

## 白山山頂部における階状土・ロウブ状地形の分布特性

# Distribution Characteristics of the Steps and Lobes in the Summit Area of Mt. Hakusan

小川 弘司\*・山本憲志郎\*\*

Hiroshi OGAWA\* and Kenshiro YAMAMOTO\*\*

キーワード：白山, 階状土, ロウブ状地形, GIS

Key words: Mt.Hakusan, steps, lobes, GIS

### Abstract

The distribution of small periglacial landforms (steps and lobes) in the summit area of Mt. Hakusan was analyzed with GIS in order to discuss the characteristics of their distributions in relation to geomorphic factors that include wind-blown sites and nivation hollows. A total of thirty-three sites were recognized as the steps and lobes distributed sites. The area of the sites ranges from 258 m<sup>2</sup> to 31,720 m<sup>2</sup>, and the average area is 3,914 m<sup>2</sup>. A large number of steps and lobes distributed sites are vegetated on their riser surface. About 85 % of them are developed within the nivation hollows.

The steps and lobes are well developed between 2,400 m and 2,500m a.s.l., and tend to be distributed on both the south facing slopes where drifting snow is accumulated by the winter prevailing wind and the slopes ranged from ten to twenty degrees. It is possibly recognized that well developed steps and lobes are distributed within the nivation hollows which have long duration period of snow cover.

### I. はじめに

白山には現成の周氷河地形である階状土 (step) が発達していることが報告されている (山本ほか, 1983)。また, 今井 (1984) はこの階状土の分布, 形態, 規模, 形成過程を検討している。しかし, 今井 (1984) の研究では, 一部の階状土分布地が未記載であることが判明した。そこで, 小川・山本 (1998) は今井 (1984) が指摘した分布地を, ロウブ状地形を含めて再検討し, 新たな分布地点を明らかにするとともに地理情報システム (Geographic Information System, 以下GISと略す) を用いて, これらの分布地の地形

的環境を解析した。

GISは地形学の分野においても定量的な研究方法のひとつとして利用されてきている。その特徴は関連した情報を持つ種々の主題図をコンピュータ上で重ね合わせて解析できることであり, なおかつ図化が容易で, 定量的データを得ることも可能である。

こうしたGISの特長を利用して, 白山の階状土・ロウブ状地形の分布主題図と標高分布, 斜面方位分布の各主題図などを重ねあわせて解析を試みた。その結果, 階状土およびロウブ状地形は風衝地より残雪凹地内においてより分布面積が大

\*石川県白山自然保護センター

\*Hakusan Nature Conservation Center

\*\*中央学院大学

\*\*Chuo-Gakuin Univ.

きいことが明らかになった。本稿ではこの結果を報告するとともに、さらに残雪凹地内の積雪期間と階状土・ロウブ状地形の分布状況との関係についての簡略な検討結果を報告する。なお、本稿におけるロウブ状地形は周氷河作用によるソリフラクションロウブだけでなく、融雪水あるいは梅雨期や台風などの強雨によって生じる非周氷河作用によって作られたロウブ状地形も含んでいる可能性がある。本稿では、ロウブを形成する地形営力が周氷河性ソリフラクションに限定されない可能性がある（山本・小川，1998）ことから、「ロウブ状地形」と呼称することとする。

## II. 調査地域の概要

白山の山稜は御前峰（2,702m）を主峰とし、ほぼ北北西－南南東方向に連なる（図1）。この山稜部西側には、今から10数万年前に噴出した古白山火山の溶岩や数万年前に噴出した新白山火山の溶岩・火砕流が堆積して形成された、主に10°～20°の緩斜面（ほぼ2,000m以上）が連なる（長岡ほか，1985；東野，1992）。表層は歴史時代の噴火活動による火砕流と10数枚の火山灰堆積物から構成され、一部には直径数m程の火山岩塊も散在する。この有史以来の活発な活動は山頂部に

