

# 星と気象の関係性

井戸 汰一 北村 青葉 森本 涼平 横内 勇人

## 1. 研究目的

夜空を見上げ、星を見ると、日々星の明るさが変わっているように感じる。その理由として、その時の気象が大きく関係しているのではないかと考えた。本研究では気象を気温、水蒸気量、風速の三つに絞り、それらの気象と星の明るさがどのように関係しているのかを調べることにした。また、それぞれの気象の影響力の大きさについても調べる。

## 2. 先行研究

株式会社気象サービスより、気温が低く、乾燥しており、風が強いと星がはっきり見えるということが分かっている。また、他に星の明るさを変化させる要因として星の瞬きがあると分かった。星の瞬きとは星の見かけの明るさが大気揺らぎなどによって短時間に急激に変化する現象である。國學院大學栃木高等学校の尾花拓海氏の研究より星の瞬きに影響を与える要因には気温、湿度、風速があり、湿度が最も大きな影響を与え、次いで、風速、気温の順となっていることが分かっている。

## 3. 先行研究と本研究の違い

先行研究として活用した資料では気象と瞬きの関係を調べる際に、入力変数として用いる気象以外の統一ができておらず、その結果の信憑性が低いと感じた。本研究では気温、水蒸気量、風速から調べたい気象以外の残りはできる限り近い値に統一し、信憑性が高い結果を得る。また、先行研究で言及した星がはっきり見えるとは星の光が周囲の背景や大気によって見えにくくなることであるが、本研究では星の明るさを星自体の見かけの明るさとして定義する。

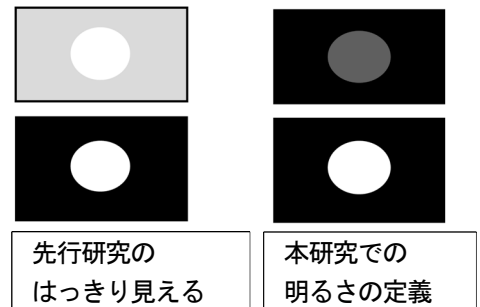


図1 先行研究との相違

### ・大気への影響

各気象が大気にどのような影響を及ぼしているのかについて以下の通りに考察した。

- ・気温→熱によって大気の揺らぎが起こり、空気中の分子運動の激しさが変化する。
- ・水蒸気量→空気中の水分子による光の散乱が起こる。
- ・風→大気の揺らぎが変化する。

このことより、気温が高くなれば、星の明るさが小さくなり、水蒸気量が多くなれば、星の明るさが小さくなり、風速が大きくなれば、星の明るさが小さくなると仮説を立てた。

## 4. 実験器具・ソフトウェアについて

研究当初の観測ではニュートン式反射望遠鏡と冷却 CCD を用いて観測を行っていたが画像にノイズが入ってしまい、また星の特定が困難であったため本実験では一眼レフカメラを用いることとした。また、本実験では撮影して得られたデータを分析するために StellaImage9 とマカリィの2つのソフトウェアを使用した。

### ・StellaImage9

天体写真のための画像処理ソフトウェアで未加工の画像である RAW 画像を FITS 画像に変換するために利用している。マカリィを使用し、測光するためには FITS 画像にする必要があるためここで画像を変換する。また、天体を撮ったものであるライト画像とカメラに蓋をして撮ったものであるダーク画像をコンポジット処理することによって、ノイズが除去された画像を得ることができる。

### ・マカリィ

マカリィとは FITS 画像に写っている星の明るさを測ることができるソフトウェアであり、ここで測光して得られる Count 値を星の明るさとして定義する。

### ・一眼レフカメラ(canon EOS Kiss x6i)

今回このカメラの設定は ISO 感度<sup>\*1</sup>が 1600、F 値<sup>\*2</sup>が 6.3、露出時間<sup>\*3</sup>が 20 秒である。この設定にした理

