

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 5月31日現在

機関番号：	15501
研究種目：	挑戦的萌芽研究
研究期間：	2011～2012
課題番号：	23658049
研究課題名（和文）	農業害虫への超音波適用効果の検討
研究課題名（英文）	Studies of the supersonic wave application effects to agriculture pests
研究代表者	
	渡辺 雅夫 (WATANABE MASAO)
	山口大学・大学院理工学研究科・准教授
	研究者番号： 00034992

研究成果の概要（和文）：ライトトラップやフェロモントラップに誘引される蛾類に対して、吸汁ヤガ類で防虫効果のみられた超音波の効果調べた。シャクガ、ドクガ、カレハガなどで、超音波区への飛来個体数が少なかった。またハスモンヨトウの超音波反応性を調べた結果、パルス長、パルス頻度を選ぶことで超音波の防虫効果が期待できることがわかった。雄のノシメマダラメイガが発するコミュニケーション音を記録し、人工的な音とともに反応閾値を調べた。

研究成果の概要（英文）： For moths induced by a light trap and pheromone trap, I checked the seen supersonic effect of the insecticide effect with Noontides absorbing fruit juice. In moths of the pyralidid department, tussock moths, moth of the lappet department, there were few coming flying populations to the supersonic wave ward. In addition, as a result of having checked supersonic wave reactivity of common cutworm (*Spodoptera litura*), I understood that I could expect a supersonic insecticide effect by choosing the pulse length, the pulse frequency. I recorded the Indian meal moth (*Plodia interpunctella*) communication sound of the male to give and checked the reaction threshold with a man-made sound.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：昆虫生理・行動

科研費の分科・細目： 農学、応用昆虫学

キーワード：超音波、

1. 研究開始当初の背景

平成18～20年度、徳島県からの受託研究「超音波を利用した果樹のヤガ被害防止技術の開発」で、果樹園に飛来するヤガ類に回避行動をさせる超音波パルスパターン of 解明を行うことになった。アケビコノハなどの吸汁ヤガ類に対して、最も反応閾値が低い超音波パルスパターン（周波数帯、パルス長、パルス頻度等）を明らかにし、それを用いた圃場実験で被害率が著しく抑えられたという結果が得られた。

この研究成果は、農水省より実用化の可能性が高いとの評価を受け、その後、複数の研究機関等から、他の農業害虫に対しても超音波に防虫効果があるかという問合せもあり、種々の農業害虫に対して超音波の反応性を調べ、農業害虫等に対する新たな防除法の提案に繋がる研究を企画するに至った。

2. 研究の目的

ハスモンヨトウなどの超音波反応性を調べるとともに、より広範のガ類を中心とした

昆虫類に対して、吸汁ヤガ類で有効であった超音波パルスパターンの有効性を調べることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) ライトトラップに飛来する蛾類に対する超音波の効果の調査。

大河内（森林研、2002）の提案した蛾類調査用ポータブルライトトラップを改良し、簡易設置型ライトトラップとして作成し、光源には20Wのブラックライトを用いた。このライトトラップを荒れた圃場に約50m離して、2か所に設置した。一方のライトトラップの周囲に超音波発信子を配置して超音波区とし、他方を対照区とした。超音波発信装置は、徳島県果樹研から試作機を借用した。日没から日没後2時間の時間帯に、それぞれのライトトラップに飛来した蛾類を採集した。

(2) フェロモントラップに飛来する蛾類に対する超音波の効果の調査。

ハスモンヨトウ、カブラヤガ、オオタバコガ、タバコガ、シロイチモンジヨトウについて各フェロモン剤を用いたフェロモントラップを、荒れた圃場に約50m離して、2か所に設置した。一方のフェロモントラップの周囲に超音波発信子を配置して超音波区とし、他方を対照区とし、飛来個体数を比較した。

(3) ハスモンヨトウなどの超音波反応性。

ハスモンヨトウは研究室内でインセクタLFMを与えて飼育した。羽化後数日以内の蛾の胸部背側をアルミ棒に固定し、肢を浮かせて羽ばたいているとき、種々のパルスパターンの40kHzの音を聞かせて、羽ばたき頻度の変調を指標に、反応閾値を調べた。超音波の音量測定には、ブリュエル・ケアー社製の4138型マイクロホン、プリアンプ、NEXUSコンディショニングアンプを用いてデジタルオシロで計測した。

(4) ノシロマダラメイガのコミュニケーション音の解析。

超音波防音箱（九州インターテック、KB-05B型）内に、雌雄のノシロマダラメイガを入れた昆虫飼育ディッシュを持ちこみ、バットディテクター（ピーターソン社、D1000X）を用いて、雄蛾の発する超音波を記録した。記録した超音波の解析は、音声解析ソフト、バットサウンドを用いて行った。

4. 研究成果

(1) ライトトラップを用いた調査は、5月から10月まで、毎月行った。季節により飛来する種にちがいが見られたが、種ごとの飛来個体数が少なかったため、超音波を回避する種の断定には至らなかった。シャクガ科、ドク、カレハガなどでは、対照区に比べて超音波区に飛来する個体数が少ない傾向がみられた。10個体以上飛来した種で、明らかに超

