

氏名	木村 彰宏
本籍（国籍）	群馬県
学位の種類	博士（農学）
学位記番号	連研第 815 号
学位授与年月日	令和 4 年 3 月 2 3 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当課程博士
研究科及び専攻	連合農学研究科 地域環境創生学専攻
学位論文題目	ブナ林に生息する樹上性昆虫の群集構成の地理パターンおよび交雑に伴う進化に過去の氷期と間氷期の繰り返しを与える影響 (Geographic pattern of the community structure and the evolution associated with hybridization in arboreal insects in Japanese beech forests due to past glacial-interglacial climate change)
学位審査委員	主査 弘前大学准教授 池田 紘士 副査 弘前大学准教授 中村 剛之 副査 岩手大学講師 松木 佐和子 副査 山形大学准教授 斎藤 昌幸

論文の内容の要旨

鮮新世や更新世の氷期と間氷期の繰り返しなどの過去の大規模な気候変動は、動物の分布変遷に大きな影響を与えてきた。また、動物自体の生態である食性も、利用できる餌資源の違いによって動物の分布に影響を与えると考えられる。本研究では、ブナ林に生息する樹上性昆虫における群集構成に地理的距離に伴う地理パターンが存在するかの検証、およびブナ林に生息する樹上性昆虫の中で、肉食性甲虫である *Asiopodabrus* 属と植食性甲虫であるクチブトゾウムシ亜科について、交雑に伴う遺伝子浸透や繁殖形質の分化による生殖的隔離の強化をもたらしたかの検証を行った。これによって、上記の 2 つの要因が温帯のブナ林における樹上性昆虫の群集構成や異所的種分化に影響を与えてきたことを明らかにすることを目的とした。

2 章では、本州北部のブナ林に生息する樹上性昆虫群集を対象に、群集構成の地理パターンを調べた結果、地理的距離に伴う入れ子構造が存在することが明らかになった。また、植食性のカメムシ目でのみ地理的距離と群集構成の非類似度の間に正の相関がみられた。これらのことから、青森県のブナ林に生息する樹上性昆虫の群集構成には、群集内に分散能力の低い植食性昆虫を含むことで、地理的距離に伴う地理パターンが存在することが示唆された。

3 章では、*Asiopodabrus* 属を対象に、核 DNA とミトコンドリア DNA の系統樹を比較することで、近縁種間で交雑に伴う遺伝子浸透が存在するかを調べた。その結果、核 DNA の系統樹では、それぞれの種ごとに単系統が形成されたが、ミトコンドリア DNA の系統樹では、下北半島から得られた *A. aomoriensis* の個体と、それ以外から得られた *A. aomoriensis* の個体が単系統を形成せず、別種である *A. towadanus* と単系統を形成した。さらに、*A. towadanus* と単系統を形成した *A. aomoriensis* 個体のミトコンドリア DNA のハプロタイプは、*A. towadanus* のハプロタイプと同一、あるいはほぼ同一のハプロタイプであった。これらのことから、*A. towadanus* から *A. aomoriensis* へ一方向性の遺伝子浸透が生じたことが示

唆された。また、遺伝子浸透が生じていた集団に、繁殖形質の分化による生殖的隔離の強化が生じているかを調べるために、雄交尾器を対象とした形態解析を行ったが、雄交尾器の形態には種内で分化はみられなかった。このことから、繁殖形質の分化による生殖的隔離の強化は生じていないことが示唆された。さらに、解析した *Asiopodabrus* 属 9 種のうち、7 種の分岐が更新世(1-258 万年前)に生じたと推定された。加えて、多くの地点で採集された *A.*

sannoanus や *A. towadanus* では地理的距離と核 DNA およびミトコンドリア DNA の遺伝的距離の間に正の相関がみられた。これらのことから、*Asiopodabrus* 属において、更新世の気候変動が集団間の遺伝分化や異所的種分化を促したことが示唆された。

