

# ガ類相による香川県環境保全地域の環境評価 —バイナリーデータによる群集解析の試み—

中村寛志

信州大学農学部 食料生産科学科 生産環境管理学講座

**要約** 香川県にある9つの環境保全地域において、燈火採集によるガ類の生息調査を行った。確認できた総種数は26科936種で、ヤガ科、シヤクガ科およびメイガ科が多く全体の80%近くを占めていた。このガ類相の存在・不在データを使って、多変量解析（クラスター分析、数量化Ⅳ類）による環境保全地域のガ類群集の比較と分類を行った。非類似度行列として1-Cs指数と不一致係数を用いた。非類似度行列として1-Cs指数を用いたクラスター分析によると、種数が少なかった2つの地域とその他の地域とに分類された。また不一致係数を用いた場合は、種数の多かった地域がグループ分けされた。数量化Ⅳ類ではクラスター分析と同じように、1-Cs係数の非類似度行列では、種数の少なかった2つの地域が他の7地域のグループと離れた位置にプロットされ、不一致係数を用いると、種数の多かった地域がグループ分けされた。1-Cs指数と不一致係数の性質から、この結果の相違を考察した。

**キーワード**：環境保全地域，ガ類相，多変量解析，環境評価，香川県

## 緒言

香川県では1950年代以降から急速に都市近郊の里山が開発され、自然環境や動植物相が貧弱になってきた。しかし、生物相の変遷に関する定量的な調査データの蓄積がなかったため、指標生物の測定値や種多様度指数によって、このような現象を評価した研究はほとんどみられなかった<sup>1)</sup>。一方、香川県には「香川県における自然環境の保全と緑化の推進に関する条例」にもとづいて、4つの自然環境保全地域と5つの緑地環境保全地域が制定されている。1992年から1996年の5年間にわたって、それらの地域に生息する動植物の調査が、香川県自然環境保全調査事業として実施された。中村ら(1999)<sup>2)</sup>はこの調査データの中から、燈火採集で得られたガ類の種類構成をもとに、9つの環境保全地域における環境を概観的に評価しているが、解析的な手法を使った環境分析は行われていない。

昆虫相の調査データを使って、環境評価を行う試みは、最近数多くなされるようになってきた<sup>3),4)</sup>。この中で種多様度指数<sup>5)</sup>を使って環境の多様性を表現したり、種構成の重複度を表現する類似度指数<sup>6)</sup>で環境間の比較を行う解析手法などが用いられている。近年になって中村ら(1995, 1999)<sup>2),7)</sup>は、定量

的にとらえにくいデータを数量化するためのRI指数を提示し、種グループ別多様度指数とレーダーチャートによる多次元的環境評価手法を提案している。

本報告の調査は、香川県自然環境保全調査事業の一環として行われた昆虫相調査をもとにしたものであるため、その内容は燈火採集で得られたガ類の種類リストのみである。したがって上述したような定量的解析方法を適用することはできない。そこで本報告では、存在・不在の2元データ(binary data)を利用した多変量解析による新しい環境解析手法の試みとして、Cs指数と不一致係数を(非)類似度行列として用い、クラスター分析と数量化Ⅳ類による解析手法で、9つの環境保全地域のガ類相の比較と評価を行ったものである。

## 調査地域と方法

### 1. 調査方法

ガ類の生息調査は、環境保全地域内で夜間燈火採集によって行った。白色カーテン式燈火採集装置またはカーテンを用いない増井式燈火採集装置を用い、燈火として40Wの捕虫用蛍光管4本と100Wの水銀灯1個を使用した。

### 2. 調査地域

調査を実施した環境保全地域の名称、面積、標高、植生などの概要は表1に、また香川県内での位置は図1に示した。その所在地および調査実施時期と時

受理日 11月24日

採択日 1月12日

表1 環境保全地域の概要

保全地域の名称	環境の概要
弥谷山自然環境保全地域	面積は33.96ha, 標高381.5m, 四国霊場第七十一番札所の弥谷寺寺叢林 アラカシ・ウラジロガシなどの常緑広葉樹やイヌシデなどの落葉広葉樹とウバメガシ群落
七宝山緑地環境保全地域	面積は50.98ha, 標高389.8m, 不動の滝付近に岩崖群落が豊富 アカマツ林が主体, 落葉二次林としてクヌギ林とアベマキ林
藤尾山自然環境保全地域	面積は37.27ha, 標高163.8m, 藤尾神社社叢林 アラカシ林が大部分, ツブラジイやコジイまた落陽広葉樹も混在
間川緑地環境保全地域	面積は4.24ha, 標高約50m から100m の範囲, 間川三十二勝景勝地 アカマツ林がマツクイムシで枯死し, アベマキ・コナラの落葉二次林の中にアラカシ林と竹林
水主自然環境保全地域	面積は4.41ha, 標高約40m から100m の範囲, 水主神社の社叢林 ツブラジイとヒノキの植林に, シリブカガシ林が混在
女体山自然環境保全地域	面積は12.38ha, 標高は約430m から702.5m の範囲, 四国霊場八十八番札所大窪寺の裏山 アカマツ林, ホソバタブ林, ヒノキ植林地, 落葉広葉樹林と伐採跡の二次林
大水上緑地環境保全地域	面積は6.51ha, 標高は約50m から103m の範囲, 大水上神社の社叢林 ツブラジイにシリブカガシをまじえる常緑広葉樹, 二次林から常緑広葉樹への移行林
小松尾山緑地環境保全地域	面積は2.99ha, 標高は約50m から80m の範囲, 四国霊場六十八番札所小松尾寺社叢林 ツブラジイを主体とした常緑広葉樹林が発達, アラカシが混在, 林床はミミズバイ
大高見峰緑地環境保全地域	面積は124.1ha, 標高は約200m から標高504.1m の大高見峰の北側 かつてはアカマツ林, マツクイムシの被害でヒノキ植林, コナラ林, カゴノキ林, クズ群落に移行中

