自然環境保全基礎調査植生調査データを用いた森林群集・ 群落の潜在的分布域の地図化

鎌田 磨人^{1*}・安東 純平²・染矢 貴³・浅井 樹³

¹ 徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部 〒 770-8506 徳島市南常三島町 2-1

² 徳島大学工学部建設工学科 〒 770-8506 徳島市南常三島町 2-1

³ アジア航測 [株] 環境部環境デザイン課 〒 215-0004 神奈川県川崎市麻生区万福寺 1-2-2

Mapping potential habitats for 53 forest communities: exemplified usage of data collected through
national vegetation survey

Mahito Kamada^{1*}, Junpei Ando², Takashi Someya³ and Miki Asai³

¹ Division of Ecosystem Design, Institute of Technology and Science, Tokushima University, 2-1 Minami-Josanjima, Tokushima 770-8506, Japan

² Department of Civil and Environmental Engineering, Tokushima University, 2-1 Minami-Josanjima, Tokushima 770-8506, Japan

³ Asia Air Survey Co., Ltd., 1-2-2 Manpukuji, Asao-ku, Kawasaki, Kanagawa 215-0004, Japan

Key Words: Natural environmental information GIS, Digital national land information, Maxent (Maximum Entropy Model), Species distribution model, Environmental factors

要旨：自然環境保全基礎調査の第6回（1999～2004年）・第7回（2005～2009年）植生調査では、11572地点で現地調査が行われ、それぞれの地点の植生に対して統一凡例が付与されている。この中から20地点以上で分布が確認されている53の森林群集・群落の空間情報を得た。次に、1 km メッシュで入手できるWI（温量指数）、CI（寒さの指数）、年降水量、最深積雪量、地質区分、最大傾斜角を説明変数としてMaxent解析を行い、それら群集・群落の分布決定要因を抽出した上で、潜在的分布域地図を描いた。そして、国によって進められ蓄積されてきている植生調査データの活用に係る展望と必要性について、意見を述べた。

キーワード：自然環境情報 GIS, 国土数値情報, Maxent, 生物分布モデル, 環境要因

はじめに

我が国では、自然環境保全法に基づく自然環境保全基礎調査が、環境省によって行われてきている。「緑の国勢調査」とも呼ばれるこの調査は、「全国的な観点から我が国における自然環境の現況及び改変状況を把握し、自然環境保全の施策を推進するための基礎資料を整備する」ことが目的となっている (http://www.biodic.go.jp/kiso/fnd_f.html)。多岐にわたる調査項目のうち「植生調査」は、40年以上に渡って継続的に実施されており、1973年度（第1回植生

調査）には1/200,000、1978～1986年度（第2・3回）には1/50,000の植生図が日本全土にわたって整備された。1989～1998年度（第4・5回）は、人工衛星データを活用した第2・3回の植生図の修正にとどまったが、1999年度以降（第6回～）は、1/25,000植生図の作成が新たに進められている (<http://www.vegetation.biodic.go.jp/chosa/index.html>)。1975年度以降に作成された植生図は全てGIS化され、誰もがダウンロードして利用することができるようになっていく (<http://www.biodic.go.jp/trialSystem/top.html>)。

「植生調査」における植生図の作成は、植物社会学的手法（ブラウン-ブランケ 1964；宮脇ほか 1994）に基づく現地調査と空中写真もしくは衛星画像の判読をもとに行われている。1999年度以降の「植生調

* 連絡先：kamada@ce.tokushima-u.ac.jp

受付：2014年11月21日／受理：2014年11月26日

査」では、日本は8つのブロックに分けられ、それぞれのブロックに調査結果等について助言を与える専門家からなる「ブロック調査会議」が設置されている。調査受託者は、調査地域において土地利用を除く全ての植生型について2地点以上、広域に分布する二次林の植生型については1/25,000地形図1図幅に対して2地点以上で調査を行うことになっていて、それぞれの地点では、その位置座標と階層別の被度・群度が種ごとに記録される。その後、表操作等をおして群集・群落が区分され、ブロック調査会議での検討を経て植生図凡例として提案される。日本全体として統一した凡例体系を整備していくための機関として「凡例検討部会」が設置されていて、それぞれのブロックから提案された植生凡例はそこで検討され (<http://www.vegetation.jp/6thgaiyou/taisei.html>)、全国統一凡例が決定される (<http://www.vegetation.jp/hanrei/index.html>)。

