

蝶類群集による自然性評価の一方法

服部 保¹⁾・矢倉 資喜²⁾・武田 義明³⁾・石田 弘明¹⁾

A Method of Evaluation of Naturalness by Means of Butterfly Assemblages

Tamotsu HATTORI¹⁾, Yoshiki YAGURA²⁾,
Yoshiaki TAKEDA³⁾ and Hiroaki ISHIDA¹⁾

Abstract

In order to evaluate the naturalness of vegetation through the species composition of butterflies, butterfly assemblages were investigated. As we compared the results of route census surveys of the whole year with the results once a year at five localities, it was recognized that each value of the indices of species diversity and the average butterfly index of the two results were closely similar. We investigated 19 localities in Hyogo, Osaka and Kyoto using a route census survey once or twice a year. The values for species diversity and average butterfly index were calculated for the 19 localities. The results showed that both the species diversity and the butterfly index were highest in those localities at the substitutional stage of nature, and lowest in those localities at the urban stage of nature. Analysis of these indices suggested that the weighted average butterfly index is an effective index for evaluating the naturalness of vegetation.

Key words: butterfly assemblage, butterfly index, diversity, naturalness

はじめに

蝶類群集の種類組成, 各種多様度指数, 種類数等を用いた自然性の評価については, 多くの研究者により調査・研究が進められている(森下,1967; 日浦,1973a,b,1976; 稲泉,1975; Yamamoto,1977; 田中,1988; 山本,1988,1991; 石井ら,1991; 石井,1993; 矢田,1993; 巢瀬,1993; 今井ら,1996; 服部ら,1997). 特に石井ら(1991)は5ヶ所の都市公園の自然性を蝶類群集の多様性によって評価し, 都市公園の序列づけを行っている. また, 服部ら(1997)は三田市のフラワータウン(ニュータウン)において, 各植生単位ごとに蝶類群集の多様性, 種類数, 蝶指数平均値等を算出し, それらの数値をもとに各植生単位の自然性を評価している. これらの研究が示すように, 蝶類群集の多様度指数値による各々の調査地あるいは植生単位の序列と, 植生や環境の自然性による調査地・植

生単位の配列とはよく対応しており, 蝶類群集による調査地の自然性評価は十分可能であると考えられる. 蝶類群集による自然性評価の試みは, 今後環境アセスメントなどの環境調査に採用される可能性が高い.

しかしながら, 蝶類群集の年間を通じた調査は多くの日時と多数の調査者が必要であり, 多大な経費もかかり, 環境調査の一つとして, また環境教育の手法としても採用しにくい点が多い. 蝶類群集の安定性, 多様性, 日周期, 季節変化などの群集の種類組成や構造などを明らかにするためには年間を通じた調査が必要となるが, 自然性の評価のみを目的とする場合, 年1回または数回の調査によっても評価できる可能性がある. そこで著者らは年1回または2回の蝶類調査によって, その調査地の自然性評価が可能かどうかを既報の論文を用いて検討した. 次に, 兵庫県, 大阪府, 京都府下の19地点を選び, それらの調査地で蝶類調査を年1, 2回行った. これらの調査

¹⁾ 兵庫県立人と自然の博物館 生物資源研究部 Division of Biological Resources, Museum of Nature and Human Activities, Hyogo, Yayoigaoka 6, Sanda, 669-13 Japan

²⁾ 財団法人 ひょうご環境創造協会 Hyogo Environmental Advancement Association, Narihira-cho 3-1-31, Suma-ku, Kobe, 654 Japan

³⁾ 神戸大学発達科学部 Faculty of Human Development, Kobe University, Tsurukabuto 3-11, Nada-ku, Kobe, 657, Japan

によって得られた資料をもとに各調査地の各種多様度指数値等を算出し、それらの数値と各調査地の植生自然度や自然段階との対応関係を考察した。

調査概要

1. 調査の手順

本調査研究の目的は年1回または数回の蝶類調査結果を用いて、その調査地の自然性を評価することにある。そのための、第一段階として、1回の蝶類調査の結果得られた種数や各種多様度指数値と通年の調査結果によるそれらの数値を比較し、両数値の類似性を調べた。その結果に基づいて、1回の調査によって自然性の評価が可能かどうかを考察した。次に可能であるという結論をもとに、1回あるいは2回の調査として、もっとも望ましい調査月を検討した。蝶類調査を行うにあたって各種の自然段階にある立地を比較するために、兵庫県を中心とする地域より、多様な環境条件下にある19地点を調査地として選定した。それらの調査地の蝶類調査の結果をもとに、各種多様度指数を算出し、調査地間の比較および各種指数の自然性評価の有用性、さらに蝶類調査における課題について考察した。

2. 蝶類調査の通年結果と各回の結果との比較

通年の調査結果と共に1回ごとの蝶類調査結果が記されている文献をもとに、通年と各回の結果を比較した。比較検討にあたっては日浦(1973b, 1976)の大阪府大阪市長居公園(A)、奈良県橿原市箸食(B)、奈良県当麻町二上山(C)と田中(1988)の愛知県豊田市猿投山(E)および著者らの兵庫県三田市フラワータウン(D)の資料を用いた。通年および各回の調査結果をもとにそれぞれ「3. 蝶類群集調査方法」に示した各種多様度指数値を算出し、それらの数値の類似性を考察した。また上記5地点に関して通年と各回との指数値の相関係数を求め、通年値による5地点の順位と各回の数値による5地点の順位との間に大きな差があるかどうかを調査した。

3. 蝶類群集調査方法

現地調査

通年結果と各回の結果の比較をもとに調査月を夏(6月)・秋(9月)の2回に定め、原生段階、二次植生段階、農耕地段階、住宅地段階、都市段階の各種自然段階(日浦, 1973b; 服部ら, 1997)にある調査地19地点〔自然植生の優占する調査地として神戸市太山寺(原生段階)、二次植生の優占する調査地として大河内町峰山・青垣町大名草・神戸市布引・相生市三濃山・上月町上秋里・上郡町富満・猪名川町民田・香住町三川・京都府宮津市里波見・大阪府

Table 1. The localities investigated and their environmental conditions.

