

夜空の環境Ⅱ

～夜空の明るさにおける人工光の影響～

初等教育教員養成課程 理科選修 金光研究室 240418 進 瑞輝

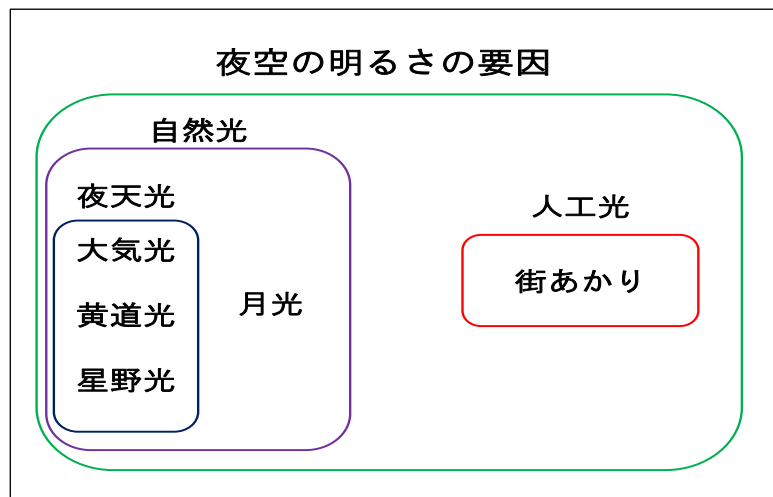
1 はじめに

「夜空の明るさ」とは、地上から大気を通して星を観測する際の、背景の明るさのことをいう。光学的に星の光度を観測する場合、背景の輝度が低いほど、観測条件は良いと言える。天体が全くない天体領域も、完全に暗黒であるわけではなく、「明るさ」が存在する。この「明るさ」は、地域ごとに異なる。それはこの「明るさ」が、自然にある光（自然光）と人間が作り出した光（人工光）の二つから成り立つためである。私たちが地上から天体を観測する際には、この二つの光の影響を受けている。

これまでの研究として松葉（2014）が、夜空の明るさにおける月光の影響について研究を行っており、月光は、夜空の明るさに大きく影響を及ぼすことが分かっている。

本研究では、松葉（2014）が行った、研究結果を踏まえ、夜空の明るさにおける人工光の影響について検証することを目的とした。研究方法としては、デジタル一眼レフカメラを用いて、夜空の撮影を行う。そして、夜空の明るさについて、方角ごと、角度（高度）による明るさの変化、マルチグラウンドのライトの有無での明るさの違い、また夜空の明るさの時間ごとの変化を調べ、宗像における天体観測を行う際の最適な条件を考察することである。

2 夜空の明るさを構成する要因



夜空の明るさを構成する要因となる光は、自然光と人工光に分けられる。人工光は主に街あかりなどがあげられる。自然光は、夜天光と月光の二つの光で構成され、夜天光はさらに、大気光、黄道光、星野光の三つの光から構成されている。

人工光は、街の規模などが地域ごとに異なっているため、明るさが異なる。そのため夜空の明るさは地域ごとに違いがあるといえる。

図1 夜空の明るさの要因

○ 夜天光の成分

名称	
大気光	太陽からの紫外線を受けた、地球上層部の大気分子・原子が刺激され発する光。
黄道光	黄道を通った固体物質から出た塵などの固体微粒子が、太陽光を散乱した光。
星野光	恒星や星雲の光の集積である光。

3 使用機材・データ処理ソフト

〈使用機材〉

デジタル一眼レフカメラ Nikon D200

設定) 画像→RAWFINE、ISO感度→800、レンズ露出時間→10秒、レンズ焦点距離→35mm

F値→5.0、モード→マニュアル

〈使用データ処理ソフト〉

ステライメージ Ver.7 (画像解析用ソフト)

ステラナビゲータ 10 (天体位置確認用ソフト)

4 観測の手順

- 角度と方角ごとの明るさの変化
 - ① カメラの設定を変更する。
 - ② デジタル一眼レフカメラ Nikon D200 を三脚に取り付ける。
 - ③ カメラの角度を 30° に固定し、南→東→北→西の順に夜空の撮影を行う。
 - ④ カメラの角度を 60° に固定し、南→東→北→西の順に夜空の撮影を行う。
 - ⑤ カメラの角度を 90° に固定し、南→東→北→西の順に夜空の撮影を行う。
- 時間ごとの明るさの変化
 - ① カメラの設定を、角度と方角の変化を観測した際の設定と同じ設定にする。
 - ② カメラの角度を 30° に固定し、街のある南の方角の夜空を 1 時間ごとに撮影する。