こうした調査・作業にともなって、第7回植生調査終了時点(2009年度)には、11572地点に及ぶ種や群集・群落の分布位置データが得られている。しかし残念ながら、これらの情報は一般には公開されておらず、それら膨大なデータは十分に活用されないまま埋蔵されている。希少種や絶滅危惧種の分布情報を含むこと、種の同定精度が一律でないこと、一部で種名の統一が図られておらずシノニムが混在していること等がその理由であるが、そうした課題・制約を踏まえつつ、データ活用のあり方を提示していく必要がある。

植生学や生態学において、植物群集・群落の分布境界や遷移系列上の位置づけ、そして、それらを決定づける環境要因の究明は、最も基本的な問いの一つである。近年は生物の分布を環境要因と関連付けて説明し、生息・生育可能域を地図化して示す空間モデルが発展してきている(例えば、Scott *et al.* 2002; Franklin 2010; Arakida *et al.* 2011)。こうした手法を適用しつつ、統一的な手法で収集され凡例が付与された「植生調査」データを環境要因と関連付けて解析し、群集・群落が成立し得る空間範囲を示すことが可能となっている(染矢ほか 2010)。

本報告では、「植生調査」データと国土数値情報から、日本の主要植生である森林群集・群落の分布決定要因を推定する。そして、それらの潜在的分布域を描いた上で、空間的重複度による群集・群落類型を示す。最後に、これらを基に「植生調査」データの活用可能性について検討する。

方法

1. 利用データ

(1) 植物群集・群落の分布データ

自然環境保全基礎調査第6回(1999～2004年度)・第7回(2005～2009年度)の植生調査資料から、20地点以上で分布が確認されている53の森林群集・群落を抽出した(表2参照)。そして、各々の群集・群落の分布が確認された位置をポイントデータとし、GISに格納した。使用した地点総数は4443となった。

(2) 環境要因

広域的にみた場合、森林群集・群落の分布を決定づける主要な要因は、気候、地質、地形だと言われている(例えば、山中 1979; 宮脇ほか 1994; 菊池 2001)。ここでは、それらをWI(温量指数)、CI(寒さの指数)、年降水量、最深積雪量、地質区分、最大傾斜角を用いて表現することとした。

気候データは、1971～2000年の観測平均値が1kmメッシュ(3次メッシュ)に格納された「メッシュ気候値2000(気象庁)」を用いた。WIおよびCIについては月平均気温から1kmメッシュごとに求めた値を、年降水量および最深積雪量はメッシュ気候値2000の1kmメッシュ値をGISに格納した。なお、現在は1980～2010年の観測平均値をダウンロードすることができる(<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-G02.html>)。

地質データは、「50万分の1土地分類基本調査、表層地質図(国土交通省)」を用いた(<http://nrb-www.mlit.go.jp/kokjo/inspect/landclassification/download/index.html>)。本地質図で使用されている凡例を統合して8つの地質区分とし(表1)、1kmメッシュ内の個々の面積を集計してGISに格納した。

最大傾斜角は、国土数値情報の「標高・傾斜度メッシュ」を用い、1kmメッシュの最大傾斜角をGISに格納した(<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/jpgis/datalist/KsjTmplt-G04-b.html>)。

2. 森林群集・群落の潜在的分布域の推定

沖縄県を除く日本全域について、1kmメッシュを用いた解析を行なった。すなわち、各々の森林群集・群落の分布位置を1kmメッシュに統合した上で環境要因と関連付け、Maximum Entropy Model (Maxent; Phillips *et al.* 2006)を用いて、群集・群落の分布を説明する空間モデルを構築した。Maxentは、在デー

