

東京湾沿岸部埋立地における緑被分布とバッタ類の生息分布との関係について

The relationship between green coverage distribution and inhabitation of Orthoptera on the reclaimed land in Tokyo Bay Area

板川 暢* 一ノ瀬 友博** 片桐 由希子*** 大澤 啓志**** 石川 幹子***

Satoru ITAGAWA Tomohiro ICHINOSE Yukiko KATAGIRI Satoshi OSAWA Mikiko ISHIKAWA

Abstract : This study aimed to understand the quality of the green space in the reclaimed land of Tokyo bay area from the aspect of organisms. The method to sort the green space environment of reclaimed land on the artificial ground with ecological function has not been examined. In this research, we selected Orthoptera (grasshopper, katydid and grig) as an index organism because it is closely related to the structure of green space and expected to inhabit on artificially made land. Therefore, the biotope type of the seaside area was examined with the relation to the habitat of Orthoptera and to the environmental information of green coverage. In this investigation, we recorded the number of individuals and the species of Orthoptera at 72 sites such as the parks, greenbelts, and planted zones. The relationship between environmental information of green coverage and habitat information of Orthoptera was analyzed based on the green classified chart. We classified groups of Orthoptera by TWINSpan and analyzed the relationships of individual number of Orthoptera groups with environmental factors, using GLMM. In the result, Orthoptera groups receives the influence about distribution of green coverage in the near area and the distance from existing habitat.

Keywords: Orthoptera, Tokyo Bay area, reclaimed land, distribution of green coverage, TWINSpan, Generalized Linear Mixed Model

キーワード : 直翅目, 東京湾, 埋立地, 緑被分布, TWINSpan, 一般化線形混合モデル

1. 研究の背景と目的

都市域でも生態系サービスの基盤となっている生物多様性の重要性が謳われており¹⁾、保全・向上のために生物生息空間の保全と創出が不可欠と考えられるようになった。このため、従来行われてきた街路樹の植栽、都市公園の整備に加え、生物生息空間を意識した整備・管理が行われるようになり、その流れは港湾部埋立地においても例外ではない。東京湾は、20世紀を中心に工業用地や港湾の整備を目的とした埋立てが行われてきた²⁾。埋立地は本来、人工的な空間であったが、造成から数十年という時を経る中で、生物生息空間として機能している場所も見られる³⁾。近年では、東京都が進めている「海の森公園構想」等に見られるように、沿岸部埋立地における緑地への関心が高まっており、生物の生息空間としての機能も求められている⁴⁾。しかしながら、現状では埋立地の緑地環境を生態的な機能から記述する手法は十分検討されておらず、特に広域・面的な評価は不十分である。

こうした中で、当研究では、都市部のような人工的に創出された緑地空間にも生息が期待でき⁵⁾⁶⁾、広域の環境⁷⁾の指標となる生物としてバッタ類(直翅目:キリギリス・コオロギ類を含む、日本直翅類学会(2006)¹⁰⁾に基づく。)を選定し、臨海部埋立地の緑地の質を生物の視点から把握することを目的に調査を行った。また、東京湾のような広範囲において、詳細な環境情報を現地調査によって把握することは、労働力やコストの面から非常に困難である。当研究では、安価かつ広域を取り扱える衛星画像から作成した緑被分類図を用い、環境情報の抽出を試みた。これらを基に、バッタ類の生息状況と緑地環境の関係性を明らかにするとともに、広域の緑地整備・計画に向けての指針となりうる指標を提示することを目的とする。

2. 研究方法

(1) 調査地の概要

当研究では、埋立地を中心とした東京湾沿岸部の緑地で調査を行った。川崎や市原の沿岸部埋立地は、主に工場・流通施設が集

積している。防災やレクリエーションを目的とした港湾緑地が配置されており、基幹的広域防災拠点として整備された東扇島東公園等、1箇所あたりの緑地規模は比較的大きいものも多い。台場や幕張周辺部は住宅や商業施設が多く、都市公園の他に、お台場海浜公園や幕張海浜公園等の大規模な緑地も整備されている。

