

天体継続観測プロジェクト 2013 年度成果報告書

和歌山大学 天文会

津村 明寿
平尾 千紗都
芝野 琴女
土屋 瑞貴
平野 勇登

指導教員 尾久土 正己 教授
寺本 東吾 特任教授

1、背景・目的

我々が星を観るとき、我々と星の間には地球の大気が存在する。しかし、この大気の中にはチリやホコリが浮遊し、また水蒸気も含まれるため、これらの物質によって視界が遮断され、星空の観察に支障を来す。その上、街の明かりがこれらの物質に反射することで空が明るくなり、星々はさらに見え辛くなる(光害)。

環境省は、全国各地の光害の度合いを調査するため、「スターウォッチング」という天体観測を実施していた。これは、環境省が全国各地から参加者を募集し、その参加者が行った観測のデータを集計することで、その目的が達せられるというものである。

和歌山大学では2008年度冬季(2009年1月)からこのスターウォッチングに参加し、観測を行ってきた。本天文会は、この観測を今後も継続的に実施することを目的に、昨年度初めに設立されたものである。

なお、環境省主催のスターウォッチングは2012年度末に休止となり、2013年度以降は星空公団がその代替を担うことになった。それに伴い、本会の観測結果の提出先も環境省から星空公団へと変わった。

2、実施内容

○スターウォッチング

☆星空公団主催のスターウォッチング

スターウォッチングは、夏季と冬季の星空公団が指定する期間中に行う。

本年度より主催者が星空公団になったことに伴い、観測方法も変わった。具体的には、双眼鏡観測^{注1}と肉眼観測^{注2}が取り止めとなり、実施するのは写真観測のみとなった。

写真観測では、デジタル一眼レフカメラを天頂に向け、一定時間シャッターを開けた写真を撮影し、その写真の感光度を測定することで、夜空の明るさを求める。なお、写真の感光度の測定は星空公団が行う。

●観測方法

<撮影条件>

- ・感度：ISO400
- ・焦点距離：30～50mm 程度
- ・絞り値：4.0～5.6
- ・長秒時ノイズ低減機能：ON
- ・高感度ノイズ低減機能：OFF
- ・ホワイトバランス：オート

上記の撮影条件の下、写真の長辺が東西方向なるようにしながらカメラを天頂に向け、以下の写真をそれぞれ 2 枚ずつ撮影する。

- ・露出時間が 30 秒の写真
- ・露出時間が 60 秒の写真
- ・露出時間が 120 秒の写真

このようにして得られた写真の電子データファイルを星空公団に提出し、星空公団が写真を解析して写真の感光度を測定する。

注 1) 双眼鏡観測とは、双眼鏡(倍率 7 倍、口径 50 mm)を用いて夜空のある特定の箇所を観察し、そこに見られる最高等級の星を調査する観測。観察箇所は、夏季がこと座のベガを含む 3 つの星の作る三角形の内部、冬季がプレアデス星団(すばる)であった。

注 2) 肉眼観測とは、高度が異なるある特定の 3 ヶ所を肉眼で観察し、そこに天の川が見られるか否かを調査する観測。観察箇所は、夏季がはくちょう座付近とたて座付近、いて座付近の 3 ヶ所、冬季がペルセウス座付近とふたご座付近、いっかくじゅう座付近の 3 ヶ所であった。

☆天文会独自のスターウォッチング

星空公団主催のスターウォッチングは年に2回実施されるが、よりきめ細かな観測データを得るため、2013年度夏季より本天文会が毎月独自にスターウォッチングを実施することにした。

