

郊外商業施設の新設草地におけるバッタ類の分布環境
— 緑地設計への指針の一例 —

原 祐二・原田 貫生・三瓶 由紀

Yuji HARA, Kansei HARADA and Yuki SAMPEI: Distribution of grasshoppers in the suburban shopping mall
— an example for developing an indicator toward green space planning —

南 紀 生 物
第 63 卷 第 1 号 別刷

Reprinted from
NANKI SEIBUTSU: The Nanki Biological Society
Vol. 63, No. 1
June 2021

郊外商業施設の新設草地におけるバッタ類の分布環境 — 緑地設計への指針の一例 —

原 祐二^{1)*}・原田 貫生¹⁾・三瓶 由紀²⁾

Yuji HARA, Kansei HARADA and Yuki SAMPEI: Distribution of grasshoppers in the suburban shopping mall
— an example for developing an indicator toward green space planning —

はじめに

日本の主な草地生態系は、適度な人的攪乱の継続により成立する多様な半自然草地である。それらは、家畜や飼料等の生産機能とともに、温暖化抑制、土壌保全、土砂災害防止、水源かん養、生物多様性保全、草地景観の維持、アニマルウェルフェア、地域社会の維持等の機能を保持している。これらの中には草地特有の生態系サービスが多数含まれる（下田, 2010）。

日本国内の半自然草地環境は、かつては農村生態系の一部である採草地や放牧地、畦畔として身近にみられた。しかし、高度経済成長期以降の管理放棄や開発により、その多くが失われた（NODA *et al.*, 2019）。このため、かつては普通にみられた草地性動植物の多くが、急速に減少している現状がある（KOYANAGI & FURUKAWA, 2013）。

一方、人口減少期をむかえ都市域の縮退もみられる日本においては、都市的な土地利用として投機的に保持されてきた空地（TSUZUKI *et al.*, 2020）や、維持あるいは放棄されたゴルフ場（YASUDA & KOIKE, 2006）などが、代償的な草地環境として機能している側面もある。また、低・未利用地が増加する一方で新規開発も止まない現状があり（椎木ほか, 2018）、草地環境は動的なモザイク土地利用として存続していくことも考えられる。

こうした点をふまえ、本研究では、都市郊外の山林を商業開発して成立した新造人工草地を事例に、バッタ類（直翅目）の生息状況を、詳細な位置情報をもとに定量的に把握することを目的とした。バッタ類は人工的に創出した緑地でも生息が可能であり、食物連鎖上の高次消費者を支える主要な採餌基盤である（板川ほか, 2012）ことから指標生物として選定した。

調査地概要

研究対象地はイオンモール和歌山（図1）内の緑化空

間「ふじとパーク」（図2）とした。イオンモール和歌山は、和歌山県と大阪府の境界付近に位置するショッピングセンターで、南海電鉄和歌山大学前駅に隣接している。周辺の新興住宅地「ふじと台」と共にかつての薪炭林に覆われた和泉山脈を大規模に切り盛り造成し（原・田内, 2018）、2014年3月に開業した。ふじとパークはその内部の商業施設に付随する緑化空間で、日本の棚田百選にも選出されている和歌山県有田川町の「あらぎ島」をイメージした棚田状に広がる緑地空間である（松本ほか, 2015）。

調査方法

当該地域において（a）土地自然環境の調査と（b）バッタ生息全頭調査を行い、（c）GISを用いて両者を重ね合わせ相関を検証した。

（a）土地自然環境調査

イオンモール和歌山管理担当者の許可を得て、2018年9月15日にドローン空撮を実施した。撮影は店舗営業前の午前8時50分に、薄日の天候下で行った。機材はDJIのMavic Pro、操作アプリにはDJI-GS-PROを用いて、飛行高度63.7mにて64枚の連続正斜投影视像を撮影した。その後、Agisoft社のPhotoScan Professional 1.3.3 64bitにより、位置情報付きのオルソ画像を構築した。この画像をArcGIS 9.3.1に読み込み、その上に5m×5mで計159個のベクターメッシュを生成、重ね合わせた。このメッシュ単位で現地調査を行い、緑被率、草丈、優占する植物種、斜度、樹木の位置を記録した。草丈は、メッシュ内の最大草丈をメジャーにより計測した。優占する植物種は、①イネ科、②キク科、③シロツメクサ、④裸地の4種類に分類した。斜度は、iPhone6 iOS12アプリ「コンパス」を使用し、メッシュ内の平均的な4地点において測定、10度以上を有効な値とし、それらの中央値を用いた。

