

## 原著論文

## 北海道における森林植生の分布と気候条件の統計モデル化

清水 庸・大政謙次

東京大学大学院農学生命科学研究科 〒113-8657 東京都文京区弥生 1-1-1

## 要旨

北海道における自然植生のうち、森林帯である亜高山帯自然植生とブナクラス域自然植生を対象として、これらの植生タイプの分布と気候条件の関連性、および植生タイプを細分した植物機能タイプの分布と気候条件の関連性を統計解析により分析した。その際、植生のタイプを気候条件により分類する判別モデルにおいて、複数の気候条件を適用し、影響の大きい気候条件を明らかにするとともに、モデル間の比較を行った。また統計モデルの結果の分布表示から、空間分布に関する検討を行った。データは基準地域メッシュサイズで整備された第3回植生調査データとメッシュ気候値である。その結果、ブナクラス域自然植生は亜高山帯自然植生と比較して、夏季および秋季において、温暖な地域に分布しており、植生タイプの判別に与える気候条件の影響は、秋季積算最高気温により表される暖かさの条件が、最寒月気温が示す寒さの条件よりも影響が大きく、寒さの条件と積雪深条件については同程度であることが示された。また、ブナクラス域自然植生において、落葉広葉樹林は、針広混交林と比較した場合、秋季積算最高気温や最寒月気温の差から、秋季・冬季ともに温暖な地域に分布する傾向が見られた。気候条件間の比較では、寒さの条件が暖かさの条件や積雪深条件より、影響が大きいことが示された。

## キーワード

森林植生, 統計モデル, メッシュデータ, 亜高山帯自然植生, ブナクラス域自然植生, 北海道

## はじめに

植生とはある地域を覆う植物体の総称である。その地理的分布は炭素や水などの物質の蓄積量や移動量を規定するため、森林植生の場合は炭素の吸収量やその分布と密接に関わることになる。したがって、植生分布は陸上生態系をおおまかに指標するものと考えられており、IPCCがまとめる温暖化影響評価においても陸上生態系への影響として、植生分布の変化に着目している (IPCC 2001)。植生分布に影響を与える条件は、気温、積雪深、冬季季節風、地形そして土壌条件など、さまざまな条件が関与していることが指摘されているが、温暖化現象の影響を考えると、まず直接的に変化が現れると考えられる気温、積雪深などの気候条件との関連性に注目する必要がある。気温については、吉良 (1948) により提案された積算気温の一種である湿量指数が植生帯の分布とよく対応していることが知られており、メッシュデータにより、広域を対象として、湿量指数と植

物群落の関連性を再検討した研究もある (野上・大場 1991, 野上 1994)。また、気温のみでなく、日本海側と太平洋側で積雪深の違いにより、植物群落の分布が異なることが知られており、杉田 (1987, 1988) はブナ林から高山植物までを対象として、積雪深との関連性をまとめている。しかしながら、植生分布に影響を与える気候条件を複合的に考慮し、比較した研究例は少ない。著者らは北海道の高山帯・亜高山帯植生の分布を対象とした既報において、メッシュデータによる植生と気温、降水量、積雪深データから、植生分布に及ぼす影響の違いを比較している (清水ら 2002)。本研究では、北海道における自然植生のうち森林帯である亜高山帯自然植生とブナクラス域自然植生を対象として、これらの植生タイプの分布や、植生タイプを細分した植物機能タイプの分布と気候条件との関連性を統計モデルにより解析する。それにより、複合的な気候条件との関連性を分析するとともに、モデル結果の空間分布に関する検討を行う。

## 使用データと分析手法

植生データは、環境省による第3回自然環境保全基礎調査の植生調査メッシュデータ（調査年次1983年～1987年）のうち、亜高山帯自然植生とブナクラス域自然植生に分類されているものを本分析の対象とした。メッシュ単位は緯度30秒、経度45秒にて区切られる基準地域メッシュサイズ（約1km<sup>2</sup>）である。気候データは、植生データと同一の基準地域メッシュサイズで作成されたメッシュ気候値を使用した。メッシュ気候値は、観測データの30年間の平均値となる平年値をメッシュデータ化したものであり、月別（平均、最低、最高）の気温や積雪深データや月間の積算降水量を収録している。観測データの平年値は、10年おきに更新され、気象庁より発表されており、それらの観測データに基づいてメッシュデータは作成される。本分析にて採用したメッシュ気候値は、植生調査データの調査年次に最も近いと考えられる1950年代から1980年代の気候データから作成されたメッシュ気候値である（作成方法など、詳しくは気象庁観測部産業気象課1985, 1989; 岡村ら1989を参照のこと）。

分析手法は、i) 対象とする2種類の植生のタイプと気候データ間の度数分布図による比較を行い、その結果を受けて、ii) 線形判別分析を用いて、複数の気候データにもとづく植生のタイプの分類をおこなうことで、気候データと植生のタイプ間のモデル化を行う。また、判別モデルの係数を比較することにより、タイプの分類に対する気候条件の影響の大小についても考察する。これらの解析では、最初に、亜高山帯自然植生とブナクラス域自然植生のタイプ間の分析をおこない、次にブナクラス域自然植生を構成する植物群落を、植物機能タイプと呼ばれる、広葉樹・針葉樹や落葉樹・常緑樹といった植物の葉のかたちやフェノロジーの違いによって分類した「落葉広葉樹林」と「針広混交林」の2つのタイプ間で分析を行う。2段階に分けて分析することにより、それぞれ、植生タイプと其中で分類される植物機能タイプと気候条件の関連性について、階層的に検討する。