表 1. 地質図の凡例統合

1/50万表層地質図凡例	統合凡例	1/50万表層地質図凡例	統合凡例
第四紀 堆積岩類 砂礫・粘土	1. 第四紀 堆積岩類	火成岩類 火山岩類 流紋岩類	5. 火山岩類
第四紀 堆積岩類 火山灰・ローム		火成岩類 火山岩類 安山岩類	
第四紀 堆積岩類 砂丘砂		火成岩類 火山岩類 玄武岩類	
第四紀 堆積岩類 溶結凝灰岩		火成岩類 深成岩類 花崗岩類	6. 深成岩類1
第四紀 堆積岩類 洪積砂礫 (段丘堆積物を含む)		火成岩類 深成岩類 斑れい岩・輝緑岩	
新第三紀 堆積岩類 砂岩・泥岩・礫岩など (緑色凝灰岩)	2. 第三紀 堆積岩類	火成岩類 深成岩類 蛇紋岩・橄欖岩	
古第三紀 堆積岩類 砂岩・泥岩・礫岩など		変成岩類 結晶片岩類	7. 変成岩類2
中生代 堆積岩類 砂岩・頁岩・礫岩など	3. 中生代 堆積岩類	変成岩類 片麻岩類	
古生代 堆積岩類 石灰岩類	4. 古生代 堆積岩類	埋立地	8. その他
古生代 堆積岩類 粘板岩・砂岩・チャート・ シャールスタイン(輝緑凝灰岩)		水域	

タのみを用いる場合や、標本数が少ない場合のモデル構築に有効だとされる (Elith *et al.* 2006 ; Hernandez *et al.* 2006). なお、沖縄県を対象外としたのは、「50 万分の 1 土地分類基本調査、表層地質図」に沖縄県のデータが含まれていないという制約による。

得られたモデルの適合度は、[感度] と [1- 特異度] から得られる ROC (Receiver Operating Characteristic) 曲線から AUC (Area Under Curve) を算出することで評価した (Swet 1988 ; Fielding and Bell 1997). AUC は 0.5 ~ 1 の範囲の値をとり、1 に近づくほどモデルで推定される在・不在の領域が重ならないこと、すなわち適合度が高いことを示す。一般に、モデルで推定される在・不在領域は重なりあう部分を持つため、在・不在を分かち値 (カットオフ値) を設定し、それぞれの領域を区分する必要がある。ここでは、モデル精度を感度と特異度の合計値で評価することとし、それが最も大きくところをカットオフ値とした (Manel *et al.* 2001 ; Lui *et al.* 2013). そして、得られた空間モデルを用いて、53 の森林群集・群落それぞれの潜在的分布域地図を描いた。

一連の空間解析作業には Arc GIS 9.3.1 および Spatial Analyst (ESRI) と、Maxent (<http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>) を使用した。

3. 空間重複度を用いた森林群集・群落の類型化

(1) 空間重複度の算出

各々の森林群集・群落について得られた潜在的分布域地図をオーバーレイし、2 つの群集・群落間で重なりあう領域を抽出した。そして、それぞれの群集・群落について、他の全ての群集・群落との空間重複度を式 1 により求めた。組み合わせ数が 2756 (53 × 52) となる空間重複度の算出には、R-2.11.1 を用いた。

空間重複度 (%) = 任意の他の群集・群落の潜在的分布域と重なっている面積 / 当該群集・群落の潜在的分布域面積 × 100 (式 1)

(2) 森林群集・群落の類型化

上記により得られた空間重複度行列を用いて、群平均法によるクラスター分析を行い、空間分布の重なり具合からみた森林群集・群落類型を行なった。そして、Maxent 解析で得られた個々の環境要因の寄与率と反応曲線から、群集・群落間のニッチの異同を検討した。クラスター分析には PRIMER Ver.6 を使用した。

結果と考察

1. 群集・群落の潜在的分布域とそれを規定する環境要因

表 2 に、空間重複度を用いたクラスター解析によ

る森林群集・群落の類型と、Maxent 解析によって得られたモデルの AUC, カットオフ値, モデルへの累積寄与率が 90%を超えるまでの環境要因を示した。AUC は 0.872 ~ 0.997 の範囲であり, 全てのモデルについて適合度が高かったことから (Swets 1988), 対象とした 53 の群集・群落の潜在的分布域を求めることが可能だと判断した。そして, カットオフ値を

超える分布確率を持つ領域を潜在的分布域とする地図を作成した (図 1)。

森林群集・群落は A ~ D からなるグループと E・F からなるグループに大別され, 前者のほとんどはブナクラス域の, 後者はヤブツバキクラス域の群集・群落であった (表 2)。この 2 つのグループの分布の違いを決定づける環境要因は, 主に CI と最深積雪量

図 1. 森林群集・群落の潜在的分布域地図

図 1. 続き

図 1. 続き

図 1. 続き

— 98 —

図 1. 続き

で、A～Dのグループの分布確率は、CIおよび最深積雪量に対して∩型の関係を示す傾向があった。一方、E・Fでの分布確率は、CIおよび最深積雪量が小さい地域で最も高くなり、値の増加につれて低くなる傾向を示した。

