集中する 5 月から 10 月までの 6 ヶ月を植物の生育期間とみなし、各月の  $AI$ と  $WI$ の 30 年平均値（各月平年値）を求めた。さらに  $WI$ と  $AI$ の 6 ヶ月間の各月平年値データセットにそれぞれ主成分分析を適用し、6 ヶ月の値を要約した主成分を求めた。各観測局における  $WI, AI$ の主成分点と気象局の位置関係に基づき、気候区分を行った。

### (2) 降水量平年値の統計モデル

黄土高原は冬季にほとんど降水がない。降水期間は春季から秋季にかけてであるが、とりわけ夏季に年降水量の約 70%が集中する。各月の平均日降水量  $PD_{(m,j)}$ は、夏季をピークにほぼ左右対称に近い形で変化している。そこで各地点における  $PD_{(m,j)}$ を次式により近似する事とする。

$$PD_{(m,j)} = P_{\text{DRY}} + PD_{\text{MAX}(j)} \times \exp\left[-\frac{\left(\frac{m - m_{\text{MAX}}}{W(j)}\right)^2}{2}\right] \quad (1)$$

ここで、 $PD_{(m,j)}$ は  $m$  月の  $j$  地点における月平均日降水量の平年値（mm）、 $P_{\text{DRY}}$ は乾季

(冬季)における平均日降水量の平年値 (mm)、 $PD_{MAX(j)}$ はj地点における雨季最盛期の平均日降水量の平年値 (mm)、mは月、 $m_{MAX}$ は雨季の最盛時期、 $W(j)$ はj地点における雨季の長さを示すパラメータである。

対象場所の地形が季節降水におよぼす効果(地形要因)について考察するために、数値標高モデル(DEM)から算出した各種の地形因子と降水モデルのパラメータとの関係を調べた。降水現象の発生に対する地形要因は例えば斜面効果による地形性降水のように、主にメソスケールの現象に現れると考えられる。そこで本研究では数値標高モデルGTOPO30を基に、各観測点における地形の特徴を数値化した350種類の地形因子を算出した。さらに $PD_{MAX(j)}$ と $W(j)$ を目的変数、それぞれの地形因子を説明変数として、次式に示す重回帰モデルによる多変量解析を行った(以降、地形因子解析と呼ぶ)。GTOPO30はUSGSによる30秒×30秒の空間分解能を持つ数値標高モデル(DEM)である。

$$Y = a_0 + a_1x_{1R_1} + a_2x_{2R_2} + a_3x_{3R_3} + \dots + a_nx_{nR_n} \quad (2)$$

ここでYは降水モデルのパラメータ、 $a_0$ は定数、 $a_n$ は偏回帰係数、 $x_{nR_n}$ はグリッド拡張数R(ただし、グリッド拡張数ありの場合)の地形因子である。

### (3) AI, WIと植生分布の空間解析

AIやWIなどの気候値は地理地形の影響を強く受けて分布している。そこでAIとWIの空間内挿を、地形因子を説明変数とした重回帰分析(地形因子解析)により行った。AIに関しては各気象局における地形因子を説明変数、各月の $ET_0$ を目的変数としてそれぞれ重回帰分析を行った。求めた重回帰式を気象観測点のない地域に適用することによって $ET_0$ の空間内挿を行い、30"メッシュ降水量より、AIのメッシュマップを作成した。また、WIの空間内挿も $ET_0$ と同様に行い、基準温度を10°Cとした。次にGISを用いて土地利用ベクタデータから陝西省における森林、自然草地の存在する範囲のAI, WIの値をメッシュ単位で集計した。m月のj地点における乾燥指数 $AI_{(m,j)}$ の算出は次式による。

$$AI_{(m,j)} = \frac{P_{(m,j)}}{ET_{0(m,j)}} \quad (3)$$

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (4)$$

ここで、 $P_{(m,j)}$ は年降水量平年値(mm)、 $ET_0$ は基準蒸発散量( $mmday^{-1}$ )、 $R_n$ は正味放射量、 $G$ は地中伝導熱量( $MJm^{-2}day^{-1}$ )、 $T$ 地上2mの日平均気温(°C)、 $u_2$ は同じく風速( $ms^{-1}$ )、 $e_s$ は飽和水蒸気圧、 $e_a$ は水蒸気圧(kPa)、 $\Delta$ は水蒸気圧曲線の傾き、 $\gamma$ は乾湿計定数( $kPa^{\circ}C^{-1}$ )である。

## 4. 研究成果

### (1) 黄土高原における気候区分

AI, WIそれぞれの各月平年値に主成分分析を適用した結果、AI, WIとも第1主成分の固有ベクトルは、すべての月において正に働いていた。そこでそれぞれの第1主成分をAIに関する総合的な指標、WIに関する総合的な指標として採用した。また、AI, WIともに第2主成分以下は寄与率が小さかったので採用しなかった。WI, AIの各第1主成分得点は値が大きいほど、それぞれ温暖、湿潤な地域であることを示している。この分布を元に実際の観測点の位置情報を加味して、黄土高原を6つの気候区に分類した。これらの地理的分布をGIS上で表示した結果を図1に示す。図中の北西部は最も乾燥している地域であり、ここはモウソフ沙地縁辺にあたる。また、モウソフ沙地から離れるに従い湿潤となっていく高緯度、高標高になるほど気温が低くなっていく傾向が明らかとなった。