気温・降水量・積雪深の気候条件のうち、気温

については寒暖を示すものとして、温量指数、夏季(5月～8月)積算最高気温、秋季(8月～10月)積算最高気温、そして最寒月気温を気候データとして使用し、降水量については年間降水量を使用した。また積雪深については、メッシュ統計値に収録されている12月から3月の月単位の積雪深データで最大値を示す最深積雪深と、累年の最深積雪深のうち上位10%点の階級値である多雪年積雪深の2つを使用した。前者はあるメッシュにおける30年間での平均的な最深積雪深を示すと解釈でき、また後者は多雪年における積雪深となる。

本研究にて対象とする植生は自然植生であるため、人為的影響を受けることなく、気候条件などにより、その分布が成立していると考えられる。しかしながら、社会経済活動の拡大に伴う植林や伐採などにより、自然植生から、人為的な影響が加わったことを示す代償植生に変化する地域も存在する。本分析で使用した第3回植生調査以前のメッシュデータは存在しないため、それ以前の変化については不明であるが、例えば、第3回の調査から、1993年～1998年を調査年次とする第5回調査にかけて、ブナクラス域自然植生から

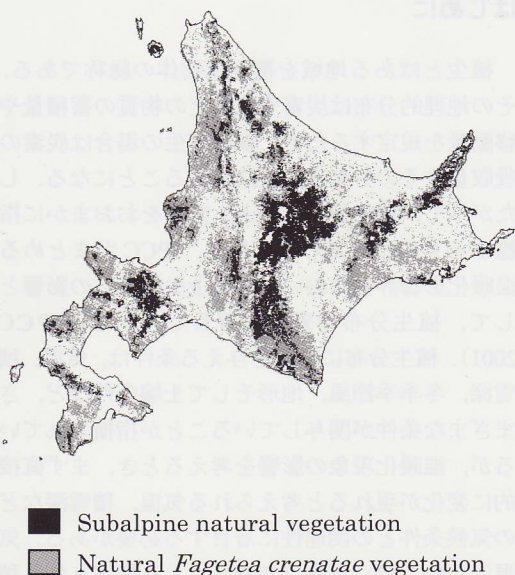


Fig. 1 Spatial distribution of natural subalpine vegetation and natural *Fagetea crenatae* vegetation in the Hokkaido region. The unit of grid size is 30" x 45" latitude-longitude: about 1 km<sup>2</sup>.

代償植生に変化して、分析対象から外れるメッシュ数は、ブナクラス域自然植生の総メッシュ数の約2%である。したがって、本分析にて得られる結果において、自然植生から代償植生へ変化したことによる影響は小さいと判断して分析を進めた。Fig.1は分析で用いた第3回植生調査メッシュデータをGISにより表示したものである。亜高山

帯自然植生を取り囲むように、ブナクラス域自然植生が分布している。2つの植生タイプで、北海道全域の総メッシュ数の48%を占めており、代表的な植生タイプであることがわかる。気候データを含め、分析対象としたメッシュ数は、亜高山帯自然植生が11,715メッシュ、ブナクラス域自然植生が28,273メッシュである。

