

61. 高解像度緑被モニタリングによる都市内小規模緑被の分布把握とチョウ類を指標とした生態系ネットワーク機能の評価

A study on the relationship between the distribution of small-scale green covers in urban area and the function of ecological network for butterflies as an indicator species

横田樹広*・武内和彦**

Shigehiro Yokota*, Kazuhiko Takeuchi**

The purpose of this study is to clarify the relationship between the distribution of small-scale green spaces and the butterfly assemblages in urbanizing area located at the north-east of Ichikawa city. As an indices of ecological gradient by the distribution of urban green covers (over 2m²), GCI (Green Cluster Index) of each vegetation type, co-occurrence of the different vegetation types, distance from each vegetation type, and diversity index of vegetation were calculated by using high-resolution aerial photograph image. As a result of analysis on the relationship between butterfly assemblages in each survey root units and the indices around them, using Classification and Regression Trees, it was clarified that distribution of deciduous trees in large scale area and small-scale mosaics of vegetations in its surrounding area are important factors for the width of butterfly assemblages.

Keywords: 環境傾度, 生態系ネットワーク, 都市緑被, 高解像度, 分類・回帰樹木

Ecological gradient, Ecological network, Urban green cover, high-resolution, Classification and regression trees

1. 研究の背景と目的

新・生物多様性国家戦略(2002年)を契機として、国土の土地利用に応じた体系的な生物多様性保全施策が進むなかで、都市域においても、多様な生物の生息空間を回復し、都市全体の生物多様性を向上することが重要となっている。とくに緑地の分断・細分化が進行した都市域では、自然環境の特性に応じた適切な生態系ネットワークを構築していくことにより、生態系のポテンシャルを総体的に高めていくことが必要である。そのためには、都市域の緑地の空間特性を具体的に把握するとともに、生物生息の観点からその生態系ネットワーク機能を評価し、緑地の保全・創出計画に反映することが重要である。

都市緑地の空間特性と生物生息状況の関係性については、各種生物を指標として研究事例が蓄積されている。その視点は、島嶼生態学の理論を応用した研究¹²⁾や、環境傾度³⁴⁾や土地利用面積等のモデル化⁵⁾の研究、緑地連続性を分析した研究⁶⁾、緑地の植生構造や周辺土地利用に着目した研究⁸⁹⁾など多様である。一方それらは、生物生息環境(パッチやコリドー)として機能の高い公園緑地・樹林地・水域等を対象としたものが多く、既に都市化が進行し分断・細分化により自然環境が量・質両面で劣化した市街地において、小規模の緑被による生態系ネットワークの機能を定量的に評価する例はまだ少ない。

一方技術的には、近年の高解像度リモートセンシング技術の発展に伴い、都市緑被の分布の空間特性を簡易に広範囲かつ詳細レベルで把握することが可能となっており¹⁰⁾、マルチスケールで高精度の環境条件の分析が可能である。これを活用し、民有地レベルの緑地管理やビオトープ計画にも反映できるスケール(例えば生垣や庭の植栽を含めたスケール)で、都市域の小規模緑被の機能を評価することが期待される。

そこで本研究では、高解像度で都市域の小規模な緑被分布を把握し、その分布特性と生物生息状況との関係性を分析するた

めの手法について検討することを目的とする。具体的には、高解像度土地被覆データをもとに市街地および周辺の小規模緑被の分布特性を把握したうえで、野外調査より得られる生物種の出現状況との関係性を明らかにし、都市内緑被の生態系ネットワーク機能を評価することを目的とする。ここで、都市内の小規模緑被の生態系ネットワーク機能評価における指標生物として、チョウ類に着目する。チョウ類は種の生活史やその生態に関する知見が多く蓄積されており、群集構造の分析による環境評価の事例¹¹⁾¹²⁾も多い。またチョウ類は、幼虫の食草や成体の吸蜜源などの特定環境条件への依存性の高さから、市街地の微小な緑被や植栽においても生息可能性があり、市街化が進んだ都市域における微細な緑被の生物生息環境機能を評価するうえで有効な指標生物のひとつと考えられる。

2. 研究の対象地と方法

2-1. 研究対象地

研究対象地は、千葉県市川市北東部市街地に位置する約10km²(南北約3.5km, 東西約3km)の地域である。用途地域は主に第1種低層住居専用地域であり、市街化区域外縁部にあたる。

