

日出・日没時の空の色*

山下 一郎**

要旨：旋光測色計を用いて、冬期を中心として、日出・日没時の薄明光を観測した。結果は薄明光の色相と気圧配置に関係あり、西高東低型では黄味橙から黄橙と黄味が多いが、移動性高気圧型になると黄味赤から橙が多く赤味が多くなる。そのほかに朝焼け、夕焼けの区別は明らかでなかった。

1. はしがき

朝焼け、夕焼けの現象をしらべる意味で日出時の東天、日没時の西天の色彩を旋光測色計を用いて観測した。ここでは観測方法とその結果、これと天気との関係などをのべることにする。色彩の表現には特別な表示法がある。これらは光学関係の書物¹⁾の色彩論のところを読んでいただければすぐわかることではあるが、末尾にごく簡単な説明を附したから、これだけでも大体の意味はわかっていただけると思う。

2. 色の測定と旋光測色計

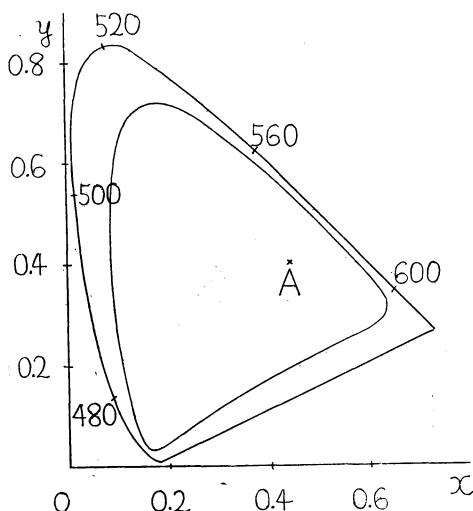
色を測定する最も基本的なものは分光光度計を用いる分光測色法である。これにより得られた分光特性値から C.I.E.²⁾で規定される計算をおこない、3 刺激値 X, Y, Z³⁾を求め、これから色度 x, y⁴⁾と明度 Y を求める。しかし分光光度計による測色はかなりの時間を要するから、刻々と変化する空の色などの測定には適当でない。また1つ1つの色を求める計算も大変な労力である。さりとて測定や計算をふくめて、わずか4, 5分間でやってくれる自記分光光度計は大変な費用を要する。

簡単な測色法としては赤、黄、青などの色ガラスを各々、濃いものから薄いものへと10枚位つくっておき、これらを適当に重ね合せて空の色と等しくさせる方法⁵⁾である。

筆者は刺激値直読法による測色装置の製作を試みた。空からの光を3原色フィルターを通じて各光電管に当て、その交電流より直接 X, Y, Z を得る方法である。これは原理的には非常に簡単であるが、光電管の分光感度曲線と各色フィルターの分光透過率曲線の組合せが、スペクトル色刺激値曲線と一致しなければ意味はない⁶⁾。ところが光電管の分光特性は大体きまっているから、適当なフィルターを得ることが問題となる。東芝や、小西

六研究所でフィルターを製作していただいたのであるが、なかなか思うようなものが得られず、不成功に終わった。

筆者が観測に用いた測色計は東京大学生産技研の久保田教授考案、オリンパス光学工業 K. K. 製作の旋光測色計である。この原理⁷⁾は2枚の偏光子間に光軸と直角に切った水晶板を入れ、白色光を入射させると偏光面が巡回され、その程度が波長によって異なるため着色した透過光が得られる。そこで偏光子間の角度を変えてゆくと、それに応じて透過光の色相も変ってゆく。つまり可変波長フィルターが得られるのである。しかしこれによって得られる色相は透過帯域の中が広すぎ、充分高い飽和度をもたない。そこで水晶板の厚さを 1:2:4:……の比に保って何枚かの水晶板と偏光子を交互に配列すれば、透過光に現われる Channel spectra のうち心要以外のものは打消され、飽和度の高い可変色フィルターが得られる。実際には水晶板の厚さ 6, 12, 24mm の3板を用



第1図 色度図と旋光測色計の使用範囲
(A 点は A 標準光源の色度をしめす
($x=0.31, y=0.32$ 附近は白色になる))

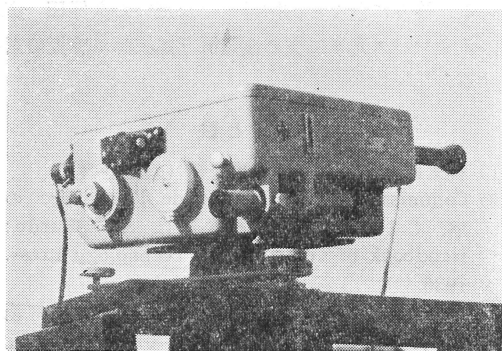
* The Colors of the Sky at Sunrise and Sunset.