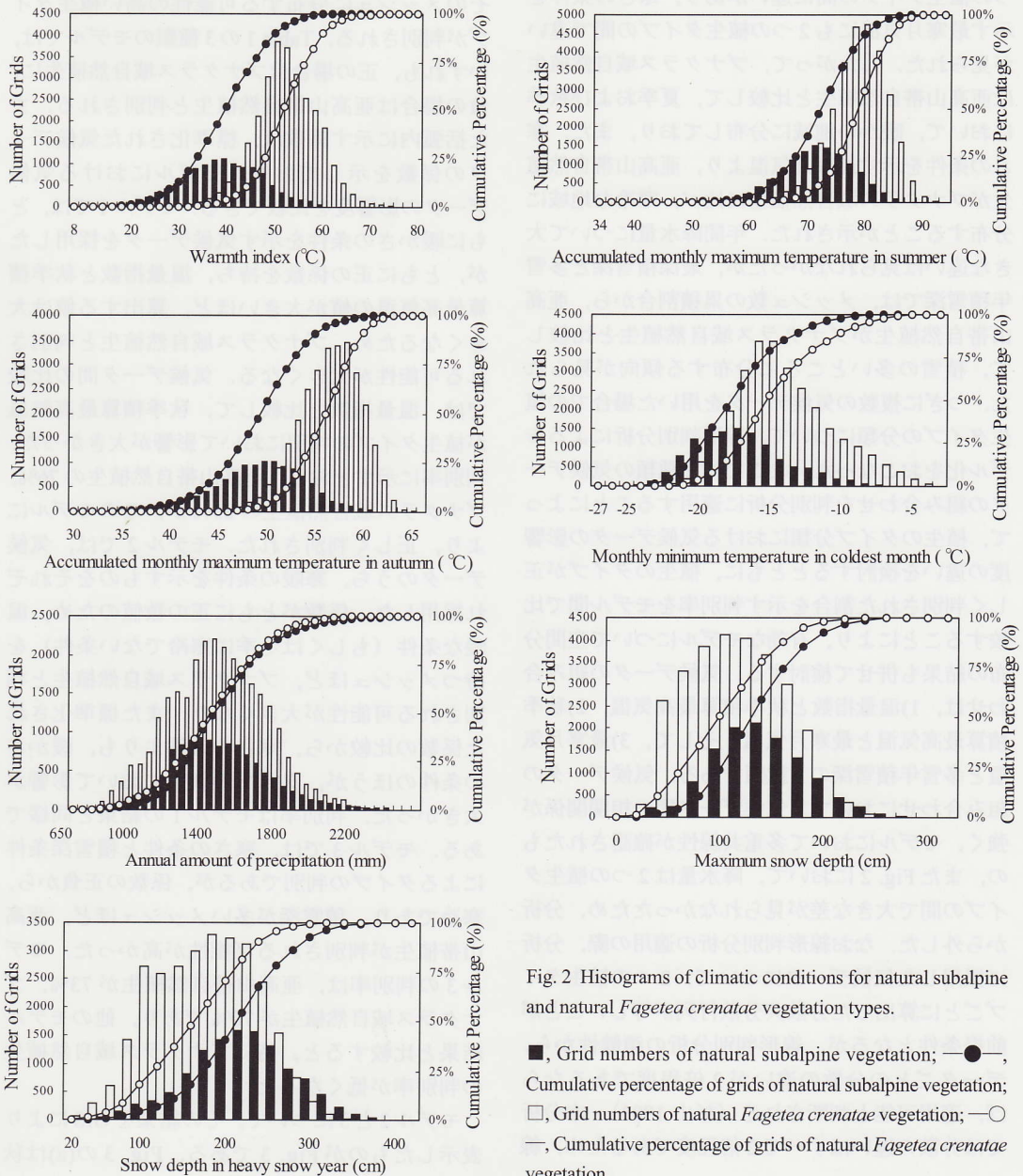


Fig. 2 Histograms of climatic conditions for natural subalpine and natural *Fagetea crenatae* vegetation types.

■, Grid numbers of natural subalpine vegetation; —●—, Cumulative percentage of grids of natural subalpine vegetation; □, Grid numbers of natural *Fagetea crenatae* vegetation; —○—, Cumulative percentage of grids of natural *Fagetea crenatae* vegetation.

## 分析結果と考察

### 亜高山帯自然植生とブナクラス域自然植生

Fig. 2に、各気候データに対する亜高山帯自然植生とブナクラス域自然植生の度数分布図および累積割合を示す。寒暖の条件について、暖かさの条件を示す温量指数、夏季積算最高気温や秋季積算最高気温では、分布に重なりは見られるが、2つの植生タイプの間には違いがあり、寒さの条件を示す最寒月気温にも2つの植生タイプの間で違いが見られた。したがって、ブナクラス域自然植生は亜高山帯自然植生と比較して、夏季および秋季において、暖かい地域に分布しており、また、寒さの条件を示す最寒月気温より、亜高山帯自然植生がブナクラス域自然植生に比べ、寒冷な地域に分布することが示された。年間降水量について大きな違いは見られなかったが、最深積雪深と多雪年積雪深では、メッシュ数の累積割合から、亜高山帯自然植生がブナクラス域自然植生と比較して、積雪の多いところに分布する傾向が見られた。つぎに複数の気候データを用いた場合での植生タイプの分類について、線形判別分析によるモデル化をおこなった。ここでは2種類の気候データの組み合わせを判別分析に適用することによって、植生のタイプ分類における気候データの影響度の違いを検討するとともに、植生のタイプが正しく判別された割合を示す判別率をモデル間で比較することにより、有効なモデルについて空間分布の結果も併せて検討する。気候データの組み合わせは、1)温量指数と秋季積算最高気温、2)秋季積算最高気温と最寒月気温、そして、3)最寒月気温と多雪年積雪深の3種類である。気候データの組み合わせにおいて、気候データ間の相関関係が強く、モデルにおいて多重共線性が確認されたもの、またFig. 2において、降水量は2つの植生タイプの間で大きな差が見られなかったため、分析から外した。なお線形判別分析の適用の際、分析に採用した気候データについて、2つの植生タイプごとに算出した分散共分散行列が等しいことが前提条件となるが、線形判別分析の頑健性から、データごとの分散の違いが2倍程度であるならば、適用可能と判断される(杉山1983)。本分析では分散の違いはすべて2倍程度であるため、線