調査地は、対象地域内の都市公園、防災緑地、港湾緑地に加え、道路植栽や中央分離帯、施設緑化等から選定した。調査対象とした地域および調査地点数は、神奈川県川崎市17地点、東京都港区・中央区・江東区・品川区26地点、千葉県千葉市17地点および市原市12地点の4地域72調査地点である。

調査地点は、用途や利用・管理態、配置、植生タイプ(草地:草丈で区分/樹林地:落葉、常緑、針葉)等の環境要素・条件を考慮し選定を行なった。異なる環境が含まれていると判断できる場合、同一の緑地内においても複数の調査地点を設けた。各調査地点では、10m×10mのコドラートを設定し、その中で調査を行った。10m×10mが確保できない場合は、それに準ずる面積を確保した。

(2) 調査方法

当研究では、主に踏み分け法とスィーピング法を用い、出現個体数とその種の記録を行った。当調査では、樹上性種を対象とした調査は行っていない。各調査地点で、10m×10mもしくは同等の面積のコドラートを設定し、調査を行った(およそ20~30分間)。踏み分け法は、コドラート内を重複しないように隈無く踏査し、目撃した種類と個体数の記録を行った。スィーピング法も同様にコドラート内での調査とし、踏み分け法の実施後に行った。踏み分け法とスィーピング法で重複する個体がいることを考慮し、種毎に両手法で記録された個体数を比較し、出現数が多かった結果を採用した。調査は、2009年7月と10月の2回実施した。晴天または薄曇りの概ね良好な天候の日を数日選び、目視が可能で、バッタ類を中心に多くの種が活発に活動すると思われる10時から16時までとした。

(3) 使用データおよび環境要因

バッタ類の生息には、マクロスケールからミクロスケールまで

*慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科

**慶應義塾大学環境情報学部

***東京大学大学院工学系研究科

****日本大学生物資源科学部

多様な要因が影響しており⁸⁾、扱うスケールによっても寄与する環境要因が違ってくるとされる⁹⁾。当研究では、広域の緑地計画の際に用いる指標の作成を目指していることから、汎用性が高く、比較的簡便に得られるマクロスケールの環境要因を用いることとし既存の基盤データから、GISを用いて抽出した。

当研究では、東京湾沿岸部の緑地の現況を把握するために、衛星画像を基に作成された緑被分類データを利用した。当データは国土交通省都市・地域整備局より提供を受けた「首都圏・近畿圏緑被分布図データ¹⁷⁾」を用いた。構成される緑被分類は、樹林地・草地・水域・農地で、セルの大きさは2.5m四方である。

当研究で用いる環境要因は、調査コドラートの中心から発生させたバッファ(50m および 100m-1000m までの 100m 毎)内の緑被地(樹林地/草地/農地)の面積率(逆正弦変換した値を使用、以下、周辺樹林地/草地/農地面積率)、バッファ内の各分類の最大パッチの面積およびパッチ(0.1ha 以上、0.5ha 以上、1.0ha 以上の3階級)の数、バッファ内に含まれる各分類のパッチの周縁長の合計および最長パッチの周縁長、さらに最近隣のまとまりのあるパッチ(0.1ha 以上、0.5ha 以上、1.0ha 以上の3階級)からの距離、陸地との分断の有無、緑被地タイプの8項目である。パッチの周縁長に関する変数は、吉尾ら⁸⁾を参考に、パッチの分断状況を考慮するものである。また、パッチからの距離およびパッチ数で定めている3階級のバッファサイズは、それぞれが重複しないように設定し、分析の際には同じサイズの組み合わせによりモデルの検討を行った。それぞれの算出・分類方法は表-1に示す。これらの算出には、ESRI社のArcGIS Desktop 9.3.1を使用した。