音波による忌避効果がみられた種としてはクロクモヨトウが挙げられる。ドクガ、マイマイガは飛来個体数が少なかったが、注目すべき種と思われた。

また甲虫類、カメムシ類、双翅目のユスリカなどは、超音波区と対照区で飛来数に違いが見られなかった。

(2) フェロモントラップは、4日間に渡って設置し、超音波区、対照区に飛来した個体数を調べた。結果を、表1に示す。

表1 フェロモントラップによる誘引と超音波パルスの忌避効果

	超音波区	対照区
ハスモンヨトウ	18	25
カブラヤガ	2	5
オオタバコガ	1	3
タバコガ	0	2
シロイチモンジヨトウ	5	0

個体数が少ない場合は、超音波以外の要因の影響を排除できないため、今回の調査結果で二桁の個体数を記録したハスモンヨトウについて詳細を記載する。

ハスモンヨトウは、夜間に飛来したが、一夜の飛来数が数頭であるときは、対照区に飛来した個体数11頭に対し、超音波区には4頭と半数以下であり、超音波を忌避する傾向がみられた。一方風が強く、フェロモンが広範囲に広がり、多くの雄個体が誘引されたときは、両区に同数の14頭ずつ飛来した。

圃場実験で得られた結果から、ハスモンヨトウは超音波を回避する反応性は持っているが、吸汁ヤガ類に比べて、より大きな音量でなければ反応しない（反応閾値が高い）ことを暗示している。

(3) ハスモンヨトウなどの超音波反応性。

① ハスモンヨトウの超音波に対する反応性を調べるにあたり、まず周波数帯と反応閾値の関係を調べた。12kHz、20kHz、25kHz、30kHz、35kHz、40kHz、50kHz、80kHzの各周波数の連続音に対する反応閾値を調べた結果、25kHz～40kHzの周波数帯で反応閾値が低く、35kHz付近での反応閾値は約60dB SPL程度であった。そこで、周波数帯40kHzの超音波について、パルスパターンと反応閾値の関係を調べた。

② パルス長と反応閾値の関係。

吸汁ヤガ類では一次加害種、二次加害種に共通して、パルス長5～10msecの超音波パルスに対して反応閾値が低い傾向がみられたが、ハスモンヨトウではそのような特性が見られなかった。また反応閾値それ自体も、ヨトウガのそれと比較して、10dB SPL程度大きな音量を必要とした。図1に、ハスモンヨ

トウとヨトウガの、周波数 40kHz で、パルス長を変えたときの、羽ばたき頻度の変調をして反応閾値を調べた結果を示す。

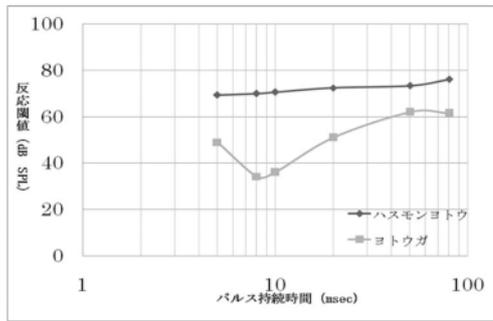


図1 パルス長と反応閾値

③パルス頻度と反応閾値との関係。
周波数 40kHz、パルス長 5msec の超音波を、パルス頻度 2Hz~80Hz のパルス音として、ハスモンヨトウに聞かせ、それぞれの頻度に対する反応閾値を調べた。パルス頻度が 10Hz、30Hz、50Hz と上げていくと反応閾値が下がってきた。50Hz では反応閾値が 60dB 程度であり、防虫効果を期待できる音量であった。

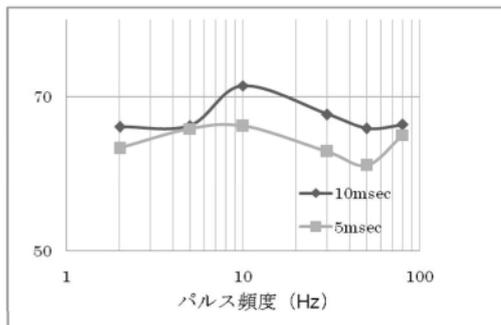


図2 パルス頻度と反応閾値

反応閾値の測定は、胸部側面にある鼓膜器官に対して垂直方向にスピーカーを設置しているため、圃場などで前方からの超音波にハスモンヨトウが反応する反応閾値を考えると 15dB 程度大きな音量が必要である。今回、フェロモントラップの超音波区で流した超音波のパルス長は 10msec であった。

以上の結果は、ハスモンヨトウがフェロモントラップを用いた圃場実験において、超音波区にも飛来した理由を説明することができる。また、適当なパルス長、パルス頻度を選ぶことで、ハスモンヨトウに対しても超音波の防虫効果を期待できることがわかった。

