

訪花性ジェネラリスト種ハナアブ類を用いた 皇居の緑地環境の評価

堀内 勇寿^{1,2*}・田中 法生²

¹公益財団法人 東京都環境公社 東京都環境科学研究所 環境資源・生物多様性研究科
〒136-0075 東京都江東区新砂 1-7-5

*E-mail: horiuchi-y@tokyokankyo.jp

²国立科学博物館植物研究部 〒305-0005 茨城県つくば市天久保4-1-1

Evaluation of the Imperial Palace's Green Spaces Using Generalist Flower-Visiting Hoverflies

Yuju Horiuchi^{1,2*} and Norio Tanaka²

¹Tokyo Metropolitan Research Institute for Environmental Protection,
1-7-5 Shinsuna, Koto-ku, Tokyo 136-0075, Japan

*E-mail: horiuchi-y@tokyokankyo.jp

²Department of Botany, National Museum of Nature and Science,
4-1-1 Amakubo, Tsukuba, Ibaraki 305-0005, Japan

Abstract. The Imperial Palace, located in central Tokyo, constitutes a substantial urban green space that supports a diverse assemblage of species. Recently, urban habitats have been recognized for their potential to conserve pollinator communities; thus, the Imperial Palace represents a valuable site for ecological investigations into plant-pollinator interactions. This study aimed to evaluate the pollination service of the Imperial Palace by investigating hoverflies and pollen DNA analysis deposited on hoverfly bodies to elucidate plant-pollinator interactions. Surveys were conducted from 2021 to 2023 at 12 locations within the Imperial Palace. The results confirmed 29 species of hoverflies, including four species that were previously unrecorded in past surveys. A total of 102 plant species were identified from the pollen grains deposited on hoverflies, of which nearly 70% were recorded in the Imperial Palace, and alien plant species were also identified. The species compositions of hoverflies and pollen assemblages differed between the Fukiage Garden and the Imperial Palace East Garden, indicating different responses to natural and artificial environmental conditions. However, Ninomaru Woods, created in artificial environments for nature restoration purposes, showed a response similar to that observed in Fukiage Garden, indicating that pollination services can be enhanced through environmental management. These findings demonstrate that the analysis of hoverfly species composition and pollen species can serve as an effective monitoring tool for evaluating urban green space quality and pollination service quality, including invasive plant species.

Keywords: hoverflies, DNA barcoding, pollination service, biomonitoring, the Imperial Palace.

はじめに

皇居は、東京都心域に残存する数少ない大型緑

地の一つである。濠と堀により周囲の環境から隔絶されている特性上、今なお過去の自然環境が現

存する貴重な場所となっており、多様な生物の生息場にもなっている。近年、野生送粉者の消失による送受粉サービスの損失が世界的な問題となっている中で、都市域の緑地が野生送粉者の代替生息地や保全の場として果たす機能に着目が集まっている (Cavender *et al.*, 2019)。皇居内には、豊かな自然環境の残る吹上御苑や整備された庭園環境から構成される東御苑まで様々な緑地環境が存在するため、そこで植物-送粉者間の調査研究を行うことは、都心域の緑地環境の持つ送粉サービス機能を評価し、維持向上を図るための貴重な知見となる。一方で、皇居においては、これまで生物相調査は行われてきたものの、植物-送粉者間の生物間相互作用に関する研究はされてこなかった。

都市域における植物-送粉者間の関係性は緑地の質に影響を受けるため、植物-送粉者の相互作用は緑地環境や送粉環境の健全性の指標としてモニタリングや評価に適していると考えられる。一方で、モニタリングや評価のためには、客観的な調査手法が不可欠であり、それに適した野生送粉者の選択も重要である。本研究においては、客観的なモニタリングに適性を持ちうる野生送粉者として、①ジェネラリスト訪花者 (Klecka *et al.*, 2018; Lucas *et al.*, 2018)、②都市域での分布 (Gathof *et al.*, 2018)、③粘着トラップによる採集の容易さ (Chen *et al.*, 2004; Rossi *et al.*, 2006; Villa *et al.*, 2016) という性質をもつハナアブ類を主要なモニタリング指標として採用した。皇居における既知情報にはハナアブ相 (大原, 2000) が存在し、過去との変遷も検討に資することができるだけでなく、外来植物種が優占した送粉ネットワークがハナアブ類において示されるなど (Horiuchi *et al.*, 2022) の生態系のモニタリングに適した可能性が示唆されていることも採用した理由である。

そこで、本研究の目的は都心中心部に位置する皇居において、都市緑地環境へのハナアブ類の応答性と花粉輸送パターンを評価することで、緑地管理や生態系管理に重要な知見を得ることとした。そのために、1) トラップにより採集できるハナアブ類と過去調査の比較、2) ハナアブの種組成と環境の関連、3) ハナアブ個体の主要な体表付着花粉組成と環境の関連を明らかにすることとした。

材料及び方法

調査地点および採集方法

本調査では、皇居域内の12地点 (図1a) において、ハナアブ類の粘着トラップによる採集調査を、2021年10-11月に4回、2022年10-11月に4回、2023年11月に2回実施した。各調査地点の概要は表1の通りとなっている。また、2022-2023年の5-7月にも不定期に補足的な調査を5回実施した。客観的な手法を用いるために、本調査での採集には約高さ70 cmのポールに青色、黄色、白色の粘着カード (トラップ面: 10×10 cm) が付属したトラップを使用した (図1b, c)。採集は、1日目の朝にトラップを設置し、約24時間後の翌朝にトラップごと回収した。採集されたハナアブ類は、サンプルを持ち帰り、形態をもとに種同定を行った。採集位置、トラップの色および性別の情報を記録後、個体に触れないように粘着シートごと切り取り、サンプリングチューブに入れて、冷凍庫にて-20℃条件で保存した。

体表付着花粉の単離およびDNAバーコーディング分析

花粉分析の対象とするハナアブ類については、2021年および2022年の10月に採集した205個体とした。これらの個体は、顕微鏡下にて体表付着花粉の検鏡作業の対象とし、視認できる主要な花粉種を滅菌済みのステンレス針を用いてシャーレ上へ移動後、ピペッティングにより0.4 μLの滅菌超純水中に封入し、0.2 mL PCRチューブへ滴下した。その後、チューブ内にDNA抽出液0.6 μL [組成: 0.01% sodium dodecyl sulfate, 0.01 M Tris (pH 8.0), 0.01 M EDTA, and 0.1 g/L proteinase K] を添加後、37℃で60分間、95℃で10分間インキュベートして、花粉粒からDNA抽出を行った。

花粉種を同定するために、リボソームDNAのITS領域を対象にDNAバーコーディング解析を行った。花粉のDNA抽出液を鋳型として、花粉種の同定に適したITS領域 (ITS2, 約450 bp) を対象にPCRを行った。PCR反応の組成液は、1 μLの鋳型DNA、0.05 μLのMightyAmp DNA Polymerase version 3 (TaKaRa Bio, Shiga, Japan; 1.25 U/μL)、5 μLの2×MightyAmp Buffer version 3 (4 mM Mg²⁺, 600 μM dNTPを含む)、0.3 μLの10 μM フォワードプライマー (ITS-p3; 5'-YGACTCTCGGCAACGGATA-3'; Cheng *et al.*, 2016) とリバースプライマー (ITS-u4;

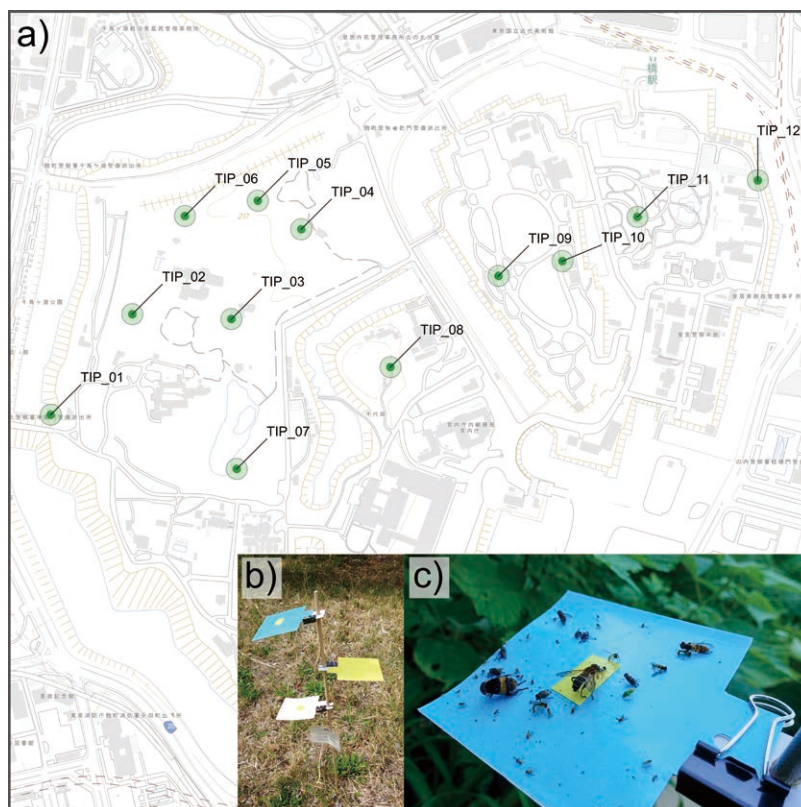


図1. a) 粘着トラップの調査位置図, b) 粘着トラップの外形, c) 粘着トラップで採集されたハナアブ類.

