

天体観測から見た日本における光害  
～星空保護区の可能性～

21213062

経済学部 4 年 30 組

鈴木智也

「今絶対に描きたいのは星空だ。  
夜は昼よりずっと色彩豊かなのだ」

by フィンセント・ファン・ゴッホ



図 ファン・ゴッホ（1888）「ローヌ川の星月夜」油絵 カンヴァス

（出所）西洋絵画美術館ホームページより

[http://www.artmuseum.jpn.org/mu\\_rounu.html](http://www.artmuseum.jpn.org/mu_rounu.html)

## 目次

第1章・はじめに	4
第2章・光害という環境問題	4
第1節 光害の認知度	4
第2節 天体観測への影響	5
第3節 動物への影響	7
第4節 植物への影響	8
第5節 人間への影響	10
第3章 光害対策の事例と方法	11
第1節 各国の光害対策	11
第2節 日本の光害対策	11
第3節 光害対策の方法	13
第4章 フィールドワーク	14
第1節 高山村の夜	14
第2節 高山村役場	16
第3節 フィールドワークのまとめ	17
第5章 先行研究	18
第1節 先行研究の概要	18
第2節 先行研究の分析結果	19
第6章 天体観測の効果	21
第1節 心身への効果	21
第7章 天体観測愛好家の経済行動と政策提言	22
第1節 アンケートによる調査	22
第2節 天体観測愛好家の経済規模の予測	26
第3節 政策提言	27
第4節 政策の検討	29
第8章 終わりに	32
付録	33
参考文献	34

## 第1章

### はじめに

私は、大学時代、天文サークルに所属し、数々の星空を見てきた。満天の星空を見るとその綺麗さに日頃の疲れも忘れることができる。ただ、同時に知ることとなったのが光害の存在である。今まで訪れたどの観測地でも光害の存在を感じた。例えば、標高2000メートル近くの長野県美ヶ原を例に挙げたい。美ヶ原は日本でも有数の天体観測スポットとしても知られ、多くの天体愛好家が訪れる。確かにその星空は非常に綺麗であるが、水平線付近の高度の低い空に星はほとんど見えない。西の空は松本市の街明かりで明るくなっているのだ。

私は、ここから光害という問題を認識し、大沼ゼミの入ゼミ課題の「興味のある環境問題について調べてくる」でも光害を扱わせていただいた。そして、卒業論文で光害について書くことを目標にこれまでゼミ活動をしてきた。本研究で、世間にはあまり深く知られていない、光害という問題について多角的に詳しくまとめるとともに、私の興味関心の最も深い、天体観測の側面から光害の防止が環境的に経済的にどれほどの意義があるかを分析していきたい。

## 第2章

### 光害という環境問題

#### 第1節

##### 光害の認知度

光害は環境省が1997年に制定した(2006年改定)、光害対策ガイドラインにおいて、「良好な光環境の形成が、人工光の不適切あるいは配慮に欠けた使用や運用、漏れ光によって阻害されている状況、又はそれによる悪影響と定義する。」と定義されている。つまり、光害とは、人工光を不適切に使用することにより生じる環境問題のことである。人工光とは、街灯や室内灯、自動車などのヘッドライトのような照明のことを指す。光害という環境問題は、天体観測を普段しない人にとっては馴染みの少ない言葉かもしれない。実際に聞いたことはあるがよく知らない人が多いだろう。では、その認知度はどの程度なのだろうか。図1-1は光害の認知度を全国の自治体や農業機関などに調査したものである。対象が自治体関係者ということだけあって、「よく知っている」「知っている」「聞いたことはある」という回答で86%に登る。一方、「知らない」が合計12%であることから、自治体では認知度自体はそれなりに高いようだ。

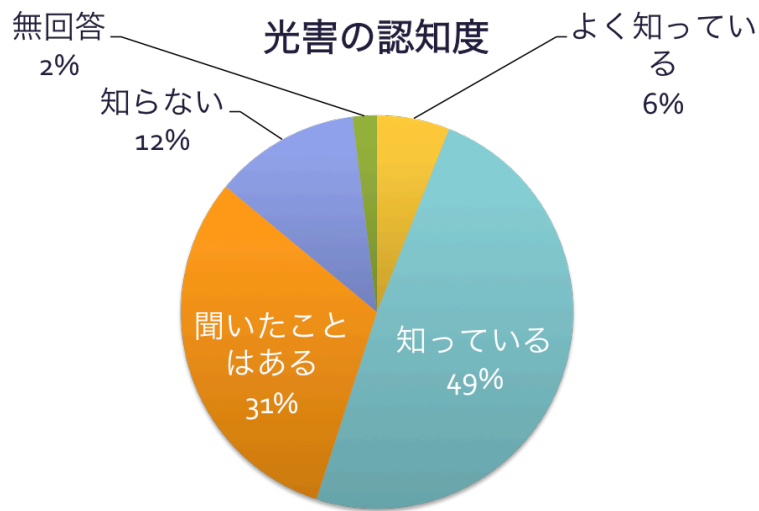


図 2-1 光害の認知度

(出所) 山本晴彦 (2013) 『農作物の光害』 p56 に基づき筆者作成

調査対象 (地方自治体 1992、農林事務所 326、農林研究機関 64・計 2382 調査者山本晴彦 2010 年

また、環境庁 (当時) が平成 6 年に実施したモニターアンケートでは、4 分の 3 の人が光害という言葉は何らかの形で認知はしている。だが、上記の図からもわかるように光害について聞いたことはあっても「よく知っている」という割合は自治体や農業機関でも 6% であることから、理解が深まっていないのが現状のようだ。確かに、私自身も天体観測をしていて光害を実感として感じる程度で、具体的に詳しくどのような問題があるのかは、今回のこの論文を執筆するにあたって詳しく調査するまでは知らなかった。では、光害には具体的にどのような問題があるのだろうか。

## 第 2 節

### 天体観測への影響

光害の環境への影響は大きく分けて、天体観測への影響、動物への影響、植物への影響、人間の活動への影響の 4 つに分かれる。以下にそれぞれの内容を詳しく見て行きたい。

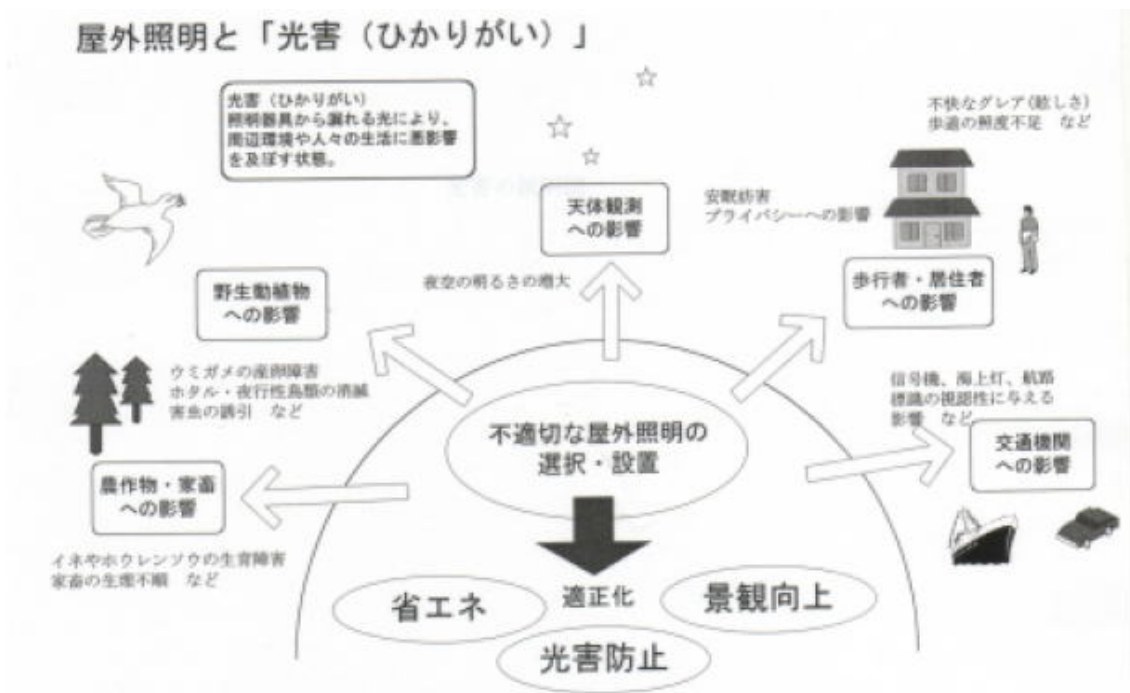


図 2-2 光害による環境への影響

(出所) 「光害防止制度に係わるガイドブック」環境省 2001年 p3 より

光害において最も、イメージしやすく、有名なものが天体観測への影響であろう。光害という言葉を知らなくても、都会は町あかりが多く、夜空に見える星は少ないというのは誰でも直感的に想像できる。ただ、天体観測における光害で頻繁に取り上げられるのは、地方や山間部における光害である。なぜなら、地方には天体観測地が多く、一般の天文愛好家が多く訪れるだけでなく、国立天文台や県立の天文台が多く立地しているため、明かりの増加が、公的な天体観測の結果に影響を及ぼしてしまう。また、天文愛好家は明るくなった観測地を手放して、より暗い観測地に代替する、天体観測の頻度を減らす、より遠くに行かなければならないなら天体観測を趣味に持つことを諦めるなどの行動も選択しうる。つまり、元々の空が暗い分、そこで天体観測をする人が多く、影響を受ける人が多いということである。天体観測における光害の仕組みは、空気中に発散された街灯などの明かりが、塵や水分などに反射されて、遠くまで届くことによって起こる。つまり、郊外の明かりが全くないような山中や山頂などでも隣接する都市や町の明かりが発散されることで光害の影響を受けるのである。図 2-3 は私が、1 章でも取り上げた美ヶ原で撮影した写真である。美ヶ原は長野県松本市、上田市、長和町にまたがる標高 2000メートルの高原であるが、麓の小諸市、佐久市方面の都市が非常に明るいことがわかる。上空にはオリオン座が輝いているが、地上に近いほど、見える星の数は光害によって少ない。