^{1)*} 〒640-8510 和歌山県和歌山市栄谷930 和歌山大学システム工学部 hara@wakayama-u.ac.jp

²⁾ 〒603-8555 京都府京都市北区上賀茂本山 京都産業大学生命科学部



図1 研究対象地概観図 (松本ほか, 2015 より抜粋)

Fig. 1. Surrounding environment of study area (from MATSUMOTO *et al.*, 2015)

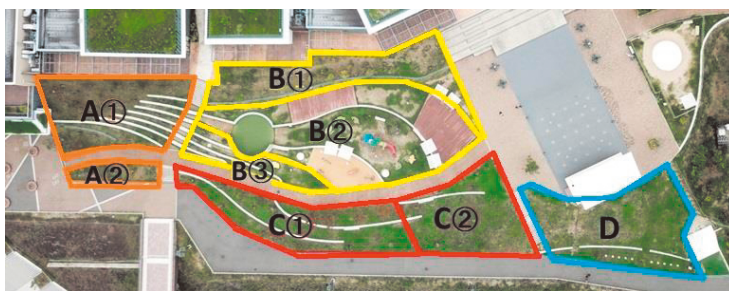


図2 調査対象とした人工草地 (図中英数字はバッタ捕獲調査エリア名)

Fig. 2. Study area with grasshopper catching zones

表1 バッタ捕獲調査時間帯および開始時気温 (気象庁, 2018/9/15)

Table 1. Term and temperature of grasshopper catching.

エリア別調査時間帯		気温 (°C)
A ①	10:30 - 11:00	27.7
A ②	10:30 - 11:00	27.7
B ①	9:30 - 10:00	27.4
B ②	9:30 - 10:00	27.4
B ③	9:30 - 10:00	27.4
C ①	11:30 - 12:00	28.6
C ②	11:30 - 12:00	28.6
D	12:30 - 13:00	28.5

(b) バッタ生息数調査

2018年9月15日にバッタの全頭捕獲調査を行った。対象地をドローン画像と現地相観植生から8捕獲エリアに分け (図2), 計8名の調査員により, 表1に示された時間内で捕獲を行った。出現数の大小に応じ, 適宜調査員を振り分け, 捕虫網を用いて各エリアでの全頭捕獲を試みた。捕獲地点にはピンポイントでバッタの体色 (褐色系か緑色系か) に対応した割り箸を地面に立て, 捕獲調査と並行して正確な位置情報をドローン画像の打ち出し図面に記録していった。一方で捕獲したバッタは図2に示されたエリア毎に洗濯ネットに入れ, 全頭捕獲後にノギスによって体長 (頭部先端から腹部末端までの長さ) を測定, 図鑑 (日本直翅類学会編, 2006) を用いて種の

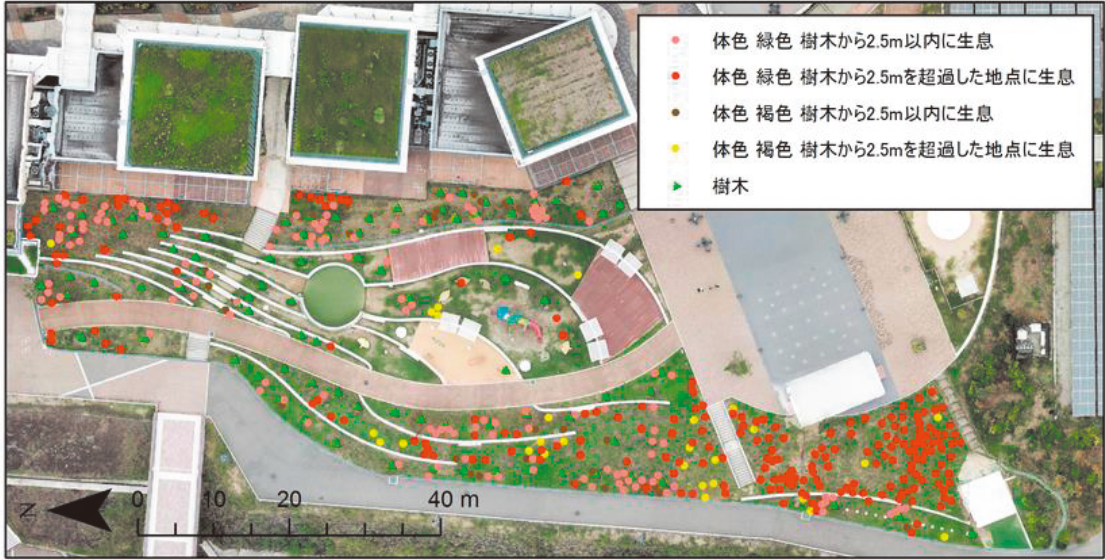


図3 バッタの空間分布図
Fig. 3. Distribution of grasshoppers.

表2 バッタ捕獲頭数
Table 2. Numbers of grasshoppers.

捕獲 エリア	オンブバッタ		ヒナバッタ		シヨウリヨウ バッタ		平均体長 (cm) 参考値
	緑色	褐色	緑色	褐色	緑色	褐色	
A①	52	1	0	4	1	0	1.6
A②	6	0	0	0	0	0	1.4
B①	2	1	0	5	0	0	2.5
B②	10	1	0	4	0	0	1.8
B③	3	0	0	1	0	0	2.0
C①	39	1	0	7	1	0	1.9
C②	55	3	0	12	0	0	1.7
D	116	2	0	7	3	0	1.6
計	283	9	0	40	5	0	

同定を行った。

バッタの位置情報と体色情報はピンポイントで (a) の土地自然環境調査の解像度と対応しているが、作業労力等から、種と体長情報については、図2の捕獲エリア単位での情報として取得した。

(c) 自然環境-バッタ分布相関検証

ArcGIS9.3.1 を用いて、体色別バッタ位置をポイントデータとして構築した。それと土地自然環境調査結果を属性として格納した5mメッシュデータを重ね合わせ、両者の関係を考察した。なお、バッタ密度算出の際は、図2中捕獲エリア外周の重複面積5m²以下の19メッシュは除外した。

結果と考察

(1) バッタ類の全体分布と草本植生環境

本対象地でバッタ類は394匹捕獲され、そのうち体色が緑色の個体は337匹、褐色の個体は57匹であった(図3)。捕獲後の計測は全捕獲エリアから離れたコンクリート面上のベンチで行った。その際、一部個体が捕獲ネットから散逸してしまった。このため、計測できた頭数は、表2に示されたように合計337匹となった。生息種はオンブバッタ *Atractomorpha lata* MOCHULSKY, ヒナバッタ *Chorthippus biguttulus* LINNAEUS, シヨウリヨウバッタ *Acrida cinerea* THUNBERG の3種にとどまった。

図4に緑被率分布を、図5に優占植物の分布を示す。図4中全159メッシュの総平均緑被率は59%となった。植物については、イネ科およびキク科のメッシュが75%以上を占めていた。当該施設を造る際に山林を切り開いた開発を行っている(松本ほか, 2015) ことから、植物は緑地を新造する際に植え付けたものと、自然発生したものが混在している。イネ科植物としてはススキやエノコログサ、メヒシバ、ヒエなど、キク科ではキク亜科、タンポポ亜科の種がみられた。裸地に区分したメッシュにはすべり台、ベンチ、人工芝などが設置されており、来訪者の中核利用空間(松本ほか, 2015) となっていた。

図3と図4を重ね合わせて算定した緑被率とバッタ生息密度の関係を図6として示す。緑被率閾値には、第一四分位数48、中央値65、第三四分位数78を用いた。図6より、緑被率が高い方がバッタ生息密度は高くなる傾向にあるが、緑被率66~78%と79~96%にはほぼ

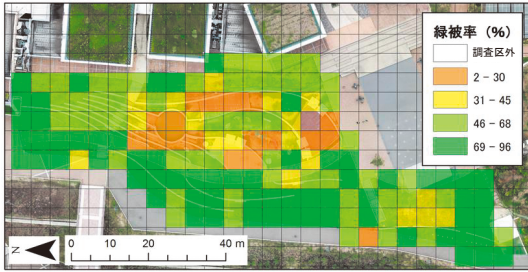


図4 緑被率分布図
Fig. 4. Green coverage ratio.

