

乗鞍岳におけるハイマツ(*Pinus Pumila*)群落の動態について  
Dynamics of the *Pinus Pumila* community in Mt.Norikura, central Japan.

新領域創成科学研究科 環境学専攻  
自然環境コース 自然環境構造学分野

古橋 大地  
指導教官 須貝俊彦助教授

2001 年(平成 13 年) 1 月 31 日 提出

## 目次

I.	はじめに	1
II.	方法	3
III.	調査地概要	3
IV.	GIS を用いたハイマツ群落の移動検出	5
IV.a.	空中写真	5
IV.b.	方法	6
IV.c.	精度	7
IV.d.	ハイマツの移動量	8
V.	ハイマツの分布と更新形態	8
V.a.	調査地域の植生(裸地)分布と微地形分布	8
V.b.	伏状更新	9
V.c.	幼樹、枯死分布	10
VI.	ハイマツ群落の東西方向における、気象、植生、土壌、微地形差異	10
VI.a.	群落周辺の気象条件	11
VI.b.	ハイマツ群落内の気温	11
VI.c.	植生(高さ、種構成、生活型)	12
VI.d.	土壌(水分、レイヤー、地中温度)	12
VI.e.	裸地面積比率、微地形	13
VII.	結論	14

<b>VIII. おわりに</b>	<b>15</b>
<b>IX. 謝辞</b>	<b>16</b>
<b>X. 引用文献</b>	<b>16</b>
<b>XI. 図表タイトル一覧</b>	<b>20</b>

## I. はじめに

植生の分布は、大きく分けると Biological Pressure と Physical Pressure という2つの要素によって規定されている。前者は例えば生物間の競争であったり、適応戦略であったり、個体間での間引き調節といった、生物的な圧力によって分布を決定する。後者は温度や水分条件など物理化学的な環境傾度による分布規定を示し、双方の圧力が加わった結果として、植物は現実の空間に存在する。しかし、環境条件の非常に厳しい空間においては、より Physical Pressure の影響力が強いかたちで、植生の分布が決定されていると考えられる。本研究では、この Physical Pressure によって規定される植生の分布形態に着目していく。

Physical Pressure でよく知られていることは、緯度方向や垂直方向での温度条件の違いによる植物の棲み分けであり、Koppen(1923)の植生気候区分や高山における植生の垂直区分などがその典型的な例である。我が国においても、標高 2000m～3000m 級の山々にはいくつもの植生の垂直分布が見られ、山麓の照葉樹林帯から高山帯まで、多様な植生帯を形成し、あたたかさの指数(WI)といった植物に対する最適温度条件などからその分布が説明されている(吉良,1947)。しかし、より細かく植生帯の移行帯に着目すると、他の Physical Pressure というものが、分布の規定要因として表れてくる。周氷河性岩塊斜面など地表面物質の安定度や地質の条件、さらに積雪深や山頂現象と呼ばれる風の影響などが、植生帯の移行帯の分布を変化させ、複雑な植生分布パターンを説明している(清水,1983, 小泉,1984 など)。

しかし、ある植生帯から別の植生帯へと移行するゾーンはすべてが Physical Pressure に規定されているわけではない。先にも述べたとおり、植生の分布は Biological Pressure と Physical Pressure という2つの影響が加わったかたちで規定されている。植物に対する Physical Pressure のみを論じる場合、ある植生帯から別の植生帯への移行帯では、様々な種が混在し、そのなかで競争が起こるなどの Biological Pressure の影響も無視できず、あまり適当ではない。しかし、植生の垂直分布の最上層である高山帯に限っては、その上部に植生帯が存在しないことから競争が生じず、植物に対する Physical Pressure を明らかにするのに適当なゾーンといえるであろう。そこで、この高山帯というゾーンに着目し、Physical Pressure に規定されている植生の分布についての考察を行ってみた。

我が国の高山帯には、ハイマツ(*Pinus Pumila*)と呼ばれる、矮生化したマツ科の植物が優占している。分類学上マツ科マツ属のゴヨウマツ類と呼ばれる単維管束亜属(Haploxylon)に属し、その分布域はユーラシア大陸東部に限られている東アジア特有の植物である。ロシアのバイカル湖以東の東シベリア(含オホーツク、カムチャッカ)から沿海州、中国東北部(旧満州の東部、長白山脈)、朝鮮半島北部の高山、亜高山に生育し、日本においては第四紀完新世に活動が活発であった富士山や浅間山など一部の火山を除き、中部山岳以北の高山に生育している。また、別の視点から見ると、特殊な場所に生息しているとはいえ、ハイマツもアカマツやクロマツと同様、マツ属を構成している樹種のひとつである。我が国において、自然林としてのマツ林は、ごく限られた場所

にしか見ることはできないが、人為によって二次的に拡大したマツ林は、森林の中で最も広い面積を占めている(原田,2000)。このように人間社会に深く関わりを持つマツの特性を明らかにする上でも、環境条件が非常に厳しく他の植物との競争が生じていない高山のマツ、ハイマツの Physical Pressure についての研究が必要不可欠であると考えられる。本研究では、Physical Pressure にその分布を規定されているマツの特性に着目して論じていく。

ハイマツを対象とした研究は、これまでさまざまな視点に基づき行われてきた。特に、ハイマツ群落の優占するゾーンをハイマツ帯と呼ぶが、日本の植生帯垂直分布に対するハイマツ帯の位置付けが、森林限界、樹木限界とも関わりしばしば議論されている。古くは、森林限界をもって亜高山帯と高山帯を区分し、矮生低木であるハイマツ群落が優占するハイマツ帯は森林限界よりも上のゾーンである高山帯に含まれるとの認識が受け入れられてきた。しかし、1960年代になると、世界的な植生帯垂直分布との比較や下層植生の共通性などを論拠に、ハイマツ帯は高山帯よりも、むしろ亜高山帯に含むべきであるという議論が行われるようになる(大場,1967 など)。これらの意見に対し、ハイマツ群落の物質生産力や欧米の森林限界との性質の違いなどから、ハイマツ帯を欧米のクルムホルツ帯や高山帯に対応させることは適切ではなく、下方の森林帯とは独立した東アジア独特の植生帯とみなすべきであるといった提案がされている(小泉,1993, 沖津,1984)。一方で中新田(1997)は、ハイマツ群落の維持機能という観点より、ハイマツ帯を、伏条更新を主とする自己再生産によって成帯構造を維持できる再生産ゾーン(Core zone)と、自己再生産での維持ができず Core zone からの種子の飛来、搬入による実生更新によって成帯構造を維持する非再生ゾーン(Ecotone)に細分し、一つのゾーンとして議論されてきたハイマツ帯の位置付けに新たな視点を提示した。このような植生帯としての広い意味でのハイマツ帯の捉え方に対して、個体レベルでの生理生態的な研究もまた行われているものの、更新形態、球果生産、種子散布、発芽、伏条更新について論じた研究と、そのスケールに大きな隔たりがあり、その中間のスケールである林分動態を対象とした研究は少ない。

伊藤(1973)は、大雪山におけるハイマツの林分動態について、裸地(開始相)から出発し、地衣類(先駆相)、草本・木本混成群落(建設相)、ハイマツの優先するステージ(成熟)を経て老齢林(退化相)に達し、やがて林分が崩壊する(終末相)という6つの生育相からなるサイクルについて言及しているが、その空間的、時間的規模については明らかにされていない。

Nakano(1996)はハイマツと同期して群落を形成するコケモモ群落の移動について論じ、その移動方向は日本山岳で顕著に卓越する西風によって規定されている事を指摘した。加えて、ハイマツ-コケモモ群落の移動速度(3.5cm/year)を求めている。

どちらの研究も、強風によるハイマツ群落の動態という観点から論じており、植生の分布を支配する主動因子として季節風の存在が指摘されている。特に冬季季節風の影響が重要である(福岡,1972)とする我が国の高山帯において、指摘されているようなハイマツ群落の移動が起きているのか、また、起きている場合、その現象が様々な環境条件にどのように支配されているかという視点で、気象要素・土壌要素・地形要素を調べ、ハイマツの動態、そして、マツという人間社会に

大きな関わりを持つ植物の動態を論じることが必要である。本研究では、ハイマツ及びその他の高山植物群落の移動・拡大現象を空間的にとらえ、それら群落の移動が、どのような環境条件の下で引き起こされているのかを把握し、風衝地におけるハイマツ群落の動態を明らかにしていくことを目的とする。

## II. 方法

---

本研究では、ハイマツ及びその他の高山植物群落の移動・拡大現象を空間的にとらえるために、撮影年次の異なる空中写真と GIS を用いて、群落の移動の検出を試みた。

また、ハイマツ群落の更新に関わる幼樹、枯死個体分布を踏査し、群落移動現象を確認する。

さらに、群落の移動が、どのような気象条件の下で引き起こされているのかを把握するために現地での気象観測を行い、解析した。

ハイマツ群落周辺の微地形を把握するために、統合型測量機器トータスルーションを用いて測量を行った。

最後に、移動拡大していると考えられるハイマツ群落内を、移動方向に沿ってベルトランセクトを設定し、植生調査及び土壌調査を行い、風衝地におけるハイマツ群落の動態を明らかにする。

## III. 調査地概要

---

乗鞍岳(3026m)は中部山岳地域の飛騨山脈(北アルプス)最南部に位置し(Fig.1.)、南西の御嶽山(3067m)、北方の焼岳(2455m)、立山(3015m)、鷲羽岳(2924m)などとともに飛騨山脈を南北方向に縦列する、乗鞍火山列に属する安山岩質の複成火山(多輪廻成層火山)である。乗鞍岳山頂である剣が峰の北側には朝日岳(2975m)や摩利支天岳(2872m)、里見岳(2824m)など多くのピークが分布し、第四紀更新世中期(約 70 万年前)から完新世(約 7000 年前)にかけての火山活動において、北側より南側へ火山活動が移動したことが現在明らかにされている(森下ほか,1969)。標高 2100m 以上の地域では火山砕屑物や溶岩から形成された「原」と呼ばれる台地状の地形が存在し、急峻な地形の多い中部山岳地域において、比較的なだらかな斜面を有する(Fig.2)。この特徴は、麓より眺めた山体の形が馬の鞍のように滑らかに見えることより名付けられた、乗鞍岳の名称にも表れている。

海拔 3000m を越える、日本でも有数の高山である乗鞍岳において、植生の垂直分布も明瞭に発達している。山麓はブナ帯の域ではあるものの、ブナ林は平湯周辺の南向斜面に見られるのみで、一般にはウラジロモミ林が卓越している。海拔 1800m を越えると、シラビソ、トウヒ、オオシラビソを中心とした亜高山針葉樹林が広がり、2400m 付近で亜高山針葉樹林帯からハイマツ帯へと移行する(宮脇ほか,1969)。2500m 付近になると、滑らかな斜面をハイマツの純林が覆い、我が国において一、二といわれる大群落を形成している(名取,1966)。しかし、2700m を越えた山頂付近の火山礫地にはハイマツが少なく、パッチ状の群落が点在しているのみとなる。この付近のハイマ

ツが分布していない場所には、スゲやハクサンイチゲを主とする高茎草原植物群落、ガンコウランなどを主とする高山風衝地矮生低木群落及び、アオノツガザクラやチングルマ、コイワカガミなどを主とする高山雪田植物群落が分布し、いわゆる高山のお花畑を形成している。

本研究では、乗鞍岳山頂の北側、海拔 2700～2800m に位置する、乗鞍岳の火山活動のなかで、最も新しい火山活動によって形成された、権現池火山体に属する位ヶ原溶岩上ミスガ原を対象地域とした(Fig.3,4)。この地域は、ハイマツ群落のパッチ状に分布する風衝地であり(Fig.5-a,5-b)、平均傾斜が約 5° という、海拔 2800m の高所では非常に貴重な平坦地でもある。この非常に平坦な地形上では、ハイマツ群落の動態に影響するといわれている、急傾斜地での積雪の自重移動による影響を取り除くことができる。また、一般登山道からはずれており、人為による攪乱等の影響が少ない地域でもある。

この対象地域は、東京大学宇宙線研究所乗鞍観測所の 500m 程西に位置し、その距離は非常に近い。乗鞍観測所は、年間を通して宇宙線の有人観測を常時行っており、職員の自主的な気象観測が 1997 年より行われている為、調査対象地域の気象条件を把握するのに適している。

Fig.6-a は 1997 年 10 月から 2000 年 11 月までの気温値を用いて、計算した年平均気温である。1997 年は、冬季のデータしかないため他の年と比べて値が低いが、1998 年から 2000 年にかけては、ほぼ年平均気温が 0 度以下であることがわかる。つまり、1 年のほぼ半分は零下という植物の生育には非常に厳しい環境であるといえる。同様に、月平均気温値による年変化(Fig.6-b)をみても、0 度を超える月は、5 月から 10 月の半年間であり、実際に積雪の影響を考えると、6 月から 9 月にかけての 4 ヶ月間が現地調査の可能な数少ない期間といえる。調査対象地域の高山植物のほとんどは、融雪から積雪までの短い期間に葉を広げ、花をつけ、種を残す。植物の活動が活発となる 5 度から 10 度を超える期間もまた、6 月から 9 月である。日変化(Fig.6-b)はおおよそ 3 度の幅を上下することを示している。岡(1991)によると、乗鞍岳における WI(暖かさの指数)が 15(森林限界)となる標高は 2883m であり、実際の森林限界は 2500m(丸田,2000)である。この隙間にハイマツ群落は発達し、研究対象地域は現実のハイマツ群落の最上限部に位置する。1998-1999 年の月平均気温を用いた計算によると、調査対象地域の WI は 20 であり、ポテンシャルとして森林限界はその上部に位置するはずである。つまり、調査対象地域は気候変動を無視すると、いずれ森林限界下の植生へと遷移していく可能性が高いといえる。

一方、調査対象地域の風条件についてもまとめてみた。年間を通した風向風速(Fig.7)はともに、西風が卓越しており、その風速は、最大で 10m/s と強風である。とくに、風向は WNW から WSW 内にほぼ収まり、他の風向成分はほとんど表れていない。この風は、我が国が中緯度に位置し、海拔 3000m の高所である為に偏西風の影響を特に強く受ける結果である。また、時期としては、冬季の季節風が最も強く、その影響力も大きい。

以上のことより、本研究での研究対象地域は、気温そして風といった環境条件の非常に厳しい地域に存在することがいえるであろう。

#### IV. GISを用いたハイマツ群落の移動検出

一般的に、植物群落の空間的な動態を把握するために用いられる手法として、空中写真による植生判読が利用される。空中写真判読は複数枚の航空写真を立体視することで、地表面の細かい起伏とテクスチャを読み取り、植生の状態を判読する技術であるが、この判読には熟練した技術と経験が必要であり、個人差が精度に大きく反映される。しかし、空中写真画像をデジタル化し、GIS(地理情報システム)を用いて処理することで、同一精度で定量的な解析を行うことができる。さらに、今後、衛星リモートセンシングの技術が進むことで、現在の航空機による空中写真に匹敵する解像度を持った衛星画像が提供され、空中写真による解析と同様、植物群落の解析に使用できることが予測される。しかしながら、空中写真や衛星リモートセンシング画像とGISを用いた植物群落の解析方法は、現在発展途上であり(永谷ほか,2000)、その精度や作業効率なども含めて、技術的なアプローチ方法の確立が重要であると考えられる。特に植物群落を扱った場合、その対象が小さく、より高精度の解析が必要であるものの、空中写真と標高データを組み合わせ、正斜投影(オルソ)補正を行った場合でも、水平方向の誤差が10mという報告がされているのみで(小林,1998,横山,1999,米田,2000)、1m以下の精度が得られた空中写真の解析は報告されていない。しかし、条件次第では、1m以下の精度での空中写真の解析が可能である。

本研究の対象地域においては、卓越する西風によって、パッチ状に分布するハイマツ群落が風下側である東方向へ移動していると予測される。Nakano(1996)では、ハイマツ-コケモモ群落の5年間における移動速度が3.5cm/yearと見積もられており、仮にハイマツ群落も同様の移動速度であるとするならば、50年で約1.5mの水平移動が予想される。そこで、本章では、過去の空中写真(1958年撮影)と、最近の空中写真(1994年撮影)を用いて、非常に精度の良い幾何補正を行い、GIS上で重ね合わせることで、36年間でのハイマツ群落の移動現象、また移動速度の検出を試みた(Fig.8)。

##### IV.a. 空中写真

使用した空中写真は、林野庁撮影のモノクロ写真と国土地理院撮影のカラー写真の合計5枚である。モノクロ写真については、5年おきに撮影している林野庁撮影空中写真のなかで、入手可能でかつ対象地域を含む、最も古い写真と最も新しい写真を選定した。

また、焼き付けの方法としては、密着写真を4倍に引き伸ばした縦92cm横92cmのサイズを指定した。

林野庁	モノクロ	1958年9月19日	58 c28-1	h=5250m
			58 c28-2	h=5250m
林野庁	モノクロ	1994年10月7日	94-36 c21-2	h=5400m
			94-36 c21-3	h=5400m
国土地理院	カラー	1977年9月18日	CB77-10 C13A-22	h=5500m



#### IV.b. 方法

検出方法として、まず 92×92cm の空中写真より、研究対象地域であるおよそ 30×30cm の部分を切り取った。その写真を、カラー写真に関してはカラースキャナーを用いてフルカラーで、モノクロ写真に関しては、モノクロスキャナーを用いてグレースケールで、どちらも 400dpi の解像度を指定してデジタル画像に変換した。

次に、現地において、幾何補正に必要な GCP(Ground Control Points)の選定を行った(Fig.9)。数 10 年スケールで移動することがなく、空中写真から読みとれる条件を満たす対象物として、大きさ、高さがともに約 1m 程度の岩塊を選び、研究対象地域にまんべんなく分散するよう 16 地点の選定を行った。尚、研究対象地域では、水の凍結融解作用による周氷河性の地表物質移動現象として、条線土や亀甲土などが確認されるが、GCP に採用した 1m 程度の大きさを持つ岩塊について、現地での観察において凍結融解及び融雪時の飽和状態によるソリフラクションの痕跡が見あたらないため、GCP として有効であると判断した。

選定した 16 点の GCP の中心を正確に合わせ、ディファレンシャル GPS 測量を行った(Fig.10)。使用した GPS は Magellan 社製 GPS Nav5000CP、基準点は調査対象地域の北側、里見岳山頂に設置されている 5437-14-4301(基準点コード)の三等三角点「岩井」を用いた。各 GCP の測量の結果、得られた絶対座標には、水平方向に 20cm 以内の誤差が発生した。また基準に使用した三等三角点に対する精度も 10cm の誤差を含んでいる。

幾何補正には MicroImages 社製の統合型 GIS ソフトウェア「TNTmips6.4」を使用して、カラー写真(1977 年撮影 CB77-10 C13A-22)をディスプレイ上に表示し、GCP である岩塊の中心をおよそ 20cm 以内におさまるよう正確に指定し、D-GPS 測量で得られた座標値を入力した(Fig.11)。変換式としては、斜めから撮影されている空中写真等の幾何補正に適した多次元多項式(Polynomial)変換を採用した。この際発生した RMS(Root Mean Square)エラーは、距離に変換すると 90cm であった。

本研究で基本とした地図投影法と地球回転楕円体は以下の通りである

Coordinate system: UTM(Universal Transverse Mercator)

Zone: 53 (E 132 to E 138)

Ellipsoid: WGS 1984

Datum: World Geodetic System 1984

通常、山岳地域など、起伏の富んだ地域での幾何補正には、DEM(Digital Elevation Model)等の標高データを組み合わせて、正斜投影(オルソ)補正を行う必要がある。しかし、本研究で扱う地域は、位ヶ原溶岩流の舌状地形上に位置し、非常に傾斜が緩やかで、起伏も少ない。トータルステーションを用いた現地での詳細な測量結果からも、ハイマツ群落の分布している付近は細かい起伏が鉛直方向に 1m 程度の盛り上がりであることがわかった。また、空中写真の撮影高度(地表