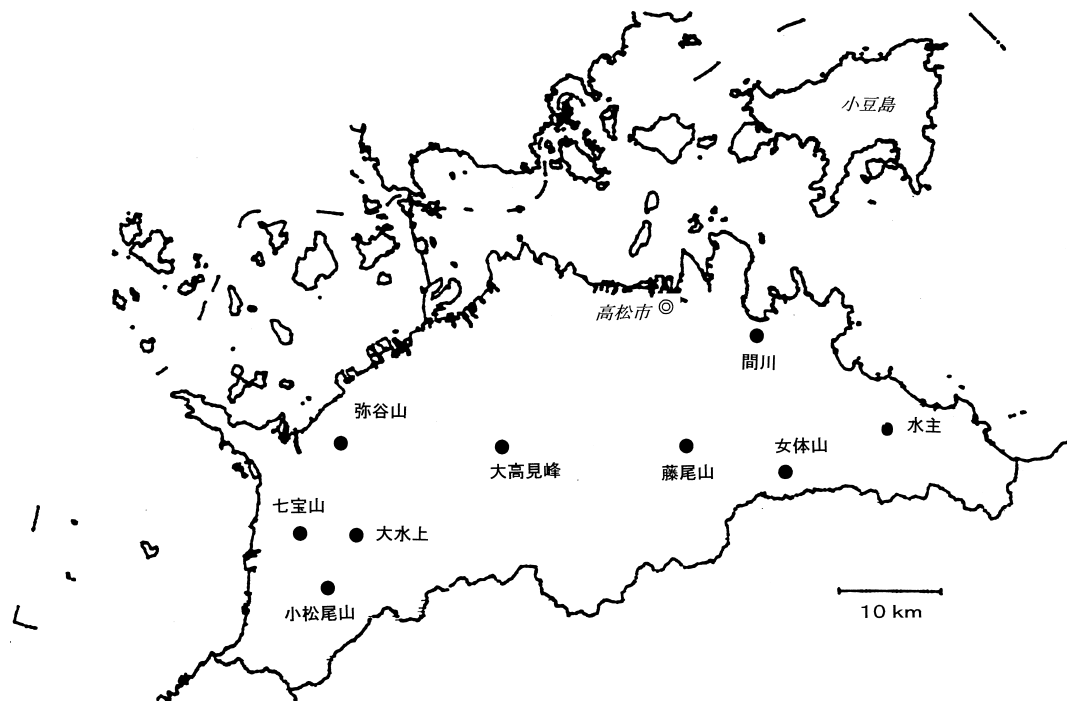


図1 香川県における9つの環境保全地域の位置

間は以下のとおりである。本調査では、調査回数が多いと発見種数も多くなる関係が認められた<sup>2)</sup>。そこでデータの解析には、調査回数を補正しない全調査データと、いずれの地域でも初夏と秋の年2回の調査のみに限定して補正したデータの2種類を用いた。後者の補正に用いた年2回の調査日には\*印を付けた。

いやだにやま  
**弥谷山自然環境保全地域** 香川県三豊郡三野町大字大見に位置し、昭和54年7月5日に指定された。調査は1992年9月1日(19:00-1:00)\*、10月1日(19:00-23:00)、11月1日(19:00-23:00)、1993年4月15日(18:30-24:00)、5月6日(17:30-24:00)、6月17日(19:30-2:30)\*、7月21日(19:30-5:30)の計7回(42時間)行った。

<sup>しっぽうざん</sup>  
**七宝山緑地環境保全地域** 香川県三豊郡豊中町字滝ノ上に位置し、昭和51年12月9日に指定された。調査は1992年9月5日(19:30-23:00)\*、10月4日(19:00-22:30)、11月5日(18:00-22:00)、1993年4月15日(19:30-23:30)、5月6日(19:30-23:00)、6月17日(20:00-1:30)\*、7月21日(20:00-5:00)の計7回(32.5時間)行った。

<sup>ふじおきん</sup>  
**藤尾山自然環境保全地域** 香川県高松市西植田町字上東神内、字上神内、字奥中谷および字西奥中谷に位置し、昭和54年7月5日に指定された。調査は1991年6月16日(20:30-4:10)、1993年6月21日(19:30-2:00)\*、7月14日(19:30-2:00)、9月14日(19:00-23:45)\*、10月20日(19:30-2:00)の計5回(31.95時間)行った。

<sup>まかわ</sup>  
**間川緑地環境保全地域** 香川県大川郡志度町大字志度に位置し、昭和62年7月15日に指定された。調査は1993年6月14日(19:00-24:00)\*、9月14日(19:00-1:00)\*の計2回(11時間)行った。

