

報 告

愛媛県松山市御幸山を対象に実施した家庭用照明が 昆虫類に及ぼす光害の影響評価の実験的方法

石 中 洋 平 (大学院理工学研究科)

ルプレヒト・クリストフ* (環境デザイン学科)

*責任著者

Experimental method for analysing light pollution effects
on insect attraction using household lighting in Miyukiyama, Matsuyama

Yohei ISHINAKA (Graduate School of Science and Engineering)

Christoph D.D. RUPPRECHT * (Environmental Design)

* Corresponding author

キーワード：光汚染、LED照明、昆虫誘引、一般化線形モデル (GLM)、都市計画

Keywords: light pollution, LED lighting, insect attraction, Generalized Linear Model (GLM), Urban planning

【原稿受付：2026年1月19日 受理・採録決定：2026年1月30日】

要旨

本研究は、都市照明が昆虫類に与える光汚染の影響を検証し、環境負荷を低減する都市照明の在り方を考察することを目的とする。愛媛県松山市の山林および市街地において、紫外線ライト、白熱電球、水銀蛍光灯、LED電球の4種の照明を用いたライトトラップ調査を実施し、飛来した昆虫の個体数と種構成を比較した。一般化線形モデル (GLM) による解析の結果、飛来昆虫の総個体数 (群生態系) においては、照明種類の違いによる有意な差は見られなかった。一方で、ガ類に限れば、LED照明への飛来数は蛍光灯や白熱電球に比べて有意に少なく、誘引抑制効果が確認された。この結果は、LED化がガ類への影響低減には有効であるものの、群集の多数を占める微小昆虫等を含めた生態系全体に対しては、必ずしも万能な解決策ではないことを示唆している。結論として、特定の指標種だけでなく、群集全体への影響を考慮した照明計画の必要性を提言する。

1. はじめに

1.1 研究背景

近年、北海道札幌市におけるクスサンの大発生や、全国各地でのカメムシの大量発生など、都市部やその周辺において昆虫が大量発生し、人家へ侵入する問題が頻発している (読売新聞オンライン, 2023a; 読売新聞オンライン, 2023b)。これらの現象の一因として「光汚染 (光害)」が考えられる。光汚染とは、人工光の不適切な使用により「良好な光環境」が阻害される状況や、それによる生態系への悪影響を指

す (環境省, 2021)。多くの昆虫は、特定の波長 (特に 360 ~ 380nm の紫外線) に誘引される「正の走光性」を持つことが知られている (Briscoe & Chittka, 2001)。夜間に多様な照明器具が使用される現代都市では、意図せず昆虫を誘引し、その行動を攪乱している可能性がある (Longcore & Rich, 2004)。

1.2 研究目的

照明技術の遷移に伴い、近年はLED照明が急速に普及している。Boyesら (2021) はLED街路灯

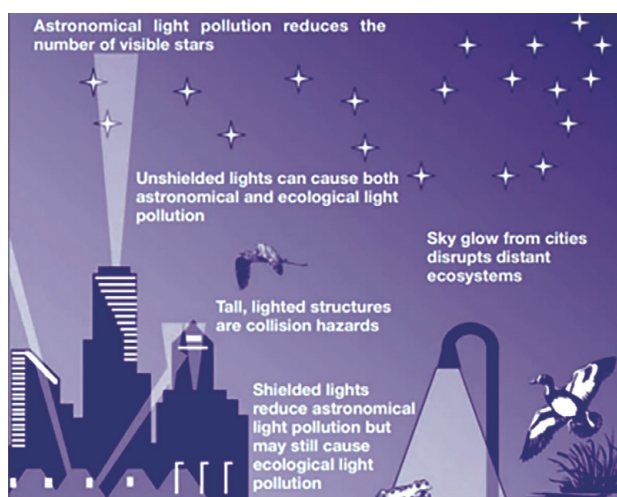


図1 生態学的汚染と天文学的汚染の図
 出典：(Longcore & Rich, 2004)

が昆虫個体数を減少させる可能性を指摘する一方で、Kamei et al. (2021) や Martín et al. (2021) は、紫外線含有量の少ないLEDへの転換が昆虫への悪影響を低減させる有効な手段であると論じている。このように、LED照明が生態系に与える影響については議論が分かれている。そこで本研究では、異なる種類の照明機器を用いたフィールド実験を行い、照明の違いが昆虫の飛来数や種構成に与える影響を検証する。得られた知見をもとに、昆虫類に対する光汚染の影響を低減させ、人間と昆虫の双方にとって望ましい都市照明の在り方を提案することを目的とする。