本地域は、下総台地西端部および隣接する低地に位置し、都市化の進行により住宅地(低密、高密)内に分断・細分化された台地斜面起源の斜面林がパッチ状に残存する。また、台地上および低地部を流れる都市河川周辺に小規模農地(主に梨園、畑)が混在する。台地から低地、沿岸域にかけて狭い地域に緑被が分布する市川市域は、文献レベルでこれまで生息が確認されているチョウ類種数が周辺の市域(松戸市、柏市、船橋市等)よりも多く¹³⁾、緑被分布に伴う都市内の環境傾度の分析にも適した環境条件を有すると考えられる。

2-2. チョウ類分布調査

チョウ類の出現調査は、2004年7月9日から10月7日、2005

* 正会員 清水建設㈱技術研究所(Shimizu Corporation)／東京大学大学院農学生命科学研究科(The University of Tokyo)

** 正会員 東京大学大学院農学生命科学研究科(The University of Tokyo)

の最大値は8、最小値は0である。ここでは、樹木植生（常緑樹林、落葉樹林、竹林）に対する草地の隣接、および植栽木と草地・竹林の隣接について、常緑樹林－草地、常緑樹林－竹林、常緑樹林－落葉樹林、落葉樹林－草地、落葉樹林－竹林、竹林－草地、植栽木－草地、植栽木－竹林の各 Co-occurrence を算出し、距離圏ごとに各 Co-occurrence の面積平均値を算出した。
③ 各植生タイプからの距離

各植生タイプからの距離による影響を把握するため、全ての植生タイプごとに、該当するポリゴン画素から1m間隔の距離バッファを発生させ、任意の点との最短距離を算出し、解像度0.25mのラスター型データに変換した。距離圏ごとに、各植生タイプからの距離ラスターの面積平均値を算出した。

④ 植生タイプの多様度

各距離圏における植生タイプの多様度の指標として、O'Neillら(1988)による多様度指数 D_1^{16} を算出した。算出方法は、

$$D_1 = -\sum p_i \cdot \ln(p_i) / \ln(N)$$

(N: サンプル数, p_i : i 番目の植生タイプの面積割合) である。

2-4. 分析

(1) 植生タイプ面積割合とチョウ類出現状況の関係性

まず、緑被面積割合とチョウ類出現状況の関係性を確認するため、ルート区分ごとにチョウ類の種数を目的変数、ルート区分からの距離圏ごと(10m圏, 25m圏, 50m圏, 100m圏, 200m圏)の緑被面積割合を説明変数として、線形(1次)および対数(種数のみ対数をとる)による回帰分析を行った。

次いで、植生タイプの面積割合と出現したチョウ類の種数および種タイプとの関係性を分析するため、以下の分析を行う。

ルート区分ごとに出現したチョウの種数を目的変数、ルート区分からの各距離圏内の植生タイプごとの面積割合を説明

変数としてステップワイズ法による重回帰分析を行った。面積割合は、アークサイン変換を行ったうえで分析を行った。重回帰分析にあたっては、種数と有意な線形の関係にない説明変数は除去した。

一方、出現した種を、幼虫の主な食餌植物の生息環境および成虫の主な生息環境に基づいて、路傍性(公園植栽やガーデニング植栽、路傍植物群落などに多く見られる種)・草地性(草地、河川敷などに多く見られる種)・林縁性(マント群落、林縁環境に多く見られる種)・樹林性(樹林の林冠、林内に多く見られる種)の4タイプに分類した(表-2)。幼虫の主な食餌植物、成虫の生息環境は、文献¹⁷⁾によった。これをもとに、ルート区分ごとの出現種タイプの組合せを、「路傍性種のみが出現」、路傍性種に加えて「草原性種が出現」、加えて「林縁性種が出現(樹林性種は出現せず)」、「樹林性種が出現」の4段階に分類した。

ルート区分ごとの種タイプの組合せを目的変数、ルート区分からの各距離圏内の植生タイプの面積割合を説明変数として、分類・回帰樹木(Classification and Regression Trees ; CART)による分析を行った。分類・回帰樹木は、Breiman ら(1984)¹⁸⁾により提案された手法で、判別分析に比べ適用範囲が広く、モデルの構造が分かりやすいため、今後の利用が期待される手法である¹⁹⁾。ここで分類・回帰の基準は、所属するサンプルの数が5以下のグループはそれ以上細分化しない、分割して得られるグループのひとつに所属するサンプルが1しかない分類は実施しない、分割は最大5段階まで、とした。

(2) 環境傾度の指標とチョウ類出現状況の関係性

環境傾度の各指標と出現したチョウ類の種数および種タイプの組合せとの関係性を分析するため、ルート区分ごとに出現

表-2 出現したチョウと種タイプの分類(矢田, 1998 をもとに作成)