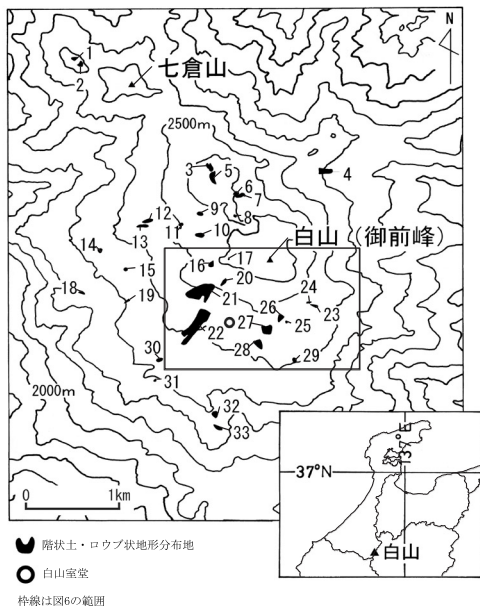


図1 調査地域における階状土・ロウブ状地形の分布  
No.1－33は分布地域。表1参照。図中の枠線は図6の範囲。

ける植生の発達を抑制してきたものと考えられる。現在の森林限界高度（ハイマツ帯下限高度）は、石川県（1995）発行の『白山地域植生図』によれば、おおむね2,000mである。調査地域は白山山頂部の山稜から上述した緩斜面およびその周辺部である。

周氷河地形は火山でよく発達していることが知られている（例えば小嶋，1961；1974）。白山も例外ではなく、この緩斜面上を中心に階状土やロウブ状地形あるいは多角形土などの周氷河地形の発達が見られる。

日本海側に面する白山は、冬季間北西季節風によって大量の降雪と強風に見舞われるため、山頂部の白山室堂（標高2,450m）では10mを越える最大積雪深が観測されている（伊藤，1970）。一般に積雪は稜線を境に風下側に多いことが指摘されているが、白山の場合、風上側である山頂西側の緩斜面上にも多量の積雪がある。

## III. 階状土・ロウブ状地形の分布特性

### 1. 調査方法

階状土は平坦面（tread）と急崖（riser）が交互に配列した構造土とされている（町田ほか，1981，pp.57－58）。白山にはこの階状土の他に、岩屑からなる細長いロウブ状地形が多数分布している。本稿では階状土とロウブ状地形を、平坦面の幅と長さの比によって分類した。すなわち、長さに対して幅の方が大きいものを階状土、小さいものをロウブ状地形とする。

階状土・ロウブ状地形の分布範囲はおもに現地における観察と計測に基づいて、地図上に記載した。この分布範囲は、空中写真判読によって確認・修正した<sup>1)</sup>。また空中写真判読及び残雪期の現地調査によって、この分布範囲が風衝地あるいは残雪凹地であるかを判断した。風衝地あるいは残雪凹地の判断は、1995年に白山山頂部を撮影した6月17日及び同年7月29日撮影の1万分の1空中写真及び残雪期の現地調査による。6月下旬頃にほとんど無雪状態にある稜線部及びその周辺部は風衝地とした。逆に6月下旬頃にほとんど積雪に覆われている、稜線の下位に位置する谷型斜面は残雪凹地とした。

階状土・ロウブ状地形の分布特性を明らかにす

るために、分布データをデジタイザーで入力してGISに取り込み解析した。GISによる解析では、階状土・ロウブ状地形の分布を標高、斜面方位、傾斜の地形データ及び2時期の積雪分布データ<sup>2)</sup>と重ね合わせた。重ね合わせを行うことで、分布地の標高、斜面方位、傾斜を明らかにするとともに、分布地の6、7月における積雪分布状況を把握した。使用したGISソフトウェアはArc/Info、ArcView (ESRI社)である。地形データは25mメッシュの標高・斜面方位(8方位)・傾斜(5°刻み)の各データである。積雪データは、1995年6月17日と同年7月29日に撮影された1万分の1空中写真から残雪地を写真判読することにより作成した積雪分布図<sup>3)</sup>を、デジタイザーで入力してGISに取り込んだものである。

## 2. 分布地の面積及び個々の大きさ

上記の方法で調査を行った結果、白山山頂部において33か所の階状土・ロウブ状地形の分布地を確認した(図1)。総面積は129,176㎡で、分布地の最大面積は31,720㎡(No.22)、最小258㎡(No.17)、平均3,914㎡であった。特にNo.21, 22の残雪凹地に発達する階状土・ロウブ状地形の分布地の面積が飛びぬけて大きい(表1)。