4 章では、クチプトゾウムシ亜科を対象に、核 DNA とミトコンドリア DNA の系統樹を比較することで、交雑に伴う遺伝子浸透が生じたかを調べた。その結果、解析に使用した 5 種の間では遺伝子浸透の痕跡はみられなかった。一方で、核 DNA の系統樹から、*Nothomylocerus griseus* の種内には約 403 万年前の鮮新世の氷期の寒冷化が生じた時期に分岐した 2 つの系統(A 系統, B 系統)が存在することが示唆された。さらに、A 系統と B 系統間で雄交尾器形態の比較を行った結果、系統間で雄交尾器の形態が異なることが示唆されたことから、*N. griseus* の種内に遺伝的・形態的に別種レベルに分化した 2 つの系統が存在することが示唆された。また、A 系統と B 系統の間でミトコンドリア DNA の共有がみられた。さらに、A 系統の個体が 4 章の調査地のほとんどでみられたのに対し、B 系統の個体は、主に青森県南東部の調査地で A 系統と同所的にみられた。これらのことから、A 系統が優占していた青森県の山地に B 系統が侵入したことで、広い範囲で交雑に伴うミトコンドリア DNA の遺伝子浸透が生じている可能性がある。また、別種レベルに分化した A 系統と B 系統間で遺伝子浸透が示唆されたため、系統間で繁殖形質の分化による生殖的隔離の強化が生じているかを調べるために、雄交尾器を対象とした形態解析を行った。その結果、ミトコンドリア DNA の浸透がみられない集団(非交雑集団)の A 系統と浸透が示唆された集団(交雑集団)の A 系統の個体間、および交雑集団の A 系統個体と交雑集団の B 系統個体の間で、雄交尾器形態に有意な違いがみられた。このことから、*N. griseus* の A 系統と B 系統では、交雑による適応度の低下をさけるために雄交尾器が分化し、生殖的隔離の強化が生じた可能性がある。

以上のことから、温帯のブナ林に生息する昆虫においては、更新世や鮮新世の大規模な気候変動が分布変遷に影響を与えているが、それによる遺伝分化の大きさは生物自体の食性によって異なることが明らかになった。さらに、二次的接触時の遺伝分化の大きさに関連して、その後の遺伝子浸透や繁殖形質の分化などの交雑に伴う進化現象のパターンも異なることが考えられる。

論文審査の結果の要旨

本研究では、ブナ林に生息する樹上性昆虫における群集構成に、地理的距離に伴う地理パターンが存在するかの検証、および樹上性昆虫の中で、肉食性甲虫と植食性甲虫について、交雑に伴う遺伝子浸透や繁殖形質の分化による生殖的隔離の強化が生じたかの検証を、東北北部のブナ林に生息する樹上性昆虫を用いて行った。これによって、氷期一問氷期サイクルによる過去の大規模な気候変動および昆虫自体の食性が、温帯のブナ林における樹上性昆虫の群集構成や異所的種分化に影響を与えてきたことを明らかにすることを目的とした。

その結果、地理的距離とともに群集の類似性が下がることを明らかにし、これが氷期後の分布拡大と関連していることを示唆する結果を得た。また、肉食性の甲虫目ジョウカイボン科に

着目し、氷期-間氷期サイクルの間の集団間の分化によって種分化が生じてきたことや、その後の二次的接触によって近縁な種間で交雑が起きてきたことを明らかにした。さらに、植食性昆虫の代表として甲虫目ゾウムシ科に着目し、カシワクチブトゾウムシの種内に、氷期-間氷期サイクルに伴って分化してきた2つの系統が存在し、それらの系統間で、交雑による遺伝子浸透が近年生じたこと、および雄交尾器が種内で分化して生殖的隔離の強化が生じたことを示唆する結果を得た。

論文の内容に関しては、論文内に示されている食性に関する仮説を検証する上では、対象とした種数やや不十分である点や、飛翔能力などの他の要因も影響を与えている可能性など、仮説に関する指摘があった。また、論文内で示した遺伝子浸透という現象について、それに対する考察をより深める必要がある点などについて指摘があった。このように、検討すべき点についてはいくつか指摘があったものの、上記のように、氷期-間氷期サイクルと関係した森林の昆虫群集における分布拡大と進化について、新たな知見をもたらす研究であることは評価された。

以上のように、「岩手大学大学院連合農学研究科博士学位論文審査基準」に則り審査した結果、本審査委員会は、本論文を博士（農学）の学位論文として十分価値のあるものと認めた。

学位論文の基礎となる学術論文

Kimura A, Ikeda H (2021) Graphical pattern in the community structure of arboreal insects in beech forests in northern Japan, *Journal of Forest Research*, 27: 63–70