図 2-3 美ヶ原の北東方面の夜空  
筆者撮影

### 第 3 節

#### 動物への影響

動物への影響と言っても、野生動物への影響と植物への影響に大きく分かれる。

##### (1) 野生生物への影響

野生生物には、渡り鳥は北極星の位置を目印に飛ぶ方向を定めているという有名な話があるように、星を夜間の行動の頼りにするものが多い。また、昆虫などに多く見られる習性として光走性というものがある。高校生物などで紹介されることが多いが、正の光走性を持つ生物は光の方向へ自分の意思とは関係なく反射的に引き寄せられ、負の光走性を持つ生物は光の方向とは逆の方に光から逃れるような動きをするというものである。以上にあげたことが光害とどのように関係してくるのか、具体的な生物の例をあげながら次に見て行く。

まず、鳥への影響である。渡り鳥は、昼の長さや気温で渡りの時期を決定している。ところが、夜空が明るくなると、渡り鳥たちは昼の長さを勘違いし、渡りに適した時期ではないのに飛び立ってしまう。その結果、飛来した土地の環境に適応できないものもいる。また、渡り鳥ではない鳥たちの中には、前述のように、星を夜間の行動の頼りにするもの

が多い。夜空が明るくなることで、その鳥たちは星の方向を見失ったり、ビルの窓の明かりで混乱し、ビルに激突して死んでしまう鳥も多い。アメリカでは年間に10億羽もの鳥がビルと衝突してその命を落としているという研究もあるという。

続いて、昆虫への影響について述べる。前述のように、昆虫には光走性を持つものが多い。街灯がない頃、蛾などは月明かりを反射するものに集まって、その繁殖の機会を増やすメリットがあった。しかし、現代において街灯は月よりも明るく蛾などはそれに引き寄せられる。そうして、集団で引き寄せられた蛾などの昆虫は休む間も無く飛び続けて、やがて力尽きる。また、蛾などを狙って、肉食の昆虫や動物なども街灯へと集まり、街灯のある場所とない場所での生態系バランスが崩れてしまう。このように、光走性を持つ生物だけでなく、その捕食者たちにも悪影響がおこるのだ。加えて、人間も街灯に集まる大量の蛾を見て不快感を覚える人が多いだろう。

以上のように、鳥や昆虫たちは光に翻弄され、さらには全体の生態系バランスにまで悪影響が出ていることがわかった。



図2-4 街灯に引き寄せられる蛾（左）と、力尽きた蛾（右）

（出所）web ブログ 伊東・路上歩行・ハーモニカより

[http://2sc945.at.webry.info/201407/article\\_13.html](http://2sc945.at.webry.info/201407/article_13.html)

#### 第4節

##### 植物への影響

植物の生育には、日長が大きな要因を占める。これまた高校生物の範囲の話になるが、長日植物、短日植物という話だ。日本では、春から夏かけて日長が長くなり、夏から秋にかけて日長が短くなる。植物には、休眠や発芽、開花という成長の段階で日長の変化でこのような季節変化を感じている。植物は日の長さを感じる際には連続した暗期の長さの変化で日長を認識している。つまり、暗期が照明で中断されることで日の長さを正確に認識で



きなくなり、開花や生育の抑制や促進が起こる。このことは植物の成長にとって致命的である。図 2-5 は光害によって影響を受ける主な植物を表にしたものである。

植物	影響
稲	照度の増加で出穂が遅滞。光に敏感
ホウレンソウ・春菊	開花促進で商品価値の低下
タマネギ	鱗茎が肥大しないで成熟
イチゴ・セロリ	開花が起きなくなる
ニセアカシア・スズカケ	落葉の遅れ・休眠妨害
カエデ	落葉の遅れ
ツツジ	葉がなくなる

表 2-1 農作物および野生生物に対する夜間照明の影響  
 (出所) 山本晴彦 (2013) 『農作物の光害』 p21 に基づき筆者作成

上記のように、様々な植物に光害の影響があるが、特に日本で問題になっているのが、稲への光害だ。私がこの論文を執筆するにあたり、唯一発見できた、光害を主題で扱った書物であり、非常に参考にさせていただいている山本晴彦 (2013) 「農作物の光害」も稲作の光害について詳しく書かれている。稲作への光害は、賠償問題にも発展するほど経済的被害を発生させているものなので、ここで少し紹介したい。まず、稲は短日植物である。一般的に初夏から秋にかけて、日長が一定時間より短くなることで開花が促進される。ところが、その稲に照明が当たることによって、連続した暗期が得られず、出穂の遅滞や不出穂が起こることがわかっている。稲作はとくに日本において主要な農産物であり、田んぼは日本全国に広がり、道路や住宅の横にも見られる。そのため、道路沿いの稲は道路照明の影響を受けることとなる。街灯によって収穫量が減少したという事例は多々存在し、農家からの苦情によって賠償問題へと発展している。例えば、図 2-6 の記事のように広島県庄原市において、庄原市が市道沿いに設置した街灯によって稲の不作が発生し、市が計 5 農家に 14 万円補償したという事例がある。このほかにも、街灯設置自治体が農家に補償を支払う事例は見られる。



図 2-5 庄原市の賠償事例の記事  
 中国新聞 2010年1月20日  
 (出所) 山本晴彦 (2013) 『農作物の光害』

### 第 5 節

#### 人間への影響

最後に、人間の生活への影響である。例えば、夜道を歩いている街灯があれば歩くのに安心するだろう。ただ、その街灯が不適切な設置をされている場合、歩行者に不快なグレアを与える可能性がある。グレアとは、照明用語で不快感を与えたり、物の見え方を阻害したりするような眩しさのことである。車を運転する人は対向車のヘッドライトが眩しく一時的に視界が見えにくくなる経験をしたことがあると思うが、それも交通における光害の 1 つといえよう。他にも、家の隣に街灯があった場合、その光が部屋に差し込むことでプライバシーに悪影響があったり、就寝の際の不快感にもつながる。人間への直接の影響ではないが、家畜も動物なので当然に光害の影響を受ける。家畜の生産機能の低下や、異常行動も知られている。

本章で見てきたように、光害は様々な悪影響を発生させることがわかった。ただ、照明は人間生活を豊かにするものである。街灯があることによって、夜間の車の運転も安心してできるし、夜間の帰宅に街灯のない真っ暗な道を歩いて帰る必要はない。ここで強調したいのは、繰り返しになるが、照明を使うことそれ自体が悪いことではない。この章で紹

介した問題は不適切、過剰である照明の使用が引き起こしているのである。

### 第3章

#### 光害対策の方法と事例

##### 第1節 各国の光害対策

第2章で述べた光害自体の環境的な問題と、照明の過剰な利用はエネルギー浪費の問題にもつながることから、近年光害対策が各国で進んでいる。日本より海外の方が対策は進んでおり、特にアメリカやイタリアでは光害防止条例が盛んである。ヨーロッパでは特にイタリアとギリシャで対策が進んでおり、イタリアでは国の法律として光害対策が審議されており、首都ローマを含む地域や、イタリア最大の都市ローマがある地域でも光害条例が成立している。アメリカでも100以上の市町村や多くの州で光害防止条例が制定されている。目的は省エネルギーや天体観測の保護が多いようだ。

また、誰もが知る大都市のフランスの首都パリでは、2013年から店舗の所有者に、午前1時から7時の間は看板や建物のライトアップを消すように義務付けられた。照明を消さなかった事業者には750ユーロ（10万円）の罰金が科せられるということで、かなり厳しい内容となっている。さらには繰り返すと、電気を止められる可能性もあるそうだ。ただ、観光名所のシャンゼリゼ通り、エッフェル塔のライトアップやクリスマスイルミネーションは対象外となるため、観光への影響は少ないと言える。この条例が成功しているかどうかは調べ切れていないが、これほど厳しい罰則を大都市パリで制定したという前例は今後の各国の光害対策にとって重要なインパクトとなるだろう。

また、政府としての光害対策ではないが、民間での対策も進んでいる。例えば、国際照明委員会や国際天文学連盟は光害防止の様々な研究を行っている。さらには、民間のNPO法人国際ダークスカイ協会（IDA）は光害防止に関わる様々な宣伝活動を行っており、2013年には、国際ダークスカイ協会東京支部も誕生し、日本国内で様々なシンポジウムなど発信活動で光害の認知度向上に活躍している。

##### 第2節 日本の光害対策

岡山県の美星町はその町の名と、流星伝説から星の郷づくりを進めてきた。そして美星天文台の設立に際し、全国に先駆けて、その町の名に象徴される美しい星空を誇りとして守るため、1989年に『美しい星空を守る美星町光害防止条例』を制定した。その条例は天文ファンの間で有名で、多くの天文ファンが美星町を訪れている。また、群馬県高山村でも、群馬県立ぐんま天文台の設立に際して、1998年に『高山村の美しい星空を守

