レジャー・レクリエーション研究第79号：1－20，2016
Journal of Leisure and Recreation Studies No.79

＜原著＞

多変量解析及び地理的加重回帰法を用いた山小屋の分類と空間特性について

下嶋　聖[1]

Spatial Characteristics and Classification of the mountain hut by Applying Multivariate analysis and Geographically Weighted Regression Model

Hjiriri Shimojima[1]

Abstract

In Japan which is a mountainous country, the mountainous hut is one of the unique leisure resources. The aim of this study is to clarify the characteristics of the mountainous hut and its spatial distribution. In this paper, firstly, the mountainous hut's roof shape was classified by photointerpretation from mountain guide book. Secondary, the relationship between classification of the mountainous hut's roof shape and characteristics of the Location environment were analyzed by Multivariate analysis. Finally, the relationship between classification of the mountainous hut and characteristics of the Location environment were analyzed by using normal regression analysis (OLS : Ordinary Least Square) and GWR (Geographic weighted regression). The main findings of this study are as follow. 1) The mountainous hut's roof shape is classified into 11 types, from mountain hut of 475 as result of photointerpretation of 475 mountain huts from mountain guide book. Most of the roof shape was a gable roof of 344; the proportion is 72% of the total. 2) The mountainous huts were classified into three types by using the principal component analysis and cluster analysis. Type I: Roof shape is a gable roof, capacity is medium-sized, Opening type are unmanned or seasonal. type II: Roof shape is other than a gable roof, capacity is small-sized from medium-sized, Opening type is unmanned. type III: Roof shape is a gable roof, capacity is medium-sized from large-sized, Opening type are all seasons or seasonal. 3) The relationship between classification of the mountainous hut and characteristics of the Location environment compared normal regression analysis and GWR. As the result, GWR analysis was the most fitting model. Overall, this study indicated that characteristics of the mountainous hut in Japan have each mountain area that is radius of around 50km (e.g., Northern Alps, Southern Alps and Yatsugatake in Nagano and Yamanashi pref.).

1．はじめに

日本は、国土の55%が山岳地であり、丘陵地や山麓も含めると76%に達する山岳国である[1)]。山は古来より自然崇拝と山岳信仰の対象であった[2)]。明治時代に入り、近代的登山のスタイルが紹介され、山はレジャー活動の対象となった。近代登山の普及とともに、日本アルプスを中心に登山者の休憩や宿泊の営業を目的とした山小屋の開設が広まった[3)]。登山黎明期とも言える明治時代後期に開設された山小屋の多くは現在でも営業を続けており[4)]、登山の利用拠点施設として重要な存在である。

1　東京農業大学短期大学部　Junior College of Tokyo University of Agriculture

山小屋は、山岳地という特殊な環境に立地するため、厳しい自然環境に適応するための工夫が施されている。加えて多くの山小屋は国立公園内に立地するため、建物の色彩や形状に対して景観的にも配慮が求められる。山小屋は自然的及び社会的な制限の中で、登山者の宿泊を提供するだけでなく、従業員の居住や救護的施設など、様々な機能や役割を限られスペースに対し、コンパクトに収められている。

その結果、立地環境や利用状況に応じて、建物の形状、外壁や屋根形状などに違いが生じる。一つ一つの山小屋に個性や独自性が生まれ、その山域のシンボリック的な存在となる。特に、屋根は躯体の中で最も目立つ部位である。悪天候時には、視界不良の中、登山者の目印となる。山小屋は山岳景観の一部であり、山小屋毎に異なるデザインを有する。その集積が様々な山小屋のタイプをつくり、結果、多様な登山文化の形成につながっているといえる。

したがって、山小屋は山岳国である日本が持つ特有のレジャー資源の一つであり、その山小屋のデザイン性や立地特性を明らかにすることは、レジャー資源及び空間[5]における基礎的知見の蓄積につながり、レジャー・レクリエーション学的に意義があるといえる。

山小屋のデザイン性に関する先行研究をみると、梅干野[6]は、建築史の視点から、山小屋建設の計画や過程について明らかにしている。また平瀬ら[7]や長森ら[8]は、現地計測より山岳地建築の空間構成の特徴を明らかにしている。坪沼ら[9]は避難小屋（無人小屋）を対象に、形状の類型化を試みている。下嶋[10]は、北アルプス雲ノ平山荘を対象として景観に調和する屋根形状と登山者の属性との関係について明らかにした。

一方海外の文献を見ると、Goymannら[11]はスイスアルプスを対象に、建て直しを行った山小屋において、環境に負荷がかからないインフラストラクチャの整備を行った事例を紹介している。またArsら[12]はアルプスの地域におけるエコツーリズムの重要な要素として、山小屋のインフラストラクチャに関する意志決定支援モデルを提示し、検証を行っている。いずれも環境負荷がかからない山小屋のあり方やモデルを提示している研究である。

しかし日本アルプスを含む山岳地における山小屋を対象に、景観上及びデザイン上において特徴づける山小屋の分類や、立地環境との関係を明らかにした研究はほとんど見受けられない。

一般に2つの変数間の関係を解析する方法の一つとして多変量解析が挙げられる。本研究においても、山小屋のタイプを目的変数に置き、多変量となる立地環境を説明変数に置くことで両者の関係を多変量解析により明らかにすることが可能となる。この場合、説明変数に置く立地環境は位置情報が伴う空間データである。空間データには、空間的自己相関の問題が存在するため、通常の回帰モデルを安易に適用できないことが先行研究において指摘されている[13][14]。したがって、空間特性を考慮した地理的加重回帰法（GWR：Geographically Weighted Regression、以下GWRとする）を用いた回帰分析を行うことが望ましい。

GWRを用いて空間的な特性を把握した研究は、京都の京町家の集積を対象にしたもの[15]、緑地の配置による熱環境緩和効果を明らかにしたもの[16]や緑被の外部経済効果を明らかにしたもの[17]などがある。いずれも国内の都市地域を対象としており、山岳地域や山小屋を対象にした研究はほとんど見受けられない。

以上の背景より、本研究では山岳地のレジャー資源の一つである山小屋を対象に、多変量解析を用いて山小屋の屋根形状の分類を行い、得られた分類と山小屋の立地特性との関係について地理的加重回帰法による回帰分析を用いて明らかにし、山小屋のタイプからみる空間的な分布の特徴を把握することを目的とする。

2．研究方法

本研究の目的を達成させるため、図1に示した研究フローにしたがい進めた。

2－1　山小屋の屋根形状の現状と類型化

(1) 山小屋の属性データの作成

文献調査より山小屋の屋根形状の類型化を行った。まず日本における山小屋の所在の確認のため、山と渓谷社が刊行している雑誌「山と渓谷」の付録雑誌であるMOUNTAINEER'S DATA BOOK

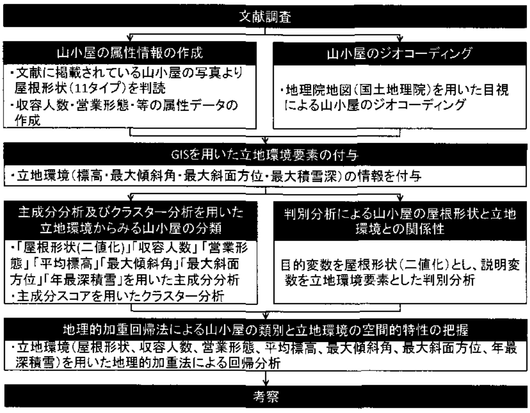


図1　研究フロー

2015（山の便利帳）[18] を用いた。山小屋の営業形態は、「通年営業」（管理者がほぼ一年間滞在している山小屋）、「季節営業」（期間限定で管理者が滞在している山小屋）、避難小屋などに代表される常時管理者が滞在していない「無人の山小屋」の3タイプに分けることができる。

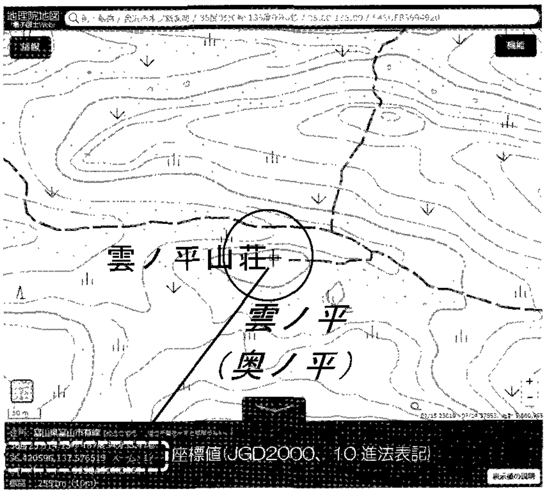
次に山小屋の屋根形状のタイプ分けを行った。通年営業及び季節営業の山小屋については、山と渓谷社から出版されているヤマケイアルパインガイドシリーズ[19)~27)]を用いた。この山岳ガイドブックには、山小屋が写真付きで紹介されている。管理者が常時滞在していない避難小屋については、関東・越後の避難小屋完全ガイド114[28] 及び東北の避難小屋完全ガイド150[29] を用いた。どちらのガイドブックにも避難小屋の写真と図面付きで紹介している。いずれの文献資料において、写真が掲示されておりかつ屋根形状が明瞭にわかる山小屋を対象に、目視判読による屋根形状のタイプ分けを行った。なお、屋根形状の判読に際しては、妻方向の形状を見て判断した。

屋根形状のタイプは、既往文献[30) 31)] を参考に、「切妻屋根」、「招き屋根」、「片流れ」、「将棋駒型」、「かまぼこ型（ドーム型）」、「三角型」、「下屋（差掛け）」、「寄棟」、「陸屋根」、「ギャンブレル型」の10タイプに分け、目視判読により屋根形状が判定できないものは「その他及び不明」として扱い、合計11タイプに分けた。

以上目視判読が行えた山小屋を解析対象とし、加えて各種の既往文献より収容人数と営業形態について把握し、エクセルを用いて山小屋の属性データの作成を行った。

(2) 山小屋のジオコーディング

解析対象となった山小屋の位置をGIS上にプロットするため、国土地理院が公開している地理院地図を用いて、山小屋のジオコーディングを行った。地理院地図はインターネット上に無償公開されているweb地図である。日本全土を対象に拡大・縮小表示が可能であり、画面中央にターゲットが表示され、ターゲットの位置情報（経緯度の値）を読み取ることができる。本研究において、解析対象となった山小屋の場所に画面移動（パン）し、拡大表示したのち、画面中央のターゲットの位置情報すなわち経緯度の値（JGD2000、十進法表記）を読み取った（図2）。読み取った位置情報は、先のエクセルで作成した山小屋の属性データに追加入力した。



出典）地理院地図（国土地理院）：
<http://maps.gsi.go.jp/?z=5&ll=35.99989,138.75#18/36.420607/137.576525>

図2　地理院地図（国土地理院）を用いて目視による山小屋のジオコーディング（一例）

2－2　解析方法

(1) GISを用いた山小屋の立地特性の把握

エクセルにて作成した山小屋の属性データをGISソフトであるArcGIS10.2.2に追加し、経緯度の値を用いてシェープファイル（ポイント）に変換した（図3及び4）。加えて、山小屋の立地環境を把握するため、自然環境要素として、平均標高、