<sup>みずし</sup>  
**水主自然環境保全地域** 香川県大川郡大内町南部の前山丘陵地域で、昭和54年7月5日に指定された。調査は1994年7月6日(19:00-23:00)\*と10月13日(18:30-10:30)\*の計2回(8時間)行った。

<sup>にょたいさん</sup>  
**女体山自然環境保全地域** 香川県大川郡長尾町南部の阿讃山地とその前山丘陵との境界線に位置し、昭和54年7月5日に指定された。調査は1994年6月29日(20:40-4:20)\*、10月8日(17:30-22:30)\*、11月18日(17:20-21:30)、12月2日(17:00-21:00)の計4回(20.9時間)行った。

<sup>おおみなかみ</sup>  
**大水上緑地環境保全地域** 香川県三豊郡高瀬町大字羽方に位置し、昭和58年3月29日に指定された。調査は1995年5月20日(19:30-23:00)、6月28日(19:30-24:00)\*、8月31日(19:00-24:00)\*の計3回(13時間)行った。

<sup>こまつおやま</sup>  
**小松尾山緑地環境保全地域** 香川県三豊郡山本町辻の丘陵部に位置し、昭和51年12月9日に指定された。調査は1995年5月24日(19:30-23:00)、6月28日(20:00-23:45)\*、8月31日(19:00-23:30)\*の計3回(11.8時間)行った。

<sup>おおたかんぼう</sup>  
**大高見峰緑地環境保全地域** 香川県綾歌郡綾南町と綾歌町の町境にある標高504.1mの大高見峰の北側斜面に位置し、昭和51年12月9日に指定された。調査は1996年7月11日(19:30-23:45)\*、11月10日(17:35-20:00)\*の計2回(6.7時間)行った。

### 3. 解析手法

本研究で試みた解析は、ガ類の調査リストから環境間の非類似度行列を作成し、それをもとにクラス

ター分析と数量化Ⅳ類の多変量解析を行い、その結果から調査した9つの環境保全地域のガ類群集をグループに分類して、その比較を行う方法である。地域間の非類似度として、以下に述べる1-C<sub>s</sub>係数と不一致係数を用いた。階層的クラスター分析の方法は、最長距離法を用いてデンドログラムを作成した。

なお計算には統計解析ハンドブック for Win 多変量解析 Ver.1.01 (共立出版)のソフトを用いた。

**1-C<sub>s</sub> 係数** A, B 2地域の在・不在の2元データを使って群集構成を比較する方法として、Czekanowski-Sørensenの係数(C<sub>s</sub>またはQS)<sup>8)</sup>がよく用いられている。S<sub>A</sub>, S<sub>B</sub>をそれぞれA地域, B地域に生息する種数, S<sub>C</sub>を両地域に生息する種数とすると, 2地域の群集構成の共通性を示すC<sub>s</sub>係数は次の式で示される。

$$C_s = 2S_c / (S_A + S_B)$$

ここでC<sub>s</sub>=1のとき両地域の種類構成が完全に一致し, C<sub>s</sub>=0のとき全く異なった種類構成であることを示す<sup>9)</sup>。本研究では各調査地間の1-C<sub>s</sub>係数を多変量解析の非類似度行列とした。

**不一致係数** この係数はアンケート調査による嗜好の類似度を測定するときなどによく用いられる。AとBの2人に対して, m個の食品について好き嫌いの調査を行ったとき, ○を好き, ×を嫌いとする。

$$\text{不一致係数} = (\text{○, ×}) \text{と} (\text{×, ○}) \text{の数} / m$$

となる。したがって, 不一致係数=1のときは, AとBは完全に食品の好み異なり, 不一致係数=0のときは, 完全に一致しているとみなせる<sup>9)</sup>。

これをガ類の調査データに用いるには, 一方の地域で確認されもう一方では確認されなかった種数を, 調査対象種数で除することによって2つの地域間の不一致係数が求められる。地域間ごとに求めたこの係数を非類似度行列として多変量解析に用いた。なお調査対象種数は, 9地域で確認されたすべての種数とした。

## 結 果

### 1. 確認された種数

本調査によって確認できたガ類の種数は, 総計26科936種で, 表2に地域ごとの科別種数とその割合を示した。いずれの地域においてもヤガ科Noctuidae, シャクガ科Geometridaeおよびメイガ科Pyralidaeが多く全体の80%近くを占めていた。

表2 保全地域内で確認されたガ類の科別種数とその割合 (全調査データによる)