表1 階状土・ロウブ状地形分布地と面積

Noの数字は図1による。

NO.	分布地	面積(㎡)	NO.	分布地	面積(㎡)
1	風衝地	1,508	19	残雪凹地	1,044
2	風衝地	1,895	20	残雪凹地	2,115
3	風衝地	3,346	21	残雪凹地	27,413
4	残雪凹地	5,810	22	残雪凹地	31,720
5	風衝地	4,886	23	残雪凹地	1,405
6	風衝地	1,354	24	残雪凹地	691
7	風衝地	2,671	25	残雪凹地	451
8	風衝地	650	26	残雪凹地	2,885
9	残雪凹地	1,850	27	残雪凹地	7,121
10	残雪凹地	2,970	28	残雪凹地	4,960
11	残雪凹地	1,051	29	残雪凹地	1,519
12	残雪凹地	2,826	30	残雪凹地	1,901
13	残雪凹地	2,732	31	残雪凹地	509
14	残雪凹地	1,489	32	残雪凹地	2,844
15	残雪凹地	1,047	33	残雪凹地	2,655
16	風衝地	2,271	風衝地 計		18,840
17	風衝地	258	残雪凹地 計		110,337
18	残雪凹地	1,328	合計		129,176
			平均		3,914

発達する階状土の多くは、急崖が植被された植被階状土(写真1)である。礫質階状土の分布地は少ない。しかし、No.21, 22など残雪凹地に発達する分布地の中で、消雪時期が遅い範囲には礫質階状土が見られ、かなりの広がりを持つ場合もある。ロウブ状地形(写真2)は階状土と混在して分布するものが多い。植被階状土の中には、上方の平坦面から下方の平坦面へ流動を示す礫が多数みられる(写真3)。



写真1 風衝地(図1のNo.7)における階状土  
長さに対して幅の方が大きい。



写真2 残雪凹地(図1のNo.21)におけるロウブ状地形  
長さに対して幅の方が小さい。



写真3 残雪凹地(図1のNo.23)における階状土上での礫の流動  
スケール(1m)が置いてある箇所、礫の流動が観察される。

階状土・ロウブ状地形の平坦面の長さとは幅は数10cm～10m以上（多くは数m），急崖の崖高（比高）は数10cm～2m程度である。特に面積の広い分布地（No21, 22）では、大きな階状土・ロウブ状地形が分布する。

### 3. 階状土・ロウブ状地形の分布地

白山の階状土・ロウブ状地形が発達する分布地を積雪に着目して分類すると大きく2つに分けられる。ひとつは冬季の卓越風によって雪が吹き払われる風衝地であり、もうひとつは雪が吹きだまり夏季でも残雪がある残雪凹地である。階状土・ロウブ状地形が分布する33か所の分布地のうち、風衝地は9か所、残雪凹地は24か所である（表1）。それぞれの合計面積と割合は前者が18,840㎡（14.6%）に対し、後者は110,337㎡（85.4%）であった。1か所あたりの面積も風衝地が平均2,093㎡に対し、残雪凹地のそれは4,597㎡であり、残雪凹地の方が大きい。この結果は白山山頂部では風衝地よりも残雪凹地において階状土・ロウブ状地形の分布面積が大きいことを示しており、今井（1984）の指摘と一致している。

次に階状土・ロウブ状地形の分布と標高・方位・傾斜との関係について検討する。標高に注目すると（図2），風衝地に発達する階状土・ロウブ状地形は標高2,500m以上にしか分布せず、残雪凹地の場合は標高2,400m～2,500m未満の面積が大きく、全体に占める割合も64.5%と際立って

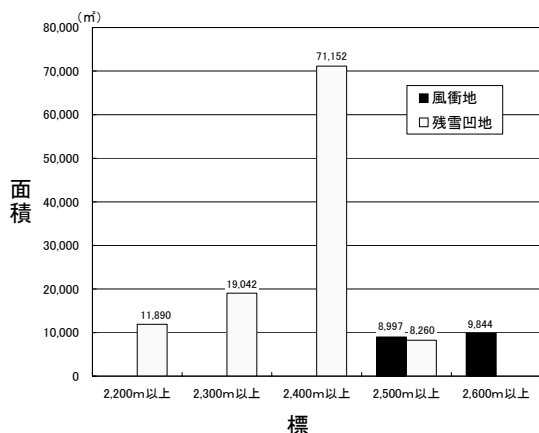


図2 階状土・ロウブ状地形分布地の風衝地，残雪凹地ごとの標高別面積  
図中の数字は、分布面積を示す。

高い。

方位についてみると（図3），風衝地に発達する階状土・ロウブ状地形の方位は、北・北東・北西向き斜面が多く西・南向き斜面が少ない。残雪凹地の場合は南向き斜面の面積が大きく、46.0%と大きい。

