

猫の学習能力は意外と優れていた！？

S. I<科学③>

1. はじめに

近年、世界中でネコを飼う人口は増加し、ついには、犬を飼う人口を抜かした。それだけ注目されているネコだが、実は、頭がいい動物だということはご存じだろうか。例えば、人間の動きをまねて、ドアを開けたり、玄関の扉が開く音で、人間が帰ってくると推測することができる。そこで、ネコがどれくらい頭がいいのかを調べるために、ネコがどのように物事を判断するのかを調べる。特に、今回は、ネコが、エサが出てくるタイミングをどのように判断するかを調べる。

2. 方法

2-1. 実験方法

今回は、飼い猫一匹を対象に実験を行った。
実験をする前に、今回使わせていただく猫が、普段エサをもらうときのシチュエーションを調べた。その結果、20時前後に、キッチンで、エサの袋が入っている箱の音が鳴ったときにエサをもらっていることが分かった。つまり、この条件のどれかがネコの判断に作用しているといえる。この記録を実験の基準とし、時間、場所、音の3つの条件をそれぞれ変えて対照実験を行い、どの条件でエサが出ると判断するのかを調べた。

2-2. 条件

普段エサを与えているシチュエーションから、時間、場所、音の3条件のうち、1つを以下のように変化させ、その時にエサをもらいに来るかを観察した。

時間 17時30分 20時00分

場所 キッチン リビング

音 エサの袋が入っている箱の音 エサの袋の音
両方 音無し

なお、音無しの条件では、キッチンにて、20時00分の前後30分間でエサをもらいに来るかを観察した。
また、エサの袋は、箱の中に入れて保管しているものとする。

さらに、実験は3日間かけて行い、1回実験をするごとに1週間以上の時間を開けた。これは、ネコの短期記憶が非常に優れているため、実験の内容を覚えてしまう恐れがあるからである。さらに、普段エサをもらっている20時より2時間30分早い時間に設定したのは、ネコの食べ物の消化にかかる時間を考慮したためである。ネコは、食べ物の消化に2時間30分程度かかるといわれているため、17時30分に与えたエサが、20時に実験に影響しないようにした。

2-3. 仮説

猫は幅広い音域の音を聞き取ることができ、五感の中で聴力が最も優れている動物である。このことから、猫は音を聞き分ける力も優れていると予想した。よって、猫は、音を聞き分けることでエサのタイミングを推測すると考えた。

3. 結果

表1 キッチンで行った実験 1回目

	17:30	20:00	19:30~20:30
箱	×	○	
箱とエサの袋	○	○	
エサの袋		○	
音無し			○

表2 キッチンで行った実験 2回目

	17:30	20:00	19:30~20:30
箱	○	○	
箱とエサの袋	○	○	
エサの袋		○	
音無し			○

表3 キッチンで行った実験 3回目

	17:30	20:00	19:30~20:30
箱	○	○	
箱とエサの袋	○	○	
エサの袋		○	
音無し			○

表4 20:00にリビングで行った実験

	1回目	2回目	3回目
箱	×	×	×
箱とエサの袋	○	○	○
エサの袋			

※表の太枠は、今回の実験の基準である。

また、今回の実験は、基準から1条件のみを変える対照実験を行ったため、表の空欄部分は今回は実施しなかった条件である。

キッチンで行った実験では、時間や音の種類に関係なく、ほぼすべての条件において、ネコはエサが出ると判断し、キッチンに来了。しかし、キッチンで17時30分にキッチンでエサの袋が入っている箱の音を鳴らしたときのみ、1度だけ反応が見られなかった。

また、20時00分にリビングで行った実験では、すべての結果において、箱の音のみでは反応が見られず、箱とエサの袋の音まで鳴らしないと反応が見られなかった。

4. 考察

ネコは五感が優れた生き物で、特に優れた聴力をもつ。そこで、音とその意味付けを学習させることで、音を用いたネコのしつけや、ネコと人間のより良い共存に活かせるのではないかと考えた。しかし、ネコを観察すると、飼い猫はすでに生活の中の様々な音とその意味を理解しているように見えた。特に、エサを与えるときの音には敏感に反応しているように見えた。

そこで、今回の実験では、エサが出る場面を用いて、外界の様々な変化に基づいて、どのようにエサが出るタイミングだと判断しているのかに着目した実験を行った。

結果から、キッチンにネコがエサをもらいに来る状況は、次の3つが考えられる。

- ① 20時00分前後
- ② 17時30分にキッチンで箱の音を鳴らす
- ③ 20時00分にリビングで箱とエサの袋の音を鳴らす

①のことから、ネコは普段エサをもらっている時間になると「キッチンにエサが出る」ということを自己判断することができると考えられる。よって、正確な体内時計を持っていると考えられる。また、②のことから、普段エサをもらっている時刻と異なっているにもかかわらず、音を鳴らす場所が同じならば、箱の音に反応し、エサが出ると判断すると考えられる。そして、③のことから、音を鳴らす場所が異なっているにもかかわらず、普段と時刻が同じならば、箱とエサの袋の音に反応し、エサが出ると判断すると考えられる。また、表4で、20時00分にリビングで箱の音のみを鳴らした場合は、反応が見られなかったが、表1～3で、20時00分にキッチンで箱の音のみを鳴らして反応が見られたことから、普段と異なる場所では、箱の音をエサと結び付けて認識していない。つまり、一方では「ただの箱の音」、もう一方では「エサの袋が保管されている箱の音」のように、同じ音にもかかわらず、条件次第で違う意味にとらえていると考えられる。以上のことから、ネコは、時間、場所、音のすべての要素をふまえてエサが出るタイミングを判断すると考えられる。

5. 今後の課題

今回の実験では、猫を一匹しか用意することができなかったため、猫の個体差を考慮して考察することができなかった。また、お借りした猫で実験を行ったため、時間と場所の条件を増やすことができなかった。次回以降は、猫を3匹以上用意し、条件をさらに細分化して実験を行いたい。また、今回は、ネコが「エサが出るタイミングをどう判断するか」のみに絞って調査したので、次回は、さらにいろいろなシチュエーションでネコがどのように考えて行動するのか調べたい。

謝辞

本研究を行うにあたり、丁寧な指導をくださった生物ゼミ担当の岡崎さん、丸山先生、そして、実験で使用する猫を貸してくださった方々に感謝申し上げます。

参考文献

- [1]一般社団法人ペットフード協会
2021：「全国犬猫飼育実態調査」
- [2]黒須星翔 わんにゃ365
2019：「猫の記憶力についてわかってきたこと」
- [3]工藤 基 2004「様々な動物の聴覚」
日本音響学会誌 620-625

音楽を聴くと足が速くなる!?

Y. I. <科学③>

1.はじめに

近年、私達はスポーツ中継をソーシャルメディアを使って見ることができる。多くの人は試合だけに注目してみることが多いと思う。しかし、中継では試合以外にも注目してみると面白いことがある。選手たちが試合までの時間をどのように過ごしているか、どんなウォーミングアップをしているのか、などだ。一般人である私達が細かく知れる機会は多くないので興味深い点が多くある。一つに選手たちは音楽を聞いてウォーミングアップをしていることがある。音楽には気分を高める効果があると考えられるのだが、その効果が運動パフォーマンスの発揮に関係しているのか疑問に思った。また、もしその効果があるとしたら、私達高校生にも効くのかと興味を持った。

そこで、その疑問を解決するため、テンポの異なる2種類の音楽を用いて短距離走における効果を調べた。

2.方法

2.1 条件

被験者:24人

使用音源:テンポの速い音楽:BPM130

夜咄ディセイブ

テンポの遅い音楽:BPM80

夜明けと蛍

なお、今回の実験に用いた2種類の音楽はピアノ音源のみのものを使用した。

場所:竹園高校グラウンド(60m)