から2500m上空)と撮影位置(1000m)からの角度を計算すると、水平的な位置変化は最大40cm程度であることがわかった。この結果、本研究の解析においてオルソ補正は必要ないと判断した。

座標情報を与えたカラー写真画像に対し、そのまま解析に使用したならば、ラスターデータ配列が乱れている為に不都合が生じることを鑑み、10cm メッシュサイズでリサンプリング(再配列)を行った。リサンプリングの手法としては、画像の値そのものを変化させずに移動のみを行うニアレストネイバー(最近隣)法を用いた。このリサンプリングによって元画像と比較すると、最大5cmの誤差が生じる。

ここまでで得られたカラー空中写真画像は様々な誤差が加わり、水平方向に205cm以内の精度を持っているといえよう。このままの精度では、1.5m程度の群落移動を検出することは不可能である。しかし、重要な事は相対的な水平方向の変化が検出できれば良いのである。そこで、得られたカラー画像の持つ座標情報がすべて正しいと仮定し、モノクロ画像の幾何補正対象データとしてそのカラー画像を使用することとした。この手法により、カラー画像とモノクロ画像との誤差だけを考えれば良くなり、解析精度を大幅に向上させることが可能となる。そこで、モノクロ画像(1958年撮影・1994年撮影)をカラー画像(1977年撮影)に対応づける40点以上のGCPを指定入力し、ピースワイズアフィン(Piecewise Affine)変換による幾何補正を行った。このピースワイズアフィン変換はTNTmipsに備わった変換手法で、GCPを結んで作成されたTIN(Triangulated Irregular Network)と呼ばれる三角形の領域ごとにアフィン変換を当てはめる。この変換方法の特徴として、GCPの値はすべて正しいと認識し、RMSエラーを計算上0とする。また、正確なGCPの数が多ければ多いほど、地形の起伏など、部分的な歪みも補正できる利点を持っている。

幾何補正後、やはりカラー写真画像と同様に、モノクロ画像に与えられた座標情報をもとに、リサンプリングを行った。用いた手法も、ニアレストネイバー法で10cmメッシュサイズとカラー写真と同等の処理を行った。以上の方法で、空中写真の幾何補正を精度良く行った。

#### IV.c. 精度

いままでの作業を、精度という観点から整理してみると、次のようになる。

まず、カラー画像の幾何補正において発生した誤差は、D-GPS測量の基準に用いた三等三角点の持つ10cm、D-GPS測器を設置する際に発生する誤差20cm、D-GPS測量で得られた座標値が持つ誤差20cm、ディスプレイ上でのGCPの中心指定誤差20cm、多次元多項式幾何補正で生じたRMSエラー90cm、オルソ補正を行っていない為に生じる誤差40cm、そしてリサンプリングによる誤差5cmであり、すべての影響を鑑みると、水平方向での精度は205cm以内に収まっているといえる。

一方、カラー画像を基準にして幾何補正処理を行ったモノクロ画像の持つ相対的な精度は、ディスプレイ上でのGCPの中心指定誤差である20cmと、オルソ補正を行わない為に発生する誤差40cm、そしてリサンプリングによる5cmの誤差の3点であり、全体として、65cm以内の精度に収まっているといえる。

以上の結果、モノクロ画像同士の比較に限定した場合、1.5m 程度の群落の移動が検出できることが示された。実際に、二時期のモノクロ画像を GIS 上でオーバーレイさせてみると、研究対象地域の中でも、ハイマツの群落がパッチ上に分布している東側の地域において、ハイマツ群落の移動、拡大と思われるオフセットが確認された(Fig12-a,12-b)。

さらに同時期のモノクロ空中写真を2枚ずつ使用し、それぞれ独立して幾何補正処理を行ったが、どちらの結果も、ハイマツ群落の移動拡大現象を示しており、そのパターンも類似していることから、正確な幾何補正が行われていることが示された。

#### IV.d. ハイマツの移動量

オフセットの距離をGIS上で計測すると、全体として、パッチの東側で群落の拡大する傾向が示された。一方で、西側が減少する傾向はあまり現れず、調査対象地域ではハイマツ群落の拡大が移動現象よりも多く起きているといえる。

では、検出された結果と現地での観測結果の整合性を検証してみる。GIS による計測では、パッチ A は東側に 0.69～1.44m の伸長が確認される。こうしたオフセットは、上述の精度を考えると、写真の重ね合わせの差異に生じる誤差の範囲を超えており、実際に二度の撮影年度間にハイマツ群落が移動したことを示すと判断される。パッチ A 東側のハイマツシュート伸長を過去 15 年ほどさかのぼって測定した結果、1次式近似によって推測される 36 年の伸長はおよそ 1.2m である。この値と比較しても、空中写真の重ね合わせによる群落の移動、拡大の検出結果が妥当であるといえる。

しかし、パッチ B では、東西方向共に 0～0.6cm のわずかな拡大しか見られていない。この東方向への移動、拡大が GIS から確認されなかったパッチ B におけるシュート伸長を、現地で計測すると、過去 15 年間でシュート伸長率が東西方向で差がないことがわかった。この点においてもまた、妥当な結果であると判断できる。

### V. ハイマツの分布と更新形態

ハイマツ群落の移動、拡大現象が生じているならば、その群落周辺の分布パターンにもその影響が示されている可能性が高い。そこで、空中写真より植生分布と微地形分類を行った。さらに実際の更新形態の観点からもその検証を行う必要がある為、実生、幼樹、枯死の分布を調査した。本章では、その調査結果について述べる。

#### V.a. 調査地域の植生(裸地)分布と微地形分布

調査対象地域のカラー空中写真と現地調査より、地形分類図(Fig.4)、及び目視で判読した植生図(Fig.5-b)と GIS 上でサンプルポイントを入力して、類似の輝度パターンを画像上から分類するフィーチャーマッピング(対話型画像分類)法による植生分類図(Fig.5-a)を作成した。

地形分類は斜面勾配を3段階(急傾斜地、緩傾斜地、平坦面)に分け、さらに融雪期にチャネルが形成される小さな谷地形、および尾根の合計5要素に区分した(Fig.4)。

植生図は、ハイマツ、裸地、スゲを主とする高茎植物群落と雪田植生群落の混在部、及びガンコウランを主とする風衝矮生低木群落の4区分として作成した(Fig.5-a,5-b)。

ハイマツの分布は、調査地域内の急傾斜な斜面や尾根に多く分布し、平坦地では比較的分布面積が狭い。しかし、南東部の平坦地にはパッチ状のハイマツ群落が生息している。このような分布形態から、調査対象地域に分布するハイマツ群落は、その立地条件が大きく斜面地と平坦地の2種類あることがわかる。本研究ではとくに調査対象地域の南東部に分布する、平坦地上のハイマツ群落を研究対象とする。

では、区分されたその他の分布の傾向について述べる。スゲを主とした高茎植物群落と雪田植生群落の混在部は、微地形レベルでの谷、いわゆる水の集まる地域に多く分布する。一方、ガンコウランを主とする風衝矮生低木群落は、ハイマツの存在しない平坦部を広く覆っている。さらに裸地は全体的にハイマツ群落の西側より緩斜面の下方方向へ分布している。この分布パターンはハイマツ群落の西側を浸食し、その際生じた物質を斜面方向に移動させているようにも解釈できる。

#### V.b. 伏状更新

植物の更新形態には、種子散布による実生更新と、枝先を伸ばし、クローナルな個体を新たに形成する伏状更新がある。ハイマツはマツ属では珍しく不定根を伸ばし伏条更新を行っていることから、ハイマツ群落の移動を論じる場合、双方の更新が組み合わされた形で、移動が行われると考えるのが一般的であろう。そこで、ハイマツ群落のシュート伸長を計測し、伏状更新の速度、伸長方向について述べる。

ハイマツシュートには、年枝と呼ばれる一年ごとに枝を伸ばす基部が形成される。さらに枝が落ちた場合でも、主幹にはその年枝の跡が残る。この年枝跡を計測することで現在から過去のハイマツシュートの伸長量を計測することができる。そこで、ハイマツ群落の西側と東側でのシュート伸長速度に差が生じているか、過去15年間のシュート伸長を計測した(Fig.13)。

その結果、パッチAにおいては西側で2.1cm/year、東側で3.3cm/yearと1cm以上の東西伸長速度差が認められた。しかし、パッチBにおいては、東西ともほぼ2.7cm/yearと差は確認されなかった。この現象は、GISによる空中写真の差からも、パッチBでの東方向への移動が見られなかったことと一致する。パッチAで得られた東方向への3.3cm/yearはNakano(1996)の3.5cm/yearとほぼ等しく、妥当な値といえよう。また、群落西側のシュートは確かに伸長しているものの、その伸長方向は風によると思われる偏型を受け、上方もしくは南北方向へと向きを変えていることが多く、たとえ、シュート伸長に東西の差がない場合でも、水平方向の伸長量で考えると、東方向への移動、拡大の傾向は遅いながらも起こり得ると考えられる。

### V.c. 幼樹、枯死分布

次に、もう一つのハイマツの更新形態である実生更新について、東西方向への群落移動、拡大現象に関わる可能性を中心に考察してみる。

ハイマツの実生更新は一般的に次のような形で行われている。まず、7月下旬から8月上旬にかけて開花・受粉が行われ、結実した雌花は秋を過ぎ、越冬後翌年の秋、つまり受粉して1年以上経過した後に、当年生枝の基部において成熟した球果(長径3~6cm、乾重量約11g)となる。ハイマツの球果が脱落した痕は果柄痕として残り、落枝の痕と区別することができる。ハイマツの種子は無翼のため、風散布ではなくホシガラス(*Nucifraga caryocatactes*)によって動物散布される。実生はコケモモ、ガンコウランなど矮性低木のマツ中でしばしば見かけられるが、ハイマツ林の林床で見かけることは少ない。

西風による影響を考慮した場合、実生更新もまたハイマツ群落の東側で行われると予測されるが、その分布パターンを確認するために調査対象地域内を踏査し、空中写真からは判読されないハイマツの実生及び幼樹の分布とその年齢、また枯死部の分布をGIS上にプロットした(Fig.14)。

ハイマツの実生及び幼樹の分布より、ハイマツ群落の西側、東側に限らず、比較的ハイマツ群落の周辺に分布することがわかった。また、実生、幼樹からの距離をGISを用いて計算してみたところ、遠く離れた地域は、ハイマツ群落の内部を除くと、スゲの優占する雪田植生群落及び、融雪期に一時的にチャネルとして機能する小さな谷地形の周辺と分布範囲が一致した(Fig.15)。興味深いこととして、比較的裸地周辺においても、群落の西側、東側に限らず実生、幼樹が分布している。このような分布パターンより、ハイマツ群落の実生更新は、群落の東方向への移動拡大に寄与していない可能性が高いといえよう。また、実生、幼樹といえどもその幅は数年から50年まであり、小さい個体でありながら比較的年齢層の高い個体も多く存在することが確認された。

一方、ハイマツ枯死部分布は実生、幼樹の分布と比較して、その範囲は非常に狭く、点在しているに過ぎない。すべての実生、幼樹がハイマツ個体を形成していくとは考えにくい、ある程度の確率で定着した場合としても、枯死部の面積より実生、幼樹の分布面積が大きく、全体的に見ると、研究対象地域のハイマツ群落はその面積が拡大傾向にあることを示唆している。

## VI. ハイマツ群落の東西方向における、気象、植生、土壌、微地形差異

IV章では、空中写真の解析よりハイマツ群落の移動拡大現象が示され、V章では植生の分布パターンと、更新形態の調査より、ハイマツ群落の移動拡大を示す現象が確認された。本章では、実際にハイマツ群落の東西方向への移動を示す現象を確認するために、現地において気象調査、植生調査、土壌調査及び地形調査を行った結果について述べる。

#### VI.a. 群落周辺の気象条件

ハイマツ群落の周辺の微気象を明らかにするために、気温(乾球、湿球)、風向、風速の同時観測を行った(2000年9月7日実施)。観測方法は、アスマン通風乾湿計による気温観測と、マイクロアネモを用いた風向風速観測をそれぞれ3箇所で行った。そのうち2箇所はハイマツ群落の西側と東側に、1.5mの高さにセンサーを設置して、10分インターバルで計測を行った。残りの1箇所は観測中ハイマツ群落の周辺を移動し、群落の西側と東側だけでなく、ハイマツ群落周辺の微気象空間分布を計測した。尚、当日の気象条件は、雲量が10、時折霧が立ちこめ、16:30には小雨が降りはじめた。

同時観測の結果、風速の空間分布よりハイマツ群落の西側から北西側にかけての範囲が最も風速が強く、東側は相対的に風速が小さい、つまり風の影響が風下側では軽減されていることが示され、その方向性も特に東西方向性が強く、ハイマツ群落の東方向への移動に対して、風という気象現象が規定している可能性が示唆された。また気温の空間分布からも、風上側である西側では、相対的に気温が低下し、風下側である東側では相対的に気温が高いことが示された。西側の気温が低下する現象は、風によって奪われた気化熱の影響を反映しているものと考えられる。相対湿度の空間分布は、風速分布と類似しており、西側で高く、東側で低い傾向が示された(Fig.17)。この現象については、当日時折たれこむ霧の影響が強いものと考えられる。群落の西側では、風によって移動する霧を受け、ハイマツのシュートには水滴がつく。このような霧との接触部の存在が、西側での相対的な湿度上昇を引き起こしているものと考えられる。

さらに東西方向での気温、湿度、風向、風速の違いを定点観測の結果から検討してみた。

風向については、西風が卓越するものの、パッチ A の東側では東成分を持つ風が観測されている(Fig.18-a)。この現象を風速からみると、東側の風速は、西側の風速 2.5m/s よりも 40%ほど小さい 1.5m/s の風であることがわかる(Fig.18-b)。そして、西風成分と 180° 反対の方向である。以上のことより、西側から吹き込んだ風が、ハイマツ群落の上を越え、東側に移動してきた際に、群落の東側で風が巻き込んでいく可能性が指摘できる。つまり、東側での風の軽減作用は、群落による西風のブロック効果に加え、風の巻き込みによる効果が現れているものと考えられる。

気温について比較してみると、東西方向に見られる差は、およそ 0.5 度、最大で 1 度とその差が大きいことがわかる(Fig.18-c)。気温差に加えて、風の効力も鑑みると、その東西方向の差がハイマツ群落にとって大きな影響を与えることが予想される。

最後に、相対湿度の差であるが、全体として東側の値が低く、後半のパッチ B での観測時は、途中より小雨も降りだし、非常に湿度が高い状況であったが、そういった条件下においても相対的に東側の湿度が低いことが興味深い(Fig.18-d)。とくに、乗鞍岳は、霧の発生頻度が高く、植物に対しても、重要な Physical Pressure を与えている可能性が高いものと思われる。

#### VI.b. ハイマツ群落内の気温

では、群落内の気象条件は変化があるのだろうか。ハイマツ群落内を、上層(地上 100cm)、

中層(地上 50cm)、下層(地上 10cm)の三層に分け、気温ロガーを設置し観測を行った(2000 年 6 月 12 日から 7 月 19 日まで実施)。

その結果、全体として東側の気温値が高いことに加え、日変化のリズムが西側よりも東側が最大で 3 時間ほど早いことが明らかになった(Fig.19)。これは、太陽の日周運動の方向性によるものと考えられるが、午前中は東西で差が明瞭に表れるのに対し、午後になるとその差が縮まり、西日の影響が表れてこないことが示された。

以上の結果より、群落内の気温差は、東側で相対的に気温が高く、午前中に差し込む東方向からの日射の影響が強いためと考えられる。

#### VI.c. 植生(高さ、種構成、生活型)

ハイマツ群落内及び、その周辺において、東西方向での植生の差が確認されるか、幅 2m のベルトトランセクトを 3 ヶ所設置し(Fig.16-a,16-b)、植生調査を行った。調査項目は、種数、Braun-Blanquet 法による優占度、各種ごとの高さ、全体の植被、ハイマツ高。測定単位は 2×2m のコドラートごとに行った(Table1,2,3)。調査時期は、2000 年 7 月 18 日、8 月 12 日、9 月 10 日と幅をとり、季節的な影響をできる限り取り除いた形で実施した。その結果、全体的な傾向として次のことが示された。

種数は、ハイマツ群落の東西端部にピークを持ち、とくに東端で最大となった。ハイマツ群落内の種数は少なく、群落外と比較しても同程度かそれ以下。ハイマツ群落外の比較では、西側よりも東側で種数が多く表れた。

Braun-Blanquet 法による優占度では、ハイマツ群落内と群落外で大きく種構成が異なる他、さらにハイマツ群落内においても東側に多く分布するウラジロナナカマド、ヒロハユキザサ、ウサギギク、西側に多く分布するクロウソゴ、アオノツガザクラ、さらにハイマツ群落内にはほぼ均一に分布するコイワカガミ、ミツバオウレンといった種構成の差が確認された。

それぞれの種についての高さは、大きく見ると西側よりも東側が高く、特に草本はハイマツ群落端でピークを持つカーテン群落に近いパターンを示した。木本では、ハイマツ群落の東側にピークを持つ緩やかなカーブを示した。同様に、ハイマツの高さもまた、東側ほど高く、西側で低い傾向が示されている。

全体の植被についても、同様に東西方向での差が確認された。ハイマツ群落東側では、ハイマツ群落に近づく程被覆度が増し、全体的に高い。西側は植生がまばらで被覆度も低く、裸地化の傾向が示されているものと思われる。

#### VI.d. 土壌(水分、レイヤー、地中温度)

植物が物質生産を行いながら存在する過程で、地表には土壌が生成される。つまり植物の活動が土壌中に記録されているともいえる。ハイマツ群落が移動、拡大しているのでは

れば、その群落下の土壌にも何らかの情報が記録されているはずである。このような観点より、土壌断面を掘り起こし、その特徴の観察、及び土壌水分量の測定を試みた。また、雪解け時期の凍土深を測定した。加えて、東西方向での地中温度に差が見られるかを把握するために、温度ロガーを三段階の深さ(上層:0cm,中層:10cm,下層:35cm)に埋め、地温の測定を行った。

土壌断面より東西方向に次のような差異が確認された(Fig.21)。

全体的な傾向として、A層からB層までの厚さは東西方向で差が見られなかった。しかし、そのレイヤ構造について着目すると、西側ほど階層構造の多様化が顕著であり、その境界も明瞭である。一方、東側の土壌構造は単純でありその境界も明瞭ではない。特にA層下には、我が国の亜高山針葉樹林帯下でよく見られるポドゾルが発達していたが、その発達具合は西側ほど明瞭であり、東側ではほとんど確認されなかった。

電気抵抗式土壌水分計と、マイクロ波式土壌水分計を用いた測定を行った結果にも、東西方向の差が認められた。相対的に西側ほど土壌水分量が多く、東側ほど乾燥しており、先の章で述べた気象観測の湿度パターンと同様の傾向が示された。

乗鞍岳では、冬季凍土の存在が確認されているが、融雪後の凍土深がどの程度深いのか計測を行った(2000年6月14日実施)。現場は融雪と地下の凍土の影響で多量の水が地表面で飽和状態にあり、ぬかるみの状態となっていた。凍土が現れるまで土壌を掘り返してみると、西側の地下では深さ7cmで、また東側の地下では深さ21cmでそれぞれ凍土が確認された。つまり、凍土の融解時期は、相対的に西側で遅いことが明らかになった。