由としてはカメラの取り扱い説明書に夜空の撮影に適している設定は ISO 感度が 1600, F 値が 6.3 であると記されていたためである。露出時間は 1 秒では星の光が弱くなかなかカメラに取り込めず、また星の瞬きによる影響を無くすために 20 秒とした。さらに、JPEG 画像ではデータが圧縮されてしまうため RAW 画像で撮影した。

本実験では手振れ防止のため三脚も用いた。

※ 1 : ISO 感度...カメラの光に対する感度のこと。

※ 2 : F 値...取り入れる光の量を数値化したもの。

※ 3 : 露出時間...シャッタースピードのこと。



図2 一眼レフカメラ

## 5. 観測する星

測光に用いる星は等級が小さく、また観測時刻に南中するオリオン座を構成する星を観測する。オリオン座の 7 つの星を区別するため、ベテルギウスを①、ベラトリクスを②、アルニタクを③、アルニラムを④、ミンタカを⑤、サイフを⑥、リゲルを⑦とする。なお、これらの番号は後に示す図 5～12, 14 に対応している。



図3 オリオン座  
(Excite blog より)

## 6. 実験

### ・準備物

一眼レフカメラ、三脚、パソコン、実験ノート、ライト

### ・実験手順

1. 三脚とカメラをセッティングし、オリオン座に焦点を合わせる。
2. ライト画像を撮影した後、カメラに蓋をしてダーク画像を撮影する。
3. この過程を 10 分に 1 回繰り返し、その都度、気象 (気温・湿度・風速) を記録する。\* 下記の式を用いて湿度から水蒸気量を算出する。
4. 得たデータを StellaImage9 とマカリイを用いて測光する。
5. 測光したデータを記録した気象と合わせてグラフ化して関係性を見る。



図4 カメラのセット図

### ・画像処理方法

1. StellaImage9 でライト画像とダーク画像をコンポジット処理し、RAW から FITS 形式に変換して保存する。
2. 処理した画像をマカリイに取り込み測光を行い、Count 値を記録する。

### ・気象データについて

今回の実験では気象庁ホームページより 10 分おきに更新される気象データを記録して使用している。

気象観測所の住所：香川県高松市伏石町 2016-29

気象観測所の位置が本校から近いのでこの気象データを今回使用した。

### ・湿度の扱い方

気温によって同じ湿度でも空気中に含む水蒸気量が異なるため下記の計算式に入れて計算し、グラフ化するときは水蒸気量を変数とした。

<水蒸気量の計算方法>

①飽和水蒸気圧  $e(T)=6.1078 \times 10$

②飽和水蒸気量  $a(T)=\{217 \times e(T)/(T+273.15)\}$

③水蒸気量  $w(T)=a(T) \times (RH/100)$

T : 気温 [°C]      RH : 湿度 [%]

### ・工夫点

データ処理の際、制御する変数の誤差の範囲を決めてグラフを作成した。また、風速単体を入力変数としてほかの変数を固定した際のグラフはデータ不足により作成できなかったため、入力変数を水蒸気量と風速、気温と風速の 2 つの 3 変数グラフを作成した。