形判別分析を使用した。

Table 1に得られた判別モデルの結果を示す。これらの判別モデルでは、モデルに採用した気候データについて、各メッシュが持つ数値を代入することにより、正もしくは負の値が判別得点として算出されるが、この値の正負の違いにより、植生のタイプが判別される。したがって、メッシュが持つ気候データの値の大小によって、そのメッシュに分布する可能性の高い植生タイプが判別される。Table 1の3種類のモデルでは、いずれも、正の場合はブナクラス域自然植生に、負の場合は亜高山帯自然植生と判別される。また括弧内に示す係数は、標準化された気候データの係数を示しており、モデルにおける気候データの影響度を比較できる。モデル1では、ともに暖かさの条件を示す気候データを採用したが、ともに正の係数を持ち、温量指数と秋季積算最高気温の値が大きいほど、算出する値は大きくなるため、ブナクラス域自然植生と判別される可能性が大きくなる。気候データ間の比較では、温量指数と比較して、秋季積算最高気温が植生タイプの判別において影響が大きかった。判別率に示すとおり、亜高山帯自然植生の76%、ブナクラス域自然植生の85%が、このモデルにより、正しく判別された。モデル2では、気候データのうち、寒暖の条件を示すものをそれぞれ採用した。係数がともに正の数値のため、温暖な条件(もしくは冬季に寒冷でない条件)を持つメッシュほど、ブナクラス域自然植生と判別される可能性が大きくなり、また標準化された係数の比較から、寒さの条件よりも、暖かさの条件のほうが、タイプの判別において影響が大きかった。判別率はモデル1の結果と同様である。モデル3では、寒さの条件と積雪深条件によるタイプの判別であるが、係数の正負から、寒冷であり、積雪深が多いメッシュほど、亜高山帯植生が判別される可能性が高かった。モデル3の判別率は、亜高山帯自然植生が73%、ブナクラス域自然植生が70%であり、他のモデル結果と比較すると、特にブナクラス域自然植生の判別率が低くなった。

モデル2と3について、その結果をGISにより表示したものがFig. 3である。Fig. 3の(a)は秋

季積算最高気温と最寒月気温による寒暖の条件を示す気候データにより、植生のタイプを判別した結果である。北海道中央部、大雪山周縁の両植生タイプが隣接する部分において、実際は亜高山帯自然植生であるが、ブナクラス域自然植生と誤判別されたメッシュが分布しており、また天塩山地など北海道北部に、亜高山帯自然植生と誤判別されたメッシュの分布が見られた。Fig. 3の(b)は最寒月気温と多雪年積雪深により植生のタイプを判別した分布図であるが、モデル3におけるブナクラス域自然植生の判別率が示すとおり、(a)と比較して、誤判別のメッシュが拡大した。亜高山帯自然植生においても、(a)にて誤判別されたメッシュがわずかながら拡大している傾向が読みとれた。

植生タイプと気候条件の分析結果をまとめると、気候データ間の比較では、秋季における暖かさの度合いを示す秋季積算最高気温が、同じく暖かさを示す温量指数よりも影響が大きかった。また寒暖の違いにおいては、暖かさの違いが、寒さの違いよりも影響が大きく、寒さと積雪深の違いが植生タイプの判別に与える影響は同程度であった。高山帯と亜高山帯自然植生の植生タイプの分類においても、寒さや積雪深と比べ、暖かさの条件の影響が大きく(清水ら2002)、本分析の結果と合わせると高山帯、亜高山帯としてブナクラス域自然植生といった植生タイプの分類には、吉良

(1948)も温量指数により提示している「暖かさ」の条件の影響が、他の条件と比較して大きいことが統計的に確認された。モデル間の比較では、Fig. 3における分布の違いにも示されるとおり、暖かさの条件を気候データとして含むモデルの判別率が高かった。

### ブナクラス域自然植生における落葉広葉樹林と針広混交林

前節では、亜高山帯自然植生とブナクラス域自然植生の2つの植生タイプに着目したが、ここではブナクラス域自然植生をブナ、エゾイタヤなどに代表される「落葉広葉樹林」と、「針広混交林」と呼ばれる落葉広葉樹と常緑針葉樹が混交して分布するタイプの2つに分け、植物機能タイプと気候データとの関連性をモデル化した。「落葉広葉樹林」のタイプには、エゾイタヤシナノキ群落、チシマザサブナ群団、ハンノキ群落、ヤナギ低木群落、ハルニレ群集、ハンノキヤチダモ群集、ヤマハンノキ群落の7群落を含み、針広混交林は下部針広混交林と分類されているものを使用した。メッシュ数はそれぞれ、19,747と7,945メッシュである。前節と同様、度数分布図および判別モデルによる分析をおこなった。Fig. 4に各気候データに関する度数分布図を示す。寒暖を表すものとして、温量指数、夏

Table 1 Results of discriminant analysis between vegetation types and combinations of climatic conditions. Classification rates for the subalpine natural vegetation and the natural *Fagetea crenatae* vegetation are shown in the upper and lower rows, respectively.

| Model No. | Coefficients of discriminant function / (Absolute values of standardized coefficients) |  |   |                                    |          | Classification rates |
|-----------|--|--|---|------------------------------------|----------|----------------------|
|           | Warmth index (°C)  | Accumulated monthly maximum temperature in autumn (°C) | Monthly minimum temperature in coldest month (°C) | Snow depth in snow heavy year (cm) | Constant |                      |
| Model 1   | 0.034<br>(0.242)   | 0.208<br>(0.770)                                       | —<br>—  | —<br>—                             | -12.711  | 76%<br>85%           |
| Model 2   | —<br>—   | 0.268<br>(0.991)                                       | 0.006<br>(0.021)                                  | —<br>—                             | -14.198  | 76%<br>85%           |
| Model 3   | —<br>—   | —<br>—   | 0.202<br>(0.663)                                  | -0.011<br>(0.686)                  | 5.428    | 73%<br>70%           |

季積算最高気温、秋季積算最高気温および最寒月気温の結果を示すが、暖かさの条件を示す気候データでは、いずれも分布は重なっているが、累積割合を比較すると、温量指数および秋季積算最高気温に比べ、夏季積算最高気温には2つのタイプの間に大きな違いは見られなかった。したがって落葉広葉樹林は、針広混交林の分布と比較して、夏季の暖かさは同程度でも、秋季において、

