

## 茨城県内の夜空の明るさについて

茨城地学会

はじめに

近年、日本国内では街路灯の整備が進み、道路や街が明るくなると同時に夜空もどんどん明るくなってきた。いわゆる光害（ひかりがい）である。天体からの光はとても淡いので、光害によってかき消されてしまい、都市部では明るい星しか観測できなくなってしまう。

図1は筑波山ロープウェイ山頂駅から写した夜景である。写真のように郡部でも、街路灯の整備が進み、さらに、都市の光が上空に侵入するため、周囲に街灯が無くても明るい夜空になってしまう。当然、淡く光る「天の川」は見にくくなり、茨城県内でも限られた場所でしか観測できなくなっている。光害は、図2のように天体観測をしにくくするばかりでなく、エネルギー浪費・ホタルなどの生態系への影響・青少年の夜遊びの助長などいろいろな問題を引き起こす。



図1. 筑波山ロープウェイ山頂駅からの夜景.



図2. 土浦方面から昇ってきたオリオン座。筑波山ロープウェイ乗り場で撮影.

光害の実態を明らかにするために、環境省は、昭和63年度から「全国星空継続観測（スターウォッチング・ネットワーク）」を実施しており、星空観察によって大気環境を継続的に調査している。筆者も水戸二高に転勤してから生徒と共に参加している。

調査方法は、眼視による天の川の観察、口径50mm倍率7倍の双眼鏡による観察（夏季は「こと座」・冬季は「すばる」）、写真撮影の3種類である。そして、昨年度より水戸二高地学部も参加している「高校生天体観測ネットワーク（Astro-HS）」も写真による星空観測を開始した。茨城地学会でも3年前より環境省の方法に準じ茨城県内の夜空の撮影を始めた。

### 撮影方法

#### ・カメラについて

B（バルブ機能）がついた一眼レフカメラが望ましい。メカニカルシャッターであれば、電池の消費を気にすることなく撮影ができる。また、露出計用の電池は抜くことが望ましい。それはフィルム室の遮蔽が完全でない場合、LEDの赤い光がフィルム写り込んでしまう場合があるためである。

#### ・レンズについて

単焦点の標準レンズ（50mm）でF2より明るいものが望ましい。図3のようにF4に絞って使用する。ピントは $\infty$ （無限大）に合わせる。なお、フィルターはスカイライト類を含め一切使用しない。

#### ・露出時間について

80秒、150秒、300秒で撮影をする。なお、正確



図3. カメラ及びレンズ.

に時間を測定するために、キッチンタイマーなどを使用すると良い。

- ・フィルムについて  
フジプロビア 400

- ・撮影時刻  
日没後 2 時間から 4 時間の間に写す。

- ・撮影方向  
図 4 のように三脚にカメラを固定し、写野の長辺がほぼ東西になるようにしてほぼ天頂を向ける。ただし、天頂付近に天の川がある場合は、天の川を避けるようにする。なお、手ブレを防ぐためにレリーズを必ず使用する。

- ・現像方法  
増感現像はせずに標準現像とする。スライドはマウントしてもらい、マウント部分に日付・時間・撮影場所等を油性マジックなどで記入する。



図 4. 撮影方法。

### 夜空の明るさの測定について

環境省全国星空継続観察の写真観察による夜空の明るさの決定の手法を確立された、国立天文台天文情報公開センターの福島英雄氏の方法に従って実施した。

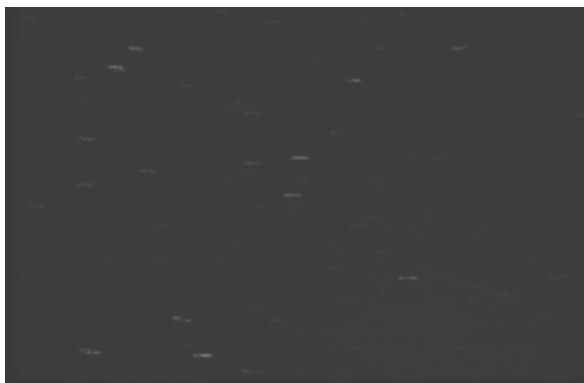


図 5. 300 秒露光した写真の例。

- ・現像したフィルムは、フィルムスキャナで 16 bit のデジタルデータにする。(国立天文台にて実施)
- ・パソコン上で、ステラナビゲータ Ver.7 を用い、写野の中心付近に写っている星を同定する。そして等級が小数点以下第 2 位まで求め、その値を計算シートに打ち込む。なお、F4 にまで絞っているとはいえ、若干の周辺減光があるために、中心に近い場所のほうがより正確に測定できる。