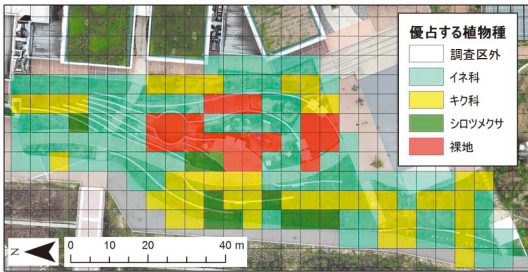


図5 優占植生分布図
Fig. 5. Vegetation type.

差がなく、7割程度の緑被率がバッタの生息を担保するものと推察された。

図3と図5の重ね合わせにより算出した優占植物種単位でのバッタ生息密度を図7に、優占種の平均草丈を図8に示す。図7より、裸地にはバッタが少ないが、イネ科、キク科、シロツメクサではバッタ密度に大差はないといえる。しかし、イネ科、キク科では、外れ値となるような大きな値を示したメッシュが存在した。これはバッタ類の餌となる植物がイネ科、キク科であることが影響しているのではないかとと思われる。図8より、草丈に関しては、平均値はイネ科、キク科、シロツメクサではほとんど差はない。これは各メッシュ内の最大の草丈を計測したことにも起因していると思われる。ただし、裸地では明瞭に低い値となった。

(2) 当該新造人工草地の生態系ポテンシャル

前項の結果は、河川緑地（根津ほか, 2011）や公園（秦ほか, 2003）のバッタ類の生息に関する既往研究と比較すると、キリギリス属 *Gampsocleis* sp. やイナゴ科の仲間、トノサマバッタ *Locusta migratoria* LINNAEUS などが生息しておらず種類は少ない。しかし、個体数は相応に多く（図6, 7）、完全新造人工草地という環境（図1, 2）を考慮すれば、河川緑地の事例（0.50 匹/m²）や公園の事例（全平均0.36 匹/m²）と比べても、桁的に大きな遜色はない

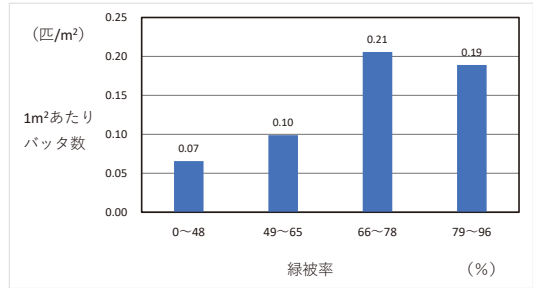


図6 緑被率－バッタ密度関係
Fig. 6. Green coverage ratio – grasshopper density relationship.

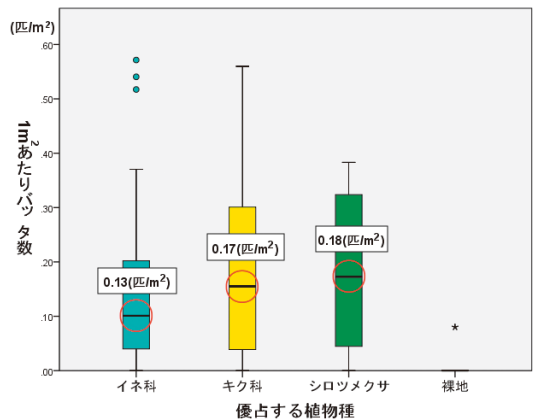


図7 優占植物種－バッタ密度関係
Fig. 7. Vegetation type – grasshopper density relationship.

といえよう。また、現地調査中にも、当該地域にはウスバキトンボ *Pantala flavescens* FABRICIUS の大群やアオモンイトトンボ *Ischnura senegalensis* RAMBUR、ギンヤンマ *Anax parthenope* BRAUER、営巣する多数のツバメ *Hirundo rustica* LINNAEUS、シジウカラ *Parus minor* TEMMINCK & SCHLEGEL、イソヒヨドリ *Monticola solitarius* LINNAEUS、トビ *Milvus migrans* BODDAERT などが目撃されており、草地を中心とした生態系サービスが発現してきていると推察される。

また、今回の調査結果（図7）は、バッタ類の生息は植物種にはそれほど依存しない傾向があるという板川ほか（2012）の研究結果とも調和的である。

(3) 緑地設計への指針

図3より、バッタ類は、すべり台やボルダリング、ベンチが設置され人の立ち入りが多いと予想されるエリアでは極端に少ない。この場所は、緑地利用空間の中核として、南方向に海を遠望しながら家族でくつろげるオープンスペースとして位置付けられている。利用者の多さ

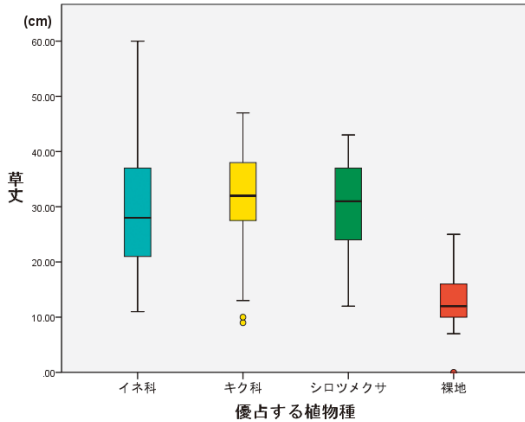


図8 優占植物種－草丈関係
Fig. 8. Vegetation type – height relationship.

と施設設置による裸地の広がり (図4, 5) により, 必然的にバッタの生息数も少なくなっているといえる (図3)。

図3中には樹木の点在が確認されるが, 多くがアラカシやシラカシ, ウバメガシ, トベラ, クヌギやケヤキなどであり, 特に景観要素として花木等に特化しているわけではない。松本ほか (2015) が聞き取った設計デザイナーの意図は, 当地の潜在自然植生を考慮して, かつ管理頻度の削減のため, 常緑樹中心の郷土種を選定したということであった。実際に, 著者らは, 当施設開業直前の2014年3月に行われた植樹祭にも参加し, 多くの郷土種の植栽行為を確認している。このように, 樹木に対する計画意図は存在するが, 草本植生の計画的な配置については特に検討されておらず, 基本的にオンデマンドで年数回, 低コストで機械的草刈りのみを行っているとの説明を管理者側から得ている。

図3中の樹木の位置とバッタの分布をみると, 樹木から2.5m以内に生息していた緑色の個体数は125匹 (緑色全体の37%), 褐色の個体数は29匹 (褐色全体の51%)であった。バッタ類は同じ種でありながら体色に違いが出る (例えば高密度に対応した相変異) ことや, 同一の個体でも体色が変化していくことがあるとされる。その理由としては, 遺伝的要因 (VALVERDE & SCHIELZETH, 2015) や周囲の環境にけい込み捕食者から身を守るため (AHNESJÖ & FORSMAN, 2006) 等, 多くの試論が出されている。本研究においても, 推論の域を出ないものの, 褐色のバッタ類は樹木によってできる陰や根付近の幹を利用して, 鳥類から生き延びる戦略があることも考えられる。

また, 図3中, 捕獲調査時に設定した図2に示されているエリアD付近は, 樹木が少ないが多量のバッタ類

が生息しており, その多くの体色が緑色であることが分かる。現地調査ではこのエリアは傾斜30度前後の斜面に繁茂する草地であり, 来訪者により中心的に利用されている遊具のある空間付近からは視認できず, 人の動線もほぼ存在しない。