(4) 分析方法

TWINSpan (Two-Way Indicator Species Analysis)を用いて、各調査地点で記録されたバッタ類の種組成に基づき、出現種の分類を行った。1地点のみでしか記録されなかった種、バッタ類の出現が確認されなかった12地点は分析から除外し、60地点・25種で分析を行った。pseudospecies cut revelには、それぞれの種の累積出現個体数を用い、cut revelを0, 2, 5, 10, 20, 50に設定した。分析には、MjM社のPC-ORD for win ver. 5.20を使用した。

TWINSpanにより分類されたバッタ類の種群が、広域的な(マクロスケール)環境から受けている影響を明らかにするために、切片にランダム効果を加えたポアソン分布の一般化線形混合モデル(Generalized Linear Mixed Model with random intercept、以下GLMM)による分析を行った。従属変数をTWINSpanで分類された各種群の個体数、独立変数を先述の環境要因を定める。調査地点が使用した緑被分類データの欠落部分に該当する1地点を分析から除き、71地点を分析に使用した。多重共線性を除去するために、事前に説明変数間で相関分析を行い、他の説明変数との間で強い相関($r > 0.80$)が認められた項目のうち、合計出現個体数に対し、統計的に有意である説明変数を分析に採用した。

ランダム効果を加えた切片には、調査地自体の属性を配慮するために、調査地域の違いをランダム効果として与えた。これは、各地域における緑地配置の傾向、埋立ての年代、内陸地の土地被覆状況の違い等の定量的に可視化することのできない要因を配慮するためである。調査地域の分類は、大きく「川崎周辺」・「台場周辺」・「幕張周辺」・「市原周辺」の4分類とした。また、事前に調査地域毎に各グループの個体数の出現状況に差異が存在するかを把握するために、一般化線形モデル(GLM: Generalized Linear Model)の結果に対して、分散分析を行なった。

モデルの選択方法は、11段階のバッファサイズおよび3段階のパッチサイズの組み合わせ33通りにおいて、先述で採用した独立変数のすべての組み合わせ(総当たり)からなるモデル群に対してそれぞれのAIC(赤池情報量規準: Akaike Information Criteria)を算出し、AICが最小となったモデルを各々の組み合わせにおけ

表-1 環境要因一覧

項目	算出・分類方法
陸地との分断	運河や大規模な水路等によって埋立て前の陸地と分断されている場合 1:分断あり、橋梁等の構造物を除き、陸地が連続している場合 0:分断なしに分類し、ダミー変数に変換。
緑被地タイプ	調査実施時点における調査地点の緑被地のタイプを、草地:1、樹林地:0の2通りに大きく分類し、ダミー変数に変換。
緑被地パッチからの距離	一定サイズ(0.1ha以上/0.5ha以上/1.0ha以上)の緑被地(草地/樹林地/農地)パッチを抽出。各調査地点と最近隣のパッチとの距離を算出。(単位:m)
周辺緑被地面積率	調査コドラートの中心点から50mおよび100-1500mまで100m毎に11通りのバッファを作成。バッファ内の緑被地(草地/樹林地/農地)の面積率を算出後、逆正弦変換する。(単位:度)
最大パッチ面積	バッファ内に含まれる緑被地のうち、各分類(草地/樹林地/農地)における最大パッチを抽出し、面積を算出。(単位:m ²)
パッチ数	バッファ内に含まれる緑被地のうち、一定サイズ(0.1ha以上/0.5ha以上/1.0ha以上)の緑被地(草地/樹林地/農地)パッチを抽出。バッファ内に含まれるパッチの数をそれぞれ集計する。(単位:個)
周辺緑被地総周縁長	バッファ内含まれる緑被地(草地/樹林地/農地)の周縁長を算出し、分類毎に合計。(単位:m)
最大パッチ周縁長	バッファ内に含まれる緑被地(草地/樹林地/農地)のうち、各分類における最大パッチを抽出し、周縁長を算出。(単位:m)

