

動物にもたらす光の影響

～マウスの行動の変化と光の関係～

木村彩音 中西愛佑美 並木志葉 古川りさ子

【概要】

名古屋市立大学、岡嶋研二教授による青い光でマウスの学習能力が上がるという研究を知って、他の色ではどうなるのかを知りたくなり、青色以外の条件ではどのような結果が得られるか、簡単な装置でも可能なのかどうか実験を行った。本研究では、予備実験と本実験に分け、予備実験ではマウスの学習能力を調べ基本条件を確立し、本実験ではその基本条件に沿って光の条件を変え、実験を行った。

know the research learning ability of mouse is up in blue light Nagoya City University, by Professor Kenji Okajima, other colors will want to know what happens, under conditions other than blue is what results I get, it is the simplest I conducted an experiment that can also whether the device. Divided in this experiment and preliminary experiment to establish the basic conditions to examine the learning ability of the mouse, in this study, preliminary experiments in this experiment he conducted an experiment to change the light conditions in accordance with the terms of its base.

【研究動機と目的】

動物の行動が光によって変化するという現象は、日周期や体内時計のリセットなどで広く知られている。体内時計において光はそれを前進させたり、後退させたりする作用がある。これに関して必要な光の強さは種によって異なり、例えば夜行性のげっ歯類の体内時計は昼行性のヒトより弱い光で調節されていることが分かっている。

またヒトを含む哺乳類では、目から入ってくる光情報を視覚として感じるだけでなく、生体リズムの調節にも利用している。視覚の場合、可視光は眼の網膜に存在する視細胞で受容されるが、体内時計（*1）の調節においては、視細胞とは別の光感受性神経節細胞（*2）により受容される。体内時計における光受容は、光感受性神経節細胞に存在するメラノプシンという光受容タンパク質（*3）によりなされている。

また、動物に対する光の影響としては、マウ

スに青色光を照射することで学習効果が上昇するという名古屋市立大学岡嶋教授の研究報告も存在する。私たちは、この研究報告に興味を持ち、マウスを対象として学習効果を上昇させることを目的として、実験を行った。

*1 体内時計：ほとんど全ての動物は、ほぼ24時間周期でリズムを刻む体内時計を持っている。ヒトの日周リズムは実は25時間で、毎日1時間ずつ伸びていくはずだが、朝の光によってリセットされることで24時間になっている。

*2 神経節細胞：網膜神経節細胞は、多くの細胞からの光情報のアナログ入力を統合し、デジタル情報として出力する。ヒトを含む脊椎動物の目には神経節細胞が存在し、そこである程度統合された光情報が脳へ送られる。この情報処理機能を担う網膜神経節細胞のうち、哺乳類では数%の細胞が光感受性を持つことがわかっている。

*3 光受容蛋白質：通常の蛋白質は紫外光だけしかキャッチできない。光受容蛋白質は、発色

団としてビタミン A の誘導体を結合し、可視光の受容を可能にしている。視覚を司る視細胞には、光受容蛋白質の代表とも言える視物質（ロドプシン）が存在している。

【実験器具】

迷路①（縦 51 cm 横 51 cm 高さ 12 cm 幅 17 cm）図-1

迷路②（縦 30 cm 横 8×4 cm 高さ 7.5 cm つなぎ目 4 cm）図-2

LED（青色光、白色光）

ストップウォッチ、電子天秤、温度計
ダンボール、アクリル板、アルコール
マウス 6 匹（ddY 系統）

迷路①は、アクリル板を床面に使用して厚紙で壁を作成した。予備実験のみに使用した。迷路②は、タッパーの一部に 4 cm の切れ目を入れ、4 個を接続したもので実験 1 および 2 に使用した。



図-2 迷路①（予備実験に使用）



図-3 迷路②（本実験に使用）

使用したマウスは、DDI 系統。各光条件（青色光、白色光、暗黒）に 2 個体ずつのマウスを使用した。予備実験には、生後 1 ヶ月、体重 48 g のもの、1 個体を使用した。本実験には、生後 3 ヶ月、体重は 32~42 g のマウス 4 個体と生後 4 ヶ月、体重 48 g のもの 1 個体の合計 5 個体を使用した。性別は、全て雄である。マウスは、体重別に以下のように名前を付けた。最も重いものを F (48 g)、次に重いものを H① (42g)、H② (44g)、そして軽いもの L① (32g)、L② (33g 図-3) とした。



図-3 マウス L②

(DDI 系統、生後 3 ヶ月、体重 33g)

【予備実験】

予備実験①

絶食などのストレスを与えない条件におけるマウスの学習効果を調べることを目的とした。飼料、水は十分に与え、明暗周期は自然光の状態で飼育したマウス（生後 1 ヶ月、体重 48g）、1 個体を使用した。