る光環境条例』が制定されている。高山村の事例に関しては、第4章で詳しく述べる。以上の条例を図3-1にまとめた。どちらも天文台の設立に際して条例が制定され、照明の改善に必要な費用については補助がある。美星町に関しては自然の明るさの1割以内という目標数値が存在する。だが、2つの自治体とも罰則は従わない場合の改善命令と氏名と実情の公表に止まっている。ただ、2つの自治体ともに、星で地域おこしを目指す理念に賛同が得やすく、大都市ではないため条例は成功しているようだ。そして、国の側でも1998年に環境庁（当時）が『光害対策ガイドライン』を制定している。ガイドラインの中で、光害を定義し、あらゆる光害に関して紹介し、光害条例策定の手順などを紹介している。また、このガイドラインに加えて、2000年に『地域照明環境計画策定マニュアル』を作成し、光害防止のための対策方法を示している。これらはいくまでガイドラインであるため認知度の低い光害の紹介と、光環境を適正にするための方法の自治体への紹介というのがメインになっている。光害対策ガイドラインは2006年に改正されたが、基本は当初のものと変わっていない。光害対策ガイドラインの制定後、幾つかの自治体において、光害の対策を中に盛り込んだ条例が制定されている。例えば、2004年に制定された静岡県の浜松市の『音・かおり・光環境創造条例』など各地の条例に光環境に配慮することが盛り込まれている。ただ、どの条例でも、先駆けとなった美星町と高山村の2つの条例のように協力要請にとどまり、罰則はない。

	岡山県美星町	群馬県高山村
背景	国立天文台の存在・美星天文台の設立	群馬天文台の設立
目的	天体観測に適した環境づくり	夜空の明るさを後世に残す。
数値目標	明るさの増加の程度が自然状態の明るさの1割を越えない	なし
罰則	改善命令。従わない場合、氏名と実情の公表	改善命令。従わない場合、氏名と実情の公表
支援	改善経費の補助	改善経費の補助

表3-1 光害条例の比較

（出所） 環境省（2006）「光害対策ガイドライン」に基づき筆者作成

### 第3節 光害対策の方法

まず、光害の定義は「良好な光環境の形成が、人工光の不適切あるいは配慮に欠けた使用や運用、漏れ光によって阻害されている状況、又はそれによる悪影響と定義する。」とあった。つまり光害の防止には「人工光を適切に配慮した使用をし、漏れ光をなくすこと」が必要といえる。街灯に関して、水平方向より上方向への光は夜空へ拡散され、遠くまで届いてしまうため、まずはそれを防ぐ必要がある。水平方向より上の光をなくすには、手っ取り早く、街灯にカバーをかけてしまえば良い。そうすれば上への光は防がれ、本来必要な街灯の下へのみ光を当てることができる。ただ、それだけでは第2章で述べた道路沿いの街灯下の田畑への光は防ぐことはできない。そのような箇所の街灯については、図3-2のように田畑の方には遮光板を設置し、道路方向へのみ光が届くようにすれば良い。また、昆虫に対する対策には、誘虫率が低く明るさも抑えられる、低圧ナトリウムランプを使用することで、ある程度防ぐことができる。以上は、街灯に関する例だが、他に行われる必要のある光害対策として、夜空へ向けたパチンコ店などの宣伝用のサーチライトの禁止や、自動販売機や事業所などの深夜の減灯などである。また、一般家庭でもできるのは、カーテンを閉めて漏れ光を防ぐ、電気をこまめに消すなどの簡単な対策である。以上にあげたのは、光害対策の代表的な事例だが、環境省（2000）『地域照明環境計画策定マニュアル』にはそれぞれの実情に合わせたかなり詳細な方法を示している。

漏れ光が抑制されることを目標にただけでも、日本では夜間の屋外照明に使われる電力の約18%、年間の国内消費電力の約0.2%が削減できると環境省は試算している。これは年間20万トンの二酸化炭素削減にもつながる。これは、漏れ光だけの資産であるので、全ての光が適正に使用されることによる効果は計り知れない。だが、このような効果は自治体などにとって実感しにくく、対策を義務付ける国の法律もないため、対策がなかなか進まないのが現状である。

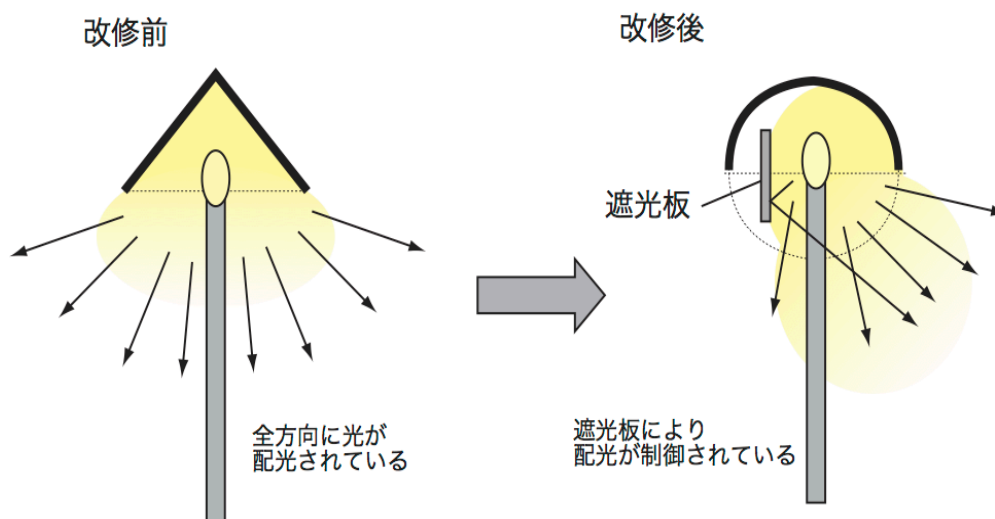


図3-1 田圃に配慮した照明対策  
 (出所) 環境省(2000)『地域照明環境計画策定マニュアル』

## 第4章

### フィールドワーク

#### 第1節 高山村の夜

私は、光害を研究するにあたって、その対策の現場を見る必要と、光害対策をしているところで星を見てみたいというところから、群馬県の高山村を訪れた。訪問日は2015年10月25日及び26日である。高山村は群馬県北部に位置する、人口3802人(2015年10月1日時点)の村である。図4-1は高山村の全景であるが、図の左のほうは村の中心部で少し離れた右端の方にぐんま天文台がある。図を見ると村の中心部には建物が多いが、以下に述べるように光害はほとんど気にならない。





図 4-1 高山村の全景  
筆者撮影

高山村の光環境条例はぐんま天文台を群馬県内のどこに建設するか議論が起こり、その誘致のために制定したそうだ。まず、私は25日の20時頃にぐんま天文台を訪れた。高山村内を夜間に自動車で運転しているとわかるのが、街灯の少なさだ。人口3802人という小さい村とはいえ、他の同規模の村を天体観測で訪れた時と比べて明らかに街灯が少ない。そのかわりに道路には反射板が多く貼られているように感じた。さらには、街灯の形にも特徴があり、すべての街灯は上空に光が漏れないように上部に傘が付いている。また、10時以降極力消灯と条例で定められているため、もともと民家の数はそれほど多くはないが、民家は消灯されていたり、電気が付いていてもカーテンが閉められていたり住民も村に協力しているようだ。村には1件コンビニがありその明かりは少し気になった。だが村内を車で運転していて、市街地でも暗く、光害対策の効果を実感できた。そして、ぐんま天文台を訪れたのだが、そこでも天文台の街灯は駐車場では目に優しい、オレンジ色の明かりであり、駐車場から天文台への道は足元だけを照らせるような最低限の大きさの背の低い街灯が設置されており、感心した。



図 4-2 天文台の駐車場の街灯

筆者撮影

もちろん、ぐんま天文台からの星空は非常に綺麗で、そこまでの山奥でないのにもかかわらず、あのような綺麗な星空が拝めるのは光害対策を実施している高山村ならではの感でした。実際に、天文台の観測員の方にお話を聞いてみると、「村全体が光害対策をしてくれているので、観測条件としては非常に良い。」とおっしゃっていた。高山村の夜からは、村全体の光害対策の成果が見受けられた。もちろん、光を全く使っていないというわけではない。何度か述べているように、過剰な光の使用を抑制しているのである。

## 第 2 節

### 高山村役場

高山村役場には 26 日に訪れた。村役場では、光害対策を担当している地域振興課の都築喜久雄さんにお話を伺った。都築さんのお話によると、高山村では前述のようにぐんま天文台の誘致のために光環境条例を制定したという。だが、光害防止を強制するものではないので、住民の方からの反対は多くなかったそうだ。さらにもともと高山村は光害の多い地域ではなく、条例の高山の星空を未来に残そうという理念から住民の方からの理解を得やすかったという。条例には、条例を守らない企業などに改善命令を出すこととなっているが、村内で命令を出したことはなく、隣の中之条町のパチンコ店のサーチラートが明るいことから、その企業に中条町に協力してもらい、改善をしてもらったそうだ。また、条例では照明の改善に必要な費用を改善するために必要な費用に対し補助金を出すことに

