

せっかち派 vs. 慎重派：マルハナバチの採餌戦術は学習能力の個体差で説明できるか？

竹内 希海（筑波大学 生物学類）

指導教員：大橋 一晴（筑波大学 生命環境系）

【背景と目的】

ヒトを含む多くの動物の意思決定では、速度と精度との間にしばしば負の相関関係が認められる。この「速度と精度のトレードオフ」は、訪花昆虫でも観察される。例えばマルハナバチでは、報酬花と無報酬花の色を学習した後の採餌において、採餌速度と報酬花を正しく選ぶ精度との間に、個体レベルで負の相関がみられる (Chittka et al. 2003, *Nature*)。つまり個体は速度と精度の両方を同時に高めるよりも、精度を犠牲にして速度を高める「せっかち派」から、速度を犠牲にして精度を高める「慎重派」まで、様々な戦術にわかれる。この関係は、たしかに速度と精度のトレードオフの存在を示唆する。しかし一方で、同一の採餌環境で、こうした採餌戦術のばらつきが生じる理由はいくつかある。

この疑問に対し本研究では、学習能力の個体差が採餌戦術のばらつきを生み出す、という仮説を立てた。例えば、学習能力の高い個体は、学習時間が短くても十分に正答率を高め「慎重派」になりやすい一方、学習能力が低い個体は、短い学習時間では正答率を十分に高めることができず、やむなく速度を上げて埋め合わせる「せっかち派」になりやすいのではないかと考えた。この考えが正しいければ、学習に十分な時間さえ与えれば、どの個体もゆっくり正確に報酬花を選ぶ「慎重派」になり、戦術の個体差は小さくなるはずである。この予測を検証するため、報酬花と無報酬花の色の識別しやすさ（＝学習に要する時間）が異なる課題をクロマルハナバチに与え、色が識別しやすいときほど個体の採餌戦術が慎重派に収束するかどうかを確かめる室内実験をおこなった。

【材料と方法】

実験は、クロマルハナバチのワーカー個体を用いて、室内に建てたケージ（幅 200×奥行き 350×高さ 200 cm）内でおこなった。

1回の試行は、トレーニングとテストの2段階で構成される。トレーニングでは、任意に選んだ1個体のハチに報酬の有無と色を連結学習させ、同時に各個体の学習能力（学習にかかる時間）も測定した。まず、色の見分けにくさのレベルが異なる3種類の色ペア（類似度：高・中・低）から任意に1つを選び、一方の色には報酬＝蜜（10 μ L の 30% スクロース溶液）を、他方の色には水を添加した。そして、報酬花と無報酬花を18個ずつ、6×6の格子状にランダムな位置関係で並べ、1個体ずつ採餌経験を積ませた。採餌中は観察者もケージ内に留まり、ハチが各報酬花から吸蜜して去る度に分注ピペットで蜜を再補充した。そして、個体が100%の正答率で報酬花を訪れる採餌飛行が2回連続するか、75%以上の正答率で報酬花を訪れる採餌飛行が5回連続したら「学習成立」としてトレーニングを終了した。また、学習が成立しないまま累積採餌飛行が12回に達した場合にも、同様に終了した。

続いて、トレーニングが済んだ個体について、上記と同じ36個の花を用い、意思決定の速度と精度を測るテストをおこなった。ただし、記憶の強化または減退を防ぐため、どの花にも報酬や水は添加せず、採餌飛行は1個体につき1回のみおこなった。各試行中のハチによる訪花は、すべてビデオカメラで記録した。これ

らの動画から、トレーニングで学習にかかった時間（訪花回数）と、テストで最初に訪れた31回の訪花中における正答率、および意思決定にかかる反応時間（花間移動時間の中央値）を求めた。

【結果と考察】

まず、報酬花と無報酬花の色が容易に識別できる条件（低・中類似度）では、すべての個体で学習が成立した。また高類似度でも、12個体中8個体で学習が成立した。ただしどの条件でも、学習にかかる時間には著しい個体差がみられた。

次に、高類似度におけるテストでは、先行研究と同様、正答率よりも反応速度を優先する個体（せっかち派）から反応速度より正答率を優先する個体（慎重派）まで、戦術の個体差がみられた（図1）。対照的に、低・中類似度におけるテストでは、予測通りすべての個体が正答率90%以上に達し、戦術の個体差は消失した。これは、課題の難易度に対して十分な学習時間さえ与えられれば、いずれの個体も「慎重派」に収束することを意味する。先行研究でみられた戦術の個体差は、学習が不十分な個体が「せっかち派」という代替戦術を採用するために現れる、一時的な現象なのかもしれない。ただしこれは、どんな個体も学習すれば、慎重で時間をかける採餌をおこなうようになる、という単純な話ではない。なぜなら、正答率がほぼ100%の個体の間にも、反応時間に著しいばらつきがみられたからである（図1）。

本研究は、速度と精度のトレードオフの証拠として示されてきた動物の採餌戦術の個体差が、部分的には、学習の成立度の違いで説明できる可能性を初めて示した。また十分な学習が成立した個体の間にも「精度とのトレードオフでは説明できない」反応速度のばらつきが残る、という興味深い現象を発見した。今後は、反応速度＝情報と記憶を照合する能力の個体差が、学習時間＝情報をすばやく記憶する能力の個体差とどのような関係にあるのかを探っていく予定である。

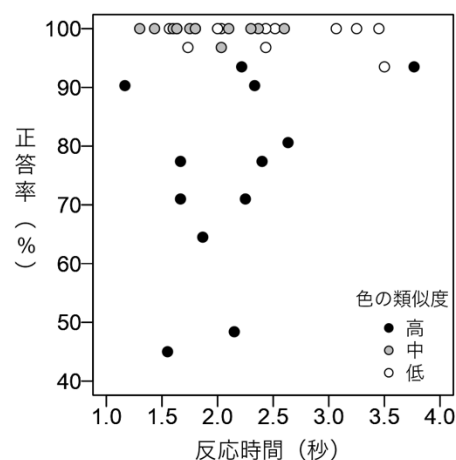


図1. テストにおける各個体の反応時間（中央値）と正答率。各点が個体のデータをあらわす。点の塗りつぶしの濃さは、用いた報酬花と無報酬花の色の類似度をあらわす（黒は高、グレーは中、白は低）。