しかし, この傾斜緑地が全く利用されていないというわけではない。2017年2月から2019年1月まで著者の主要な徒歩通勤路でもあったこの現場では, 冬場以外, 月数回程度は虫捕りをする親子連れに遭遇した。この草地生態系サービスは, 現状では, 好きな人, 知っている人が活用する秘密の場所的な存在であるといえよう。設計段階から樹木—遊具空間—草地の視認性や動線の連続性を担保するようなデザインを意識し, かつ草地もキク科やイネ科などを適度に配し分散的に管理して草丈の多様性も確保するような戦略が, 草地生態系サービスの発現を企図した新造緑地空間には重要であると考えられた。

謝 辞

本研究を行うにあたり, イオンモール和歌山元ゼネラルマネージャーの首藤隆弘氏, 現オペレーションマネージャーの坪井敦輝氏には, 現地調査の許可と支援をいただいた。和歌山大学システム工学部景観生態学研究室の岡野友哉氏, 玉置隼人氏, 佐藤真央氏, 原 匡彦氏, 溝内咲子氏, 向井勇貴氏, 原 綾嶺氏には現地調査に甚大な協力をいただいた。深謝申し上げる。

引用文献

- AHNESJÖ, J. & A. FORSMAN. 2006: Differential habitat selection by pygmy grasshopper color morphs; interactive effects of temperature and predator avoidance. *Evolutionary Ecology*, **20**, 235–257.
- 秦 裕史・中尾史郎・養父志乃夫・中島敦司・山田宏之. 2003: 公園緑地におけるバッタ類の微視的生息場所選択. *ランドスケープ研究*, **66** (5), 607–612.
- 原 祐二・田内裕人. 2018: 郊外地形改変開発型大学キャンパスの地域生態系を活用した防災・環境教育研究連携: 和歌山大学栄谷キャンパスの事例. *和歌山大学災害科学教育研究センター研究報告*, **2**, 50–54.
- 板川 暢・一ノ瀬友博・片桐由希子・大澤啓志・石川幹子. 2012: 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. *ランドスケープ研究*, **75** (5), 621–624.
- 気象庁. 2018: 気象庁和歌山地方気象台気象データ (2018/9/15). https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/10min_s1.php?prec_no=65&block_no=47777&year=2018&month=09&day=15&view= (2020年9月24

日参照)

- KOYANAGI, T. F. & T. FURUKAWA. 2013: Nation-wide agrarian depopulation threatens semi-natural grassland species in Japan: Sub-national application of the Red List Index. *Biological Conservation*, **167**, 1–8.
- 松本 剛・原 祐二・三瓶由紀. 2015: 都市郊外大規模商業施設の緑化空間における設計構想と利用者意識・行動の関係性. *環境情報科学論文集*, **29**, 7–12.
- 根津準一郎・大澤啓志・勝野武彦. 2011: 都市域内の河川緑地における直翅目の生息実態. *日本緑化工学会誌*, **37** (1), 195–198.
- 日本直翅類学会編. 2006: バッタ・コオロギ・キリギリス大図鑑. 687pp. 北海道大学出版会, 札幌.
- NODA, A., A. KONDOH & J. NISHIHIRO. 2019: Changes in land cover and grassland area over the past 120 years in a rapidly urbanised area in Japan. *One Ecosystem*, **4**, e37669.
- 椎木成哉・原 祐二・三瓶由紀. 2018: 内陸化した砂州地形の土地利用変化. *紀州経済史文化史研究所紀要*, **39**, 1–16.
- 下田勝久. 2010: 生態系サービスと草地生態系. *日本草地学会誌*, **56** (2), 162–165.
- TSUZUKI, Y., T. F. KOYANAGI & T. MIYASHITA. 2020: Plant community assembly in suburban vacant lots depends on earthmoving legacy, habitat connectivity, and current mowing frequency. *Ecology and Evolution*, **10**, 1311–1323.
- VALVERDE, J. P. & H. SCHIELZETH. 2015: What triggers colour change? Effects of background colour and temperature on the development of an alpine grasshopper. *BMC Evolutionary Biology*, **15**, 168.
- YASUDA, M. & F. KOIKE. 2006: Do golf courses provide a refuge for flora and fauna in Japanese urban landscapes?. *Landscape and Urban Planning*, **75**, 58–68.