るベストモデルとした。さらに、各組み合わせのベストモデルのAICを比較し、最もAICが低いモデルを対象種群の出現個体数予測をよく説明するモデルとみなした。この工程を、各種群について行う。一連の分析には統計ソフトR 2.14.0、GLMMにはRパッケージglmmML 0.82-1、総当たりによるモデル選定にはMuMIn 1.3.6を使用した。

3. 結果

(1) 調査結果

2回の調査を通して、31種・2137個体の出現を確認した。その内訳は、7月が27種・1424個体、10月が26種・713個体で、都県のレッドデータブックの記載種4種も確認された。1地点における最多総個体数は255個体、最多確認種数は16種であった。最も確認個体数が多かったのはショウリウヨウバッタ:415個体で、次いでシバズ:326個体、コバネイナゴ:205個体であった。

(2) TWINSpanの結果

調査地点の分類および出現種の分類には、4段階までの分割結果を採用した。TWINSpanの結果、出現種は5つのグループに分類され、それぞれをグループAからEとした。調査地点は7つのグループに分類された(表-2)。種群は、第一段階でコオロギ類を中心とした、樹林地、特に常緑樹林に多く見られた種で構成されたグループEが分類された。次にシバズとハラヒシバッタでグループAが分類され、この種群に対応する調査地点はシバ草地等の刈り取り圧の高い地点で構成された。残りは草地に生息する種を中心に構成され、第三段階でグループB、第四段階でグループC、Dにそれぞれ分類される。グループBが最も多くの調査地点で確認され、確認地点数はグループB、C、Dの順番で減少し、おおよそ入れ子状の出現構成となっていることが見て取れる。

(3) GLMMによる分析結果

分散分析の結果、グループA、B、C、Dは0.1%水準($Pr < 0.001$)で、グループEは5%水準($Pr < 0.05$)で帰無仮説が棄却されたことから、調査地域によってグループ毎に出現状況が異なることが明らかになった。グループA、B、C、Dでは川崎周辺が他地域に比べて出現個体数が多い傾向が見られたが、グループEについては、統計的に有意ではなかったものの、地域間での差異は少なかった。

GLMMの分析結果から、埋立地におけるバッタ類の分布に影響する環境要因として12項目が選択された(表-3)。全モデルで採用された変数は、緑被地タイプ、周辺樹林地面積率および草地パッチからの距離の3項目であった。グループA、B、C、Eで選択された陸地との分断は、共通して負の影響を及ぼしている。最も説明率

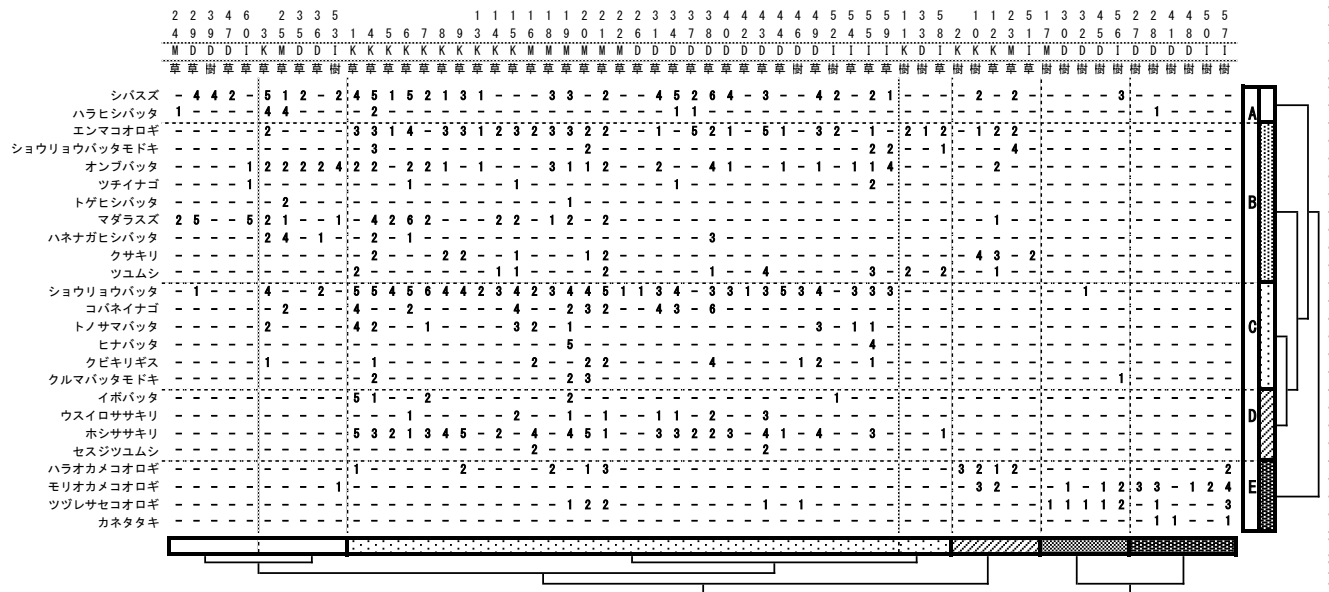


図-1 TWINSpaniによるバッタ類の種群および調査地点群の分類

今回の分析では、pseudospecies cut revel にそれぞれの種の累積出現個体数を用いた。左の列は種名、上段の数字は調査地点番号、中段は調査地域(K:川崎周辺、D:台場周辺、M:幕張周辺、I:市原周辺)、下段は緑被地タイプ(樹:樹林地、草:草地)、図中の数字は、累積個体数(1:1個体、2:2-5個体、3:6-10個体、4:11-20、5:21-50個体、6:50個体以上)を示す。

表-2 GLMMの分析結果に基づく各パラメーターの推定値

説明変数	グループA	グループB	グループC	グループD	グループE
切片(固定効果)	0.266	1.65 ***	-0.181	-13.3	5.51 ***
陸地との分断	-1.80 ***	-0.215	-0.690 ***		-2.18 ***
緑被地タイプ	2.04 ***	1.76 ***	3.04 ***	15.3	-0.778 **
(バッファサイズ)	(200m)	(1000m)	(1000m)	(1000m)	(100m)
周辺樹林地面積率	0.0651 ***	-0.333 ***	-0.146 **	0.306 ***	
周辺草地面積率	0.0653 ***	0.325 ***	-0.100 *		-0.203 ***
周辺農地面積率	1.46 **	0.601 ***	1.96 ***	6.183 ***	(-)
周辺樹林地 総周縁長		0.000258 *	-0.000749 ***	-0.000476 ***	(-)
周辺草地 総周縁長	-0.000559 ***	-0.000278 **	0.0000673 ***	0.000215 ***	(-)
周辺農地 総周縁長	-0.0437 ***	-0.000319 ***	-0.00121 ***	-0.00361 ***	(-)
(パッチサイズ)	(0.5ha)	(1.0ha)	(0.1ha)	(0.1ha)	(0.1ha)
樹林地パッチからの距離	0.00342 ***		0.00558 ***	0.0141 ***	-0.0215
草地パッチからの距離	-0.00164 ***	0.000558 *	0.00217 ***	0.00194 ***	-0.0137 ***
農地パッチからの距離			0.000619 ***	0.000678 ***	0.000264 *
逸脱度	515.5	640.4	542.4	150.7	169.3
帰無モデルの逸脱度	875.8	1041	1866	697	339.4
説明率 (%)	41.1	38.5	70.9	78.4	50.1
AIC	537.5	662.4	568.4	172.7	185.3