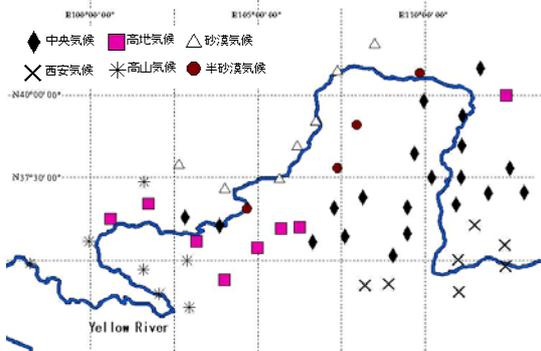


図1 黄土高原における気候区分結果

### (2) 現存植生分布に対する気候指数分布

GISによる空間解析より求めた、森林および草地における気候指数の分布を図2に示す。中央気候区に位置する地域内に植相が森林から草地へと変化する限界線があると言われている。土地利用ベクタデータとAI, WIメッシュマップをそれぞれ重ね合わせてメッシュ単位で森林、天然草地の存在する地域のAI, WIを集計した結果、森林の9割が $0.37 < AI < 0.6$ ,  $2300 < WI < 3200^{\circ}C$ 、天然草地の9割が $0.48 < AI < 0.84$ ,  $2300 < WI < 3000^{\circ}C$ の範囲に存在していることが明らかとなった。

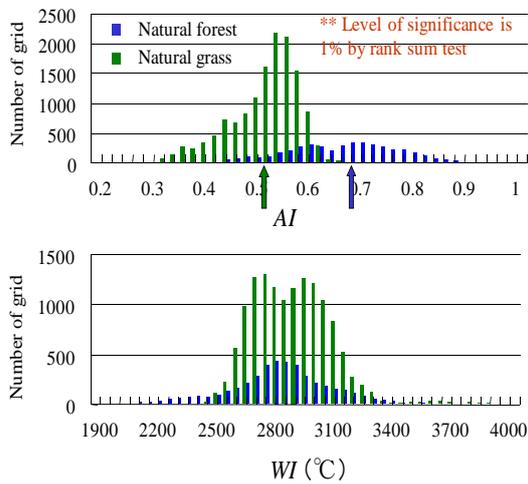


図2 天然林、天然草地における気候指数の分布

(3) 植生分布を規定する気候要因と潜在植生草地、森林の中央値をそれぞれ求めたところ、 $AI$ は森林が0.67、草地が0.5となり、 $WI$ は森林、草地ともに2850°C付近であった。このことから乾燥条件が森林と草地を区分する気候要因であることが示唆された。また森林と草地の存在する $AI$ 、 $WI$ と同じ範囲にある地域を図3に示す。陝西省地域において、森林（自然林）から草地（ステップ）への遷移帯は、乾燥条件によって規定され、その範囲は $AI$ で0.34から0.58の範囲にあった。すなわち、気候要因から見て潜在的に森林と天然草地が存在する範囲が明らかとなった。

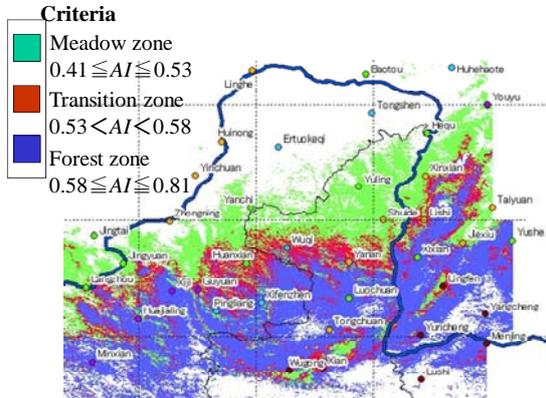


図3 黄土高原における気候指数から見た潜在植生分布

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- ① 高山 成、矢野裕幸、木村玲二、神近牧男、鳥取砂丘の草原化に対する景観保全活動に伴う植生分布の変遷と砂面変動のモニタリング、ランドスケープ研究オンライン版、2、pp.67-73、2009、査読あり

[学会発表] (計2件)

- ① Naru Takayama, Kiyoshi Iwaya, Haruhiko Yamamoto, Fei Wang, Yoko Harada, Mariko Higashiyama, Atsushi Kaneishi, Yasushi Tsuchiya and Takayuki Shirozu: Evaluation of Cooling Effect by Building Planting in Urban Area from the Viewpoint of Comfortable of Human Activity, 18<sup>th</sup> International Congress of Biometeorology ICB2008, pp.4, 2008 Sep-25. Tokyo
- ② Naru TAKAYAMA, Reiji KIMURA, Masato SHINODA and Haruhiko YAMAMOTO: Geographic Classification of Loess Plateau from the viewpoints of Natural Environment Factors. -Climate, Erosion and Vegetation-, International Symposium on Agricultural Meteorology (ISAM2008), 2008 Mar-21. Shimonoseki\_city

[図書] (計2件)

- ① 高山 成、木村玲二、黄土高原の砂漠化とその対策、1-2 黄土高原の気候、9-17、2008、古今書院。
- ② 安田裕、高山 成、檜谷治、21世紀の乾燥地科学—人と自然の持続性—、3-1-2 気候と水文環境の診断法、92-97、2007、古今書院。

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

なし

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

高山 成 (TAKAYAMA NARU)

山口大学・農学部・非常勤研究員

研究者番号：40403373

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし