

学 位 論 文 題 名

Diversity of drosophilid flies in relation to forest structure,
with implications for sustainable use of forest ecosystem

(ショウジョウバエ類の多様性と森林構造との関係,
および森林生態系の持続的利用上の意義)

学位論文内容の要旨

今日地球規模で進む人為的要因による生物種の大量絶滅は、自然生態系の急速な劣化を引き起こしている。本来の複雑性とそれに付随する緩衝機能を失った生態系は、多様な生物種を維持出来なくなり、結果として更なる多様性の喪失を生み出す。この生物多様性の喪失と生態系機能の劣化の負の連鎖は、最終的に地球規模の生態系破壊につながると懸念される。現下の最重要課題は、生態系劣化の負の連鎖の発生を未然に防ぐことである。新たな総合科学としての生物多様性科学は、生物多様性（種多様性、種間関係、種間関係とともに環境との相互作用から生まれる進化）、そして人類の生存にとって不可欠である生態系からの一次産物と生態系サービスの持続的利用を保全するために、科学的な根拠に基づくデータ、展望、提案を社会に提供し、適切な生態系管理の方法を示す必要がある。

森林は陸上生態系のなかで最も高い生物多様性を擁している。森林生態系は、骨格生物である樹木が三次元的に枝・葉を展開することにより、非常に複雑な空間構造を作り出す。構造がより複雑な生息地が、より多くの種から構成される動物群集を許容できることはよく知られている。森林が許容する種多様性は、地球規模の空間スケール（例えば、熱帯と温帯）、地域スケール（例えば、構造が複雑な自然林と単純な二次林）、そして微小生息場所スケール（例えば、林冠と林床）で変異する。本研究は、熱帯から亜寒帯における森林生態系に生息する昆虫群集、特にショウジョウバエ類に着目し、それらの多様性とそのさまざまなスケールにおける空間分布パターンを明らかにすることを目的とした。

第一章では、マレーシア・サバ州の熱帯低地林、ダルマコット森林保護区において、森林の垂直方向の成層化と季節変動を考慮に入れ、飛翔性昆虫群集の高次分類群（目あるいは科）の個体数に対する森林伐採圧の影響を評価した。昆虫群集の個体数変動に最も大きな影響を与えているのは季節であった。伐採圧は林床の昆虫群集の個体数を大きく減らしたが、その影響は林冠では不明瞭だった。伐採による森林構造の変化が、日光による林内の水分蒸発量を上げ、林床における乾燥耐性の少ない昆虫群集の個体数を減らしたと考えられる。林床における昆虫群集の個体数は、森林生態系に対する伐採圧の影響を比較的簡便に評価する指標となり得ると考えられる。

第二章では、ショウジョウバエ群集に注目し、さまざまな伐採圧を受けた森林が混在するダルマコット森林保護区において、伐採による森林構造の複雑性の変化を介した生息地異質性とショウジョウバエ類の種多様性の関係を論じた。全体の種多様度（ガンマ多様度）を極所内多様度（アルファ多様度）と極所間多様度（ベータ多様度）の和と定義する概念（additive partitioning of species diversity）に基づいて、森林の林床から林冠まで垂直的に設置したトラップによってサンプリングされたショウジョウバエ群集全体の多様度をトラップ内多様度とトラップ間多様度に分割し、それぞれの多様度と環境変量との関係をモデル選択により分析した。森林性ショウジョウバエ群集の垂直方向のベータ多様度（トラップ間多様度）は葉群層の垂直方向の複雑性と正の相関関係にあった。ショウジョウバエ種の垂直方向の組成変化、もしくはすみわけの強さは、森林植生の垂直構造の複雑性に依存していると考えられる。一方、調査プロット（0.2ha）内の水平方向の森林構造の複雑性はショウジョウバエ群集の種多様度と無関係だった。伐採による垂直方向の森林構造の単純化はベータ多様度を減少させたが、ガンマ多様度は森林構造の変化の影響を受けなかった。これは、ショウジョウバエ類の分散能力が高く、モザイク状に配置された未伐採の森林が、隣接する伐採林に対して、多くのショウジョウバエ種の避難所として機能しているためと考えられる。

第三章では、亜寒帯、冷温帯、熱帯の異なる森林において、入れ子構造の複数の空間スケールでサンプリングを行い、異なる気候帯において森林性ショウジョウバエ群集の種多様性が空間的にどのように形成されるかを解析した。それぞれの森林におけるショウジョウバエ群集のガンマ多様度は、南に向かって増大する顕著な緯度勾配を示した。また、ガンマ多様度の空間スケールごとの階層分割により、この多様度の緯度勾配は、主に林内垂直方向のベータ多様度、つまり林床から林冠にかけてのショウジョウバエ種の構成の違いによることが示された。また、森林の水平方向の異質性によるベータ多様度も南に向かって増大しており、水平方向のベータ多様度も副次的に地域の全多様度に貢献していることが示された。森林に生息する昆虫群集の多様性、種数ならびに分布パターンを理解するためには、森林の持つさまざまな空間スケールでの三次元構造を考慮に入れることが不可欠である。

昆虫群集の多様性の高さが森林生態系の健全な機能を反映、支持するのならば、森林構造の三次元的複雑性を、極所レベルから景観レベルまで、一定の水準以上に維持することは、人類が持続的に森林生態系サービス、森林からの一次生産物を享受するために不可欠であるといえる。その一例として、ダルマコット森林保護区で行われている“Reduce Impact Logging”による森林管理は、昆虫群集の多様性を保持する上で極めて有効に機能しているといえる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 戸 田 正 憲