1) 表中の値は切片の値および説明変数の係数を示す 2) 説明率=(帰無モデルの逸脱度-モデルの逸脱度)/帰無モデルの逸脱度×100 3)*: p< 0.05, **: p< 0.01, ***: p< 0.001 4) (-): 非集計もしくは事前の変数選択時に除去されたため分析から除外 5) バッファ/パッチサイズ: 各グループのベストモデルで選択されたバッファおよびパッチのサイズ

が高かったのはグループDで、9項目の説明変数により帰無モデルの逸脱度の78.4%が説明された。各モデルにおける、あてはまりのよいバッファの大きさはグループAで200m、B、C、Dで1000m、Eで100mであった。パッチのサイズでは、グループAで0.5ha以上、Bで1.0ha以上、C、D、Eで0.1ha以上であった。

4. 議論

(1) 東京湾沿岸の埋立地におけるバッタ類の分布

人工的に造成された埋立地という特異な環境において、一部地域でセミ類³⁾やバッタ類⁹⁾の生息が確認されているが、東京湾全域という広域的な調査は行なわれていない。今回の結果では、地域によって分布状況に差はあるものの、東京湾沿岸の埋立地では広域的にバッタ類の生息が認められ、造成以後数十年が経過し、積極的な緑地の整備が進められたことで、生物生息空間として機能してきていることがわかる。断片的ではあるものの、蓄積が少ない地域での分布情報を把握できた。地域によって出現個体数に差異が見られた点については、植生や植栽管理状況、埋立地造成時に運搬された土壌、供給源となる内陸部に近接する生息地⁶⁾の影響等が考え得るが、明確な理由を提示する事は難しく、今後の

課題である。管理圧の高いシバ草地や高密度に植栽された樹林地帯等、バッタ類の生息を確認できなかった地点では、今後の植栽管理等が課題であろう。

(2) マクロスケールの環境要因の影響

これまででも、周囲の水田被覆や林縁長⁸⁾、旧海岸線からの距離⁹⁾等、マクロスケールの要因がバッタ類の生息・分布に影響していることが示されているが、今回の結果から、周囲の各緑被地の面積率、近隣パッチからの距離、陸地との分断等が関係していることが加えて明らかになった。

各グループについて、統計的に有意であった要因を中心に考察を行なう。グループAについては、緑被地タイプ、各緑被地の面積率、樹林地パッチからの距離が正に、草地および農地の周縁長、草地パッチからの距離が負に影響していることから、供給源となる草地に近く、周囲にまとまりのある草地と農地が多く存在している環境が望ましいことが分かる。構成種の2種は、公園のシバ草地等に広く分布する種¹⁰⁾であるため、周辺の草地の量が多く、草地パッチに近接した環境が適していることは既往の知見と違わない。グループBは、周囲にまとまりのある草地および農地と小規模に分断された樹林地が存在する環境が好ましいと言える。グ