Aは北海道と東北地方に潜在的分布の中心を持つ

グループであった（図1-A）。そのうち、A1は北海道に潜在的分布域の中心がある。自然植生であるエゾイタヤミズナラ群落とトドマツミズナラ群落は、第三期および中生代の堆積岩類からなる地域に分布しているが、前者は最深積雪量が80～170 cm程度の地域で分布確率が最大となり、後者は降水量

表2. 空間重複度を用いたクラスター解析による森林群集・群落の類型、および、Maxent解析によって得られたモデルのAUC、カットオフ値、モデルへの累積寄与率が90%を超えるまでの環境要因。気候要因に付した+は変量の増加につれて分布確率が增加すること、-は減少すること、∩は増加した後に減少することを示す。地質に付した数字は、表1で示した地質凡例に対応し、その地質を持つ地域で分布確率が增加することを示す。

類型	森林群集・群落(植生図凡例)		地点数	AUC	カットオフ値	環境要因の順位と寄与率									
						1		2		3		4		5	
A	1	エゾイタヤミズナラ群落	IV	36	0.954	0.337	CI (∩)	80.0	積雪 (∩)	8.1	地質 (2,3)	7.4			
		シラカンバーミズナラ群落	V	41	0.958	0.226	CI (∩)	75.7	地質 (1,2)	12.1	傾斜 (∩)	7.1			
	2	トドマツミズナラ群落	IV	41	0.955	0.307	CI (∩)	73.1	地質 (2,3)	11.2	降水 (-)	7.6			
		カシワ群落 (IV)	IV	28	0.916	0.209	降水 (-)	51.6	傾斜 (-)	20.6	WI (-)	17.3	地質 (1)	10.5	
B	1	カシワ群落 (V)	V	26	0.901	0.289	CI (∩)	47.1	地質 (1)	24.8	積雪 (∩)	10.9	傾斜 (-)	6.6	降水 (-)
		ブナミズナラ群落	V	104	0.943	0.270	WI (∩)	35.2	降水 (+)	22.5	CI (∩)	12.8	傾斜 (+)	10.9	積雪 (+)
		クリミズナラ群落	V	154	0.936	0.234	WI (∩)	34.0	積雪 (-)	22.5	降水 (∩)	19.8	CI (∩)	16.4	
		ヤマボウシミズナラ群落	IV	28	0.965	0.107	地質 (5)	26.7	CI (∩)	24.3	降水 (+)	21.2	積雪 (∩)	16.2	WI (∩)
	2	クロモジミズナラ群落	IV	46	0.983	0.102	降水 (∩)	45.0	積雪 (∩)	20.8	CI (∩)	13.7	地質 (5)	9.3	傾斜 (+)
		コナラ群落 (V)	V	31	0.972	0.248	降水 (+)	46.9	CI (∩)	27.9	WI (∩)	9.2	地質 (5,6,7)	8.5	
	3	イヌブナ群落	IV	25	0.974	0.217	CI (∩)	24.9	傾斜 (+)	17.9	積雪 (∩)	17.5	地質 (2,4,6)	16.5	降水 (∩)
		クリコナラ群落	VII	202	0.917	0.216	積雪 (-)	31.1	WI (∩)	28.2	CI (∩)	17.6	地質 (4,6)	8.5	傾斜 (∩)
		アカマツ群落 (V)	V	97	0.910	0.265	WI (∩)	50.9	CI (∩)	21.9	積雪 (-)	11.5	降水 (∩)	6.6	
	2	シラキミズナラ群落	IV	72	0.985	0.088	積雪 (-)	40.2	CI (∩)	31.3	降水 (∩)	22.5			
		アカシデイヌシデ群落 (V)	V	101	0.937	0.292	積雪 (-)	28.6	CI (∩)	22.9	降水 (+)	21.6	WI (∩)	18.6	傾斜 (+)
	1	リョウブミズナラ群落	IV	25	0.937	0.205	降水 (∩)	45.5	積雪 (-)	42.5	地質 (5)	8.7			
		チシマザサミズナラ群落	IV	91	0.928	0.331	積雪 (+)	39.2	降水 (+)	31.0	WI (∩)	10.5	地質 (2,5,7)	9.1	CI (∩)
		オオバクロミズナラ群落	V	133	0.936	0.271	積雪 (∩)	43.4	CI (∩)	21.8	降水 (+)	13.3	地質 (2)	9.3	WI (∩)
		ブナニ次林	V	22	0.997	0.326	降水 (+)	29.2	積雪 (+)	24.0	CI (∩)	21.2	地質 (2,5)	20.8	
C	2	オクチョウジザクラコナラ群落	V	61	0.970	0.202	積雪 (∩)	37.3	WI (∩)	37.0	降水 (∩)	11.5	地質 (2)	7.0	
		カスミザクラコナラ群落	V	43	0.977	0.096	積雪 (∩)	30.6	WI (∩)	25.2	地質 (1)	12.8	傾斜 (∩)	12.2	降水 (∩)
	3	ユキグニミツバツツジアカマツ群落	VII	49	0.974	0.111	積雪 (∩)	36.3	CI (∩)	29.7	WI (∩)	13.6	降水 (∩)	13.5	
		ユキグニミツバツツジコナラ群落	V	66	0.981	0.078	積雪 (∩)	34.0	CI (∩)	29.5	WI (∩)	15.6	降水 (∩)	10.4	地質 (2)