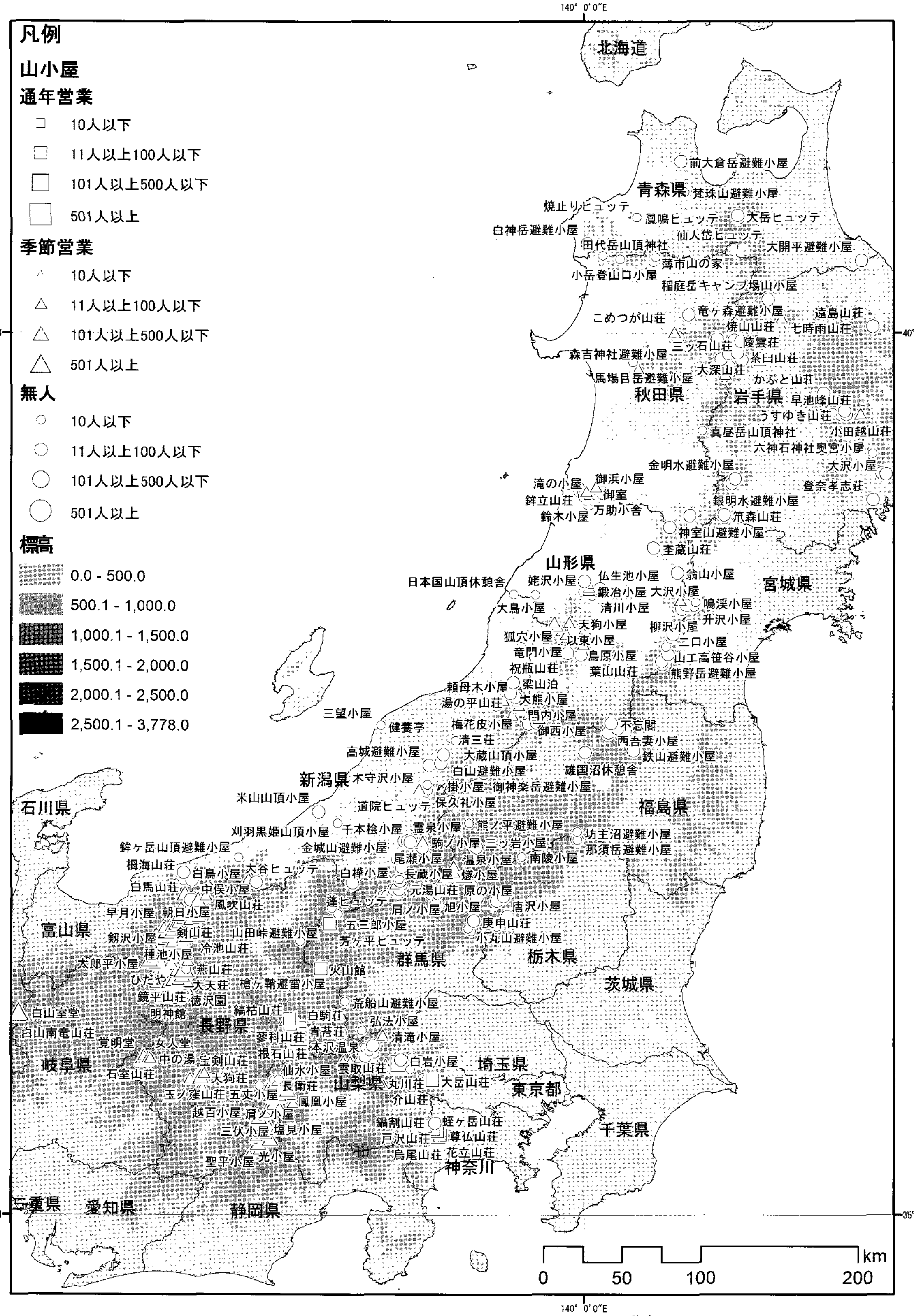
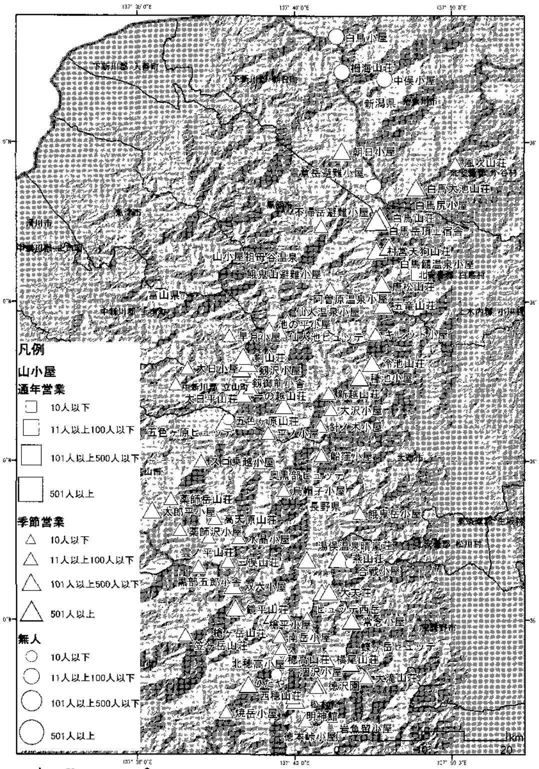
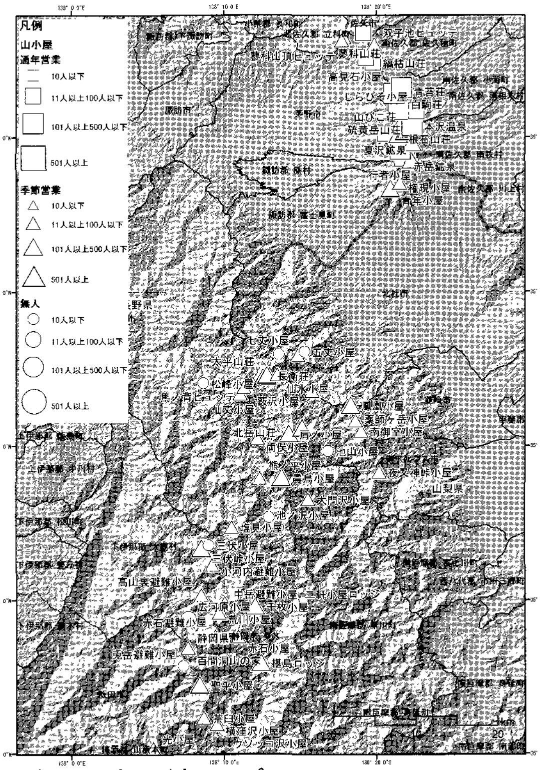


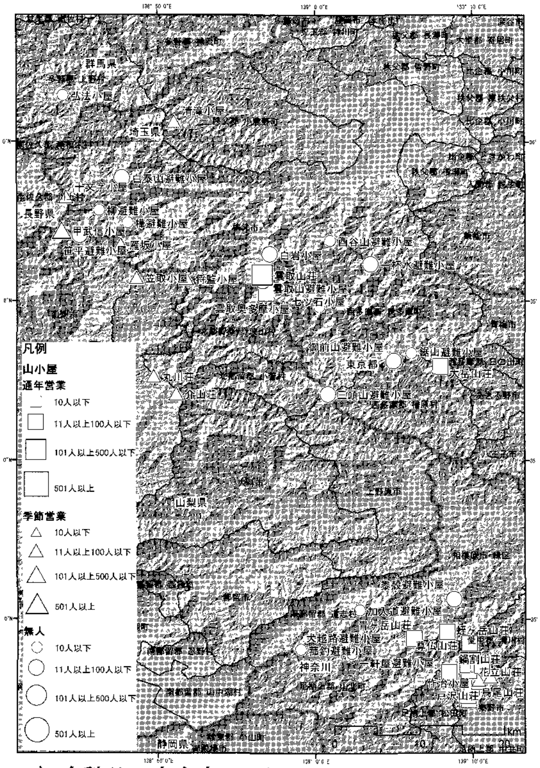
図3 解析対象にした山小屋の位置（広域図）註1)



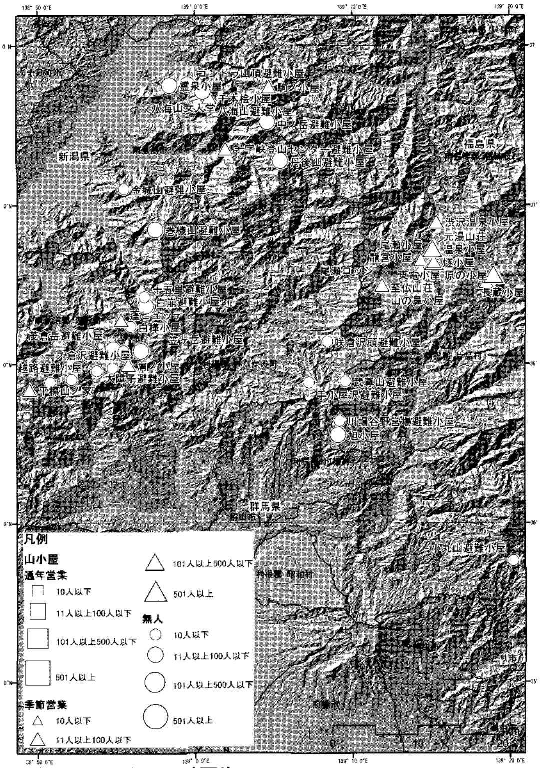
i）北アルプス



ii）八ヶ岳及び南アルプス



iii）奥秩父・奥多摩・丹沢



iv）上越国境及び尾瀬

図４　解析対象にした山小屋の位置（一部詳細図）註２）

最大傾斜角、最大斜面方位[註1)]、年最深積雪[註3)]の4種類を、一方、社会環境要素として、自然公園[註4)]、国有林、保安林[註5)]、鳥獣保護地区[註6)]、自然環境保全地域[註7)]の5種類の法令指定区域のデータを重ねた。ArcGISソフトの一つであるArcToolboxを用いて、山小屋のポイントと各レイヤと重なる箇所について各値を抽出し、ポイントに付与した。なお5種類の社会環境要素については、山小屋の位置が各法令指定区域の範囲内であれば1とし、範囲外であれば0とし、二値化した（表1）。立地環境のデータが付与されたポイントデータはエクセルファイルにエクスポートした。エクスポートされたエクセルデータより、立地環境毎の基本統計量を算出した。

表1　山小屋の属性データに供したカテゴリーリストとコード表

	要素	カテゴリ	コード	二値化コード	備考
山小屋の属性情報	屋根形状	切妻屋根	1	1	
		招き屋根	2	2	
		下屋	3		
		寄せ棟屋根・方形屋根	4		
		腰折れ屋根	5		
		三角型	6		
		将棋駒型	7		
		かまぼこ型・おむすび型	8		
		片流れ	9		
		陸屋根	10		
		不明・その他	11		ドーム型、複合型など
	収容人数	10名以下	1		
		100名以下	2		
		500名以下	3		
		501人以上	4		
	営業形態	通年営業	1		
		季節営業	2		
		無人	3		
自然環境要素	標高		数量データ		
	最大傾斜角		数量データ		
	最大斜面方位	北	1		
		北東	2		
		東	3		
		南東	4		
		南東	5		
		南西	6		
		西	7		
		北西	8		
	年最深積雪		数量データ		
社会環境要素	自然公園				
	国有林	指定内	1		
	保安林				
	鳥獣保護地区	指定外	0		
	自然環境保全地域				