ループBは草地に一般に生息し¹⁰⁾、既往研究においても広範囲に出現が確認された種で構成されている⁶⁾。当研究においても、最も多くの調査地点で出現している種群であることから、周辺に草地の存在が欠かせず、特に農地が残されているような地域が供給源となっていることが推察できる。また、周囲の分断化された樹林地の存在がエンマコオロギに影響していることが示されており⁸⁾、今回の結果とも一致する。しかし、ツチイナゴやツユムシ等のように、イネ科以外を食草とする¹⁰⁾種が主に分類されており、バッタ類の分布は植生¹¹⁾の影響を受けていることが明らかにされていることから、調査地点の植生による影響を受けている可能性も考えられる。植生等の調査スケールの属性や内包する要因については、当研究の趣旨には逸れるものの、今後の検証が求められる。グループCでは、緑被地タイプ、周辺農地の面積率、周辺草地パッチの総周縁長、各緑被地パッチからの距離が正に、陸地との分断、周辺樹林地・草地面積率、周辺樹林地・農地の総周縁長が負に影響している。この結果は既往の知見に基づいた生態学解釈は困難であるが、グループCは管理圧の高い草地⁶⁾等にも見られ、広域的に分布する飛翔能力に優れた種¹⁰⁾¹⁶⁾で構成されていることから、環境への適応力および移動・分散能力が高いと言える。そのため、生息地の分断や孤立の影響を受けづらく、かつマクロスケールでの予測が容易ではないことが考えられる。グループDでは、周囲にまとまりのある樹林地と農地と比較的分断化された草地が存在することが重要であると言える。グループDが出現する地点は出現種数が多く、個体数も多かった。緑地率が高く小規模な緑地が多数存在する地域ではバッタ類の生息密度が高いことが示されており⁵⁾、種数についての言及はないものの、今回の結果はおおよそ一致するものと言える。緑被地パッチからの距離が正に影響していることについての生態学的解釈は容易ではなく、今回は明確な理由を言及することはできなかった。グループEについては、農地パッチからの距離が正に、陸地との分断、周辺草地面積率、樹林地および草地パッチからの距離が負に影響している。今回はモデルには選択されていないが、周辺樹林地面積と樹林地の総周縁長は共に正の相関を見せることから、周囲にまとまりのある樹林地よりも小規模に分断化された樹林地が存在し、パッチとなる樹林地や草地が近隣に存在している環境が好ましいと言える。このことから、樹林地の中でも外部の影響を受けやすい場所を選択していることが示唆され、林縁部に生息するカネタタキ¹⁰⁾についてはおおよそ一致する結果と言える。ツヅレサセコオロギやハラオカメコオロギは草地や住宅の庭等、多様な環境にも生息することから、周囲の草地との往来や移入等に起因していることが推察できる。

周辺緑被地の量や⁵⁾¹²⁾パッチからの距離¹³⁾、パッチの周縁長⁸⁾については、様々な生物の分布に影響する議論されている。今回の結果を見ると既往の知見とは合致せず、単純に量だけでなく緑被タイプや種群によって影響が異なることが分かった。陸地との分断については、選択されたすべてのモデルで負の相関を示したことから、バッタ類の移入・分散に影響を与えていることが示唆される。

(3) バッファサイズおよびパッチサイズ

今回の分析では、3つのバッファサイズが選択された。飛翔能力を持たない種で構成されるグループA、Eでは、それぞれ200m、100mと比較的小さい範囲が選択された。バッファの大きさという指標は、生物の移動・分散や周囲から移入してくる資源の影響等、外の環境が及ぼす影響の度合や範囲を表していると考え¹⁴⁾、おおよそ一致する結果と言える。グループB、C、Dについては、広範囲の影響を受けていることが分かったが、今回は1000m以上を取り扱っていないため、今後、詳細な検証が求められる。

供給源となり得るパッチのサイズについては、グループAで

0.5ha以上、Bで1ha以上が選択され、まとまりのあるパッチが必要であることが分かる。グループC、D、Eについては0.1ha以上が選択され、それぞれが生息地とする緑被タイプと総周縁長の対応とおおよそ一致する結果となっていることから、比較的小さいパッチでも十分に適応できることが示唆される。これらは、上述の緑被地面積や周縁長の結果ともおおよそ一致すると言える。

(4) 指標としてのバッタ類

わが国における都市域のエコロジカル・ネットワークは、鳥類を指標とした研究が多く¹⁵⁾、樹林性の生息地について主に検討されてきた。本研究では、草地環境の規模のみならず、種の供給源となる周囲の草地や農地のパッチのサイズやその近接距離がバッタ類の分布に影響している事が明らかになった。今回、草地に生息する種は入れ子状の構成を示したことから、最も出現種数が多い地点に出現するグループDの構成種に注目することで、良好な条件の草地環境の抽出が可能であると考えられる。先述の様に種群や緑被タイプによって受ける影響が異なるため、バッタ類を指標とすることによって、樹林に加え草地等も組み合わせたエコロジカル・ネットワークを構築できると考えられる。都市域における包括的なエコロジカル・ネットワーク計画手法を構築するためには、樹林や草地等の各ハビタットに対応した複数の分類群を組み合わせ、評価・予測を行う必要があり、今後の課題としたい。