## 7. 結果と考察

### 結果I

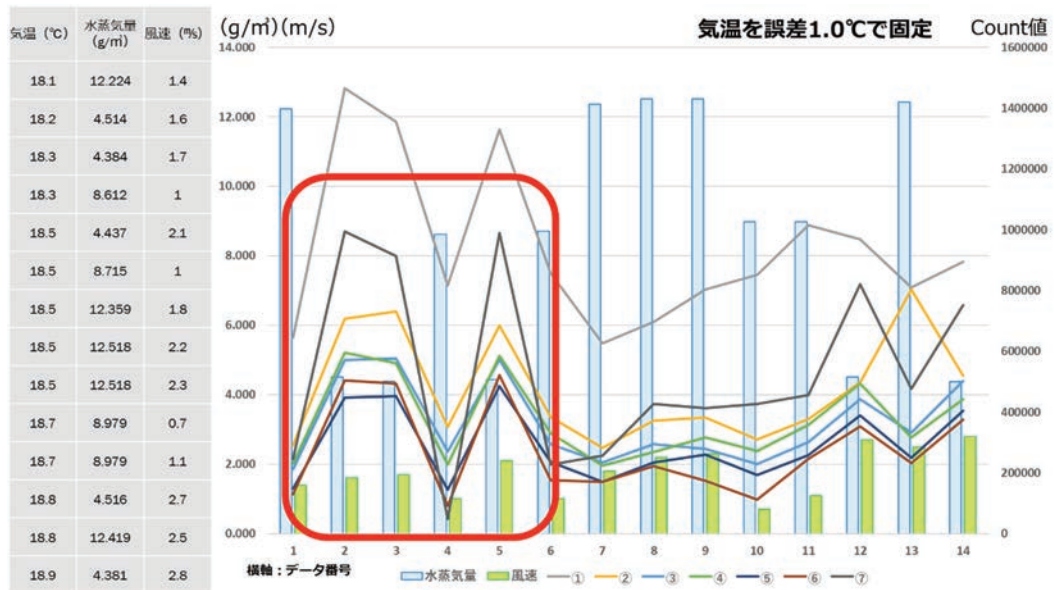


図5 水蒸気量と風速と Count 値の関係のグラフ

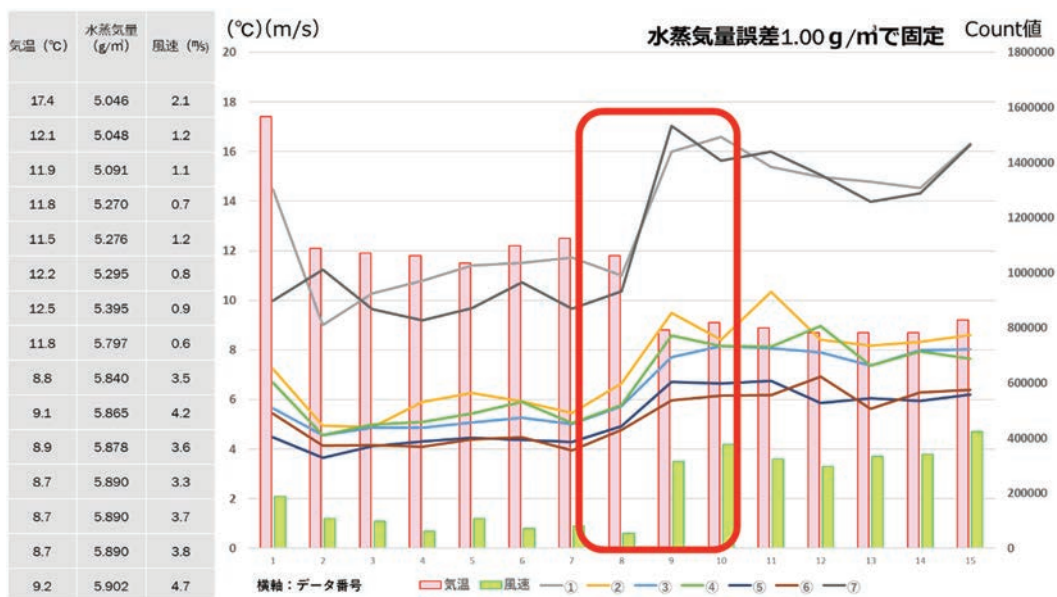


図6 気温と風速と Count 値の関係のグラフ

図5, 図6では, ある時間における各気象の値をまとめた左表を上から順に番号をつけ, それをグラフの横軸にとり, 折れ線グラフは図3で示した各星の Count 値の変化を表している。棒グラフは, 図5では水蒸気量と風速, 図6では気温と風速の変化を表している。