種名(学名)	幼虫の主な食餌植物		成虫の主な生息環境	種タイプの分類
	種名	草本／木本		
アゲハチョウ科				
ナミアゲハ (Papilio (Papilio) xuthus xuthus)	カラタチ・サンショウ・キハダ・ミカンなど(ミカン科)	木本	人里、市街地など明るい環境	路傍性
アオスジアゲハ (Graphium sarpedon nipponum)	クスノキ・タブノキ・ヤブニツケイなど(クスノキ科)	木本	市街地の公園に多い	路傍性
キアゲハ (Papilio (Papilio) machaon hippocrates)	ニンジン・ミツバ・ハナウド・ボウフウなど(セリ科)	草本	草原や田畑など明るい環境	草地性
クロアゲハ (Papilio (Menelaides) protenor demetrius)	カラスザンショウ、まれにキハダ・ウンシュウミカンなど(ミカン科)	木本	照葉樹林の林縁、人家の庭など	林縁性
ナガサキアゲハ (Papilio Menelaides memnon thunbergii)*	カラタチ・ウンシュウミカン・ナツミカン・ユズなど(ミカン科)	木本	人里周辺に多い	-(分析対象外)
シロチョウ科				
モンシロチョウ (Artogeia rapae crucivora)	キャベツ・ダイコンなど栽培種、ナズナ・イヌガラシなど野生種(アブラナ科)	草本	キャベツなどの畑、荒地など	路傍性
モンキチョウ (Colias (Colias) erate poligraphus)	シロツメクサ・ミヤコグサ・スズメノエンドウ・ダイズなど(マメ科)	草本	耕作地周辺などの明るい環境	路傍性
キチョウ (Eurema (Terias) hecabe hecabe)	ネム・クワフジ・ハギ類など(マメ科)、クロウメモドキなど(クロウメモドキ科)	木本	明るい場所が多いが生息環境広い	路傍性
スジグロシロチョウ (Artogeia melete melete)	ハタザオ類・イヌガラシ・オランダガラシ・ダイコンなど栽培種(アブラナ科)	草本	モンシロチョウよりやや暗い環境	草地性
ツマキチョウ (Anthocharis scolymus)	ヤマハタザオ・タネツケバナ・イヌガラシなど(アブラナ科)	草本	林縁、疎林、耕作地など明るい場所	林縁性
シジミチョウ科				
ヤマトシジミ (Pseudozizeeria maha argia)	カタバミ(カタバミ科)	草本	日当たりのよい草地、人家周辺	路傍性
ベニシジミ (Lycaena phlaeas daimio)	スイバ・ギンギンなど(タデ科)	草本	明るい草地や公園など	路傍性
ルリシジミ (Celastrina argiolus ladonides)	フジ・クズ・ハギなど(マメ科)、ミズキ科、バラ科、ブナ科、タデ科など	木本	やや高所、花に集まる	路傍性
ウラナシシジミ (Lampides boeticus)	ソラマメ・アズキなど栽培種、ノササゲ・ヤマハギ・クズなど野生種(マメ科)	草本	食草近くを敏速に飛ぶ	草地性
ウラギンシジミ (Curetis acuta paracuta)	フジ・クズ・ヤマフジ・クハラなど(マメ科)	木本	照葉樹林の林縁に多い	林縁性
アカシジミ (Japonica lutea)	クズ・コナラ・ミズナラ・カシワなど(ブナ科)	木本	梢上	樹林性
ムラサキシジミ (Narathura japonica)*	アカカシ・アカガシ・ウラジロガシ・クズ・カシワなど(ブナ科)	木本	カシ類の樹林帯	-(分析対象外)
オオミドリシジミ (Favonius saphirinus)*	クズ・コナラ・ナラガシワ・ミズナラ・カシワなど(ブナ科)	木本	平地～低山地の落葉広葉樹	-(分析対象外)
タテハチョウ科				
キタテハ (Polygonia c-aureum)	カナムグラ・カラハナソウなど(クワ科)	草本	河川敷・荒れ地など	草地性
ヒメアカタテハ (Gynthia cardui)	ゴボウ・アザミ・ヤグルマギクなど(キク科)、まれにオオバコ(オオバコ科)	草本	畑地など開けた明るい環境	草地性
アカタテハ (Vanessa indica)	イラクサ・ヤブマオ・コアカソなど(イラクサ科)、ケヤキ・ハルニレなど(ニレ科)	草本/木本	平地～低山地の林縁、路傍など	草地性
ルリタテハ (Kaniska canace no-japonicum)	サルトリイバラ・ホトギス・ヤマユリ・オニユリなど(ユリ科)	草本	低地～山地の雑木林周辺	林縁性
コムスジ (Neptis sappho intermedia)	フジ・ネムノキ・ハギ類・ダイズなど(マメ科)、ケヤキ・ハルニレなど(ニレ科)	木本	日当たりの良い林縁	林縁性
ゴマダラチョウ (Hestina japonica)	エノキ・エゾエノキなど(ニレ科)	木本	平地～丘陵地の明るい樹林の周辺	樹林性
セセリチョウ科				
イチモンジセセリ (Parnara guttata guttata)	イネ・ムギ・ススキ・スズメノカタビラなど(イネ科)、タケ科、カヤツリグサ科など	草本	日当たりの良い耕作地、人家周辺	路傍性
チャバネセセリ (Pelopidas mathias oberthueri)	チガヤなど(イネ科)、シラスゲなど(カヤツリグサ科)、アズマネザサ(タケ科)	草本	日当たりのよい草地	草地性
キマダラセセリ (Potanthus flavum)	アシボソ・ススキなど(イネ科)、アズマネザサなど(タケ科)	草本	疎林の間、林縁の草地、河川敷など	草地性
ダイミョウセセリ (Daimio tethys tethys)	ヤマノイモ・ナガイモ・オニシロコなど(ヤマノイモ科)	草本	低地～低山地の樹林周辺	林縁性
ジャノメチョウ科				
サトキマダラヒカゲ (Neope goschkevitchii)	メダケ・アズマネザサなど(タケ科)	草本	雑木林の林縁	樹林性
ナミヒカゲ (Lethe sicelisi)	アズマネザサ・ゴキダケ・メダケ(タケ科)	草本	散速に飛翔し吸汁	樹林性

