

令和 4 年 9 月 28 日現在

機関番号：82104

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K18808

研究課題名(和文) サバクトビバッタの相変異：群生相が砂漠で大型卵を産む生態学的意義の解明

研究課題名(英文) Adaptive significance of producing large offspring in locusts

研究代表者

前野 浩太郎 (Koutaro, Maeno)

国立研究開発法人国際農林水産業研究センター・生産環境・畜産領域・任期付研究員

研究者番号：70600112

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：サバクトビバッタの母親は群生相化すると産卵数を減らす代わりに、大型の卵を産むことが知られており、本申請者はこの相変異が関係した繁殖能力の生理・生態学的研究に従事してきた。その中で、大型の卵から孵化した幼虫の方が小型のものよりも飢餓条件に強いことなどを明らかにしてきた。本種の生息地であるアフリカのサハラ砂漠で行ったフィールドワーク中に雌成虫が産卵する現場に遭遇した。一連の観察の中で、どのように群生相が行動し、交尾・繁殖しているのかを調査した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

サバクトビバッタは、深刻な農業被害をもたらす移動性害虫の一種である。西アフリカのモーリタニアから中東、インドまでの南西アジアにかけて広く分布し、約60カ国が農業被害に遭い、その面積は地球上の陸地面積の約20%、世界人口の約10%に及ぶとされる。このバッタが秘めている様々な能力が挙げられる。とくに、行動、形態、生理的特徴を組み合わせに応じて変化させる特殊能力「相変異」を持つことである。群生相化したバッタの行動や生理的特徴を解明することで、大発生メカニズムの理解に繋がり、新規防除技術の開発に寄与することが期待される。

研究成果の概要(英文)：We addressed why locusts show phase polyphenism by conducting field survey and laboratory experiments. We found that gregarized characteristics have some benefits under harsh conditions.

研究分野：昆虫学

キーワード：砂漠 バッタ

1. 研究開始当初の背景

サバクトビバッタは混み合いに応答し、行動、形態、生理的形質を連続的に変化させる表現型可塑性である相変異を示す。低密度下で生じる孤独相は単独性で大人しく、他個体を避ける。一方、高密度下で発育した個体は群生相と呼ばれ、活発に動き回り、群れで移動する。群生相化すると様々な諸形質に変化が生じ、短期間の内に爆発的に個体群を増加させることから、相変異は大発生メカニズムを解明する上で重要であると考えられてきた。

サバクトビバッタの母親は群生相化すると産卵数を減らす代わりに、大型の卵を産むことが知られており、本申請者はこの相変異が関係した繁殖能力の生理・生態学的研究に従事してきた。一連の研究の中で、大型の卵から孵化した幼虫の方が小型のものよりも飢餓条件に強いことなど群生相化する適応的意義を明らかにしてきた。本種の生息地であるアフリカのサハラ砂漠で行ったフィールドワーク中に群生相化した雌成虫が集団で産卵する現場に遭遇した。一連の観察の中で、どのように群生相が行動し、交尾・繁殖しているのかを調査した。

2. 研究の目的

本研究では、アフリカで大発生し、農作物に深刻な被害を及ぼすサバクトビバッタを対象に、密度依存的に子のサイズを可塑的に変化させる生態学的意義を解明することを目的としている。これまでの調査で、繁殖行動、摂食行動、産卵行動などの生活史に関係した行動形質はそれぞれが密接にリンクしているため、一つの現象にだけ注目せずに包括的に捉えることが問題解決に向けて重要であると考えられた。そこで、本申請課題では、成虫の産卵に至るまでの一連の行動を研究対照とし、またフィールドワークで得られた現場の自然状態を再現した実験系をデザインし、室内で操作実験することで、これまで見落とされてきたサバクトビバッタの相変異の真の機能を解明することを目的とする。具体的な課題は下記の通りである。

(1) 野外における産卵場所選択

(2) アルビノ突然変異体を用いた精子間競争の解明

(3) マイクロハビタットの選択

3. 研究の方法

(1) 野外における産卵場所選択

サバクトビバッタは乾燥した地中には産卵せずに選択的に湿った地中に産卵する。どこに産卵しているかを調査するためには、直接産卵を観察する方法と、孵化場所を観察する方法がある。野外調査中に孵化してくる個体群に遭遇し、1時間おきに3日連続して、孵化を確認し、孵化場所に目印を置き、砂のタイプ(砂または土)、地中の湿り具合、

