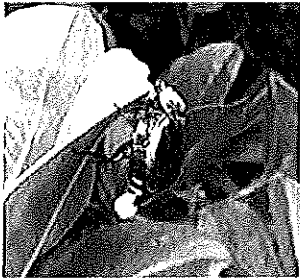
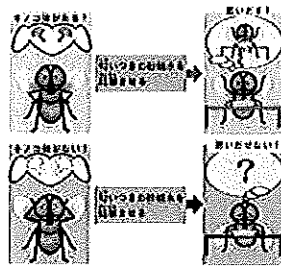
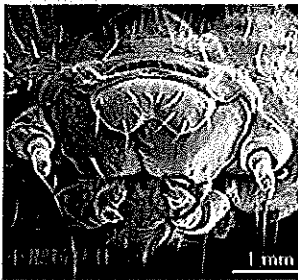


ハエ  
× 6

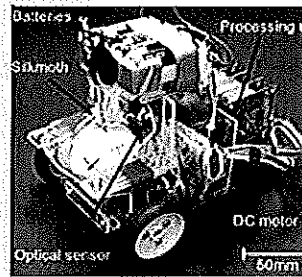
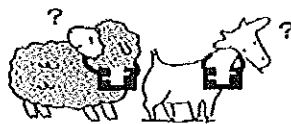
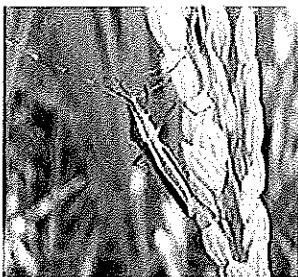
# 動物・昆虫の



# 行動メカニズムを



# 解明する



川崎 建次郎 編

独立行政法人 農業生物資源研究所

## ハエにきく食べ物の匂いと好き嫌い

神戸大学大学院・理学研究科・生物学専攻 尾崎 まみこ

クロキンバエをモデルとして、シヨ糖液に色々な匂いを組み合わせ味合わせることで「食に関する動物の好き嫌い」を調べたところ、ハエの食欲は、嫌いなD-リモネン匂いつきのシヨ糖食を経験した後には減退し、好きなジチオトレイトール (DTT) 匂いつきの食を経験した後には昂進し、それが生涯持続するようになった。このような食経験後の食欲改変には、チラミンとオクトパミンという2種類の脳内アミンが関与していた。

### はじめに

良し悪しは別として、人は大抵一つや二つ食べ物の好き嫌いをもっている。好き嫌いはいかにどのように形成されてくるのだろうか。好き嫌いはいかに十人十色。再現性が要求されるサイエンスの俎上には載せにくい。しかし、同一の管理下で飼育した昆虫を使って、このテーマを追うことができた。好き嫌いの決め手となるおいしさは、味覚と嗅覚、見た目、歯触り、喉越しと様々な要素がからむが、ここでは、食欲を減退させたり反対に昂進させたりする匂いの影響に焦点を絞った。実験に使ったクロキンバエは40年以上もシヨ糖液だけを餌に人工的継代飼育をし、野外で花蜜を摂取したことがないハエたちであったが、ニラの花を提示すると迷わずその上で吸蜜した。ニラの花の匂いはクロキンバエの食欲を生得的に昂進させるらしい(図1)。好き嫌いを左右する匂いは、生得的に決まっているのだろうか。

### 吻伸展反射テストを利用してハエの食欲変化を測定することができる

摂食行動のモチベーションである食欲を比較する指標を得るために、「吻伸展反射テスト」を取り入れた。濃度の異なるシヨ糖液を用意し低濃度から順に味覚器を刺激した時、摂食しようと吻を伸ばした最初のシヨ糖濃度を以って摂食閾値を決定する。ある匂いが食欲に及ぼす影響を調べるには、シヨ糖で味覚器を刺激すると同時に匂いを嗅がせて摂食閾値の変化を観測した。

実際の実験は飼育条件を描えた個体群を相手



図1 ニラの花の蜜を吸うクロキンバエ (尼川大作神戸大学教授提供)