副 査 教 授 木 村 正 人

副 査 准教授 隅 田 明 洋

副 査 教 授 片 倉 晴 雄 (大学院理学研究院)

学 位 論 文 題 名

Diversity of drosophilid flies in relation to forest structure, with implications for sustainable use of forest ecosystem

(ショウジョウバエ類の多様性と森林構造との関係,
および森林生態系の持続的利用上の意義)

森林は複雑な空間構造を持ち、最も高い生物多様性を擁する陸上生態系である。しかし、熱帯林の減少は、とどまることを知らないスピードで進行している。豊かな生息環境の喪失や分断化は、生物種の大量絶滅を引き起こす。そして、生態系のキーストーン種や重要な機能群の種多様性の減少が、生態系の更なる劣化を引き起こす。本来の機能を失った生態系は、多様な生物種を維持出来なくなり、更に連鎖的な種多様性の喪失を招く。生物多様性科学は、こうした生態系劣化の負の連鎖を防ぎ、生態系の持続的利用を目標とする、適切な生態系管理の方法を示す必要がある。

申請論文は、そのための科学的基盤を構築するために、熱帯から亜寒帯における森林に生息する飛翔性昆虫群集、特にショウジョウバエ類に着目し、それらの多様性の空間的構成を、森林植生の三次元空間構造と関連付けて明らかにすることを目的としている。

第一章では、マレーシア・サバ州の熱帯低地林、ダルマコット森林保護区において、飛翔性昆虫群集の高次分類群（目あるいは科）の個体数に対する森林伐採圧の影響を評価している。その結果、伐採圧は林床の昆虫群集の個体数を大きく減らす、その影響は林冠では不明瞭であることが明らかにされた。森林生態系の人為的攪乱が急速に進みつつある現在、その複雑な生態系の総体（生物多様性と生態系機能）を的確かつ簡便に評価・モニタリングする必要性に迫られているが、本研究は、林床における高次昆虫分類群の個体数が、森林生態系に対する伐採圧の影響を比較的簡便に評価する指標となり得ることを示した点で評価できる。

第二章では、伐採による森林構造の複雑性の変化とショウジョウバエ群集の多様性の関係を論じている。森林の林床から林冠まで垂直的に設置したトラップによってサンプリングされたショウジョウバエ群集全体の多様度（ガンマ多様度）をトラップ内多様度（アルファ多様度）とトラップ間多様度（ベータ多様度）に分割し、それぞれの多様度と環境変量との関係を分析した結果、（１）森林性ショウジョウバエ群集の垂直方向のベータ多様度（トラップ間多様度）は葉群層の垂直方向の複雑性と正の相関関係にあること、

(2) 一方、ガンマ多様度(全多様度)は森林構造の変化の影響を受けていないこと、を明らかにした。このことは、伐採による垂直方向の森林構造の単純化がベータ多様度

(ショウジョウバエ種の垂直方向のすみわけの強さ)を減少させ、種間競争ひいては競争排除を助長する可能性があるが、ダルマコット森林保護区では、その影響が全多様度には及んでいないことを意味している。申請論文は、このことを、モザイク状に配置された未伐採および古い伐採区の森林が、隣接する伐採林に対する避難所として機能しているためと考察し、調査地で試験されている持続的な熱帯林利用をめざした施業方法の有効性に関して、生物多様性保全の観点から1つの科学的論拠を与えた点で評価できる。

第三章では、多様度分割(ガンマ多様度=アルファ多様度+ベータ多様度)の方法論を、入れ子構造の複数の空間スケールに適用し、亜寒帯、冷温帯、熱帯の異なる気候帯において、森林性ショウジョウバエ群集の種多様性が空間的にどのように形成されるかを解析している。その結果、(1)それぞれの森林におけるショウジョウバエ群集のガンマ多様度は、南に向かって増大する顕著な緯度勾配を示すこと、(2)このガンマ多様度の緯度勾配は、主に林内垂直方向のベータ多様度よること、(3)また、森林の水平方向の異質性によるベータ多様度も南に向かって増大し、副次的に地域の全多様度の緯度勾配に貢献していること、が明らかにされた。このように、森林に生息する昆虫群集の多様性とその空間分布パターンを理解するためには、森林の持つさまざまな空間スケールでの三次元構造を考慮に入れる必要があることを、具体的なデータ解析で示したことが、高く評価できる。

以上のように、申請論文の研究は、森林性昆虫、特にショウジョウバエ類の生物多様性の空間的構成と森林植生の三次元構造との関係を、一熱帯林の視座から地球規模の森林生態系の比較にまで展開したもので、「一般に、森林性飛翔昆虫の生物多様性は、第一義的には植生の垂直方向(成層構造)の複雑性によって、二義的には水平方向の林相・構造の複雑性によって維持される」ことを明らかにした点は、群集生態学における大きな貢献である。また、このことを踏まえて、人類が持続的に森林生態系を利用するためには、生物多様性保全の観点から、森林構造の三次元的複雑性を、極所レベルから景観レベルまで、一定の水準以上に維持する必要があると提言している点も、今後、適切な森林生態系管理の方法を策定、改良する上で意義が大きい。

よって、申請者は博士(環境科学)の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。