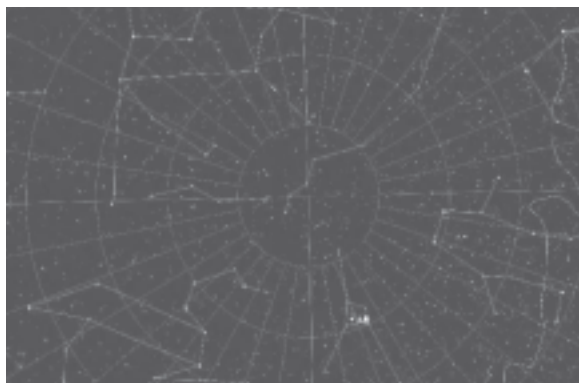


図 6. 図 5 の写真に相当するステラナビゲータ Ver.7 の画像 (中心部分)。

- ・パソコン上で、ステライメージ Ver.5 を使い、ステラナビゲータ Ver.7 で同定した線状に写っている星を囲んで測定した明るさと、星が写っていない領域の明るさを計算シートに打ち込むことによって、星の写っていない領域 (背景) の 1 平方秒あたりの明るさ (輝度) を求めることができる。
- ・さらに、大気吸収による減光などを補正して、より正確な明るさを求めていく。背景の明るさは星の明るさを表す等級で示される。等級は対数で表され、等級が大きいほど空が暗いということになる。等級が 5 等級小さくなると明るさは 100 倍になるので、1 等級小さくなれば明るさは 100 の 5 乗根、つまり約 2.5 倍明るくなる。

### 撮影期間

全国星空継続観察の時期に合わせて実施した。夏期は平成 17 年 7 月 27 日 (水) ~ 8 月 9 日 (火) であったが、この期間は天候が思わしくなく、満足な写真を写すことができなかったため、測定はしていない。

冬期は平成 18 年 1 月 18 日 (水) ~ 1 月 31 日 (火) の期間で実施した。この時期は冬型の気圧配置が続き、好天に恵まれたので、多くの地点で写真撮影をすることができた。

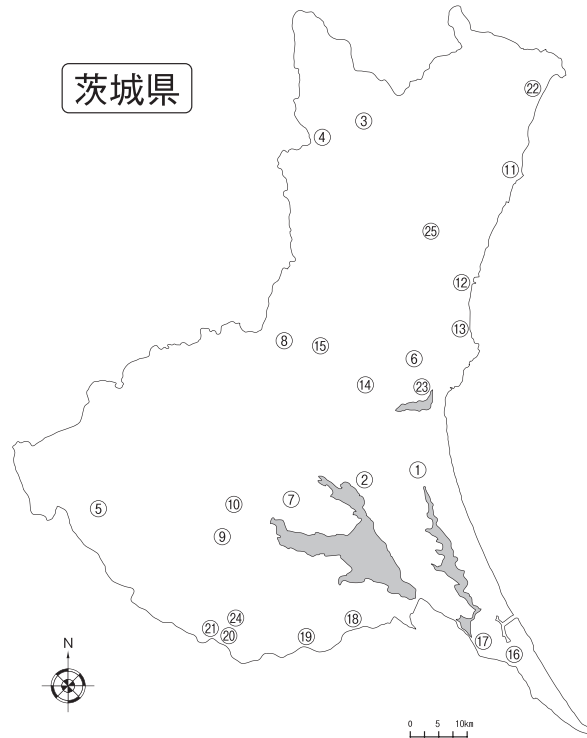


図7. 平成17年度冬期写真撮影地点. 撮影地点番号については表1参照.

