マルハナバチの脚上げ行動の研究

北海道札幌啓成高等学校　理数科８班
羽田翼　河野太軌　遠藤一生

Bombus (one of the species called bumblebees), which range throughout Japan, play important roles for plants as pollinators. In some kinds of *Bombus*, the reaction in which they raise their middle or back legs is known, however, the detail of the reaction has not yet been solved. The authors set the following aims; determine the adequate stimulus and frequency of the reaction, and estimate the ultimate factor of the reaction. We used vibrational and visual stimuli on the individuals of *Bombus terrestris* (materials of our study), and observed them in the laboratory. As a result, we found that they raise their legs regularly in response to each of the stimuli we mentioned above. Furthermore, during our observation, we also determined the frequency for each stimulus and patterns of the reaction. The conclusions from the result of the experiments and discussion are that the vibrational and visual stimuli are adequate to produce the reaction, the frequency of the reaction varies between each stimulus, and more inspections are needed to estimate the ultimate factor of the reaction.

１．はじめに

膜翅目花粉籠ハナバチの系統に属するマルハナバチ族は、春～夏に開花する植物にとって重要な送粉者となっており、身近で観察される。その仲間は、世界で 250 種、日本で 24 種生息するとされ、道内でも、北海道固有の 11 種と特定外来生物のセイヨウオオマルハナバチ(*Bombus terrestris*) が記録されている。

私たちは 2020 年 6 月に、エゾトラマルハナバチ(*Bombus diversus tersatus*)の女王バチを採取し、室内で観察を行った。その際にヒトが飼育容器に近づいたり、容器を動かしたりすると、その刺激に対してハチが不自然に中脚を上げることに気づいた(図 1.以降「脚上行動」と記載)。他の同族在来種も複数採取し飼育観察してみると、いずれも同様の脚上行動が見られた。

マルハナバチ族のこの行動の先行研究を探したが、レポートでは見つけることができなかった。Web 上では、Hans-Jürgen(2002)が、野外でマルハナバチにヒトが近づいた時の防御や警告として、脚上行動を行うと述べている。また Brodie(2020)は、脅威を感じた時に中脚の一つを持ち上げると述べている。しかしこれらは野外での観察結果からの要因の推察に過ぎず検証はされていない。また、どのような条件で脚上行動に至るかも言及していない。

そこで私たちは、脚上行動がどういう刺激によりどれ程の頻度で起こるかを明らかにすることを目的とし、室内実験を主体として研究を行った。さらに実験結果や観察から、脚上行動の究極要因の推察を試みた。

図 1:マルハナバチ族の脚上行動

２．サンプル採取と飼育方法

2.1　サンプル採取と飼養許可

2020 年 7 月に本校敷地内で巣をつくっていたセイヨウオオマルハナバチ(*Bombus terrestris*)の１コロニーをサンプリングして実験試料とした。同種は外来生物法により特定外来種に指定され飼養や運搬が原則禁止されているため、今回環境省から許可

を受け研究に用いた(許可番号 20000141)。

図 2:サンプル飼育ケース(飼養許可証を掲示)

2.2　サンプル飼育

図 2 のように縦 16cm 横 35cm 高さ 23cm の飼育ケースに保温材を取り除き、採取した巣の一部と働きバチ 50 匹と女王バチを入れ、本校実験室で
飼育した(室内温度 20～30℃)。エサは、乾燥花粉玉を常時 10g±2g となるようにし、市販のハチミツを毎日 4g 加え飼育した。

３．仮説 1･2

マルハナバチ族飼育時の事前観察では、飼育容器の蓋を開けた時やヒトの手が接近した時に、脚上行動が見られた。そこで、開蓋時の振動刺激、向かってくる物に対する視覚刺激は、脚上行動の適刺激となるか、次のように仮説を立て検証を試みた。

仮説 1 物が当たって容器が揺れる振動刺激が適刺激となる

仮説 2 物が近づく視覚刺激が適刺激となる

４．実験準備

4.1　取得データの記録方法

脚上行動の定義を検討した。通常(下向き)の体位で、脚の付根から地面と水平以上の角度で脚を上げた場合を「脚上行動」とみなし、左･右と前･中･後のどの脚か記録した。どの脚も脚上行動とみなせない場合は「無反応」とした。