(2) 主成分分析を用いた立地環境からみる山小屋の分類

立地環境のデータが付与されたエクセルデータを使用して主成分分析を行い[註8)]、立地環境に基づく山小屋の分類を行った。解析に使用した変数は、「屋根形状」、「営業形態」、「収容人数」、「平均標高」、「最大傾斜角」、「最大斜面方位」、「年最深積雪」の7つである。なお「屋根形状」は「切妻屋根」と「切妻屋根以外」に再分類した二値データである。これは、11種の屋根形状のうち極端に件数が少ないものがあり、統計解析を行った際、外れ値となるため二値化を行った。解析の結果、固有値、寄与率及び因子負荷量を算出した。加えて因子負荷量を用いて因子負荷プロット図を作成した。

得られた主成分スコアを用いてクラスター分析（ウォード法・ユークリッド平方距離）により分類した。主成分スコアを散布図にプロットし、加えてクラスター分析より得られたグループ分けを主成分スコア散布図に追記した。

(3) 判別分析による屋根形状と立地環境との関係性

山小屋の屋根形状と立地環境との関係を明らかにするため、二値データの屋根形状を目的変数とし、説明変数を山小屋の形態より「営業形態」及び「収容人数」の2つ、自然環境要素より「平均標高」、「最大傾斜角」、「最大斜面方位」及び「年最深積雪」の4つ、社会環境要素より「自然公園」1つ、合計7つを説明変数として、ステップワイズ法による判別分析を行った[註8)]。なお社会環境要素の変数について、各種法令指定区域のうち自然公園がその法律上、屋根形状に対して最も関係性が高いことから絞り込みを行った。

ステップワイズ法は説明変数の選択を行うことができる。変数の選択を行った理由は、判別分析にて得られる判別式の予測精度を向上させることと、次に行う地理的加重回帰法による解析の際に使用する変数を決定するため、である。

(4) 地理的加重回帰法による山小屋の類別と立地環境との空間的特性の把握

主成分分析及びクラスター分析によりタイプ分けされた山小屋と立地環境との空間的な特性を把握するため、目的変数をタイプ分けされた山小屋とし、説明変数を判別分析にて選択された変数として、GWRによる回帰分析を行った。なお解析に使用したソフトは、ArcGIS10.2.2のArcToolboxである。また解析の際、山小屋の座標値は世界測

地系・UTM 座標系に変換し設定した。

GWR とは、Brunsdon et al.[31] 及び Fotheringham et al.[33] が提案した計量地理学分野における手法であり、空間的な相関性を考慮した回帰計算の一つである。空間データには、空間的従属性（Spatial Dependency）や空間的異質性（Spatial Heterogeneity）といった空間的自己相関の問題が生じるため、通常の回帰分析（OLS: Ordinary Least Square）を安易に適用できないことが指摘されている[13) 14)]。

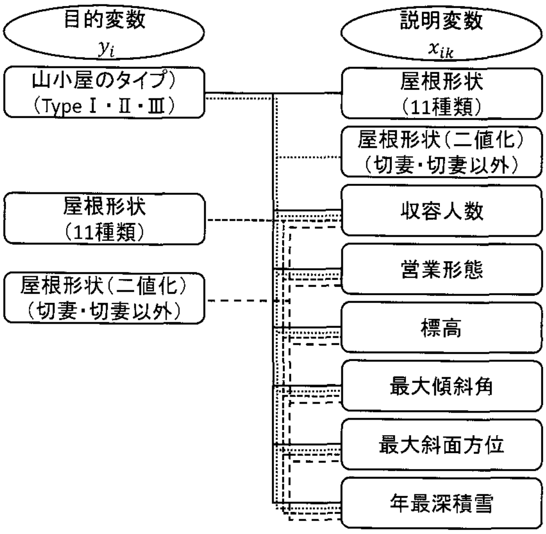
空間的従属性とは、近くにあるもの同士は相互に影響を及ぼしあうことを指す。たとえば人の噂や流行、または感染症などの逐域伝搬が挙げられる。空間的異質性とは、ある事象は対象地域内では一様ではない、すなわち地域差が生じることを指す。たとえば持ち家や自家用車の保有について、農村など地方では生活必需品としてほとんどの世帯が所有するが、都市地域では世帯の所得の違いによる、といったようなものが挙げられる。

GWR が、一般の重回帰分析と異なるのは、回帰係数を求める際、カーネル関数を利用したノンパラメトリックな係数の推定法を用いる点である。カーネル関数のバンド幅と呼ばれるパラメータが、局所的な係数の推定に利用する近傍の範囲を決める。GWR では最適なバンド幅を AICc（補正赤池情報量基準）ないし CV（The Cross-Validation Score：交差確認法）と呼ばれる方法で統計的に求める。従来の重回帰分析と GWR の比較を表 2 に示した。

表 2　従来の重回帰分析と GWR の比較表

	従来法：重回帰分析	GWR：地理的加重回帰法
回帰式	$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \cdot\cdot\cdot + \beta_p x_{ip} + \varepsilon_i$ $= \beta_0 + \sum_{k=1}^{m} \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i$ このとき y_i：目的変数($i = 1, \cdot\cdot\cdot n$) β_k：未知の回帰係数 x_{ik}：説明変数($k = 1, \cdot\cdot\cdot m$) m：m 種類の説明変数 ε_i：予測誤差 β_0：切片	$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^{m} \beta_k(u_i, v_i) x_{ik} + \varepsilon_i$ このとき、 y_i：目的変数($i = 1, \cdot\cdot\cdot n$) β_k：未知の回帰係数 x_{ik}：説明変数($k = 1, \cdot\cdot\cdot m$) m：m 種類の説明変数 u_i：観測地点iの経度方向座標 v_i：観測地点iの緯度方向座標 ε_i：予測誤差 β_0：切片
パラメータの推定	$\min_{\hat\beta_0,\hat\beta_1} \sum_j^n [y_i - \hat y_j(\hat\beta_0, \hat\beta_1)]^2$ 残差の 2 乗和を最小化するようなパラメータ値の組合せ$(\hat\beta_0, \hat\beta_1)$を求める。	・観測地点iのパラメータである$\hat\beta_{0,}(u_i, v_i)$、$\hat\beta_{1,}(u_i, v_i)$は次の問題を解くことで得られる $\min_{\hat\beta_0,\hat\beta_1} \sum_j^n [y_i - \hat y_j(\hat\beta_0, \hat\beta_1)]^2 h_{ij}$ h_{ij}は観測地点iのパラメータを推定する際に観測地点jのデータにかけられる重み ・ガウス型距離減衰関数を用いた各観測地点を中心とする局所的なパラメータを推定 $h_{ij} = \exp\left[-\left({}^{d_{ij}}/_{b}\right)^2\right]$ d_{ij}は観測地点i, j間の距離 b はバンド幅（近傍範囲） このとき b は以下の式に定義される CV スコアが最小となる b を用いる $CV = \sum_{i=1}^{n} [y_i - \widehat{y_{\neq i}}(b)]^2$ ただし$\hat y_{\neq i}(b)$：iを除いたデータによる予測値

本研究では、目的変数及び説明変数について組合せ（モデル）を検討し、最適なモデルを算出した（図5）。具体的にはGWRの解析結果として観測地ごと（山小屋のポイント）の局所的な適合度を表す局所的決定係数（Local R-squared）を計測し、GISを用いて空間分布を示した。局所的決定係数の値は0.0～1.0のレンジを示し、ローカルの回帰モデルが観測値yとの近似度合いを表す。局所決定係数の値が非常に小さい場合、ローカルモデルのパフォーマンスが低いことを示す。山小屋の分類と立地環境との関係について算出した回帰モデルの適合度合いを把握した。



註）図中の線種は、目的変数と説明変数との組合せの違いを表す。

図5　重回帰分析及び地理的加重回帰法におけるモデルの組み合わせ

3．結果及び考察

3－1　研究対象とした山小屋の属性と立地環境別でみる屋根形状

各種山岳ガイドブックに掲載されていた山小屋の写真を目視判読し、屋根形状のタイプ分けを行い（図6）、立地環境との関係についてクロス集計を行った結果を表3に示した。

全475件のデータのうち屋根形状について、最も多かった屋根形状は344件の切妻屋根であった。次いで22件の招き屋根、17件の片流れ、16件の将棋駒型とかまぼこ型、10件の三角型、9件の下屋、6件の寄せ棟、4件の陸屋根、3件の腰折れ屋根、28件のその他と続く。屋根形状と収容人数とのクロス集計について見ると、収容人数が11人以上の中規模及び大規模の山小屋については、多くが切妻屋根であった。一方、10人以下の小規模の山小屋については、およそ半分が切妻屋根であったが、残りの半分は切妻屋根以外の屋根形状が散見された。屋根形状と営業形態についてみると、最も多かった営業形態は、237件の季節営業であった。次いで206件の無人小屋であった。

次に立地環境とのクロス集計において、標高についてみると、2,500m以上の亜高山帯を除き、500m毎に標高を分けてみるとほぼ同じ割合に山小屋が存在していた。最大傾斜角についてみると、8割以上が25度以上の斜面地に山小屋が存在していた。多くの山小屋は、山岳地の稜線など急峻な地形に立地していることがわかる。最大斜面方位についてみると、一番多かったのが南向きで次いで東向きであった。日射環境なども考慮されて立地していることが考えられる。年最深積雪についてみると、約40パーセントの山小屋が積雪深100cm以下の場所に存在している。稜線上の強風地帯や圧雪による倒壊や破損等を回避する立地にあるといえる。

最後に法令指定区域についてみると、自然公園については、約88%の山小屋が自然公園内に存在する。山岳性自然公園との密接な関係性がわかる。国有林については、約66%の山小屋が国有林内に存在する。国立公園と国有林との重複は58.3%であるため[註9]、当然割合も高くなる。保安林については、約84%が保安林内に存在している。高山帯の国有林の多くは保安林にも指定されているため、割合が高い。鳥獣保護区について、約65%の山小屋が鳥獣保護地区に存在する。自然環境保全地域については、約1.7%しか山小屋が存在していなかった。自然環境保全地域は、山小屋など人為的行為のない原生な自然地域を保護することを目的としていることから存在する割合が極端に低かった。