Locality No.	Locality	Date (1995)	Alt. (m)	Distance (km)	I II III		
					I	II	III
1	Port Island, Kobe (ポートアイランド)	VI-17, IX-15	2-5	11.4	1	G	1
2	Sannomiya, Kobe (三宮)	VI-17, IX-15	5-30	12.0	1	G	1
3	Nagata, Kobe (長田)	VI-17, IX-15	5-50	10.0	1	G	1
4	Ina River, Itami (猪名川)	VI-10	10	6.0	2	C	2
5	Midorigaoka, Itami (伊丹)	VI-11	20	7.8	2	E	2
6	Mineyama, Okouchi (峰山)	VI-25	920-1030	6.0	4	B	7
7	Taisanji, Kobe (太山寺)	VI-24	80-170	4.4	5	A	9
8	Onaza, Aogaki (青垣)	VI-28	280-520	4.0	4	D	6
9	Flower town, Sanda (フラワータウン)	VI-17, IX-16	170-210	6.1	2	E	2
10	Nunobiki, Kobe (布引)	VI-25, IX-20	50-300	5.5	4	B	7
11	Satohami, Miyazu (宮津)	VI-30	30-120	4.4	4	B	7
12	Minosan, Aioi (三濃山)	VI-24	90-420	4.1	4	B	7
13	Kamiakisato, Kozuki (上月)	VI-24	120-320	5.3	4	D	7
14	Hatsutani, Toyono (初谷)	VI-24	220-660	6.3	4	B	7
15	Kanocho, Ono (小野)	VI-27	50-60	12.0	3	F	2
16	Todoma, Kamigori (上郡)	VI-44	290-330	4.0	4	B	7
17	Tamida, Inagawa (民田)	VI-22, IX-15	100-260	8.5	4	B	7
18	Shirahamacho, Himeji (姫路)	IX-12	2-5	3.0	1	G	1
19	Mikawa, Kasumi (香住)	IX-21	100-260	4.5	4	B	7

- I. Stage of nature transformed by human activity, 1:Urban stage, 2:Residential stage, 3:Rural stage, 4:Substitutional stage, 5:Primitive stage.
 II. Dominant vegetation in the locality, A:Natural forest, B:Substitutional forest, C:Weed community, D:Artificial coniferous forest, E:Fragmented substitutional forest, F:Rice field, G:Gardening and landscaping trees(Urban forest).
 III. Index of naturalness of vegetation(Environmental Agency, 1976).

豊能町初谷(二次植生段階), 耕作地の優占する調査地として小野市鹿野町(農耕地段階), 住宅地の優占する調査地として伊丹市猪名川河川敷公園・伊丹市緑ヶ丘・三田市フラワータウン(住宅地段階), 都市域の調査地として神戸市ポートアイランド・同三宮・同長田・姫路市白浜町(都市段階)] を選択した. 各調査地の地名, 調査月日, 海拔, 調査距離, 自然段階, 優占群落についてはTable 1に示した. 各調査地の調査距離は一定とはせずに, その調査地の環境条件に合わせて設定した. 蝶類調査はルートセンサス法によって行ったが, 具体的な調査は以下の手順に従った.

原則として晴天・微風の日(3人から5人が1調査班①調査者, ②蝶の種名・環境条件等記録者, ③目撃地の位置の記録者, ④・⑤たたき出し等補助)を編成した. 調査は予め設定した調査ルートを歩行し, その時に目撃できた個体の種名, その目撃地の土地利用, 植生, 植栽条件, 吸蜜等の状況, 地図上の位置などを記録した. なお歩行時にはルート上の草原や樹林内の蝶のたたき出しを行った. センサス幅は特に定めず, 種名が確認できた個体は全て記録した. 同一個体の重複記録がないように努め, 種名の確認が難しい種についてはその個体を捕獲し, 同定した. 捕獲できなかった未確認個体は記録から除外したが, その個体数はわずかであった.

資料の解析

調査の結果得られた資料を集計し, Shannon関数(H'), Pielouの均衡性指数(J')およびSimpsonの多様度指数(SID)を木元・武田(1989)に基づいて算出した.

次に服部ら(1997)の蝶指数の考えに従って, 各蝶に自然性を指標する5段階の指数値を与えた. その値をもとに各調査地ごとに全出現種の蝶指数平均値(A)と個体数も加味した蝶指数加重平均値(WA)を求めた. なお, 蝶指数と各調査地の蝶指数平均値は植生連続体分析(伊藤, 1977)の種位置指数(species position index)とスタンド指数(stand synthetic index)にあたる.

蝶指数の概念等については服部ら(1997)に詳細に示したが, 基本的な考えは以下のとおりである. なお各蝶の指数については兵庫県(1996)に示した.

蝶 指 数 5 : 自然植生(ブナ・ササオーダー, ヤブツバキクラス, ヌマガヤ群団など)に生息域が限定され, 二次植生までも広がっていてもそこでの個体数が極めて少ない種. 原生段階に分布の中心がある種(アイノミドリシジミ, フジミドリシジミ, キリンマミドリシジミ, ヒロオビミドリシジミ, ウラキンシジミ, オオムラサキ, オオウラギンヒョウモン,

ヒョウモンモドキ, ヒメヒカゲ, ウスバシロチョウ, ギフチョウ, エゾスジグロシロチョウなど).

蝶 指 数 4 : 自然植生から二次林(アカマツ群団, コナライヌシデ群団など)や二次草原(ススキクラスなど)に生息する種. 原生段階から二次植生段階まで分布している種(アカシジミ, ウラナミアカシジミ, ミズイロオナガシジミ, ウラゴマダラシジミ, ウラミスジシジミ, オオミドリシジミ, メスグロヒョウモン, クモガタヒョウモン, ウラギンヒョウモン, ミドリヒョウモン, ダイミョウセセリ, カラスアゲハ, オナガアゲハ).

蝶 指 数 3 : 自然植生, 二次林, 二次草原から平地にある農耕地の各種雑草群落(ヨモギクラス, タウコギクラス, イネクラス, シロザクラスなど)や小規模の樹林(孤立林)まで分布する種. 原生段階から農耕地段階まで分布している種(ルリタテハ, アカタテハ, キタテハ, コミスジ, ツマグロヒョウモン, ツマキチョウ, スジグロシロチョウ, テングチョウ, ヒメウラナミジャノメ, ヒメジャノメ, モンキアゲハ, ジャコウアゲハ, クロアゲハなど).

蝶 指 数 2 : 自然植生, 二次林, 二次草原, 農耕地から都市近郊の低密度住宅域や大規模な植栽植物群のある都市公園まで分布する種. 原生段階から住宅地段階まで分布している種(ムラサキシジミ, ツバメシジミ, ルリシジミ, ベニシジミ, ウラギンシジミ, ウラナミシジミ, ホシミスジ, コムラサキ, ゴマダラチョウ, ナガサキアゲハ, キアゲハ, モンキチョウなど).

蝶 指 数 1 : 上述の全領域から都心部のわずかな植栽植物群や小規模な雑草群集(ツメクサーギンゴケ群集など)にまで分布する種および飛翔力があるため, 都心部でしばしば見られる種. 原生段階から都市段階まで分布している種(アオスジアゲハ, アゲハチョウ, イチモンジセセリ, キチョウ, モンシロチョウ, ヤマトシジミ).