植物の被食度、地表面の硬度を測定する。

(2) アルビノ突然変異体を用いた精子間競争の解明(交尾の野外観察と交配実験)

これまでサバクトビバッタにおける精子競争は最後に交尾した雄の精子が受精に使われることがアルビノ突然変異体(劣勢遺伝子)を用いた交配実験から示唆されてきた(Hunter-Jones, 1960)。しかしながら、精子間競争に供された雌成虫は単独飼育したものであり、サバクトビバッタは単独飼育下では孵化幼虫は野生型もアルビノ型も着色しておらず、両者を見分けることはできないため、以前の研究が正確に精子間競争を定量できていない可能性がある。さらなる問題点として、実際の野外において雌がどのような卵巣発達時に雄と交尾しているかわかっていない。これまでの精子間競争を調査した研究では、雌の卵巣発達具合を考慮せずに雄と交配させており不自然な形で調査されていた恐れがある。野外で雄と交尾している雌の卵巣発達具合を調査し、雌が雄と交尾するタイミングは、1)産卵直後、2)卵巣発達中、3)産卵直前、4)ランダム、のいずれであるかを特定し、野外で雌が交尾しているタイミングを室内でも再現して交配実験する必要がある。

(3) マイクロハビタットの選択

生息地の半砂漠地帯では温度差が30以上になることもあり、成虫が飛翔できないほど気温が低下する。変温動物であるバッタの飛翔能力が温度依存的にどのように変化するかを微小体温計を用いて体温測定をし、飛翔距離との関係を野外条件下で調査した。

成虫の一日の内の時空間的分布を明らかにするために、野外調査を行う。成虫は飛翔能力が高く、マイクロハビタットを頻繁に変更していると考えられる。また、不適な環境(低温、餌場の減少)下では特異的な場所、とくにシェルターとなる隠れ場に密集してくることが予想されるため、野外の環境条件との関係性について調査する。

4. 研究成果

(1) 野外における産卵場所選択

産卵場所の特徴を精査した結果、1)湿った砂地に産卵すること、2)砂丘の頂上にはほとんど産卵せず、ふもとに集中して産卵すること、3)植物が生えていない裸地を好むことなどがわかった。胚発育期間は約半月のため、その間、干乾びない場所が好まれると考えられる。また、土は乾燥すると表面が硬くなり地中から幼虫が孵化できなくなるため、避けられていると考えられた。

(2) アルビノ突然変異体を用いた精子間競争

の解明（交尾の野外観察と交配実験）

アルビノ突然変異体も野生型と同じように混み合いに応じて卵サイズを可塑的に変化させるかを調査するために、単独又は集団飼育し、卵サイズを測定した。その結果、野生型と同じように集団飼育したものは有意に大型の卵を産んだ。

大きさの異なる卵から孵化した幼虫の体色の輝度をデジタル処理し、解析したところ、小型卵から孵化したアルビノと野生型は両者ともに緑色で見分けがつかず、一方の大型卵から孵化したアルビノは乳白色色であったが、野生型は黒化していた。すなわち、単独飼育下では、体色を指標にした精子間競争をテストすることができないことが分かった。

次に野外で交尾中と単独でいる雌成虫の卵巣の発達具合を調査したところ、交尾中の個体は産卵直前か産卵直後であったが、単独の雌成虫は卵巣発達中のものがほとんどであった。この結果は、雌成虫は産卵直前に交尾していることを示唆している。このことを確かめるために飼育室内にて産卵後、様々な日数が経過した雌成虫を雄の集団にさらし、交尾率を調査したところ、産卵直後の交尾率は低く、産卵間近になるとほとんどの個体が交尾を受け入れるようになることがわかった。これらの結果を踏まえ、精子間競争は、1) 集団条件下（大型卵を産ませて黒化する幼虫を孵化させること）、2) 産卵間近に交尾させること、が重要であることがわかった。この条件を満たした交配実験を行ったところ、最後に交尾した雄の精子が受精に使われることがわかった。