保全地域		メイガ科	シャクガ科	スズメガ科	シャチホコガ科	ヒトリガ科	ヤガ科	その他	計	補正種数*
弥谷山	種数 (%)	68 (17.1)	71 (17.9)	13 (3.3)	16 (4.0)	20 (5.0)	177 (44.6)	32 (8.1)	397 (100)	299
七宝山	種数 (%)	52 (14.5)	73 (20.4)	12 (3.4)	16 (4.5)	15 (4.2)	156 (43.6)	34 (9.5)	358 (100)	186
藤尾山	種数 (%)	76 (15.9)	91 (19.0)	17 (3.6)	35 (7.3)	26 (5.4)	178 (37.2)	55 (11.5)	478 (100)	301
間川	種数 (%)	37 (15.0)	52 (21.1)	9 (3.6)	12 (4.9)	13 (5.3)	95 (38.5)	29 (11.7)	247 (100)	247
水主	種数 (%)	21 (19.4)	14 (13.0)	2 (1.9)	13 (12.0)	6 (5.6)	36 (33.3)	16 (14.8)	108 (100)	108
女体山	種数 (%)	76 (17.5)	102 (23.5)	17 (3.9)	26 (6.0)	16 (3.7)	152 (35.0)	45 (10.4)	434 (100)	424
大水上	種数 (%)	67 (21.8)	54 (17.6)	10 (3.3)	13 (4.2)	18 (5.9)	122 (39.7)	23 (7.5)	307 (100)	278
小松尾山	種数 (%)	44 (18.6)	43 (18.2)	7 (3.0)	10 (4.2)	11 (4.7)	96 (40.7)	25 (10.6)	236 (100)	180
大高見峰	種数 (%)	27 (18.2)	29 (19.6)	8 (5.4)	9 (6.1)	3 (2.0)	51 (34.5)	21 (14.2)	148 (100)	148
全地域	種数 (%)	162 (17.3)	190 (20.3)	26 (2.8)	42 (4.5)	38 (4.1)	371 (39.6)	107 (11.4)	936 (100)	801

\* : 調査回数をいずれの地域も2回に統一して補正した種数 (本文参照)

また2回の調査データに限定した場合のガ類の種数は801種であった。

採集されたガ類相の概観を以下に述べる。弥谷山は、平地性あるいは暖地性の要素が強い種が多く、また瀬戸内地域の海岸近くの平地にみられる種や照葉樹林帯に強く結びついている種が確認された。七宝山は、平地性あるいは暖地性の種が主体で、瀬戸内特有のマツ林とアベマキ、コナラなどの落葉二次林をよく反映したガ相が特徴であった。藤尾山は、植生を反映してカシ林を中心とした照葉樹林帯に分布する種で構成されていた。間川では、大部分が落葉広葉樹に普通に見られる種構成であった。水主は、平地にある面積の狭い社叢林で、種数が最も少なく、

確認できた種はすべて暖地の平地性であった。女体山は、大部分が香川県では山地性と位置づけられている種で、暖地系の種はわずかであった。大水上の特徴として、メイガ科の割合が高く、またヤガ科の中でも平地性のコヤガ亜科の割合が高かった。小松尾山では、メイガ科の割合が高く平地性の要素が強く現れていた。大高見峰は、香川県内にみられる平地・低山地性の普通種が大部分であった。

## 2. 非類似度行列

表3は1-Cs係数を使って9つの環境保全地域間のガ類群集の非類似度行列を示したものである。右上半分は、実施した全ての調査データの種類をもとに計算した数値である。左下半分は、調査回数を

表3 1-Cs係数からみた保全地域間のガ類群集の非類似度

	弥谷山	七宝山	藤尾山	間川	水主	女体山	大水上	小松尾	大高見
弥谷山	0	0.423	0.465	0.491	0.770	0.538	0.494	0.526	0.703
七宝山	0.542	0	0.516	0.564	0.760	0.586	0.519	0.572	0.700
藤尾山	0.493	0.639	0	0.495	0.754	0.449	0.475	0.571	0.709
間川	0.451	0.584	0.507	0	0.797	0.615	0.495	0.545	0.696
水主	0.749	0.782	0.804	0.797	0	0.738	0.759	0.773	0.648
女体山	0.557	0.705	0.509	0.610	0.737	0	0.576	0.657	0.677
大水上	0.466	0.565	0.554	0.509	0.757	0.581	0	0.470	0.679
小松尾	0.583	0.656	0.638	0.616	0.764	0.709	0.520	0	0.734
大高見	0.682	0.755	0.719	0.696	0.648	0.678	0.685	0.744	0

右上半分の数値：全調査データから求めた1-Cs係数

左下半分の数値：調査回数を2回に補正して求めた1-Cs係数

表4 不一致係数からみた保全地域間のガ類群集の非類似度

	弥谷山	七宝山	藤尾山	間川	水主	女体山	大水上	小松尾	大高見
弥谷山	0	0.341	0.434	0.338	0.416	0.478	0.372	0.356	0.409
七宝山	0.328	0	0.460	0.364	0.378	0.496	0.369	0.363	0.378
藤尾山	0.370	0.388	0	0.382	0.471	0.437	0.397	0.435	0.473
間川	0.307	0.316	0.347	0	0.302	0.448	0.293	0.281	0.294
水主	0.381	0.287	0.411	0.353	0	0.427	0.337	0.284	0.177
女体山	0.503	0.537	0.461	0.511	0.489	0	0.456	0.470	0.421
大水上	0.336	0.327	0.386	0.333	0.365	0.509	0	0.272	0.330
小松尾	0.348	0.300	0.383	0.328	0.275	0.534	0.297	0	0.302
大高見	0.381	0.315	0.403	0.343	0.207	0.484	0.365	0.305	0