最後に傾斜をみると（図4），風衝地及び残雪凹地に発達する階状土・ロウブ状地形とも、10°～20°未満の斜面に集中し、風衝地には57.5%、残雪凹地には62.5%が分布し、いずれも高い割合を占めている。

このように、階状土・ロウブ状地形の分布地を、風衝地と残雪凹地別に分けて整理すると、風

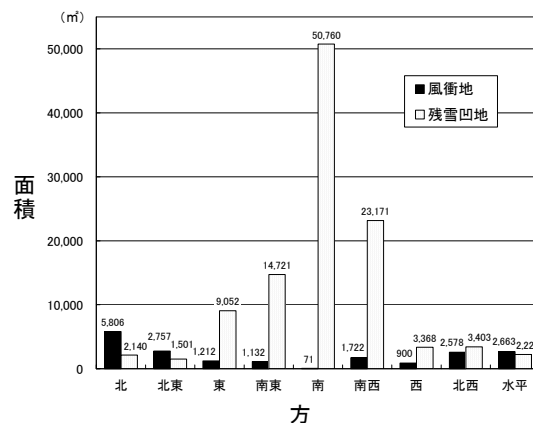


図3 階状土・ロウブ状地形分布地の風衝地，残雪凹地ごとの斜面方位別面積  
図中の数字は、分布面積を示す。

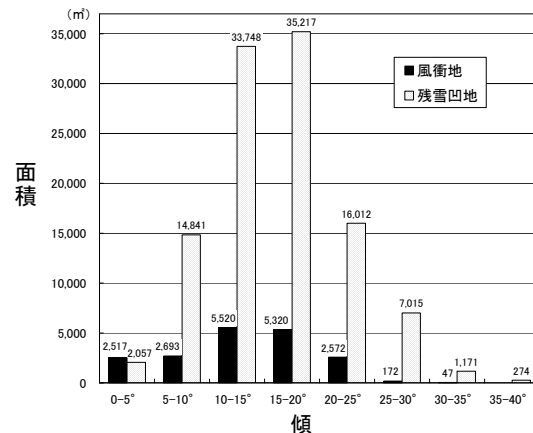


図4 階状土・ロウブ状地形分布地の風衝地，残雪凹地ごとの傾斜別面積  
図中の数字は、分布面積を示す。



衝地は高い標高帯（2,500m以上）、残雪凹地は低い標高帯に分布していた。また、残雪凹地でのそれらの地形の分布は南向き斜面に集中する傾向を示した。分布する標高帯の違いは、次のように考えられる。残雪凹地は標高2,400m付近の白山の火山噴出物が堆積した緩斜面上に多く発達しているのに対し、風衝地は標高2,500m以上の稜線部に発達しているためと考えられる。

階状土・ロウブ状地形が分布する方位の違いも、風衝地及び残雪凹地が分布する地形条件の違いに左右されているためと考えられる。冬季、北西季節風の影響下において積雪が少なくなる北向き斜面に風衝地は分布する。これとは逆に、残雪凹地は北西季節風の風下に当たる南向き斜面が多い。例えば、面積の大きいNo.21・22の階状土・ロウブ状地形が発達する残雪凹地も南向き斜面である。

一般に構造土は風衝地に発達することが多いことが指摘されている。例えば小疇（1974）は、大雪山及び日本アルプスに発達する約90%の礫質構造土が、風衝地に出現し、残雪凹地に発達するものは10%程度と報告している。植被構造土も礫質構造土と同じ分布傾向を示すとすると、白山における植被・礫質階状土及びロウブ状地形は残雪凹地に85.4%が分布しており、小疇（1974）が報告した大雪山や日本アルプスの事例と比較して、残雪凹地における割合が高いと考えられる。

#### 4. 階状土・ロウブ状地形分布地の残雪

1995年6月17日と7月29日の残雪分布と階状土・ロウブ状地形分布地との重ね合わせをGISで行い、風衝地と残雪凹地別に階状土・ロウブ状地形分布地が残雪に覆われている面積と割合を算出した（図5）。なお、白山山頂部の降雪は、6月にも記録されるが降雪量として、多くはない。1995年6月17日時点では、階状土・ロウブ状地形分布地129,176㎡の89.1%（115,105㎡）がまだ残雪に覆われている。しかし、7月29日になると、残雪分布面積は大きく減少し、全体では32,927㎡（25.5%）程度となった。

