

CCD測光による大気減光の測定

五藤尚子¹、松村雅文¹、尾久土正己²

1)香川大学教育学部

2)兵庫県立西はりま天文台

Measurement of Atmospheric Extinction by CCD Photometry

Naoko GOTO¹, Masafumi MATSUMURA¹, and Masami OKYUDO²

1) Faculty of Education, Kagawa University, Saiwai-cho, Takamatsu 760

2) Nishi-Harima Astronomical Observatory, Sayo-cho, Hyogo 679-53

Abstract

Terrestrial extinction of starlight was estimated at the Nishi-Harima Astronomical Observatory. The CCD detector attached to the 60cm telescope was used. The amount of extinction in *V* band for a star at the zenith was 0.70 mag, and that in *R* was 0.66 mag in July 29, 1992. These values are much larger than those found in literature.

Key words: Atmospheric Extinction; CCD Photometry

1. はじめに

星の光は、地球の大気中の分子や固体微粒子(エアロゾル)により散乱・吸収される。このため、地上で観測される星の等級は、地球の大気外での等級よりも大きい(暗い)。このような地球大気による減光の量を見積もることは、星の等級を求める測光観測には重要であり、この種の観測の精度を決める大きな要因になっている。

地球大気による減光は、天体観測にとっては邪魔ものであるが、逆にこの減光量から地球大気の情報を探ることも可能である。例えば、減光量がある時期から急増したことから、火山の噴火によって吹き上げられた火山灰の影響をみることが出来る(例えば、Rufener, 1986)

我々は、西はりま天文台の60cm望遠鏡を用いて、*V*と*R*(カズン)バンドの観測を行

い、大気減光の量を見積もった。1992年7月29日に、有効なデータを取得することが出来た。大気による減光量は、天頂方向に関して、*V*バンドで0.70等、*R*バンドで0.66等であった。

2. 観測

観測は、ある恒星を追尾して、天頂距離が変化するにつれてどのように等級が変化するかを調べた。観測する恒星を選択するとき、(1)データ解析の時の便宜のため、スペクトル・タイプはA型であり、(2)いろいろな天頂距離のデータが得るため、天頂を通過し、(3)明るすぎるとCCDの飽和の為に測定できなくなるので、等級は6等程度よりも暗い、を条件として課した。Bright Star Catalogue (Hoffleit, 1982) より条件に合う恒星を

選択し、これらの候補の中から、HR6619 ($m_V=6.23$ 等、A0Ib)とHR7436($m_V=6.61$ 等、A3Vn)の2つの星を観測した。

観測期間は、1992年7月22~30日であった。西はりま天文台の60cm反射望遠鏡のCCDカメラ(尾久土他、1991)を用いた。フィルターは、ジョンソン標準システムのVと、カズンシステムのRを使用した。一回の撮像の露出時間は、CCDのピクセルでの飽和を避けるため、1秒間という短時間にした。7月29日に、有効なデータが得られた。

得られたデータは、磁気テープに保存し、香川大学のワークステーション上で、天体画像処理ソフトIRAFを用いて解析した。通常の観測と同様に、まずバイアス成分を差し引き、次にドーム内を照射して得られたフラット・フィールドで割り算を行った。このようにして得られた画像データから、IRAFのなかのAPPHOTを用いて、星の等級を求めた。

図1に結果を示す。横軸は空気量 $F(z)$ であり、縦軸は測定された等級 n から、カタログ値 m を引いた量である。Vバンドに関する m は、Bright Star Catalogueの値(上述)

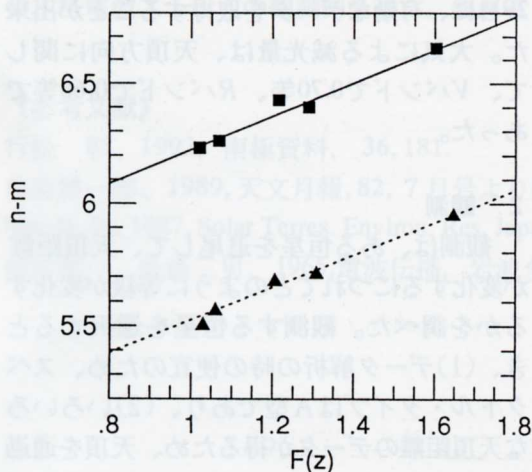


Fig.1 Dependence of $n-m$ on $F(z)$. The squares (■) show the observations for V band, and triangles (▲) show those for R band. The lines represent the results by the method of least square.

を用いた。Rバンドの m に関しては、Bessell(1990)のカラーのデータを用いて、HR6619に関しては $m_R=6.19$ 等、HR7436に関しては $m_R=6.58$ 等を導いて用いた。図の中の、四角印(■)は、Vバンドに関するデータであり、三角印(▲)は、Rバンドに関するデータである。なお、 $F(z)$ の小さい3つのデータは、HR7436から得られたものであり、 $F(z)$ の大きい2つのデータは、HR6619から得られたものである。

図1から、 $F(z)$ と $n-m$ には、非常によい直線関係があることが判る。つまり、空気量が大きくなると、それに比例して観測される星の等級が増す。図の中の実線ならびに点線は、それぞれVとRバンドのデータに関して、最小2乗法により得られた直線である。直線の傾きは、Vバンドに関して0.70等/空気量およびRバンドに関して0.66等/空気量であった。この値は、 $F(z)=1$ における減光量に相当する。つまり、Vバンドでは天頂方向で0.70等の減光が起こり、Rバンドでは0.66等の減光が起こることを意味している。Rバンドでの減光量は、Vバンドのその0.94倍であり、「波長の比較的長い光は、波長の短い光に比べて、減光を受けにくい」という常識と一致している。ただし、RとVバンドにおける違いは、今回のデータに関しては、それほど大きくない。