5 測定の手順

- 角度と方角ごとの明るさの変化

ステラナビゲータ 10 を用いて撮影した日付 12 月 1 日と時間 19 時を設定し、その時間帯の星空を表示する。表示した星空では、カシオペア座のカフが角度 (高度) 60° 付近にあることから、RAW 画像で実際のカフの位置を確認する。次にステライメージ Ver.7 で RAW 画像を開き、設定のツールバーから編集バーを呼び出し、その中のピクセル情報を開く。カシオペア座のカフ付近が 60° であるので、カフ付近を囲むと、囲んだ範囲のピクセル情報が表示される。ピクセル情報には、その囲んだ範囲のカウント数 (光子数と比例する数) が、総計、最大、最小、平均で表示されており、総計を囲んだ範囲 (ピクセル数) で割ったものが平均となる。そのため平均がこの囲んだ範囲の明るさといえる。光子は私たちが光を感じる基であるため、平均の値が大きいかほど明るく、小さいほど暗いと言える。この平均値を角度ごとに 3 か所で測定し、3 つを平均したものを、その角度の明るさとする。この操作を 10° ごとに行う。出た結果を散布図でまとめ、3 か所の数値のばらつきを、標準偏差を用いてエラーバーという形であらわす。また光は距離の 2 乗に反比例して減衰していく性質をもつため、近似曲線として累乗近似曲線を用いた。

また、一日のみのデータでは、突発的に起こる光を発する現象 (火事など) が起こっていた場合、そのデータがそのまま結果として反映されてしまう可能性がある。そのため、今回はマルチグラウンドのライトの有無で二日ずつ観測を行い、上記の工程を経た二日間の結果の平均をさらにとって、より一般化を図った。

6 観測日時・観測条件

- 角度と方角ごとの明るさの変化

観測日	マルチ	天気	観測対象	場所	月齢
11 月 2 日	なし	快晴	東西南北の夜空	自然科学教棟屋上	20.1
11 月 4 日	あり	快晴	東西南北の夜空	自然科学教棟屋上	22.1
11 月 11 日	なし	快晴	東西南北の夜空	自然科学教棟屋上	29.1
12 月 1 日	あり	快晴	東西南北の夜空	自然科学教棟屋上	19.4

角度と方角ごとの明るさの変化の観測では、満月を過ぎた後から新月までの月齢を選んで観測日を設定したため、19 時の時点では月は登ってきておらず、月光の影響を受けないと言える。また時刻は、マルチグラウンドが点灯している 19 時に固定した。

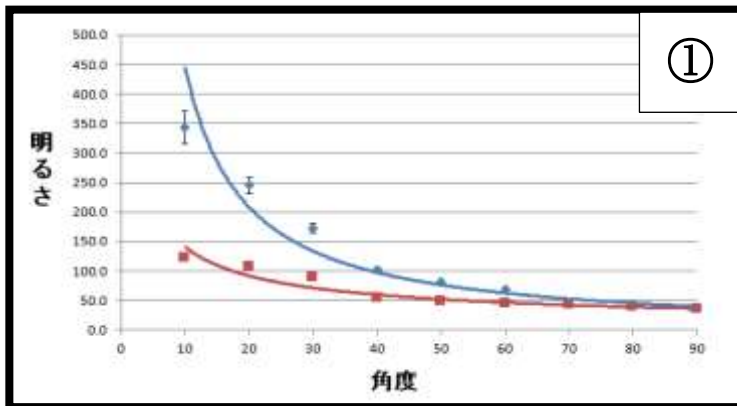
- 時間ごとの明るさの変化

観測日	角度 (高度)	天気	観測対象	場所	月齢
1 月 10 日	30°	快晴	東西南北の夜空	自然科学教棟屋上	0.1

時間ごとの明るさの変化の観測では、夜通しの観測になってしまい、新月の日以外は必ずどこかで月が昇ってくるため、月光の影響を受けてしまう。そこで今回は新月の日を選んで観測を行った。新月は太陽が沈むと同時に沈むため、夜通し観測と撮影を行っても、月光の影響を受けない。