** Ichirō Yamashita 学習院女子短期大学

—1963年 8月 8日 受理—

いるのが最良で、このとき透過帯の半値巾は $\lambda=550\text{m}\mu$ のところ約 $35\text{m}\mu$ になる。このような3枚の水晶板を用いるとこの測色計の使用範囲の色度図(第1図)の内側の軌跡となり、外側のスペクトル色軌跡⁸⁾よりやや狭くなる。したがって非常に純度の高い色は観測できないが、空の色などの観測にはこの範囲で充分であろう。なお光源にはC.I.E.で規定されたA標準光源⁹⁾を用いている。

第2図の写真はこの旋光測色計である。器の右下手前にあるファンダーの左側に目盛りをついた白い回転円



第2図 旋光測色計

板が2つ、そのすぐ左側にもう1つ回転つまみが見える。また2つの回転板の上方中央に黒く見えるのが接眼部で、これをのぞくと円の半分に空からきた色光(右端の黒い筒から入ってくる)、他の半分にA照明から水晶板・偏光子を通過してきた人工色光が現われる。まず右側の回転板を回転すると赤、橙、黄、緑、青、紫と人工色光が順次に変化してあらわれ、その目盛りから、その色光の波長、すなわち色相がわかる。左側の回転板を回転すると、これらの色光は濃くなったり、薄くなったり、つまり彩度が示され、さらにそのすぐ左隣りの円形つまみを回転すると、視野は明るくなったり暗くなったりして明度を示す。このようにしてこれら3つを少しずつ回転させて人工色光を変化させながら空からの色光と同色にする。そしてこの回転板目盛りから色相、明度、彩度を知り色を決定する。

3. 観測方法

観測地点は東京都荒川区日暮里町3丁目の自宅2階屋上(海拔約10m)、下町工場地帯の中であるから、この種の観測に適当なところではない。

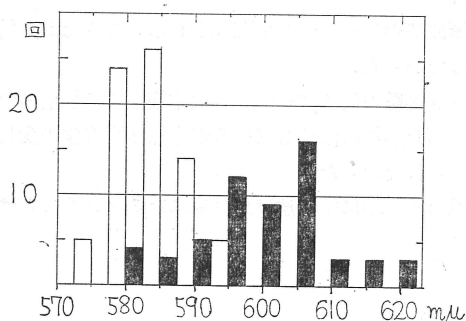
薄明現象の最高潮に達するのは太陽が地平線下 $3^{\circ}\sim 4^{\circ}$ 前後、時間でいえば日没後(日出前)15分~20分頃の紫光が美しく輝やくときである。しかし近年は火山の大爆

発などがなかったためか、文献¹⁰⁾にあるような典型的薄明現象はのぞむべくもない。紫光もごく弱く、あるいは現われないことも多い。そこで第1薄明弧附近の薄明光を観測することにした。しかしこの観測も空がかすんでいたりと、スモッグが高かったり、雲があったりすると観測はできないから、なかなか適当な日はない。冬の晴れた季節風のある日はスモッグも吹きはらわれ、最も観測に適していることがわかった。1959年から1963年まで毎年11月下旬から4月初旬まで日出、日没時の太陽附近の地平線上 $3^{\circ}\sim 4^{\circ}$ の空の色を観測した。晴れた日でもスモッグが高かったり、雲があると観測はできない。こんなわけで実際に観測のできた日は少なかった。観測時間は日没時、その5分後、10分後(日出時、その5分前、10分前)の3回とした。5分間隔とした意味は、太陽の地平線附近の沈下(上昇)速度は 1° 約5分を要するからである。太陽が地平線から 1° 沈下するまでの時間はその地点の緯度と太陽の赤緯に関係する¹¹⁾。したがって北緯 $35^{\circ}43'$ の観測地点でこの時間は4分56秒から5分40秒の間を変動する。このため実際には観測時間隔に多少の補正を加えた。

測色計の観測は1分間以内でできるから、次の観測時までの時間を利用して風向、風力、雲、視程、その他の記事を取り、また日出時、日没時のカラー写真をとった。

4. 観測結果

前述のように地平線附近の空の色の観測は太陽が地平線上にあるとき、地平線下 1° のとき、 2° のときの3回である。太陽が地平線上にあるときは、この附近に雲もスモッグも全くないときには太陽が直接顔を出してくるから観測は困難になる。また太陽が地平線下 2° のときは、地平線やや高く雲やスモッグがあると急に空が暗くなってくる。そこで地平線下 1° のときのデータが一番適当と思われる。このデータを用いて空の色の主波長と