地中温度を深度三段階ごとに測定し、その東西方向の差を試みた(Fig.20)。しかし、地中温度においては東西方向での明確な差は現れなかった。しかし、最上層においては、温度差ではなく時間差として、東側が日中で3から6時間、夜間では2から3時間程その上昇下降の周期が、西側よりも早い傾向が示された。これは、ハイマツ群落内の気温日変化とも一致する現象である。中層、下層ではこのようなパターンは見られないことより、地中に到達する気温の日変化は深度10cmまでであることがわかった。

#### VI.e. 裸地面積比率、微地形

最後に、ハイマツ群落周辺の微地形的な特徴の計測を試みた。

まず、植生調査に付随しておこなった裸地面積調査より、地表面の裸地面積比率を比較すると、ハイマツ群落西側と東側では明瞭な差が認められる。西側はほぼ50%以上の面積が裸地化しているが、東側は0%から40%の幅に収まっており、ハイマツ群落に近づくほど裸地面積比率は小さくなる傾向を示す(Fig.22)。

ハイマツ群落周辺、及び内部の微地形を把握するために、統合型測量機器トータルステーションを用いて、測量を行い、地形図を作成した。その結果、ハイマツ群落内の地形は、ハイマツ群落外と比較して、最大で1m程盛り上がっていることが確認された。また、東西方向での断面をとる



と、全体的に東側はなだらかな斜面であるのに対して、西側は比較的急傾斜であることがわかる。但し、計測された微地形とは、基盤、砂礫、岩塊で構成されている本来の地形に加えて、その上部に堆積している土壌の高さも加わっている。

以上の調査、観測より、ハイマツ群落の東西方向における環境条件の差が確認された。

## VII. 結論

---

調査地である乗鞍岳では、平均風速 10m/s、瞬間風速では、20m/s を越える風が吹き、高山植物群落の立地に対して相当の影響を与えている。しかし、群落の分布に対する考察は、静的なものとして扱われてきたくらいがあるが、植物群落は常にその立地を変化させている動的なものである。現地での観察から、卓越する西風の風向に沿ったかたちでの偏型、植生パターン等が見てとれることより、西風によって、高山植物群落が移動していると推測される。

我が国において空中写真が定期的に撮影されはじめた 1950 年代より半世紀が経過した現在、このような群落の移動拡大といった現象が捉えられるのか、GIS(地理情報システム)を用いて、その検出を試みた。その結果、二時期(1958 年,1994 年)の空中写真を比較する場合の相対的な精度を 65cm 以内と高精度で補正を行うことができ、36 年間に 0.5 から 2m 程度のハイマツ群落の移動、拡大現象を検出することができた。さらに、その方向も、風下側である東方向であることが確認された。

次に、実際にハイマツ群落の更新がどのように行われているのか、検討してみた。これには、現地での踏査より、実生、幼樹、枯死部の分布を押さえ、比較検討を行った。その結果、伏状更新によるシュート伸長は、過去 15 年間の傾向より、西側よりも東側の伸長速度が大きく、その伸長方向も西側においては水平方向から上方もしくは南北方向への偏型による影響も含め、東側への拡大が説明できた。またその速度も、3.3cm/year と Nakano(1996)の示した 3.5cm/year の値と近似しており、妥当な値が求められたといえる。

一方、実生更新においては、ハイマツ群落に対する東西性が示されず、むしろ、実生が生育できないゾーンは、地形的に低く、集水しやすい微地形レベルでの谷と、その周辺におおく存在する雪田植物群落の分布と重なり、水分条件と実生更新の関連性が示唆された。

以上の更新形態からの検討では、ハイマツ群落の移動、拡大は、伏状更新を主体とする更新であり、実生更新は寄与していないと考えられる。他方、ハイマツ枯死部分布は実生、幼樹の分布と比較して、その範囲は非常に狭く、点在しているに過ぎないため、全体的に見ると、研究対象地域のハイマツ群落はその面積が拡大傾向にあるといえるであろう。

しかし、そもそも、ハイマツ群落の東西方向での気象条件もどの程度異なるのか、ハイマツ群落周辺の微気象を明らかにする必要がある。そこで、気象観測を行い、風上、風下側での違いを明らかにするために、気象観測を行った。まず、ハイマツ群落周辺の空間分布を押さえ、差異が生

じる方向が、東西方向であるかの検討を行った。ついで、東西方向での風速、気温、相対湿度を観測し、どの程度異なるのか明らかにした。ハイマツ群落周辺の空間分布に関しては、風上側と風下側で、明確に異なり、比較的幅広く西側と東側で二分された。東西方向の差異については、風速、湿度が西側で高く、東側で低い、逆に気温は、西側で低く、東側で高く示された。そして、とくに風の違いというものが明瞭に観測された。この結果から、ハイマツ群落の移動、拡大は西風によって規定され、副次的に気温や湿度も差が生じていると考えられる。

ハイマツ群落周辺の微気象が明らかにされたわけであるが、ハイマツ群落内の気温はどのように変化するか、上中下の三層に分けて観測を行ったところ、やはり東側での気温が高いことが示された。さらに、その減少は風によるものだけでなく、太陽の日周運動による日の射し込みが効いており、特に午前中の日射がハイマツ群落内の気温を支配していた。

植生パターンをまた東西方向で異なる。群落を挟んで東側はその丈も大きく、西側よりも生長度が高い。また、多様度も高く、ハイマツ群落に近づくほど生長度が上がることから、明らかにハイマツ群落の存在がガンコウランといった高山植物の生息に適当なニッチを生み出しているといえる。また、ハイマツ群落内の林床植物も東西方向で棲み分けがされており、雪田植物群落性を持つ、クロウスゴやアオノツガザクラといった種が西側に分布している事が明らかになった。これは、ハイマツ群落内でも水分条件や積雪条件が異なることを示唆する。

土壌の差はとくにハイマツ群落の移動拡大を示す結果が得られた。そのレイヤー構造の多様性、明瞭度が西側ほど大きく土壌形成期間の長い事、そして、東側では単純なレイヤー構造が、土壌形成期間の短いことを示唆しているといえる。そして、このレイヤー構造の違いが、土壌水分の東西差にも影響したと考えられる。加えて、西側の土壌水分量には、西風による霧との接触、気温差も関わってくるが、土壌構造の違いは、とくに強い影響力を持つものと考えられる。また、凍土の融解時期が遅い事も、土壌水分に効いている可能性が高いであろう。

空中写真からの裸地分布からも示されたが、ハイマツ群落の西側は特に裸地面積比率が高い。ベルトトランセクトによる調査からも、同様に西側で裸地化しており、東側では植物の被覆度が高いためにその差は明瞭である。測量による結果も、西側で急傾斜、東側で緩傾斜であることから、ハイマツ群落の西側では、風食による浸食が進行していると解釈できる。また、その際生じた砂礫や土砂は、斜面方向に移動し、裸地の分布を規定するとも思われる。しかし、風食が進行しているならば、ハイマツ群落の西側で枯死した形跡が現れているはずである。この点では、風食現象を説明することは難しい。ただ、枯死した個体を調査対象地域の谷筋終点である舌状地形下で多く見られたことから、枯死個体は、流水作用によって流され、地表面にあまり残らない可能性がある。

## VIII. おわりに

---

本研究では、空中写真とGISを用いて、36年間におけるハイマツ群落の移動、拡大を検出する

ことができた。また、その移動、拡大方向は東方であり、移動速度は 3.3cm/year、主に伏状更新によるシュート伸長が効いていることが明らかになった。

ハイマツ群落の移動、拡大現象を規定する要因は、日本の山岳地域に特有の西風であり、副次的にハイマツ群落の東西方向での微気象条件も異なる。ハイマツ群落の移動、拡大を示す様々な環境要素の東西方向差異が示された(Fig.22)。

しかし、本研究対象地域において、伊藤(1973)が示した林分動態のサイクルを適用するには、林分が崩壊する、終末相に相当する現象を捉え切れてはいない。今後、群落西側での風食の発生を明らかにする地形的なアプローチでの調査が必要である。加えて、積雪に着目した詳細な検討が必要である。また将来的にハイマツの群落が、裸地から群落形成、そして風食による裸地化の一連のサイクルにのったシステムが示されたならば、厳しい Physical Pressure に規定された群落動態のなかで、土壌化学成分やエネルギーのやりとりといった、遷移にともなう物理化学的な物質のやりとりを明らかにし、マツの分布を規定している、さらに細かな Physical Pressure を明らかにしていく必要があるのではないだろうか。

## IX. 謝辞

本研究をまとめるにあたっては、自然環境コースの大森博雄教授、須貝俊彦助教授をはじめ多くの先生方から貴重な御助言、ご指摘を頂いた。とくに、現地においては同コースの斉藤馨助教授、福田健二助教授、太田剛助手をはじめ、同じ調査地を共有する井口博貴、穴沢勝郎(鹿児島大)、吉田宗弘諸氏、また厳しい気象条件の中、フィールド調査を手伝っていただいた、同コースの大越美香、今井尚人、高橋涼、長森洋志、山口正秋諸氏、また、トータルステーションを用いた測定の補助として手伝っていただいた大塚弘(都立大)、黒田真二郎(都立大)諸氏、現地での宿泊、情報提供など、ご協力いただいた横山千秋氏をはじめとする東京大学宇宙線研究所乗鞍観測所職員の方々、高価な機材を快くお貸しいただいた東京大学大学院農学生命科学研究科農学国際専攻国際森林環境学研究室の露木聡助教授、地球惑星科学専攻地球惑星システム科学大講座の松本淳助教授、その他、多くの方に感謝いたします。

## X. 引用文献

- 藤巻祐蔵(1994):環境変動の野生生物への影響.日本生態学会誌,44,125-129.
- 福嶋司(1972):日本高山の季節風効果と高山植生.日本生態学会誌,22(2),62-68.
- Fukuyo Satoshi,M.Kurihara,I.Nakashinden,K.Kimura,Y.Iijima,Y.Kobayashi,T.Masuzawa,  
S.Yamamoto,M.Morimoto,T.Kouyama,S.Kobayashi,T.Yamamoto,K.Mizuno and H.Machida  
(1998):Short-term effects of Wind Shield on phenology and growth of alpine plants in  
Mt.Kisokomagatake, central Japan.Proc.NIPR Symp. Polar Biol.,11,147-158.
- G.H.R.Henry.(1997):Short-term Responses of Tundra Plants to Experimental Warming.Global

- Change Biology,3(1),1-164.
- Nakashinden Ikuko,T.Masuzawa,S.Fukuyo,K.Kimura,S.Yamamoto,Y.Iijima,K.Mizuno,  
S.Kobayashi,T.Yamamoto,H.Machida and S.Takaoka(1997):A preliminary report on  
phenological monitoring using experimental chambers in Mt.Kisokomagatake,central Japan.Proc.  
NIPR Symp. Polar Biol.,10,196-204.
- 原田洋(2000):マツとシイ 現代日本生物誌 6.岩波書店,1-77.
- 伊藤浩司(1973):大雪山の植物群落 写真集"大雪山".北海道撮影社,36903.
- 伊藤浩司(1984):高山帯の群落生態 8 寒冷地域の自然環境福田正巳他編.北海道大学図書刊行  
会,143-160.
- J.Iguchi,H.Ohori,A.Ohmura,K.Suzuki,K.Furuta,H.Yagi,T.Ohta,I.Nakashinden,K.Kimura and  
T.Sugai(1998):Experimental Studies on Vegetation Changes due to Climate Warming at the side  
of Mt.Norikura,Central Japan.Bulletin of the Department of Geography University of  
Tokyo,30,17-26.
- 梶本卓也(1995):ハイマツの生態-とくに物質生産と更新過程について-.日本生態学会  
誌,45,57-72.
- 神田啓史(1994):ツンドラ生態系と環境変動-特集北方域の生態系と環境変動-.日本生態学会  
誌,44,99-103.
- 幸島司郎(1994):氷河生態系.,44,93-98.
- 吉良竜夫(1949):温量指数による垂直的な気候帯のわかちかたについて-日本の高冷地の合理  
的利用のために.寒地農学,2,143-173.
- 小林浩之(1998):自分で作るオルソフォト-パソコンと市販ソフトによる作成例-.森林航  
測,185,36899.
- 小泉武栄(1982):高山の寒冷気候下における岩屑の生産,移動と植物群落.東京学芸大学紀要3  
部門,34,73-88.
- 小泉武栄(1984):日本の高山帯の自然地理的特性.9,寒冷地域の自然環境福田正巳他編,北海  
道大学図書刊行会,161-181.
- 小泉武栄(1993):日本の山はなぜ美しい.-山の自然学への招待-,古今書院,228.
- 小島覚(1994a):北方域の生態系と環境変動.44,81-92.
- 小島覚(1994b):北方林生態系と気候温暖化.44,105-113.
- 高山地形研究グループ(1978):白馬山高山帯の地形と植生.高山地形研究グループ,164.
- 工藤栄(1994):北方海洋生態系の特徴.44,115-124.
- 丸田恵美子(2000):森林限界の成り立ち.工藤岳編高山植物の自然史,4,53-66.
- 増沢武弘(1997):温暖化により高山植物群落はどのように変化するか.4,温暖化に迫られる生き物  
たち,堂本暁子他編,筑地書館,171-188.
- 水野一晴(1999):高山植物と「お花畑」の科学.古今書院(8),77-94.

- 森下博三,牛丸周太郎,宮脇昭,大場達之,奥田重俊,石神甲子郎(1969):乗鞍岳地区学術調査報告.日本自然保護協会調査報告,36,184
- Nakano Takashi(1996): Ecology of *Vaccinium vitis-idaea* in wind exposed area of alpine region of Mt.Norikura. Department of Biology Faculty of Science Tokyo Metropolitan University,105.
- 中野俊,大塚勉,足立守,原山智,吉岡敏和(1995):乗鞍岳地域の地質.地質調査所-地域地質研究報告,139.
- 中新田育子(1997):中部山岳におけるハイマツ帯の維持機構と成帯構造.東京大学大学院理学研究科地理学専攻学位論文,110.
- 中新田育子(1995):「球果痕」から復元したハイマツ球果の豊凶周期と生産様式.日本生態学会誌,45,113-120.
- 永谷泉,沢田治雄,川端幸蔵,穴沢道雄,三塚直樹,中園悦子(2000):衛星データと GIS による森林多様度評価手法の開発.GIS-理論と応用,8(1),107-113.
- 日本ペドロジー学会(1997):土壌調査ハンドブック改訂版.博友社,169.
- 名取陽,松田行雄(1966):乗鞍岳ハイマツの樹齢および幹の肥大生長.日本生態学会誌,16(6),247-251.
- 岡秀一(1991):わが国山岳地域における森林限界高度の規定要因について.地学雑誌,100,637-696.
- 沖津進,伊藤浩司(1983):ハイマツ群落の動生態学的研究.環境科学,6(1),151-184.
- 沖津進(1991):ハイマツ群落の現在の分布と生長からみた最終氷期における日本列島のハイマツ帯.第四紀研究,30(4),281-290.
- 沖津進(1985):北海道におけるハイマツ帯下の成立過程からみた植生帯構成について.日本生態学会誌,35,113-121.
- 沖津進(1984):ハイマツ群落の生態と日本の高山帯の位置づけ.地理学評論,57(11),791-802.
- 沖津進(1983):ハイマツ帯は高山帯かー1ー.北方林業,35(6),169-172.
- 沖津進(1983):ハイマツ帯の成立と水平的分布.北方林業,35(6),251-256.
- 沖津進(1983):植生帯垂直分布のパターンからみたハイマツ帯の特徴.北方林業,35(6),350-354.
- 沖津進(1987):ハイマツ地上部の年齢推定.日本林学会誌,69(5),195-197.
- 大場達之(1967):高山帯と亜高山帯.原色現代科学大事典 3 植物,329-420.
- 大森博雄,柳町治(1989):北海道におけるハイマツ帯下限およびダケカンバ帯上限,下限の温度領域.地学雑誌,98(1),369-390.
- Sano Y.,T.Matano,A.Ujihara(1977):Growth of *Pinus pumila* and climate fluctuation in Japan. Nature,266(10),159-161.
- 清水長正(1983):秩父山地の化石周氷河斜面.地理学評論,56,521-534.
- 田中豊雄(1999):花の乗鞍岳.ほおずき書籍,101.
- 武田久吉,田辺(和雄):1961.日本高山植物図鑑,北隆館,347.

横山智(1999):GIS を活用した台風による森林災害分析の試み.GIS-理論と応用,7(2),37213.

米田靖,高田佳夏,溝上展也,吉田茂二郎,今田盛生(2000):作成方法の違いによるデジタルオルソ  
フォトの位置精度の比較.九州大学農学部演習林報告,81,36902.

## **XI. 図表タイトル一覧**

---

Figure 1. Position of Study Site.

Figure 2. Study Area.

Figure 3. Landform outline of the study area.

Figure 4. Microtopography classification map.

Figure 5-a. Vegetation map using by GIS.

Figure 5-b. Vegetation map using by Aerial photography interpretation.

Figure 6-a. The annual mean temperature.

Figure 6-b. The monthly mean temperature.

Figure 6-c. The daily variation of the temperature.

Figure 7. Annual average of the velocity of the wind and frequency according to the direction.

Figure 8. The flow chart of georeference.

Figure 9. The position of GCPs(Ground Control Points)

Figure 10. The D-GPS observation scene.

Figure 11. Input work of GCPs using the GIS.

Figure 12-a. Extended detection of the Pinus Pumila community by overlay(pattern 1).

Figure 12-b. Extended detection of the Pinus Pumila community by overlay(pattern 2).

Figure 13. Shoot elongation tendency for the past of 15 years.

Figure 14. Young tree and Plants death distribution of the Pinus Pumila.

Figure 15. Distance from young pinus, and Landform.

Figure 16-a. Position of belttransects.

Figure 16-b. Detailed topographical map around Pinus Pumila community.

Figure 17. Distribution of the Micrometeorological phenomenon around P.Pumila community.

Figure 18-a. Wind frequency according to the direction.

Figure 18-b. Wind Velocity.

Figure 18-c. Temperature.

Figure 18-d. Humidity.

Table 1. Observation result of Belttransect-A

Table 2. Observation result of Belttransect-B

Table 3. Observation result of Belttransect-C

Figure 19. The daily variation of the temperature in P.Pumila community.

Figure 20. The daily variation of the Ground temperature.

