

徳島市夜空の明るさについて

徳島県立城南高等学校応用数理科 3 年

桑原 良太郎 吉原 司

目次

1 はじめに

2 動機

3-1 目的

3-2 光害の例

4 仮説

5 仮調査

6 調査期間

7 調査条件

8 準備物

9 調査方法 I

1 0 調査方法 II

1 1 測定条件のイメージ図

1 2 調査結果

1 3 阿南市の比較

1 4 これからについて

1 5 参考文献

1 6 謝辞

1 はじめに

夜空の明るさとは、地上から大気を通して天体を観測する際の背景の明るさを指す。天文学において夜空の明るさを数値として扱う場合、夜空の1平方秒角あたりの等級を単位として用いることが一般的である。夜空の明るさは人工光の影響を受けるため星空の観察条件など環境指標の一つとなっており、日本のみならず世界各地様々な手法で調査が行われている。自国では環境省や星空公団が夜空の明るさ調査を市民科学として展開しており、近年ではデジカメを用いた研究事例もありインターネット上には“Light pollution map”という世界中の明るさがわかる地図が公開されている。

2 動機

城南高校で開かれた天体観測会にて徳島市内では天の川がよく見える場所が少ないことを聞いた。しかし、少なくとも数カ所は天の川がよく見える場所はあるのではないかと考え夜空の明るさについて調査したいと考えた。測定方法などを調べていると阿南市科学センターの今村さんによる「あなん夜空の明るさマップ」(図1)という阿南市の夜空の明るさをマップ化した研究を見つけた。その研究を参考にし、徳島市内でどこが夜空の明るさが暗く、星空がどれぐらい見えるかが分かるマップを作成したいと考えた。