4.2　実験室内環境

温度は 20～30℃、照度は 500 ルクスをメドとして調整した。

4.3　実験容器

直径 5cm×高さ 3.5cm のプラスチックカップに白布を敷いて実験容器とした。働きバチを 1 頭ずつ実験容器に入れてフタを閉めた後、その個体が容器の壁から 5 ㎜以上離れ動きを止めて通常(下向き)の体位になるよう調整した。

4.4　試行回数と間隔

各実験とも 3 回ずつ実験を行った。脚上行動をとらなかった場合は約 10 秒後に次の回の実験を行った。脚上行動をとった場合は上げた脚を下ろすまで待ち、約 10 秒後に次の回の実験をおこなった。

５．実験 1･2(仮説 1･2 の検証)

5.1　実験方法

5.1.1　実験 1（スチロール球衝突実験）

①4.3 のハチが入った実験容器を、図 3 のように高さ 50cm の鉄製スタンドの脚の付近に設置した。

②直径 2cm、重さ 0.3g のスチロール球を、20cm の高さから実験容器のフタに自由落下させた。このとき球が実験容器内のハチの体の中心に落下(実際はフタに衝突)するよう実験容器の位置を調整した。

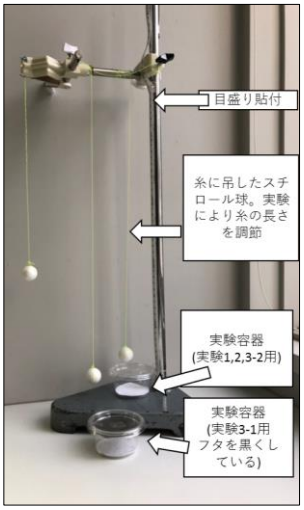

図 3:実験装置と実験容器

③実験日時は 2020 年 8 月 10 日～9 月 13 日の平日 16：00～18：50、休日 11：00～17：00 の、計 9 日。

④25 個体×3 回計 75 回実験した。

5.1.2　実験 2(振り子による視覚刺激実験)

①実験容器を 5.1.1①と同様に設置した。

②5.1.1②に記載の球を、実験容器内のハチの左側と右側の前後方向に振れるよう高さ 10cm から落として振り、5 往復させる間(8 秒間)の行動を記録した。実験容器内のハチの前後軸は振り子の振動方向と平行になるよう実験容器を回転させ調整した。ハチの左側に振り子を振った実験を 2-1、右側に振った実験を 2-2 とする。

③実験日時は 5.1.1③と同様。

④20 個体×3 回×左右、計 120 回実験した。

5.2　実験結果

5.2･1　実験 1 結果概要　(図 4)

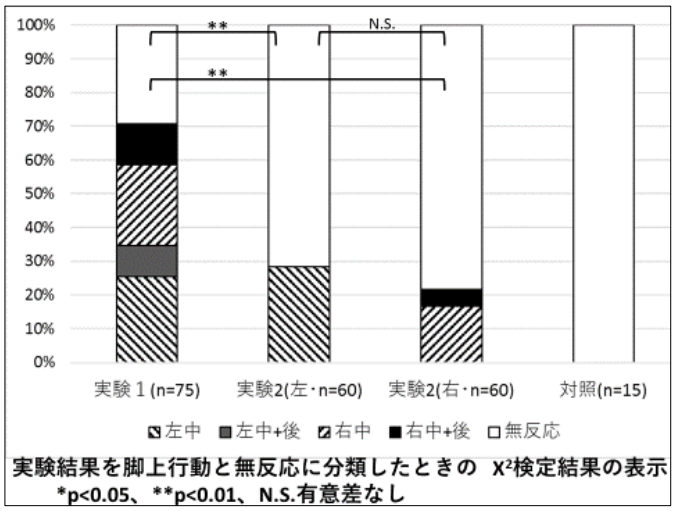

図 4:実験 1･2　脚上行動結果(内訳ごとの割合)

25 個体×3 回計 75 回のデータを取得した。脚上行動は計 53 回(71%)見られた。内訳は左中脚 19 回、左中脚+左後脚 7 回、右中脚 18 回、右中脚+右後脚 9 回だった。

5.2･2　実験 2 結果概要　(図 4)

