

厚内の夜空の明るさ

和歌山 満

1. はじめに

私達が仰ぐ夜空は暗いものと思っていました。しかしながら近年、⁴⁾人工燈火で明るさが増加、大気汚染も加わって観望や観測にかかる星数が減少する傾向にある。元来暗い夜空も黄道光、(22.5)、大気光 (23.4)、星野光 (22.5) 等級からなる³⁾夜天光で明るさを保有している訳だが、ここで述べる明るさは、人工燈火や大気中の塵による散乱で星の光が見えにくくなっていることを意味している。つまり燈火と大気の汚れ状態は星の見え方と深く関連する。PL1 は⁹⁾人工衛星から眺めた夜の地球の明るさを示している。燈火が日本列島を書き出している様子に驚かざるをえない。

本稿では環境庁主催で昭和63年 (1988) に開始、現在継続中の星空観察 (スターオッチング) の実施要領に準じて行ってきたから厚内 (Fig7参照) の夜空を明らかにするつもりである。

2. 観察要領

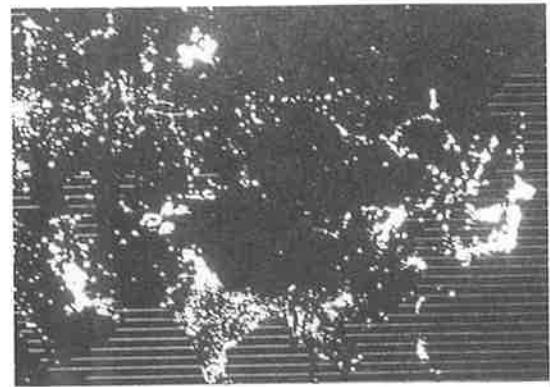
(1) 観察対象

Fig1. 2は^{1) 2)}天の川星野を、Fig3.4 は観察目標になる星座中の星域を示した⁷⁾星図である。夏期は8月を中心に天の川のどの部分 (白鳥座、たて座、いて座付近) が見えるか、またこと座のα、ε、δ星の三星をコーナーにした三角形の中に見える星を確認する。冬期には1月中に天の川 (ペルセウス座、ふたご座、いかくじゅう座付近) の見える位置とおうし座中のすばる (プレアデス星団) の六星がつくるラケット型枠中に見える星々を確認対象とする。

(2) 観察方法

① 肉眼での観望

月の無い夜に目標の星々が天頂にかかる頃あいをみはからって、星座のある位置付近の天の川の存在を確認します。



PL1. 人工衛星から写した夜の地球 1985年 W.T.Sullivan.III. 国際ダックスカイ協会、星空観察入門より転載

② 双眼鏡での観察

口径5cmで7倍を標準とした双眼鏡を対象に向け、はっきりと確認できた星々を星図 (Fig3.4) 中に記入、最微光星の等級を決定する。筆者の場合、口径 (D=35mm) 7倍の器材を常用している為、 $10.26 - (1.77 + 5 \log D)$ 式で補正值を求めて標準化する必要があった。

③ 写真 (スライド) による観測

夜空の明るさを測定する為に目標となる星座付近の空を撮影する訳だが、夏期はこと座のα星 (ベガ)、冬期はおうし座のα星 (アルデバラン) が写野の中心にくる様に構図を定めてTable1の光学系と条件のもとでおこなう。

夜空の明るさ測定にはデンシトメーターが使われるが、この値を決定するのはスター オッチング研究会委員の香西洋樹 (元国立天文台助教授) が担当している。その^{7) 10)}概略を述べると、標準星 (ベガ、アルデバラン) と星の写っていないその付近のバックグラウンドから1平方秒角当たりの光の透過量を比較して明るさを光度等級化することになる。因に1平方秒角当たりの光度 m_2 (mag/\square'') は、 m_2

