

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 7 日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K14755

研究課題名(和文) カシノナガキクイムシの飛翔行動と寄主への反応

研究課題名(英文) Flight behavior of Platypus quercivorus and their response to host leaves

研究代表者

山崎 理正 (Yamasaki, Michimasa)

京都大学・農学研究科・助教

研究者番号：80263135

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：病原菌を運搬することでナラ枯れを引き起こすカシノナガキクイムシについて、羽化脱出直後の飛翔方向を野外で確認する方法を開発した。フライトミルを利用した室内実験で、カシノナガキクイムシには20km以上飛翔する能力があること、集合フェロモン存在下では飛翔速度は変わらないものの飛翔距離が雄でも雌でも長くなることを明らかにした。また、飛翔前と比べて飛翔後にはカシノナガキクイムシの正の走光性が低下することが明らかになった。カシノナガキクイムシは寄主の健全葉からの揮発性物質には誘引されるが、乾燥葉からの揮発性物質は忌避すること、飛翔の前後でこれらの反応は変化しその様式は雄と雌で異なることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Platypus quercivorus is the vector beetle of the pathogenic fungi which cause Japanese oak wilt. The method to measure the direction of beetle flight immediately after their emergence was developed. Experiments with flight mill revealed that the flight capacity of the beetle is over 20km, and that the flight distance of males and females get longer in the presence of aggregation pheromone. It was also shown that the positive phototaxis of the beetle decrease after flight, suggesting that this taxis is not necessary for the beetle after certain flight. Laboratory studies using olfactometer revealed that the beetle is attracted to the volatile from fresh leaves and repel the volatile from dried leaves of their host tree, and that patterns of these responses change during their flight in a different way between males and females. It became clear that this beetle has a strong nature of a primary pest.

研究分野：森林昆虫学

キーワード：カシノナガキクイムシ 飛翔行動 フライトミル フェロモン オルファクトメーター 揮発性物質
ミズナラ コナラ

1. 研究開始当初の背景

日本各地で発生し問題となっているナラ枯れの防除方法を確立するためには、病原菌の媒介者であるカシノナガキクイムシの基礎生態の理解が不可欠だが、その飛翔行動については不明な点が多い。申請者らはカシノナガキクイムシが羽化脱出する際に自動的に蛍光パウダーで標識される蛍光付着管を開発し、これを利用して直近ではなく前年被害木から 100m 程度のところに分散のピークがあるらしいことを示した。このような直近には飛ばないという移動分散パターンは、どのような行動様式で生み出されているのだろうか。

申請者らは、カシノナガキクイムシは羽化脱出後一旦林冠より上まで上昇し、移動分散フェーズを経てから寄主探索フェーズに入っている、という仮説を構築した。羽化脱出したカシノナガキクイムシの上方にはそれまで寄主として利用した樹木の樹冠が広がっているわけだが、多くの場合寄主木は既に枯死しているため、葉の付いた樹冠ではなく明るいギャップが広がっていることになる。カシノナガキクイムシには正の走光性があることが報告されており、この性質が羽化脱出後明るい上方へと向かうためのものだと考えた。また、飛翔経験を積まないと寄主やフェロモンに反応しないことが他種のキクイムシで報告されていることから、移動分散フェーズから寄主探索フェーズへの切替を着想した。

ナラ枯れは前年度の被害地から数 km 離れた場所で飛び火的に発生することもあり、数百 m の移動分散だけでは説明できない。これについては、個体によって移動分散戦略に差があるという仮説を立て、これをフライトミルを用いた室内実験で検証することを計画した。

2. 研究の目的

- (1) 前年穿孔木より羽化脱出したカシノナガキクイムシは、まずどの方向に飛翔するのだろうか。これに関する先行研究はなく、まずは検証する調査実験方法の確立が必要である。また、羽化脱出するカシノナガキクイムシからすると枯死木は無被害木よりも上方が明るくなっていると思われるが、樹冠の重なり具合は様々なので確認が必要である。
- (2) カシノナガキクイムシの飛翔距離については被害木の分布拡大から推定されているだけで、直接測定した例はない。野外での測定は難しいので、他種キクイムシで利用されているような飛翔をシミュレートする機器の開発が必要である。カシノナガキクイムシの場合、

雄と雌では寄主探索における役割が異なるので、飛翔特性にも性差があるかもしれない。初期に寄主木に穿入したカシノナガキクイムシの雄は集合フェロモンを分泌し、同種他個体を呼び寄せて寄主木を集中加害することが知られている。フェロモンも飛翔に影響を及ぼしている可能性があり、検証が必要である。

