

論文題目

# 光害に関する環境教育教材の実践的開発

宮城教育大学学校教育教員養成課程

理科教育専攻

D6153 太田 孝弘

## 要旨

環境庁(現環境省、1998)によれば、光害とは良好な「照明環境」の形成が、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されている。光害の実例として、野生動植物、農作物、天体観測への影響、エネルギーの浪費がある。

本研究では、夜空の明るさを測定する装置である夜空メーターを利用した、夜空の環境調査と環境教育を主な目的としている。実際、小学校、中学校、高等学校の学習内容において、光害を扱う分野は直接的にはないものの、総合的な学習の時間や選択授業に扱うことができると考えられる。夜空メーターとは、夜空の明るさに対して発光ダイオードの明るさを変化させ、夜空の明るさと発光ダイオードの明るさが同程度になった時の発光ダイオードを流れる電流を読み取り、夜空の明るさを表す装置である。本研究においては、夜空メーターの改良、夜空メーターを利用した測定、測定結果からの夜空の明るさマップの作成、夜空メーターと夜空の明るさマップを利用した実践授業を主に行った。

夜空メーターに使用している発光ダイオードに一定の電圧をかけても、個々の発光ダイオードの明るさにばらつきが出る。その理由として次の2つの理由が考えられる。1つ目の理由として、夜空メーターの製作費を安価におさえるため、電圧と輝度特性が明らかでない発光ダイオードを用いた。もう1つの理由として、夜空メーターにおいて使用する電圧値が、発光ダイオード本来の使用想定電圧値より小さいことがあげられる。夜空メーターを用いて観測する際、個々の発光ダイオードの明るさにばらつきの小さいほうが、各夜空メーター間における誤差も小さくなるので、より正確な観測結果が求まる。そこで、光電子測光装置を用いて、発光ダイオードの電圧と明るさの関係を調査し、明るさにばらつきが小さい発光ダイオードを選定した。その結果、 $\pm 0.12$  等級の誤差の夜空メーターに改良することができた。また、より多くの地点で夜空の明るさのデータを集計するために、選定発光ダイオードを用いた夜空メーターを製作した。

また、夜空メーターを利用した星空環境調査を行った。参加者に夜空メーターを配布し、共同観測を行った。2007年度の共同観測期間として、夏、秋、冬の3期を設定し、各々21時と23時に測定を行った。21時は人間の夜間活動が盛んな時間帯、23時は人間の夜間活動が少ない時間帯と想定し、時間設定している。測定対象は、天頂、東西南北の高度10度、明るい恒星である。日本全国、宮城県内、仙台市内、各々の夜空の明るさが比較できるように、天頂の測定結果を、Google マップを利用して表した。集計した測定結果を、夜空の明るさマップとして表すことで全国各地の夜空の明るさを比較することができたと考えられる。また、夏、秋、冬を通じて、全体的に測定地点が少なかったこと、季節ごとに同じ地点で測定、比較ができなかったことが反省点である。そのため、各季節における同じ時間帯の場所ごとの比較はできたが、同じ場所での季節による比較ができなかったと考えられる。

さらに、改良した夜空メーター、作成した夜空の明るさマップを用いて、教材活用とし

て蔵王町立宮中学校で実践授業を行った。現在の中学校の学習内容にはない分野であることから、光害を知らない生徒が大半を占めたが、授業を通じて理解を得ることができ、環境教育として光害の実態を広めることができたと考えられる。

選定発光ダイオードを使ったことで夜空メーターの精度が高くなり、夜空の明るさマップを作成したことで全国の夜空を比較することができた。今後は、環境教育として夜空メーターが普及するために発光ダイオードと夜空の明るさを一致させる難しさを解消できるような改良が必要だと考えられる。

要旨

目次

## 1章 はじめに

- 1-1 光害に関する本テーマの取り組みを学校教育の中で行う位置づけ
- 1-2 夜空の明るさを測定する方法

## 2章 夜空メーターの開発

- 2-1 夜空メーターの概要
- 2-2 夜空メーターに用いる発光ダイオードの選定
- 2-3 宮城県鶯沢工業高校での製作学習

## 3章 教材としての夜空メーターの活用

- 3-1 仙台市天文台でのプラネタリウム実習
- 3-2 宮教大での高校生製作実習
- 3-3 蔵王町立宮中学校での活動
- 3-4 蔵王町での活動

## 4章 夜空メーターを利用した星空環境調査

- 4-1 過去の夜空メーターを利用した星空環境調査
- 4-2 2007年度の日本全国と宮城県内における星空環境調査
- 4-3 日本全国と宮城県内における星空環境調査結果
- 4-4 スカイ・クオリティ・メーター(SQM)との比較

## 5章 議論

## 6章 まとめ

謝辞

参考文献

付録A 発光ダイオードの輝度測定結果値表

付録B 夜空メーター製作

付録C プラネタリウム実習の感想

付録D 宮中学校での授業、蔵王町での講話で利用した説明資料

付録E 夜空メーター測定結果表

## 1章 はじめに

### 1-1 光害に関する本テーマの取り組みを学校教育の中で行う位置づけ

小学校、中学校、高等学校において、光害に関する学習内容は直接的にはない。それに加えて、光害そのものを知らない児童・生徒が大半を占める。しかし、光害を知るようになれば、環境教育として自分たちの住んでいる夜空の明るさ環境について興味を持たせることができるため、学校教育の内容にもつながる。実際の学校現場では、総合的な学習の時間や選択授業などにおいて扱うことができると考えられる。

長島ほか(2006)は、学校段階に対応した効果的な光害の学習内容の位置づけを以下のように分類した。

- (1) 小学校前期では、街の照明灯の調査として、照明灯の形状の特徴を確認後、照明灯の分布や設置箇所を調べる学習活動が効果的である。
- (2) 小学校後期においては、夜空が明るいところでは星空が見えづらく、夜空が暗いところでは星空がよく見えることを実感させる。
- (3) 中学校段階においては、学習指導内容が指摘するように、科学的に調べる能力と態度を育てることから、長島・渡邊(2003)による紙パックを用いた光害調査が適している。
- (4) 高等学校段階においては、より客観的なデータを用いて環境を認識していく能力を育てていかなければならない。そのため、精度の高い教材が必要なため、紙パックを用いた方法では不十分なため、夜空メーターを使った光害調査が適しているのである。

夜空メーターは、小中学生にはまだ早い教材と分類されているが、環境問題として大きく取り上げることによって、夜間における無駄な街灯、不適切な店舗の照明などが光害として星空観察に大きく影響を及ぼしていることから、きれいな星空が奪われている現状を理解することはできると考える。また、夜空の明るさを数値化して、マップに表すことができれば、容易に、全国各地と自分たちの住んでいる地域の夜空の明るさを比較することができる。

そこで本研究では、夜空の明るさを測定する装置である夜空メーターを利用した、夜空の環境調査と環境教育を主な目的とした。環境調査として自分たちの住んでいる夜空の明るさ環境について考えることができ、環境教育にもつながるからである。

## 1-2 夜空の明るさを測定する方法

夜空の明るさとは、地上から大気を通して星を観察するときの星の背景の明るさ（輝度）を示している。（1）実際に眼視で確認できる星の数で測定する方法と、（2）専用の器具を使って輝度を測定する方法の 2 種類がある。背景が暗いほど、あるいは星が多く見えるほど、環境的には優れた夜空ということになる。これらの結果から、夜空の明るさを数値化することができるため、夜空や星空を観察する際に、それらの良し悪しを判断できるようになる。

夜空の明るさを測定する方法を以下に示す。

### （1）実際に眼視で確認できる星の数で測定する方法

#### ①牛乳パックを用いた眼視による測定(長島ほか、2006)

視野をそろえた状態で実際に見える星の数を数える方法である。全天の星を数えるのは現実的ではないため、視野角をそろえることで標本調査を行う。牛乳パックを用いるのは、日本国内で規格が統一されているためである。これによって特定の星座を視野に入れることができれば、その星の数を数えることで何等級まで見える夜空かを測定することができる。

#### ②GLOBE at Night による取り組み(<http://www.globe.gov/GaN/>)

GLOBE は 1994 年 4 月 22 日のアースデイ、アメリカのゴア副大統領によって提唱され、大気環境などから同時観測活動が始まり、2006 年に始まった光害のプログラムが GLOBE at Night である。この活動はオリオン座の見え方で、夜空環境をその中で測定する。観察方法は、

- 1、観察地点の緯度、経度を調べる。
- 2、日没後の 1 時間にオリオン座を見つける。
- 3、オリオン座の見え方に近い絵を、報告フォームから選ぶ。
- 4、観察結果を報告する。
- 5、世界中の観察結果と比較する。

であり、毎年冬に世界中で観測キャンペーンを行っている。

### （2）専用の器具を使って輝度を測定する方法

#### ①CCD カメラを用いた測定(長島 2003)

時間の経過とともに変化する大気の影響を補正し、その上で CCD カメラを用いて夜空の明るさを測定する方法である。天体を測光する際には、変光しない既知の基準となる星を設定する。そして、CCD で受け取る天体からの光を基準となる星と比較する。た

だし、測光値には天体の光に加えて、夜空の明るさも含んでいるため、夜空の明るさを除いた値を天体の明るさとする。その際に差し引いた値が夜空の明るさである。

②スカイ・クオリティ・メーター(SQM)による測定(国際光器 <http://www.kkohki.com/>)

SQMを測定したい夜空に向けてボタンを押すと夜空の明るさが等級でデジタル表示される。これによって、数値が大きいほど暗い空の状態を示し、小さいほど明るい空の状態を示す。操作が非常に簡単なため、初心者にとっても使いやすいという利点大きい。しかし、SQMは高価であるため、小中学生、一般の家庭では、なかなか手に入れることは困難であると考えられる。

③夜空メーターによる測定

本研究では、発光ダイオードと夜空の明るさを比較する夜空メーターを用いた測定を提案する。次章に夜空メーターについて詳細に記述する。

## 2 章 夜空メーターの開発

### 2-1 夜空メーターの概要

夜空メーター(図 2-1-1)とは、夜空の明るさに対して発光ダイオードの明るさを変化させ、夜空の明るさと発光ダイオードの明るさが同程度になった時の発光ダイオードを流れる電流を読み取り、夜空の明るさを表す装置である(伊藤ほか、2005)。夜空メーターでは自らの目で夜空と発光ダイオードとの明るさの比較を行い、その場で夜空の明るさを数値として表すことができるため、実感を伴った測定活動を行うことができる。



図 2-1-1 夜空メーター 写真左が回路部、写真右側が光学系

実際に夜空の明るさを測定するときの設置方法を図 2-1-2 に示す。光学系を覗くと、反射鏡に反射した夜空が見える。



図 2-1-2 三脚に取り付けた夜空メーター

夜空メーターの使い方について図 2-1-3 に示す。発光ダイオードと夜空の明るさを直接比較することで、夜空の明るさを数値として表すことができる。これらの夜空メーターに関する情報は、星空観察ネット広場のホームページ(<http://www.hosizora.miyakyo-u.ac.jp/>)に公開している。

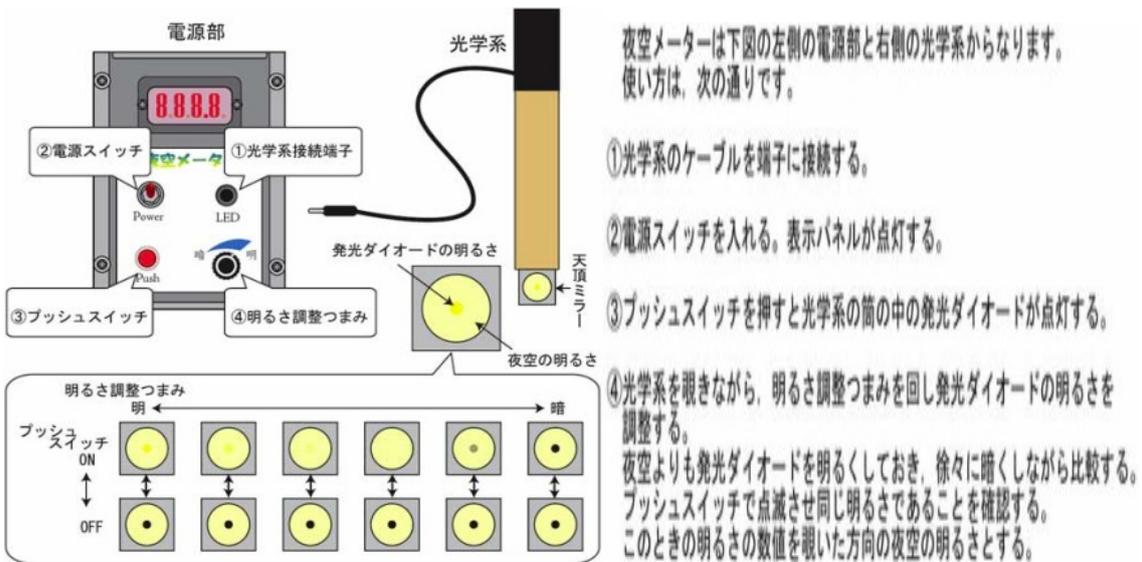


図 2-1-3 夜空メーターの使い方

星空観察ネットの広場(<http://www.hosizora.miyakyo-u.ac.jp/>)より抜粋

## 2-2 夜空メーターに用いる発光ダイオードの選定

### (1) 発光ダイオードの輝度測定

夜空メーターに使用している発光ダイオードにある一定の電圧をかけると、個々の発光ダイオードの明るさにばらつきが出る。夜空メーターに使用した発光ダイオードを選んだ理由として次の3つが考えられる。1つ目の理由として、夜空メーターの製作費を安価におさえるため、電圧と輝度特性が明らかでない発光ダイオードを用いた。2つ目の理由として、夜空メーターにおいて使用する電圧値が、発光ダイオード本来の使用想定電圧値より小さいことである。3つ目の理由として、夜空の明るさと比較しやすいように発光ダイオードの発光部の大きいものを選んだ。

夜空メーターを用いて観測する際、個々の発光ダイオードの明るさにばらつきの小さいほうが、各夜空メーター間における誤差も小さくなるので、より正確な観測結果が求まる。そこで、明るさにばらつきが小さい発光ダイオードを選定するため、計 170 個の発光ダイオードを図 2-2-1 に示した光電子測光装置を用いて、電圧と明るさの関係を調査した。



図 2-2-1 光電子測光装置

### (2) 光電子測光装置を用いた測定方法

光電子測光装置とは、天体の光の強度を測定する装置で、光電子増倍管を用いて「天体からの光の量」を電流に変換して計測を行う。光電子増倍管は、高感度、高速応答可能な光検出器である（大林，2001）。光電子測光装置を用いて発光ダイオードの明るさを測定す

る際、定温定湿環境、ジャック部分の酸化防止、新しい乾電池の使用、発光ダイオードを光電子測光装置にセットする際の一定した発光ダイオードの向き、光電子測光装置の電源を ON にしてから 2～3 時間放置して十分に温めてからの測定、などを考慮しなければならない（蘇武，議論）。それらの条件を考慮した上で測定するとカウント値は±10%以内に収まった。

### （3）測定結果

170 個の発光ダイオードにそれぞれ一定電圧をかけて、電圧と明るさの関係を調査した。今回は発光ダイオードにかける電圧を 10mV とした。測定は 2 回行い、そのうち高輝度の値を採用した。暗電流は約 60 で、170 個の発光ダイオード平均カウント値 13559 の約 0.4% にあたるので無視した。電圧 10mV に対応する明るさの頻度を図 2-2-2 に示す。また、170 個の測定結果を付録 A(1)～(3)に示す。

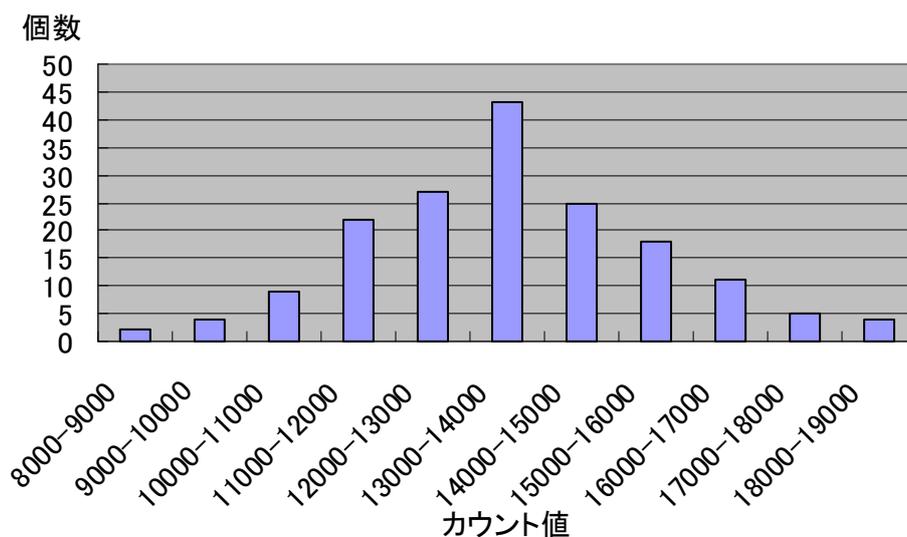


図 2-2-2 電圧 10mV に対応する明るさ頻度

光電子測光装置を用いて発光ダイオードのカウント値を測定した結果、2007 年度の夜空メーカーの改良・製作する都合上、170 個の平均カウント値 13559 を中心に、80 個選定した。