調査結果および考察

1. 通年と各回の調査結果の比較検討

調査概要で示した5調査地ごとに、各調査月および通年の種数、 H' 、 J' 、SID、A、WAを算出した。同じ月に数回の調査が行われている場合はもっとも種数の多い調査資料を用いた。各指数値はTable 2に示した。

出現種数については通年に比べ、各回の結果は20%から80%に減少する。減少の割合が低い月は6、7月と9月である。 H' については通年の値に近い月は6、7、8月、逆に差が大きい月は4、5、10、11月である。 J' については通年の値は8月に近い。SIDでは7月にもっとも近く、次いで6、8月となり、他の月は少し差がある。Aでは6

月、次いで9月が近く、WAでは6月と7月がもっとも近い。全体的にみて、各種指数値の通年結果と各月の結果とは類似性が高い。特に6、7、8、9月の指数値については通年の指数値に近い値となっている。

次に各調査地の自然性を評価する場合、通年結果を用いた相対的な位置関係(調査地間の自然性の順位)と、各月の資料を用いた位置関係の類似性が問題となる。各調査地におけるある月の指数値と通年の値がよく類似していたとしても、通年結果と月別結果を比較して指数値の大小による各調査地の位置関係が大きく異なっていると、月別結果は調査地間の相対的な自然性評価に用いるのには適さないことになる。そこで各月ごとに各指数値の5調査地間の通年結果を月別結果の相関係数を算出し、そ

Table 2. Number of species and five indices for each month at five localities.

Index	Locality	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Year
No. of species	A	3	4	9	10	11	14	9	—	17
	B	14	18	21	23	21	30	18	—	45
	C	14	20	21	31	28	27	16	—	54
	D	11	26	38	30	19	29	27	—	57
	E	18	25	34	25	28	29	28	15	63
H'	A	0.92	1.58	1.75	2.65	2.28	1.74	2.13	—	2.77
	B	2.33	2.67	2.99	3.84	3.95	3.31	3.14	—	3.78
	C	3.29	3.72	2.85	4.14	4.23	3.68	3.51	—	4.67
	D	3.12	3.33	3.97	3.81	3.07	3.12	2.23	—	4.25
	E	3.64	3.94	4.37	4.12	3.96	3.88	3.50	3.13	4.86
J'	A	0.578	0.789	0.553	0.790	0.659	0.456	0.672	—	0.677
	B	0.611	0.641	0.681	0.849	0.900	0.674	0.752	—	0.688
	C	0.864	0.861	0.649	0.835	0.879	0.774	0.878	—	0.811
	D	0.901	0.708	0.756	0.776	0.722	0.641	0.470	—	0.728
	E	0.872	0.848	0.859	0.887	0.823	0.799	0.727	0.802	0.813
SID	A	0.346	0.647	0.542	0.791	0.678	0.471	0.660	—	0.792
	B	0.725	0.757	0.820	0.915	0.929	0.837	0.830	—	0.887
	C	0.871	0.911	0.710	0.920	0.933	0.872	0.904	—	0.942
	D	0.901	0.835	0.903	0.893	0.795	0.802	0.606	—	0.916
	E	0.909	0.924	0.938	0.937	0.908	0.904	0.877	0.864	0.953
A	A	1.33	1.00	1.56	1.70	1.64	1.79	1.78	—	1.88
	B	2.43	2.39	2.48	2.30	2.29	2.43	2.22	—	2.84
	C	2.50	2.85	2.71	2.90	2.71	2.74	2.38	—	3.04
	D	2.09	2.54	2.87	2.60	2.37	2.62	2.37	—	3.04
	E	2.56	2.92	3.00	2.52	2.75	2.79	2.75	2.20	3.27
WA	A	1.08	1.00	1.23	1.35	1.17	1.11	1.26	—	1.17
	B	2.28	2.29	1.88	1.75	1.89	1.58	1.43	—	1.74
	C	2.29	2.37	2.45	2.32	2.27	1.88	1.93	—	2.32
	D	1.91	2.70	2.01	2.01	1.63	1.57	1.30	—	1.90
	E	2.28	2.71	2.87	2.29	2.24	2.38	1.68	1.72	2.30

[Locality and Literature] A:Nagai Park, Hiura(1973b); B:Hashiwami, Hiura(1973b); C:Nijosan, Hiura(1976); D:Flowerstown, Original; E:Sanageyama, Tanaka(1988)

[Index] H' :Shannon function, J' :Pielou's index of equitability, SID:Simpson's index of diversity, A:Average of butterfly index, WA:Weighted average of butterfly index.

の結果をTable 3に示した。種数、 H' 、 A 、 WA についてはどの月とも相関が高い。 J' 、 SID については相関のある月とない月があり、特に J' では全体的に相関が低い。服部ら(1997)は J' の値は植生の自然性とは対応しておらず、自然性の評価の指数として用いるのは適切でないとしている。 H' 、 A 、 WA では各月の結果による位置関係は通年結果による位置関係とよく似ており、特に5、6、9月の相関が高い。これらのことから月別の資料を用いても地域間の自然性評価は十分可能であると考えられる。

なお、以上の結果より、年1回の調査を行うにあたって最も望ましい時期は6月か7月となる。年2回の調査が可能であれば6、7月と9月が適していると考えられる。本研究では6月と9月に調査を実施することとした。

2. 蝶類群集の全体的特徴

(1). 夏季調査結果

夏季(6月)調査は17の調査地で行い、58種、2,838個体の蝶類を記録した(Table 4)。個体数の多い種はテングチョウ(746)、モンシロチョウ(620)、ルリシジミ(161)、キチョウ(152)、ベニシジミ(151)、ヒメウラナミジャノメ(119)、モンキチョウ(114)、コムスジ(78)、ヤマトシジミ(77)、スズグロシロチョウ(73)などがあげられる。出現頻度を見ると17調査地点のうちモンシロチョウ、ルリシジミは14地点、テングチョウ、キチョウは12地点、モンキチョウ、コムスジ、アゲハチョウは11地点、ヒメウラナミジャノメ、スズグロシロチョウは9地点で出現している。蝶指数5のミスジチョウ、エゾスズグロシロチョウ、ギンイチモンジセセリは1または2地点で確認された。

地点別にみると、ポートアイランド、三宮、長田などの神戸市内の都市域の調査地では長い調査距離にもかかわらず蝶類の種数が極めて少なく、また個体数も非常に少ない。逆に猪名川町民田、上郡町富満では種数が非常に多い。

Table 3. Correlation coefficient between index's value of the whole year and that of each month at five localities.

	No. of Species	H'	J'	SID	A	WA
Apr.	0.901	0.992	0.805	0.975	0.926	0.869
May	0.980	0.999	0.752	0.977	0.989	0.852
Jun.	0.876	0.815	0.583	0.787	0.992	0.962
Jul.	0.899	0.947	0.547	0.945	0.884	0.994
Aug.	0.859	0.803	0.439	0.811	0.956	0.947
Sep.	0.904	0.952	0.852	0.959	0.989	0.904
Oct.	0.876	0.731	0.419	0.574	0.949	0.828

(2). 秋季調査結果

秋季(9月)には8の調査地で調査を進めた。本調査では43種、1,016個体の蝶類を記録した(Table 5)。個体数の多い種はヤマトシジミ(185)、キチョウ(146)、ヒメウラナミジャノメ(81)、ヒカゲチョウ(71)、イチモンジセセリ(67)、ヒメジャノメ(54)、ルリシジミ(48)、コムスジ(35)、サトキマダラヒカゲ(35)、アゲハチョウ(34)などがあげられる。出現頻度を見ると8調査地点のうちヤマトシジミ、イチモンジセセリは6地点、ルリシジミ、アオスジアゲハ、モンシロチョウは5地点に出現している。蝶指数5の蝶類は秋季調査では認められなかった。蝶指数1の蝶類は6種あるが、本調査では全種出現している。

