



平成30年度研究助成 【サウンド技術振興部門】より

基質伝導音を利用した害虫防除 および受粉技術の開発

電気通信大学 大学院情報理工学研究科
機械知能システム学専攻
脳科学ライフサポート研究センター

小池 卓二

1. はじめに

世界各地で様々な害虫による栽培物の被害が報告されている。中でもタバココナジラミ（以下、コナジラミと呼称する。図1）による被害は、現在日本でもっとも大きな問題となっている¹⁾。主な被害として、成・幼虫の吸汁加害による生育抑制と、排泄物に発生するすす病による汚れ、およびそれに伴う同化作用の阻害があげられる。特にトマト果実では着色ムラや白斑症が生じることに加え、コナジラミはトマト黄化葉巻ウイルスを媒介することが知られている。コナジラミの発生は通常、気温が高くなる3月以降多くなり、産卵は主に葉裏で行う。成虫は上位葉に移動し、吸汁加害



図1 タバココナジラミ

する。これまでの対策は、農薬の散布による駆除が主流であった²⁾。しかし、コナジラミは数ある害虫の中でも、もっとも農薬に強い害虫の一つであり、最近日本で発生が確認されたバイオタイプQの個体群は、高い殺虫剤抵抗性を有していることが明らかにされつつある³⁾。また近年、環境に配慮した害虫防除は世界的な潮流であり、農薬使用量を軽減し、環境保全型の防除への転換が避けられない課題となっている。

環境に影響を及ぼす農薬を使わない有効な防除技術として、固体を伝播する振動を利用して害虫の行動を制御する方法がある。昆虫はジュラ紀からずっと交信のために音声信号を使ってきた動物群の一つであり、気候の変遷に伴う系統進化の過程で、無尾類、鳥類、哺乳類も音声信号を高度に利用できるようになった。昆虫もさらに高度に複雑な音響学的パターンや相当に特殊化した音声発生メカニズムを獲得し、「空気振動」と「基質振動」という二つの戦略を操作するに至った⁴⁾。多くの虫は特に固体を伝わる基質振動に敏感であり、様々な場面でこの能力を利用している。例として、異性が発する振動を手がかりにして近寄る場合や、天敵の発する振動をいち早く感知して逃げる場合などが挙げられる。また、低周波の振動で害虫が運動の停止や驚愕反応などの忌避行動を示し、産

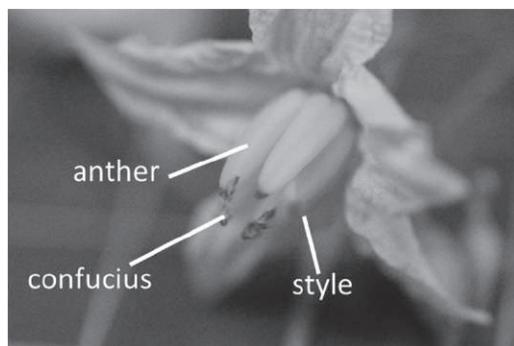


図2 ワルナスビの花

卵行動にも影響を与えることが、すでに明らかになっている⁵⁾⁻⁷⁾。

そこで筆者らは、農業に依存しない新たな植物保護技術として、害虫が利用している振動情報の機能を利用し、振動により害虫の行動を制御する新しい防除法の開発を進めている。振動を発生させる加振機として、周波数可変域が広く、高出力・高速応答等の特徴を持つ、磁歪素子⁸⁾を使用している。現在、大型ビニールハウス内で栽培しているトマトなどに対し、どのような範囲でどの程度の振動を発生し得るのかの試験計測を行っている。このように植物に振動を与える過程で、害虫の行動阻害と共に受粉の促進も行える可能性が出てきた。すなわち、植物に振動を与えることにより、害虫には行動阻害・忌避などのマイナスの効果を、作物には栽培促進のプラスの効果を与えることができる、ダブル効果を伴った技術の創出可能性が認められた。

本稿では、効率的振動受粉の基礎研究の第一歩として、花を加振した時の花粉の飛散を観察し、振動受粉に必要な花の加振条件の検討を行ったので報告する。

2. 実験方法

本実験では、被子植物双子葉植物綱離弁花類ナス目ナス科ナス属であるワルナスビ (*Solanum carolinense*) を実験対象とした。ナ

ス科の植物は、花柱 (style) が葯 (anther) で囲まれた形態をしており、2室からなる葯の一部に小孔 (confucius) が開くかまたは縦裂する⁹⁾。ワルナスビでは、葯の内部で生成された花粉が葯の先端の小孔から放出される (図2)。