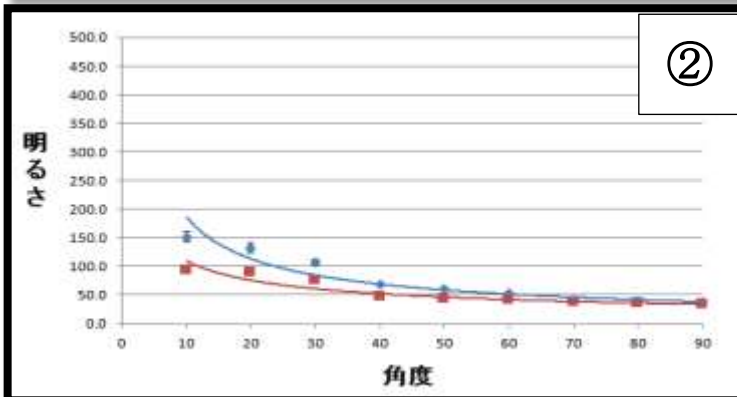
7 観測結果と考察

○ 角度（高度）と方角での明るさの違い（西→南→北→東） ◆ マルチ点灯 ■ マルチなし



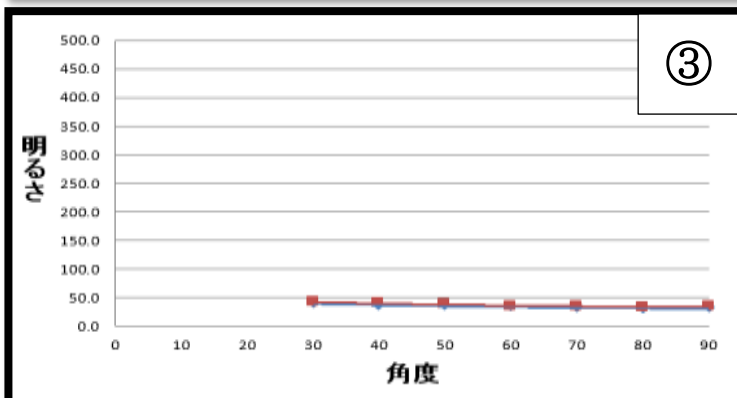
①西側

このグラフから、マルチグラウンドの光の有無によって、西側の夜空の明るさに大きな違いがみられる。このことから、西側の夜空の明るさは、マルチグラウンドの光の影響を受けているといえる。



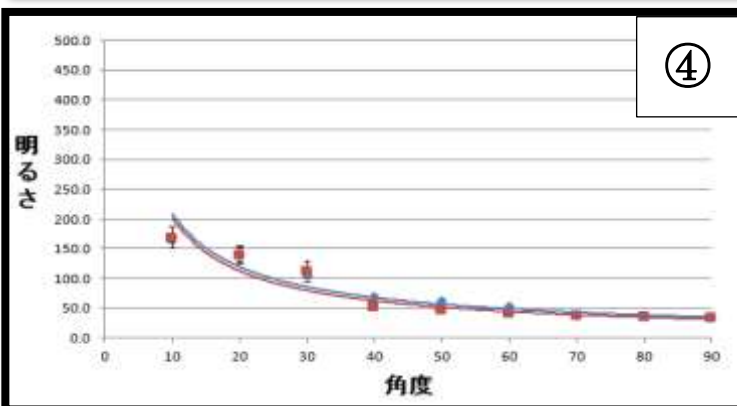
②南側

このグラフから、西側の夜空の明るさほどの違いはみられないが、南側の夜空の明るさもマルチグラウンドの光の影響を受けていることがわかり、マルチグラウンドの光は、南側の夜空の明るさにも影響を及ぼしているといえる。



③北側

このグラフから、北側の夜空の明るさは、マルチグラウンドの光の影響を受けていないといえる。マルチグラウンドのある西側から南側と同じく 90° 方角が変わっているにも関わらず、マルチグラウンドの光の影響を受けていないのは、城山が障害物となり影響を抑えているからではないかと考えられる。