地点別にみるとポートアイランド、三宮、長田などの調査地では夏季調査と同様に種数、個体数とも少なく、逆に猪名川町民田や香住町三川では種数、個体数とも多い。

3. 夏季調査結果による調査地間の比較

Table 4,5に示した各調査地の蝶別個体数をもとに各調査地の出現種数 H' 、 J' 、 SID 、 A 、 WA を算出し、それらの指数値をTable 6に示した。調査地の自然性とこれらの指数値を比較し、数値の高さが自然性を指標化しているかどうかを検討した。

種数をみるとポートアイランド、三宮、長田などの都市域の調査地で非常に少なく、フラワータウン、青垣で中間となり、二次植生域や農耕地域の民田、上郡、小野で高くなる。 H' では、ポートアイランド、三宮、長田では低くなり、二次植生域の民田、太山寺、峰山、青垣で高くなる。 J' では三宮、長田、上月、猪名川で低くなり、太山寺、峰山、青垣で高い数値となる。 A では長田、猪名川、ポートアイランド、三宮が低く、初谷、峰山、三濃山で高くなる。 WA では三宮、長田、ポートアイランド、猪名川が低く、峰山、初谷、三濃山で高くなる。多様性指数値に基づく、各調査地の相対的な位置関係をみるために、 H' と J' 、 A と WA を両軸とする図中に各調査地を示した(Fig.1)。Fig.1の両図ともポートアイランド、長田、三宮など都市域の調査地が左下に集中し、どの指数を用いても自然段階の低さや植生自然度の低さを評価できることを示している。一方、右あるいは上方に位置する多様性の高い調査地は指数間でかなり異なり、太山寺、初谷、布引、上郡、民田ではそれらの相対的位置が指数間でかなり異なっている。

J' をみると原生段階にあって、植生自然度9の太山寺が最も高い数値となり、二次植生域の調査地がそれに続き、最後に二次植生域の上月を含む都市域の調査地となる。このような配置は全体として自然性を反映しているように見える。しかし、太山寺の樹林は兵庫県下でもっとも自然状態の良い照葉樹林ではあるが、奈良県の春日山と同様に原生状態にあるとは言えず、二次植生と

Table 4. Number of individuals for each butterfly at 17 localities (June).

Locality No.		1	2	3	4	5	6	7	8
Date		VI-17	VI-17	VI-17	VI-10	VI-11	VI-25	VI-24	VI-28
Distance (km)		11.4	12.0	10.0	6.0	7.8	6.0	4.4	4.0
No. of species		4	5	6	8	9	14	15	15
No. of individuals		44	46	48	100	110	67	44	68
<i>Pieris rapae</i>	モンシロチョウ	32	37	38	67	50	3	7	.
<i>Celastrina argiolus</i>	ルリシジミ	10	2	.	1	.	.	2	4
<i>Libythea celtis</i>	テングチョウ	.	1	.	.	6	10	1	8
<i>Eurema hecabe</i>	キチョウ	.	.	1	1	.	.	.	3
<i>Colias erate</i>	モンキチョウ	1	.	.	22	.	7	2	.
<i>Neptis sappho</i>	コムスジ	.	.	3	.	.	8	.	10
<i>Papilio xuthus</i>	アゲハチョウ	1	5	3	3	19	1	6	.
<i>Ypthima argus</i>	ヒメウラナミジャノメ	.	.	.	.	.	.	2	9
<i>Pieris melete</i>	スジグロシロチョウ	.	.	.	.	.	.	.	17
<i>Everes argiades</i>	ツバメシジミ	.	.	.	3	.	2	3	.
<i>Nymphalis xanthomelas</i>	ヒオドシチョウ	.	.	.	.	.	7	.	2
<i>Lycaena phlaeas</i>	ベニシジミ	.	.	.	2	.	.	6	.
<i>Limenitis camilla</i>	イチモンジチョウ	.	.	.	.	.	2	.	1
<i>Lethe diana</i>	クロヒカゲ	.	.	.	.	.	7	.	3
<i>Mycalesis gotama</i>	ヒメジャノメ	.	.	.	.	.	.	4	.
<i>Curetis acuta</i>	ウラギンシジミ	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Papilio protenor</i>	クロアゲハ	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Pseudozizeeria maha</i>	ヤマトシジミ	.	.	2	.	.	.	1	.
<i>Neptis pryeri</i>	ホシミスジ	.	1	.	.	17	.	1	.
<i>Argynnis paphia</i>	ミドリヒョウモン	.	.	.	.	.	1	.	.
<i>Mycalesis francisca</i>	コジャノメ	.	.	.	.	1	.	2	.
<i>Lethe sicelis</i>	ヒカゲチョウ	.	.	.	.	.	.	4	.
<i>Kaniska canace</i>	ルリタテハ	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Graphium sarpedon</i>	アオスジアゲハ	.	.	1	1	13	.	.	.
<i>Vanessa indica</i>	アカタテハ	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Papilio helenus</i>	モンキアゲバ	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Papilio bianor</i>	カラスアゲバ	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Narathura japonica</i>	ムラサキシジミ	.	.	.	.	1	.	2	.
<i>Japonica lutea</i>	アカシジミ	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Antigius attilia</i>	ミズイロオナガシジミ	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Polytremis pellucida</i>	オオチャバネセセリ	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Thoressa varia</i>	コチャバネセセリ	.	.	.	.	.	4	.	2
<i>Neope goschkevitschii</i>	サトキマダラヒカゲ	.	.	.	.	.	.	1	.
<i>Daimio tethys</i>	ダイミョウセセリ	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Limenitis glorifica</i>	アサマイチモンジ	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fabriciana adippe</i>	ウラギンヒョウモン	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Neozephyrus taxila</i>	ミドリシジミ	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Neptis philyra</i>	ミスジチョウ	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Japonica saepestriata</i>	ウラナミアカシジミ	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Potanthus flavum</i>	キマダラセセリ	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Artopoetes pryeri</i>	ウラゴマダラシジミ	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rapala arata</i>	トラフシジミ	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Argyronome ruslana</i>	オオウラギンズジヒョウモン	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ochlodes ochracea</i>	ヒメキマダラセセリ	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Harima callipteris</i>	ヒメキマダラヒカゲ	.	.	.	.	.	12	.	.
<i>Pieris napi</i>	エゾスジグロシロチョウ	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Papilio machaon</i>	キアゲハ	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Papilio macilentus</i>	オナガアゲハ	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Apatura metis</i>	コムラサキ	.	.	.	.	2	.	.	.
<i>Taraka hamada</i>	ゴイシシジミ	.	.	.	.	.	2	.	.
<i>Pelopidas mathias</i>	チャバネセセリ	.	.	.	.	1	.	.	.
<i>Polygonia c-aureum</i>	カタテハ	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Leptalina unicolor</i>	ギンイチモンジセセリ	.	.	.	.	.	1	.	.
<i>Damora sagana</i>	メスグロヒョウモン	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Nephargynnis anadyomene</i>	クモガタヒョウモン	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Favonius orientalis</i>	オオミドリシジミ	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Araschnia burejana</i>	サカハチチョウ	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Argyreus hyperbius</i>	ツマグロヒョウモン	.	.	.	.	.	.	.	.

