

## 1. 目的

現在、渡り鳥が行動するにあたって地球の磁場をもとに移動しているとも考えられている。

また、太陽黒点が増えると太陽フレアも増加し磁気擾乱が起こる。我々は本当に地球の磁場をもとに渡り鳥が行動しているのかどうかを、太陽黒点という新たな視点から解き明かしたいと考え研究を始めた。

## 2. 太陽フレアと地球磁場の関係について

太陽フレアは爆発に伴い電磁波や大量の高エネルギー荷電粒子を放出する。地球磁気圏とは、地球の持っている磁場のことである。この磁場は太陽活動によって変形する。地球は、太陽風などの太陽活動から普段この地球磁気圏によって守られている。しかし、太陽フレアの規模が大きいと高エネルギー粒子や太陽フレアによって発生した電子や陽子が地球磁気圏に入り込む。すると、地球の磁場が乱れる現象である磁気擾乱現象が起こる。

## 3. 渡り鳥について

渡り鳥は地球の磁場を頼りに飛来する個体もいると言われている。鳥の中でも、越冬地と繁殖地の遠く離れた場所を季節によって行き来している鳥を渡り鳥という。渡り鳥であるヨーロッパコマドリは目の網膜にクリプトクロム4という青色受容体のタンパク質を持っている。このクリプトクロム4は青色の光を受け取ると、電子を一つ放出する。すると、不安定な状態である不対電子対になりラジカル状態となる。不安定であるためラジカル同士で電子を移動させ合いラジカル対となる。このラジカル対は、電子のスピンの向きによって一重項と三重項の二つの状態に分けられる。一重項と三重項の二つの状態を行き来する項間交差がおこなわれる。この項間交差によって磁場を視覚的に見ることができる。このクリプトクロム4によって季節ごとに越冬地と繁殖地の離れた二か所を行き来する渡り鳥は方角をもとに正確に飛

来を行うことができると言われている。

## 3. 方法

(1) 生起頻度の低い行動と磁気擾乱の年月日を比較する。

### A. 使用するデータ

#### ① 磁気擾乱のデータ

気象庁地磁気観測所の磁気擾乱のデータを引用した。このデータは2000年から2023年7月までの磁気擾乱の年月日、K指数、地磁気活動度、発生した地磁気現象、国際静穏日、国際擾乱日、のデータがある。

#### ② ヨーロッパコマドリのデータ

ヨーロッパコマドリは目の網膜に磁気を感知するといわれている、クリプトクロム4を持っているため今回はヨーロッパコマドリを対象とする。ヨーロッパコマドリのデータは海外の鳥の音声データを集めている xeno-canto ホームページを送り、使用許可を頂いた。これは、1987年から2023年7月間の飛来した年月日、緯度、経度の4890件数分のデータである。これをスクレイピングアプリである octoparse を使用して入手した。

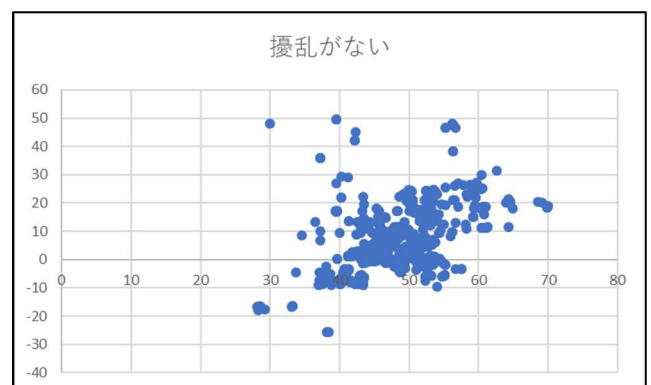
②のデータを①のデータをもとに「擾乱があるとき」と「擾乱がないとき」に分け、変化がないかを調べた。

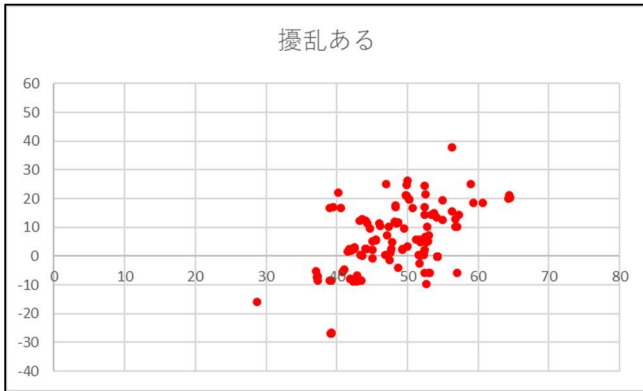
## 5. 分析方法

Excel でもともと別々であった磁気擾乱のデータとヨーロッパコマドリの飛来地のデータを一つにする。このデータを使用し緯度と経度で地磁気活動度が静穏な時と活発な時の散布図を作り比較する。