——目次——

厚内の夜空の明るさ	和歌山
「文化の郷」	新宮

満
廣

十勝太海岸段丘遺跡発掘現場～国道336号浦幌町十勝太道路改良工事に伴う緊急発掘調査

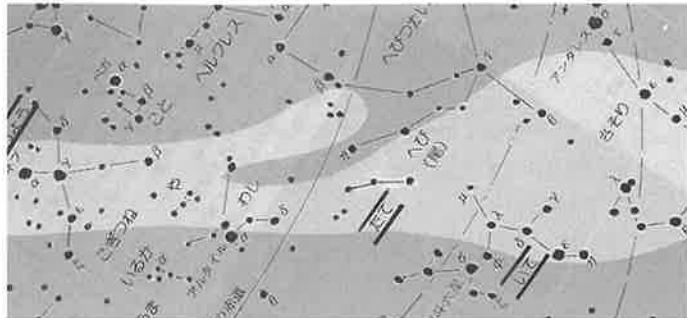


Fig1. 天の川の確認位置(夏) 1982年9月天文ガイドより転載

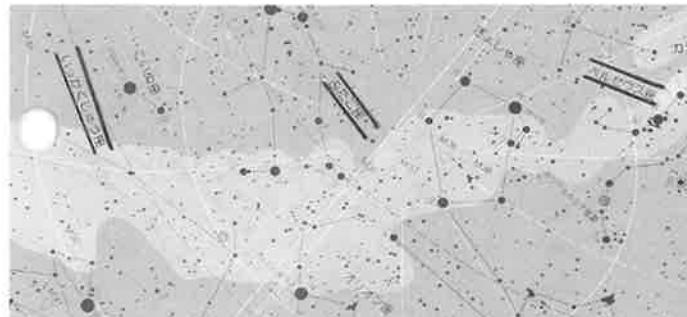


Fig2. 天の川の確認位置(冬) 1984年2月天文ガイドより転載

すばる (プレアデス星団)

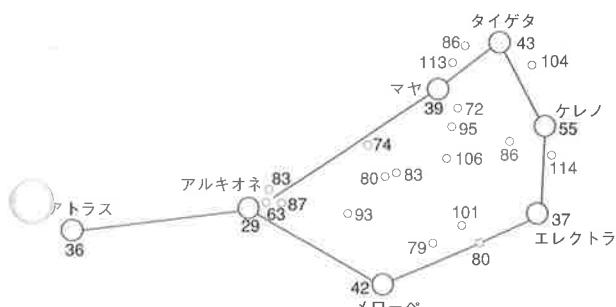
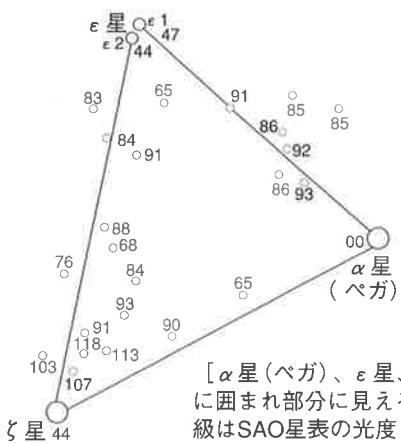


Fig4. 双眼鏡による観察目標(冬)

こと座



[α 星(ペガ)、 ϵ 星、 η 星]に囲まれ部分に見える星の等級はSAO星表の光度を使用。
(等級の10倍値)

Fig3. 双眼鏡による観察目標(夏)
全国星空継続観察の実施の手引きより転載

カメラ・レンズ	1眼レフ標準レンズ (50mm, F2以下) 筆者は55, 1.8
フィルム	ISO 400 リバーサル35mmカラー
露出	絞り (F3.5又は4) 筆者は2と4の中間、300'', 150'', 80''
撮影法	1目標につき順に3枚を固定撮影

Table 1 写真撮影器材の条件

観察地	周囲の状況	周囲の高さ	周囲の光源	観察できる方
NL(北緯) 42° 42'	郊外 中学校裏 (林道入口)	海拔10m 観察地点より高い山、木、建物が一部にある	有 東から 南方向	東:天頂から35° 西: ↗ 55° 南: ↗ 20° 北: ↗ 25°
EL(東経) 143° 51'				