表３　解析対象となった山小屋の属性データと屋根形状とのクロス集計表

山小屋の属性データ		屋根形状 切妻屋根 小計	切妻屋根 割合	招き屋根 小計	招き屋根 割合	片流れ 小計	片流れ 割合	将棋駒型 小計	将棋駒型 割合	かまぼこ型・おむすび型 小計	かまぼこ型・おむすび型 割合	三角型 小計	三角型 割合	下屋 小計	下屋 割合	寄せ棟屋根・方形屋根 小計	寄せ棟屋根・方形屋根 割合	腰折れ屋根 小計	腰折れ屋根 割合	陸屋根 小計	陸屋根 割合	不明・その他 小計	不明・その他 割合	総計 小計	総計 割合
		344	72.4%	22	4.6%	17	3.6%	16	3.4%	16	3.4%	10	2.1%	9	1.9%	6	1.3%	3	0.6%	4	0.8%	28	5.9%	475	100.0%
収容人数	≦10人	49	10.3%	3	0.6%	10	2.1%	4	0.8%	13	2.7%	4	0.8%	0	0.0%	2	0.4%	0	0.0%	0	0.0%	12	2.5%	97	20.4%
	11-100	226	47.6%	13	2.7%	7	1.5%	11	2.3%	3	0.6%	6	1.3%	6	1.3%	4	0.8%	2	0.4%	4	0.8%	14	2.9%	296	62.3%
	101-500	64	13.5%	6	1.3%	0	0.0%	1	0.2%	0	0.0%	0	0.0%	3	0.6%	0	0.0%	1	0.2%	0	0.0%	2	0.4%	77	16.2%
	501≦	5	1.1%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	5	1.1%
営業形態	通年営業	28	5.9%	0	0.0%	1	0.2%	0	0.0%	0	0.0%	1	0.2%	1	0.2%	1	0.2%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	32	6.7%
	季節営業	189	39.8%	15	3.2%	2	0.4%	5	1.1%	0	0.0%	2	0.4%	8	1.7%	2	0.4%	3	0.6%	1	0.2%	10	2.1%	237	49.9%
	無人	127	26.7%	7	1.5%	14	2.9%	11	2.3%	16	3.4%	7	1.5%	0	0.0%	3	0.6%	0	0.0%	3	0.6%	18	3.8%	206	43.4%
平均標高	<1,000m	72	15.2%	1	0.2%	8	1.7%	6	1.3%	3	0.6%	5	1.1%	0	0.0%	1	0.2%	0	0.0%	1	0.2%	3	0.6%	100	21.1%
	1,000m-1,500m	77	16.2%	7	1.5%	5	1.1%	3	0.6%	3	0.6%	0	0.0%	2	0.4%	4	0.8%	0	0.0%	0	0.0%	8	1.7%	109	22.9%
	1,500m-2,000m	74	15.6%	7	1.5%	3	0.6%	6	1.3%	9	1.9%	3	0.6%	0	0.0%	1	0.2%	1	0.2%	2	0.4%	6	1.3%	112	23.6%
	2,000m-2,500m	85	17.9%	5	1.1%	1	0.2%	1	0.2%	1	0.2%	2	0.4%	2	0.4%	0	0.0%	1	0.2%	0	0.0%	10	2.1%	108	22.7%
	2,500m≦	36	7.6%	2	0.4%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	5	1.1%	0	0.0%	1	0.2%	1	0.2%	1	0.2%	46	9.7%
最大傾斜角	<8°	7	1.5%	1	0.2%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	8	1.7%
	8° −15°	4	0.8%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	1	0.2%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	5	1.1%
	15° −25°	21	4.4%	1	0.2%	1	0.2%	2	0.4%	1	0.2%	2	0.4%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	2	0.4%	3	0.6%	33	6.9%
	25° −40°	223	46.9%	14	2.9%	15	3.2%	9	1.9%	13	2.7%	6	1.3%	5	1.1%	5	1.1%	2	0.4%	1	0.2%	12	2.5%	305	64.2%
	40° ≦	89	18.7%	6	1.3%	1	0.2%	5	1.1%	2	0.4%	2	0.4%	3	0.6%	1	0.2%	1	0.2%	1	0.2%	13	2.7%	124	26.1%
最大斜面方位	北	26	5.5%	0	0.0%	0	0.0%	2	0.4%	1	0.2%	1	0.2%	0	0.0%	1	0.2%	0	0.0%	0	0.0%	4	0.8%	35	7.4%
	北東	24	5.1%	2	0.4%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	3	0.6%	29	6.1%
	東	79	16.6%	2	0.4%	4	0.8%	5	1.1%	2	0.4%	3	0.6%	0	0.0%	2	0.4%	1	0.2%	1	0.2%	4	0.8%	103	21.7%
	南東	33	6.9%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	2	0.4%	0	0.0%	4	0.8%	0	0.0%	0	0.0%	1	0.2%	1	0.2%	41	8.6%
	南	118	24.8%	12	2.5%	9	1.9%	2	0.4%	5	1.1%	5	1.1%	5	1.1%	1	0.2%	0	0.0%	1	0.2%	10	2.1%	168	35.4%
	南西	21	4.4%	2	0.4%	1	0.2%	2	0.4%	2	0.4%	1	0.2%	0	0.0%	1	0.2%	0	0.0%	0	0.0%	4	0.8%	34	7.2%
	西	19	4.0%	3	0.6%	1	0.2%	3	0.6%	1	0.2%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	1	0.2%	0	0.0%	28	5.9%
	北西	24	5.1%	1	0.2%	2	0.4%	2	0.4%	3	0.6%	0	0.0%	0	0.0%	1	0.2%	2	0.4%	0	0.0%	2	0.4%	37	7.8%
年最深積雪	<100cm	157	33.1%	11	2.3%	5	1.1%	1	0.2%	4	0.8%	3	0.6%	8	1.7%	2	0.4%	1	0.2%	3	0.6%	13	2.7%	208	43.8%
	100cm-200cm	88	18.5%	5	1.1%	7	1.5%	4	0.8%	8	1.7%	3	0.6%	0	0.0%	2	0.4%	1	0.2%	1	0.2%	6	1.3%	125	26.3%
	200cm-300cm	62	13.1%	6	1.3%	4	0.8%	9	1.9%	4	0.8%	4	0.8%	1	0.2%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	5	1.1%	95	20.0%
	300cm≦	37	7.8%	0	0.0%	1	0.2%	2	0.4%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	2	0.4%	1	0.2%	0	0.0%	4	0.8%	47	9.9%
自然公園	指定内	304	64.0%	21	4.4%	11	2.3%	16	3.4%	13	2.7%	8	1.7%	9	1.9%	6	1.3%	3	0.6%	4	0.8%	24	5.1%	419	88.2%
	指定外	40	8.4%	1	0.2%	6	1.3%	0	0.0%	3	0.6%	2	0.4%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	4	0.8%	56	11.8%
国有林	指定内	222	46.7%	12	2.5%	14	2.9%	15	3.2%	14	2.9%	7	1.5%	7	1.5%	3	0.6%	1	0.2%	3	0.6%	18	3.8%	316	66.5%
	指定外	122	25.7%	10	2.1%	3	0.6%	1	0.2%	2	0.4%	3	0.6%	2	0.4%	3	0.6%	2	0.4%	1	0.2%	10	2.1%	159	33.5%
保安林	指定内	290	61.1%	16	3.4%	13	2.7%	14	2.9%	15	3.2%	8	1.7%	9	1.9%	6	1.3%	3	0.6%	3	0.6%	24	5.1%	401	84.4%
	指定外	54	11.4%	6	1.3%	4	0.8%	2	0.4%	1	0.2%	2	0.4%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	1	0.2%	4	0.8%	74	15.6%
鳥獣保護地区	指定内	225	47.4%	17	3.6%	7	1.5%	6	1.3%	12	2.5%	6	1.3%	6	1.3%	4	0.8%	2	0.4%	4	0.8%	21	4.4%	310	65.3%
	指定外	119	25.1%	5	1.1%	10	2.1%	10	2.1%	4	0.8%	4	0.8%	3	0.6%	2	0.4%	1	0.2%	0	0.0%	7	1.5%	165	34.7%
自然環境保全地域	指定内	5	1.1%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	2	0.4%	1	0.2%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	8	1.7%
	指定外	339	71.4%	22	4.6%	17	3.6%	16	3.4%	14	2.9%	9	1.9%	9	1.9%	6	1.3%	3	0.6%	4	0.8%	28	5.9%	467	98.3%

註）割合は、山小屋の属性毎に算出。

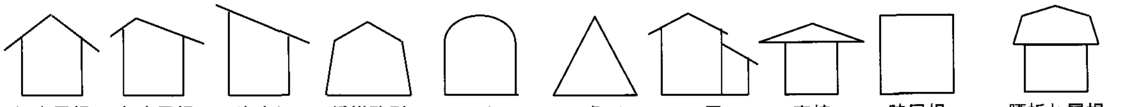


図６　目視判読した山小屋の屋根形状

３－２　主成分分析及びクラスター分析を用いた立地環境からみる山小屋の分類

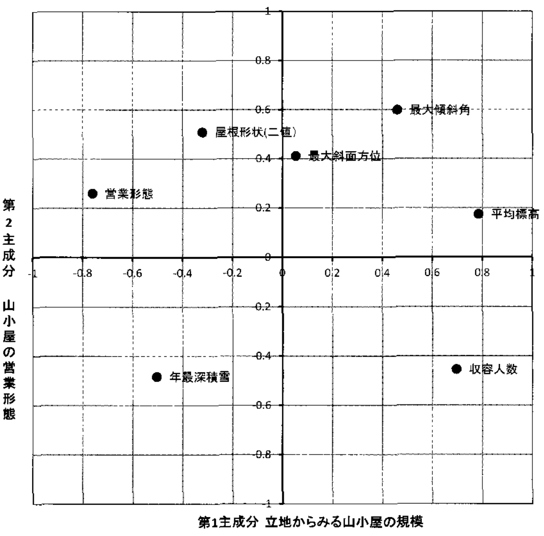
立地環境を考慮した山小屋のグループ分けを行うため、これまで作成した山小屋の属性データを用いて主成分分析を行った。解析結果を表４、図７及び図８に示す。第２主成分までの累積寄与率

表4　固有値と寄与率

	第1主成分	第2主成分
軸解釈	立地からみる山小屋の規模	山小屋の営業形態
固有値	2.25	1.32
寄与率(%)	32.15	18.91
累積寄与率(%)	32.15	51.06

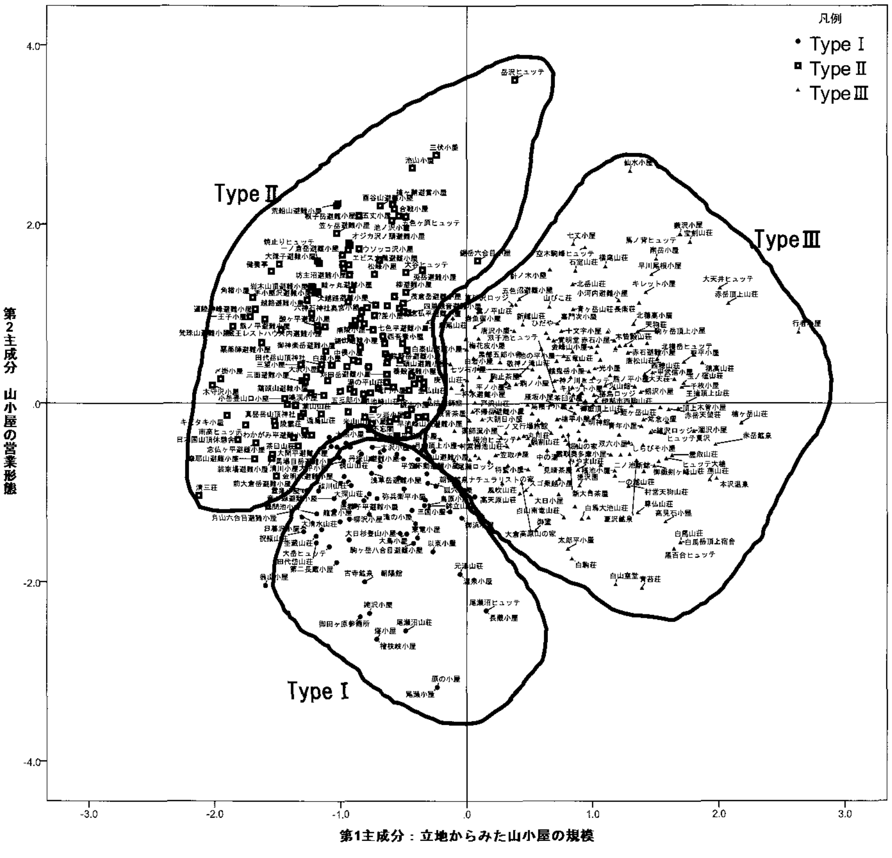
が51.06%であった。因子負荷プロットは分析に使用した変数毎に算出された因子負荷量をプロットしたグラフである。因子負荷プロットは、変数同士の関係の強さを視覚的に把握することができる。「営業形態」及び「屋根形状」は近い位置にあるため、互いの関連性が高いと言える。一方、対角線に位置していのが、「収容人数」であった。因子負荷プロットにおいて、互いが関係性の遠いもの同士が対角線上に付置される[34)]。