**Figure 21. Soil profile in Pinus Pumila community.**

**Figure 22. Difference of environmental elements on W-E profile in the Pinus Pumila community.**



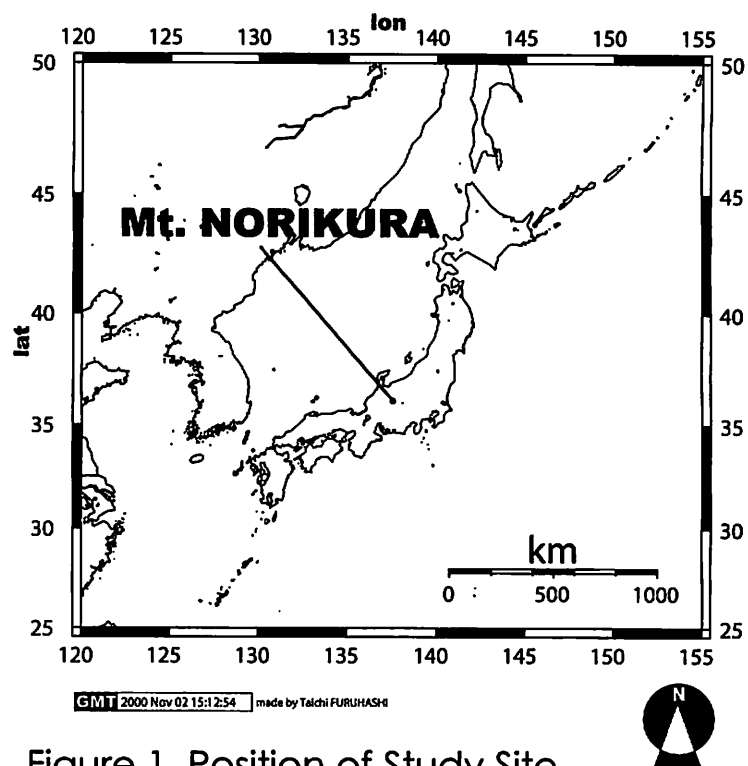


Figure 1. Position of Study Site

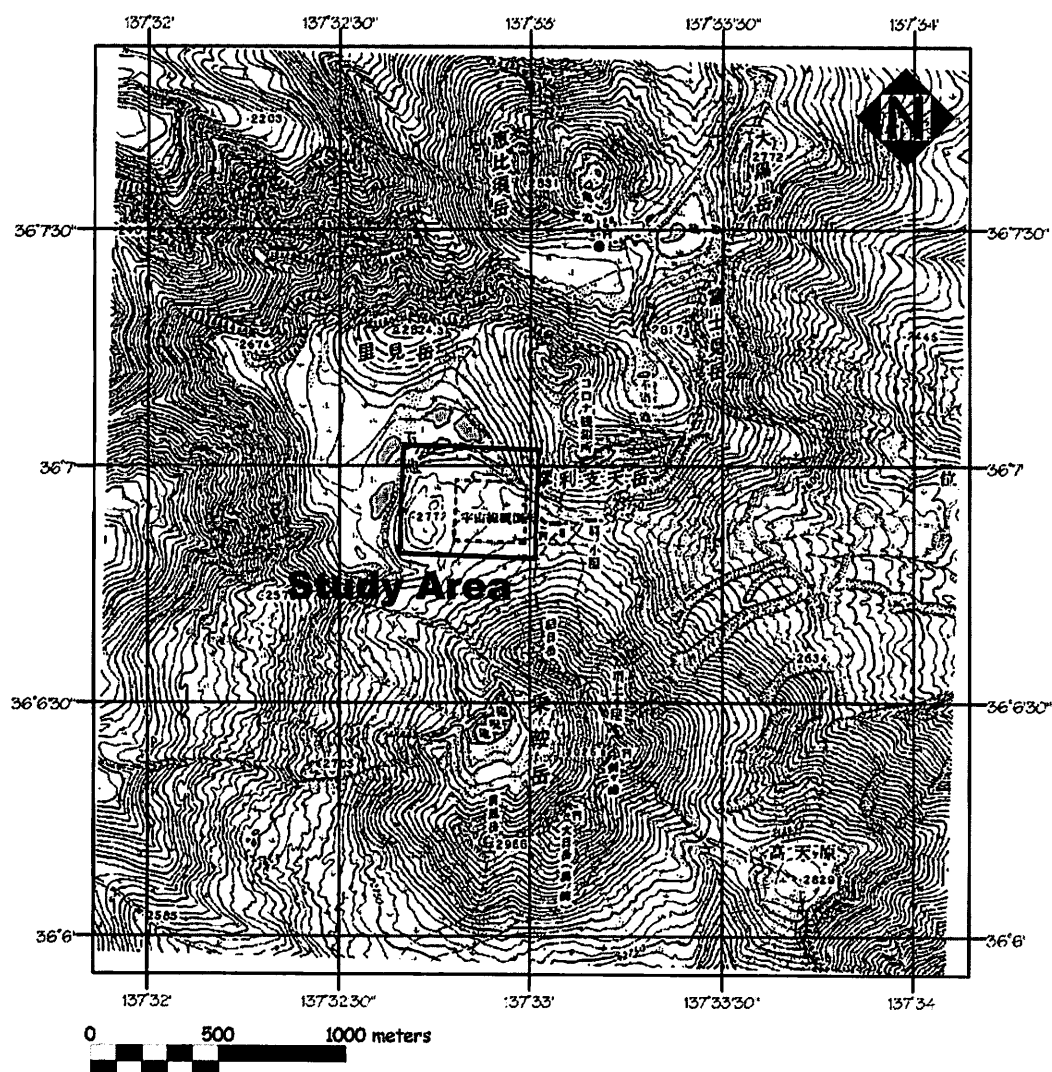


Figure 2. Study Area

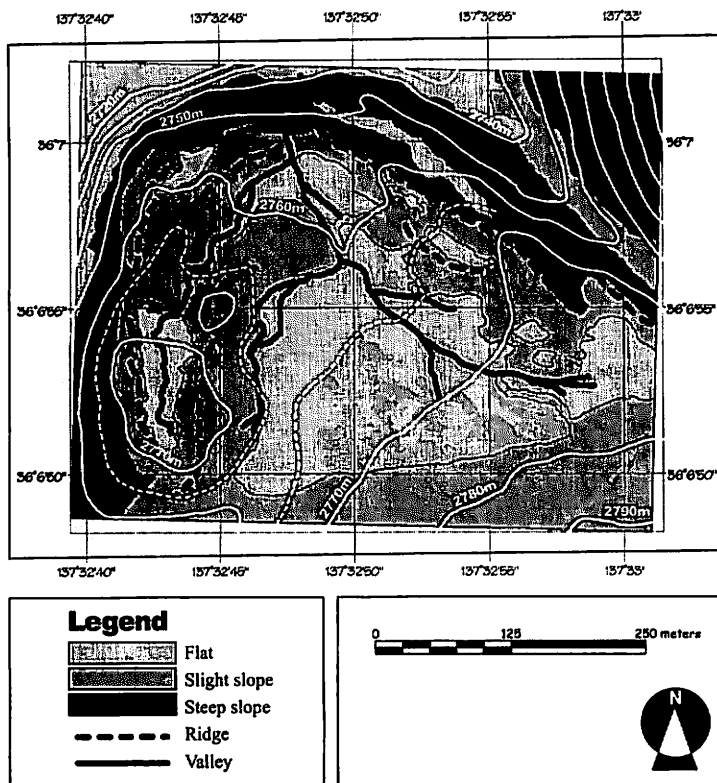


Figure 4. Microtopography classification map.

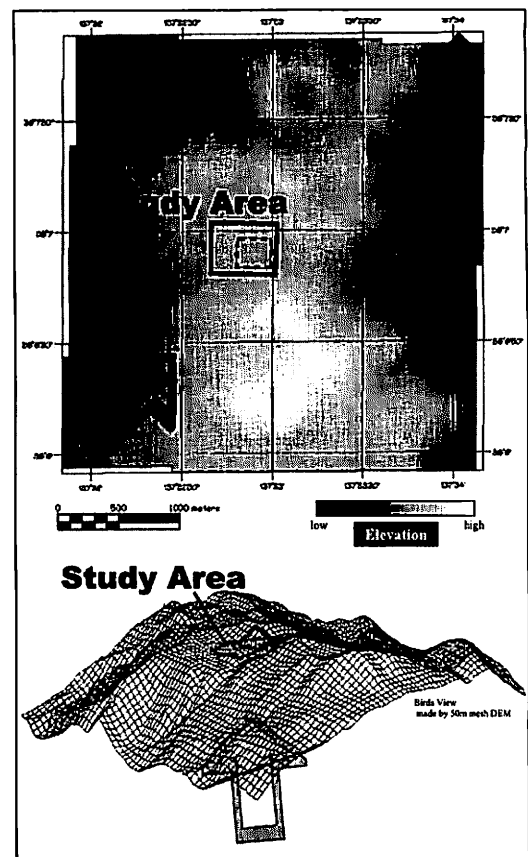


Figure 3. Landform outline of the study area.

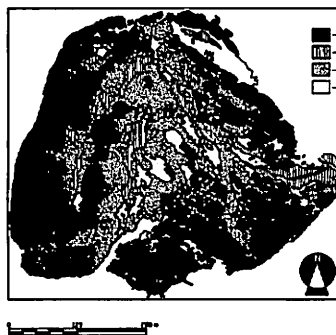


Figure 5-b.  
Vegetation map  
using by  
Aerial photography  
interpretation.

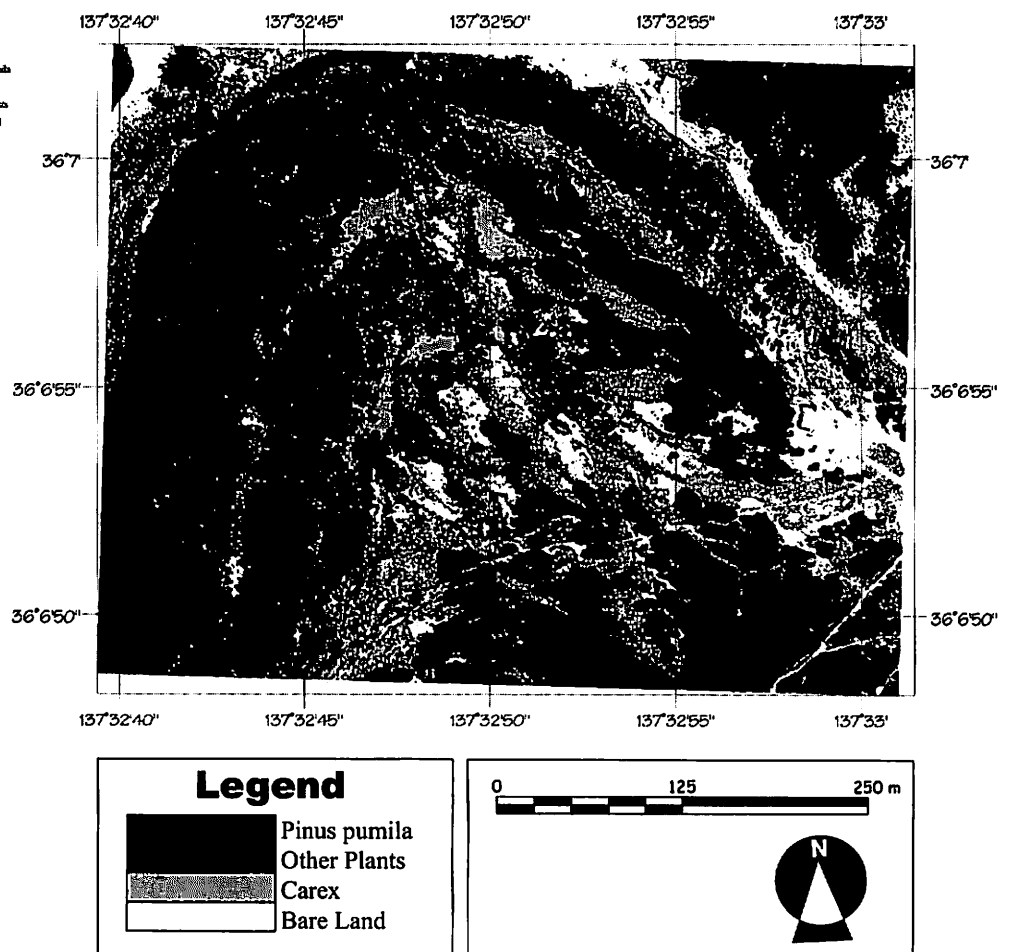


Figure 5-a. Vegetation map using by GIS.

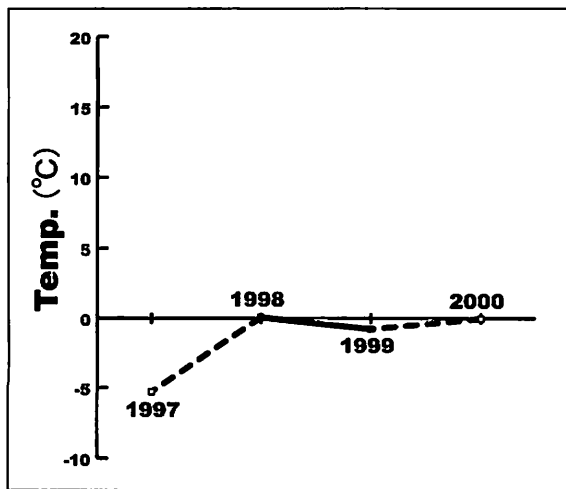


Figure 6-a. The annual mean temperature.

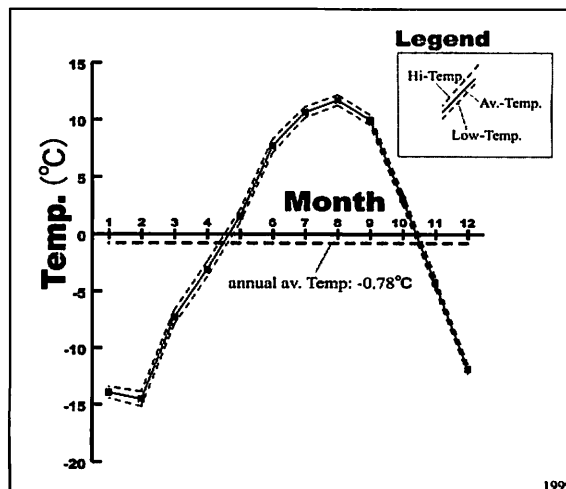


Figure 6-b. The monthly mean temperature.

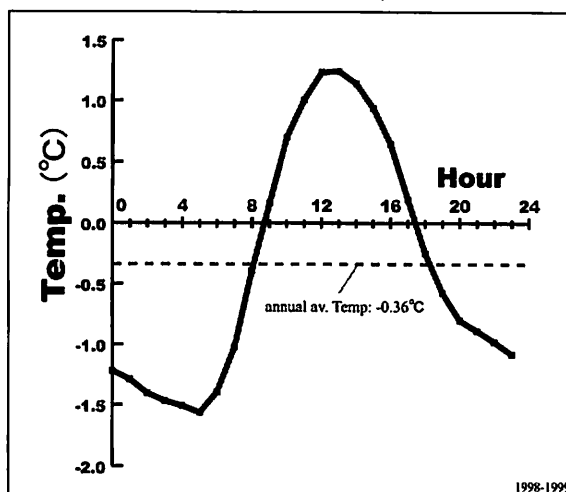


Figure 6-c. The daily variation of the temperature.

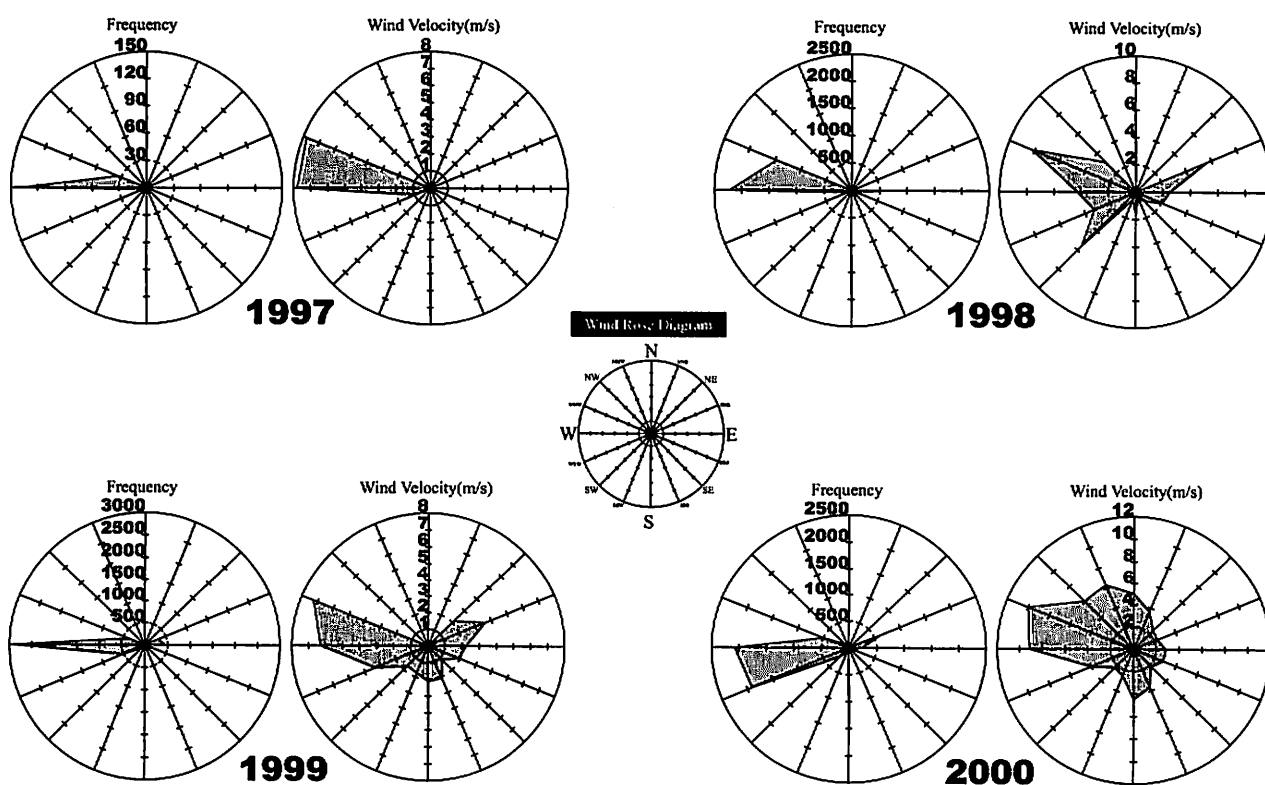


Figure 7. Annual average of the velocity of the wind and frequency according to the direction.

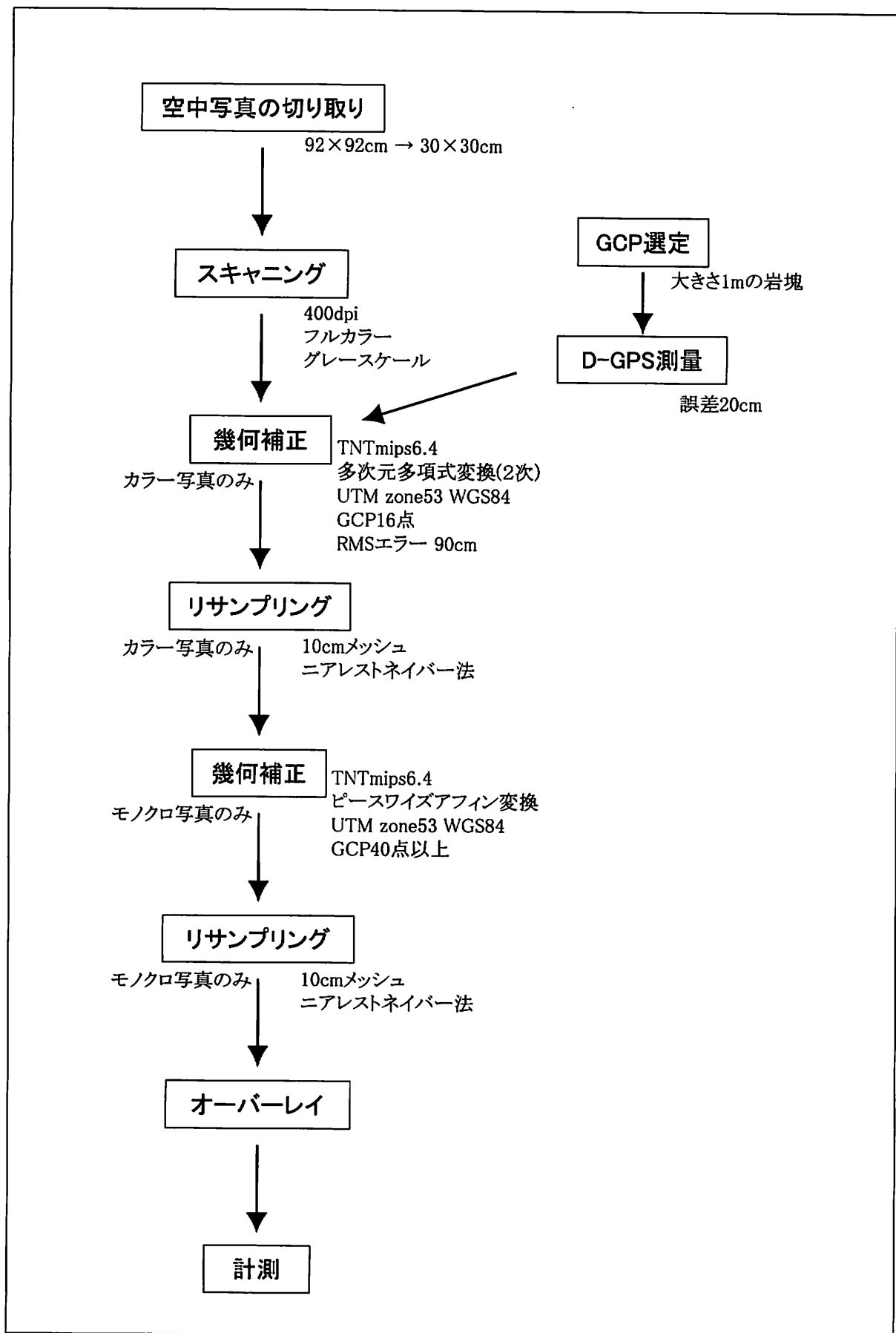


Figure 8. The flow chart of georeference.