右上半分の数値：全調査データから求めた不一致係数  
 左下半分の数値：調査回数を2回に補正して求めた不一致係数

2回に補正したデータをもとにした1-C<sub>s</sub>係数である。

全調査日データによると、水主では大高見峰との0.648以外は、1-C<sub>s</sub>係数の値が0.7以上で大きく、水主の群集構成が他地域と異なっていることを示していた。次いで大高見峰の値が0.648から0.734の範囲で大きかった。一方、七宝山と弥谷山、小松尾山と大水上、藤尾山と女体山および藤尾山と弥谷山の1-C<sub>s</sub>係数は0.47以下と低く、群集構成の共通性が高いことを示していた。調査回数を2回に補正した1-C<sub>s</sub>係数についても、全体の傾向は全調査日データとほぼ同じであったが、係数値の差が拡大し明瞭になったことが特徴的であった。特に小松尾山の値が大きくなり、全調査日データから判別しにくかった他地域との相違が把握できた。

表4は不一致係数によってガ類群集の非類似度行列を示したものである。右上半分の数値は、表3と同じく全調査データ、左下半分は2回調査のデータをもとにした値である。ガの種類は、全調査データ

では総計936種また2回の調査データでは総計801種であったので(表2)、不一致係数を計算するときの調査対象種数は、それぞれこの値を用いた。

全調査日データによると、女体山の不一致係数が0.4以上と大きく、群集構成が他地域と異なっていることを示していた。これは女体山のガ類の大部分が香川県では山地性と位置づけられる種であったことを反映しているといえる。次いで藤尾山において、0.4以上となる不一致係数が多かった。一方、1-C<sub>s</sub>係数では、非類似性が高かった水主と大高見峰では、不一致係数のばらつきが、他の地域よりも大きいことが特徴であった。

調査回数を2回に補正した不一致係数では、全体の傾向は全調査日データとほぼ同じであったが、女体山では係数値が大きくなり差が明瞭に現れているが、大高見峰では逆に値のばらつきは小さくなった。

### 3. クラスタ分析

図2に1-C<sub>s</sub>係数を非類似度行列としたクラスタ分析による環境保全地域の分類結果を示した。

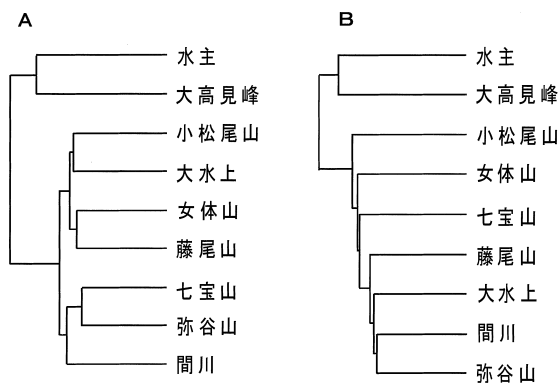


図2 1-C<sub>s</sub>係数を非類似度行列として適用したクラスタ分析の結果を示すデンドログラム  
 A：全調査データ，B：2回調査データ，階層クラスタの分析手法：最長距離法

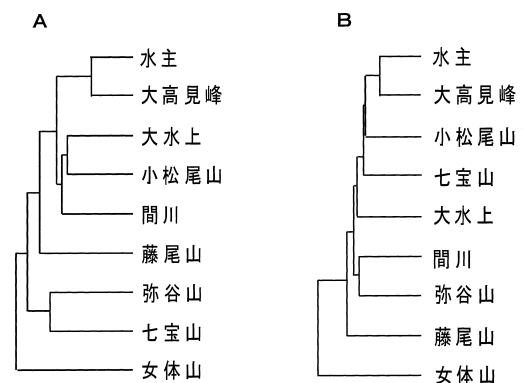


図3 不一致係数を非類似度行列として適用したクラスタ分析の結果を示すデンドログラム  
 A：全調査データ，B：2回調査データ，階層クラスタの分析手法：最長距離法

これによると全調査データ (図2 A) では、種構成の非類似度係数が大きかった水主と大高見峰が、その他の地域から最も相違した位置にグループ分けされた。さらに七宝山と弥谷山, 小松尾山と大水上, 藤尾山と女体山など表3において類似度の高かった地域がグルーピングされた。また2回調査に限定したデータを使ったクラスタ分析の結果 (図2 B) も、同様な傾向を示すデンドログラムであった。

図3に不一致係数を非類似度行列としたクラスタ分析による分類結果を示した。これによると全調査データ (図3 A) では、まず水主と大高見峰, 小松尾山と大水上など類似度の高かった地域がまとめられ、類似性が最も低かった女体山は、他地域から最も相違した位置にグループ分けされた。2回調査データによるクラスタ分析の結果 (図3 B) も、同様な傾向をより明瞭に示すデンドログラムであっ

た。

#### 4. 数量化IV類による分類

数量化IV類は、9つの環境保全地域間のガ種類相の親近性にもとづいて空間を構成し、その相互位置関係から調査地域をグループ分けするものである<sup>10)</sup>。本研究では親近性を示す基準として、クラスタ分析で用いた1-C<sub>s</sub>係数と不一致係数の負の値を用いた。表5と表6に、これらの親近性行列から計算されたH行列の固有値と固有ベクトルを示した。表5は1-C<sub>s</sub>係数, 表6は不一致係数から求めたもので、いずれの場合も第6軸の $\lambda_6$ 以下の固有値は一定値に近かったため、ここでは第5軸の $\lambda_5$ までを示した。累積寄与率は、いずれの場合でも $\lambda_5$ までで約66%であった。