表1. 各調査地点の概要

| 地点名 | 主要な環境条件 | 環境 |
|--------|------------|-------------|
| TIP_01 | 草地環境 | 半蔵門付近斜面 |
| TIP_02 | 樹林内環境 | 吹上御所北西部 |
| TIP_03 | 樹林内環境 | 花蔭亭付近 |
| TIP_04 | 草地環境 | 観瀑亭付近 |
| TIP_05 | 樹林内環境 | 駐春閣跡西部 |
| TIP_06 | 草地環境 | 果樹園付近 |
| TIP_07 | 樹林内環境 | 大池付近 |
| TIP_08 | 樹林内環境 | 紅葉山付近 |
| TIP_09 | 草地環境 | バラ園付近 |
| TIP_10 | 草地環境 | 本丸跡付近（白鳥濠側） |
| TIP_11 | 開けた樹林 / 草地 | 二の丸雑木林中心付近 |
| TIP_12 | 開けた樹林 / 草地 | 大手濠側の厩舎付近 |

RGTTTCTTTTCCTCCGCTTA; Cheng *et al.*, 2016), 3.35 μ Lの滅菌超純水とした。反応条件として、初期熱変性を98°Cで2分加温した後、熱変性を98°Cで10秒、アニーリングを50°Cで15秒、伸長反応を68°Cで1分のサイクルを35回繰り返し、最

終伸長反応を68°Cで10分間とした。PCR増幅産物の確認は、Mupid（ミューピッド、東京）を用いて、2 μ Lの反応液を1%アガロースゲルで電気泳動後に、GelRedで染色し、UV照射下で観察することにより行った。PCR産物はIllustra ExoProStar

(GE Healthcare Life Sciences, UK)を用いて精製後、PCR反応時と同じプライマーを用いて Big Dye® Terminator V3.1 CycleSequencing Kit (Applied Biosystems, Waltham, MA, USA) でプロトコールに従ってサイクルシークエンス反応を行った。サイクルシークエンス反応後、エタノール沈殿法により精製後、3570XL genetic analyzer (Applied Biosystems) により塩基配列を決定した。得られた塩基配列データについては、GeneStudio Pro software (<http://genestudio.com>) を用いてアセンブルを行い、Local BLAST (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) を用いて相同性検索を行った。種の割り当てについては、類似性が95%以上で単一種に割り当てられる場合は、該当種に割り当てを行い、種への割り当てが困難な場合は属レベルまでの割り当てとした。

統計解析

トラップの設置地点間におけるハナアブ類の種および個体数の組成、ハナアブ類の体表着花粉種の種組成の違いを評価するために、非計量多次元尺度法 (NMDS) による序列化を行った。NMDS による解析では類似した地点はより近くに、類似していない地点はより遠くに布置される。解析は統計ソフト R (R Core Team, 2024) および vegan パッケージの metaMDS 関数を用いて、種組成の類似した調査地点、ハナアブの種名および花粉種を二次元平面上に描画した。なお、種組成のデータについては、2021年から2023年までのデータを用い、花粉種組成のデータについては、2021年から2022年の10月のデータを用いた。

結果と考察

採集されたハナアブ類と調査地点ごとの種組成

3年間の粘着トラップ調査において、29種類のハナアブ類が捕獲された (表2)。過去調査で確認された皇居内のハナアブ類 (大原, 2000) と比較すると、記載種の約66%が粘着トラップにより採集された。過去調査では未記載であった種として、タイワンオオヒラタアブ、モンキモモトハナアブ、スイセンハナアブ、コブアリノスアブの4種が新たに確認された。コブアリノスアブについては、東京都レッドリストにおいて区部において準絶滅危惧 (NT) に指定されている (東京都環境局, 2023)。また、モンキモモトハナアブを除いた種