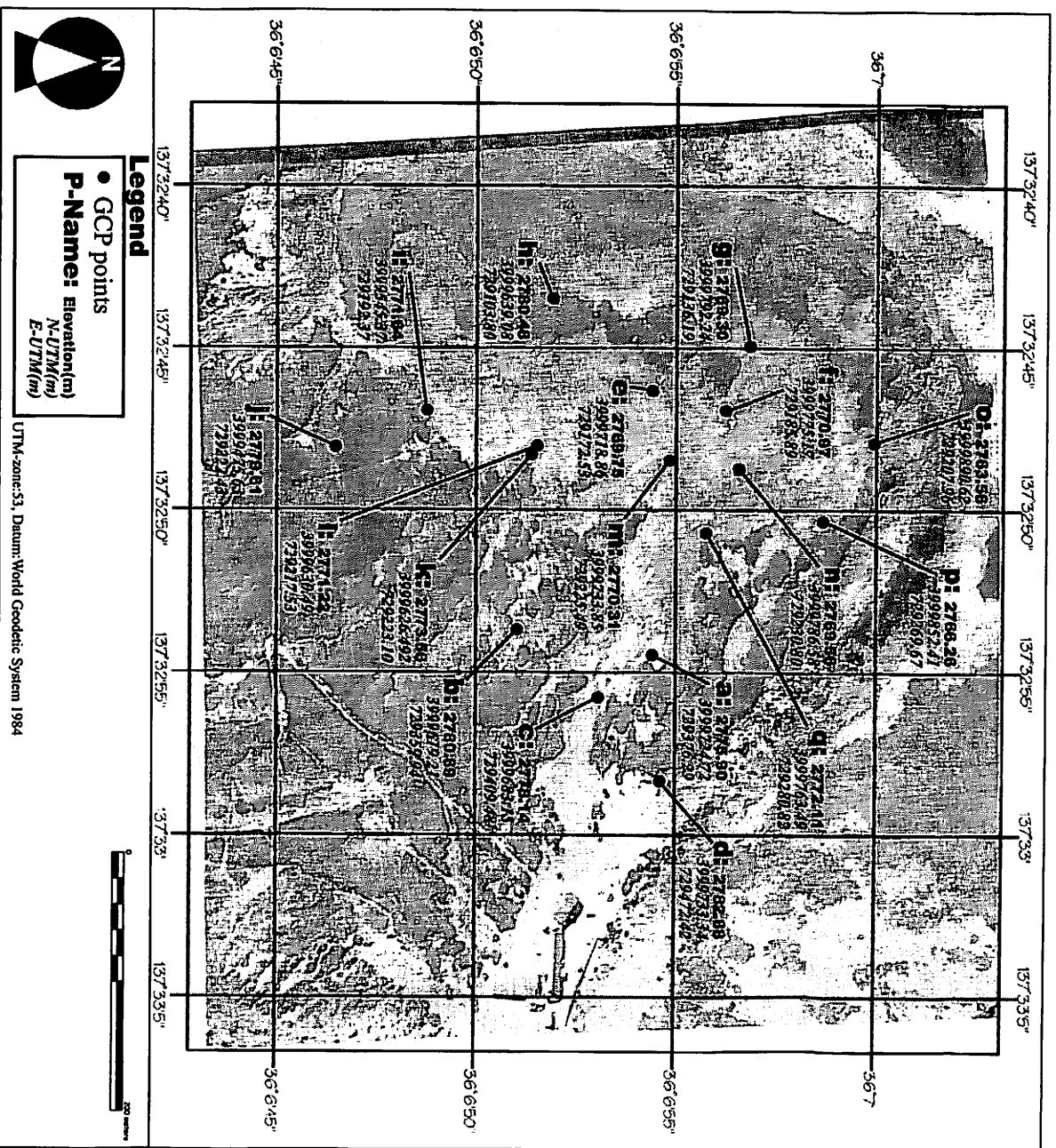


Figure 9. The position of GCPs(Ground Control Points).



Figure 10. The D-GPS observation scene.

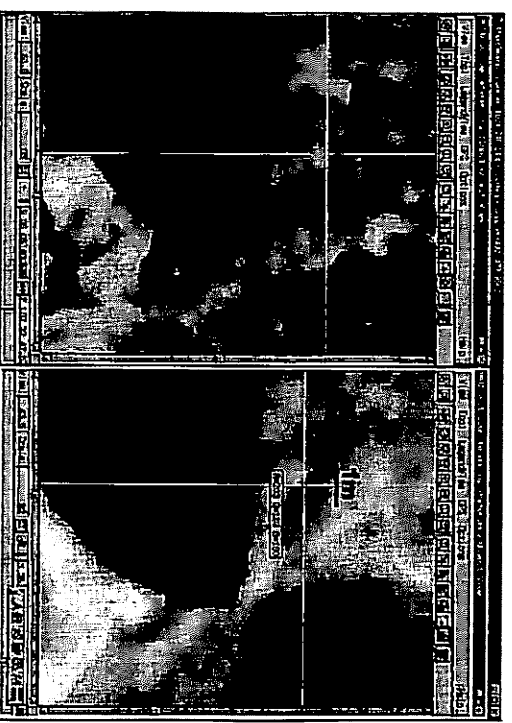


Figure 11. Input work of GCPs using the GIS.

Figure 12-a.  
Extended detection  
of the Pinus Pumila  
community by overlay  
(pattern 1).

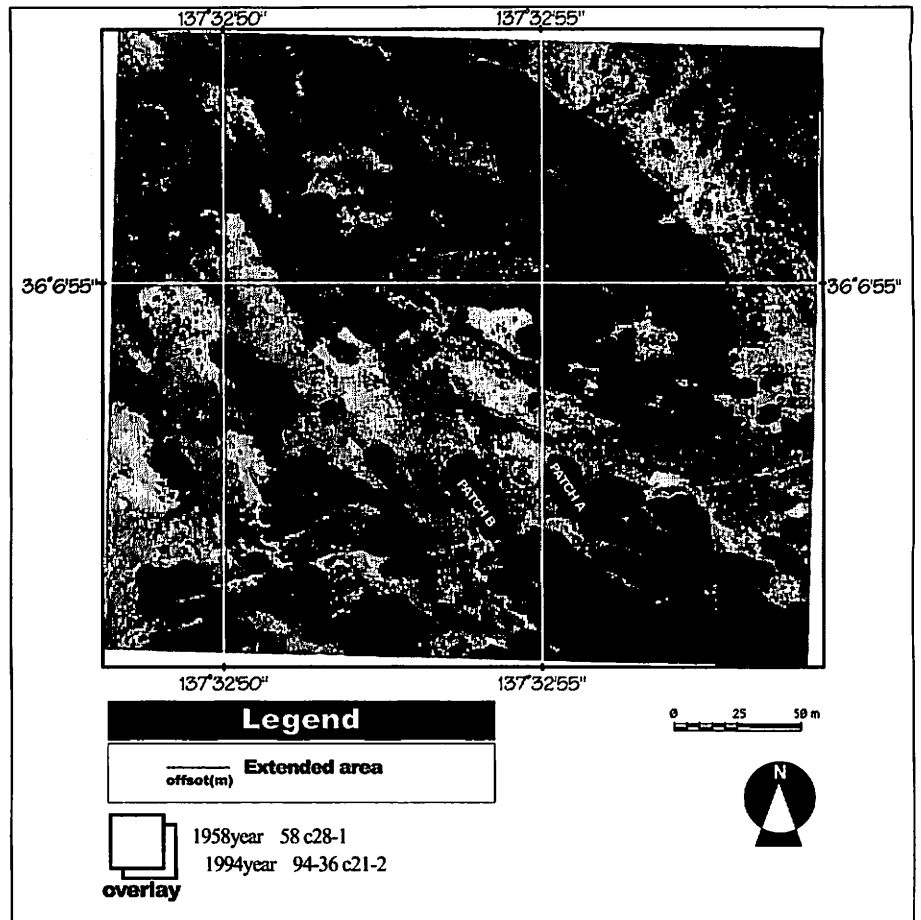


Figure 12-b.  
Extended detection  
of the Pinus Pumila  
community by overlay  
(pattern 2).

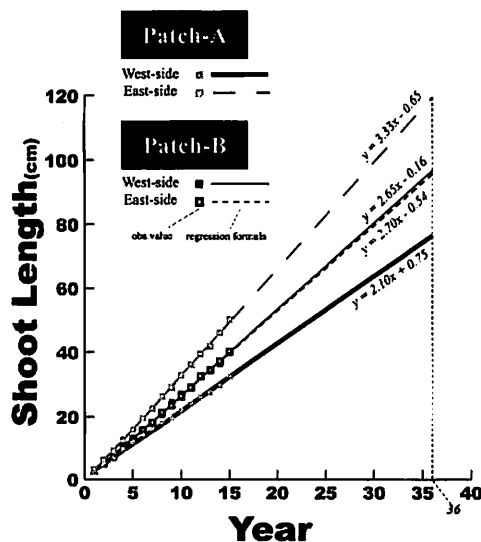
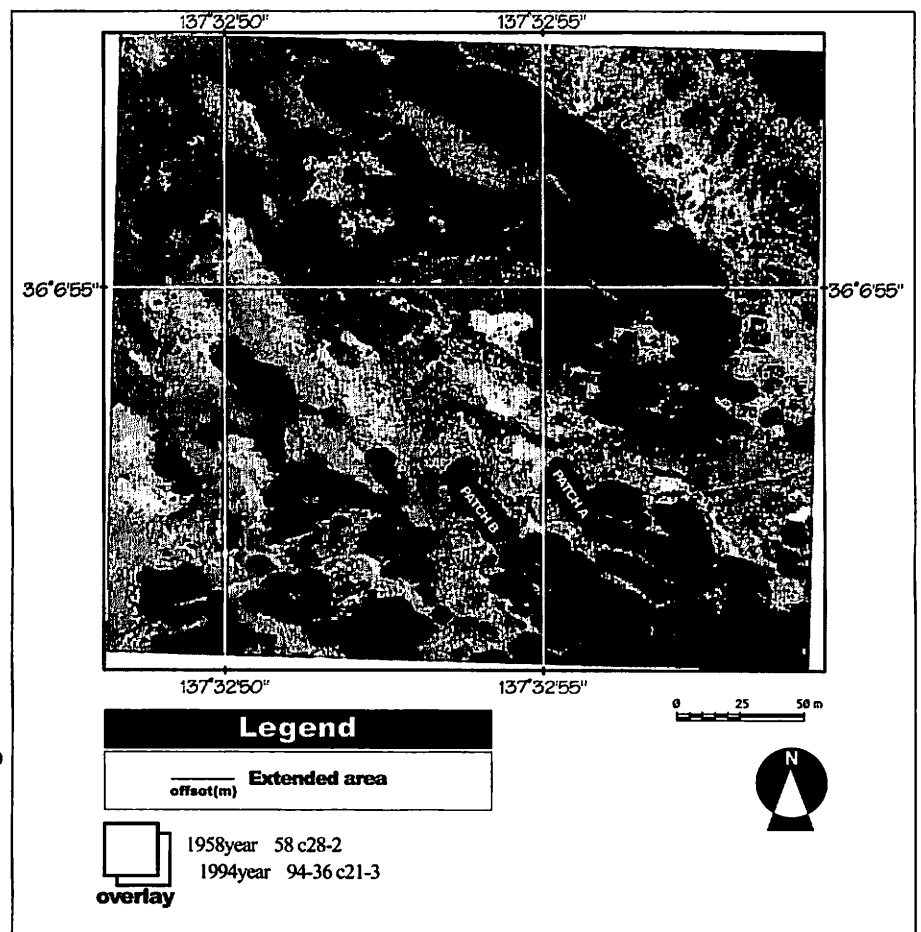


Figure 13. Shoot  
elongation tendency  
for the past of 15 years.

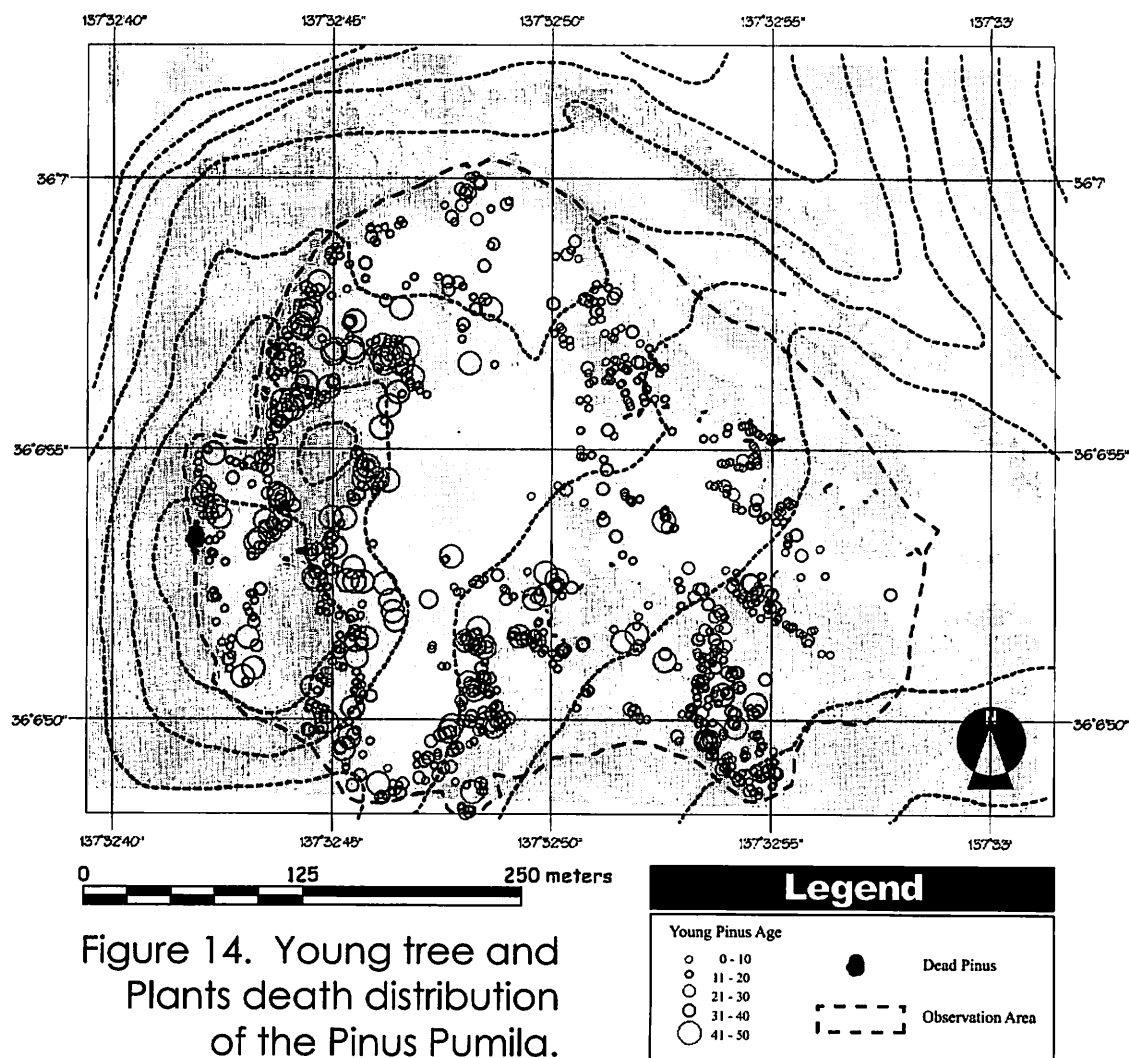


Figure 14. Young tree and Plants death distribution of the *Pinus Pumila*.

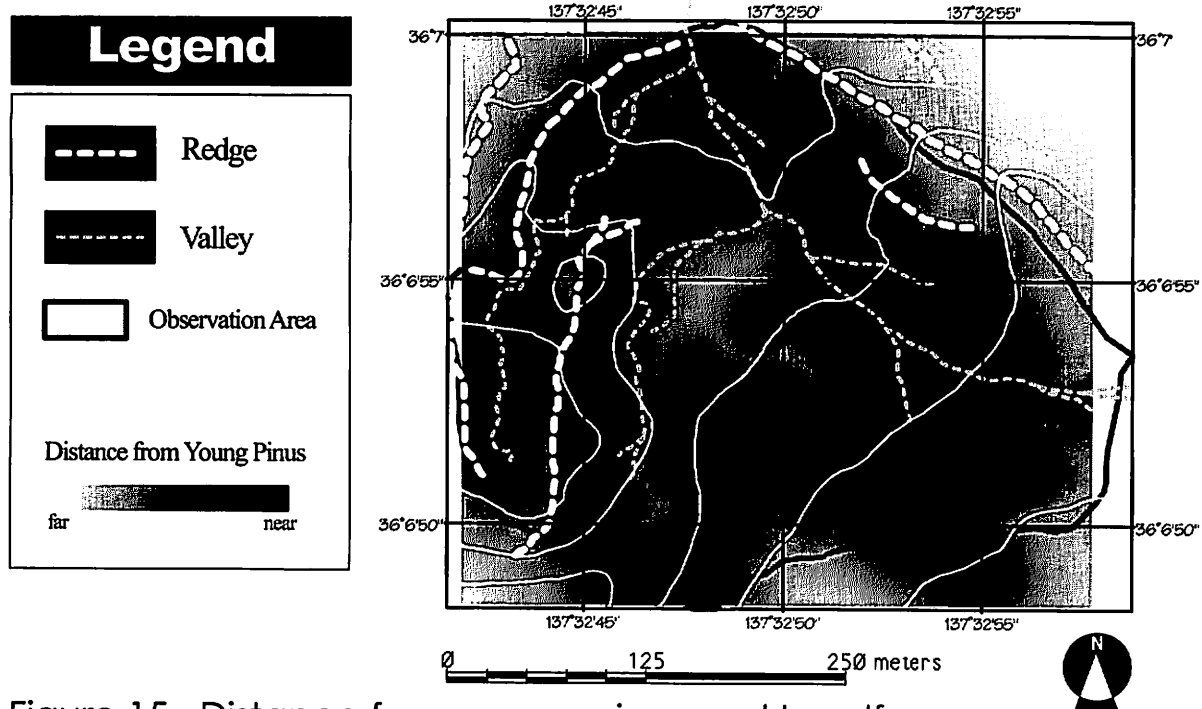


Figure 15. Distance from young pinus, and Landform

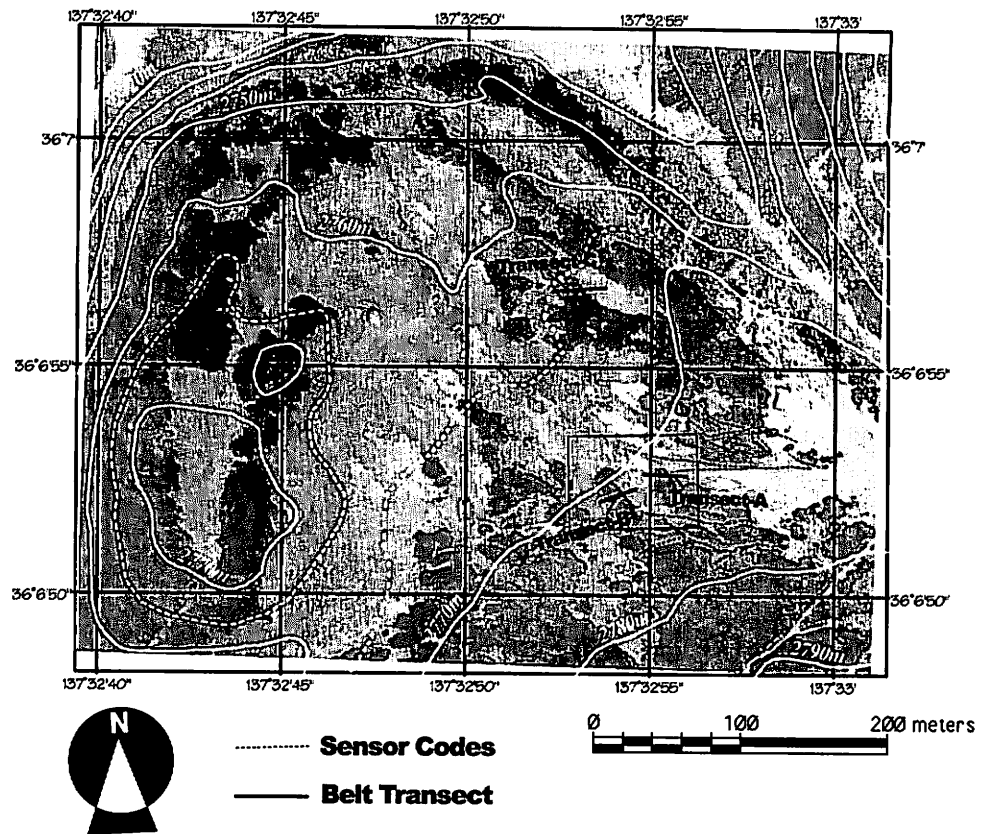


Figure 16-a. Position of belttransects.