学習効果の測定には、迷路①を使用した。以下の図-4 に示すゴール位置にエサを置き、スタート位置からゴールにたどり着くまでの時間を測定した。以降の文章においてゴールにたどり着くまでの時間を「タイム」と表記する。実験は 8 月の午後に行い、1 日あたり 1 回のタイムと室温の測定を行った。

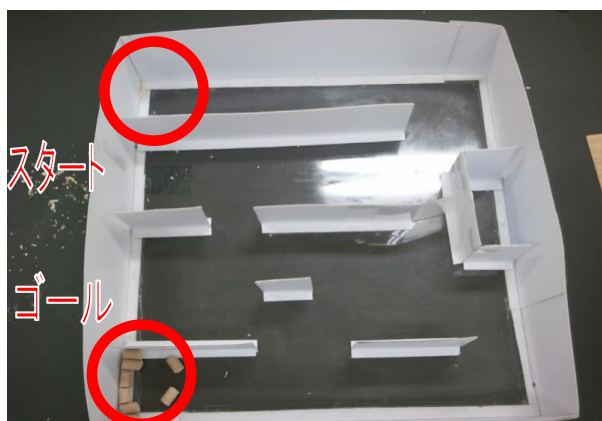


図-4 迷路のスタート位置、ゴール位置

予備実験②

室温を 24°C に設定し、5 分、10 分、15 分の間隔で繰り返し計測を行った。

エサなどの条件については、予備実験①と同様に設定した。

また、15 分間隔については、1 日間の絶食（水のみ与えた）させた場合についての条件も設定し、測定も行った。

【予備実験の結果】

予備実験①の結果

学習効果については見られなかった。

室温とタイムの関係において次の図-5 のような関係性が存在することが分かった。29°C の平

均タイムが 140 秒、32°C の平均タイム 440 秒であり、約 3 倍程度の差が確認された。

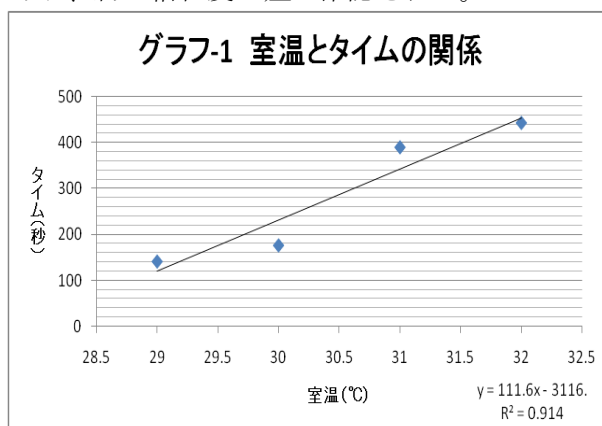


図-5 室温とタイムの関係

予備実験②の結果

5 分間隔では、最速で 4 分台、10 分間隔では、最速で 5 分台、というタイムが得られた。15 分間隔では、4 分台が最も速かった（表-1,2,3,4,5）。

表-1 5 分間隔の結果

| | |
|------|-------------|
| 1 回目 | 4 分 38 秒 03 |
| 2 回目 | 6 分 43 秒 93 |
| 3 回目 | 5 分 44 秒 25 |

表-2 10 分間隔の結果

| | |
|------|--------------|
| 1 回目 | 5 分 36 秒 43 |
| 2 回目 | 6 分 29 秒 25 |
| 3 回目 | 10 分 48 秒 03 |

表-3 15 分間隔の結果①

| | |
|------|--------------|
| 1 回目 | 5 分 36 秒 43 |
| 2 回目 | 6 分 29 秒 25 |
| 3 回目 | 10 分 48 秒 03 |
| 4 回目 | 4 分 02 秒 43 |

表-4 15 分間隔の結果②

| | |
|------|-------------|
| 1 回目 | 3 分 25 秒 50 |
| 2 回目 | 6 分 35 秒 62 |
| 3 回目 | 3 分 54 秒 21 |
| 4 回目 | 2 分 02 秒 22 |

表-4 15 分間隔で絶食を行った場合の結果

| | |
|------|-------------|
| 1 回目 | 5 分 07 秒 40 |
| 2 回目 | 3 分 32 秒 37 |

6. 予備実験の考察

室温とタイムについては、先の図-5のような相関関係があることが分かった。この表から考察すると、1℃室温が上昇すると、タイムは倍以上になる。このように、温度の高い日ほどタイムが遅くなった。この結果より、マウスは温度の高い日ほど活動量が少なくなるという考察を立てた。マウスの飼育適温は、18～27℃であり、29℃以上という条件は、測定には適していないことがわかった。