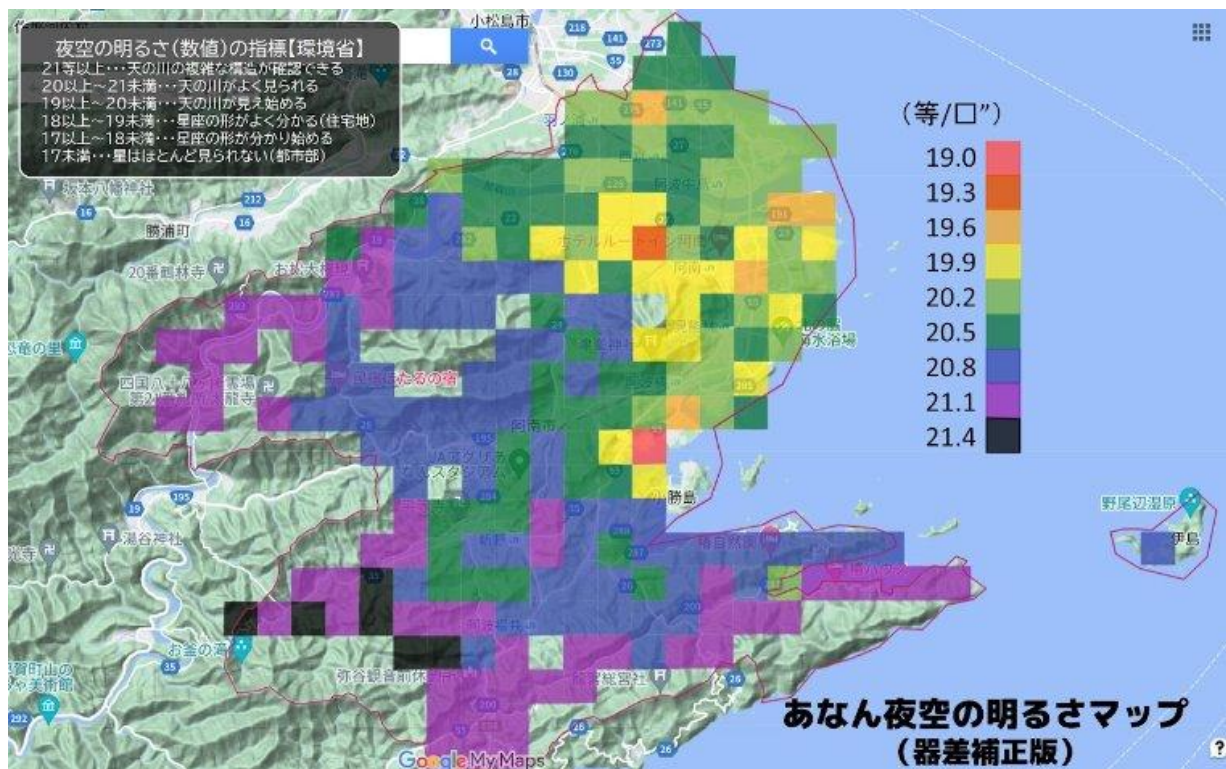


図1：阿南市化学センター あなん夜空の明るさマップ

【スカイクオリティメーターについて】

調査にはスカイクオリティメーターを用いた。スカイクオリティメーターは夜空の暗度を平方秒角あたりの等級で測定する装置である。明るさの等級は明るいほど値が低く、位ほど数字が大きくなる。つまり、数値が大きいほど、星が見やすくなる。この値により、夜空が星空観察に対する条件が分かることになる（図2）。

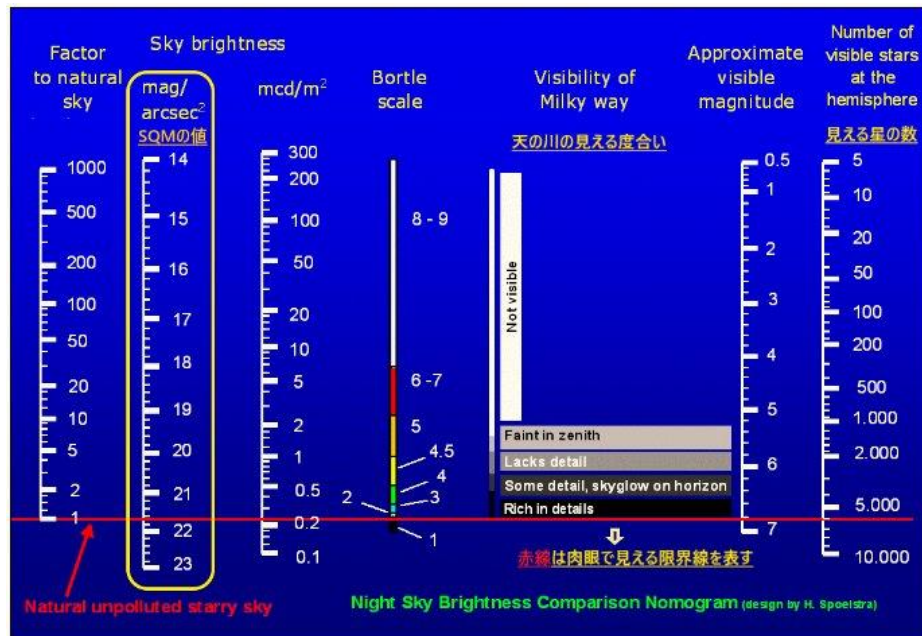


図2：環境省による光の明るさの定義

【SQM（スカイクオリティメーター）の値と見える星と関係】

3-1 目的

- ・徳島市と阿南市の夜空の明るさを比較し、違いの原因を考える。
- ・徳島市での夜間エネルギー消費や照明の設置の仕方や場所を見直すきっかけにする。
- ・自然環境への影響（光害）について考える。

3-2 どのように光害について考えるのか

まず、光害とはここでは野生動物への影響、夜空の明るさによる天体観測への影響などの光による悪影響を指す。近年、都市部における人工光の増加により、夜空の明るさが増し、天体観測や自然環境への影響が懸念されている。特に、過剰な照明は「光害」として知られ、星空の視認性の低下や生態系への悪影響、エネルギーの浪費など、さまざまな問題を引き起こしている。

一方で、田舎地域では都市部に比べて人工光の影響が少ないと考えられがちだが、実際には農作業や防犯のための照明が増加し、光害の問題が顕在化している。例えば、長野県阿智村では、星空観察会や光害対策型の照明設置など、地域全体での取り組みが進められている。

本研究では、徳島市の夜空の明るさを調査し、光害の実態を明らかにするとともに、その

影響を評価する。これにより、地域における光害対策の必要性を明確にし、持続可能な環境づくりに貢献することを目的とする。

4 仮説

天体観測では、夏よりも冬の方はエアロゾルなど大気浮遊物が少なくよく見えると言われており、観測は冬が適していると考ええる。さらに徳島市は阿南市より人口が多く、建物が多いため阿南市より平均的に明るくなるのではないかと考えられる。よって、徳島市で天の川が観測可能な場所は人口が少なくなる山地付近だと考える。