日時:7月から10月の特定の日時

2.2 実験手順

(1)タイム計測の際にウォーミングアップとして竹園高校陸上部が行っているウォーミングアップを行った。その時間も被験者ごとに変わらないよう同じ長さで行った。

(2)グループをタイム計測の1本目の前に音源を聞くグループと、2本目の前に音源を聞くグループの2つのグループに分類した。

なお、以降2つのグループはグループ①(1本目の前に音源を聞くグループ)と、グループ②(2本目の前に音源を聞くグループ)とした。

(3)ウォーミングアップ後、グループ②は音源を聞きながら5分間座り、グループ②は聴取環境内での相互影響を除くため、また実験用の音以外の音が入らないように、耳栓をして5分間座って待機した。

(4)60mのタイム計測を行った。

(5)グループ①は耳栓をして5分間座り、グループ②は音源を聞き、待機した。

(6)再び60mのタイム計測を行った。

2.3 仮説

個人に差はあるものの被験者全員が、プレイリストを聴いた場合のランニングの方が聞かなかった場合のランニングより望みのランニングスタイルに近づくという研究結果がある[1]。

運動後計測時の被験者の最大心拍数の平均値である108回/分の1.2倍であるテンポBPM130の音源を聞いた条件下でのタイムは、音楽を聞かない条件下のタイムよりも速くなる。また、0.7倍であるBPM80の音楽を聴く条件下のタイムは音楽を聞かない条件下のタイムより遅くなる。

3. 結果

BPM130の音源を用いた計測の調査結果を図1に示す。図1の左から12本はグループ①、以降右はグループ②の結果を示している。

図1からグループ①②ともに音楽ありの計測時にタイムの向上が見られる。60mのタイムは、BPM130の条件下で平均8.658秒、音源無しで8.783秒の結果であり、全体で平均は0.1225秒速くなった。グループ①と②を比較すると、グループ②は平均0.0180秒の向上であり、グループ①は平均0.065秒の向上であった。よって、グループ②はグループ①に比べて向上の幅が大きかった。

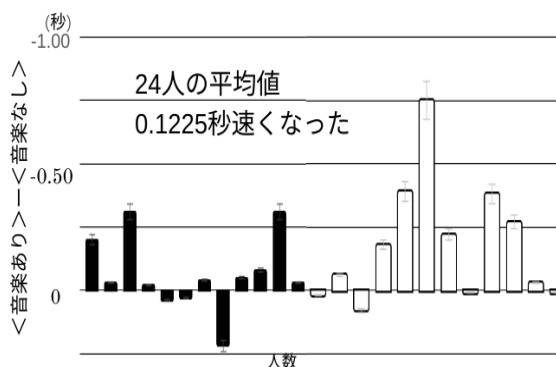


図1 BPM130音源を用いた計測におけるタイム差と人数

BPM80の音源を用いた計測の調査結果を図2に示す。図1と同様に左から12本はグループ①、以降右はグループ②の結果を示している。

図2からグループ①②ともに音楽ありの計測時にタイムの向上が見られる。BPM80の条件下での音源無しで平均8.600秒、音源無しで8.666秒の結果であり、平均は0.066秒速くなった。グループ①と②を比較すると、グループ②は平均0.067秒の向上でありグループ①は平均0.032秒の向上であった。よって、図1の結果と同様にグループ②はグループ①に比べて向上の幅が大きかった。

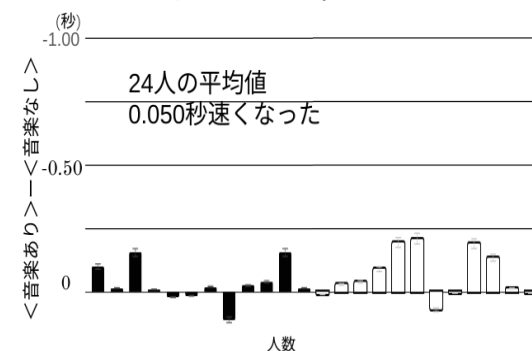


図2 BPM80の音源を用いた計測におけるタイム差と人数

4. 考察

60mにおける音楽の効果を検証するため、音源なしのタイムと音源なしのタイムを比較し音源なしのタイムのほうが速かったので、音楽を聴くことで運動能力において走力が向上することが示唆される。

また、音楽のテンポによる効果の違いを明らかにするため、

テンポの速い音楽と遅い音楽を比較すると、テンポの速い音源のほうがタイムの向上の幅が大きかったため、BPMの速い音源を聞くことによってより速い走力を発揮できるようになると考える。また、今回は短距離走の速さを求めた実験だったため、音源にも速さが必要という結果になった。一方で「個人に差はあるものの被験者全員が、プレイリストを聴いた場合のランニングの方が聞かなかった場合のランニングより望みのランニングスタイルに近づいていることがわかった。」[2]のような報告がある。このことから速さではなくそれぞれの運動能力の発揮にはそれに応じた速さの音源を聞くことで動きを近づけられるのではないかと考える。

グループ①のタイムの向上の幅が小さいのは、1本目前に聞いていた音源の前述した効果が個人差はあるが残っているからだと考ええる。

これらの結果から音楽にはヒトの運動能力を向上させる効果があることがわかった。その音楽の効果は想像よりも長い期間持続することがある。

6.今後の課題

今回行った実験は短距離走である60m走においてのタイムのみの研究対象であった。したがって、今回見られた音楽の効果が、短距離走だけでなく長距離走や投擲種目、跳躍種目や球技など運動能力の全般に関係するのかどうか追加で調査する。

また、タイムのみの計測だったため、運動前後の心拍数の変化や運動中のピッチ(1歩にかかる時間のこと)、ストライド(1歩の長さ)の変化などの計測を追加で行いたい。

謝辞

本研究を行うにあたって、多くのアドバイスをくださった生物ゼミの担当の探究指導員である岡崎実那子氏、本研究の被験者になってくださった方々に深く感謝申し上げます。

参考文献

[1] 麻 書洋

2015:「音楽と身体運動能力との関連性について
—好みの音楽聴取視点として—」

『人間発達学研究』(第6号) 129-130

[2] 足立幸祐 仲谷善雄.

2010:「スポーツの競争場面において運動テンポの
変化動作を楽曲リズムで支援するシステム」

『ヒューマンインタフェースシンポジウム』 3222

お茶の抗菌効果

N. O. <科学③>

1. はじめに

柴西が著した『喫茶養生記』には「茶は養生の仙薬なり」と書かれているように、お茶は古くから体に良い飲み物であることが知られている。その理由としてはお茶には抗酸化作用、抗菌作用・抗ウイルス作用、コレステロール量の調整などの作用が含まれていることが挙げられる[1]。お茶に含まれるカテキンという物質は毒素を消す解毒作用や細菌の細胞膜を破壊する殺菌作用を持つ[3]。一方で年間に約54800トンもの茶殻が廃棄されている[2]。近年 SDGs（持続可能な開発目標）対応などの高まりを背景に、賞味期限や消費期限の延長に取り組むことが急務となっている。そこで、茶殻の抗菌効果を利用して賞味期限や消費期限の延長に取り組むことが出来ないかと考えた。よって、本研究の目的を茶殻の抗菌効果を明らかにすることとした。

2. 方法

①LB寒天培地を上向きにして一時間放置し、環境中の菌を採取した。それを2日程度培養した。その中にある1つのコロニーを釣菌し被検菌とした。

②茶葉3gを95度の熱水150mlで20秒抽出し抽出液（抽出液1と呼ぶ）を調整した。抽出した残渣に関してはこの操作を繰り返し抽出液2，3，4を調整した。また抽出液の色を見目で観察した。

