資 料

雪国の自然昼光の色について[†]

正会員 小林 和久* 専門会員 池守 隆夫*

1. はじめに

われわれの色彩感覚は自然光での色知覚によって培われていると言えよう。この為、比色作業などに昼光や、より昼光に近い人工光源が利用されるのは自然なことである。

ところで、CIE 昼光の相対分光分布が Judd ら¹⁾によって報告された1960年代における欧米での昼光観測データに基づいていることは、既によく知られている。

当時、照明学会昼光標準確立調査委員会²⁾の調査研究によって、わが国の昼光の分光分布はCIEの分布に比べ、短波長側と長波長側に違いが見られるものの、可視域全般では近似性が高いことが確認され、CIE 昼光はわが国の昼光をも代表するものとしてJIS³⁾に採択されている。

その後も昼光に関する調査研究は各地で行われ⁴⁾、CIE 昼光利用上に有意義な参考データを提供している。筆者らも、よりCIE 昼光利用に関する背景の知見を得るため、長年にわたって分光分布の観測を行ってきた⁵⁾。最近ではとくに高精度に得難かった紫外域や、積雪環境下での観測が問題を克服して実施できるようになった。ここに長岡における最近の昼光の実態を整理して報告する。

2. 昼光の平均色度軌跡と合成昼光

長岡高専で1990年秋に観測した北空光の色度分布とその平均色度軌跡、および1991年冬の観測データによる平均色度軌跡を図1に示す。また、比較のため図中に1960年代に行われた尼崎市での観測⁶⁾による平均色度軌跡およびCIE 色度軌跡をも示した。観測は自記分光放射測定装置を用い、採光条件は昼光標準確立調査委員会協定の観測条件とほぼ同じくし、波長300nm から800nm まで5 nm 間隔の相対分光分布を求めた。

今回整理した長岡における観測結果から、積雪時と無積雪時の様相を比較すると、両者の平均色度軌跡はほぼ一致し、色度分布もuv色度図上で平均軌跡からの偏差 ± 0.003 以内にとどまっている。また、色温度5500K以下は両者の場合ともほとんど等しく観測されなかったが、高色温度側では25000K以上の出現が無積雪時に比べて積雪時の方が少なかった。平均色度軌跡はCIE 軌跡と色温度12000K付

図1 各地の平均色度軌跡とNCT (1990年) 色度分布

近で交差し、これまでと同様に、低色温度側ではCIE 軌跡より紫側に、高色温度側では緑側に偏位している。これは尼崎での観測結果と非常に良く近似している。

実測した分光分布データをもとに主成分分析を行い、第2固有ベクトルまでの累積寄与率が99.4%と高い再現精度を有する合成昼光が得られた。

等色温度線と長岡高専 (NCT) の平均色度軌跡との交点の色度座標でNCTおよびCIE 合成昼光の分光分布を再現した例を図2に示した。各色温度ともNCT分布はCIE 分布に比べ短波長側では高めに、逆に長波長側で低めになっている。しかし、可視域は全体として近似の度合いが極めて高いことが確認される。

3. 合成昼光の物理的、測色学的調査

NCTとCIE 合成昼光との間の特徴をさらに詳しく物理的、測色学的観点から調べた。まず、物理的観点からNCT平均色度軌跡上で両者の分光分布を再現させ、その相違の度合いを分光分布ひずみ率 $F_d^{(27)}$ を用いて各波長範囲、各色温度について調べた(図3)。その結果、NCT分布はCIEのそれに対して可視範囲では1%以下で、非常に高い近似性が認められたが、紫外域においては3.5%程度、全

[†] Color of Daylight in Snowy Region

Kazuhi Kobayashi Takao Ikemori

*長岡工業高等専門学校 〒940 長岡市西方貝町888

図2 合成昼光
実線はNCT, 一点線はCIE分布。

図3 分光分布歪み率

体では2.5%程度のひずみがあることも確認された。

このひずみの程度を測色学的観点から調べるため、基準光をCIEの分光分布、試験光をNCT分光分布とし、 u, v 色度図上で等色温度線とNCT平均色度軌跡の交点の座標を偏差0とし、等色温度線上に沿って交点からの色度偏差 ± 0.005 の範囲(+は平均軌跡より緑側、-は紫側)を0.001ステップの色度点で両者の分光分布を再現し、演色評価数、可視および蛍光条件等色指数を求めて検討した。

平均演色評価数 R_a についての評価結果を図4に示す。色度偏差が大きくなるに従い R_a は小さくなる傾向があるが、それでも最大偏差で97以上ある。特殊演色評価数 R_1 は最も悪い R_9 でも90以上あり常用光源としての性能は十分満たしていることが知られる。

図5に可視条件等色指数 MI_{vis} および蛍光条件等色指数 MI_{uv} の評価結果を示す。それによると、色度偏差が増加するに従って、 MI_{vis} も増加するが最大偏差でもおよそ0.5程度で、常用光源としての等級区分ではB級以上と評価される。しかし、 MI_{uv} については色度偏差 -0.002 でおよそD級、最大偏差ではE級に相当と評価された。もし、これをストレートに適用するとすれば、蛍光を含む表面色に北空光を視感比色用光源として用いる場合は、極めて慎重に考えざるを得ないことになるであろう。

4. 測色用光源としての自然昼光の特徴のまとめ

測色用光源としての観点から長岡で観測した昼光(北空

図4 平均演色評価数

図5 可視および蛍光条件等色指数
実線は可視条件等色指数 MI_{vis} 、二点鎖線は蛍光条件等色指数 MI_{uv} 。

光)の特徴を以下のように整理した。

(1) 色度分布と出現色温度の範囲

色度は u, v 色度図上で平均色度軌跡からおおよそ ± 0.003 以内に分布し、平均色度軌跡はこれまでと同様⁹⁾にCIE軌跡と交差し、両軌跡間のずれも色度偏差0.003以上に及ぶ部分が生じる。また、積雪時に比べ無積雪時の方が高色温度の出現頻度が多い。6000K以下の低色温度の出現は極めて少ない。