なっており、毎年予算もつけているが、申請は全くないとのことだった。以上のことから、高山村では住民や企業の理解を得ることができ、条例は成功していると言える。さらに、高山村が条例を出すことで誘致に成功したぐんま天文台と条例があることから、高山村を訪れる天文ファンはリピーターが多いという。流星群の時には、高山村の道の駅やロックハート城という観光施設がぐんま天文台に出張し、アップルパイや豚汁などの販売を行い、天体観測に訪れた天文ファンを厚くもてなす。このような村ぐるみの天文での村起こしが天文ファンの心を打ち、8月のペルセウス座流星群や12月のふたご座流星群時にはぐんま天文台には2000～3000人も人が集まるそうだ。参考までに、流星群時に他の有名な観測地を訪れても、個人的な感覚だが、多くても100人～200人前後というほどなので、高山を訪れる人数は驚異的だ。



図4-3 高山村役場

筆者撮影

### 第3節

#### フィールドワークのまとめ

今回、高山村でのフィールドワークで感じたことは、光害対策は罰則がないこともあるだろうが、住民の理解を得やすく、無理なく行われているということだ。さらに、光環境条例があり、村人も星での村興しに協力していることから、天体観測に訪れる人は多い。その結果が流星群時の天文台を訪れる人数にも表れているだろう。昨年、ぐんま天文台の来場者は60万人に到達したと伺った。完成から16年で60万人ということは概算で、年間営業日数300日×16年＝4800日で60万人ということだ。つまり1日あたり

平均130人もの来場者があることになる。車でしか来られないような小さな村の天文台に1日130人も訪れるというのはおそらくなかなかの数字だろう。また、天体観測に適した8月には月間5000人が訪れるという。つまり、光環境条例は、光害の防止だけではなく、星での村興しに非常に大きな役割を發揮していると言える。実際に私は高山村を訪れて、星が見えるように工夫された街灯や天文台には珍しく夜間に営業しており、口径150cmの大きな望遠鏡を観測員の方が操作してくださって、星を解説してくださる暖かい高山村の星に対する想いに触れて、また高山村を訪れたいと感じた。このように、光害防止の条例を制定することは、星での町興しをしようという村にとって大きな後押しになるのではないかと感じた。天文ファンにとっては、光害の防止条例を制定しているというだけで1度は訪れたいと思うだろう。さらには、そのような場所で星に関して力を入れていけば、必ずまた訪れたいと思うだろう。

## 第5章

### 先行研究

本章では、光害対策の経済的評価を扱った研究として、村松陸雄ほか（2001）「光害（ひかりがい）に関する経済的価値—CVMによる評価—」照明学会誌第85巻第2号を紹介する。

### 第1節

#### 先行研究の概要

本研究は、光害を仮想評価法（CVM）に基づく方法により光害の経済的な価値を推定することで、ほかの環境問題と比較可能にすることを主な目的としている。方法としては、質問紙法により行い、質問紙は、（1）CVMに関する項目（2）一般的な環境意識を問う項目（3）日常的環境配慮的行動問う項目（4）被験者の基本的属性（年齢、性別など）を問う項目から構成される。（1）のCVMに関して、光害を代表的な8つの影響（天文観測への影響、エネルギーの無駄、野生動植物・生態系への影響、農作物・家畜への影響、景観の悪化、居住者への影響、歩行者への影響、交通機関への影響）に分類している。対象は、（2）～（4）の環境意識の項目はここでは省略させていただく。対象は大都市部の在住者（首都圏、大阪圏）を対象に質問紙の配布をし、後日、郵送法により回収した。有効被験者数は、209名（男性106名、女性：103名）である。被験者の年齢構成は、10歳代：10名、20歳代：96名、30歳代：59名、40歳代：10名、50歳代：17名、60歳代：14名、70歳代以上：3名である。まず、図5-1のような質問を提示する。その回答次第で、図5-2のように提示額を変化させ、回答者の最終的な評価

額を決定する。

「天体観測への影響」

近年、都市部の光が大気中の水分や塵などで拡散され、夜空が明るくなることで、天体観測に悪影響を及ぼしています。

このような現状を改善するための政策を実施すると、あなたの家計にかかる税金が年間 T 円だけ上昇するとします。あなたはこの政策に賛成ですか。それとも反対ですか。この政策によってあなたが普段購入している商品などに使える金額が減ることを十分念頭に置いてお答えください。

賛成

反対

・「賛成」と答えた方は、年間 TU 円だけ上昇とした場合、あなたはこの政策に賛成ですかそれとも反対ですか。

賛成

反対（それほど高く払いたくない）

・「反対」と答えた方は、年間 TL 円だけ上昇とした場合、あなたはこの政策に賛成ですか。それとも反対ですか。

賛成

反対（それほど高く払いたくない）

税金で払う必要はない

注) T : 最初の提示額

TU: 賛成と答えたときの提示額

TL: 反対と答えたときの提示額

図 5 - 1 質問文の例（天体観測の場合）

(出所) 村松陸雄ほか(2001)「光害(ひかりがい)に関する経済的価値-CVMによる評価」照明学会誌第85巻第2号 図1に基づき筆者作成

(円)

NO	T	TU	TL
1	300	500	100
2	500	800	300
3	800	1000	500
4	1000	2000	800
5	2000	3000	1000
6	3000	5000	2000
7	5000	8000	3000
8	8000	10000	5000
9	10000	15000	8000
10	15000	20000	10000

注) T: 最初の提示額

TU: 賛成と答えたときの提示額

TL: 反対と答えたときの提示額

表 5-1 提示額

(出所) 村松陸雄ほか(2001)「光害(ひかりがい)に関する経済的価値-CVMによる評価」照明学会誌第85巻第2号 表1に基づき筆者作成

## 第2節

### 先行研究の分析結果

CVMの分析結果より、最も評価が高いのは、農作物・家畜への影響(7671円)であった。以下、高い順に、野生動植物・生態系への影響(7501円)、交通機関への影響(6589円)、エネルギーの無駄(6505円)、歩行者への影響(6373円)、天文観測への影響(5642円)、居住者への影響(5524円)となり、景観の悪化(5197円)が最も評価が低かった。また、支払いを拒否した人の割合は、天体観測に関しては30%が支払いを拒否しているという結果となった。

CVMを用いた既往研究による他の環境問題に対する支払評価額(例えば、屋久島の価値に対する一人あたりの平均支払評価額が3441円~5655円、藤前干潟の価値に対する全国世帯の平均支払い意志額が6555円など)との比較をした結果、質問形式・支払形式・サンプル等が異なるため単純に比較はできないが、光害の価値は相対的に低くないという結果になった。

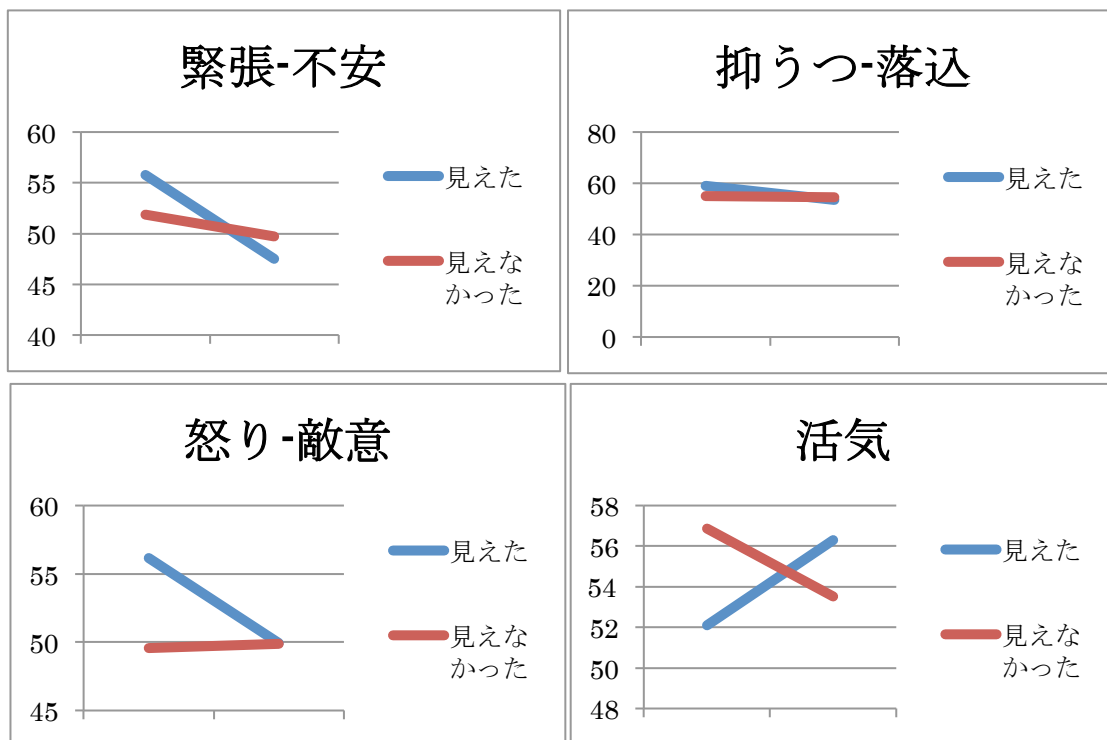


## 第6章 天体観測の効果

### 第1節 心身への効果

星を見ることには様々な効果がある。光害が減少し、星のきれいな夜空が増えることでどのような良いことがあるのか、この章で述べたい。

星を見ることの意義は、水野孝雄・杉山健（1993）「天体観望会とは」で①不思議さに驚くこと②美しさ、四季の変化、周りの風景との組み合わせの妙は芸術作品以上かもしれないこと③何千、何万光年も離れたところから発せられた光を直接感じる④人類の起源や存在理由に思いをはせることとされている。また、尾崎勝彦・高山範理（2014）「星空観察が気分状態に及ぼす影響」では実際に星空観察会に参加した人の情動の変化がどのようになるかを研究し、図6-1のような結果を導いた。この結果から、星を見ることで、抑うつ、怒り、疲労、混乱といった負の感情は大きく減退することがわかった。一方、活気は大きく上昇することがわかった。また近年、スマホ老眼、PC老眼などがよく言われるが、星を見ることは遠くに焦点を合わせることになるので、つかれがちな現代人の目には特に癒しの効果が大きいだろう。さらには、星という身近な科学から宇宙に想いを馳せて、科学に興味を持つという、教育効果も星には期待されている。