残雪凹地と風衝地に分けてみると、残雪凹地に分布する階状土・ロウブ状地形は、6月17日時点でほとんど残雪に覆われており（95.4%）、7

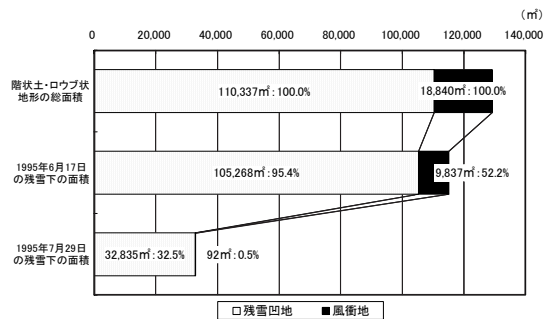


図5 階状土・ロウブ状地形分布地の風衝地、残雪凹地ごとの残雪率  
図中の数字は、分布面積：その割合を示す。

月29日でも30%程度が残雪に覆われている。しかし、風衝地に分布する階状土・ロウブ状地形は、6月にはまだ52.2%が残雪に覆われているが、7月29日にはほぼ無雪となった（0.5%）。

東野ほか（1998）が山頂部の白山室堂（標高2,450m）で1994年秋季から1995年夏季に測定した気温データによれば、春季に日周期の凍結・融解が繰り返されるのは4月下旬から6月上旬にかけてであった。このことは日周期的凍結融解が頻出する融解進行期（澤口，1987）に階状土・ロウブ状地形の多くがまだ残雪に覆われていることを示す。この気温データから推定すると、風衝地においてはこの時期に無雪あるいは積雪深が小さくなり、岩屑の凍結融解が生じる部分もかなりあると考えられる。それに対し、残雪凹地の残雪はこの時期にまだ多く残されている。したがって、残雪凹地内の岩屑の凍結融解サイクル数は、風衝地のそれに比べて、明らかに少ない。以上のように、白山山頂部の残雪凹地における階状土・ロウブ状地形の成因は4～6月にかけての岩屑の凍結融解サイクルの頻出では説明しにくいと考えられる。

#### IV. 考察—残雪凹地に発達する階状土・ロウブ状地形と積雪との関係

残雪凹地に発達する階状土・ロウブ状地形の分布面積が最も大きくなる環境条件は、①標高2,400m～2,500m未満（分布面積は64.5%）、②南向き斜面（分布面積は46.0%）、③傾斜10°～20°未満（分布面積は62.5%）であった。ここで、①～③を残雪凹地における仮想される階状

土・ロウブ状地形の適地とし、これらの条件をすべて満たす地域を白山山頂部全域から抽出して、実際に残雪凹地に発達する階状土・ロウブ状地形との関係を比較した。抽出地は、発達に適した環境条件を満足している可能性がある。抽出された分布地は七倉山の南側にわずかに発達する以外は、白山（御前峰）の南側に集中している（図6）。これと重なる実際の階状土・ロウブ状地形の分布地は、No21, 22, 25, 26, 27, 28, 29で、いずれも残雪凹地に発達する階状土・ロウブ状地形分布地である。分布地点は少ないが、面積は22,565㎡であり、残雪凹地に発達するすべての階状土・ロウブ状地形の20.5%を占めている。

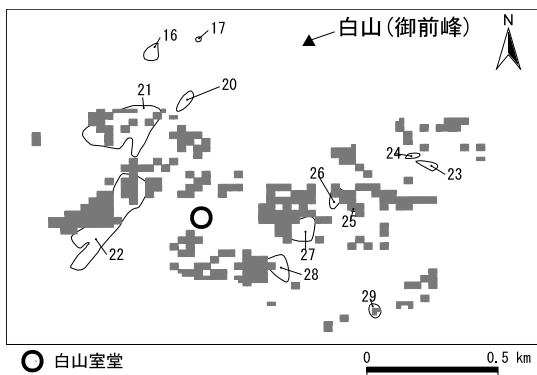


図6 残雪凹地における階状土・ロウブ状地形の適地と階状土・ロウブ状地形の分布  
 範囲は図1中の白山(御前峰)を含む南側の東西2km、南北1.3kmの範囲。白抜き部分は階状土・ロウブ状地形の分布地。番号は図1による。アマカケ部分は標高2,400m～2,500m未満の南向き斜面で傾斜10°以上20°未満の地域(=適地)