### （4）光電子測光装置を用いた測定結果の評価

一般に、カウント値、つまり明るさが 100 倍になると 5 等級上がる。例えば、1 等星は 6 等星の明るさの 100 倍である。このことから、1 等の光度差に対する光の強度の比を  $n$  とすると、

$$n^5 = 100 \quad (1)$$

両辺、常用対数をとると、

$$\log n = \frac{2}{5} \quad (2)$$

よって、

$$n \doteq 2.5 \quad (3)$$

となる。これを光比という。例えば、1等星より2.5倍明るい星は0等星、さらに2.5倍明るい星は-1等星となる（浜島，1995）。

また、上記の関係から、明るさの比を $\frac{L'}{L}$ 、等級差を $\Delta N$ とすると、

$$\frac{L'}{L} = 10^{\frac{2\Delta N}{5}} \quad (4)$$

両辺、常用対数をとると、

$$\Delta N = 2.5 \log \frac{L'}{L} \quad (5)$$

ここで、選定80個の発光ダイオードの電圧10mVにおけるカウント値の誤差を見積もる。平均値から最も負に離れた発光ダイオードのカウント値、12032を $DN'$ 、最も正に離れた発光ダイオードのカウント値、14852を $DN''$ 、平均カウント値13559を $DN$ とすると、明るさの比とカウント値の比は同等であるから、

$$\Delta N = 2.5 \log \frac{DN'}{DN} = -0.13 \quad (6)$$

$$\Delta N = 2.5 \log \frac{DN''}{DN} = 0.10 \quad (7)$$

よって、選定 80 個の発光ダイオードは、電圧 10mV においては、等級差が-0.13 等級から+0.10 等級の中に収まる結果が得られた。

#### (5) 発光ダイオードの精度

発光ダイオードのリニアリティの精度について考える。リニアリティとは、一般的に入力と出力の直線性に関して理想直線に表したものをいう。選定 80 個の中心となるカウント値 13000 台から 9 個、また、12000 台から 5 個、14000 台から 3 個、計 17 個をランダムに選び、それぞれ 4, 7, 10, 15, 20, 30[mV]と電圧を変化させた結果を図 2-2-3 に示す。また、用いた測定データを付録 A(4)に示す。これらの電圧値は、おおよその夜空の明るさに対応する。また、×印は 17 個の発光ダイオードがそれぞれの電圧値で示したカウント値を示す。

図 2-2-3 より、カウント値を DN、電圧値を E とすると、

$$DN \propto E^{1.44} \quad (8)$$

となった。

電圧値  $E_1$ 、 $E_2$  の時のカウント値を  $DN_1$ 、 $DN_2$  とすると、式 (8) は、

$$\frac{DN_2}{DN_1} = \left( \frac{E_2}{E_1} \right)^{1.44} \quad (9)$$

となる。そこで式 (5) と (9) より、等級差と電圧比の関係は、

$$\Delta N = 2.5 \log \left( \frac{E_2}{E_1} \right)^{1.44} = 3.6 \log \frac{E_2}{E_1} \quad (10)$$

となる。

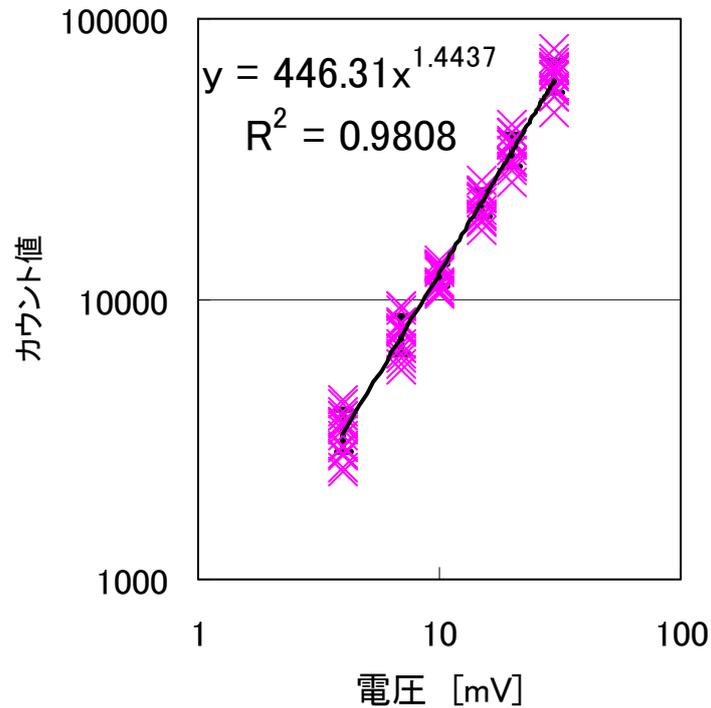


図 2-2-3 選定発光ダイオードのリニアリティ：電圧値 4～30mV に変化させたときの光電子測光装置のカウント数、各電圧における標準偏差を誤差として示す。  
 $DN=446E^{1.44}$  (DN：カウント値、E：電圧値) の近似式で表されている。

ここで、4～30[mV]の電圧範囲における明るさに対応する等級差を考える。電圧 4[mV]、30[mV]を式 (10) にそれぞれ代入すると、

$$\Delta N = 3.6 \log \frac{30}{4} = 3.2 \quad (11)$$

よって、4～30[mV]の電圧範囲内における明るさは、3.2 等級内に収まり、図 2-2-3 はその範囲におけるリニアリティを示している。

選定した 17 個の発光ダイオードの各測定電圧における平均カウント値とその標準偏差(誤差)を表 2-2-1 に示す。表 2-2-1 には併せて誤差を式 (10) を利用して等級差で示している。また、電圧 10mV の明るさを基準として、発光ダイオードの電圧に対する明るさを等級で示した関係を図 2-2-4 に示す。

表 2-2-1 17 個の発光ダイオードの各電圧における平均カウント値、標準偏差、等級差

電圧値(mV)	4	7	10	15	20	30
平均値	3436	7577	12276	22081	34337	62330
標準偏差	581	1189	1109	2455	4566	8208
等級差	+0.26 -0.37	+0.24 -0.33	+0.11 -0.17	+0.19 -0.24	+0.22 -0.30	+0.24 -0.32

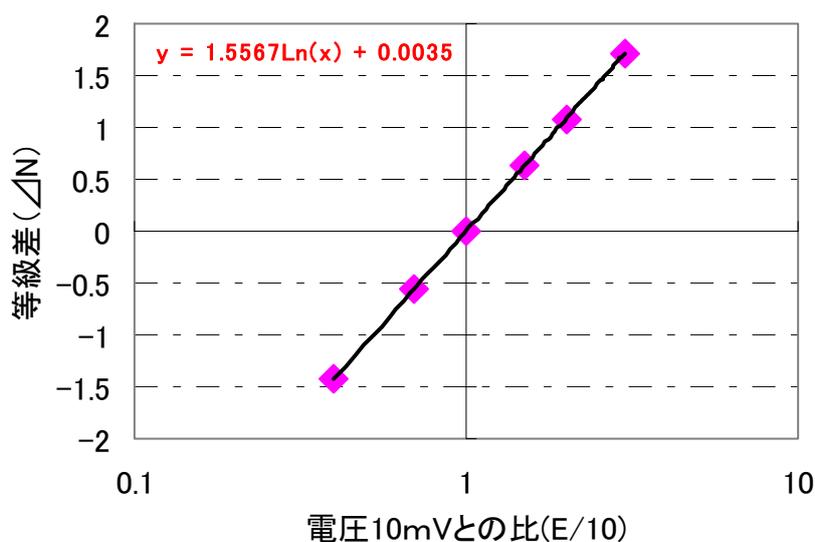


図 2-2-4 電圧値と等級の関係 電圧は電圧値 10mV に対する比で表す。また、等級は電圧値 10mV のときの等級を基準として差で示している。

$$\Delta N = 1.56 \ln \left( \frac{E}{10} \right) + 3.5 \times 10^{-3} \quad (\Delta N: \text{等級差}, E: \text{電圧値})$$

の近似式で表されている。この近似式を常用対数に変換すると、

$$\Delta N = 3.6 \log \frac{E}{10} \text{ の近似式で表される。}$$

測定電圧範囲では、誤差は平均+0.21 等級、 - 0.29 等級であり、最大で 4mV 時の -0.37 等級である。4mV の電圧値で誤差が大きい原因として、暗電流を考慮していないことも考えられる。電圧 4mV の平均カウント値は 2442 であり、暗電流の平均カウント値は約 60 であることから、暗電流の割合は、

$$\frac{60}{2442} \approx 2(\%)$$

(12)

の影響がある。また、現在、夜空メーターでの観測値の最小値は兵庫県西はりま天文台での  $0.8\text{mV}$  であり、測定範囲外の電圧領域である。よって、夜空メーターを利用して観測する範囲では、 $4\sim 30\text{mV}$  の範囲であれば、 $\pm 0.29$  等級以内に夜空の明るさの誤差は収まると考えられる。

### 2-3 夜空メーター製作

夜空メーターの構造を理解すること、高校生の夜空メーター製作実習のために製作の要点を学ぶことを目的として、夜空メーターの製作を行った(図 2-3-1、2-3-2、蘇武、2007)。夜空メーター製作の手順説明資料と製作手順書を付録 B に示す(蘇武、2007)。回路部は約 2 時間、光学系は約 1 時間の製作時間であった。回路部の製作は主として基板に部品をはんだ付けしていく単純作業である。一方、光学系の製作は難しい作業内容が多くあり、特に丁寧に指導する必要があると考えられる。



図 2-3-1 製作実習の様子



図 2-3-2 ハンダ付けした基板

また、基板に回路図データを削る基板製作機を観察した(図 2-3-3、2-3-4)。CAD ソフトを利用し、容易に基板に回路図データを削ることができる。

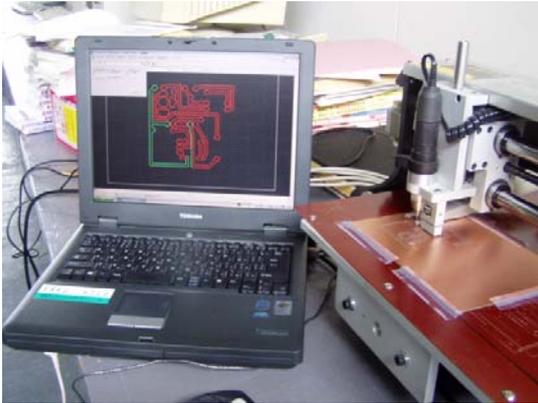


図 2-3-3 回路図データを取り込んだ  
パソコンと基盤製作機



図 2-3-4 回路図データを削る基板製作機

### 3章 教材としての夜空メーターの活用

#### 3-1 仙台市天文台でのプラネタリウム実習

2007年7月8日、仙台市天文台で夜空メーターを用いたプラネタリウム実習を行った(図3-1-1、3-1-2)。実習の流れを表3-1-1に示す。これは県内の高校生を対象として、夜空メーターの使い方を習得して、今後の野外観測につなげることを目的にしたものである。参加人数は13名、うち、高校生は2校、7名であった。プラネタリウムでは、天候に左右されることなく、さまざまな明るさの夜空を想定して測定することができた。

表3-1-1 プラネタリウム実習の流れ

実習の流れ	内容
自己紹介	参加者全員の自己紹介。
夜空メーターの使い方	夜空の明るさを測定する意義、夜空メーターの仕組み、使い方の説明。
星座の学習と測定実習	北極星、夏の大三角形、代表的な1等星、夏の星座、惑星などについての説明。また、仙台と蔵王の星空を想定した測定。



図3-1-1 星空を測定する参加者



図3-1-2 測定結果を発表

プラネタリウムでの測定結果を図3-1-3に示す。測定値は全測定者の平均である。誤差は比較的大きいが、初めての操作でも夜空の明るさを数値で表すことができたと評価できる。加えて、プラネタリウムで想定した仙台の明るい夜空と蔵王の暗い夜空を数値で比較できたことも評価できる。ただし、測定の際には光学系を手持ちで測定したために、対象をな

かなか導入できない生徒もいたため、光学系の固定のために三脚にセットする必要性が分かった。

また、参加者によるアンケート結果から、操作自体は簡単であるが、スイッチを押し続けながらの操作がしづらい、個人差が出やすいなどの意見が出た。改良するために、三脚がない場合を想定して、マグネットやマジックテープで光学系を固定することを行った。実施後の感想を付録 C に示す。

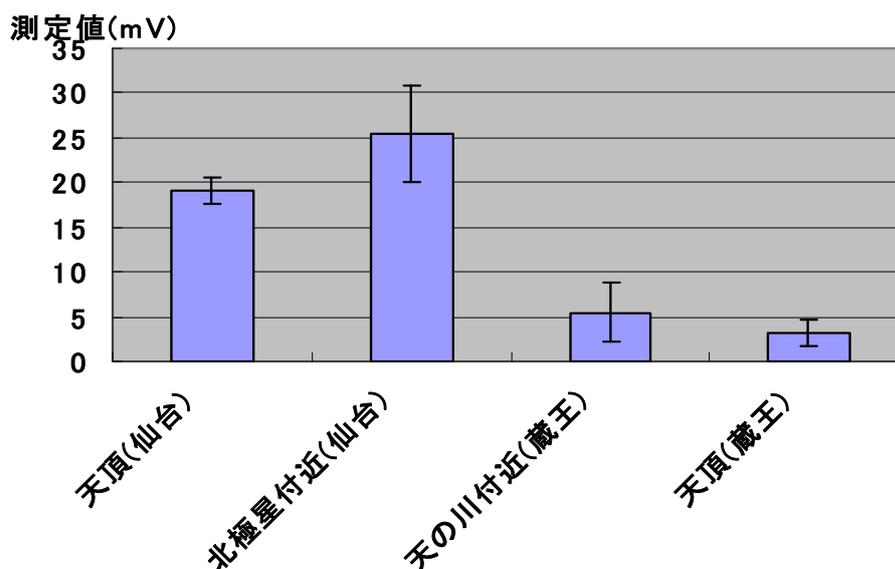


図 3-1-3 プラネタリウム実習の測定結果

### 3-2 高校生の製作実習

2007年7月31日、宮城教育大学で夜空メーターの製作実習を行った(図3-2-1、3-2-2)。これは県内の高校生を対象としたもので、夜空メーターの構造を学び、自分の製作した測定器で観測を行うためである。参加人数は8名、うち、高校生は2校、4名であった。高校生が夜空メーターを自ら製作し測定することで、星空に興味を持って欲しいという我々の目的が達成されたと考える。

実習自体は回路部、光学系、ともに2時間ずつ、計4時間かかった。

また、実施後の感想(図3-2-3)から「中学校以来のはんだづけ作業だった」「自分で作ったから愛着がある」などの感想が出た。やはり自作の夜空メーターを用いて観測する意義が大いにあると考えられる。



図 3-2-1 製作実習の流れの説明



図 3-2-2 製作する生徒

- ・ 回路の流れは理解できた。自作の夜空メーターで測定できるのが楽しみだ。
- ・ 久々にはんだ付けをしたので楽しめた。
- ・ 自分で製作したので愛着がわいた。これから大事にしたい。
- ・ わりと単純な作業だったので、思っていたより簡単だった。
- ・ 4時間近くかかったが、楽しく製作することができた。
- ・ 自作なので、もともと作られていた夜空メーターより愛着があり、積極的に測定できそう。

図 3-2-3 製作実習を終えての感想(自由記述)

### 3-3 蔵王町立宮中学校での活動

#### (1) 授業の実施

2007年11月22日、蔵王町立宮中学校の3年生2クラス53名を対象に、1時限ずつ各クラスの授業時間を利用し、教科理科の天文分野の学習として、夜空メーターの使い方と光害に関する夜空の明るさの授業を行った(図3-3-1、3-3-2)。実践授業における学習過程を表3-3-1に、授業で利用したワークシートを図3-3-3に示した。



図 3-3-1 光害に関する夜空の明るさの話

図 3-3-2 夜空メーターを使う生徒

(2) 授業案

・授業のねらい

- ・夜空の明るさが環境指標として考えられることを学習する。
- ・他の地域と比較しながら、自分たちの住んでいる地域の夜空の明るさを予想したうえで測定する。
- ・自分たちの住んでいる夜空の環境について考える。

・準備物

夜空メーター一式、三脚、受け台、輪ゴム、パソコン、プロジェクター、スクリーン、測定記入用紙、アンケート用紙

表 3-3-1 実践授業における学習過程

	学習内容	教師の支援	備考
導入	・地球の夜の衛星写真を見る。	・大量の光エネルギーが宇宙に放出されていることに気づかせる。	パソコン、プロジェクター
展開	①夜空の明るさ ・衛星写真から、明るい地域では星が見えづらいことを理解する。 ・この現象が、一種の環境問題としてとらえられていることを理解し、「光害」という言葉を知る。  ②夜空メーター ・夜空の明るさを測定する	・暗い地域では星が見えやすく、明るい地域では星が見えづらいことに気づかせる。 ・明るいために星が見えづらくなっている現象が環境問題としてとらえられており、その調査活動のため、夜空の明るさを測定する必要があることを理解させる。  ・実際に夜空メーターを見せて、	夜空メーター一式、