表1. 平成17年度茨城県内の夜空の明るさ測定結果.

番号	地名等	撮影日時	カメラ	レンズ	夜空の等級	誤差	備考
①	鉾田市飯名	1/18 19:17	ビクセン VX-2	ペンタックス 50mmF1.2	19.124	±0.065	
②	行方市上山	1/18 20:02	ビクセン VX-2	ペンタックス 50mmF1.2	20.067	±0.045	
③	大子町袋田	1/19 19:40	ビクセン VX-2	ペンタックス 50mmF1.2	21.199	±0.166	
④	大子町栃原	1/19 20:35	ビクセン VX-2	ペンタックス 50mmF1.2	21.195	±0.042	
⑤	さしま郷土館	1/22 20:30	ビクセン VX-2	ペンタックス 50mmF1.2	18.375	±0.128	
⑥	水戸二高	1/24 18:47	ビクセン VX-2	ペンタックス 50mmF1.2	17.486	±0.035	
⑦	かすみがうら市下土田	1/24 21:06	ビクセン VX-2	ペンタックス 50mmF1.2	19.184 ※	±0.010	観測時間外.
⑧	笠間市濁沼川沿い	1/26 21:34	ビクセン VX-2	ペンタックス 50mmF1.2			天頂をはずしている. 時間外.
⑨	つくば市上大角豆	1/29 19:32	ビクセン VX-2	ペンタックス 50mmF1.2	17.401	±0.060	
⑩	新治村高岡沖	1/29 20:22	ビクセン VX-2	ペンタックス 50mmF1.2	17.959	±0.085	
⑪	日立市伊師	1/29 0:09	オリンパス OM1	ズイコー 50mmF1.4			観測時間外.
⑫	東海村豊岡	1/28 22:52	オリンパス OM1	ズイコー 50mmF1.4	19.444 ※	±0.101	観測時間外.
⑬	常陸那珂珂港展望台	1/28 21:53	オリンパス OM1	ズイコー 50mmF1.4	19.697 ※	±0.044	観測時間外.
⑭	茨城町西インター近く	1/28 20:59	オリンパス OM1	ズイコー 50mmF1.4			天の川至近.
⑮	北山公園	1/28 1:23	オリンパス OM1	ズイコー 50mmF1.4	21.022 ※	±0.163	観測時間外.
⑯	神栖市谷田部	1/26 21:58	PENTAX K100	ペンタックス 50mmF1.8			観測時間外・天の川至近・フィルター使用.
⑰	神栖市賀	1/26 22:51	PENTAX K100	ペンタックス 50mmF1.8	19.415 ※	±0.162	観測時間外・フィルター使用.
⑱	稲敷市結佐	1/26 23:45	PENTAX K100	ペンタックス 50mmF1.8	19.985 ※	±0.228	観測時間外・フィルター使用.
⑲	稲敷郡河内町下町歩	1/27 0:37	PENTAX K100	ペンタックス 50mmF1.8			観測時間外・フィルター使用.
⑳	取手松陽高校	1/27 20:04	PENTAX K100	ペンタックス 50mmF1.8	17.698	±0.148	フィルター使用.
㉑	取手市小文間	1/27 20:45	PENTAX K100	ペンタックス 50mmF1.8			フィルター使用.
㉒	北茨城市関南町	1/23 19:47	Nikon FE	ZOOM28-85mmF3.5			ズームレンズ.
㉓	水戸市東前町	1/23 23:48	Nikon FE	ZOOM28-85mmF3.5			ズームレンズ.
㉔	藤代高校	1/25 21:17	Nikon FA-10	不明			
㉕	太田二高	1/29 18:35	PENTAX P30N	ペンタックス 50mmF1.7			

夜空の等級および誤差の測定は、いずれも300秒露光撮影による。※は参考値。

各地の300秒露光による写真

① 銚田市飯名

銚田市中心部から北へ1kmほどの田んぼの中で撮影(図8).



図8. 銚田市飯名での結果: 19.124等級,  $\pm 0.065$ 等級.

② 行方市上山

畑の中で撮影. 天の川がうっすらと見える(図9).