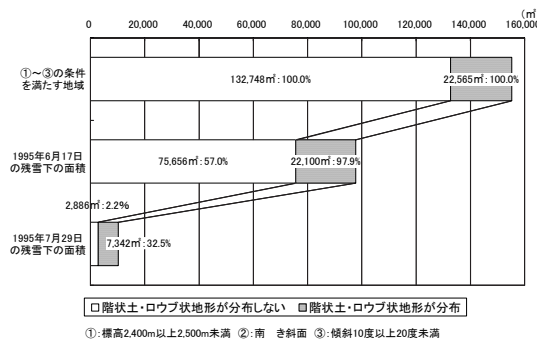


図7 残雪凹地の階状土・ロウブ状地形適地(標高2,400m～2,500m未満、南向き斜面、傾斜10°～20°未満)における両地形の分布と残雪との関係  
 図中の数字は、分布面積：その割合を示す。

上記①から③の条件を満たす残雪凹地に発達する階状土・ロウブ状地形の分布地は、現地での観察によれば面積の小さなNo25, 29を除くと、残雪凹地の中でも特に植生が少ない砂礫地である。ここで階状土・ロウブ状地形の発達と残雪との関係をより詳しく検討するため、①から③の条件を満たす地域内における階状土・ロウブ状地形の分布と先述の2時期の残雪データの重ね合わせを行った（図7）。

その結果、階状土・ロウブ状地形が分布する地点は残雪に覆われている場合が多く、6月時点では97.9%が残雪下にあり、7月になっても32.5%が雪の下にある。しかし、階状土・ロウブ状地形が分布しない地点においては、6月の時点の残雪率は57.0%と階状土・ロウブ状地形が分布する地点に比べて明らかに低い。また7月になると急激に少なくなり、2.2%となる。

この事実は残雪凹地の階状土・ロウブ状地形の成因が積雪期間に大きく影響されていることを示していると考えられる。小泉(1974)は消雪時期の違いが、植生の有無や凍結融解作用の関与の違いを引き起こしていることを指摘している。すなわち、消雪が早いとそれだけ植物の生育条件がよくなり、植生が発達して周氷河作用が抑えられる。逆に積雪期間が長いと植生の発達が抑えられ、階状土等が発達しやすくなる。先述の①から③の条件を満たす残雪凹地において発達する階状土・ロウブ状地形には、ほとんど植生が見られないことから、ここでは階状土等が発達しやすいのではないかと考えられる。また、積雪期間が長いと融雪期に多くの融雪水が供給され、砂礫の移動が生じやすくなっていることも考えられる。

山本・小川(1998)は白山のロウブ状地形の形成過程について調査を行った。No21に発達する一つのロウブ状地形について、それを構成する礫のファブリック解析やロウブ状地形表層の1年間の礫の移動パターン、1年間の地中温度変化などから、白山山頂部に発達するロウブ状地形は、周氷河作用によるソリフラクションロウブだけでなく、融雪水あるいは梅雨期や台風などの強雨によって生じる種々の岩屑流によって形成されている可能性を指摘した。したがって、白山において積雪期間の長い残雪凹地で、階状土等の発達が

良い理由は、周氷河性ソリフラクション以外の地形形成営力の作用も受けて形成されたロウブ状地形が含まれているためであるとの推定も可能である。

このように白山の残雪凹地における積雪は階状土・ロウブ状地形の形成に影響していると考えられる。また残雪凹地に階状土等分布地の面積が大きいことは白山の特徴である。この特徴は、白山が日本海側に面した多雪山地に位置していることに起因している。先述したように、白山室堂における冬季間の積雪は10mを越える(伊藤, 1970)。この多量の積雪が山頂部に広い残雪凹地をもたらしていると考えられる。

今後、GIS上で今回明らかとなった分布特性をもたらしている要因について検討していくために、植生や表層物質等の現地での詳細なデータを収集することが必要になってくると思われる。

## V. まとめ

白山山頂部における階状土・ロウブ状地形の分布特性についてGISを用いて調査した。

現地調査の結果、白山山頂部には33か所に階状土・ロウブ状地形が発達する地点があることを明らかにした。総面積は129,176m<sup>2</sup>で、分布地の最大面積は31,720m<sup>2</sup>、最小は258m<sup>2</sup>、平均は3,914m<sup>2</sup>であった。階状土・ロウブ状地形分布地は残雪凹地にその85.4%、風衝地には14.6%が分布し、残雪凹地に発達する階状土・ロウブ状地形が多い。