はいずれも皇居東御苑内において確認された。粘着トラップ調査は過去調査の半数以上のハナアブ類を捕獲することができたため、短時間でハナアブ相の概要を把握する客観的かつ低コストな手法の一つであると考えられた。本調査で用いた粘着トラップにおいて、採集個体数が多かった上位3種は、世界的な汎存種であるホソヒラタアブ (n=448) であり、続いて、ホソヒメヒラタアブ (n=104)、アシプトハナアブ (n=73) であった。また、トラップを設置した全地点において採集することのできた種は、ホソヒラタアブとアシプトハナアブの2種のみであった。

次に、調査地点ごとのハナアブ類の種組成および個体数を NMDS により解析し、平面上にプロットした (図2)。この図より、NMDS の1軸 (横軸) 方向に見ると、自然度の高い吹上御苑内の地点が右部にまとまってプロットされるのに対して、人工的な影響の強い皇居東御苑内および半蔵門付近の地点は左部にプロットされ、二つの地域が分かれてプロットされた。また、1軸の値が大きい地点は環境条件が主に樹林の地点であった。これら樹林環境の多い地点を特徴づけるハナアブ類は、主にヨコジマオオヒラタアブ、ナミルリイロハラナガハナアブ等であった。一方で、1軸の値が小さい地点は、環境条件が主に草地の地点であり、こうした地点を特徴づけるハナアブ類は、主にナミホシヒラタアブ、フタホシヒラタアブ、ナミハナアブ等であった。このことから、吹上御苑内と皇居東御苑内ではハナアブ類の応答性が異なり、環境条件に従ってハナアブ類の種組成が変化することが示唆された。また、NMDS のプロットにおいて、吹上御苑内の地点と皇居東御苑内の中間的な地点には、二の丸雑木林 (TIP_11; 図1a) が位置していた。二の丸雑木林と最近傍地点 (TIP_10; 図1a) までの距離は約165 mであったが、採集できたハナアブ類の種組成は異なっていた。二の丸雑木林の環境条件が、樹林環境と草地環境の両方が存在している中間的な地点であることが、ハナアブ類の種組成に表れたと考えられた。加えて、二の丸雑木林は都市近郊で失われていく雑木林の復元を目的に造成された雑木林であり、吹上御苑内の環境にも類似しているため、ハナアブ類の応答の妥当性を示す結果であると考えられた。各調査地点の位置的な関係性から、ハナアブ類の応答には空間的距離ではなく、環境質が中間的な地点であることが重要と考えられた。空間的なスケール