(2) 分光分布の様相

積雪時と無積雪時での北空光の相対分光分布にはほとんど相違がない。また、相対分光分布はCIEのそれと比較すると、400nm付近と紫外域ではやや高く、逆に750nm付近ではやや低い。可視域全体では良く近似している。

(3) 常用光源としての北空光

常用光源 D_{65} を北空昼光で代用する場合、非蛍光表面色の比較用光源としては満足する性能を有する。蛍光面に対して使用する場合は僅かな色度ずれでも蛍光条件等色指数がD級以下に相当する性能評価を受けるので、色温度のみならず色度管理をも十分行う必要があるだろう。

5. あとがき

筆者らは生活環境光としての観点から、新しい知見を得るべく昼光の実態を見つめ続けてきた。最近では積雪時や紫外域の分光分布の様相もより明らかに知ることができるようになった。そうした中で、CIE昼光が、筆者らが実測した昼光とほぼ近似していたことに驚き、改めて先駆者に深い敬意を表している次第である。しかし、紫外域の様相が重要な意味を持つ常用光源としての昼光を考えると、さらに吟味すべき課題が含まれていることも認識した。今後そらに一層の検討を進めていく方針である。

おわりに、昼光の色性に関する研究の現況を報告する機会を与えられたことに対し心より感謝する。

参考文献

- 1) D.B. Judd, D.L. MacAdam, G. Wyszecki: Spectral Distribution of Typical Daylight as a Function of Correlated Color Temperature, J. Opt. Soc. Am. 54, 1031 (1964)
- 2) 岡田喜義：昼光標準確立調査委員会報告，照明学会誌 54, 111, 179 (1969)
- 3) JIS Z8720-1983, 測色用の標準の光及び標準光源
- 4) 例えば V.D.P. Sastri, S.R. Das: Typical Spectral Distribution and Color for Tropical Daylight, J. Opt. Soc. Am. 58, 391 (1968)
E.R. Dixon: Spectral distribution of Australian daylight, J. Opt. Soc. Am. 68, 437 (1978)
- 5) 池守隆夫：昼光の研究—その活動と概要，色彩研究, 34, 2

(1987)

- 6) 日谷，栗岡，湊：尼崎における北空光の分光分布とその解析，電総研彙報 37, 733 (1973)
- 7) 池守，川上：昼光の簡易色性表示について，昭42照明学会東京支部大会講演論文集，57 (1967)
- 8) 池守，小林：昼光の代表色度軌跡について，日本色彩学会第8回全国大会講演予稿集，13 (1977)

(受付1993年9月1日)

こばやし かずひさ
小林 和久君 (正会員)

昭和21年1月生まれ，昭和46年関東学院大学電気専攻修了，同年マルコン電子納入社，昭和48年長岡工業高等専門学校電気工学科助手を経て，現在同校助教授。昼光，色差，画像の色再現の研究に従事，日本照明委員会，日本色彩学会，テレビジョン学会会員。

いけもり たかお
池守 隆夫君 (専門会員)

大正15年3月10日生，昭和20年9月長岡工専電気科卒，工業高校・工業短大・工業高专に通算41年余勤務。この間中断なく照明・色彩の講義を担当すると共に，主として昼光の色性に関する研究に従事した。昭和58年5月，照明学会賞受賞。昭和63年4月，長岡工業高等専門学校名誉教授。現在，照明学会東北支部評議員，日本照明委員会・日本色彩学会・日本人間工学会会員。

著者紹介

さの つとむ
佐野 勤君

S. 29. 東京生まれ，S. 53. 早稲田大学理理工学部建築学科卒。現在(株)東急設計コンサルタント第一建築設計室勤務。主な作品，二俣川駅北口共同ビル，ライフ荏田総合センター，裏磐

梯ホテルグランデコ

せき きょうしろう
関 享士郎君 (専門会員)

昭和34年岩手大学工学部電気工学科卒，同大学助手，助教授を経て，現在，教授，磁性半導体工学ならびに照明工学分野の研究に従事。工学博士，照明学会東北支部評議員。電気学会，電子情報通信学会，IEEE会員。

むらかみ こういち
村上 孝一君 (専門会員)

昭和26年東北大学工学部電気工学科卒，同大学助手，助教授を経て，教授。平成5年4月より八戸工業大学長。感温磁性材料，パラメトリック発振，アモルファス磁性線の研究に従事。工学博士。昭和50年電気学会学術振興賞，平成3年科学技術庁長官賞，照明学会75周年功労賞受賞。電気学会，計測自動制御学会，IEEE会員。電気学会各種委員会委員長，IEEE東京支部理事，計測自動制御学会東北支部長などを歴任し，現在，照明学会東北支部長。

はやかわ あきお
早坂 明夫君 (専門会員)

昭和35年3月東北大学教育学部卒業。同工学部電気工学科聴講生をへて昭和36年6月東北大学工業教員養成所電気工学科助手。昭和43年4月福島大学教育学部講師。現在，同大学教授。応用電気工学，コンピュータ工学，工業科(技術科)教育法などを担当。昭和52年から1年間米国，オハイオ州立大学視覚研究所で視作業に対する照明の影響に関する研究に従事。現在は照明分野と情報教育分野の研究に従事。電気学会，日本応用磁気学会，日本照明委員会，日本産業技術教育学会(学会誌編集委員)，日本教育工学会の会員。照明学会東北支部評議員。