- 図5は気温を誤差1.0°Cで固定して水蒸気量と風速を入力変数としたグラフである。このグラフの赤で囲まれたところを見ると水蒸気量が増え, 風速が小さくなると Count 値が小さくなっていることが読み取れる。
- 図6は水蒸気量を誤差1.00 g/m<sup>3</sup>で固定して気温と風速を入力変数としたグラフである。このグラフの赤で囲まれたところを見ると風速が大きくなり, 気温が下がると Count 値が大きくなっていることが読み取れる。

・考察I

- ・図5よりどの星にも共通して、水蒸気量が減少するまたは、風速が大きくなるほど Count 値が大きくなる傾向が見られる。これより水蒸気量が少ないほど、風速が大きいほど星は明るく見えると言える。しかし、水蒸気と風速がそれぞれ Count 値にどの程度影響しているのかわからない。
- ・図6よりどの星にも共通して気温が低下するまたは、風速が大きくなるほど Count 値が大きくなる傾向が見られる。これより気温が低いほど、風速が大きいほど星は明るく見えると言える。しかし、気温と風速がそれぞれ Count 値にどの程度影響しているのかわからない。

それぞれの気象の影響力を比較するために 1 つの変数の値の大きさが近いデータを抽出し、横軸を気象、縦軸を Count 値として分布図を作成する。そして横軸の気象を変えながら各星の Count 値とそれぞれの気象の相関係数を求め、それらの相関係数の平均値を気象が星の明るさに及ぼす影響力とし、その影響力を比較し関係性を調べた。

・結果II

<気温固定時の横軸をそれぞれ水蒸気量、風速とした分布図>

- ① ● ② ● ③ ● ④ ● ⑤ ● ⑥ ● ⑦ ● (凡例は図7~12 共通)