シヨ糖液を餌に人工的継代飼育され、野外での花香の経験も吸蜜経験もないハエがニラの花に集り吸蜜する。

に行なう。中には大食漢もいれば食の細い個体もいるので個々のハエの食欲は大きく異なる。しかし、対数目盛りで表したシヨ糖濃度に対し吻伸展を示す個体数をプロットすると、得られる濃度-吻伸展反射曲線は匂いによって平行移動する(図2)。ある匂い存在下で曲線が右方へシフトし摂食閾値が上昇するなら、その匂いのもつ食欲減退効果を帳消しにするために多量のシヨ糖の甘さが必要となったと、また、曲線が左方へシフトし摂食閾値が低下した場合は、匂いの食欲昂進効果によって少量のシヨ糖の甘さで吻伸展を引き起こしたと考えられる。

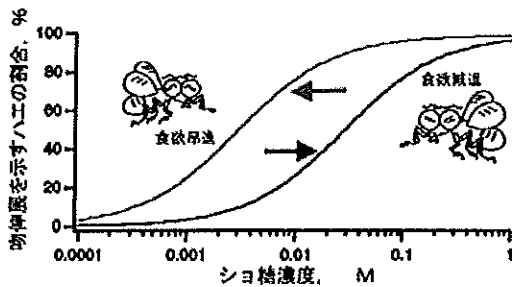


図2 濃度-吻伸展反射曲線と食欲変化の判別

吻の先の味覚感覚子にシヨ糖液を接触させてハエの吻伸展を観察する。横軸にシヨ糖濃度(対数目盛り)をとり、縦軸に各シヨ糖濃度で吻伸展反射反応を起こしたハエの割合(%)をとって濃度-吻伸展反射曲線を描いたとき、曲線が右側にあるほど食欲の減退を、左側にあるほど食欲の昂進を示す。

### 匂いを伴う食餌経験が食欲に及ぼす効果が長く続く場合がある

様々な匂いをテストした結果、羽化後5日間D-リモネンの匂い或いはジチオトレイトール(DTT)の匂いを伴うシヨ糖食を与えて飼育すると、その後生涯にわたって、食欲が減退或いは昂進したまま戻らなくなることが分かった。食

欲の変動は、吻伸展テスト時に摂食閾値のシヨ糖濃度が2, 3倍増加(図3A)或いは減少することで確かめられた(図3B)。D-リモネンは柑橘類の果皮に多く含まれるモノテルペン的一种で、ハエがその匂いを嗅ぎ続けても寿命に大差はないが、わずかな量を経口摂取したときの致死率は非常に高い。そこで、この場合の食欲減退は体調の悪化など病的なものではなく、適応的な行動改変と考えられた。毒物の匂いを伴う食餌を経験することにより、生得的にプログラムされているシステムティックな神経機構にスイッチが入り、摂食行動が改変されると理解するべきであろう。

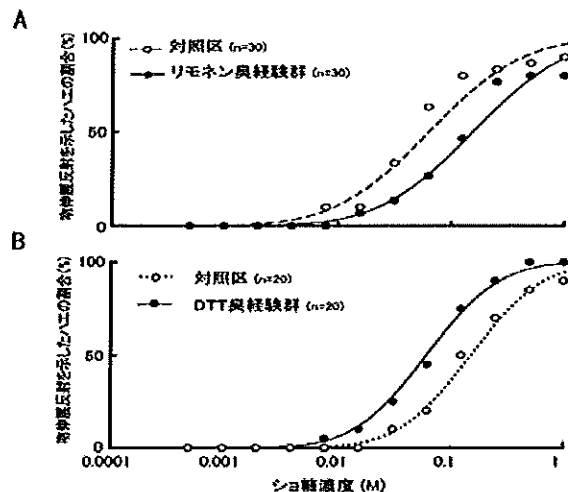


図3 D-リモネンやDTTの匂いを伴う食餌経験が食欲に及ぼす影響

A. D-リモネンの匂いを伴う食餌経験による食欲減退を示す濃度-吻伸展反射曲線の右方移動。B. DTTの匂いを伴う食餌経験による食欲昂進を示す濃度-吻伸展反射曲線の左方移動。

### 匂いを伴う食餌経験による食欲変動と同期して脳内アミン量が変動する

D-リモネンの匂い或いはDTTの匂いを伴うシヨ

糖食を与えて飼育した後に、持続的な食欲減退、食欲昂進を示すようになったハエの脳内アミンの量を調べた。その結果、チラミンとオクトパミンという2種類の生体アミンの量が食欲の変動に伴って変化することが分かった(図4)。