蝶類群集による評価

9	10	11	12	13	14	15	16	17	Total	Fre- quency	Butterfly index
VI-17	VI-25	VI-30	VI-24	VI-24	VI-24	VI-27	VI-24	VI-22			
6.1	5.5	4.4	4.1	5.3	6.3	12.0	3.0	8.5			
17	17	19	19	20	21	22	25	33			
138	204	112	98	347	237	492	279	404	2838		
25	25	12	.	1	.	165	32	126	620	14	1
15	21	40	8	14	25	9	1	9	161	14	2
.	99	.	40	247	114	2	145	73	746	12	3
50	18	9	4	12	9	20	9	16	152	12	1
18	.	4	2	.	1	19	6	32	114	11	2
.	2	1	12	12	11	3	6	10	78	11	3
1	1	.	.	.	.	4	.	5	49	11	1
.	13	10	8	16	9	.	31	21	119	9	3
3	4	6	4	9	22	.	2	6	73	9	3
3	2	.	.	1	.	43	.	2	59	8	2
2	2	.	.	2	3	.	4	2	24	8	4
1	.	1	.	1	.	136	.	4	151	7	2
3	.	.	1	7	21	.	.	10	45	7	4
.	4	1	2	.	.	.	3	19	39	7	4
4	.	4	.	5	.	3	5	11	36	7	3
1	.	3	2	8	.	2	.	1	19	7	2
.	.	1	.	4	2	1	4	1	15	7	3
.	.	.	.	1	.	61	1	11	77	6	1
5	.	.	.	.	1	.	.	2	27	6	2
.	.	2	1	.	1	1	.	9	15	6	4
.	2	.	1	.	1	.	1	.	8	6	4
2	.	.	.	.	.	3	4	6	19	5	4
.	4	.	1	.	.	.	1	1	8	5	3
.	.	.	1	.	.	.	.	.	16	4	1
.	.	.	.	3	4	.	.	1	10	4	3
.	.	1	1	1	.	5	.	.	8	4	3
.	.	.	.	1	3	.	1	1	6	4	4
.	.	.	.	1	.	.	.	2	6	4	2
3	1	.	1	.	.	1	.	.	6	4	4
1	.	.	.	.	.	.	8	2	11	3	4
.	3	1	.	.	.	5	.	.	9	3	4
.	.	.	.	.	.	.	.	2	8	3	4
.	.	.	.	.	.	.	3	3	7	3	4
.	2	.	.	.	3	.	.	2	7	3	4
.	.	.	1	.	3	.	.	2	6	3	4
.	.	12	.	1	.	.	.	.	13	2	4
.	.	2	.	.	.	6	.	.	8	2	4
.	.	.	5	.	1	.	.	.	6	2	5
.	.	.	.	.	1	.	.	4	5	2	4
.	1	.	.	.	.	1	.	.	2	2	4
.	.	.	.	.	.	.	1	1	2	2	4
.	.	1	.	.	.	1	.	.	2	2	4
.	.	1	.	.	.	1	.	.	2	2	4
.	.	.	.	.	.	.	3	.	5	2	4
.	.	.	.	.	.	.	.	.	12	1	4
.	.	.	.	.	.	.	.	7	7	1	5
.	.	.	.	.	.	5	.	.	5	1	2
.	.	.	3	.	.	.	.	.	3	1	4
.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	1	2
.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	1	4
.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	3
1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	3
.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	5
.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	1	4
.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	1	4
.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	1	4
.	.	.	.	.	1	.	.	.	1	1	4
.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	1	3

Table 5. Number of individuals for each butterfly at eight localities (September).

Locality No.		3	2	1	18	10	9	19	17	Total	Fre- quency	Butterfly index
Date		IX-15	IX-15	IX-15	IX-12	IX-20	IX-16	IX-21	IX-15			
Distance (km)		10.0	12.0	11.4	3.0	5.5	6.1	4.5	8.5			
No. of species		8	9	9	12	21	23	25	25			
No. of individuals		55	62	108	96	131	151	157	256	1016		
<i>Pseudozizeeria maha</i>	ヤマトシジミ	26	28	63	21	5	20	2	20	185	8	1
<i>Parnara guttata</i>	イチモンジセセリ	8	8	10	3	20	10	1	7	67	8	1
<i>Eurema hecabe</i>	キチョウ	·	5	11	38	16	23	38	15	146	7	1
<i>Curetis acuta</i>	ウラギンシジミ	·	1	1	2	19	1	6	4	34	7	2
<i>Papilio xuthus</i>	アゲハチョウ	7	9	4	·	·	8	1	5	34	6	1
<i>Celastrina argiolus</i>	ルリシジミ	·	·	10	16	3	9	10	·	48	5	2
<i>Graphium sarpedon</i>	アオスジアゲハ	6	5	7	4	5	·	·	·	27	5	1
<i>Pieris rapae</i>	モンシロチョウ	4	3	·	·	1	·	8	4	20	5	1
<i>Ypthima argus</i>	ヒメウラナミジャノメ	·	·	·	·	18	25	15	23	81	4	3
<i>Lethe sicelis</i>	ヒカゲチョウ	·	·	·	·	4	5	5	57	71	4	4
<i>Mycalesis gotama</i>	ヒメジャノメ	·	·	·	·	1	15	28	10	54	4	3
<i>Neptis sappho</i>	コミスジ	·	·	·	·	6	10	7	12	35	4	3
<i>Pelopidas mathias</i>	チャバネセセリ	·	·	·	2	2	3	·	1	8	4	3
<i>Everes argiades</i>	ツバメシジミ	·	·	·	1	·	4	1	1	7	4	2
<i>Cynthia cardui</i>	ヒメアカタテハ	·	2	·	1	2	1	·	·	6	4	2
<i>Colias erate</i>	モンキチョウ	1	·	·	1	·	2	·	2	6	4	2
<i>Kaniska canace</i>	ルリタテハ	·	·	1	·	1	1	·	2	5	4	3
<i>Neope goschkevitschii</i>	サトキマダラヒカゲ	·	·	·	·	3	1	·	31	35	3	4
<i>Polytremis pellucida</i>	オオチャバネセセリ	·	·	·	·	1	·	2	8	11	3	4
<i>Potanthus flavum</i>	キマダラセセリ	·	·	·	·	5	1	4	·	10	3	4
<i>Lycaena phlaeas</i>	ベニシジミ	·	·	·	·	2	2	2	·	6	3	2
<i>Papilio protenor</i>	クロアゲハ	1	·	1	·	·	1	·	·	3	3	3
<i>Lethe diana</i>	クロヒカゲ	·	·	·	·	5	·	·	29	34	2	4
<i>Pieris melete</i>	スジグロシロチョウ	·	·	·	·	·	·	7	12	19	2	3
<i>Libythea celtis</i>	テングチョウ	·	·	·	·	7	·	1	·	8	2	3
<i>Minois dryas</i>	ジャノメチョウ	·	·	·	·	·	6	·	1	7	2	4
<i>Narathura japonica</i>	ムラサキシジミ	·	·	·	6	·	·	·	1	7	2	2
<i>Limenitis camilla</i>	イチモンジチョウ	·	·	·	·	·	·	3	1	4	2	4
<i>Argynnis paphia</i>	ミドリヒョウモン	·	·	·	·	2	·	2	·	4	2	4
<i>Polygonia c-aureum</i>	キタテハ	·	·	·	·	·	1	2	·	3	2	3
<i>Papilio helenus</i>	モンキアゲハ	·	1	·	·	·	·	1	·	2	2	3
<i>Papilio machaon</i>	キアゲハ	·	·	·	·	·	·	·	5	5	1	2
<i>Parantica sita</i>	アサギマダラ	·	·	·	·	4	·	·	·	4	1	4
<i>Araschnia burejana</i>	サカハチチョウ	·	·	·	·	·	·	4	·	4	1	4
<i>Lampides boeticus</i>	ウラナミシジミ	·	·	·	·	·	·	3	·	3	1	2
<i>Papilio bianor</i>	カラスアゲハ	·	·	·	·	·	·	3	·	3	1	4
<i>Limenitis glorifica</i>	アサマイチモンジ	·	·	·	·	·	·	·	2	2	1	4
<i>Neptis pryri</i>	ホシミスジ	2	·	·	·	·	·	·	·	2	1	2
<i>Damora sagana</i>	メスグロヒョウモン	·	·	·	·	·	·	·	2	2	1	4
<i>Melanitis phedima</i>	クロコノマチョウ	·	·	·	·	·	·	1	·	1	1	4
<i>Daimio tethys</i>	ダイミョウセセリ	·	·	·	·	·	·	·	1	1	1	4
<i>Argyreus hyperbius</i>	ツマグロヒョウモン	·	·	·	·	·	1	·	·	1	1	3
<i>Papilio memnon</i>	ナガサキアゲハ	·	·	·	1	·	·	·	·	1	1	2