また、バッタ類は低次消費者(草食・二次消費)や腐食者等、種によって食性が大きく異なるため、食物連鎖という視点からも重要な指標となり得る。さらに、都市域の小規模な緑地でも生息可能な身近な生物の一つである。以上より、バッタ類は人間活動や都市的土地利用と密接な関係にあり、かつ緑地環境や都市の生物多様性を測る上での重要な指標になると言える。

謝辞:本研究は、国土交通省建設技術研究開発費補助金(研究代表者:石川幹子)、科学研究費(基盤研究(B)No.21360287)の一環として行なったものである。記して感謝の意とする。

補注及び引用文献

- 1) TEEB (2010) : The Economics of Ecosystems and Biodiversity, Mainstreaming the Economics of Nature, synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB.
- 2) 遊藤毅 (2004) : 東京都臨海部における埋立地造成の歴史: 地学雑誌 113 (6), 785-801
- 3) 中島敦司・中尾史郎・養父志乃夫・山田宏之 (2000) : 人工島の環境保全緑地のもつ昆虫生息場機能: ランドスケープ研究 63 (5), 509-514
- 4) 東京都 (2000) : 緑の東京計画: 東京都環境局, 122pp
- 5) 養父志乃夫・山田宏之・中島敦司・中尾史郎・松本勝正 (2001) : 大規模市街地内から郊外地にかけてのバッタ類の生息密度の変化について: ランドスケープ研究 64 (5), 595-600
- 6) 板川暢・片桐由希子・一ノ瀬友博・大澤啓志・石川幹子 (2010) : 横浜市金沢区の港湾部埋立地における直翅目の分布状況とそれらに影響を及ぼす環境要因: ランドスケープ研究 73 (5), 431-436
- 7) Bazelet C.S. and Samways M.J. (2011) : Identifying grasshopper bioindicators for habitat quality assessment of ecological networks: Ecological Indicators, 11, 1259-1269.
- 8) 吉尾政言・加藤倫之・宮下直 (2009) : 水田環境におけるバッタ目昆虫の分布と個体数を決定する環境要因—佐渡島におけるトキの採餌環境の管理を以て—: 応用生態工学 12 (2), 99-107
- 9) Altmos M and Henle K. (2010) : Relevance of multiple spatial scales in habitat models: A case study with amphibians and grasshoppers. Acta Oecologica, 36, 548-560.
- 10) 日本直翅類学会編 (2006) : バッタ・コオロギ・キリギリス大図鑑: 北海道大学出版会, 687pp
- 11) Kemp W.P., Hervey S.J. and O'Neill K.M. (1990) : Patterns of vegetation and grasshopper community composition: Oecologia, 83, 299-308.
- 12) 鶴川健也・加藤和弘 (2006) : 都市域の樹林地および樹林地を取り巻く空間的環境条件と鳥類種集との関係: ランドスケープ研究 70 (5), 487-490
- 13) 横田樹広・那須守・小嶋洋美 (2009) : 都市域の緑道におけるチョウ類の種組成と植生構造および採取環境条件との関連性: 環境システム研究 37, 49-55
- 14) 角谷拓 (2010) : 広域スケールでの生物空間分布解析法: 保全生態学の技法—調査・研究・実践マニュアル—: 鷲谷いづみ・宮下直・西廣卓・角谷拓, 東京大学出版会, pp. 324
- 15) 山田順之・島田知幸 (2007) : リモートセンシングとGISを利用した都市域におけるエコロジカルネットワークの評価手法に関する研究—コグラを指標種として—: 都市計画学会論文集 42 (3), 145-150
- 16) 内田正吉 (2005) : 減るバッタ増えるバッタ 環境の変化とバッタ相の変遷: HSK, 141pp
- 17) 国土交通省都市・地域整備局 (2007) : 緑被分布図