③それぞれの抽出液100mlと蒸留水（コントロール）100mlにLB培地成分1.5gと寒天1.5gを加えて滅菌し、培地を調整した。

④環境中から採取した被検菌を、茶殻抽出液1～4または蒸留水を混合したLB寒天培地に塗布し、35℃で3日間培養した。各条件3枚ずつ培養した。

⑤培養後の培地の画像を画像解析ソフトImageJに取り込み、シャーレに占めるコロニーの面積を算出した。各条件の平均値を比較した。

3. 結果

抽出液1，2，3，4の色を比べると、抽出液1は焦茶色であったのに対し、抽出液4は黄金色であり、抽出液1から4にかけて徐々に色が薄くなっていった。35℃で3日間培養したところ、シャーレに占めるコロニーの面積は、蒸留水を含む培地では41.1%であったが、抽出液1～3を含む培地ではそれぞれ、（抽出液1）14.8%、（2）1.16%、（3）27.9%であった（図6）。蒸留水を含む培地のコロニー面積を基準とすると、抽出液1～3はそれぞれ26.3%、39.9%、13.2%抑制された。よって、抽出液1，2，3を含む培地は、蒸留水を含む培地に比べて、菌の増殖が抑制された。特に、抽出液2では菌の抑制がほぼ全て抑制された。また、抽出液4を含む培地のコロニー面積は38.0%であり、蒸留水を含む培地を比べると、菌の増殖に大きな差は見られなかった。

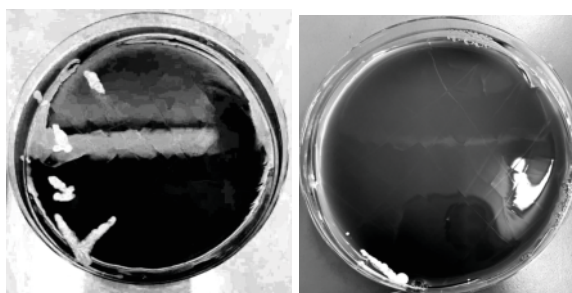


図1 抽出液 1

図2 抽出液 2

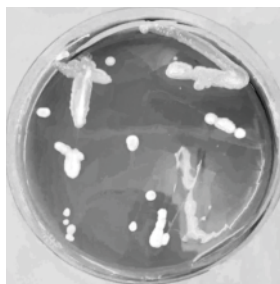


図3 抽出液 3

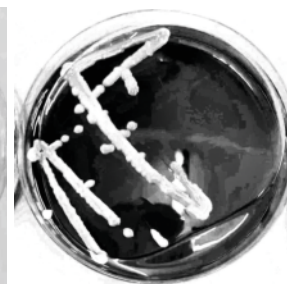


図4 抽出液 4

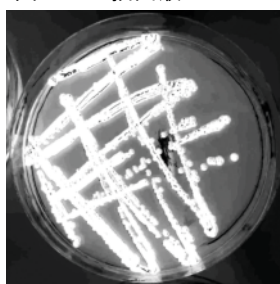


図5 蒸留水

コロニーの面積(%)

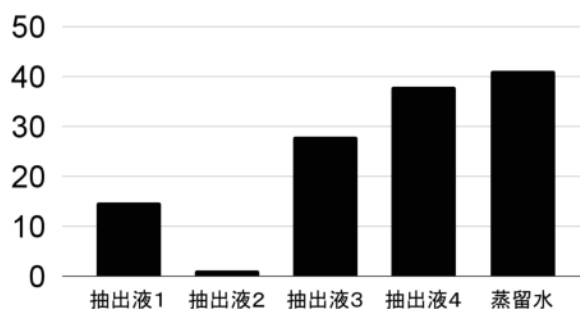


図6

4. 考察

抽出液1, 2, 3を含む培地と蒸留水を含む培地における、菌の増殖を比較した結果、抽出液1, 2, 3の方が形成されたコロニーの面積が小さかった。したがって、抽出液1, 2, 3は、菌の増殖を抑制した。よって、抽出液1, 2, 3には抗菌効果があると考えられる。また抽出液4と蒸留水を比べた時に形成されたコロニーの面積に差がなかったため、抽出液4には抗菌効果はないと考えられる。そのため、3回目までの抽出液には抗菌効果はあるが、4回目以上抽出した場合、その効果は無くなると考えられる。

抽出液1, 3, 4ではコロニーの面積の抑制効果が徐々に減少していったが、抽出液2では抽出液1よりもコロニーの面積が小さくなった。抽出液1, 3, 4抽出液の色が1から4にかけて薄くなっていったため、抗菌効果も1から4にかけて減少していくと予想していたが、その予想に反する結果となった。先行研究において、一番茶よりも二番茶の方が菌の増殖を抑える効果が強いという報告がある[5]。したがって、抽出液1から4にかけて抗菌効果は徐々に減少していくが、抽出液2では著しく抗菌効果が強いと考えられる。これは、抽出によって茶葉の細胞壁が破壊され水溶性の物質であるカテキンが抽出されやすくなったからではないか。

抽出液1から4にかけて色が薄くなっていったのに対し、コロニーの面積は抽出液1から4にかけて徐々に減少しなかったため、抽出液の色と抗菌効果は関係がないと考えられる。

今回の実験から茶殻抽出液には抗菌効果があることが分かったため、日常生活での茶殻の利用法として、まな板やしゃもじなどの木製の製品に茶殻抽出液をかけて、製品の菌の増殖を抑制させることなどが可能であると考えられる。

5. 今後の課題

今回は、分離培養した環境中の菌を被験菌として用いたが、コロニーの形態が培地ごとに異なった。そのため、コロニー数の測定が困難になってしまい、面積のみでの算出となった。そのため、今後は他の菌や、均一な菌を用いた実験を行いたい。

今回の実験では時間がなかったため一回の実験（各条件3枚）の結果のみしか得られなかった。今後は実験の回数を増やして、データの信頼性を上げたい。

今回の実験では時間がなかったため同じ抽出温度、抽出時間であったが、抽出時間と抽出温度によってカテキンの抽出量が変化することが報告されている。そのため、抽出液を作る際の水の温度と抽出する秒数を変化させ実験を行い、茶殻抽出液の抗菌効果にどのような違いが現れるか今後調べたい。

また茶殻抽出液をかけたまな板に抗菌効果があるか調べるために、使用してから水洗いしたまな板に蒸留水をかけたものと茶殻抽出液をかけたものの菌数を比べて差が出るか今後実験を行いたい。

6. 謝辞

本研究にあたって、たくさんのアドバイスをくださった先生をはじめ多くの方々に大変お世話になりました。ありがとうございました。

7. 参考文献

[1]健康長寿ネット

<https://www.tyojuu.or.jp/net/kenkou-tyoju/shokuhin-seibun/catechin.html>

[2]伊藤園

https://www.itoen.co.jp/ochagara_recycle/

[3]日本カテキン学会

https://www.catechin-society.com/effect_01.html

[4]ImageJ

Rasband, W.S., ImageJ, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, <http://rsb.info.nih.gov/ij/>, 1997-2012.

[5]家の中の微生物の観察とお茶の抗菌効果

<https://gakusyu.shizuoka-c.ed.jp/science/sonota/ro-nbunshu/111070.pdf>

[6]山西貞, お茶の科学(ポピュラーサイエンス), 裳華房, 1992

ダンゴムシにおける交替性転向反応とは ～種類、雌雄、年齢との関係性に着目して～

H. K. <科学③>

1. はじめに

身近な生き物であるダンゴムシは、規則的な運動反応を顕著に表すことが知られている。その反応は交替性転向反応と呼ばれ、動物が連続する分岐点にぶつかったときに、高い確率で左右交互に曲がるというものである。この反応は、人間の精子を含めて多くの種に備わっているにも関わらず、そのメカニズムについてはまだ不明な点が多く、複数の仮説が提唱されている段階である。そこで本研究では、ダンゴムシにおける交替性転向反応を取り上げ、ダンゴムシの種類、雌雄、年齢の3条件との関係性に着目し、実験を行った。また、一般的な仮説をもとに仮説を立てた。