図9. 行方市上山での結果: 20.067等級,  $\pm 0.045$ 等級.

③ 大子町袋田

山間地の道路脇で撮影. 茨城県内では, 空がもっとも暗い地域の一つ(図10). 天の川がはっきりと見える.



図10. 大子町袋田での結果: 21.199等級,  $\pm 0.166$ 等級.

④ 大子町栃原

とても見晴らしがよい道路脇で撮影(図11). 南東の空では水戸市方面からの光が入るが, 天の川がはっきり見える.

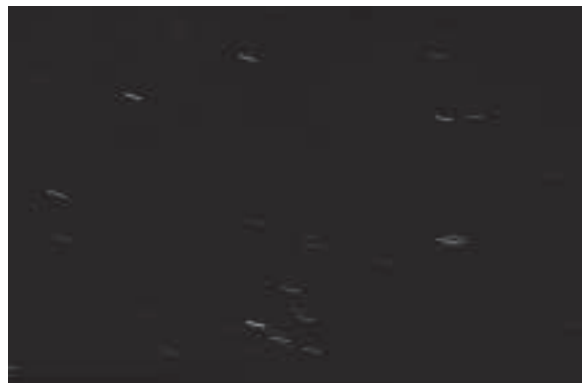


図11. 大子町栃原での結果: 21.195等級,  $\pm 0.042$ 等級.

⑤ 坂東市山 さしま郷土館ミュージズ

周辺に街路灯はあまり無いが, 東京方面からの光が強烈に入る(図12).

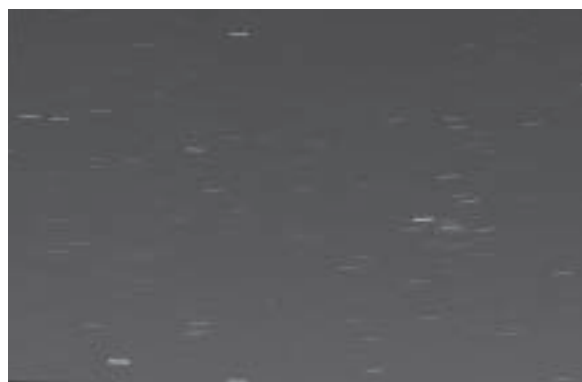


図12. 坂東市山での結果: 18.375等級,  $\pm 0.128$ 等級.

⑥ 水戸市大町 水戸二高屋上

市街地にあるために強烈に明るい(図13).



図13. 水戸市大町での結果: 17.486等級,  $\pm 0.035$ 等級.

⑦ かすみがうら市下土田

国道6号線から東に入った空き地で撮影(図14)。撮影時刻が遅いため、測定結果は参考値とする。



図14. かすみがうら市下土田での結果(参考値):19.184等級,  $\pm 0.010$ 等級.

⑩ 新治村高岡沖

桜川沿いの広々とした田んぼの中で撮影(図17)。300秒露光を撮影した後、曇ってしまった。



図17. 新治村高岡沖での結果:17.959等級,  $\pm 0.085$ 等級.

⑧ 笠間市稲荷町

笠間市中心部の潤沼川沿いで撮影(図15)。天頂をはずしており、時間外のため測定せず。



図15. 笠間市稲荷町での結果:未測定.

⑪ 日立市伊師

旧十王町南部で撮影(図18)。撮影時刻が遅いため測定せず。写真からはかなり暗い印象を受ける。

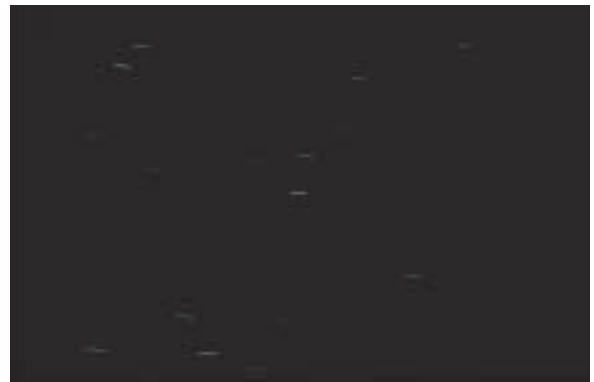


図18. 日立市伊師での結果:未測定.