観測方法は、星空公団主催のスターウォッチングと同じである。また、観測期間は、新月の日とその前後5日間の計11日間とした。

観測期間中の各日に、観測する人を1人ずつ割り振り、観測を当番制で行った。

○天体写真の撮影

学生自主創造科学センターの備品である口径8cmの屈折望遠鏡と、本天文会所有のデジタル一眼レフカメラを用いて、天体写真の撮影を行った。

特に5月は、天体写真の撮影を通して、写真撮影の方法のみならず、天体望遠鏡の組み立て方や操作方法などを新入生に教えた。

○輪読会

雨天続きで天体観測のできない梅雨の時期は、輪読を行った。

輪読に用いた本は、「最近天文百科～宇宙・惑星・生命をつなぐサイエンス」(丸善出版)。

1節毎に担当者を割り振り、週に1回1節分を実施した。

○外部の天文団体との交流

紀の川市西貴志コミュニティセンターにて行われる西貴志天文サークルの観望会に参加し、学外の天文団体である西貴志天文サークルとの交流を深めた。また、当コミュニティセンターに設置されている口径40cmの反射望遠鏡を用いて、天体写真の撮影を行った。

○合宿

5月5日から6日にかけて、琵琶湖畔のキャンプ場において合宿を行った。

普段活動している大学内よりも暗い場所で天体観測を行うこと、また新入生との親睦を深めることを目的に、この合宿を実施した。

<行程>

1日目

夕方 キャンプ場に到着
テントを張る。
夕方～夜 バーベキュー
夜 天体観測

2日目

午前 周辺を観光
昼 現地を出発

3、結果・成果

○スターウォッチング

☆星空公団主催のスターウォッチング

今年度も、夏季・冬季共に天気に恵まれ、実施することができた。

実施日は、夏季観測が2013年8月4日、冬季観測が2014年1月31日である。
観測結果は、夏季が 18.9 ± 0.1 等級、冬季が19.1等級となった。なお、冬季観測の結果は、星空公団が公表した速報値であり、本報告書執筆段階では星空公団による確定値の発表は行われていない。

和歌山大学における夏季観測の結果を全国各地で行われた観測の結果と共に表1及び図1に示す。

表 1. 2013 年度夏季の各地の観測結果

	観測地点	周辺環境	等級
1	宮城県仙台市	地方中枢都市に近い山間部	18.4
2	埼玉県さいたま市	大都市近郊の平野部	15.5
3	東京都三鷹市	大都市近郊の平野部	16.6
4	静岡県浜松市	地方中核都市の平野部	16.6
5	愛知県名古屋市	大都市の中心部	14.8
6	愛知県東栄町	地方の山間部	20.8
7	大阪府大阪市	大都市の中心部	16.1
8	和歌山県和歌山市	地方中核都市の山間部	18.9
9	鳥取県鳥取市	地方の山間部	21.1
10	広島県広島市	地方中枢都市の中心部	16.5
11	福岡県八女市星野村	地方中核都市から遠い山間部	20.6
12	宮崎県都城市	地方中心都市に近い山間部	20.5