2. 方法

2.1 実験に用いたダンゴムシ

実験には、オカダンゴムシ科、コシビロダンゴムシ科の3種、各60匹程度を用いた。さらに、オカダンゴムシ科とコシビロダンゴムシ科は、斑紋の有無、体色、下腹部によって、雌雄を区別した。また、ハマダンゴムシ科は体の大きさによって、年齢を判断し、成虫と幼虫に区別した。

2.2 交替性転向反応の評価

段ボールを用いて、図1のようなジグザグの迷路を作成した。迷路は、平面で、角とその次の角までの距離は2cm、通路の幅1cm、角の角度90度とした。なお、最初の角は左にしか曲がれない。

ダンゴムシは夜行性のため、実験は21時から4時に、あらかじめ実験30分以上前から暗所に入れてから行った。迷路をスタートしてから5回以上連続で左右交互に進んだ場合に成功とし、それ以下の場合は失敗とした。また、途中で立ち止まったり、後ずさりをしたり、コース外に出た場合は、判定不能とし、実験回数に含めなかった。それぞれの実験は、160回行い、そのうちの成功の割合を算出し、成功率として百分率で示した。



図1 実験に用いた迷路

2.3 実験条件と仮説

本研究では、ダンゴムシの種類、雌雄、年齢による、交替性転向反応の違いを明らかにするため、以下の3つの実験条件を設定し、それぞれの仮説を立てた。

【実験1】種類による違い

実験条件：陸に生息するオカダンゴムシ・コシビロダンゴムシ（雌雄）と、浜辺に生息するハマダンゴムシ（雌雄）に分け、成功率を比較した。

仮説：オカダンゴムシやコシビロダンゴムシの方が、ハマダンゴムシよりも交替性転向反応が強くみえる。交替性転向は、より遠くに行くのに有利な戦略であるという説に基づくと、障害物や天敵が多い陸の方が強い反応を示すと考えられるからである。

【実験2】雌雄による違い

実験条件：オカダンゴムシを雌雄に分け、成功率を比較した。

仮説：雄のほうが雌よりも反応がある。交替性転向反応は、搜索範囲を広げるのに有利な戦略であるという説に基づくと、求愛する雄の方が雌よりも強い反応を示すと考えられるからである。

【実験3】年齢による違い

実験条件：ハマダンゴムシを、1歳以上の成虫と体長が小さい幼虫に分け、成功率を比較した。

仮説：成虫（1歳以上）のほうが幼虫より反応がある。交替性転向反応は、搜索範囲を広げるのに有利な戦略であるという説に基づくと、繁殖時期である成虫の方がより強い反応を示すと考えられるからである。

3. 結果

全ての実験結果をまとめると、表1のようになった。

表1 全条件の成功率

		全数	反応あり	反応なし	成功率
	オカ・コシ（雄）	80	50	30	62.5
	オカ・コシ（雌）	80	53	27	66.3
オカ・コシ（雌雄）	オカ・コシ（雌雄）	160	103	57	64.4
ハマ（雌雄）	ハマ（成）	160	102	58	63.8
	ハマ（幼）	160	108	52	67.5

【実験1】種類による違い（図2）

オカダンゴムシとコシビロダンゴムシは160回中103回交替性転向反応があり、成功率は64.4%だった。一方、ハマダンゴムシは160回中102回交替性転向反応があり、成功率は63.8%だった。

種類差（オカ・コシ&ハマ）

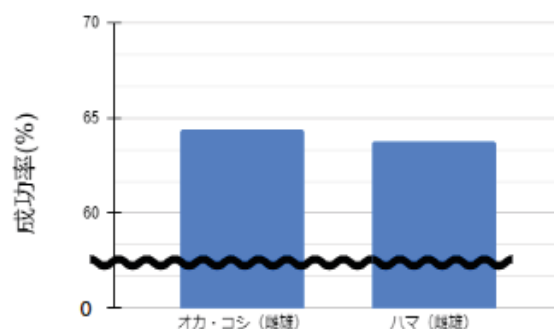


図2 種類による違い

【実験2】雌雄による違い（図3）

オカダンゴムシとコシビロダンゴムシにおいて、雄は80回中50回交替性転向反応があり、成功率は62.5%だった。一方、雌は80回中53回交替性転向反応があり、成功率は66.3%だった。

雌雄差（オカ・コシ）

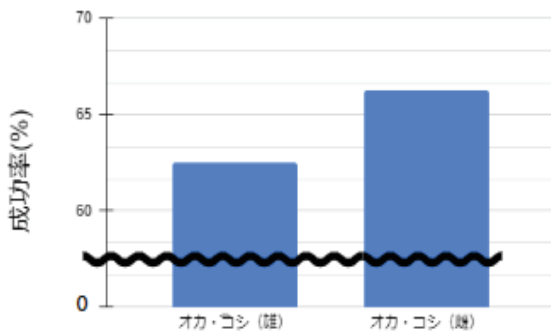


図3 雌雄による違い

【実験3】年齢による違い（図4）

ハマダンゴムシにおいて、成虫は160回中102回交替性転向反応があり、成功率は63.8%だった。一方幼虫は160回中108回交替性転向反応があり、成功率は67.5%だった。

年齢差（ハマ成虫・ハマ幼虫）

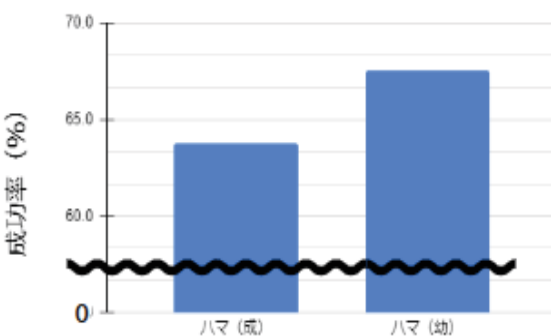


図4 年齢による違い

4. 考察

【種類】オカダンゴムシとコシビロダンゴムシのほう、ハマダンゴムシよりも成功率が0.6%高かったが有意差は見られなかった（実験1）。このことから、交替制転向反応の強さは、科の違いによる差がないといえる。ゆえに交替制転向反応はダンゴムシ全体に共通する反応であり、障害物や天敵の多さに由来する反応強度の違いはないと考えられる。

【雌雄】オカダンゴムシとコシビロダンゴムシにおいて、雌のほうが雄よりも成功率が3.8%高かった（実験2）。このことから、交替制転向反応の強さは雄よりも雌のほうが強いといえる。これは仮説とは逆の結果となった。交替性転向反応が天敵からの逃避行動であるとも考えられており、雌は産卵後、保育嚢に卵を抱えたりといった繁殖に必要な時期が雄よりも長いため、反応が強く現れる可能性が考えられる。

【年齢】ハマダンゴムシにおいて、幼虫のほうが成虫よりも成功率が3.7%高かった（実験3）。このことから、交替制転向反応の強さは成虫よりも幼虫のほうが強いといえる。ゆえに交替制転向反応は生まれつきダンゴムシに備わっている能力であり、かつ成長に伴って弱くなると考えられる。人間にみられる原始反射が、脳幹の発達

によってみられなくなることを考慮すると、ダンゴムシにおける交替制転向反応も神経系の発達によって弱まる可能性が考えられる。

5. 今後の課題

本実験では結果の正確性を担保するために、明らかに見分けがつくものだけを用いた。したがって、オカダンゴムシとコシビロダンゴムシの種類、ハマダンゴムシの雌と雄を比較することができなかった。同様にオカダンゴムシの幼虫を一定数以上採集することができなかったため、成虫と幼虫を比較していない。また、今回は連続で同じ個体を用いないという条件で実験を行ったが、1個体を連続で用いた場合に、その後の反応の強さが時間とともにどのように変化していくのか調べることで、ダンゴムシの学習能力についても理解を深めたい。また、T字路ではなく、まっすぐに進むという選択肢がある十字路を用いて同じ実験を行った際の反応についても観察してみたい。