- (3) カシノナガキクイムシには正の走光性があることが知られている。この性質が羽化脱出直後の上方への飛翔のために必要だとしても、ある程度飛翔した後に寄主木を探索する段階では必要ないので、飛翔後は正の走光性が低下するかもしれない。一般にキクイムシは、寄主から発せられる一次誘引物質と、フェロモンなどの二次誘引物質を利用して寄主を探索する。カシノナガキクイムシの一次誘引物質は明らかにされていないが、本研究では葉からの揮発性物質を候補としてあげた。また、キクイムシは衰弱しつつある個体や枯死した個体を寄主として利用するのが一般的なので、葉の状態によってカシノナガキクイムシが誘引される度合も異なると予想した。これらの反応も飛翔の前後で異なるかもしれない、検証が必要である。

以上より、カシノナガキクイムシの飛翔行動と寄主への反応について、下記の 3 点を明らかにすることを目的とした。

- ・羽化脱出直後の飛翔方向と光環境との関係
- ・飛翔行動にみられる性差と集合フェロモンの影響
- ・飛翔前後での光と寄主木に対する反応の変化

3. 研究の方法

- (1) 京都府東部の二次林で、2014 年にカシノナガキクイムシに穿孔されて枯死したミズナラの穿孔穴に、羽化脱出したキクイムシに蛍光パウダーが付着するような管を取り付けた。これらの枯死木の周囲に粘着剤を塗布した 1m 四方のメッシュを 96 枚配置し、2015 年 7 月末から 9 月末にかけて 5~8 日間隔で、粘着メッシュで捕獲されたカシノナガキクイムシを計数した。枯死木から各メッシュ方向への方位角と高低角及び相対照度を測定し、これとは別に無被害木 3 本と枯死木 3 本の地際部で、水平方向、45 度、垂直方向の相対照度を測定した。

- (2) カシノナガキクイムシ用に開発したフライトミル(昆虫の飛翔を室内でシミュレートする機器)を利用して室内実験を行い、まずその飛翔特性を調べた。2015年6月、前年度に攻撃されて枯死したミズナラを伐採し、カシノナガキクイムシが多く穿入している地際部を掘り起こして実験室内に持ち込み、穿入孔に羽化トラップを取り付けた。2015年7~8月、羽化脱出してトラップ内に捕獲されたカシノナガキクイムシを毎朝回収し、フライトミルに取り付けてその飛翔速度と飛翔時間を計測し、飛翔距離を推定した。次に、集合フェロモンが飛翔に及ぼす影響を、同様にフライトミルを用いて調べた。2016年5月、前年度に攻撃されて枯死したコナラを伐採し、カシノナガキクイムシが多く穿入している地際部を掘り起こして実験室内に持ち込み、穿入孔に羽化トラップを取り付けた。2016年6月、羽化脱出してトラップ内に捕獲されたカシノナガキクイムシを毎朝回収し、実験に供した。フライトミルを3台設置したチャンバーを準備し、チャンバー内に合成フェロモンを含む空気を送り込んだ場合と含まない空気を送り込んだ場合で、飛翔速度、飛翔時間、飛翔距離を比較した。
- (3) まず、光に対する反応が飛翔の前後で変化するかどうかを調べた。2015年6月、前年度に攻撃されて枯死したミズナラを伐採し、カシノナガキクイムシが多く穿入している地際部を掘り起こして、大学内の苗畑に持ち込み、穿入孔に羽化トラップを取り付けた。2015年6~8月、羽化脱出してトラップ内に捕獲されたカシノナガキクイムシを毎朝回収し、実験室に持ち込んで暗室内で走光性を調べた。その後フライトミルに取り付けて自由に飛翔させ、飛翔終了後に再度走光性を調べた。実験期間内に25頭の雄、35頭の雌、総計60頭のカシノナガキクイムシを測定に供した。得られたデータを用いて一般化線形混合モデルを構築し、カシノナガキクイムシが正の走光性を示す確率に何が影響を及ぼしているのかを解析した。次に、寄主木の葉からの揮発性物質に対する反応が飛翔の前後で変化するかどうか、また、葉の状態によって反応が異なるかどうかを調べた。2016年5月、前年度に攻撃されて枯死したコナラを伐採し、カシノナガキクイムシが多く穿入している地際部を掘り起こして、大学内の苗畑に持ち込み、穿入孔に羽化トラップを取り付けた。2016年6~7月、羽化脱出してトラップ内に捕獲されたカシノナガキクイムシ

を毎朝回収し、実験室に持ち込んで、オルファクトメーターを利用して葉からの揮発性物質に対する反応を確認した。具体的には、カシノナガキクイムシの寄主木であるミズナラの葉からの揮発性物質を含む空気と、活性炭で浄化した空気をY字管内に送り込み、カシノナガキクイムシに選択させた。その後フライトミルに取り付けて自由に飛翔させ、飛翔終了後に再度選択試験を行った。ミズナラの葉は実験当日の朝に採取した新鮮葉と、1~9日前に採取し実験室内に放置した乾燥葉を準備し、カシノナガキクイムシの反応を比較した。実験期間内に38頭の雄、69頭の雌、総計107頭のカシノナガキクイムシを測定に供した。得られたデータを用いて一般化加法混合モデルを構築し、カシノナガキクイムシがミズナラの葉からの揮発性物質を選択する確率に何が影響を及ぼしているのかを解析した。