	<p>ものとして、夜空メーターがあることを知る。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・夜に行う測定に向けて夜空メーターの使い方などを体験し、理解する。</li> </ul>	<p>その仕組みをごく簡単に説明する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・夜空メーターの使い方、測定してもらいたいポイントを説明する。実際に、班ごとに夜空メーターを使って教室内の明るさを測らせる。</li> </ul>	<p>三脚、受け台、輪ゴム、説明書</p>
まとめ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・他の地域の観測結果から予想する。</li> <li>・宮中学校の夜空を観測し、夜空の環境について考える。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・他の地域の観測結果を示したうえで、自分たちの住んでいる地域の明るさを予想させる。</li> <li>・宮中学校の夜空の明るさを観測させ、生徒たちが住んでいる夜空の環境について考えさせる。</li> </ul>	<p>観測用紙、アンケート用紙、夜空メーター一式、三脚、受け台、輪ゴム</p>

## 夜空メーター測定記入用紙

宮中学校 3年 組 名前 \_\_\_\_\_

※予想(天頂): \_\_\_\_\_ mV , \_\_\_\_\_ 色

※教室内 明るいとき: \_\_\_\_\_ mV

暗いとき: \_\_\_\_\_ mV

測定場所: 宮中学校 天候: \_\_\_\_\_

測定日時: 2007年 月 日 時 分頃

※結果 天頂: \_\_\_\_\_ mV ※考察(光源を考えよう)

北: \_\_\_\_\_ mV ⇒ \_\_\_\_\_

西: \_\_\_\_\_ mV ⇒ \_\_\_\_\_

南: \_\_\_\_\_ mV ⇒ \_\_\_\_\_

東: \_\_\_\_\_ mV ⇒ \_\_\_\_\_

※夜空メーターを使ってみての感想を聞かせてください。

※改善してほしいところや要望などを書いてください。

ご協力ありがとうございました。

図 3-3-3 実践授業で使用したワークシート

授業中に夜空メーターを使って実際に教室内を測定した(表 3-3-2)。窓をカーテン等で覆い、蛍光灯を照らした明るい場合と、蛍光灯をすべて消した暗い場合の 2 つの環境を想定して行った。2 クラスの間で平均に差が出たのは蛍光灯の点灯個数が違うためである。

表 3-3-2 教室内結果の平均

	明るい環境(mV)	暗い環境(mV)
3 年 1 組(25 名)	45.6	9.9
3 年 2 組(28 名)	22.3	13.5

次に、日本全国、宮城県内、仙台市内の夜空メーターの測定結果(図 3-3-4、3-3-5、3-3-6)を見て、全国各地の夜空の明るさを比較し、蔵王町の夜空の明るさ(天頂の電圧値)を予想し(表 3-3-1、図 3-3-7)、また、測定結果における 4 段階に分かれた夜空の明るさの程度を示すアイコンの色とその電圧値の関係を表 3-3-4 に示す。

予想の結果から、8 割以上の生徒が青色の 10mV 以下の低い電圧値を示しており、自分たちの住んでいる地域の夜空の環境を、星空観察に適している、光害の影響をあまり受けていないと考えていることが理解できた。しかし、8 割以上の生徒が青色アイコンを予想しているのにも関わらず、2 クラスともに予想電圧値が 10mV を超えていたため、うまく生徒たちに伝えることができなかったことは授業改善が求められると考えられる。また、実践授業で利用した説明資料を付録 D に示す。

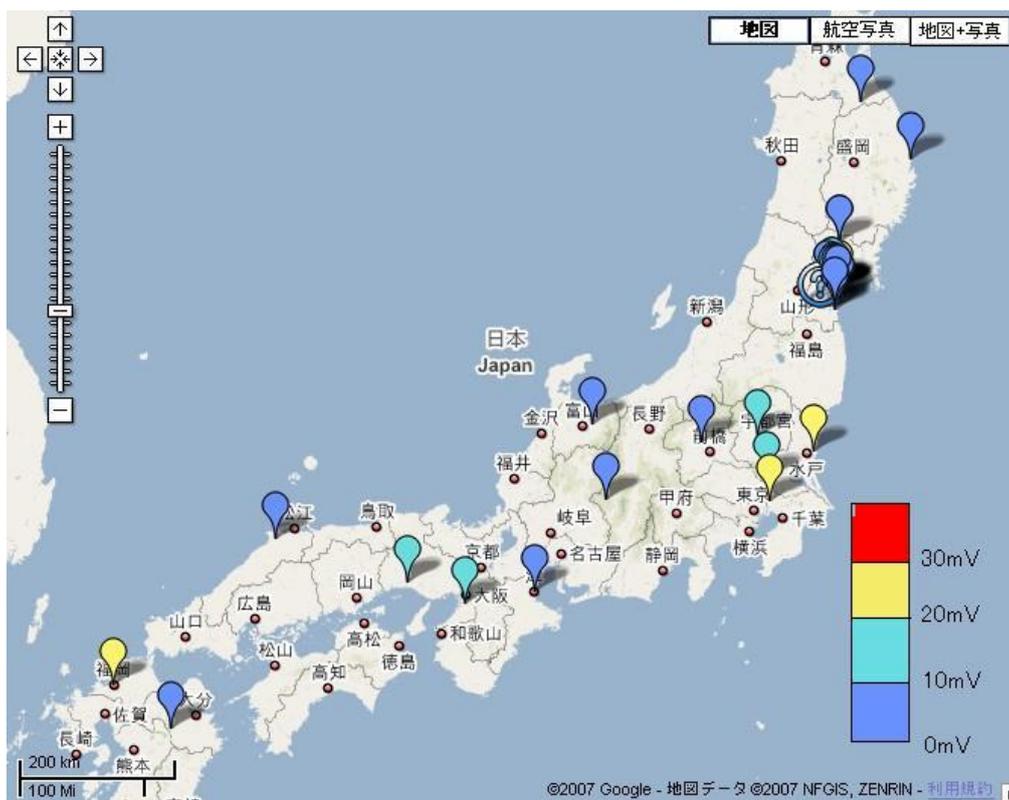


図 3-3-4 日本全図の測定結果



図 3-3-5 宮城県内の測定結果



図 3-3-6 仙台市内の測定結果

表 3-3-3 蔵王町の天頂予想電圧値の平均

	平均電圧値(mV)
3年1組	12
3年2組	10.7

表 3-3-4 アイコンの色と電圧値の関係

色	青色	水色	黄色	赤色
電圧値[mV]	0~10	10~20	20~30	40~

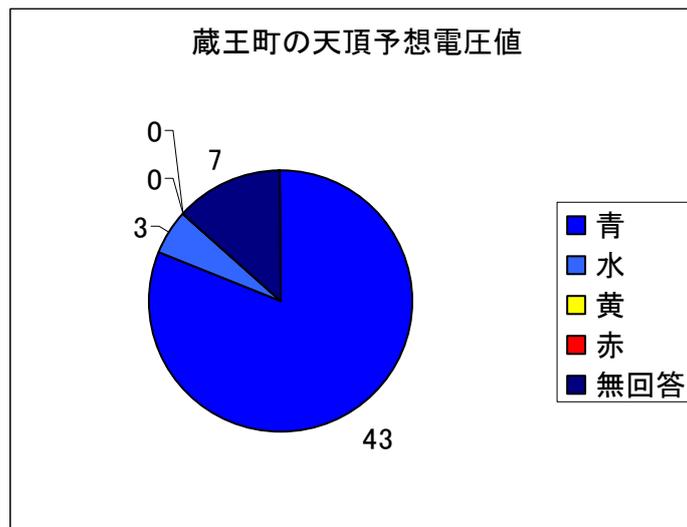


図 3-3-7 夜空メーターを用いた蔵王町の天頂予想電圧値

また、2007年12月11日、宮中学校グラウンドにおいて夜空メーターを用いた観測会を行った（図 3-3-8）。当日の空模様はあいにくの曇天ということで日が沈む前に観測を行ったため、参加者は9名であった。日がまだ沈む前だったため9名の平均値は93mVと大きい値になり、夜空の明るさを正確に測定できなかったと考えられる。しかし、教室内で夜空を想定した測定とは違い、実際の空を測定できた生徒たちにとっては、自分たちの住んでいる地域の夜空の環境について考えることができたと理解できる。



図 3-3-8 夜空メーターで観測する生徒

#### (4) 授業の評価

宮中学校での授業実施後に、表 3-3-4 の内容について、授業についてのアンケート調査を行った。質問 1～3 については、授業を受ける前の段階で、4～7 については授業を受けた後の段階での内容である。アンケートの結果については図 3-3-8 に示す。

質問 1 では、2 における星空に興味があるか否かに関係なく、夜に外に出歩いてふと空を見上げることなので、8 割の生徒が星空を見上げることがあったことに納得できる。

質問 2 では、1 で見上げることがあると答えた生徒の中から、8 割の生徒が星空に興味があることが分かった。やはり、星空に興味がある生徒が星空を見上げ、星空に興味がない生徒は見上げることすらしない傾向が強いと考えられる。

質問 3 では、中学校の学習内容にない「光害」を、知らない生徒は 6 割と過半数を超えた。しかし、「光害」を知っている生徒が 2 割いたことは予想外だった。

質問 4 では、夜空が明るいときと暗いときの北斗七星を示したことで、暗い地域では星が見えやすく、明るい地域では星が見えづらいことについて、9 割の理解が得られたことは評価すべき点である。

質問 5 では、夜間の不適切な照明によって、動植物や人体に影響を及ぼす「光害」について 8 割の生徒の理解が得られたと考えられる。

質問 6 では、7 割の生徒が夜空メーターを使って測定したいとの結果が得られた。初めて夜空メーターを使う生徒たちにとって、発光ダイオードと夜空の明るさを一致させる難しさがあったせいか、アンケート番号 4、5、7 の結果と比較して、「はい」と答える生徒が約 1 割少なかった。

質問 7 では、授業を経て、2 と比較して、生徒の星空に対する興味を 6 割から 8 割に上げることができたことは評価すべき点である。

また、実践授業後の感想を図 3-3-10 に示す。

表 3-3-5 授業後に実施したアンケート内容

質問番号	内容
1	今までの普段の生活で星空を見上げることがありますか。
2	今まで、星空に興味がありましたか。
3	今まで、「光害」という現象（明るいために天体観測などに障害を及ぼすこと）を知っていましたか。
4	暗い地域では星が見えやすく、明るい地域では星が見えづらいことを理解できましたか。
5	「光害」という現象を理解できましたか。
6	夜空メーターを使って測定したいと思いましたか。
7	星空、夜空に興味を持つことができましたか。

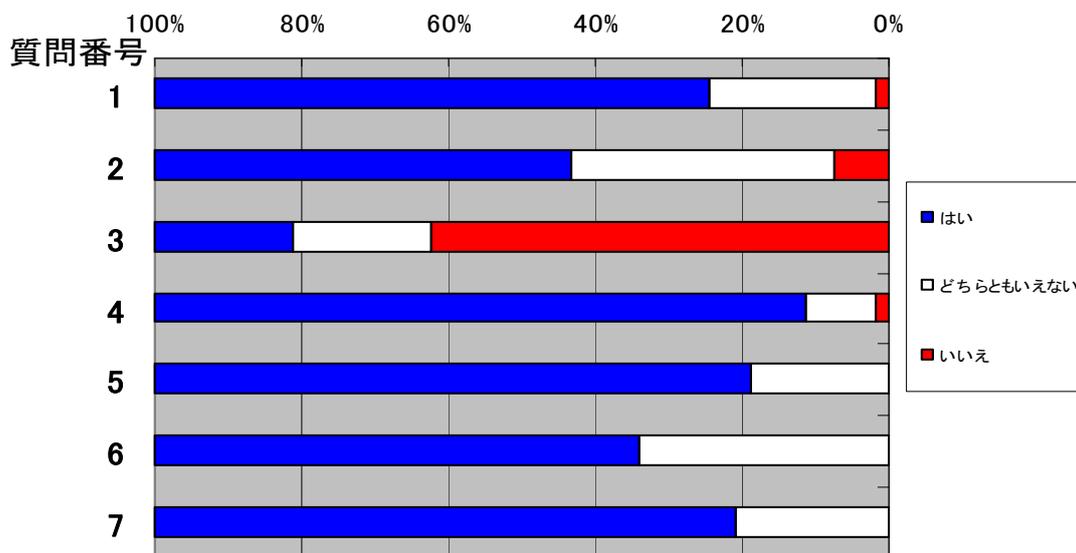


図 3-3-9 授業後に実施したアンケート結果

- ・ なかなか見方が難しかった。
- ・ さまざまなことが分かった。
- ・ 夜空の暗いときや明るいときの違いが分かった。
- ・ 楽しかった。
- ・ 分かりやすかった。

図 3-3-10 実践授業後の感想(自由記述)

### 3-4 蔵王町での活動

2007年11月16日、蔵王町生涯学習課主催の「学びあい、支えあい」地域活性化推進事業の一環として、蔵王町役場ございんホールとその駐車場において、夜空の明るさについての講話と夜空メーターの測定を含んだ観望会を行った(図3-4-1)。参加人数は約20名である。講話内容は、夜空の明るさについて、「光害」について、夜空メーターの紹介・仕組み・使い方について説明し、日本全国・宮城県内・仙台市内の測定結果を見せた。仙台市と比べて、蔵王町はあまり「光害」を受けていない、環境によく、星空観察に適している夜空があることを理解してもらえたと考えられる。蔵王町での測定結果を表3-4-1に示す。北の方角だけ電圧値が大きくなったのは、町役場から漏れる明かりと道路があったためだと考えられる。しかし、それでも電圧値は10mV未満であることから、蔵王町の夜空は天体観測に恰好な場所であるとともに、「光害」を受けていない夜空と考えられる。また、講和で利用した説明資料を付録Dに示す。



図3-4-1 夜空メーターの使い方の説明

表3-4-1 蔵王町での測定結果

測定方角	天頂	東	西	南	北
電圧値(mV)	4.8	4.7	5.6	4.8	9.7

## 4 章 夜空メーターを利用した星空環境調査

### 4-1 過去の夜空メーターを利用した星空環境調査

2005 年度には 9 月から 11 月にかけて、2 回の共同観測が行われ期間中のべ 35 回測定され(伊藤ほか、2005、千島、2007)、その詳細な全測定結果を付録 E(1)に示した。天頂の測定結果を各測定値の夜空の明るさとして比較を行うために、GIS のフリーソフトを利用し、宮城県の地図上に表した。夜空の明るさマップを作成したことで、視覚的に各地点の夜空の明るさの比較を行うことができたが、一方で、測定範囲がほぼ宮城県内に限られたため、全国の夜空の明るさと比較するところまではいけなかったと考えられる。

### 4-2 2007 年度の日本全国と宮城県内における星空環境調査

2007 年度も引き続き、夜空メーターを利用した星空環境調査を行った。参加者に夜空メーターを配布し、共同観測を行った。2007 年度の共同観測期間として、夏、秋、冬の 3 期にわたり、各々 21 時と 23 時に測定を行った。21 時は人間の夜間活動が盛んな時間帯、23 時は人間の夜間活動が少ない時間帯と想定し、時間設定している。測定対象は、天頂、東西南北の高度 10 度、明るい恒星である。2007 年度の夏、秋、冬の詳細な全測定結果を付録 E(2)~(4)に示した。そして、日本全国、宮城県内、仙台市内、各々の夜空の明るさが比較できるように、天頂の測定結果を、Google マップを利用した。Google マップとは、Google 提供の電子地図サービスで、地図をクリックしたまま上下左右にドラッグして表示地域を移動できる。その Google マップのマイマップ機能を利用して、夜空メーター測定結果の夜空の明るさマップを作成した。Google マップを利用するにあたって、参加者が全国、世界から閲覧できること、場所や時間に限らず更新ができること、更新の容易さといった利点がある。

そして、下記の URL があれば全国、世界から閲覧することができる。

夜空メーター測定結果マイマップ URL

<http://www.hosizora.miyakyo-u.ac.jp/study/vozora06.html>

また、夜空の明るさマップの作成方法は、Google マップからメールアドレスとパスワードを入力してログインし、マイマップ機能を利用して新しいマップを作成、また測定結果を追加したい場合は編集できる。

#### 4-3 日本全国と宮城県内における星空環境調査結果

日本全国と宮城県内における星空環境調査結果を図 4-3-1-4-3-9 に示した。また、2005 年度(伊藤ほか、2005)と 2007 年度の天頂の全測定結果を夜空の明るさマップとして図 4-3-11-4-3-13 に示した。