⑨ つくば市上大角豆

花室川沿いの田んぼの中で撮影(図16)。周囲に街路灯はないが、空は明るい。

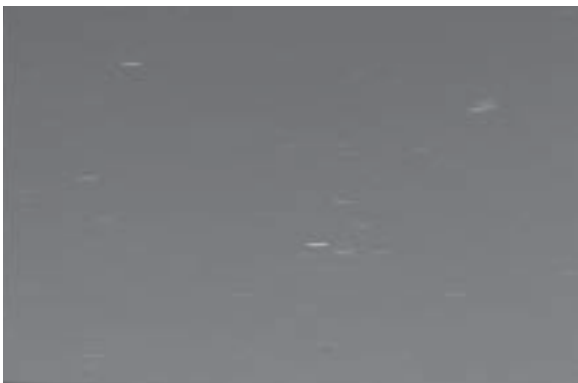


図16. つくば市上大角豆での結果:17.401等級,  $\pm 0.060$ 等級.

⑫ 東海村豊岡

久慈川の河口付近で撮影(図19)。

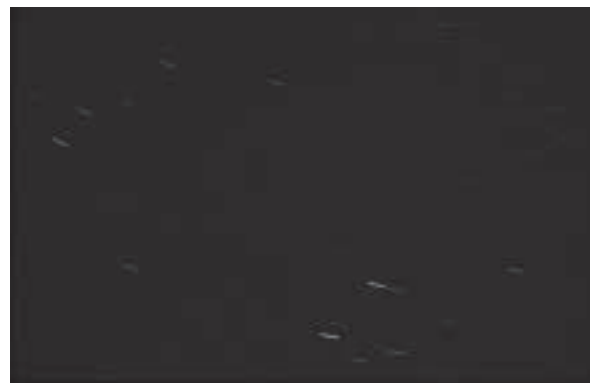


図19. 東海村豊岡での結果(参考値):19.444等級,  $\pm 0.101$ 等級.

- ⑬ ひたちなか市田向  
常陸那珂港の展望デッキより撮影（図 20）.



図 20. ひたちなか市田向での結果(参考値):19.697 等級,  $\pm 0.044$  等級.

- ⑭ 茨城町野曾  
茨城町西インターチェンジの近くで撮影（図 21）. 時間外のため測定しなかった.

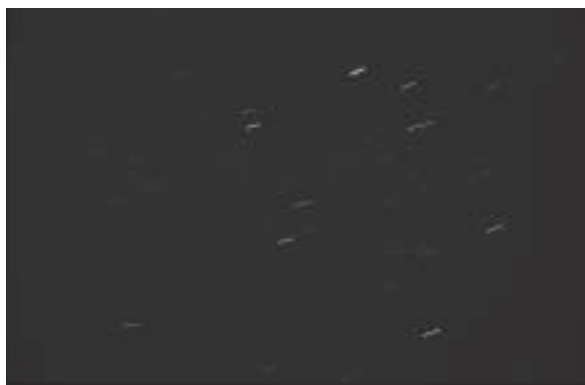


図 21. 茨城町野曾での結果：未測定.

- ⑮ 笠間市南友部  
北山公園で午前 1 時 30 分頃に撮影（図 22）. 大子に匹敵する空の暗さである.



図 22. 笠間市南友部での結果（参考値）：21.022 等級,  $\pm 0.163$  等級.

- ⑯ 神栖市矢田部  
利根川沿いの河川敷で撮影（図 23）. 時間外のため測定せず.



図 23. 神栖市矢田部での結果：未測定.

- ⑰ 神栖市賀  
利根川沿いの河川敷にて撮影（図 24）. 撮影時刻が遅いが参考値として測定した.

