

〔1〕研究目的

東日本大震災以後の電力資源の無駄遣いに対する関心の高まりをうけて、過剰な屋外照明による光害（ひかりがい）の問題がクローズアップされている。環境問題としての光害については、すでに多数の報告がなされている。たとえば生態系への影響については、多くの動物や昆虫に対し光はその行動パターンに影響を与えることから明らかであろう。特に渡り鳥、ウミガメ、蛾などは人工光に誘引され、多数犠牲となっていることが知られている。人体への影響という観点からみると、夜間に強い光を浴び続けると体内時計が乱され、健康被害（不眠症、うつ病など）に結び付くとの研究結果がなされている。また光害はグレアと呼ばれる不快感や物の見えづらさを生じさせるようなまぶしさとも関連しており、人間自身を直接的に危険状態に陥れる可能性を秘めている。光害は近年の環境問題に関する関心の高まりから、東日本大震災以前から注目されてきた。そのうえ大震災後は、エネルギー資源の観点から光害をとらえなおすことが重要となってきた。省エネルギー社会の実現に向けた啓発活動は今後わが国が取り組むべき最重要課題の一つであると言つてよいが、エネルギー資源の無駄を実感できる光害はそのなかで中心的な役割を占める題材となり得る。

一方で地域振興の観点から、光害が注目されることもある。たとえば環境省が主催する「星空の街・あおぞらの街」全国大会は、大気環境の保全に対する意識を高めるという目的のほかに、郷土環境を活かした地域振興も視野に入れている。たとえば国内外の星空ツアーは、きれいな星空を観光資源と捉えそれを地域振興に利用しようというものであり、大きな観光資源を持たない過疎地域にとっては地域活性化の起爆剤となることを期待されている。逆に都市部では夜間照明が作り出すきらびやかな夜景を観光資源ととらえ、それを戦略的に作り出そうという動きもある。その場合には、不要な光を無くし主役を引き立たせるような光の整理、省エネルギー化など地球にやさしい光環境の創造など、光害に関する事項が重要課題として浮かび上がってくる。いずれにしても光害に関する啓発活動は環境問題、エネルギー資源節約および地域振興の3つの面から、今後ますます重要な地位を占めるであろう。

啓発活動を始める上での第一歩は、手軽におこなえる光害測定装置の開発である。最も手軽なのは各地点で見える星の限界等級を測定することであるが、裸眼での光害調査は客観性の欠如という弱点がある。デジタルカメラを利用した光害調査は客観性が保証されているものの、写真画像が実際の星空観察体験と大きくかけ離れているため教材作成の観点から不満が残る。より現実に近い光害教材を容易に作成するためには、裸眼と同じような星空が映し出される動画を利用する測定方法が望ましい。このような観点から、我々は光害が簡単に測定できる「星空ビデオカメラ」の利用を提案してきた。その概略は、高感度カメラとしてワテック製WAT-902H2 ULTIMATEを、レンズとして正晃製AVENIR HZCH08551（画角：41.2°～7.2°）を採用し、画角を20°程度に設定することで裸眼での観望と同程度の星が感知出来るようにしたものであった。さらにカメラ部をカメラ用三脚に載せ、ビデオカメラに録画する仕様を採用した。また野外での活動には電源が必要であるが、そのためにバッテリーを利用することにした。我々が開発した移動型星空ビデオカメラは左下図のようなものである。



しかし移動型ではわざわざその場所に行き行って撮影する必要があるため、長期のモニタリングには無力である。光害教育で最も威力を発揮するのは、異なる光害環境におかれた2台の固定型の星空カメラなのである。またこれまで開発してきたものは夜景しか映らず、昼間風景のない教材作成を余儀なくされていた。後で述べるが、夜間照明を観光資源と考える地域振興の立場から見た場合には不満が残る。そのため、昼夜両方に対応できるカメラへの変更も必要である。

本研究では光害が簡単に測定出来、動画教材の作成も可能な「固定型星空カメラ」の開発をおこなった。そしてこの装置を利用して秋田市内及び白神地域の2か所に設置し、光害調査を実際におこないその効果を確認した。さらに啓蒙・教育活動で利用可能な光害教材を作成し出前授業で利用したが、これらの概要を報告することとする。