	1	エタナミツバツツジミズナラ群落	V	30	0.994	0.251	地質 (4,6)	41.4	CI (∩)	34.2	降水 (∩)	14.9			
		ホソバヒカゲスミズナラ群落	V	34	0.989	0.247	地質 (4,6)	39.7	CI (∩)	37.5	降水 (∩)	14.7			
	1	シキミミズナラ群落	VI	108	0.936	0.323	積雪 (-)	41.6	WI (∩)	21.1	降水 (+)	12.9	CI (∩)	11.2	地質 (3,4)
		アカシデイヌシデ群落 (VII)	VII	24	0.927	0.240	積雪 (-)	29.7	地質 (3,5,6,7)	18.5	傾斜 (+)	18.2	CI (∩)	16.7	降水 (+)
	2	アカガシ群落	VI	31	0.910	0.306	積雪 (-)	42.1	地質 (3,5,6)	22.9	CI (-)	17.4	傾斜 (+)	11.0	
		ウラジロガシ群落	VI	45	0.937	0.140	WI (∩)	29.1	傾斜 (+)	25.3	地質 (6,7)	19.9	CI (∩)	18.8	
E	3	アカガシニ次林	VII	29	0.981	0.194	積雪 (-)	36.7	降水 (+)	30.6	CI (-)	14.8	地質 (3,5)	10.4	
		イヌノキウラジロガシ群落	VI	41	0.976	0.251	積雪 (-)	40.0	降水 (∩)	27.1	傾斜 (∩)	13.6	地質 (3,5)	13.4	
	1	シラカン群落	VI	29	0.933	0.191	積雪 (-)	54.2	CI (-)	23.7	地質 (1)	19.4			
		クスギコナラ群落	VII	96	0.966	0.304	CI (-)	49.6	積雪 (-)	17.7	WI (∩)	11.0	降水 (∩)	9.9	地質 (1)
	2	ヤマツツジアカマツ群落	VII	24	0.940	0.367	積雪 (-)	51.4	CI (-)	24.8	傾斜 (-)	18.8			
		カナメモチコゴジ群落	VI	132	0.933	0.317	WI (∩)	43.0	積雪 (-)	34.2	降水 (∩)	13.5			
	1	アラカン群落	VI	113	0.932	0.244	WI (+)	44.0	積雪 (-)	30.6	傾斜 (∩)	9.1	降水 (∩)	6.7	
		ルリミノキイタイガシ群落	VI	25	0.949	0.133	積雪 (-)	56.1	地質 (3)	19.0	降水 (+)	12.8	CI (-)	10.5	
	2	シイカシニ次林	VII	512	0.872	0.346	CI (-)	78.9	積雪 (-)	4.9	傾斜 (-)	4.5	WI (∩)	4.1	
		コナラ群落 (VII)	VII	364	0.875	0.337	CI (-)	61.9	地質 (5,6,7)	12.2	傾斜 (∩)	9.0	降水 (∩)	8.6	
	3	アカマツ群落 (VII)	VII	289	0.888	0.315	CI (-)	51.0	地質 (5,6,7)	13.9	WI (∩)	11.2	降水 (∩)	10.9	積雪 (-)
		アベマキコナラ群落	VII	108	0.937	0.336	積雪 (-)	54.0	降水 (-)	12.6	CI (-)	12.4	WI (∩)	9.6	傾斜 (+)
	4	モチツツジアカマツ群落	VII	119	0.916	0.297	積雪 (-)	50.8	CI (-)	17.0	WI (∩)	14.0	降水 (+)	8.6	
		ネズアカマツ群落	VII	46	0.984	0.119	積雪 (-)	36.7	降水 (∩)	26.0	地質 (5,6)	14.3	CI (-)	9.9	傾斜 (∩)
	1	ヤブコウジミズナラ群落	VI	130	0.930	0.257	CI (-)	67.4	地質 (1,2)	9.0	WI (∩)	7.9	降水 (∩)	7.1	
		イノデタブノキ群落	VI	55	0.968	0.202	CI (-)	65.5	傾斜 (-)	19.9	積雪 (-)	6.8			
	2	オニシバリコナラ群落	VII	39	0.983	0.152	CI (-)	62.4	地質 (1)	12.4	WI (∩)	10.9	積雪 (-)	8.4	
		スダジ群落	VI	98	0.954	0.153	CI (-)	31.8	WI (∩)	25.3	降水 (∩)	17.9	積雪 (-)	16.8	
	1	トベウバミズナラ群落	VI	75	0.974	0.181	CI (-)	45.6	積雪 (-)	38.6	傾斜 (-)	7.4			
		ウバメガシニ次林	VII	60	0.953	0.219	積雪 (-)	83.3	地質 (3,7)	8.0					
	2	ホソバカナワラビミズナラ群落	VI	35	0.973	0.246	CI (-)	82.1	地質 (2,3)	12.5					
		ミズバヤミズナラ群落	VI	99	0.965	0.084	CI (-)	38.4	積雪 (-)	32.6	降水 (∩)	13.0	WI (∩)	11.8	
	1	タブノキミズナラ群落	VII	93	0.945	0.164	CI (-)	83.7	降水 (∩)	9.5					
		タブノキ群落	VI	38	0.903	0.393	CI (-)	80.3	積雪 (-)	9.9					