Table 2 観察地の条件(北海道: 厚内)

Table3 過去5ヶ年の星空継続観察結果(厚内)

注:○みえる
△雲があって見えない
観察等級は最微光星の平均

期	夏						冬					
	年度 (平成)	天候	天の川			双眼観 察等級 mag/口"	天候	天の川			双眼観 察等級 mag/口"	
			白鳥	たて	いて			ペルセウス	ふたご	いっかく じゅう		
6	○	○	○	○	○	9.3	21.3	○	○	○	10.2	21.2
5	①	○	○	○	○	9.6	21.0	①	○	○	○	9.5
4	①	○	△	△	△	9.1	20.0	①	○	○	○	8.9
3	①	○	○	○	○	9.4	20.5	①	○	○	○	9.1
2	○	○	△	△	△	9.3	20.2	○	○	○	○	9.1

$=2.5\log \{(10^{D1/a}/10^{D2/a}) - 1\} + m_1 + 16.3$ 式で与えられる。ただし m_1 は比較星、 D_1 、 D_2 は測定器のダイアフラムの口径 (0.5mm) の範囲内の濃度で、比較星を含む含まない場合の値である。

④ 観察地点

筆者の場合、観察地は厚内（北海道十勝郡浦幌町）と松戸市（千葉県）で、前者が主観察場所になるため、その状況をTable2に示す。南と東方向に街や漁火光源、西は山が迫りサーチライトが空をパルスすることがある。しかし北天は暗さを保持している。

3. 観察結果

浦幌町厚内における過去5年間の観察結果を一覧化するとTable3の様になる。

(1) 天の川の見える位置



PL2. 琴座のヴェガ星域: 厚内
1995.7.27.21h21m～(150°)



PL3. 牡牛座のアルデバラン星域: 厚内
1994.12.29.21h06m～(150°)

星の密集した光のベルトである銀河は夏、冬ともに各星座の白い背景としてはっきりと肉眼で認めることが可能である。また天の川の各所にみられる暗部（つまり星間物質が背後の星光をさえぎる暗黒雲）模様も確認できる夜空の状態であった。

(2) 双眼鏡視できる最微光星

夏はこと座のトライアングル星域、冬はプレアデス星団のラケット星域で決定できた最も暗い星の光度等級は、夏期の平均で9.34、冬期のそれでは9.36となりおよそ9.3等級台である。過去5年間の時系列推移で見ても最微光星の見え方に大きな変動はない。ただし平成4年度の夏冬にそれぞれ過去最低等級を記録しているが、この原因のひとつにフィリピンのピナッボ火山噴火による火山ガスや微粒子物質の⁶⁾成層圏汚染が考えられる。¹¹⁾噴火（1991年6月）から半年後の冬期、朝夕異様な赤や赤紫色の空が観察された。1年経過している為ピナッボ効果と断定することはできない。しかしながら¹³⁾アグン火山噴火（1963年インドネシア）の時は、アメリカアリゾナ州で噴出粒子による赤い異常薄明が6年間も続いた観測例もある。中緯度高層帯では長期間にわたって夜空の明るさに影響を与えていたと推定できる。加えて当観察地近くに街燈が設置されたことも星々の見え方低下を招いた様である。そこで翌年から直接光を避けるため場所を少々移して実施することにした。

夏と冬の季節による星の見え方の差は、平均0.02等級（最大0.9、0.1～0.3幅で推移）と小さい。よって、空の明るさの変化は微少とみなせる。強いて言うならば、0.5差の夏、1.3差の冬の結果から、夏は安定、冬は見え方が不安定になるのかもしれない。考えられる¹²⁾理由に大気の変動の激しさや冬期観察時の積雪によるアルベードの有無があげられる。

(3) 撮影スライド写真濃度による等級

2 (2)(3)の方法で特定星野を撮影したスライド（写真PL2、PL3）の画面中央部濃度を数回以上測定、その平均値を背景濃度としているので、当然のことながら空の暗い場所ほど高い濃度になる。よって暗い星（低等級）までウォッチング可能な明るさと判定できる。