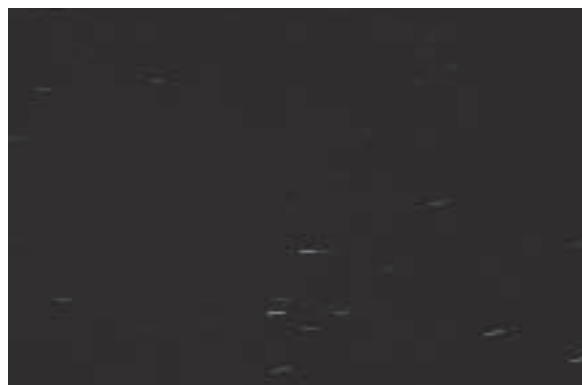


図 24. 神栖市賀での結果（参考値）:19.415 等級,  $\pm 0.162$  等級.

- ⑱ 稲敷市結佐  
利根川沿いの河川敷にて撮影（図 25）. 撮影時刻が遅いが参考値として測定した.



図 25. 稲敷市結佐での結果（参考値）：19.985 等級,  $\pm 0.228$  等級.

⑱ 河内町下町歩

利根川の河川敷で撮影（図 26）。撮影時刻が遅いため測定しなかった。



図 26. 河内町下町歩での結果：未測定.

⑳ 取手市小文間

取手松陽高校で撮影（図 27）。



図 27. 取手松陽高校での結果：7.698 等級,  $\pm 0.148$  等級.

㉑ 取手市小文間

取手松陽高校近くの利根川河川敷で撮影（図 28）。天の川が視野の中心にあるため測定せず。



図 28. 取手市小文間での結果：未測定.

㉒ 北茨城市関南町神岡下

北茨城高校近くで撮影（図 29）。ズームレンズを使用したために測定せず。写真から見るとかなり暗い夜空である。

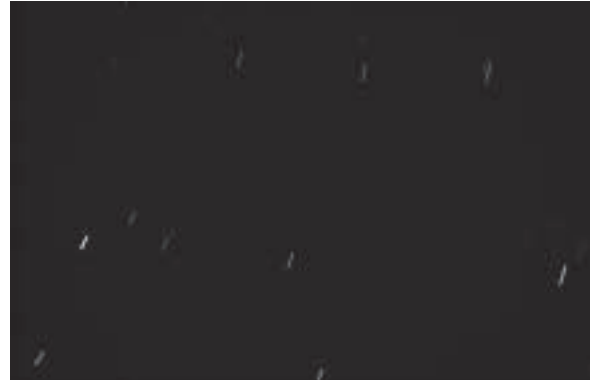


図 29. 北茨城市関南町神岡下での結果：未測定.

㉓ 水戸市東前町

田んぼに囲まれた住宅地で撮影（図 30）。ズームレンズを使用したために測定せず。



図 30. 水戸市東前町での結果：未測定.

㉔ 取手市毛有

藤代高校屋上にて撮影（図 31）。時間外のため測定せず。



図 31. 取手市毛有での結果：未測定.



㊥ 常陸太田市新宿町

太田二高屋上で撮影（図 32）。写真からはかなり暗い印象を受ける。



図 32. 常陸太田市新宿町での結果：未測定.

まとめ

県北の太子町の山間部の空は、街路灯があまり無く、都市部からも離れているために、空が十分に暗いことが測定結果からわかる。夏に比べ淡い冬の天の川もきれいに見ることができる。しかし、同じ時期に測定された、全国星空継続観測における定点観測地点の中で空が暗い地点（表 2）と比べると、2 等級以上明るい。今回もっとも暗かった愛知県東栄町とは約 2.5 等級差なので 10 倍も明るいといえる。よく観察すると、明らかに水戸方面は明るい。今回、測定はしなかったが、常陸太田市里美地区北部でも水戸方面が明るい。

表 2 平成 17 年度冬期定点観測地点撮影結果 BEST5.

地 名	空の明るさ
愛知県東栄町	23.7
北海道陸別町りくべつ宇宙地球科学館	23.6
福島県田村市星の村天文台	23.3
鳥取県鳥取市佐治天文台	23.2
高知県佐川町	23.1

環境省ホームページより

一方、つくば市や水戸市の夜空は、太子町と比べると 3.8 等級ほど明るく、約 33 倍も明るい。原因は、数多くの街路灯や看板等を照らす強烈な照明であると考えられる。このため、天の川は全く見えない。つくば市大角豆の撮影地点の近くにはゴルフ練習場が 2 つもあり、23 時まで営業している。秋から冬の透明度の良い空で秋の大四角の中に星が一つ（4.4 等星）見えれば良いほうである。それでも、同じ時期に測定された空が明るい地点（表 3）と比べると、もっとも明

表 3 平成 17 年度冬期定点観測地点撮影結果 WORST5.