2. 研究対象及び実験手法

調査地は松山市内の山林（御幸山南側斜面）と都市環境（愛媛大学城北キャンパス）の2箇所とした（図2）。実験は2023年8月11日から9月11日のうち、

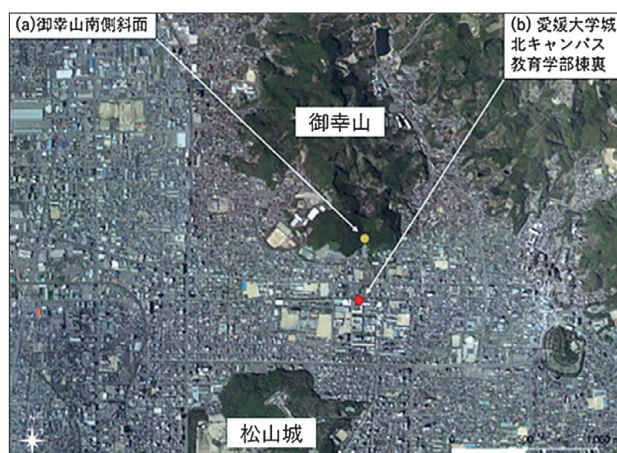


図2 研究対象地（縮尺1/2500）
 撮影年月 2010年4月～5月撮影（国土地理院）
 （QGISにより筆者作成（QGIS.org, (2023)））

昆虫の活動が活発な20:00～23:00（加藤・大串1959）に計16日間実施した（表1）。なお、雨天時は中止した。

表1：実施期間詳細

実施期間 8/11～9/11（計16日）	
場所①愛媛大学キャンパス （教育学部棟裏）	8/11～17（計4日）
場所②御幸山南側斜面 （中腹）	8/20～9/11（計12日）

（筆者作成）

実験には以下の4種類の照明機器を用いた（表2）。これらを一日おきにローテーションして使用した。採集・観察には「カーテン式ライトトラップ」を用いた（図3）。150cm×200cmの白布の前面に照明を設置し、飛来した昆虫をデジタルカメラ（OLYMPUS E-M1

表2：使用照明の詳細

使用照明	詳細（メーカー、ワット数など）
紫外線 ライト	SUNPIE, 紫外線ブラックライト60W投光器365-405nm
白色白熱 電球	パナソニック, レフ電球ホワイト(屋内用) E26口金 100V60形RF100V54WD
水銀蛍光灯	オーム電機, 電球形蛍光灯エコナボール60W形口 金E26電球色EFA15EL/12N
LED	アイリスオーヤマ, LED電球口金直径26mm広配 光60W形相当昼白色LDA7N-G-6T62P

（筆者作成）



図3 ライトトラップ概況
 （筆者撮影）

MarkII) で10分おきに撮影することで、殺虫を行わずに飛来数と種類を記録した。

照明種類と飛来数の関係を解明するため、Martín et al. (2021) の手法に準じ、一般化線形モデル (GLM) による統計解析を行った。解析ソフトは R (R Core Team, 2021) および jamovi (The jamovi project, 2022) を使用し、目的変数を「昆虫飛来数」、説明変数を「照明種類」および気象要因 (平均気温・総降雨量・平均風速国土交通省気象庁, 2023) としてモデルを構築した (国土交通省気象庁, 2023)。

3. 結果

3.1 飛来数の比較

確認された昆虫の総数は1,876匹で、紫外線ライトが最多 (632匹) であり、LED照明 (321匹) の約2倍となった。一方で、ガ類 (全865匹) に限ると、蛍光灯への飛来が最多 (261匹) で、LED (86匹) および紫外線ライト (87匹) への飛来は少なかった (表3)。GLM分析からも、全個体数には「気温・降雨」

表3: 照明機器と飛来昆虫数対応表 (匹)

照明種類	ガ類	コウチュウ類	その他(判別不能も含む)	全体
紫外線	87	4	532	623
LED	86	5	230	321
蛍光灯	261	2	190	453
白熱電球	180	2	285	467
全体	614	13	1237	1864

(筆者作成)

表4: 全個体飛来数をもとに作成したGLMモデルパラメータ

Effect	Estimate	SE	z	p
(Intercept)	4.6354	0.1254	36.98	<.001
平均気温	0.5028	0.1927	2.609	0.009
降雨量	1.0224	0.3956	2.585	0.01
前日降雨量	-0.033	0.085	-0.388	0.698
平均風速	0.5696	0.4383	1.3	0.194
蛍光灯-LED	-0.2398	0.4084	-0.587	0.557
白熱電球-LED	0.1766	0.3601	0.49	0.624
紫外線-LED	0.3656	0.4043	0.904	0.366

(筆者作成)

のみが寄与する一方、ガ類には「照明種類」も有意に影響し、LEDに比べ旧来の照明 (蛍光灯・白熱電球) で誘引数が多いことが裏付けられた (表4, 5)。

4. 考察

4.1 照明機器と飛来数の関係

全個体数において照明による有意差が見られなかった背景には、今回飛来した昆虫の約66%を占めたヨコバイ科などの「極小型の昆虫」の存在がある。これら微小昆虫は、ガ類とは異なる光反応特性を持っている可能性があり、従来ガ類をモデルとした研究結果 (LEDは虫が来ない) が、必ずしも昆虫群集全体には当てはまらないことを示唆している。一方、ガ類に関しては、先行研究と同様にLED照明への誘引性が低いことが再確認された (Solano Lamphar & Kocifaj, 2013)。ただし、紫外線ライトへのガ類飛来数が予想に反して少なかった点については、特定日の外れ値や機器の波長特性の影響が考えられる。