過去5年間で、1平方秒角（立体角）当たりの夜空

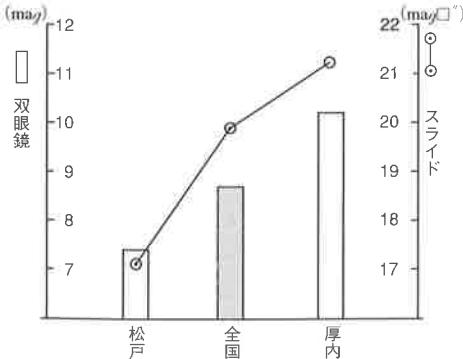


Fig.5.最微光星（双眼鏡）及び夜空の明るさ（写真スライド）等級比較：冬期（全国は平均、平成6年度）

の明るさは、夏平均20.60、冬平均20.82、夏冬の平均で20.71等級であった。最も暗い¹⁾²⁾理想的な夜空は22.5(mag/□'')と考えてよいことが知られている故、当地の星空は良い状態にあるとみなしてよいだろう。時系列推移でみても、夏冬の平均で0.22等級（夏期1.3 冬期1.4等級差の変動内にある）差で⁽²⁾の平均観察等級同様、ほぼ一定の暗さを保持している傾向が読みとれる。ただし平成4年度冬期までの約1年近く夜空の暗さは最低値を記録したが、その理由も⁽²⁾に起因すると考えられる。

(4) 全国との比較

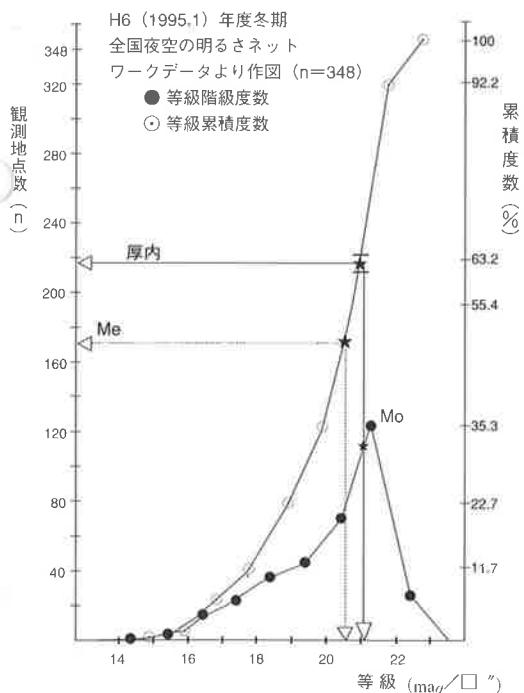


Fig.6.観測地点数と夜空の明るさ等級関係

スターウオッティング事業における⁷⁾観察都市規模指標によると、浦幌町（厚内）は小都市（10万人未満）に分類されてしまう。筆者は千葉県松戸市（大都市30万人以上100万人未満）においても観察を実施しているが、Fig.5は¹⁰⁾6年度冬期に厚内、全国、松戸の平均観察等級とスライド写真による夜空の明るさ等級を比較したものである。厚内の夜空がいずれの等級においても高い値を示していることは明白で、松戸市の43.6倍近く暗い夜空である。換言すれば、大都市は小さな町（人口1万）の40倍も明るい空にする程に光エネルギーを放出していることになるだろう。その為か天の川を松戸で確認することはできなかった。

Fig.6は、¹⁰⁾スターウオッティングネットワークの結果をもとに、観測地点数と夜空の明るさ等級の関係を、グラフ化したものである。1995年1月現在、厚内の夜空の等級順位は、測定された22.7～14.0等級を0.1等級きざみで65階級化すると、14番の暗さのクラスに位置する。またグラフの累積度数分布曲線を使って単純に観測地点数順位を求めるとき、348地点中128番目に相当する。統計上から度数最大の等級階級は21等台で全体の36.8%を占める。よって等級最頻値（Moモード）は21.5等級となる。また中央値（Me、メジアン）は174番の20.7等級である。PL1の人工衛星写真を再度眺めるならば、このモードは日本のスターウオッティングが暗い空を有しているとおぼしい地点で実施されていることの反映の様に思われる。また香西発表（Fig.7）の³⁾⁵⁾日本夜空の明るさ等級地図でみると、