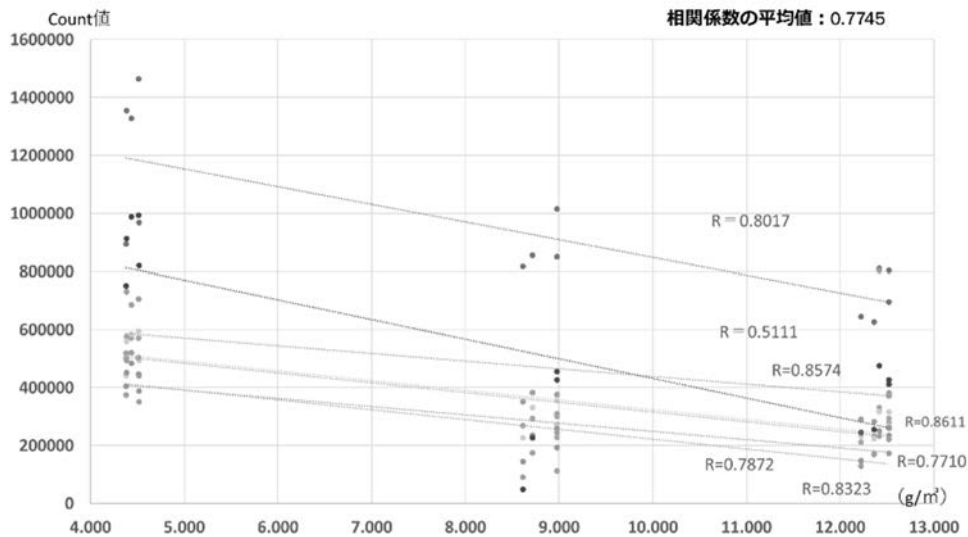


図7 水蒸気量と Count 値の関係のグラフ

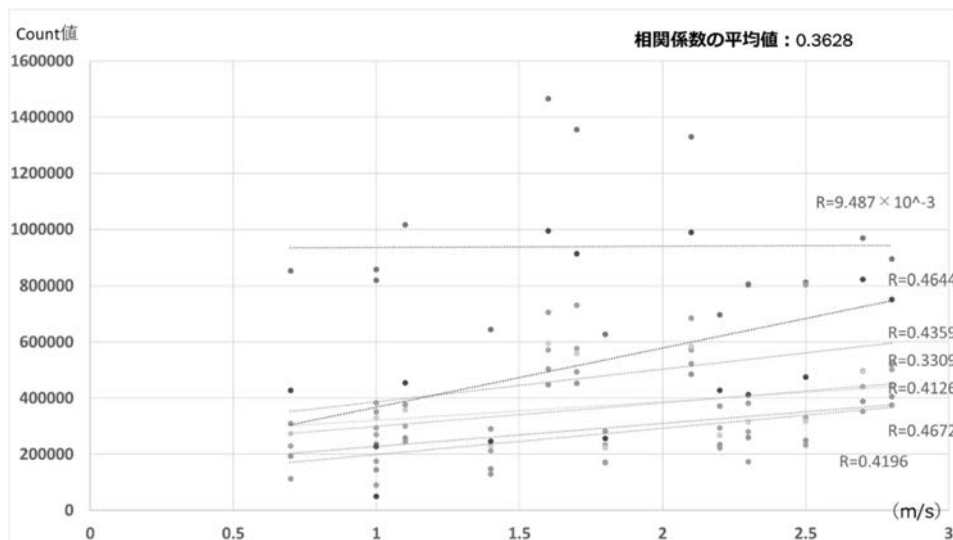


図8 風速と Count 値の関係のグラフ



<水蒸気量固定時の横軸をそれぞれ気温、風速とした分布図>

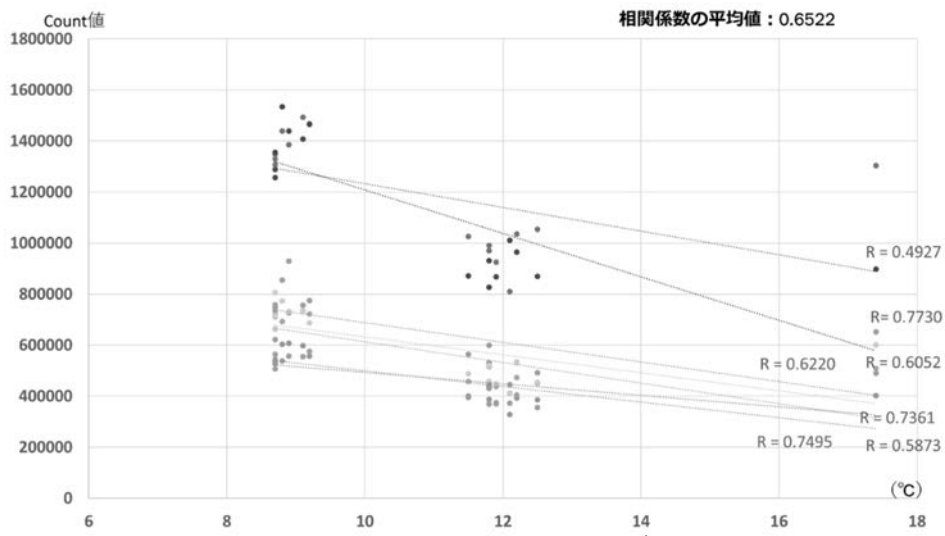


図9 気温と Count 値の関係のグラフ

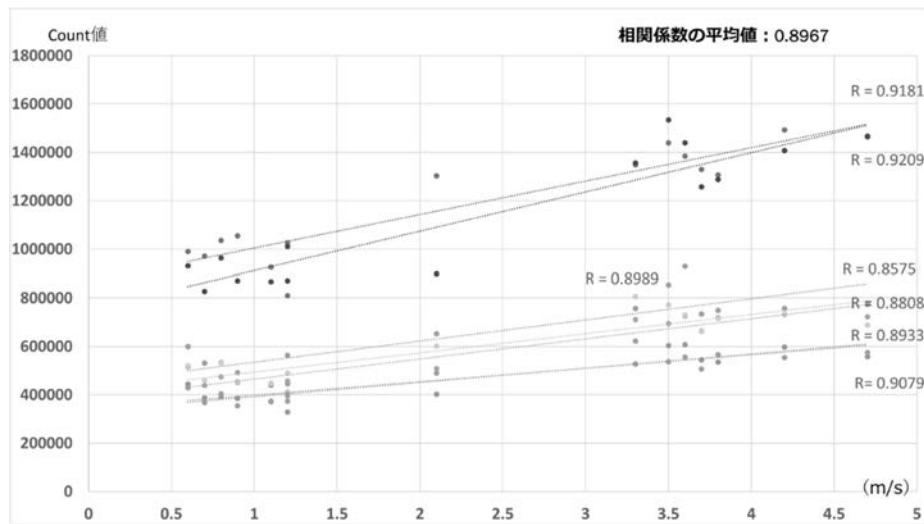


図10 風速と Count 値の関係のグラフ

<風速固定時の横軸をそれぞれ気温、風速とした分布図>

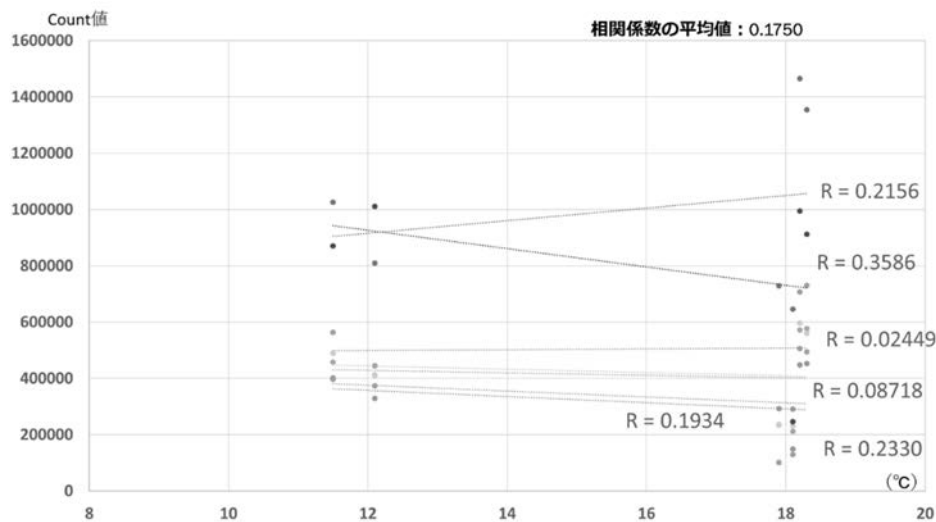


図11 気温と Count 値の関係のグラフ

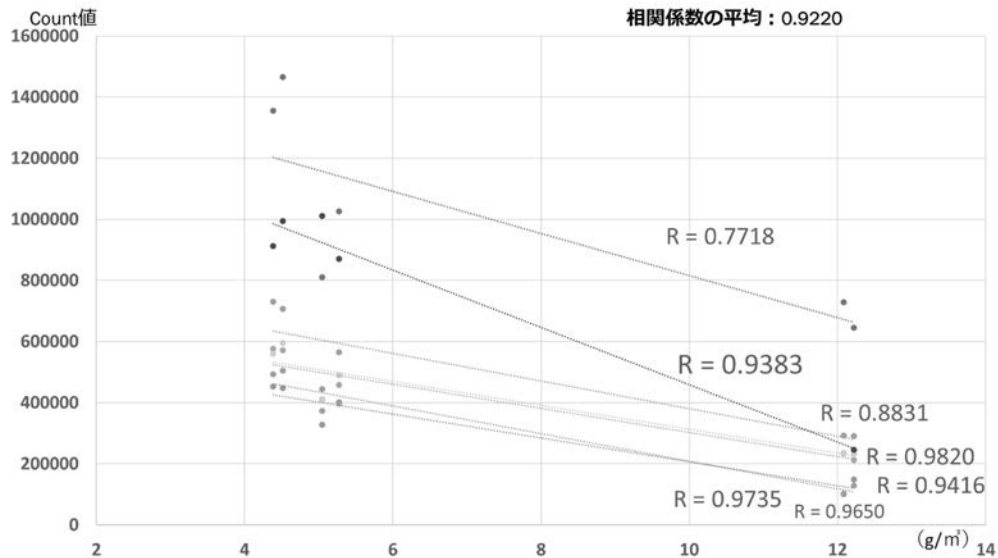


図12 水蒸気量と Count 値の関係のグラフ

各グラフ	相関係数の絶対値の平均値
