

雪国の光環境に関する研究

大 林 組 正 員 橋本 大

長岡技術科学大学 正 員 小池俊雄

長岡技術科学大学 正 員 後藤 巖

長岡技術科学大学 学生員 西館昌行

はじめに 近年積雪地域において、活発に行われている親雪・利雪に関する計画や事業は、雪そのものを直接または間接的に利用するものがほとんどであり、雪の存在に強く影響される光環境には余り目が向けられていない状態であるといえる。そこで、本研究ではこれまでと全く暗いイメージで捉えられてきた雪国の光環境に着目し、空の明るさを示す天空輝度分布について考え、その評価手法の確立及びその評価手法による積雪地域での比較検討を行った。

天空輝度分布観測 従来、天空輝度分布について提案されているモデルはいずれも無雪地域で得られているものであり¹⁾、これを積雪地域にそのまま適用するには問題があると考えられる。そこで、従来のモデルの積雪地域への適合性を検討するために、長岡市において天空輝度分布の観測を行い、積雪地域における天空輝度分布特性の抽出を行った。天空輝度分布の観測はCCDビデオカメラ及び輝度計により、カメラ出力信号と実測輝度値の関係である光電変換特性を利用することにより行った²⁾。なお使用レンズ画角の関係上、水平方向30度、鉛直方向15度で走査し、全天空計84画面の撮影を行い、天空上の位置と画像上の位置との対応関係を算定することにより天空輝度分布図を作成した。なお、観測は積雪が存在する条件下で完全晴天、完全曇天、中間的な天空状態について行った。

観測結果 観測結果と従来のモデルとの天空大円上での比較結果を完全晴天、完全曇天について図1に示す。図1からもわかるように、完全晴天については観測結果と従来のモデルによる結果とがほぼ同様の分布形状及び天頂輝度値(天空上高度90度)を有しており、積雪地域・完全晴天時における天空輝度分布式として従来提案されているモデル式使用の妥当性が示された。また、完全曇天時においては観測結果は従来提案されているモデルに見られるような天頂方向への輝度の段階的な増加は見られず、天空上の高度が低い範囲で輝度値が高くなるなど、全天空一様な輝度値を有することが確かめられた。これは雲下面と雪面との間の多重反射の影響によるものと考えられる。曇天時の一様な天空輝度値について決定するために完全曇天時の天頂輝度値を観測し、従来のモデルにより得られた計算値とを比較した結果、積雪地域・完全曇天時には従来提案されている計算値の約1.3倍の値で全天空が覆われるものとした。中間天空については天空上での雲の位置により分布形状が著しく変化し、また積雪地域での観測データ集積が存在しないため本研究においては考慮しなかった。

天空輝度分布評価手法 天空輝度分布を統計的に処理しようとする場合、期間平均的な輝度分布であるアベ

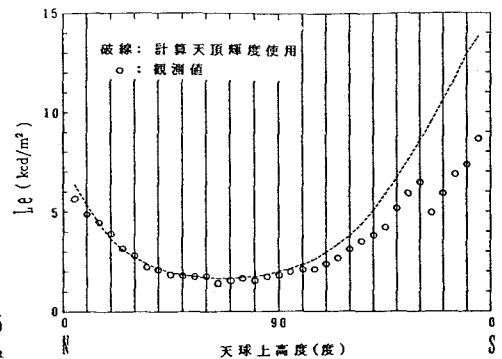


図1-1 天空大円上輝度分布(晴天空)

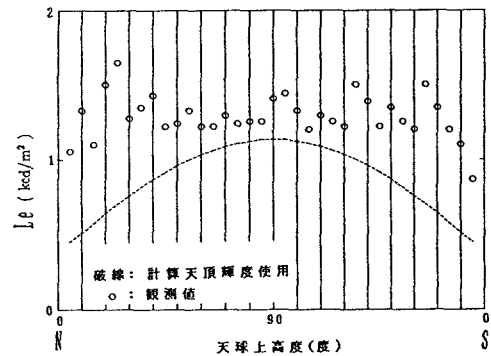


図1-2 天空大円上輝度分布(曇天空)

レージスカイという概念が提案されている³⁾。従来は無雪地域で得られた日照率と天空出現頻度の関係である出現頻度算定式により各天空出現頻度を算定し、重み付けを加えることにより式(1)で算定を行っている。

$$\text{Leav} = \text{Pcl} \cdot \text{Lecl} + \text{Poc} \cdot \text{Leoc} + \text{Pin} \cdot \text{Lein} \quad (1)$$