* 1個体のみ確認されたナガサキアゲハ、ムラサキシジミ、オオミドリシジミは分析対象から除外した

したチョウの種数を目的変数、ルート区分からの各距離圏内の植生タイプごとの4指標（GDI、Co-occurrence、距離、多様度）の算出値を説明変数として、ステップワイズ法による重回帰分析を行った。指標の算出値は対数変換を行ったうえで分析を行った。また、ルート区分ごとの種タイプの組合せを目的変数、ルート区分からの各距離圏内の植生タイプごとの4指標の算出値を説明変数とし、分類・回帰樹木により分析を行った。分類・回帰樹木の基準は(1)と同様とした。

3. 分析の結果

(1) 植生タイプ面積割合とチョウ類出現状況の関係性

調査で生息が確認されたチョウは計30種、出現総個体数は1376個体であった。出現した種数と緑被面積割合の合計との間には、線型回帰および対数回帰ともに、いずれの距離圏においても有意な相関関係が確認された（表-3）。

表-3 チョウ種数と距離圏ごとの緑被面積割合の関係

距離圏	線型(1次)		対数	
	R ²	有意確率	R ²	有意確率
10m圏	0.749	0.000	0.824	0.000
25m圏	0.782	0.000	0.819	0.000
50m圏	0.767	0.000	0.805	0.000
100m圏	0.766	0.000	0.801	0.000
200m圏	0.782	0.000	0.801	0.000

表-4 種数を目的変数としたステップワイズ重回帰分析の結果
(上段：重回帰分析の結果、下段：説明変数の実測値の分布)

説明変数	非標準化係数		標準化係数		t	有意確率
	B	標準誤差	β			
落葉樹林25m圏	0.279	0.046	0.530		6.000	0.000
竹林25m圏	0.399	0.121	0.291		3.293	0.001
(定数)	4.059	0.277			14.647	0.000

説明変数	有効サンプル数 (N)	平均値 (Mean)	標準偏差 (Std.Deviation)	最小値 (Minimum)	最大値 (Maximum)
落葉樹林25m圏	80	2.72	5.15	0.00	27.12
竹林25m圏	80	0.83	1.97	0.00	10.20

表-5 CARTにより抽出された説明変数の分布

説明変数	有効サンプル数 (N)	平均値 (Mean)	標準偏差 (Std.Deviation)	最小値 (Minimum)	最大値 (Maximum)
落葉樹林25m圏	80	2.72	5.15	0.00	27.12
落葉樹林100m圏	80	1.77	2.38	0.00	8.72
草地100m圏	80	8.76	6.88	1.60	40.68
水生植物50m圏	80	0.69	2.01	0.00	9.99
植栽木200m圏	80	7.41	1.95	4.22	11.60
竹林100m圏	80	0.84	1.33	0.00	6.03
果樹園100m圏	80	6.56	9.28	0.00	46.25