IV: プナクラス域自然植生, V: プナクラス域代償植生, VI: ヤブツバキクラス域自然植生, VII: ヤブツバキクラス域代償植生

の少ないところで分布確率が最大となる傾向を示した。A2は自然植生としてのカシワ群落(IV)と代償植生としてのカシワ群落(V)から構成されていた。自然植生としてのカシワ群落(IV)は降水量が少なくなればなるほど、また、WIが小さいほど分布確率が高くなっていた。一方、代替植生としてのカシワ群落(V)はCIが20～50程度の範囲で、かつ、降水量が少ない地域での分布確率が最も高くなっていた。第四紀堆積岩から成る傾斜の緩やかな場所が適地として選択されていることが、両者で共通している。雨量が少なく涼しい地域での人為的な攪乱が、乾燥に対する耐性が高いカシワ群落の分布拡大に寄与したことを示唆している。これらのことにより、カシワ群落(V)の潜在的分布域は中国地方にまで広がったと考えられる。なお、環境省の植生図では、明瞭な区分種をもたない場合は優占種名を用いた群落名が与えられ、それが自然植生か代償植生かを気候帯別に示すためローマ数字が付される(表2)。

Bのグループを構成する群集・群落は、主に太平洋側に潜在的な分布中心を持つブナ林とその代償植生であった(図1-B)。ブナ・ミズナラ群落とクロモジ・ブナ群落を除き、このグループに属する群集・群落は、最深積雪量の増加につれて分布確率が減少した。B1は東北地方から九州までの広い範囲に潜在的な分布域を持つグループで、自然植生であるヤマボウシ・ブナ群落は降水量が多い地域、クロモジ・ブナ群落は2500 mm程度の降水量を持つ地域、イヌブナ群落は急傾斜で降水量が1800 mm程度の地域で分布確率が最大となった。B2を構成する自然植生のシラキ・ブナ群落は降水量が2500～3000 mm程度で、リョウブ・ミズナラ群落は2800～3200 mm程度の地域で分布確率が最大となった。B2は、より湿潤な地域に潜在的な分布域を持つグループだと言える。