比較しても必ずしも自然性が高いとは言えない(石田ら, 1997). またフラワータウンや伊丹のように孤立的にわずかに残された二次林しか持たない調査地が初谷や上郡のような二次植生域の調査地や小野のような農耕地域の調査地よりも高いのは各調査地の持つ自然性とは対応し

ておらず, 服部ら(1997)が報告しているように J' を自然性評価に用いるのには問題がある. H' については自然性が低いところは評価ができるが, 太山寺, フラワータウン, 初谷, 上郡の H' 値による順位と自然性からみたそれらの調査地の順位が一致しない. A と WA では都

Table 6. Number of species and five indices for each locality.

Local-ity No.	Month	No. of Species	H'	J'	SID	A	WA
1	VI	4	1.07	0.534	0.428	1.50	1.25
2	VI	5	1.04	0.401	0.346	1.80	1.11
3	VI	6	1.19	0.461	0.371	1.33	1.13
4	VI	8	1.48	0.494	0.505	1.50	1.28
5	VI	9	2.25	0.711	0.729	2.11	1.34
6	VI	14	3.41	0.896	0.903	3.21	3.30
7	VI	15	3.61	0.924	0.925	2.40	2.16
8	VI	15	3.37	0.863	0.885	3.07	2.97
9	VI	17	2.94	0.720	0.808	2.59	1.67
10	VI	17	2.64	0.646	0.729	2.94	2.53
11	VI	19	3.23	0.760	0.835	3.00	2.38
12	VI	20	3.12	0.735	0.804	3.11	2.98
13	VI	20	1.91	0.442	0.486	2.65	2.88
14	VI	21	2.79	0.634	0.738	3.29	2.97
15	VI	22	2.77	0.622	0.786	2.73	1.59
16	VI	25	2.74	0.590	0.702	3.16	2.78
17	VI	33	3.64	0.722	0.854	3.00	2.28
<hr/>							
1	IX	9	2.04	0.645	0.632	1.67	1.14
2	IX	9	2.45	0.774	0.754	1.44	1.08
3	IX	8	2.30	0.767	0.733	1.50	1.09
9	IX	23	3.74	0.827	0.908	2.65	2.17
10	IX	21	3.82	0.869	0.914	2.62	2.26
17	IX	25	3.76	0.809	0.900	2.76	3.07
18	IX	12	2.54	0.710	0.768	1.75	1.33
19	IX	25	3.75	0.807	0.890	2.72	2.38
<hr/>							
1	VI, IX	11	2.47	0.715	0.759	1.64	1.17
2	VI, IX	12	2.57	0.717	0.775	1.67	1.09
3	VI, IX	10	2.37	0.713	0.745	1.60	1.11
9	VI, IX	30	3.89	0.792	0.897	2.77	1.93
10	VI, IX	29	3.64	0.749	0.862	2.79	2.42
17	VI, IX	39	4.16	0.787	0.917	3.00	2.58

H' :Shannon function, J' :Pielou's index of equita-bility, SID:Simpson's index of diversity, A:Average of butterfly index, WA:Weighted average of butterfly index.

市域の調査地が低く、住宅地域・農耕地域の調査地がそれに続き、二次植生域がもっとも高くなるという傾向を示し、調査地の自然性は H' や J' に比較すると、AとWAはより自然性を反映しているように思われる。また、自然性が問題となる太山寺が中間の数値を示しているのも、自然の実状によく対応している。しかし、同じ二次植生域ではあるが青垣、上月は人工植林地帯であり、コナラーアベマキ群集、クスギ群落、アカマツモチツツジ群集などの二次林の優占する里山地帯の初谷などと同じ位置にあるのは問題が残る。これらの植林地帯の調査地点では植林内には蝶はほとんど出現しなかったが、植林の伐採地(ノイバラクラス)で集中的に確認されている。このように植林という不良な環境条件にやや良好な環境条件が加わったために蝶の種類数が増加し、多様性が増加したと思われる。また民田のようにもっとも多数の種

が確認されたにもかかわらず、低い値となったのは、ここでは里山だけではなく農耕地や農家も存在し、そのために農耕地に集中する蝶が多数出現したためであり、前者と同様に異質な環境が加わったために里山だけを評価できなかったことによる。各種の自然段階あるいは植生が混在するような調査地においては混在する割合によって各種指数値は変化するので、服部ら(1997)のように環境条件別に蝶群集を区分し、それらを比較するののも一つの方法である。