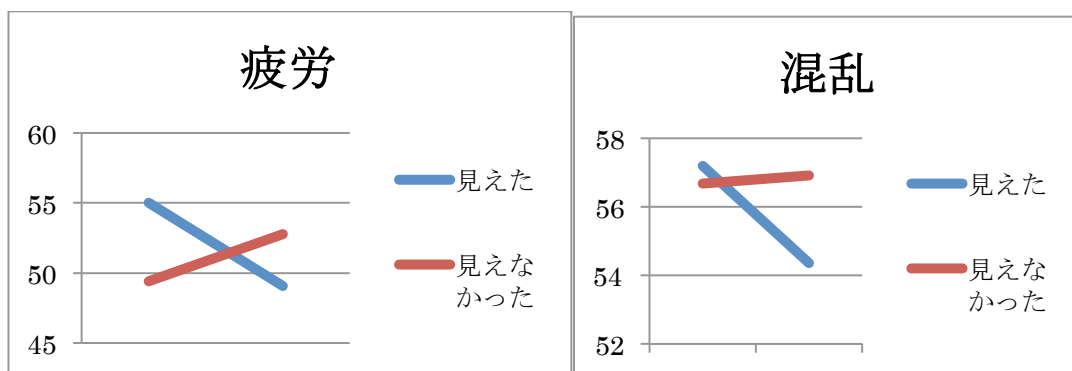


図 6-1 天体観察の効果

尾崎勝彦・高山範理（2014）「星空観察が気分状態に及ぼす影響」人間・環境学会 第 21 回大会発表論文要旨 図 1 に基づき筆者作成

## 第 7 章

### 天体観測愛好家の経済行動と政策提言

第 5 章及び 6 章で、天体観測における光害の金額で換算した価値と天体観測のお金には直しにくい効果の研究を見てきた。これらからは、光害を人々がどのように評価しているかはわかり、星を見ることは人々にとって効果のあることだということが非常によくわかった。私はこれらの研究を踏まえて、天体観望という一連の産業がどれほどの経済規模を持ち、天文ファンや潜在的天文ファンは光害がなくなることによってどれほどの経済効果を発揮するかという点から予測を行いたい。

## 第 1 節

### アンケートによる調査

私は、慶応義塾大学などの大学の天文サークルの学生及び OB、OG の方々にアンケートを行い、まずは天文ファンといわれる人々がそれほどの天文に関する消費を行っているのか調べた。アンケートの調査期間は 2015 年 12 月 22 日～12 月 29 日の 1 週間で行い、web アンケートの方式で行った。サンプル数は 78 である。質問項目は以下の通りである。①年齢②性別③天文ファン歴④年収⑤年間消費額⑥天体観測機材の年間購入額⑦所持している天体観測機材⑧天体観測に年間に訪れる回数⑨年間に天体観測に使用する金額（旅費など）⑩もっともよく訪れる観測地⑪観測地を選ぶ理由⑫光害を感じるか⑬光害対策条例を知っているか⑭高山村や美星町を訪れたことがあるか⑮光害対策をしている自治体に天体観測に訪れたいかの 15 項目である。アンケートの結果をいかにすべてグラフや図で示すこととする。