以上のことを考慮し各主成分の解釈をすると、



註）図中の数値は、各変数の因子負荷量を表す。

図7　因子負荷プロット



註）図中の数値は、主成分分析より新たに得られた2変数に対する主成分スコアを表す。

図8　主成分スコア散布図

表5　主成分分析及びクラスター分析より得られた山小屋タイプの特徴

	タイプ毎の特徴	総計	屋根形状		収容人数				営業形態		
			切妻	切妻以外	10人以下	11人以上100人以下	101人以上500人以下	501人以上	通年営業	季節営業	無人
Type I	切妻屋根が多く中規模程度の無人もしくは季節営業の山小屋	89	83	6	0	82	7	0	0	38	51
Type II	切妻以外の特徴的な屋根形状を持ち、小から中規模程度の無人の山小屋	149	61	88	93	56	0	0	0	10	139
Type III	切妻屋根で、中から大規模の通年営業ないし季節営業の山小屋	237	200	37	4	158	70	5	32	189	16
総計		475	344	131	97	296	77	5	32	237	206

第1主成分は正の値に、「平均標高」、「収容人数」、「最大傾斜角」及び「最大斜面方向」がプロットされている。対して負の値には、「営業形態」、「屋根形状」、「年最深積雪」がプロットされている。正の値に位置する変数は、その内容から山小屋の規模と規模に影響を与える立地環境を示している。このことから、第1主成分は、「立地からみる山小屋の規模」を示す軸と名付けた。

次に第2主成分は、正の値に「営業形態」、「屋根形状」、「最大傾斜角」、「最大斜面方向」、「平均標高」がプロットされている。一方、負の値には、「年最深積雪」及び「収容人数」がプロットされている。正の値に位置する変数は、屋根形状と関係がある山小屋の営業形態に関連する内容を示しているといえる。このことから、第2主成分は、「山小屋の営業形態」を表す軸と名付けた。

主成分スコア散布図（図8）は、主成分分析より得られた新しい2変数に対するレコード（山小屋）毎の主成分スコアを算出し、プロットしたものである。さらにグループを可視化するため、得られた2変数の主成分スコアを用いて、クラスター分析を行った。ユークリッド平方距離5.0で分類した結果、3つのタイプに分けられた。

得られた3つのタイプと山小屋の属性データを用いてクロス集計を行った（表5）。タイプⅠの総計は89件であった。その特徴は、屋根形状では切妻屋根が83件、収容人数では11人以上100人以下の規模が82件、営業形態では無人が51件であった。したがってタイプⅠは、屋根形状は切妻が多く中規模程度の無人もしくは季節営業の山小屋であるといえる。次に、タイプⅡの総計は149件であった。その特徴は、屋根形状では切妻以外の屋根が88件、収容人数では10人以下の規模が93件、営業形態では無人が139件であった。したがってタイプⅡは、屋根形状は切妻以外の特徴的な形状を持ち、小から中規模程度の無人の山小屋であるといえる。最後に、タイプⅢの総計は237件であった。その特徴は、屋根形状では切妻屋根が200件、収容人数では11人以上100人以下の規模が158件、101人以上の規模が75件、営業形態では季節営業が189件であった。したがってタイプⅢは、屋根形状は切妻屋根で、中から大規模の通年営業ないし季節営業の山小屋であるといえる。

3－3　判別分析を用いた山小屋の屋根形状と立地環境との関係性

屋根形状と立地環境との関係性を明らかにするため、二値化した屋根形状を目的変数とし、収容人数、営業、平均標高、最大傾斜角、最大斜面方位、年最深積雪、自然公園の7つを説明変数としてステップワイズ法による判別分析を行った。解析結果を図9、表6及び7に示す。

7つの変数のうち、目的変数として統計的に有意な変数は、「収容人数」「営業形態」「最大斜面方位」の3つであった。標準化された線型判別関数は各説明変数における目的変数に対する影響度が分かる[35]。二値データ化した屋根形状に対して最も影響を与えている変数は、収容人数であり、次いで営業形態、最大斜面方位の順であった。判別分析では、判別式を得ることができる（式1）。結果は表6の通りである。なお一致率は、63.8%であった（表7）。

判別式において、Zの値が正の値の場合はその

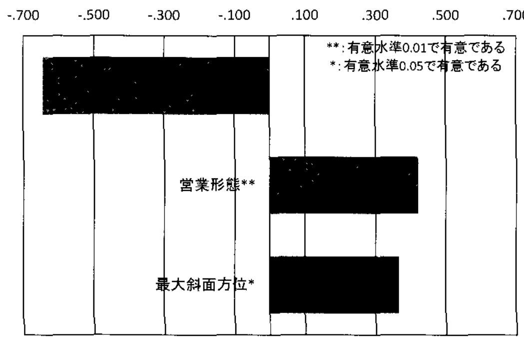


図9　標準化された線型判別関数

表6　線型判別関数

	係数	変数	定数
Z=	−1.045	収容人数	
	0.710	営業形態	
	0.201	最大斜面方位	
			−0.505

Z＜0：切妻屋根、Z＞0：その他の屋根

表7　正答率と誤判別率

			判別分析		
			切妻屋根	その他の屋根	合計
元のデータ	切妻屋根	件	228	116	344
		%	66.3	33.7	100
	その他の屋根	件	56	75	131
		%	42.7	57.3	100

元のデータと判別分析との一致率=63.8%

他の屋根と判定される。負の値の場合は切妻屋根と判定される。なお判別分析に使用した説明変数は、表1に示したとおり、カテゴリをコード化した質的データである。標準化された線型判別関数の変数ごとにみると、収容人数の係数が負の値であるため小屋の規模が大きくなるほど、すなわちそのカテゴリ値が大きくなるため屋根形状は切妻屋根である傾向を示す。一方、営業形態と最大斜面方位の係数は正の値である。営業形態が季節営業ないし無人であると屋根形状は、切妻屋根よりもその他の屋根となる傾向を示す。最大斜面方位については、表3における最大斜面方位と屋根形状とのクロス集計をみると、東斜面と南斜面の二極分布を成している。表1の通り東斜面のカテゴリ値が3に対して南斜面のカテゴリ値が5となるため、東斜面より南斜面の方がその他の屋根になる傾向を示した。

$$Z=-1.045\times\text{収容人数}+0.710\times\text{営業形態}+0.201\times\text{最大斜面方位}-0.505 \quad (\text{式}1)$$

3－4　地理的加重回帰法による山小屋の類別と立地環境との空間的特性の把握

本研究では、山小屋の類別と立地環境との空間的特性の把握するため、図5に示した目的変数及び説明変数の組合せ（モデル）を作成し、両変数の関係について重回帰分析及びGWRによる回帰分析を行った。その結果を表8に示す。

本研究で組んだモデルは次の7つである。「モデル1」では目的変数を3つに分類された山小屋タイプとし、説明変数を屋根形状（11種）、収容人数、営業形態、平均標高、最大傾斜角、最大斜面方位、年最深積雪の7変数とした。「モデル2」では目的変数を3つに分類された山小屋タイプとし、説明変数を屋根形状（二値データ）、収容人数、営業形態、平均標高、最大傾斜角、最大斜面方位、年最深積雪の7変数とした。「モデル3」では目的変数を3つに分類された山小屋タイプとし、説明変数を先のステップワイズ法による判別分析より選択された収容人数、営業形態及び斜面方位の3変数とした。「モデル4」では目的変数を屋根形状（11種）とし、説明変数を収容人数、営業形態、平均標高、最大傾斜角、最大斜面方位、年最深積雪の6変数とした。「モデル5」では目的変数を屋根形状（11種）とし、説明変数を収容人数、営業形態、最大斜面方位の3変数とした。「モデル6」では目的変数を屋根形状（二値データ）とし、説明変数を収容人数、営業形態、平均標高、最大傾斜角、最大斜面方位、年最深積雪の6変数とした。最後に「モデル7」では目的変数を屋根形状（二値データ）とし、説明変数を収容人数、営業形態、最大斜面方位の3変数とした。

上記の7つのモデルに対して重回帰分析を行った。重回帰分析において決定係数は、回帰式の有効性を評価するものである。決定係数（R2）の値が高かったのは、0.664の値を示した「モデル1」、次いで0.663の値を示した「モデル2」及び「モデル4」であった。補正赤池情報量規準（Corrected Akaike's Information Criterion）は、モデルの適合度合を見ることができる、その値が小さいほど適合度合いが高いことを表す。同列であった4つの