実験 2-1(左側)の 20 個体×3 回計 60 回データを取得した。脚上行動は計 17 回(28%)見られ、全て左中脚だった。

実験 2-2(右側)でも同様に計 60 回データを取得した。脚上行動は計 13 回(22%)見られ、内訳は、右中脚 10 回、右中脚+右後脚 3 回だった。

5.2.3　実験 1･2　試行回ごとの結果

表 1:実験 1･2　試行回ごとの脚上行動と無反応の回数

	実験1			実験2-1			実験2-2		
試行回	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目
脚上行動	17	19	17	7	5	5	6	3	4
無反応	8	6	8	13	15	15	14	17	16
計	25	25	25	20	20	20	20	20	20
	N.S.	N.S.		N.S.	N.S.		N.S.	N.S.	
	N.S.			N.S.			N.S.		

X²検定結果の表示　*p<0.05、**p<0.01、N.S.有意差なし

5.3　考察

実験 1、2-1、2-2 は同一個体で各 3 回同一実験を行っているため、「慣れ」の影響を検討した。表 1 のように、試行回の結果を脚上行動と無反応に分類して算出し、χ^2 検定を行ったが、試行回による有意差は見られなかった。よって今回は「慣れ」を考えず各回の実験を独立と捉え、取得データをまとめた図 4 の結果から解析する。

脚上行動は、実験 1 で 71%、2-1 で 28%、2-2 で 22%に見られた。実験容器に入れて刺激を与えなかった対照群は 0%だったことから、振動刺激・視覚刺激は適刺激となることが示唆された。また実験 2 で脚上行動をする場合は、必ず振り子の振られた側の脚を上げた。向かってくる物体に対する威嚇や防御などの意味があると推察できた。

実験 1 は 2-1、2-2 に比べ頻度が有意に高かった(χ^2 検定によりいずれも $p<0.01$)。実験 1 はスチロール球が容器にぶつかる振動刺激に加え、球が真上に落下してくる視覚刺激が合わさっている可能性が考えられた。これを検証するため、次の実験を行った。

６．実験 3(実験 1 の補足)

6.1　実験方法

6.1.1　実験 3-1(視覚刺激排除)

①実験 1 の実験容器の上部全面に黒画用紙を貼付した。
②他は実験 1 と同様。スチロール球をハチの入った容器に落下、衝突させた。
③実験日時は、2020 年 9 月 6 日～10 月 3 日の平日 16：00～18：50、休日 11：00～17：00 の計 7 日。
④16 個体×3 回計 48 回実験した。

6.1.2　実験 3-2(振動刺激排除)

①実験 1 で、スチロール球が実験容器にぶつかる 1cm 前で止まるように長さ調節した糸をつけた。
②他は実験 1 と同様。糸によりスチロール球はハチの入った容器に衝突しない。
③実験日時は 6.1.1③　と同様。
④14 個体×3 回計 42 回実験した。

6.2　実験結果

6.2.1　実験 3-1、3-2 結果概要(図 5)

実験 3-1 で 16 個体×3 回計 48 回データを取得した。脚上行動は計 10 回(21%)見られ、内訳は左中脚 7 回、右中脚 3 回だった。

実験 3-2 で 14 個体×3 回計 42 回データを取得した。脚上行動は計 20 回(48%)見られ、内訳は、左中脚 6 回、左中脚+左後脚 7 回、右中脚 3 回、右中脚+右後脚 3 回だった。

3-1･3-2 ともそれぞれの実験容器に入れて刺激を与えない対照実験を行った。

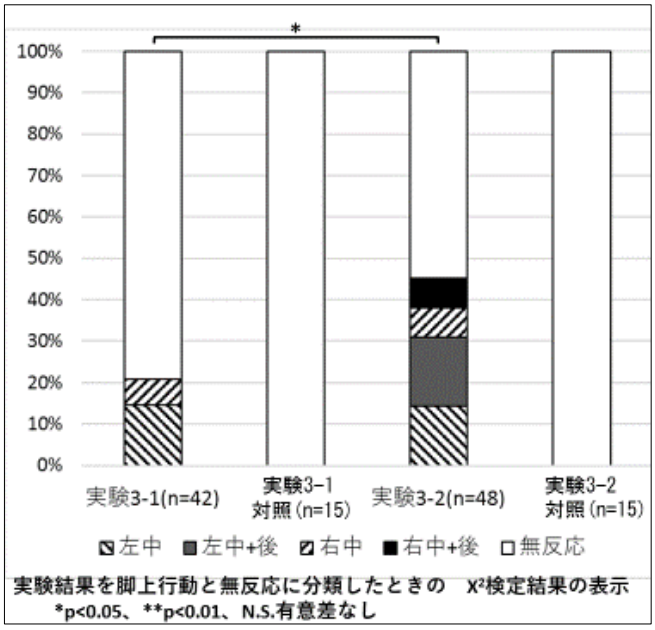

図 5:実験 3　脚上行動結果(内訳ごとの割合)