5 仮調査

夏と冬では冬のほうが空気中の水蒸気やエアロゾルが少ないため、より実際の空の明るさに近い状態で観測でき、冬に調査を行うほうが良いと考えられるが、実験結果に支障が出るほどの差が本当にあるのか疑問に思い、7月に仮調査を行った。冬に行われた先行研究の阿南市のデータと比較して同じ場所で夏に調査を行った結果、10回の測定 averages が 20.80 等級となった（図3）。阿南市のデータは 21.1 等級であったので（図4）、夏のほうが 0.3 等級（約 1.3 倍）暗く、かなりの差があることがわかった。したがって、冬に調査を行うことにした。

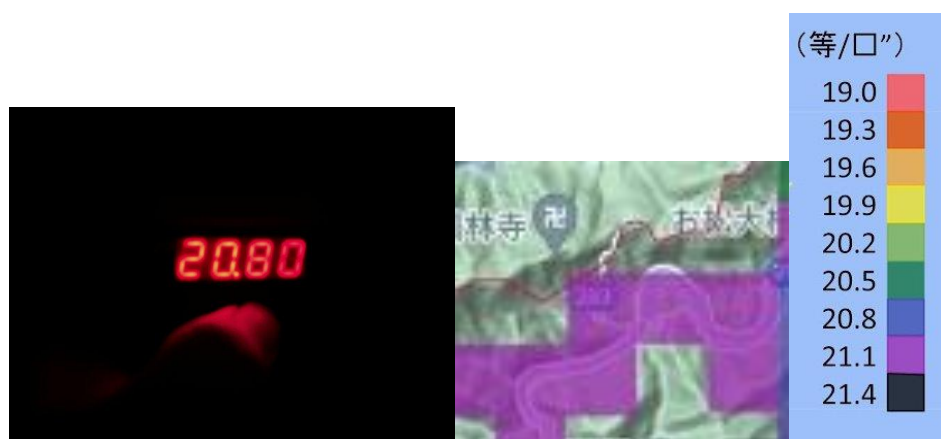


図3：夏に行った仮調査の結果

図4：仮調査を行った場所と

その場所での SQM による明るさの指標

6 調査期間

仮調査の結果と、日没が早く調査の時間が多く確保できるという理由から 12 月から 3 月までの冬の間に調査を行うことにした。

7 調査条件

- ・ 日没・月没の 2 時間後、もしくは日没から 2 時間後の新月（光の残照による影響を受けないようにするため）
- ・ 夜空が快晴である
- ・ 安全を配慮して測定時刻は概ね午後 10 時近くまで

このとき最も重要なのが天候判断である。たとえ快晴であっても雲が出てくるなどの天候の変化に見舞われることもあり、また自宅での天候判断は必ずしも測定場所と同じとは限らず、本調査で最も苦労した点といえる。班員や担当教員と天候の状況を照らし合わせて、慎重に天候の判断を行った。

8 準備物

- ・ SQM（スカイクオリティメーター）（カナダの Unihedon 社製）
- ・ スマートフォン（本調査では iPhone を使用）
- ・ タブレット



図 5：スカイクオリティメーター（SQM）

9 調査方法 I

調査場所を決めるために城南高校をマスを中心として罫線を引き、徳島市のマップを一平方キロメートルごとに区切った（図 6）。この区切られたそれぞれの場所で調査を行うことにした。すべてが徳島市内に収まっているマスのみを調査場所とした。また、山奥などの調査が困難な場所の調査は行わないこととした。これらの条件より調査可能な場所は約 160 箇所となった。

実際のマップ作成には、班員と共有が可能な Google マイマップに、次に行う調査の場所を決め、下のマップのマスと対応させて調査予定場所にピンを打った。



図 6：作成した徳島市のマップ（徳島市 191. 平方キロメートル）

10 調査方法Ⅱ

調査場所に到着したら、街灯などの光源の光による直接的な夜空の明るさへの影響を避けるために、光源から 15m 離れた場所で測定を行った（図 7）。市街地などの 15m 以上離れられない場合は、なるべく光源から離れ、光源から何 m 離れているかを記録した後に測定を行った。これを測定の条件とした。測定方法は以下の通りである。