図4と図5は、それぞれ表5と表6の第1軸と第2軸の固有値に対する固有ベクトルの成分を用いて、

表5 1-C<sub>s</sub>係数を非類似度行列として適用した数量化IV類の結果

	全調査データによる固有ベクトル					2回調査データによる固有ベクトル				
	第1軸	第2軸	第3軸	第4軸	第5軸	第1軸	第2軸	第3軸	第4軸	第5軸
弥谷山	-0.148	-0.106	0.012	-0.162	0.162	-0.131	-0.072	-0.066	0.001	-0.188
七宝山	-0.141	-0.104	0.010	-0.355	0.704	-0.173	-0.194	0.111	-0.834	0.296
藤尾山	-0.138	-0.108	0.159	-0.061	-0.046	-0.170	-0.080	-0.255	0.137	-0.392
間川	-0.167	-0.098	-0.131	-0.479	-0.679	-0.163	-0.072	-0.085	0.005	-0.471
水主	0.919	-0.209	-0.020	-0.016	-0.014	0.913	-0.233	-0.009	-0.010	-0.033
女体山	-0.118	-0.075	0.745	0.461	-0.121	-0.107	-0.019	-0.583	0.311	0.645
大水上	-0.140	-0.090	-0.105	-0.036	-0.019	-0.134	-0.077	0.023	0.039	-0.132
小松尾	-0.159	-0.147	-0.624	0.633	0.005	-0.149	-0.177	0.745	0.426	0.256
大高見	0.091	0.937	-0.046	0.014	0.007	0.114	0.924	0.120	-0.074	0.019
固有値	13.554	12.474	11.050	10.642	10.477	13.654	12.624	11.803	11.769	11.070
寄与率	0.154	0.142	0.126	0.121	0.119	0.148	0.137	0.128	0.128	0.120
累積寄与率	0.154	0.297	0.423	0.544	0.663	0.148	0.286	0.414	0.542	0.662

表6 不一致係数を非類似度行列として適用した数量化IV類の結果

	全調査データによる固有ベクトル					2回調査データによる固有ベクトル				
	第1軸	第2軸	第3軸	第4軸	第5軸	第1軸	第2軸	第3軸	第4軸	第5軸
弥谷山	-0.179	-0.098	-0.706	0.566	-0.134	-0.119	-0.014	0.736	-0.450	-0.347
七宝山	-0.211	-0.171	-0.403	-0.807	-0.031	-0.145	-0.149	-0.065	-0.065	0.073
藤尾山	-0.005	0.935	0.006	-0.057	-0.089	-0.073	0.917	-0.181	0.013	-0.094
間川	-0.110	-0.052	0.133	0.087	0.093	-0.124	-0.006	0.161	-0.090	0.889
水主	-0.087	-0.167	0.356	-0.040	-0.434	-0.109	-0.231	-0.386	-0.166	-0.167
女体山	0.930	-0.113	-0.097	0.035	0.031	0.941	-0.042	0.015	0.009	0.011
大水上	-0.119	-0.057	0.180	0.073	0.736	-0.125	-0.111	0.252	0.842	-0.142
小松尾	-0.136	-0.110	0.192	0.087	0.245	-0.142	-0.147	-0.125	0.103	-0.072
大高見	-0.082	-0.168	0.340	0.046	-0.416	-0.105	-0.217	-0.408	-0.196	-0.151
固有値	8.195	7.873	7.098	6.972	6.393	9.072	7.096	6.702	6.535	6.333
寄与率	0.150	0.144	0.130	0.128	0.117	0.168	0.131	0.124	0.121	0.117
累積寄与率	0.150	0.294	0.424	0.552	0.669	0.168	0.299	0.423	0.544	0.661

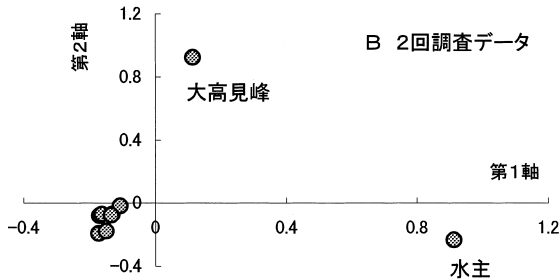
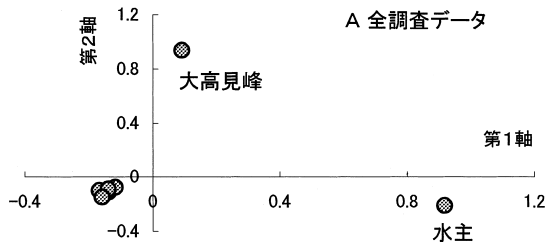