表2. 粘着トラップにおいて確認されたハナアブ科の種リスト

| 亜科 | 属 | 種名 | 学名 | 採集個体数 | |
|-------------------------|----------------|-----------------------|---|--|------------------------|
| Subfamily Syrphinae | ヒラタアブ亜科 | オオヒメヒラタアブ | <i>Allograpta iavana</i> (Wiedemann, 1824) | 1 | |
| | | マルヒラタアブ | <i>Didea fasciata</i> Macquart, 1834 | 2 | |
| | | ヨコジマオオヒラタアブ | <i>Dideoides latus</i> (Coquillett, 1898) | 15 | |
| | | ホンヒラタアブ | <i>Episyrphus balteatus</i> (de Geer, 1776) | 448 | |
| | | ナミホシヒラタアブ | <i>Eupeodes (Metasyrphus) bucculatus</i> (Rondani, 1857) | 6 | |
| | | タイワンオオヒラタアブ | <i>Eupeodes (Metasyrphus) confrater</i> (Wiedemann, 1830) | 1 | |
| | | フタホシヒラタアブ | <i>Eupeodes (Metasyrphus) corollae</i> (Fabricius, 1794) | 34 | |
| | | ミナミヒメヒラタアブ | <i>Sphaerophoria indiana</i> Bigot, 1884 | 1 | |
| | | ホンヒメヒラタアブ | <i>Sphaerophoria macrogaster</i> (Thomson, 1869) | 104 | |
| | | オオフタホシヒラタアブ | <i>Syrphus ribesii</i> (Linnaeus, 1758) | 18 | |
| | | ケヒラタアブ | <i>Syrphus torvus</i> Osten Sacken, 1875 | 14 | |
| | | ツマグロコシボソハナアブ族 | ツマグロコシボソハナアブ | <i>Allobaccha apicalis</i> (Loew, 1858) | 3 |
| | | マダラコシボソハナアブ族 | マダラコシボソハナアブ | <i>Baccha maculata</i> Walker, 1852 | 1 |
| | | Tribe Melanostomatini | ツヤヒラタアブ族 | ツヤヒラタアブ属の一種 | <i>Melanostoma</i> sp. |
| Subfamily Eristalinae | ナミハナアブ亜科 | キゴシハナアブ | <i>Eristalinus (Lathrophyththalmus) quinquestriatus</i> (Fabricius, 1794) | 13 | |
| | | シマハナアブ | <i>Eristalis (Eoseristalis) cerealis</i> Fabricius, 1805 | 6 | |
| | | キョウコシマハナアブ | <i>Eristalis (Eoseristalis) kyokoae</i> (Kimura, 1986) | 6 | |
| | | ナミハナアブ | <i>Eristalis (Eristalis) tenax</i> (Linnaeus, 1758) | 18 | |
| | | オオハナアブ | <i>Phytomia zonata</i> (Fabricius, 1787) | 28 | |
| | | アシブトハナアブ | <i>Helophilus (Helophilus) eristaloides</i> (Bigot, 1882) | 73 | |
| | | シマアシブトハナアブ | <i>Mesembrius flaviceps</i> (Matsumura, 1905) | 9 | |
| | | タカサゴハラブトハナアブ | <i>Malloia takasagoensis</i> Matsumura, 1916 | 1 | |
| | | マドヒラタアブ族 | マドヒラタアブ属の一種 | <i>Eumerus</i> sp. | 6 |
| | | スイセンハナアブ族 | スイセンハナアブ | <i>Merodon equestris</i> (Fabricius, 1794) | 6 |
| Tribe Pipizini | クロコヒラタハナアブ属の一種 | <i>Heringia</i> sp. | 1 | | |
| Tribe Volucellini | モンキモモブトハナアブ族 | モンキモモブトハナアブ | <i>Pseudovolucella decipiens</i> (Herve-Bazin, 1914) | 1 | |
| Tribe Xylotini | ハラナガハナアブ族 | キアシハラナガハナアブ | <i>Brachypalpooides simplex</i> (Shiraki, 1930) | 1 | |
| | | ナミルリイロハラナガハナアブ | <i>Xylota danieli</i> Mutin & Ichige, 2014 | 49 | |
| Subfamily Microdontinae | アリノスアブ亜科 | アリノスアブ族 | <i>Microdon tuberculatus</i> Shiraki, 1968 | 1 | |

が小さくても、ハナアブ類の応答の違いが表れたことから、緑地間においてハナアブ類の種組成を比較することが緑地の質を評価する一つの指標となりうると考えられた。

調査地点ごとのハナアブ類の体表付着花粉の種組成

ハナアブ類の体表付着花粉の分析の結果、2021年と2022年の2年間で102種類の花粉種が検出された(図3)。2年間の両年で検出された花粉種は44種類であった。2021年は64種類が検出され、この年でのみ検出されたのは20種類であった。2022年は82種類が検出され、この年でのみ検出されたのは46種類であった。また、花粉分析により検出された花粉種の74.5%が皇居の植物(生物学御研究所, 1989)に記載された植物種であった。一般的に、ハナアブ類は長距離移動する性質を持つため、体表付着花粉の全ての種が皇居に生育する植物種であるとは限らない。しかし、検出された花粉種の7割近くが皇居において生育が確認された種であったことから、皇居域に生育開花する植物種のモニタリングにハナアブ類の体表付着花粉の

分析が応用できると考えられた。皇居の植物(生物学御研究所, 1989)に掲載されていない種については、園芸用植栽種と考えられる種(ムラサキバレンギク)の他、DNA分析では種までの特定が不可能であったものが含まれていた。ハナアブ類の体表付着花粉から検出された植物種の多くは草本種(84.3%)であったが、低木類を含む木本種(15.7%)も検出された。また、風媒花種と考えられる植物種(23.5%)も検出され、ハナアブ類で報告されている風媒花粉食の行動(Ssymank and Gilbert, 1993)と一致する結果を示した。外来植物種については、検出された花粉種の29.4%を占めており、東京都の公表する外来種対策リスト掲載種(東京都環境局, 2025)の13.7%であった。花粉分析の最小単位であるハナアブの個体レベルでは、個体の46.8%に外来植物種の花粉が付着しており、東京都の公表する外来種対策リスト(東京都環境局, 2025)に記載の外来植物種の場合では、29.7%であった。このうち、確認された上位の種は、ツルドクダミ、コセンダングサ、セイタカアワダチソウであり、分析対象年に限らずに共通して検出された。