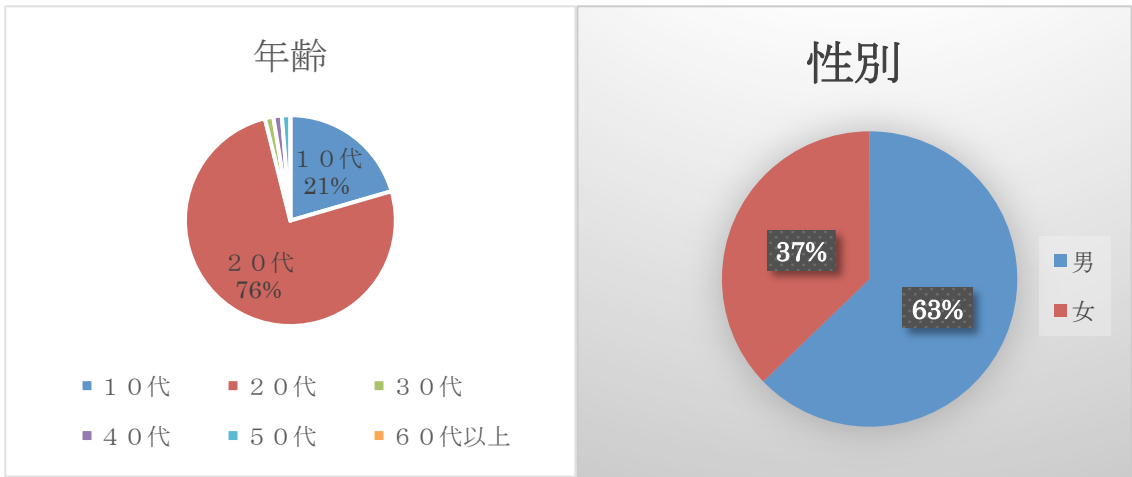


図7-1 年齢

図7-2 性別

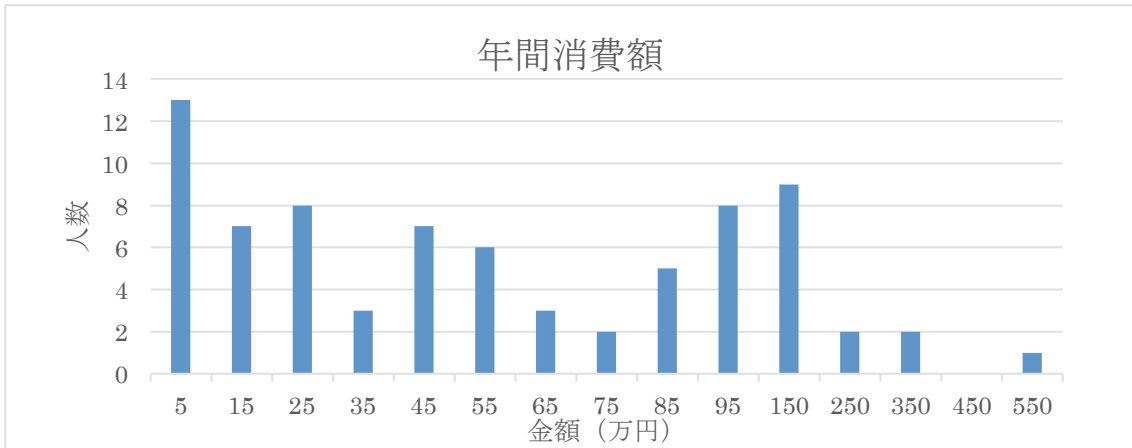


図7-3 年間消費額

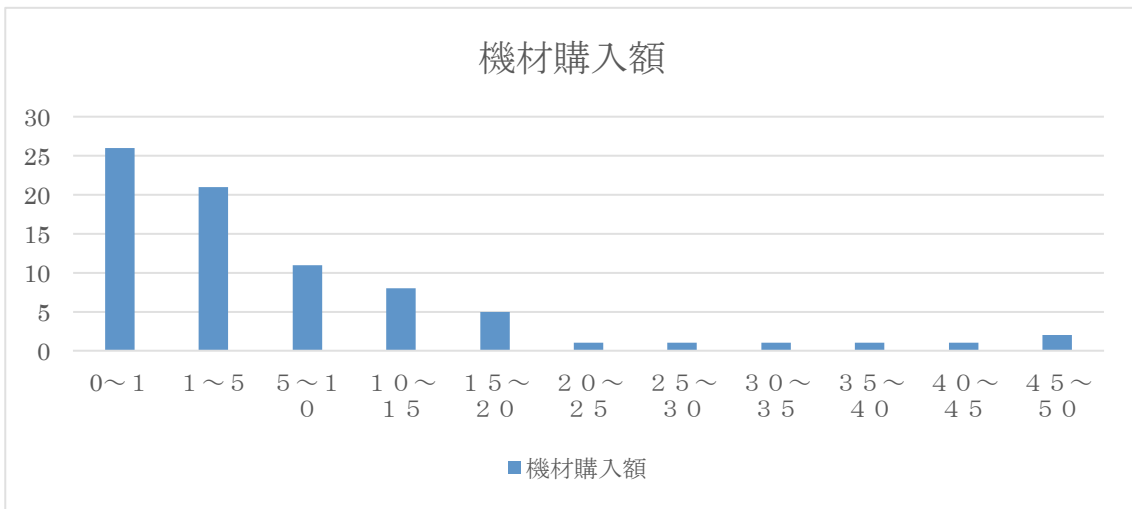


図7-4 機材購入額

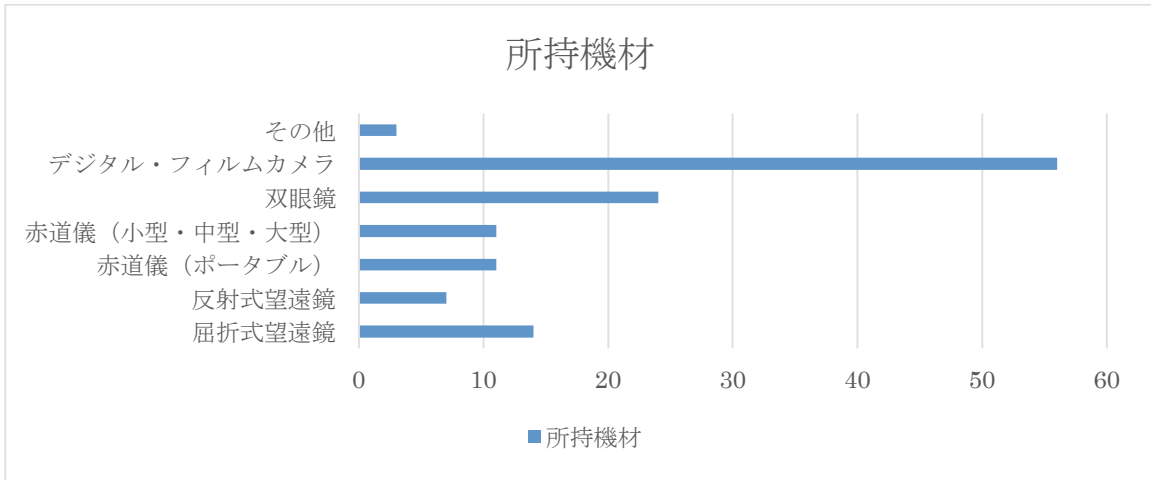


図 7 - 5 所持機材

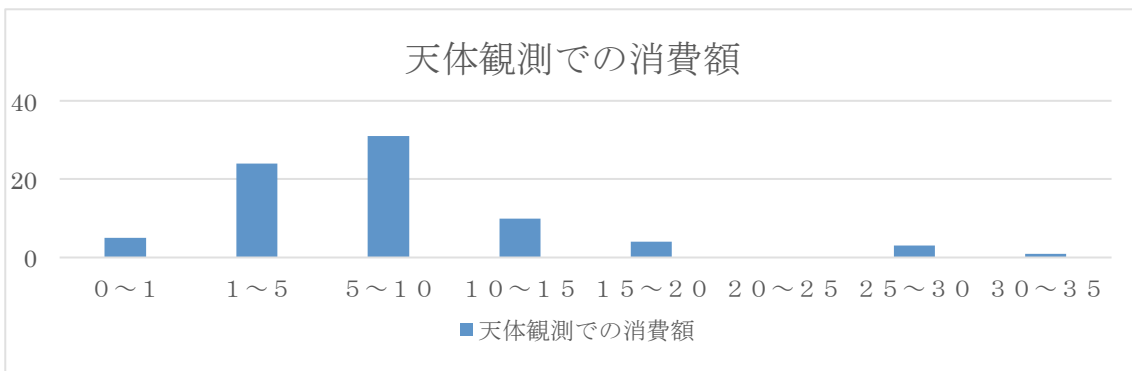


図 7 - 6 天体観測での消費額

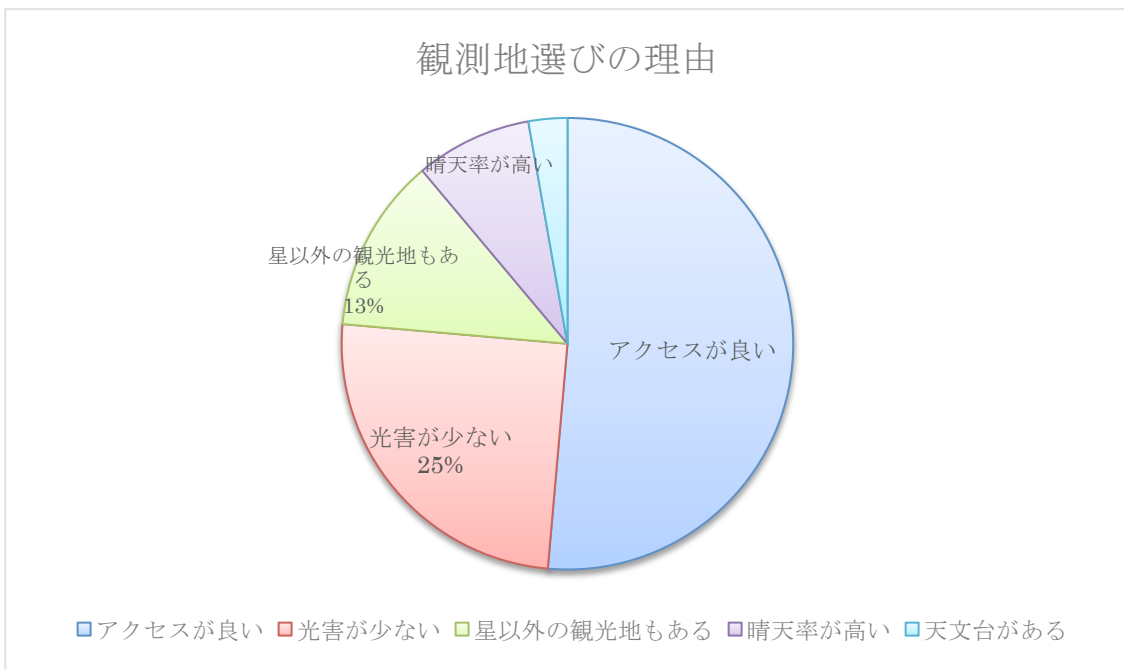


図 7-7 観測地選びの理由

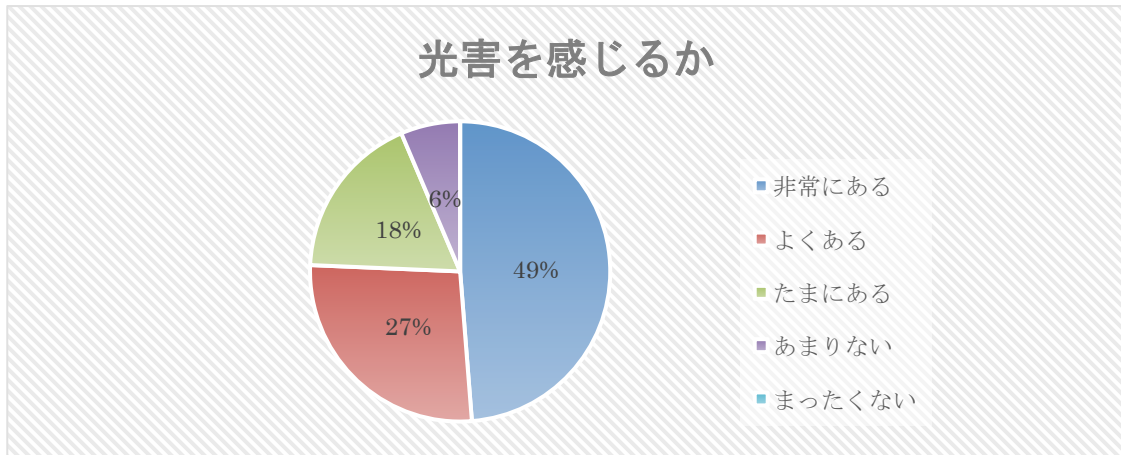


図 7-8 光害を感じる度合い

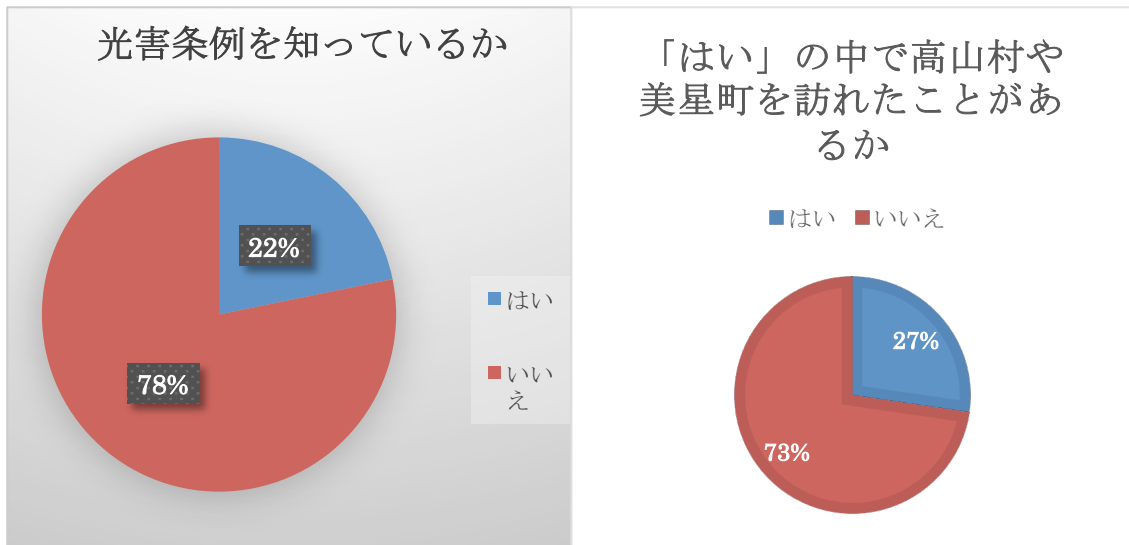


図 7-9 光害条例の認知度

図 7-10 光害条例自治体への訪問の有無

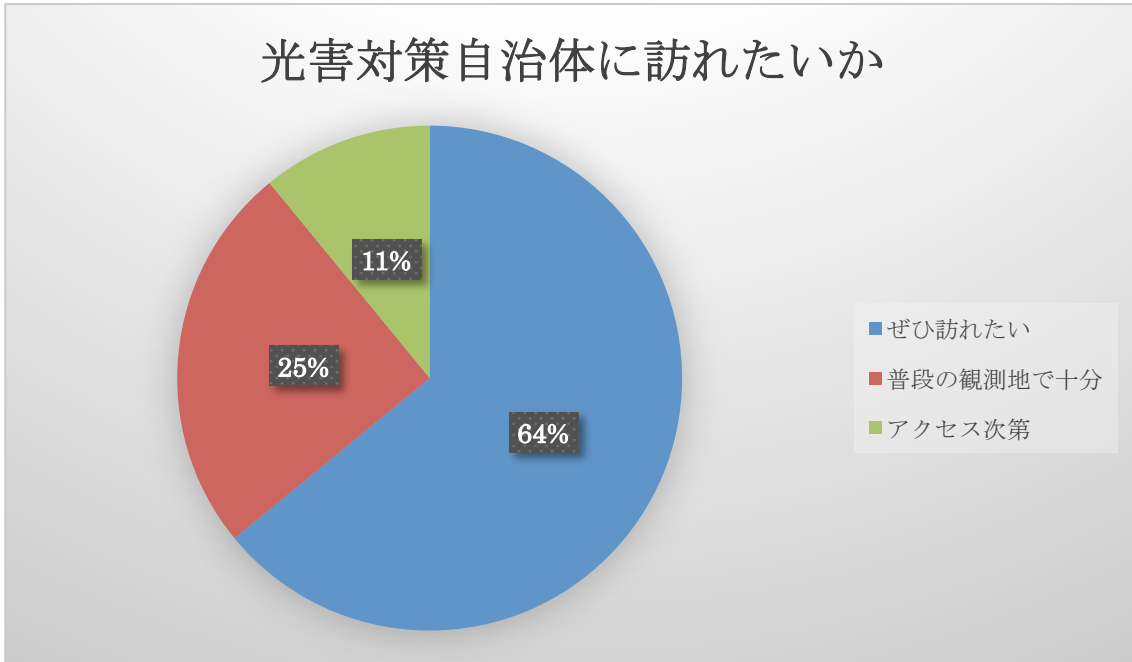


図 7-11 光害対策自治体の魅力

#### 第 2 節 天体観測愛好家の経済規模の予測

本調査の対象者は学生が多かったため、サンプルに偏りがあるのは課題であることはまず述べておかなければならない。対象者の平均年収は 98.2 万円であった。平均消費額は 73.7 万円であり、平均消費性向は  $73.7 \div 98.2 \times 100 = 74.5\%$  となった。総務省統計局による家計調査によると近年の日本の平均消費性向は年によって異なるが、80%弱であるので、本調査の結果はやや低いものとなった。また、年間に観測機材に使用する金額は平均 7.85 万円、天体観測の際に使用する金額については 7.75 万円とほぼ同じ結果となった。また、天体観測へ赴く平均回数は 7.45 回であった。つまり天体観測へ赴く際の 1 回の平均消費額は  $7.75 \text{万円} \div 7.45 = 1.04 \text{万円}$  であった。実際に天体観測に行き、交通費や食費など、観測に赴くのに使用する範囲は人によって大きくは変わらないはずなので、使用する金額は所得によらず、1 回ごとの使用金額はこの程度の人が多いといえる。また機材の使用金額から、 $7.75 + 7.85 = 16.6$  から機材と観測に合わせて 16.6 万円使用していると考えられる。ここから調査対象の平均年収 98.2 万円を用いて、天体観測愛好家の天文関連の平均消費性向は 16.9% であるという結果が本調査では得られた。これを日本全国に当てはめる。国税庁の平成 26 年度民間給与実態統計調査による日本の平均所得は 415 万円である。このことから、天体観測愛好家の天文に関する年間の一人あたり消費額は  $415 \text{万円} \times 0.169 = 70.135 \text{万円}$  と考えられる。ただ、本調査による天体関連への所得性向は独身者が多いことから、16.



9%と高く、平均年収の家庭で所得の16.9%の金額を天体観測に使えるとは考え難い。そこで、より現実に近い場合を想定して、天体観測の効果の範囲を予測して行きたい。総務省統計局（2009）「全国消費実態調査」によれば収入における教養娯楽費の割合は夫婦2人家庭の場合9.0%とされる。このことから、教養娯楽の全てを天文関連に消費した場合、 $415\text{万円} \times 0.09 = 37.35\text{万円}$ となる。

ここから天体観測の経済効果を考えたい。例えば、国内の天文雑誌の中で、最も歴史があり、発行部数が最も多い天文ガイドの発行数は月間8万部である。売り上げ部数ではないので単純には言えないが、天体観測愛好家は最低8万人いると仮定する。すると、 $37.35\text{万円} \times 8\text{万人} = 298\text{億}8000\text{万円}$ の経済規模があることが考えられる。あくまで、この結果は、全ての天文ファンが平均年収の家庭で、教養娯楽費の全てを天文関連に消費しているという想定のもとでの推測である。教養娯楽費のどの程度の割合を天文関連に使用しているかで298億8000万円という結果から幅を持って推測ができるであろう。