図4 1-Cs係数を用いた数量化Ⅳ類における固有ベクトルの第1-2軸成分の散布図

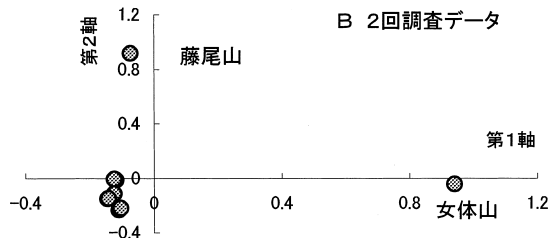
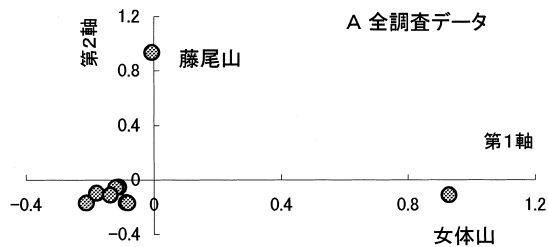


図5 不一致係数を用いた数量化Ⅳ類における固有ベクトルの第1-2軸成分の散布図

各環境の親近性を2次元平面上に表現したものである。

図4の1-Cs係数を用いた1-2軸平面では、水主と大高見峰が他の7地域のグループと大きく離れた位置にプロットされ、近親性の相互関係が平面上に表現された。この傾向は全調査と2回調査のい

ずれのデータでも同じであった。図5の不一致係数を用いた結果では、図4と異なり女体山と藤尾山が他の7地域と大きく離れていた。この傾向は全調査と2回調査のいずれのデータでも同じであった。

### 考 察

多変量解析の手法は、クラスター分析ではアンケート調査による食品の嗜好性分析などでよく用いられている<sup>11)</sup>。小林(1995)<sup>12)</sup>は、これを生物群集の分類手法として用いるための詳細な検討を行っている。実際には地表性歩行虫群集について木元・保田(1991, 1992)<sup>13), 14)</sup>が、また燈火採集におけるガ類群集については星川・大島(1994)<sup>15)</sup>が、これを用いて調査地点の環境構造の分析を試みている。一方、数量化の手法は、心理学や教育学の分野においてアンケートデータを用いた概念構造の構築などによく用いられている。しかし、生物群集の解析にはわずかに桜谷・夏原(1994)<sup>16)</sup>が数量化Ⅲ類を使って都市公園の野鳥の座標付けを解説しているにすぎない。以下に、本研究で用いたクラスター分析と数量化Ⅳ類の手法について、生物群集の構造解析に用いる上での妥当性について考察する。

香川県の9つの環境保全地域は、植物相の概要から大きく2つに分けることができる。まずアカマツ林を主体とし落葉二次林としてクヌギとアベマキが混在する地域で、これには七宝山、間川、女体山、大高見峰が属する。残りの5地域は常緑広葉樹を主体にした植物相であるが、その中でさらにツブラジイ・シリブカガシ林の水主、大水上、小松尾山とアラカシ林が主体の弥谷山、藤尾山に分類することができる。

一方、面積では大高見峰が最も広く、次いで七宝山、藤尾山、弥谷山、女体山となり、数ヘクタールの水主、大水上、小松尾山、間川の順で小さくなる。また標高では、女体山が700m以上と高い地域である。次いで100~500mの大高見峰、七宝山、弥谷山、藤尾山があり、残り4地域は100m以下である(表1)。以上の植生や地理的条件を考慮すると、水主、大水上、小松尾山のグループおよび弥谷山、藤尾山のグループが植生、標高、面積ともにほぼ同じとみなされる。アカマツ林の地域では七宝山と大高見峰がよく似ているが、女体山は他より高く大きく異なっているとみなすことができる。以下で、グループ分けとクラスター分析による分類との比較を試みる。

環境保全地域間のガ類群集の1-Cs係数の非類似度行列(表3)とクラスター分析(図2)から、水主と大高見峰が一つのグループとして他の7地域と大きく区別された。これは植生、標高、面積などの環境条件から分類した結果と大きく異なっていた。すなわちツブラジイ・シリブカガシ林が主体の水主と、かつてはアカマツ林であったがマツクイムシの被害を受けコナラ、カゴノキなどが混在する大高見峰が、他の地域と区別され一つのグループに分類されたことである。

この相違は、非類似度行列の元となったCs係数の性質がクラスター分析に反映されたものと考えられる。Cs係数の値に影響を与える要素として、まず種構成の相違があげられる。種構成からみると弥谷山と藤尾山に照葉樹林性の種が、七宝山と間川では落葉広葉樹性の種が多いという共通点がある。また女体山のみは山地性の種が多く、残りの4地域はいずれも平地性の種で構成されている。ここから判断して種構成の相違が、水主と大高見峰のグループ分けの要因とはならないといえる。

次の要素として、ガの種数の多少をあげることができる。全調査データに関して種数の多い地域から、藤尾山、女体山、弥谷山、七宝山、大高見峰、間川、小松尾山の順となり、ここまでの200種を大きく越えていた。一方、大高見峰と水主だけが150種以下であった(表2)。このことから1-Cs係数を非類似度行列としたクラスター分析において、水主と大高見峰がグルーピングされたのは、種数の少なさを反映したと考えられる。そのため環境条件によって分類したグループと異なった結果になったといえる。