(4) ノシメマダラメイガ

ノシメマダラメイガは穀類や乾物などに食害をもたらす害虫であるが、雌雄間コミュニケーションに超音波域の音を利用してい

ることもよく知られている。

① コーリング音の解析

ノシメマダラメイガの雄蛾は、雌蛾の横で超音波を出している。コーリング音の録音は、雌雄 1 匹ずつを飼育容器に入れ、超音波防音箱内でフタの中央の穴に D1000X のマイクをあてて行った。録音したものは音声解析ソフトを用いて解析し、コーリング音の周波数帯、パルス長、パルス頻度を調べた。

周波数帯 25~40kHz の超音波が強く出おり、パルス長やパルス間隔に差異はあったがパルス長 0.4~0.7msec の振幅の大きいパルスとパルス長 1~1.5msec の振幅の小さいパルスとが、1~2msec の間隔でペアとなり、14~16msec ごとに 1 回、つまり 1 秒間に約 65 回程度発せられていた。

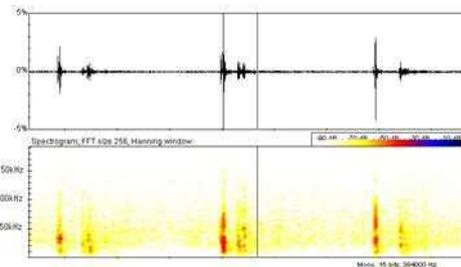


図3 ノシメマダラメイガのコーリング音 (上段は音圧、下段はソノグラム)

ノシメマダラメイガは、20~40kHz の周波数帯の超音波に対して反応閾値が低く、パルス長 5~8msec に反応閾値が低いという反応性を持っている。

次に、コーリングソングを人工的に模倣した音と、回避行動を誘発すると考えられるパルスパターン音 (35kHz-8msec-2Hz) の反応閾値を調べた。その結果、コーリングソングを模倣したパターンより、反応閾値が低いパルスパターンの方が、反応閾値が低かった。反応閾値が低いパルスパターンは、ヤガ類では回避行動を誘発すると思われるが、ノシメマダラメイガではその超音波によって、一過性に羽ばたき頻度を下げ、落下するような行動が見られた。コミュニケーション音よりも反応閾値の低いパルスパターンが存在することを明らかにできた。

本研究の成果のまとめ

ライトトラップやフェロモントラップに誘引され飛来する昆虫には、同時に適当なパルスパターン音の超音波が存在すると、近寄らない蛾類 (農業害虫や森林害虫を含む) がいることが明らかになった。平成 23 年、24 年の夏季は、蛾類の発生が少ない年であったため、超音波に防虫効果が顕著にみられる蛾類

のリスト作りはできなかった。

コウモリとヤガ類は、被食者と捕食者という関係で共進化してきたといわれるが、ヤガ類を含む蛾類がコウモリの発する超音波パルスパターンの、どのような特徴を捉えて回避行動をとるかは、蛾の種類によって異なっていることが明らかになった。吸汁ヤガ類は、パルス長、パルス頻度に共通した反応特性が見られたが、ハスモンヨトウでは、パルス頻度を重視した反応性がみられた。蛾の種類によって生態が異なるように、超音波のパルスパターンに対する反応性にも違いがあると思われる。

防除対象となる農業害虫について、どのような反応性があるかの検討には、周波数帯、パルス長、パルス頻度という3つの視点で調べればよいと思われる。

これまで蛾の種類によって反応性が異なる例を示してきたが、少し視点を変えて考えてみると、与えた超音波パルスパターンが蛾の神経系にどのように感知されて、どのような形の情報として伝えられているのか、よくわかっていない。言いかえると、超音波でなくても、ある頻度の繰り返し刺激が来た時に不快に感じて、その場から遠ざかるように行動するというしくみがあったとしたら、超音波にこだわらなくてもなくても、よいかもしれない。

今回の実験や調査は、刺激の種類が超音波という入力刺激と、回避行動という出力を捉えただけで、途中の神経回路での情報処理過程はブラックボックスとして扱ってきている。今後の課題の1つは、蛾はどのように音刺激を感じ取っているのか、もっとも不快に感じられて回避行動を誘発する超音波パルスパターンはどのような刺激なのか、というような神経行動学的な視点からの取り組みが必要と思われる。それらが解明できると昆虫の行動を制御するために（超音波の）最適な刺激パターンを用いて、不快昆虫や害虫を防除することができるようになるであろう。

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）

〔学会発表〕（計3件）

- ① 渡辺雅夫、ライトトラップに飛来する蛾類への超音波の効果. 第56回日本応用動物昆虫学会大会、2012. 3. 28、奈良市・近畿大学農学部
- ② 渡辺雅夫、ハスモンヨトウの超音波に対する反応性. 第57回日本応用動物昆虫学会大会、2113. 3, 28、横浜市・日本大学生物資源学部

- ③ 渡辺雅夫、ヤガ類の超音波反応性. 中国四国地区生物系三学会合同大会、2013. 5. 11、徳島市・徳島大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

渡辺 雅夫 (WATANABE MASAO)

山口大学・大学院理工学研究科・准教授

研究者番号：00034992

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：