以上のことから、私が述べたいことは、光害対策を行い、星の綺麗な夜空を保ち、改善していくことは約300億円の消費を保ち、さらなる経済効果を期待できるということである。例えば、今回の調査で導いた1回あたりの観測費用1.04万円を用い、光害の改善で天体観測愛好家の全員が1回ずつ天体観測に赴く機会が増えるとする、 $1.04 \times 8\text{万} = 8\text{億円}$ の経済効果が見込める。さらには、今まで天体観測に行かなかった人々が、光害の改善で星を少しでも見に行く機会を持つようになれば、その経済効果は果てしないだろう。今回導いた数値はあくまで1例ではあるが、ここで求めた天体観測愛好家の経済規模は約300億円というものは実際とは大きく乖離してはいないだろう。例えば、近年話題のハロウィンの経済規模が1200億円、バレンタインデーの経済規模は1080億円であることから、そこまでは及ばないが、天文市場の大きさも侮れないだろう。実際の経済規模は天体観測愛好家の実人数を求める必要がある。実人数は、8万人よりは多いだろうと私は予測している。

### 第3節 政策提言

アンケートの結果から、天体観測を趣味としている人でも、光害条例の認知度は22%と低いことがわかった。普段天体観測をしない人では認知度はさらに低いだろう。また、光害条例を知っている人でも条例の発令自治体に行ったことがある人は27%と低かった。つまり、光害対策自治体を訪れた人は、本アンケートでは、 $100 \times 0.22 \times 0.27 = 5.94\%$ のみだと言うことができる。このことから、光害対策自治体が十分に得をするシステムが作られていないことがわかった。ここから、私は、光害対策自治体の経済的利益の保護、光害の認知度上昇、光害条例の広がりを目的として、環境省主導による「星空保

護区の設置」を政策として提言する。

私の考える「星空保護区」の要件は①光害対策の条例を出している②夜空の明かりを一定以内に抑えていることとする。この要件の2つを満たす自治体または地域を「星空保護区」として指定する。つまり、光害対策に力を入れている自治体に国からお墨付きを与えるブランド認証のようなものだ。あくまで指定するだけだが、環境省の発信力によりメディアで大きく取り上げられるはずだ。この政策の一番のメリットは光害条例の認知度が上昇することだ。今までは、1自治体の条例であり、その地域から離れたところに住む人にはその条例の認知が及ばなかった。だが、国の指定で、メディアで取り上げられれば、全国の人に知れ渡り、光害対策自治体の認知度上昇へと繋がる。また、元々対策をしていて夜空が暗い地域にしっかりと利益が及びやすく、今までの自治体の努力も無駄にはならない。私のアンケート結果の図7-10によれば、光害対策をしている自治体を訪れたいという人は64%と、対策を認知していれば訪れたいと考える人が多いと言えよう。さらには、光害対策条例設置自治体というだけではなく、「星空保護区」というブランド認証で、天体観測愛好家なら一度は訪れたいと考えるはずだ。これで天体観測に訪れる人数が増えれば、地域活性化へとつながる。「星空保護区」による町おこしに成功する自治体が現れれば、それに続こうとする自治体も現れるだろう。そして、すでに星による町おこしを行っている自治体でも、認証を得られるとなれば、条例制定など一層の対策に乗り出すはずだ。さらには、天体観測者にとってもメリットがある。天体観測愛好家は、新しい観測地を探す際に、実際にその場所を訪れてみないとわからない点が多い。実際に訪れてみて、思ったより空が明るかったなどはよくあることである。そこで、天体観測愛好家はそれぞれお気に入りの観測地を持ち、観測地の開拓を避ける傾向にあるのが私の実感だ。ところが、この政策では夜空の明かりを一定に抑えていることが条件であるから、夜空の暗さは保証され、天体観測愛好家も安心して、観測に向かうことができ、新規の観測地を見つけられる。ただ、この政策にもデメリットはある。元々空が非常に暗い地域では、光害対策条例を出すまでもなく夜空の明るさが抑えられているため、対策に力を入れた自治体からは不公平感が感じられるのではないかという問題がある。また、1自治体で対策に力を入れても、隣接する自治体が大きな都市などだと、夜空の明かりを抑えるのが難しいという問題もある。この問題は、夜空の明かりを一定内に抑えることという条件の「一定」の部分を変化させて、ランク付けをすれば多少は改善できるはずだ。一方、温泉や世界遺産など大きな集客力のある観光地にとっては、星によるさらなる町興しは、あまり大きなインセンティブにならない可能性がある。以上のことを踏まえて、高山村で政策を導入した場合の「星空保護区」の例を図7-12に挙げた。