##### (1) 夏の測定結果

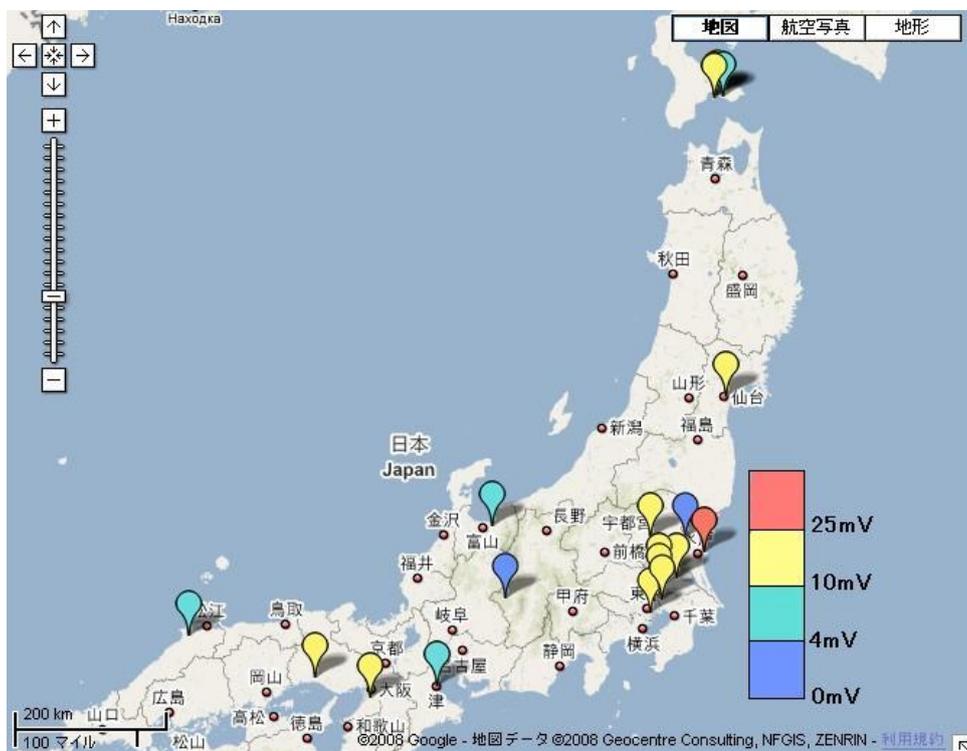


図 4-3-1 2007 年 8 月 5 日～9 月 8 日 21 時の測定結果(全国)

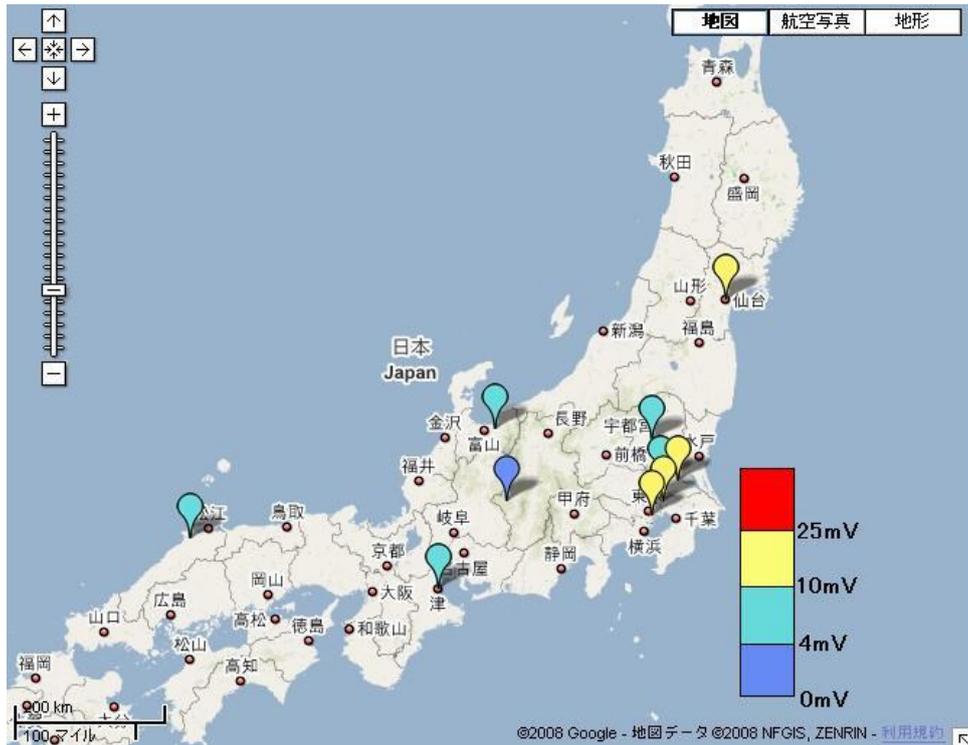


図 4-3-2 2007 年 8 月 5 日～9 月 8 日 23 時の測定結果(全国)

夏の測定は、2007 年 8 月 5 日から 9 月 8 日までを共同観測期間とし、北は函館から南は松江まで広範囲において、のべ 62 件の測定結果が集まったが、宮城県内はのべ 3 件であった。

図 4-3-1 の 21 時の結果から、函館市、仙台市、堺市、関東地方の各都市において 10mV 以上の大きい値を示している。一方、茨城県常陸大宮市、長野県王滝村においては、夜間活動が盛んな時間帯にも関わらず 4mV 以下の非常に小さい値を示していることから、光害の影響をあまり受けておらず、星空観察に適している場所だと考えられる。

また、図 4-3-2 の 23 時の結果から、測定地点が減少していることもあるが、大きい値を示しているのが仙台市と関東地方のみとなっているため、これらの地域は夜間で光害の影響を受けている環境である。

また、21 時(図 4-3-1)と 23 時(図 4-3-2)の測定結果から平均電圧値を比較すると、21 時は 12.6mV、23 時は 12.3mV であった。ここで、2 章 2-2 の式 (10) を利用して 21 時と 23 時の等級差を求めると 0.03 等級という結果になり、21 時と 23 時の夜空の明るさはほとんど変化していない。これは、東京を中心とする関東地方では、23 時でも大きい値を示したことが大きく影響していると考えられる。

(2) 秋の測定結果

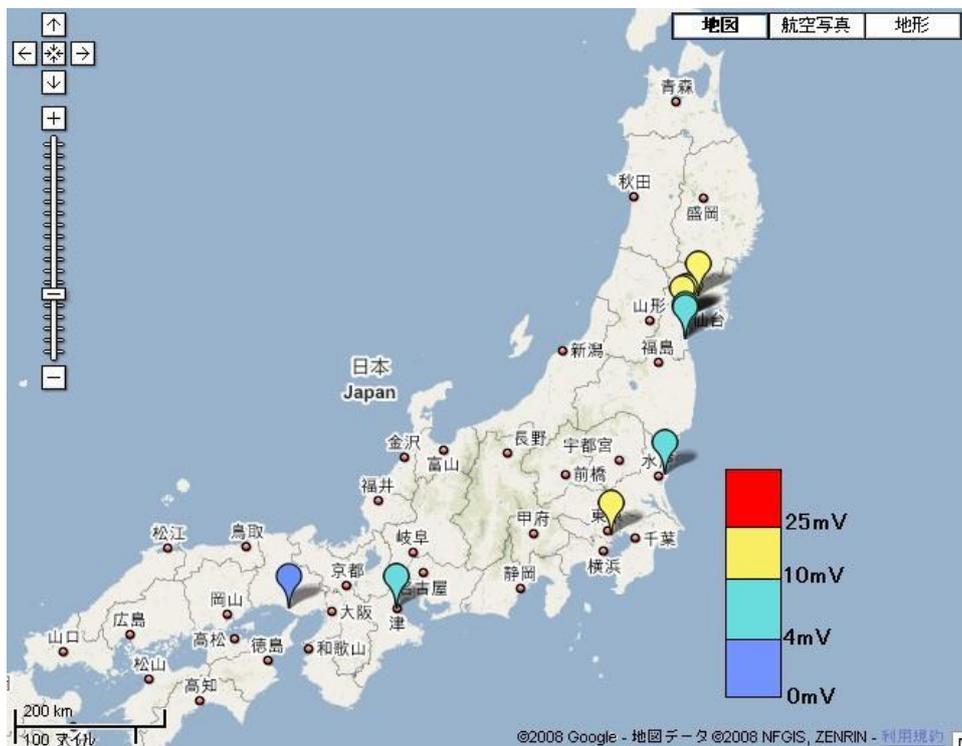


図 4-3-3 2007 年 10 月 4 日～11 月 14 日 21 時の測定結果 (全国)

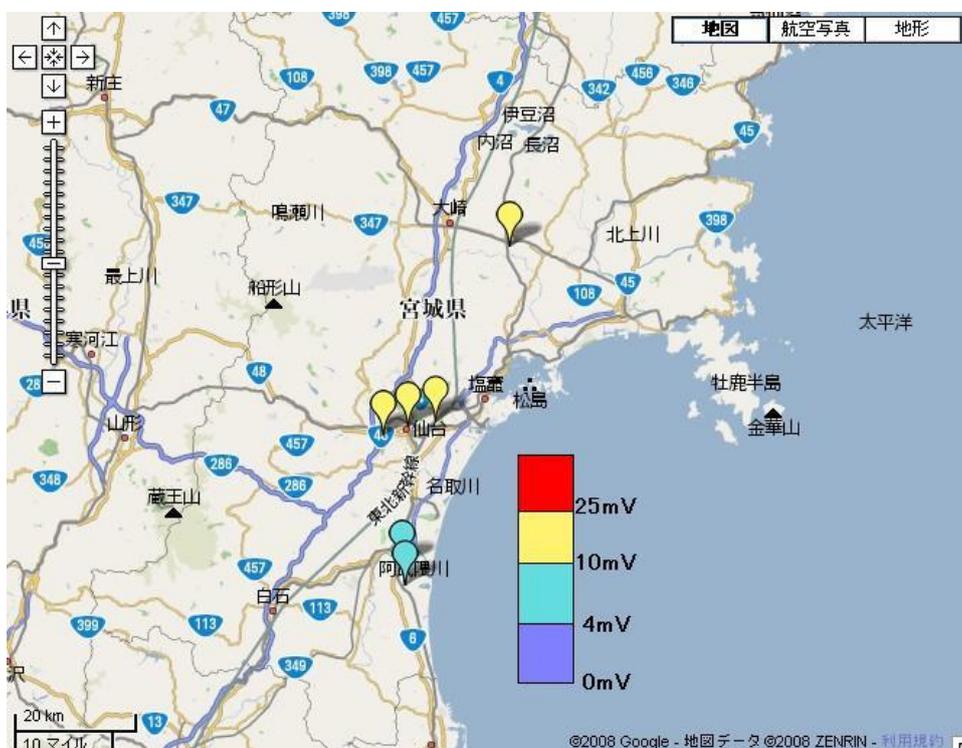


図 4-3-4 2007 年 10 月 4 日～11 月 14 日 21 時の測定結果(宮城県内)

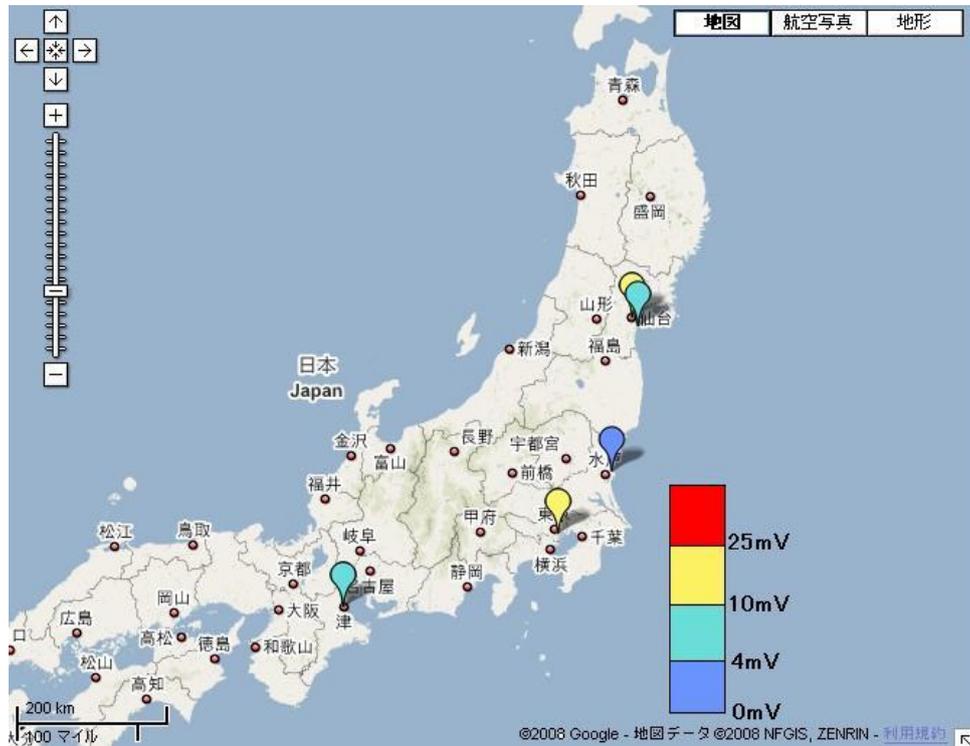


図 4-3-5 2007 年 10 月 4 日～11 月 14 日 23 時の測定結果(全国)

秋の測定は、2007 年 11 月 10 月 4 日から 11 月 14 日までを共同観測期間としたが、のべ 17 件の測定結果にとどまった。

図 4-3-3～4-3-4 について、21 時における夜空の明るさは、東京都港区、仙台市で大きい値を示している。一方、この夜間活動が盛んな時間帯でも、兵庫県西はりま天文台では電圧値が 0.8mV と非常に小さい。他にも、西はりま天文台ほど小さい値ではないが富山県中新川郡(3.8mV)、つくば市(3.8mV)でも星空観察に適している場所と考えられる。

また、21 時(図 4-3-3)と 23 時(図 4-3-5)の測定結果から平均電圧値を比較すると、21 時は 10.2mV、23 時は 7.6mV であった。ここで、2 章 2-2 式 (10) を利用して 21 時と 23 時の等級差を求めると 0.39 等級という結果になり、夏の測定結果と比較すると、秋は 21 時から 23 時にかけて夜空の明るさが暗くなっていることが分かる。秋は、夏より水蒸気が少なく大気の透明度が高いためであると考えられる。

(3) 冬の測定結果

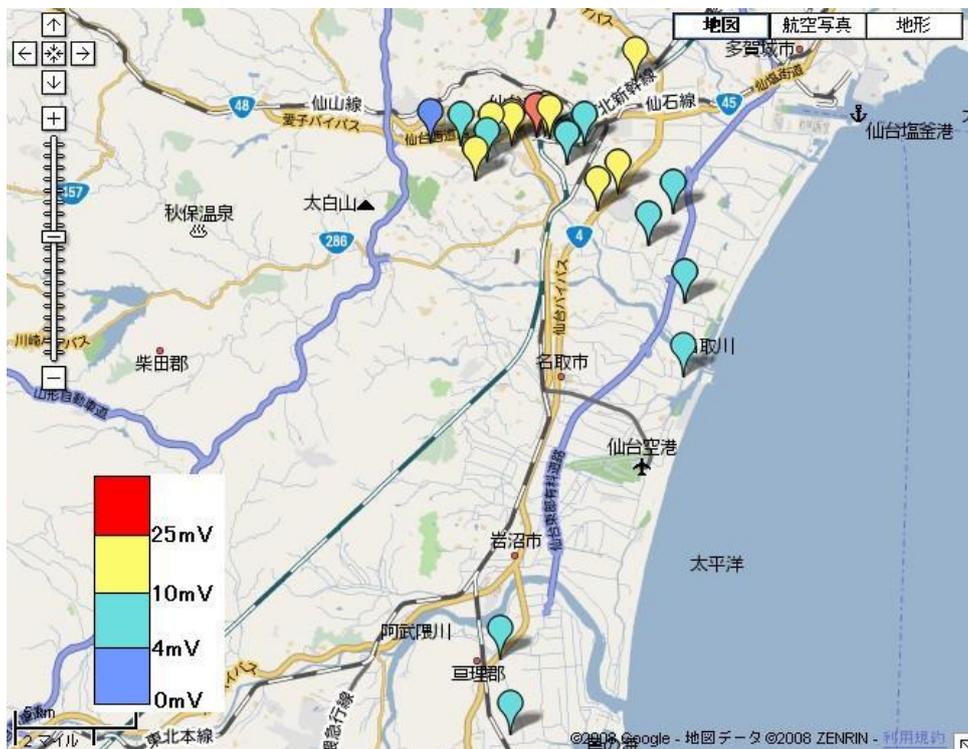


図 4-3-6 2008 年 1 月 15 日～1 月 31 日 21 時の測定結果(宮城県内)



図 4-3-7 2008 年 1 月 15 日～1 月 31 日 21 時の測定結果(仙台市内)



図 4-3-8 2008 年 1 月 15 日～1 月 31 日 23 時の測定結果(宮城県内)



図 4-3-9 2008 年 1 月 15 日～1 月 31 日 23 時の測定結果(仙台市内)