4. 研究成果

- (1) 地際部の相対照度は、水平から垂直に向かうほど高くなる傾きが無被害木より枯死木の方が大きく、ギャップの効果が確認された。調査期間中に捕獲されたカシノナガキクイムシは56頭だったが、そのうち蛍光パウダーが確認できたのは2頭だった。96枚のメッシュの相対照度は0.9%から22.9%の範囲ではらついていたが、2頭が捕獲された2枚のメッシュの相対照度はそれぞれ3.4%と12.8%だった。捕獲されたメッシュは相対的に明るい場所には位置していたが、光環境がカシノナガキクイムシの飛翔方向に及ぼす影響を考察するにはデータが不十分だった。今回の方法で捕獲できることは確認できたので、メッシュの配置数や配置方法を改善すれば、カシノナガキクイムシの羽化脱出直後の飛翔方向と光環境の関係を明らかにすることができると思われた。
- (2) フライトミルで推定されたカシノナガキクイムシの飛翔距離の最大値は27.3kmで、個体間のばらつきが大きく、飛翔距離に性差は認められなかった。また、集合フェロモンが飛翔に及ぼす影響をフライトミルで調べたところ、フェロモン存在下ではフェロモンがない時と比べて飛翔速度は変わらないものの、飛翔時間と飛翔距離が雄でも雌でも長くなることが明らかになった。フェロモン存在下では30km以上飛翔する個体も見受けられた。性フェロモンとは異なり雄も雌も誘引するのが集合フェロモンなので、得られた結果は

納得できるものである。また、カシノナガキクイムシはフェロモンを検出できる環境下では本来の飛翔能力を発揮するが、フェロモンを検出できない環境下では飛翔を中断していることが示唆された。

- (3) 一般化線形混合モデルによる解析の結果、飛翔前と比べて飛翔後にはカシノナガキクイムシの正の走光性が低下することが示された。フライトミルに取り付けた後に飛翔しなかった個体では走光性の変化が認められず、飛翔した個体で認められた走光性の低下はフライトミルに取り付けたことによるものではなく、飛翔によって生じたことが明らかとなった。走光性に性差は認められず、飛翔時間が走光性に及ぼす影響も認められなかった。また、一般化加法混合モデルによる解析の結果、カシノナガキクイムシは寄主の新鮮葉からの揮発性物質には誘引されるものの、寄主の乾燥葉からの揮発性物質は忌避することが明らかとなり、カシノナガキクイムシが衰弱しつつある寄主を選択しているという仮説が棄却された。この結果は、健全な寄主を攻撃するというカシノナガキクイムシの一次性昆虫としての性質を強く示すものである。飛翔に伴う反応の変化には性差が認められ、飛翔時間が長くなるほど新鮮葉に対する選好性が低くなる傾向が雌のみ認められた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 1 件)

Pham DL, Ito Y, Okada R, Ikeno H, Isagi Y, Yamasaki M (2017) Phototactic behavior of the ambrosia beetle *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae) before and after flight. *Journal of Insect Behavior* 30(3): 318-330. DOI: 10.1007/s10905-017-9615-3

[学会発表](計 4 件)

山崎理正, Pham DL, 伊東康人 (2017年3月28日) 羽化脱出直後のカシノナガキクイムシの飛翔生態. 第128回日本森林学会大会(鹿児島)
奥田直人, 岡田龍一, Pham DL, 伊東康人, 山崎理正, 池野英利 (2017年3月27日) 集合フェロモンによってカシノナガキクイムシの飛翔特性に違いが生じるか? 第128回日本森林学会大会(鹿児島)

深谷智史, 奥田直人, 岡田龍一, 伊東康人, 池野英利, 山崎理正 (2016年3月29日) カシノナガキクイムシの飛翔能力は何によって決まるのか. 第127回日本森林学会大会(藤沢)

Pham DL, Yamasaki M, Ito Y, Okada R, Ikeno H (2016年3月22日) Phototaxis behavior of ambrosia beetle *Platypus quercivorus* before and after flight. 第63回日本生態学会大会(仙台)

[図書](計 0 件)

[その他]

ホームページ

http://www.forestbiology.kais.kyoto-u.ac.jp/ri-sei/kakenhi_15K14755/index.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山崎理正 (YAMASAKI, Michimasa)
京都大学・大学院農学研究科・助教
研究者番号: 80263135

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

池野英利 (IKENO, Hidetoshi)
兵庫県立大学・環境人間学部・教授
研究者番号: 80176114

伊東康人 (ITO, Yasuto)

兵庫県立農林水産技術総合センター・森林林業技術センター資源部・研究員
研究者番号: 70510923

(4) 研究協力者

なし