図7 水蒸気量と Count 値 (気温固定)	0.7745
図8 風速と Count 値 (気温固定)	0.3628
図9 気温と Count 値 (水蒸気量固定)	0.6522
図10 風速と Count 値 (水蒸気量固定)	0.8967
図11 気温と Count 値 (風速固定)	0.1750
図12 水蒸気量と Count 値 (風速固定)	0.9220

図13 各気象と Count 値の相関係数の絶対値の平均値をまとめた表

図7～12では横軸を気象(気温、水蒸気量、風速)、縦軸をCount値として分布図を作成し、横軸の気象を変えながら各星のCount値とそれぞれの気象の相関係数を求め、近似線を示した。これらの相関係数の平均値を気象が星の明るさに及ぼす影響力とし、その影響力を比較し関係性を調べた。

## 考察II

図13より相関係数の大小を比較すると以下のような結果が読み取れる。

- ・図7, 8より水蒸気量の影響≫風速の影響
- ・図9, 10より風速の影響>気温の影響
- ・図11, 12より水蒸気量の影響≫気温の影響

よって、水蒸気量の影響≫風速の影響>気温の影響 であることが分かった。

また、これらの結果と結果Iより、以下のことが分かった。

- ・図5と上記の関係より水蒸気量による影響の方が風速による影響より大きいいため、水蒸気量が増加すると星の明るさが小さくなる。
- ・図6と上記の関係より風速による影響の方が気温による影響より大きいいため、風速が小さくなると星の明るさが小さくなる。

また、ある観測日において黄砂が激しい日があり、その日は黄砂がない日に比べて明らかに星が見えづらくなっていることに気が付いた。そのため黄砂がない日とある日のCount値を比較して黄砂による影響を追加実験として検証した。

## 追加実験の結果

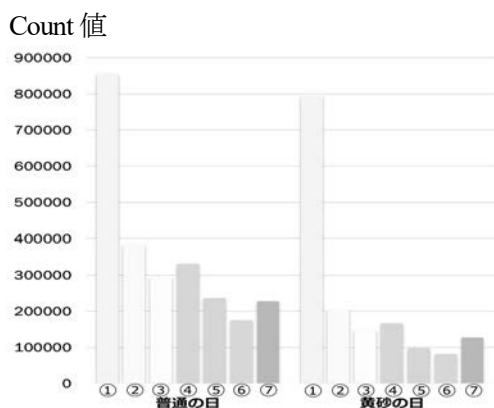


図 14 黄砂による星の明るさの変化

	黄砂がない日	黄砂がある日
気温 (°C)	18.5	17.9
水蒸気量 (g/m <sup>3</sup> )	8.715	7.187
風速(m/s)	1.0	4.2