また、学習効果は見られなかったことから、1日おきの実験は、マウスにとっては間隔が大きすぎると考えた。そこで、予備実験②では、間隔の条件を、5分、10分、15分とした。

実験②の結果から、タイムが短縮されたため、24℃という室温は、本実験を行うにあたり適当であると判断した。

しかし、実験の間隔を小さくしても学習効果について、はっきりとは分からなかった。ただし、5分、10分に比べて、15分間隔の結果において、タイムの短縮傾向が見られたため、本実験では15分おきの条件を採用することとした。

また、満腹であるため、エサに興味を示さないのではないかと考え、予備実験②の追加条件として、1日の絶食を行うこととした。絶食を行うと、絶食前に比べて若干のタイムの短縮が見られた。以上のような考察のもと、本実験で使用する条件を決定した。

【実験】

実験 I

予備実験より決定した基本条件において、マウスの行動に与える光の影響を調べるため、光条件を加えた本実験を行った。与える光条件としては、白色光、青色光の2つと、全く光を与えない暗黒条件とした。実験を行う30分前から、それぞれの条件をマウスに与えた。それ以外の光条件は、自然光とした。

また、実験には、迷路は②を使用した。ゴール

の判定は、ゴール地点に置いてあるエサに触った時点とした。以下は、実験中の各条件である。

室温 ... 24℃ ～ 25℃

実験間隔 ... 15 間隔で、1日あたり4回

絶食 ... 半日（実験前日夕方から当日朝）

光条件 ... 白色光、青色光、暗黒（実験開始30分前から30分間）



図-6 迷路②のスタートとゴール位置

実験 II

実験 I の測定結果から、体重とタイムに関係がありそうなことが分かった。また、マウスが迷路を引き返すなど、想定以上にタイムが長くなり、実験効率が悪かったため、基本条件を大幅に変更して実験を行った。

マウスを体重別に3つのグループに分けた。最も重い48gの個体をマウス F、次に重い42～44gの2個体をマウス H①、H②、最も軽い32～33gの2個体をマウス L①、L②とした。また、絶食なしで室温を21℃～22℃とし、迷路のスタートは変更せずに、迷路の最後の部屋に後ろ足が入った時点をもってゴールとした。さらに、実験の間隔はあけずに4回連続で測定し、タイムが7分を超えた時点で測定不能としタイムは7分として記録した。

【実験結果】

実験Ⅰの結果

初回と2回目の測定を比較してみると、タイムの短縮が見られる。しかしながら、3回目と4回目の測定についてはタイムが長くなった。光条件については、暗黒が最もタイムが短く、次いで青色光のタイムが短かった（図-7）。

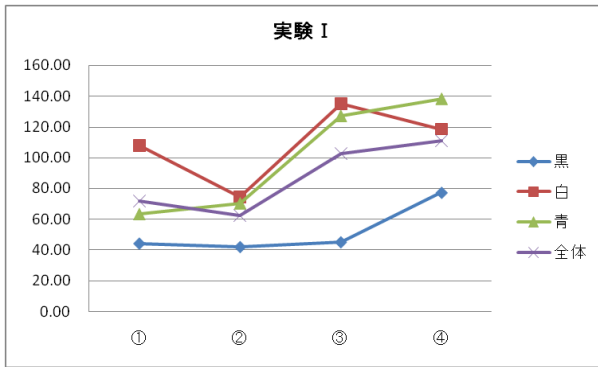


図-7 実験Ⅰの結果（縦軸は秒、横軸は実験回数）

実験Ⅱの結果

体重の軽いマウス L については、白色光に比べ青色光の条件では、2回目以降でタイムの増加が少なかった。白色光は極端にタイムが遅くなった（図-8）。

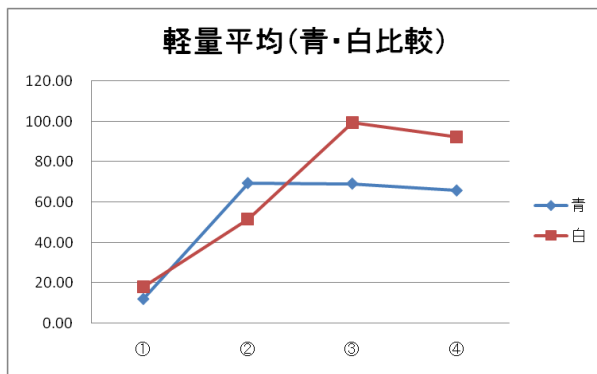


図-8 実験Ⅱの結果（マウス L、縦軸は秒、横軸は実験回数）

マウス H については、白色光に青色光の条件の方が初回のタイムが良かった。また、2回目以降については、白色光のタイムには大きな差がみられなかった。青色光のタイムは回を追う毎に遅くなった（図-9）。