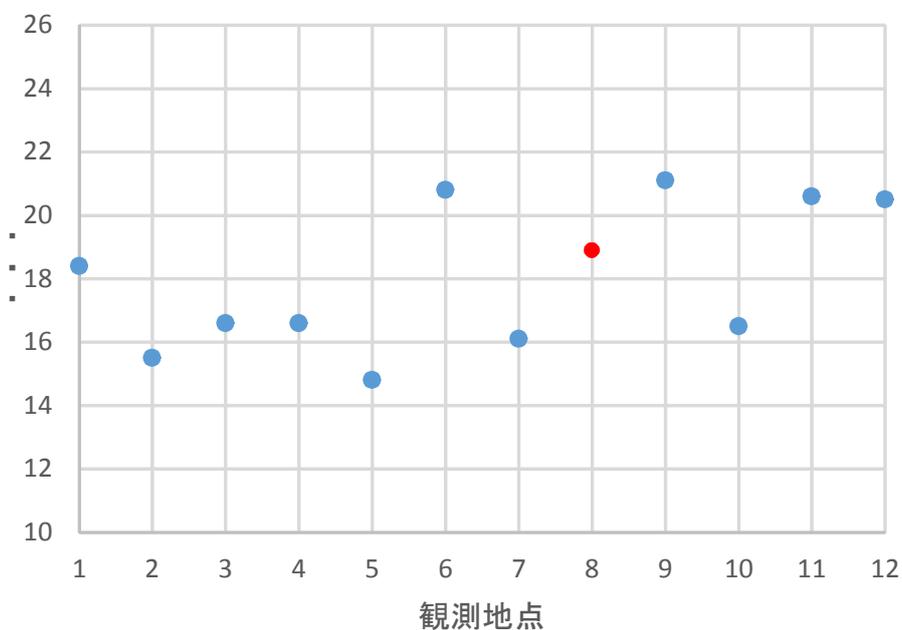


図 1. 2013 年度夏季の各地の観測結果

表 1 及び図 1 より、大都市や地方中枢都市の中心部とその周辺では 16 等級前後と夜空が明るく、地方中核都市、地方中心都市と都市の規模が小さくなるに従って夜空が暗くなり、地方の山間部では 21 等級前後であることがわかった。また、山間部では、都市から離れているほど夜空は暗くなり、都市からの距離が同程度である場合は都市の規模が小さいほど夜空が暗くなることがわかった。

和歌山大学での観測結果と全国各地の観測結果を比較すると、和歌山大学における夜空の明るさは、地方中枢都市である仙台市に近い山間部の夜空と同程度であると言える。また、和歌山市と同じ地方中核都市である久留米市から遠い八女市星野村の山間部よりは夜空が明るく、同じく地方中核都市である浜松市の平野部よりは夜空が暗いことがわかった。

さて、今度は和歌山大学における夏季の観測結果と冬季の観測結果を比較してみると、冬季の夜空の方が若干暗いことがわかった。これは非常に興味深い結果である。なぜならば、表 2 に示すように昨年度までの双眼鏡観測では夏季の方が暗い星まで見えていたからである。

そもそも、一般的に「冬の方が星がよく見える」と言われているにも関わらず、なぜ双眼鏡観測では夏の方が暗い星まで見えるのかという疑問があった。そこで、他の地域でも双眼鏡観測において同じような結果が出ているのかということ調べるため、環境省が集計した過去の全国各地の観測データを解析した。過去の全国各地の観測データを表 3 に示す。

表 2. 2012 年度までの双眼鏡観測の結果

	最高等級	観測日
2008 年度冬季	8.0	2009 年 1 月 20 日
2009 年度夏季	8.4	2009 年 8 月 17 日
2009 年度冬季	8.6	2010 年 1 月 14 日
2010 年度夏季	8.4	2010 年 8 月 7 日
2010 年度冬季	8.0	2011 年 2 月 4 日
2011 年度夏季	-	2011 年 8 月 2 日
2011 年度冬季	8.0	2012 年 1 月 26 日
2012 年度夏季	8.4	2012 年 8 月 23 日
2012 年度冬季	8.0	2013 年 1 月 11 日