4.2 研究の意義

本研究の意義は、特定の指標種 (ガ類) だけでなく、飛来した昆虫全個体 (群生態系) に着目した点にある。単一の種でモデル化された「LEDは環境にやさしい」という定説が、群集全体に対しては必ずしも正しくない可能性を明らかにした。また、本研究では、全個体を捕殺する従来採集法とは異なり、カメラ撮影による定点観察を採用した。これは、長期的な定点調査が対象地の群生態系に及ぼす影響を回避するための、環境低負荷型の調査手法である。

表5: ガ類飛来数をもとに作成したGLMモデルパラメータ

Effect	Estimate	SE	z	p
(Intercept)	3.4818	0.0478	72.8	<.001
平均気温	0.2439	0.0734	3.325	<.001
降雨量	0.2566	0.1295	1.981	0.048
前日降雨量	0.0573	0.0332	1.725	0.084
平均風速	0.8696	0.1635	5.319	<.001
蛍光灯-LED	1.0174	0.1368	7.438	<.001
白熱電球-LED	0.8294	0.1346	6.161	<.001
紫外線-LED	-0.1409	0.1765	-0.798	0.425

(筆者作成)

5. 結論

本研究の結果、ガ類に対してはLED照明が光汚染(誘引)を低減させる効果を持つことが確認された。しかし、都市の昆虫群集の多数を占める微小昆虫に対しては、LED化による低減効果は明確ではなく、照明種による差が生じにくいことが分かった。したがって、都市照明の計画においては、単にエネルギー効率の良いLEDへ全面的に切り替えるのではなく、対象とする生態系への影響を慎重に評価する必要がある。例えば、ガ類への影響が懸念されるエリアではLEDが有効であるが、より広範な昆虫類への影響を考慮する場合、低圧・高圧ナトリウムランプなど、他の波長特性を持つ照明の再評価や、微小昆虫の挙動を考慮した新たな照明システムの開発が求められる。今後は、本研究で「ブラックボックス」となった極小型昆虫の同定を進め、より詳細な群生態系モデルを構築することが、真に環境と共生する都市づくりに貢献すると考える。

参考文献

- 加藤彰郎, & 大串竜一. (1959). 水辺の灯火に集まる昆虫とその防除: 1. 飛来時刻について. 衛生動物, 10 (4), 288-290.
- 環境省. (2021). 「光害対策ガイドライン令和3年3月改訂版」. https://www.env.go.jp/air/life/hikari_g/ [アクセス日: 2023年8月30日]
- 国土交通省気象庁. (2023). 「過去の気象データ検索」. https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/view/hourly_sl.php?prec_no=73&block_no=47887&year=2023&month=08&day=12&view=p1 [アクセス日: 2024年1月18日]
- 国土地理院. <https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html> [アクセス日: 2024年1月18日]
- 読売新聞オンライン. (2023a). 「羽広げると10cm以上の蛾の群れ、『ギャー』と叫ぶ駅利用者…札幌で『クサン』大量発生」. <https://www.yomiuri.co.jp/national/20230909-OYT1T5011/> [アクセス日: 2024年1月30日]
- 読売新聞オンライン. (2023b). 「街灯にカメムシ大発生、室内に侵入・触れると強烈な臭い…果物を食い荒らす種類も」. <https://www.yomiuri.co.jp/science/20230930-OYT1T50132/> [アクセス日: 2024年1月30日]
- Briscoe, A. D. & Chittka, L. (2001). The evolution of color vision in insects. *Annual Review of Entomology*, 46 (1), 471-510.
- Boyes, D. H., Evans, D. M., Fox, R., Parsons, M. S., & Pocock, M. J. (2021). Street lighting has detrimental impacts on local insect populations. *Science Advances*, 7 (35), eabi8322.
- Kamei, M., Jikumaru, S., Hoshino, S., Ishikura, S., & Wada, M. (2021). Effects of replacing outdoor lighting with white LEDs with different correlated color temperatures on the attraction of nocturnal insects. *Applied Entomology and Zoology*, 56, 225-233.
- Longcore, T., & Rich, C. (2004). Ecological light pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2 (4), 191-198.
- Martín, B., Pérez, H., & Ferrer, M. (2021). Light-emitting diodes (LED): a promising street light system to reduce the attraction to light of insects. *Diversity*, 13 (2), 89.
- QGIS.org. (2023). QGIS Geographic Information System. QGIS Association. <http://www.qgis.org>
- R Core Team. (2021). R: A Language and environment for statistical computing. (Version 4.1) [Computer software].
- Solano Lamphar, H. A., & Kocifaj, M. (2013). Light pollution in ultraviolet and visible spectrum: effect on different visual perceptions. *PLOS ONE*, 8 (2), e56563.
- The jamovi project. (2022). jamovi. (Version 2.3) [Computer Software]