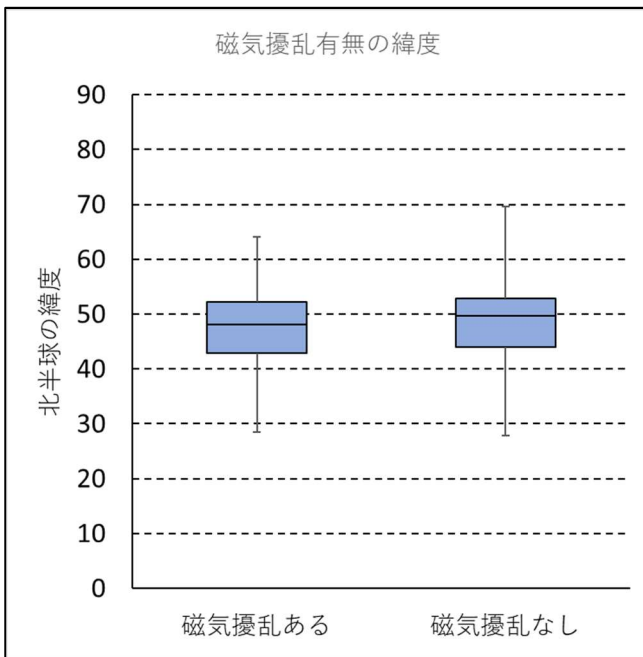
## 3. 結果

### 散布図





(Fig. 1) 擾乱があるときとないときのヨーロッパコマドリの散布図（縦軸が緯度，横軸が経度）  
箱ひげ図



(Fig. 2) 擾乱有無の緯度の違い

擾乱が起きている時の方が縦軸方向（緯度）の分布が小さく見える。

擾乱が起きているときのほうが緯度の分布が小さいと仮説を立てて検定を行う。

### T 検定

優位水準は 0.05 とする

検定統計量	-1.77724094
p値	0.038581411
自由度	186.0883394

(Table. 1) 緯度の差の検定結果

$0.05 > 0.03858\dots$ より擾乱があるときはないときと比べて高緯度に飛来するヨーロッパコマドリの数が少ないといえる。

## 7. 考察

磁気擾乱現象は極地の方が影響は大きく、縦軸が緯度であることから地磁気の影響が大きい極地に飛来する数が減っているのではないかと考えた。また t 検定を行い p 値が優位水準より小さくなったことから誤差ではなく、擾乱が起きているときは擾乱が起っていないときに比べて緯度に注目したときの分布が低緯度に集まっているといえる。そのため磁気擾乱の影響がより顕著に表れる極地を避け高緯度に飛来しなくなるのではないだろうか。

よって太陽黒点が増加すると渡り鳥が迷うといえる。

## 8. 今後の展望

「生起頻度の低い行動」の定義の詳細・具体化を行う。

また、太陽フレア以外にも渡り鳥の飛行に直接影響を与えると考えられている、地磁気に関するデータを合わせて比較していくことでより結果を明確にしていきたい。

## 10. 参考文献

- [1] 気象庁 地磁気観測所 磁気嵐の基礎知識  
[https://www.kakioka-jma.go.jp/knowledge/mstorm\\_bg.html](https://www.kakioka-jma.go.jp/knowledge/mstorm_bg.html)
- [2] 広島大学 ラジカル機構対について
- [3] Bird Life International  
<https://www.birdlife.org/>
- [4] 山階鳥類研究所  
[https://www.yamashina.or.jp/hp/ashiwa/ashiwa\\_index.html](https://www.yamashina.or.jp/hp/ashiwa/ashiwa_index.html)
- [5] xeno-canto  
<https://xeno-canto.org/species/Erithacus-rubecula>
- [6] 気象庁地磁気観測所  
[https://www.kakioka-jma.go.jp/obsdata/overview/overview\\_month.php?year=2023&month=8](https://www.kakioka-jma.go.jp/obsdata/overview/overview_month.php?year=2023&month=8)