本実験の概要を図3に示す。加振装置として超磁歪加振装置 (湘南メタルテック株式会社、GMMノッカ) を用いた。GMMノッカにはファンクションジェネレータ (エヌエフ回路設計ブロック、DF1906) で生成した正弦波の信号をアンプ (エヌエフ回路設計ブロック、HSA4011) で増幅し入力した。GMMノッカへ入力する電流はデジタルパワーメータ (横川計測株式会社、WT210) を用いて計測した。GMMノッカを万力で固定し石台上に設置した。花托から5 mm離れた部分の花柄を切断し、図3 (b) のように花托 (torus) から花柄 (floral) の先端までを10×7×1 mmの樹脂板にホットボンドで固定した。葯の小孔が下向きになるように樹脂板をGMMノッカの駆動部先端に取り付けた。花粉の飛散の有無を確認するため小孔の下に黒色紙を設置した。

始めに、加振周波数を500Hzとし、10個の花を計測対象として加速度を変化させた場合の花粉の飛散状態を観察した。さらに、加振周波数を400、500、600Hzとし、各周波数5個の花を

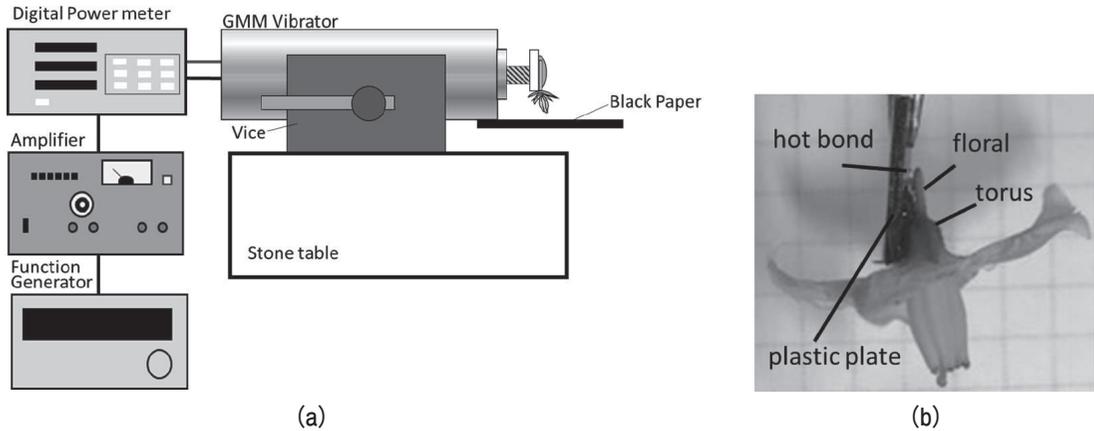


図3 実験装置 (a) と花の固定方法 (b)

計測対象としてそれぞれの周波数で加速度を変化させ、花粉の飛散状態を観察した。これらの計測では静止状態から加速度を上昇させ、花粉が飛散した時点の加速度を花粉飛散加速度とした。なお、計測に先立ち、GMMノッカの駆動部の振動速度をレーザードップラ振動計 (ONO SOKKI, LV-1720A, LDV) で計測し、GMMノッカへの入力電流と発生加速度の関係を求め、これらの結果を基に、花に与える加速度を入力電流によって制御した。約1秒の加振を3回繰り返すことを1試行とし、1試行の中で3回の加振すべてにおいて、葯の下に取り付けた黒色紙上で花粉が認められた場合を花粉の飛散と定義した。

3. 結果および考察

500Hzにおける、花粉飛散加速度と花粉が飛散した花の積算個数との関係を図4 (a)に、また、400、500、600Hzの各周波数における関係を図4 (b)に示した。図4 (a)より、500Hz加振時では、加速度 27m/s^2 で花粉が飛散し始め、 41m/s^2 ですべての花で花粉の飛散が見られた。図4 (b)に見られる通り、加振周波数600Hzにおいては $20\sim 30\text{m/s}^2$ の範囲で花粉が飛散し始める花が多く、 30m/s^2 となるまでに全ての花