光源から 15m 離れたら、近くにある光源に背を向けるようにして SQM のセンサーを天頂に向けた。正確に測るために真っ直ぐ上に向けることに注意した。SQM の Start ボタンを押し、数秒間 SQM を固定して結果が出るのを待った。数値が出たら、大幅な誤差（外れ値）になっていないか確認した。外れ値と判断した場合は測定をやり直した。数値を確認できたらスマートフォンの写真機能を用いて記録した。夜間のカメラは昼間と違って撮影に必要な光を貯めにくいためシャッタースピードが遅く、表示された数値がブレることがあった。そのためナイトモードを使用し、シャッターボタンを押したあとスマホを固定して数秒待った。誤差を少なくするために、測定と撮影を一つの地点につき 10 回行った。調査の後日に、写真による 10 個のデータを Excel に記録し、平均値を出した。求めた平均値の少数第三位を四捨五入し、阿南市の色分けを参考にして Google マップ（マイマップ）のピンにその値と対応する色を付けた。

1 1 測定条件イメージ

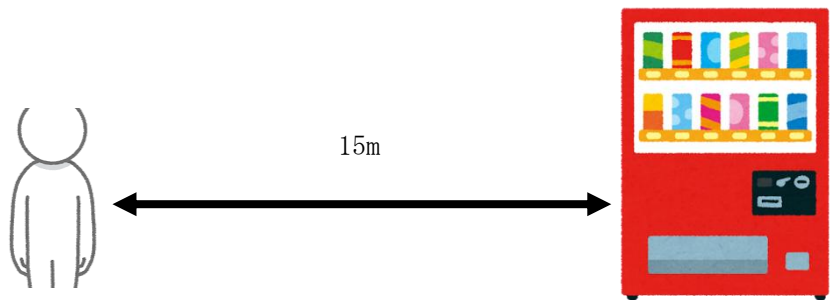


図 7：測定条件のイメージ図

1 2 調査結果

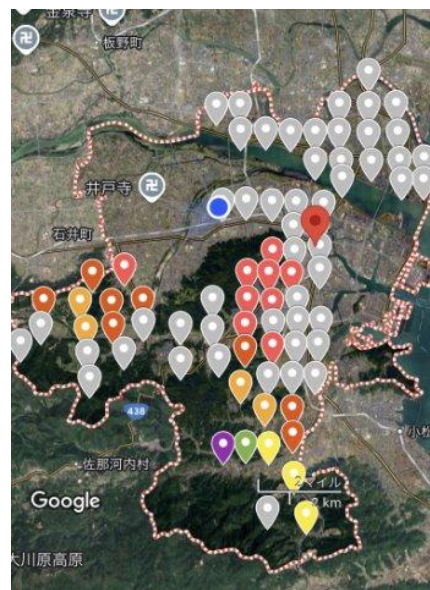


図 1 2：調査した箇所の明るさ等級を色で示したもの

26 箇所調査を行った結果

等級	マップ上での配色	該当箇所数
19.3 等級未満	■	9 箇所
19.3～19.6 等級	■	8 箇所
19.6～19.9 等級	■	4 箇所
19.9～20.2 等級	■	3 箇所
20.2～20.5 等級	■	1 箇所
20.5～20.8 等級	■	0 箇所
0.8～21.1 等級	■	1 箇所

表 1：マップの色と明るさの等級の関係について

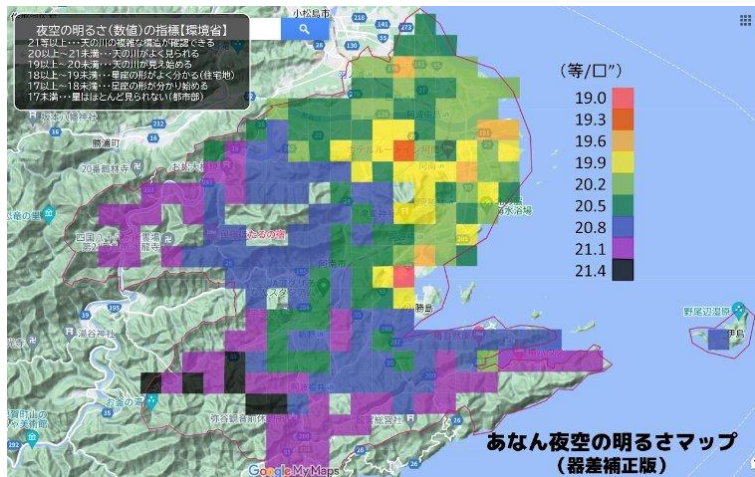


図 1 3 : あなんの夜空の明るさマップ (阿南市科学センター提供)