6. 謝辞

本研究のご指導、およびに本論文の作成に携わって頂いた先生方、的確なアドバイスをくださったすべての方々に心から御礼申し上げます。

7. 参考文献

- [1] 渡辺宗孝・岩田清二 1956:「ダンゴムシにおける交替性転向反応」『The Annual of Animal Psychology 6』
- [2] 小野知洋・高木百合香 2006「オカダンゴムシの交替制転向反応とその逃避行動としての意味」『日本応用動物昆虫学会誌』(50巻4号)

小松菜の収量を増加させる方法―再生栽培に着目して―

H. S. <科学③>

1.はじめに

生物はDNAなどのミクロなレベルから骨折などのマクロなレベルまで体が受けた損傷を修復する能力を持っている。また、植物の再生能力は失われた葉や茎などの器官そのものを新しくつくることができるという点では特に優れているといえることができ、この性質を利用したのが再生栽培である。再生栽培とは野菜の非可食部、すなわち根もしくは茎の根本等から可食部を再生させる栽培方法で、リボンベジタブルと呼ばれる[1]。この栽培方法は一部の家庭などで行われているだけにとどまっておらず、果菜類を除いて実際の農業ではほとんど利用されていない。現在、人口の急増や気候変動、不安定な情勢などの要因で効率的な食糧生産が求められている。そこで本実験では前述した再生栽培が効率的な食糧生産に寄与するかどうかということについて調べた。

2.方法

2.1 利用する植物

果菜類においてはトウモロコシなどの一部の種類を除き果実以外を残し複数回の収穫を行うことが主流である[2][3]。また、根菜類については根を食用に適する完全な形で再生させることは難しく、再生栽培では主に葉が収穫物として用いられる。よって、難易度や新規性の観点から今回の実験では葉菜類を用いるものとした。また先行研究から豆苗やネギを用いて再生栽培が行えることはすでに判明している[4]が、今回はそれらよりも茎頂分裂組織の位置や葉の構造などの点で葉菜類として普遍的な形態を持ち、特に夏季においては栽培サイクルが1ヶ月程度と短いことから、実験が行いやすい小松菜を用いた。

2.2 実験方法

- ① 小松菜を播種し1ヶ月間育てた。
- ② 育てた小松菜の一方を地上3cm以下を残して収穫し、もう一方を地上3cm以下と6cm以下の葉を残し収穫した。これは再生開始直後の光合成効率が上がることでより成長が早まるのではないかと仮説を検証するためである。また、この2つの条件をそれぞれa,bとした(図1,2)。



図1 地上3cm以下を残す条件a



図2 地上3cm以下と6cm以下の葉を残す条件b

- ③ 1ヶ月間再生させ、地上3cm以下を残して収穫した。
- ④ ②、③の収穫物の大きさと質量を測定し、得られた結果を比較した。葉の面積は、葉を並べて撮った写真においてImageJを使用して画像中の葉面積の割合を測定し、その値に背景の方眼用紙を用いて算出した写真が写した面積をかけることで推測した[5]。

3.結果

収穫物の質量は種から育てたものがそれぞれ21gと24gで、aの条件で再生させたものが51g、bの条件で再生させたものが45gだった(図3)。また、葉の面積は種から育てたものがそれぞれ246cm²と290cm²、aが1176cm²でbが1541cm²だった(表1、図5～図8)。葉は再生した物の方が種から育てたもののほうが大きく枚数も多かったが、食味や食感、質感に関して目立った差異は見られなかった。ただし、再生栽培の方法で収穫した葉は室温(18℃)の場合収穫後5時間程度で明らかな萎れが見られた(図4)。また、1回目の収穫の際に株に残された茎の根元は自然に剥離し、その剥離した面は乾燥していた。

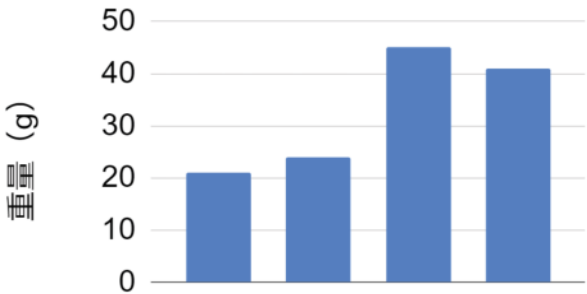


図3 種から育てたもの a b

表1

条件	葉の面積 (cm ²)
種から育てたもの	246
種から育てたもの	290
aの条件で育てたもの	1176
bの条件で育てたもの	1541



図4 収穫直後の葉 収穫5時間後の葉

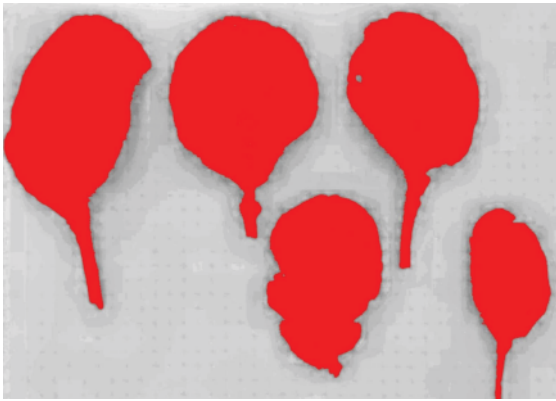


図5 種から育てたもの

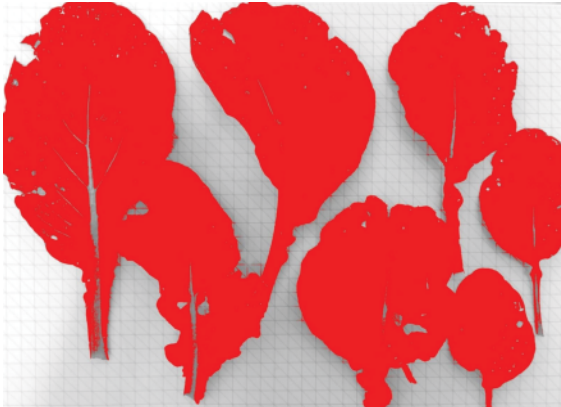


図6 種から育てたもの



図7 aの条件で再生させたもの

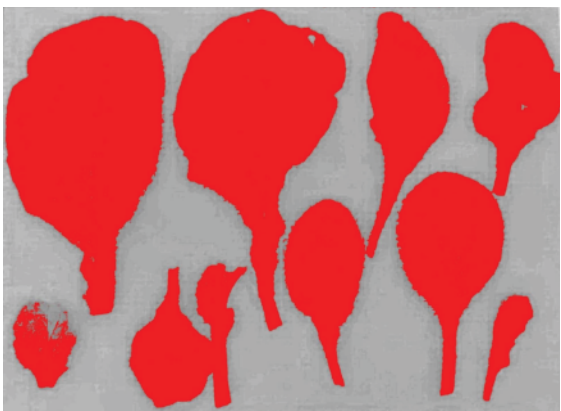


図8 bの条件で再生させたもの

4.考察

種から育てたものと再生したものを比較すると、再生したものの方が葉の数が多く質量も面積も大きくなった。これは再生させたものが種から育てたものに対して発芽や根の伸長にかかる時間を必要とせず、その分成長の初動が早かったことによる影響ではないかと推測される。よって再生栽培は短期間での収穫を可能にするという利点があり、土地生産性を向上することで効率的な食糧生産に寄与するといえる。ただし、再生させる際に収穫した葉はしおれてしまうまでにかかる時間が非常に短かった。これは再生させるという都合上、収穫物が茎断面を露出した形になってしまうことが原因と考えられる。このことから、再生栽培によって作物を生産した場合は生鮮食品としてでなく加工された状態、例えば冷凍野菜などの加工食品として流通させることが望ましいと思われる。条件a、bについてはaのほうが収穫物の質量が大きく、すべての葉をまとめて切断できる分収穫時の手間も少ないことからaがより望ましい再生方法であると考えられる。また条件a、bにおいては質量と面積の大きさの逆転がみられるが、これはaのほうが密度の大きい成熟した葉が多かったからではないかと推測される。収穫後に残った茎の根元は自然に剥離したことから、再生を繰り返しても残った茎部分により株の根本が太くなり続けることはないと考えられる。また、剥離した茎の断面は乾燥していたことから、これは離層が形成されることによって起こる一種の落葉ではないかと推測される。