4. 秋季調査結果による調査地間の比較

Table 6より種数をみると、ポートアイランド、長田、三宮、姫路の都市域の調査地で非常に少なく、二次植生域の布引、民田、香住で高い。フラワータウンは住宅地ではあるが二次植生域の調査地に匹敵する種数が確認されている。 H' 、 J' 、SID、Aでもこの傾向はよく似ており、夏季調査では種数によってその順位が大きく変わったのに対し、秋季調査では指数による差は少ない。WAでは都市域の調査地の数値が低く、二次植生域の調査地の数値が高くなるという傾向は同じであるが、住宅地域のフラワータウンが両者の中間に位置し、都市域、住宅地域、二次植生域という自然段階と非常によく対応している。服部ら(1997)もWAの自然性評価に対する有効性を報告しており、今回の結果と一致している。Fig.2に H' と J' を両軸とする座標とAとWAを両軸とする座標にそれぞれ調査を示した。 H' と J' の座標では二次植生域の調査地と住宅地域の調査地が右上方に、都市域の調査地が左下方に分布し、AとWAの座標では二次植生域の調査地が右上方に、住宅地域の調査地が右中央に、都市域の調査地が左下方に位置している。上述したように、各調査地の指数値とその調査地の自然性はよく対応している。

5. 夏季・秋季の集計結果による調査地間の比較

ポートアイランド、三宮、長田、布引、民田、フラワータウンの6ヶ所では夏季と秋季の両季に調査を行った。両季の結果を集計し、それらをもとに各種指数を算出し、調査地間の比較を行った(Table 6, Fig.3)。 H' と J' ではフラワータウン、民田が高く、布引が中間で、都市域の3調査地が低い数値となる。 H' と J' ではフラワータウンの自然性との対応関係が不明瞭である。一方AとWAでは二次植生域の民田、布引が高く、フラワータウンがそれに次ぎ、都市域の3調査地が低い数値となり、指数値と自然段階のランクとは非常によく対応している。特にWAではその指数値によるフラワータウンの相対的な位置が二次植生域の猪名川、布引と都市域の3地点の中間にあつて、自然段階による配列とたいへんよく対応している。

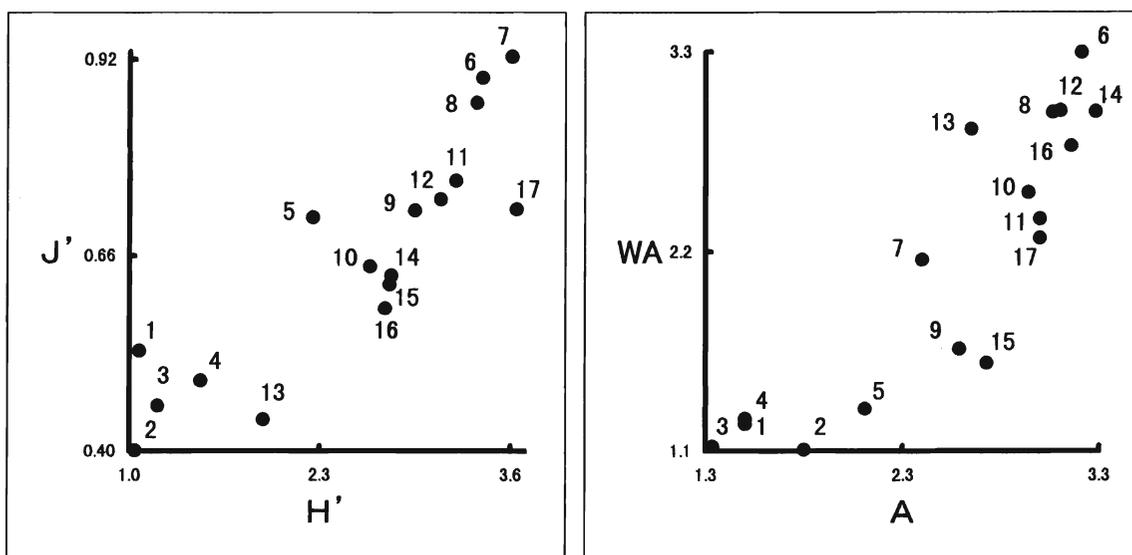


Fig.1. Distribution of 17 localities in June 1995 on a two-dimensional scale formed by H' and J' and by A and WA . See Table 2 for abbreviations. Numerals correspond to the locality numbers in Table 1.

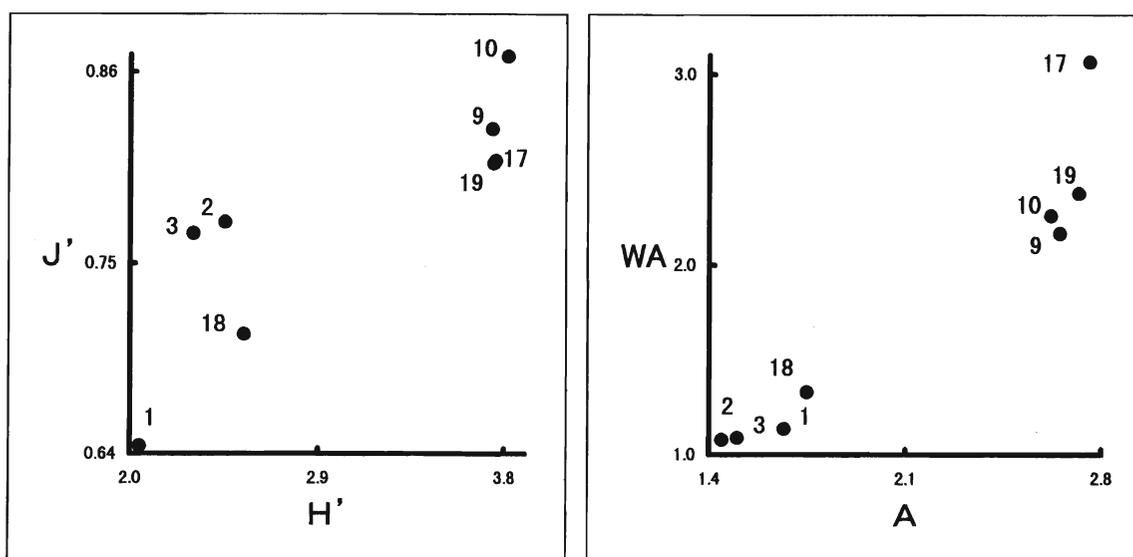


Fig.2. Distribution of eight localities in September 1995 on a two-dimensional scale formed by H' and J' and by A and WA . See Table 2 for abbreviations. Numerals correspond to the locality numbers in Table 1.