図 1 4 : 作成した徳島市の明るさマップ

阿南市の夜空マップと比べると徳島市の夜空マップの方が夜空が明るい傾向にあることが判った(図 1 3。図 1 4)。

徳島市は街灯が多く、人口が多いことが理由に考えられる。(徳島市の人口:約 24 万人 阿南市の人口:約 6 万 5000 人 2024 年 5 月)

また、20 等級以上だった地点は徳島市の中でも比較的に人口が少ない地域だと考えられる(図 1 5)。



図 1 5：徳島市における夜間人口並びに人口密度

調査結果と上の資料から比較的に人口の少ない地域は夜空の明るさが暗く、多い地域は夜空の明るさが明るい傾向にあり、人口と夜空の明るさにかなりの相関関係があるといえる。

また、調査時に山の付近にもゴルフ場などの明るい建物が山の中にも多く見受けられた。徳島市の山での夜空の明るさが阿南市の山での明るさより明るいのは、山にある人工の光源が空の明るさに反映したのだと考えられる。

この結果を踏まえると天の川が見える場所は限られており、観測するとしても城南高校から大きな移動が必要であると考えられる。

1 3 阿南市の比較

住宅地の明るさ

徳島市 すべてが 19.0 等級以下

阿南市 約 20.0 等級

山での明るさ

徳島市 平均的に 19.9~20.5 等級

最も暗かったのが 20.93 等級

阿南市 平均的に 20.8~21.1 等級

最も暗かったのが 21.1 等級

山間部の明るさ

山間部においては、徳島市では平均的に 19.9~20.5 等級であり、最も暗い地点でも 20.93 等級であった。一方、阿南市では平均で 20.8~21.1 等級、最も暗い地点は 21.1 等級であった。これらの数値から、阿南市の山間部が徳島市に比べて、より自然に近い暗さを維持していることがわかる。

考察

本比較から、阿南市の方が全体的に夜空が暗く、特に山間部においてその傾向が顕著であることが確認された。この差異は、都市化の程度、人工照明の普及状況、人口密度などが影響していると考えられる。住宅地でも阿南市の方が暗いことから、都市照明の管理や街灯の設置基準などに差異がある可能性がある。

結論

阿南市は徳島市と比較して、住宅地・山間部のいずれにおいても夜空がより暗く、光害の影響が相対的に小さいことが示された。この結果は、天体観測や夜間の自然環境保護の観点から、阿南市が優れた観測環境を提供している可能性を示唆する。今後は、光害対策の一環として地域ごとの照明方針の見直しや、暗い夜空を活用した観光・教育資源としての展開も期待される。

14 これからについて

今回の調査では、徳島市において明るい地点が多く確認されたが、一方で調査未実施の地域が多く残されている。特に都市部からやや離れた丘陵地帯や沿岸部においては、地形や照明条件が異なるため、夜空の明るさにも地域差が生じる可能性がある。今後はこれら未調査地域に焦点を当てた継続的な測定を行い、より包括的かつ精密な光害マップの作成を目指す。これにより、地域ごとの適切な照明管理や、夜間環境の保全・活用に向けた科学的基盤を提供できると考える。

結論

阿南市は徳島市と比較して全体的に夜空が暗く、光害の影響が少ないことが示された。特に

天体観測や自然観察に適した環境が保持されていると考えられる。今後は、徳島市の未調査地域のデータ収集を進め、地域全体の光環境の実態をより明確にすることで、持続可能な照明環境の整備に貢献していきたい。

1 5 参考文献

<https://mieruka.city/cities/view/1420> : 都市構造可視化計画

<https://sites.google.com/view/anan-yozora/> : 阿南市夜空の明るさマップ

https://hikarigai.wooder.info/2024/04/14/sky-grief/?utm_ : 星空を取り戻す！地域密着アプローチ

謝辞

本研究にあたって今村教授の助言と協力をお借りしました、ありがとうございます。さらに、阿南市科学センターの貴重な研究器具を提供していただき、その貸与を通じて本研究の遂行が可能になりましたことを、心より御礼申し上げます。