より暖かい地域に分布する傾向が示された。一方、最寒月気温では、針広混交林が寒冷な地域に偏って分布する傾向がわかった。降水量および積雪深については、2つのタイプ間で大きな違いはなかった。Table 2は、気候データによって、落葉広葉樹林と針広混交林の2つのタイプを判別した分析結果である。いずれのモデルも、判別得点が正の場合は落葉広葉樹林に、負の場合は針

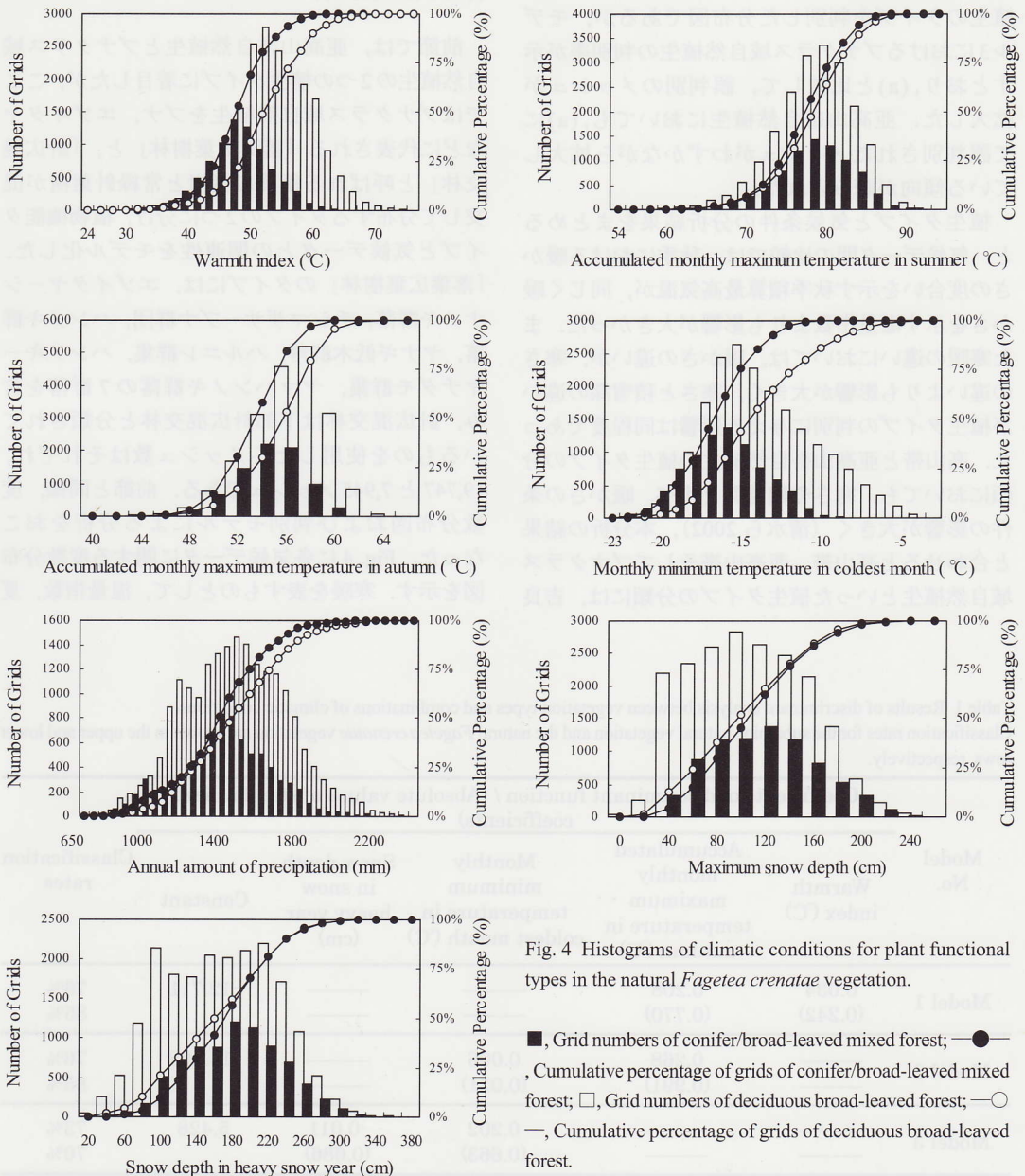


Fig. 4 Histograms of climatic conditions for plant functional types in the natural *Fagetea crenatae* vegetation.