※2011 年度夏季は天候不順のため欠測

表 3. 1987 年度から 2012 年度までの全国各地の双眼鏡観測の結果

年度	地点A			地点B			地点C			地点D			地点E			地点F			地点G			
	m_s	m_w	m_s-m_w																			
1987		10.0			7.0			9.0			8.0			9.0			9.0			9.0		
1988	9.9	9.3	0.6	7.3	8.0	-0.7	9.0	8.9	0.1	9.0	8.6	0.4	9.1	9.0	0.1	9.8	8.7	1.1	9.0	7.8	1.2	
1989	11.2	11.4	-0.2	7.7	7.8	-0.1	9.0	9.1	-0.1	8.9	10.0	-1.1	11.0	9.4	1.6	6.3	8.8	-2.5	8.5	9.2	-0.7	
1990	11.7	8.0	3.7	7.7	7.9	-0.2	9.0	8.8	0.2	9.4	10.0	-0.6	9.6	8.7	0.9	10.1	8.0	2.1	8.8	7.9	0.9	
1991	10.3	9.5	0.8	6.2	7.9	-1.7	8.6	8.3	0.3	10.3	10.2	0.1	10.0	9.8	0.2	7.7	7.4	0.3	9.1	10.3	-1.2	
1992	7.7	8.9	-1.2	7.6	8.3	-0.7	6.7	8.3	-1.6	9.6	9.9	-0.3	10.3	10.0	0.3	8.5	8.7	-0.2	7.9	8.7	-0.8	
1993	8.8	9.0	-0.2	8.6	8.0	0.6	7.9	7.9	0.0	10.0	10.8	-0.8	10.3	10.2	0.1	9.2	8.9	0.3	9.0	8.4	0.6	
1994	10.6	10.3	0.3	8.4	8.5	-0.1		6.7					10.5	10.2	0.3	8.1	8.0	0.1			8.5	
1995	10.3	8.5	1.8	7.9	8.2	-0.3	7.0	6.5	0.5	10.2			10.0			8.2	8.4	-0.2	8.3			
1996	8.9	10.5	-1.6	8.8			8.4	8.1	0.3	9.9	8.9	1.0	9.6	9.6	0.0	7.0	8.1	-1.1	9.0	8.5	0.5	
1997	9.1			7.8	8.6	-0.8	6.3	8.3	-2.0	10.7	8.6	2.1	10.2	10.9	-0.7	7.5			8.9			
1998				6.1	8.3	-2.2	9.0	7.6	1.4	9.4	7.6	1.8	10.3	11.3	-1.0	7.9	8.3	-0.4				
1999				6.9	8.0	-1.1		7.7		7.0	8.7	-1.7	10.0	9.0	1.0	8.5	5.7	2.8			9.8	
2000	9.0			8.5	8.3	0.2	9.3	7.9	1.4		8.7		10.0						9.4	8.6	0.8	
2001		6.0		7.6	8.1	-0.5	7.2	8.1	-0.9	9.2	8.8	0.4		6.2				6.0		9.2	9.3	-0.1
2002	9.3	7.7	1.6	7.5	8.1	-0.6	8.5	8.0	0.5	8.9	8.6	0.3	9.3	5.5	3.8			8.8		8.7	8.6	0.1
2003	7.6	9.2	-1.6		8.3		8.6	7.9	0.7	8.8	9.2	-0.4				9.8	5.3	4.5			8.6	
2004	9.0	10.6	-1.6	8.3	7.9	0.4	4.2	5.8	-1.6		10.6		10.7				6.6		8.9	8.7	0.2	
2005	9.7	8.6	1.1	6.9	8.3	-1.4	7.5			9.1	10.6	-1.5				6.7	6.9	-0.2			9.5	
2006	10.9	7.1	3.8	6.5	8.3	-1.8	8.2	7.9	0.3	10.9	8.9	2.0	11.8	11.3	0.5	10.0						
2007	9.2	9.1	0.1	8.4	8.6	-0.2	7.2	7.2	0.0	9.4	9.9	-0.5		9.4		9.7					5.8	
2008				7.6	8.2	-0.6	6.9	9.6	-2.7	10.4	9.4	1.0				7.6			6.5	7.6	-1.1	
2009				8.4	8.1	0.3	6.1	7.9	-1.8	9.9	9.3	0.6	9.8	10.1	-0.3	9.0	7.8	1.2			10.0	
2010				8.5	8.4	0.1	8.8			10.3	10.1	0.2				6.5	9.2	-2.7			8.7	
2011				8.4						10.7	10.1	0.6				4.6					8.6	
2012				8.4	8.3	0.1		8.1		9.1	10.1	-1.0							9.0	9.2	-0.2	

m_s : 夏季の最高等級, m_w : 冬季の最高等級

夏季の最高等級を m_s 、冬季の最高等級を m_w とし、夏季の最高等級と冬季の最高等級の差(m_s-m_w)を求めた。冬よりも夏の方がより暗い星まで見られた場合は、この差の値は正となる。その結果を図 2 に示す。