Cは日本海側に潜在的な分布中心を持つグループで(図1-C)、主に最深積雪量によって潜在的な分布域が規定された。C1に属する自然植生であるチシマザサ・ブナ群落は最深積雪量が1 mを超える地域で、ブナ二次林は1.7 mを超える地域で分布確率が最大となった。C2を構成するオクチョウジ・ザクラ・コナラ群落は最深積雪量が0.5～1.5 m程度、カスミザクラ・コナラ群落は0.5～0.8 m程度の地域で分布確率が最大となった。C3に属するユキグニミツバツツジ・アカマツ群落とユキグニミツバツツジ・コナラ群落の分布確率は、両者とも最深積雪量が0.4～0.6

m程度の地域で最大となった。C2とC3の潜在的な分布の違いをもたらす環境要因は気温で、前者はWIが80～100程度(CIは15～25程度)の範囲で、後者はCIが5～10程度、WIが100～110程度の範囲で分布確率が最大となった。

Dのグループにはカタコブシ・ミズナラ群落およびホソバヒカゲスゲ・コナラ群落が属する。両者の潜在的分布域は局所的であり、互いに重なり合っていた(図1-D)。他の群集・群落と異なり、地質(火山岩類、古生代堆積岩類)が潜在的分布域の決定に最も寄与する環境要因であった。環境省による植生凡例解説によると、ホソバヒカゲスゲ・コナラ群落は、北上半島南部から北上高地、阿武隈高地にかけての火山灰に覆われた丘陵地、低地に分布すると言う(<http://www.vegetation.jp/saikubun.php?kubun=220505>)。カタコブシ・ミズナラ群落は、ホソバヒカゲスゲ・コナラ群落に比べて最大積雪深とCI値が少しだけ大きい傾向があったが、これら2者の潜在的な分布を分ける環境要因は抽出できなかった。

Eは東北太平洋岸から西日本にかけて潜在的な分布域を持つグループで(図1-E)、自然植生としてのシキミ・モミ群落、アカガシ群落、ウラジロガシ群落、イスノキ・ウラジロガシ群落と、代償植生としてのアカシデ・イヌシデ群落(VII)、アカガシ二次林が含まれる。概して言うと、中生代堆積岩地や深成岩類1を含む地域で分布確率が高かった。そして、E1は最大傾斜が急峻な地域ほど分布確率が高くなる傾向を示し、E2は最大傾斜が30°程度の地域で分布確率が最も高くなった。

Fは関東以南に潜在的な分布域の中心を持つグループで、互いに分布域は重なるものの、F1は関東や中国・瀬戸内地方に、F2は関東地方以南の太平洋岸および中国地方の日本海沿岸に潜在的な分布域が出現する傾向があった(図1-F)。F1とF2ではWIが規定要因として抽出されている群集・群落が多く、F1ではWIが100～120程度の地域で、F2では120を超える地域で分布確率が最大となる傾向があった。F11のシラカシ群落やクヌギ・コナラ群落は、関東平野に分布中心があるが、それは、第四紀堆積岩類から成る地域で分布確率が高くなることに対応していた。

2. 「植生調査」データの活用に向けて

本報告では、「植生調査」データに付加された植生凡例を用いて空間モデルを構築することで、分布確

率に基づく潜在的分布域の推定や地図化を行うことができ、分布を規定する環境要因を階層的に推定していける可能性があることを示した。ここで用いた環境要因は物理環境にとどまっているが、植生データに記録されている個々の種の階層別植被率を用いることで、標徴種や区分種をはじめとする個々の種の分布特性といった生物的要因を加味した空間モデルへと発展させることも可能だろう。

本報告では、潜在的分布域の空間重複性から群集・群落を類型化し、自然植生と代償植生との空間分布の異同についても示した。例えば、チシマザサブナ群団、オオバクロモジミズナラ群集、ブナ二次林、オクチョウジザクラコナラ群集、ユキグニミツバツツジアカマツ群集、ユキグニミツバツツジコナラ群集の潜在的分布可能域は互いに類似するものの、最大積雪深や気温の違いによって好適地の違いがもたらされていることが示された。これらは、遷移系列を同じくする空間範囲の抽出と地図化の可能性を示唆している。そして、それは第2・3回（1978～1986年度）の植生調査で作成された植生図との比較や、「植生調査」データに記載されている種構成から検証可能だと思われる。遷移という時間軸をも考慮した空間論への展開は、挑戦すべきテーマだろう。