で花粉の飛散が見られた。加振周波数400Hzにおいても、600Hz加振時とほぼ同様な経過を辿った。一方、加振周波数500Hzにおいては、花粉が飛散し始める加速度は400、600Hzに比べ大きかった。以上より、加振周波数400Hzと600Hzの場合は500Hzの場合に比べ花粉が飛散しやすい可能性が示唆された。このように、植物の花粉の飛散には加速度以外に周波数も関係する可能性がある。

今回計測した加速度は、あくまでGMMノッカの駆動部先端における値であり、花自体の振動特性により、葯内部の花粉に与えられている加速度はGMMノッカ駆動部先端のそれとは異なっている可能性がある。よって、加振周波数範囲を広げつつ、花の局所的な加速度と花粉飛散との関係を明らかにし、受粉に効率的な加振方法を検討する必要がある。

4. 今後の展望

今回用いた全ての花の花粉を飛散させるには 40m/s^2 程度以上の加速度が必要であることが分かった。この値は、加振対象とする植物により異なることが予想されるが、一応の目安となる値と考えている。今後、このようなレベルの加速度を植物に与えるための、加振手法の開発

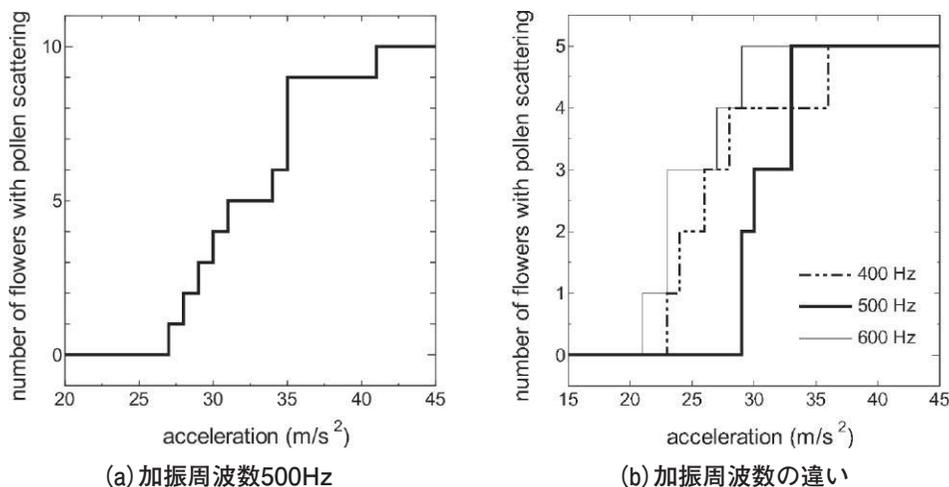


図4 加速度と花粉が飛散した花数の関係

を行う予定である。現在、磁歪素子を用いた振動子を試作し、ビニールハウス内のトマトに対して加振実験を行っており、行動阻害・忌避の程度の指標としての害虫の固体数の減少割合と、受粉の程度の指標としての着果個数の測定を行っている。このように、装置の試作と実際の圃場に於ける効果を確かめつつ、害虫制御・栽培促進のダブル効果を伴った新たな技術の創出を行っていききたい。

謝辞

本研究は、一部にカワイサウンド技術・音楽振興財団、科学研究費補助金の支援を受けて実施しました。心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 行徳 裕, タバココナジラミ おもしろ生態とかしこい防ぎ方, 農山漁村文化協会, 2009.
- 2) 高井幹夫, トマト・ナス・ピーマンの病害虫 (防除ハンドブック), 全国農村教育委員会, 2010.
- 3) 飯田博之, 本多健一郎, “コナジラミ類および媒介ウイルス病の発生生態と防除対策”, 農菜茶業研究所, 2011.
- 4) 上宮健吉, “昆虫の発音の多様性”, 日本騒音制御工学会, 1989.
- 5) 高梨琢磨, “虫の行動を支配する振動の機能を解明”, 科学研究費助成事業, 2012.
- 6) G. A. L. M. V.-D. V. M. Anna Eriksson, “Inter-Plant Vibrational Communication in a Leafhopper Insect”, Mechanisms of Vibrational Communication in Insects, 2011.
- 7) 大谷英児, “森林害虫の音 (振動) による種内 (間) 相互作用の解明”, 森林総合研究所, 2011.
- 8) 脇若弘之, “超磁歪材料を用いた音響振動素子,” 精密工学会, 1994.
- 9) 北村四朗, 村田 源, 堀 勝, “原色日本植物図鑑 (上) 草本編”, 1957, pp154, 保育社.