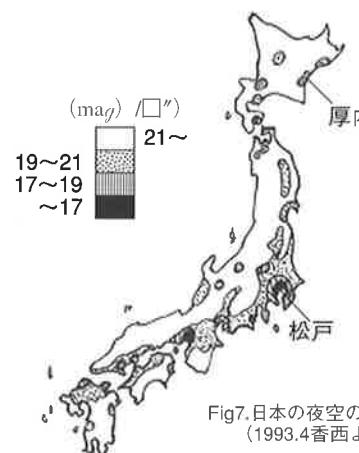


Fig.7.日本の夜空の明るさ分布（1993.4香西より改図）

未測地点が多く、観測地域に偏りがみられ、今後変動の余地がある。以上から当地の夜空21.2等級は日本の平均的明るさ20.7等級（174番）より暗く、最頻値21.5等級の空に酷似して、暗い夜空の37%の範疇に属する。つまり空の暗さは一応保たれていると判断してよいだろう。この地の人々は、いつも容易に星々や銀河の光芒が観望できるすばらしい空の自然に感謝すべきである。そして今後も暗い夜空を大切に保守して欲しいと願う。

(5) 浮遊粒子密度と夜空の明るさ

一般に季節をとわず、都市規模の大きさのいずれにおいても空中に浮遊する粒子物質密度の高い所ほど夜空が明るくなる相関があるとされている。浮遊粒子は地上からの光の散乱量を増大させるほか、星からの光の透過量を減少させる様に作用する為、空を明るくして星を見えにくくしてしまう。光を散乱させ大気を汚染する粒子物質に煤煙粒子、 SO_2 や NO_2 が変化してできる硫酸や硝酸粒子があげられる。

8)浮遊粒子物質濃度と夜空の明るさを表す相関式 $Y = -0.0687X + 21.4$ を使って厚内と松戸の濃度を計算した結果がTable4である。平成3年度冬期観察のデータを例にすると、厚内は松戸のわずか0.083倍の汚染粒子と計算上みちびかれた。光の散乱量は放射される地上からの燈火量

〈H3年度：冬期〉

観察地	双眼観察等級	夜空の明るさ 写真スライドmag□	浮遊粒子状 物質濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
北海道 (厚内)	9.1	21.0	5.82
千葉県 (松戸市)	7.4	16.6	69.86

Table4 夜空の明るさと大気中の粒子状物質濃度

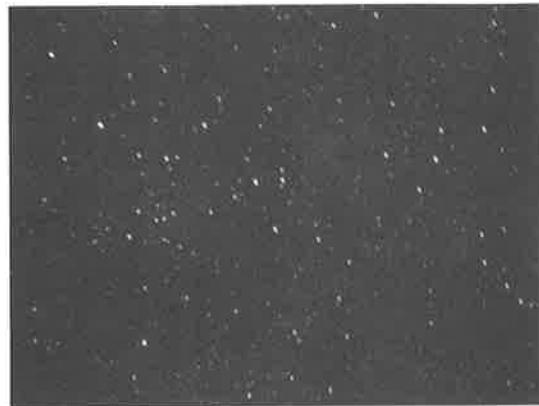
も大きく関与しているので必ずしも高い相関と決定できないが、散乱量は小さいと理解できる数値なので暗い夜空のあかしになつていると考えてよいだろう。

4.おわりに

環境庁主導のスター・ウォッキングに参加、継続観察を実施して厚内の夜空の明るさをある程度科学的に数値化してみることができた。筆者代表の



Fig8. 星空観察活動に対する評価



②:70° 21'20''~ケフェウス星野
①:20° 21'15''~ペルセウス星野



PL4.厚内の星空(東天) 1995.8.16 ①下、②上
f55 mm, F1.8と2.8の中間 T80" ISO 400

厚内星の会は、¹²⁾星空観察活動に対して、千葉県環境部大気保全課より、1995年3月感謝状（Fig8）を賜わった。

浦幌町は人口1万の小さな町であるが、その観察地においても人工燈火の影響が感じられる。PL4（①、②）は厚内の東の空にカメラを向けて地平高度20°、70°付近を写野の中心にすえた星