5.今後の課題

まず第一に、今回の実験ではサンプル数の少なさや害虫の被害、実験時期による気候の違い等の影響も受けて誤差が発生したと思われる。よって、次に実験を行う際は気候の変化がない時期に大量の小松菜を使って害虫の防除を行いつつ実験する等条件を適切にすることでより正確な結果が得られると考えられる。また、今回行ったa、bの他にも2日に一枚外側の葉を収穫するなどの様々な再生パターンが考えられるのでそれらについても検証を行いたい。トウモロコシなどの一度しか収穫を行わないとされている植物においても再生栽培で効率的な生産ができないか考えてみたい。また、一般的な落葉の発動条件は気温の低下や乾燥などであるが今回観察された茎の剥離の発動条件は葉の損傷ではないかと考えられるので、茎の剥離が起こるための葉の損傷の閾値や他の落葉性広葉樹における落葉との相違点が無いか調べてみたい。

6.参考文献

- [1]さいたま市『栽培のススメ』
https://www.city.saitama.jp/004/001/003/002/p079596_d/fil/05_saibai.pdf
- [2]飯田光・齊藤昌弥『2014年国際科活動報告書』48,49ページ
- [3]北条雅章 2020『はじめての野菜づくり図鑑 110種』82,83ページ
- [4]金子美登 2012『有機・無農薬でできる野菜づくり大辞典』62ページ
- [5]ImageJで葉面積を測ってみた.osata(id:menseki).HatenaBlog.<https://menseki.hatenablog.jp/entry/2021/02/12/000000>

ミドリムシが肥料にもなる！？

Y. T. <科学③>

1. はじめに

ミドリムシとは、体長0.05～0.1mmで、鞭毛を使い、自らの意思で動くことができる動物の性質と、葉緑体を持ち光合成ができる植物の性質を併せ持つ生物である。霞ヶ浦など身近なところにも生息している。ミドリムシは59種もの栄養素や、バイオ燃料として利用できる油を持っていて、光合成能力が高く、大気中の約1000倍のCO₂濃度の環境でも元気に育つ。そのため、多くの大学、研究機関で食料・栄養・温暖化問題の解決策としての有効性が研究されている。

本研究では、近年、栄養価の高さが注目されているミドリムシの肥料としての効果に着目した。ミドリムシは、ヒトに対して、ダイエット効果や、ヘアケア、便秘改善、睡眠の質の向上などの良い影響を与えると分かっている。しかし、植物に対する影響は、あまり調べられていないため、本研究ではミドリムシが、ハツカダイコンの生育に与える効果を検証することを目的とした。

2. 方法

2.1 ミドリムシの培養方法の検討

2.1.1 ミドリムシの培養①強力わかもと入り、密封培養

洗浄したペットボトルを用意し、そこに蒸留水を容量の半分入れて、そこにインターネットで購入したミドリムシと、ミドリムシの増殖に有効と言われているビール酵母やビタミンB12などが含まれている強力わかもとを入れ、ペットボトルの蓋を完全に閉めて培養した。ペットボトルを人工気象器に入れてミドリムシが増えやすい21～25℃に維持し、約24時間光が当たるようにした（図1）。時間が経つと、ミドリムシがペットボトルの底に溜まってくるため、ペットボトルを1日1回程度振った。



図1 キャップを密閉して培養

2.1.2 ミドリムシの培養②強力わかもと無し、開封培養

洗浄したペットボトルを用意し、そこに蒸留水を容量の半分入れて、そこにインターネットで購入したミドリムシを入れ、強力わかもとは入れず、空気が入りやすいようにペットボトルの蓋を軽く乗せる程度に閉めて培養した。ペットボトルを、人工気象器に入れてミドリムシが増えやすい21～25℃に維持し、約24時間光が当たるようにした（図2）。時間が経つと、ミドリムシがペットボトルの底に溜まってくるため、ペットボトルを1日1回程度振った。



図2 キャップを浮かせて培養

2.2 ミドリムシの肥料としての有効性の検証

プランターを4つ（A, B, C, D）用意した。4つのプランターに肥料の入っていない土（バーミキュライト）を入れ、1cm程度の溝を作り、そこにハツカダイコンの種を蒔き、土全体が常に湿るように水を与えた。発芽したら、プランターAに9株、Bに10株、Cに9株、Dに10株になるように間引きし、AとBは水だけを3日または2日に1回250mlずつ与え、CとDには、ミドリムシを含む水を3日または2日に1回250mlずつ与えた。

また、均等に日に当たるように3日毎にプランターの位置を変えた。種を蒔いてから3週間後から1週間ごとに、各プランターのそれぞれの苗の茎の長さや太さを計測した。プランターごとに、苗の茎の長さや太さの平均値を算出し、プランター間で比較した。

3. 結果

3.1 ミドリムシの培養の結果

培養①において、強力わかもとを添加して蓋を完全に閉めて培養したところ、一時的にミドリムシが爆発的に増えたが、2週間後にはミドリムシがほとんど死滅し、ミドリムシ以外の生物が発生していた（図3）。培養②において、強力わかもとを添加せずに蓋を軽く乗せる程度に閉めて空気が入りやすい状態で培養したところ、2ヶ月以上経っても約4割のミドリムシは生存し、ミドリムシの培養に成功した（図4）。そのため、ミドリムシはペットボトルで培養でき、蓋を完全に閉めないほうが安定してミドリムシを培養できることが分かった。また、強力わかもとを入れると、一時的にはミドリムシが爆発的に増えたため、強力わかもとは短期的にミドリムシの数を増やすためには有効であるが、長期間の培養には不適と考えられる。また、強力わかもとを入れず、ペットボトルのキャップを完全に閉めて培養したところ、ミドリムシは生存したが、培養②ほど長期間の培養はできなかった。

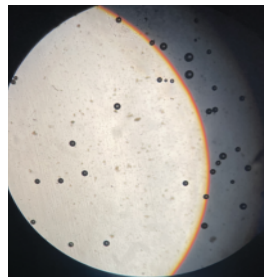


図3 培養①の2週間後

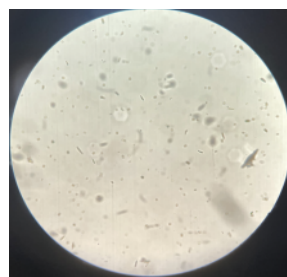


図4 培養②の2ヶ月後

3.2 肥料としての有効性の検証結果

ハツカダイコンの茎の長さの平均を比べると、水を与えたプランターAで4.6cm、Bで5.2cm、AとBの平均は4.9cmで、ミドリムシを与えたプランターCで5.7cm、Dで4.9cm、CとDの平均は5.3cmであった。したがって、ミドリムシを与えていたプランターの苗の方が、水を与えていたプランターの苗より0.4cm長くなった（図5）。

茎の太さの平均を比べると、水を与えたプランターAで1.4mm、Bで1.5mm、AとBの平均は1.5mmで、ミドリムシを与えたプランターCで1.8mm、Dで1.7mm、CとDの平均は1.8mmであった。したがって、ミドリムシを与えていたプランターの苗の方が、水を与えていたプランターの苗より0.3mm太くなった（図6）。

また、ミドリムシを与えていたプランターの苗の方が、水を与えていたプランターの苗より本葉が生えてくるのが早く、根が膨らみ始めるのも早かった。さらに、ミドリムシを与えた1時間後の土の温度が、水を与えた1時間後の土の温度より1℃ほど高くなっていた。