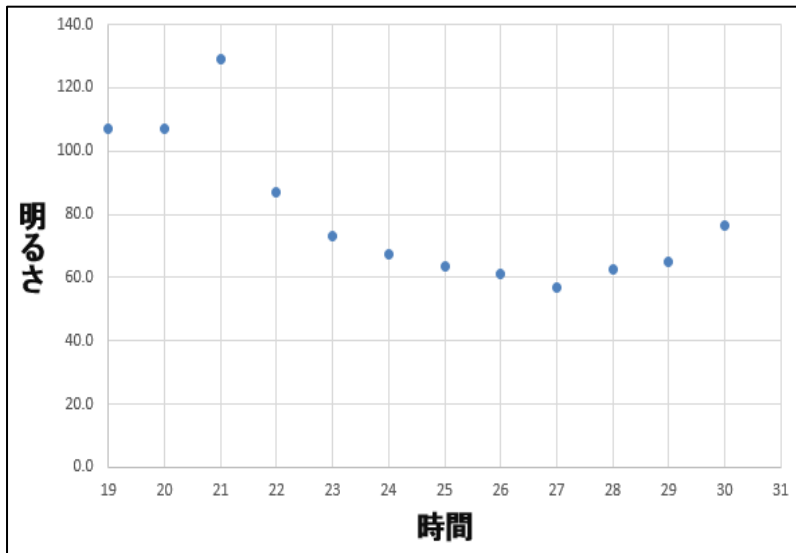


④東側

このグラフから東側の夜空の明るさもマルチグラウンドの光の影響を受けていないと言える。理由として、マルチグラウンドのある西側から真逆の方角であるので、光源からの距離によって影響を受けていないということが考えられる。

どのグラフでもマルチグラウンドの光の有無に関係なく、夜空の明るさには違いがあることから、夜空の明るさは、観測点からの方角ごとに異なっているといえる。また角度（高度）が小さくなるほど、夜空の明るさは大きくなっていることから、高度が低くなるほど、人工光の影響を大きく受けると考えられる。

○ 時間ごとの夜空の明るさの変化



このグラフの結果から、夜空の明るさは 21 時に最も明るさが大きくなり、22 時に小さくなるのがわかる。これは、街あかりに含まれるパチンコ店のライトが 21 時の閉店後に消灯されるためであると考えられる。また夜空の明るさは 22 時以降、徐々に小さくなっていき、3 時に最も小さくなり、それから徐々に大きくなる。そのため夜空の明るさへの、街あかりの影響が最も小さくなるのは 3 時ごろといえる。

図 2 2016 年 1 月 10 日 19 時～30 時（翌 6 時）の明るさの変化

21 時			
結果①	結果②	結果③	平均
21.1	20.8	21.9	21.3
27 時(翌 3 時)			
結果①	結果②	結果③	平均
22.2	21.3	20.5	21.3

また、今回の観測で最も明るさが大きかった 21 時の天頂付近の明るさと、最も明るさが小さかった 27 時(翌 3 時)の天頂付近の明るさの平均を取ったところ、全く同じ数値を示した。

このことから、今回撮影を行った観測点では、天頂付近にある天体の観測や撮影を行うのであれば、街明かりの影響はほぼないのではないかと考えられる。

図 3 21 時と 27 時の天頂付近の明るさ

8 まとめ

観測結果から、夜空の明るさは、人工光の影響を大きく受けており、その影響の大きさは方角、角度（高度）、時間の 3 つの要素によって変化する。

特に方角について、マルチグラウンドの光の有無に関わらず、四方の方角ごとの夜空の明るさには違いがあったことから、夜空の明るさは、それぞれの方角ごとの人工光の影響を受け、方角ごとに違いがあるといえる。また西側と南側の夜空の明るさは、マルチグラウンドの光の有無による違いを観測することができた。そのため、観測点付近に大きな人工光の光源がある場合、その光源がある方角の夜空の明るさだけでなく他の方角の夜空の明るさにも影響を及ぼす可能性があると考えられる。一方で、北側と東側の夜空の明るさはマルチグラウンドの光の有無による違いを観測することはできなかった。考察した理由から、夜空の明るさは人工光との間に障害物や距離があると人工光の影響を受けにくくなると考えられる。

また角度について夜空の明るさは、角度（高度）が小さくなるほど、明るさが大きくなっていったことから、角度（高度）が小さくなるほど、人工光の影響は大きくなるといえる。

また夜空の明るさは、時間ごとに変化するといえる。特に今回の観測点では、夜空の明るさは 21 時に最も大きくなり、翌 3 時に最も小さくなった。しかしこの 2 つの時間の天頂付近の夜空の明るさに違いはなかった。観測点によっては天頂付近を観測する際、街明かりの影響を無視できると考えられる。

今後の展望として、今回は特に宗像市の夜空の明るさを観測したため、福岡市などの他の市でも観測を行い、福岡県の夜空の明るさマップを作成するなどがあげられる。