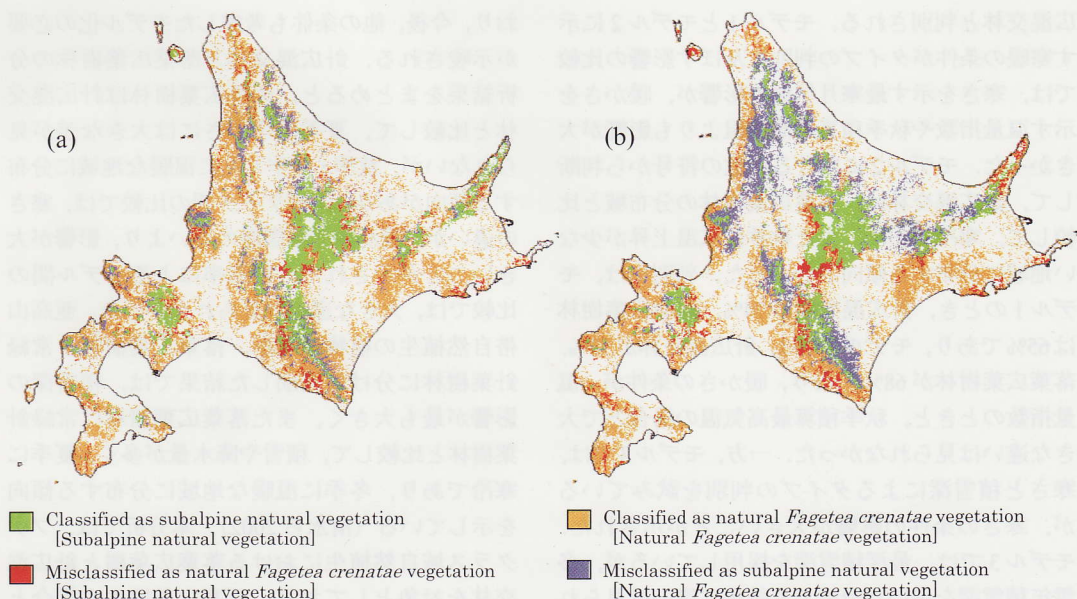


Fig. 3 Spatial distribution of results of two discriminant models for vegetation types.

Figure (a) shows the results of model used the accumulated maximum temperature in autumn and the monthly minimum temperature in coldest month as variables. In the legend, vegetation type in the brackets shows the actual type. Figure (b) illustrates the results of model used the monthly minimum temperature in coldest month and the snow depth in snow heavy year as variables.

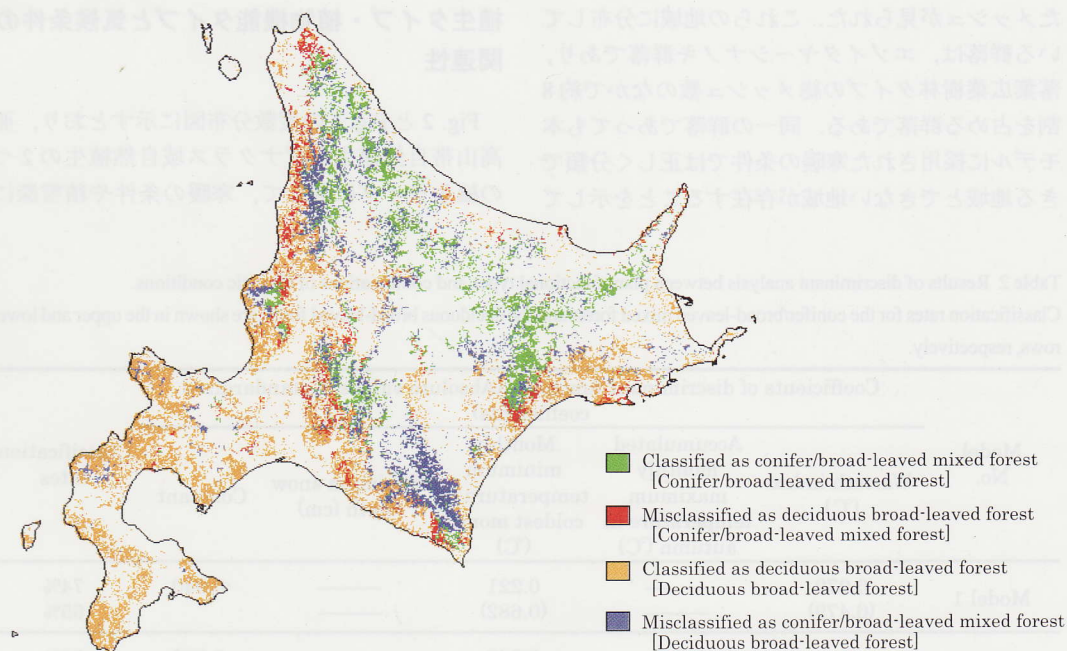


Fig. 5 Spatial distribution of results of the discriminant model for plant functional types in the natural *Fagetea crenatae* vegetation. The figure shows the results of model used the accumulated maximum temperature in autumn and the monthly minimum temperature in coldest month as variables. In the legend, plant functional type in the brackets shows the actual type.

広混交林と判別される。モデル1とモデル2に示す寒暖の条件がタイプの判別に及ぼす影響の比較では、寒さを示す最寒月気温の影響が、暖かさを示す温量指数や秋季積算最高気温よりも影響が大きかった。モデル2における係数の符号から判断して、針広混交林は、落葉広葉樹林の分布域と比較して、寒冷であり、また秋季に気温上昇が少ない地域に分布する傾向がわかった。判別率は、モデル1のとき、針広混交林が74%、落葉広葉樹林は65%であり、モデル2では、針広混交林が72%、落葉広葉樹林が68%となり、暖かさの条件が、温量指数のときと、秋季積算最高気温の場合とで大きな違いは見られなかった。一方、モデル3では、寒さと積雪深によるタイプの判別を試みているが、寒さの条件の影響が大きいことが示された。モデル3では、最深積雪深を採用しているが、多雪年積雪深を用いた分析でも結果に違いは見られなかった。なお、判別率は針広混交林が73%、落葉広葉樹林が63%となった。