茎の長さ

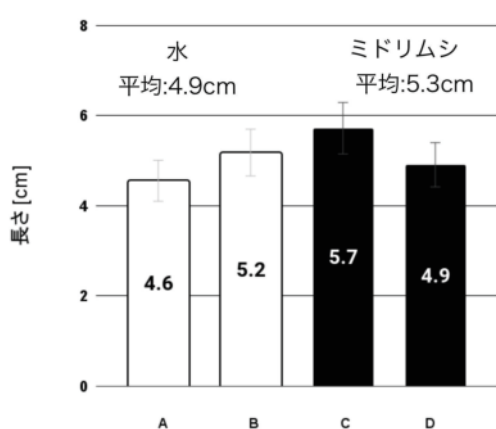


図5 茎の長さの比較

茎の太さ

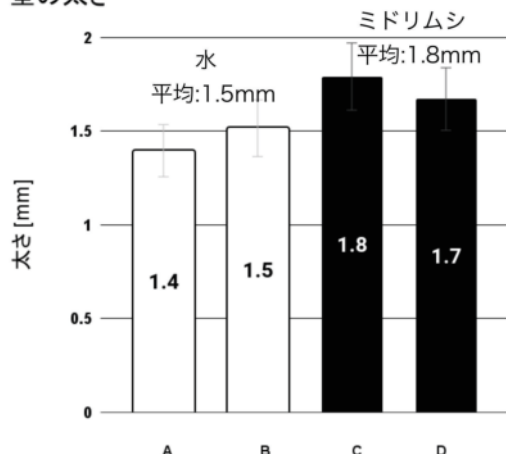


図6 茎の太さの比較

4. 考察

4.1 ミドリムシの培養の考察

ミドリムシを効率よく長期間にわたって培養できる方法を見つけるため、強力わかもとを添加して密閉して培養したところ（培養①）、一時的にミドリムシの数が爆発的に増えたが、約2週間後には、ミドリムシがほとんど死滅してしまった。一方、強力わかもとを添加せず、空気が入る隙間をあけて培養したところ（培養②）、一部のミドリムシは死滅してしまったが、約4割のミドリ

ムシを2ヶ月以上培養することに成功した。また、強力わかもとを入れずに密閉して培養した場合、密閉してもミドリムシの増殖がやや観察されたが、隙間をあけて培養した培養②よりは短期間しか生存できなかった。そのため、ミドリムシを安定して培養するには一定程度の空気が常に入る必要であると考えられる。また、強力わかもとは、一時的なミドリムシの増殖には効果的であるが、ミドリムシが爆発的に増殖することによって栄養分が不足したり、その他の生物も増殖しやすくなったりするため、長期的なミドリムシの培養には不適と言える。これらの結果から、ミドリムシをペットボトルで長期的に安定して培養するには、強力わかもとなどの栄養分を添加せずに、空気が入りやすいように蓋を軽く乗せる程度にするのが良いと考えられる。

4.2 ミドリムシの肥料としての有効性の考察

ミドリムシが植物の茎の長さや太さに与える影響を調べたところ、ミドリムシを与えた植物は、水を与えた植物よりも茎が平均0.3mm太く、平均0.4cm長くなっていた。よって、ミドリムシには茎の成長を促進させる働きがあると考えられる。このことから、ミドリムシは、肥料として有効である可能性が示唆される。

また、ミドリムシを与えた1時間後の土の温度が、水を与えた土の温度より1℃ほど高くなっていた。よって、ミドリムシが茎の成長を促進するメカニズムとして、ミドリムシにより土が活性化して、苗に良い影響をもたらすことが推測される。一方で、先行研究では、土を使わずに植物を育てる水耕栽培においても、ミドリムシを含む水を与えた植物がよく育っていた。よって、土の温度の上昇が茎の成長を促進するだけではなく、ミドリムシが根に直接的に作用して、植物の成長を促進する可能性も考えられる。また、死滅したミドリムシであっても植物の発育を助けるという報告もある[2]。よって、死滅しても残るいずれかの成分が、植物の発育を促進する重要な成分である可能性がある。

5. 今後の課題

ミドリムシの培養に時間をかけすぎでミドリムシの肥料としての有効性の検証に時間を割けなかった。そのため、今後は収穫物の大きさや味、安全性などに与える影響を検証したい。また、今回は水のみと比較したため、今度は市販の肥料などと比べてみたい。さらに、ミドリムシの持つ植物の発育を促進する成分がどのような成分なのか、どのような条件下で植物の発育を促進するのか、その成分はミドリムシ以外の生物は持っていないのかなどを、死滅したミドリムシであっても植物の発育を促進するかの確認、植物に与える水に含まれるミドリムシの濃度や、植物に与える頻度を変える、クロレラなどの栄養価の高い生物とミドリムシを比較するなどして、詳しく調べたい。

参考文献

[1] (株) ユーグレナ ホームページ

<https://www.euglab.jp/>

[2] 中高校生が第一線の研究者を訪問

「これから研究の話をしよう」

第7回 植物は血縁を見分ける!? 自他識別能力の農業への応用

<https://www.terumozaidan.or.jp/labo/future/07/03.html>

音楽の暗記作業への影響 ～勉強中に音楽を聴くなどと言うけれど～ V. S. <科学③>

1. はじめに

近年、音楽を視聴しながら学習をしている学生が、中学生では5割、高校生では7割いることがベネッセの調査により判明した[1]。また、音楽刺激によってリラクセーションを自覚できると言われている[2]。一方で、音楽に依存した学習は、試験等の静かな空間での集中力を妨げると言われており、音楽に依存した学習の影響で、普段どおりに試験に取り組むことができなかったと答える生徒が多数いるのが現状である[3]。よって、音楽が学習に及ぼす影響を正しく理解して、学習において、よりよく音楽を活用できる方法を見つける必要がある。音の高低は聴覚野で処理され、リズムは小脳や運動前野、和音は前頭葉で処理される[4]。また、記憶した情報は、海馬で処理された後に大脳皮質で処理される[5]。このように、音楽による情報と、学習による情報がそれぞれ別の場所で処理されることから、学習中に音楽を視聴しても、作業効率に影響がないのではないかと仮説を立てた。本研究は、暗記学習中に視聴することが、学習の効率や、試験中の集中力に与える影響を検証することを目的とした。

2. 方法

本研究では、竹園高校在学中の高校2年生27名を被験者とし、期間は7月19日から7月21日であった。実験は6限目終了後の放課後に普通教室または理科教室で行った。27名の被験者を約9人ずつの3つのグループに分け、7月19日実施のグループをグループ①、7月20日実施のグループをグループ②、7月21日実施のグループをグループ③とした。被験者は、ビジネス用語30個を10分間で暗記し、2分間の休憩後、書かれている意味に対応する用語を記述式で回答する5分間のテストを受けた[6]。(図1)

暗記中の音楽の影響を評価するため、暗記は、音楽のない環境(WO)、テンポの速い音楽を聴く環境(F)、テンポの遅い音楽を聴く環境(S)、の3つの条件下で行った。実験で使った音楽は、(F)では、BPM130-140(過度な緊張状態の心拍数)、(S)では、BPM65-75(通常時の心拍数)の歌詞があるものを選択した。(F)では、ワタリドリ、ただ君に晴れ、ハルジオンの3曲、(S)では、星を仰ぐ、Storiesの2曲を使用した。なお、テスト問題はそれぞれの条件ごとに異なっており、テストは音楽を流さずに行った。また、すべての被験者が3条件を実施し、グループごとに、3つの条件を行う順番を変えた(図2)。