表8　モデル毎に算出した重回帰分析及び地理的加重回帰による分析の結果

		重回帰分析(通常のOLS)による推定結果					地理的加重回帰による係数の推定結果	推定された係数				
	目的変数	説明変数	係数	標準誤差	t値		説明変数	最小値	第1四分位数	中央値	第3四分位数	最大値
モデル1	山小屋3タイプ	屋根形状(11種類)	0.00861	0.00696	1.23767		屋根形状(11種類)	-0.00018	0.00250	0.00464	0.01248	0.02380
		収容人数	-0.01695	0.04229	-0.40075		収容人数	-0.09492	-0.03013	-0.00109	0.00581	0.01445
		営業形態	-0.42279	0.04284	-9.86877	***	営業形態	-0.42303	-0.42140	-0.42050	-0.41504	-0.38287
		平均標高	0.00036	0.00004	9.06281	***	平均標高	0.00032	0.00033	0.00034	0.00037	0.00044
		最大傾斜角	0.01669	0.00240	6.95348	***	最大傾斜角	0.01582	0.01639	0.01670	0.01792	0.01935
		最大斜面方位	0.04317	0.01135	3.80158	***	最大斜面方位	0.03149	0.03428	0.03672	0.04682	0.06761
		年最深積雪	-0.00223	0.00021	-10.61524	***	年最深積雪	-0.00224	-0.00223	-0.00221	-0.00219	-0.00215
		観測数	475				観測数	475				
		AICc	597.668				バンド幅	499,376.931m(49.9km)				
		R^2	0.664				AIC(AICc)	565.387				
		残差のMoran's I	1.193(Z値 3.245)				R^2	0.686				
							残差のMoran's I	1.268(Z値 3.451)				
モデル2	山小屋3タイプ	屋根形状(二値データ)	0.05618	0.04805	1.16927		屋根形状(二値データ)	0.02446	0.03360	0.04093	0.06736	0.11117
		収容人数	-0.01931	0.04201	-0.45949		収容人数	-0.05757	-0.02647	-0.00972	-0.00531	0.00038
		営業	-0.42073	0.04268	-9.85713	***	営業	-0.42200	-0.42086	-0.42027	-0.41621	-0.40411
		平均標高	0.00036	0.00004	9.06260	***	平均標高	0.00034	0.00035	0.00035	0.00037	0.00040
		最大傾斜角	0.01677	0.00240	6.98794	***	最大傾斜角	0.01629	0.01659	0.01675	0.01743	0.01825
		最大斜面方位	0.04260	0.01139	3.73902	***	最大斜面方位	0.03634	0.03796	0.03929	0.04434	0.05381
		年最深積雪	-0.00222	0.00021	-10.59712	***	年最深積雪	-0.00223	-0.00222	-0.00222	-0.00221	-0.00220
		観測数	475				観測数	475				
		AICc	597.835				バンド幅	702,135.979m(70.2km)				
		R^2	0.663				AIC(AICc)	580.590				
		残差のMoran's I	1.235(Z値 3.361)				R^2	0.674				
							残差のMoran's I	1.274(Z値 3.466)				
モデル3	山小屋3タイプ	収容人数	0.01946	0.05407	0.35995		収容人数	-0.56704	-0.41299	0.07414	0.22881	0.37630
		営業形態	-0.68784	0.05702	-12.06222	***	営業形態	-0.82164	-0.46276	-0.26830	-0.18841	-0.00220
		最大斜面方位	0.06469	0.01585	4.08079	***	最大斜面方位	-0.01616	-0.00458	0.01096	0.11116	0.14688
		観測数	475				観測数	475				
		AICc	919.941				バンド幅	111,938.464m(11.1km)				
		R^2	0.325				AIC(AICc)	603.706				
		残差のMoran's I	1.000(Z値 2.724)				R^2	0.671				
							残差のMoran's I	1.166(Z値 3.182)				
モデル4	屋根形状(11種類)	収容人数	-0.01695	0.04229	-0.40075		収容人数	-1.27891	-1.26308	-1.25042	-1.19049	-1.06220
		営業形態	-0.42279	0.04284	-9.86877	***	営業形態	0.48405	0.82091	0.88010	0.91776	0.98670
		平均標高	0.00036	0.00004	9.06281	***	平均標高	0.00027	0.00037	0.00039	0.00040	0.00041
		最大傾斜角	0.01669	0.00240	6.95348	***	最大傾斜角	-0.00740	0.00672	0.01117	0.01205	0.01312
		最大斜面方位	0.04317	0.01135	3.80158	***	最大斜面方位	0.06633	0.09111	0.09409	0.09643	0.09855
		年最深積雪	-0.00223	0.00021	-10.61524	***	年最深積雪	-0.00013	0.00164	0.00213	0.00229	0.00241
		観測数	475				観測数	475				
		AICc	597.835				バンド幅	439,098.430m(43.9km)				
		R^2	0.663				AIC(AICc)	2,394.026				
		残差のMoran's I	0.483(Z値 1.321)				R^2	0.124				
							残差のMoran's I	0.440(Z値 1.203)				
モデル5	屋根形状(11種類)	収容人数	-1.07052	0.25465	-4.20397	***	収容人数	-2.84228	-1.09186	-1.02293	-0.97201	1.21694
		営業形態	0.78668	0.26857	2.92910	***	営業形態	-3.54036	0.68703	0.96749	1.28725	2.66059
		最大斜面方位	0.09365	0.07466	1.25441		最大斜面方位	-0.17391	0.04665	0.09790	0.18527	0.24207
		観測数	475				観測数	475				
		AICc	2,392.107				バンド幅	111938.464m(11.1km)				
		R^2	0.109				AIC(AICc)	2,371.907				
		残差のMoran's I	0.456(Z値 1.246)				R^2	0.188				
							残差のMoran's I	0.289(Z値 0.791)				
モデル6	屋根形状(二値データ)	収容人数	-0.14473	0.03986	-3.63080	***	収容人数	-0.15378	-0.14733	-0.14319	-0.14163	-0.13958
		営業形態	0.08832	0.04086	2.16168	**	営業形態	0.02315	0.08949	0.10781	0.11357	0.12211
		平均標高	0.00005	0.00004	1.39404		平均標高	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00006
		最大傾斜角	-0.00048	0.00231	-0.20639		最大傾斜角	-0.00090	-0.00065	-0.00052	-0.00047	-0.00040
		最大斜面方位	0.02239	0.01091	2.05161	**	最大斜面方位	0.01915	0.02466	0.02511	0.02554	0.02582
		年最深積雪	0.00013	0.00020	0.63117	*	年最深積雪	-0.00003	0.00016	0.00021	0.00023	0.00025
		観測数	475				観測数	475				
		AICc	559.963				バンド幅	434,774.890m(43.4km)				
		R^2	0.079				AIC(AICc)	557.957				
		残差のMoran's I	0.317(Z値 0.867)				R^2	0.089				
							残差のMoran's I	0.293(Z値 0.803)				
モデル7	屋根形状(二値データ)	収容人数	-0.12372	0.03685	-3.35720	***	収容人数	-0.41236	-0.13873	-0.09636	-0.07314	0.15188
		営業形態	0.08327	0.03887	2.14224	**	営業形態	-0.55964	0.08818	0.11589	0.16326	0.27121
		最大斜面方位	0.02354	0.01081	2.17859	**	最大斜面方位	-0.01529	0.01751	0.02621	0.03825	0.04573
		観測数	475				観測数	475				
		AICc	555.830				バンド幅	111,938.464m(11.1km)				
		R^2	0.075				AIC(AICc)	541.200				
		残差のMoran's I	0.256(Z値 0.700)				R^2	0.154				
							残差のMoran's I	0.125(Z値 0.344)				

*:10%有意、**:5%有意、***:1%有意

註）網掛け（灰色）箇所は、本文中で取り上げているモデルを指す。

モデルの内、「モデル 1」の AICc が 597.67 で最も小さい値だった。重回帰分析においては、モデルの精度は「モデル 1」が最も高いことが分かった。

次に、同様に上記の 7 つのモデルに対して GWR による回帰分析を行った。決定係数（R2）が最も高かったのは「モデル 1」で、値は 0.686 であった。AICc についても「モデル 1」が 565.387 と最も小さく、GWR では、モデルの精度は「モデル 1」が最も高いことが分かった。

上述した「モデル 1」を用いて、GWR の解析結果を述べる。観測地点（山小屋地点）ごとの局所的な適合度を表す局所的決定係数（Local R-squared）は、0.637 から 0.656 の範囲を示し全般的には高い値を示しているといえる（図 10）。すなわち、山小屋の分類と立地環境との関係について算出した回帰モデルの適合度合いが高いことを表す。最適なバンド幅は 49.9km であった。この結果から、目的変数である山小屋のタイプについて、その空間的な特性を考慮した各説明変数の総合的な影響範囲（近傍範囲）は、半径約 50km（直径約 100km）であった。すなわち一つの山域単位（北アルプスや南アルプスといった広さ）程度であると判断できる。通常の回帰モデルでは、偏回帰係数はデータ全体に対して 1 組のみ推定される。一方 GWR では、回帰係数は地区（本研究では山小屋ポイント毎）に対して推定される[36]。つまり、回帰係数は空間的に変動すると仮定した上で、それをローカルに推定するモデルである。GWR モデルでは、同じ目的変数と説明変数を持つ回帰モデルが、解析対象地上に多数推定される。

表 8 の係数（偏回帰係数）の推定結果について、「モデル 1」において重回帰分析より得られた係数と GWR で得られた係数の推定結果を比較すると、「屋根形状（11 種）」と「収容人数」において符号条件が異なった。重回帰分析では、「屋根形状（11 種）」は正の値であるのに対し、GWR では負の値も示した。このことは目的変数に対して値を引き下げようとする、すなわち山小屋のタイプは Type Ⅲよりも Type Ⅱないし I に分類される傾向を意味する。モデル 1 を用いた GWR 推定係数を GIS に表示した（図 11 から図 17）ものを見ると、図 11 は「屋根形状（11 種）」の係数の分布を示している。この中で負の値を示した箇所は、白山にある 2 小屋及び南アルプス南部の光小屋であった。これらの小屋は、独立峰に存在していたり（白山）、同一山域内で他の小屋から距離が離れている小屋（光小屋）であったりするなど特殊な立地であると推察される。

また、「収容人数」についてみると、重回帰分析では負の値であるのに対し、GWR では正の値も示している。このことは目的変数に対して値を引き上げようとする、すなわち山小屋のタイプは Type I よりも Type ⅡないしⅢに分類される傾向を意味する。図 12 をみると正の値を示した箇所は、北アルプス、南アルプスなど有名な山岳地域である。これらの山岳地域の山小屋は、屋根形状は切妻屋根で、中から大規模の通年営業ないし季節営業の山小屋であり、全国の山小屋の大多数を占めるタイプであることが分かる。これらの結果は、説明変数が局所的な条件によって想定される符号条件と一致するとは限らないことを示唆しており、係数の定常性を仮定する重回帰分析では、補足が困難であるという点で興味深い結果である。

以上の結果より、本研究において重回帰分析より局所的パラメータの空間分布を把握することができる GWR の方が、モデルとしての適合性は高く、一定と仮定する通常の回帰方法を用いた分析では得られない空間的な要素を加味した結果を得ることができた。すなわち、山小屋のタイプは、立地特性と大きく関係性を持っていることを示すことができたといえる。

4．まとめ

本研究では、山岳地のレジャー資源の一つである山小屋を対象に、多変量解析を用いて山小屋の屋根形状の分類を行い、得られた分類と山小屋の立地特性との関係について GWR による回帰分析を用いて明らかにした。具体的には以下の 4 点を明らかにすることができた。

①既存の山岳ガイドブックより目視判読した 475 件の山小屋を対象に屋根形状の分類を行ったところ、11 種類に分けることができた。最も多かった屋根形状は 344 件の切妻屋根であり、全体の 72%を占める。