第3図 薄明光の主波長と気圧配置との関係(白柱は西高東低型、黒柱は移動性高気圧型)

気圧配置との関係を見ると第3図のようになる。図の横軸の各主波長目盛(5mμ毎)の左側に立つ白柱は西高東低型の回数、右側に立つ黒柱は移動性高気圧型の回数である。西高東低型の気圧配置で北西の季節風がやや強く吹いているときと日本が移動性高気圧におおわれているときとでは、薄明光の色彩はかなりはっきりと特色がでていいる。西高東低型気圧配置の場合の観測総回数は74で、このうち主波長589—585mμのところは26回、584—580mμが24回、594—590mμが14回と大体594—580mμのところは圧倒的に多い。移動性高気圧におおわれているときは観測総回数58のうち主波長609—605mμが16回、599—595mμが12回、604—600mμが9回、全体としては609—595mμの辺が多いけれども、620—580mμにかけてかなり広く分布している。波長と色相との関係は日本色彩研究所の分類¹²⁾によると

波長	625mμ	609	601	597	589	583	579
色相名	R	yR	rO	O	yO	YO	oY
	赤	黄味赤	赤味橙	橙	黄味橙	黄橙	橙味黄

となっているから、西高東低型のときは黄味橙から黄橙の薄明光が多いが、移動性高気圧型になると黄味赤から橙となり、前者よりも後者がずっと赤味が増してくる。天気安定しているときは黄味が勝ち、やや不安定になってくると赤味が加わってくることは明らかである。

彩度については特色はみとめられなかった。朝夕の相異はみとめられなかった。したがって、夕焼けは天気が良い、朝焼けは天気が悪くなるというような事実も証明できなかった。上層雲や薄い中層雲があると雲の着色は非常に美しいが、この雲のため薄明現象はじゃまされて観測できない。しかし一般にはこれを夕焼け朝焼けとみなすことが多い。こんなことも上記の事実に関係あると思う。

高層観測のデータとの関係もしらべてみたが、特に関係はなかった。

原水爆実験の後には——これは本観測より以前の実験開始の頃から特に注意しているが全然薄明現象の変化はみとめられなかった。

台風の前には朝焼けが真赤になるということはよ

く聞くので、これも以前から注意しているが、たしかに薄明光は血を流したように赤くなるのをみとめた。しかしこのような時には中層雲、下層雲も多く、地平線の雲のすき間がこのように真赤になる場合が多い。雲が全くなく紫光まで見えるような状態でこのような観測をしたことはまだない。

5. 結び

この種の観測に適当な地点でなかったので通年観測もできず、観測回数も少なかったのは残念である。今後、雲の色、空の色、スモッグなどの観測をしようと計画している。終りに色々と御指導をいただいた久保田 広教授、オリンパス光学工業の渡辺恒三郎技師に感謝の意を表する。

文献と註

- 1) 例えば久保田 広: 応用光学 (岩波全書)
- 2) Commission Internationale de l'Eclairage の略、ここで規定された計算法は A.C. Hardy: Handbook of Colorimetry, Technology Press. 1936.
- 3) 3原色光を適当に混合して、ある色試料と同色にしたときの3原色の各光量をX, Y, Zとする。
- 4) $x = \frac{X}{X+Y+Z}$, $y = \frac{Y}{X+Y+Z}$
これらを x, y 座標にとったものを色度図という、これより色相(主波長)と彩度がわかる。
- 5) 大和順一(1933): 薄明の観測(第1報)気象集誌, 11巻, 408—419.
- 6) D.B. Judd: Color in Business, Science, and Industry. John Wiley 1952.
- 7) 齋藤弘義・久保田 広(1954): 水晶の旋光性を用いた可変色フィルター, 応用物理, 23, 354—358.
- 8) すべての実存する色はこのスペクトル色軌跡の内側にはいる。この軌跡に近いほど彩度は高く、内に入るほど彩度は低くなり白っぽくなる。
- 9) 色温度2848°Kをもつタングステン電球, 映画映写用100Wを95Vに点燈した程度の色。
- 10) P. Gruner u. H. Kleinert: Die Dämmerungserscheinungen. Hamburg. 1927.
J.M. Pernter u. F.M. Exner: Meteorologische Optik. Wien u. Leipzig. 1922. Kap. IV.
- 11) 中野猿人: 球面天文学, 地人書館。
- 12) 日本色彩研究所: 色の標準。