ルート区分ごとに出現したチョウの種数を目的変数とした重回帰分析の結果、種数と有意な相関がみられる説明変数のうち、25m圏内の落葉樹林および25m圏内の竹林の面積割合が有意な変数として抽出された（R²=0.42, 調整済 R²=0.40, AIC=121.37）（表-4）。ここで種数と緑被面積割合との関係（表-3）に比べ R² が低い値を示したのは、チョウの種タイプに応じて選好する植生タイプが異なり、異なる種タイプのチョウが混在して出現する本対象地において、種数に寄与する植生タイプやその組合せが必ずしも一定ではないためと考えられる。

一方、種タイプの組合せを目的変数とした分類・回帰樹木による分析の結果を図-2に、また、抽出された説明変数の分布を表-5に示す。樹林性および林縁性の種の出現を特徴づける変数として落葉樹林（25m圏および100m圏）の面積割合が挙げられた。また、路傍性、草地性、林縁性の種の出現を分類する主な変数として、草地（100m圏）、水生植物（50m圏）、植

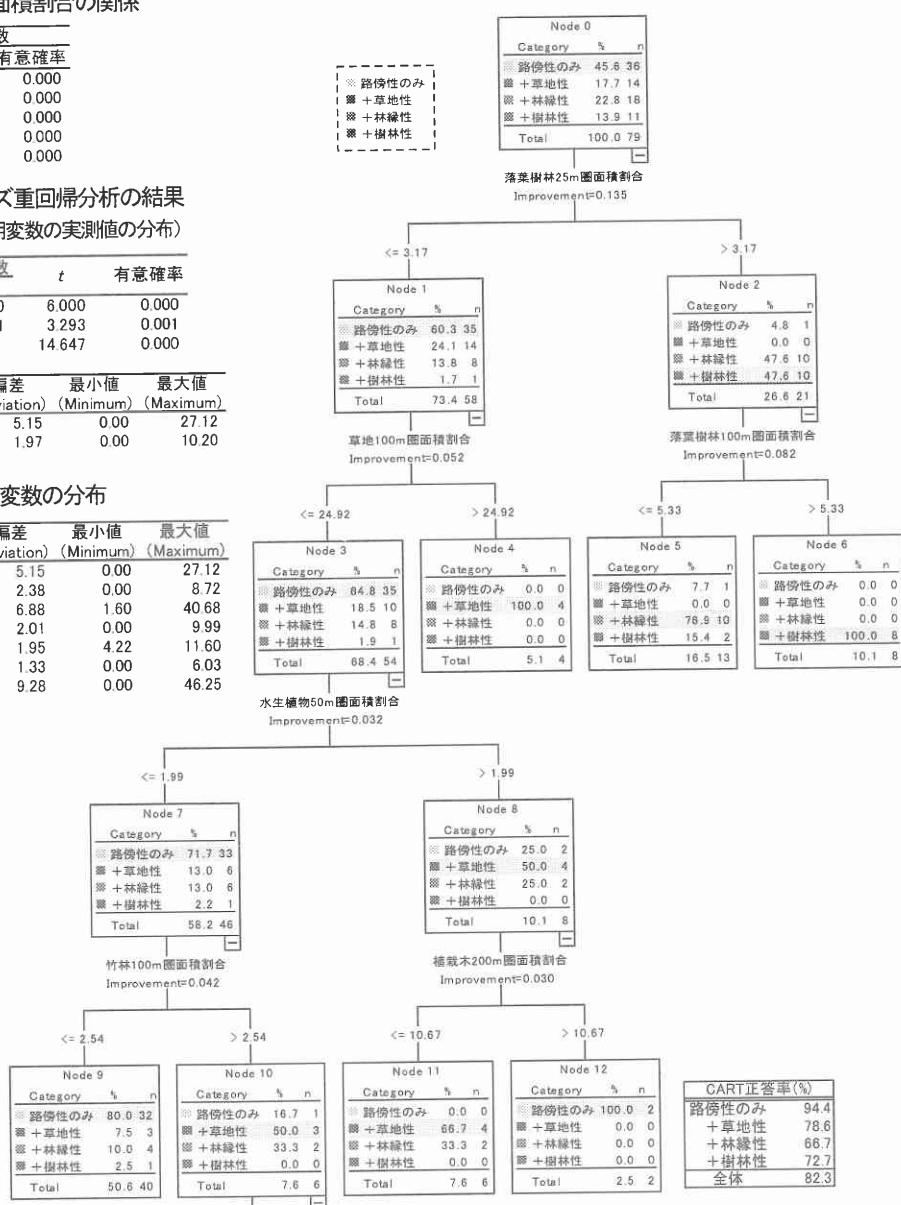


図-2 種タイプと距離圏別の植生タイプ面積割合との関係（CARTの結果；4段階までを記載）

栽木 (200m 圏), 竹林 (100m 圏) の面積割合が挙げられた。
(2) 環境傾度の指標とチョウ類出現状況の関係性

ルート区分ごとのチョウ類出現種数を目的変数としたステップワイズ重回帰分析の結果、落葉樹林の集塊度 (25m 圏) および常緑樹林と竹林の隣接長 (25m 圏) による説明力が高かった ($R^2=0.46$, 調整済 $R^2=0.45$, AIC=114.93) (表-6)。