Fig. 5にモデル2の結果による空間分布を示す。日高山脈や北海道北部の天塩山地を中心として、落葉広葉樹林であるが、針広混交林と誤判別されたメッシュが見られた。これらの地域に分布している群落は、エゾイタヤシナノキ群落であり、落葉広葉樹林タイプの総メッシュ数のなかで約8割を占める群落である。同一の群落であっても本モデルに採用された寒暖の条件では正しく分類できる地域とできない地域が存在することを示して

おり、今後、他の条件も考慮したモデル化の必要が示唆される。針広混交林と落葉広葉樹林の分析結果をまとめると、落葉広葉樹林は針広混交林と比較して、夏季の暖かさには大きな差が見られないが、秋季・冬季ともに温暖な地域に分布する傾向があり、気候データ間の比較では、寒さの違いが、暖かさや積雪深の違いより、影響が大きいことが示された。判別率によるモデル間の比較では、大きな違いは見られなかった。亜高山帯自然植生の植物群落を、落葉広葉樹林と常緑針葉樹林に分けて判別した結果では、積雪深の影響が最も大きく、また落葉広葉樹林は常緑針葉樹林と比較して、積雪や降水量が多く、夏季に寒冷であり、冬季に温暖な地域に分布する傾向を示している(清水ら2002)。本分析では、ブナクラス域自然植生における落葉広葉樹と針広混交林を対象としており、亜高山帯植生の場合と単純な比較はできないが、落葉広葉樹林に着目した場合の共通の条件として、常緑針葉樹林のみ、もしくは常緑針葉樹林が混交する地域と比較して、冬季に温暖であることが示された。

### 植生タイプ・植物機能タイプと気候条件の関連性

Fig. 2とFig. 4の度数分布図に示すとおり、亜高山帯自然植生とブナクラス域自然植生の2つの植生タイプに関して、寒暖の条件や積雪深に

Table 2 Results of discriminant analysis between plant functional types and combinations of climatic conditions. Classification rates for the conifer/broad-leaved mixed forest and the deciduous broad-leaved forest are shown in the upper and lower rows, respectively.

| Model No. | Coefficients of discriminant function / (Absolute values of standardized coefficients) |  |   |                         |          | Classification rates |
|-----------|--|--|---|-------------------------|----------|----------------------|
|           | Warmth index (°C)  | Accumulated monthly maximum temperature in autumn (°C) | Monthly minimum temperature in coldest month (°C) | Maximum snow depth (cm) | Constant |                      |
| Model 1   | 0.079<br>(0.479)   | —  | 0.221<br>(0.682)                                  | —                       | -0.940   | 74%<br>65%           |
| Model 2   | —  | 0.162<br>(0.490)                                       | 0.240<br>(0.741)                                  | —                       | -5.693   | 72%<br>68%           |
| Model 3   | —  | —  | 0.317<br>(0.980)                                  | -0.004<br>(0.207)       | 5.109    | 73%<br>63%           |



違いが確認されたが、ブナクラス域自然植生における植物機能タイプでは、夏季積算最高気温や積雪深においてタイプ間に大きな違いは確認できなかった。植生タイプから植物機能タイプへと変わることにより、違いが見られる気候データは少なくなり、寒さの条件である最寒月気温、そして秋季積算最高気温と温量指数に絞られた。複数の気候データを組み合わせた判別モデルの結果から、影響の大きい気候データは、ともに気温条件であったが、亜高山帯自然植生とブナクラス域自然植生では暖かさの条件であり、ブナクラス域自然植生における2つのタイプでは寒さの条件であることを示した。したがって、植生タイプから植物機能タイプへと、分析の階層が変わることにより、判別に関わる特徴的な条件に違いがあることがわかった。また、植生タイプに比べ、植物機能タイプの判別モデルの判別率は低かったが、針広混交林はトドマツなどの亜高山帯自然植生の常緑針葉樹林とブナやダケカンバなどの落葉広葉樹林が混交したものであり(渡邊 1994)、針広混交林と気候条件の関連性は、落葉広葉樹林の持つ関連性と重複する部分があるためと考えられる。本研究における統計モデルにより示した気候条件と植生のタイプの関連性は、北海道における2つの植生タイプと植物機能タイプに着目したものであり、北海道における植生分布に限定されるものである。特に、温暖化現象の影響を考える際、まず直接的に変化が現れると考えられる気温、積雪深、降水量の気候条件に着目して、これらの条件のなかで、植生タイプおよび植物機能タイプの分類への影響が大きい条件を明らかにするとともに、植生のタイプの分類において気候条件により説明できる範囲を示した。亜高山帯自然植生とブナクラス域自然植生の植生タイプの分類では、各タイプのメッシュ数のうち、約8割が正しく分類できた。今後、統計モデルの精度向上のためには、本分析では対象としなかった傾斜や土壌条件といった他の条件を考慮する必要がある。