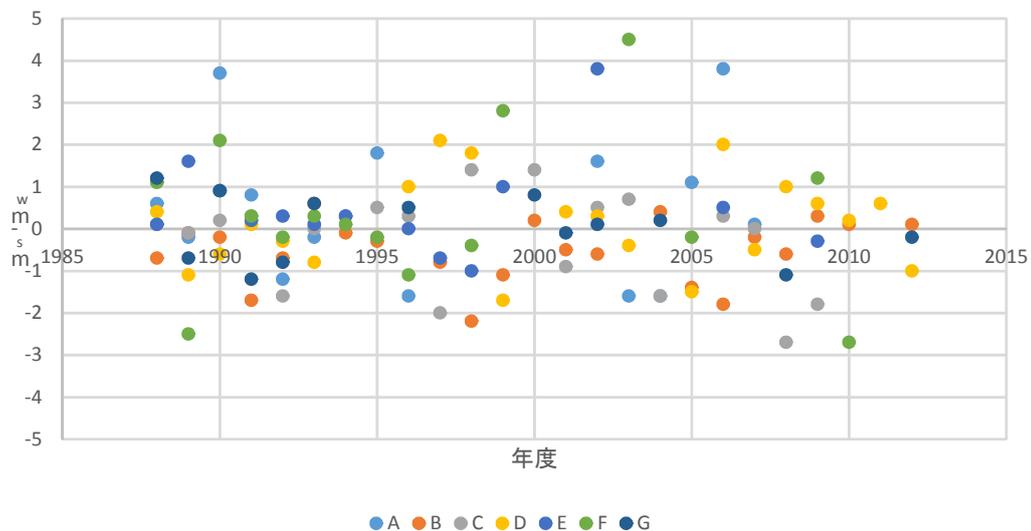


図 2. 夏季と冬季の最高等級の差

図2より、夏季の最高等級と冬季の最高等級の差に規則性は見られなかった。すなわち、夏の方がより暗い星まで見られる時があれば、反対に冬の方がより暗い星まで見られる時もあり、またそれは同じ年でも地域によって異なるということがわかった。

これにより、和歌山大学における双眼鏡観測で得られた、夏季の方が暗い星まで見えるという結果は特に不自然なものではないということがわかった。

ところで、それぞれの季節において星が見え辛くなる原因を、次のように推測した。まず、夏季に星が見え辛くなるのは、大気中に含まれる水蒸気量が多いためであると考えた。日本の太平洋側の地域では夏に湿った季節風が吹くので、大気中の水蒸気量が多くなる。そのため、水蒸気によって視界が遮られ、また街の明かりが水蒸気に反射することで夜空が明るくなって、夏季は星が見え辛くなる。一方、冬季に星が見え辛くなるのは、大気の揺らぎが大きいためであると考えた。冬になると、日本列島上空に吹く偏西風の速度が増して強いジェット気流となる上、寒気が流れ込んでくると冷たい空気と温かい空気が入り乱れる。温度の異なる空気は密度も異なるため、冷たい空気と温かい空気が入り乱れていると光は密度が異なる空気の界面で屈折する。これが原因で星が瞬いて見えるのだが、光の量が少ない暗い星の場合は、目に見えなくなってしまう。

この推測した原因を踏まえて観測結果を考察してみると、夏季は大気中の水蒸気量が多いことが主な原因となって8.4等級の星までしか見られず、冬季は大気の揺らぎが大きいために8.0等級の星までしか見られなかったということが言える。また、夏季の大気中の水蒸気量よりも冬季の大気の揺らぎの方が、暗い星の見え易さに影響を与えていることがわかった。

