

研究概要報告書【サウンド技術振興部門】

( 1 / 3 )

研究題目	コウモリの超音波を利用した環境に優しい害虫防除技術の開発	報告書作成者	中野 亮
研究従事者	中野 亮		
研究目的	<p>農業生産における病虫害防除の中核は今なお農薬が担っているが、害虫が発達させる殺虫剤抵抗性の回避が急務である。そこで、殺虫剤に依らない害虫防除に資する技術の一つとして、本研究では天敵であるコウモリの発する超音波からチョウ目害虫が逃避する習性を活用した物理的な新規防除技術の開発に挑戦する。</p> <p>大部分の農業地帯において、チョウ目害虫は普通種のアブラコウモリとの遭遇頻度が圧倒的に高い。しかしながら、アブラコウモリは重量が 10g 以下の小型種で、カやハエなど微小な昆虫類を主に捕食するとされている (Lee &amp; Lee 2005 <i>Zool. Sci.</i>)。その一方で、チョウ目害虫のうち、ノメイガ類が超音波から逃避することは明白である (Nakano <i>et al.</i> 2013 <i>Sci. Rep.</i>; 2014 <i>Proc. Roy. Soc. B</i>; 2015 <i>J. Insect Physiol.</i>; Nakano &amp; Mason 2018 <i>PloS One</i>)。したがって、チョウ目害虫は実際はアブラコウモリから捕食されており、それを回避するために超音波から逃避する可能性が考えられる。しかしながら、コウモリの捕食によるチョウ目害虫の密度抑制と、コウモリの超音波によるチョウ目害虫の飛来抑制の両効果は未解明となっており、農業上のコウモリおよび超音波の有用性に関する理解は進んでいない。</p> <p>アブラコウモリの糞に含まれる遺伝子情報に基づく食性分析と採餌実験、アブラコウモリの超音波とノメイガ類が忌避する超音波の時間構造との比較、さらには合成超音波を用いた圃場での防除試験によりこれらを解明できれば、身近なコウモリによる害虫防除効果を提示した上で、音響防除技術の確立を推進することが可能となる。以上により、持続的な農業生産と農業生態系の維持に貢献する技術・知見が得られることが期待される。</p>		

研究内容	<p>チョウ目害虫であるアワノメイガ（殺虫剤に依存した防除がなされるトウモロコシの主要害虫）へのアブラコウモリによる捕食圧と超音波に対する忌避効果を定量し、音響防除技術の有効性を実証するため、以下の研究項目 1)~3)を実施した。</p> <p>1) アブラコウモリの食性分析と超音波特性</p> <p>アブラコウモリの捕食圧を高精度に推定するため、アワノメイガを含むノメイガ類の発生量が激増する 8~9 月に 3~4 日間隔で野外の糞場より糞を回収し、次世代シーケンス解析にて餌メニューの種同定を試みた。併せて、ノメイガ類がアブラコウモリの捕食対象となるかを明らかにするため、鼓膜器官を破壊したアワノメイガおよび破壊しなかったアワノメイガを飛翔する野生のアブラコウモリの近傍で放飼し、捕食成功度を比較した。また、アブラコウモリの発する超音波を野外で録音し、パルスの長さなどの音響パラメータを特定した。この音響パラメータに基づき、アワノメイガが逃避行動を誘起しやすい超音波の時間構造を行動試験によって精査した。</p> <p>2) チョウ目害虫の防除に有効な超音波</p> <p>アブラコウモリの超音波に対するアワノメイガの逃避行動を定性・定量評価するため、アブラコウモリの採餌音を含む合成超音波 35 パターンを 100 dB の音圧でアワノメイガに提示し、逃避行動のパターン（無反応、ターン飛翔、または飛翔停止）を定性・定量評価した。さらに、アブラコウモリが捕食寸前に発する持続時間の短い超音波パルス（以下、マイクロパルス）を包含する超音波を新たに合成し、アワノメイガが逃避を開始する音圧を精査した。</p> <p>3) 野外効果試験</p> <p>有機圧電膜を用いた超音波発生装置によるアワノメイガの圃場への飛来抑止効果を定量するため、トウモロコシの被害率を当該装置の設置・無設置圃場とで比較し、防除効果を評価した。</p>
------	---