冬の測定結果は、宮城県内の夏と秋の測定結果の少なさの反省から、県内 20 ヶ所、のべ 44 件の測定結果を集めたが、全国の測定結果は現在未回収である。

図 4-3-6~4-3-7 について、21 時の宮城県内と仙台市を拡大した明るさマップから、仙台駅を中心に明るい夜空になっていることが分かる。人の夜間活動が盛んな時間帯だけあって、仙台駅西口では電圧値が 40mV を超え、光害の影響を受けており、非常に明るい夜空であることから、星空観察には適していないことが考えられる。また、仙台駅から離れるにともない、夜空も暗くなっていることが分かる。ただし、宮城野区小鶴、若林区古城、霞ノ目交差点では、国道沿いに位置し、付近に夜間も営業している店舗が存在するため、大きい値を示していることが考えられる。一方、仙台駅から離れた宮城教育大学などの青葉山、仙台一高、さらに離れた若林区六郷、名取市、亘理町では、この時間帯でも夜空が暗く、星空観察に十分適している場所と考えられる。

また、21 時(図 4-3-6)と 23 時(図 4-3-8)の測定結果から平均電圧値を比較すると、21 時は 12.8mV、23 時は 8.2mV であった。ここで、2 章 2-2 の式 (10) を利用して 21 時と 23 時の等級差を求めると 0.69 等級という結果になり、夏、秋と比較して大きく夜空が暗くなっていることが分かる。しかし、23 時は人の夜間活動が少なくなってくる時間帯ではあるものの、仙台駅近辺、国道沿いは明るく、1 日を通して星空観察には適していないことが分かる。反対に、それ以外の測定地点では、この時間帯になれば照明がおとされることが考えられる。

また、季節ごとの夜空メーターの平均電圧値の比較を図 4-3-10 に示す。夏から冬にかけて 21 時と 23 時の夜空の明るさの差が大きくなっている。この原因としては、測定地点が異なるため比較は難しいが、冬にかけて大気の透明度が高くなり夜間の明るさの減少につながった可能性もある。

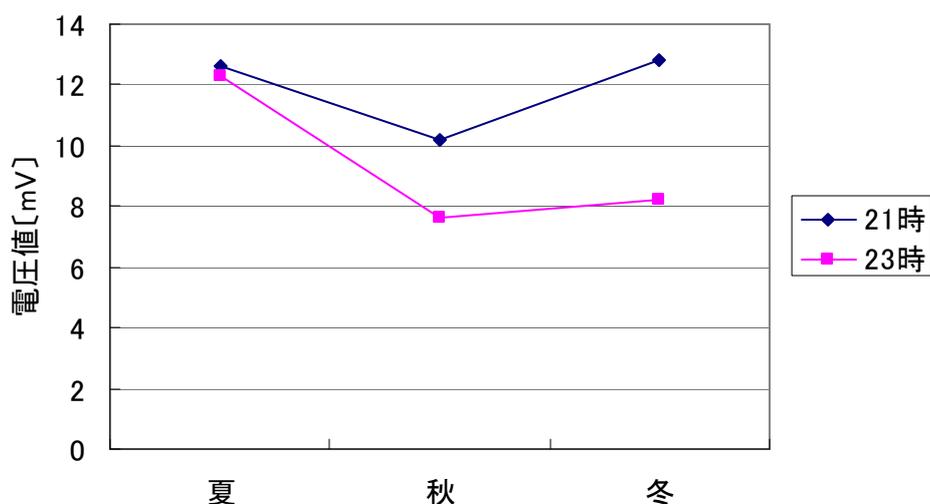


図 4-3-10 季節ごとの全測定値の平均の比較

#### (4) 2007年度全体の測定結果を通しての課題

夏、秋、冬を通じて、全体的に測定地点が少なかったこと、季節ごとに同じ地点で測定、比較ができなかったことが反省点である。そのため、各季節における同じ時間帯の場所ごとの比較はできたが、同じ場所での時間帯による比較と季節による比較、経年変化の比較ができなかったと考えられる。

#### (5) 2005年度(伊藤ほか、2005)と2007年度の測定結果

2005年度(伊藤ほか、2005)と2007年度において、夜空メーターを利用して多くの地点で観測してきた。21時と23時、他の時間帯も含む2005年度と2007年度の全国の測定結果を図4-3-10に、宮城県内の測定結果を図4-3-11に、仙台市内の測定結果を図4-3-12にそれぞれ示す。図4-3-10から、関東、大阪、福岡、函館、仙台を中心とした都市で夜空が明るいことが分かる。また、図4-3-11と4-3-12から、仙台駅を中心に明るい夜空になっていること、おおよそ仙台駅から離れるにつれて、徐々に夜空が暗くなっていることが分かる(図4-3-14)。

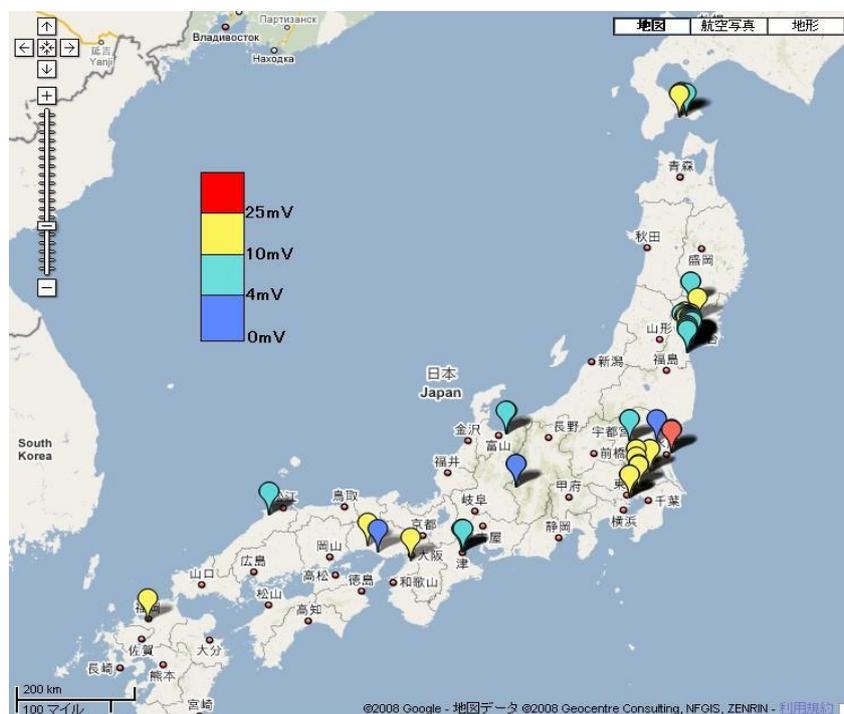


図 4-3-11 2005年度と2007年度の全国の測定結果

2005年度と2007年度の全観測測定結果(21時と23時、他の時間帯も含む)

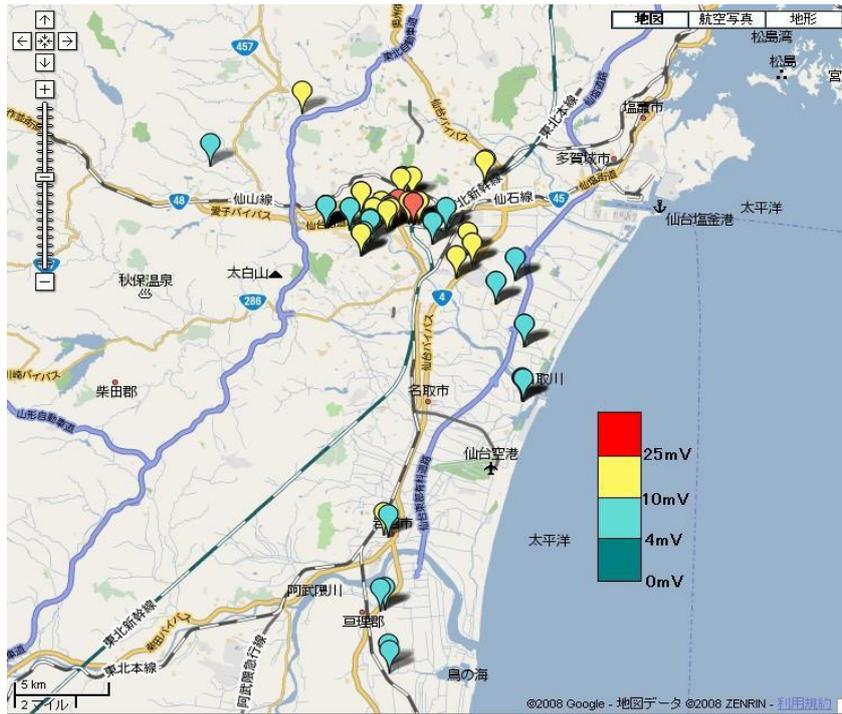


図 4-3-12 2005 年度と 2007 年度の宮城県内の測定結果

2005 年度と 2007 年度の全観測測定結果(21 時と 23 時、他の時間帯も含む)



図 4-3-13 2005 年度と 2007 年度の仙台市内の測定結果

2005 年度と 2007 年度の全観測測定結果(21 時と 23 時、他の時間帯も含む)

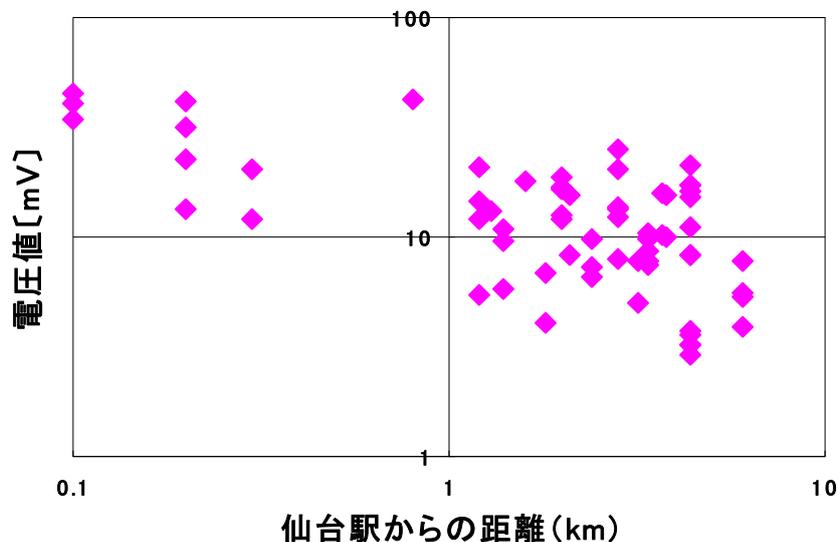


図 4-3-14 図 4-3-13 に関する 2005 年度と 2007 年度の 21 時と 23 時、他の時間帯も含む仙台市内の測定結果を利用した仙台駅からの距離と電圧値の関係

#### 4-4 スカイ・クオリティ・メーター(SQM)との比較

1 章の 1-2 で紹介した SQM (図 4-4-1) を利用して、夜空メーターの測定結果と比較をした。安価で製作できる夜空メーターの精度を確認するためである。比較データは冬の天頂の測定結果で、表 4-4-1 に示す。また、夜空メーターと SQM の観測結果の比較を図 4-4-2 に示した。

SQM の測定結果は 1 秒角あたりの等級を表すので、夜空メーターとは反対に、夜空が暗いほど大きな値を示し、明るいほど小さい値を示す。図 4-4-2 より、SQM の測定結果値(等級)を  $N$ 、夜空メーターの測定結果(電圧)値を  $E$  とすると、それらの関係は、

$$N = -6 \log E + 21 \quad (1)$$

となった。



図 4-4-1 SQM(Unihedron 社製)

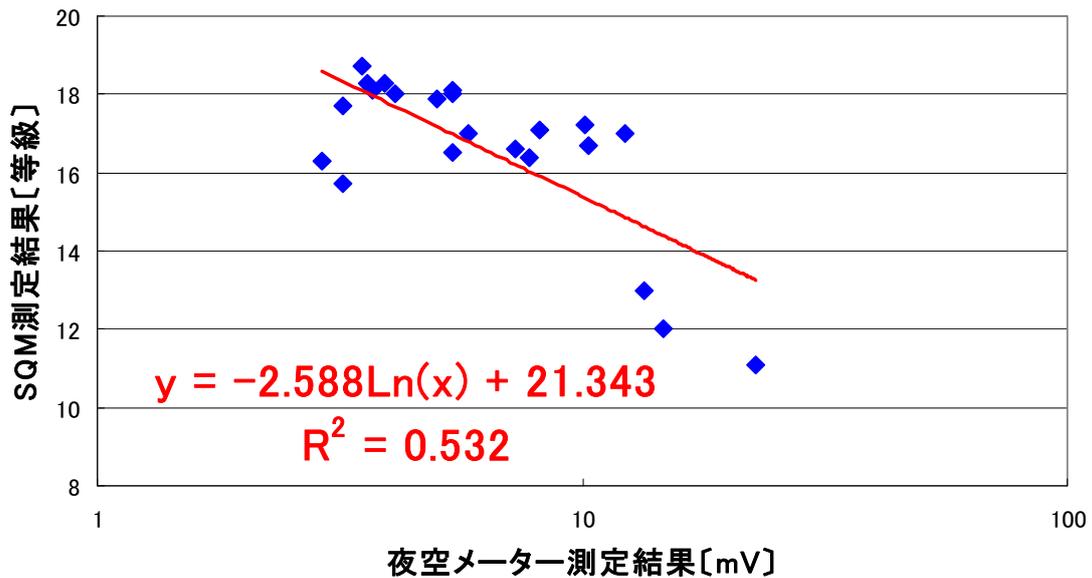


図 4-4-2 夜空メーターと SQM の観測結果の比較

$y = -2.6\ln x + 21$  ( $x$ : 夜空メーター測定結果値、 $y$ : SQM 測定結果値) の近似式で表される。この近似式を常用対数に変換すると、 $y = -6\log x + 21$  の近似式で表される。

表 4-4-1 2008 年の冬の測定結果における夜空メーターと SQM の測定結果

SQM の値；満月が煌々と照らされている夜空の状態時は「17」、  
 ほぼ真っ暗な夜空の状態時は「21 以上」

(国際光器 <http://www.kkohki.com/> )

測定日	測定時間	測定場所	夜空メーター	SQM
126	2300	宮教大天文台	2.9	16.3
126	2200	宮教大天文台	3.2	15.7
126	2100	宮教大天文台	3.2	17.7
127	2400	名取市ゆりあげ	3.5	18.7
126	2000	宮教大天文台	3.6	18.3
126	1900	宮教大天文台	3.7	18.1
127	2400	若林区十呂盤	3.9	18.3
127	2400	宮城球場	4.1	18
127	2400	東北大学工学部近く	5	17.9
127	2400	東六郷小前	5.4	18
127	2400	仙台高裁前	5.4	16.5
125	2130	名取市ゆりあげ	5.4	18.1
127	2300	仙台一高	5.8	17
127	2400	青葉城址	7.3	16.6
127	2400	八木山	7.8	16.4
127	2330	国際センター前	8.2	17.1
127	2300	若林区古城	10.1	17.2
127	2400	若林区霞ノ目交差点	10.3	16.7
127	2330	仙台駅東口代ゼミ裏	12.2	17
127	2330	仙台駅東口 BiVi	13.4	13
127	2330	晩翠草堂前	14.7	12
127	2330	仙台駅西口さくらの向かい	22.7	11.1

式 (1) より、夜空メーターの測定結果から、測定している夜空の等級を求めることができた。しかし、測定方法から、SQM は夜空の暗度を 1 秒角あたりの等級で測定しているのに対し、夜空メーターは光学系の筒を通して約 6° の夜空の範囲を測定する。ここで、夜空メーターの視野角 6° を SQM と同様になるように 1 秒角に変換する。夜空メーター視野角 6° で見える明るさを  $L_y$ 、SQM1 秒角で見える明るさを  $L_s$ 、式 (1) から求まる夜空

メーターの等級を  $N_y$ 、SQM から求まる等級を  $N_s$ 、 $6^\circ = (2.2 \times 10^4)'' = x$  とすると、

$$\log \frac{L_y}{x^2} = \log L_s \quad (2)$$

となればよい。よって、

$$\log \frac{L_y}{L_s} = \log \left( \frac{x}{\pi} \right)^2 = \log 100 \frac{N_s - N_y}{5} \quad (3)$$

ここで、 $6^\circ = (2.2 \times 10^4)''$  を代入すると、

$$2\log 2.2 + 8 \cdot 2\log \pi = \frac{2}{5} (N_s - N_y) \quad (4)$$

よって、

$$N_y = N_s - 19 \quad (5)$$

電圧 10mV のときの夜空の等級を基準とした場合、夜空メーターによる夜空の測定等級は、SQM の等級より 19 少なくなると考えられる。ここで、2章 2-2 式 (10) の等級差と電圧比の関係と比較し (1) 式の比例係数は約 1.7 倍であった。ただし、2章 2-2 式 (10) の関係式は誤差の大きい 4mV 時の測定値を含むほか、4mV から 30mV の狭い電圧範囲の測定結果から求めたものである。30mV 以上、100、200mV まで測定し、広い電圧範囲における夜空メーターの等級と電圧の関係式を求めることにより、より正確な比例係数が求まった可能性がある。