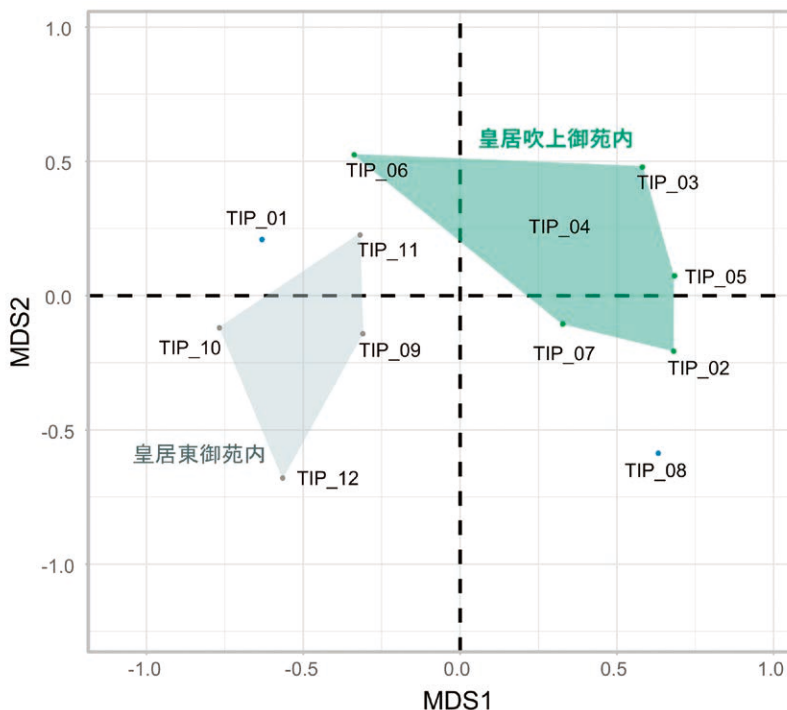


図2. ハナアブ類の種組成をNMDS解析したプロット図。

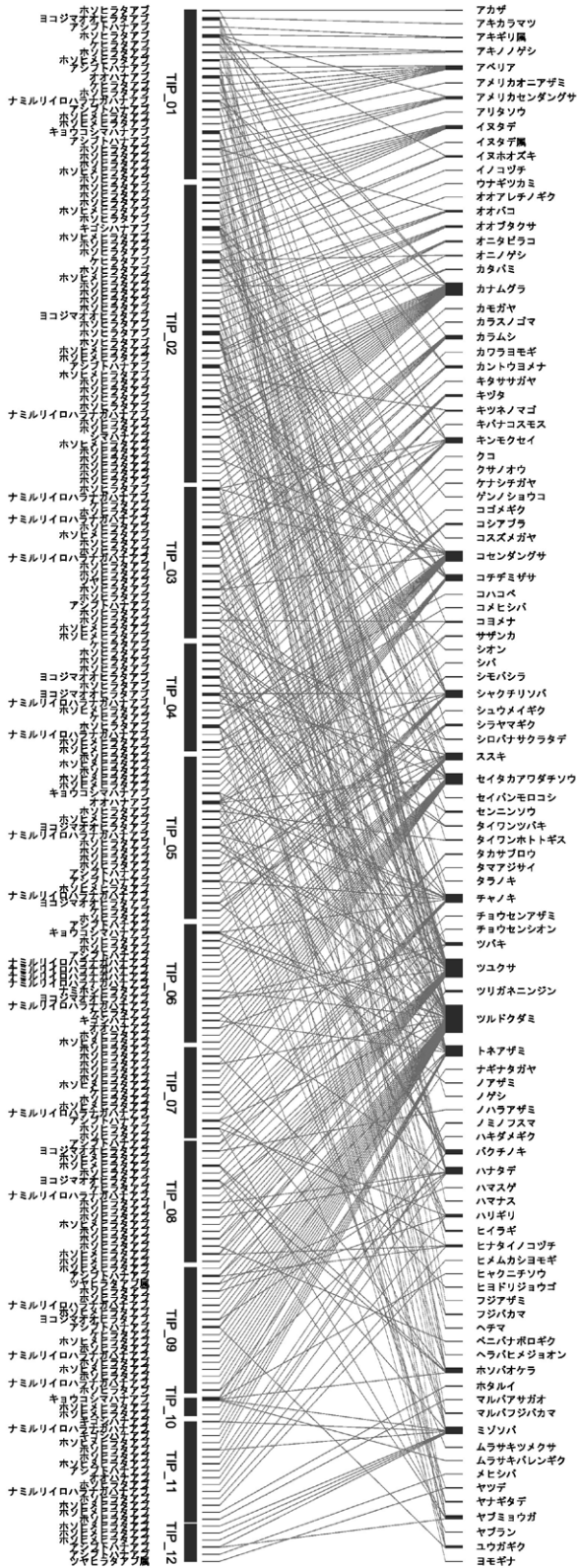


図3. 花粉分析の対象となったハナアブ類とその体表付着花粉種の繋がりを示す二部ネットワーク図。プロット下部のボックスがハナアブ類1個体に該当し、プロット上部のボックスが1花粉種に該当する。