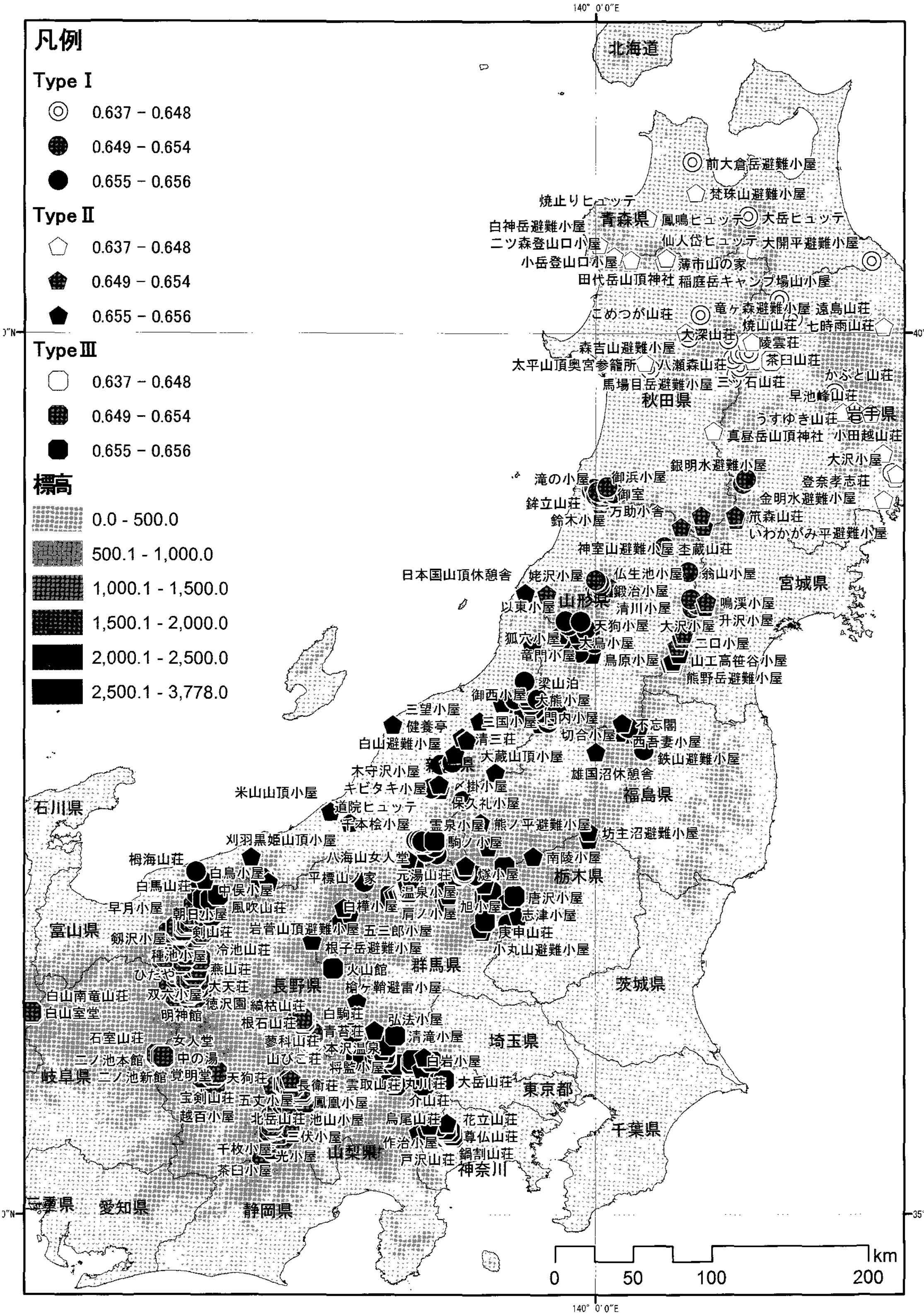


図 10　モデル 1 を用いた地理的加重回帰法における局所的決定係数の分布（n=475）

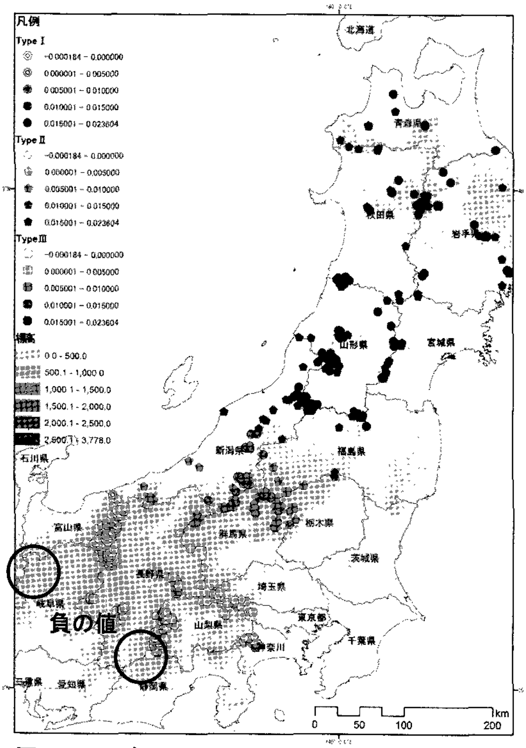


図 11　モデル 1 を用いた GWR 推定パラメータ「屋根形状」の空間分布

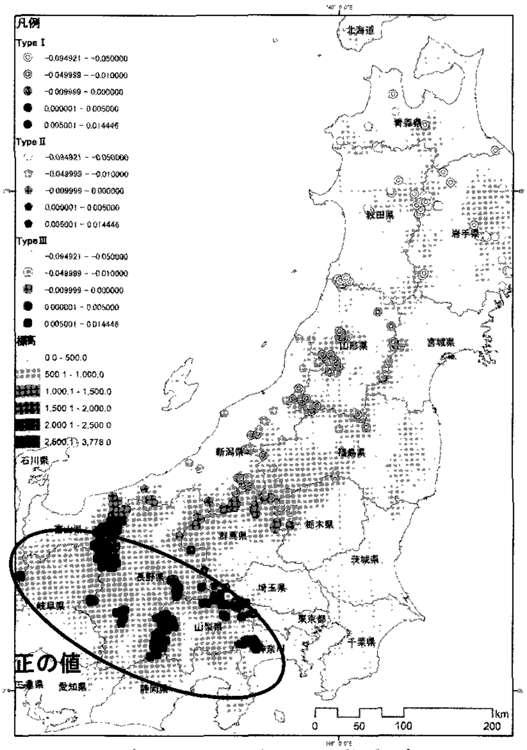


図 12　モデル 1 を用いた GWR 推定パラメータ「収容人数」の空間分布

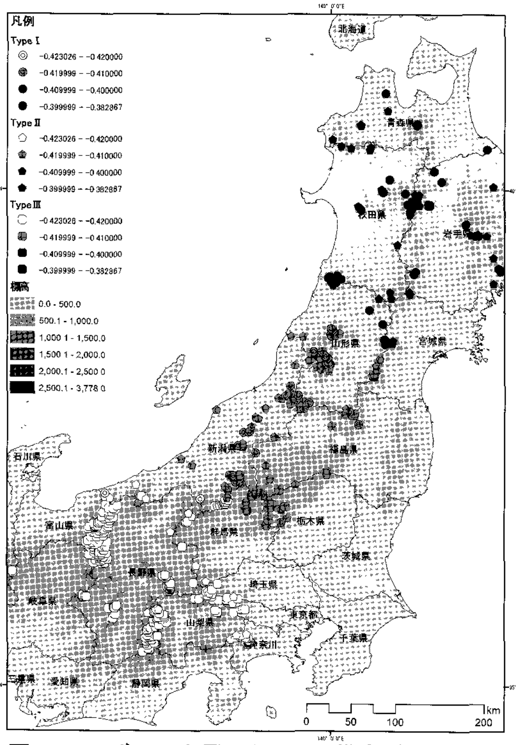


図 13　モデル 1 を用いた GWR 推定パラメータ「営業形態」の空間分布

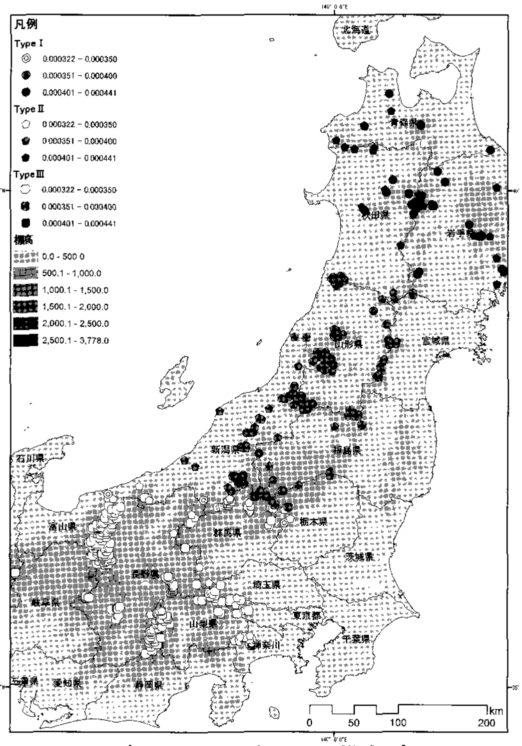


図 14　モデル 1 を用いた GWR 推定パラメータ「平均標高」の空間分布

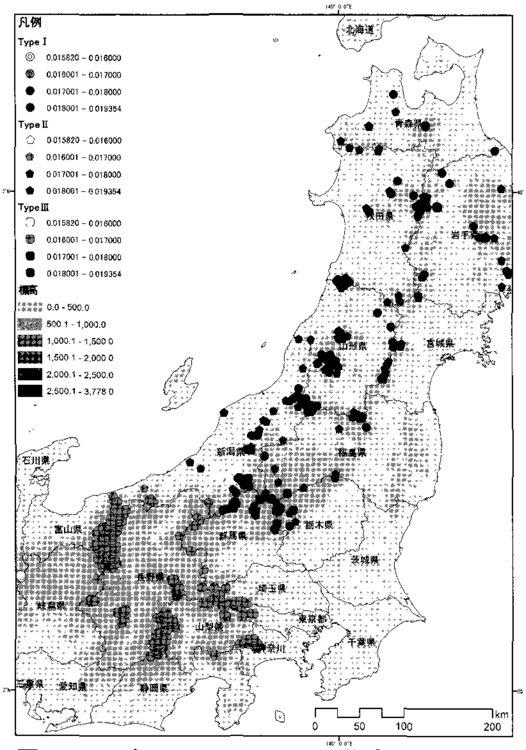


図 15　モデル 1 を用いた GWR 推定パラメータ「最大傾斜角」の空間分布

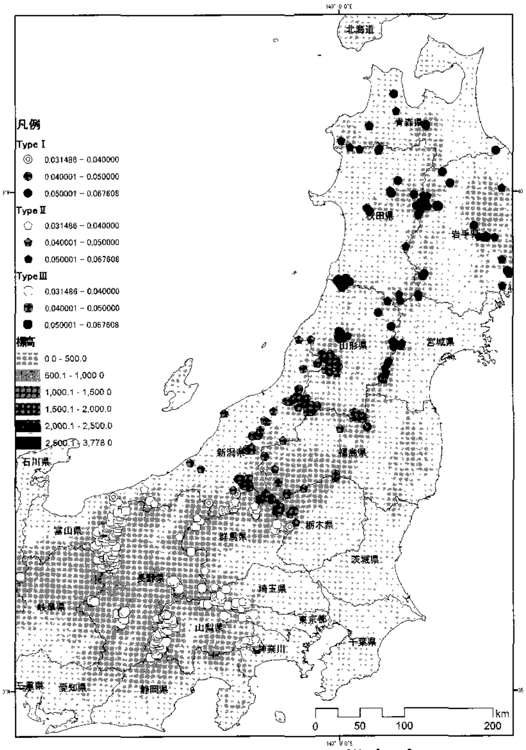


図 16　モデル 1 を用いた GWR 推定パラメータ「最大斜面方位」の空間分布

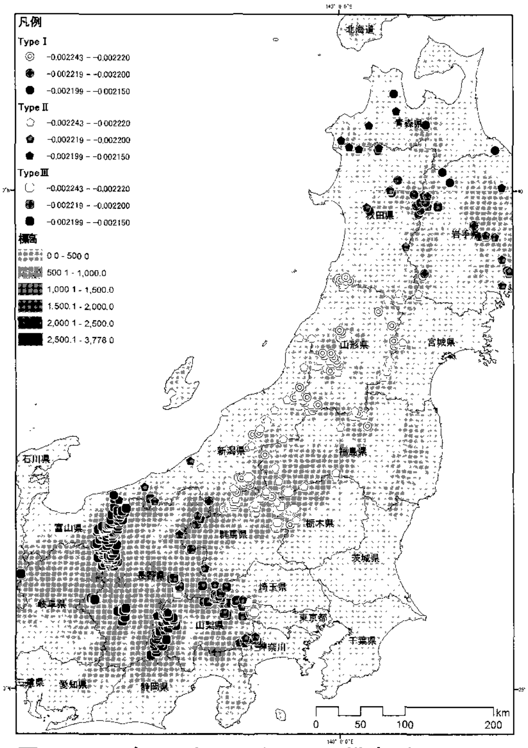


図 17　モデル 1 を用いた GWR 推定パラメータ「年最深積雪」の空間分布

②分類した屋根形状、収容人数や標高など立地環境の属性データを付与し、主成分分析及びクラスター分析を用いて山小屋のタイプ分けを行ったところ、3つのタイプに分類された。タイプⅠは切妻屋根が多く中規模程度の無人もしくは季節営業の山小屋、タイプⅡは切妻以外の特徴的な屋根形状を持ち、小から中規模程度の無人の山小屋、タイプⅢは切妻屋根で、中から大規模の通年営業ないし季節営業の山小屋であった。

③判別分析の結果より屋根形状と立地環境との関係性を明らかにした。統計的に有意であった「収容人数」「営業形態」「最大傾斜方向」の3つの変数を目的変数とし、屋根形状（二値データ：切妻屋根か切妻屋根以外か）を判別することが可能な判別式を得た。

④山小屋の類別と立地環境との空間的特性の把握するため、7つのモデルを提示し、重回帰分析及び GWR による回帰分析を行ったところ、GWR による回帰分析を用いたモデルの適合性が高く、係数を一定と仮定する通常の回帰方法を用いた分析では得られない空間的な要素を加味した

結果を得ることができた。またGWRによる回帰分析に使用したモデルにおいて、山小屋のタイプを目的変数とした場合、空間的な特性を考慮した各説明変数の総合的な影響範囲（近傍範囲）は、半径約50km（直径約100km）であった。すなわち北アルプスや南アルプスといった山域毎に空間的な特性を持つことが示唆された。

日本の山小屋のデザイン性（屋根形状や収容人数）は、山域毎に特徴を持つことから、例えば山小屋の新築や増改築を行う際は、無秩序に行うのではなく、山域毎の山小屋タイプを考慮することが求められる。本研究では、山岳景観の一部となる山小屋のデザインのあり方や自然保護行政上における指針に資する知見を得ることができた。

しかし以下の2点が本研究の限界である。1. 解析対象地の中に46件もの山小屋が存在する富士山[17]が入っていない。これは、既存の山岳ガイドブックでは山小屋の写真等の掲載がなく、目視判読を行えなかったため、欠損した。2. GWRにおいて、本モデルで考慮されない要因たとえば山小屋の設立年や経営系列などがあったと考えられる。解析に供する目的変数の精緻化などが今後の研究課題である。

謝辞

東京情報大学の内田治准教授には、統計解析に関しご助言をいただいた。感謝申し上げます。なおこの研究の一部は、日本レジャー・レクリエーション学会　平成23年度研究助成金を得て実施したものである。関係者各位に謝意を表します。

註

1）国土交通省が整備・公開している国土数値情報（標高・傾斜度3次メッシュデータ）及び（行政区域）を使用した。

2）国土地理院が整備・公開している基盤地図情報（数値標高モデル10mメッシュ）を使用した。

3）国土交通省が整備・公開している国土数値情報（平年値（気候）メッシュデータ）を使用した。

4）国土交通省が整備・公開している国土数値情報（自然公園データ）を使用した。

5）国土交通省が整備・公開している国土数値情報（森林地域データ）を使用した。

6）国土交通省が整備・公開している国土数値情報（鳥獣保護地区データ）を使用した。

7）国土交通省が整備・公開している国土数値情報（自然環境保全地域データ）を使用した。

8）統計解析にはIBM SPSS Statics 22.0を用いた。

9）国立公園と重複する国有林の面積は、1,233,100ha。なお算出は次の通り。国有林のシェープファイルを国土交通省が2011（平成23）年に整備した国土数値情報　森林地域より選択、国立公園のシェープファイルは環境省生物多様性センターが整備した自然環境調査Web-GISの国立公園区域等のデータを使用し、GISにて両データの重複する部分を抽出し、面積を算出。算出された国有林と重複する国立公園の面積を分子とし、国立公園の陸域面積を分母として割合と算出した。国立公園の陸域面積は、2,113,402ha（出典：一般財団法人自然保護財団偏、2015自然公園の手びき、一般財団法人自然保護財団、東京：p91、2015より）。

参考文献

1）小泉武栄編、図説　日本の山、朝倉書店、東京：p2、2012

2）小泉武栄、登山と日本人、KADOKAWA、東京：271pp、2015

3）梅干野成央：山岳科学ブックレット10　山岳に生きる建築　日本の近代登山と山小屋の建築史、信州大学山岳科学総合研究所、松本：79pp、2013

4）梅干野成央・掘田真理子・土本俊和、中房温泉の経営者による戦前期の山小屋建設とその立地計画、日本建築学会計画系論文集77(681)：2643-2650、2012