(3) 一日の内のマイクロハビタットの選択

体温と飛翔能力との関係性を調査した結果、成虫は低温下では歩行やジャンプしかできなかったが、22℃を超えると飛翔できることがわかった。

成虫の一日の内の時空間的分布を明らかにするために、野外調査を行ったところ、22℃以上のときには地表面や背丈の低い植物など幅広いところに分布していたが、22℃以下になると大型の植物や枝葉が複雑に入り組んだブッシュに身を隠し、飛翔ができない時間帯をやり過ごしていることがわかった。予備的な観察ではあるが、朝方に成虫は東側に集まり、ひなたぼっこをしはじめるが、成虫が局所的に密集するため、このときに混み合い刺激を感受している可能性が示唆された。

孤独相 群生相 孤独相 群生相



図1 孤独相と群生相由来の卵と孵化幼虫

Albino Wild



図2 アルビノ突然変異体と野生型の孵化幼虫

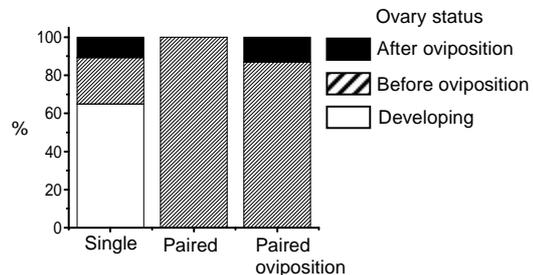


図3 交尾行動の状態と雌親の卵巣発達との関係

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3件)

Maeno, O.K., Ould Ely, S., Nakamura, S., Abdellaoui, K., Sory, C., Jaavar, E.H.M., Mohamed, O.S., Etheimine, M. & Ould Babah, M.A. (2016) Daily microhabitat shifting of solitary-phase Desert Locust adult: implications for meaningful population monitoring. SpringerPlus 5, 1-10

Maeno, O.K., Ould Babah Ebbe M.A. (2018) Aggregation site choice by gregarious nymphs of the desert locust, *Schistocerca gregaria*, in the Sahara Desert, *Insects* Aug 13;9(3). pii: E99. doi: 10.3390/insects9030099.

Maeno, O.K., Ould Ely, S., Ould Mohamed, S., Jaavar, M.E.H., Nakamura, S. & Ould Babah Ebbe, M.A. (2018) Behavioral plasticity in anti-predator defense in the desert locust, *Journal*

〔学会発表〕(計 7 件)

前野浩太郎・Mohamed Abdallahi Ould Babah Ebbe、群れるバッタは共食いをどうしているか？ 日本応用動物昆虫学会第 62 回大会、鹿児島大学、2018 年 3 月 24 - 27 日

前野浩太郎、群れるバッタは脱皮時の共食いをどう回避しているか？ 日本生態学会第 65 回大会、札幌コンベンションセンター、2018 年 3 月 13 - 18 日

前野浩太郎、旅のしおりは風まかせ：生死を賭けた、群れるバッタの砂漠旅 日本生態学会第 65 回大会、札幌コンベンションセンター、2018 年 3 月 13 - 18 日

前野浩太郎、中村達・Mohamed Abdallahi Ould Babah、サバクトビバッタのオスは灼熱の砂漠でどうやってメスと出会うのか 日本応用動物昆虫学会第 58 回大会、高知大学農学部、2014 年 3 月 26 - 28 日

前野浩太郎、中村達・Mohamed Abdallahi Ould Babah、サバクトビバッタの孤独相成虫におけるマイクロハビタット選択 日本応用動物昆虫学会第 60 回大会・日本昆虫学会第 76 回大会合同大会、大阪府立大学中百舌鳥キャンパス、2016 年 3 月 26 - 29 日

Koutaro Maeno、Mohamed Abdallahi Ould Babah、Risky mate searching and sexual competition in locusts 日本生態学会第 63 回大会、仙台国際センター、2016 年 3 月 20 - 24 日

前野浩太郎、サバクトビバッタの群生相化と大発生 第 21 回日本 ICIPE 協会研究報告会 日本応用動物昆虫学会第 59 回大会、山形大学小白川キャンパス、2015 年 3 月 26 - 28 日

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等
<http://d.hatena.ne.jp/schistocerca/>

6. 研究組織
(1) 研究代表者
前野 浩太郎 (MAENO Koutaro)
国際農林水産業研究センター・生産環境・畜産領域・研究員
研究者番号：70600112