<p>研究のポイント</p>	<p>本研究は、植物保護の観点から身近なアブラコウモリにおける農業生態系サービスとしての寄与度を明示する意義を有する。ノメイガ類がコウモリの超音波を合図として巧みにコウモリからの捕食を回避することで、コウモリの糞からノメイガ類のDNA断片が検出されない可能性がある。その場合には、超音波による忌避率がきわめて高いことを支持し、コウモリの利用する超音波と時間構造の類似する合成超音波が防除に有望となりうる。</p> <p>本研究では、チョウ目害虫であるノメイガ類の飛来を効果的に抑止する超音波パラメータを特定した上で、有機圧電膜を有す超音波発生装置から全方位に照射される合成超音波を用いた圃場試験により、一定の被害抑制効果を実証した。捕食者-被食者間の相互作用を活用した、環境調和型の害虫防除に寄与する音響防除技術の開発という新たな試みを加速させることができよう。ひいては、「化学合成殺虫剤の新規開発」と「害虫における殺虫剤抵抗性の獲得」というイタチごっこから脱却するための物理的防除技術の新たな提案を可能にする。また、このような先端工学を組み込んだ害虫防除技術は、近年、諸外国への輸出が促進されている農作物における残留農薬のリスク削減など、多大な社会貢献に直結するものと考えられる。</p>
<p>研究結果</p>	<p>夏季にアブラコウモリの寝床より落下した糞より、シマカあるいはヤブカ、ウンカ類、耳を持たないチョウ目昆虫のバクガおよびハマキガ類のDNA断片が得られた。次いで、飛翔する野外のアブラコウモリの近傍で、アワノメイガのメス成虫を放飼したところ、鼓膜を破壊したアワノメイガの90%以上が捕食された。一方、鼓膜を破壊しなかった個体すべては、追跡するアブラコウモリから逃避することで捕食を回避した(図1)。アブラコウモリの発する超音波も録音し、エサの探索時には持続時間がおよそ3~10ms、反復率がおよそ10~20パルス/秒、接近時から捕食寸前で持続時間0.2~3ms、反復率20~160パルス/秒となる超音波パルスを発することを確認した(図2)。</p> <p>飛翔するアワノメイガのメス成虫は、パルス長5ms・反復率10パルス/秒の超音波に対して最大の飛翔停止率を示した(図3)。一方、上記の放飼試験では、アブラコウモリに追いつかれる間際にアワノメイガの顕著な逃避行動が観察された。そこで、5ms前後のパルスの中にマイクロパルスを含む超音波をアワノメイガに提示したところ、マイクロパルス長が0.2ms前後となる超音波に対する逃避行動の閾値が有意に低いことを明らかにした(図4)。</p> <p>トウモロコシ圃場の周囲に、有効範囲が半径およそ25mの忌避超音波(マイクロパルス構造を有さないもの)を照射する超音波発生装置を設置したところ、雌穂の被害株率は当該装置の無設置区で33.3%に対し、設置区では22.2%となった。</p>
<p>今後の課題</p>	<p>本研究にて、われわれにもっとも身近な食虫性コウモリであるアブラコウモリが、チョウ目害虫をエサとして捕食することを確証した。また、耳を持つチョウ目害虫がコウモリの発する超音波を検知すると、飛翔の落下などの逃避行動により高確率で捕食を回避することも確認された。これらのことは、アブラコウモリが農業生産圃場あるいはその近隣を夜間に飛び回ること、耳を持つ大多数のチョウ目害虫の接近を潜在的に阻害しており、農業生態系サービスとして無視できない貢献をしていることを示唆する。これらコウモリの発する超音波を模した合成超音波は、チョウ目害虫の逃避行動を再現可能なことから、生産圃場でこのような忌避超音波を照射することで、交尾を終えたメス成虫が卵を産みに農作物へ飛来することを未然に防ぐことに寄与するであろう。室内行動試験では、マイクロパルスを有す超音波パルスの忌避効率がより高いことを見出したことから、今後は圃場試験において、このマイクロ超音波パルスによる被害抑制効果を実証することが課題である。</p>