図 15 普通の日と黄砂の日の各気象

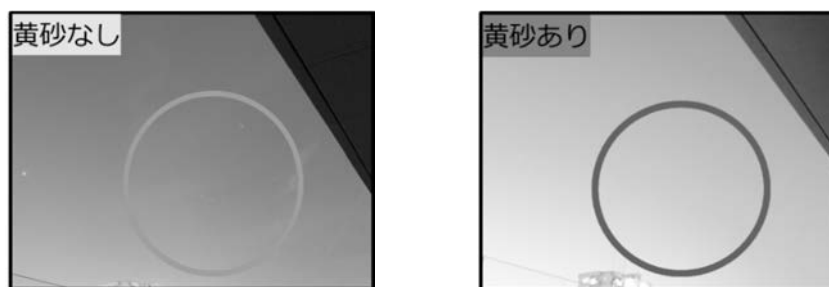


図 16 黄砂なしと黄砂ありの日の実際の夜空

図 14 のグラフは、黄砂がない日と黄砂がある日の星の明るさをまとめたもので、横軸は図 3 で示したオリオン座を構成する星につけた番号を①～⑦まで並び、棒グラフは各星の Count 値の変化を表している。

図 14, 15 より黄砂がある日はない日と比較して水蒸気量が少ないのにも関わらず、星の明るさは小さくなっている。

## 追加実験の考察

黄砂がない日に対して、黄砂がある日は水蒸気量は少なくなっているから本研究の結果から考察すると黄砂がある日はない日よりも星の明るさは大きくなるはずだが、実際は星の明るさは小さくなった。これはミー散乱※4によるものだと考えられる。

※ 4 : ミー散乱...散乱される光の波長と同じ程度か大きいサイズの球形粒子による光の散乱で白く見える現象。

## 8. 結論

気象は星の見かけの明るさに影響しており、気温が高くなると星の明るさは小さくなり、水蒸気量が大きくなると星の明るさは小さくなり、風速が小さくなると星の明るさは小さくなる。また、気温と水蒸気量の結果は、気温が高くなれば、星の明るさが小さくなり、水蒸気量が多くなれば、星の明るさが小さくなるという仮説通りとなったが、風速については、風速が大きくなれば、星の明るさが小さくなるという仮説とは違うものとなった。これは風速の変化が大気に与える影響には先行研究で述べた星の瞬きがあるためで、瞬きが強くなったからだと考えた。

そして、星の明るさへの影響力は、水蒸気量>>風速>気温の順に大きくなる。また、黄砂は星の見かけの明るさに影響しており、黄砂があると星の明るさは小さくなる。

## 9. 今後の展望

本研究では相関係数の平均を求めて比較し、それぞれの気象が与える影響を調べたが、より適した処理方法

がないのかを考える。また、グラフ作成時の気温や水蒸気量の誤差設定が適切かどうかを調べ、別の星を本研究と同様に観測し、同じ結果が得られるのかを研究する。

## 10. 引用文献

- ・村田.“冬に星がよく見えるのはなぜ?”. 株式会社気象サービス.2017-11-24.  
<https://www.weather-service.co.jp/pastcolumn/7882/>(参照 2023-07-07)
- ・尾花拓海.”星の瞬きと気象要素“. 日本科学協会.  
[https://www.jss.or.jp/fukyu/mentor/data/2014obana\\_slide.pdf](https://www.jss.or.jp/fukyu/mentor/data/2014obana_slide.pdf)(参照 2023-12-08)
- ・鈴木文二.洞口俊博. あなたもできるデジカメ天文学.  
恒星社厚生閣. 978-4-7699-1575-1
- ・今井明子.“どうして春の空は、白くかすんで見えるの?黄砂や花粉が関係してるってほんとう?”.Gakken キッズネット.  
<https://kids.gakken.co.jp/kagaku/kagaku110/harukasumi230412/>
- ・日本気象協会“アメダス”<https://tenki.jp/radar/8/40>

## 11. 謝辞

今まで本研究をご指導してくださった担当の岩澤先生、担任の田中先生、そのほかの理数系の先生方に深く感謝申し上げます。特に担当の岩澤先生には、夜遅くまで行った観測や研究発表の練習、論文の作成などあらゆる面で私たちの研究にご協力いただきました。心から感謝いたします。