6.2.2　実験 3　試行回ごとの結果

表 2:実験 3　試行回ごとの脚上行動と無反応の回数

	実験3-1			実験3-2		
試行回	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目
脚上行動	3	4	3	7	6	6
無反応	13	12	13	7	8	8
計	16	16	16	14	14	14

N.S.　N.S.　N.S.　　N.S.　N.S.　N.S.

実験結果を脚上行動と無反応に分類したときの　X²検定結果の表示
*p<0.05、**p<0.01、N.S.有意差なし

6.3　考察

5.3 と同様、表 2 の算出に基づき χ^2 検定を行ったが有意差は検出されなかった。よって 3 回の「慣れ」の影響については考慮しない。

実験 3-1、3-2 とも実験 1 に比べ脚上行動の頻度は有意に低くなり(χ^2 検定によりいずれも $p<0.01$)、各実験で視覚刺激、振動刺激をそれぞれ排除すると頻度は低くなったと考えられる。

実験 3-2 は 3-1 より頻度が高く(χ^2 検定により $p<0.05$)、視覚刺激の方が振動刺激より適している可能性が示唆された。

実験 1 や 3-2 で、中脚+後脚の脚上行動が多く見られたのは、真上から向かってくる物体の視覚刺激に対応して、体を大きく回転させることにより、2 本の脚が上がったと推察した。

7．まとめと課題

・脚上行動が実験室で再現された。
・視覚刺激や振動刺激、またはその両方により脚上行動を起こすことが示唆された。
・視覚刺激では、向かってくる物体に対応して脚上行動を起こすことが示唆された。
・行動が起こる割合は 0～71%で、刺激方法により脚上行動の頻度に違いが見られた
・脚上行動の 4 つのパターンが示された。
・脚の長さを測定すると中･後脚が前脚より有意に長かった（図 6)。実験時の観察による推察ではあるが、脚上行動の究極要因として、長い中･後脚を上げることで、複数の個体や脚の多いクモなどの動物に擬態する防御や威嚇の意味があるように感じられた。前述したように他の要因も考えられるが、究極要因の解明にはさらなる検証が必要である。

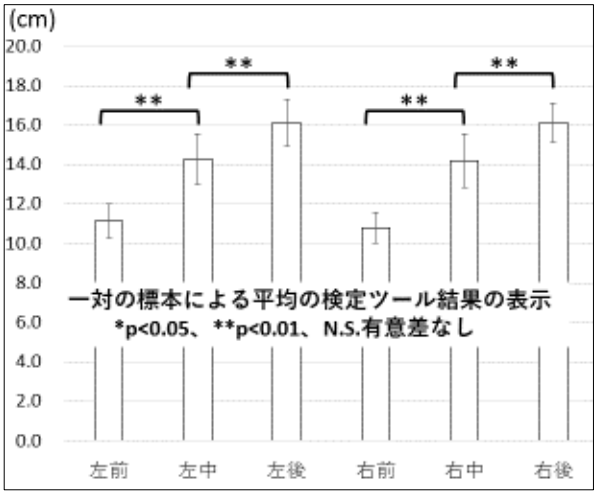

図 6: 6 本の脚長の平均と標準偏差(すべて n=20)

7．参考文献

・木野田君公ら(2013),日本産マルハナバチ図鑑,北海道大学出版会
・ Hans-Jürgen Martin(2002)「Hummel-Biologie」www.Wildbienen.de(最終閲覧日:2020 年 10 月 2 日 https://www. wildbienen.de/hubiolog.htm)
・ Laura Brodie(1996～)「Bumblebee behavior 3」bumblebee.org home page(最終閲覧日 2020 年 10 月 2 日 https://www.bumblebee.org/behaviour3.htm#buzz)