## 5章 議論

発光ダイオードの選定をすることによって、より規格の統一した精度の高い、夜空メーターの改良を行ってきた。また、全国各地に夜空メーターを配布し、その観測結果を収集して、夜空の明るさマップを製作し、それぞれの観測場所において比較を行ってきた。そして、最終的に中学校などの教育現場で実践授業を行ってきた。

図 5-1、5-2 は中学生の理科意識調査結果（池田、2007）である。図 5-1 から、児童・生徒の 6 割が天文分野の属する理科 2 分野を最も好きな科目として挙げている。1 分野の約 3 倍の人数である。また、図 5-2 から実験・観察が好きだと回答している児童・生徒は 7 割を超えている。よって、それらの結果から、理科の中でも 2 分野、特に実験・観察を好んでいると考えられる。

総じて、理科 2 分野、実験・観察、星空に対して、多くの児童・生徒が好んでいる学習領域だと考えられる。

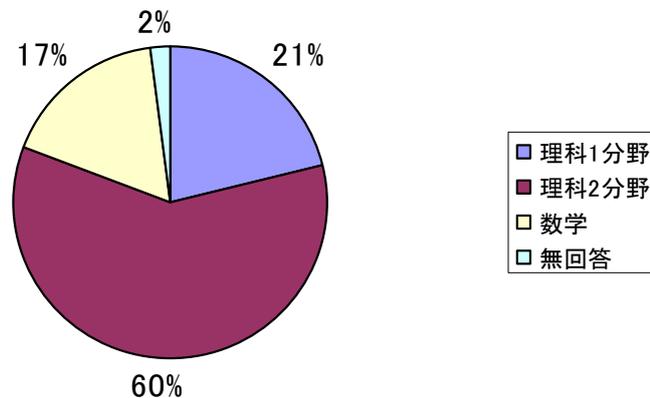


図 5-1 理科・数学の中で最も好きな科目についてのアンケート結果

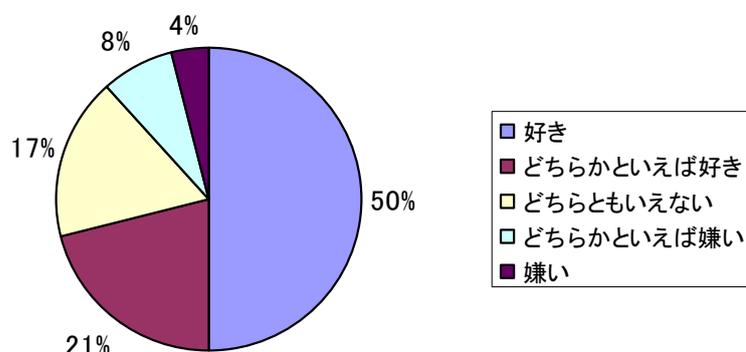


図 5-2 実験・観察についてのアンケート結果

宮中学校での実践授業を振り返って、授業後は、星空に興味を持つことができた生徒、光害という現象を理解できた生徒が、それぞれ 8 割を超えたという点は評価できると 3 章の 3-3 で前述した。一方、授業後に、夜空メーターを使って実際の夜空を測定したいか、という質問事項に対しては、「はい」と回答した生徒は、他のアンケート結果より 1.5 割少ない 7 割にとどまった。その原因として次のことが考えられる。

1. 発光ダイオードと夜空の明るさを同程度に調節することが難しい。
2. 一人で測定するのは難しい。
3. 実際の夜空ではなく、教室内を暗転して測定したことで現実味がない。
4. 測定の意義が分からない。

1 に関しては、全体的に、より簡単な仕組みで、発光ダイオードと夜空の明るさを容易に調節、比較することができるように改善することが必要である。2 に関しては、一人で夜空メーターを操作した方が測定しやすいことを、測定前に徹底して指導していくべきだと考えられる。しかし、その場合は三脚があることが必須だ。これは、宮中学校における実践授業のため、各班に 1 つずつの三脚を配布した。しかし、学校現場以外において、実際の夜空の明るさを測定する場合、三脚がない場合を想定して、マグネットやマジックテープを用いた代用品を考えている。夜空メーターの光学系を固定できるものがあれば天頂や東西南北 10 度だけでなく、さまざまな星を測定することができると考えられる。3 に関しては、授業という枠組みでは限界がある。授業は昼間であり、放課後に測定するとしても時間に限りがあり、夜空を測定することはほぼ不可能だ。できる限り教室を暗くすることが必要だと考えられる。4 は、全国各地との夜空の明るさを比較することによって、自分たちの住んでいる地域の星の見やすさ、光害について調べることができると考えられる。また、大きく環境問題としてとらえ、日頃から夜空の明るさ、星空、光害を考えるきっかけにな

ることが必要である。光害対策として、児童・生徒個人でできること、学校・地域を通してできることをそれぞれ考えることも大いに効果があると考えられる。

## 6章 まとめ

本研究では以下のことを研究・実践してきた。

1. 夜空メーターに用いる発光ダイオードの選定
2. 夜空メーターを用いた教育現場での実践授業と測定
3. 全国各地の夜空メーターの測定結果からの明るさマップの作成

1に関しては、発光ダイオードには特性があるため、同じ夜空を測定した場合でも、夜空メーター間における誤差があった。そこで、光電子測光装置を用いて同程度のカウント値を示したものを選定することによって、誤差の少ない精度の高い夜空メーターを開発・改良してきた。しかし、さらに精度の高い、使いやすい夜空メーターに改善することが必要だと考えられる。

2に関して、小中学生にとって、学習内容にない光害という現象はやや難解な分野だといえる。しかし、前章で述べたとおり、児童・生徒が、光害にとどまらず、日頃から大きく環境問題として考えるきっかけとなればよい。そのためには、実践授業などの児童・生徒に指導する場面において、さらに分かりやすい授業を考えることが必要だ。

3に関して、全国各地の測定結果を明るさマップとして作成してきた。全国各地の明るさを一目で比較することができる。しかし、全体的に測定地点を増やすこと、同じ場所での時間帯による比較と季節による比較、経年変化の比較することが必要だと考えられる。

## 謝辞

本卒業論文のための研究を進めるにあたり、さまざまな場面でのご助言、懇切丁寧なご指導をしてくださいました宮城教育大学教育学部惑星科学研究室（地学科）の高田淑子准教授に深く感謝いたします。

また、本研究での夜空メーターに関する多くの場面、仙台市天文台での測定実習、宮教大での製作実習でご指導をしてくださいました仙台第一高等学校の伊藤芳春先生、製作学習でご指導くださいました鶯沢工業高等学校の蘇武義廣先生、実践授業を行うにあたり、実践学校の手配・授業内容についてのご指導をくださいました校長先生、西川洋平先生をはじめとします蔵王町立宮中学校のみなさま、宮中学校での実践授業、蔵王町での講和会、観望会を行うにあたり、当日の手配・内容についてご指導をくださいました、池田直人さまをはじめとします蔵王町生涯教育課のみなさま、本研究を進めるにあたり、多くのご指導くださいました気仙沼市立松岩中学校の千島拓朗先生に深く御礼申し上げます。

ならびに、実践授業および研究活動全体を通じてご指導・ご意見、暖かいご援助をしてくださいました同研究室の齋藤弘一郎さん、鈴木雄太君、木村雄太君、三浦宏明君、伊藤友美さんに深く感謝いたします。

最後に、上記のみなさまをはじめ、自分を励まし、支えてくださった全ての関係者のみなさまにこの場を借りて心から深く御礼申し上げます。

## 参考文献

- 池田直人(2007) 「蔵王町立宮中学校 SPP 事業報告書」
- 伊藤芳春・千島拓朗・三澤宇希子・高田淑子(2005) 「夜空メーターの製作と星空環境の測定 その2」 環境教育研究紀要第8巻 p.75-77
- 大林均(2001) 「天文学はじめの一步」 ステラーライト No.4 県立ぐんま天文台 p.7
- 千島拓朗(2007) 「IT 機器を利用した天文教育プログラム開発」  
宮城教育大学大学院教育学研究科修士論文 p.71-73
- 長島康雄・渡邊章(2003) 「小中学生のための天文教材(2)紙パックを用いた観測フレーム」 天文教育第15巻4号
- 長島康雄・佐々木佳恵・高田淑子・松下真人・千島拓朗・齋藤正晴・三浦高明(2003)  
「中学生が実施した光害調査による環境評価活動とその教育的意義」  
環境教育研究紀要第6巻 p.57
- 長島康雄・千島拓朗・高田淑子(2006) 「初等・中等教育における光害教材の導入に関する環境教育的検討」 環境教育研究紀要第9巻 p.81-83
- 浜島正昭(1995) 「最新 図表地学」 浜島書店
- 環境庁大気保全局大気生活環境室(1998) 光害対策ガイドライン p.10

## 付録 A

発光ダイオードの輝度測定結果値表

- (1) 170 個中 141 個のカウント値
- (2) 170 個中 29 個のカウント値
- (3) 計 170 個のカウント値
- (4) 発光ダイオードのリニアリティの精度に  
関する図 2-2-3 の測定データ表

付録 A 発光ダイオードの輝度測定結果値表

(1) 詳細に測定した 170 個中 141 個のカウント値

No	カウント値	No	カウント値	No	カウント値	No	カウント値
1	10822	41	13736	81	12089	121	13299
2	11383	42	11146	82	12032	122	14026
3	12879	43	14543	83	14666	123	14867
4	13378	44	11335	84	16915	124	14046
5	13745	45	11677	85	18191	125	11336
6	14240	46	13540	86	11614	126	15413
7	14394	47	10997	87	12427	127	11860
8	13886	48	13314	88	12760	128	16899
9	13727	49	15947	89	12597	129	17396
10	16703	50	12918	90	13139	130	15286
11	13138	51	13522	91	14059	131	13121
12	11909	52	11750	92	12908	132	14711
13	16297	53	12364	93	13551	133	17291
14	13589	54	13360	94	15690	134	13101
15	14474	55	13852	95	15507	135	13953
16	13216	56	14548	96	13793	136	14071
17	17517	57	11530	97	13738	137	13792
18	12694	58	13369	98	14576	138	15386
19	14184	59	11561	99	14488	139	14614
20	16166	60	13424	100	12734	140	14327
21	11997	61	13490	101	13132	141	16904
22	11922	62	14444	102	12209		
23	13420	63	12878	103	8748		
24	12654	64	13048	104	15783		
25	12492	65	12256	105	16608		
26	12279	66	13133	106	15341		
27	12082	67	15983	107	8867		
28	13114	68	12664	108	16365		
29	11397	69	10897	109	11277		
30	12702	70	12494	110	11023		
31	14852	71	12743	111	11443		
32	13910	72	12664	112	15825		
33	11688	73	14730	113	16192		
34	13195	74	14167	114	15158		
35	12668	75	13769	115	15902		
36	11443	76	13409	116	10977		
37	15918	77	13416	117	17416		
38	10585	78	14564	118	11390		
39	15795	79	13272	119	16062		
40	9263	80	13206	120	12680		

(2) 1000 単位で測定した 170 個中 29 個のカウント値

カウント値範囲	個数
9000-10000	3
10000-11000	3
11000-12000	3
12000-13000	1
13000-14000	4
14000-15000	5
15000-16000	4
16000-17000	1
17000-18000	2
18000-19000	3

(3) (1) と (2) を合わせて 1000 単位で分類した計 170 個のカウント値と  
各カウント値範囲における選定発光ダイオードの個数

カウント値範囲	個数	選定発光ダイオードの個数
8000-9000	2	0
9000-10000	4	0
10000-11000	9	0
11000-12000	22	0
12000-13000	27	23
13000-14000	43	42
14000-15000	25	15
15000-16000	18	0
16000-17000	11	0
17000-18000	5	0
18000-19000	4	0
計	170	80
平均値	13558.8	

(4) 発光ダイオードのリニアリティの精度に関する図 2-2-3 の測定データ表

電圧値[mV]	LED 番号 4	LED 番号 9	LED 番号 16	LED 番号 18	LED 番号 19	LED 番号 23
4	4201	4379	3992	2789	3439	3821
7	9446	9383	9199	6405	7601	8102
10	13311	13660	13149	11423	12535	13353
15	26312	22963	24356	20646	22240	24527
20	42283	39133	39417	31366	34155	39324
30	78060	67739	66607	57737	62317	72268
電圧値[mV]	LED 番号 30	LED 番号 34	LED 番号 50	LED 番号 66	LED 番号 74	LED 番号 88
4	2442	3832	2967	2489	3575	2998
7	5561	8291	6687	6181	7784	6712
10	10652	13128	11316	10485	13043	11240
15	17625	22801	20206	18714	23266	19779
20	26069	35548	30835	28589	35474	30536
30	46663	69309	56272	52864	65329	55104
電圧値[mV]	LED 番号 91	LED 番号 93	LED 番号 121	LED 番号 137	LED 番号 142	
4	3650	3250	3626	3561	2748	
7	7750	6899	7948	7813	5881	
10	12928	11194	13044	12692	10689	
15	24490	19921	23920	22943	19228	
20	37020	29566	36474	35335	29633	
30	63022	52858	67499	66174	55190	

電圧値[mV]	平均	標準偏差
4	3436	581
7	7577	1189
10	12276	1109
15	22081	2455
20	34337	4567
30	62330	8208

## 付録B

### 夜空メーター製作

- (1) 製作手順説明資料
- (2) 製作手順書

付録B 夜空メーター製作

(1) 夜空メーター製作の手順説明資料(蘇武、2007 より)



1



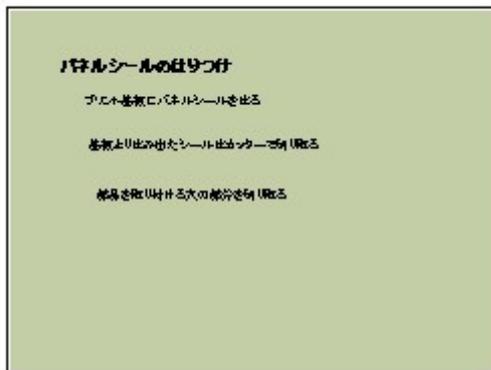
2



3



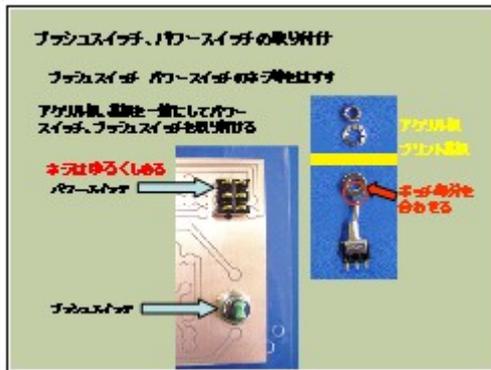
4



5

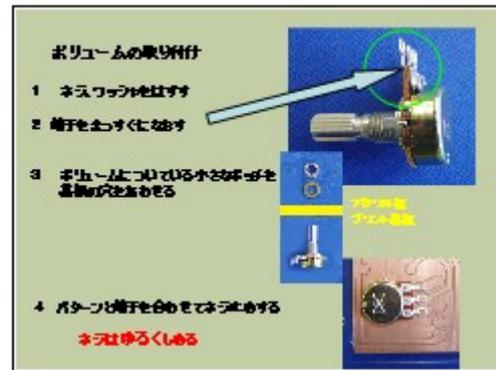


6



☆

7



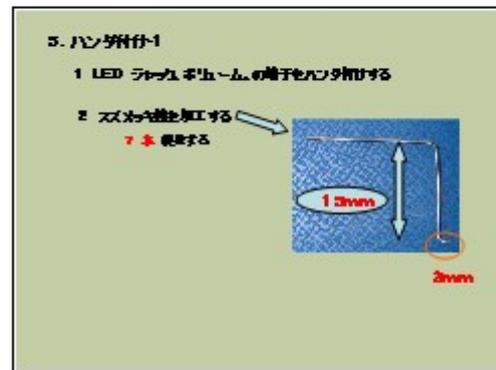
☆

8

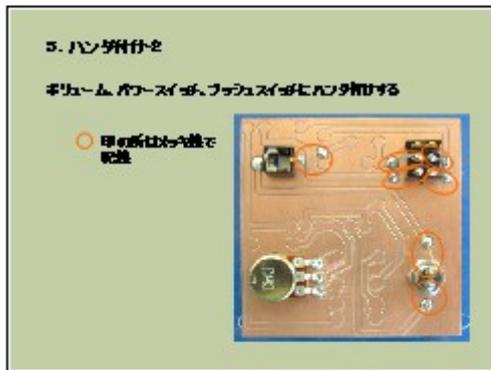


☆

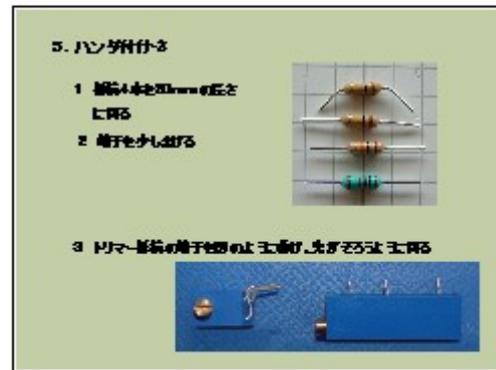
9



10



11



12



☆

13



☆

14



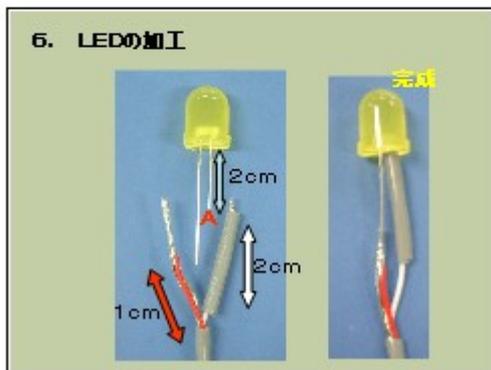
☆

15



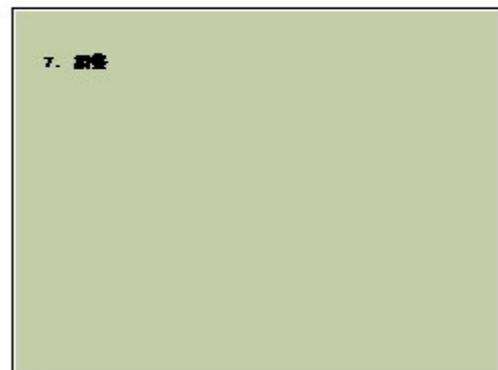
☆

16



☆

17



18

(2) 夜空メーター製作の手順書(蘇武、2007 より)