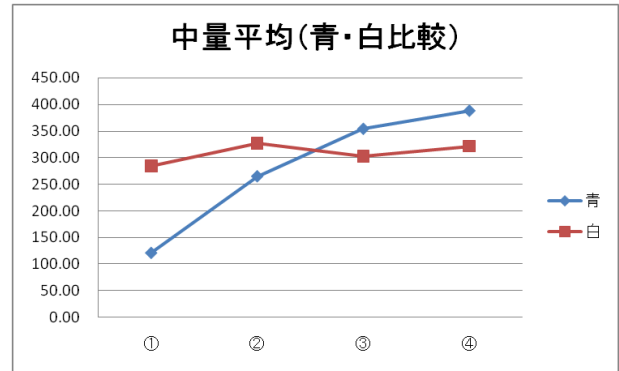


図-9 実験Ⅱの結果（マウス L、縦軸は秒、横軸は実験回数）

マウス F については、初回のタイムは青色光のほうが速い。その後は、回を追う毎に遅くなっている。白色光のタイムには、ばらつきがあり、3回目のタイムが急激に速くなっている。

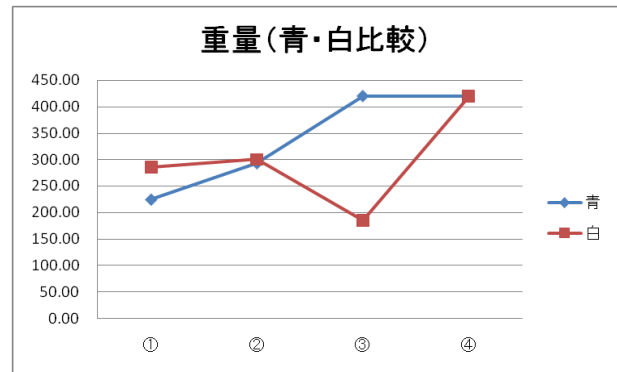


図-10 実験Ⅱの結果（マウス F、縦軸は秒、横軸は実験回数）

【考察】

実験Ⅰからは、初回から2回目にかけてタイムが短縮する傾向がみられたため、学習効果に期待した。しかしながら、3回目、4回目の測定では、逆にタイムが伸びていく傾向が見られた。そこで、今回の実験条件では、学習効果よりも迷路という条件に対するマウスの慣れの方が強く表れたのではないかと考える。よって、学習効果よりも迷路という不安な環境に置かれた場合に、行動量がどのように変化するかという視点から考察を行う。

光条件については、暗黒を経験させた場合にタイムが速くなる傾向が見られた。マウスには、

明所よりも暗所を好む傾向がある。暗所で安心した状態から、急に明所に置かれたため、不安状態に陥り暗所を探して行動量が増えたものと考ええる。

また、白色光と青色光では、初回のタイムに大きな差が見られた。この結果からは、青色光の方がマウスにとっては、安心感を与える光で、前述の暗黒の場合と同様に、白色光の状況の不安感から行動量が増えたと考える。

また、実験Ⅱでは体重の違いによって、行動量が大きく異なることが分かった。次のグラフは、各回数におけるマウス F、H、L のそれぞれのグループ毎の平均タイムを比較した者である（図-11）。

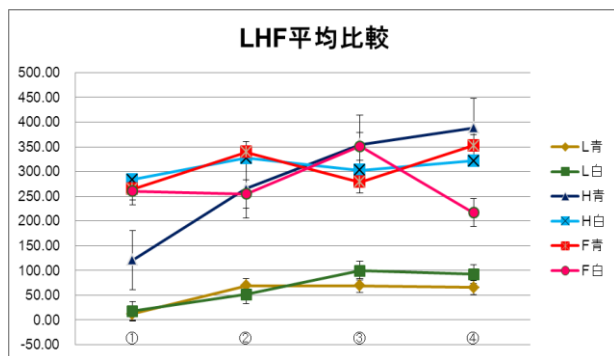


図-11 マウス F、H、L の回数毎の平均タイム比較（縦軸は秒、横軸は実験回数）

このグラフからは、体重が 30g 前半のマウス L は、体重が 40g を越えるマウス F、H に比べてタイムが全体的に速い、つまり行動量が多いということが分かる。また、体重が重いほど、各回のタイムにばらつきがあることも分かる。

以上の結果より、マウスの行動に対して、光は影響を与えるということが考えられる。また、体重によって不安状況に対する行動量が変動するということと言える。

反省点としては、今回の実験では、マウスの学習効果については、確認することができなかったことである。実験の装置や条件に問題があったと考えられる。また、マウスの個体数が少なく信頼性という点で十分ではないことについて

も反省が残る。