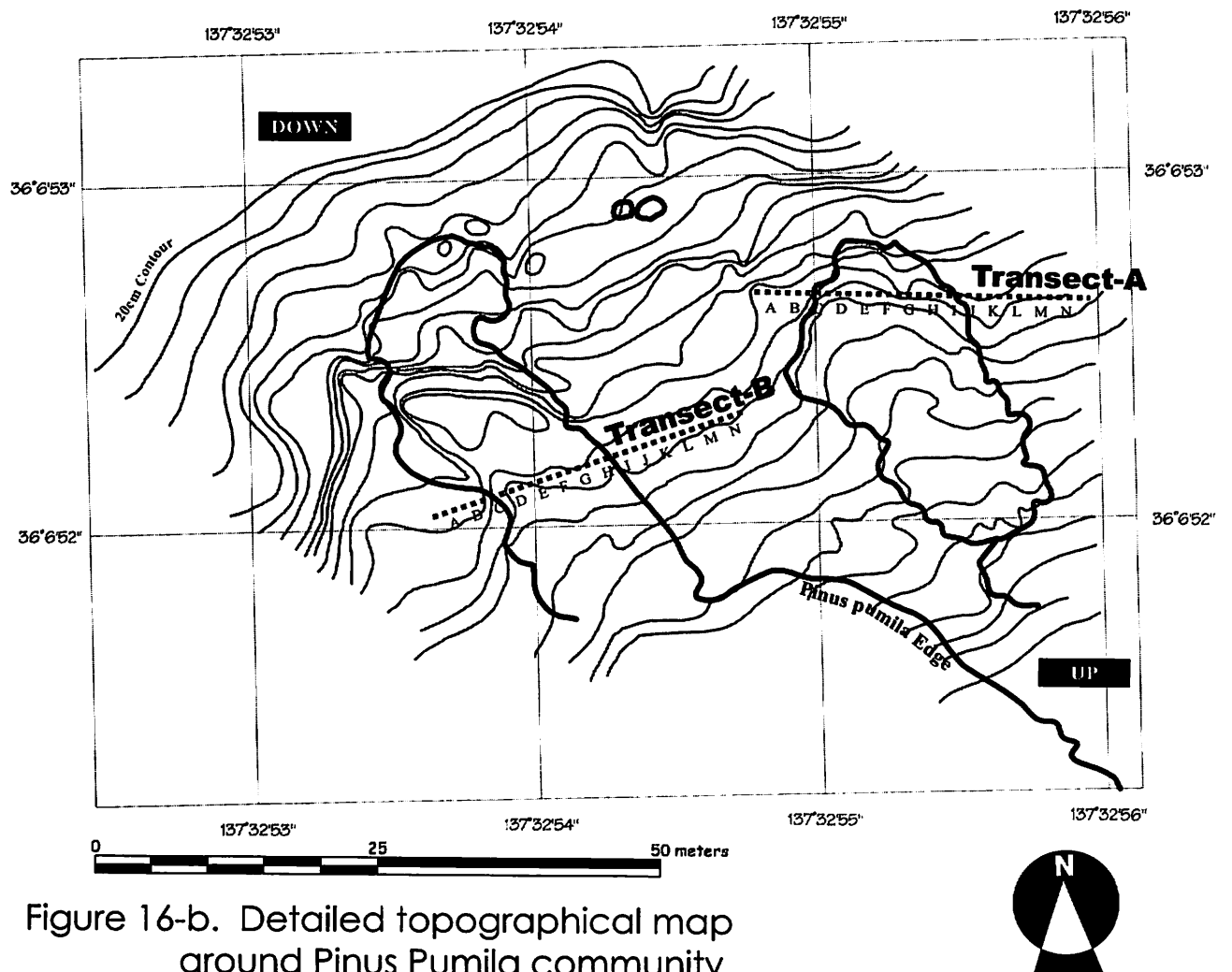


Figure 16-b. Detailed topographical map around Pinus Pumila community.



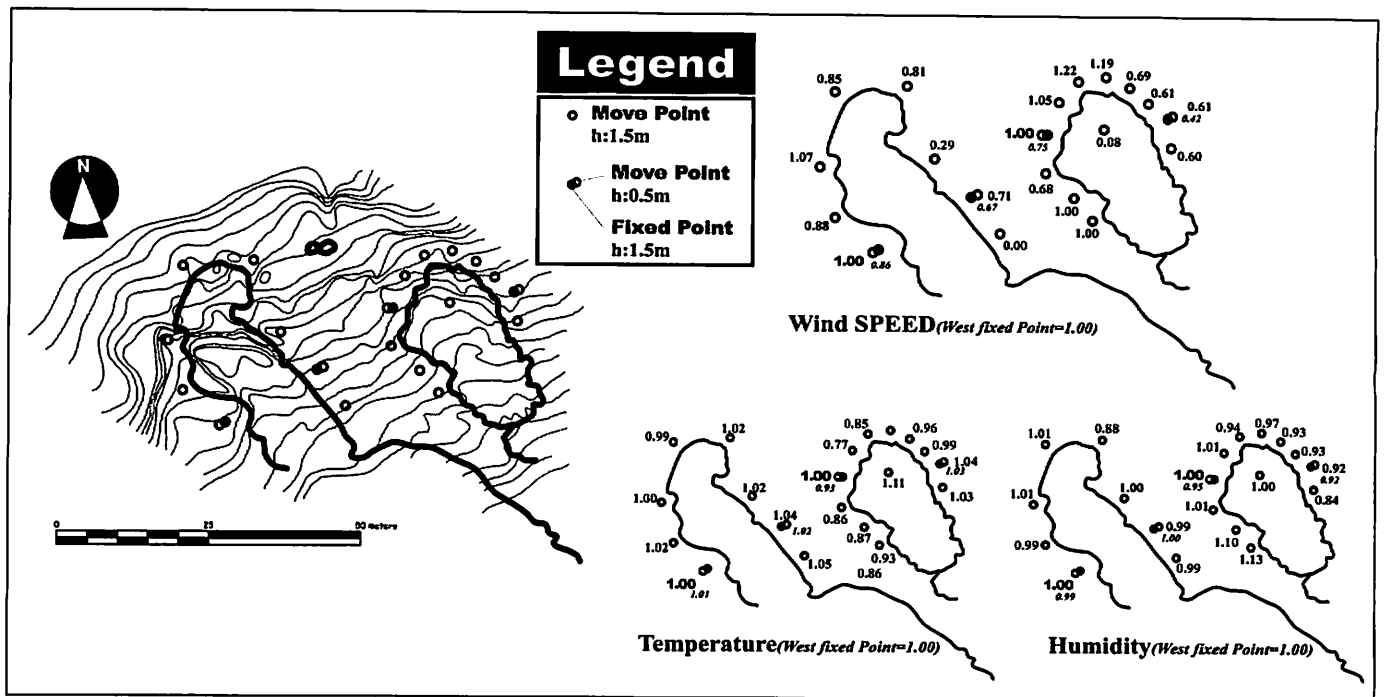


Figure 17. Distribution of the Micrometeorological phenomenon around P. Pumila community.

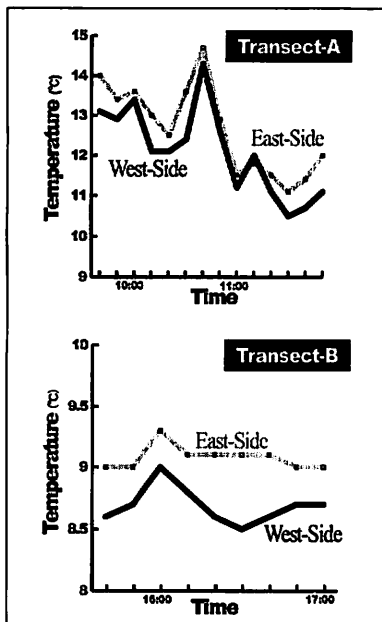


Figure 18-c. Temperature.

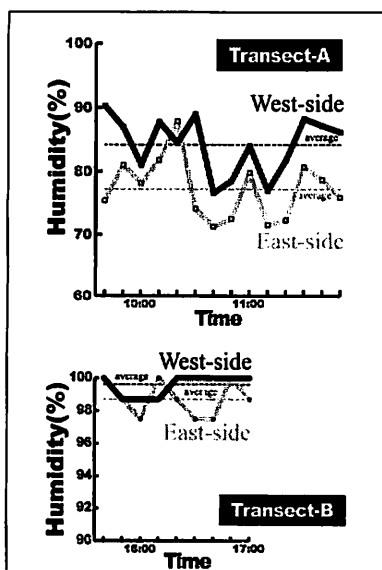


Figure 18-d. Humidity.

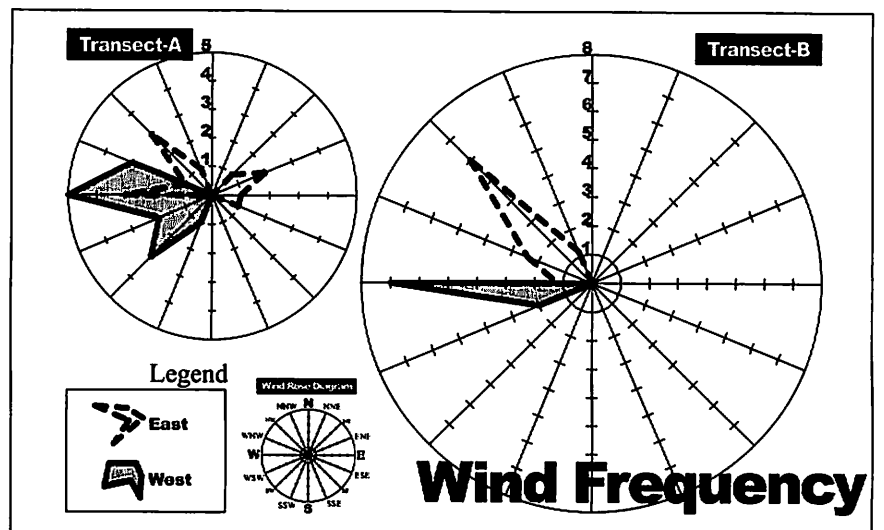


Figure 18-a. Wind frequency according to the direction.

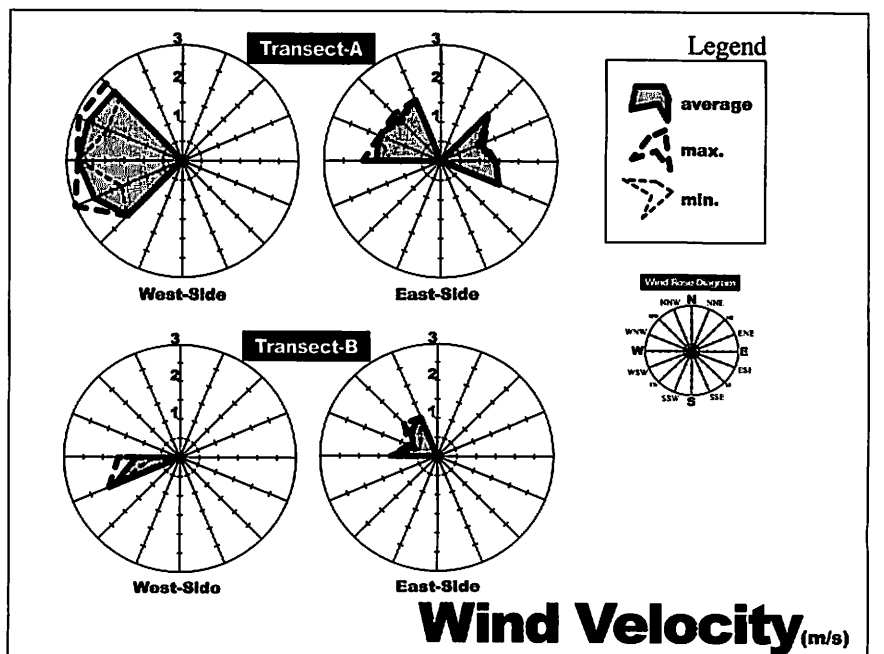


Figure 18-b. Wind Velocity.

Table 1. Observation result of Belttransect-A

		Pinus pumila Zone														EAST-Side	
		WEST-Side															
種名	学名	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N		
α-Diversity		6	2	8	6	6	7	8	10	8	14	13	12	12	11		
ガンコウラン	<i>Eupetrum nigrum var. japonicum</i>	1	+	2	-	-	-	-	-	-	+	4	3	4	3		
ヒメスゲ	<i>Carex oxycarpa</i>	+	-	r	-	-	-	-	+	+	1	1	1	2	1		
ミネズオウ	<i>Loiseleuria procumbens</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	1	1	1		
チングルマ	<i>Sieversia pentapetala</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	1	1	1		
コケモモ	<i>Vaccinium vitis-idaea var. minus</i>	-	-	+	+	-	-	+	-	-	r	1	+	+	+		
トウヤクリンドウ	<i>Gentiana algida</i>	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	r	r	r		
ミヤマアキノキリンソウ	<i>Solidago virga-aurca ssp. Lelecatia f. japonica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	1	+	r		
ハクサンイチゲ	<i>Anemone narcissiflora var. japonica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	1	r	r	r		
コイワカガミ	<i>Schizocodon soldanelloides fulpius</i>	+	-	1	+	+	+	1	1	1	1	1	1	+	r		
ミツバオウレン	<i>Cypripedium filifolium</i>	-	-	r	+	+	1	1	1	1	2	1	+	+	r		
ミヤマハナゴケ	<i>Cladonia alpestris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	+	1	1		
ミヤマアサボソスゲ	<i>Carex scirp</i>	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	1	r	-	-		
コガネイチゴ	<i>Rubus pedatus</i>	-	-	+	+	2	3	2	2	2	2	+	-	-	-		
ウサギギク	<i>Anemone amurensis var. tschonoskii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-		
キバナシャクナゲ	<i>Rhododendron amurum</i>	-	-	3	-	-	-	-	r	1	1	-	-	-	-		
ヒロハユキザサ	<i>Smilacina yezoensis</i>	-	-	-	-	r	+	1	2	3	4	-	-	-	-		
マイヅルソウ	<i>Viola yezoensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-		
ウラジロナカマド	<i>Saxifraga matsumiana</i>	-	-	-	-	-	+	1	1	2	2	-	-	-	-		
ゴゼンタチバナ	<i>Chamaecrista chinensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-		
クロウスゴ	<i>Vaccinium ovalifolium</i>	-	-	-	+	+	1	1	+	-	-	-	-	-	-		
アオノツガザクラ	<i>Phyllodoce alantica</i>	-	-	1	+	+	1	4	3	-	-	-	-	-	-		
全体の法線長		1	+	3	1	3	3	4	3	4	3	5	4	4	3		
最大高 [cm]		2	7	23	6	23	38	59	55	35	65	36	18	16	16		
草本高 [cm]		8	3	15	6	6	10	11	19	10	26	26	23	16	16		
木本高 [cm]		8	7	23	6	23	38	59	55	35	65	36	15	14	12		
ハイマツ高 [cm]				90	115	100	110	115	140	150	140						
裸地面積比率 [%]		80	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	40		

土壌断面図位置

I

II

III

Table 2. Observation result of Belttransect-B

**Transect-B**

		WEST-Side				Pinus pumila Zone								EAST-Side	
種名	学名	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
$\alpha$ -Diversity		8	9	10	13	8	9	8	13	13	12	11	11	11	9
ガンコウラン	<i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japonicum</i>	1	2	3	1	-	-	-	+	3	3	3	3	3	2
ヒメスゲ	<i>Carex oxycarpa</i>	+	+	+	1	+	+	+	1	1	1	1	+	+	-
ミネズオウ	<i>Loiseleuria procumbens</i>	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	1	1
チングルマ	<i>Silversia pentapetala</i>	+	1	1	r	-	-	-	+	1	1	1	1	1	2
コケモモ	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> var. <i>minus</i>	+	+	+	+	-	r	-	r	+	+	+	+	+	+
トウヤクリンドウ	<i>Gentiana algida</i>	r	r	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
ミヤマアキノキリンソウ	<i>Solidago virgaurea</i> ssp. <i>leucotpa</i> f. <i>japonalpestris</i>	-	-	-	-	-	-	-	r	1	1	+	+	+	-
ハクサンイチゲ	<i>Anemone nemorosa</i> var. <i>japonica</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	1	r	-	-	r	-
コイワカガミ	<i>Silene acaulis</i> ssp. <i>alpina</i>	+	+	+	1	+	1	+	1	+	+	+	+	1	+
ミツバオウレン	<i>Coptis tripartita</i>	-	-	-	1	1	1	1	2	+	-	-	-	-	-
ミヤマハナゴケ	<i>Chamaenerion alpestre</i>	+	+	r	+	-	-	-	-	+	+	+	+	r	+
ミヤマアシボシソゲ	<i>Carex sibirica</i>	-	1	-	1	-	-	-	+	+	1	1	3	2	2
コガネイチゴ	<i>Rubus peduncatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ウサギギク	<i>Veronica amurensis</i> var. <i>schomayeri</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	1	+	-	-	-	-
キバナシャクナゲ	<i>Rhododendron auriculatum</i>	-	-	r	2	+	+	+	1	-	-	-	-	-	-
ヒロハユキザサ	<i>Simulacra yezoensis</i>	-	-	-	1	1	r	2	3	-	-	-	-	-	-
マイヅルソウ	<i>Maianthemum dilatatum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ウラジロナナカマド	<i>Sorbus multispinosa</i>	-	-	-	r	1	2	2	3	-	-	-	-	-	-
ゴゼンタチバナ	<i>Chamaecyparissus japonica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
クロウスゴ	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	-	-	-	2	3	2	1	-	-	-	-	-	-	-
アオノツガザクラ	<i>Prunella alba</i>	-	-	r	1	+	1	+	-	-	-	-	-	-	-
イワツメクサ	<i>Stellaria nipponica</i>	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+
全体の総花数		1	2	3	4	3	4	4	5	4	5	5	4	3	2
最大高 [cm]		8	34	21	37	51	61	54	96	23	27	18	24	16	16
草本高 [cm]		5	34	19	18	18	18	17	18	23	27	18	24	16	16
木本高 [cm]		8	13	21	37	51	61	54	96	18	13	12	8	6	6
ハイマツ高 [cm]					110	130	140	150	170						
裸地面積比率 [%]		80	60	40	0	0	0	0	0	20	0	0	20	40	60