## 夜空メーターの製作手順書

### 1. 部品の確認

番号	部品名	数量
1	パネルシール	1
2	基板	1
3	メータ	1
4	トグルスイッチ	1
5	ボリューム	1
6	プッシュスイッチ	1
7	イヤホンジャック	1
8	ボリュームつまみ	1



### 電子部品

番号	部品名	数量
9	抵抗器 100k $\Omega$ 茶黒黄金	2
	抵抗器 10k $\Omega$ 茶黒赤金	1
	抵抗器 1k $\Omega$ 茶黒黒赤金	1
10	トランジスタ 2SC1814	2
11	トリマー抵抗器 20k $\Omega$	2
12	発光ダイオード	1
13	イヤホンプラグ	1



配線材・電池等

番号	部品名	数量
14	シールド線	50cm
15	配線材 黄	4.5cm
	配線材 青	5.5cm
	配線材 緑	7.0cm
16	電池 009P	2
17	電池スナップ	2
18	メッキ線	30cm
19	ハンダ	30cm



その他の部品

アクリル板1枚 アルミケース1個 ネジ (M3×20mm) 2本  
スポンジたわし1個

2. パネルシールの貼り付け

基板にパネルシールを貼るときは、シールに印刷されている上の線と基板の上部が合うように貼る。

- ・基板よりはみ出たシールは切りとる。
- ・部品を取り付ける穴の部分をカッターで切りのぞく。

3. 部品の基板への取り付け

基板に取り付ける部品は右の写真の4点です。  
ネジ類を全部はずして取り付けやすくします。



写真の白線の上の部品は長さの関係から使用しません。

1. イヤホンジャックの取り付け

基板にイヤホンジャックを取り付ける  
(直接基板に取り付ける部品はこれだけです)



## 2. プッシュスイッチ、パワースwitchの取り付け

基板と亚克力板を一緒にして取り付ける。ネジはあまり締めないで仮止め位とする。

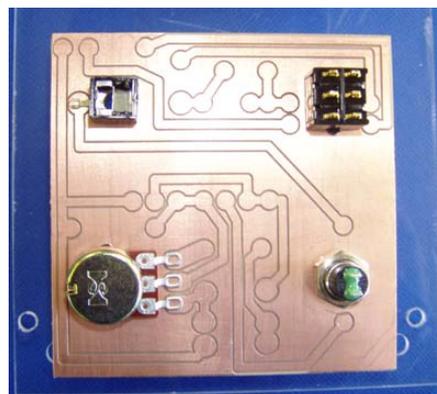
## 3. ボリューム端子の加工、および取り付け

ボリュームの端子をまっすぐに直し、取り付ける。



## 4. 部品取り付けの確認

部品の位置や方向を確認して、ネジを締め直す。



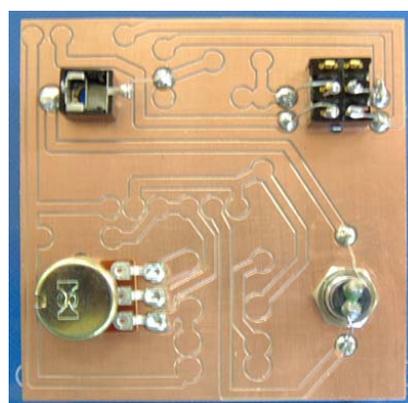
## 5. ハンダ付け (ボリューム、LED ジャック、プッシュスイッチ、パワースwitch)

ボリューム、LED ジャックは直接、プッシュスイッチ、パワースwitchはメッキ線を使って基板にハンダ付けをします。メッキ線は左図の様に7本とも加工して下さい。(ハンダ付け後に長い分を切断します)



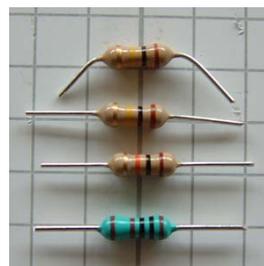
長さ 15 mm

3 mm ほど折り曲げる。この部分を部品端子にハンダ付けする

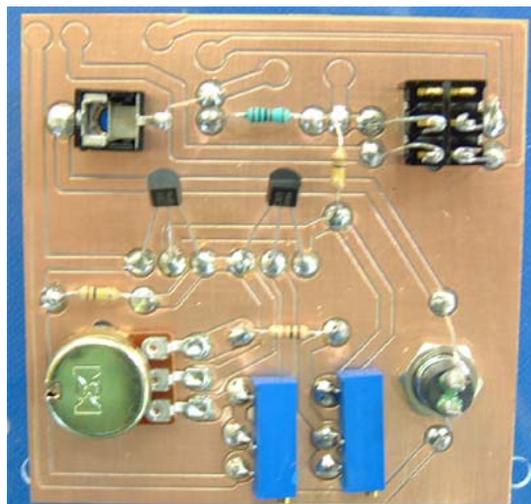


### ハンダ付け (抵抗、トランジスタ、トリマー抵抗)

- ・抵抗は全体で20mmになるように切断し弓なりにリード線を曲げる。(右図上)
- ・トリマー抵抗はリード線を2回直角に曲げ、先がそろそろのように切る。(右図下)
- ・トランジスタは型番が見える方を前にする。



完成基板

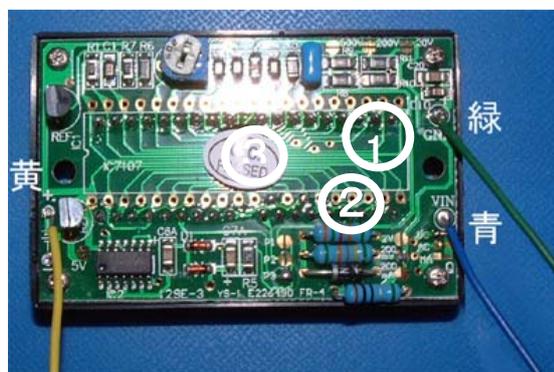


### 6. メータの配線・取り付け。配線

メータをM3のボルト・ナットで  
アクリル板に取り付ける。

メータの端子のうち次の部分を  
ハンダでショートする。

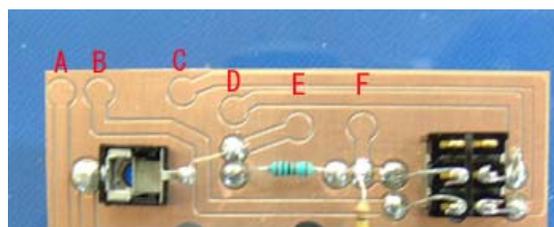
- ① DC
- ② 200mV
- ③ P3



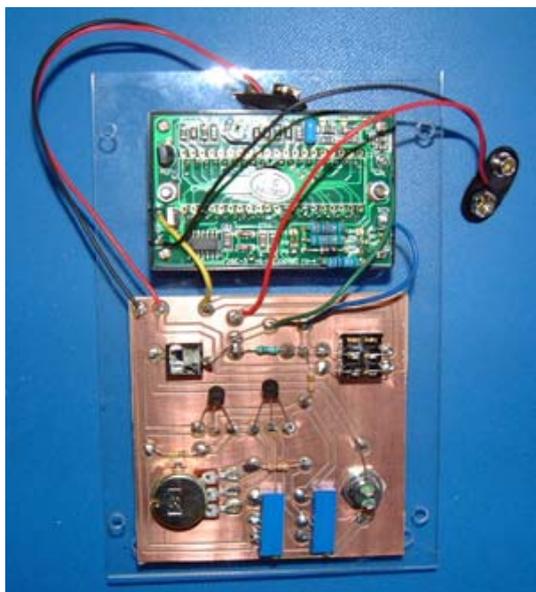
配線用リード線をメータにハンダ付けする。(右図)

メータからの線を基板に  
ハンダ付けする。

電池スナップ線をハンダ付けする。  
(右図)



メータと基板の配線箇所

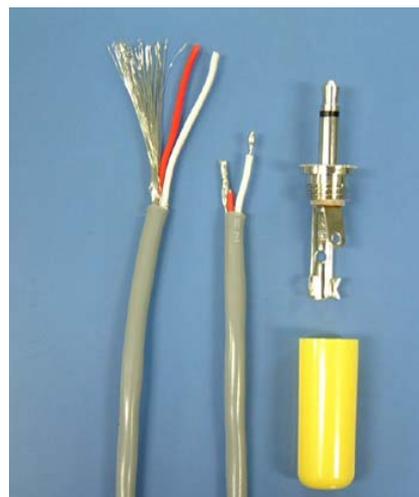


線	メータ	基板
黄	+	C
緑	GND	E
青	V I N	F
電池 1 赤	×	B
黒	×	A
電池 2 赤	×	D
黒	-	×

#### 4. LED の製作

##### 1 シールド線の加工とジャックへのとりつけ

- ① 外側の皮膜を 3 c mむく。  
(むいたチューブは後で使います)
- ② 赤い線は被服を 5 m mのこし線をむき、  
シールド線と一緒にネジル。
- ③ 白い線は被服を 1 5 m mのこし線をむく。



- ④ 赤い線とシールド線と一緒に長い端子にハンダ付けする。
- ⑤ 白い線を短い端子にハンダ付けする。
- ⑥ 根本をペンチでしめる。

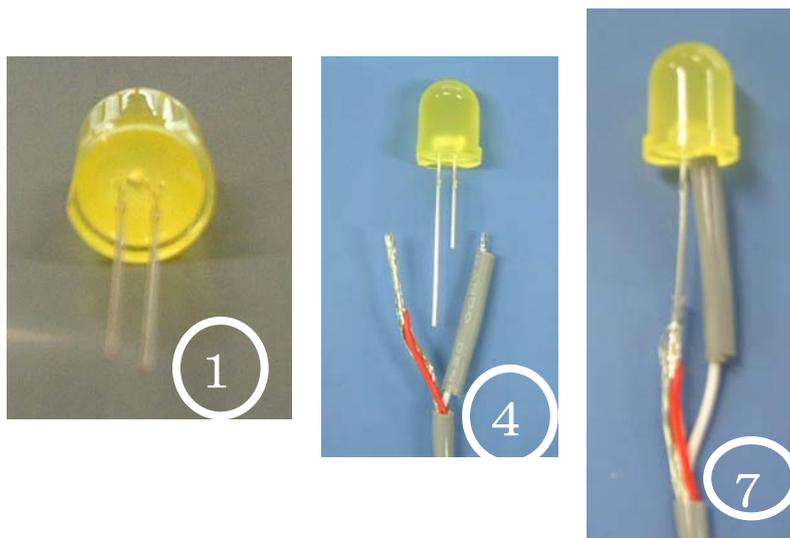
- ⑦ ジャックにカバーをかぶせる。

ラジオペンチでしめる

##### 2 LEDの加工



- ①使用するLEDには極性があるので注意する。  
(樹脂の一カ所が平らになっている方のリード線がK) K:カソード
- ②LEDのAのリード線を2cm残して切る。 A:アノード
- ③シールド線の外皮を3cmむく。
- ④シールド線の白線は2cm残して切り先端を3mmむく。赤線は被服を1cm残してむき裸線と一緒にネジル。
- ⑤白の線に先に残していた外皮をかぶせて、Aのリード線とハンダ付けする。
- ⑥赤とシールド線を一緒にしてKのリード線と長さを調節しながらハンダ付けする。
- ⑦ 白線に付けた外皮をLEDの方にずらし完成。



#### 5. 調整

発光ダイオードをつないだ状態でプッシュスイッチを押しながら、

- 1、ボリュームを右にいっぱい回して、電圧の表示がおよそ199.9mVになるようにR4(明暗調整のボリューム側)を調整
- 2、ボリュームを左にいっぱい回して、表示が0.0mVになるようにR1(Pushスイッチ側)を調整

#### 6. 完成

## 付録 C

プラネタリウム実習の感想

## 付録 C プラネタリウム実習の感想

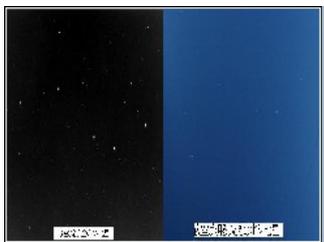
### 仙台市天文台でのプラネタリウム実習後の感想(自由記述)

- 都心の空は明るすぎるため観察には向いていない。一方、蔵王の空はとても暗く見えやすいが、どれがどの星か分からない。
- 視線と星が直線的につながらないので、測定したいところをねらいにくい。
- 反射鏡を使わず、望遠鏡のようにしてもよい。
- 使い勝手は思いのほかよくて、手軽に調べることができた。
- 実際に調べる際は、一つの夜空メーターを多人数で測定し平均をとった方がよい。
- 今までの測定方法が間違っていたので、今日のことを生かして測定していきたい。
- 夜空メーターを初めて使うので、説明を聞いただけでは難しく感じたが、測定することができて思ったより楽しかった。
- 真っ暗な夜空も明るさがあることを知った。
- 夜空メーターの操作自体は簡単だった。ただし、発光ダイオードのスイッチが押しっぱなしにできないか、画面が明るくて測定に支障を及ぼすのではないかと感じた。
- つまみを少し回しただけで数値が大きく動いたのが個人差の原因ではないか。
- 地学部の合宿や流星観測の際に利用したい。
- 慣れるまで練習が必要だ。しかし、測定の際に片手でスイッチを押しながら、つまみを回す必要があるので少し難しいので、ダイアル式つまみなどに改良できればと思う。