次に、ハナアブ類の種組成と同様に、得られた花粉種をNMDSにより解析し平面上にプロットした(図4)。この図において、NMDSの2軸(縦軸)方向に見ると、自然度の高い吹上御苑内の地点が図の下部にまとまってプロットされるのに対して、人工的な影響の強い皇居東御苑内の地点は図の上部にプロットされ、二つの地域に分かれてプロットされた。NMDSの2軸の勾配に沿ってみると、2軸の値が大きい地点(TIP_09, TIP_11, TIP_12; 図4)に比較して、2軸の値が小さい地点では花粉種も多かった。このことから、皇居域内においては、吹上御苑内と皇居東御苑内ではハナアブ類の体表付着花粉種組成が異なり、吹上御苑内では花粉種が多様であった。一般的に、ハナアブ類のようなジェネラリスト訪花者においては、植物-送粉者間の相互作用が複雑化し、送粉ネットワークが安定かつ堅牢になると考えられている。皇居東御苑に比較して吹上御苑内において検出できた花粉種が多様であったことは、ハナアブ類

にとっての餌資源が豊富だけでなく、送粉サービスが安定的であることを示唆すると考えられた。加えて、ハナアブ類の種組成の解析において中間的な位置にあった二の丸雑木林は、花粉種の分析において、皇居東御苑内の地点よりもむしろ吹上御苑と同じ西地区に位置する紅葉山(TIP_08, 図1a)に近い位置にプロットされた(図4)。良質に管理された都市公園や緑地は送粉昆虫を誘引する潜在力を有すると考えられているように(Banaszak-Cibicka *et al.*, 2018; Theodorou *et al.*, 2020)、人工的な環境の多い皇居東御苑内においても緑地環境の管理によっては吹上御苑と同等程度に送粉サービスの質を向上できうる可能性が示唆された。以上のことから、ハナアブ類の種組成と同様に、緑地間において体表付着花粉種の組成を比較することも緑地の質を評価する一つの指標となりうると考えられた。加えて、外来植物種のモニタリングや送粉サービスの質の評価にもハナアブ類の体表付着花粉の分析が応用できると考えられた。

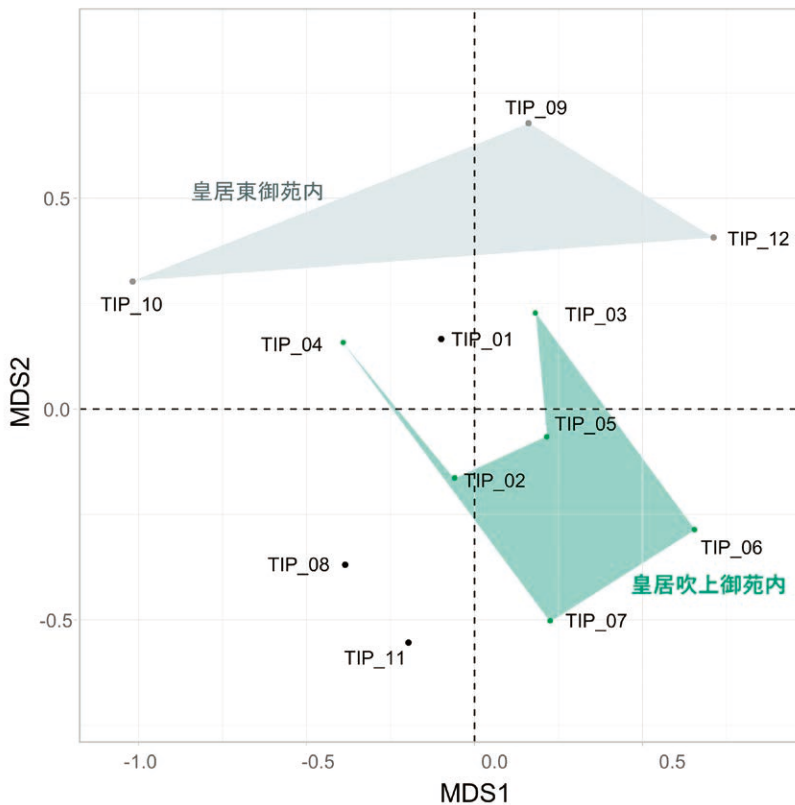


図4. ハナアブ類の体表付着花粉種組成をNMDS解析したプロット図。

謝 辞

本調査を行うにあたってご協力下さった宮内庁ならびに皇宮警察の職員の方々に厚く御礼申し上げます。特に、本調査に日程調整および調査への同行をしていただいた宮内庁庭園課の職員各位に厚くお礼を申し上げます。