## 結論

北海道における森林自然植生である亜高山帯自然植生とブナクラス域自然植生の2つの植生タイ

プの分布、およびブナクラス域自然植生を構成する植物群落を植物機能タイプを考慮して分類した落葉広葉樹林と針広混交林の分布を対象として、統計モデルにより気候条件との関連性を分析した。その結果、ブナクラス域自然植生は亜高山帯自然植生と比較して、夏季および秋季において、温暖な地域に分布する傾向があり、また亜高山帯自然植生がブナクラス域自然植生に比べ、冬季に寒冷な地域に分布することが示された。気候データ間の比較では、暖かさの違いが、寒さの違いよりも影響が大きく、寒さと積雪深の違いが植生タイプの判別に与える影響は同程度であった。また、ブナクラス域自然植生において、落葉広葉樹林は針広混交林と比較して、夏季の暖かさには大きな差が見られないが、秋季・冬季ともに温暖な地域に分布する傾向が見られた。気候データ間の比較では、寒さの違いが、暖かさや積雪深の違いよりも、影響が大きいことが示された。植生タイプから植物機能タイプへと、分析の階層が変わることにより、違いが見られる条件は絞られるとともに、判別に関わる特徴的な条件に違いがあることが示された。

## 引用文献

- IPCC (2001) Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, ed. McCarthy, J.J. et al., Cambridge University Press, Cambridge, 1032pp.
- 吉良龍夫(1948) 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—, 寒地農学, 2:143-173.
- 気象庁観測部産業気象課(1985) 気候値メッシュファイル(降水量)作成調査の報告, 測候時報, 52:357-378.
- 気象庁観測部産業気象課(1989) 気候値メッシュファイル(積雪)作成調査について, 測候時報, 56:297-305.
- 野上道男(1994) 森林植生帯分布の温度条件と潜在分布の推定, 地学雑誌, 103:886-897.
- 野上道男・大場秀章(1991) 暖かさの指数からみた日本の植生, 科学, 61:36-49.
- 岡村敏夫・和田高秀・林泰彰(1989) 気候値メッシュファイル(気温)作成調査について, 測候時報, 56:1-16.
- 清水庸・池亀泰央・名取俊樹ら(2002) 高山帯・亜高山帯植生と気候条件の統計的関連性, 日本生態学会誌, 52:25-34.

杉田久志(1987)亜高山帯針葉樹林の分布状態と積雪深および亜高山帯域の広さとの関係 - 上越山地を中心とする地域について-, 日本生態学会誌, 37:175-181.

杉田久志(1988)多雪山地浅草岳における群落分布に関わる環境要因とその作用機構 - プナの生育状態に着目して- I. 積雪深と群落分布の関係, 日本生態学会誌, 38:217-227.

杉山高一(1983)「多変量データ解析入門」, 朝倉書店, 東京, 172pp.

渡邊定元(1994)「樹木社会学」, 東京大学出版会, 東京, 450pp.

受付日 2003年9月2日  
 受理日 2003年11月11日

引用文献

IPCC (2001) Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability: Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK and New York, NY: Cambridge University Press, 1022pp.

日本生態学会 (1987) 日本生態学会誌 37:175-181.

日本生態学会 (1988) 日本生態学会誌 38:217-227.

杉田久志 (1987) 日本生態学会誌 37:175-181.

杉田久志 (1988) 日本生態学会誌 38:217-227.

杉山高一 (1983) 朝倉書店, 東京, 172pp.

渡邊定元 (1994) 東京大学出版会, 東京, 450pp.

謝辞

北海道にある亜高山帯自然林の分布と気候条件との関係について、

# Statistical Analysis for Modeling Relationships between Distribution of Natural Forest Vegetation and Climatic Conditions in the Hokkaido Region.

Yo Shimizu and Kenji Omasa

*Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo.*

*1-1-1 Yayoi, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8657, Japan*

## Summary

Natural forest vegetation in the Hokkaido region was analyzed in relation to climatic conditions, consisting of monthly temperature, snow depth and precipitation. Understanding the relationships between vegetation distribution and climatic conditions is essential for assessing the impacts of global warming on ecosystems, because climatic conditions interactively affect the distribution of natural forest vegetation. The distribution of forest vegetation influences the cycling of carbon and water within terrestrial ecosystem, and hence is an especially important factor for ecosystems. In Hokkaido, the natural forest vegetation is classified into two types, natural subalpine vegetation and natural *Fagetea crenatae* vegetation (Summergreen broad-leaved forest). A statistical model was developed with two aims: first to analyze the relationships between these two vegetation types and climatic conditions, and second, to analyze the relationships between plant functional types, deciduous broad-leaved forest and conifer/broad-leaved mixed forest in the natural *Fagetea crenatae* vegetation. The statistical model enables us to compare the importance of climatic conditions in explaining the vegetation distribution, and classification rates as

modeling accuracy. The results of statistical analyses using the model indicated that the distribution of natural *Fagetea crenatae* vegetation was positively correlated to warmth indicators, such as the accumulated maximum temperature in autumn and a warmth index. These indicators were more useful than other climatic indicators for classifying vegetation types. There was a positive correlation between the distribution of natural subalpine vegetation and maximum snow depth. For plant functional types in natural *Fagetea crenatae* vegetation, a cold indicator was the most influential factor compared with other climatic conditions. The distribution of deciduous broad-leaved forest was negatively correlated with monthly minimum temperature in coldest month. Classification rates of the statistical model for vegetation type were relatively higher than those of the model of plant functional type.

### keywords

Natural forest vegetation, Statistical model, Grid data, Subalpine natural vegetation, natural *Fagetea crenatae* vegetation, Hokkaido

---