一方、種タイプの組合せを目的変数とした分類・回帰樹木による分析の結果を図-3 および表-7 に示す。樹林性および林縁性の種の出現を分類する変数として、常緑樹林 (10m 圏) および草地 (25m 圏) の集塊度が、路傍性、草地性、林縁性の種の出現を分類する変数として、落葉樹林の集塊度 (25m 圏), 植栽木からの距離 (50m 圏), 植栽木と果樹園の隣接長 (50m 圏) が抽出された。

4. 考察

(1) 植生タイプ面積割合とチョウ類出現状況の関係性

チョウ類出現種数を目的変数とした重回帰分析の結果、種数に対して影響の大きい植生タイプは、落葉樹林と竹林であり、とくに狭い範囲 (25m 圏) でのそれらの面積割合が重要であることが示唆された。

一方、チョウ類の種タイプの組合せを目的変数とした分類・回帰樹木分析の結果、樹林性、林縁性のチョウ類の出現要件として、落葉樹林の面積割合 (25m 圏) が最上流で抽出された。加えて、広域 (100m 圏) の落葉樹林の面積割合が樹林性チョウ類の出現に影響しており、対象地にまとまった規模で残る旧農村環境由来の落葉樹林が、チョウ類の種タイプの幅に寄与していると考えられた。樹林性チョウ類の生活史における幼虫の食草 (例えばゴマダラチョウにおけるエノキなど) や吸蜜源 (例えばサトキマダラヒカゲにおけるコナラ樹液など) といった生息条件が、より広い領域での落葉樹林面積により担保されていることが示唆された。

路傍性チョウ類および草地性チョウ類の分類に寄与する変数として、草地 (100m 圏) および水生植物 (50m 圏) の面積割合が抽出された。これより、草地性チョウ類の出現要件として、広域での草地面積、あるいは周辺の河川沿い・池沿いの水辺植物の面積が重要であることが示唆された。また、より下位の変数には、広域の植栽木、竹林の面積割合が挙がっており、広域の周辺環境において、竹林や植栽木も路傍性チョウ類、草地性チョウ類の分布に影響する可能性があることが示唆された。

(2) 環境傾度の指標とチョウ類出現状況の関係性

チョウ類の出現種数を目的変数とした重回帰分析の結果、チョウ類の種数に対して影響のある

指数として、25m 圏内での落葉樹林の集塊度、および 25m 圏内での常緑樹林と竹林の隣接長が抽出された。このうち、(1) の結果から、落葉樹林の集塊度は、主に林縁性および樹林性チョウ類の出現要件として作用していることが考えられた。また、同様に(1)の結果とあわせ、常緑樹林と隣接する竹林が、路傍性以外のチョウ類の生息環境として役割を果たしていることが示唆された。

表-6 種数を目的変数としたステップワイズ重回帰分析の結果

(上段: 重回帰分析の結果, 下段: 説明変数の実測値の分布)

説明変数	非標準化係数		標準化係数	t	有意確率
	B	標準誤差	β		
落葉樹林GCI 25m圏	0.067	0.200	0.511	3.014	0.004
常緑樹林-竹林 Co-occurrence 25m圏 (定数)	0.001	0.000	0.377	1.994	0.050
	3.709	1.150		2.428	0.018

説明変数	有効サンプル数 (N)	平均値 (Mean)	標準偏差 (Std Deviation)	最小値 (Minimum)	最大値 (Maximum)
落葉樹林GCI 25m圏	80	17.04	22.80	0.00	50.42
常緑樹林-竹林 Co-occurrence 25m圏	80	571.03	1549.37	0.00	8074.78