5）田中伸彦、〔Ⅲ〕特別企画「レジャー・レクリエーションの研究をめぐる動向と将来展望」資源と空間、レジャー・レクリエーション研究66号：198-210、2010

6）梅干野成央・土本俊和・小森裕介、近代登山の普及における山小屋の建設過程　ウォル

ター・ウェストンの槍ヶ岳山行経路付近に開設された山小屋を事例として、日本建築学会計画系論文集 76 (659)：211-220、2011
7）平瀬有人・長森博人・古谷誠章、山岳地建築の空間構成に関する研究（その 1）－北アルプスにおける山小屋建築を事例として－、日本建築学会大会学術講演梗概集（近畿）：1113-1114、2005
8）長森博人・平瀬有人・古谷誠章、山岳地建築の空間構成に関する研究（その 2）－山小屋建築の配置計画に関して－、日本建築学会大会学術講演梗概集（近畿）：1115-1116、2005
9）坪沼一希・佐々木朋恵・古谷誠章・平瀬有人・高田清之介、避難小屋研究－その形態と立地環境関係性－、日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）：421-422、2006
10）下嶋聖、アンケート調査による山小屋の屋根形状の景観評価と登山者属性との関係性－北アルプス・雲ノ平山荘を事例として－、レジャー・レクリエーション研究 76：15-29、2015
11）Goymann, M.・Wittenwiler, M.・Hellweg, S., Environmental Decision Support for the Construction of a “Green” Mountain Hut, Environmental Science and Technology 42：4060-4067, 2008
12）Ars, S.M.・Bohanec, M., Toward the ecotourism: A decision support model for the assessment of sustainability of mountain huts in the Alps, Journal of Environmental Management 91: 2554-2564, 2010
13）樋口洋一郎・高塚創、空間的自己相関の存在するデータが回帰分析に及ぼす影響に関する研究、地域学研究 25 (1)：57-71、1995
14）小長谷一之、空間軽量経済学（Spatial Econometrics）における空間的外部性の扱い方について、大阪市立大学　季刊経済研究 25 (4)：75-90、2003
15）大庭哲治・柄谷友香・中川大・青山吉隆、京町家集積の近隣外部効果に関する研究、土木学会論文集 D 62 (2)：227-238、2006
16）大西暁生・奥岡桂次郎・石峰・森杉雅史、地理的加重回帰法を用いた緑地の熱環境緩和効果の季節・空間特性の把握、都市計画報告集 9：93-97、2010
17）小林優介、都心部の商業地における緑被の外部経済効果の評価、都市計画論文集 47 (3)：241-246、2012
18）山と渓谷社編、山の便利帳 2015 MOUNTAINEER’S DATA BOOK（山と渓谷 2015 年 1 月号（通巻 957 号）付録）、東京：378pp、2015
19）花畑日尚、尾瀬：ヤマケイアルペンガイド 3、山と渓谷社、東京：149-155、2009
20）山岳写真 ASA・長沢洋、奥多摩・奥秩父：ヤマケイアルペンガイド 4、東京：212-216、2009
21）三宅岳、丹沢：ヤマケイアルペンガイド 5、山と渓谷社、東京：178-183、2009
22）佐々木享、八ヶ岳：ヤマケイアルペンガイド 6、山と渓谷社、東京：155-162、2008
23）渡辺幸雄、槍・穂高連峰：ヤマケイアルペンガイド 7、山と渓谷社、東京：162-170、2008
24）星野秀樹、剱・立山連峰：ヤマケイアルペンガイド 8、山と渓谷社、東京：166-175、2008
25）中西俊明、白馬・後立山連峰：ヤマケイアルペンガイド 9、山と渓谷社、東京：156-162、2008
26）中西俊明・山下春樹、南アルプス：ヤマケイアルペンガイド 10、山と渓谷社、東京：192-200、2009
27）津野祐次・島田靖・栂典雅、中央アルプス・御嶽山・白山：ヤマケイアルペンガイド 11、山と渓谷社、東京：192-199、2009
28）高橋信一、関東・越後の避難小屋：完全ガイド 114、随想舎、宇都宮：151pp、2004
29）高橋信一、東北の避難小屋：完全ガイド 150、随想舎、宇都宮：199pp、2005
30）フランシス D.K.（深尾精一他訳）、建築ヴィジュアル辞典、彰国社、東京：p256、1998
31）武者英二・吉田尚英、屋根のデザイン百科、彰国社、東京：14-17、2009
32）Brunsdon, C., Fotheringham, A.S., Charlton, M.E., Geographically weighted regression: a method for exploring spatial nonstationarity、Geographical Analysis 28 (4), pp. 281-298, 1996

33) Fotheringham, A.S., Brunsdon, C., Charlton, M.E., Geographically weighted regression: The Analysis of Spatially Varying Relationship, Wiley & Sons Ltd. Chichester UK, 2002
34) 内田治、主成分分析の基本と活用、日科技連、東京、174pp、2013
35) 内田治、第3版すぐわかるSPSSによるアンケートの多変量解析、東京図書、東京、254pp、2011
36) 浅見泰司・矢野桂司・貞広幸雄・湯田ミノリ、地理情報科学 GISスタンダード、古今書院、東京：118-119、2015

（受付：2016年3月1日
受理：2016年5月6日）