次に不一致係数をもとにしたクラスター分析では、全調査データと2回調査データともに、図2と同様に種数の少ない水主と大高見峰がグルーピングされたが、さらに種数が多く山地性種で構成されている女体山および種数の多い弥谷山、藤尾山、七宝山が特徴的に分類されていたことである。このことは、不一致係数の性質に大きく関係がある。すなわち本研究では、不一致係数の分母は全調査地域の種数として定義し、全調査データでは936種また2回調査データでは801種を用いた。したがって、種数の少ない地域間では、いずれの地域でも(×, ×)の一致データが多くなり、結果的に不一致係数の値が小さくなる性質がある。そのため1-Cs係数をもとにした結果とは異なり、図3のような形状のデンドログラムになったと考えられる。

数量化Ⅳ類による分類は、明らかにこの1-Cs

係数と不一致係数の相違を示した結果となった。すなわち1-Cs係数をもとにした2次元平面では種数の少ない水主と大高見峰が(図4)、一方、不一致係数では種数の多い女体山と藤尾山が(図5)、大きく位置的に離れたところにプロットされた結果となった。

以上の結果から、多変量解析を用いて生物群集の解析を行うにあたって、何を非類似度行列とするかによって、解析結果が大きく左右されることが明らかになった。したがって、非類似度行列として用いる係数や指数の性質を十分吟味して用いることが重要であるといえる。また数量化Ⅳ類では、各固有値の座標軸に生態学的意味づけをして解釈する必要がある。その手法は研究者の主観や知識量などに影響されるため客観的な手法ではないとの批判がある<sup>10)</sup>。しかし、この手法はバイナリーデータを統計的解析に利用するための有効的な手法であり、今後はこのような解析例を多く提示して、その妥当性を検討していく必要があるといえる。

## 引用文献

- 1) 中村寛志・豊嶋弘：チョウの分布からみた環境評価—RI指数を利用した香川県の例について—, 環動昆, 7, 1-12, 1995.
- 2) 中村寛志・増井武彦：香川県の環境保全地域におけるガ類相, New Entomol., 48, 8-17, 1999.
- 3) 桜谷保之・藤山静雄：道路建設とチョウ類群集, 環動昆, 3, 15-23, 1991.
- 4) 田下昌志・市村敏文：標高の変化とチョウ群種による環境評価, 環動昆, 8, 73-88, 1997.
- 5) Morisita, M.: Measuring of interspecific association and similarity between communities, Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ. Ser. E. (Biol.), 3, 65-80, 1959.
- 6) 木元新作・武田博清：「群集生態学入門」, 共立出版, 1989.
- 7) 中村寛志・豊嶋弘：チョウ類の指標グループとRI指数を利用した環境評価の一方法, 環動昆, 10, 143-159, 1999.
- 8) Sørensen, T.: A method of establishing group of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of the vegetation on Danish commons, Biol. Skar. (K. danske vidensk. Selsk. N.S.), 5, 1-34, 1948, (Southwood, 1966より).
- 9) 藤沢偉作：「楽しく学べる多変量解析法」, 現代数学社, 1985.
- 10) 田中豊・垂水共之編：「Windows版統計解析ハン



- ドブック多変量解析], 共立出版, 1995.
- 11) 田中豊・垂水共之・脇本和昌編:「パソコン統計解析ハンドブックII多変量解析編」, 共立出版, 1984.
- 12) 小林四郎:「生物群集の多変量解析」, 蒼樹書房, 1995.
- 13) 木元新作・保田信紀:地表性歩行虫類群集による生物環境学的研究2. 北海道羊蹄山の垂直分布について, 久留米大学比較文化研究科紀要, **9**, 21-48, 1991.
- 14) 木元新作・保田信紀:地表性歩行虫類群集による生物環境学的研究4. 大雪山黒岳の垂直分布について, 久留米大学比較文化研究科紀要, **12**, 31-83, 1992.
- 15) 星川和夫・大島 弘:三瓶山の環境構造:蛾類相からの解析, 島根県特定地域野生生物緊急調査事業(平成3年度)報告書「三瓶山の昆虫相とその保全」, 113-140, 1994.
- 16) 夏原由博:生態学データの解析法, 第2回環境アセスメント動物調査手法に関する講演会要旨集(日本環境動物昆虫学会編), 76-105, 1992.
- 

**Environmental Evaluation by the Analysis of Moth Communities in the Environment  
Preservation Areas in Kagawa Prefecture  
—A Trial of the Community Analysis by using Binary Data—**

Hiroshi NAKAMURA

Division of Environmental Science for Food Production  
Department of Food Production Science  
Faculty of Agriculture, Shinshu University

**Summary**

Moth communities were investigated in nine environment preservation areas in Kagawa Prefecture by the light trap method from 1991 to 1996. Total 936 species of 26 families were captured and species of Noctuidae, Geometridae and Pyralididae accounted for 80% of all. The moth communities were classified by the use of multivariate analyses, cluster analysis and quantification theory type IV, on binary data. Dissimilarity matrices of the 1-Cs index and the coefficient of disagreement were used. Two areas, where the number of moth species were scanty, were distinguished from others by either the cluster analysis or the quantification analysis on the dissimilarity matrix of the 1-Cs index, while the analyses on the matrix of the disagreement coefficient was effective to separate groups of areas having many species. This discrepancy of the results was discussed from the viewpoint of the difference in the property between two indices.

**Key word:** Preservation Areas of the Environment, moth community, multivariate analyses, environmental evaluation, Kagawa Prefecture