潜在的分布域図は、応用的な価値も持つ。1999年から始まった植生図の再作成は、現在でも国土の3割程度が未作成となっている（<http://www.vegetation.biodic.go.jp>）。そのため、作業効率をあげつつ、完成を急ぐ必要がある。植生図が未作成となっている場所の多くは、北海道や東北から中部地方にかけての脊梁地域に偏在している。それは、現地調査の遂行に労力と費用がかかることが一つの要因となっている。未調査地域に分布する群集・群落やその分布境界を推定し、重点的に調査すべき地域を見出すことで、効率的な調査設計と調査の遂行を助けることになると思われる。

多くの努力と費用がかけられ蓄積されている「植生調査」データには、植生学のみならず、空間生態学や景観生態学に新たなテーマを提供し、学問的発展をもたらすとても大きな価値を秘めている。そして、自然環境保全法という法制度のもとで実施されている「植生調査」は、世界にも誇り得るモニタリングの仕組みだと考えられる。この仕組みが、将来にわたって継続されるよう、より多くの研究者が様々な視点から「植生調査」データを活用し、成果を生み出していくことが期待される。

謝辞

本報告は、「平成22年度第7回自然環境保全基礎調査植生調査に係る技術専門部会（技術手法検討部会）」に提供した資料（<http://www.vegetation.biodic.go.jp/rikatsuyou/2-2.html>）について、その詳細を解説したものである。解析・検討を進めるにあたって、環境省自然環境局生物多様性センターから植生調査データの提供を受けた。解析過程では、竹村紫苑氏（総合地球環境学研究所）からご教示いただいた。また、原慶太郎氏（東京情報大学）を座長とする技術専門部会の皆さまとの議論の過程で、示唆に富む助言を得た。これらの方々に感謝する。

引用文献

- Arakida, H., Mitsuhashi, H., Kamada, M. and Koyama, K. 2011. Mapping the potential distribution of shorebirds in Japan: the importance of landscape-level coastal geomorphology. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 21: 553-563.
- ブラウン-ブランケ, J. 1964. (鈴木時夫訳, 1971) 植物社会学 I. 359pp. 朝倉書店, 東京.
- Elith, J., Graham, C.H., Anderson, R.P., Dudik, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R.J., Huettmann, F., Leathwick, J.R., Lehmann, Li, J., Lohmann, L.G., Loiselle, B.A., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton, Peterson, T., Phillips, S.J., Richardson, K., Scachetti-Pereira, R., Schapire, R.E., Soberón, J., Williams, S., Wisz, M.S. and Zimmermann, N.E. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129-151.
- Fielding, A.H., and Bell, J.F. 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation* 24: 38-49.
- Franklin, J. 2010. *Mapping Species Distributions: Spatial Inference and Prediction*. 320pp. Cambridge University Press, Cambridge.
- Hernandez, P.A., Graham, C.H., Master, L.L. and Albert, D.L. 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography* 29: 773-785.

- 菊池多賀夫. 2001. 地形植生誌. 220pp. 東京大学出版会, 東京.
- Lui, C., White, M. and Newell, G. 2013. Selecting thresholds for the prediction of species occurrence with presence-only data. *Journal of Biogeography* 40: 778-789.
- Manel, S., Williams, H.C. and Ormerod, S.J. 2001. Evaluating presence-absence models in ecology: the need to account for prevalence. *Journal of Applied Ecology* 38: 921-931.
- 宮脇昭・奥田重俊・藤原陸夫 編. 1994. 改訂新版日本植生便覧. 910pp. 至文堂, 東京.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P. and Schapire, R.E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distribution. *Ecological Modeling* 190: 231-259.
- Scott, J.M., Heglund, P.J., Morrison, M.L., Haufler, J.B., Raphael, M.G., Wall, W.A. and Samson, F.B. 2002. *Predicting Species Occurrences: Issues of Accuracy and Scale*. 868pp. Island Press, Washington.
- 染矢貴・竹村紫苑・宮本駿・鎌田磨人. 2010. 自然環境情報 GIS と国土数値情報を用いた日本全域の竹林分布と環境要因の推定. *景観生態学*, 15: 41-54.
- Swets, J.A. 1988. Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science* 240: 1285-1293.
- 山中二男. 1979. 日本の森林植生, 補訂版. 223pp. 築地書館, 東京.