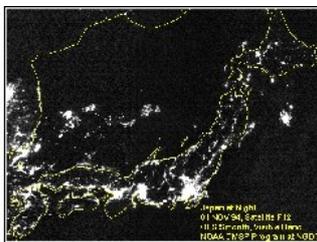
## 付録 D

宮中学校の授業、蔵王町の講話で  
利用した説明資料

付録D 蔵王町、宮中学校で利用した説明資料



1



2



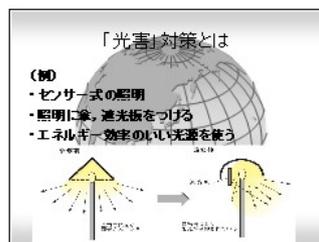
3



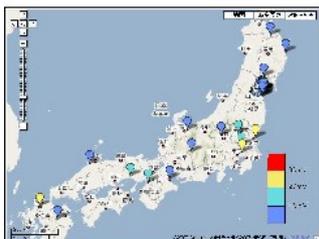
4



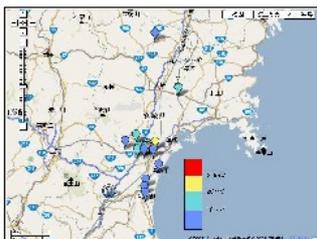
5



6



7



8



9

## 付録 E

### 夜空メーター測定結果表

(1)2005 年度の測定結果

(2)2007 年度夏の測定結果

(3)2007 年度秋の測定結果

(4)2007 年度冬の測定結果

付録E 夜空メーター測定結果表

(1) 2005年度の測定結果

No	測定日	時刻	測定場所	天候	天頂	北	西	南	東	北極星	カシオペア	ベガ	アルタイル	デネブ	ベガスマ	フェイマルハット	アルデバラン	カペラ	おひじり
1	928	2100	宮教大天文台	薄曇り	11	16.5	14.2	20	27.9	12.5	14.6	10.1	10.1	10	17.4			19.3	
2	928	2300	宮教大天文台	晴れ	8.3	18.6	14.2	14.9	24.7	9.5	7.8	9.4	8.3	7.5	7.5	10.1	15.5	9.8	9.4
3	928	2100	岩沼市藤波		9	14													
4	928	2100	青葉区芋沢	晴れ	7.3	17.9	7.4	10	27.1										
5	929	2120	栗原市鶯沢	まだら曇	3.3	7.3	4.9	10.9	8.5	6.2	6.7			8.5	5.5	8.8			6.4
6	929	2315	栗原市鶯沢	快晴	4.9	5.9	7.4	8.2	11.8	5.5	4.9	5.7	5.4	5.4	4	5.8		6.2	4.8
7	929	2100	泉区北中山	薄曇り	11.2	11.6	15.2	18.2	18.6	11.2		11.3	16.3	8.6	8.2	12.9	19.1		
8	929	2100	仙台駅屋上	晴れ	44.9	50.6	82.7	51	71.2			53.6	50.9	44.3				38.7	
9	929	2300	仙台駅屋上	晴れ	34.7	26.1	87	35.3	61.5		26.8				28.5			26	36.2
10	928	2110	宮教大天文台		15.1	23.3	21.2	26.1	24.2										
11	929	2100	宮教大天文台	曇り	8.3	13.4	11.1	15.4	14.1										
12	929	2300	宮教大天文台	曇り	16.2	25.5	19.8	17.9	22.4										
13	929	2110	福岡市南区	晴れ	17			18.6	17										
14	929	2300	福岡市南区	曇り				17.9	16.6										
15	930	2100	岩沼市藤波		14.2														
16	930	200	八木山工大グラウ	晴れ	6.6	19.2	16.3	15.9	19.6										
17	1005	2100	宮教大天文台	晴れ	17.2	19	17.8	19.3	25.4										
18	1005	2300	宮教大天文台	晴れ	17.2	18	15.2	26.5	11.4										
19	1005	2100	若林区中倉		10.5	14.9	12.9	13.3	13.8										
20	1005	2300	若林区中倉		8.7	10.9	11.9	11.2	11										
21	1006	2100	若林区中倉		9.8	13.5	12.1	14.5	14.8										
22	1006	2300	若林区中倉		7.4	11.8	9.2	11	11.1										
23	1028	2100	広瀬川・角五郎	曇り	20.3	24.8	19.2	23.6	35.1										
24	1028	2300	広瀬川・角五郎	曇り	25.1	13.5	19	26.4	18.5										
25	1030	2100	広瀬川・角五郎		13.6	21.4	19.3	20.6	37.7			17.7	14.5		11.9				12.4
26	1030	2300	広瀬川・角五郎		13.4	18.3	14.1	29.7	34.6										
27	1031	2100	広瀬川・角五郎		12.3	24.2	16.9	20.3	26.2	16.1	12.6	17.8	19.3	15.7	12	18.2	22.5	19	13.3
28	1031	2300	広瀬川・角五郎	快晴	7.9	15.9	11.5	12.8	21.3	13.7	11.1				12.9		12.9	13.6	10.4
29	1102	2200	仙台駅屋上	晴れ	40.3														
30	1102	2110	電力ビル前		42.4														
31	1102	2129	評定河原橋		10.8														
32	1102	2117	片平消防署		13.1														
33	1102	2102	西公園交差点		17.8														
34	1104	2100	栗原市鶯沢	晴れ	5	8.3	9.6	9.4	14.7	5.1	5	6.8	8.9	6.5	4.1		8.4	6.8	5.2
35	1104	2100	ロンドン		5.5	13.9	11.2	14.6	22									18.4	

(2) 2007年度夏の測定結果

No	測定日	時刻	測定場所	天候	天頂	北	西	南	東	北極星	ミザール	カシオペア	ベガ	アルタイル	デネブ	ベガスマ	フォomalhaut	アルデバラン	カペラ	スピカ	アンタレス	アークトゥルス	おひじり
1	70809	2120	青葉区	晴れ	16.6	41.1	28.9	63.3		24.6	22.8		18	22.5	18.8								
2	70809	2300	青葉区	晴れ	18.7	31.4	32.7	48.6		21.5			17.2	17.2	19.3								
3	70813	2115	青葉区	晴れ	16.8	32.5	37.5	54.2		20	21.5	19.7	16.6						15.7	23			
4	70805	2015	堺市北区	晴れ	13.5								13.8	15.7									
5	70813	2100	長野県王滝村	快晴	3	3.4	1.8	3.1	3.4	2.9	3.5		3.2	2.8									
6	70813	2300	長野県王滝村	快晴	2.9	2.8	2.2	4.1	5.5														
7	70814	2100	長野県王滝村	快晴	2.4	2.7	3.4	4.8	4	2.6													
8	70814	2320	長野県王滝村	快晴	2.3	2.7	2.7	3	3.5	2	3.5	2.8	2	2.9	2.6	2.2	2.6	3.4					
9	70811	2120	栃木県鹿沼市	晴れ	11.6	19.4	10.9	16.8	23.7														
10	70811	2315	栃木県鹿沼市	晴れ	7	20.7	6.9	14.1	14.1														
11	70812	2115	栃木県鹿沼市	晴れ	10.7	16.5	8.2	13.2	27.7	17.5	8.4		16.7	8.3	9.8						15.6	7.5	
12	70812	2320	栃木県鹿沼市	晴れ	8.9	21.3	11.4	15.4	30.3			14.3	8.4	10.4	8	7.6	15.3						
13	70813	2120	栃木県鹿沼市	晴れ	15.1	13.7	8.3	13.4	23.9	14.1	12.7	18.4	13	10.5	19.4	15					18.2	6.3	
14	70814	2135	栃木県鹿沼市	晴れ	12.7	16.9	9.5	19.3	23.6	17.3	10.3	17.3	12.8	12.4	19.4	13.3					20.5	11.3	
15	70814	2315	栃木県鹿沼市	晴れ	13.1	16.6	10.9	24.8	25.2	12.4		14	14.4	15.9	8.9	11.8	23.5						
16	70815	315	栃木県日光市	晴れ	3.1	7.5	4.9	10.2	10.5	9.9			5.8	5.2	7		5.9	12.1	14.2				
17	70805	2100	三重県津市	晴れ	6.2	12.9			18.8	6.9	5.5		6.8		10.8								6.8
18	70805	2300	三重県津市	晴れ	4.4	9.8			16														
19	70809	2100	三重県津市	晴れ		12.8			19.1	6	5.7	6		5.4	4.8	9.8						9.6	
20	70809	2300	三重県津市	晴れ					16.7														
21	70810	2100	三重県津市	晴れ		10			20.4	6.5	8.1		5.4	5.6	5.5	11.6						8	
22	70810	2300	三重県津市	晴れ					16.3														
23	70811	2100	三重県津市	晴れ		14.9			21.9	6.7	6.2	5.2	4.8	6.6	5.8	9.5							
24	70815	2100	三重県津市	晴れ	6.3	11.7			20.2	7	6.7	7	5.9	6	5.8	11						7.5	
25	70815	2300	三重県津市	晴れ	5.2	8.7			17.4	5.6													
26	70816	2100	三重県津市	晴れ	6.4				20.3	6.1													7.7
27	70817	2100	三重県津市	晴れ	7.7	13.2			21.1	6.6	5.7	7.1	6	6.6	6	14.6							
28	70812	2135	茨城県つくば市	快晴	13.8	20.7	24.5	24	18.6														
29	70812	2306	茨城県つくば市	快晴	12.5	16.3	34.3	31.7	24.1														
30	70813	2130	茨城県常陸大宮市	快晴	3.52	4.8	10.2	13.1	13.1														
31	70818	2100	姫路星の子館	晴れ	10.9	11.4	12.2	9.8	27.9	12	8.1	9.2	11.1	7.9	6.7								
32	70809	2100	富山県中新川郡上	晴れ	4.9	15.7	24	5.6	5.8	7	5	7.1	4.1	6.3	5.4	5.8					8.4	8.8	
33	70809	2300	富山県中新川郡上	晴れ	4.5	9.2	18.9	5.6	4.9	5.2	8.9	5.4	4.9	5.2	4.6	4.8					13.2	14.7	
34	70809	2100	島根県出雲市	晴れ	5	7.6	7.1	7	8.5	5.9	5.5		4.9	6.1	5.5						7.1	5.5	
35	70809	2300	島根県出雲市	晴れ	3.9	6.1	5.7	4.2	6.3	5.7	5.2		3.7	4.2	4								
36	70812	2100	函館市谷地頭	晴れ	15.7	25.6	17.1	17.7	21				118.	66.2	186.								115.
37	70812	2200	函館市石倉町	晴れ	8.2	10.5	21.3	15.8	15.2				115.	102.	84.4								94.6
38	70812	2300	函館市杉並町	晴れ	21.3	23.7	31.1	23.5	19.1				133.	117.	77.2								
39	70814	2030	函館市杉並町	晴れ	20.2	20.4	25.7	29.4	21.7	30.9			120.	90.5	77.4							78.2	71.4
40	70814	2100	函館市杉並町	晴れ	17.1	23.1	24.3	26	23.3	30.8			141.	121.			94.8						101.
41	70814	2200	函館市船見町	晴れ	16.1	31.6	17.3	16.3	30.1	29			145.	94.3	98.8								
42	70814	2100	茨城県板東市	快晴	10					12.3													
43	70813	2300	茨城県板東市	快晴	6.6					9.7													
44	70908	2100	茨城高専屋上	晴れ	25.4	25.1	47.1	29	40.1					24.6	12.3								
45	70805	2100	千葉県松戸市	晴れ	21.1		30.8	41.4	33.8				15	19.1	17.5								
46	70805	2300	千葉県松戸市	晴れ	19.2		25.9	31	21.6	13.1	21.4	34.3	15.1	20.3	16.6					13.6	13.4		
47	70811	2415	茅野市	快晴	6.6	9.3	13.7	7.3	12.5	6.2		13.1	6.6	7.7	9.5	4.4	10.7		7.7				
48	70814	2000	千葉県松戸市	快晴	18.1	23.7	33.8	36.2	24.7	26.7			20.9	23.6	21						24.1	25.6	
49	70814	2200	千葉県野田市	快晴	15.6	20.8	29.7	34.4	30.2	25.4	22.4	21.6	19	23.8	23.1		23				29.4	23	
50	70805	2445	東京都港区	晴れ	18.4																		
51	70806	2520	東京都港区	晴れ	18.5																		
52	70808	2530	東京都港区	快晴	14.7																		
53	70809	2515	東京都港区	快晴	14																		
54	70810	2130	東京都港区	快晴	23	45.8		26.1	34.5														
55	70810	2400	東京都港区	快晴	18.8	43.6		24.6	30.7					20.1									30.4
56	70812	2430	東京都港区	快晴	7.8																		
57	70814	2330	東京都港区	快晴	6.6	40.2		26.1	20.6	20.4		14.9	8.9	13.1	10	10.8	15.3						34.7
58	70816	2520	東京都港区	快晴	16.1																		
59	70823	2115	東京都港区	晴れ	21.7																		
60	70823	2204	東京都港区	晴れ	23.2																		
61	70823	2300	東京都港区	晴れ	27.2																		
62	70823	2400	東京都港区	晴れ	27.1																		

(3) 2007年度秋の観測結果

No	測定日	時刻	測定場所	天候	天頂	北	西	南	東	北極星	カシオペア	ベガ	アルタイル	デネブ	ベガス $\alpha$	フォールマルハウト	アルデバラン	カペラ	ペテルギウス	おひじ $\alpha$
1	71005	2100	三重県津市	晴れ	9.1	19.6			26.9	13.3	10.6	8.7	7.2	8.1	11			20.6		9.3
2	71005	2300	三重県津市	晴れ	6.4	15.5			21	11	7	6.5	7	7	8		0.1	8.8		8.5
3	71005	2100	青葉区	晴れ	12.1	25.3	21.7	28.7		12.7	13.1	9.2	13.8		19.1			16.1		
4	71005	2300	青葉区	晴れ	12.5	19.5	16.4	23.2		14.4	15		13.3		12.3		15.4	11.2		
5	71006	2100	東京都港区	快晴	16.5	50.7		30.7	35.7	30.8	15.2			19.6	20.1	32.3				26.8
6	71006	2300	東京都港区	快晴	12.5	52.5		35.6	34.9	22.8	18.6	33.9	22.3	20.1	16.9		23.3	20	27.9	
7	71005	2125	西はりま天文台	快晴	0.8	5.5		3	3.7	5.2	5.5	3.7	2.9	4.2	4.1	6.9				
8	71004	2130	富山県中新川郡上市町	快晴	4.5	9.4	16.2	5.9	5.9	6.9		6.8		5.5		5.3		4.3		
9	71004	2330	富山県中新川郡上市町	快晴	3.8	7.5	12.6	5.7	5.4	6		7.7	8.4	6.8		6.3				4
10	71005	2100	茨城高専屋上	晴れ	4.5															
11	71005	2300	茨城高専屋上	晴れ	3.8															
12	71109	1700	宮教大天文台	晴れ	15.9															
13	71109	2030	宮城野区小鶴	晴れ	21.3															
14	71109	2230	名取市ゆりあげ	晴れ	6.3															
15	71114	2030	亶理町逢隈	晴れ	7.5															
16	71114	2100	亶理町狐塚	晴れ	8.5															
17	71114	2130	美里町小牛田	晴れ	11.4															

(4) 2007年度冬の測定結果

No	測定日	時刻	測定場所	天候	天頂	北	西	南	東	SQM天	SQM北	SQM西	SQM南	SQM東
1	80115	1709	宮教大天文台	晴れ	27.1									
2	80115	1742	宮教大天文台	晴れ	13.3									
3	80121	2000	亙理町狐塚	晴れ	6.5									
4	80122	2040	宮城野区小鶴	晴れ	12.2									
5	80125	2130	名取市ゆりあげ	晴れ	<b>5.4</b>	5.3	5.2	5.1	8	<b>18.13</b>				
6	80126	1900	宮教大天文台	晴れ	<b>3.7</b>	6.8	3.5	4.5	15	<b>18.08</b>	17.39	18	17.36	16.97
7	80126	2000	宮教大天文台	晴れ	<b>3.6</b>	6	4.9	5.9	14.6	<b>18.27</b>	17.76	17.88	17.63	16.94
8	80126	2100	宮教大天文台	晴れ	<b>3.2</b>	5.7	5.1	4.9	12.5	<b>17.68</b>	17.08	17.39	17.04	15.96
9	80126	2200	宮教大天文台	曇り	<b>3.2</b>	4.1	5	4.2	10.8	<b>15.74</b>	15.79	16.04	15.85	15.45
10	80126	2300	宮教大天文台	雪	<b>2.9</b>	4.4	4.7	3.8	8.6	<b>16.27</b>	16.15	16.56	16.07	15.7
11	80127	2030	仙台東高	晴れ	7.8									
12	80127	2300	仙台東高	晴れ	5.6									
13	80127	2030	若林区古城	晴れ	15.6									
14	80127	2300	若林区古城	晴れ	<b>10.1</b>					<b>17.24</b>				
15	80127	2030	仙台一高	晴れ	9.5									
16	80127	2300	仙台一高	晴れ	<b>5.8</b>					<b>17.02</b>				
17	80127	2030	仙台駅東口代ゼミ	晴れ	20.2									
18	80127	2330	仙台駅東口代ゼミ	晴れ	<b>12.2</b>					<b>17.02</b>				
19	80127	2100	仙台駅東口 BiVi	晴れ	31.7									
20	80127	2330	仙台駅東口 BiVi	晴れ	<b>13.4</b>					<b>13.03</b>				
21	80127	2100	仙台駅西口さくら野	晴れ	41.7									
22	80127	2330	仙台駅西口さくら野	晴れ	<b>22.7</b>					<b>11.12</b>				
23	80127	2100	晩翠草堂前	晴れ	21									
24	80127	2330	晩翠草堂前	晴れ	<b>14.7</b>					<b>12.02</b>				
25	80127	2130	国際センター前	晴れ	15.6									
26	80127	2330	国際センター前	晴れ	<b>8.2</b>					<b>17.09</b>				
27	80127	2130	東北大学工学部近	晴れ	7.8									
28	80127	2400	東北大学工学部近	晴れ	<b>5</b>					<b>17.93</b>				
29	80127	2130	青葉城址	晴れ	9.8									
30	80127	2400	青葉城址	晴れ	<b>7.3</b>					<b>16.6</b>				
31	80127	2130	八木山	晴れ	10.1									
32	80127	2400	八木山	晴れ	<b>7.8</b>					<b>16.38</b>				
33	80127	2130	仙台高裁前	晴れ	12									
34	80127	2400	仙台高裁前	晴れ	<b>5.4</b>					<b>16.48</b>				
35	80127	2130	宮城球場	晴れ	6.8									
36	80127	2400	宮城球場	晴れ	<b>4.1</b>					<b>17.98</b>				
37	80127	2130	霞ノ目交差点歩道	晴れ	15.9									
38	80127	2400	霞ノ目交差点歩道	晴れ	<b>10.3</b>					<b>16.66</b>				
39	80127	2130	若林区十呂盤	晴れ	5.3									
40	80127	2400	若林区十呂盤	晴れ	<b>3.9</b>					<b>18.33</b>				
41	80127	2130	東六郷小前	晴れ	7.9									
42	80127	2400	東六郷小前	晴れ	<b>5.4</b>					<b>17.96</b>				
43	80127	2130	名取市ゆりあげ	晴れ	5.5									
44	80127	2400	名取市ゆりあげ	晴れ	<b>3.5</b>					<b>18.68</b>				