6. 指数値の季節変化

5で示した6調査地の夏, 秋, 夏+秋の3種の指数値の比較を行った。(Table 6, Fig 4). H' , J' , SIDは2季の差が大きく, 調査地の指数値による順位の変動も激しい。1回の調査結果から得られた指数値をその調査地の安定的な値とすることは無理であり, また同じような自然段階にある調査地の順位も調査ごとに変化する。一方 A と WA は H' , J' , SIDに比較して2季の差が小さく, また調査地の順位の変動も少ない。従って1回の調査によって得られた指数値であっても, その調査地を代表する値の一つと考えることができ, 順位についても大きな変動は少ないとみなすことができる。

7. 総合的な考察

以上のように, 各調査地の夏, 秋, 夏+秋の結果をもとに各種多様度指数を算出し, それらの指数値と自然性(自然段階, 植生自然度)との対応関係を考察した。その結果SIDや J' については自然性との対応関係がみられず, H' についてはSIDに比べて比較的対応関係がみられた。 A と WA については二次植生域内の調査地において優良な里山を持つ調査地が相対的に低く評価され, スギーヒノキ植生の調査地が逆に高く評価されるといった面もあるが, 全体的にみると, それらの指数値は自然性をよく反映していると考えられる。 A によって, その調査地に分布する良好な植生の自然性が評価でき, WA に

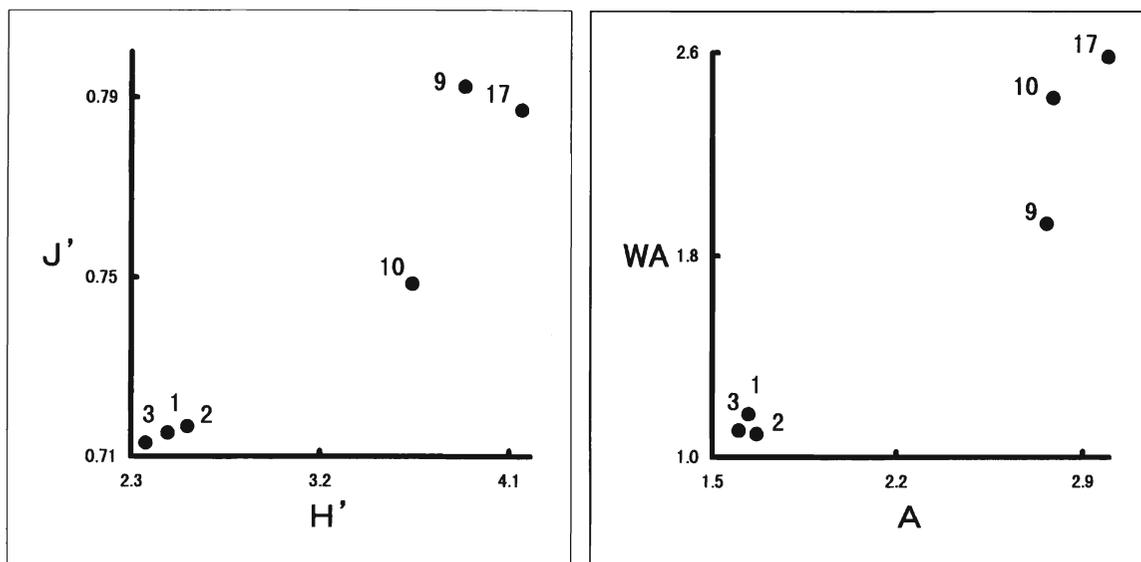


Fig.3. Distribution of six localities in June and September 1995 on a two-dimensional scale formed by H' and J' and by A and WA . See Table 2 for abbreviations. Numerals correspond to the locality numbers in Table 1.

よって調査地に優占する植生の自然性が評価できる。AとWAの両者を用いるとフラワータウンのような里山が一部に残ってはいるが、大規模に宅地化されているような環境をうまく表現できる。

謝 辞

本論文をまとめるにあたり、調査の機会を与えていただくと共に各種資料を提供していただいた兵庫県生活文化部環境局環境政策課の皆様、特に現地調査までお手伝いいただいた森川 格氏、柴田 剛氏に感謝いたします。また兵庫県庁の近藤伸一氏、山崎 寛氏他多数の方々、里と水辺研究所の赤松弘治氏、浅見佳世氏、中尾昌弘氏、神戸大学大学院教育学研究科の松村俊和氏、神戸大学大学院総合人間科学研究科の山戸美智子氏に御協力いただきました。近藤伸一氏には調査ルートの設定等についても御指導いただきました。皆様に深く感謝いたします。

図表の作成および本論文にかかわる作業全般について江間 薫氏にたいへんお世話になりました。お礼申し上げます。

文 献

- 服部 保・矢倉資喜・浅見佳世・武田義明・石田弘明(1997)三田市フラワータウンにおける蝶類群集からみた植生の自然性評価. 植生学会誌, 14, 33-99.
- 日浦 勇(1973a)海をわたる蝶. 蒼樹書房, 東京.
- 日浦 勇(1973b)奈良県橿原市箸喰および大阪市長居公園における蝶の生態(1972年の観察). 自然史研究, 1(7), 51-64.
- 日浦 勇(1976)大阪・奈良地方低地における蝶相とその人為による変貌. 自然史研究, 1(10), 95-110.
- 兵庫県(1996)チョウによる自然度調査. 兵庫県環境政策課, 神戸.
- 今井長兵衛・夏原由博・田中真一(1996)大阪湾岸のエコロジー緑化地域におけるチョウ類群集とトランセクト調査の精度. 環動昆, 7, 182-190.
- 稲泉三丸(1975)蝶類による自然度の判定—栃木県蝶類定点調査結果から—. 「栃木県の蝶」, 148-160. 栃木県の蝶編纂委員会・昆虫愛好会, 宇都宮.
- 石田弘明・服部 保・武田義明・小館誓治(印刷中)兵庫県南東部における照葉樹林の樹林面積と種多様性, 種組成の関係. 日本生態学会誌.
- 石井 実(1993)チョウ類のトランセクト調査. 「日本産蝶類の衰亡と保護 第2集」(矢田 脩・上田恭一郎編), 91-101. 日本鱗翅学会, 大阪.
- 石井 実・山田 恵・広渡俊哉・保田淑郎(1991)大阪府内の都市公園におけるチョウ類群集の多様性. 環動昆, 3, 183-195.
- 伊藤秀三(1977)群落の組成研究. 「群落の組成と構造」(伊藤秀三編), 1-75. 朝倉書店, 東京.
- 環境庁(編)(1976)自然環境保全調査報告書. 環境庁, 東京.
- 木元新作・武田博清(1989)群集生態学入門. 共立出版, 東京.
- 森下正明(1967)京都近郊における蝶の季節分布. 「自然—生態学研究」(森下正明・吉良竜夫編), 95-132. 中央公論社, 東京.
- 巢瀬 司(1993)蝶類群集研究の一方法. 「日本産蝶類の衰亡と保護 第2集」(矢田 脩・上田恭一郎編), 83-90. 日本鱗翅学会, 大阪.
- 田中 蕃(1988)蝶による環境評価の一方法. 日本鱗翅学会特別報告, 6, 527-566.

矢田 脩(1993)蝶の保護－モニタリングの役割. 「自然保護と昆虫研究者の役割Ⅳ」(石井 実編), 17-22.

Yamamoto, M.(1977)A comparison of butterfly assemblages in and near Sapporo City, northern Japan. Journal of the Faculty of Science, Hokkaido Univ. Series. VI, Zoology. **20**, 621-646.

山本道也(1988)蝶類群集の研究法. 日本鱗翅学会特別報告, **6**, 191-210.

山本道也(1991)竜ヶ崎市周辺のチョウ相, 1983年－環境選好性－. 流通経済大学論集, **26**, 41-53.

(1997年 5月31日受付)

(1997年 8月8日受理)