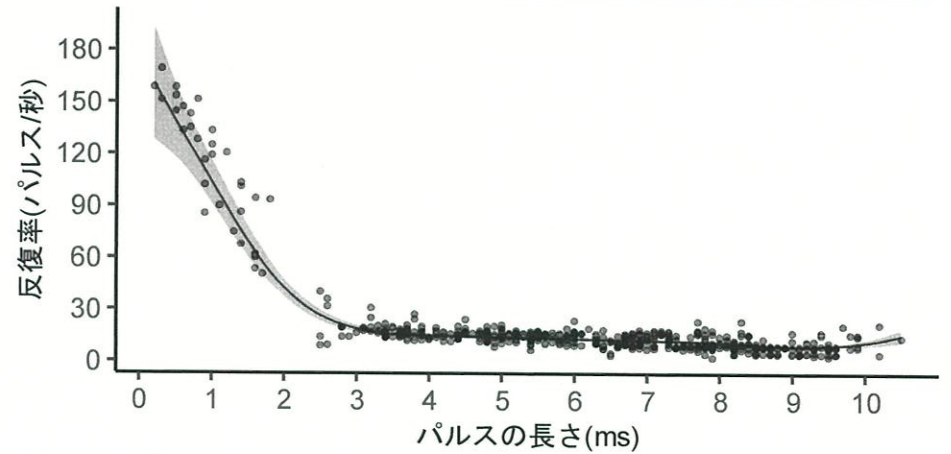
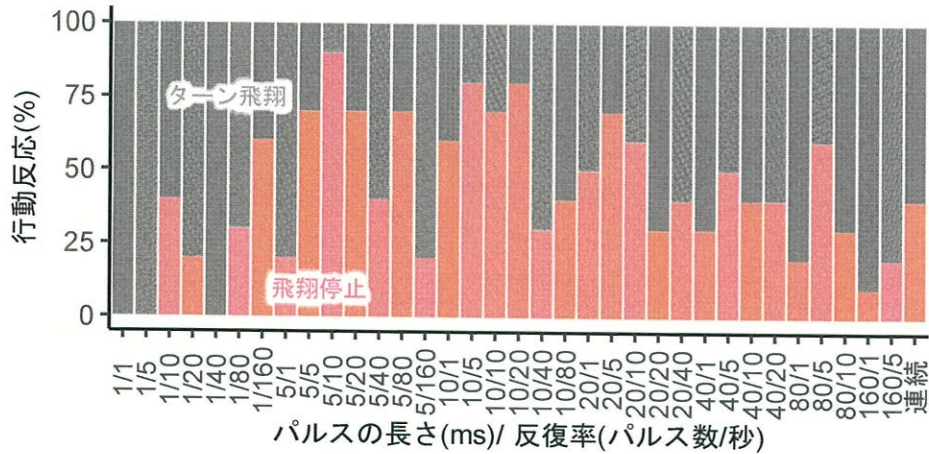
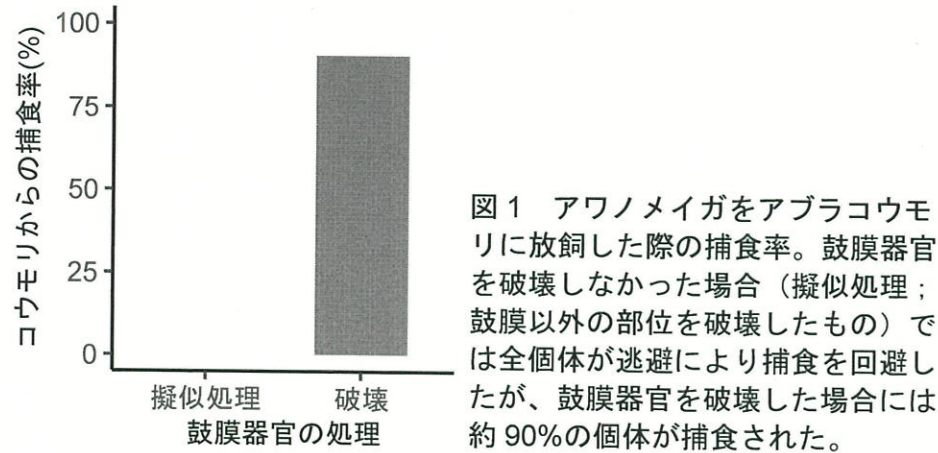
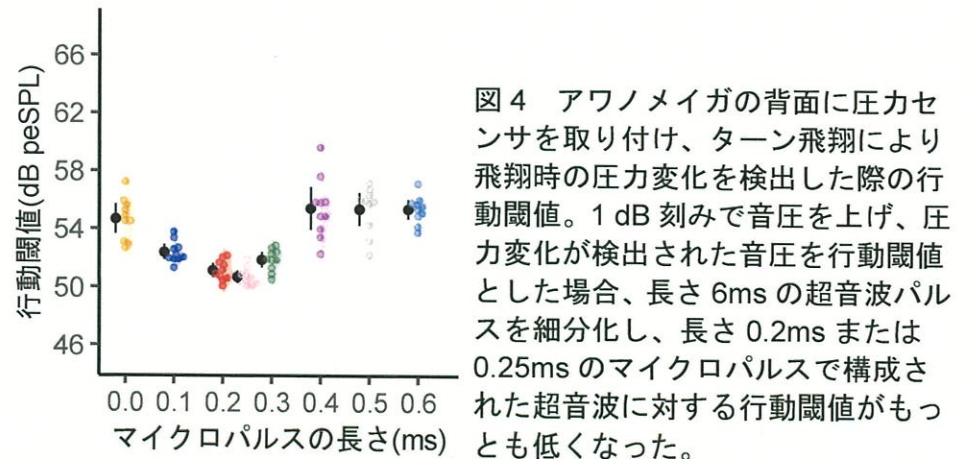


図2 アブラコウモリが飛行昆虫類を捕食する際に発する超音波パルスの時間構造。探索の際はパルスの長さ3～10ms・反復率10～20パルス/秒、接近～捕食時で長さ0.2～3ms・20～160パルス/秒の超音波を発していた。



(注:フローチャート図, ブロック図, 構成図, 写真, データ表, グラフ等 研究内容の補足説明にご使用下さい。)