〔2〕 研究の内容・方法

先に述べたような理由から、今回は遠隔操作可能な「固定型星空カメラ」への改良をおこなった。固定型といっても光害の度合いを測定するのであるから、目標とする天体を探しその方向へカメラを向ける必要がある。つまり装置全体は固定したうえで、高感度カメラ部分を遠隔操作で動かすことができなければならない。一般にカメラの方向制御には経緯台と呼ばれる方式が簡単である。この方式では雲台が水平方向と垂直方向の2自由度を持つ直交座標系であり、角度を指定するだけで任意の方向に向けることができる。これはカメラ用三脚のヘッド部分の動きに相当するため、移動型星空カメラでも採用していた方式である。残念ながらカメラの方向制御機構として、経緯台の動きを再現する安価な既製品は見当たらなかった。本研究ではなるべく簡単かつ安価な制御機構を目指しているため、自作を試みた。具体的にはラジコンのコントロール等に使われている「RCサーボモータ」を2個使用し、上下・左右方向に方向移動する仕様とした。そして高感度カメラを乗せる経緯台を自作し、先に述べた2つのモータで動かすことにした。下図は実際に自作した経緯台である。



次に自作した経緯台を、どのように制御するかである。RCサーボモータを駆動する回路が必要なのであるが、本研究ではArduino（アルドゥイーノ）を採用した。さらに本研究では「スケッチ」とよばれるプログラム言語を利用して制御をおこなう機構を作った。またArduino用に拡張ボードが幾種類か出ていてこれらを「シールド」と呼ぶ。本研究の経緯台は屋外への設置を目標にしているのでPCレスで運用できるように「イーサネットシールド」を用いた。

カメラ画像の配信にはPanasonic製ネットワークカメラサーバーを用いた。最後に全体をプラスチック製の箱や樽で覆い、星空カメラを完成させた。自作した制御機構の部分を安価な既製品を組み合わせることで、手ごろな価格の星空カメラが出来たと自負している。なお今回の改良に当たり、高感度カメラのレンズも見直した。以前のレンズは自動絞り可能なタイプではないため、夜間しか利用できなかった。そこで星空観察だけでなく昼間の気象カメラとしても活用可能となるように、高感度カメラのレンズを自動絞り可能なタイプ（Tamron 12VG412ASIR）に変えた。

本研究では、今回作成した固定型星空カメラを白神地域周辺部にある旧岩館小学校屋上に設置した。白神地域は青森県の南西部から秋田県北西部にかけて広がる山地で、世界遺産としてよく知られている。白神山地は人の手が加えられていないブナの原生林からなるうえ、その周辺地域も人口密集地区が無く夜間は大変暗くなる。そのため過剰な光が影響を及ぼす光害が、ほとんど見られない。旧岩館小学校は明治7年創立という極めて長い歴史を持っていたが、児童数減少のため平成20年に閉校となった。現在では秋田大学を始め複数の教育機関等がその旧校舎を活用し、様々な教育研究活動をおこなっている。旧岩館小学校は幹線道路からやや外れた場所にあり、光害の影響はほぼ無いと考えられる。そのため今回作成した固定型星空カメラは、その校舎の屋上に設置することとした。また光害を実感するためには、星空カメラを複数の地点に設置し、それぞれの地点での星の見え具合を知る必要がある。特に光害の影響の大きい都市部と、影響の少ない郡部に、最低限1台ずつ設置する必要がある。そのため光害の少ない環境にある岩館小学校屋上とともに、光害の多い環境下にある秋田大学教育文化学部4号館屋上にも、星空カメラを設置した。