表-7 CART により抽出された説明変数

説明変数	有効サンプル数 (N)	平均値 (Mean)	標準偏差 (Std Deviation)	最小値 (Minimum)	最大値 (Maximum)
常緑樹林GCI 10m圏	80	16.49	21.73	0.00	50.39
草地GCI 25m圏	80	41.18	6.43	23.72	52.26
落葉樹林GCI 25m圏	80	17.04	22.80	0.00	50.42
植栽木-果樹園 Co-occurrence 50m圏	80	1431.85	2935.85	0.00	12726.32
植栽木からの距離 50m圏	80	166.38	69.15	76.80	376.42
水生植物GCI 25m圏	80	6.28	14.61	0.00	52.95
水生植物GCI 100m圏	80	11.69	18.64	0.00	51.38
植栽木GCI 200m圏	80	36.79	2.10	32.29	40.66



図-3 種タイプと距離圏別の GCI, Co-occurrence, 距離との関係 (CART の結果; 3 段階まで記載)

一方、チョウ類の種タイプの組合せを目的変数とした分類・回帰樹木の結果からは、まず、樹林性チョウ類および林縁性チョウ類の出現に影響する変数として、10m 圏内の常緑樹林の集塊度、25m 圏内の草地の集塊度（高い場合に林縁性チョウ類の出現に寄与）が挙げられた。また、10m 圏内の常緑樹林の集塊度が低い場合、落葉樹林の集塊度（25m 圏）も林縁性チョウ類の出現に影響した。対象地において、林縁のソデ草本群落、および林内・林間のパッチ状の草地または落葉樹木群において、種タイプの幅が広がることを示唆された。また、小規模でもある程度まとまった常緑樹林、草地、落葉樹林のモザイクが、対象地のチョウ類の種相の幅に寄与していることが示唆された。分類・回帰樹木の結果より、なかでも林縁性チョウ類が、チョウの種相全体の幅の指標となっていると考えられた。上記のような林縁および植生のモザイクは、ウラギンシジミ、コムスジ（幼虫食草はクズ、フジ等の低木・ツル植物）や、ダイミョウセセリ、ルリタテハ（幼虫食草はヤマノイモ、サルトリイバラ等）などの林縁性種の生息にとくに寄与すると考えられる。

(3) 対象地の都市内微小緑被分布と生態系ネットワーク機能

既往研究²⁰⁾²¹⁾において、チョウ類成虫の個体数は餌資源と密接に関係していることが示されている。とくに自然環境では、森林の林縁部草地や林内の空地、道路脇のソデ群落において、餌資源の幅が広く、林縁環境とチョウ類の多様性との関連性が知られている²²⁾²³⁾。本研究では、都市内の微小緑被の分布形態の観点から、常緑樹林周辺のソデ草本群落やパッチ状の草地、落葉樹木群が、チョウ類の多様性の保全・向上において重要であることが示唆された。

チョウ類の多様性の保全・向上に向けた生態系ネットワークの形成にあたっては、チョウ類の幼虫の食性や成虫の吸蜜性などの生態的特性を十分反映させた植生の保全・管理・創出が必要である。とくに、本研究で分類した路傍性チョウ類以外のチョウ類（草地性、林縁性、樹林性のチョウ類）の生息条件が担保されることが重要であるが、そのための都市内微小緑被の空間分布要件に関する研究はまだ少ない。

本研究では、対象地のチョウ類の種相の幅が、林縁性チョウ類の出現によって比較的良く指標されていると考えられた。加えて、明るい落葉樹の疎林を選好するゴマダラチョウ（幼虫の主な食草はエノキ、成虫はクヌギ樹液などを吸蜜源）や、やや暗い林縁・林床環境も利用するナミヒカゲ・サトキマダラヒカゲ（幼虫の主な食草はササ・タケ類、成虫はクヌギ樹液などを吸蜜源）など、異なる食性・生息環境をもつ樹林性チョウ類の出現も、種相の幅において重要であると考えられる。

これらの種の生息要件として、対象地においては、孤立した落葉樹林や、常緑樹林周辺のパッチ状の草地、落葉樹林を優先的に保全することが重要であると考えられた。また、常緑樹林および連続する竹林の周辺において良好な林縁環境を維持することが重要であると考えられた。あわせて、適正な植生管理や緑地の保全・創出により、集塊度の高い常緑樹林、落葉樹林、草地が混在する環境を確保することが重要と考えられた。

5. まとめと今後の課題

本研究では、都市内緑被分布の特性として、植生分布の集塊度、隣接長、距離、多様性について定量化し、チョウ類の出現状況との関係性を把握した。

都市の緑化計画や敷地スケールでのビオトープ計画においては、生物生息環境の観点からの客観的かつ具体的な保全・再生目標の設定が設定であり、その際、より詳細な緑被分布と生物種の多様性との関連性を分析したうえで、保全・再生する環境の空間的目標を設定することが有効である。