さて、写真観測では冬季の夜空の方が暗いという結果となり、双眼鏡観測とは反対の結果となった。この観測結果の相違の原因については、それぞれの観測方法の違いにあると考えられる。すなわち、写真観測では空で反射した光をカメラで捉えて空の明るさを求めているのに対し、双眼鏡観測ではどのくらい暗い星まで見られるかということ进行调查することで空の明るさを求めているという点にある。つまり、写真観測の結果は大気中に存在する物質と街明かりの2つのみに依存するのに対して、双眼鏡観測の結果はその2つに加えて大気の揺らぎにも依存していることが、それぞれの観測結果の違いを生じさせていると思われる。

このことを踏まえて写真観測の結果を考察してみると、大気中に存在する物質に反射した街明かりによる夜空の明るさは、夏季よりも冬季の方が暗いと言える。つまり、夜空の明るさ自体は冬季の方が暗いということが言える。

このように、和歌山大学におけるスターウォッチングの観測結果をまとめると、夜空の明るさは夏よりも冬の方が暗いが、冬は大気の揺らぎが大きいため夏よりも暗い星は見えないという結論に至った。

☆天文会独自のスターウォッチング

9月は天候不順のため観測できなかったが、それ以外の月では観測することができた。

観測期間を新月の日とその前後5日間の計11日間としたが、休日は原則として観測しないことにしたので、実質的な日数は7～9日程度である。なお、解析に使える写真が撮れるほどの良好な天気となったのは、1つの期間につき3日程度であった。

観測を当番制で行ったため、期間中各日の観測は基本的にメンバーが1人で行った。当番制で観測を行うには、メンバー全員が観測に関する全ての手順やテクニックを習得している必要がある。当初は、カメラの使い方を覚えていないメンバーなどもいたが、全員が集まった際に再度観測手順を確認するなどの対策を講じた結果、規定の方法に則って撮影された写真が得られるようになった。

なお、観測で得られたデータの解析方法については現在検討中である。

○天体写真の撮影

口径8cmの屈折望遠鏡とデジタル一眼レフカメラを用いて、月や土星、木星の写真を撮った。

特に5月は、天体写真を撮影する際に行う天体望遠鏡の解体や組み立てを通して、新入生が望遠鏡の組み立て方や操作方法などを習得した。これは天体観測の基本を学ぶ上で重要なことである。

○輪読会

6～7月と10月に実施した。

メンバー全員が天文学とは全く関係のない分野を専攻している学生なので、天文学の基礎中の基礎から学んだ。

輪読を行ったことにより、天文に関する知識を増やすことができた他、過去の天文学者がどのようにして新しい事実を発見してきたのかということを知ることによって、わからないことを解明する際の科学的手法を学ぶことができた。

○外部の天文団体との交流

紀の川市西貴志コミュニティセンターにて1~2ヶ月に1回行われる西貴志天文サークルの観望会に参加し、当サークルとの交流を深めた。また、当コミュニティセンターに設置されている口径40cmの反射望遠鏡を用いて、M3などの星団や星雲の写真を撮った。



図 3. M3 (球状星団)

○合宿

夜の天体観測では、湖畔に天体望遠鏡を設置して土星の写真を撮った他、星野写真の撮影にも取り組んだ。

4、今後の課題・展望

スターウォッチングに参加して5年が経った。しかし、現状ではまだまだデータが不十分であり、今後もこの観測を続けていくことで、考察するに十分なデータ量を得る必要がある。また、観察日の気象条件などを詳細に記録し、観測結果との因果関係を吟味できるように努めている。

この観測を継続的に行うことで、和歌山大学を取り巻く環境の変化を光害という形で捉えることができる。特に、現在、和歌山大学の北側において大規模な住宅地開発が行われているが、この開発に伴う街の明るさの変化が和歌山大学における星の見え方にもどのような影響を及ぼすのかというところに深い興味を覚える。今後も、独自の観測期間を設けながら、スターウォッチングを続けていく予定である。

また、写真撮影を通して多くの人との連携を図ったり、今後は学内で観望会を開いたりしながら、活動の範囲を広げていきたいと考えている。