保護区の名称	ぐんま高山星空保護区
対象自治体	群馬県高山村
対象地域	高山村全域
対象条例	高山村の美しい星空を守る光環境条例
保護区レベル	A
夜空の明るさ	自然光の1割以内

※夜空の明るさが自然光の（ほぼ同じ状態 S・1割以内 A・2割以内 B・3割以内 C とする）

表 7-1 星空保護区の例（高山村の場合） 筆者作成

#### 第4節

##### 政策の検討

政策の検討を行う上で、星による村興しの経済効果を度々例に出している群馬県高山村の例から見て行きたい。前述の通り、高山村にはぐんま天文台の誘致に際して、「光環境条例」を制定した。現在、ぐんま天文台によると来場者数はここ数年を平均すると約3万5000人である。高山村の人口が3802人（2015年10月1日時点）であるから、天文台だけで、人口の約10倍もの来場者となる。この3万5000人がすべて星を見に来ていると仮定する。ここで、この3万5000人がどのような消費を行っているか、群馬県の観光データから予測する。観光庁（2014）「全国観光入込客統計」の群馬県の項目から図7-13を作成した。群馬県の年間観光客数は2567万4000人である。項目は群馬県内及び県外からの観光客数、宿泊か日帰りかそして、項目別の一人当たりの消費

額を示している。このデータから群馬県の観光客は県内：県外の比率が宿泊で3：8、日帰りで1：1。そして、宿泊：日帰りの比率が1：4であるとわかる。ここで、便宜上、県内から来て宿泊のグループをAグループ、県外から来て宿泊をBグループ、県内から来て日帰りをCグループ、県外から来て日帰りをDグループと分けることとする。以上の比率から、高山村を天体観測で訪れると仮定した3万5000人を分けると、Aグループは1900人、Bグループは5100人となる。そして、Cグループは1万4000人、Dグループも1万4000人となる。以上の結果を、図7-12の1人あたり消費額にそれぞれ当てはめると、Aグループの消費額は $1900 \times 16892$ 円=3209万4800円。Bグループは $5100 \times 20606$ 円=1億509万6000円。Cグループは $14000 \times 2051$ 円=2871万4000円。Dグループは $14000 \times 5615$ 円=7861万円となる。これらをすべて合計した、年間の経済効果は2億4450万9400円となった。この結果から、高山村は現在星による町興しでこれだけの地域活性効果を得ていると予測できる。前述のように私のアンケートでは現時点で光害対策について知っている人が22%という状態であるから、「星空保護区」の政策で認知度が上がれば、さらなる増加が見込める。また、他の条例未制定の自治体にも、星によってこれだけの町興しの可能性が秘められていると言える。

	県内		県外	
	観光客数	1人あたり消費	観光客数	1人あたり消費
宿泊	1487千人	16,892円	4094千人	20,606円
日帰り	10454千人	2,051円	9639千人	5,615円

表7-2 群馬県の観光客統計

観光庁（2014）「全国観光入込客統計」に基づき筆者作成

ここまでで政策の便益を見てきたが、光害の対策にはもちろん費用もかかる。環境庁がモデル事業として行った、茨城県の鹿島神宮駅周辺の街灯の改修による効果の分析によれば、従来の街灯を水銀ランプから低圧ナトリウムランプに改修することで、年間消費電力が26%（6,256円）削減され、水銀ランプを高演色メタルハライドランプに改修することで年間消費電力が57%（23,000円）削減されたとしている。いずれも光害を抑え

る波長のライトである。光害対策には街灯そのものを新設する必要はなく、従来の街灯に傘をかぶせて上方光を防ぎ、照明に使われるランプの種類を変えることで、十分達成できる。このような対策にはそれほど費用はかからない。ライトの種類やワット数によっても異なるが、費用は数万円ほどである。この費用は、先ほど述べた、省エネによる電気代削減により回収可能である。例えば、先ほどのモデル事業から見ると、低圧ナトリウムランプの場合は年間6256円、高演色メタルハライドランプの場合は年間23000円、費用を回収できる。つまり、初期費用に10万円かかっても、低圧ナトリウムランプなら16年、高演色メタルハライドランプに至っては、4年ほどで回収できる。もちろん、光害対策条例をきちんと運営してゆく上では、街灯の回収だけではなく、住民の協力を得て、住民もしっかりと対策してくれることも重要である。その点は、星での町おこしというコンセプトに加え、住民が納得できるような効果を提示する必要もあるだろう。



図7-12 国立天文台でも使われる低圧ナトリウム灯

(出所) 国立天文台水沢ホームページより <http://www.miz.nao.ac.jp>

以上述べてきたことから、「星空保護区」制定は、地域活性化につながることで、光害対策自治体が得をし、天体観測愛好家にとってもブランドのある星空を見ることができるとして効用が増加という良い面がある。ブランドの力で、どれほどの観光客増加を見込めるかということの程度の予測が今回は予測しきれなかった。観光客増加数の見込みをできるだ

け予測することが今後必要だろう。

## 第8章

### 終わりに

本研究では、天体観測愛好家の経済行動から趣味としての天文という分野の経済規模を示し、「星空保護区」の可能性を検討することで、光害そのものや対策自治体の認知度の高まりの効果を論じてきた。本研究を行うにあたって、光害の認知度の低さと、高山村を訪れて、もっとこの頑張りを色々な人に知ってもらいたいという2つの大きな気持ちを抱いた。私が提言した政策ではこの2つは達成されるはずだと考える。これはアピールと町おこしの側面が強いため、光害対策にとってははじめの一步となると考える。この政策で光害対策の機運が高まれば、都市などの光害対策へと繋がっていくことが光害対策にとっては大きな目標となるだろう。身近な天体観測の光害から、農業、昆虫、動物への光害も対策されることを願っている。

さて、最後になりましたが、本研究のみならず、2014年から2年間、学生生活、ゼミでの活動の様々な面でサポートし、わからないことを質問すれば優しく教えてくださり、卒業論文で詰まった時には、必ず突破口を開けてくださった大沼あゆみ先生。フィールドワークの際には、3日前の連絡だったにもかかわらず、優しく迎えてくださり、村中の案内をして村のいいところをたくさん紹介してくださった、群馬県高山村地域振興課補佐の都築喜久雄様。そして、2年間、インゼミ論文や就職活動など大変なことを一緒に乗り越えた大沼ゼミ12期のみんな。本当にありがとうございました。

思えば、環境や自然が好きで環境経済学のゼミに入り、2年間勉強する中で、様々な面で成長できたと思います。幸い、来年度からは環境に関わる仕事ができるということで、これからも環境や自然が好きという初心を忘れず励もうと思います。



付録

付録として、アンケート調査結果「最もよく行く観測地」を記載する。()内は票数

【長野県】
野辺山 (8)
美ヶ原 (7)
【山梨県】
清里 (美しの森)
富士山周辺 (4)
富士山5号目 (2)
【神奈川県】
ヤビツ峠 (2)
足柄 (2)
城ヶ崎
【静岡県】
天城高原 (6)
細野高原
南伊豆
【新潟県】
妙高高原
【栃木県】
戦場ヶ原
奥日光
【福島県】
裏磐梯
【島根県】
益田
【沖縄県】
座間味
【東京都】
奥多摩
【埼玉県】
秩父

## 参考文献

- ・ 山本晴彦（2013）『農作物の光害』農林統計出版。
- ・ 環境省（1999）「光害対策ガイドライン」。
- ・ 環境省（2006）「光害対策ガイドライン 改訂版」。
- ・ 谷口義明（2013）『新天文学辞典』講談社。
- ・ 縣秀彦（2007）『天文学者はロマンチストか』日本放送出版協会。
- ・ 村松陸雄ほか（2001）「光害（ひかりがい）に関する経済的価値～CVMによる効果～」照明学会誌第85巻20号。
- ・ 環境庁大気保全局（2000）「地域照明環境計画策定マニュアル」。
- ・ 尾崎勝彦・高山範理（2014）「星空観察会参加者の情動変化の測定」人間・環境学会 第21回大会発表論文要旨。
- ・ 高尾保之(2004)「夜間照明による野菜への影響」照明学会誌第88巻第6号。
  
- ・ 環境省（2001）「光害防止制度に係わるガイドブック」。
- ・ 観光庁（2014）「全国観光入込客統計」。
- ・ 群馬県高山村（1998）「高山村の美しい星空を守る光環境条例」。
- ・ 未来図書室 <http://mirai-tosyositu.jp/news/139.html> (2016/1/27 最終閲覧)
- ・ 国際ダークスカイ協会 <http://darksky.org> (2016/01/31最終閲覧)
- ・ 光害.net <http://hikarigai.net> (2016/1/31最終閲覧)
- ・ 高山村ホームページ <http://vill.takayama.gunma.jp/index.html> (2016/1/30最終閲覧)
- ・ ぐんま天文台ホームページ <http://www.astron.pref.gunma.jp> (2016/1/30最終閲覧)
- ・ 一般財団法人照明学会 <https://www.ieij.or.jp> (2016/1/31最終閲覧)