GIS上で残雪凹地における仮想される階状土・ロウブ状地形の適地(標高2,400m以上2,500m未満の南向きで傾斜10°以上20°未満の斜面)において、階状土・ロウブ状地形の分布する地点と分布しない地点別に、2時期の積雪データを重ね合わせて検討した結果、特に残雪凹地では積雪期間が長い場所ほど階状土・ロウブ状地形の発達がよい可能性があることが明らかになった。これは、消雪時期の遅れによる乏しい植生が表面の岩屑の移動を容易にしていることや、融雪水による岩屑の移動が残雪凹地における階状土・ロウブ状地形の形成に関与していることを示唆している。残雪と関係した階状土・ロウブ状地形の存在は白山が日本海側に面した多雪山地であることが強く影響しているといえよう。

## 謝辞

本研究は2001年度日本地理学会秋季学術大会及び2003年度日本地理学会春季学術大会で発表したものを加筆修正したものである。研究費の一部には国立環境研究所委託研究「高山生態系の脆弱性と指標性の検討」(平成11~13年度)の費用を使用した。現地調査に際しては、白山観光協会職員の皆様にお世話いただき、環境省白山国立公園保護官事務所(現白山自然保護官事務所)には調査の許可をいただいた。編集委員の曾根敏雄様及び論文査読者の方々からは、貴重な閲読意見を賜りました。以上の方々には厚くお礼申し上げます。

## 注

- 1) 基図とした地図は、建設省北陸地方建設局(現国土交通省北陸地方整備局)作成の5,000分の1地図である。空中写真は、建設省国土地理院(現国土交通省国土地理院)が1977年に撮影した1万5千分の1カラー空中写真を2倍に引き延ばしたもの(縮尺約7,500分の1)を使用した。
- 2) 地形データおよび積雪データは科学技術庁(現文部科学省)委託研究「白山山系における高山植物の多様性の解明と遺伝子資源の保全法の確立に関する研究」(平成5~7年度)の一環で整備したものである。
- 3) 白山市白峰支所(観測地点の標高480m、白山室堂の西方約12.5km)における気象観測資料によれば、1977年~2006年(30年間)の同地点における最大積雪深の年平均は222cmである。また、1995年の最大積雪深は220cmである。このことから、白山山頂部における1995年の積雪は平年並みであった可能性を持つ。

## 参考文献

- 石川県(1995):白山地域植生図。  
今井典子(1984):白山山頂の階状土。石川県白山自然保護センター研究報告, 10, 1-13。  
伊藤仁夫(1970):伊藤仁夫写真集『白山の四季』木耳社。  
小川弘司・山本憲志郎(1998):白山山頂部の階状土及びロウブ。環境庁委託平成9年度生態系多様性地域調査(白山地区)報告書, 岐阜県・石川県, 113-119。  
小嶋 尚(1961):日本の氷河周辺地形の研究。駿台史学, 11, 172-196。  
小嶋 尚(1974):凍結・融解作用がつくる微地形—日本の構造土—。科学, 44(11), 708-712。  
小泉武栄(1974):木曾駒ヶ岳高山帯の自然景観—とくに、植生と構造土について—。日本生態学会誌, 24(2), 78-91。

- 澤口晋一(1987)：北上山地山稜部の荒廃裸地における凍結・融解による斜面物質移動. 地理学評論, 60A, 795-813.
- 長岡正利・清水智・山崎正男(1985)：白山火山の地質と形成史. 石川県白山自然保護センター研究報告, 12, 9-24.
- 東野外志男(1992)：白山火山の形成史. 『白山-自然と文化-』, 白山総合学術書編集委員会, 42-50.
- 東野外志男・小川弘司・野上達也(1998)：白山高山帯の室堂平における気温, 地温の通年変化. 雪氷, 60(2), 157-165.
- 町田 貞・井口正男・貝塚爽平・佐藤 正・樫根 勇・小野有五編(1981)：『地形学辞典』二宮書店.
- 山本憲志郎・今井典子・守屋以智雄・東野外志男(1983)：白山の現成階状土. 日本地理学会予稿集, 23, 58-59.
- 山本憲志郎・小川弘司(1998)：白山のローブ状地形に関する基礎的研究—堆積構造, 表面礫の移動, 地中温度—. 石川県白山自然保護センター研究報告, 25, 9-18.