引用文献

- Banaszak-Cibicka, W., L. Twerd, M. Fliszkiewicz, K. Giejdasz and A. Langowska, 2018. City parks vs. natural areas - is it possible to preserve a natural level of bee richness and abundance in a city park? *Urban Ecosystems*, **21**: 599–613.
- Cavender, N., P. Smith and K. Marfleet, 2019. BGCI Technical Review: The role of botanic gardens in urban greening and conserving urban biodiversity. BGCI Technical Review. Botanic Gardens Conservation International, Richmond, UK.
- Chen, T.-Y., C.-C. Chu, G. Fitzgerald, E. T. Natwick and T. J. Henneberry, 2004. Trap evaluations for thrips (Thysanoptera: Thripidae) and hoverflies (Diptera: Syrphidae). *Environmental Entomology*, **33**: 1416–1420.
- Cheng, T., C. Xu, L. Lei, C. Li, Y. Zhang and S. Zhou, 2016. Barcoding the kingdom *Plantae*: New PCR primers for ITS regions of plants with improved universality and specificity. *Molecular Ecology Resources*, **16**: 138–149.
- Gathof, A. K., A. J. Grossmann, J. Herrmann and S. Buchholz, 2022. Who can pass the urban filter? A multi-taxon approach to disentangle pollinator trait-environmental relationships. *Oecologia*, **199**: 165–179.
- Horiuchi, Y., C. Ishii, T. Kamijo and N. Tanaka, 2022. Generalist flower-visiting hoverflies as non-negligible actors in pollen transport network in a botanical garden: verification of a hoverfly pollen transport network using pollen DNA barcoding. *Arthropod-Plant Interactions*, **16**: 171–181.
- Klecka, J., J. Hadrava, P. Biella and A. Akter, 2018. Flower visitation by hoverflies (Diptera: Syrphidae) in a temperate plant-pollinator network. *PeerJ*, **6**: e6025.
- Lucas, A., O. Bodger, B. J. Brosi, C. R. Ford, D. W. Forman, C. Greig, M. Hegarty, P. J. Neyland and N. D. Vere, 2018. Generalisation and specialisation in hoverfly (Syrphidae) grassland pollen transport networks revealed by DNA metabarcoding. *Journal of Animal Ecology*, **87**: 1008–1021.
- R Core Team, 2024. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- Rossi, J., U. Gamba, M. Pinna, S. Spagnolo, C. Visentin and A. Alma, 2006. Hoverflies in organic apple orchards in north-western Italy. *Bulletin of Insectology*, **59**: 111–114.
- Ssymank, A. and F. Gilbert, 1993. Anemophilous pollen in the diet of Syrphid flies with special reference to the leaf feeding strategy occurring in *Xylotini*. *Deutsche Entomologische Zeitschrift*, **40**: 245–258.
- Theodorou, P., R. Radzevičiūtė, G. Lentendu, B. Kahnt, M. Husemann, C. Bleidorn, J. Settele, O. Schweiger, I. Grosse, T. Wubet, T. E. Murray and R. J. Paxton, 2020. Urban areas as hotspots for bees and pollination but not a panacea for all insects. *Nature Communications*, **11**: 1–13.
- Villa, M., S. A. P. Santos, R. Marrão, L. A. Pinheiro, J. A. López-Saez, A. Mexia, A. Bento and J. A. Pereira, 2016. Syrphids feed on multiple patches in heterogeneous agricultural landscapes during the autumn season, a period of food scarcity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **233**: 262–269.
- 大原賢二, 2000. 皇居のハナアブ科. 皇居の生物相III. 昆虫相. 国立科学博物館専報, **36**: 401–408.
- 生物学御研究所 (編), 1989. 皇居の植物. 保育社.
- 東京都環境局, 2023. 東京都レッドデータブック (本土部) 2023. pp. 689. 東京.
- 東京都環境局, 2025. 東京都外来種対策リスト. <https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/documents/d/kankyo/tokyo-invasive-species-list-pdf> [Accessed: 25 September 2025].