〔3〕 結論・考察

1) 光害調査について

本研究では星空カメラを自作したうえで、秋田市内及び白神地域の2か所で光害調査を実際におこなった。星空ビデオカメラの画角が 20° の状態が視力1.0程度の人と同等であることを確かめたうえで、その画角で月のない晴れた秋（11月）の夜間に、秋田大学や上に設置した星空カメラでこと座を撮影した。その結果、ベガ（見かけの等級0等）以外の星がまったく見えないことを確認した。一方でははくちょう座のアルビレオ（3.05等）がわずかに認識不可能であることがわかった。つまり4号館屋上で裸眼視力1.0程度の人の観測可能な限界等級は3.0等ということになる。当日は少し雲もかかっていたので、より気象条件の良い場合はもう少し見える可能性がある。もちろん子供など視力の良い人ならより暗い星まで見えるであろう。一方、旧岩館小学校跡地でも先と同様に星空ビデオカメラの画角を 20° の状態、月のない晴れた夜間にこと座を撮影した。明らかにこと座を形成する5つの星がすべて見えたが、最も暗いものは「HIP92791」で見かけの等級が4.22である。はくちょう座デネブの近くにある恒星（HIP103094、見かけの等級5.27）がわずかに見えない程度であった。そのため旧岩館小学校正門前で裸眼観測可能な限界等級は5.2等程度であることが分かった。おそらく目の良い子供なら、6等星近くまでみえるであろう。

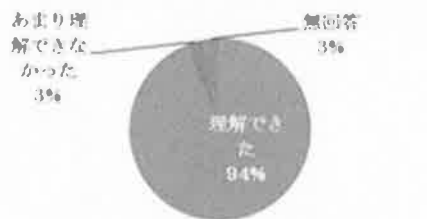
2) 作成教材の教育効果について

この調査と並行して光害教材を作成したが、それを用いた教育実践を秋田県内の小学生及び中学生に対しておこなった。そのアンケート調査の結果については、以下のとおりである。

ア) 小学生に対する教育実践とその結果

秋田県大仙市立大曲小学校の5年生の児童たち150名が秋田大学での訪問授業を体験した。そのうち33名の児童たちに対して、「星の世界を楽しもう」という授業をおこなった。その際に光害についての話をし、先に作成した光害教材の教育効果を確かめたのが、右図のような結果になった。作成した教材は秋田市内と八峰町との星空の様子が全く違うことがはっきりわかるように作ったことが大きかったのか、教材がきわめてわかりやすいものであったことが確かめられた。

今回の光害映像を見て、秋田市での光害の様子が理解できたか

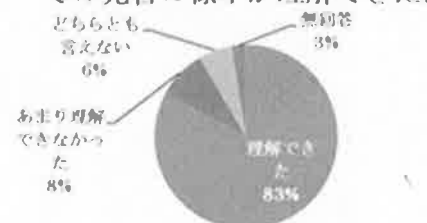


イ) 中学生に対する教育実践とその結果

秋田県由利本荘市立本荘南中学校の3年生の生徒たちを対象とした出前授業をおこなった。131名の生徒たちに対して、「星の世界を楽しもう」という授業をおこなった。

授業では、最初に惑星・衛星・小惑星・恒星等の宇宙の構成要素についての学習をしたのち、4次元デジタルシアターを用いた宇宙探検をおこなった。最後に秋田市内・及び白神地域の光害の影響について、今回作成した動画教材を利用した授業を実施した。調査対象人数が100名を超えているため、先の調査に比べより信頼度の高いデータを得ることが出来たと考えられる。右図は光害教材の教育効果に関する調査結果である。小学生よりはやや結果が劣るものの、全体としてはある程度教育効果があったと考えられる。

今回の光害映像を見て、秋田市での光害の様子が理解できたか



3) 考察

本研究では光害調査と光害教材の有効性について調べた。最後にこれらの調査結果について、若干の考察を行う。光害調査については秋田大学屋上と旧岩館小学校の2か所でしか測定を行っていない。特に秋田市内については場所により光害の程度が違ふと思われるため、いくつかの地点で再度測定を行う必要があると考えられる。次に光害教材であるが、アンケート調査の結果をまとめると、今回の光害教材を用いた教育実践もある程度教育効果があったと結論付けて良いと思われる。ただし小学生に対して実施した結果と比べて、理解度に差がある結果となった。小学生の調査人数が少なかったこと、アンケート項目も限られていたこと等から、これ以上の詳しい考察は困難である。今後も地道に光害教育実践を続けデータを積み重ねていくことが重要であると思われる。