地 名	空の明るさ
大阪市立科学館	14.9
名古屋市科学館	15.0
中野区なかの ZERO プラネタリウム	15.6
さいたま市	16.0
広島市こども文化科学館	16.2

環境省ホームページより

るかった、大阪市立科学館より 2.5 等級程暗い。

空の暗さは、時間による影響が大きいことも分かった。夜半を過ぎると、かなり暗くなる。午前 1 時 30 分頃に撮影した、笠間市の北山公園付近の空は、ほぼ太子町の空に匹敵するほど暗い。ここの近くにある茨城県教育研修センターでは、日没後の空では何とか天の川が見える程度の空である。遅い時間になれば、看板等の照明・ガソリンスタンドの照明・ゴルフ練習場の照明等が消えるため夜空は暗くなる。

平成 17 年度冬期定点観測地点撮影結果と比較すると茨城県の空は、平均的な空の暗さといえる。

今後の課題

- ・撮影時刻の統一
  - 今回、撮影時刻がまちまちで、日没後 2 時間から 4 時間の間に撮影できなかった地点では、正確な夜空の明るさのデータを得られなかった。今後は時刻に気をつけて撮影したい。
- ・時刻による夜空の明るさの変化の測定
  - 時間外に撮影したことによって、遅い時刻には暗くなる傾向がみられた。そこで、夜空の明るい場所で時刻による明るさの変化を測定したい。
- ・レンズによる夜空の明るさの測定値の違い
  - 同時に異なるメーカーのレンズを用意して、同時に撮影をし、測定値を比較してみたい。
- ・街路灯からの距離による夜空の明るさの違い
  - 空が比較的暗い場所で、一つの街路灯からの距離によって、夜空の明るさがどう変わるかを測定したい。候補地としては、常陸大宮市山方地区にある「パークアルカディア」のグラウンドがあげられる。ここには、全天を照らす水銀灯がグラウンドの端に 1 本だけあり、測定に向いていると思われる。
- ・観測ポイントを増やす

今後、協力者をさらに募り、観測ポイントを増やすことによって、茨城県内の夜空等光マップを作りたいと考えている。さらに、太子町袋田より暗い場



所や水戸二高より明るい場所を見つけたい。

- ・ 天の川が見える空の暗さを明らかにする

今回の調査において、天の川を確認できた地点でもっとも明るい地点は行方市上山の畑の中であった。その地点の夜空の暗さが 20.067 等級であったので、20 等級程度よりも暗い空であれば、天の川を確認できるのではないかと考えている。それが確定できれば、天の川が見える地点を示した、等光マップを作ることができる。

#### 文献

環境省ホームページ（全国星空継続観測のページ）

URL： <http://www.env.go.jp/kids/star.html>

高校生天体観測ネットワークホームページ

<http://www.astro-hs.net/ja/>

#### 調査研究

菅谷政司（茨城県立北茨城高等学校）

廣澤潤一（茨城県立太田第二高等学校）

岡村典夫（茨城県立水戸第二高等学校）

須藤忠恭（元茨城県立水戸第三高等学校）

宮下昌幸（茨城県立勝田高等学校）

齋藤利仁（茨城県立桜ノ牧高等学校）

仁平麻奈美（茨城県立鉾田第一高等学校）

松山 修（茨城県立下妻第一高等学校）

尾見成一（茨城県立牛久栄進高等学校）

大西武彦（茨城県立藤代高等学校）

我蛭利幸（茨城県立取手松陽高校）

木村正和（茨城県立水海道第一高等学校）

濱田 元（茨城県立古河第一高等学校）

高橋 淳（ミュージアムパーク茨城県自然博物館）

#### 執筆

岡村典夫