各被験者の成績は、(WO)の得点を100%とし、(F)と(S)での得点をパーセンテージ(%)で表した。

すべての結果において、実験対象者27名のうち、外れ値と判断された5名の結果を除き、22名のデータを解析した。



図1 実験の手順

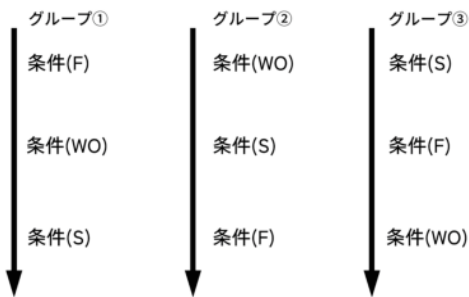


図2 各グループにおけるテスト順番

3. 結果

3-1. 全体の傾向

テンポの速い音楽を聴いた(F)において、音楽を聴かなかった(WO)と比較して、(F)においては、3グループの得点率の平均は101.4%となり、(S)においての3グループの得点率平均は84.6%となった。また、同じ条件であっても、グループによって平均得点率には差があった(表1)。

表1 条件ごとの各グループの成績及びその全体平均

	WO	F	S
平均点	100.0%	101.4%	84.6%
グループ①	100.0%	86.0%	81.8%
グループ②	100.0%	128.4%	94.6%
グループ③	100.0%	92.1%	77.8%

3-2. グループごとの個人の傾向

グループ①においては、正答率が(WO)で最も高い人が5名、(F)で最も高い人が0名、(S)で最も高い人が2名、(WO)と(F)で最も高い人が1名であった(図2)。

グループ②においては、正答率が(WO)で最も高い人が1名、(F)で最も高い人が5名、(S)で最も高い人が0名、(WO)と(F)で最も高い人が1名であった(図3)。

グループ③においては、正答率が(WO)で最も高い人が5名、(F)で最も高い人が1名、(S)で最も高い人が0名、(F)と(S)で最も高い人が1名であった(図4)。

3-3. テスト実施順による結果への影響

テスト順番が正答率に与える影響を評価するため、テストの順番別に各グループの点数の平均点をだすと1個目のテストでは83.0%、2個目のテストでは96.0%、3個目のテストでは104.0%という結果になった。グループ別の結果は、実施順にグループ①では75.0%、100.0%、83.0%、グループ②では100.0%、95.0%、128.0%、グループ③では、73.0%、94.0%、100.0%であった(図5)。

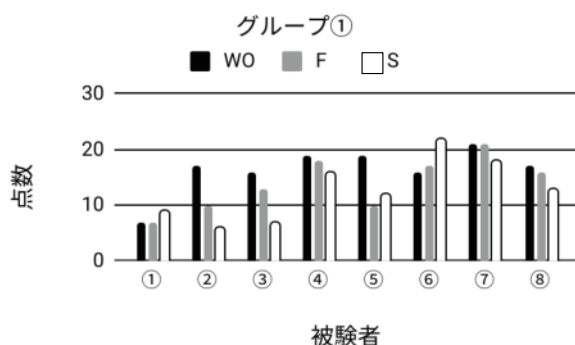


図2 グループ①被験者別得点率

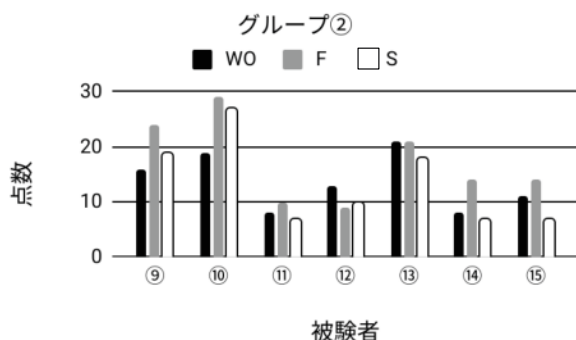


図3 グループ②被験者別得点率

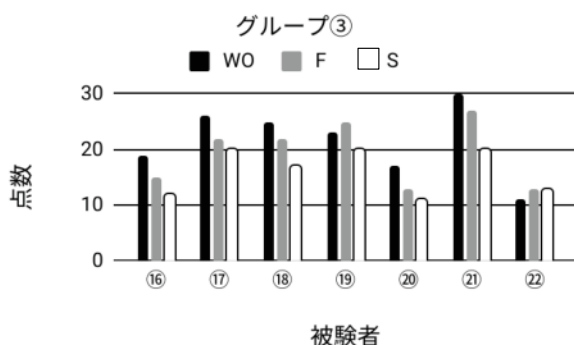


図4 グループ③被験者別得点率

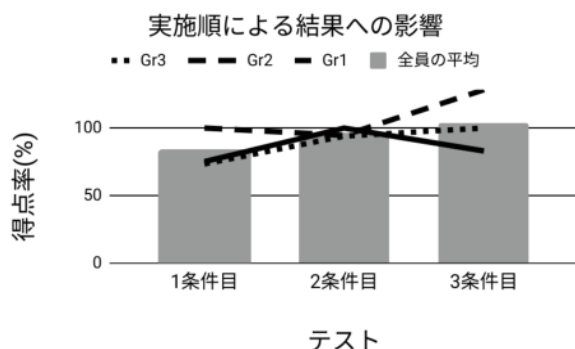


図5 実施順による結果への影響

4. 考察

音楽が暗記作業に与える影響を明らかにするために、各条件ごとの正答率を算出したところ、結果3-1のように(S)では、(WO)より正答率が15.4%低くなったことから、テンポの遅い音楽を勉強中に聴くと音楽を聴かないときよりも暗記作業に悪影響があると考えられる。また、(F)では、(WO)との間に正答率の大きな差が見られ

なかったため、テンポの早い音楽は、暗記作業に影響がないと考えられる。よって、一部の音楽は、勉強中に使用すると暗記作業への悪影響があると考えた。

一方で、結果3-2より、(F)と(S)のいずれかの点数が(WO)より高い人も9名いたため、後述する実験順による成績への影響を考慮する必要はあるが、音楽の影響には個人差があり、一部の人には音楽が効果的な可能性もある。また、(F)と(S)の点数を比較すると、(F)で(S)よりも点数が高くなって人が17名となっており、勉強中に使用する音楽として適しているのは、テンポの早い音楽だと考えられる。

3条件の実験順が成績に与える影響を評価するために、実験順の成績を算出したところ、結果3-3に示したように、全体の平均を見ると、テストの点数は、1条件目、2条件目、3条件目の順に上がっている。このような結果になったのは、実験開始前に問題形式を伝えなかったことが影響していると考えられる。加えて、実験を繰り返すことによって、テスト形式に馴れたことも一つの要因だと思われる。

これらを踏まえると、テンポによって異なる影響が見られたことから、音楽は複数のメカニズムを介して学習に影響する可能性がある。

5. 今後の課題

今回の実験では、テンポの遅い音楽が暗記作業に悪影響がある一方で、テンポの速い音楽は暗記作業に影響を及ぼさないことが示された。よって、音楽の中でも、種類によって、学習に与える影響が異なる可能性が高いが、その違いがなぜ生まれるのかは不明である。テンポによる影響の違いを明らかにするために、今後は、歌詞がない音楽を用いて、テンポ以外の条件をなるべく揃えて同様の実験を行いたい。また、今回発見した音楽の影響が、暗記作業中だけでなく、計算や思考などの学習にも共通するものかを確認したい。

謝辞

本研究を進めるにあたり、様々なアドバイス、論文やポスターの添削をしてくださった生物ゼミの丸山成人先生、TAの岡崎実那子さん、また、実験に協力していただいた皆様に、この場を借りて感謝を申し上げます。

参考文献

- [1] 中高生のネット利用実態調査 ベネッセ教育情報サイト
<https://benesse.jp/kosodate/201503/20150314-2.html>
- [2] 日本看護研究会雑誌 vol. 28
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjsnr/28/1/28_20
- [3] コラム 武田塾
<https://www.takeda.tv/column/post-148410/>
- [4] PTNA 脳と身体 of 教科書
https://www.piano.or.jp/report/03edc/brain/2011/27_12628
- [5] 日本学会会議_おもしろ情報館
https://www.scj.go.jp/omoshiro/kioku3/kioku3_2.htm
- [6] ABC・数字 | ビジネス基本用語集 | ナビゲート
<https://www.navigate-inc.co.jp/term/term-ABC.html>