

(続紙 1)

京都大学	博士 (農 学)	氏名	劉 家 莉
論文題目	Studies on the searching behavior modified by olfactory conditioning in the German cockroach, <i>Blattella germanica</i> (L.) (匂い学習で修飾されるチャバネゴキブリの探索行動に関する研究)		
(論文内容の要旨)			
<p>昆虫の匂い学習能力は嗅覚行動に可塑性を与え、資源探索を効果的に行う上で重要である。従来の研究の多くは、行動を指標にしながらも、昆虫種の匂い学習能力の評価に重点を置いていた。本論文では、昆虫の嗅覚行動そのものに焦点を移して、匂い学習によって誘導される個々の行動要素について、チャバネゴキブリを用いて解析した。本論文の内容は以下のように要約される。</p> <p>1. チャバネゴキブリを用いた要素的条件付けによる昆虫の匂い学習訓練法の確立： 匂い学習訓練法には古典的学習法を採用し、条件刺激の匂いと無条件刺激の罰あるいは報酬を対提示する学習訓練を施した。条件刺激 (CS: conditioned stimulus) として一般臭の(-)-メントールとバニリンを提示し、無条件刺激 (US: unconditioned stimulus) の罰 (-US: punishment) として塩水、報酬 (US: reward) としてスクロース水溶液を提示した。バニリンと塩水の罰、(-)-メントールとスクロースの報酬を交互に対提示する分化条件付け (differential conditioning) を行い、バニリン、(-)-メントールのそれぞれの匂い源への訪問回数から求めた選好性係数より、匂い学習の成立を確認した。しかしこの方法では罰学習と報酬学習が混在するため、学習が及ぼす嗅覚行動への影響を特定できない。そこで罰学習と報酬学習を分けて、要素的条件付け (基本条件付け、elementary conditioning) を行った。学習の効果を匂い源への訪問回数の増減で評価したところ、報酬学習訓練の繰り返しに応じて増加し、罰学習訓練の後には減少した。要素的条件付けでは、その学習効果は匂い物質により変化した。また慣れ、感作など非連合学習 (non-associative learning) の効果の混在も考えられたが、それらを考慮しても連合学習は成立していることから、単一物質の匂い学習訓練法として完成したものと認めた。</p> <p>2. 匂い条件付けによる匂い源探索行動の変化の定量的把握： (-)-メントールで条件付けしたチャバネゴキブリについて、同化合物に対する匂い源探索行動をアリーナで観察した。アリーナの床面から気流を流し、赤外線照明下、ビデオトラッカーで追尾しながら虫体の軌跡を記録した。Choice chamber モードで匂いを含む試料区と対照区に直径で二分したときには、学習訓練後に試料区への僅かな滞在頻度の偏りが認められたものの、集合フェロモンに局在化する際の境界面での鋭い転回は見られなかった。しかし central arena モードでアリーナの中心から匂いを流すと、中央部分への侵入と滞在が顕著に増加した。</p> <p>3. 匂い条件付けによる匂い源探索行動の変化をもたらす定位機構の解明：サーボスフィア移動運動補償装置で、環境刺激を制御しながら、感覚運動調節機構の解析をおこなった。チャバネゴキブリは匂いの無い気流に対して負の走風性を示す。(-)-メントールで匂い付けすると、負の走風性がさらに高まった。しかし学習訓練後には(-)-メントールで匂い付けしたときのみ、26%の個体に正の走風性への反転が認められた。これは昆虫において匂い学習による走性の逆転を定量的に記録した最初の例と考えられる。匂い学習によって新たに発現した誘引性のメカニズムは、報酬学習による匂い走風性 (odor modulated anemotaxis) の極性の反転から説明できる。</p>			

注)論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 words で作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(論文審査の結果の要旨)

昆虫の嗅覚行動を利用した害虫管理の歴史は長く、総合的病害虫管理の中でも積極的に活用されている。フェロモンの他に一般臭とされる匂い物質も、ベイト剤やトラップから天敵の給餌器に至るまで広く製剤化されている。一般臭への反応は学習経験によって影響を受ける可能性があり、その点、生得的反応を引き起すフェロモンとは異なっている。ところが、匂い学習の効果を誘引・忌避など定位反応として定量的に測定した例はほとんど無い。本論文は、世界的衛生害虫であるチャバネゴキブリをモデルに新たな匂い学習法を開発して、昆虫の匂い学習の効果を定位反応として測定できる手段を提供した。さらに装置を用いた行動解析から、学習による匂い走風性の修飾という新たな機構の発見にも結びついている。評価すべき主な点は以下の通りである。

1. 従来、昆虫の匂い学習の効果は、固有な反射行動の有無から判定されることが多く、汎用性に乏しかった。また供試昆虫は自発行動に基づくオペラント条件付けで訓練されるため、定量的な評価が困難であった。本論文は、普遍的な定位行動を指標に、実験者の操作に基づく古典的条件付けを組み合わせることで、多くの昆虫に適用できる定量的な匂い学習訓練法・評価法を開発した。
2. 報酬と罰に対して、異なる匂いを対応させて交互に提示する分化条件付けではなく、単一の匂い物質を用いた要素的条件付けを取り入れることで、匂い物質と無条件刺激を自由に組み合わせることが可能となった。その結果、個々の匂い物質に依存して、報酬あるいは罰学習の効果が大きく異なることを明らかにした。
3. 上記の匂い学習法で訓練した供試虫について、匂いの分布を制御した環境下における探索行動の解析から、学習した匂いに対する行動はフェロモンで解発される生得的行動とは異なることを見出した。
4. 学習した匂いにより誘起される定位行動を構成する行動要素について、移動運動補償装置を用いて解析した結果、報酬学習の結果、匂いで誘起される走風性が負から正に反転することを見出した。これは昆虫において匂い学習による走性の逆転を定量的に解明した最初の例である。

以上のように、本論文は、昆虫に普遍的な行動である定位行動を指標とする匂い学習訓練法・評価法を開発して、学習によって誘起される匂い源定位行動の機構を解明したものであり、昆虫生理学、昆虫生態学、生態情報開発学、および応用昆虫学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士(農学)の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成25年8月9日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士(農学)の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

また、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降 (学位授与日から3ヶ月以内)