野を80秒間露出した時の写真である。夜空が低空域ほど明るくなっている違いは判然としている。光因の具体例をあげると、街燈や外燈の増加、数十km先にある隣町の大規模で過剰な街路燈、長距離電波航法援助システムが放つパルス光等さまざまである。人工光による光害の影響は、半径100km以上にも及ぶという報告もある。光害から星空を守ることを目的として、1989年岡山県美星町は「光害防止条例」を制定、¹³⁾第3条において、国際天文学連合の勧告にならい、人工光による夜空の明るさの増加の程度が、自然の状態の夜空の明るさの1割を超えないようにすることを目標に対処しあげた。⁴⁾人口集中地域と夜空の明るさには確かな相関があることがわかつてき以上、明るい都市圏からある程度離れた地域が暗い夜空を保守する価値は高いといえる。

今日人と自然のかかわり方やエネルギー利用のあり方を考え論じるうえで、星空観察のデータは重要な役割を果たすに違いない。夜空を媒介にして地域の自然認識が深められるなら幸いである。

(松戸市立和名ヶ谷中学校教諭)

- 2) ————— (1984) 天文ガイド2月号
- 3) ————— (1993) 天文ガイド4月号
- 4) Thomas A.Croft (1983) 宇宙から見た夜の地球、日経サイエンス社
- 5) 香西洋樹 (1988) 天文月報、日本の夜空の明るさ、日本天文学会
- 6) Garry Hunt (1990) The Atlas of the solar system Crescent Books NY
- 7) 日本環境協会編 (1993) 全国星空継続観察の実施の手引き、夏期冬期用
- 8) ————— (1993) 全国星空継続観察の実施結果
- 9) ————— (1994) あおぞら星空観察入門
- 10) ————— (1990~1995) 全国星空継続観察の実施結果
- 11) 坂田俊文 (1993) 地球、丸善株式会社
- 12) 和歌山満 (1995) 空に親しむ観察発表会 スターウオッティング雑感、千葉県環境部大気保全部
- 13) 斎藤文一、武田康男 (1995) 空の色と光の図鑑、草思社

参考文献

- 1) 誠文堂新光社編(1982) 天文ガイド9月号

文化の郷設置経過

新宮 廣

わが国は経済成長を挙げて社会が安定して、文化活動が盛んになって俳句、短歌、川柳の爱好者が、先輩の遺作を後世に残したい。そして自分達の作品も残したいという念願が高まつたところから、別途適地を選定して、最も理想的な景観の地に3カ年で、案内碑1基、銘盤2基、碑測6基、碑17基、計26基を完成した。

- 平成4年6月10日 新宮 廣、浦幌町教育委員会社会教育課長石川安次、同庶務係長後藤秀彦さんに趣旨説明。協力要請 同年7月6日現地調査協議
- 10月3日 俳句会会长細川幸八、短歌会会长斎藤秀子、川柳会会长竹村善平、新宮 廣発起人会協議
- 10月13日 建設希望者打合会 於中央公民館、経過趣旨説明全員了解総会に移行
浦幌町文化の郷設置委員会、設立総会会則決定役員選出
- 10月19日 浦幌町教育委員会教育長浅川眞治郎、石川課長、後藤係長に会の発足を報告
農村環境改善センター、郷土博物館用地に建立要請
- 10月26日 浦幌町教育委員会教育長浅川眞治郎殿宛 文学碑（歌碑、句碑等）の設置申請書提出
- 11月6日 先進地町村調査研究視察一行8名
中札内村札内川園地“ピョウタンの滝文化の森”、芽室町ピウカ公園“芽室句碑の森、幕別町依田公園“十勝俳句村”