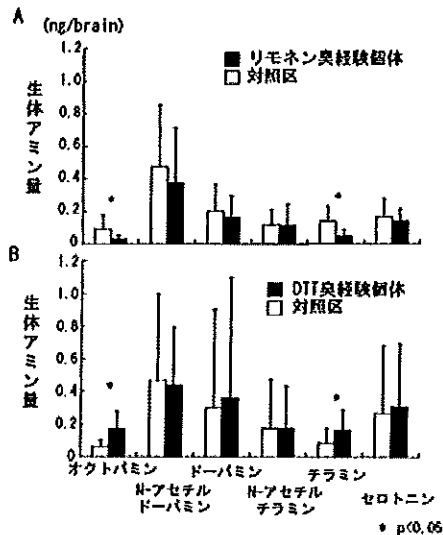


図4 D-リモネンや DDT の匂いを伴う食餌経験による食欲変動と脳内アミン変動

A. D-リモネンの匂いを伴う食餌経験後、食欲減退を示したハエの脳内アミン変動。 B. DDT の匂いを伴う食餌経験後、食欲昂進を示したハエの脳内アミン変動。チラミンとオクトパミンの量が食欲変動に従って変化していることがわかる。

ハエの摂食行動は、味覚器からの摂食刺激入力が味神経応答に変換されて脳へ送られ、吻を動かす運動神経を刺激することで実現される。その神経ネットワークの途中に匂いの神経情報が介入すると結果として運動神経の活動が抑制、あるいは促進され、吻伸展行動の閾値が上昇したり低下したりすると考えられる(図5)。のみならず、そのような状況が幾度か繰り返し学習されるうち、匂い情報が存在しなくても運動神経活動が抑制或いは促進される状況が維持され

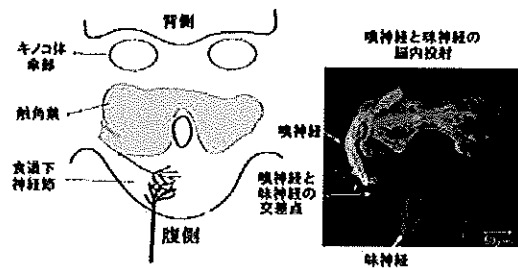


図5 クロキンバエの嗅神経と味神経の脳内投射

触角からの嗅神経は一次嗅覚中枢の触角葉、唇弁からの味神経は一次味覚中枢の食道下神経節に投射する。両神経の一部は食道下神経節で同所に集るが、大部分の情報は高次中枢領域へ送られる。匂いの記憶による食欲の変化を説明するには、高次神経ネットワークとキノコ体の関係の解明が待たれる。

ようになるのだろう。その際、チラミンやオクトパミンなどの脳内アミンが、食欲決定に関与する神経ネットワークの中で調節的に働くと考えられる。薬剤処理により脳内のキノコ体という特殊なニューロパイルを失ったハエは匂いを伴う食餌経験による食欲変動を示さない。従って、この神経ネットワークにはキノコ体が学習・記憶中枢として重要な役割を担っていることが考えられた(図6)。

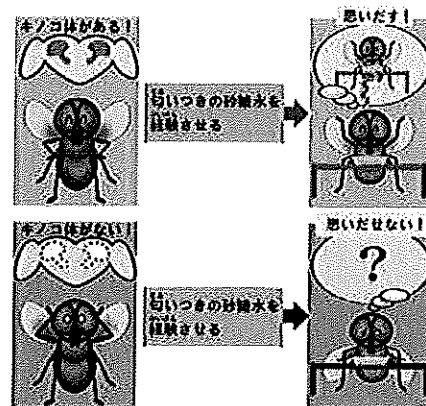


図6 脳内のキノコ体を欠損したハエは匂いを伴う食餌経験を食欲変動に反映させることができない