都市域の環境傾度は、立体的な観点も含め、景観や植生などの空間構成の多様な側面により形成され、その分析の視点は多岐にわたる。今後は、都市域の自然環境の残存状況を、その成立の要因や過程をふまえて、立体的に捉える視点も踏まえた分析を行うことが課題となる。一方、緑被分布による生態系ネットワーク機能評価を、人工衛星や航空機等による高解像度の緑被モニタリング技術を活用して、より広範囲に展開していくことも今後の課題である。

【参考文献】

- Desmet, P. and Cowling R.(2004): Using the species-area relationship to set baseline targets for conservation. *Ecology and Society* 9(2), pages unknown.
- 今井長兵衛・夏原由博(1996): 大阪市とその周辺の緑地のチョウ類の比較と島の生物地理学の適用. *環境昆虫* 8, 23-34.
- Blair, R.B. and Launer A.E.(1997): Butterfly diversity and human landuse: Species assemblages along an urban gradient. *Biological Conservation* 80, 113-125.
- 夏原由博(2000): 都市近郊の環境傾度に沿ったチョウ群集の変化. *ランドスケープ研究* 63(5), 515-518.
- Wu, J. and Vankat J.L.(1991): An area-based model of species richness dynamics of forest island. *Ecological Modelling* 58, 249-271.
- 李承恩・盛岡通・藤田由(1999): 都市域におけるビオトープの連続性評価及びエコロジカルネットワークの形成に関する研究. *環境システム研究* 27, 285-292.
- 森本豪・加藤新司(2005): 緑道による都市公園の連結が越冬期の鳥類分布に与える影響. *ランドスケープ研究* 68, 589-592.
- 一ノ瀬友博(2002): 公園緑地における鳥類の出現状況と公園緑地の植生及び周辺土地利用との関係に関する研究—都市域における生態的ネットワーク計画の構築のための基礎的研究—. *都市計画論文集* 37, 919-924.
- 中野弘・前中久行・夏原由博(2004): ラインセンサスを通してみた京阪奈丘陵の鳥類と里地・里山の景観構造との関係. *ランドスケープ研究* 67, 487-490.
- 羽柴秀樹・亀田和昭・田中總太郎・木村俊興(2001): 高分解能衛星画像データによる都市域の小規模植生分布の抽出. *土木学会論文集* 685 VII-20, 27-39.
- 中村寛志(2000): チョウ群集の構造解析による環境評価に関する研究. *環境昆虫* 11, 109-123.
- 青柳正人・吉尾政信(2002): 大阪北部の都市環境におけるチョウ群集の多様性. *環境昆虫* 13, 203-217.
- 市川市・市川市自然環境調査会(2004): 市川市自然環境実態調査報告書. 2003. 1033pp.
- Foman, R.T.T.(1995): *Land Mosaics, The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press, 632pp.
- 廣田福太郎・大西暁生・森杉雅史・井村秀文(2002): 高分解能衛星画像を用いた都市内緑地分析に関する研究. *環境システム研究論文集* 30, 91-99.
- O'Neill, R.V., Krummel, J.R., Gardner, R.H., Sugihara, G. and Jackson, B., DeAngelis D.L., Milnes B.T., Turner M.G., Zygmunt B., Christensen S.W., Dale V.H. and Graham R.L.(1988): Indices of landscape pattern. *Landscape Ecology* 1, 153-162.
- 矢田脩(1998): 日本産チョウ類のデータバンク. 日本環境植物昆虫学会編: チョウの調べ方. 文芸出版, 211-270.
- Breiman, L., Friedman, J.H., Olshen, R.A. and Stone, C.J.(1984): *Classification and Regression Trees*. Wadworth Inc.
- 加藤和弘・章冬琴・一ノ瀬友博(2004): 淡路島のため池における付着性飛虫群集の種組成に関する要因. *ランドスケープ研究* 67, 511-518.
- Faber, R.E., Smith, H. and Macdonald, D.W. (1996): The effects on butterfly abundance of the management of uncropped edges of arable fields. *Journal of Applied Ecology* 33, 1191-1205.
- Steffan-Dewenter, I. and Tscharntke, T. (1997): Early succession of butterfly and plant communities on set-aside fields. *Oecologia* 109, 294-302.
- 石井実・広渡俊哉・藤原新也(1995): 「三草山ゼフィルスの森」のチョウ類群集の多様性. *環境昆虫* 7, 134-146.
- 北原正彦(2000): トランセクト調査によるチョウ類成虫の食物資源利用様式の解析とそれに基づく群集保全への提言. *昆虫と自然* 35(14), 4-9.