土壌断面図位置

I

II

III

Table 3. Observation result of Belttransect-C

Transect-C		WEST-Side				Pinus pumila Zone										EAST-Side	
種名	学名	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
α-Diversity		8	11	9	10	10	9	9	6	8	8	9	13	12	11	11	
ガンコウラン	<i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japonicum</i>	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	3	4	
ヒメスゲ	<i>Carex oxycarpa</i>	1	1	+	1	1	+	2	+	+	+	1	1	1	1	1	
ミネズオウ	<i>Laisacenia procumbens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	+	1	
チングルマ	<i>Sieversia pentapetala</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	+	+	
コケモモ	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> var. <i>minus</i>	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	r	+	+	+	
トウヤクリンドウ	<i>Gentiana alba</i>	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	
ミヤマアキノキリンソウ	<i>Solidago virga-aurea</i> ssp. <i>Leiocarpa</i> f. <i>japonica</i>	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	r	+	
ハクサンイチゲ	<i>Anemone narcissiflora</i> var. <i>japonica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	3	2	2	+	
コイワカガミ	<i>Schizocodon soldanelloides</i> f. <i>alpinus</i>	-	+	2	2	2	+	+	-	+	+	+	+	-	-	+	
ミツバオウレン	<i>Cypripedium</i>	-	+	+	1	1	1	+	1	1	1	1	+	+	+	-	
ミヤマハナゴケ	<i>Cladonia alpestris</i>	+	+	r	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	1	+	
シラネニンジン	<i>Tillandsia japonensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	
ミヤマアサボソソグ	<i>Carex scirp.</i>	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	2	1	+	
コガネイチゴ	<i>Rubus pedatus</i>	-	-	+	1	1	2	1	2	2	2	3	+	-	-	-	
ウサギギク	<i>Veronica anagallis-lychnis</i> var. <i>ischomolochi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	+	+	
キバナシャクナゲ	<i>Rhododendron auriculatum</i>	-	-	2	1	1	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	
ヒロハユキザサ	<i>Smilacina yezoensis</i>	-	-	-	+	1	2	2	2	3	2	1	-	-	-	-	
マイヅルソウ	<i>Maianthemum dilatatum</i>	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	
ウラジロナナカマド	<i>Sorbus matsudana</i>	-	+	1	r	+	-	r	3	3	4	2	2	-	-	-	
ゴゼンタチバナ	<i>Chaama periclymenum canadense</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
クロウスゴ	<i>Vaccinium ovalifolium</i>	-	-	-	3	2	3	4	-	1	3	-	-	-	-	-	
アオノツガザクラ	<i>Phyllodoce aleutica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
イワツメクサ	<i>Stellaria nipponica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
全体の総数		3	2	4	5	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	4	
最大高 [cm]		16	16	39	37	57	69	71	68	82	128	140	124	19	20	22	
草本高 [cm]		16	15	16	18	25	14	13	22	18	17	32	30	19	20	22	
木本高 [cm]		8	16	39	37	57	69	71	68	82	128	140	124	6	8	11	
ハイマツ高 [cm]				100	120	150	170	170	170	190	190	170	130				
裸地面積比率 [%]		40	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	
土壌断面図位置																	

土壌断面図位置

I

II

III

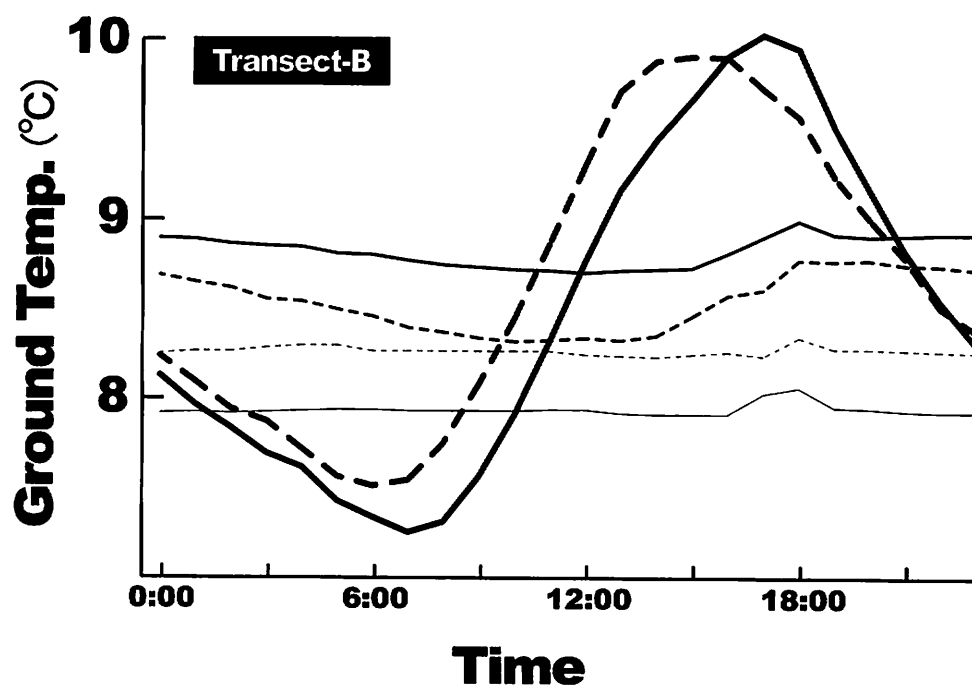
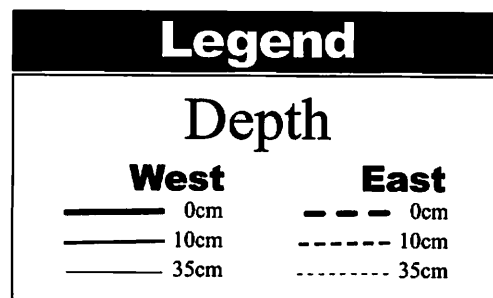
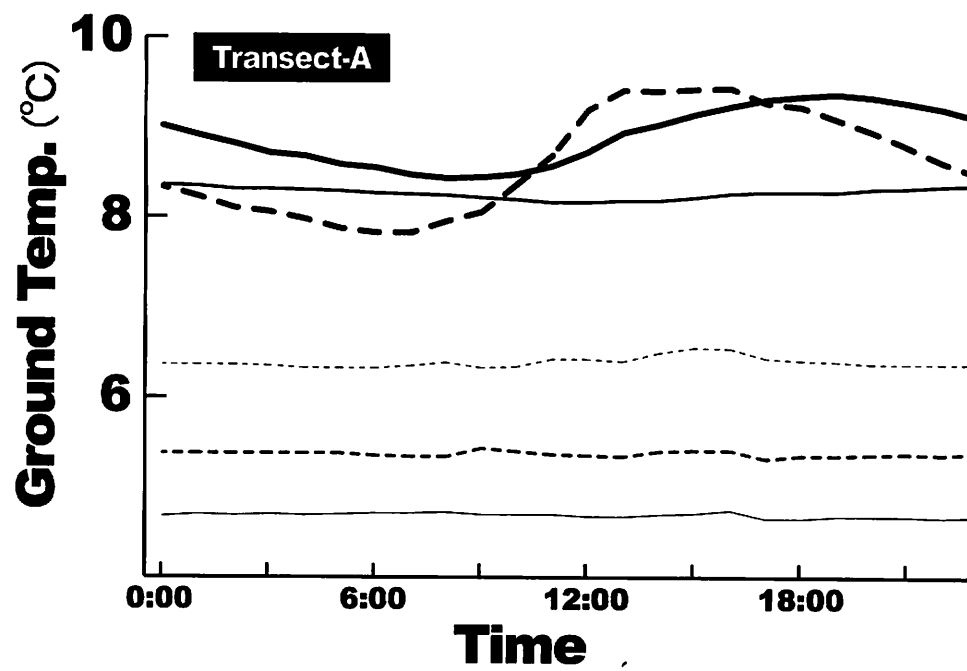


Figure 20. The daily variation of the Ground temperature.

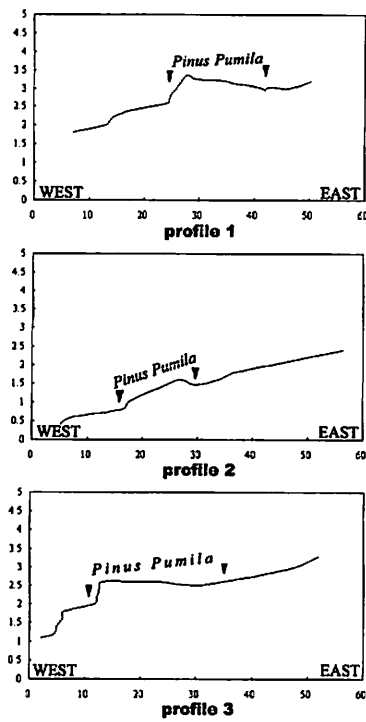


Figure 22.  
Microtopography  
profile.

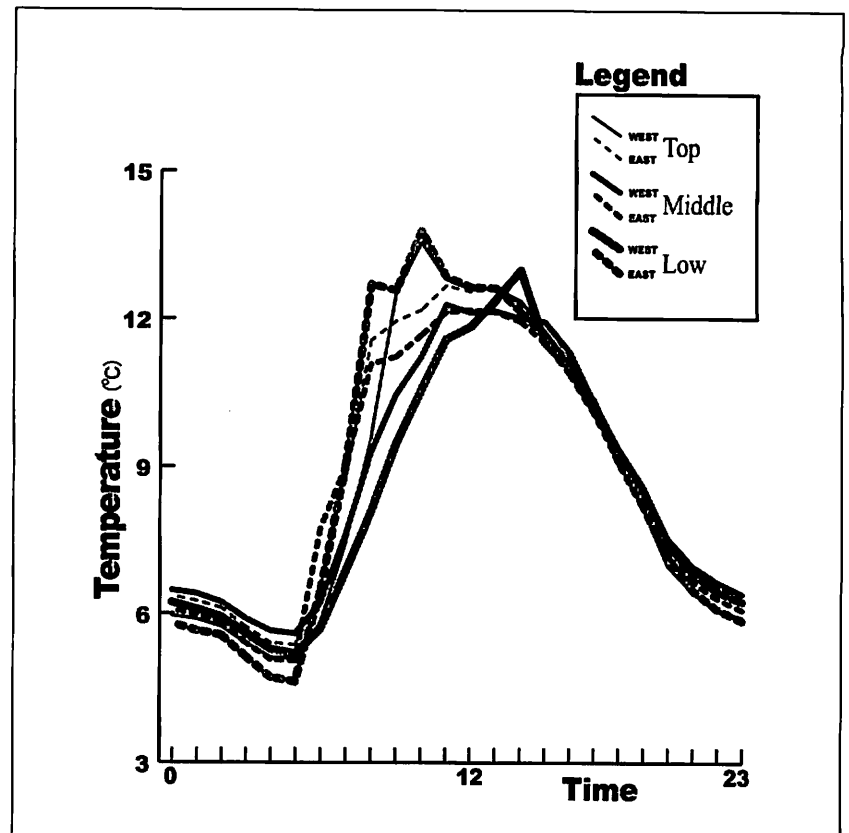


Figure 19. The daily variation of the  
temperature in P.Pumila community.

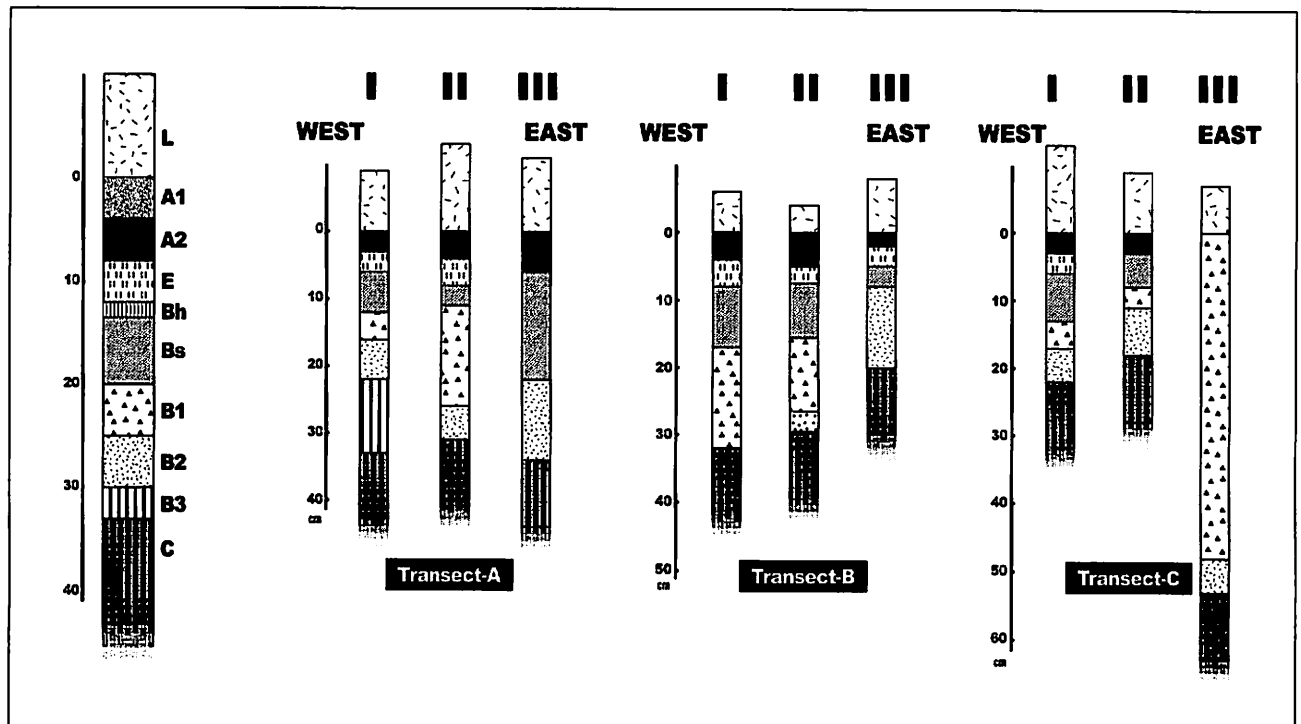


Figure 21. Soil profile in Pinus Pumila community.

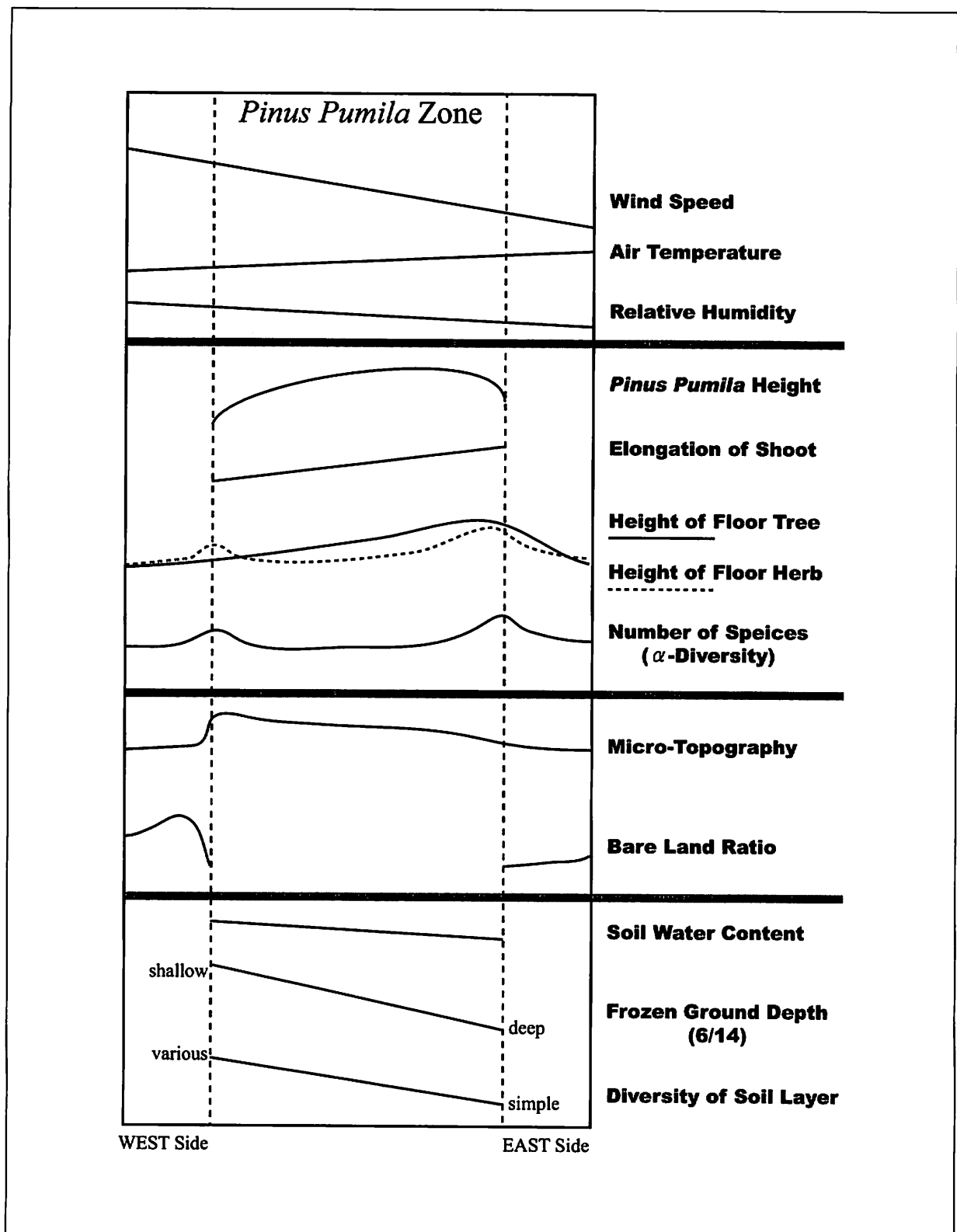


Figure 22. Difference of environmental elements on W-E profile in the *Pinus Pumila* community.