ここで、Leav:アベレージスカイ輝度分布(kcd/m^2),

Pcl, Poc, Pin:晴, 曇, 中間天空出現頻度

Lecl, Leoc, Lein:晴, 曇, 中間天空輝度分布(kcd/m^2)

本研究においてはアベレージスカイ算定に天空輝度分布観測結果を反映させることとし、検討時刻における日照率により重み付けを晴天輝度分布及び補正された曇天空輝度分布に加えることにより、式(2)で算定を行うものとする。

$$\text{Leav} = n/N \cdot \text{Lecl} + (1-n/N) \cdot L' \cdot \text{eoc} \quad (2)$$

ここで、Leav:アベレージスカイ輝度分布(kcd/m^2),

n/N :検討時刻日照率

Lecl, $L' \cdot \text{eoc}$:晴天輝度分布,

補正後曇天空輝度分布(kcd/m^2)

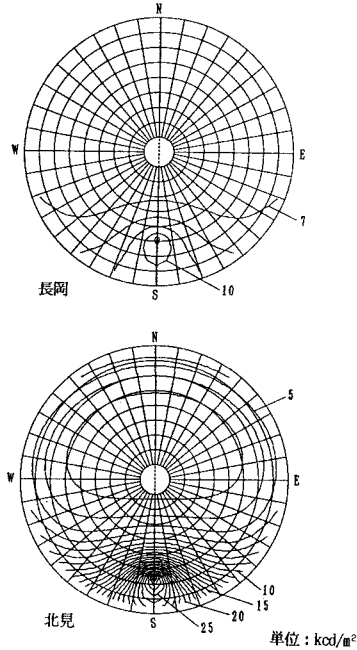


図2 1月アベレージスカイ輝度分布

図2に式(2)により算定された長岡市及び北見市における1月のアベレージスカイ輝度分布について示す。また、AMeDAS日照時間データを用いた日射量算定手法⁴⁾により算定された長岡市及び北見市における散乱比の月変動の算定結果を図3に示す。図2及び図3からわかるように天空輝度分布観測結果をアベレージスカイ算定に反映させた場合、曇天の多い長岡市においては全体的に輝度が一様化し、また冬期晴天日の多い北見市においては曇天空の一様な天空輝度分布の影響がそれほど表れてこないことが示された。

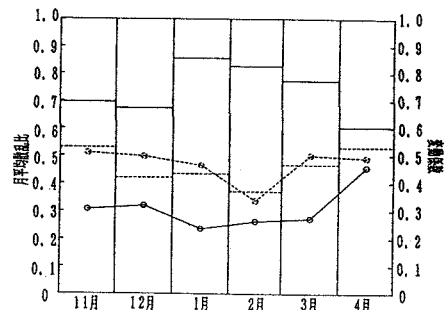
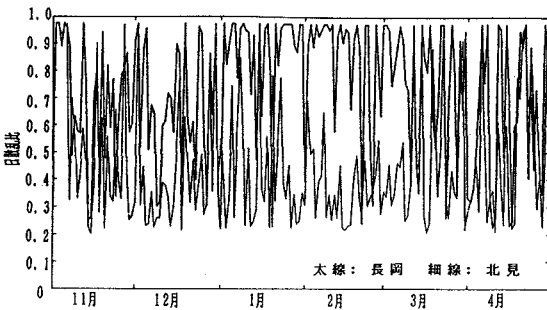


図3 散乱比時系列変動算定結果

太線: 長岡 破線: 北見

謝辞 本研究は文部省「人間環境系」重点領域研究「寒冷都市における利雪・親雪計画のための環境指標」(代表 小池)による。ここに記して謝意を表す。

参考文献 1)H.NAKAMURA・M.OKI・Y.HAYASHI: Luminance distribution of Intermediate Sky, J.Light and Vis.Env., vol.9 No.13, PP.6-13, 1985. 2)野口: ビデオカメラを用いた輝度分布測定システムについて, 日本建築学会大会学術講演梗概集, PP.169-170, 1990年10月. 3)中村・沖・岩田・鈴木: Mean Skyの構成とその計算のための諸式, 日本建築学会大会学術講演梗概集, PP.463-464, 昭和62年10月. 4)橋本・坂本・小池・佐渡: 日照時間による日射量算定手法の開発, 土木学会第45回年次学術講演会講演概要集, PP.90-91, 平成2年9月.