3. 考察

3-1. バンドによる減光量の違い

VバンドとRバンドの減光の違いを更に詳しく見るために、それぞれのバンドにおける減光量を求めて比較した。 $F(z)=0$ の時の等級と、 $F(z) \neq 0$ の時の等級の差は、大気による減光量(VおよびRバンドに関して、それぞれ $A(V)$ および $A(R)$)に相当する。 $F(z)=0$ の等級は、最小2乗法で求められている(Vバンドで5.52等、Rバンドで4.86等)ので、 $A(V)$ および $A(R)$ は簡単に求められる。得られた結

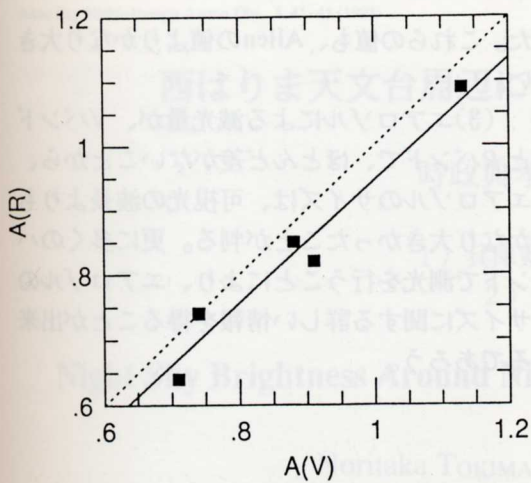


Fig.2 Comparison of $A(V)$ and $A(R)$. The solid line shows $A(R)=0.94 \cdot A(V)$, and the dashed line indicates $A(R)=A(V)$.

果を図2に表した。図2の横軸は $A(V)$ 、縦軸は $A(R)$ である。点線は $A(R)=A(V)$ を表し、実線は、 $A(R)=0.94 \cdot A(V)$ を表す(但し、0.94は、天頂方向の R バンドと V バンドの減光量の比。それぞれの減光量は、図1において、最小2乗法から求められた傾き)。一つを除いて、観測点はすべて点線よりも下側にきている。つまり、一般に $A(V)$ が $A(R)$ よりも大きいことが確認できる。更に、実線の近くに観測点はあることから、減光量の比は、0.94程度と見積もって、矛盾がないことも確認される。

3-2. Allenの値との比較

Allen(1973)によると、天頂方向の減光量は、波長が $0.55 \mu\text{m}$ (V バンドに相当)で0.21等、 $0.65 \mu\text{m}$ (R バンドに相当)で0.14等である。我々が今回導いた値は、0.70等

(V バンド) および0.66等 (R バンド) であるので、我々の値は、Allenの値の3.3倍から4.7倍もあることになる(表1)。

我々の観測値が大きいことは、どのように解釈されるであろうか? 地球大気による減光は、分子による散乱、オゾンによる吸収、エアロゾルによる散乱と吸収に起因する(Allen, 1973)。分子やオゾンによる減光が変動するとは考えにくいので、これらの値を観測値から引くと、エアロゾルによる量を導くことができる。実際に値を求めると、 V バンドについて0.56等、 R バンドについて0.58等を得る。バンドによる違いがほとんどないことから、エアロゾルのサイズは、 V や R バンドの波長(サブミクロン)よりもかなり大きいと推定される。また、これらの値は、Allenの値の約8~10倍である。我々が観測した夜は、エアロゾルによる減光がかなり大きかったことが判る。

Allenの値は、「たいへん良い条件very good condition」の時の値である。「たいへん霞んだ条件very hazy condition」の場合、エアロゾルによる寄与は10倍にも達する(Allen)ので、我々が観測できた夜は、「たいへん霞んだ」状態だったことになる。ちなみに、この夜は、我々が観測を試みた期間の中では、天気がよく、一番良く星が見えていた。このことは、夏の夜、天体観測に適したクリアな空を得ることが難しいことを示している。

4. まとめ

CCD測光を実行して、地球大気による

	molecules	ozone	aerosol	total	observed
V	0.11	0.03	0.07	0.21	0.70
R	0.05	0.03	0.06	0.14	0.66

* Contributions from molecules, ozone, and aerosol are adapted from Allen(1973)

減光量の測定を試みた。1992年7月29日にデータが得られ、以下のことを得た：

(1)観測時の天頂方向の減光量は、Vバンドで0.70等、Rバンドで0.66等であった。これらの値は、Allen(1973)の値よりもかなり大きい。

(2)分子による散乱、およびオゾンによる吸収の寄与を引くと、エアロゾルによる減光量がでる。こうして得た値は、Vバンドについて0.56等、Rバンドについて0.58等であ

た。これらの値も、Allenの値よりかなり大きい。

(3)エアロゾルによる減光量が、VバンドとRバンドで、ほとんど差がないことから、エアロゾルのサイズは、可視光の波長よりもかなり大きかったことが判る。更に多くのバンドで測光を行うことにより、エアロゾルのサイズに関する詳しい情報を得ることが出来るであろう。

《参考文献》

Allen, C.W., 1973, *Astrophysical Quantities*, 3rd edition, The Athlone Press, University of London.

Bessell, M.S., 1990, *Publ.Astron.Soc. Pacific.*, **102**, 1181.

Hoffleit, D., 1982, *The Bright Star Catalogue*, Yale University Observation.

Rufener, F., 1986, *Astron. and Astrophys.*, **165**, 275.

尾久土正己・三分一清隆・定金晃三・黒田武彦・佐藤隆夫, 1991, *Annu. Rep. Nishi-Harima Astron. Obs.*, **1**, 17-22