# 乗鞍岳におけるハイマツ(*Pinus Pumila*)群落の動態について

自然環境構造学分野 古橋 大地

## I. はじめに

我が国の高山帯には、ハイマツ(*Pinus Pumila*)と呼ばれる、矮性化したマツが優占している。ハイマツを対象とした研究は様々な視点から行われてきたが、林分動態を対象とした研究は少ない。伊藤(1973)は大雪山におけるハイマツの林分動態について、6つの生育相からなるサイクルについて言及し、Nakano(1996)は、ハイマツと同期して群落を形成するコケモモ群落の移動について論じ、その移動方向は日本山岳で顕著に卓越する西風によって規定されている事を指摘した。加えてハイマツ・コケモモ群落の移動速度を3.5cm/yearと求めている。特に、卓越する西方成分を持つ冬季季節風の影響が重要である我が国の高山帯において、指摘されているようなハイマツ群落の移動が起きているのか、また、起きている場合、その現象が様々な環境要因にどのように支配されているかという視点で、気象要素、土壌要素、地形要素を調べ、ハイマツの動態、そしてマツという人間社会に大きな関わりのある植物の動態を論じることが重要である。本研究では、ハイマツ及び、その他の高山植物群落の移動拡大現象を空間的にとらえ、それら群落の移動が、どのような環境条件の下で引き起こされているのかを把握し、風衝地におけるハイマツ群落の動態を明らかにする事を目的とする。

## II. 調査地, 方法

調査地は、日本の中部山岳地域に位置する安山岩質の複成火山、乗鞍岳(3026m)である。本研究では、乗鞍岳山頂の北側、海拔2700から2800mに位置する位ヶ原溶岩上、ミソスガ原を対象地域とした。この地域は、ハイマツ群落がパッチ状に点在する風衝地であり、非常に平坦な地形である為、急傾斜地での積雪による自重移動の影響を取り除くことができる点、及び、一般登山道から離れた場所であることから調査地として採用した。

研究方法は、まずハイマツ及びその他の高山植物群落の移動拡大現象を空間的に捉えるために、撮影年次の異なる空中写真とGIS(Geographical Information System:TNTmips6.4)を用いて、群落の移動の検出を試みる。また、ハイマツ幼樹、枯死部分布を踏査し、群落更新と移

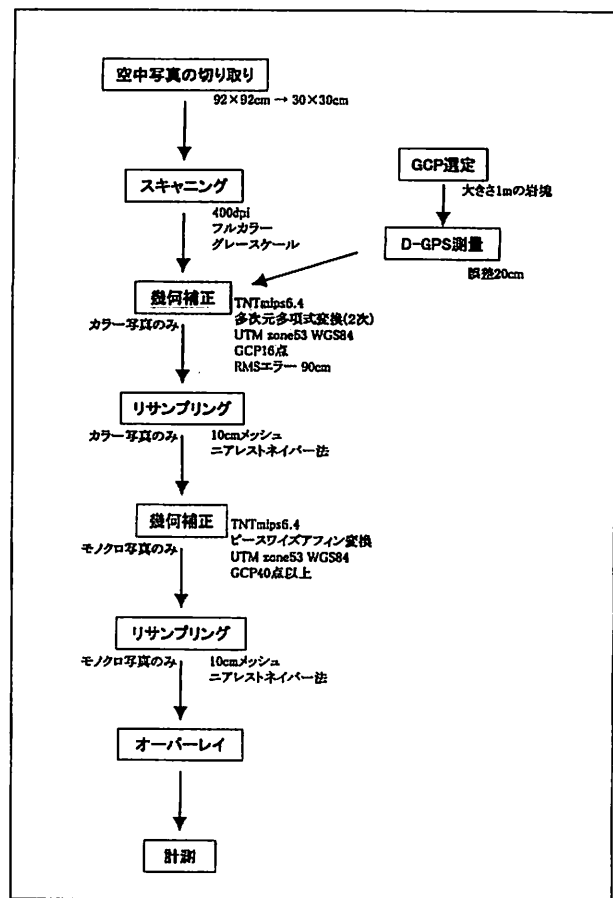


Figure 1. The flow chart of georeference.



動の関係を明らかにする。次に、気象観測を行い、ハイマツ群落周辺の微気象条件を解析し、統合型測量機器トータルステーションを用いた測量によって、ハイマツ群落周辺の微地形を計測した。最後に、移動拡大していると考えられるハイマツ群落内を、移動方向に沿ってベルトトランセクトを設定し、植生調査及び、土壌調査を行い、その東西方向差異を確認する。

### Ⅲ. 結果, 考察

本研究では、空中写真とGISを用いて、36年間におけるハイマツ群落の移動、拡大を検出することができた。また、その移動、拡大方向は東方であり、移動速度は、3.3cm/year、主に伏状更新によるシュート伸長が効いていることが明らかにされた。ハイマツ群落の移動、拡大現象を規定する要因も、卓越する西風の影響が大きく、副次的に群落周辺の微気象条件も異なった。また、ハイマツ群落の移動、拡大を示すと思われる、様々な環境要素の東西方向差異が示された。

しかし、本研究対象地域において、伊藤(1973)が示した林分動態のサイクルを適用するには、林分が崩壊する、終末相に相当する現象を捉え切れてはいない。今後、群落西側での風食の発生を明らかにする地形的なアプローチでの調査が必要である。また将来的にハイマツの群落が、裸地から群落形成、そして風食による裸地化の一連のサイクルにのったシステムが示されたならば、風というPhysical Pressureに規定された群落動態のなかで、土壌化学成分やエネルギーのやりとりといった、遷移にともなう物理化学的な物質のやりとりを明らかにし、マツの分布を規定している、さらに細かなPhysical Pressureを明らかにしていく必要があるのではないだろうか。

しかし、本研究対象地域において、伊藤(1973)が示した林分動態のサイクルを適用するには、林分が崩壊する、終末相に相当する現象を捉え切れてはいない。今後、群落西側での風食の発生を明らかにする地形的なアプローチでの調査が必要である。また将来的にハイマツの群落が、裸地から群落形成、そして風食による裸地化の一連のサイクルにのったシステムが示されたならば、風というPhysical Pressureに規定された群落動態のなかで、土壌化学成分やエネルギーのやりとりといった、遷移にともなう物理化学的な物質のやりとりを明らかにし、マツの分布を規定している、さらに細かなPhysical Pressureを明らかにしていく必要があるのではないだろうか。

### Ⅳ. 参考文献

伊藤浩司(1973):大雪山の植物群落\_写真集”大雪山”.北海道撮影社,1-12.

Nakano Takashi(1996): Ecology of *Vaccinium vitis-idaea* in wind exposed area of alpine region of Mt.Norikura. Department of Biology Faculty of Science Tokyo Metropolitan University,105.

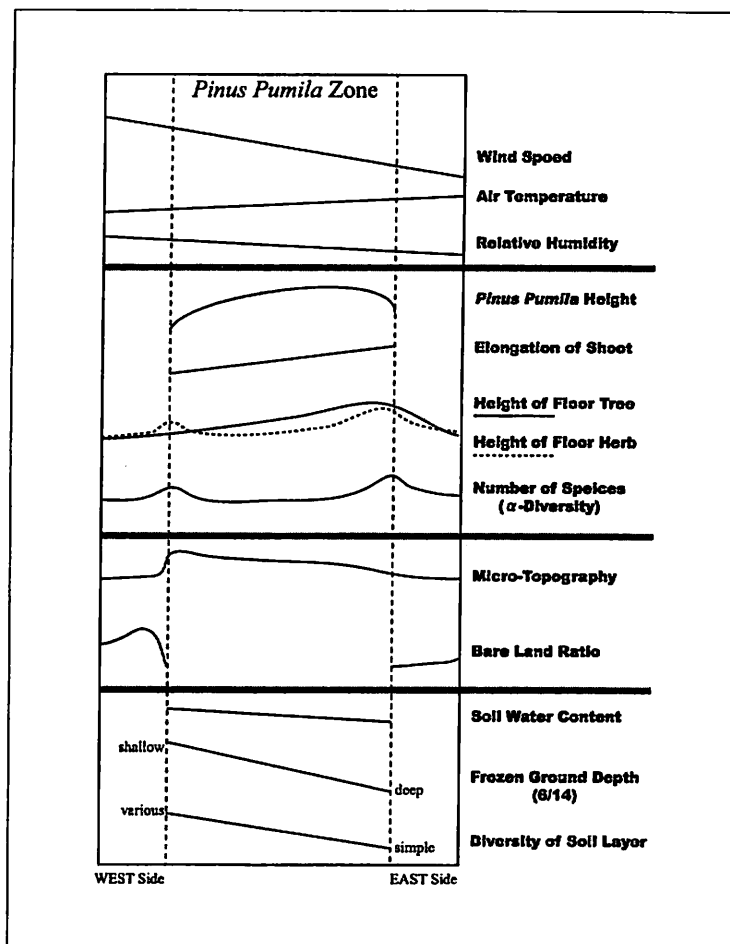


Figure 2. Difference of environmental elements on W-E profile in the Pinus Pumila community.

# Dynamics of the *Pinus Pumila* community in Mt.Norikura, central Japan.

Natural Environmental Structures Taichi FURUHASHI

## I. Introduction

*Pinus Pumila* grows in alpine regions in central Japan and generally forms dwarf scrub. The various research for the *P.Pumila* has been carried out. It is however rare research for the dynamic phase of the *P.Pumila* community. Ito(1973) discussed the dynamic phase of the *P.Pumila* community in the mountain. He described the cycle which consisted of six growth phases. In the meantime, Nakano(1996) discussed the moving of the *Vaccinium vitis-idaea* var. *minus* community with the *P.Pumila*. However, he indicated that it was regulated by the west wind peculiar in Japan which makes the transfer direction. He asserts that the move speed of the *P.Pumila* community is 3.5cm/year. It is necessary to confirm whether the transfer of *P.Pumila* community indicated until now actually has been generated at the moment. Then, it is important to clarify the dynamic phase of pine community with large relation in our society by examining condition of meteorological phenomena and soil and landform.

## II. Study site and Method

Studies were carried out in an alpine region of Mt.Norikura(3026m), Central Japan. Mt.Norikura is an Andesitic polygenetic volcano. Study site is very flat landform on past lava flow near Top, named MISOSUGA-HARA. This region is wind exposed area in which the *P.Pumila* community is scattered like patch state, and is suitable because of little effect of artificial disturbance and snow cover.

The research method is described in the following. Firstly, I detected the community transfer using by GIS(Geographical Information System:TNTmips6.4) with different year aerial photography. Secondly, I clarified it by surveying the young tree and plants death distribution of the *P.Pumila*. Thirdly, I carried out the meteorological observation around the *P.Pumila* community, to analyze the micrometeorology condition was analyzed. Fourthly, I measured microtopography using by Totalstation. Finally, I investigated soil and vegetation on three belt transects of W-E profile in *P.Pumila* community.

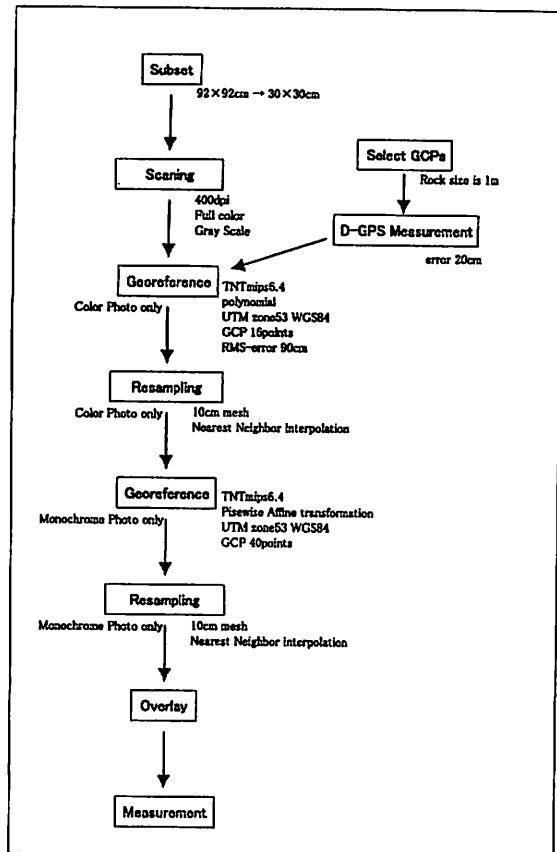


Figure 1. The flow chart of georeference.

### III. Results and Conclusion

It was possible to detect the transfer and extension phenomenon of the *P.Pumila* community for 36 years by this research. In addition, the speed of phenomenon is 3.3cm/years to east direction by natural layering regeneration. The cause of the *P.Pumila* community transfer is based on the strong west wind. The other weather phenomenon: temperature or humidity, is also different at east side and west side. I carried out various investigations which clarified the environmental condition. The difference between east side and west side was shown the transfer and extension of the *P.Pumila* community from the many observation result.

However, the defect of this research couldn't catches the fracture event. In short, it is impossible to present state of *P.Pumila* community to Ito(1973)'s dynamics cycle of *P.Pumila*. It is necessary to carry out the investigation using the geomorphological technique in the future. The more and more detailed physical pressure using the physiochemical technique should be clarified, if the dynamic cycle phase of the *P.Pumila* community is clarified.

### IV. Reference

- Ito Koji(1973): Plant community in Mt.Taisetsu, Photograph collection "Mt.Taisetsu".Hokkaido news,1-12.
- Nakano Takashi(1996): Ecology of *Vaccinium vitis-idaea* in wind exposed area of alpine region of Mt.Norikura. Department of Biology Faculty of Science Tokyo Metropolitan University,105.

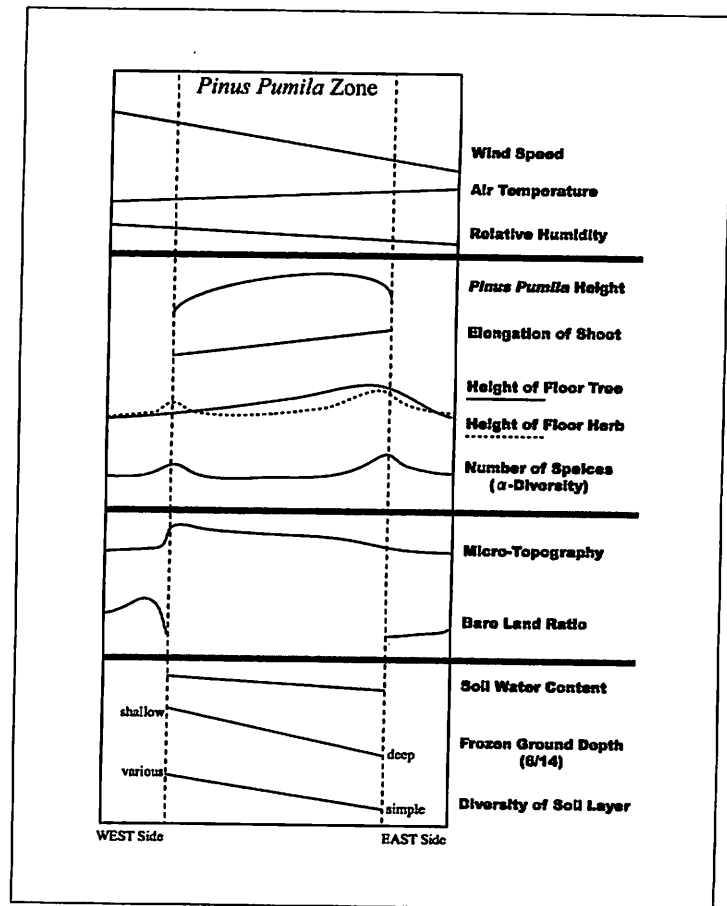


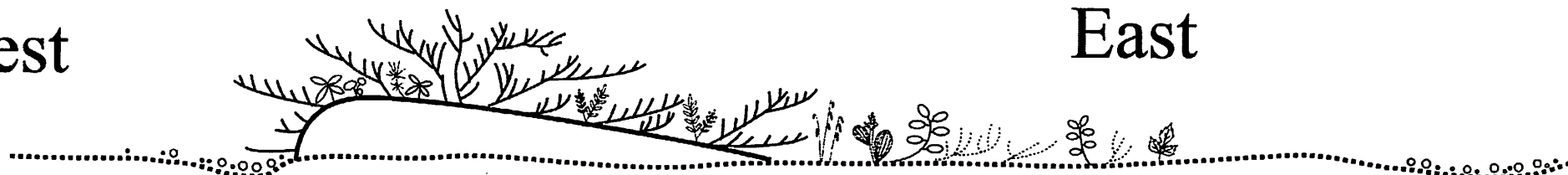
Figure 2. Difference of environmental elements on W-E profile in the Pinus Pumila community.

Direction of the Wind



West

East




..... Ground  
地表


o.o.o.o Bare Land  
裸地

~~~~~ Litter, Soil  
リター・土壌

 *Sorbus Matsumurana Koehne*  
ウラジロナナカマド evergreen perennial

 *Pinus Pumila*  
ハイマツ evergreen perennial

 *Schizocodon soldanelloides f.alpinus*  
コイワカガミ evergreen perennial

 *Phododendron aureum Georgi*  
キバナシャクナゲ evergreen perennial

 *Veratrum stamineum*  
コバイケイソウ evergreen perennial

 *Empetrum nigrum L. var. japonicum K.Koch*  
ガンコウラン evergreen perennial

 *Vaccinium Vitis-Idaea L. var. minus Lodd.*  
コケモモ evergreen perennial

 *Phyllodoce aleutica*  
アオノツガザクラ evergreen perennial

 *Geum pentapetalum*  
チングルマ deciduous perennial

 *Carex*  
スゲ deciduous annual

|           |           |
|-----------|-----------|
| deciduous | annual    |
| deciduous | perennial |
| evergreen | annual    |
| evergreen | perennial |

|           |
|-----------|
| perennial |
| annual    |
| deciduous |
| evergreen |

|    |                                                                                | 1993/01/21 | 1993/03/06 | 1992/04/23 | 1995/05/18 | 1994/08/16 | 1997/10/14 | 1997/10/30 | 1993/11/25 | 1996/12/30 |                                  |
|----|--------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------------------------------|
| 1  | 裸地<br><i>bare land</i>                                                         | +          |            |            | -          |            |            |            | +          |            | 平均気温との<br>相関係数<br>R <sup>2</sup> |
| 2  | 水域<br><i>water</i>                                                             | ++         |            |            | -          |            |            | --         | +          |            |                                  |
| 3  | 市街地<br><i>urban</i>                                                            |            |            |            | +          |            |            | -          |            |            |                                  |
| 4  | 人工草地(西側市街地)<br><i>Artificial grassland</i>                                     |            |            | +          | +          |            |            | --         | +          | -          |                                  |
| 5  | シヤウツギ・ハリウツギ群落(北富士演習場)<br><i>Weigela decora - Hydranea paniculata community</i> | -          |            |            | +          | ++         | --         | ---        | -          |            | 0.87                             |
| 6  | ススキ群落(東富士演習場)<br><i>Miscanthion sinensis</i>                                   |            |            |            | +++        |            | -          | --         | --         |            | 0.90                             |
| 7  | シヤウツギ・ハリウツギ群落(宝永火口東側)<br><i>Weigela decora - Hydranea paniculata community</i> | --         | +          |            | +++        |            | -          | --         | --         |            | 0.91                             |
| 8  | アカマツ群落<br><i>Pinus densiflora community</i>                                    |            |            |            | +          |            | -          |            | +          | -          | 0.76                             |
| 9  | クヌギ・コナラ群落<br><i>Quercetum acutissimo - serrulae</i>                            | +          |            | +          | +++        |            | -          | --         | -          | -          | 0.94                             |
| 10 | ヒノキ・シラカバ群落(香木・原樹林)<br><i>Rumohra mutica - Chamaecyparis obtusa association</i> |            |            |            | +          |            | -          |            |            |            | 0.81                             |
| 11 | カラマツ群落・カラマツ植林<br><i>Larix kaempferi community - Larix kaempferi plantation</i> | --         |            |            | ++         | +          | -          | ---        |            |            | 0.66                             |
| 12 | ウラジロモミ群落<br><i>Abies homolepis community</i>                                   |            |            |            | +          | +          | -          | -          |            |            | 0.95                             |
| 13 | 亜高山帯<br><i>Natural Vegetation Vaccino - Piceetea Region</i>                    | --         | +          |            | +          |            | -          |            |            | -          | 0.88                             |

+: up    -: down